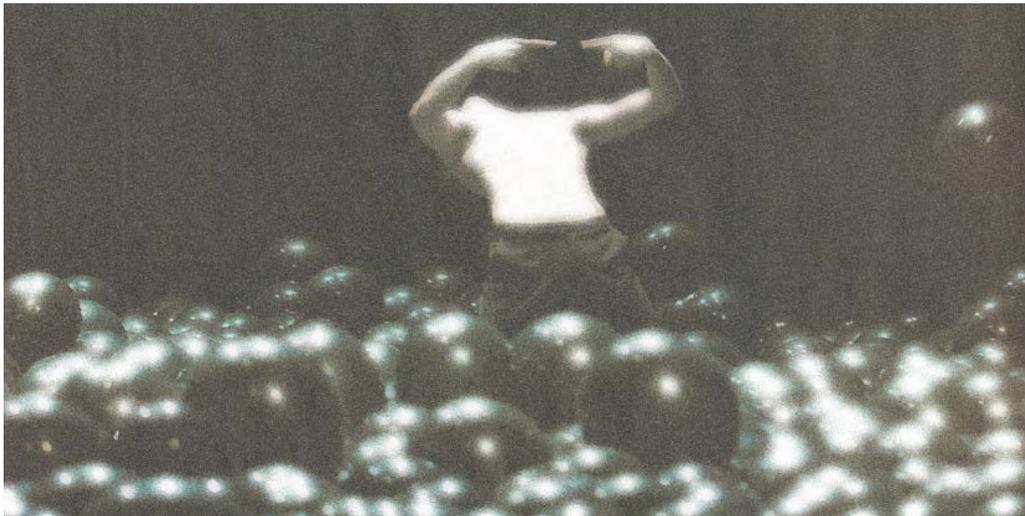


Dissertation

Der multisensuelle Raum

Prolegomena zum Bezugsverhältnis von Mensch, Raum und Technologie



Eingereicht im Fachbereich 3: Sprach-, Literatur- und Medienwissenschaften
der Universität Siegen
zur Erlangung des akademischen Grades Doctor philosophiae
im Fachgebiet Medienarchitektur
von Mirko Immendörfer im Juli 2005

Erstgutachter: Univ. -Prof. Dr. Christian W. Thomsen
Tag der mündlichen Prüfung 05.07.2005

urn:nbn:de:hbz:467-1137

meiner mutter und für steffie.

Gliederung:

Der multisensuelle Raum

1. Das Dreikomponentensystem aus Mensch, Raum und Technologie (Einleitung)

2. Raum – eine philosophiegeschichtliche Untersuchung

- 2.1. Der Weg zum architektonischen Raum – ein sensuelles Erbe
- 2.2. Der platonische Raum
- 2.3. Der endliche Raum bei Aristoteles
- 2.4. Kritik an der aristotelischen Raumdefinition
- 2.5. Der neuplatonische Lichtraum
- 2.6. Der mittelalterliche Lichtraum - Liber de Intelligentiis
- 2.7. Die Raumtheorie des Kalam - Momente der Ruhe
- 2.8. Die Ablösung der aristotelischen Raumtheorie
- 2.9. Raum in der Naturphilosophie
- 2.10. Raum im Rationalismus
- 2.11. Raum und die Metaphysik
- 2.12. Der Raumbegriff in der englischen Philosophie
- 2.13. Der Begriff des absoluten Raumes
- 2.14. Auf dem Weg in die moderne Physik
- 2.15. Der Begriff des Raumes in der modernen Physik
- 2.16. Der architektonische Raum

3. Raum und Mensch

- 3.1. Wahrnehmung und Raum
 - 3.1.1. Wahrnehmung und ihre Funktionen
 - 3.1.2. Wahrnehmung, Raumwahrnehmung und der Wahrnehmungsraum
 - 3.1.3. Geschichte der Wahrnehmungssysteme
 - 3.1.4. Wahrnehmungssysteme des Menschen
 - 3.1.5. Das Milieu als Quelle der Reize
- 3.2. Körper und Leib
 - 3.2.1. Der Mensch als Bezugssystem im Raum
 - 3.2.2. Die Räumlichkeit des Leibes
 - 3.2.3. Proportionsschemata beim Menschen
 - 3.2.3.1. Marcus Vitruvius Pollio
 - 3.2.3.2. Leonardo da Vinci
 - 3.2.3.3. Le Corbusier – der Modulor
 - 3.2.3.4. Erkenntnisse für den multisensuellen Raum
 - 3.2.4. Entleiblichung des Raumes
 - 3.2.4.1. Richard Serra – Skulpturen
 - 3.2.4.2. Hermann Nitsch – das O.M. Theater
 - 3.2.4.3. Frederick Kiesler – das endlose Haus
 - 3.2.5. Synästhetisches Theater
- 3.3. Mensch und Bewegung
 - 3.3.1. Bewegung: ein Wagnis
 - 3.3.2. Bewegungsformen
 - 3.3.3. Die Bühne als Bewegungsraum
 - 3.3.3.1. Die Bühne am Bauhaus
 - 3.3.4. Kreisbewegung im Raum: Von der Choreutik zur Kinetographie Laban

3.3.4.1. Die Kinesphäre: der individuelle
Bewegungsraum

3.3.5. Die Proxemik-Theorie nach Edward Twitchell Hall

3.4. Raumorganisation

3.4.1. Licht

3.4.2. Orientierung im Raum

3.4.3. Die Dynamik der architektonischen Form

3.4.4. Raumgrenzen

3.4.4.1. Haut

4. Mensch, Raum und Technologie – adaptive Architektur

4.1. Information, Intelligenz

4.1.1. Information

4.1.2. Intelligenz

4.1.3. Von der künstlichen Intelligenz zum informativen Ambiente

4.2. Ursprünge der Mensch-Maschinen Schnittstellen

4.3. Wearable-Technologien - technische Eigenschaften

4.3.1. Wearable Komponenten

4.3.1.1. Display

4.3.1.2. Eingabegerät und System

4.3.2. Anwendungsbereiche und Beispiele

4.4. Gestaltungsrichtlinien für Wearables

4.4.1. Anwendungen im Raum

4.5. Kontextsensitive Systeme

4.5.1. Forschungsansätze

4.5.2. Komponenten kontextsensitiver Systeme

4.5.2.1. Das Nutzer-Zustand-Modul

4.5.2.2. Das Nutzer-Aktivitäts-Modul

4.5.2.3. Das Umgebungs-Modul

4.5.2.4. Das Navigations-Modul

4.6. Kontextsensitive Systeme im Raum

4.7. Beispiele sensueller Architektur

4.7.1. Der Sensorama Simulator

4.7.1.1. Technische Komponenten des SeSi

4.7.1.2. Verwendung

4.7.1.3. Sensuelle Einstufung

4.7.1.4. Sensorisch, sensuell und aktuatorisch

4.7.1.5. Der SeSi: ein multi-aktuatorisches System

4.7.1.6. Raumzonen des SeSi

4.7.1.7. Der SeSi: ein Erlebnisraum

4.7.1.8. Der SeSi: ein Wahrnehmungs- und Sinnesraum

4.7.1.9. Die Duftkomponente des SeSi

4.7.1.10. Die Schwierigkeit Düfte zu klassifizieren

4.7.1.11. Olfaktorische Displays

4.7.1.12. Raumzeitliches Verhalten von Gerüchen

4.7.2. Der Ada-Pavillon

4.7.2.1. Zonierung

4.7.2.2. Ada-Funktionen

4.7.2.3. Technologische Konzeption

4.7.2.4. Ada und die anderen

4.7.3. Kinetische Architektur

4.7.3.1. Historische Betrachtung kinetischer Systeme

4.7.3.2. Klassifizierung kinetischer Systeme

5. Der multisensuelle Raum (Ausblicke)

5.1. Voraussetzungen für eine multisensuelle Situation

5.2. Die Substanz des multisensuellen Raumes

5.2.1. Materialien

5.2.2. Zeitlichkeit

5.2.3. Faktoren für einen multisensuellen Raum

5.2.4. Der Techno-Nomade als Maßstab

5.3. Konstruktive Ansätze und Ausblicke für einen multisensuellen Raum

5.4. Atmosphäre und Adaption

Anhang

Kapitel 1: Das Dreikomponentensystem aus Mensch, Raum und Technologie

In dieser Arbeit geht es um die theoretische Untersuchung von Raum in der Architektur. Aufgrund einer sich ständig verändernden Ausgangssituation - sowohl für den Architekten als auch für den Nutzer - soll eine aktuelle Standortbestimmung für den architektonischen Raum entwickelt werden.

Aufseiten der Architekten ist der komplette Entwurfsprozess durch den Einsatz moderner Computertechnologie geprägt. Damit ist nicht nur der rechnergestützte Entwurfsprozess auf der Basis von CAD¹ gemeint, sondern auch die Möglichkeit zum digitalen Datenaustausch zwischen den verschiedenen am Bau beteiligten Gewerken. Dies wirkt sich wiederum auf die Optionen der Projektsteuerung aus.

Auf der Seite des Nutzers zeichnet sich ebenfalls eine immer intensivere Verwendung von neuen Informations- und Kommunikationstechnologien (IUK-Technologien) aus. Sie erobern ständig mehr Lebensbereiche oder schaffen vollständig neue Sparten und Situationen und sind damit wesentlicher Bestandteil von Architektur.

Es ist nicht abwegig, zu denken, dass Wissen und Information eine immer wichtigere Ressource für den Menschen darstellen wird, was dazu führt, dass von ihm eine immer größere Flexibilität verlangt wird.

Dabei besteht die Tendenz zur Verlagerung von Kommunikation, sodass sie sich von bisherigen räumlichen, zeitlichen und strukturellen Fixierungen lösen wird, um in virtuellen Netzwerken stattzufinden. Das heißt, dass der Raum Ort von Handlungen sein kann, die bisher räumlich und zeitlich getrennt waren, wie es beispielsweise in einer virtuellen Besprechung der Fall ist. Demgemäß gilt es zu analysieren, welche Rolle dabei der physisch-architektonische Raum spielen wird. Er hat zwischen zwei Grundpositionen zu vermitteln:

1. Der architektonische Raum ist Ort des Rückzugs vor einer technologischen Welt. Der Raum wirkt als Raum, ohne dabei auf ein technologisches Potenzial zurückzugreifen. Er offeriert ein Reizangebot, das von seinem Nutzer wahrgenommen wird. Man spricht hierbei von einem herkömmlichen Raum.
2. Der architektonische Raum fördert Informationsaustausch dadurch, dass er zum festen Bestandteil dieses Austausches wird. Das bedeutet, dass er über die technologischen Errungenschaften in irgendeiner Form reflektiert werden muss.

Die Rolle des architektonischen Raums der Zukunft wird darin bestehen, dass er eine vermittelnde Position zwischen einer technophilen und einer technophoben Umgebung übernimmt, also eine Zwitterrolle zwischen Punkt eins und Punkt zwei.

Um den Grundlagen für eine humanistische Entwicklung des architektonischen Raumes in Zukunft den Weg zu ebnen, gilt für diese Arbeit, dass der Mensch Mittelpunkt der Untersuchung sein muss. Folglich

¹ CAD (von engl. Computer Aided Design). Der Computer unterstützte Entwurf zeigt sich in neuen Planungsmöglichkeiten, die sich neben der Visualisierung komplexer Planungsvorhaben auch in einer neuen Materialauswahl, also einer Computer unterstützten Materialverarbeitung CAM (von engl. Computer Aided Manufacturing) äußern.

beziehen sich die zu behandelnden Architekturen auf einen direkten Umgang mit ihm.

Um einen zeitgemäßen Stand der Raum ontologischen Untersuchungen zu vermitteln, bedarf es dabei einer gesonderten Berücksichtigung der Technologieformen, die im Raum zum Einsatz kommen können. Von ihrem sinnvollen Einsatz ist die Verträglichkeit mit dem Menschen abhängig und kann somit als Prämisse für eine Akzeptanz von Technologie beim Nutzer angesehen werden.

Gilt es, Prinzipien von Architektur zu durchleuchten, dann muss man sich dessen bewusst sein, dass es schwerlich gelingen wird, eine lückenlose Analyse aller beteiligten Komponenten zu erarbeiten, da sich das architektonische Feld sowohl in konstruktive, technologische, soziopsychologische und ästhetische Bereiche erstreckt. Es wird deutlich, dass vor allem bei der Komponente Mensch mit Schwierigkeiten zu rechnen ist, wenn es um Messbarkeit differierender Faktoren wie Wahrnehmung, Stimmung, Verlangen, Gewohnheiten und variierende Kultur- und Wissensstände geht. Daher ist es sinnvoll, die Kernthemen, um die sich diese Arbeit formiert, im Bezugsverhältnis von Raum, Mensch und Technologie auszudrücken. Auf diese Weise ist eine relative Messbarkeit im allgemeinen Kontext möglich. Aufgrund seines dreiwertigen Abhängigkeitsverhältnisses bietet es sich an, von einem Dreikomponentensystem aus Mensch, Raum und Technologie zu sprechen. Zu einem Schaubild zusammengefasst, kann es als grundlegendes Leitmotiv für diese Arbeit dienen.

Das Drei-Komponenten-System

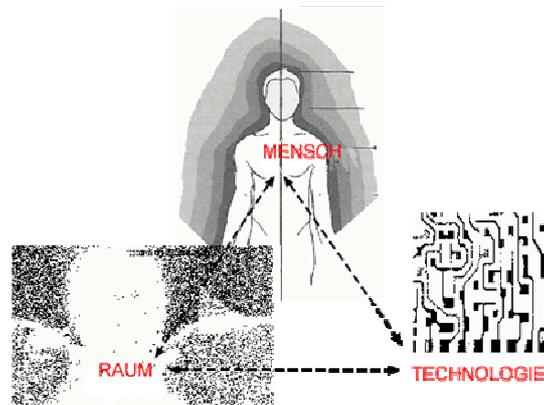


Abb. 1-a: Das Dreikomponentensystem aus Mensch, Raum und Technologie

Es ist offensichtlich, dass es sich bei den Bereichen Mensch, Raum und Technologie um Themengebiete handelt, die eine umfangreiche Untersuchung verlangen, wobei die Grenzen nicht deutlich absteckbar sind und eine allumfassende Beleuchtung der Problematik daher nicht möglich erscheint. Deshalb sind die hier vorliegenden Analysen als Prolegomena einer zeitgemäßen Architekturtheorie zu verstehen.

Im Blick nach vorn sollen neue Ansätze für die Konzeption von architektonischem Raum vorbereitet werden, wobei die Fundamente in der historischen Betrachtung von Raum und Mensch verankert sind. Hauptaugenmerk dieser Untersuchung gilt dem Reizpotenzial, das von einem Raum ausgeht, um von seinem Nutzer wahrgenommen und

interpretiert zu werden. Es drückt sich in Raumeigenschaften aus. Sie zu analysieren, ist Bestandteil kommender Kapitel. Es handelt sich gewissermaßen um Information, die vom Raum ausgesandt und von Raumnutzer empfangen wird. Mit anderen Worten kann man auch vom Raum als einem Sender von Information und vom Mensch als einem Empfänger von Information sprechen.

Im herkömmlichen Raum - damit ist ein Raum ohne technologische Applikationen gemeint - herrscht ein Informationsfluss in nur eine Richtung. Ein derartiger Raum kann auf die Urformen menschlicher Behausung zurückgeführt werden und beschreibt etwa das Gewahrwerden von Materialien, Licht- und Größenverhältnissen einer Raumsituation.

Durch den Einsatz von ambienter Technologie, wie z. B. Sensortechnologie, kann der Informationsfluss umgekehrt werden, sodass auch der Raum befähigt ist, auf Informationen zu reagieren. Diese Informationen können beispielsweise aus der Umwelt oder aber vom Menschen selbst ausgehen. Damit hat sich die Rollenverteilung umgekehrt. Der Raum ist nun Empfänger und der Mensch Sender von Information. Das ist die Grundlage einer multisensuellen Situation, deren Untersuchung sich diese Arbeit widmet.

Wie jede Arbeit, die sich mit dem Phänomen menschlicher Evolution beschäftigt – und Architektur ist stets fester Bestandteil davon – muss auch hier die Grundsatzproblematik menschlichen Fortschritts beleuchtet werden.

Aufgrund zivilisatorischer Veränderungen - seien sie medizinischer, technischer oder philosophischer Art - sind die verschiedensten Bereiche des Lebens einem permanenten Wandel unterzogen. Dieser Wandel ist das Ergebnis aus dem Geschehenen, der Gegenwart und der Zukunft. Letztere kommt einer großen Unbekannten gleich. Auf sie vorbereitet zu sein ist intensives Bedürfnis eines jeden Menschen, unabhängig davon, welcher Nation er angehört oder welcher Berufung er nachkommt. Es ist die Aufgabe von Architektur den kontinuierlichen menschlichen Wandel zu organisieren und auf die Bedürfnisse der Menschen einzugehen. Das heißt, dass zukünftiges Leben quasi herbeigeahnt werden muss, um planerisch darauf reagieren zu können. Insofern regelt Architektur menschliches Leben – ein jeder wacht auf, lebt und schläft. Rahmen dieser trivial klingenden Handlungen bildet die Architektur, die einen umgibt. Dabei übernimmt sie seit jeher Grundfunktionen, um diese Handlungszusammenhänge zu ermöglichen.

Aufzuwachen verlangt Schlaf, Schlaf verlangt wiederum Ruhe vor den täglichen Ereignissen, die man durchlebt hat. Je nachdem, in welcher Phase man sich gerade befindet, ändern sich auch die Voraussetzungen an die Umgebung um einen herum. Die Aufgabe von Architektur ist es, diesen Voraussetzungen gerecht zu werden und sie zu einem organisierten Konglomerat zu bündeln.

Gepaart mit einem wirtschaftlichen Denken mündeten diese Bestrebungen in einer Formensprache, deren Vielfalt in ausgeklügelten Modulkonzepten bzw. einer zwiespältigen Vorliebe nach Modulen und Rastern resultierte und auf die sich heutige Planungen stützen. Allzu gern möchte das organisierte Bauen auch den Menschen an ein solches Verhalten

anpassen, was jedoch mit einigen Schwierigkeiten verbunden ist. Dennoch ist eine klare Tendenz in diese Richtung auszumachen, was eine ausgiebige Untersuchung verschiedenster Faktoren verlangt, wozu diese Arbeit einen möglichen Schritt beisteuert. Verschließt man vor dieser Entwicklung die Augen, so überrollt eine dieselbe, sodass die Gefahr besteht, dass sogar der Mensch zu einem anonymen Faktor eines optimierten Rastermaßes degradiert wird und die Architektur wichtige Funktionen abgeben muss, die für die Umsetzung einer humanistischen Architektur wesentlich sind.

Der Mensch als elementares Bezugsobjekt des Dreikomponentensystems nimmt selbst Raum ein. Im Gegensatz zu leblosen Objekten zeichnet sich seine Dimension durch Möglichkeit zur Bewegung aus. In Bewegung nimmt er Spurformen im Raum ein, wobei er den Raum als eine Folge nacheinander erfahrener Sinneseindrücke erfährt. Spurformen beschreiben typische Handlungszusammenhänge und Bewegungsabläufe nach menschlichen Maßstäben. Sie sind elementar bei der Untersuchung räumlicher Abläufe und deren Organisation bzw. Strukturierung. Dabei ist es wichtig, dass der menschliche Körper einerseits mathematisch messbare Dimensionalität ist, aber auf der anderen Seite auch als handelnder Leib existiert. In Bewegung kann man deshalb auch von Räumen sprechen, die sich um einen Menschen in verschiedenen Schichten aufbauen und für Beziehungsverhältnisse mit seiner Umwelt verantwortlich sind. Nach Edward Twitchell Hall lassen sie sich als Proxemik beschreiben.

Auch der umgebende Raum kann als eine solche Schicht angesehen werden. Wird ambiente Technologie eingesetzt, kann er den Menschen in vielen Aufgaben unterstützen und gedeiht förmlich zu einer technologischen Prothese des Menschen.

Ambiente Technologie ist Bestandteil des Dreikomponentensystems. Ihre Aufgabe ist es, mit der Umgebung bzw. dem Kontext zu kommunizieren, wobei sich dieser zum einen aus dem Raum und zum anderen aus dem Menschen zusammensetzt.

Das bedeutet, dass sie sich ihrer Umgebung bewusst sein muss. Dies kann beispielsweise auf die Funktion sensorischer Prozesse zurückgeführt werden, sodass man auch von einer kontextsensitiven Technologie sprechen kann. Kontextsensitive Systeme basieren auf der Verarbeitung digitaler Information. In einer räumlichen Situation sind das beispielsweise Daten menschlicher Handlungsabläufe. Konzeptionell ist es zweckmäßig, dabei auf bereits fortgeschrittene Entwicklungen im Bereich der Wearable Technologie zurückgreifen. Dabei handelt es sich um Kommunikationskonzepte, die einen Austausch digitaler Information zwischen Mensch und Maschine ermöglichen. Ein Wearable zielt darauf ab, den Computer zum Bestandteil unserer Kleidung zu machen, sodass er uns immer und überall als intelligenter Assistent zur Seite stehen kann. Seine Funktion besteht darin, Impulse, die vom Menschen ausgehen, zu interpretieren und in eine technologisch verständliche Sprache zu übersetzen, sodass eine Gegenreaktion durch ein künstliches System erzeugt werden kann. Diese Reaktion kann sich unter Verwendung heuristischer Kontrollsysteme, die dem System eingepflanzt werden, eigenständig an Situationen anpassen. Man spricht deshalb auch von

adaptiven kontextsensitiven Systemen.

Auch für den Raum kommen adaptive kontextsensitive Systeme in Frage.

Es existieren bereits Modelle, die Verhalten von Nutzern im Raum detektieren und zu eigenständigen Handlungen im System weiterverarbeiten. Auch hier basiert das Grundkonzept auf sensomotorischen Prozessen. Das bedeutet, dass der Raum mithilfe seines sensorischen Potenzials, mit dem er etwa Bewegungen, Gewicht, Licht, Temperaturen, Feuchtigkeit oder Entfernungen vernehmen kann, Informationen über eine sich im Raum befindende Person erhält.

Es besteht für den Raum die Möglichkeit, auf verschiedene Weise auf die Person im Raum zu reagieren. Eine Reaktion kann körperlicher oder unkörperlicher Natur sein und sich dementsprechend entweder in einer formalen physischen oder in einer akustischen, visuellen oder olfaktorischen Reaktion dem Nutzer gegenüber äußern.

Beispiele variierender Rückwirkungen durch den Raum werden im Verlauf der Arbeit vorgestellt.

Findet zwischen Raum und Nutzer eine gegenseitige

Informationsverarbeitung auf verschiedenen Kanälen statt, so kann man von einem multisensuellen Raum sprechen.

Es wird also deutlich, dass die Anwesenheit von adaptiver und Kontextsensitiver Technologie allein noch keinen multisensuellen Raum ausmacht. Erst durch die gegenseitige Befruchtung und unter Berücksichtigung herkömmlicher Raumqualitäten kann es gemäß dem Dreikomponentensystem zu neuen Formen der Raumwahrnehmung kommen. Sie käme einer architektonischen Revolution gleich. Gedanken zu multisensuellen Räumen am Ende dieser Arbeit sollen daher Möglichkeiten andeuten, wie adaptive Systeme im Raum Verwendung finden können, ohne dabei die Handlungsfreiheit des Menschen² einzuschränken, aber gleichwohl seinen Handlungsspielraum vergrößern. Anlass der Arbeit war die lauter werdende Kritik hinsichtlich der Integration von technologischen Konzepten in der Architektur: Zum einen besteht das Risiko eines Missbrauchs von Technologieformen im Raum, z. B. durch Überwachungs- und Kontrollsysteme, zum anderen besteht die Gefahr, durch einseitige Entwicklung von Schnittstellen zwischen Mensch und Technologie eine allgemeine Verkümmern der Sinne zu provozieren. Dies wird deutlich, wenn man die täglichen Handlungen überdenkt. Immer mehr Information gilt es allein mit dem Auge zu erfassen.

Computermonitore dominieren den Alltag und den Beruf, man wird von Werbemaßnahmen im TV oder an der U-Bahn Haltestelle überflutet.

Konzeptansätze multisensueller Räume sind diesbezüglich als Versuch zu verstehen, einen synästhetischen Ausgleich zu schaffen, um dieser Entwicklung entgegenzudenken und sie auf einer breiteren Grundlage neu

² Es sei an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht, dass es sich bei der Untersuchung von Technologie im Raum, als einem derzeitigen Stand der Forschung, um ein Aufgabengebiet handelt, das nur einen kleinen Teil der Bevölkerung auf diesem Planeten ansprechen wird. In vielen Teilen dieser Welt geht es nicht darum, Computer unterstützte Applikationen in den Alltag zu integrieren, sondern eher um den Schutz der eigenen Substanz. Aus diesem Grund wurde auch versucht den Untersuchungen nicht die Basis zu entziehen, die nach Meinung des Verfassers vor allem im menschlichen Wirken liegt, sondern auf materielle Qualitäten eines existierenden architektonischen Erbes ad infinitum aufmerksam zu machen, auch wenn dass nur bedingt erreicht wurde.

auszuloten.

Es hat sich angeboten, die Arbeit in drei wesentliche Teile zu teilen, sodass eine allseitige Betrachtung der Beziehungen im Dreikomponentensystem aus Mensch, Raum und Technologie möglich wird.

Als Ausgangspunkt dient dabei eine philosophiegeschichtliche Abhandlung von Raum. Sie mündet in einer Definition des architektonischen Raumes.

Aus der Begrifflichkeit des Raumes unter architektonischen Gesichtspunkten ergibt sich eine Analyse menschlichen Verhaltens im Raum. Vor allem Attribute der Wahrnehmung, Proportionsschemata und anatomische Gesetzmäßigkeiten bzw. eine Betrachtung des menschlichen Körpers - in seiner Doppelrolle als dimensionaler Körper und handelnder Leib - sind dabei von Belang. Hieraus entwickelt sich schließlich die Analyse menschlicher Bewegung im Raum und es werden Bezüge zu benachbarten Kunstsparten aufgegriffen. Insbesondere Tanzwissenschaften können dabei hilfreiche Erkenntnisse liefern.

Wichtige konzeptionelle Ansätze zu multisensuellen Räumen liefert dann das Thema *Raumorganisation*. Hierbei werden formale Mittel von Räumen untersucht und in Hinblick auf ihre organisatorische bzw. raumkonzeptionelle Bedeutung überprüft. So ergeben sich Erkenntnisse, die der Grundlage eines humanistischen Einsatzes von Technologie im Raum dienen.

Die Möglichkeiten und den Stand der Forschung raum technologischer Systeme aufzuzeigen, ist Bestandteil des vorletzten Kapitels *Mensch, Raum und Technologie*. Anhand zweier Beispiele sensueller Architektur - also Architektur, die eigenständig mit Hilfe von ambienter Technologie auf Situationen reagiert - kann eine erste Klassifizierung sensueller Räume durchgeführt werden.

Im abschließenden Kapitel werden Möglichkeiten und Ausblicke multisensueller Räume abgewogen und es wird über ihren Wert für die Architektur reflektiert.

Kapitel 2: Raum – eine philosophiegeschichtliche Untersuchung

2.1 Der Weg zum architektonischen Raum – ein sensuelles Erbe

„Wer anfängt, über den Raum nachzudenken und zu sprechen, stößt sogleich auf ein Paradox: überall, wo wir sind, leben und arbeiten, sind wir vom Raum umgeben – oder glauben es zumindest -, aber wir geraten in arge Verlegenheit, wenn wir sagen sollen, was denn das sei: der Raum.“¹ Mit diesen sehr treffenden Worten leitet Venanz Schubert seine interdisziplinäre Studie über das Erlebnis, die Anschauung und den Begriff des Raumes ein.

Es ist wie bei der Natur, von der Goethe sagt: „Wir sind von ihr umgeben und umschlungen – unvermögend, tiefer in sie hineinzukommen. Ungebeten und ungewarnt nimmt sie uns in den Kreislauf ihres Tanzes auf und treibt sich mit uns fort (...) Wir leben mitten in ihr und sind ihr fremde.“² Der Raum gedeiht zu einem Phänomen, das einem in sonderbarer Weise zugleich nah und fern ist. Auf der einen Seite ist man stets vom Raum umgeben, auf der anderen Seite erscheint er uns unendlich fern, wenn man an die unermesslichen und ständig expandierenden Ausmaße des Weltraums denkt. In ihm fristet man sein Dasein, doch hat man weder eine überzeugende Antwort darauf, warum man sich gerade an diesem und nicht an einem anderen Ort befindet, noch warum man die kleine Zeitspanne, die einem zum Leben gegeben ist, genau an diesem Punkt inmitten einer vielleicht nie endenden Ewigkeit durchlebt.

Anders ist es mit dem nahen Raum. Jeder, vorausgesetzt er ist Herr über seine Sinne, kann sich, mehr oder weniger detailliert, ein Bild von dieser ihn umgebenden Nähe im Geiste ausmalen. Ohne auf die unmittelbare Wahrnehmung angewiesen zu sein, kann man sich Bilder von Landschaften, Städten, Schlössern, Wiesen und Wasser vorstellen. Man spricht in diesem Zusammenhang von kognitiven Karten, die wir erstellen und bei Bedarf abrufen können.³

Wenn man sich in die Problematik des Raumes einarbeiten will, so bietet die Auseinandersetzung mit den Raumtheorien, die während der Geschichte der Philosophie aufgestellt wurden, die beste Einführung. Natürlich können nicht alle in Frage kommenden Aspekte des Raumes untersucht werden. Aus diesem Grund wird versucht, thematisch relevante Ansätze zu verfolgen, um diese der architektonischen Analyse von Räumen vorausgehen zu lassen.

Beiträge zum Raumproblem liegen bereits vor. So sei vor allem auf die Arbeiten von Alexander Gosztanyi hingewiesen, der in seiner umfangreichen Abhandlung *Der Raum: Geschichte seiner Probleme in Philosophie und Wissenschaft*⁴ im Speziellen auf das Raumproblem unter philosophiegeschichtlichen, geometrischen, sinnespsychologischen und schließlich phänomenologischen Gesichtspunkten eingeht. Er sei ergänzt durch die Beiträge Max Jammers, dem es gelingt, in seinem Buch

¹ Schubert, V. (1987), S.15

² Goethe, J.W.v. (1982), S.28

³ Man spricht in diesem Zusammenhang auch von kognitiven Landkarten. Sie werden in Kap. 3.4.2 *Orientierung im Raum* behandelt.

⁴ Gosztanyi, A. (1976)

*Probleme des Raumes*⁵ eine umfassende Darstellung des Raumproblems unter physikalischen Gesichtspunkten vorzulegen.

Des Weiteren wird auf Gaston Bachelard und sein Werk *Poetik des Raumes*⁶, Otto Friedrich Bollnow mit *Mensch und Raum*⁷ und Rudolf Arnheim *Die Dynamik der architektonischen Form*⁸ verwiesen, um schließlich die Brücke zur architektonischen Auseinandersetzung mit der Raumontologie schlagen zu können.

In diesem Kapitel soll versucht werden, anhand der vorliegenden geschichtlichen Beiträge zum Problem des Raumes, Grundlagen zur Analyse sensueller und schließlich multisensueller Räume herauszuarbeiten.

Um dies zu erreichen, bietet es sich an, solange wie nötig, die räumlichen Untersuchungen auf einer größtmöglichen Allgemeinheit durchzuführen. Aus Sicht des Verfassers kann nur auf diese Weise eine hohe Verflechtung unterschiedlichster Wissenschaften erzielt werden.

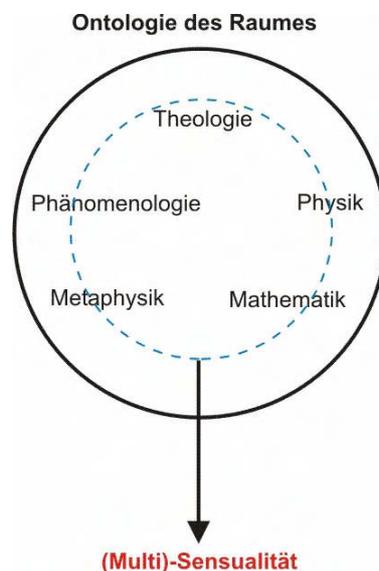


Abb. 2.1- a: Schema der zeitlichen Abfolge und Bedeutung der einzelnen Raumlehren.

Grundsätzlich scheint es für eine hinreichende Analyse multisensueller Räume sinnvoll zu sein, das Problem des Raumes von der Befangenheit der durch die moderne Naturwissenschaft bedingte und heute wie selbstverständlich gewordene Raumanschauung zu befreien. Aus diesem Grund ist es sachdienlich, zunächst einen Blick auf andere, von dieser noch nicht beeinflusste Auffassung des Raumes zu werfen.

Bei diesem Vorhaben stößt man jedoch sogleich auf Schwierigkeiten. Überlegungen, bei denen das Problem des Raumes in ausdrücklicher Form ausgesprochen wird, sind raumgeschichtlich nicht leicht auszumachen, obwohl diesbezüglich überall Überlegungen in unreflektierter Weise dem Denken zugrunde liegen.

⁵ Jammer, M. (1980)

⁶ Bachelard, G. (2001)

⁷ Bollnow, O.F. (2000)

⁸ Arnheim, R. (1980)

Erste schriftliche Hinweise, die sich auf die Raumvorstellung beziehen, lassen sich im griechischen Schrifttum von Hesiod (um 770 v. Chr.) finden: „Wahrlich, zuerst entstand das Chaos“⁹, wobei das Chaos nach Alexander Gosztanyi als das „gähnende Leere (...) das alles in sich aufnimmt, das bestimmt ist, ausgefüllt zu werden“¹⁰, übersetzt werden kann. „Es ist die leere, unermessliche, undifferenzierte Ausdehnung und zugleich der Ursprung aller Dinge“¹¹.

Waren Raumvorstellungen anfänglich an das Konkrete, das Sinnlich-Wahrnehmbare gebunden, so findet ein Abstraktionsprozess statt, der die allmähliche Ablösung der Raumvorstellungen vom Anschaulichen gewährleistet und die Herausbildung eines eigenen Raumbegriffes in der vorplatonischen Philosophie fordert. Diese Erkenntnisse bringen jedoch Probleme mit sich. Die wichtigsten von ihnen sind das Problem des Unendlichen und das der Leere.

Auf die Möglichkeit einer Existenz eines leeren Raumes weisen erstmals die Altpythagoreer hin, die ihn sich stofflich, als Pneuma oder Luft denken und auch erste Hinweise auf die unendliche Teilbarkeit des Raumes machen¹².

Empedokles (ca.483/2-423/2 v. Chr.) hingegen bestreitet die Existenz des Leeren. Er ist der Auffassung, dass das All kugelförmig, ewig und unbeweglich sein müsse¹³ und aus vier Grundelementen (Wasser, Feuer, Luft, Erde) bestehe, die unvergänglich sind¹⁴ und aus dessen Mischung und Trennung Dinge entstehen und vergehen¹⁵.

Er erklärt mit Hilfe seiner Porentheorie die Verschachtelung von Dingen im unendlich teilbaren Raum und ebnet so den Weg für die Raumtheorien der Atomisten.

„Der Raum ist ihrer Lehre gemäß also unendlich. Dies folgt ihrer Meinung nach nicht nur aus dem Begriff des Raumes selbst, sondern auch aus der unendlichen Zahl der Atome. Konsequenterweise gibt es auch unendlich viele Welten, die sich der Größe nach unterscheiden“¹⁶.

„Räumlich sind aber auch die Atome, die trotz ihrer Unteilbarkeit eine gewisse - sogar unterschiedliche - Größe und Ausdehnung haben, jedoch infolge ihrer Kleinheit nicht wahrnehmbar sind. Selbst die kugelförmigen Atome, aus denen die Seele besteht, sind räumlich-materiell“¹⁷.

„Der Raum selbst bietet die Möglichkeit für die Bewegung, beeinflusst sie aber nicht. Er gilt für die Atomisten als reine Ausdehnung, ohne jegliche Eigenschaften. Die Raumgliederung *oben—unten* entsteht durch die Bewegung der Atome, nicht durch die Raumstruktur (bei Aristoteles ist sie durch die Raumstruktur bedingt)“¹⁸.

Als Grundlage für weitere, den Raum betreffende Überlegungen kann man davon ausgehen, dass für die Atomisten der Raum - das Leere - real und existent und dennoch körperlos sein kann. Damit findet eine absolut neue

⁹ Hesiodus, (1999), 116, ἤτοι μὲν πρώτιστα Χάος γένετ'

¹⁰ Gosztanyi, A. (1976), S. 59

¹¹ Gosztanyi, A. (1976), S.59

¹² Vgl. Burnet, J. (1892), S.51

¹³ Diels, H. (1960), A, S.32

¹⁴ Diels, H. (1960), A, S.32

¹⁵ Diels, H. (1960), B, S.12/B, S.14

¹⁶ Aristoteles, (1973) III.2, 300b 8 in Gosztanyi, A. (1976), S.71

¹⁷ Diels, H. (1960) II, 66, 68, Leuk., 66, A 28

¹⁸ Gosztanyi, A. (1976), S.71

Auffassung von Realität ihre Begründung. Es ist ein wesentlicher Schritt zur Gewinnung des Begriffs vom abstrakten Raum. Obwohl kein Philosoph aus dieser Periode dem Raumproblem eigens eine Untersuchung widmet, werden hier die Grundsteine der platonischen Raumdiskussion gelegt.

2.2 Der platonische Raum

Platon (428/427-348/347 v. Chr.) befasst sich als erster damit, eine systematische Abhandlung über die Begrifflichkeit und das Wesen des Raumes zu schreiben. Seine Überlegungen lassen sich in erster Linie in den Dialogen mit Timaios, Politeia, Philebos und Sophistes finden. In dem platonischen Dialog *Timaios*¹⁹ wird dem gleichnamigen Astronomen die Aufgabe gestellt, sich im Geiste eine neue Welt und die in ihr lebenden Menschen zu schaffen. Timaios stellt im Fortlauf der Unterredung mit Sokrates fest, dass die zwei Gattungen das Sein und das Werden nicht mehr ausreichen, um das Wesen der Welt zu erklären. Für ihn steht fest, dass es einer dritten Gattung bedarf, um an ein Ziel zu kommen. Er spricht von der Aufnahme (ὑποδοχή) allen Werdens, gleichsam die Amme oder auch das Worin (ἐνῶ) des Werdens, gleichsam die Mutter²⁰, dazu bestimmt, alles in sich aufzunehmen (πανδεχέζ)²¹ und daher selbst ohne Gestalt (ἄμορφον), ohne alle Bestimmung, so, wie bei wohlriechenden Salben die Trägersubstanz selbst geruchlos sein muss²². Das Worin ist nicht etwa eines der vier Grundelemente, sondern solchermaßen frei von allen eigenen Eigenschaften, dass es „äußerst schwer“ zu erfassen ist²³. Dieses Aufnehmen nennt Platon *Raum* (χώρα)²⁴. Zusammenfassend erklärt Gosztonyi die Worte Platons: „Der *Raum* (χώρα) besteht neben dem *Seienden* und dem *Werden* als das Dritte (τρίτον γένος) bereits vor der Entstehung der Welt²⁵. Er ist – wie das wahre Sein – keiner Vernichtung zugänglich. Er gewährt – wie eine Art Mutterschoß²⁶ - dem Entstehen eine Stätte“²⁷.

Ergänzend werden an dieser Stelle Rechtfertigungen Platons hinzugefügt, der das *Seiende* als das Reich der Ideen definiert, welches nicht wahrnehmbar, sondern nur durch das Denken erfassbar wird. Die Partizipation an ihm verleiht den Dingen ihr Sein²⁸.

Das *Werden* hingegen erzeugt die sinnlich wahrnehmbaren Dinge und hält sie in immerwährender Wandlung. Die Dinge der Erscheinungswelt, die einem ständigen Kreislauf des Entstehens und Vergehens unterliegen, werden jedoch nur sinnlich und auf Grund der Meinung (δόξα), wie Gosztonyi beschreibt, erfassbar. Er schreibt weiter: „Das Werden drängt

¹⁹ Plato , (2003)

²⁰ Plato , (2003), 50d

²¹ Plato , (2003), 51 a

²² Plato , (2003), 50 e

²³ Plato , (2003), 51 b

²⁴ Plato , (2003), 51 b

²⁵ Plato , (2003), 52 a-b

²⁶ Plato , (2003), 50 c

²⁷ Vgl. Plato , (2003), 52 b in Gosztonyi, A. (1976), S.79

²⁸ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S.79

die Dinge gewissermaßen vom wahren Sein (der Ideen) zur Erscheinung, so dass ihr Sein „uneigentlich“, nicht absolut, d.h. kein Sein sondern ein Werden ist“²⁹.

Der Raum hingegen stellt den Urgrund dar, der das „Sein des Nicht-Seins“ ermöglicht. Der Raum versteht sich als eine Art Sein, die dem Werden erst die Möglichkeit bietet, das Sein und das Nicht-Sein miteinander zu verbinden und somit die Dinge der Erscheinungswelt entstehen zu lassen³⁰. In Übersetzungen von Friedrich Schleiermacher und Hieronymus Müller wird auch vom Raum als der Mutter und Aufnehmerin alles gewordenen Sichtbaren und durchaus sinnlich Wahrnehmbaren gesprochen. Platon zeigt hier, dass sein Verständnis von Raum eine „universale Natur (beschreibt), die alle Körper in sich aufnimmt; diese ist als stets dieselbe zu bezeichnen, denn sie tritt aus ihrem Wesen durchaus nicht heraus. Nimmt sie doch stets alles in sich auf und hat sich nie und in keiner Weise irgendeinem der Eintretenden ähnlich gestaltet; denn ihrer Natur nach ist sie für alles der Ausprägungsstoff, der durch das Eintretende in Bewegung gesetzt und umgestaltet wird und durch dieses bald so, bald anders erscheint“³¹.

Demnach manifestiert sich der Raum als das Gegebene, das den in ihm enthaltenen Objekten vorausgeht und in dessen Gerüst jedes Ding seinen Platz hat. Die wahrzunehmenden Dinge entstehen jedoch nicht „aus ihm“ heraus, sondern „in ihm“³², wie Platon in wiederholter Ausdrucksweise bemerkt.

Der Raum als ein Überbegriff allen sinnlich Wahrnehmbaren erinnert an eine schützende Hülle³³, die allem Werden ein Worin zu geben scheint, „charakterisiert als Negation von Gestalt und Eigenschaft, mit einer einzigen Ausnahme, dass er die Eigenschaft besitzen muss, alles aufzunehmen: Geistiges (Denkbares) wie Materielles“³⁴.

Dabei fällt jedoch auf, dass Platon bei der Begrifflichkeit des Raumes keine eindeutigen Aussagen darüber macht, wie er den Raum einzuordnen versucht. Venanz Schubert schreibt hierzu sinngemäß, dass bei Platon „...der Raum weder zu den Ideen noch zum Gewordenen gehört (und) ... auch weder durch den Nous (Seele, Geist) erkannt noch durch die Sinne wahrgenommen werden kann, sondern eigentlich nur auf dem Wege einer eigentlich illegitimen Schlussfolgerung“³⁵ - „einen unechten Schluss“³⁶ - erfassbar wird. In Timaios fügt Platon folgendes hinzu: „Dies ist eine starke Zumutung an unseren Glauben“³⁷ und bezeichnet den Raum als eine „schwer fassbare und denkbare Gattung“³⁸.

Wie Gosztanyi schreibt, erklärt Platon den unechten Schluss folgendermaßen: „Sogar die trügerischen Sinneswahrnehmungen (das „sehend Träumen“) bewegt den Menschen so zu sagen, alles, was da ist,

²⁹ Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S.79

³⁰ Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S.79

³¹ Plato, (1969)

³² Vgl. Plato, (2003), 49 e; 50 c-e; 52 a-b

³³ (obwohl es erst bei Aristoteles zur Scheidung zwischen Form und Inhalt kommen wird und damit die Unterscheidung von Raum und Rauminhalt ermöglicht)

³⁴ Schubert, V. (1987), S.25

³⁵ Schubert, V. (1987), S.25

³⁶ Plato, (2003), 52 b

³⁷ Plato, (2003), 52 b

³⁸ Plato, (2003), 49 a

müsse an einem bestimmten Ort sein und einen bestimmten Ort einnehmen; was aber weder auf Erden noch irgendwo in der Welt sei, habe überhaupt kein Sein. Ein Bild trägt aber den Grund seiner Entstehung nicht in sich, sondern ist immer nur die flüchtige Erscheinung eines anderen“³⁹. Gosztanyi ergänzt schließlich noch den eigentlichen „Schluss“, indem er sagt: „Der Grund der Räumlichkeit und der Lokalisierbarkeit der Erscheinungsdinge kann also nur der Raum selbst sein, der nirgends als Raum in Erscheinung tritt, sondern nur die Räumlichkeit der Erscheinungswelt ermöglicht. Der „unechte Schluss“ schließt also von der Räumlichkeit der Dinge auf ihren Urgrund: auf den Raum“⁴⁰. Er fasst zusammen: „Der Raum stellt an sich eine reale und in der Erscheinungswelt realisierte Möglichkeit dar, die Ideen bzw. ihre Abbilder aufzunehmen, zu „verräumlichen“ und damit in Erscheinung treten zu lassen vermag.“⁴¹

Das Neue an Platons spekulativen Raumtheorien ist die Zusammenführung verschiedener, teils gegensätzlicher Ansichten aus der vorplatonischen Zeit in eine zu Ende gedachten Ideenlehre. Seine Theorien stellen den ersten wichtigen Versuch dar, den Raum als philosophisches Problem zu sehen und ihn von der Seinsordnung und Entstehungsgeschichte der Erscheinungswelt her zu begreifen.

Untersuchte er das Raumproblem unter den Gesichtspunkten einer Abstrahierung des Raumes von der Körperlichkeit bzw. von der Materie, so greift Platon außerdem (durch die Geometrisierung) das Problem der Stereometrie und indirekt auch das der Dreidimensionalität auf. Dabei führt er die Raumformen auf die einfachsten zweidimensionalen geometrischen Figuren (Dreiecke) zurück, was sicherlich maßgeblich für die späteren Überlegungen seines Schülers Aristoteles gewesen sein wird, der den Raum als das Umhüllende der Körper bestimmen wird.

2.3 Der endliche Raum bei Aristoteles

Aristoteles gibt sich mit den platonischen Vorstellungen von Raum nicht zufrieden. Obwohl er in löblichem Ton über seinen Lehrer spricht, der nicht nur, wie seine Vorgänger, die Existenz des Raumes festgestellt, sondern auch das *Was* bestimmt hat sind ihm dessen Darstellungen zu allgemein. Aristoteles geht einen anderen Weg, indem er bei seiner Antwort auf seine alltäglichen Erfahrungen setzt. „Er ist ein Philosoph der Erfahrung, er philosophiert aus Erfahrung und ist – sehr im Gegensatz zu seinem Lehrer Platon – der Ansicht, dass aus den in der Sprache sedimentierten Meinungen durchaus auch Wissen zu erheben ist, Wissen, dass auf Erfahrungen der Menschen beruht“⁴².

Um den Raumbegriff bei Aristoteles zu behandeln, kann man von drei Werken ausgehen, die ausdrücklich das Problem des Raumes ansprechen: in den *Kategorien*⁴³ (Kapitel IV), in der *Physik*⁴⁴ (vor allem

³⁹ Plato, (2003), 52 b-c in Gosztanyi, A. (1976)

⁴⁰ Gosztanyi, A. (1976), S.80

⁴¹ Gosztanyi, A. (1976), S.80

⁴² Schubert, V. (1987), S.27

⁴³ Aristoteles, (1984)

⁴⁴ Aristoteles, (1978)

Buch IV) und in *De caelo*⁴⁵, wo eine ausführliche Behandlung des Raumproblems geschildert wird. In ihr fasst Aristoteles die griechische Anschauung von Raum zusammen und setzt sich dabei sehr eingehend mit den verschiedenen Meinungen seiner Vorgänger auseinander. Des Weiteren sind einige Hinweise in der *Metaphysik*⁴⁶ enthalten. Wie entscheidend die philosophischen Ansätze Aristoteles' waren, zeigt ihre beeindruckend lange Gültigkeit in der Geschichte der Philosophie. Es wird viele Jahrhunderte dauern, bis die Lehren des Aristoteles erste Risse bekommen und es zu einer allgemeinen Befreiung gedanklicher Natur kommen wird. Dies ist auch für den Verfasser Grund genug, im Folgenden die „Säulen der Raumphilosophie“ eingehender zu beleuchten. Was den Raum angeht bewegen Aristoteles vor allem zwei Fragen: Ist der Raum etwas Reales und was ist er? Gibt es ein Leeres (κενόν) und ein Apeiron, Unbegrenzt; d. h. gibt es einen unendlichen Raum?“⁴⁷

2.3.1 Der kontinuierliche Ort

Was bei Aristoteles auffällt, ist, dass er den Ausdruck „Ort“ (τόπος) und nicht „Raum“ (χώρα) verwendet. Diesbezüglich erläutert Alexander Gosztonyi, dass in wenigen Ausnahmen⁴⁸ „Raum“ und „Ort“ synonym verwendet werden, so dass man sagen kann, dass Aristoteles' Untersuchungen über den „Ort“ dem Raum gelten⁴⁹. Für diese Arbeit ist es von Nutzen anhand von einigen Punkten, in denen das Andersartige oder „das Befremdliche“⁵⁰ seiner Anschauungen zum Ausdruck kommt, wie Otto Friedrich Bollnow über die Denkansätze von Aristoteles schreibt, herauszuarbeiten. Aristoteles geht in seiner Lehre zunächst davon aus, dass der Raum in sich eine natürliche Gliederung erfährt und jedes der damals unterschiedenen vier Elemente (Feuer, Luft, Wasser, Erde) seinen bestimmten Ort hat, an den es gehört und zu dem es immer wieder hinstrebt. So bemerkt Aristoteles: „Jedes Element drängt an seinen Ort, wenn es nicht gehindert wird, das eine nach oben, das andere nach unten und in die übrigen der sechs Richtungen“⁵¹. Außerdem sagte er: „Bei der Bewegung ist die allgemeinste und beherrschende Weise die Bewegung in Bezug auf den Ort (κατὰ τόπον), Ortsbewegung (φορά) genannt.“⁵² „Bewegung ist nicht feststellbar und beschreibbar ohne räumliche Gegebenheiten und ohne Zeit. Ohne Raum (Topos), Leeres (Kenon) und Zeit (Chronos) gäbe es keine Bewegung“⁵³ - Dies könnte ein sehr interessanter Ansatz für strukturelle Gliederungen von Räumen sein. In späteren Kapiteln, in denen beispielsweise die Choreutik Rudolf von

⁴⁵ Aristoteles, (1973)

⁴⁶ Vgl. Aristoteles, (2003), X, 1107 b 9

⁴⁷ Vgl. Schubert, Venanz: a. a. O, S. 26/27

⁴⁸ z.B. Aristoteles, (1978), IV, 1, 209 a; 2, 209 b

⁴⁹ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S.90

⁵⁰ Bollnow, O.F. (2000), S. 26

⁵¹ Aristoteles, (1978), IV, 208 b

⁵² Aristoteles, (1978), IV 1,208 a 29ff

⁵³ Aristoteles, (1978), IV, 200 b 21

Labans und dessen Richtlinien zur Bewegung des Menschen im Raum untersucht werden⁵⁴, bietet es sich an, in ausführlicher Weise auf die Beziehung zwischen Raum, Mensch und Bewegung einzugehen. Aristoteles geht davon aus, dass dem Raum eine Dynamik unterliegt, die aus der Unterscheidung von Aktualität und Potenzialität des Ortes herrührt. Diese zwei Arten räumlicher Existenz bezeichnet er im vierten Kapitel seiner Physik als aktuellen (wirklichen) und potenziellen (möglichen) Ort⁵⁵.

Bei der Beurteilung der Seinsmortalität des Ortes ist es nun ausschlaggebend, ob sich die einzelnen Teile im Bezug aufeinander bewegen können, d. h. ob sie sich nähern oder voneinander entfernen, oder ob sie mit dem ganzen Körper bewegt werden.

Um zu den Ursachen der Bewegung zu gelangen, setzte Aristoteles bei seinen anfänglichen Überlegungen zu seiner „Physik“ die Existenz von Bewegung als Faktum voraus. Venanz Schubert erläutert, dass die Bewegungen für Aristoteles das eigentliche Motiv zur Beschäftigung mit dem Raum war⁵⁶ - und von Bewegung kann laut Aristoteles nur gesprochen werden, wenn Körper bewegt werden und ein Ort gegeben ist, an und in dem die Bewegung stattfindet. Diesen Worten fügt Schubert noch hinzu, dass der Ort bei Aristoteles immer Ort des Gegenstandes ist und somit Gegenstand und Ort korrelativ gedacht werden können⁵⁷.

„Den Ort selbst bestimmt Aristoteles als Quantität“⁵⁸. „Diese Quantität kann diskontinuierlich oder kontinuierlich sein. Der Ort gehört zu den kontinuierlichen“⁵⁹.

Eine Begründung formuliert er in seinen *Kategorien*, in denen er sagt: „Die Teile des Körpers, die bei einer gemeinsamen Grenze zusammenstoßen, nehmen einen bestimmten Ort ein. Folglich stoßen auch die Teile des Ortes, die jeder Teil des Körpers einnimmt, bei derselben Grenze zusammen wie die Teile des Körpers. So wird auch der Ort kontinuierlich sein, da seine Teile bei einer gemeinsamen Grenze zusammenstoßen“⁶⁰. Aus diesen Worten ergibt sich bereits eine Definition des Ortes.

Aristoteles sieht im Ort die Vereinigung von konträr Entgegengesetztem, nämlich das Oben und das Unten, wohingegen er den Ort um die Mitte – und damit meinte er die Erde, die den größten Abstand von den Grenzen der Welt, nämlich der äußersten Himmelsphäre hat⁶¹ – als „unten“ und jene äußerste Himmelsphäre, dort, wohin die Flammen und das Leichte gehen⁶², als „oben“ bezeichnet.

Aristoteles sieht den Ort als ein Akzidens von realer Existenz, jedoch nicht im Sinne der Substanz, also kein unabhängiges Sein und schließt durch die Kontinuität des Ortes die Möglichkeit des Leeren aus.⁶³

⁵⁴ Vgl. 3.3.4 *Kreisbewegung im Raum: Von der Choreutik zur Kinetographie Labans*

⁵⁵ Vgl. Aristoteles, (1978), IV, 5, 212 b

⁵⁶ Vgl. Schubert, V. (1987), S. 28

⁵⁷ Vgl. Schubert, V. (1987), S. 28

⁵⁸ Gosztanyi, A. (1976), S. 90

⁵⁹ Aristoteles, (1984), IV, 4 b

⁶⁰ Aristoteles, (1984), IV, 5 a

⁶¹ Vgl. Aristoteles, (1984), VI, 6a

⁶² Aristoteles: Phys. 200 b

⁶³ Aristoteles, (1984), 1. Kap. III. 9

2.3.2 Die Definition des Ortes

Im IV. Buch der *Physik* erörtert Aristoteles vier Möglichkeiten zur Bestimmung, was denn der Ort selber sei:

Ort ist Gestalt (μορφή oder εἶδος)

Ort ist Materie oder Material (ὕλη)

Ort ist Ausdehnung oder Abstand (διάστημα)

Ort ist Grenze oder das Äußerste (τὰ ἔσχατα)⁶⁴

Er kommt zu dem Entschluss, dass der Ort keine körperliche Masse oder etwas Substanzielles sein kann, wie es eine Gestalt ist. Wäre der Ort ein Körper, so müssten am selben Ort zwei Körper sein (der Körper selbst und der Ort als Körper), was aber unmöglich ist⁶⁵. Aristoteles spricht damit klar das Problem der Grenze an – ein Problem, das auch bei der Konzeption räumlicher Schnittstellen spezifisch behandelt werden wird⁶⁶. Ebenso wenig ist der Ort die Form des Körpers, denn diese ist vom Körper nicht trennbar, doch denselben Ort können nacheinander verschiedene Körper einnehmen, so dass der Ort vom Körper offensichtlich trennbar ist und also mit der Form nicht identisch sein kann.⁶⁷

Auch wäre keine Bewegung möglich, wenn der Ort mit dem Stoff oder der Form zusammenfallen würde, denn der Körper bewegt sich im Raum, der Raum bewegt sich jedoch nicht⁶⁸.

Was die Materie angeht, kann dies für den Ort auch nicht zutreffen, da der Ort den Stoff umfasst, während die Materie das Umfasste ist⁶⁹.

Der Ort ist auch nicht als Zwischenraum (διάστημα) aufzufassen. Denn wäre die Ausdehnung als Zwischenraum etwas Eigenes, so müsste es unendlich viele Orte geben, da jeder Ort einen eigenen Ort haben müsste und an einem Ort sich somit viele Orte zugleich befinden könnten^{70, 71}.

Schließlich stellt er fest, dass der Ort weder die Oberfläche noch die Grenze des Körpers sein kann, weil diese vom Körper nicht trennbar seien, wohingegen der Ort vom Körper trennbar ist⁷². Für die positive Definition zieht Aristoteles einen Vergleich mit einem Gefäß heran. Otto Friedrich Bollnow schreibt hierzu, dass Aristoteles von der Frage ausging, was denn geschehe, wenn zwei Körper im Begriff sind, ihren Platz zu tauschen und sich jetzt dort Wasser befindet, wo eben noch Luft war. Aristoteles sieht die Antwort darin, dass ein Gefäß „ein Raum, den man mitnehmen kann“ ist, während umgekehrt der Raum „eine Art unbewegliches Gefäß“⁷³ ist.

⁶⁴ Vgl. Aristoteles, (1978), IV, 4

⁶⁵ Vgl. Aristoteles, (1978), IV, 1, 209 b

⁶⁶ Vgl. Kap 3. *Raum und Mensch*

⁶⁷ Vgl. Aristoteles, (1978), IV, 2, 209 b

⁶⁸ Vgl. Aristoteles, (1978), IV, 2, 210 a

⁶⁹ Vgl. Aristoteles, (1978), IV, 2, 209 b

⁷⁰ Aristoteles, (1978), IV, 4, 211 b

⁷¹ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 92: Alexander Gosztonyi verweist auf zeitlich spätere Überlegungen von Aristoteles, in denen er davon ausgeht, dass dies sowohl für die körperliche Ausdehnung aus mathematischer (stereometrischer) als auch physikalischer Sicht gilt.

⁷² Aristoteles, (1978), IV, 1, 209 b

⁷³ Aristoteles, (1978), IV, 5, 212 a 14-16

Die endgültige Definition lautet: „Der Ort ist die unmittelbare (nächstgelegene) unbewegbare Grenzfläche des umfassenden Körpers (ὥστε τὸ τοῦ περιέχοντος πέρας ἀκίνητον πρῶτον τοῦτ' ἔστιν ὁ τόπος)“⁷⁴. Hierzu schreibt Gosztanyi: „Es ist also eine Grenzfläche, die nicht nur den umschlossenen Körper, sondern auch ein Umschließendes voraussetzt“⁷⁵. Und er fasst zusammen, dass die wichtigsten Voraussetzungen für die negative und die positive Bestimmung des Ortes bei Aristoteles folgende Punkte sind: „Der Ort ist ein Kontinuum (stets erfüllt), es gibt folglich kein Leeres; es gibt ferner keine Bewegung für den Ort...“⁷⁶.

An dieser Stelle empfiehlt es sich, noch einmal auf den Unterschied zwischen Raum und Ort bei Aristoteles einzugehen. Wie weiter oben schon erwähnt, findet sich auf sprachlicher Ebene keine Unterscheidung zwischen den Begriffen Raum und Ort⁷⁷. Wie Alexander Gosztanyi jedoch erkennt, „lässt sich aus der Bestimmung in der Kategorienlehre eine Unterscheidung gewinnen, da dort von dem Ort und seinen Teilen die Rede ist“⁷⁸.

Auch Max Jammer versteht die Diskrepanz zwischen den zwei Begriffen bei Aristoteles folgendermaßen: „Ist der Ort der jeweilige Teil des Raumes, dessen Grenzen mit den Grenzen des ihn einnehmenden Körpers zusammenfallen, so könnte der Raum als die Gesamtsumme sämtlicher von Körpern eingenommener Örter verstanden werden“⁷⁹.

Man kann annehmen, da auch Aristoteles in seinem vierten Buch über die Physik ausdrücklich davon ausgeht, dass der „Ort“ nicht das Himmelsgebäude selbst, sondern nur dessen, die äußere Sphäre berührende, ruhende Grenze ist⁸⁰.

Denn nicht das gesamte Seiende ist „in“ einem Ort (im Raum), sondern nur der bewegbare Körper⁸¹. Jenseits des Weltalls gibt es keinen Raum, weder einen leeren noch einen erfüllten.

Somit kann man sagen, dass eine Differenzierung von Raum und Ort bei Aristoteles in erwähnten Sinne nur möglich wäre, wenn man den Raum als kosmischen Gesamtraum nicht der aristotelischen Definition entsprechend, sondern als Totalität aller Örter verstehen würde⁸².

Gosztanyi macht darauf aufmerksam, dass man sich den Raum bei Aristoteles jedoch nicht als das, worin sich der Körper erstreckt - oder gar als Volumen des Körpers - vorstellen darf, sondern dass der Ort bzw. der Raum viel eher eine Schale des Körpers und somit einer Grenze ähnelt, innerhalb der der Körper liegt.⁸³ Gosztanyi erläutert weiter, dass „der Raum nicht das Ausfüllende - darum gibt es keinen Zwischenraum -, sondern das, was ausgefüllt wird (von innen) und was umschlossen wird (von außen)“,⁸⁴ ist. Gosztanyi spricht diesbezüglich von der Erfülltheit des Raumes durch das sich überall befindende Körperliche, im Gegensatz

⁷⁴ Aristoteles, (1978), IV, 5, 212 a 20-22

⁷⁵ Gosztanyi, Alexander: a. a. O, S. 92

⁷⁶ Gosztanyi, Alexander: a. a. O, S. 92

⁷⁷ Vgl. Aristoteles, (1978), IV, 1, 209 a; 2, 209b

⁷⁸ Gosztanyi, A. (1976), S. 92

⁷⁹ Jammer, M. (1980), S. 16

⁸⁰ Vgl. Aristoteles, (1978), IV, 5, 212 b

⁸¹ Vgl. Aristoteles, (1978), IV, 6, 212 b; De coelo I, 9

⁸² Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S. 93

⁸³ Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S. 93

⁸⁴ Gosztanyi, A. (1976), S. 93

zu der Unerfülltheit außerhalb des Weltalls, wo es nichts Körperliches gibt und somit die Existenz eines Raumes zu verneinen ist. Er ist der Meinung, dass, wenn man sich streng an die aristotelische Definition des Ortes hält, sich Raum und Ort auch in Bezug auf die Totalität der Örter nicht unterscheiden lässt⁸⁵.

2.3.3 Die Dimensionalität des Raumes

Auch über die Dimensionalität des Raumes kann man bei Aristoteles aufschlussreiche Aussagen finden. Er ist der Meinung, dass der Raum drei Ausdehnungen (διαστήματα) hat: Länge, Breite und Tiefe.

Er ist zwar nicht identisch mit der Ausdehnung⁸⁶, ist jedoch auch dreidimensional⁸⁷. Als solcher hat er Größe⁸⁸. Diese erstreckt sich in sechs Richtungen (διαστάσεις): das Oben und Unten, das Vorn und Hinten, das Rechts und Links. (gewissermaßen handelt es sich hier um die positive und die negative Richtung der jeweiligen Koordinatenachsen). In den Kategorien fasst er oben und unten als konträres Gegensatzpaar zusammen.⁸⁹

Otto Friedrich Bollnow spricht auch von einem den Raum aufgliederndes Bezugssystem, welches durch den menschlichen Leib gegeben ist⁹⁰.

Aristoteles jedoch geht noch darüber hinaus, indem er behauptet, dass diese Bestimmungen nicht nur relativ auf den Menschen gelten, sondern von Natur aus bestehen. Er geht davon aus, dass diese Richtungen nicht nur von uns aus bestimmt sind, da sie mit der Lage, die wir einnehmen, variieren können⁹¹, sondern wahrhaftig ein natürliches Prinzip darstellen. In der Natur ist jede Richtung für sich bestimmt. „Oben ist keine beliebige Richtung, sondern die, wohin die Flamme und das Leichte getragen werden. Ebenso wenig ist unten beliebig, sondern der Ort, an dem sich Erde und Schweres befinden. Also unterscheiden sich die Richtungen nicht nur nach der Lage (τῆ θέσει), sondern auch durch ihre Wirkungen (τῆ δυνάμει)“⁹².

Aristoteles ist sich dessen bewusst, dass sich diese Richtungen, wenn sie sich auf den Menschen beziehen, auch mit dessen Stellung ändern. Es leuchtet ein, dass Richtungsanweisungen relativ sind. Für den einen ist das rechts, was für den anderen links ist und was eben noch vorn war, kann plötzlich hinten sein, sobald man sich gedreht hat.

Ob sich aus diesen, sich am Menschen orientierenden Vorgaben, Klassifikationen für den umgebenden Raum ableiten lassen, wird sich im weiteren Verlauf dieser Arbeit noch zeigen müssen. Es steht jedoch fest, dass ein räumliches Bezugssystem, welches sich nach der Ausdehnung des menschlichen Körpers richtet, mögliche Richtlinien für die Organisation von Bewegung im Raum einschließt.

⁸⁵ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 93

⁸⁶ Vgl. Aristoteles, (1982), 323 a, 2

⁸⁷ Vgl. Aristoteles, (1978), IV, 1, 209 a 4-5; De coelo I, 1, 268 a 7-10

⁸⁸ Vgl. Aristoteles, (1978), IV, 1, 209 a 4-5; De coelo I, 1, 268 a 7-10

⁸⁹ Aristoteles, (1984), 1. Kap. III. 1

⁹⁰ Vgl. Bollnow, O.F. (2000), S. 27

⁹¹ Vgl. Kap. 3.4

⁹² Aristoteles, (1854) 200 b

Aristoteles geht noch weiter, indem er dieser natürlichen Gliederung des Raumes eine eigene Kraft zukommen lässt, die „eine gewisse Wirkung ausübt“⁹³.

Hierzu sagt Max Jammer: „Infolge des Strebens der Elemente zu ihrem ihnen zukommenden Ort steht der Gesamtraum des Weltalls unter ständiger Spannung. Während die äußerste Himmelskugel unmittelbar von Gott (dem unbewegten Beweger) in Bewegung gehalten wird und unablässig rotiert, wohnt dem Innenraum des Alls eine eigentümliche Bewegungstendenz inne. Diese entsteht einerseits dadurch, dass die Rotation der äußeren Himmelskugel jeder weiteren darunter liegenden Kugel weitergegeben wird, wobei die Vollkommenheit (Intensität) der Bewegungen vom Fixsternhimmel bis zu den irdischen Zonen und damit zur Bewegung der Dinge abnimmt, andererseits ist sie durch das natürliche Streben der Elemente zu ihrem eigenen Ort (in der Richtungen nach oben oder nach unten) verursacht.“⁹⁴

Der Raumbegriff wird durch Aristoteles um einen neuen wesentlichen Aspekt, nämlich den Begriff der dynamischen Feldstruktur bereichert. Später wird dieser Spannungszustand des aristotelischen Raumes mit dem modernen Begriff des Kraftfeldes verglichen werden.

Auch aus psychologischer Sicht hat man es laut Rudolf Arnheim mit Kräftefeldern im Raum zu tun. Von der Art des Kraftfeldes ist demgemäß das Spannungsverhältnis verschiedener Objekte untereinander abhängig. Um sich ein Bild davon zu machen, wie sich Aristoteles den Raum vorstellte bzw. ihn wahrzunehmen gedachte, lassen sich kurze Anmerkungen in *De Anima II*⁹⁵ finden. Auch wenn die Bemerkungen hier relativ knapp gehalten sind, so sind sie für diese Arbeit von Bedeutung.

Aristoteles geht davon aus, dass an der räumlichen Wahrnehmung in erster Linie der Tastsinn beteiligt ist - er ist es, der Körperlichkeiten vermittelt. Gestalt und Größe werden aber durch das Zusammenwirken aller Sinne wahrgenommen⁹⁶.

Auch wenn die Quellen, was die räumliche Wahrnehmung bei Aristoteles angeht, nicht gerade üppig sind, so ist es bemerkenswert, dass diese Einstellung erst in der Neuzeit, ja sogar erst in der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts eine nachgewiesene Verifizierung erfährt, indem sie auf die gemeinsame Leistung der Sinne - nämlich des Gesichtes, des Tast- und des Gehörsinnes - bei der räumlichen Wahrnehmung verweisen⁹⁷.

Diese Tatsache ist bezeichnend für die Relevanz der aristotelischen Raumtheorie für die Menschen der damaligen Zeit bis hin zur aktuellen Gegenwart. War Platon der erste, der eine Untersuchung nur dem Raum widmete, so schafft es erst Aristoteles, eine systematische Behandlung beinahe aller Probleme, die mit der Frage nach dem Raum in Zusammenhang stehen, durchzuführen.

Ihm gelingt es, Probleme, die bis heute für das Raumproblem von Bedeutung sind von mannigfacher Seite her zu beleuchten.

⁹³ Vgl. Aristoteles, (1854), 208 b

⁹⁴ Jammer, M. (1980), S. 17

⁹⁵ Aristoteles, (1999)

⁹⁶ Vgl. Aristoteles, (1999), II, 7 ; III, 1, 425

⁹⁷ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), 6.Kap. V.

Neben dem Problem der Bewegung, der Zustandsänderung, der Potentialität der unendlichen Teilbarkeit und Vermehrung des Kontinuums, der räumlichen Relationen als eines Bezugssystems des Kosmos, trifft Aristoteles in seinen wissenschaftlichen Arbeiten Aussagen, die sich mit den Raumrichtungen und den dynamischen Spannungsfeldern⁹⁸ in Räumen befassen.

Seine wissenschaftliche Handlung zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass uns durch ihn eine der wichtigsten Quellen für die Kenntnis der vorplatonischen Raumlehre gegeben ist. Seine Arbeiten weisen auf eine eigentümliche diskursive Methodik hin, die vielleicht sogar „dem Beginn der systematischen Philosophie“⁹⁹ gleichkam. Der Philosoph zeichnete sich dadurch aus, dass er neben den spekulativen Überlegungen bei der Begriffsbestimmung auch Beobachtungen und sowohl theoretisch erwogene als auch praktische Versuche heranzog.

Auf der anderen Seite verschuldete der aristotelischen Raumbegriff und die darauf aufbauende Kosmologie das langwährende Festhalten am geozentrischen Weltbild mit, denn obwohl schon in der Antike und im Mittelalter einzelne Punkte am aristotelischen Raumbegriff kritisiert worden waren, wird erst in der Renaissancephilosophie der aristotelischen Argumentation insgesamt die Grundlage entzogen, indem sie von der Substanz-Akzidenz-Lehre Abschied nimmt und damit auch den Raumbegriff aus seiner Bindung an den Gegenstand zu lösen im Stande ist.

Wie Stephan Otto gezeigt hat, ist das Konzept der Naturerklärung der Renaissance neben vielen anderen Faktoren insbesondere durch zwei Bestrebungen gekennzeichnet:

- a) „das starke Interesse an der Herausarbeitung eines fächerübergreifenden axiomatischen Beweisverfahrens“
- b) „die kritische Auseinandersetzung mit der aristotelischen Dingontologie und deren Ersetzung durch eine Funktionsontologie, die nicht mehr nach dem "Wesen der Dinge" oder Substanzen fragt, sondern nach ihrer Interrelation“.¹⁰⁰

2.4 Kritik an der aristotelischen Raumdefinition

Wie schon erwähnt, wird es sehr lange dauern, bis die Raumlehren des Aristoteles ihre Gültigkeit verlieren.

In Kommentaren zu den Lehren des Aristoteles von Theophrast¹⁰¹ (gestorben 288/7 v. Chr.), die sich in Simplicios¹⁰², dem großen Kommentator des Aristoteles nachlesen lassen, beanstandet Theophrast die Definition des Raumes bei Aristoteles, auf Grund der Reduktion des Raumes allein auf die Grenze des umschließenden Körpers gegen den umschlossenen.

⁹⁸ Vgl. hierzu Kap.3.4 *Raumorganisation*

⁹⁹ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S.105

¹⁰⁰ Vgl. Seeck, G.(.. (1975), S. 213.

¹⁰¹ er galt als der bedeutsamste Schüler Aristoteles'

¹⁰² Simplicius Cilicius , (ca. 1954)

Er kritisiert das Fehlen der Dreidimensionalität des Raumes, da Aristoteles in seinen Schriften vom Raum als umschließenden Körper spricht, aber laut Definition nur von einer Fläche, nämlich der Hülle, die Rede sei.

Außerdem merkt er an, dass sich mit dem umschließenden Körper auch der Raum bewegen müsste, was er selbst für undenkbar hält. Weitere Schwierigkeiten sieht er darin, dass die äußerste Himmelskugel - nach Aristoteles - von keiner Innenfläche umschlossen sein sollte und so gemäß der Definition nicht im Raum denkbar ist. Was er daraus schließt, ist, dass nicht jeder Körper - was für ihn widersinnig erscheint - im Raum seinen Platz habe. Er geht weiter, indem er sagt, dass, falls sich der umschließende Körper mit dem umschlossenen zu einem Ganzen verbinde, dieser aufhören würde im Raum zu sein, ohne sich jedoch verändert zu haben¹⁰³.

An anderer Stelle im Simplicius wird vermittelt, dass sich Theophrast, der wie Eudemos die Unbeweglichkeit des Raumes für ein gültiges Axiom hält¹⁰⁴, den Raum als Ordnung und Lage der Körper im Bezug aufeinander vorstellt¹⁰⁵. Dem Raum kommt dabei keine eigentliche Realität zu, sondern nur die eines Bezugssystems, den Beziehungen der Organe im Leib ähnlich.¹⁰⁶

Wie Alexander Gosztonyi erwähnt, war der Einfluss von Theophrasts Kritik an Aristoteles relativ gering. Erst sein Nachfolger in der Leitung der peripatetischen Schule, nämlich Straton, schafft es, eine nachhaltige Wirkung in der Modifikation der aristotelischen Raumauffassungen auszuüben.¹⁰⁷

Im Gegensatz zu Aristoteles hält Straton die Existenz eines Leeren für möglich. Als Grund hierfür verweist er auf die Fähigkeit der Lichtstrahlen (die zur damaligen Zeit als materiell gelten) Körper zu durchdringen. Auch die Wärme - als die erste Eigenschaft des Körpers (neben der Kälte), die ebenfalls materiell gedacht wurde, kann ins Wasser dringen und die Kälte wegdrängen - nämlich aus den Zwischenräumen des Wassers. Straton spricht von der „Horror Vacui“¹⁰⁸, in der er auch den Grund der Kohäsion der Elemente, die einander folgen, „als ob sie mit Vogelleim aneinander geklebt werden“¹⁰⁹ sieht. Anschauliche Beispiele lassen sich hier nach Herons Zeugnis auführen:

„1. saugt man aus einer enghalsigen kleinen Flasche die Luft aus, so bleibt sie an den Lippen hängen: das Leere zieht das Fleisch an.

2. saugt man aus einem enghalsigen Glas die Luft aus, verstopft die Öffnung mit dem Finger, taucht sie ins Wasser und nimmt den Finger weg, so steigt das Wasser im Glas sogar über den gewöhnlichen Stand in die Höhe.

3. Der Schröpfkopf saugt Fleisch und Blut in sich.“¹¹⁰

Das Interessante an diesen Experimenten ist, dass die Nichtexistenz des Leeren hätte bewiesen werden sollen, es jedoch dazu kommt, dass gerade das Gegenteil - seine Existenz - bewiesen wird¹¹¹.

¹⁰³ Vgl. Simplicius Cilicius, (ca. 1954), 141 a-m, Fr. 21

¹⁰⁴ Vgl. Simplicius Cilicius, (ca. 1954), 131 b ; 136 a

¹⁰⁵ Vgl. Simplicius Cilicius, (ca. 1954), 149, Fr. 22

¹⁰⁶ Vgl. Simplicius Cilicius, (ca. 1954), Fr. 21

¹⁰⁷ Gosztonyi, A. (1976), S.112

¹⁰⁸ (die Tendenz, das Leere auszufüllen bzw. die Flucht vor dem Leeren)

¹⁰⁹ Diels, H. (1969), S. 265, 11.

¹¹⁰ Diels, H. (1969), S. 260 f

Was entscheidend ist, ist, dass die Existenz oder Nichtexistenz des Leeren nur durch Experimente und nicht auf dem Wege der Diskussion entschieden werden konnte. Gerade durch die Art, wie das Experiment durchgeführt wurde, können wir auf die ersten praktischen Versuche zurückblicken, die einen Raum - hier einen leeren Raum - sinnlich wahrnehmbar machen. Denn erst die Verwendung sinnlicher Hilfsmittel (Lippen und Finger) und deren Reaktionen auf Fleisch und Blut, lassen das sensorische Potenzial von Räumen erahnen.

Ein ebenfalls wichtiger Beitrag zur Kritik an der aristotelischen Kosmologie kommt von den Stoikern. Charakteristisch für ihre physikalische Denkungsweise im Allgemeinen ist ihre materialistische Orientierung. In der Stoa ist „das All (πᾶν) (...) das unendliche Leere, ohne Mittelpunkt, ohne qualitative Unterscheidung, ohne Richtung (oben und unten) und ohne Ausdehnung, d.h. es ist vollkommen homogen und isotrop. Da es ohne Qualität und Differenzierung ist, kann es auch auf das materielle Universum nicht einwirken“¹¹². „Eigentliche Realität schreiben sie nur Körpern zu, das Unkörperliche - als das relativ Wirkliche - besteht für sie vorwiegend aus Relationen. Zur Materie gehört allerdings auch die Wirkung bzw. das Wirkende“¹¹³.

Das materielle Universum (ὄλον) ruht im All wie eine Insel, bestehend aus kontinuierlicher Materie. Es ist unbeweglich (im Sinne der Fortbewegung), da für seine Bewegung kein Grund vorliegt, es rotiert indes¹¹⁴, denn es ist kugelförmig - die Kugelrotation gilt wie bei Aristoteles nicht als Bewegung¹¹⁵.

Im Gegensatz zu Aristoteles, der das Universum durch eine äußere Sphäre zusammengehalten sieht, sind die Stoiker der Ansicht, dass dies durch eine der Materie inwohnende Eigenschaft, nämlich durch innere Kohäsion, geschieht. So wie Alexander Gosztonyi schreibt, betrachten die Stoiker die Kontinuität im Gegensatz zu Aristoteles, der sie als eine geometrische Eigenschaft zusammenhängender Materie erklärte, als physikalisches Prinzip, das als Spannungen (τόνος) in Erscheinung tritt¹¹⁶.

Die Stoiker sehen das Universum durch eine einheitliche Naturkraft, die sie "Sympathie" nennen, zusammengehalten. Die Sympathie ist auch gleichzeitig die Quelle aller Wahrnehmung.

Gäbe es leere Räume zwischen den materiellen Teilen, so wäre die Kontinuität der Materie „als Spannung vermittelndes Medium“ unterbrochen und es wäre dort kein Sehen und Hören möglich, denn die Sinneswahrnehmung setzt diese Spannkraft voraus¹¹⁷.

Im Gegensatz zu Aristoteles sehen die Stoiker nun die Ursachen und Fortpflanzung physikalischer Prozesse im Raum nicht mehr im Streben der

¹¹¹ (Zu unterscheiden ist zwischen den kontinuierlichen Vakua, die nur künstlich zu erzeugen sind, und den diskontinuierlichen, die auch in der Natur vorkommen.)

¹¹² Arnim, Hans von (Hrsg.), (1979), Fr. II, 557 ; I, 99 in Gosztonyi, A. (1976), S.117.

¹¹³ Arnim, Hans von (Hrsg.), (1979), Fr. II, 303; I, 85; II, 307, 310; III, 84 in Gosztonyi, A. (1976), S.117.

¹¹⁴ Vgl. Arnim, Hans von (Hrsg.), (1979), Fr. II, 1013,366

¹¹⁵ Vgl. Arnim, Hans von (Hrsg.), (1979), Fr. II, 1143, 549-550 ; I, 99

¹¹⁶ Arnim, Hans von (Hrsg.), (1979), Fr. II, 546 ; I, 497, 502, 503, 563, 514

¹¹⁷ Vgl. Arnim, Hans von (Hrsg.), (1979), Fr. II, 546

Elemente zu ihren „natürlichen Örtern“, sondern in einem kontinuierlichen Spannungsfeld des Universums¹¹⁸.

„Der Raum und das Leere werden nicht als identisch gesehen und gehören neben dem Ausgesagten (Wortinhalt) und der Zeit zu den vier Arten von Unkörperlichem“¹¹⁹. Unkörperlich ist der Raum, da er sich vom Körper unterscheidet. Der Körper ist das, was dreifache Ausdehnung (Länge, Breite und Tiefe) hat, von Natur etwas Festes ist und mit Widerstandskraft ausgestaltet ist¹²⁰. Der Raum hingegen ist die dimensionale Ausdehnung innerhalb der Grenzen eines Körpers¹²¹. Der Raum ist also, da er nicht körperlich ist, auch nicht real.

Auch das Leere ist nicht real und wird durch die Abwesenheit von Körperlichem oder das, was vom Seienden eingenommen werden kann, erklärt¹²². Aufgrund der Sympathie existiert eine materielle Kontinuität innerhalb des Universums und es kann nur Leeres außerhalb des Universums geben.

„Die Nicht-Realität von Raum und Leere ist dadurch zu erklären, dass nur dem Körperlichen Wirkung innewohnt bzw. alles, was wirkt, körperlich ist (so auch die Stimme als ausgestoßene Luft wie auch die seelischen Vorgänge)“¹²³.

Wie Alexander Gosztonyi schreibt, unterscheiden die Stoiker die räumliche Bewegung von der qualitativen Veränderung. „Da jede Bewegung durch körperliche Berührung bedingt ist und die Bewegungen der Naturdinge verschiedene Ursachen und verschiedene Erscheinungsformen haben, muss man auch verschiedene Arten des Wirkens unterscheiden. Das höchste Wirkungsprinzip ist das Pneuma (πνεῦμα), „feuriger Hauch“ (als feinsten Stoff gedacht), das sich in gleichmäßiger Spannung durch Größtes und Kleinstes verbreitet und alles zusammenhält. Es erfüllt den ganzen Raum, es ist somit das dynamische und substanziale Prinzip des Raumes. Es gilt für die Stoiker letztlich als die Gottheit selbst“¹²⁴.

Mit dem Pneuma, als dem höchsten Wirkungsprinzip, welches als „feuriger Hauch“ zu übersetzen ist, kann man zum ersten Mal eine starke Tendenz hin zu einem Raumbewusstsein erkennen. Es fußt auf Wahrnehmung und ist mit Dynamik und Spannungen durchdrängt.

Die spirituellen Ansätze der Stoa, die den Raum als etwas Nichtreales und somit als eine reine Potenzialität der Körperlichkeit auffassen, ebnet den Weg für eine Abstrahierung des Raumes. Der Raum wird erfahrbar durch die Wahrnehmung.

Feuriger Hauch als Beschreibungen für das dynamische und substanziale Prinzip des Raumes, verlangt nach der Präsenz aller menschlichen Sinne: Hitze - Kälte, Bewegung - Ruhe, Sensibilität - Zerstörung, Leidenschaft - Vergessenheit, Energie und Vergänglichkeit werden zur vorstellbaren und nachvollziehbaren Raumvorstellung dieser Zeit.

¹¹⁸ Vgl. Arnim, Hans von (Hrsg.), (1979), Fr. II, 546, 46, 1013; I, 97

¹¹⁹ Arnim, Hans von (Hrsg.), (1979), Fr. II, 329, 332

¹²⁰ Arnim, Hans von (Hrsg.), (1979), Fr. II, 357, 358, 381

¹²¹ Arnim, Hans von (Hrsg.), (1979), Fr. II, 5 03-505 ; I, 95

¹²² Vgl. , (1979), Fr. II, 503-505 ; I, 95 in Gosztonyi, A. (1976), S.119

¹²³ Gosztonyi, A. (1976), Fr. III, 84

¹²⁴ Gosztonyi, A. (1976), S.119

Ein Raum, der alle diese Eigenschaften zu vereinen vermag, findet letztlich nur den Vergleich mit der Gottheit selbst.

Es ist nachweislich erkennbar, welchen gewaltigen Einfluss die religiöse Tradition auf die physikalischen Raumtheorien vom ersten bis zum 18. Jahrhundert ausgeübt hat. Wie Jammer meint, gipfelt dieser Einfluss in der Behauptung, dass der Raum nur ein Attribut Gottes oder sogar mit Gott identisch sei, bzw. wie bei Newton, das Sensorium Gottes oder bei More seine göttliche Erstreckung¹²⁵.

Erste konkrete Hinweise für eine Verbindung zwischen Raum und Gott sieht Max Jammer jedoch erst im Gebrauch des Wortes "Raum" (makôn) als Name für Gott im palästinensischen Judentum des ersten Jahrhunderts.¹²⁶

2.5 Der neuplatonische Lichtraum

Wie wirken sich die Vorstellungen der Stoiker auf die neuplatonische Philosophie aus und wie entwickelt sich das sensuelle Raumbewusstsein auf dieser Basis weiter?

War bei den Stoikern von einer gleichmäßigen Spannung, nämlich dem „Pneuma“, das durch Größtes und Kleinstes verbreitet war und alles zusammenhält, die Rede, so lassen sich in den neuplatonischen Raumspekulationen diesbezüglich ebenso interessante Ansätze finden. Vor allem auf den Gebieten der Raummetaphysik entwickeln sich faszinierende Raumtheorien heraus.

Außer Plotin (203-269 n. Chr.) beschäftigt sich neben Proklos (410-485) später auch der Schlesier Witelo mit der Phänomenologie des Lichtes. Licht soll den höchsten Platz im Sein einnehmen und gilt als verantwortlich für die universale Ordnung.

Das neuplatonische Gedankengut übt einen nicht zu verachtenden Einfluss auf die jüdische Philosophie und Mystik aus, zu deren Vertreter auch Robert Grosseteste zählt.

Mit der Lichttheorie Grossetestes und der Lichtmetaphysik im Liber intelligentiis¹²⁷, welches fälschlicherweise Witelo zugeschrieben wurde, dessen Autor jedoch unbekannt ist, beginnt man schließlich damit, Raum und Licht gleichzusetzen und in ihnen die alles durchdringende Kraft Gottes zu sehen.

Die Motivation für Plotin, seine bekannte Lichtlehre zu entwickeln, ist vorwiegend in seinem großen Interesse an der Struktur einer übersinnlichen Welt zu suchen. Plotin stützt sich dabei auf eine Synthese aus den Lehren des Platon und des Aristoteles. Er war der Meinung, dass die reine Materie ein vom Körper unterschiedliches Substrat und formlos und qualitätslos sei¹²⁸. Raum hingegen ist für ihn Materie im uneigentlichen Sinn, da der

¹²⁵ Vgl. Jammer, M. (1980), S. 28

¹²⁶ Jammer, M. (1980), S. 28

¹²⁷ "Je pense que la lumière (*lux*) est la première forme corporelle, que certains appellent corporéité. En effet, la lumière en soi (*per se*) se diffuse elle-même (*se ipsam*) en toutes directions, de telle façon qu'un point de lumière engendre instantanément une sphère de lumière aussi grande que possible, à moins qu'une chose obscure y fasse obstacle..." in Guidubaldi, E. (1978)

¹²⁸ Vgl. Plotinus, (1964), II, 4, 6

Raum selbst später entsteht als der Körper¹²⁹. Wenn jedoch die Materie nichts Körperliches und auch nichts Wirkliches, sondern bloße Möglichkeit des Seins ist, so muss der Raum bestimmenden Charakter haben, also durch das Räumlich-Werden der Materie dieser mit zum Sein verhelfen. Raum ist demnach "begrenzte Materie"¹³⁰.

Was die Wahrnehmung angeht, so ist es wichtig zu wissen, dass für Plotin der Raum ein Sein nur in relativer Form hat, da er sinnlich, nämlich sinnlich wahrnehmbar, ist, während wahres Sein nur dem Übersinnlichen zukommt. Um sich ein Bild von "Raum" zu schaffen, zieht er einen Vergleich mit der menschlichen Seele heran - wie nun die Seele nicht im menschlichen Leib ist, sondern umgekehrt, der Leib in der Seele¹³¹, so gilt es auch vom Raum: zwar ist der Körper im Raum, doch der Raum selbst ist in der Weltseele¹³².

Ähnlich wie die alles durchdringende „Sympathie“ der stoischen Philosophie sah Plotin im Licht eine allgegenwärtige Energie, die jedes kleinste Element des Weltalls zu durchströmen vermag.

Plotin setzte das Licht auf den höchsten Platz im Sein: Licht ist für ihn das Mittel zur Aufrechterhaltung einer universalen Ordnung.

Plotin erklärte das Licht für unkörperlich¹³³ und sah in ihm die Strahlen des Urwesens, womit er die Sonne meinte, welche das Universum als ihren Lichtkreis ausstrahlt,¹³⁴ oder das Zentrum, das den ganzen Kreis des Seienden mit seiner Kraft beherrscht¹³⁵.

Auf diese Weise, nämlich durch die Gemeinschaft des ausstrahlenden und alles durchdringenden Lichtes und der das Universum erschaffenden und erhaltenden Kraft, legt Plotin, wie Alexander Gosztanyi schreibt, die Auffassung nahe, wonach der Raum durch die Lichtwirkung des Urwesens erzeugt wird¹³⁶.

Der Begriff des Urwesens wird später durch die Götter ersetzt und führt bis zur jüdischen Philosophie, in der schließlich die Gleichsetzung von Raum und Licht vollzogen wird.

Das Licht ist schon seit prähistorischen Zeiten¹³⁷ Symbol übernatürlicher Kräfte. Max Jammer verweist auf den *Sutran*¹³⁸, in dem Brahman als Urlicht personifiziert wird. Auch im Wortschatz der jüdischen Midrashim und der Kabbala findet sich Licht als eine der wichtigsten Begriffe, um das Allerheiligste zu bezeichnen. Max Jammer schreibt: „Das Wort *Zohar*¹³⁹, der Titel des wichtigsten Buches für den jüdischen Mystizismus, bedeutet Licht, Glanz oder strahlende Helle. Nach der Kabbala zog das Unendliche Heilige Eine, dessen Licht ursprünglich das gesamte Universum erfüllte,

¹²⁹ Plotinus, (1964), II, 4, 12, 166 D

¹³⁰ Plotinus, (1964), II, 6, 18 ; VI, 6, 3

¹³¹ Plotinus, (1964), IV, 3, 20-23

¹³² Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S.126

¹³³ Vgl. Plotinus, (1964), I, 6, 3

¹³⁴ Plotinus, (1964), IV, 8, 18

¹³⁵ Plotinus, (1964), I, 7, 1

¹³⁶ Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S.126

¹³⁷ In den Sternenreligionen Ägyptens „Re“ oder in Altpersien „Ahura Mazda“

¹³⁸ Sutran I 3, 22 -23

¹³⁹ Max Jammer nimmt hierfür den Namen aus der heiligen Schrift, Dan. 12, 3

ein Licht zurück und konzentrierte es auch seine eigene Substanz, wodurch es leeren Raum schuf¹⁴⁰.

Proklos ist, wie schon erwähnt, von Plotin beeinflusst, weicht jedoch in seiner Raum-Licht-Theorie von der Plotins ab.

Im Fragment sechs des Proklos wird der Raum, ähnlich wie in der Stoa, als das Intervall zwischen den Grenzen des umfassenden Körpers behandelt. Proklos schließt jedoch daraus, dass der Raum mit den körperlichen Gegenständen mit gleichem Maß messbar und selbst in gewisser Weise körperlichen Natur sein muss, da er andere Körper in sich aufnehmen kann. Folglich muss also der Raum immateriell und unbeweglich sein. Seine Begründung sieht er darin, dass der Raum, wäre er körperlich, nicht denselben Ort einnehmen könnte wie ein anderer Körper. Des Weiteren darf er nicht beweglich sein, da er sich sonst im Raum - und das würde bedeuten in sich selbst - bewegen würde. Schließlich umfasst der Raum die gesamte materielle Welt, wobei er selbst nicht durch sie umfasst wird. Der Raum wird demgemäß ausdehnungsgleich mit dem Bereich des Lichts¹⁴¹. Durch Proklos erfolgt die Ablösung der Seinsweise des Raumes von der Materie und der Gleichsetzung mit der Seinsweise des Lichtes, wobei er dem Licht, Körperlichkeit nicht aber Materialität zuschreibt. Proklos meint, in der Seinsweise des Lichtes das gefunden zu haben, was für Platon der "Urraum" war: „Unmaterielle Körperlichkeit“.

Auch der jüdische Philosoph Robert Grosseteste (1175-1253) ist in seiner Lichttheorie durch die neuplatonische Lichtmetaphysik stark beeinflusst. Die materielle Befreiung des Raumes und seine Annäherung an die Ontologie scheinen für Grosseteste der einzig richtige Weg zur Lösung des Raumproblems zu sein. In seiner Lehre legt er folglich fest, dass das Licht als die erste körperliche Form und als das erste Prinzip der Bewegung zu gelten hat. Materie und Form sind ausdehnungslose Substanzen. Der Raum in seiner dreidimensionalen Ausdehnung kann erst durch die Funktion des Lichtes und seiner Wirkungskraft passieren.

Er ist ohne Vakuum, da das Licht im ganzen Universum die allein verbindende Wirkkraft darstellt, die ohne Unterbrechung sein muss¹⁴². Wie Max Jammer hierzu schreibt, nimmt Grosseteste an, dass das Licht sich augenblicklich von selbst verbreitet, wie der physikalische Augenschein zeigt. Dieses sichtbare Licht fasst er als die Grundlage aller Raumerstreckung auf¹⁴³.

Dies ist laut A. C. Crombie¹⁴⁴ für Robert Grosseteste der Grund, den Schlüssel zum universalen Verständnis im Studium der geometrischen Optik zu suchen.

Wie Max Jammer zu Recht behauptet, ist letzten Endes der Grund für das große Interesse, welches das dreizehnte Jahrhundert der Optik und Mathematik entgegenbrachte in der neuplatonischen Konzeption des

¹⁴⁰ Vgl. Jammer, M. (1980), S. 37 : Die Kosmogonie der Genesis fast den Raum nicht als Werk der Schöpfung. Vielmehr waren Gottes erste Worte: "es sei Licht" (Gen. 1,3). Also wurde das Licht geschaffen, bevor die Sterne oder die Sonne existierten.)

¹⁴¹ Vgl. Simplicius Cilicius , (ca. 1954), S. 612, 32.

¹⁴² Grosseteste, R. (1913), 54, 31-56, 22

¹⁴³ Vgl. Jammer, M. (1980), S. 39

¹⁴⁴ Vgl. Crombie, A.C. (2002), S. 104

Raumes zu suchen¹⁴⁵: Kam es bei Proklos und Plotin zu Anspielungen auf den Lichtcharakter des umfassenden Raumes, so baut erst Grosseteste sie zu einer Raumtheorie aus.

Robert Grosseteste fasst das Licht als eine feine körperliche Substanz auf, die die Trägerin von Kraft und Kraftwirkung ist. „Sie hat die Fähigkeit, sich selbst zu erzeugen, sich zu vermehren und sich zeitlos nach allen Seiten hin oder kugelförmig auszubreiten“¹⁴⁶.

2.6 Der mittelalterliche Licht-Raum (Liber de Intelligentiis)

Wenn man von Licht-Raum-Theorien spricht, zählen wohl der unbekannte Autor des *Liber de intelligentiis*¹⁴⁷ und der Schlesier Witelo zu den interessantesten Gestalten im Mittelalter.

Im Gegensatz zur Aristoteles' „*ultimum immobile continentis*“ beginnt das *Liber de intelligentiis* mit der Erklärung, dass der Raum das „*ultimum continentis immobilis*“ ist. Damit verschiebt er den Akzent vom „Äußersten“ auf den „Behälter“.

Wie Baeumker bemerkt, nahm der unbekannte Autor die Einführung von zwei zusätzlichen Himmelsphären vor, von denen die zweite unbeweglich ist, um so die Wissenschaft in Übereinstimmung mit der Heiligen Schrift zu bringen.

Im Sinne der Platoniker glaubt er an eine Kraft im Raum bzw. an eine Dynamik als Eigenschaft des Raumes. Wie Max Jammer schreibt, ist seiner Ansicht nach die Natur des Raumes durch zwei Funktionen gekennzeichnet: „Er umschließt (das „*periechein*“ des Aristoteles) und er erhält („*continere*“ und „*conservare*“) Licht, die Quelle aller Existenz, die alles durchwaltende Kraft, das höchste in der Hierarchie des Seins, das Licht allein erfüllt diese beiden Bedingungen. Also sind Raum und Licht eins“¹⁴⁸.

Kurze Zeit später übernimmt Bonaventura (Johannes Fidenza; 1221-1274), der etwa zur selben Zeit lebte, in der das *Liber de Intelligentiis* geschrieben sein muss, Grossetestes Lichtmetaphysik und entwickelt mit ihr seine Form-Theorie.

Spiritualis lux in omnimoda actualitate - in höchster Form ist Gott als geistiges Licht durch und durch aktuell. „Das Licht ist die vornehmste Form für das Körperliche. Das Licht ist weder die Substanz selbst noch etwas Körperliches, es ist vielmehr die *forma communis* (die gemeinsame oder allgemeine Form) für alle Körper, durch welches die Materie ihre allgemeine Form empfängt, so auch ihre Räumlichkeit. Die spezielle Form erhalten die Dinge durch *Elementar- und Mischformen*“¹⁴⁹. Auch Bonaventura ist - wie Grosseteste - der Ansicht, dass Raum vom Licht und seiner Ausbreitung erschaffen wird. Bei dieser Betrachtung ist für ihn jedoch wichtig, dass es einen Unterschied zwischen einer unechten und einer echten Unendlichkeit gibt. Während eine echte Unendlichkeit frei von

¹⁴⁵ Vgl. Jammer, M. (1980), S. 39

¹⁴⁶ Grosseteste, R. (1913), 51, 11-23

¹⁴⁷ um 1256/57 Vgl. Baeumker, C. (1924)

¹⁴⁸ Vgl. Liber de Intelligentiis, VIII, 4

¹⁴⁹ Gosztonyi, A. (1976), S. 157

jeglicher Begrenzung ist, sei sie von stofflicher oder geistiger Qualität (Bonaventura differenziert hier), kann eine unechte Unendlichkeit nur verstandesmäßig erfasst oder ermittelt werden - wie es z. B. bei unendlichen Zahlenreihen ist, die praktisch nicht absehbar sind. Dem Raum kommt eine echte, aber unvollkommene Unendlichkeit zu, denn er besteht in seiner „Lichtartigkeit“ aus „Kraftprozenten“, die nicht völlig unbegrenzt sein können. Daraus folgt, dass die Raumanschauung bei Bonaventura wegen seiner Licht-Natur nur intellektuell zu vernehmen ist, wohingegen die Räumlichkeit der Gegenstände empirisch (sinnlich) erkennbar ist. Er verbindet sozusagen das Empirische mit dem Apriorischen. Die Erkenntnis der Gegenstände kann zwar nur auf dem Weg der Abstraktion erfolgen, setzt jedoch eine unvollkommene sinnliche Erfahrung der Gegenstände voraus¹⁵⁰.

Da sich im Mittelalter auf der Basis der Lichtmetaphysik auch die Theorie der räumlichen Wahrnehmung aufbaut, erscheint es mir an dieser Stelle sinnvoll, einen allgemeinen Einblick in die mittelalterlichen Theorien zur Wahrnehmung im Raum zu geben.

Grundlage für Überlegungen auf dem Gebiet der räumlichen Wahrnehmung, sei es bei Grosseteste, Witelo oder Roger Bacon, scheinen die Abhandlungen von Alhazen zu sein. Alhazen (Ibn-Al-Haitam, 965-1038) behandelt in seinem Hauptwerk *De aspectibus oder Perspectiva*¹⁵¹, die Probleme der Dioptrik und Kadioptrik, in denen es um die Lehre vom Brechungsgrad der Linsen und der Lichtstrahlen geht. Was in Bezug auf dieses Thema von großer Bedeutung ist, ist, dass er sich mit den psychologischen und physiologischen Eigenschaften der Optik beschäftigt. Seine Theorie der räumlichen Wahrnehmung setzt sich nicht nur mit dem Problem der Lichtstrahlen, mit Formensehen und binokularem Sehen, mit Farbenwirkung und Kontrasterscheinungen, sondern auch mit den assoziativen und apperzeptiven Elementen auseinander, welche die unmittelbare Empfindung ergänzen.

„Der unmittelbare Gesichtseindruck gibt nur ein flächenhaftes Bild (etwa die Innenfläche einer Kugel, in deren Mittelpunkt der Wahrnehmende steht). Das Bewusstsein der Tiefe oder der dreidimensionalen Körperlichkeit hingegen beruht auf einer Ergänzung durch die urteilende Tätigkeit der Unterscheidungsfähigkeit (virtus distinctiva, II, 31)“¹⁵².

Die Arbeiten von Alhazen stellen die ersten Versuche dar, räumliche Wahrnehmung mittels Beobachtung zu analysieren. Weil dieser Ansatz sowohl in der griechischen als auch in der christlichen Philosophie fehlt, nimmt Alhazen hinsichtlich der Analyse multisensueller Räume eine besondere Stellung ein.

Von ihm ausgehend entwirft der Schlesier Witelo (*um 1220/30, † ca.1277) in seiner Schrift *Perspectiva*¹⁵³ in Anlehnung an Alhazen und seiner Schrift zur Optik¹⁵⁴ einen bahnbrechenden Beitrag auf sinnespsychologischer

¹⁵⁰ Vgl. Bonaventura (Johannes Fidanza), (1882-1902), II, d 24

¹⁵¹ Alhazen, ; Witelo, (1972 = 1572)

¹⁵² Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S. 160

¹⁵³ Witelo: Perspektiva, in: Baeumker, C.: Witelo, ein Philosophen Naturforscher des XVIII. Jahrhunderts, Münster 1908, Anhang II, S. 127-179

¹⁵⁴ Vgl. Alhazen, W. (1972 = 1572)

Ebene, womit er einen wesentlichen Schritt in der Behandlung der räumlichen Wahrnehmung macht.

Auch Witelo übernimmt die neuplatonischen Emanationstheorie, in der Anfang, Mitte und Ende der Influenzen (Ausströmungen) im göttlichen Licht (*divinum lumen*) zu suchen sind. Das sinnliche Licht hingegen (*lumen sensibile*) stellt das Medium der körperlichen Ausströmungen (*influentiae corporalis*) zur Verfügung. „Beim Ausgießen (*diffusio*) der obersten Formen fügt sich das Licht als körperliche Form der Materie den unteren Körpern an und prägt die mitgeführten Formen den vergänglichen Körpern ein. Das Licht besitzt also die Funktion körperlicher Formen (potenziell), die nach der Weise des Lichtstrahls (Linie, verschiedene Arten des Winkels) zusammengesetzt sind. Das Licht ist also nicht nur Raum schaffend, sondern sogar Räumlichkeit (d. h. Raumformen) schaffend. Als Folge der Lichtmetaphysik ergibt sich die These, dass das gesamte Naturwirken den Gesetzen der Geometrie und im Weiteren den Gesetzen und Wirkformen der Optik unterworfen sei“¹⁵⁵.

Grundlegend für diese Erkenntnis waren sicherlich die Analysen Witelos auf dem Gebiet der Gesichtswahrnehmung. Wie er in seiner Schrift *Perspectiva* schreibt, unterschied er beim Sehen den Empfindungsakt und (*aspectus simplex*) und die Aufmerksamkeit, die auf Intuition (*intuitio diligens*) basiert¹⁵⁶.

„Der Gesichtssinn ist ausschließlich auf die Wahrnehmung von Licht und Farbe gerichtet“¹⁵⁷. Wie Gosztanyi hierzu bemerkt, können „weitere Daten wie Größe, Lage, Körperlichkeit, Gestalt, Kontinuität (Einheit des Körpers), Trennung (der Teile), Zahl, Bewegungen, Ruhe, Rauheit oder Glätte (also die Oberflächenwahrnehmung), Durchsichtigkeit, Dichte, Schatten, Dunkelheit, Schönheit, die Formationen, Gleichheit und Verschiedenheit (...) nur mittels anderer psychischer Fähigkeiten ermittelt werden“¹⁵⁸.

Es ist interessant, dass Witelo bei seiner Aufzählung von objektiven und subjektiven Qualitäten keine Unterscheidung durchführt. Dies kann man auf die Tätigkeit der Vernunft (*ratio*), bzw. auf das Unterscheidungsvermögen zurückführen.

Somit setzt sich die räumliche Wahrnehmung nicht nur aus den empfangenen Sinneseindrücken zusammen, sondern fußt auch auf assoziativen und kombinatorischen Momenten. So sind Entfernungen des Dinges und das Maß der Entfernung, Ort, Lage, Größe, Körperlichkeit und körperliche Beschaffenheit eines Gegenstandes nicht durch den Gesichtssinn erkennbar, sondern nur mit Hilfe der unterscheidenden und urteilenden Kraft der Seele¹⁵⁹. Daraus folgt, dass der Gesichtssinn nur ein flächenhaftes Bild erzeugt, wohingegen Körperlichkeit und Dreidimensionalität, wie Witelo meint, nicht von vorne herein visuell ermittelbar, sondern nur durch die Erfahrung zu erschließen ist¹⁶⁰.

Diese Erkenntnisse werden auf Roger Bacon und die englischen Empiristen einen starken Einfluss ausüben.

¹⁵⁵ Witelo, (1908), Anhang II, S. 128, 15-21

¹⁵⁶ Vgl. Witelo, (1908), III, 51

¹⁵⁷ Witelo, (1908), III, 59

¹⁵⁸ Witelo, (1908), Anhang II, S. 127-179

¹⁵⁹ Vgl. Witelo, (1908), IV, 63

¹⁶⁰ Witelo, (1908), IV, 63

2.7 Die Raumtheorie des Kalām - Momente der Ruhe.

Die frühe arabische Philosophie greift den Atomismus wieder auf und versucht ihn gegen die Kritik des Aristoteles zu verteidigen. Von ihr gehen wichtige Impulse für die Revision der Raumtheorie aus. Vor allem ihre raumtheoretische Bedeutung und die Wirkung auf die Mechanik der Renaissance sind für diese Arbeit von Nutzen.

Die bekanntesten Ansätze lassen sich in den bedeutenden Schriftsammlungen des Kalām wieder finden. Der Kalām (arab. Rede) ist eine Sammlung theologischer Schriften des Islam, deren Ursprung auf das neunte Jahrhundert zurück geht und wegen der dialektischen Methode in den theologischen Spekulationen mit der scholastischen Theologie vergleichbar ist.

Als seine eigentlichen Begründer gelten Abū' l-Hasan Al-Ash'ari von Bagdad und Abū'l-Mansur Al-Maturidi von Smarakand im 10. Jahrhundert¹⁶¹.

Die Atomlehre des Kalām geht von Atomen aus, die unteilbar und gleichförmig sind und keine Ausdehnung besitzen, bzw. keinen Raum einnehmen. Dennoch haben sie eine bestimmte Raumlage. Durch die Zusammensetzung bzw. Kombination mehrerer Atome entsteht Räumliches.

Zwei Atome, die miteinander verbunden oder aufeinander bezogen sind, ergeben die Länge - die erste Dimension. Eine Zweidimensionalität aus Länge und Breite ermöglicht die Kombination aus vier Atomen. Durch das Zusammenwirken von mindestens acht Atomen erreicht man die Dreidimensionalität - Länge, Breite und Tiefe. Im Prozess des Entstehens und Vergehens sehen die Vertreter des Kalām die Trennung bzw. Bindung der Atome. Somit ist die qualitative Veränderung auf die räumliche Bewegung zurückgeführt.

Der Raum und die Materie erfahren eine atomische Strukturierung, welche die Existenz von Leerräumen voraussetzt. Diese Leerräume sind die notwendige Voraussetzung für Bewegung. Das Neue am Kalām auf diesem Gebiet ist, dass dies auch für die Eigenständigkeit und Unabhängigkeit des Einzelatoms gilt¹⁶². Aus der Existenz dieser Leerräume folgt, dass weder die Materie noch der Raum - im Gegensatz zur aristotelischen Raumauffassung - kontinuierlich sein können. Denn eine Kontinuität des Raumes würde auch dessen unendliche räumliche und zeitliche Teilbarkeit bedeuten (was jedoch den ersten Grundsatz, nämlich der Unteilbarkeit der Atome, widersprechen würde).

Dies hat einschlägige Folgen für die Bewegungslehre dieser Zeit. Unter diesen Umständen kann auch die Bewegung - wiederum im Gegensatz zu Aristoteles - nicht kontinuierlich sein, weil es sonst zu sprunghaften Bewegungen kommen müsste, wonach ein Atom nacheinander verschiedene diskrete Raumstellen einnehmen müsste. Eine kontinuierliche Bewegung müsste unweigerlich zu einer Teilung der kleinsten Partikel führen.

Alexander Gosztonyi schreibt hierzu: „Nach dem Kalām besitzt der schnellere Körper keine größere Geschwindigkeit, sondern seine

¹⁶¹ zu weiteren Literatur vgl. Jammer, Max und Gosztonyi, Alexander.

¹⁶² Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 151

Bewegung wird bloß durch weniger Momente der Ruhe unterbrochen. Denn physikalische Prozesse beruhen auf einer gemeinsamen Bewegungsfrequenz, d.h. auf gleich großer Geschwindigkeit¹⁶³. Könnte man aus diesen Gedankengängen Konsequenzen für die moderne Raumordnung multisensueller Räume schließen? Offensichtlich ist jedenfalls, dass im Kalām - wie bei den Atomisten - konstruktive Grundlagen nanotechnischer Technologien zu suchen sind. Entwicklungen im Nanobereich orientieren sich oft an Vorbildern in der Natur¹⁶⁴ und sind meist ein Zusammenschluss aus funktionellen Einheiten, die im Zusammenschluss, also miteinander kommunizierend, ganz neue Aufgaben übernehmen können. Als eines der bekanntesten Beispiele wäre da sicherlich der Lotuseffekt zu nennen, der von dem Botaniker Professor Wilhelm Barthlott und seiner Arbeitsgruppe an der Universität Bonn in den 90er Jahren entdeckt worden ist: Von den Blättern der indischen Lotus-Blume - seit jeher ein Symbol der Reinheit - perlen Regentropfen wie Wasser von einer heißen Herdplatte ab und spülen dabei Schmutz und Krankheitskeime mit sich fort. Barthlott erkannte schon sehr früh, dass dieser Effekt in vielen wirtschaftlichen Bereichen zum Einsatz kommen könnte. Er behielt Recht, denn heute kommt der Lotuseffekt unter anderem in der Automobilindustrie, der Fassadentechnik und auch in der Textilindustrie zum Einsatz¹⁶⁵.

2.8 Die Ablösung von der aristotelischen Raumtheorie im 14. Jahrhundert

Roger Bacon verfolgt eine Linie, die eine erhöhte Berücksichtigung der Naturwissenschaften und Naturphilosophie unter Heranziehung von Experimenten und Beobachtungen zur Folge hat. Auf Grund der neuen Erkenntnisse hinsichtlich der Natur beginnt sich bereits in der Spätscholastik eine allmähliche Befreiung von der aristotelischen Raumlehre und im gleichen Zuge eine neue Einstellung zu den Naturphänomenen und zum Raumproblem zu entwickeln. Schon die realistischen alexandrinischen Denkweisen eines Straton von Lampsakos hatten damit begonnen, das aristotelische System seiner transzendentalen Elemente zu entkleiden und seine stärkere Übereinstimmung mit der Alltagserfahrung zu suchen.¹⁶⁶ War für Aristoteles der Raum identisch mit dem Ort und als die anliegende Grenze des umfassenden Körpers definiert, so war diese Definition schon bald ein gefundenes Fressen für die Kritiker dieser Philosophie.¹⁶⁷ Prinzipiell wurde daran gezweifelt, ob es sich beim Raum um ein geschlossenes System handelt. Ein sehr wichtiger Beitrag zu diesem Thema stammt von Philoponos (Ioannis Philoponi) Philoponos ist bekannt als Vorläufer der so genannten „Impetus-Theorie“ in der Mechanik, die eine wichtige Rolle für die Forschungen während des 14. Jahrhunderts spielte und später auch als Ausgangspunkt für Galileis

¹⁶³ Gosztonyi, A. (1976), S. 153

¹⁶⁴ Vgl. Nachtigall, W.; Blüchel, K.G. ([2003])

¹⁶⁵ <http://www.botanik.uni-bonn.de>

¹⁶⁶ Vgl. Jammer, M. (1980), S. 55

¹⁶⁷ Vgl. Kap. 2.4 *Kritik an der aristotelischen Raumdefinition*

Formulierung der Grundlage moderner Dynamik sein sollte¹⁶⁸. Als eine weitere Folgerung aus der Annahme, dass die Körper auf ihren vom Demiurgen festgesetzten Ort hintendieren, entwickelt sich schließlich die Impetus-Theorie.

Philoponos erkennt innere Widersprüche in der aristotelischen Theorie des Raumes und sieht die Notwendigkeit einer neuen Definition des „Ortes“ oder des Raumes. Wie Max Jammer über die Lehren des Grammatikers¹⁶⁹ schreibt, muss man „die Natur des Raumes in dem dreidimensionalen unkörperlichen Volumen suchen, das sich in Länge, Breite und Tiefe erstreckt und völlig von dem materiellen Körper verschieden ist, der in ihn eingetaucht wird“¹⁷⁰. In *Aristotelis Physicorum*¹⁷¹ schreibt Ioannis Philoponi: „Der Raum ist nicht die begrenzende Fläche des umfassenden Körpers (...), er ist ein bestimmter Abstand, messbar in drei Dimensionen, unkörperlich seiner eigentlichen Natur nach und verschieden von dem in ihm enthaltenen Körper. Er ist reine Dimensionalität frei von aller Körperlichkeit; hinsichtlich des Stoffes sind Raum und das Leere identisch“¹⁷².

Mit der Verwerfung der Leere von den „natürlichen Örtern“ ergibt sich als Konsequenz der abstrakte Begriff des Raumes als unmaterielle qualitätslose Dimensionalität.

Auch wenn es bei Philoponos nicht zur vollständigen Befreiung von der aristotelischen Kosmologie kommt, so leitet er doch dadurch, dass er die Bewegungen in den Mittelpunkt der Diskussion um das Raumproblem stellt, die konstruktive Kritik am aristotelischen Raumbegriff ein.

Eine vollständige Überwindung der Substanz-Akzidenz- bzw. Form-Stoff-Lehre versucht schließlich Chasdai Crescas (1340-1412).

In seiner Definition des Raumes bestimmt Crescas den Ort als ein Kontinuum von unendlichen Dimensionen, als ein unbewegliches Leeres, dass zur Aufnahme von Materien bereit ist. Er sieht den Raum als das Intervall zwischen den Grenzen des Umschließenden, der somit eine Art dimensionale Ausdehnung, die zwischen den Punkten der umfassenden Oberfläche liegt, ist¹⁷³. Demzufolge wird bei Crescas die dimensionale Ausdehnung mit dem Leeren gleichgesetzt und die begriffliche Loslösung von der räumlichen bzw. materiellen Körperlichkeit vollzogen.

Wider die Lehre des Aristoteles ist Crescas der Meinung, dass das Vakuum zum Ort wird, wenn es einen Körper aufnimmt. Der Raum als Intervall muss nicht beweglich sein denn es gibt keine verschiedenen Örter.¹⁷⁴

Der Raum ist einer, einheitlich unendlich und unbeweglich.

Diese Homogenität des *einen* Raumes ist dafür verantwortlich, dass der aristotelische Begriff der „natürlichen Örter“ ausgeschlossen werden kann.

¹⁶⁸ vgl. Jammer, M. (1980), S.56

¹⁶⁹ Johannes, der Grammatiker, wie man ihn auch nannte, war nur in bedingtem Sinne Platoniker, da er nämlich zum Christentum übertrat und versuchte den Platonismus mit dem Christentum zu vereinigen.

¹⁷⁰ Jammer, M. (1980), S.58

¹⁷¹ Johannes Philoponus , (1888)

¹⁷² Johannes Philoponus , (1888), S. 567 in Jammer, M. (1980), S.58

¹⁷³ Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S. 197

¹⁷⁴ Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S. 198

Schwere und Leichtigkeit können als innere Qualitäten des Körpers gesehen werden und diesen nicht qualitativ, sondern nur quantitativ unterscheidbar machen. Als Folge daraus ergibt sich für Crescas die Unendlichkeit des Raumes und letztlich auch des Universums - ohne Grenzen und ohne äußerste Sphäre. Seine Raumtheorie, die den Raum als absoluten behandelt, wird grundlegend für weitere Theorien abstrakter Räume sein und bedeutet einen Wendepunkt in der Geschichte des Raumproblems.

Schließlich wurde dem geozentrischen Weltbild, das schon im 13. und 14. Jahrhundert heftigen Diskussionen ausgesetzt war, durch die Lehre des Kopernikus die kosmologische Basis entzogen.

So kam es dazu, dass Nicolaus von Oresme (gestorben 1382) in seinem Kommentar zum Himmel und zur Welt¹⁷⁵ eine herausragende Lehre von der täglichen Bewegung der Erde und der Ruhe des Himmels verfasste. Für ihn ist es klar, dass weder über die Bewegungen des Himmels noch über die Ruhe der Erde klare Antworten oder Spekulationen zu geben sind. Ihm ist klar, dass der Raum unendlich, unbeweglich, real existent und körperunabhängig sein müsse.

Er ist also nicht nur ein Terminus, eingeführt, um die Lokalbewegung auf einen imaginären Raum beziehen zu können, sondern eine Realität, in welcher der Kosmos schwebt und Gott die Welt bewegt und beliebige andere Körper erschafft¹⁷⁶.

Raum und Gott werden eins - imaginär, leer unkörperlich und unendlich. Der Raum wird dadurch zum Attribut Gottes. Aus diesem Grund ist er für unsere, an den Leib gebunden Sinne weder erfassbar noch zu begreifen. Mit dieser Lehre eines unendlich leeren bzw. absoluten Raumes, der nicht wahrnehmbar, weil unkörperlich und „imaginär“ ist und auf den sich alle Bewegungen beziehen lassen, greift Nicolaus von Oresme die späteren Gedanken Newtons und Eulers vorweg.

2.9 Raum in der Naturphilosophie

Die italienischen Naturphilosophen werden die Raumtheorien zu einem markanten Wendepunkt in der Geschichte der Raumproblematik führen. Durch Nicole Cusanus und später Bernhardinus Telesius beginnt die Trennung des Raumes von der Welt der Materie hin zu einem abstrakten Verständnis des Raumbegriffes. Die nun kommende Zeit wird sich mit dem immer stärker werdenden Seinsdualismus des Raumes auseinandersetzen. Im Zeichen der Renaissance beginnen Wissenschaftlichkeit und Glaube um das Vorrecht auf das Fundament einer neuen Raumauffassung zu ringen. Es blüht ein neues Raumverständnis auf, welches sich völlig von der aristotelischen Substanz-Akzidenz-Theorie losgerissen hat, um Verständnis in der Mathematik, der Geometrie und Gott zu suchen.

Eine besondere Rolle kommt hierbei erneut dem Licht¹⁷⁷ zu – einerseits strahlt es die vollkommene sinnliche Stimulation aus, wohingegen auf der anderen Seite sein Wesen nicht greifbar ist – ein gefundenes Fressen für die Metaphysiker des 17. Jahrhunderts.

¹⁷⁵ Nicolaus Oresmius, (1968)

¹⁷⁶ Kommentare zu De coelo et mundo, lib. II, cap.8; lat. Texte in Duhem, P.M.M. (1906)

¹⁷⁷ Vgl. Kap. 2.5 und Kap. 2.6

Nicolaus Cusanus (1401-1464), dessen Raumtheorie völlig unabhängig von der aristotelischen Raumauffassung ist, sieht den Mittelpunkt der Welt überall und nirgends. Das Gleiche trifft für die Bewegungen zu. In seiner Raumtheorie geht er davon aus, dass es keine absolute Bewegung und keinen absoluten Raum geben kann, da es keinen Körper gibt, der in absoluter Ruhe verharren würde. Lage und Bewegungen sind also relativ¹⁷⁸. Er sieht den Raum als unendlich und homogen, d. h. durchgehend gleichförmig und gleichartig.

Diese Ansichten treten dann unter Telesius noch radikaler auf, so dass man an dieser Stelle durchaus von einem Wendepunkt in der Geschichte der Raumtheorien sprechen kann.

Bernhardinius Telesius (1508-1588) gilt als Hauptvertreter des naturwissenschaftlichen Empirismus in der Renaissance¹⁷⁹. Beeinflusst von materialistischen und stoischen Auffassungen des Altertums versucht er den geistigen Funktionen einen gewissen Grad von Körperlichkeit zuzuschreiben. Raum und Zeit spricht er unabhängige Realität zu.

„Der Raum ist für Telesius (Telesio) nicht mehr bloße Qualität und erhält unabhängige Existenz parallel zur Materie oder „moles“.“¹⁸⁰ Ähnlich wie vor ihm die Stoiker, geht Telesius von einem feinen Stoff aus, der Geist (Spiritus) und die Teile des (tierischen und menschlichen) Leibes zusammenhält und bewegt. Dieser feine Stoff setzt sich aus Wärme zusammen. Wärme gilt für Telesius als das erste tätige Prinzip und ist verantwortlich für Ausdehnung und Verdünnung. Im Gegensatz dazu existiert die Kälte. Neben diesen Prinzipien gibt es noch das Körperliche, welches als konkrete Materie gedeutet werden kann¹⁸¹.

Raum und Zeit hingegen sind selbstständige Qualitäten, die von der Materien unabhängig und ihr ebenbürtig sind¹⁸². Was dies betrifft, schreibt Ernst Cassirer: „Deshalb muss der Raum Aufnehmer jedweder Gegenstände sein. Wenn die existierenden Gegenstände aus ihm sich zurückziehen und aus ihm entfernt sind, so zieht doch er selbst sich in keiner Weise zurück oder entfernt sich. Vielmehr bleibt er beständig derselbe und nimmt bereitwillig nacheinander die einander folgenden Gegenstände auf. Dabei ist er immer so groß, wie die Größe der in ihm untergebrachten Gegenstände es verlangt. Der Raum ist folglich den Gegenständen gleich, die in ihm ihren Ort haben, doch mit keinem dieser Gegenstände je identisch, sondern gänzlich von ihnen allen verschieden“¹⁸³.

Wie Jammer schreibt, zeigt er keine qualitativen Unterschiede. „Raum ist der Rezeptor alles Seienden“.¹⁸⁴ Bei Ortsveränderungen eines Körpers bleibt der Raum unbewegt, lässt sich nicht verdrängen sondern bleibt unverändert und kann einen anderen Körper aufnehmen.

In kommenden Untersuchungen dieser Arbeit wird gezeigt, dass auf diesen

¹⁷⁸ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 203

¹⁷⁹ Gosztonyi, A. (1976), S. 205

¹⁸⁰ Jammer, M. (1980), S. 91

¹⁸¹ Vgl. Jammer, M. (1980), S. 91

¹⁸² Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 206

¹⁸³ Cassirer, E. (1911) in Jammer, M. (1980), S. 91

¹⁸⁴ Vgl. Jammer, M. (1980), S. 92

Tatbestand mittels Technologie im Raum reagiert werden kann. Im Grunde liegen in den Worten Telesius' bereits die Fundamente multisensueller Räume versteckt. Telesius weist, wie bereits Platon, darauf hin, dass Räume die Möglichkeit haben, auf Situationen zu reagieren. Der Raum als Rezeptor alles Seienden oder die Mutter allen Werdens ist zur Reaktion befähigt. Natürlich geht Telesius eher von einer passiven Art der Reaktion aus – quasi einer trägen Duldung der Geschehnisse im Inneren des Raumes. Der Ansatz dieser Arbeit versucht die passiven Reaktionen durch eine bewusste Aktion auf dem Weg der Technologie zu ersetzen. Der Raum passt sich also aktiv seiner Umgebung an und ermöglicht so einen Austausch zwischen sich und den Objekten/Subjekten, die sich in ihm befinden. Zurück zu Telesius.

Der Raum als reine Fähigkeit zur Aufnahme von Materie¹⁸⁵ ist 1. unkörperlich; 2. unmateriell; 3. formlos; 4. frei von innewohnenden Kräften¹⁸⁶, die ihnen zur Tätigkeit oder Wirksamkeit veranlassen könnten, d. h. er ist gänzlich homogen und ohne qualitative Unterschiede¹⁸⁷.

Die Bewegung im Raum sieht Telesius als Ergebnis physikalischer Kräfte im Raum und nicht durch Unterschiede von Qualitäten in ihm¹⁸⁸. Er geht davon aus, dass der Raum sinnlich wahrnehmbar und in seiner Ganzheit unbeweglich ist. In seiner Herangehensweise an die Problematik zeigt sich deutlich der neue Geist der italienischen Naturphilosophie des 16. Jahrhunderts. Es bahnte sich ein neues physikalisches Verständnis an. Doch erst musste man die überlieferte Substanz-Akzidens-Lehre, „das große Bollwerk des scholastischen Denkens“, wie Max Jammer schreibt, überwunden werden. Er schreibt weiter: „Es genügte nicht, die physikalischen Grundlagen der Raumtheorie zu erneuern, sie musste auch eine neue metaphysische Grundlegung finden.“¹⁸⁹

Dieses Ziel setzte sich Francesco Patrizzi oder Patritius (1529-1597). Patritius setzt den Raum als eine notwendige Bedingung vor allem, was in ihm existiert, voraus¹⁹⁰. Auch die Qualitäten sind vom Raum abhängig. „Das Studium des Raumes musste dem Studium der Materien vorausgehen, da der Raum nicht nur die Bedingungen für die Materie als solche ist, sondern auch für ihre Qualitäten. Folglich ist für Patritius die Erforschung des Raumes eine unerlässliche Vorbedingung für jede Naturforschung. Der Raum macht nicht nur die Natur, sondern auch das Wissen von der Natur erst möglich.“¹⁹¹ Diese erkenntnistheoretische Geisteshaltung widersprach der aristotelischen Substanz- Akzidens – Theorie in entscheidendem Maß.

Patritius versuchte den Gegensatz zwischen Glauben und Wissen - der in der Renaissance immer brisanter wurde - zu überwinden und die körperliche, konkrete Natur mit der Welt des Geistes zu vereinigen. „Licht (in der Körperwelt als Wärme), Raum und Fluor sind die Grundlagen bzw.

¹⁸⁵ Vgl. Telesio, B. (1913), I, 37: *aptitudo ad corpora suscipienda*

¹⁸⁶ Vgl. Telesio, B. (1913), I, 37: *omnis actionis expers*

¹⁸⁷ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 206

¹⁸⁸ Gosztonyi, A. (1976), I, 36

¹⁸⁹ Vgl. Jammer, M. (1980), S.92

¹⁹⁰ Patritius, *Nova de universis philosophia libris quinquaginta comprehensa* (Venedig) fol. 65 in Jammer, M. (1980), S. 92

¹⁹¹ Cassirer, E. (1911), Bd. I, S. 232 in J Jammer, M. (1980), S. 93

Bauelemente aller Naturwesen und körperlichem Dinge¹⁹².

Etwa zeitgleich vertritt William Gilbert (1540-1603) die Meinung, dass im Weltraum auf Grund von fehlender Aktivität die Kälte vorherrsche. Denn der Raum sei nichts (*locus nihil est*), er sei leblos und ohne Seele und wird so zu einem abstrakten Wesen¹⁹³. Jegliche Kraft wäre in den Körpern selbst - in Form von Energie und Wärme¹⁹⁴.

„Das Körperliche kann für sich nicht existieren, seine Tätigkeit und Bewegung setzt etwas Unkörperliches in ihm voraus, das die Tätigkeit anregt bzw. vollzieht. Die Verbindung von Körperlichem und Unkörperlichem ist aber ein Rätsel, da keine unmittelbare Einwirkung des einen auf das andere stattfinden kann. Diese Einwirkung kann nur durch die Vermittlung eines Dritten geschehen, nämlich durch das Licht einerseits und die Seele (*anima*) andererseits, da diese die beiden Wesenheiten sind, die sowohl körperlich als auch unkörperlich vorkommen. Das Licht ist die universelle bildende Naturkraft. Aber das Körperliche kann nur bestehen, wenn noch zwei Prinzipien hinzukommen: die Ausdehnung und die Undurchdringlichkeit. Das Prinzip der Ausdehnung ist aber der Raum. Der Raum selbst ist ebenfalls weder körperlich noch immateriell, so kann er als Vermittler beider Welten dienen. Er ist von Gott erschaffen, daher unendlich, da eine unendliche Ursache nur eine unendliche Wirkung hervorrufen kann¹⁹⁵. Somit stellt der Raum für Patritius die ontologische und erkenntnistheoretische, aber auch metaphysische Grundlage aller Existenz dar. Raumgröße ist keine Kategorie der Quantität, sondern vielmehr eine Bedingungen für die Qualität.

Eine Weiterentwicklung der Theorien des Patritius brachten die metaphysischen Spekulationen Thomas Campanellas (1568-1639) mit sich. Seiner Ansicht nach ist der Raum homogen und undifferenziert, körperlich durchdrungen und unkörperlich durchdringend. Differenzierungen wie unten oder oben sind deshalb ausgeschlossen. Gott schuf den Raum als Kapazität bzw. „*Rezeptaculum*“ für Körper¹⁹⁶. Die Möglichkeit den Raum als erweiterte Schicht des menschlichen Leibes und dessen Handlungsspielraum zu sehen, wird Inhalt des nächsten Kapitels sein¹⁹⁷. Entscheidend ist dabei die Rolle, die der „direkte“ Raum um den Menschen in Verbindung zur Gestaltung von Räumlichkeiten spielt und welche intersozialen Auswirkungen sich daraus ergeben. Es sei an dieser Stelle auf die Untersuchungen Edward Halls und seiner Proxemik-Theorie in Kapitel 3.4.3 *Die Dynamik der architektonischen Form* verwiesen. Fünf sich gegenseitig einschließende und durchdringende Welten bilden das Universum. Die dritte Welt ist die mathematische Welt oder der Raum. Die Realität des Raumes bildet die Basis einerseits für jede Existenz¹⁹⁸, andererseits für mathematische Spekulationen, die sich jedoch mit Hypothesen nicht begnügen dürfen, sondern sich auf Beobachtungen aus

¹⁹² Cassirer, E. (1911), Bd. I, 237

¹⁹³ Vgl. Gilbert, W. ([ca. 1963] = 1651) in Gosztonyi, A. (1976), S. 215

¹⁹⁴ Vgl. Gilbert, W. ([ca. 1963] = 1651) in Gosztonyi, A. (1976), S. 215

¹⁹⁵ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 207

¹⁹⁶ Vgl. Campanella, *Physiologia* (Paris 1637) I, 2. in Jammer, Max: *das Problem des Raumes - die Entwicklung der Raumtheorien*, übers. P. Wilpert, Darmstadt 1960, S. 97

¹⁹⁷ Vgl. Kap. 3.4.4 *Raumgrenzen*

¹⁹⁸ Vgl. Campanella, Thomas: *Metaphysicarum rerum iuxta propria dogmata*, Paris 1638, I, 5, 2 in Gosztonyi, A. (1976), S. 212: *locus basis existentiae*

Sinneserfahrungen stützen müssen¹⁹⁹.

„In der Welt sind alle Wesen (Entitäten) beseelt, es gibt nichts Empfindungsloses. So ist auch der Raum als absolute „geistige“ Entität beseelt, denn er „scheut die Leerheit und begehrt nach dem Vollen, nach der Erfüllung“²⁰⁰.

Deutlich lässt sich bei Telesius, Patritius oder Campanella erkennen, wie wichtig das konsequente Durchdenken der Probleme, die sich mit dem Raum befassen, für die historische Entwicklung der damaligen Zeit war. Auf dem Weg zu einer neuen Epoche in der Raumtheorie und gleichzeitig neuen Auffassung der Wissenschaftlichkeit gewannen die mathematischen Auseinandersetzungen mit dem Raum vor den physikalischen zunehmend an Gewicht. Die stark spekulativen Züge der italienischen naturphilosophischen Raumauffassung versuchten mit Hilfe von Experimenten eine neuplatonisch ausgerichtete Metaphysik mit den physikalischen Phänomenen zu vereinbaren.

Was die räumliche Wahrnehmung angeht, so sind die Gedankengänge Johannes Keplers (1571-1630) in der Zeit der Naturphilosophien von Belang. Kepler geht davon aus, dass die Grundlage für die Zahl in der Ausdehnung des Raumes zu suchen ist. Er leitet diese Hypothese von der geometrischen Abhängigkeit ab, deren Basis in der Messung, in der Aufzählung der Dinge und in der Beobachtung astronomischer Konfigurationen und Bewegungen liegt. Die stetige Größe und ihre qualitative Eigenart des gesamten Bestandes der geometrischen Figuren sieht er als Schöpfungen des Geistes an. Man könnte sagen, dass Kepler hier die Ansätze Kants vorweg greift, wonach die Wahrnehmung geometrischer Figuren, welche die Grundlage der räumlichen Wahrnehmung bilden, durch die Realisierung der dem Verstande innewohnenden Formprinzipien zustande kommt. „Die Sinne, zumal das Auge, richten sich nach der Natur des Geistes, die Erkenntnis der Qualitäten ist eine *eingeborene Eigenschaft* - im Sinne einer Fähigkeit - der Seele“²⁰¹. Was daraus folgt, ist, dass die Raumordnung des Gesichtsfeldes ein Werk des Verstandes ist, das mit Hilfe von Wahrnehmungsdaten erstellt wird²⁰². Die Wahrnehmung ist darum für die Verwirklichung der raumordnenden Fähigkeiten des Geistes unerlässlich (*omnis vero locatio imaginis est mentis seu mavis sensus communis opus*)²⁰³. „Die Entfernung *sieht* das Auge *nicht*, sondern *erschließt* sie (*distantiam enim oculos non videt, sed conjicit, ut docent optici*)“²⁰⁴.

Was für uns interessant ist, ist, dass Keplers Wahrnehmungstheorie mit seiner Harmonielehre in Zusammenhang steht. Kepler geht davon aus, dass zwischen den Gegenständen eine fortwährende Wechselwirkungen besteht. Die Gegenstände selbst befinden sich in einem harmonischen Verhältnis, zu dem der Geist ein Korrelat bildet. Auf dieser Basis entsteht auch die Geometrie. Diese wiederum bildet die vermittelnde Grundlage

¹⁹⁹ Vgl. Campanella, Thomas: *Metaphysicarum rerum iuxta propria dogmata*, I, 5, 2

²⁰⁰ Campanella, Thomas: *De sensu rerum et Magia libri IV*, Frankfurt 1620, I, 12 in Gosztanyi, A. (1976), S. 212

²⁰¹ Kepler, J. (1858-1871), V, 218-222 in Gosztanyi, A. (1976), S. 219/220

²⁰² Kepler, J. (1858-1871), II, 55 in Gosztanyi, A. (1976), S. 220

²⁰³ Kepler, J. (1858-1871), II, 55 in Gosztanyi, A. (1976), S. 220

²⁰⁴ Kepler, J. (1858-1871), II, 491 in Gosztanyi, A. (1976), S. 220

zwischen Geist und Materie.

Dem Raum selbst wies er keine inneren Kräfte zu. Vielmehr kann Kepler als der Begründer des neuen physikalischen Kraftbegriffes angesehen werden. Er fand heraus, dass auch die Gravitation im Sinne einer mathematisch fassbaren Wechselwirkung gedeutet werden konnte: Die Geschwindigkeit ist umgekehrt proportional zur Masse der beiden Körper, die Größe der Anziehung umgekehrt proportional zum Quadrat ihrer Entfernung²⁰⁵.

2.10 Raum im Rationalismus

In der Zeit des Rationalismus kann man von zwei Raumvorstellungen ausgehen.

Auf der einen Seite steht der Raum, verstanden als ein geschlossenes, endliches Ganzes, während auf der anderen Seite ein Raumverständnis steht, welches von einer unendlichen Ausdehnung ausgeht. Dieser unendliche Raum ist nicht vorstellbar, sondern kann nur abstrakt gedacht werden.

Hinzu kommt, dass es nach der Entdeckung des Anschauungsraumes zu einem zentralen Problem werden sollte, diesen mit den theoretisch erfassten Raumstrukturen in Einklang zu bringen.

Während die Realität deutlich zeigt, dass der mathematische und der durch die Sinne wahrgenommene Raum eng miteinander verbunden sind, existieren auf theoretischer Ebene zwei kontroverse Meinungen. Die Rede ist von zwei konkurrierenden Raumtheorien, die jede für sich nach einer Ontologie des Raumes suchten. Es ging um die Frage, ob der Raum durch sinnliche Wahrnehmung oder aber durch mathematisch ausgerichtetes Denken zu erschließen sei.

Während bis dahin die Lösung des Problems hauptsächlich in Bezug auf den Kosmos oder die Göttlichkeit gesucht worden war, so fällt nun dem Menschen und seiner individuellen Beziehung zum Raum eine immer wichtigere Rolle zu. In diese Zeit fallen die Theorien des René Descartes. Descartes (1596-1650) macht es sich zum Ziel, eine Wissenschaft zu entwickeln, die auf unerschütterliche Gewissheit aufbaut, in seiner Methodik neuartig ist und in zwei Thesen zusammengefasst werden kann: „1. Gewiss ist nur das Gedachte, nicht aber das sinnlich Erfahrbare; 2. der Garant für die Gewissheit der Gedankendinge ist Gott.“²⁰⁶

Descartes geht davon aus, dass nur mathematische und geometrische Beziehungen mit völliger Gewissheit erkannt werden können. So erklärt er sich auch die materielle Existenz von Gegenständen als Inhalte der Mathematik, die jedoch nur auf Grund der Einbildungskraft für die Menschen existieren können. Diese Einbildungskraft hat sein Fundament im Glauben an Gott und ist somit unfehlbar.

„Nun bilden aber Sinneswahrnehmung, Fantasie und Gedächtnis unentbehrliche Voraussetzungen der Wissenschaft, namentlich der Physik²⁰⁷. Darum gehört die *Induktion* - oder, wie Descartes sie auch nennt, die *Emeration* - ebenfalls zur wissenschaftlichen Methode²⁰⁸.“

²⁰⁵ Vgl. Kepler, J. (1858-1871), III, 459 und 151 in Gosztonyi, A. (1976), S.220-221

²⁰⁶ Gosztonyi, A. (1976), S. 238

²⁰⁷ Descartes, R. (1972), VIII in Gosztonyi, A. (1976), S. 238

²⁰⁸ Descartes, R. (1972), VII in Gosztonyi, A. (1976), S.238

Unerschütterliche Gewissheit lässt sich somit nur durch rein geistiges Erfassen der Zusammenhänge erreichen, während ein Maßbegriff als Vermittler zwischen den allgemeinen Bedingungen und den besonderen Bestimmungen zu fungiert. Entscheidend für Descartes ist die Messbarkeit bzw. der Begriff der Dimension - das Prinzip, nach welchem messbar gedacht werden kann²⁰⁹. Dieses Prinzip setzt jedoch die Gleichartigkeit der Gegenstände in einer bestimmten Hinsicht voraus. Um dies zu bewerkstelligen, versucht Descartes alle Beziehungen von Größen auf räumliche Beziehungen zurückzuführen. „Die messbare und in arithmetischen Relationen formulierte Raumgröße ist die Grundlage jeglicher Messung. Schwere, Geschwindigkeit, Temperaturen und im Allgemeinen der Vergleich unterschiedlicher sinnlicher Qualitäten werden erst exakt erfassbar, wenn sie auf Raumgrößen (Skala, zum Beispiel im Thermometer) übertragen werden können. Die Dimension selbst fügt dem Ding nichts hinzu, sie ist eine rein intellektuelle Setzung“²¹⁰.

Nicht nur Raummaße, sondern auch Eigenschaften wie das Maß des Gewichts und das der Geschwindigkeit bedürfen eines gemeinsamen Maßstabes²¹¹. Diese Messbarkeit körperlicher Dinge ist nun mathematisch formulierbar und kann als Impuls zur Entdeckung der analytischen Geometrie verstanden werden²¹².

So kommt es zu einer Wechselbeziehung zwischen Mathematik und anschaulichem Raum. Auf der Suche nach einem Gestaltungsprinzip muss Descartes jedoch erkennen, dass seine anfänglich postulierte Unterscheidung von Qualität und Ausdehnung nicht mehr länger durchzuhalten ist.

Dabei greift er zwei wesentliche Gedanken auf, die für die Entwicklung der Raumtheorien von entscheidender Bedeutung sind. Leider versäumt es Descartes, näher auf diese Bestimmungen einzugehen:

1. Die Tatsache, dass eine rein gedankliche Bestimmung der Konstruierbarkeit des Raumgebildes seine Erzeugung implicite in sich schließt und dass darum die ideelle Konstruktion für konkrete Raumbestimmungen ausschlaggebend, ja sogar raumerzeugend ist (dies wird in der Anwendung nicht-euklidischer Geometrien auf die Raumstruktur plausibel.);
2. die Möglichkeit, solche Grundlagen der Erkenntnis zu finden, aus denen ganze Bereiche wissenschaftlicher Objekte und ihre Gesetzmäßigkeit konstruktiv aufgebaut werden können.²¹³

Den Gedanken, dass die Konstruktion ein raumerzeugendes Prinzip ist, wird Leibniz und später auch Kant modifiziert weiterführen.

Folglich lässt sich eine exakte Naturerkenntnis nur mit Hilfe der Mathematik ermöglichen und zwar dadurch, dass sie Beziehungen zwischen quantifizierten Größen herstellt. So wie das Verhältnis der Mathematik zur Natur ist, so ist auch die wechselseitige Beziehung zwischen der Arithmetik und der Raumgebilde. Während das reine Denken nur Geistiges zu erfassen vermag, so kann im Gegensatz dazu

²⁰⁹ Vgl. Descartes, R. (1972), XIV in Gosztonyi, A. (1976), S.240

²¹⁰ Gosztonyi, A. (1976), S. 239

²¹¹ Descartes, R. (1972), XIV in Gosztonyi, A. (1976), S. 239

²¹² Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 239-240

²¹³ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 241 bzw. zu Punkt 2 Cassirer, E.: Leibniz' System in seinen wissenschaftlichen Grundlagen, Marburg a. L. 1902, Darmstadt, 2. Aufl., 1962 S. 15

die Erkenntnis der Ausdehnung jeglicher Körperlichkeit nur mit Hilfe der „Imaginatio“ vollzogen werden. Somit ist nach Descartes die Vorstellungskraft des menschlichen Geistes denknotwendig für die Existenz des Raumes.

„Ausdehnung“ ist synonym mit „Raum“, denn erst durch die Realität des Raumes können die in ihm enthaltenen Gegenstände real sein. Rückschließend hierzu ist jedoch auch kein Raum ohne die Existenz von Körpern vorzustellen (qu'il ne peut y avoir absolument d'espace sans corps)²¹⁴.

Descartes vermag es nicht, beide Wirklichkeitserfahrungen zu einer Raumvorstellung zu vereinigen. Einerseits ist Raum nicht von der Materialität zu lösen, andererseits ist Raum indem er als reine Substanz der Ausdehnung – im Sinne von Substrat – verstanden wird, an sich unkörperlich, so dass sich Ausdehnung nicht wahrnehmen lässt. Raum ist entweder reine Ausdehnung bzw. reine Dimensionalität – und zwar nur im „reinen Denken der Geometrie“ oder aber wahrnehmbares Volumen – also Körperlichkeit mit Lage und Ort. Gosztonyi sieht im Ausdehnungsbegriff Descartes „das konstitutive Grundelement räumlicher Wahrnehmung“²¹⁵. Er fährt fort, dass sich hingegen in der Wahrnehmungswelt Körper an Körper schließt - auch wenn diese teilweise nicht sichtbar bzw. aus Luft sein sollten. Somit kann der Anschauungsraum als von Körpern ausgefüllt verstanden werden²¹⁶. Für Descartes gibt es neben Luft, die er als Materie zweiter Art und in Kugelgestalt sieht und deren Größe unter der Grenze sinnlicher Wahrnehmbarkeit liegt, zwei weitere Arten von Elementen, die sich hinsichtlich ihrer Merkmale unterscheiden lassen. Sie sind korpuskular. Als Materie erster Art versteht er das Element des Feuers, welches aus äußerst feinen Teilchen (matière subtile) besteht, wohingegen er in der Materie dritter Art das Erdelement sieht, welches aus gröberen Korpuskeln besteht von verschiedener Gestalt²¹⁷. Diese Korpuskeln bilden in ihrer Gemischtheit die irdischen Körper. Korpuskeln lassen sich anhand ihrer Bewegung unterscheiden. Somit steht für Descartes fest, dass Urstoff und Bewegung (Wirbel) die beiden Prinzipien von Materie - und damit vom Raum - sind.

Auch die Definition des Körpers lässt sich bei Descartes ausschließlich auf den Bewegungsbegriff zurückführen: „Körper oder ein Teil der Materie ist alles das, was auf einmal überführt werden kann (simul transfertur)²¹⁸. Somit werden Körpergrenzen bzw. die Zusammengehörigkeiten materieller Teile auch erst durch die Bewegung erkennbar. Descartes sieht den Raum der Bewegungen als eine homogene Masse an, dessen formale Unterschiede auf die Bewegung zurückzuführen sind²¹⁹. Auf dieses Bewegungsprinzip führt Descartes auch alle Veränderungsprozesse in der Natur und im ganzen Universum zurück.

²¹⁴ Vgl. Descartes, R. (1897-1913), X, 199

²¹⁵ Gosztonyi, A. (1976), S. 245

²¹⁶ Gosztonyi, A. (1976), S. 245

²¹⁷ Vgl. Descartes, R. (1965 = 1922), II, 48 in Gosztonyi, A. (1976), S. 247

²¹⁸ Descartes, R. (1965 = 1922), II, 25 in Gosztonyi, A. (1976), S. 249

²¹⁹ Descartes, R. (1965 = 1922), II, 23 in Gosztonyi, A. (1976), S. 250

Alle Veränderungen sind letzten Endes bloße Stellenwechsel des Körpers im Raum²²⁰.

Bewegung ist nur ein „äußeres Moment, eine „Modifikation“ der Materie bzw. eine Eigenschaft des Körpers (motus nihil aliud est in materia mota, quam eius modus)²²¹.

Was Descartes noch fehlt, ist ein einheitliches Bezugssystem, auf die er seine Bewegung beziehen kann. Newton wird später dieses Problem mit der Einführung des absoluten Raums zu lösen versuchen.

2.11 Raum und die Metaphysik

Natürlich stößt die Lehre Descartes vor allem in theologischer Hinsicht vielerorts auf Kritik. Ein immer radikaler werdender Seinsdualismus hinsichtlich der Beschaffenheit des Raumes will es sich nun zur Aufgabe machen, das von Descartes ungelöste Problem zu Ende denken. Man ist förmlich auf der Suche nach einer Raumlösung, der es gelingt, sowohl dem geistigen als auch materiellen Charakter des Raumes gerecht zu werden. Im Gegensatz zu Kepler, der in der Geometrie die Vermittlerrolle zwischen beiden Charakteren des Raumes suchte, sah Henry More (1614-1687) den Ausweg aus diesem Dilemma in einer Substanz, die diese Aufgabe übernehmen sollte - ein natürlicher Geist (spiritus naturae), der, einem „hierarchischen Prinzip“²²² folgend, die Bewegung von Körpern ermöglicht und sich lebendig und unmateriell von innen heraus zu bewegen vermag. Wie er schreibt, handelt es sich um eine Substanz, die nicht fähig ist zu denken, aber dennoch die Materie nach allgemeinen Gesetzen ordnen kann²²³.

In ihr eingepflanzt ist das Prinzip des „vitaliter“ und des „essentialiter“, der göttlichen Weisheit, jedoch nicht das Prinzip des „intellectualiter“²²⁴.

Diese Wechselwirkung zwischen Geist und Stoff benötigt eine gemeinsame Basis, welche More dem Raum zuspricht.

Wie Gosztonyi über More schreibt, versteht dieser den Raum zugleich als einzig und unendlich, „so bietet er eine Vermittlung auch zwischen den einzelnen, endlichen und begrenzten Geistern und dem einzigen und unendlichen Geist, nämlich Gott an. Der Geist ist eine „feine Substanz“ und zugleich stellt er die „Göttliche Räumlichkeit“ bzw. „Göttliche Fülle“ (im Sinne vom räumlichen Erfülltsein), die *Divine amplitude*, dar“²²⁵.

Um zwischen Materien und Ausdehnung zu differenzieren, greift More als Qualitätsmerkmal die Festigkeit bzw. Undurchdringlichkeit auf. Diese Undurchdringlichkeit und die damit evozierte Berührbarkeit stellt für More die erste Eigenschaft der Materie dar.

Mit der Berührbarkeit als „Charakteristikum der Stofflichkeit“²²⁶, die sich von der Ausdehnung der Materie wesensmäßig unterscheidet, erkennt More einen wesentlichen Punkt bei der Sinneserfahrung der Materie. Es

²²⁰ Vgl. Kap. 3.3 *Mensch und Bewegung*

²²¹ Vgl. Descartes, R. (1965 = 1922), II, 36

²²² More, H. (1966 = 1674), I, cap. 28, 3 in Gosztonyi, A. (1976), S. 266-267

²²³ More, H. (1966 = 1674), I, cap. 28, 3 in Gosztonyi, A. (1976), S. 266-267

²²⁴ Vgl. More, H. (1966 = 1674), I, cap. 28, 3 in Gosztonyi, A. (1976), S. 266-267

²²⁵ Gosztonyi, A. (1976), S. 267

²²⁶ Gosztonyi, A. (1976), S.268

sind die ersten Auseinandersetzungen Mores mit der menschlichen Erfahrung durch das Tasten. Was den Raum angeht, ist More der Meinung, dass es sich hierbei um eine unkörperliche und unmaterielle Substanz handelt, die den körperlichen Eigenschaften widerspricht – nämlich Beweglichkeit und Undurchdringlichkeit. Diese Immaterialität des Raumes rührt von unkörperlichen Kräften her, die die „Möglichkeit der unmateriellen Fernwirkung“²²⁷ in sich bergen und einer göttlichen „virtuellen Kraftpotenz“ gleichkommen.

More weist dem Raum eine eigenständige Realität zu, die unabhängig von materieller Ausdehnung ist. Vielmehr führt er die Eigenschaften des Raumes auf die „Göttliche Raumbülle“ zurück, die er sich als „feine Substanz“ vorstellt. Diese Substanz ist kraft ihrer Göttlichkeit unabhängig und eigenständig von der Materie. Da diese Wesensmerkmale aber nur absolut vollkommenen Wesen zukommen, muss Raum und Gott identisch sein: „Da Gottes Wesen seine Existenz notwendig einschließt (ontologischer Gottesbeweis), gilt dasselbe auch vom Raum“²²⁸.

Somit gelten die Attribute Gottes auch für den Raum: More sieht den Raum als unendlich, ausgedehnt, beweglich, erfassbar, existent, einfach, einzigartig, ewig, vollkommenen, allgegenwärtig, unkörperlich und alles durchwaltend und umfassend²²⁹.

Aus diesen räumlichen Eigenschaften heraus entwickelte More als erster das Problem der vierten Dimension des Raumes²³⁰. Dabei handelt es sich um die Materialisation des Raumes durch Substanz-Verdichtung (spissitudo essentialis), die die qualitative Durchdringung der Körper bezeichnet, die in der modernen Physik später der Zeit zugeordnet werden²³¹.

Durch die Trennung der Materialität vom Anschauungsraum weist More auf das Ungenügen der cartesianischen Raumbestimmung hin, die sich allein auf die Ausdehnung aufbaut. Er trennt die Materialität vom Anschauungsraum und unterstreicht somit die sinnliche Wahrnehmbarkeit des Raumes. Dieser Aspekt setzt den „imaginären Raum“ voraus, der eine „transsubjektive“ Realität besitzt²³².

Wie Gosztonyi schreibt, „verschiebt More die erkenntnistheoretische Begründung der Raumrealität auf die ontologische Ebene: Die Realität des unmateriellen imaginären Raumes ist die notwendige Voraussetzung für jede Raumauffassung und räumliche Wahrnehmung, ja für die Existenz des Anschauungsraumes schlechthin. Der imaginäre Raum wird damit zu einer absoluten Größe (...)“²³³.

Erstaunlicherweise gelingt es gerade einer metaphysischen Theorie, einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung des Raumproblems beizutragen und erste Ansätze zu Feldspannungen und den im Raum existierenden Kräften zu leisten.

²²⁷Gosztonyi, A. (1976), S.271

²²⁸More, H. (1925), Appendix 338 in G Gosztonyi, A. (1976), S. 269

²²⁹Vgl. More, H. (1925), Appendix 338 in G Gosztonyi, A. (1976), S. 269

²³⁰More, H. (1925), Appendix 338 in G Gosztonyi, A. (1976), S.270

²³¹More, H. (1966 = 1674), I, cap. 28, 7 in Gosztonyi S. 270

²³²Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 271

²³³Gosztonyi, A. (1976), S. 271

Auf Grund der Wechselwirkung von Geist und Leib durch das „gelegentliche“ Eingreifen von Gott kommt es schließlich durch die Okkasionalisten zu einem weiteren radikalen theoretischen Ansatz, der einen wesentlichen Einfluss auf die Raumtheorien des 17. und 18. Jahrhundert ausüben sollte.

Herausragend, was die sinnliche Wahrnehmung angeht, sind die Ansätze Nicolas Malebranches (1638-1715), der in seinem Werk *De la Recherche de la vérité*²³⁴ versucht das Problem des Raumes zu lösen.

Ausgangspunkt seiner Überlegungen ist die Gewissheit, dass Gott die Essenz aller Ideen, sowohl auf geistiger als auch materieller Ebene ist: „Der Mensch schaut alle Dinge in Gott“²³⁵. Besonders auf dem Gebiet des visuellen Wahrnehmungsfeldes lässt sich diese Tatsache erläutern. Der Unterschied zwischen hell und dunkel und die Intensität von Farben sind für Malebranche die Basis *direkter Wahrnehmung*. Diese ist auf räumliche Unterschiede zurückzuführen.

Wie Gosztanyi hierzu schreibt, hat dies zur Folge, dass man die Relationen der „idealen Ausdehnung“ letztlich auf die Geometrie zurückführen muss²³⁶. Malebranche ist der Überzeugung, dass Sinnesdaten, die uns erreichen, nur Relationen ausdrücken, nicht aber das Bild eines wirklichen Gegenstandes darstellen. Um diese Relationen zu entschlüsseln, bedarf es einer genauen Wissenschaft, zu denen Malebranche vor allem die Arithmetik, die Algebra und die Geometrie zählt.

Für Malebranche steht fest, dass sich die Umwelt nur mit Hilfe der Wahrnehmung, infolge von gegenseitigen Beziehungen der Raumteile und Dinge, erfahren lässt, nicht aber die Räumlichkeit, denn diese werde durch die transsubjektive Idee der Ausdehnung und des Unendlichen, d. h. des Raumes erkannt²³⁷.

In seiner Raumwahrnehmungslehre weist Malebranche darauf hin, dass es zwei verschiedene Arten der Ausdehnung gibt, auf die sich seine Lehre stützt: die geschaffene Ausdehnung (*étendue créée*) und die intelligible (*étendue intelligible*). Da nur Raumrelationen erkennbar sind und diese auch nur, insofern sie geometrisch fassbar sind, kann die geschaffene Ausdehnung in keine Beziehung zum erkennenden Subjekt treten.

Beide Arten sind sinnlich nicht wahrnehmbar. Falls man einen Gegenstand seiner Farben beraubt, schwinden auch seine Konturen und seine Form: Dies ist der Grund, warum die intelligible Ausdehnung bzw. die geometrischen Formen zu Formenkenntnis und damit zu räumlichen Wahrnehmung nötig sind²³⁸. Denn die intelligible Ausdehnung ist überaus gut bekannt (*nous connaissons fort clairement l'étendue intelligible, et si clairement que c'est en elle et par elle que les géomètres découvrent toutes leurs démonstrations*)²³⁹. „Die Ausdehnung ist eine Art von Sein (un genre d'être, l'être étendue, *Entretiens*, 247)²⁴⁰, sie ist Substanz²⁴¹.

²³⁴ Malebranche, N. (1964), Bde. I-III

²³⁵ Malebranche, N. (1964), Bde III, 165

²³⁶ Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S. 277

²³⁷ Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S. 278

²³⁸ Cousin, V. (1845), 307 (Malebranches Brief an Mairan vom 12. Juni 1714) in Gosztanyi, A. (1976), S. 277

²³⁹ Malebranche, N. (1922), *Œuvres*, Bde. XII u. XIII, 186, in Gosztanyi, A. (1976), S. 277

²⁴⁰ Malebranche, N. (1922), *Œuvres*, Bde. XII u. XIII, 186, in Gosztanyi, A. (1976), S. 277

Das Wesen der Ausdehnung lässt sich nur in der intelligiblen Ausdehnung bestimmen - unendlich, homogen und unbeweglich. Daraus schließt Malebranche, dass es sich bei der Bewegung um den Ablauf der Schöpfungen immer neuer Raumteile intelligibler Ausdehnung handeln muss, die von Gott aneinander gesetzt werden.

„Für die exakte Raumerfassung ist die Optik die Disziplin, die den genauen Anteil der Sinnesdaten und der gedanklichen Schlussfolgerungen und Deutungen bei der visuellen Wahrnehmung ausgedehnte Gegenstände aufzuweisen imstande ist. Die Begriffe Lage und Entfernung müssen schon vorhanden sein bzw. erfasst sein, bevor die räumliche Ausdehnung der Gegenstände erkannt werden kann“²⁴².

2.12 Der Raumbegriff in der englischen Philosophie

Die vielleicht aufschlussreichste Quelle sensueller Raumüberlegungen stellen die Raumtheorien der englischen Philosophie dar.

Hier lassen sich bedeutende Neuerungen auf dem Gebiet der Wahrnehmungspsychologie erkennen. Das gilt auch in Bezug auf eine sensuelle Auseinandersetzung mit dem Raum.

Der Abstraktionsprozess des Räumlichen erreicht neue Dimensionen. Bewegung wird zur Erklärung für sinnlich wahrnehmbare Veränderung herangezogen und man versucht Phänomene, die sich der sinnlichen Wahrnehmung entziehen, auf Grund der Existenz einer virtuellen Bewegung zu verstehen.

Im Speziellen ist der Empirismus – vertreten durch Francis Bacon (1561–1626), Thomas Hobbes (1588–1679) und John Locke (1632–1704) – und der Sensualismus – vor allem geprägt durch George Berkeley (1685–1753) und später durch David Hume (1711–1776) – für die Analyse räumlicher Wahrnehmung von entscheidender Bedeutung.

Vor allem unter erkenntnistheoretischen Gesichtspunkten und in Bezug auf seine Formenlehre ist Francis Bacon für diese Arbeit wichtig.

Bacon geht davon aus, dass es einen Unterschied zwischen bewusster Empfindung und unbewusst aufgenommener Perzeption gibt²⁴³. Nach Bacon vermitteln die Sinne nur relative Erkenntnisse, wohingegen sie, wie später anhand seiner Formenlehre gezeigt wird, keine Erkenntnisdaten über das wahre Wesen des Universums liefern. Vielmehr ist Francis Bacon der Meinung, dass die unterschweligen Sinnesdaten als konstitutive Momente der Raumwahrnehmung eine Rolle spielen.

In seiner Formenlehre verliert die Form ihre Gestalthaftigkeit und Räumlichkeit und wird zu einem natürlichen Prinzip. So versteht Bacon z.B. die Wärme als Form, die sich der Sinneswahrnehmung entzieht. Als Erklärung für solche physikalischen Erscheinungen, die durch die menschliche Sinneswahrnehmung nicht zu ersehen sind, beruft sich

²⁴¹ Cousin, V. (1845), 307 (Malebraches Brief an Mairan vom 12. Juni 1714) in Gosztanyi, A. (1976), S. 277

²⁴² Cousin, V. (1845), 313 (Malebraches Brief an Mairan vom 12. Juni 1714) in Gosztanyi, A. (1976), S. 278

²⁴³ Vgl. Bacon, F. (1779-1780) in Gosztanyi, A. (1976), S. 289

Bacon auf die Korpuskulartheorie, nämlich die Veränderungen kleinster Teile, die schon Mores Lehren zu Grunde lagen. So wie Henry More geht auch Bacon von einem Spiritus aus, der sich als Raum ausfüllende Materie manifestiert.

„Der Spiritus ist weder Fähigkeit (virtus) noch Energie oder Entelechie, sondern ein dünner, unsichtbarer Körper, der einen bestimmten Ort, ferner Ausdehnung und Realität besitzt²⁴⁴. Wie Gosztonyi schreibt, handelt es sich dabei um gasartige Ausströmungen, innerhalb derer sich tangible Korpuskeln befinden, die in ihrer Kombination das Gewebe der Materie darstellen²⁴⁵.

Raum bildend ist jedoch nicht die Materie, sondern die in ihr inwohnenden Prinzipien. Diese ermöglichen verschiedengradige Raumintensität durch dichte bzw. dünne Verteilung der Materie an den einzelnen Raumstellen: ein Ansatz, der bei der Ausbildung räumlicher Schnittstellen ins Gewicht fallen wird²⁴⁶.

Die Raumlehre Thomas Hobbes´ beruht auf zwei Voraussetzungen: die genetische Definition der Begriffe und seinem Phänomenalismus. Hobbes ist der Meinung, dass die Bedingung für die Existenz konkreter Gegenstände bei der Bewegung zu suchen ist²⁴⁷. Auch zählt für Hobbes die Bewegung als einziges Erklärungsmittel für die sinnlich wahrnehmbare Veränderung und bietet gewissermaßen die Grundlage der Substantialität des Körpers und garantiert die Existenz außerhalb der Imaginatio. Für dieses Prinzip schafft Hobbes den Begriff des Conatus, womit er den Bewegungsantrieb in einem minimalen Raum- und Zeitanteil beschreibt. Es beschreibt eine virtuelle Bewegung oder die Tendenz zur Bewegung, wie Licht, Schall und Druck, die sinnlich nicht wahrnehmbar sind. Bewegung im Allgemeinen manifestiert sich nicht als objektgebundene Eigenschaft eines Dinges, sondern beruht vielmehr auf einer mathematischen Beziehung, die die Konstruierbarkeit in sich schließt. Hobbes ist davon überzeugt, dass sich die Erkenntnis der mechanisch bewegten Körperwelt auf die einzige genaue Wissenschaft – die Geometrie – zurückführen lässt und jeder Inhalt von Sinneswahrnehmung nur dann wissenschaftlichen Wert besitzt, wenn er sich im Raum als Bewegung objektivieren lässt. „Sinneswahrnehmungen hingegen haben keinen wissenschaftlichen Erkenntniswert“²⁴⁸, da der Geist nur mit der Vorstellungswelt zu tun hat, in der die Dinge nur durch ihre Erscheinung repräsentiert werden. Diese Erscheinungen sind nach Hobbes jedoch nur „Bilder äußerer Dinge, die zwar nicht reell existieren, sondern nur zu existieren, d.h. ein Sein außerhalb unser zu haben, scheinen“²⁴⁹. Dies führt zu der Verknüpfung von Größe und Körper, von Qualität und Bewegung, von Zeit und Geschwindigkeit zu reinen Denkinhalten²⁵⁰. In der Raumtheorie Hobbes´ ist der Raum von rein imaginärer Natur, ähnlich einem Phantasma mit idealer Realität und entspricht also nur der

²⁴⁴ Bacon, F. (1870), II, 40 in Gosztonyi, A. (1976), S. 290

²⁴⁵ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 291

²⁴⁶ Vgl. Kap. 4.6 Kontext-sensitive Systeme im Raum

²⁴⁷ Vgl. auch Bewegung im Kalam

²⁴⁸ Hobbes, T. (1997 = 1839-1845), I, 5 in Gosztonyi, A. (1976), S. 293

²⁴⁹ Hobbes, T. (1967), Bd.1, II, 7, 1 in Gosztonyi, A. (1976), S.293

²⁵⁰ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 293

Vorstellung. Er definiert ihn wie folgt: „Raum ist das Phantasma eines existierenden Dinges außer uns, sofern es schlechthin existiert, wobei wir kein anderes Akzidens betrachten als nur dies, dass es außerhalb des vorstellenden Geistes existiert“ (spatium est phantasma rei existentis, qantenus existentis, id est nullo alio ejus rei accidente considerato praeterquam quod apparet extra imaginantem)²⁵¹.

Was die Beziehung zwischen Raum und Körper angeht, so nimmt Hobbes an, dass räumliche Vorstellungen objektiven Ursachen zu Grunde liegen.

„Es existiert etwas von der Vorstellung Unabhängiges, das mit einem Teil des vorgestellten Raumes zusammenfällt. Das ist der Körper“²⁵².

Vom Körper und der kinetischen Wirkung des ihm innewohnenden Conatus ist auch die Raumwahrnehmung abhängig, wobei zur Wahrnehmung kleinster Raumteile beim Tasten nicht nur die Berührung gehört, sondern auch das Gedächtnis von Nöten ist²⁵³.

Als Begründer der psychologisch ausgerichteten Wahrnehmung und der Erkenntnistheorie zählt John Locke (1632–1704). Seine Erkenntnislehre stellt das Bindeglied zwischen den Empiristen und den Sensualisten dar. Für Locke ist die Seele anfänglich ein weißes Papier, wohingegen Fähigkeiten angeboren werden. Er geht davon aus, dass Ideen (Vorstellungen von Phantasiebildern und Begriffen) durch äußere Erfahrung und innere Reflexion entstehen. Aus diesem Grund nimmt der Wahrnehmungsvorgang eine Sonderstellung für die Erkenntnis ein, weil in ihm Fähigkeiten aktualisiert werden²⁵⁴.

In seiner Analyse der räumlichen Wahrnehmung, die in enger Beziehung zu seiner Erkenntnistheorie steht, unterscheidet Locke zwischen einfachen und zusammengesetzten Vorstellungen. Vorstellungen entstehen durch Sinnesarbeit bzw. Reflektion. Dabei können einer oder mehrere Sinne angesprochen werden.

„Raumvorstellung ist eine einfache Vorstellung, die durch den Gesichts- und Tastsinn hervorgerufen wird, ähnlich wie auch die Vorstellung von Gestalt, Ruhe und Bewegung“²⁵⁵.

Auf diesem Weg beginnt eine neuartige Verlagerung der sinnlichen Wahrnehmung von Räumen hin zu einer materiellen Kognition durch den direkten Sinn des Tastens.

Interessanterweise handelt es sich dabei - was die sensuelle Untersuchung von Raum betrifft - um einen Bahn brechenden „Rückschritt“ hinsichtlich einer immer stärker werdenden Abstraktion des Raumbegriffes.

Durch das Tasten wird die Materialität von Körpern in seiner Undurchdringlichkeit vermittelt. Der Tastsinn bestätigt auf diese Weise die materielle Realität dieser Körper. Auch Ausdehnung lässt sich durch das Tasten wahrnehmen. Nicht anders nehmen Blinde ihre Umgebung wahr. Durch die Behinderungen des dominanten Sehsinnes, kommt es vielmehr zu einer Neuorientierung bzw. Neupriorisierung der eingesetzten Sinnesleistungen.

²⁵¹ Hobbes, T. (1967), Bd.1 II, 7, 2

²⁵² Gosztonyi, A. (1976), S. 294/295

²⁵³ Vgl. Hobbes, T. (1967), Bd.1 IV, 29, 18

²⁵⁴ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 299

²⁵⁵ Locke, J. (1894), Essay II, 13, 10 u. 27 in Gosztonyi, A. (1976), S.300

Die durch das Tasten wahrgenommene Materie bietet auf diese Weise ein Bezugssystem, mit dessen Hilfe Vergleiche und Messungen vorgenommen werden können²⁵⁶. Man erhält durch die Lage der wahrgenommenen Objekte im Raum eine räumliche Beziehung zwischen ihnen. Aus diesem Zusammenhang leuchtet es ein, dass die räumliche Wahrnehmung eigentlich Raumrelationen vermittelt und zwar in der dimensionalen Ausdehnung und der räumlichen Wechselbeziehungen der Körper.

Die räumliche Wahrnehmung richtet sich also in erster Linie auf die Erfassung der Körper, und zwar nicht nach ihrer Gestalt, Lage und Distanz voneinander²⁵⁷. Man kann jedoch sagen, dass bei der materiellen Wahrnehmung von Objekten im Raum durch das Tasten die Räumlichkeit als Sekundärerfahrung quasi mitvermittelt wird. Auf der anderen Seite wird durch die visuelle Wahrnehmung die Wahrnehmung der (relativen) Dichte und des Widerstandes (Materialität) vermittelt.

In wieweit eine Korrelation von Tast- und Sehleistung besteht und wie groß dabei die Leistung des Gedächtnisses ist, bleibt in dieser Zeit letztlich verborgen. Erst in der modernen Sinnespsychologie schafft man es, die Verbindungen von Seh- und Tastsinn mit der räumlichen Wahrnehmung im Raum aufzuklären.

Anfangs ist Locke der Meinung, dass die eigenständige Realität des Raumes nur eine Ausnahme sei, die auf einer psychologischen Selbsttäuschung beruht. So wie Hobbes sieht er diesen als imaginär an. Der Raum bzw. die Ausdehnung ist nur theoretisch von dem Körper zu trennen²⁵⁸.

Die Möglichkeit, den realen Raum zu denken, beweist seine reale Existenz nicht. Losgelöst vom Körper und von der Materie besitzen der Raum und die Ausdehnung kein reales Sein. Der Begriff des reinen Raumes ist bloß die Hypostasierung einer Eigenschaft, die nur an den Körpern zu beobachten ist²⁵⁹. Somit kann man sagen, dass zum damaligen Zeitpunkt der Raum für Locke eine Eigenschaft des Körpers ist, die aber nicht vom Körper und von der Materie zu trennen ist. Die gleichförmige Vorstellung des Raumes²⁶⁰ ist nach Locke aus psychologischer Sicht nur im Geist in sich selbst (und) ohne fremde Hilfe, ohne Sinnesempfindungen und ohne fremde Einflüsterung²⁶¹ zu erzeugen.

Wie Gosztonyi erkennt, trägt diese Tatsache - wie schon die Annahme von angeborenen Fähigkeiten - auch fruchtbare Möglichkeiten für die Raumlehre in sich. Was es nur noch zu finden gilt, ist ein Medium, mit dessen Hilfe die Raumerzeugung stattfinden kann²⁶² - für diese Arbeit ein möglicher Ansatz zur Ergründung sensueller Qualitäten im Raum. Gosztonyi schreibt weiter, dass Descartes und Hobbes diesbezüglich eine Möglichkeit eröffnen, indem sie auf die genetische Definition verweisen, die auch die räumliche Konstruktion in sich schließt. Außerdem besteht

²⁵⁶ Vgl. Locke, J. (1894), Essay II, 17, 7-9

²⁵⁷ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 301

²⁵⁸ Vgl. Locke, J. (1864), S.66

²⁵⁹ Vgl. Locke, J. (1864), S.341 in Gosztonyi, A. (1976), S. 304

²⁶⁰ Locke, J. (1894), II, 1, 24

²⁶¹ Locke, J. (1894), Essay II, 13, 1

²⁶² Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 304

nach Gosztanyi eine weitere Möglichkeit, nämlich die der Existenz virtueller Formen im Bewusstsein, die bei der Raumerfahrung bzw. der räumlichen Wahrnehmung zur Geltung kommen. Beide Deutungen setzen jedoch voraus, dass im Bewusstsein eine Potenz vorhanden sein muss, die zu Wahrnehmung von Räumlichkeit bewusstseinsmäßig ausgefaltet werden kann²⁶³.

Schlüssig erscheint dann auch die Annahme Lockes, dass es sich beim Raum um etwas Unendliches handeln muss, denn es handelt sich um einen Bewusstseinsprozess, der auf theoretischem Wege beliebig fortgesetzt werden könnte. Unendlich bedeutet nämlich die Möglichkeit, etwas Noch-Größeres sich vorzustellen, einen virtuell endlosen Prozess also, der konkret zu keiner letzten Vorstellung führt²⁶⁴.

Der Raum (space, expansion) unterscheidet sich vom Körper in folgenden Merkmalen: Er ist im Gegensatz zum Körper ohne Dichte (solidity), ohne Widerstand gegen bewegte Körper (resistance), kontinuierlich, während der Körper teilbar und seine Teile isolierbar sind; er ist schließlich unbeweglich (immovable) (...) ²⁶⁵. Der Raum selbst ist nicht wahrnehmbar, nur seine Teile, oder genauer: nur die Raumordnung, der Abstand²⁶⁶. Er ist in seiner Kontinuität nur gedanklich zu erschließen, doch damit dies möglich ist, muss er als einfache Idee bereits vorliegen. Indem man also den reinen Raum denkt, aktualisiert man eine Fähigkeit, die in der angeborenen Idee des Raumes vorliegt²⁶⁷. Durch die Trennung des reinen Raumes vom materiellen schafft Locke eine ontologische Basis für den abstrakten Raum.

Wenn auch Locke nicht erkannt zu haben scheint, dass der abstrakten Raum eine fundamentale Bedingungen für jede Art von Raum, so auch für den physikalischen, ist, sah er doch richtig, dass der Raum, den er voraussetzt, nur dem Denken, nicht aber der Wahrnehmung oder der anschaulichen Vorstellung zugänglich ist²⁶⁸.

Der vielleicht wichtigste Vertreter des Sensualismus ist George Berkeley (1685-1753). Seine Lehre baut auf die von Locke, vom Zusammenwirken zweier Sinne bei der räumlichen Wahrnehmung, auf. Doch arbeitete Berkeley diese zu einer differenzierten Analyse aus, was auf das Gebiet der Sinnespsychologie gravierenden Einfluss hatte.

Berkeley geht davon aus, dass die räumliche Wahrnehmung nur mit Hilfe psychologischer Hypothesen erklärt werden kann. Eine physikalische, psychologische oder anatomische Betrachtung kann das Phänomen nicht befriedigend erläutern. So wie Locke geht Berkeley davon aus, dass zwei Sinnesfunktionen - nämlich der Gesichts- und der Tastsinn - räumliche Wahrnehmung ermöglichen. Locke irrt sich jedoch darin, dass er nicht nur die Ausdehnung (extension), sondern auch die Entfernung (distance) als (visuell) wahrnehmbar betrachtet²⁶⁹. Gosztanyi vermutet an dieser Stelle

²⁶³ Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S. 304

²⁶⁴ Locke, J. (1894), Essay II, 17, 15 in Gosztanyi, S.3 04

²⁶⁵ Locke, J. (1894), Essay II, 13, 11-14 in Gosztanyi, S. 306

²⁶⁶ Vgl. Locke, J. (1894), Essay II, 13, 10

²⁶⁷ Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S. 306

²⁶⁸ Gosztanyi, A. (1976), S.308

²⁶⁹ Berkeley, G. (1912), S.2 und S.11 über Locke S.130 in Gosztanyi, A. (1976), S. 312

die Wahrnehmung zweier hintereinander liegender Punkte (nicht die zweier neben einander liegender), da ja Ausdehnung wahrnehmbar ist²⁷⁰. Wie Berkeley versichert, vermittelt der Gesichtssinn nämlich nur Farben, die unmittelbar (immediately) wahrgenommen werden²⁷¹. Da sie stets als ausgedehnt erscheinen und also einen Raummodus mitliefern, stellt sich für Gosztonyi die Frage, woher sie den Charakter des Räumlichen haben²⁷². Es findet sich bei Berkeley bereits eine Antwort darauf: Räumliches vermittelt nur der Tastsinn, Gesichtswahrnehmungen müssen also mit den Tastempfindungen irgendwie in Zusammenhang stehen²⁷³. Dies war der Ausgangspunkt Berkeleys, die Leistungen des Tastsinns genauer zu analysieren. Berkeley sieht die Funktionen des Tastsinns zum Ersten in der Vermittlung der Dinglichkeit; des Weiteren in der Vermittlung wahrer Größen und der wahren Lagebeziehung der Gegenstände. Eine besondere Rolle kommt hierbei der Tastbewegung zu, die vor allem bei der Wahrnehmung einer Strecke durch das Betasten der Distanz, zwischen Anfang- und Endpunkt, vollzogen wird. Diesbezüglich spricht er von kinästhetischen und sensuellen Momenten, die als verantwortlich für die räumliche Wahrnehmung gelten²⁷⁴. Es gibt jedoch einen Unterschied zwischen sichtbaren Dingen und den Tastdingen. Während tastbare Gegenstände eine bewusstseinstranszendente Realität haben, haben sichtbare Gegenstände keinen Anteil am äußeren Raum²⁷⁵. An anderer Stelle stellt Berkeley den Tastsinn dem Gesichtssinn bezüglich seiner Existenzweise (der durch sie ermittelten Dinge) gleich - auch Tastdinge existieren nur im Geist²⁷⁶. Berkeley stellt fest, dass Entfernungen auch durch den Gesichtssinn wahrgenommen werden. Er erkennt, dass bei seinen Untersuchungen Spannungsempfindungen bei der Scharfstellung der Augen auftreten. Auch wenn Berkeley dieser Tatsache keine große Aufmerksamkeit schenkt, ist es wichtig, dass hier erstmalig die Konvergenz beim binokularen Sehen und die Akkomodation als mögliche Ursache des Tiefsehens in Betracht gezogen werden kann²⁷⁷. Was die räumliche Wahrnehmung angeht, so unterscheidet Berkeley zwei verschiedene Arten von Sehdingen: die unmittelbar wahrgenommenen und die mittelbar wahrgenommenen. Erstere sind nur im Bewusstsein vorhanden, während der Gesichtssinn nur suggeriert, jedoch zum Wahrnehmungsbereich des Tastsinns gehört und reell existiert²⁷⁸. In diesem Zuge stellt sich Berkeley die Frage, wie diese Suggestion durch den Gesichtssinn möglich ist - sind doch die Gegenstände des Sehens und des Tastens voneinander gänzlich verschieden²⁷⁹. Er kommt zu dem Schluss, dass die räumliche Wahrnehmung eine assoziative Kopplung

²⁷⁰ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 312

²⁷¹ Vgl. Berkeley, G. (1912), S.130 in Gosztonyi, A. (1976), S. 312

²⁷² Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 312

²⁷³ Vgl. Berkeley, G. (1912), S.111

²⁷⁴ Vgl. Berkeley, G. (1912), S.111

²⁷⁵ Berkeley, G. (1912), S.111

²⁷⁶ Vgl. Berkeley, G. (2004), Abschnitt 44

²⁷⁷ Vgl. Berkeley, G. (1912), S.16 und S.27 in Gosztonyi, A. (1976), S.313 und Gibson, J.J. (1973).

²⁷⁸ Vgl. Berkeley, G. (1912), S.50 in Gosztonyi, A. (1976), S.313

²⁷⁹ Vgl. Berkeley, G. (1912), S.49 in Gosztonyi, A. (1976), S.313

aus Tastempfindungen (kinästhetischen und haptischen) und Gesichtsempfindungen sein muss, die auf Erfahrungen basiert. Denn Entfernung und Größe der Dinge können nicht unmittelbar empfunden werden. Die Entfernung stellt keinen Reiz dar. (distance is in own nature imperceptible²⁸⁰). Sie muss vielmehr aus Empfindungen ermittelt werden und dies ist keine Sinnesleistung, sondern ein Bewusstseinsakt, der auf Erfahrungen beruht (rather an act of judgement grounded on experience than of sense²⁸¹)²⁸².

Auf der anderen Seite gelangt man zu der wahren Entfernung und wahren Größe über Bewegungsabläufe, die an das Tasten gekoppelt sind. Einer visuellen Wahrnehmung wird so unterstützend eine haptische zu Grunde gelegt. Um diese Behauptungen zu veranschaulichen, greift Berkeley ein Gedankenexperiment auf, welches den Leser dazu auffordert, sich in die Lage eines Menschen hineinzudenken, der blind geboren wurde und als Erwachsener plötzlich das Augenlicht wiedererlangt²⁸³. In diesem Beispiel weist er auf die Tatsache hin, dass Blinde einen ausgeprägten Sinn für Räumlichkeit entwickeln²⁸⁴ und zeigt auf, dass es bei der haptischen und visuellen Sinnesempfindung eines Gegenstandes zu Grund auf verschiedenen Empfindungen kommen kann.

Somit könnte, um beim Beispiel zu bleiben, ein sehend gewordener Blinder einen Gegenstand, den er zuvor durch seinen Tastsinn wahrgenommen hat, allein durch die visuelle Wahrnehmung noch nicht identifizieren - es muss vielmehr ein Prozess des Erlernens folgen.

Die Begründung hierfür liefert Berkeley, indem er sagt, dass die Empfindung von Farbe und Licht mit der Empfindung von Druck und Widerstand keine inneren Beziehungen zueinander aufbauen²⁸⁵. Folglich sind diese Beziehungen kein Ergebnis rationaler Überlegungen, sondern vielmehr erschlossen durch Suggestion. Die Körperlichkeit und damit die Räumlichkeit der Dinge werden nicht durch Sinneseindrücke vermittelt, da Distanz und Gestalt durch Formung und Verknüpfung durch die Seele erschaffen werden, nur geschieht dies nicht durch eine selbstbewusste und selbsttätige Leistungen des Verstandes²⁸⁶.

Man kann deshalb festhalten, dass räumliche Wahrnehmung ein zusammengesetzter Prozess aus einzelnen Empfindungen, kombiniert mit gespeicherten Erinnerungsdaten sein muss. In diesem Prozess werden assoziative Empfindungen stets durch aktuelle ersetzt und in räumliche Wahrnehmung übersetzt.

Dabei ist jedoch wichtig, dass assoziative Empfindungen - also keine aktuellen - eine Wiederholung benötigen. (Gosztonyi spricht hier vom Prozess des Einschleifens einzelner Empfindungsdaten).

Durch den Tastsinn wird Raum vermittelt, jedoch nicht erzeugt. Dieser Raum, bzw. die Existenz von den Sinnen unabhängiger Dinge, ist allein durch die räumliche Wahrnehmung noch nicht gegeben, denn sie muss erst durch das Tasten und durch einen Aktualisierungsprozess, der durch

²⁸⁰ Berkeley, G. (1912), S.11

²⁸¹ Berkeley, G. (1912), S.3

²⁸² Gosztonyi, A. (1976), S.313

²⁸³ Vgl. Berkeley, G. (1912), S.290, im Anhang und in Theory of Vision, S.71 beruft er sich auf vorkommende Fälle

²⁸⁴ Vgl. Berkeley, G. (1912), S. 93-99

²⁸⁵ Vgl. Berkeley, G. (1912), S.130 u. S. 158

²⁸⁶ Berkeley, G. (1912), S.11 u. S. 158 in Gosztonyi, A. (1976), S. 314, 315

Bewegung vollzogen werden muss, ermittelt werden. Mit dieser Erkenntnis erschüttert Berkeley die Lehre der primären und sekundären Sinnesqualitäten von Locke und stellt die Empfindung, die durch das Tasten vermittelt wird, unmittelbar mit den tastbaren Objekten gleich und bezeugt dadurch die außergeistliche Existenz der Dinge. Wie Gosztonyi schreibt, hebt er später in seinen Prinzipien²⁸⁷ jede Beziehungen der Sinnesempfindungen zur materiellen Außenwelt auf.

In der Zeit des radikalen Sensualismus fließt eine metaphysische Strömung in die Erkenntnistheorie und Raumlehren mit ein. Es kommt zur Reduktion des Seins auf das Wahrgenommenwerden (esse = percipi), im Sinne von Perzipiert-Werden-Können²⁸⁸. Dabei werden auch Bedingungen außer Acht gelassen, die sich gewissermaßen außersinnlich begründen lassen und eine räumliche Wahrnehmung erst ermöglichen²⁸⁹. Interessanterweise lässt sich an dieser Stelle anmerken, dass der Prozess des Begreifens der dritten Dimension über den Tastsinn, wie ihn Berkeley verstand, auch noch heute in der Wahrnehmungspsychologie eine wichtige Rolle spielt.

Man kann sagen, der Tastsinn lehrt den Gesichtssinn.

Dabei muss man darauf hinweisen, dass es in den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts zur Widerlegung der Berkeleyschen Theorie von der enormen Dominanz der haptischen Komponente bei räumlicher Wahrnehmung kam.

Die Wissenschaftler Rock und Harris wiesen anhand eines Experimentes nach, dass visuelle Komponenten länger im Bewusstsein bleiben. Man hatte Probanden ein verzerrtes Objekt gezeigt, das gleichzeitig haptisch wahrzunehmen war. Nach einer Befragung blieb das visuell verzerrte Bild länger im Bewusstsein.

In der Praxis lässt sich dieser Ansatz beispielsweise anhand der Untersuchungen Professor Ingo Rentschlers von der medizinischen Fakultät München verfolgen²⁹⁰. Seine Untersuchungen ergeben, dass der Lernprozess von dreidimensionalen Gegenständen durch haptisches Handeln - den direkten Kontakt mit den Händen - entscheidend verbessert werden kann. Es ist ein klarer Lernerfolg bei der Wiedererkennung dreidimensionaler Gegenstände zu erkennen, wenn man Ergebnisse aus haptisch unterstützter visueller Wahrnehmung der Wahrnehmung, die sich nur auf den Sehsinn stützt, gegenüber stellt.

In die Raumsprache übersetzt könnte man von einer Immobilisierung räumlicher Strukturen durch die Haptik sprechen.

In der Raumlehre David Humes (1711-1776) kommt es durch die kritische Einbeziehung von Geometrie und Mathematik zu einer wichtigen Erweiterung der Ideen Berkeleys. Hume geht davon aus, dass die Geometrie die unendliche Teilbarkeit der Ausdehnung voraussetzt. Es liegen jedoch sinnliche Schranken vor, jenseits derer die menschliche Wahrnehmung keine Größenunterschiede mehr auszumachen vermag. In

²⁸⁷ Berkeley, G. (1912)

²⁸⁸ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S.316

²⁸⁹ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S.319

²⁹⁰ Vgl. Fakultät für Psychologie und Pädagogik LMU München, (1999)

Kapitel 3.4.2 *Orientierung im Raum* wird in diesem Zusammenhang auch von einer kognitiven Begrenztheit²⁹¹ gesprochen, der der Mensch unterliegt. Deshalb steht für Hume auch fest, dass diese Wahrnehmung auch die einzig sichere Aussage über die Gegenstände ermöglicht. Der Versuch einer weiteren Teilung käme der Vernichtung des Inhalts gleich²⁹². Dies ist für Hume der Ansatz für die Kritik an der Geometrie als die alles bestimmende Wissenschaft für die Raumvorstellung. Denn diese Wissenschaft sieht er in offenkundigem Widerspruch zum Objekt selbst und verweist auf das Prinzip der unendliche Teilbarkeit. Er ist der Meinung, dass der letzte Maßstab für die geometrischen Gebilde aus den Sinnen und der Imagination stammen muss²⁹³.

Hume ist bestrebt, die Raumvorstellung rein sensualistisch zu begründen. So wie Berkeley geht auch Hume davon aus, dass sich die Raumvorstellung aus dem Zusammenwirken optischer und haptischer Empfindungen entwickelt und auf der Grundlage der Farbe und Festigkeit basiert (tangibility).

Die Ausdehnung lässt sich nämlich in die Summe farbiger oder tastbarer Punkte aufzeigen. Sie bildet jedoch keinen besonderen Inhalt der Vorstellung, der von den Empfindungen verschieden wäre (wie bei Berkeley). Die Sinnesempfindungen geben das Modell für die Raumvorstellung ab²⁹⁴. Dieses Modell besteht in der Disposition der Empfindungspunkte im Gesicht- und Tastfeld, d.h. in der Art ihrer Erscheinung²⁹⁵. Hume stellt klar, dass Raum weder außerhalb der Wahrnehmung noch als ein besonderer Bewusstseinsinhalt, der die bestimmte Verknüpfung von Sinnesdaten ermöglichen würde, existiert²⁹⁶. (Auch Abstand bzw. Distanz lässt sich mit Hilfe zweier Farb- oder Tastpunkte wahrnehmen). Durch ihren Abstand werden sie auch gleich in ihrer Lage im Raum bestimmbar.

Ein ähnlicher Ansatz zeigt sich später bei Rudolf Arnheim. Arnheim spricht diesbezüglich von Negativformen, die zwischen zwei Objekten bzw. Flächen entstehen²⁹⁷. Daraus ergibt sich, dass sich das räumliche Bewusstsein auf ein Nebeneinander von Seh- und Tastqualitäten stützen muss - Grundsatz dieser Arbeit.

Doch zurück zu den Entwicklungen der englischen Philosophie im 17. und 18. Jahrhundert.

Es zeichnet sich eine klare Entwicklung von den Phänomenalisten - in ihrem Denken noch rationalistisch ausgerichtet - zu den Empirikern ab, die schließlich die rationalistische Position erschüttern.

Dies vollzieht sich in einer Lossagung von der dominanten Rolle, die die Geometrie für die Erklärung der Entstehung der Raumvorstellung bis dahin spielte. Im gleichen Zug ist es aber auch eine Abwendung von einer Wissenschaftlichkeit, gegründet auf Messungen und damit auf Mathematik, was dem Sensualismus die Türe öffnet und bedeutsame

²⁹¹ McGinn, C. (1991), S. 1

²⁹² Hume, D. (1894), II, 2 in Gosztonyi, A. (1976), S.322

²⁹³ Hume, D. (1894), I, 4

²⁹⁴ Hume, D. (1894), II, 3 in Gosztonyi, A. (1976), S. 322

²⁹⁵ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S.322

²⁹⁶ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S.323

²⁹⁷ Vgl. Kap. 3.4.3 *Raumstrukturen*

sinnenpsychologische Erkenntnisse hinsichtlich der räumlichen Wahrnehmung und der Ontologie des Raumes gedeihen lässt. Es drängt sich geradezu eine Diskussion auf, die nach einer Unterscheidung von Wahrnehmungsraum und physikalischem Raum sucht. Dabei zeichnet sich schon bald ein fundamentales Problem ab: Es geht um die Frage, wie Anschauungsraum und physikalischer Raum zusammenhängen. Im Grunde geht es um die Hinterfragung der Beziehung zwischen dem durch Wahrnehmung ermittelten Raum und dem abstrakten Raum, der auf Regeln der Geometrie und der Mathematik fußt.

Interessanterweise lässt sich erkennen, dass einer allgemein stetigen Entwicklung hin zu Abstrahierung des Raumbegriffes - ihre Regeln in der theoretischen Messbarkeit einer exakten Wissenschaft der Geometrie suchend - eine nun fast primitiv anmutende Strömung folgt, die sich auf die grundlegendsten menschlichen Fähigkeiten und Instinkte beruft, um sich von der hohen Kunst der Mathematik abzuwenden.

Die ontologische Basis des Raumes beginnt sich somit von den Sphären des Geistes bzw. der Vernunft auf die Niederungen menschlicher Sinnestätigkeiten herabzulassen. Mit diesen Ansätzen, die Beschaffenheit des Raumes zu erklären, stellt die englische Philosophie der damaligen Zeit ein wichtiges Problem der Raumtheorie zur Diskussion. Ihr Einfluss auf die Geschichte des Raumes ist beträchtlich und kein ihnen folgender Denker wird sich mehr dem von ihnen aufgeworfenen Problem entziehen können. So auch der Verfasser dieser Arbeit.

2.13 Der Begriff des absoluten Raumes

Um den Einstieg in die bemerkenswerte und eigentümliche Gedankenwelt Isaac Newtons (1643-1727) zu ermöglichen, werden anhand eines Zitates grundlegende Geisteshaltungen des bekannten Naturwissenschaftlers vorausgeschickt. In den folgenden Sätzen lassen sich fundamentale Erkenntnisse, was die menschlichen Sinnesorgane und die Beschaffenheit des Raumes angeht, erkennen. Newton unterscheidet dabei zwischen den „relativen“ Räumen und dem alles umfassenden „absoluten“ Raum, dem er letztendlich sogar göttliche Wesensmerkmale zusagt. Vor allem erstere Räume und deren Eigenschaften sind für die Thematik multisensueller Räume interessant. Newton sagt:

„Bis jetzt habe ich zu erklären versucht, in welchem Sinne weniger bekannte Benennungen in der Folge zu verstehen sind. Zeit, Raum, Ort und Bewegung als allen bekannt, erkläre ich nicht. Ich bemerke nur, dass man gewöhnlich diese Größen nicht anders als in Bezug auf die Sinne auffasst und so gewisse Vorurteile entstehen, zu deren Aufhebung man sie passend in absolute und relative, wahre und scheinbare, mathematische und gewöhnliche unterscheidet.

Der absolute Raum bleibt vermöge seiner Natur und ohne Beziehung auf einen äußeren Gegenstand stets gleich und unbeweglich.

Der relative Raum ist ein Maß oder ein beweglicher Teil des ersteren, welcher von unsern Sinnen durch seine Lage gegen andere Körper bezeichnet und gewöhnlich für den unbeweglichen Raum genommen wird. Z. B. ein Teil des Raumes innerhalb der Erdoberfläche; ein Teil der

Atmosphäre; ein Teil des Himmels, bestimmt durch seine Lage gegen die Erde. Der absolute und relative Raum sind dasselbe an Art und Größe, aber sie bleiben es nicht immer an Zahl. Bewegt sich z. B. die Erde, so ist der Raum unserer Atmosphäre, welcher in Bezug auf unsere Erde immer derselbe bleibt, bald der eine, bald der andere Teil des absoluten Raumes, in welchen die Atmosphäre übergeht und ändert sich so beständig“²⁹⁸.

Es zeigt sich, dass Newton offensichtlich auf die genaue Definition von Zeit, Raum, Ort und Bewegung verzichtet. Auf Grund der engen Beziehungen dieser Begriffe mit den sinnlich wahrzunehmenden Gegenständen haften ihnen gewisse Vorurteile an, die Newton dazu veranlassen, die Unterscheidung von absolut und relativ, wahr und scheinbar, mathematische und gewöhnlich einzuführen²⁹⁹. Nach Newton ist der Raum homogen und differenziert und lässt sich durch die Sinne nicht wahrnehmen. Aus diesem Grund erfordert es sichtbarer Maße, um die einzelnen Raumteile voneinander unterscheidbar zu machen. Die Rede ist von Koordinatensystemen - bzw. bei Newton von „relativen“ Räumen.

„Weil aber diese Teile des Raumes weder gesehen, noch vermittelt unserer Sinne voneinander unterschieden werden können, nehmen wir statt ihrer wahrnehmbare Maße an. Aus der Lage und Entfernung der Dinge von einem Körper, welchen wir als unbeweglich betrachten, erklären wir nämlich alle Orte. Hierauf schätzen wir auch alle Bewegungen in Bezug auf bestimmte Orte, insofern wir wahrnehmen, dass die Körper sich von ihnen entfernen. So bedienen wir uns, und nicht unpassend, in menschlichen Dingen statt der absoluten Orte und Bewegungen der relativen“³⁰⁰. Man kann also sagen, dass der relative Raum ein Bezugssystem darstellt, in welchem sowohl Bewegungskörper als auch seine Elemente sinnlich zugänglich bzw. messbar sind. Es stellt sich nun die Frage, worauf sich jene „relativen Örter“, wenn sie auch bewegliche Koordinatensystemen sein können, zu beziehen sind.

Wie Newton schreibt, reicht ihm der Hinweis auf das sinnliche Maß nicht aus, „dazu muss man in der wissenschaftlichen Theorie von den Sinnen absehen“³⁰¹. Dies unterscheidet Newton von der modernen Physik, für die die Koordinatensysteme nur eine nützliche Fiktion, sind entscheidend: Newton ist der Meinung, dass nicht nur der Bezugskörper für unsere Sinne zugänglich ist, sondern auch der relative Raum in einem starken Abhängigkeitsverhältnis zu ihm steht. Also muss es etwas geben, in dem sich alle relativen Räume bewegen können.

Um zur Lösung dieser Frage zu gelangen, verlässt Newton für einen Augenblick völlig den Bereich der Erfahrung. Mit den Worten „in der Naturlehre hingegen muss man von den Sinnen abstrahieren“ führt er den absoluten unveränderlichen Raum ein³⁰². Für diesen Raum, der den letzten Grad von Genauigkeit und die letzte Wahrheit widerspiegelt - man nennt ihn auch den „wahren Raum“ - ist der relative Raum nur ein Maß.

²⁹⁸ Newton, I. (1963 = 1872), S. 25 in Jammer, M. (1980), S. 106-107

²⁹⁹ Vgl. Jammer, M. (1980), S. 107

³⁰⁰ Newton, I. (1963 = 1872), S. 27 in Jammer, M. (1980), S. 107

³⁰¹ Newton, I. (1963 = 1872), Scholium 8. Def.

³⁰² Newton, I. (1963 = 1872), S. 27 in Jammer, M. (1980), S. 108

Wie Max Jammer schreibt, stellt der absolute Raum für Newton eine logische und ontologische Notwendigkeit dar und ist vor allem die Vorbedingung für die Gültigkeit des ersten Bewegungsgesetzes:

„Jeder Körper beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, wenn er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird, seinen Zustand zu ändern³⁰³.

Folglich brauchen gleichförmige geradlinige Bewegungen ein Bezugssystem, welches sich von denen unterscheidet, die den relativen Räumen angehören. Auch der Zustand der Ruhe setzt einen solchen absoluten Raum voraus³⁰⁴.

„Die absolute Bewegung ist die Übertragung des Körpers von einem absoluten Orte nach einem andern absoluten Orte; die relative Bewegung die Übertragung von einem relativen Orte nach einem andern relativen Orte.

In einem segelnden Schiffe ist der relative Ort eines Körpers die Gegend des Schiffes, in welcher der letztere sich befindet, oder derjenige Teil des ganzen innern Raumes, welchen der Körper ausfüllt und welcher daher gleichzeitig mit dem Schiffe fortbewegt wird. Relative Ruhe ist das Verharren des Körpers in derselben Gegend des Schiffes oder demselben Teile des ganzen innern Raumes. Wahre Ruhe hingegen ist das Verharren des Körpers in demselben Teile jenes unbewegten Raumes, in welchem das Schiff selbst mit seinem hohlen Raume und all seinem Inhalt sich bewegt. Wenn daher die Erde ruhet, so würde der Körper, welcher relativ im Schiffe ruhet, sich wirklich und absolut mit derselben Geschwindigkeit bewegen, mit welcher das Schiff sich bewegt. Bewegt sich hingegen die Erde auch, so entsteht die wahre und absolute Bewegung des Körpers teils aus der relativen Bewegung des Schiffes auf der Erde, teils aus der wahren Bewegung der Erde im unbewegten Raume, teils aus den relativen Bewegungen des Schiffes auf der Erde und des Körpers im Schiffe, und aus den beiden letzteren Bewegungen ergibt sich die relative Bewegung des Körpers auf der Erde³⁰⁵.

Für Newton steht es fest, dass sich der Mittelpunkt des Weltsystems in Ruhe befindet, wobei er dabei (im Gegensatz zu der allgemeinen Unschlüssigkeit darüber, ob dieses Zentrum die Erde oder die Sonne darstellt) das Gravitationszentrum meint, welches sich aus der Sonne, der Erde und den Planeten zusammensetzt³⁰⁶.

Wie Newton erkannt zu haben glaubt, setzt zwar das erste Bewegungsgesetz die notwendige Existenz des absoluten Raumes voraus, liefert jedoch keine Möglichkeit, diesen auch experimentell festzustellen. Aus diesem Grund sieht sich Newton gezwungen, die Dynamik der Bewegung zu untersuchen. Für ihn erscheint Bewegung und

³⁰³ Newton, I. (1963 = 1872), S. 32

³⁰⁴ Bemerkenswert ist, dass sich diese Idee von Newtons variierenden Koordinatensystemen - nämlich den relativen und dem absoluten - in fast allen CAD und 3D Programmen der heutigen Zeit wieder finden lässt. Auch heute ist der computerunterstützte Umgang mit Raum in der Planung oder im Entwurf meist nur über diese „gedankliche Stütze“ verschiedener Koordinatensysteme - dem lokalen und dem globalen bzw. Weltkoordinatensystem - zu bewältigen.

³⁰⁵ Newton, I. (1963 = 1872), S. 26 in Jammer, M. (1980), S. 109

³⁰⁶ Vgl. Newton, I. (1963 = 1872), S. 396 und 397 im Korrolarium zu Proposition XII in Jammer, M. (1980), S.110

insbesondere beschleunigte Bewegung ein Mittel und der richtiger Weg zu sein, den Raum zu erforschen.

Er nimmt an, dass es entweder relative oder absolute Bewegung geben könne und dass sich aus der Feststellung einer absoluten Bewegung die Feststellung des absoluten Raumes ergeben würde. Der Unterschied der beiden Bewegungsarten lässt sich in den Prinzipien Newtons nachlesen: „Die Ursachen, durch welche wahre und relative Bewegungen verschieden sind, sind die Kräfte, welche zur Erzeugung der Bewegung auf die Körper eingewirkt haben. Eine wahre Bewegung wird nur erzeugt oder abgeändert durch Kräfte, welche auf den Körper selbst einwirken, wogegen relative Bewegungen erzeugt und abgeändert werden können, ohne dass die Kräfte auf diesen Körper einwirken. Es genügt schon, dass sie auf den andern Körper, auf welchen man diesen bezieht, einwirken; weicht der andere Körper alsdann zurück, so ändert sich auch die Beziehung, und hierin besteht eben die relative Ruhe und Bewegung des Körpers (...).

Die wirkenden Ursachen, durch welche absolute und relative Bewegungen voneinander verschieden sind, sind die Fliehkräfte von der Achse der Bewegung. Bei einer nur relativen Kreisbewegung existieren diese Kräfte nicht, aber sie sind kleiner oder größer je nach Verhältnis der Größe der Bewegung (...).

Die wahren Bewegungen der einzelnen Körper zu erkennen und von den scheinbaren scharf zu unterscheiden, ist übrigens sehr schwer, weil die Teile jenes unbeweglichen Raumes, in denen die Körper sich wahrhaft bewegen, nicht sinnlich erkannt werden können. Die Sache ist jedoch nicht gänzlich hoffnungslos. Es ergeben sich nämlich die erforderlichen Hilfsmittel, teils aus den scheinbaren Bewegungen, welche die Unterschiede der wahren sind, teils aus den Kräften, welche den wahren Bewegungen als wirkende Ursachen zu Grunde liegen“³⁰⁷.

Ein zweites Argument für die Existenz absoluter Bewegung erklärt sich Newton aus der Wirkung, die eine solche Bewegung hervorruft - insbesondere durch die Erscheinung der Zentrifugalkräfte. Aus diesem Argument entwickelt sich Newtons berühmtes Eimerexperiment:

„Man hänge z. B. ein Gefäß an einem sehr langen Faden auf, drehe dasselbe beständig im Kreise herum, bis der Faden durch die Drehung sehr steif wird; hierauf fülle man es mit Wasser und halte es zugleich mit dem letzteren in Ruhe. Wird es nun durch eine plötzlich wirkende Kraft in entgegen gesetzte Kreisbewegung versetzt und hält diese, während der Faden sich ablöst, längere Zeit an, so wird die Oberfläche des Wassers anfangs eben sein, wie vor der Bewegung des Gefäßes, hierauf, wenn die Kraft allmählich auf das Wasser einwirkt, bewirkt das Gefäß, dass dieses merklich sich umzudrehen anfängt. Es entfernt sich nach und nach von der Mitte und steigt an den Wänden des Gefäßes in die Höhe, indem es eine hohle Form annimmt. Durch eine immer stärkere Bewegung steigt es mehr und mehr an, bis es in gleichen Zeiträumen mit dem Gefäße sich umdreht und relativ in demselben ruhet. Dieses Ansteigen deutet auf ein Bestreben, sich von der Achse der Bewegung zu entfernen, und durch einen solchen Versuch wird die wahre und absolute kreisförmige Bewegung des Wassers, welche der relativen hier ganz entgegengesetzt

³⁰⁷ Newton, I. (1963 = 1872), S. 28 bis 30 in Jammer, M. (1980), S. 113

ist, erkannt und gemessen. Im Anfange, als die relative Bewegung des Wassers im Gefäße am größten war, verursachte dieselbe kein Bestreben, sich von der Achse zu entfernen. Das Wasser suchte nicht, sich dem Umfange zu nähern, indem es an den Wänden emporstieg, sondern blieb eben und die wahre kreisförmige Bewegung hatte daher noch nicht begonnen. Nachher aber als die relative Bewegung des Wassers abnahm, deutete sein Aufsteigen an den Wänden des Gefäßes das Bestreben an, von der Achse zurückzuweichen, und dieses Bestreben zeigte die stets wachsende wahre Kreisbewegung des Wassers an, bis diese endlich am größten wurde, wenn das Wasser selbst relativ im Gefäße ruhte. Jenes Streben hängt nicht von der Übertragung des Wassers in Bezug auf die umgebenden Körper ab, und deshalb kann die wahre Kreisbewegung nicht durch eine solche Übertragung erklärt werden³⁰⁸.

Natürlich hinterließ dieses Experiment deutliche Spuren in der damaligen Zeit und es veranlasste viele Kontroversen in der Geschichte der modernen Physik.

Große Bedeutung gewinnt es wieder mit dem Erscheinen von Einsteins Äquivalenzprinzip in seiner allgemeinen Relativitätstheorie, auf die wir im Folgenden eingehen werden.

In den späteren Jahren entwickelt Newton seine Metaphysik des Raumes. In ihr versuchte er das Wesen des absoluten Raumes zu ergründen.

Beeinflusst durch Henry More, dem er in seiner Jugend persönlich begegnet war und dessen Schriften ihm von Isaak Barrow übermittelt wurden, gewann das jüdische kabbalistische und neuplatonische Denken immer größere Bedeutung. Der Vergleich der zweiten Auflage der Prinzipien mit der ersten, zeigt schließlich die Gleichsetzung des absoluten Raumes mit Gott oder mit einem seiner Attribute:

„Die Herrschaft eines geistigen Wesens ist es, was Gott ausmacht; sie ist wahr im wahren Gott, die höchste im höchsten und die erdichtete im erdichteten Gotte. Es folgt hieraus, dass der wahre Gott ein lebendiger, einsichtiger und mächtiger Gott, dass er über dem Weltall erhaben und durchaus vollkommen ist. Er ist ewig und unendlich, allmächtig und allwissend, d. h. er währt von Ewigkeit zu Ewigkeit, von Unendlichkeit zu Unendlichkeit, er regiert alles, er kennt alles, was ist oder was sein kann. Er ist weder die Ewigkeit noch die Unendlichkeit, aber er ist ewig und unendlich; er ist weder die Dauer noch der Raum, aber er währt fort und ist gegenwärtig; er währt stets fort und ist überall gegenwärtig, er existiert stets und überall, er macht den Raum und die Dauer aus³⁰⁹. „In seinem grenzenlosen, gleichförmigen Sensorium kann Gott nach seinem Willen die Körper bewegen und dadurch die Teile des Universums gestaltend umgestalten, ähnlich wie der Mensch die Teile seines Leibes bewegen kann³¹⁰.

Prinzipiell lässt sich sagen, dass Newton den Raum von allen materiellen Beständen ablöste. Wie Gosztonyi schreibt, sieht Newton das Sein des Raumes an keine materielle Eigenschaft gebunden, sondern weist dem Spiritus und nicht dem Raum selbst Raum erfüllende Qualitäten zu³¹¹.

³⁰⁸ Newton, I. (1963 = 1872), S. 29

³⁰⁹ Newton, I. (1963 = 1872), S. 509 in Jammer, M. (1980), S. 121

³¹⁰ Newton, I. (1898), IV,262/263 in Gosztonyi, A. (1976), S. 339

³¹¹ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 345

Durch diese Spiritualisierung lässt sich ein weiterer Schritt in der Abstrahierung des Raumes ausmachen. Gleichzeitig bietet jedoch der absolute Raum auch die notwendige Voraussetzung jeglicher Physik und damit für jede materielle und dynamische Existenz. Aus diesem Grund ist der Raum denknotwendig und kann als abstrakt betrachtet werden. Wie oben bereits erwähnt, sind die Gedanken Newtons ein wesentlicher Meilenstein in der Geschichte der Konkretisierung von Räumen. Vor allem in der architektonischen Umsetzung von abstrakten bzw. gedachten Räumen in gebaute Realität ebnet Newton einen Weg, der es ermöglichen wird, exakte Beziehungen, Maße und Positionen im Raum zu definieren.

2.14 Auf dem Weg in die modernen Physik

Obwohl die Gedanken Leibniz' beachtenswerten Einfluss auf die Entwicklung der theologischen Raumproblematik hatte, konnte sich in der physikalischen Forschung - mit der allmählichen Annahme des Newtonschen Systems und mit der Zurückdrängung der cartesianischen Theorien - der Newtonsche Begriff des absoluten Raumes durchsetzen. Für diese Anschauung bezeichnend können die Worte John Keills herangezogen werden, die man in seiner zweiten Vorlesung im Jahre 1700 hören konnte:

„Wir fassen Raum als dasjenige, worin alle Körper ihren Ort haben oder, um mit den Schulen zu sprechen, wo sie ihr Ubi haben; als durchdringbar in seiner Gesamtheit, der alle Körper in sich aufnimmt und keinem Gegenstand, welcher Art auch immer, den Eingang wehrt; als unbeweglich feststehend, keiner Tätigkeit, Form oder Qualität zugänglich; als etwas, dessen Teile man nicht voneinander trennen kann, durch keine noch so große Kraft; doch der Raum selbst bleibt unbeweglich, während er das Nacheinander der bewegten Gegenstände in sich aufnimmt, die Geschwindigkeiten ihrer Bewegungen bestimmt, und die Abstände der Gegenstände selbst misst“³¹².

Die Durchsetzung des Newtonschen Begriffes vom absoluten Raum geht sicherlich einher mit den nüchternen, sachlichen und wissenschaftlichen Haltungen von Philosophen und Naturwissenschaftlern der damaligen Zeit. In gleichem Zuge jedoch, sucht man in der Erkundung neuer Raumprinzipien nach neuen Gottesbeweisen, so dass die „Vergötterung“ des Raumes eine Phase der Hochkonjunktur durchlebt.

Erst Leonard Euler liefert zirka 30 Jahre später auf der Grundlage des Trägheitsgesetzes den Beweis für die Realität des absoluten Raumes³¹³. Auch Immanuel Kant (1724-1804) hatte großes Interesse an dieser Diskussion und versucht eine Versöhnung zwischen Leibniz und Newton in seiner Schrift aus dem Jahre 1747. „Kant teilt den relationalen Gesichtspunkt Leibniz', sieht jedoch in räumlichen Beziehungen nicht Spiegelungen rein qualitativer Gegebenheiten in der Ordnung koexistierender Materie, sondern vielmehr gegenseitige Wirkungen oder Wechselwirkungen zwischen Körpern; da mit der Materie als solche keine kausale Abhängigkeit gegeben ist, sondern diese eine durch göttliche Schöpfung zusätzlich verliehene Eigenschaft darstellt, so ist der Raum ein

³¹² Keill, J. (1745), S.15 in Jammer, M. (1980), S. 138

³¹³ Vgl. Euler, L. . (1736), S. 2 in Jammer, M. (1980), S. 141

unabhängig Existierendes mit absoluter Realität im Newtonschen Sinne³¹⁴.

Vor allem in Hinblick auf die Entwicklung raumtheoretischer Untersuchungen nimmt Immanuel Kant eine wichtige Position ein. Eine neue rationalistische wissenschaftliche Wirklichkeitsbetrachtung und Denkweise beginnt sich spätestens seit Descartes zu etablieren und erfährt schließlich unter Kant eine bemerkenswerte Steigerung, indem Erkenntnisgebiete der Raumlehre konstitutiv wurden, die zuvor fast keine oder nur eine geringe Rolle gespielt hatten.

Wie weiter oben bereits erwähnt, ist es die klare Sprache der Geometrie, die das Banner einer idealen Wissenschaft immer weiter in Richtung einer neuen Zeit vorantreibt. Es ist ein Banner, welches, fußend auf mathematischen Gesetzmäßigkeiten, das Anschauliche mit der reinen Theorie zu verbinden versucht. Mit Hilfe der Geometrie kann nicht nur in struktureller Hinsicht Raum gefasst, sondern in gleichem Maße auch seine Beschaffenheit erklärt werden. Wichtigste Werkzeuge hierfür sind neben der analytischen Geometrie auch die Verfahren zur geometrischen Konstruktion, dank derer sich Räume modellieren lassen und so zum Abbild theoretischer Zusammenhänge werden.

Wie Leibniz erkannt hatte und was entscheidend für die Abstrahierung des Raumes sein sollte, schließt diese theoretische Definition die Konstruktion und Konstitution des Raumes bereits in sich ein. Man kann sich demnach einen Raum mittels geometrischen Definitionen virtuell vorstellen, so dass man weder auf eine effektive noch eine gedankliche Konstruktion angewiesen zu sein scheint.

Daraufhin stellt sich die Frage, mit welcher Art von Raum man es in diesem Fall zu tun hat: Kann es *der* Raum sein, der sowohl dem Wahrnehmungsraum wie auch dem physikalischen Raum zu Grunde liegt?

Auf diese Frage versucht Kant Antworten zu finden. Er ist bestrebt, allgemeine Gesetzmäßigkeiten und Bedingungen für die Konstruktion des Anschauungsraumes aufzuweisen. Deshalb sollen sowohl geometrische wie erkenntnistheoretische Faktoren in seine Betrachtungen mit einfließen. Das Hauptaugenmerk fällt dabei auf die virtuellen Komponenten der Raumkonstruktion.

Momente des Abstraktionsprozesses und das Mitwirken von bewusstseinsanalytisch zu erfassenden Schematismen spielen hierbei die entscheidende Rolle³¹⁵. Wie Gosztonyi schreibt, ergibt sich als entscheidendes Ergebnis dieser Analyse, „dass die räumliche Wahrnehmung des Nebeneinander zuerst in eine Sukzession - mittels des „inneren Sinnes“, der Zeit - überführt, dann aber in einem Schema simultan, also in Gleichzeitigkeit dargeboten wird“³¹⁶.

Dies hat klare Auswirkungen auf die Raumuntersuchungen in sinnespsychologischer Hinsicht. Man ist nun der Überzeugung, dass der Faktor Zeit demnach einen entscheidenden Einfluss auf die räumliche Wahrnehmung ausübt. Auch die Struktur des Bewusstseins soll maßgebend an der Struktur des Anschauungsraumes beteiligt sein.

³¹⁴ Jammer, M. (1980), S. 142

³¹⁵ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 459

³¹⁶ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 459

Was den physikalischen Raum angeht, so fußt Kants Raumvorstellung auf einer „lebendigen Kraft“, der ersten Bewegung die der Substanz ermöglicht, in den Raum hinauszugreifen, und von der Wirkungskraft dieser Substanzen soll der Raum abhängen, was ihm einen dynamischen Charakter einverleibt³¹⁷.

„Ausdehnung bedeutet also Wirkungsraum der Kräfte. Im steten Stoßen und Drängen der Kräfte gibt es aber Beziehungen zwischen den aufeinander wirkenden Kräften. Das System dieser Beziehungen heißt Welt“³¹⁸. Kant geht davon aus, dass mehrere Welten unabhängig voneinander nebeneinander existieren können und ihre Gesamtheit stellt das Ordnungsprinzip des Weltraumes dar³¹⁹.

Hierin lässt sich wieder der Versuch Kants erkennen, einen Ausgleich zwischen der Leibnizschen Metaphysik und der Newtonschen Physik zu schaffen. Kant stellt dem Metaphysiker, der die Konstitution aller substantialen Realität aus elementaren unteilbaren Einheiten oder Monaden verflochten hatte, die Meinung der Mathematiker gegenüber, die die Auffassung vertraten, dass sich der Raum unendlich teilen ließe. Im Gegensatz zum Metaphysiker und zum Mathematiker schafft es jedoch nur der Physiker, mathematischen Raum und metaphysische Materie zu vereinen. Dies kann jedoch nur reüssieren, „wenn der Raum nicht eine Substanz sondern ein Erscheinungsbild von Beziehungen zwischen Substanzen ist, und wenn ferner die Substanz nichts anderes als ein Aktionszentrum ist, das auf andere Substanzen wirkt und von ihnen beeinflusst wird, dank gegenseitiger Kräftewirkungen (...) Raumgröße ist deshalb nur ein Maß der Intensität der von der Substanz ausgeübten Wirkkräfte“³²⁰.

„Jetzt fange ich an einzusehen, dass mir in dem Ausdrucke der Bewegung und Ruhe etwas fehlet. Ich soll ihn niemals in absolutem Verstande brauchen, sondern immer respektive. Ich soll niemals sagen: Ein Körper ruhet, ohne dazuzusetzen, in Ansehung welcher Dinge er ruhe, und niemals sprechen, er bewege sich, ohne zu gleich die Gegenstände zu nennen, in Ansehung deren er seine Beziehung ändert. Wenn ich mir auch gleich einen mathematischen Raum leer von allen Geschöpfen als ein Behältnis der Körper einbilden wollte, so würde mir dieses doch nichts helfen. Denn wodurch soll ich die Theile desselben und die verschiedenen Plätze unterscheiden, die von nichts Körperlichem eingenommen sind?“³²¹

Jene Substanzen und ihre dynamische und ausdehnende Wirkung beeinflussen durch die „lebendigen Kraft“ die menschlichen Sinnesempfindungen und die räumliche Wahrnehmung.

In der Schrift „Träume eines Geistersehers“ betont Kant, „dass der Ort der Empfindung eine notwendige Bedingung der Empfindung (ist) ohne welche es unmöglich wäre, die Dinge als außer uns vorzustellen“³²². Daraus geht hervor, dass der Sinnesempfindung sowohl entscheidende Bedeutung hinsichtlich der räumlichen Wahrnehmung zukommt als auch für die Feststellung der Existenz der Außenwelt entscheidend ist.

³¹⁷ Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S. 402

³¹⁸ Gosztanyi, A. (1976), S. 402

³¹⁹ Vgl. Gosztanyi S. 402

³²⁰ Jammer, M. (1980), S. 142 - 143

³²¹ Kant, I. (2000), Bd. II, S. 13

³²² Kant, I. (2000) Bd. II, S. 344

Bis Kant jedoch daran geht, den Raum als Anschauungsform zu bestimmen und den Raum nicht mit dem Intellekt, sondern mit der Sinnlichkeit zu verbinden - was er erst in seiner Reisezeit tun wird -, schreibt er ihn vorerst noch dem „reinen Intellekt“ zu und hält, unter offensichtlichem Einfluss Eulers³²³, am Begriff des absoluten Raumes fest.

Kant ist der festen Überzeugung, dass dieser unabhängig von der Existenz des Stoffes sein muss. Als Beweis nennt Kant die Unterscheidung zwischen rechts und links, aufgezeigt anhand der anatomischen Fähigkeiten des Menschen.

Wie Jammer schreibt, wiesen die Beobachtungen Kants auf, dass die inneren Beziehungen unserer linken und rechten Körperteile, wie z. B. der Hand, die Gleichen sind³²⁴. Auf Grund eines „fundamentalen Unterschieds“ und der Unmöglichkeit, beide Körperteile gegenseitig zu ersetzen, schließt Kant auf verschiedene Lagen zum absoluten Raum.

Die hier aufgeführte Spiegelsymmetrie führt zum Problem der Orientierung sowohl im Anschauungsraum wie auch im physikalischen Raum. Es entwickelt sich die Frage nach der Beziehung des abstrakten Raumes der Mathematik und Geometrie zu dem materiell bestimmbar Raum der Physik und der Anschauung³²⁵. Denn „während der Anschauungsraum und eventuell auch der physikalische ein in sich orientiertes Bezugssystem bilden, sind die Orientierungen im mathematischen und im geometrischen Raum gesetzt und demzufolge vertauschbar bzw. auswechselbar“³²⁶. Der Unterschied zwischen rechts und links ist für Kant allein unmittelbare Anschauung und lässt sich demzufolge begrifflich nicht erfassen. In Anlehnung an diese Tatsache lässt sich sagen, dass die Beschreibung allgemeiner Begriffe auf die Geometrie und die Einsicht in ihre Notwendigkeit auf unmittelbarer Anschauung beruht³²⁷. „In dieser Intuition liegt auch der Beweis für die Realität des absoluten Raumes. In den anschauenden Urteilen, dergleichen die Messkunst enthält, ist der Beweis zu finden, dass der absolute Raum unabhängig von dem Dasein aller Materie und selbst als der erste Grund ihrer Zusammensetzung eine eigene Realität habe“³²⁸.

Wie Jammer schreibt, kommt es zur nachhaltigen Änderungen in Kants Haltung gegenüber raumphilosophischer Fragen. Das Problem des Raumes hört auf, „Problem der Physik“ zu sein und wird ein integrierter Teil der Transzendentalphilosophie. Nunmehr ist für Kant der Raum eine Bedingung der Möglichkeit der Erfahrung.

„Rufe ich eine Bewegung in einem Teile meines Körpers hervor und lässt sich dieselbe frei oder ohne Widerstand vollziehen, so sage ich, es ist dort Raum; finde ich aber einen Widerstand, so sage ich, es sei dort ein Körper, und in dem Maße, wie der Widerstand gegen die Bewegung geringer oder größer ist, sage ich, der Raum sei mehr oder weniger frei. Es muss also, wenn ich von freiem oder leerem Raume spreche, nicht vorausgesetzt werden, das Wort stehe für eine Idee, die von Körper und Bewegung

³²³ Über Eulers Einfluss auf Kant vgl. H. E. Timerding, Kant und Gauss. Kantstudien XXVIII, 1923 in Jammer, M. (1980), S. 143

³²⁴ Vgl. Jammer, M. (1980), S.149

³²⁵ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 413

³²⁶ Gosztonyi, A. (1976), S. 413

³²⁷ Vgl. Jammer, M. (1980), S. 149

³²⁸ Kant, I. (2000), Bd. XVI

gesondert oder ohne diese denkbar wäre. Freilich sind wir geneigt zu glauben, dass jedes Nomen substantivum eine bestimmte Idee vertrete, die von allen anderen gesondert werden könne, was unzählige Irrtümer veranlasst hat³²⁹.

Um an dieser Stelle die wichtigen Ansatzpunkte hinsichtlich multisensueller Räume herauszuarbeiten, sei nochmals auf die schon erwähnte Grundposition Kants verwiesen, welche seiner Dissertation zu Grunde liegt: Für Kant gab es die prinzipielle Unterscheidung zwischen Sinnlichkeit und Verstand. Beide sind voneinander unabhängig. Die sinnliche Erkenntnis entstammt der sensualitas und stellt sich die Dinge vor, wie sie in Relation zum Subjekt erscheinen, wohingegen die intellektuelle Erkenntnis die intelligibilia oder noumena zu ihrem Gegenstand hat³³⁰. Während sich die sinnliche Komponente auf die Erfahrung stützt, resultiert die intellektuelle auf der Kenntnis der Mathematik und der Geometrie. Auf Grund der Unabhängigkeit beider Erkenntnisarten führt Kant eine weitere Fähigkeit des Menschen ein, um eine Verbindung zwischen ihnen herzustellen: das Gemüt.

Kant geht davon aus, dass die sinnliche Erkenntnis zwischen Stoff und Form zu unterscheiden ist. Während nämlich Materie und Stoff durch die Empfindung wahrgenommen werden, kann jedoch noch keine Aussage über deren Beschaffenheit gemacht werden. Es bedarf einer Ordnung der Sinnesdaten, um eine Vorstellung generieren zu können. Mit Hilfe dieser Ordnung in Form von geformten Farb- und Tasteindrücken entsteht die Erscheinung (apparentia), die als Erfahrungsgegenstand erkannt wird. Wie Gosztanyi schreibt, erfolgt diese Ordnung nach Gesetzen, welche von Raum und Zeit angezeigt werden. „Raum und Zeit sind intuitus purus, reine Anschauung“³³¹, die die intellektuelle Welt mit der empirischen verbinden. Der Raum ist für Kant ein ordnendes Prinzip der äußeren Sinne. Diese Sinne ermöglichen die Wahrnehmung der materiellen Dingwelt. Hierbei spricht Kant sogar von einer Relation zu den materiellen Substanzen („ipsa haec relation omnium substantiarum (...), quae intuitive spectata vocatus spatium“³³²) und weist damit auf die Virtualität des Raumes hin³³³.

Anderorts kann man diesbezüglich lesen, dass der Raum in seiner Zwischenstellung transsubjektive und ideale Natur sei.

„Der Raum ist die subjektive Bedingung der Sinnlichkeit, subjektiv aber im Sinne der Transzendentalität. Sie legt die Wahrnehmungsfähigkeit aller Menschen zu Grunde, sodass man nur „aus dem Standpunkt eines Menschen vom Raum ausgedehntes Wesen usw.“ reden kann. Raum als Bedingung der Sinnlichkeit ist nur für die Erscheinungswelt, nicht aber für die Sache selbst, für das „Ding an sich“ gültig. Der Raum ist demnach real und idealer zugleich“³³⁴.

Mit der Lehre der transzendentalen Idealität des Raumes, die zu ihrer Zeit als eine der größten Errungenschaften in der zeitgenössischen Philosophie gepriesen wurde, beeinflusste Kant den Verlauf der idealistischen

³²⁹ Berkeley, G. (2004), S. 83-84 in Jammer, M. (1980), S. 151

³³⁰ Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S. 417-418

³³¹ Kant, I. (2002), § 13

³³² Kant, I. (2002), §16

³³³ Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S. 419

³³⁴ Gosztanyi, A. (1976), S. 431

Philosophie maßgebend³³⁵. Das folgende 19. Jahrhundert sollte die bis dahin stillschweigend vorausgesetzte Euklidische Geometrie und ihre Dreidimensionalität von Grund auf erschüttern. Demzufolge kommt es auch zu wesentlich neuen Erkenntnissen bei der Analyse der räumlichen Wahrnehmung.

2.15 Der Begriff des Raumes in der modernen Physik

Mit der Entdeckung nicht-euklidischer Geometrie im 19. Jahrhundert wurde die Diskussion um den Raum entscheidend vorangetrieben. Obwohl philosophisch gesehen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wenig Veränderungen an der Kantschen Raumdeutung gemacht wurden, kommt es mit H. v. Helmholtz, einem der Häupter der empiristischen Schule, zur offenkundigen Kritik an Kant.

Wie Jammer schreibt, hatte Helmholtz gezeigt, dass Kants Lehre, bestehend aus der metaphysischen und der transzendentalen Entwicklung, nicht so eng miteinander verbunden sind, wie man ursprünglich annahm³³⁶. Mit seinem Bedenken gegenüber der Annahme der apriorischen Natur der Euklidischen Geometrie leitet Helmholtz eine neue Raumauffassung ein.

Helmholtz unterstreicht, dass die Annahme des Raumes als reine Anschauungsform nur zu einer einzigen Konsequenz führt: alle Gegenstände der äußeren Welt müssen notwendigerweise mit räumlicher Ausdehnung ausgestattet sein. Dagegen ist seiner Auffassung nach „der geometrische Charakter dieser Ausdehnung allein eine Frage der Erfahrung“³³⁷.

Mit dieser Erkenntnis spiegelt Helmholtz im Allgemeinen bis zum heutigen Tag die Haltung der Physik gegenüber Kants Lehre vom Raum und der neuen Bedeutungen der nicht-euklidischen Geometrie wieder³³⁸.

Interessanterweise verliert auch die Diskussion um den absoluten Raum an Bedeutung. Man erkennt, dass in Gebieten der Mechanik diese Frage keinen Anteil am sachlichen Fortschritt bringen wird und der Begriff des absoluten Raumes für die praktische Physik eher nutzlos ist. Eine eigenartige schizophrene Situation veranlasst die Menschen in der Mitte des 19. Jahrhunderts auf der einen Seite an Newtons erfolgreichen Ideen von einer absoluten Zeit und einem absoluten Raum festzuhalten, während zur gleichen Zeit in der praktische Physik diese Begriffe keine Anwendungen mehr finden. In Poincarés Worten: „Wer vom absoluten Raum spricht, gebraucht ein Wort ohne Bedeutung“³³⁹.

Auch der schottische Physiker Clerk Maxwell (eigentlich James Clerk, 1831-1879) verfasste in seiner Schrift *Matter and Motion*³⁴⁰ eine Notiz über den absoluten Raum: „Der absolute Raum wird als immer sich gleich bleibend und unbeweglich gefasst. Die Einordnung der Teile des Raumes lässt sich ebenso wenig verändern wie die Reihenfolge der Zeitabschnitte.

³³⁵ Vgl. Jammer, M. (1980), S. 154

³³⁶ Vgl. Helmholtz, H.v. (1998), S.193-221

³³⁷ Helmholtz, H.v. (1998), S.193-221

³³⁸ Vgl. Helmholtz, H.v. (1998), S.154-155

³³⁹ Poincaré, H. (1906), S. 93 in Jammer, M. (1980), S. 161

³⁴⁰ Maxwell, J.C. (1920)

Zu denken, sie könnten ihren Platz verlassen, hieße denken, dass ein Platz von sich selbst wegrückt. Wie aber ein Zeitabschnitt sich von einem anderen Zeitabschnitt nur durch die verschiedenen Ereignisse in ihnen unterscheiden lässt, so lässt sich ein Teil des Raumes nur durch den Bezug auf den Platz materieller Gegenstände von einem anderen unterscheiden. Wir können die Zeit eines Ereignisses nur durch die Beziehung auf ein anderes Ereignis beschreiben und ebenso den Platz eines Körpers nur durch den Bezug auf einen anderen Körper. All unser Wissen von Zeit und von Raum ist seinem Wesen nach relativ³⁴¹.

Für die Physik, vor allem in der Mechanik, war es wichtig, räumliche Zusammenhänge geometrisch darstellbar zu machen. Dies setzte voraus, dass es eine vorgegebene Raumstruktur und Raummetrik gab, mit Hilfe derer annäherungsweise Aussagen über die Art und das Maß vom Raum gemacht werden konnte.

Wie Gosztonyi schreibt, etablierte sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in den Diskussionen um die Geometrie folgendes Grundproblem: „Ist die euklidische Geometrie in ihrer vorliegenden Ausgestaltung ausreichend, um die formal räumlichen und metrischen Probleme aller eruierten Phänomene der Natur hinlänglich exakt darzustellen? Ist die Struktur und die Metrik der physikalischen Wirklichkeit tatsächlich „euklidisch“³⁴²?

Die folgende Entwicklung hat gezeigt, dass sich die euklidische Geometrie nicht als die einzige behaupten konnte. Wie Gosztonyi weiter schreibt, zeigt sich eher, dass die physikalische Struktur des Raumes auch seine geometrische, in erster Linie seine metrische, bestimmt³⁴³. In einer „Krise der Anschauung“ im Hinblick auf die Geometrie, lässt sich erkennen, dass man die traditionelle Vorstellung von Geometrie aufgeben musste, um ihr einen völlig neuen Sinn zukommen zu lassen³⁴⁴. Die Entdeckung der nicht-euklidischen Geometrie kann somit als eine Voraussetzung für die Entstehung der modernen Physik betrachtet werden³⁴⁵.

Vor allem Gauss und Riemann führen mit ihren mathematischen Analysen die Bildung eines neuen Raumbegriffs in der Mathematik wie in der Physik zu einer entscheidenden Position.

Für Gauss ist die „anti-euklidische“ Geometrie logisch unanfechtbar, obwohl sie in ihrer Umsetzung auf den physikalischen Raum zu keinen positiven weltbewegenden Resultaten geführt hatte. Anhand astronomischer Beobachtungen soll versucht werden, mit Hilfe geometrischer Gesetze eine Grundlage für die hyperbolischen Geometrien zu finden. Dies geschieht in Versuchen zur Bemessung der Parallaxe von Sternen. Auf diese Art hofft Gauss - und später auch Lobachevski – die Annahme einer hyperbolischen Raumstruktur zu beweisen. Leider führen diese Versuche eines empirischen Beweises der nicht-euklidischen Struktur des Raumes, wie erwähnt, zu keinem Ergebnis. Aus dieser Tatsache zieht Lobachevski den Schluss, dass die euklidische Geometrie nur in der Praxis von Bedeutung ist³⁴⁶.

³⁴¹ Maxwell, J.C. (1920), S. 12 in Jammer, M. (1980), S. 156

³⁴² Gosztonyi, A. (1976), S. 469

³⁴³ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 469

³⁴⁴ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 469

³⁴⁵ Vgl. Gosztonyi, A. (1976), S. 472

³⁴⁶ Vgl. Jammer, M. (1980), S. 167

„Wie das auch sein mag, die neue Geometrie, für die hier nunmehr der Grund gelegt ist, kann, wenn sie auch in der Natur nicht besteht, nichtsdestoweniger in unserer Vorstellung bestehen, und wenn sie auch bei wirklichen Messungen außer Gebrauch bleibt, so eröffnet sie doch ein neues, weites Feld für die Anwendungen von Geometrie und Analysis aufeinander“³⁴⁷.

Auf theoretischer Ebene jedoch beeinflusst diese Geisteshaltung den Verlauf physikalische Forschung in entscheidendem Maß. In einem Aufsatz „über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen“³⁴⁸ schafft es Riemann, eine bedeutende Grundlegung für die allgemeine Theorie des Raumes zu schaffen, welche sich als ein „unentbehrliches Werkzeug“ für die höhere Mathematik und die theoretische Physik von Ricci, Beltrami, Christoffel, Lipschitz, Bianchi, Weyl und Einstein etablieren sollte³⁴⁹.

Dieser Aufsatz basiert auf den Arbeiten von Gauss, der sich schon 1815 mit geodätischen Problemen beschäftigt hatte und später im Auftrag der Regierung von Hannover als wissenschaftlicher Berater an einer umfassenden Vermessung von Hannover teilnahm. Die Verallgemeinerung dieser Arbeiten zur Gauss'schen Geometrie auf der Fläche durch Riemann, aber vor allem die Arbeit von Gauss über "Disquisitiones circa superficies curvas", die 1827 erscheint, bringt eine Fülle neuer Erkenntnisse mit sich, woraus schließlich das Fundament für die Differentialgeometrie geschaffen wird³⁵⁰. In Anlehnung an Gauss'sche Untersuchungen bezüglich der Krümmung einer Fläche³⁵¹ versuchte Riemann eine ähnliche Bestimmungen für den n-dimensionalen Raum bzw. für die räumliche Beziehung zwischen Körpern im Raum zu finden. Dies führt schließlich zu Definition der Riemannschen Krümmung³⁵². Bei dieser Bestimmung handelt es sich, wie zum ersten Mal durch F. Schur im Jahr 1886³⁵³ bewiesen wurde, um eine Konstante. Daraus ergibt sich, dass Isotropie an jedem Punkt eines Riemannschen Raumes herrscht, was seine Homogenität einschließt. Nach Jammer hatte dies zur Folge, dass am Ende des 19. Jahrhunderts die Isotropie des physikalischen Raumes als feststehende Tatsache hingenommen wurde.

Mit folgendem Ergebnis:

„1. die Riemannsche Krümmung ist überall Null, und der Raum ist euklidisch, oder 2. die Riemannsche Krümmung ist eine positiven Konstante, und der empirischen Raum ist sphärisch, oder 3. die Riemannsche Krümmung ist eine negative Konstante und der Raum ist hyperbolisch“³⁵⁴.

Obwohl diese Erkenntnis nichts wesentlich Neues gebracht zu haben schien, vermutete Riemann in ihr eine Möglichkeit zur Mitberücksichtigung von Materie im Raum³⁵⁵.

³⁴⁷ Lobacevskij, N.I. (1898-99), S. 24 in Jammer, M. (1980), S. 168

³⁴⁸ Riemann, B. (1867) in Jammer, M. (1980), S. 169

³⁴⁹ Vgl. Jammer, M. (1980), S. 169

³⁵⁰ Vgl. Jammer, M. (1980), S. 170

³⁵¹ Die Rede ist von der Gauss'schen Krümmung

³⁵² Vgl. Jammer, M. (1980), S. 177

³⁵³ Schur, F.: „Räume konstanten Krümmungsmaßes II“ Math. Ann. 27 (1886) in Jammer S. 178

³⁵⁴ Jammer, M. (1980), S. 178

³⁵⁵ Vgl. Jammer, M. (1980), S. 178.

Ähnlich wie es bei einem elektrostatischen Feld der Fall ist, dessen physikalische Struktur von der Verteilung magnetischer Pole oder elektrischer Ladungen abhängt, sieht Riemann die magnetische Struktur des Raumes durch die Verteilung von Materie bestimmt. Wie Jammer zutreffend erkennt, schreibt Riemann in „prophetischer Schau“ folgende Worte – „es muss also entweder das dem Raume zu Grunde liegende Wirkliche eine diskrete Mannigfaltigkeit bilden, oder der Grund der Maßverhältnisse außerhalb, in darauf wirkenden bindenden Kräften, gesucht werden³⁵⁶ - mit denen er quasi die zentralen Gedanken Einsteins zu Gravitationstheorie vorwegnahm.

Wie Einstein selbst in der Einleitung zu Max Jammers Buch *das Problem des Raumes*³⁵⁷ schreibt, wurde die Überwindung des absoluten Raumes bzw. des Inertialsystems erst dadurch ermöglicht, dass der Begriff des körperlichen Objektes als Fundamentalbegriff der Physik allmählich durch den des Feldes ersetzt wurde. Vor allem mit den Erkenntnissen von Maxwell und Faraday entwickelte sich seiner Meinung nach die Idee heraus, dass sich die gesamte physikalische Realität vielleicht als Feld darstellen lasse, dessen Komponenten von vier raum-zeitlichen Parametern abhängen.

„Sind die Gesetze dieses Feldes allgemein kovariant, d. h. an keine besondere Wahl des Koordinatensystems gebunden, so hat man die Einführung eines selbstständigen Raumes nicht mehr nötig“³⁵⁸. Um jedoch die Geometrie auf den physikalischen Raum erst einmal anwenden zu können, ist das System rein axiomatischer Geometrie ungenügend. Es bedarf eher einer Korrelation zwischen den geometrischen Begriffen des abstrakten Systems mit den physikalischen Objekten oder physikalischen Prozessen³⁵⁹.

Als einfachste und natürlichste Annahme sieht Einstein denjenigen Ansatz, der es versucht, „das physikalische Verhalten fester Körper mit den geometrischen Eigenschaften fester Körper in der euklidische Geometrie in Beziehung zu setzen, was jedoch nicht notwendigerweise einen euklidischen Raum voraussetzt“³⁶⁰.

Auf der Suche nach Begrifflichkeit des Raumbegriffs unterscheidet die moderne Physik deshalb zwischen zwei Arten von Veränderungen, die für physikalische Objekte in Frage kommen.

1. Zustandsänderung
2. Lageänderung

Aus diesen Überlegungen heraus, entwickelt Einstein die Ideen von praktisch-starren körperlichen Gegenständen, die auf Grund ihrer relativen Lage zu benachbarten Gegenständen von physikalischen Ausdehnungen unabhängig - d.h. unabhängig von absoluten Maßen und physikalischen Dimensionen - existieren.

Weil sich eine solche Ausdehnung jeglicher physikalischer Nachprüfbarkeit entzieht, führen diese Gedanken schließlich wieder zu der Annahme für das Vorhandensein eines absoluten Raumes: Der

³⁵⁶ Riemann, B. (1902), S.286 in Jammer, M. (1980), S. 178-179.

³⁵⁷ Jammer, M. (1980)

³⁵⁸ Einstein, A.: Vorwort zu "das Problem des Raumes" in Jammer, M. (1980), XVII

³⁵⁹ Vgl. Einstein: Journal of Franklin Institute 221 (1936) S. 313-347 in Jammer, M. (1980), S. 185

³⁶⁰ Vgl. Einstein, A. (1921) in Jammer, M. (1980), S. 185

physikalische Raumbegriff ist somit drauf und dran, im mathematischen Raum seine begriffliche Entsprechung zu suchen³⁶¹. Dies kann jedoch nur dadurch geschehen, dass die euklidische Geometrie der Riemannschen Geometrie weichen muss. Wie Jammer schreibt, folgt daraus, dass „die Raumstruktur der Physik in letzter Analyse nicht etwas Naturgegebenes oder vom menschlichen Denken Unabhängiges ist. Sie ist wenigstens teilweise eine Funktion unseres begrifflichen Schemas. Der Raum, wie ihn Newton begriffen hatte, erwies sich als Illusion, wenn auch als eine für praktische Zwecke sehr fruchtbare Illusion - so fruchtbar, dass die Begriffe des absoluten Raumes und der absoluten Zeit immer die Grundlage aller Alltagserfahrungen bleiben werden“³⁶². Im Gegensatz dazu ist man in der Wissenschaft auf dem Weg zu einer Theorie der allgemeinen Relativität von Raum und Zeit.

Um die wirkliche Welt beschreiben zu können, gelangte man zu dem Begriff des Feldes, welcher die vollständige räumliche Bestimmung wirklicher Gegenstände in Abhängigkeit von vier Koordinaten-Parametern gewährleisten soll. Dabei ist die räumliche Bestimmung dieser Gegenstände als Qualität des Feldes zu verstehen. Ohne eine Existenz des Feldes, lässt sich somit auch kein Raum denken, da der Raum keine unabhängige Existenz besitzt³⁶³.

In Anlehnung an diesen Feldgedanken gelangen Wissenschaftler am Anfang des 20. Jahrhunderts schließlich zu einer Verallgemeinerung des Riemannschen Raumes.

Ausgehend von einer Welt mit einer (3 + 1) dimensional gekrümmungsvarianten Mannigfaltigkeit (drei Raumdimensionen und eine Zeitdimension) versucht man zu einer integralen Invariante zu gelangen, die sich in Gestalt einer elektromagnetischen „Wirkungsgröße“, beruhend auf der Theorie Maxwells Feldtensors zeigen soll³⁶⁴.

In Versuchen, elektromagnetische Potenziale in die Metrik des Raumes einzuführen, gelangt man schließlich zu den bekannten Darstellungen eines n-dimensionalen Raumes³⁶⁵. Es erhärtet sich die Theorie von einer allgemeinen Relativität, durch die es ermöglicht sein soll, mit Hilfe einer Funktion die Metrik der Raumstruktur von Materie- und Energieverhältnissen darzustellen.

2.16 Der architektonische Raum

Bisher wurde versucht, zumindest ansatzweise einen Überblick über die mannigfaltigen Aspekte des Raumbegriffes aufzuzeigen.

Während die Mathematik daran interessiert war, vor allem auf strukturaltopologische, also relationale, Aspekte der Raumproblematik zu fokussieren, um Fragen der Dimensionalität zu lösen, suchte die Physik auf dem Weg des Experiments nach Antworten. Es zeigte sich, dass sich die

³⁶¹ Vgl. Jammer, M. (1980), S. 188

³⁶² Jammer S. 192

³⁶³ Vgl. Einstein, A. (1953), S. 163 in Jammer, M. (1980), S. 193

³⁶⁴ Vgl. Weyl, H.: Sitzber. preuß. Akad. Wiss. (1918) S. 465; Ann. Physik 59 (1919) S.101 in Jammer, M. (1980), S. 205

³⁶⁵ Vgl. Einstein und Mayer, Sitzber. preuß. Akad. Wiss. (1931) S. 541 ; (1932) S. 130 in Jammer, M. (1980), S. 206

verschiedenen Definitionen des Raumes auf den ersten Blick oftmals kontrovers erschienen und eventuelle Zusammenhänge erst bei näherer Betrachtung klarer werden. Deshalb ist es notwendig dieser Arbeit eine begriffliche Ausgangsposition zu Grunde zu legen, die es schafft, den verschiedenen Aspekten bisheriger Raumanalysen unter architektonischen Gesichtspunkten gerecht zu werden. Es geht um eine aktuelle Standortbestimmung des architektonischen Raumes in Bezug auf seine multisensuellen Qualitäten.

Der architektonische Raum geht aus dem Begriff Architektur hervor und ist das Produkt einer Situation, die in irgendeiner Form strukturiert wurde. Grundsätzlich ist es Definitionssache, ob Architektur erst durch das Zutun des Menschen entsteht oder bereits ohne dessen Zutun - quasi als Ergebnis eines natürlichen Prozesses - vorherrscht. Diesbezüglich kann man zu dem Schluss kommen, dass architektonische Formensprache letztlich unabhängig von Einflüssen des Menschen ist. Auf diese Weise wird auch eine Integration natürlicher Komponenten zur Konzeption von Architektur möglich. Dafür spricht auch eine etymologische Untersuchung des Wortes Architektur.

Architektur im ursprünglichen antiken Wortsinn geht aus zwei altgriechischen Wortwurzeln „arch“³⁶⁶ und „tekon“³⁶⁷ hervor. „Arch“ zum einen, bezeichnet das Anfangen, Anführen und Unternehmen, während „tekon“ das Erfinden, Hervorbringen, Verfestigen, Bilden und Bauen bezeichnet und somit einen konstruktiven Eingriff in eine vorherrschende „Ur-Situation“ beschreibt. Demnach ist es irrelevant, ob ein Mensch oder ein anderes intelligentes Lebewesen der Funke des „bauenden Unternehmens“ war. Wichtig hingegen ist, dass durch eine gezielte Maßnahme ein Ort definiert wird, der sich von seiner Umwelt (der Ur-Situation) abgrenzt, aber dennoch mit ihr in Verbindung steht³⁶⁸.

Termitenhügel verfolgen beispielsweise Prinzipien, die einen harmonischen Hintergrund vermuten lassen. Prüft man sie unter konstruktiven und raumklimatischen Richtlinien, so zeigt sich unweigerlich die Komplexität der Systeme, die einem Wunder der Natur gleichkommen. Dabei ergeben sich die Praktikabilität der Gebilde und deren bautechnische Details einzig aus den Bewegungsabläufen seiner Bewohner.

Folglich muss man davon ausgehen, dass die Konstellation von Raum in gleichen Maßen einem evolutionären Prozess unterliegt, wie auch der Mensch bzw. das Leben überhaupt auf diesem Planeten.

Soeben wurde darauf hingewiesen, dass sich Raum dadurch auszeichnet, dass er sich von einer Gesamtsituation abgrenzt, im Sinne Aristoteles also einem relativen Ort gleichkommt. Die raumbegrenzenden Orte können unterschiedlicher Art sein. Nach Jürgen Joedicke ist die Ausbildung der Raumgrenzen dafür zuständig, um welchen Raum es sich handelt. Er unterscheidet in seinem Buch *Raum und Form in der Architektur*³⁶⁹ in architektonischen, städtischen und natürlichen Raum³⁷⁰.

Der architektonische Raum des Menschen entsteht durch Grundelemente wie Wände, Decken oder Fußböden, Balken oder Bogen, Stützen oder

³⁶⁶ αρχη

³⁶⁷ τεχνη

³⁶⁸ In Kap. 3.4 *Raumorganisation* wird auf die Ambivalenz näher eingegangen.

³⁶⁹ Joedicke, J. (1985)

³⁷⁰ Joedicke, J. (1985), S. 14f.

Säulen. Er markiert einen Raum in einem Gebäude und grenzt sich gegenüber anderen Räumen in diesem Gebäude ab. Die Kombination mehrerer Räume bildet eine nächste Einheit, nämlich das Gebäude selbst. Das Gebäude wiederum ist in eine Situation eingebunden und begrenzt eine Straße oder einen Platz und bildet zusammen mit weiteren Gebäuden eine Gebäudeansammlung, einen Block und schließlich ein Dorf oder eine Stadt, also städtischen Raum. Manchmal ist dieser Raum von natürlichem Raum umgeben. Hier „wachsen“ Raumbegrenzungen und bilden erst Gräser, Büsche, Bäume, Wälder, Felsmassive und Ozeane - bis zum Schluss nur noch der Horizont als Grenzlinie auftaucht, der sich nur ab und zu durch den Verlauf der Sonne stören lässt.

Wie für die Termiten der Hügel, so ist auch primäre Funktion menschlicher Architektur Schutz³⁷¹: zum einen vor Witterung und natürlichen Kräften, zum anderen aber auch als Schutz vor der eigenen Spezies³⁷².

Mit der Entwicklung der menschlichen Zivilisation fallen der Architektur weitere Aufgaben zu: Sie umfassen neben den privaten und öffentlichen Bedürfnissen der Gesellschaft auch deren repräsentative Selbstdarstellung. Architektur ist gewissermaßen das Transportvehikel eines zivilisierten Wertesystems.

Urformen menschlicher Behausungen wie z.B. Höhlen³⁷³ oder die Urhütte³⁷⁴ hatten seit jeher den Zweck, den Menschen vor Einflüssen der

³⁷¹ Das gilt auch für die Erhaltung der Art.

³⁷² Auf diesen Punkt wird noch öfters im Verlauf dieser Arbeit eingegangen. z.B. Kap. 3.3.5 *Proxemik Theorie* oder 3.44 *Raumgrenzen*.

³⁷³ Wie es dazu kam, dass der Mensch sich die Natur zu Nutzen machte, um sich vor ihr zu schützen, lässt sich bei Marc-Antoine Laugier in seinem Essay über die Architektur nachlesen: „Let us look at man in his primitive state without any aid or guidance other than his natural instincts. He is in need of a place to rest. On the banks of a quietly flowing brook he notices a stretch of grass; its fresh greenness is pleasing to his eyes, its tender down invites him; he is drawn there and, stretched out at leisure on this sparkling carpet, he thinks of nothing else but enjoying the gift of nature; he lacks nothing, he does not wish for anything. But soon the scorching heat of the sun forces him to look for shelter. A nearby forest draws him to its cooling shade; he runs to find a refuge in its depth, and there he is content. But suddenly mists are rising, swirling round and growing denser, until thick clouds cover the skies; soon, torrential rain pours down on this delightful forest. The savage, in his leafy shelter, does not know how to protect himself from the uncomfortable damp that penetrates everywhere; he creeps into a nearby cave and, finding it dry, he praises himself for his discovery. But soon the darkness and foul air surrounding him make his stay unbearable again. He leaves and is resolved to make good by his ingenuity the careless neglect of nature. He wants to make himself a dwelling that protects but does not bury him. Some fallen branches in the forest are the right material for his purpose; he chooses four of the strongest, raises them upright and arranges them in a square; across their top he lays four other branches; on these he hoists from two sides yet another row of branches which, inclining towards each other, meet at their highest point. He then covers this kind of roof with leaves so closely packed that neither sun nor rain can penetrate. Thus, man is housed.“ in Laugier, M. (1977), Kap.1, S. 11,12

³⁷⁴ Älteste Spuren menschlichen Aufenthalts fand man 1966 in Nizza an der französischen Riviera. Bei Bauarbeiten eines Appartementhauses wurden in einer paläolithischen Erdschicht in 15-21 Meter Tiefe der älteste menschliche Fußabtritt und eine Konstruktion aus dicht nebeneinander in den Sand gesteckten Zweigen und Schösslingen gefunden. Die Behausung bestand, so vermutet man, aus dicht zusammengelegten, schräg gestellten Ästen, die ein Dach bildeten, wobei die Dachschrägen mit Laub und Fellen bedeckt sein mussten und schwere Steine das Astgefüge vor dem Abrutschen sicherten. Die Behausung des Homo erectus ist ca. 400000 v. Chr. entstanden. Vgl.

http://www.kunstwissen.de/fach/f-kuns/a_ant/altst01.htm

Außenwelt zu schützen und ihm ein bergendes Heim zu sein. Mit dieser Handlung beginnt eine klare Strukturierung von Räumlichkeit, einhergehend mit der Definition von Innen und Außen.

Einen prominenten Hinweis über den Sinn und Zweck von Architektur lässt sich in den antiken Schriften *De Architectura Libri Decem*³⁷⁵ des Marcus Vitruvius Pollio finden. Vitruv ist der einzige aus der Antike überlieferte umfassende Architekturtheoretiker. Seine klare Lehre, nach welcher die Architektur auf drei Prinzipien, nämlich Schönheit (*Venustas*), Stabilität (*Firmitas*) und Nützlichkeit (*Utilitas*)³⁷⁶ basiert, hatte entscheidenden Einfluss auf die Generationen nach ihm und kam in der Renaissance zur neuen Blüte. Vitruv entwickelt das Wesen der Architektur in einer höchst geistreichen Weise und stützt die Erscheinungsformen von Architektur auf seine sechs ästhetischen Kategorien, die als spirituelle Faktoren, wie Jakob Prestel schreibt, in „unzertrennlicher Verbindung mit den entsprechenden Fachkenntnissen bis heute die Vorbedingungen einer kunstgerechten Bauschöpfung erfüllen.“³⁷⁷

Wenn Architektur errichtet wird, die sich von gebauter Konstruktion ohne ästhetischen Anspruch abheben soll, dann geht es nicht mehr nur um die ursprünglichsten Funktionen des Schutzes, sondern um einen umfassenden kulturellen Anspruch eines komplexen sozialen Gefüges, dessen Rahmen die Architektur zu sein hat. Das heißt, dass die Urhütte (bzw. die Höhle oder das Nest), auf das Vitruv die Urformen der Architektur zurückführt, mit neuen Werten beladen wird (s.o). Eine Weiterführung der antiken Bauphilosophie Vitruvs geschieht Ende des 15. Jahrhunderts durch Leon Battista Alberti. Er verlangt eine Architektur nach Harmonie und Einklang aller Teile, die so erreicht wird, dass nichts weggenommen, zugefügt oder verändert werden könnte, ohne das Ganze zu zerstören.³⁷⁸

Dieser Entwicklung überdrüssig entwickelt sich Mitte des 18. Jahrhunderts am Vorabend der französischen Revolution eine Contra-Haltung, die sich in einer Kritik an der Heruntergekommenheit der modernen Gesellschaft äußert. Vor allem der Jesuit Marc-Antoine Laugier predigt in seinem Traktat *Essai sur l' Architecture*³⁷⁹ eine Rückkehr zur Urhütte³⁸⁰ und eine Besinnung auf den Ursprung von Mensch und Architektur in der Natur, in der die Menschen in Unabhängigkeit und ohne einander zu unterdrücken lebten. Die Rede ist von einer essentiellen Schönheit, die ihre Regeln einzig aus der einfachen Natur bezieht, die sich auch im heutigen Architekturdiskurs widerspiegelt und Tendenzen von „Low-Tech“ Architektur und „bionischer“ Architektur markiert.

³⁷⁵ Vitruvius, (1987)

³⁷⁶ Haec autem ita fieri debent, ut habeatur ratio firmitatis, utilitatis, venustatis. Firmitatis erit habita ratio, cum fuerit fundamentorum ad solidum depressio, quaque e materia, copiarum sine avaritia diligens electio; utilitatis autem, <cum fuerit> emendata et sine inpeditione usus locorum dispositio et ad regiones sui cuiusque generis apta et commoda distributio; venustatis vero, cum fuerit operis species grata et elegans membrorumque commensus iustas habeat symmetriarum ratiocinationes.

³⁷⁷ Im Kommentar von Jakob Prestel zu Vitruvius, (1987), S. 17

³⁷⁸ Alberti, L.B. (1991 = 1912)

³⁷⁹ Laugier, M. (1977)

³⁸⁰ "Let us never lose sight of our little rustic hut" in Laugier, M. (1977), S. 12

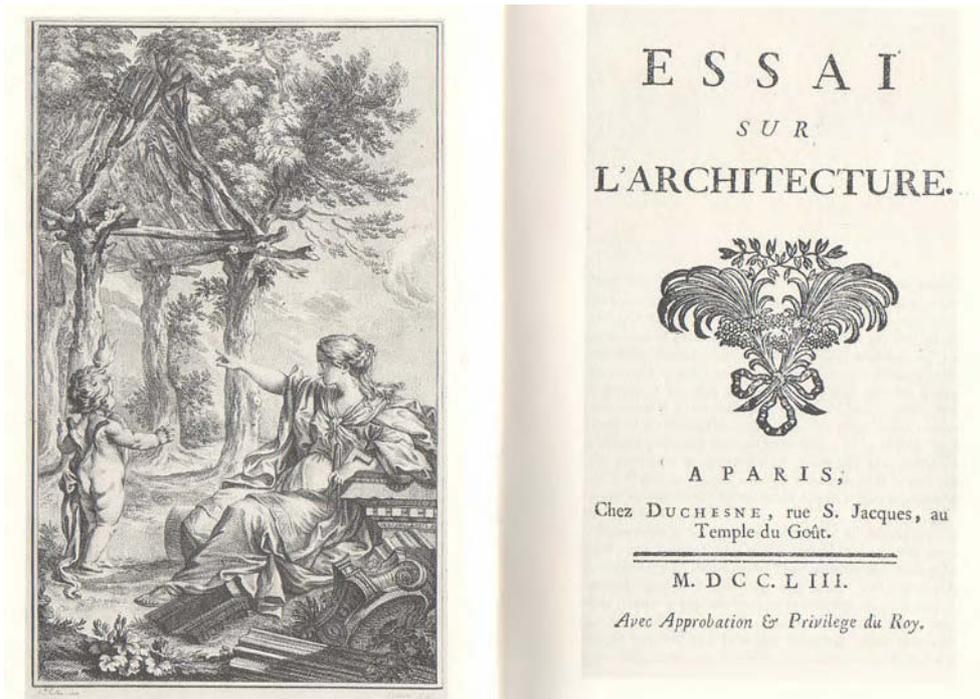


Abb. 2.16-a: Urhütte aus Laugier, M. (1977)

Architektur ist ein Konglomerat aus Strukturen und Eigenschaften, die in Verbindung mit individuellen Attributen das wahrgenommene Raumgefühl formen, welches für das Empfinden von Architektur verantwortlich ist. Architektur lässt sich folglich in objektive und subjektive Komponenten unterscheiden. Im kommenden Kapitel wird auf ihre Unterschiede eingegangen.

Es gibt mannigfaltige Versuche, Architektur einzuordnen. Dennoch bilden sich (nach Meinung des Verfassers) stets zwei verschiedene architektonische Raumtypen heraus, die wiederum eine Einstufung grundsätzlicher Art ermöglichen:

der *Raumbehälter* und das *Raumfeld*.

In Anlehnung an Jürgen Joedicke lassen sie sich wie folgt voneinander unterscheiden:

1. Der Raum als umschlossenes Kontinuum - ein abgegrenzter Raumbehälter der Diskontinuität – ist gekennzeichnet durch große äußere (periphere) und geringere innere (nicht periphere) Raumdichte.
2. Der Raum als Feld zwischen Körpern (kontinuierlich) – Raumfeld – ist gekennzeichnet durch geringere äußere (periphere) und geringere innere (nicht periphere) Raumdichte.
3. Bei Körpern hingegen ist sowohl die innere (nicht periphere) als auch die äußere (periphere) Raumdichte groß.³⁸¹

Falls die Beziehung der architektonischen Körper statisch bleibt, wird der Raum als Folge partieller Wahrnehmung erfahren. Jürgen Joedicke spricht deshalb vom „Raum als Summe der nacheinander erfahrenen Beziehungen

³⁸¹ Vgl. Joedicke, J. (1985), S. 18

zwischen Orten³⁸², dessen Erscheinung in der Praxis von drei wesentlichen Faktoren bestimmt wird:

1. von der Art der Ausbildung
2. von der Art der Oberflächengestaltungen (Baustoff, Farbe, Struktur)
3. von der Art der Belichtung und Beleuchtung.³⁸³

Das Bauen verkörpert das Eindringen des Bereichs der Materie in den Bereich des leeren Raumes. Die Basis menschlichen Handelns wird nach oben, heraus aus der Sicherheit des vertrauten Erdbodens, verlagert und den Elementen ausgesetzt, die im offenen Raum wirksam werden. Der Akt des Bauens ist eine Möglichkeit, den Raum physisch zu strukturieren. Dies geschieht mittels *raumstrukturierender* Elemente, zu denen auch *Raum begrenzende* Maßnahmen zählen.

Durch eine Mauer etwa werden Bereiche voneinander getrennt, so dass ein Diesseits und ein Jenseits der errichteten Grenze entsteht, was wiederum Auswirkungen auf die Raumorganisation hat und als maßgebend für eine Einstufung gemäß der obigen Raumtypisierung gelten und nach wie vor als wesentlicher Faktor bei der Konstellation von Räumen angesehen werden kann.

In folgenden Kapiteln wird diesbezüglich auch von einem ambivalenten Verhalten raumstrukturierender (begrenzender) Elemente im Raum gesprochen. Vor allem in Bezug auf einen Einsatz von Technologie im Raum erwächst diese Gegebenheit zur neuen Bedeutung.

Was die Proportion von Räumen angeht, kommt dem Anschauungsgewicht eines Gebäudes oder eines Objektes eine bedeutende Rolle zu. Es hängt von seiner Größe bzw. von seiner Größe im Verhältnis zum betrachtenden Mensch ab.

Grundlegende Überlegungen hinsichtlich Maß, Proportion und Zahl lassen sich ausführlich bei Vitruvius, Alberti, Palladio und Le Corbusier verfolgen. Sie werden in Kapitel 3.2.3 *Proportionsschemata beim Menschen* behandelt.

Durch das Angebot von Einheiten am Gebäude, die sich an menschlichen Maßstäben orientieren, baut ein Raum oder ein Gebäude eine zweckdienliche Beziehung auf. Diese kann entweder als eine traditionelle, im Boden verankerte Geste des Hauses verstanden werden, die stets die produktive Rolle des „kontrapunktischen Gegengewichts der Beweglichkeit des Menschen gespielt hat“³⁸⁴ oder aber als Universalarchitektur mit mobilen Möglichkeiten frei von Zwängen, frei von Riten, frei von regionalen Gegebenheiten. Man spricht demgemäß von statischer oder mobiler Architektur.

Hierbei kommt die irreführende Frage auf, welche Funktion der Architektur in der heutigen Zeit zukommt: Ist es ihre Aufgabe auf die vorherrschende Schnelllebigkeit westlicher Industriegesellschaften oder denen, die deren Idealen nacheifern, zu reagieren oder sollte sie vielmehr dem Menschen, der auf der Flucht vor dieser Hektik ist, ein Zuhause sein?

Reinhard Marz spricht in diesem Zusammenhang von „einer Sehnsucht

³⁸² Joedicke, J. (1985), S. 22-23

³⁸³ Vgl. Joedicke, J. (1985), S. 20

³⁸⁴ Arnheim, R. (1980), S. 51

nach größerer Gelassenheit und Konzentration, nach einem Zur-Ruhe-Kommen jenseits privater Intimität, aber diesseits einer ins Unendliche zielenden Transparenz³⁸⁵.

„Ist schon die Zukunft ungewiss, bedürfen wir offenbar der Versicherung unserer Wurzeln, um uns gegen die Wechselfälle der Gegenwart zu stabilisieren.“³⁸⁶

Natürlich ist es nicht möglich, auf diese Frage eine eindeutige Antwort zu geben, da der Nutzen bzw. der Zweck einer Architektur ihr Wesen bestimmt und rechtfertigt.

Das heißt, dass auf Grund differierender Ansprüche an den architektonischen Raum auch der Grad der Mobilität variiert.

Bewertet man eine Architektur nach ihrem Nutzungsgrad, so gibt es schlüssige Vorgehensweisen³⁸⁷, um den Wert einer Architektur zu bewerten und daraus ihre Qualität zu ermitteln. Im nächsten Kapitel werden anhand historischer Beispiele mögliche Verfahren³⁸⁸ aufgezeigt.

Auf der anderen Seite unterliegt architektonischer Raum Gesetzen, die ein tieferes Verständnis für das menschliche Wesen verlangen und manchmal nur schwer messbar sind: Die Rede ist von psychologischen Faktoren in der Architektur. Hier spielen Stimmungen, kultureller Hintergrund und Veranlagung eine dominante Rolle. Oftmals sind es aber auch Faktoren, die sich nur unterbewusst auswirken und von der Wissenschaftlich noch nicht eingehend oder gar nicht untersucht wurden. Generell könnte man diesbezüglich von magischen Komponenten einer Architektur sprechen. Von ihnen kann es abhängen, ob eine Architektur dazu auserwählt ist, eine gewisse Zeit zu überdauern und von der Bevölkerung angenommen zu werden.

Reinhard Matz schreibt, dass in der Würde, altern zu können - wozu nicht jeder Raum befähigt ist - die Seele eines Raumes liege. „Neue Räume zeigen noch keine Spuren, haben keine Geschichte und sind von abweisend geheimnisloser Transparenz. Es muss noch in ihnen gelebt werden, damit wir uns in ihnen wohl fühlen können. Neue Räume können keine Einfühlung nahe legen, denn sie tragen die Zeichen von Diskontinuität.“³⁸⁹ Matz spricht von der Geschichtslosigkeit neuer Gebäude: „Alles scheint die Zeit vergessen machen zu wollen“ und verweist dabei auf die Glätte der Baumaterialien, die weißen Wände, die angestrebte Lichtkonsistenz und die sterile Sauberkeit. „Kein Material, das arbeiten, sich verändern, Patina ansetzen kann.“³⁹⁰

Natürlich sind diese Worte nur bedingt richtig, denn genauso wie alte Architektur existiert, die, obwohl sie auf eine lange Geschichte zurückblicken kann, manchmal nur Neuem den Weg verbaut, gibt es junge

³⁸⁵ Matz, R. (1990)

³⁸⁶ [=Matz, R. (1990) in *Die Musealisierung des Blicks*

³⁸⁷ Stets war der Mensch zentraler Aspekt baulicher Bemühungen, weshalb auch versucht wurde, ihn als Maßstab für eine qualitative Architektur heran zu ziehen. Hierfür wurden die menschliche Anatomie und ihre Bewegungsgewohnheiten beleuchtet, um gemäß ihnen ökonomischen Raum zu formen. Unter diesen Gesichtspunkten wird der Raum qualitativ messbar. Vgl. Kap. 3.2.3 *Proportionsschemata beim Menschen*

³⁸⁸ Vgl. Kap. 3.2.3 *Proportionsschemata beim Menschen*

³⁸⁹ Matz, R. (1990) in *Der alte Raum*

³⁹⁰ Matz, R. (1990) in *Die Musealisierung des Blicks*

Architektur, deren Erscheinung bereits große Wirkung auf seine Nutzer auszuüben vermag.

Es zeigt sich, dass es notwendig ist, den Faktor *Zeit* bei den Überlegungen zum multisensuellen Raum zu berücksichtigen.

Das gilt nicht nur für die Zeitspanne, die die Existenz eines Raumes selbst ausfüllt, sondern auch in den Zeitspannen, die von den Nutzern eines Raumes durchlebt werden. Wie im Kapitel *Raum und Bewegung* gezeigt wird, zeigen sie sich in den Handlungszusammenhängen des Menschen – einem konsekutiven Erleben von Raum³⁹¹.



Abb. 2.16-b: Therme in Vals³⁹², Architekt Peter Zumthor

In Sigfried Giedions Buch *Raum, Zeit, Architektur: die Entstehung einer neuen Tradition*³⁹³ wird auf den Bezug zum Kubismus hingewiesen, der neben den drei Dimensionen eine weitere erkennt, die sich in der Folge von Wahrnehmungen durch den Betrachter auf Grund des Zeitmoments zeigt. Ähnliches gilt für die Architektur und die Wahrnehmung im Raum. Erklärend können hier die Worte Joedicke herangezogen werden. Er sagt: „Die Raumwahrnehmung ist abhängig vom jeweiligen Standpunkt des Wahrnehmenden und verändert sich gemäß den Änderungen des Standpunktes; die Raumgeometrie dagegen ist unabhängig vom zufälligen Standpunkt und gibt ein „objektives Bild“ der Beziehungen zwischen den architektonischen Körpern.

Die Raumgeometrie erfasst die Lage und Beziehungen dieser Körper, sie bedarf dazu der drei Koordinaten Länge, Breite und Höhe. Der geometrisch fassbare Raum ist also dreidimensional.

Die Wahrnehmung erfasst die Lagebeziehungen der Körper von einem bestimmten Standpunkt aus, aber auch sie ist gebunden an die Dreidimensionalität des körperlichen Aufbaus. Sie erfasst jedoch immer nur einen Ausschnitt des Wahrnehmungsmöglichen.

Was wir als Raumwahrnehmung kennzeichnen, ist also immer die Folge einer Reihe partieller Wahrnehmungen (...). Raum (ist) die Summe der nacheinander erfahrenen Beziehungen von Orten. Die Zeit ist (...) die Folge

³⁹¹ Vgl. Joedicke, J. (1985), S. 21

³⁹² Peter Zumthor schreibt über die Therme von Vals: „Berg, Stein, Wasser - Bauen im Stein, Bauen mit Stein, in den Berg hineinbauen, aus dem Berg herausbauen, im Berg drinnen sein -, wie lassen sich die Bedeutungen und die Sinnlichkeit, die in der Verbindung dieser Wörter stecken, architektonisch interpretieren, in Architektur umsetzen? Entlang dieser Fragestellungen haben wir das Bauwerk entworfen, hat es Schritt für Schritt Gestalt angenommen.“ In Peter Zumthor, (2004)

³⁹³ Giedion, S. (2000)

unserer Wahrnehmungen und keinesfalls vergleichbar mit den drei Dimensionen des Raumes. Und da dieses Zeitmoment eine Grundtatsache menschlicher Wahrnehmung ist, gilt es ebenso für die Betrachtung moderner wie älterer Räume und Bauten. Es ist also reine Spekulation zu unterstellen, dass der moderne Raum im Gegensatz zum Raum der Renaissance vierdimensional sei.“³⁹⁴

Joedicke schließt daraus, dass der Weg, den ein Betrachter im Raum zurücklegt, für die Art des Raumerlebnisses, das als Summe partieller Wahrnehmungen definiert wurde, entscheidend ist. Demgemäß ist die Organisation eines Gebäudes elementares Gestaltungsmittel der Architektur³⁹⁵.

³⁹⁴ Vgl. Joedicke, J. (1985), S. 22

³⁹⁵ Vgl. Kap. 3.4 *Raumorganisation*

Kapitel 3: Mensch und Raum

3.1 Wahrnehmung und Raum

Mögliche architektonische Ansätze aufzuzeigen, die es einerseits vermögen, auf die rapiden Entwicklungszyklen modernster Technologien zu reagieren, aber gleichzeitig den menschlichen Maßstab nicht aus den Augen zu verlieren, ist das fundamentale Anliegen dieser Arbeit. Als optimales Ergebnis geht aus diesem Anliegen der multisensuelle architektonische Raum hervor.

Um dieses Ergebnis zu erreichen, wurde anfänglich ein Übersichtssystem (Dreikomponentensystem) entwickelt, welches die Kernfaktoren, bestehend aus Mensch, Raum und Technologie aufzeigt¹.

Während im vorausgehenden Kapitel das Wesen des Raumes unter philosophiegeschichtlichen Gesichtspunkten betrachtet wurde, soll in diesem Kapitel näher auf die Beziehung zwischen Raum und Mensch eingegangen werden.

Seit fast 3000 Jahren beschäftigt sich der Mensch nachweislich mit der Betrachtung von Raum und seiner Wirkung auf ihn² und schon immer offeriert der Raum für den Menschen ein sensuelles Potenzial. Dieses Potenzial ist an die menschlichen Sinnesorgane adressiert und ist verantwortlich für das individuelle Erleben von Räumlichkeit. Hierbei spielen mehrere Faktoren eine Rolle. Sie sollen im Verlauf dieses Kapitels untersucht werden. Das Erleben von Räumlichkeit geht mit dem Problem des Raumes einher. Jeder Raum³ offeriert dem Menschen ein Angebot zur Wahrnehmung von Raum.

Das Feld der Wahrnehmung bietet sowohl auf naturwissenschaftlicher als auch auf philosophischer Ebene Anlass für intensive Forschung. Aufgrund der Fülle des Materials auf diesem Gebiet ist es deshalb ratsam, sich thematisch einzugrenzen.

Thema dieses Kapitels ist der menschliche Umgang mit Raum. Das setzt eine Auseinandersetzung mit den Problemen menschlicher Raumwahrnehmung und des Wahrnehmungsraumes voraus. Hierfür bietet es sich an, die philosophiegeschichtliche Untersuchung des Raumes aus dem vorhergehenden Kapitel dieser Arbeit um sinnespsychologische Aspekte menschlicher Wahrnehmung zu erweitern. Es gilt herauszuarbeiten, auf welchen Wegen ein Mensch sich seiner Umgebung bewusst wird, welche Faktoren bei der Entstehung eines Raumgefühls von Bedeutung sind und wie man in diesen Prozess künstlich eingreifen kann. Die gefundenen Erkenntnisse fließen anschließend in das Kapitel Mensch, Raum und Technologie ein. Dies hat zur Folge, dass sich der Kern der Überlegungen zur Wahrnehmung im Raum primär auf konstruktive, formästhetische und funktionale Aspekte stützt, wohingegen mathematische und physikalische Fragestellungen nur tangiert werden. Das Gleiche gilt für die psycho-

¹ Vgl. Kap. 1 *Einleitung*

² Vgl. Kap. 2.1 *Anfänge des Raumbegriffs*

³ seien es nun frühe architektonische Leistung des Menschen wie z.B. die „Urhütte“. Vgl. hierzu Vitruvius, (1987) oder die majestätische Kuppel des Pantheon in Rom (118-128 n. C.).

zerebrale Wahrnehmungsforschung, die es sich zur Aufgabe gemacht hat, das Leib-Seele Problem zu ergründen. In Hinblick auf einen anthropomorphen Umgang mit dem architektonischen Raum ist es interessanter, diese Fragestellung durch eine Diskussion zu ersetzen, um so näher auf das Verhältnis von Leib und Körper einzugehen⁴.

Vor allem der menschlichen Bewegung im Raum kommt dabei eine Schlüsselfunktion zu. Hierbei wird insbesondere auf Abhandlungen von Hermann Schmitz, Wolfgang Meisenheimer, Gaston Bachelard und Helmuth Pleßner eingegangen. Ferner kommt - nach Meinung des Verfassers - der Arbeit Michael Dücks *Der Raum und seine Wahrnehmung*⁵ Bedeutung zu.

Den Wert eines Raumes erfährt eine Person über die Folge von Sinneseindrücken und das Wechseln der Blickpunkte – also einem „konsekutiven Erleben“⁶. Dieses Erlebnis setzt jedoch die eigene Bewegung im Raum voraus. Wenn sich eine Person durch den Raum bewegt, unterliegt sie anatomischen Gesetzmäßigkeiten. Rhythmische Bewegungen des Menschen beschreiben eine definierte Gehlinie, die als Spuren im Raum wahrzunehmen sind. Der Tanzwissenschaftler Rudolf von Laban führte bemerkenswerte Untersuchungen auf diesem Gebiet durch, auf die im dritten Abschnitt dieses Kapitels eingegangen wird. Sie führten ihn schließlich zur bekannten „Kinetographie“ Laban, die auch noch heute eine weit verbreitete Lehrmethode in den Wissenschaften des Tanzes ist. Es handelt sich dabei um eine Bewegungsschrift, die vor allem dazu dient, Tänze und Bewegungswerke jeglicher Art oder jeden Stils festzuhalten.

Einen weiteren Einblick in die Vielfalt menschlicher Bewegung kann man anhand der Bühnengestalterischen Ansätze aus der Zeit des Bauhaus von Oskar Schlemmer, László Moholy-Nagy und Farkas Milnar erfahren. Vor allem das Triadische Ballett Schlemmers und neue Raumkonzepte der „Visionen der Bewegung“ von Moholy-Nagy, die in einer Partiturskizze zu einer mechanischen Exzentrik für eine Bühne der „Vielsinnlichkeit“⁷ festgehalten sind, können interessante Erkenntnisse in Hinblick auf eine Vielsinnigkeit eines Raumes liefern.

Auch in der Sendai Mediatheque⁸ von Toyo Ito wurden Versuche unternommen, menschliche Bewegung im Raum zu katalogisieren. Mittels Bewegungsdiagrammen wurden hier mehr oder weniger frequentierte Bereiche festgehalten und in einem Schaubild verdeutlicht. Es fällt gleich auf, dass sich der Hauptbesucherstrom meistens um die tragenden Strukturen eines Bauwerkes sammelt.

⁴ Vgl. Kap. 3.2 *Körper und Leib*

⁵ Dück, M. (2001)

⁶ Arnheim, R. (1980), S.136f.

⁷ eine Synthese von Form, Bewegungen, Ton, Licht, Farbe und Geruch, Vgl. Kap.

3.3.1.2

⁸ Bauzeit 1995-2001

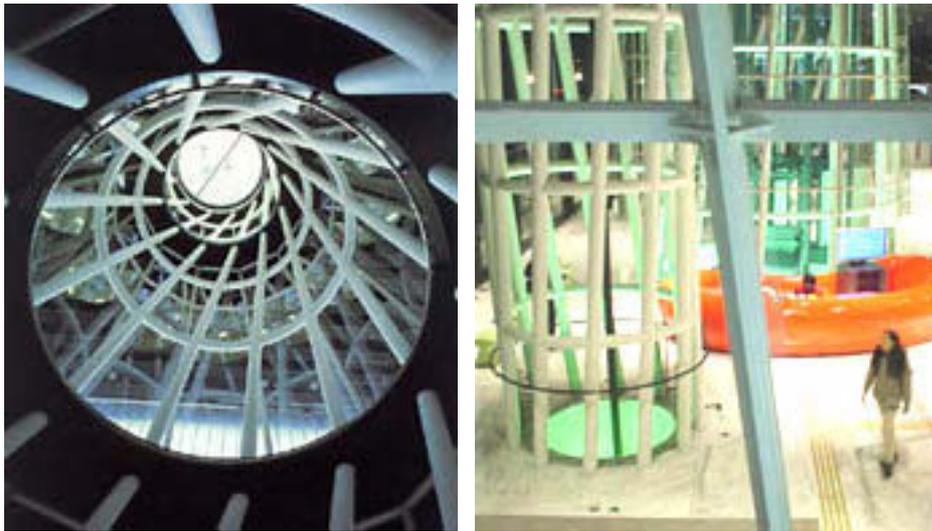


Abb. 3.1-a: Toyo Ito, Sendai Mediatheque, Tragkonstruktion, 2001

Bei der Wahrnehmung von Raum geht es darum, sich der Beschaffenheit des Raumes bewusst zu werden. Sie drückt sich in den Raumeigenschaften aus. Als wichtigste Eigenschaften sind die Größe eines Raumes, seine Proportionen, das Klima, die Lichtverhältnisse, die verwendete Materialien, seine Klanglichkeit und die Farbwahl zu nennen. Ihre richtige Verwendung ist gemäß Vitruvius Pollio für den architektonischen Wert eines Bauwerks verantwortlich:

„Diese Schöpfungen müssen aber insgesamt in der Weise angeordnet werden, dass bei ihrer Errichtung der Dauerhaftigkeit (Firmitas), Zweckmäßigkeit (Utilitas) und Schönheit (Venustas) die gebührende Beachtung geschenkt wird.“⁹

Die Fertigkeit des Menschen, diese Eigenschaften zu erkennen, kann mit Raumwahrnehmung beschrieben werden. Sie beschreibt die Fähigkeit eines Individuums aus einer Fülle von informativen Reizen das Gesamtbild einer räumlichen Situation zu filtern. Der Architekturtheoretiker Jürgen Joedicke geht direkt auf diesen Zusammenhang ein und betont, dass ein Raum bei verschiedenen Menschen durchaus unterschiedliche Reaktionen auszulösen vermag, was er auf eine Filterung (s. Abb. unten) der Raumwahrnehmung durch eine subjektive Variable zurückführt. Diese Variablen können persönliche Erinnerungen und die individuelle Entwicklung einer Person (Ontogenese) sein. Weitere Faktoren sieht Joedicke in phylogenetischen Einflüssen – also Kultur, Tradition und das Herkommen aus einem bestimmten Land oder aus einer bestimmten Region.¹⁰ Auf diesem Weg gelangt Joedicke zu dem Begriff des Raumerlebnisses. Auch Michael Dück wird diesen Ansatz verfolgen. Er hingegen wird weiter unten von einer subjektiven Färbung sprechen, die maßgeblich an der Entstehung

⁹ Vitruvius, (1987), Kap. 3.2, S. 26

Haec autem ita fieri debent, ut habeatur ratio firmitatis, utilitatis, venustatis. Firmitatis erit habita ratio, cum fuerit fundamentorum ad solidum depressio, quaque e materia, copiarum sine avaritia diligens electio; utilitatis autem, <cum fuerit> emendata et sine inpeditione usus locorum dispositio et ad regiones sui cuiusque generis apta et commoda distributio; venustatis vero, cum fuerit operis species grata et elegans membrorumque consensus iustas habeat symmetriarum ratiocinationes.

¹⁰ Vgl. Joedicke, J. (1985), S. 9

des individuellen Wahrnehmungsraumes beteiligt ist. Doch zunächst soll auf die Funktion menschlicher Sinnesorgane eingegangen werden.

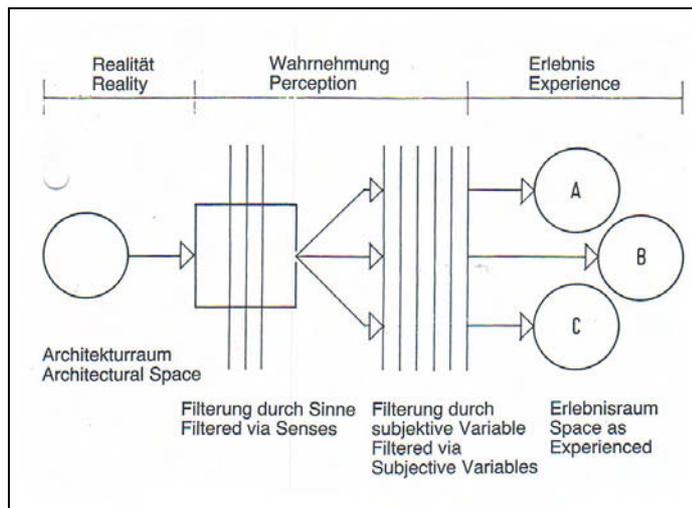


Abb. 3.1-b: Raumwahrnehmung und Raumerlebnis. Entnommen aus Joedicke, J. (1985), S. 10

3.1.1 Wahrnehmung und Funktion

„In ihrem alltäglichen Vollzug imponiert die Wahrnehmung als fragloses Faktum. Durch sie gewinnen wir Anschluss an die Welt, werden uns einer äußeren Realität bewusst. Die uns durch unsere Wahrnehmung gegebenen Dinge konstituieren für uns die Welt. Wahrnehmung hilft uns auch, mit dieser Welt umzugehen und sie zu verändern, denn durch sie erleben und kontrollieren wir die Folgen unseres Handelns. Unsere Fähigkeit wahrzunehmen kann uns, wenn wir tagträumen, „zurückholen,“ in die Realität, z.B. durch ein plötzliches Geräusch. Wahrnehmung hilft uns sogar, lebensbedrohliche Situationen zu realisieren und zu vermeiden.

Wahrnehmung leistet das oben Beschriebene, weil sie unmittelbar und verlässlich erscheint. Sehen wir ein Haus, so bestätigt sich das visuell Wahrgenommene in Handlungszusammenhängen, wir können das Haus betreten und benutzen. Im alltagspraktischen Umgang verifiziert sich, was wir wahrgenommen haben und umgekehrt nehmen wir Produkte unserer Tätigkeit wahr. Dies alles bedeutet, dass wir uns auf unsere Wahrnehmung verlassen. Sie erscheint fraglos.

Wahrnehmung in diesem Sinne bedeutet vor allem das Wahrnehmen physikalischer Gegenstände der Außenwelt. Sie kann sich aber auch auf innere Zustände wie Erinnerungen und Gefühle beziehen, die zweifelsohne eine Realität besitzen und sogar Ursache und Motivation für ein Handeln in der (physikalischen) Außenwelt darstellen können. (...)

Für den natürlichen Menschenverstand repräsentiert vor allem die Wahrnehmung in der eingeschränkten Form der äußeren Sinneswahrnehmung die Grundlage seines Weltbildes: Auf der einen Seite steht das zur sinnlichen Wahrnehmung befähigte Subjekt, auf der anderen Seite breitet sich die objektive Realität aus, die das Subjekt

durch den Wahrnehmungsakt für sich gewinnt, und zwar unverändert und unbeeinflusst von der beobachtenden Person.“¹¹

In wie weit die objektive Realität - und gemeint ist der architektonische Raum, der das menschliche Wesen überspannt - in Zukunft „unbeeinflusst von der beobachtenden Person“ bleibt, wird sich als eine philosophische Grundfrage manifestieren, die in Kapitel fünf dieser Arbeit diskutiert werden soll.

Wenn man näher auf die Beziehung zwischen Mensch und Raum eingeht, so kommt man unweigerlich auf die gegenseitige Abhängigkeit von Wahrnehmung - Raumwahrnehmung im Speziellen - und Wahrnehmungsraum. Sie werden nun eingehend untersucht und dienen als Einstieg für die Analyse menschlicher Wahrnehmungssysteme. Mit ihrer begrifflichen Auseinandersetzung ist es möglich, die Position des Menschen bei der Entwicklung eines multisensuellen Milieus aufzuzeigen.

3.1.2 Wahrnehmung, Raumwahrnehmung und der Wahrnehmungsraum

Bei der Wirkung eines Raumes auf den Menschen sind mehrere Faktoren beteiligt. Der Mensch erlebt aufgrund seiner verschiedenen Sinnesmodalitäten räumliche Eigenschaften. Dieses Erleben drückt sich in der individuellen Interpretation von Raumwahrnehmung zu einem Raumerlebnis aus.

Um zu einer Raumwahrnehmung zu gelangen, die anschließend zu einem Erlebnis subjektiviert werden kann, greift der Mensch auf seine „Werkzeuge“ zur Wahrnehmung von Raum zurück. Sie machen räumliche Information erfahrbar.

Hierzu zählt etwa die Orientierung im Raum, dessen visuelle Wahrnehmung oder das Wahrnehmen von Geräuschen im Raum, die entstehen, wenn ein Raum durchschritten wird. Bei derlei Handlung wird sich eine Person ihres Körpers bewusst. Dieses Körperempfinden entsteht bei Bewegung im Raum. Gelenke und Muskeln geben Auskunft über die eigene Position im Raum – oben, unten, vorn, hinten – wobei der Körper das Bezugssystem im Raum darstellt. (Vgl. Abschnitt 3.2.1) Man geht über einen harten oder einen weichen Boden, bewegt sich auf einer Treppe nach oben oder unten und wird gleichzeitig von den klimatischen Bedingungen, die im Raum vorherrschen, beeinflusst.

Meisenheimer spricht in diesem Kontext von der Eroberung des Raumes als „gebaute Atmosphäre“¹² durch den menschlichen Leib auf Grund von Suchbewegungen durch Gehen, Kopf- und Körperdehnungen, Hören, Augenbewegungen, Tasten der Füße, Fühlen der Haut usw.^{13 14}

Meisenheimer führt diesen Gedanken fort und schreibt: „Im architektonischen Raum werden sinnliche Empfindungen wie kalt / warm, hell / dunkel, hart / weich etc. nicht als isolierte Reize wahrgenommen, sondern eingebunden in einen Erlebnis-Zusammenhang von Dingwelt und Selbst. Es ist der Stein, der mir kalt vorkommt, der Teppich, der

¹¹ Dück, M. (2001), S.21

¹² Vgl. Meisenheimer, W. (2004), S. 21

¹³ Vgl. Meisenheimer, W. (2004), S. 18

¹⁴ Vgl. auch LeCorbusier, (2003), S. 25

warm und weich auf mich wirkt, das Licht im Fenster, das mich blendet usw. Der Raum umgibt mich wie eine gestaltete Szene, in der die gebauten Dinge mit ihren ausgewählten Eigenschaften nebeneinander erscheinen.“¹⁵

Ein Raum wird durch seine Grenzen definiert.¹⁶ Das bedeutet, dass er nicht mit seinen begrenzenden Elementen, sprich Wand, Boden, Decke, identisch sein kann. Raumgrenzen strukturieren einen Raum, sodass man vom Raum als etwas Umschlossenem sprechen kann, der aus der Folge von Wahrnehmungen entsteht. Man kann also vom architektonischen Raum als von einem Wahrnehmungsraum sprechen.¹⁷ Um sich einen Überblick über die menschliche Wahrnehmung im Raum und den derzeitigen Stand der Forschung auf diesem Gebiet zu verschaffen, sei an dieser Stelle nochmals auf den Wahrnehmungsforscher Michael Dück verwiesen. In seiner Abhandlung *Der Raum und seine Wahrnehmung*¹⁸ stellt er eine gut nachvollziehbare Auflistung menschlicher Wahrnehmungsfaktoren zusammen, die er seinen anschließenden Untersuchungen bezüglich der Raumwahrnehmung und des Wahrnehmungsraumes zugrunde legt und in Leitsätzen zusammenfasst. Sie geben einen interdisziplinären Überblick über den Stand wissenschaftlicher Erkenntnisse auf diesem Gebiet und eignen sich deshalb als Basis für die Raum-Mensch-Analysen kommender Kapitel, bedürfen jedoch einer Aktualisierung durch den Einsatz von Technologie im Raum – Inhalt kommender Kapitel.

Wahrnehmung

Wie Dück schreibt, beziehen sich Wahrnehmungen auf Erfahrungen, die man aufgrund der Sinneseindrücke bereits gemacht hat. Als Werkzeug dient einem dabei der menschliche Wahrnehmungsapparat¹⁹.

Dück schreibt, dass Wahrnehmungsgehalte aufgrund ihres Evidenz- und Präsenzcharakters nicht nur geglaubt, sondern gewusst werden: „Was ich sehe, ist jetzt, und ich weiß es.“²⁰ Wie er schreibt, bliebe trotzdem zu betonen, dass Wahrnehmung irrtumsanfällig sein, da Wahrgenommenes eben nicht mit der objektiven Realität identisch sei²¹. Hier setzen bereits jüngere Wissenschaftszweige an und ziehen Nutzen aus den neusten Forschungserkenntnissen.²²

Aus der Sicht moderner Neurowissenschaften wird der Wahrnehmung im Allgemeinen eine kognitive Funktion zugesprochen. Damit ist im weitesten Sinne eine Erkenntnis generierende Funktion gemeint, deren man sich bewusst ist. Das bedeutet, dass man im Falle einer Wahrnehmung, was vielleicht trivial klingen mag, auch weiß, dass man

¹⁵ Meisenheimer, W. (2004), S. 21

¹⁶ Vgl. Kap. 2.16 *Der architektonische Raum* und Kap. 3.4 *Raumorganisation*

¹⁷ Vgl. Joedicke, J. (1985), S. 8, 9

¹⁸ Dück, M. (2001)

¹⁹ Vgl. Dück, M. (2001), Kap. 1, Abschn. 2, §4, Satz 1, S. 33

²⁰ Dück, M. (2001), Kap. 1, Abschn. 2, §4, Satz 2, S. 33

²¹ Vgl. Dück, M. (2001), Kap. 1, Abschn. 2, §4, Satz 2, S. 33

²² beispielsweise die Wissenschaft virtueller Darstellung von Welten (Virtual Reality, Augmented Reality)

wahrnimmt. Daraus resultiert, dass etwas Wahrgenommenem immer Bedeutungscharakter und eine Orientierungsfunktion zukommt.²³ Wie weiter oben beschrieben, stimmt das Wahrnehmungserlebnis nicht immer mit der objektiven Realität überein und differiert intersubjektiv. Trotzdem hat die Wahrnehmung ihre Ursache in der Natur²⁴, die mit ihrem durchgehenden Wirkungszusammenhang reale Einwirkungen auf die Sinne wahrscheinlich macht. Wie Dück schreibt, würde dies deutlich, wenn beispielsweise die wahrgenommene Realität bedrohlich, bzw. sogar zerstörend werde. Dies sei der Fall, wenn reales Einwirken nicht nur Wahrnehmung verursache, sondern physisches Leiden und Schmerzen bewirke.²⁵

Außerdem betont Dück, dass es sich bei der Wahrnehmung um einen sensorischen Prozess handelt²⁶. Er stützt sich dabei auf die Worte Hajos und dessen Werk *Einführung in die Wahrnehmungspsychologie*²⁷. Hajos schreibt, dass dieser sensorische Prozess in der zeitlichen Aufeinanderfolge von Reizeinwirkungen, Reizaufnahme und Transformation des Reizes in Erregung, Weiterleitung und Verarbeitung der Erregung in einem oder mehreren Nervenzentren bestünde. Er nennt diesen Ablauf einen „perzeptiven Prozess“²⁸. Neben diesen sensorisch-kognitiven Prozessbereichen existiere das psychische Wahrnehmungserlebnis.²⁹

Dück lehnt sich an die Lehre von den Wahrnehmungssystemen nach Gibson an, indem er schreibt, dass dem wahrnehmenden Subjekt im Wahrnehmungsprozess ein aktives Moment zukomme, welches weiter oben anhand der Worte Meisenheimers zu erläutern versucht wurde. Dück beruft sich auf den Psychologen Murch, indem er sagt: „Es ist nicht so, dass Information aus der Umwelt dem Wahrnehmenden aufgezwungen werden; wir stellen vielmehr eine aktive Suche nach Information fest.“³⁰

Abschließend erklärt Dück, dass Wahrnehmung durch subjektive Faktoren bestimmt sei, die auf das Wahrnehmungserlebnis modulierend einwirken. Als subjektive Faktoren können beispielsweise die Erfahrung, der kulturelle Hintergrund, Erwartungshaltungen bzw. Bedürfnisse und frühere Erfahrungen genannt werden³¹.

Es können auch Wahrnehmungserlebnisse ohne äußere Reize generiert werden. Dabei handelt es sich um Träume, Halluzinationen u. Ä., also die Verarbeitung von Unterbewusstsein. Manchmal stehen diese Informationen in engem Zusammenhang mit der individuellen Entwicklung einer Person.

Bachelard geht in seinem Buch *Poetik des Raumes*³² auf diese Betrachtung ein, indem er die Erfahrungen und Eindrücke einer Person mit der Architektur eines Hauses in Einklang zu bringen versucht: „Denn

²³ Vgl. Dück, M. (2001), Kap. 1, Abschn. 2, §4, Satz 3, S. 34

²⁴ Vgl. hierzu auch Gibson, J.J. (1973), Kap. 1

²⁵ Dück, M. (2001), Kap. 1, Abschn. 2, §4, Satz 4, S. 34, 35

²⁶ Dück, M. (2001), Kap. 1, Abschn. 2, §4, Satz 5, S. 35

²⁷ Hajos, A. (1980)

²⁸ Hajos, A. (1980), S. 9f. in Dück, M. (2001), S. 35

²⁹ Vgl. Dück, M. (2001), Kap. 1, Abschn. 2, §4, Satz 5, S. 35

³⁰ Vgl. Murch, G.M.; Woodworth, G.L. (1978), S 22 in: Dück, M. (2001), Kap. 1, Abschn. 2, §4, Satz 6, S. 36

³¹ Dück, M. (2001), Kap. 1, Abschn. 2, §4, Satz 7, S. 37

³² Bachelard, G. (2001)

das Haus ist unser Winkel der Welt. Es ist (...) unser erstes All.“³³ „Das Haus beschützt die Träumerei, das Haus umhegt den Träumer, das Haus erlaubt uns in Frieden zu träumen.“³⁴ Bachelard ist der Meinung, dass das Haus für die Gedanken, Erinnerungen und Träume des Menschen eine der großen Integrationsmächte ist, wobei die Träumerei bei dieser Integration das verbindende Prinzip ist. Das Haus hält die Sinne des Menschen zusammen - es ist Wiege, Körper und Seele³⁵. Er schreibt ferner:

„Die Vergangenheit, die Gegenwart und die Zukunft geben dem Haus verschieden geartete Dynamismen, oft interferierende, manchmal einander entgegen gesetzte, manchmal einander anregende Dynamismen. Im Leben des Menschen schließt das Haus Zufälligkeiten aus, es vermehrt seine Bedachtheit auf Kontinuität. Sonst wäre der Mensch ein verstreutes Wesen. Es hält den Menschen aufrecht, durch alle Gewitter des Himmels und des Lebens hindurch. Es ist Körper und Seele. Es ist die erste Welt des menschlichen Seins. Bevor er „in die Welt geworfen“ wird, wie die eiligen Metaphysiker lehren, wird der Mensch in die Wiege des Hauses gelegt. Und immer ist das Haus in unseren Träumen eine große Wiege. Eine konkrete Metaphysik darf diesen Sachverhalt nicht außer Acht lassen, umso mehr, als dieser schlichte Sachverhalt ein großer Wert ist, zu dem wir in unseren Träumereien immer wieder zurückkehren. Das Sein ist sofort ein Wert. Das Leben beginnt gut, es beginnt umschlossen, umhegt, ganz warm im Schoße des Hauses.“³⁶

Der Wahrnehmungsraum

Von der Wahrnehmung verschieden ist der Wahrnehmungsraum. Über ihn schreibt Michael Dück wie folgt: „Der Wahrnehmungsraum ist derjenige Raum, den wir durch unsere Wahrnehmung aus der Umwelt für uns erschließen. Damit ist er definitionsgemäß als wahrnehmbar vorausgesetzt. Dies ist keineswegs trivial, da erstens ein solipsistischer Standpunkt das Raumerlebnis als ein von der Umwelt völlig unabhängiges Resultat unserer Vorstellungskraft verstehen könnte. Zweitens kann Wahrnehmbarkeit nicht von allen Räumen ausgesagt werden, was in der Raumdiskussion zu kategorialen Verwechslungen führen kann. Das bedeutet nämlich, dass beispielsweise der Wahrnehmungsraum und der mathematische Raum bezüglich des Aspektes Wahrnehmbarkeit nicht zu vergleichen sind, da der mathematische Raum prinzipiell nicht wahrnehmbar ist. Daraus folgt, dass der Wahrnehmungsraum, im Gegensatz zum mathematischen Raum, Gegenstand einer empirischen Forschung sein kann.“

Der Wahrnehmungsraum ist üblicherweise ein einheitlicher Raum. Einzelne, uns durch die Wahrnehmung präsentierte Raumausschnitte verschmelzen zu einem einzigen Raumerlebnis. (...) Basis des Wahrnehmungsraumes sind die Sinneseindrücke. (...) Das bedeutet

³³ Bachelard, G. (2001), S. 31

³⁴ Bachelard, G. (2001), S. 33

³⁵ Vgl. hierzu Kap. 3.4 *Raumorganisation*

³⁶ Bachelard, G. (2001), S. 33

aber, dass der Wahrnehmungsraum und der Objektraum unserer Umwelt grundsätzlich verschieden sind.³⁷

Es wird sich herausstellen, dass sich bei der Integration von Technologie im Raum die klaren Grenzen, die den mathematischen vom anschaulichen Raum trennen, zunehmend verschwimmen³⁸. In Kapitel 4.4 wird ausführlich auf kontextsensitive Systeme eingegangen.

Technologisch gesehen basieren sie zwar auf einem mathematischen Raum, wirken sich jedoch letztendlich auf den Anschauungsraum aus. Sie sind die Fundamente räumlicher Schnittstellen.

Der Wahrnehmungsraum ist eng mit den Prinzipien der Wahrnehmung verknüpft. Daraus geht hervor, dass der Wahrnehmungsraum einerseits von kognitiven Funktionen abhängig und andererseits verbalisierbar ist. Die Verbalisierbarkeit drückt sich im Problem der räumlichen Repräsentation der Wahrnehmungsdaten aus. Sie werden anhand eines räumlichen Bezugsrahmens gespeichert, sind jederzeit abrufbar, müssen sich jedoch in bereits vorhandene Raumvorstellungen integrieren.³⁹

Auch der Wahrnehmungsraum, der als Ergebnis aus der prozesshaften Verarbeitung raumbezogener Daten – sprich der Raumwahrnehmung – hervorgeht, variiert von Person zu Person. Dadurch wird deutlich, dass auch der Wahrnehmungsraum, wie die Wahrnehmung (s. o.), von intersubjektiv differierenden Faktoren (z. B. Erwartungshaltung) bestimmt ist. Er besitzt sozusagen eine „subjektive Färbung“⁴⁰.

Als weitere wichtige Erkenntnis ist zu betonen, dass der Wahrnehmungsraum einen „handlungsorientierten Aspekt“ besitzt⁴¹.

Diese Tatsache zeigt sich in Abschnitt 3.3 dieses Kapitels, in welchem menschliche Bewegung im Raum untersucht wird und das menschliche Wirken im Raum eine Schlüsselrolle einnimmt. Dieser Meinung ist auch Dück, indem er sagt, dass der Wahrnehmungsraum nicht nur als Ergebnis einer rein passiv-rezeptiven Haltung imponiere, sondern von Handlungen im Raum wie Lokomotion und gestalterischer Tätigkeit moduliert werde⁴².

Wichtige Strukturmerkmale des Wahrnehmungsraumes sind ferner Tiefe, Orientierung und eine geeignete Maßeinheit⁴³. Als solche sind sie auch bei raumtechnologischen Entwicklungen überaus wichtig⁴⁴.

Wie Dück akzentuiert, ist Wahrnehmungsraum von Raumwahrnehmung zu unterscheiden: „Raumwahrnehmung meint dann die prozesshafte Verarbeitung raumbezogener Daten aus der Umwelt. Als Ergebnis dieses Vorganges erscheint der Wahrnehmungsraum als Wahrnehmungserlebnis, (...)“⁴⁵

³⁷ Dück, M. (2001), S. 42

³⁸ Durch die Digitalisierung des Raumes zur Generierung von Rohdaten für das Nutzer Zustand Modul oder das Navigationsmodul wachsen beide Raumarten zusammen.

³⁹ Vgl. Dück, M. (2001), S. 44 Satz 11

⁴⁰ Vgl. Dück, M. (2001), S. 45 Satz 15

⁴¹ Vgl. Dück, M. (2001), S. 45

⁴² Vgl. Dück, M. (2001), S. 45, Satz 14

⁴³ Vgl. Kap. 3.2 Maßsysteme

⁴⁴ Vgl. Kap. 4.4.3.4

⁴⁵ Dück, M. (2001), S. 45

Raumwahrnehmung

Der Prozess des Verarbeitens raumbezogener Daten⁴⁶ setzt voraus, dass den Ursprüngen menschlicher Raumwahrnehmung auf den Grund gegangen wird. Das Wissen über sie fließt als wesentlicher Bestandteil in die Entwicklung kontextsensitiver Systeme mit ein. Hierbei fällt auf, dass es verschiedene Ansätze in der Geschichte der Raumwahrnehmung gibt. Sowohl der Nativismus als auch der Empirismus setzten sich mit dieser Problematik auseinander: Während Vertreter des Nativismus behaupten, dass die Fähigkeit zum Raumerlebnis angeboren sei, vertritt der Empirismus die Meinung, dass sie erst auf dem Weg der Erfahrung erlangt werden könne.⁴⁷ In diesem Zuge sind auch die Untersuchungen Dücks einzuordnen. Als Vertreter moderner empirischer Forschung ist er der Meinung, dass sich die wesentlichen Attribute menschlicher Wahrnehmung im Raum wie folgt manifestieren:

Raumwahrnehmung ist ein Zusammenspiel sämtlicher Sinne, wobei das Hauptaugenmerk stets auf die visuellen Komponenten gerichtet war, was auf ihre dominante Rolle im Wahrnehmungsprozess zurückzuführen ist, aber auch einer Verkümmern der übrigen Sinne nachziehen könnte. Dies gilt auch für die Entwicklungen auf dem Gebiet wahrnehmungsbeeinflussender Medien⁴⁸. Die Forschung auf dem Gebiet der Raumwahrnehmung ist äußerst umfangreich und lässt sich in Bereiche der Neuroanatomie, Neurophysiologie, Psychologie und klinische Neuropsychologie, Neurologie, Kybernetik, Computerwissenschaften, Philosophie unterteilen. Aufgabe einer Architektur von morgen ist es, sie konzeptionell in den entwerferischen Prozess mit einzugliedern. Obwohl es der Wissenschaft schwer fällt, zu einer einheitlichen Theorie über die Wahrnehmung von Raum zu gelangen, kann man speziell für das Kapitel Raum, Mensch und Technologie drei wesentliche Parameter bestimmen:

1. *Aufnahme* von Reizen aus der Umwelt
2. *Transport* der Information über neuronale Wege
3. *Verarbeitung*, Modulation bzw. Speicherung der Information in Kortex und Subkortex.

Wahrnehmung im Raum bildet das Kernthema im Findungsprozess der Attribute multisensueller Räume. Sie setzt sich aus vielen Bestandteilen zusammen und ist für eine Disziplin bzw. einen Menschen allein unmöglich umfassend zu begreifen.

Im Kap. 4.7 wird deshalb ein Versuch unternommen, Räume, die bereits ein gewisses sensorielles Potenzial aufweisen, nach Regeln räumlicher Wahrnehmung zu untersuchen.

⁴⁶ Dabei ist es im Zuge dieses Themas nicht wichtig, ob das Erleben von Räumlichkeit von primärer Natur ist, was bedeuten würde, dass in den erhaltenen Sinnesdaten bereits die Information von Räumlichkeit enthalten ist, oder ob es ein sekundäres physiologisch-psychologisches Moment ist, das von unserem Wahrnehmungsapparat hinzuaddiert wird.

⁴⁷ Vgl. Dück, M. (2001), S. 46

⁴⁸ (Display- Technologien, Kinematographie, digitale Bildverarbeitung etc.)

Was das Gesamtgebilde angeht, handelt es sich dabei weniger um ein geschlossenes Regelwerk, wie etwa das Alphabet, sondern eher um ein praxisorientiertes Gerüst, in welchem sich die Faktoren räumlicher Wahrnehmung und Attribute multisensueller Räume positionieren lassen.

3.1.3 Geschichte der Wahrnehmungssysteme

Es wurde gezeigt, dass es sich beim Akt des Wahrnehmens im Raum um eine umfangreiche Prozedur des menschlichen Wahrnehmungsapparates handelt. Sie verlangt das Zusammenwirken aller Sinne. Es ist wichtig, dass man dabei von den Sinnen heute anders als früher denkt. Sinne funktionieren eher aktiv als passiv. Sie sind eher funktionale Systeme als nur Kanäle für Empfindungen. Sie sind vielfach miteinander verflochten und nicht gegeneinander abgegrenzt.

Es wurde lange Zeit an zwei Positionen über die Funktionsweise der Sinnesorgane festgehalten.

Als erste Annahme ging man davon aus, dass sie die einzige Quelle unserer Kenntnis von der Außenwelt sind und dass sie Behälter von besonderen Qualitäten sind, in denen Erfahrung bewusst wird.⁴⁹ Eine zweite Haltung kristallisierte sich erst mit der *Doktrin von den spezifischen Sinnesqualitäten der Nerven* des Anatomen und Physiologen Johannes Müller im frühen 19. Jahrhundert heraus. Es ist schwer, beide Ansätze miteinander zu versöhnen, sodass sie als neue Richtlinie dienen könnten. Deshalb ist es notwendig, für beide Ansätze eine unterschiedliche Bezeichnung zu wählen. Das bedeutet, dass man zwischen Information einerseits und Sinnesqualitäten andererseits differieren muss.⁵⁰

Auf diesem Weg ging der Kognitionswissenschaftler James J. Gibson weiter. Er erkannte bereits in den 70er Jahren, dass es sich bei den Sinnesmodalitäten des Menschen um Systeme handeln muss, die nicht nur passive Empfänger von Reizen aus der Umwelt sind, sondern aktiv auf der Suche nach Stimulation sind⁵¹.

Wie Gibson betont, kommen dem Wort „Empfinden“ zwei verschiedene Bedeutungen zu. In der ersten Bedeutung meint empfinden *etwas entdecken*; in der zweiten Bedeutung dagegen ist das *Haben von Sensationen* gemeint.

Dass er mit dieser Ansicht nicht der Erste war, bezeugen die Worte Thomas Reids aus dem Jahre 1785: „Die äußeren Sinne haben einen doppelten Wirkungsbereich; sie machen uns etwas fühlen, und sie machen uns etwas wahrnehmen. Sie versorgen uns mit einer Mannigfaltigkeit verschiedener Sensationen, einige angenehm, andere schmerzhaft, wieder andere indifferent; zugleich aber geben sie uns die Auffassung und den unerschütterlichen Glauben an die Existenz äußerer Objekte. Die Natur selbst ist es, die die Auffassung äußerer Objekte hervorbringt. Der Glaube an deren Existenz, vermittelt durch die Sinne, ist ein Werk der Natur; so auch die Empfindung, die aber eine Begleiterscheinung ist. Diese Auffassung und Überzeugung, welche die Natur durch unsere

⁴⁹ Vgl. tabula rasa Doktrin von John Locke 1690: Locke geht von der völligen Leere des Geistes vor der Geburt aus

⁵⁰ Vgl. Gibson, J.J. (1973), S.72

⁵¹ Vgl. Gibson, J.J. (1973)

Sinne hervorbringt, nennen wir Wahrnehmung (perception). Die Art des Fühlens aber, welche die Wahrnehmung begleitet, nennen wir Empfindung (sensation). Wahrnehmungen und die ihnen beigegebenen Empfindungen treten immer zugleich auf. Wir finden sie in unserer Erfahrung niemals getrennt. Daher neigen wir dazu, beides als eine Sache aufzufassen, ihr einen einzigen Namen zu geben und die jeweils verschiedenen Merkmale zu vermengen. Es wird dann schwierig, dies gedanklich wieder zu trennen und auf jeden Aspekt für sich selbst zu achten und keinem eine Eigenschaft zuzuschreiben, die zum anderen Aspekt gehört.⁵²

Es ist wichtig zu wissen, dass Sinne auch ohne Hilfe von Denkprozessen Informationen über Objekte der äußeren Welt erlangen können oder zumindest, dass sie als Wahrnehmungssysteme in dieser Weise arbeiten. Es gilt eine Unterscheidung zwischen dem Reizeingang in das Nervensystem zu treffen, der das Erlebnis einer Empfindung hervorruft und demjenigen, der zur Wahrnehmung führt.

Gelegentlich werden Sinnesorgane auf solche Art und Weise gereizt, dass nicht jedes Teil ins Bewusstsein tritt, d. h., es ist einem oft nicht bewusst, welches Sinnesorgan überhaupt gereizt wurde oder welche Sinnesqualitäten beteiligt waren. Man könnte hierbei von einem „empfindungslosen Wahrnehmen“ sprechen. Als Beispiel kann hier der „Fernsinn“ der Blinden dienen, der als „Sehen mit der Gesichtshaut“ erlebt wird, in Wirklichkeit aber auf der gehörsmäßigen Ausnutzung von Schallreflexionen beruht. Ohne zu wissen, welches Sinnesorgan in Wirklichkeit daran beteiligt war, „empfindet“ ein Blinder die Mauer vor sich. In diesem Fall kann die Wahrnehmung „empfindungslos“ sein, aber niemals informationslos.

Sinnesorgane reagieren unterschiedlich empfindlich auf Einflüsse aus der Umwelt. Dieses Verhalten drückt sich in deren Sensibilität aus. Um diese Größe näher bestimmen zu können, ist es wichtig zu erwähnen, dass es zwei verschiedene Stufen zur Einordnung gibt:

Einerseits sind die passiven Folgen bzw. Reaktionen auf Rezeptorreizungen zu nennen, was auch die Hauptfunktion bei künstlichen Rezeptoren bzw. Sensoren ist, während auf der anderen Seite auch ein aktives Verhalten bei den menschlichen Wahrnehmungsorganen zu beobachten ist, auf welches im Verlauf dieser Arbeit noch öfters eingegangen wird.

Sind mehrere Sinnesmodalitäten an einer Reizaufnahme beteiligt, so wird in der Physiologie und in der Kognitionspsychologie von multi- oder polysensorischem Verhalten gesprochen. Unsere Sinne sind auf unterschiedliche Arten von Energie sensitiv, wie etwa die Fotorezeptoren des Auges auf elektromagnetische Wellen und die Haarzellen im cortischen Organ des Ohrs auf über die Auslenkung des Trommelfells vermittelte Longitudinalwellen der Luft reagieren. Darüber hinaus resultieren die Verarbeitungswege der verschiedenen Sinne in ganz unterschiedlichen Wahrnehmungsqualitäten.⁵³

„Als Quelle unseres Wissens (...) arbeiten die Sinnesorgane als Wahrnehmungssysteme; als Quelle für bewusst werdende Sinnesempfindungen (...) arbeiten Rezeptoren und Nerven, wenn sie als

⁵² Reid, T. (2002), II, S. 17 in Gibson, J.J. (1973), S. 18

⁵³ Vgl. Müsseler, J.; Prinz, W. (2002), Kap. 1b -4

Kanäle bestimmter Empfindungsqualitäten betrachtet werden. Es gibt Gründe dafür, anzunehmen, dass das Hereinkommen von Information nicht unbedingt an das Entstehen von Empfindungen gebunden ist; zumindest steht beides nur in einem teilweisen Interdependenzverhältnis. Die Rezeptoren menschlicher Sinnesorgane können in solcher Weise gereizt werden, dass sie kaum oder gar keine Information vermitteln. Die sich daraus ergebenden Erlebnisse können mit gutem Recht Empfindungen genannt werden (...)

Empfindung ist nicht eine Voraussetzung der Wahrnehmung, und daher sind Empfindungserlebnisse auch nicht die „Rohdaten“ von Wahrnehmung. Mit anderen Worten: Empfindungen-Haben ist nicht alles, was gegeben ist, wenn Wahrnehmung zustande kommt.⁵⁴

3.1.4 Wahrnehmungssysteme des Menschen

Ausgehend von den bekannten fünf Sinnen nach Aristoteles, die für Gesichts-, Gehörs-, Geruchs- und Geschmacks- und Berührungsempfindung zuständig waren, vermehrte sich im Verlauf der Geschichte die Anzahl von Sinnesqualitäten ständig.

Wie Gibson bemerkt, gibt es bis heute keine sichere und allseits akzeptierte Liste von Sinnesqualitäten.

Als für diese Arbeit relevantes Ergebnis ist es am sinnvollsten, die klassischen fünf Sinne zu menschlichen Wahrnehmungssystemen um die neuen Kriterien Gibsons zu erweitern. Sie lassen sich demgemäß in folgende Einwirkungsprinzipien unterteilen⁵⁵:

- Das grundlegende Orientierungssystem
- Das System der Gehörwahrnehmung
- Das haptisch-somatische System
- Das visuelle System
- Das Schmeck-Riech-System

Über die Art ihrer Funktion und die gegenseitige Abhängigkeit kann ein Schaubild weiterhelfen. Es unterteilt die verschiedenen Sinnesmodalitäten und beschreibt ihre Funktion, ihr Aussehen und ihre Tätigkeiten. Außerdem gibt es Auskunft über die Beschaffenheit, die ein Reiz haben muss, um von einem bestimmten Organ interpretiert zu werden, was für die Entnahme von Information wesentlich ist.

Vergleicht man diese Unterteilung nach Gibson mit den fünf Sinneskanälen nach Vorbildern der klassischen Medizin, so gehören sie alle der Exterozeption an.

Die moderne Physiologie hatte bereits damit begonnen, die Relevanz von Proprio- und Enterozeptoren für die menschliche Wahrnehmung zu erkennen⁵⁶.

⁵⁴ Gibson, J.J. (1973), S. 72

⁵⁵ Vgl. hierzu Gibson, J.J. (1973)

⁵⁶ Sinnesorgane, die die Lage und Bewegung des Körpers mittels Parametern wie Muskellänge, Sehnendehnung und Gelenkstellungen kontrollieren, werden Proprioceptoren genannt. Informationen über die inneren Organe werden von Enteroceptoren aufgenommen. Vgl. hierzu Handwerker, H. (1993), S. 189

Tabelle 1: Die Wahrnehmungssysteme

Bezeichnung	Art der Aufmerksamkeit	Rezeptive Einheiten	Anatomie des Organs	Tätigkeit des Organs	Zur Verfügung stehende Reize	Gewonnene äußere Information
Grundlegendes Orientierungssystem	Allgemeine Orientierung	Mechanorezeptoren	Vestibularorgane	Körpergleichgewicht	Gravitations- und Beschleunigungskräfte	Richtung der Gravitation, nach unten gezogen werden
Gehörsystem	Horchen	Mechanorezeptoren	Innenohr, Mittelohr, äußeres Ohr	Orientierung zur Schallquelle	Luftschwingungen	Art und Lokalisation der Schallereignisse
Haptisches System	Tasten	Mechanorezeptoren und möglicherweise Thermo-rezeptoren	Haut (Oberflächen- und Tiefenorgane), Gelenksorgane (mit Einschluß der Organe in den Geweben), Muskelorgane (mit Einschluß der Sehnen)	Erkundungstätigkeit vielfacher Art	Deformation von Hautschichten, Stellungsreize der Gelenke, Dehnung der Muskelfasern	Kontakt mit dem Boden, mechanische Eigenschaften, Formen von Objekten, Materialarten, Festigkeit oder Viskosität
Geruch- und Geschmackssystem	Riechen	Chemo-rezeptoren	Organe in der Nasenhöhle (Nase)	Beriechen	Zusammensetzung des Mediums	Art der Geruchsquellen
	Schmecken	Chemo- und Mechanorezeptoren	Organe in der Mundhöhle (Mund)	Kosten	Zusammensetzung der aufgenommenen Substanzen	Nährwert und Bekömmlichkeit
Visuelles System	Schauen	Photorezeptoren	Okulare Mechanismen (mit Einschluß der inneren und äußeren Augenmuskeln, der Beziehung zu den Vestibularorganen und zu Kopf- und Körperhaltung)	Regulierung der Akkommodation, der Pupillenweite, der Fixation und Konvergenz, Erkundung	Strukturvariable des umgebenden Lichtes	Alles, was sich in der Struktur des umgebenden Lichtes ausdrückt (Information über Dinge, Lebewesen, Bewegungen, Ereignisse und Orte)

Abb. 3.1-c: Wahrnehmungssysteme nach Gibson
Tabelle entnommen aus Gibson, J.J. (1973), S. 75, Tabelle 1

Heutzutage unterscheidet man die Sinne in: somatovisceraler Sinn, Thermorezeption⁵⁷, Viscerozeption⁵⁸ und Propriozeption⁵⁹, Nocizeption⁶⁰, Gesichtssinn, akustischer Sinn, Gleichgewichtssinn, Geschmack und Geruchssinn⁶¹.

Bei der Wahrnehmung von Raum sind stets mehrere Sinne gleichzeitig beschäftigt. „Die Einheit des Raumes ist letztlich eine Leistung des Subjektes. Sie ist das Produkt der Verstandestätigkeit, gehört aber zur Sinnlichkeit. Sie gewährleistet, dass wir unsere Anschauung nicht jeweils verschiedenen Räumen zuordnen, sondern sie in eine einheitliche Raumanschauung einbetten.“⁶² Mit diesen Worten stützt sich Dück auf die transzendentalen Raumbetrachtungen Kants, der in einer Anmerkung in seiner *Kritik an der reinen Vernunft*⁶³ schreibt: „Einheit der räumlichen Anschauung kann nur durch den zusammenfassenden Akt einer Synthesis erreicht werden.“⁶⁴ Kant betont aber weiter, dass der Akt der Synthesis nicht auf die Sinnesleistung des Menschen zurückzuführen ist, „sondern ein Resultat der Verstandestätigkeit“⁶⁵ sei. Material dieser individuellen Verstandestätigkeit ist das Reizangebot der Umgebung bzw. des Milieus⁶⁶, wie es Gibson beschreibt. Es gilt demnach die Beziehung zwischen Mensch und Milieu - nämlich den ihn umspannenden Raum - näher zu untersuchen.

⁵⁷ Temperatursinn

⁵⁸ Empfindungen der eigenen Organe

⁵⁹ Körperempfindung oder Tiefensensibilität

⁶⁰ Schmerzempfindung

⁶¹ Vgl. Schmidt, R.F.; Thews, G. (1993), Kapitel III, „Allgemeine und spezielle Sinnesphysiologie“, S. 186ff.

⁶² Dück, M. (2001), S. 76

⁶³ Kant, I. (2004)

⁶⁴ Kant, I. (2004), B 161, Anm.

⁶⁵ Kant, I. (2004), B 161, Anm.

⁶⁶ Vgl. Gibson, J.J. (1973), Kap. 1, S.26f.

3.1.5 Das Milieu als Quelle der Reize

Ganz allgemein gesehen handelt es sich beim Menschen um ein Wesen, das auf dieser Welt wirkt und empfindet. Wenn man sich fragt, was überhaupt empfunden werden kann, erscheint es einleuchtend, an erster Stelle die umgebende Umwelt zu nennen. Sie ist das Milieu, von dem sich der Mensch mithilfe seines Sinnesapparates eine Vorstellung macht. Als Quelle aller auf den Menschen einfließenden Reize löst sie wiederum beim Menschen eine Reaktion aus und drückt sich in dessen Verfassung aus. Wie Kükelhaus schreibt, ist das Milieu abhängig von der Mannigfaltigkeit der Reize und ihrer optimalen Dosierung. Von ihr hängt auch die Qualität menschlicher Entwicklung ab⁶⁷.

Verallgemeinert handelt es sich dabei um den Planeten Erde, welcher sich aus Land, Wasser und Luft zusammensetzt⁶⁸. Wenn man den Ursachen der Reize nachgeht, sollte man immer an diese Hauptkomponenten unserer Lebenswelt denken.

Wenn man vom Menschen als einem Lebewesen ausgeht, das den überwiegenden Teil seines Lebens auf festem Grund lebt, dann gelten bestimmte Invarianten, die stets gleich geblieben sind und auch für das Reizangebot im architektonischen Raum vorausgesetzt werden können. Sie sind für spätere Untersuchungen hinsichtlich der menschlichen Bewegung im Raum von Bedeutung: „Erdboden unten“, „Luft oben“, „Gewässer Grund unten“⁶⁹.

Bereits für die Atomisten vor ca. 2500 Jahren ist diese Erkenntnis Ursache frühester raumontologischer Untersuchungen⁷⁰. Der Raum selbst bietet die Möglichkeit für Bewegung, beeinflusst sie aber nicht. Er gilt für die Atomisten als reine Ausdehnung, ohne jegliche Eigenschaften. Die Raumgliederung *oben—unten* entsteht durch die Bewegung der Atome, nicht durch die Raumstruktur wie es bei Aristoteles ca. 100 Jahre später der Fall sein wird⁷¹.

Der Boden war schon immer Halt gebende Unterlage und starre Umwelt. Sie erlaubt es einem, sich aufzurichten und auf Füßen zu gehen, um so einen Weg von Ort zu Ort zurückzulegen zu können. Diese Starrheit verleiht eine geometrische Sicherheit über die Lage im Raum und hält Form und Größe von Dingen konstant. Ihre Festigkeit unterstützt aber nicht nur die aufrechte Stellung, sondern auch die Fortbewegung und die Orientierung bei vielerlei Verrichtungen. Festigkeit ist demgemäß ein wichtiges Merkmal zur Einordnung von Objekten.

Als einer der ersten und ursprünglichen Faktoren für Reaktionen von Lebewesen ist die Schwerkraft zu nennen. Sie ist eine universelle und dauernd wirksame Konstante. Sie kann zur Familie der kosmischen Elemente gezählt werden und beherrscht, so wie die Sonne oder der Mond, die gesamte räumliche Umgebung eines jeden, sodass sie in gewissermaßen eine objektive Eigenschaft des Raumes darstellt. Mit ihr

⁶⁷ Vgl. Kükelhaus, H. (1984)

⁶⁸ Empedokles (ca.483/2-423/2 v. Chr.) war der Auffassung, dass das All kugelförmig, ewig und unbeweglich sein müsse und aus vier Grundelementen (Wasser, Feuer, Luft, Erde) bestehe, die unvergänglich sind und aus dessen Mischung und Trennung Dinge entstehen und vergehen. Vgl. hierzu Diels, H. (1960), I 31, A, S.32

⁶⁹ Vgl. Gibson, J.J. (1973), Kap. 1, S.26

⁷⁰ Vgl. Kap. 2.1

⁷¹ Vgl. Kap. 2.3

hat jedes Individuum auf ähnliche Weise umzugehen. Sie verkörpert die erste Richtung des menschlichen Achsensystems im Raum. Gleich wie bei anderen höheren Lebensformen zeigt der Mensch eine Periodik von Schlaf- und Wachzustand. Im Schlafzustand herrscht in seinem Inneren ein relativ schwacher Spannungszustand, während er, wenn er sich in aufrechter Körperhaltung befindet, meist wach, ausbalanciert, reizempfindlich und bereit zur Bewegung ist. Eine Architektur, die es sich zur Aufgabe macht auf menschliches Verhalten einzugehen, sollte auf diesen Rhythmus reagieren können. Es gibt Entwürfe japanischer Hotels in Großstädten, die auf die menschliche Bewegungslosigkeit und Passivität während der Schlafphase explizit reagiert haben und aufgrund des extremen Platzmangels in den Städten den Gästen eine Unterkunft auf minimalstem Raum für die Nacht anbieten. Als architektonisches Beispiel kommt einem etwa der Nakajin Capsule-Tower⁷² des Architekten Kisho Kurokawa⁷³ in den Sinn.



Abb. 3.1-d: Nakajin Capsule-Tower
Baujahr: 1972, Architekt: Kisho Kurokawa Architect & Associates⁷⁴

Die oben erwähnte Periodik von Schlaf und Wachzustand hängt vor allem vom Rhythmus ab, der durch den Verlauf der Sonne bzw. die Drehung des Erdballs um seine eigene Achsel gegenüber der Sonne, verursacht wird. In einem Verlauf von Sonnenaufgang bis zum Sonnenuntergang erfahren die Gebiete, die der elektromagnetischen Strahlung der Sonne

⁷² Der Nakajin Capsule-Tower wurde nach dem Architektur-Paradigma des Metabolismus entworfen. In den 60er Jahren gehörte Kurokawa zu den führenden Metabolisten Japans. Die kleinteiligen Wohneinheiten (Kapseln mit 2,3m * 3,8m * 2,1m) beherbergen alle notwendigen Wohnfunktionen sowie alle Möbel. Die Kapseln sind industriell vorgefertigt und wurden an zwei Stahlschäften eingehängt. In seiner Vorstellung sollten ganze Quartiere in dieser Art und Weise entstehen (mehrere Capsule Tower, nicht nur mit Wohnfunktion, verbunden auf verschiedenen Ebenen zu gigantischen 3D Netzen). Gebaut wurden aber „nur“ ein paar Prototypen, jeweils ein Wohn- und Büroturm. Allerdings ist selbst nach Tokioter Raumverhältnissen das Platzangebot extrem eingeschränkt und die Beliebtheit dieser Wohnungen ist letztendlich auf Grund ihrer Eintönigkeit in der Wiederholung stark zurückgegangen, so dass sich die Idee nicht durchsetzen konnte. Kisho Kurokawa gilt aber sicherlich noch heute als einflussreichster Japanischer Architekt und Städtebauer (letztes Großprojekt: Flughafen Kuala Lumpur). Seine Ideen hatten vor allem Einfluss auf Strukturalisten wie Luis Kahn oder Hermann Hertzberger.

⁷³ Kisho Kurokawa gilt aber sicherlich noch heute als einflussreichster Japanischer Architekt und Städtebauer (letztes Großprojekt: Flughafen Kuala Lumpur). Seine Ideen hatten vor allem Einfluss auf Strukturalisten wie Luis Kahn oder Hermann Hertzberger.

⁷⁴ Bild im Internet unter <http://www.chez.com/fransforarchitecture/AR/kurokawa.htm>

ausgesetzt werden, ein breites Band verschiedener Wellenlängen, von kurzen bis zu langen Wellen, von Ultraviolett bis zu Infrarot. Während der ultraviolette Bereich von der Atmosphäre absorbiert wird, befindet sich der Bereich, den wir Licht nennen, dazwischen. Die Einstrahlung kann von direkter oder diffuser Art sein oder in Form von reflektierendem Licht vom Erdboden kommen.

Ein großer Teil der Sonnenenergie wird durch die längeren Wellen, die in Wärmestrahlung übergehen, übertragen. Sie sind verantwortlich für die uns umgebende Temperatur, die wir in Form von Kälte oder Wärme fühlen. Licht spielt eine wichtige Rolle bei der Generierung der Raumwahrnehmung. Auch Vitruv hatte diese Abhängigkeiten bereits erkannt und in seinem sechsten *Buch über die Architektur* festgehalten. Einleuchtend gibt er im vierten Kapitel Auskunft darüber, nach welcher Himmelsgegend die einzelnen Wohnräume zu richten sind⁷⁵. Übergang? Generell kann man sagen, dass das Hauptinteresse dieser Arbeit nicht der Erläuterung menschlicher Wahrnehmungssysteme im Allgemeinen gilt, sondern vielmehr eine Analyse zur Positionsbestimmung des menschlichen Leibes im architektonischen Kontext darstellt.

3.2 Körper und Leib

3.2.1 Der Mensch als Bezugssystem im Raum

Der Raum, in dem sich der Mensch bewegt, kann als ein Rahmenwerk verstanden werden, welches menschliches Handeln aufnimmt und diesem Raum verschafft. Raum erschließt sich dem konkreten Leben und besitzt dadurch neben der Zeitlichkeit eine grundlegende Bedeutung für die Struktur des menschlichen Daseins.

Im Unterschied zu Dingen, die sich im Raum *befinden*, ist der Mensch ein Subjekt, welches sich zu seiner Umwelt *verhält*. Um es in den Worten Otto Friedrich Bollnows zu sagen, handelt der Mensch in einem „intentionalen Raum“⁷⁶, nämlich dem naturgemäßen subjektbezogenen Sinnesraum. Graf Dürckheim bezeichnet den Raum deshalb auch als den vom Menschen „gelebten Raum“. Dies weist auf die enge Verstrickung menschlicher Attribute mit den räumlichen hin, auf die im Folgenden eingegangen werden soll.

Die Beziehung zwischen Raum und Mensch basiert auf den Handlungen, die der Mensch im Raum vollzieht. Sie werden geprägt durch physische, psychische, soziale und kulturelle Aspekte des menschlichen Lebens - sprich Bezüge, die sich auf das direkte Leben beziehen. Raum ist nicht wie ein Ding objektiv von uns gelöst, sondern setzt die Korrelation von Objekt und Subjekt in Szene.

„Innerhalb großer geschichtlicher Zeiträume verändert sich mit der gesamten Daseinsweise der menschlichen Kollektive auch die Art und Weise ihrer Sinneswahrnehmung. Die Art und Weise, in der die menschliche Sinneswahrnehmung sich organisiert - das Medium, in dem sie erfolgt - ist nicht nur natürlich sondern auch geschichtlich bedingt.“⁷⁷

⁷⁵ Vitruvius, (1987), Buch 6, Kap. 4, S. 313f.

⁷⁶ Vgl. Bollnow, O.F. (2000), Kap. 5f.

⁷⁷ Benjamin, W. (1963), S. 14

Raum ist somit die Bühne menschlichen Wirkens auf dieser Welt. In diesem Sinne versteht sich Raum als ein den Menschen überspannendes Medium, das vom Leib in einer Folge von Suchbewegungen durch Gehen, Kopf- und Körperdrehungen, Hören, Augenbewegungen, Tasten der Füße, Fühlen der Haut usw. erobert wird⁷⁸. Zur Einleitung des zweiten Kapitels zu seinem *Modulor*⁷⁹ betonte Le Corbusier, dass es notwendig sei, dass eine Entdeckung sich des Kopfes, des Auges, der Hand eines Menschen bediene⁸⁰. Dies kann laut Bollnow nur funktionieren, „insofern der Mensch ein räumliches, d.h. raumbildendes und Raum gleichsam um sich aufspannendes Wesen ist. (...) Trotzdem ist der Raum mehr als eine bloße Form menschlicher Anschauung. (...) Der Raum wird (...) zur allgemeinen Form menschlichen Verhaltens“⁸¹ und Bollnow meint damit die Vielfalt menschlicher Lebensbezüge. Auf ähnliche Weise beschrieb bereits Descartes die Notwendigkeit des Raumes und seine Abhängigkeit von Dingen: „Ausdehnung“ ist synonym mit „Raum“, denn erst durch die Realität des Raumes können die in ihm enthaltenen Gegenstände real sein. Rückschließend hierzu ist jedoch auch kein Raum ohne die Existenz von Körpern vorzustellen (qu’il ne peut y avoir absolument d’espace sans corps)^{82 83}.

Wie Bollnow schreibt, ist „Raum also immer freier Raum für etwas, insbesondere für Bewegung, für eine freie Entfaltung, und der Raum endet für diese natürliche Vorstellung da, wo die Dinge die weitere Bewegung verhindern.“⁸⁴ Dinge, die eine weitere Bewegung verhindern sind Grenzen im Raum. Sie spielen eine entscheidende Rolle bei der Wahrnehmung von Raum. (Vgl. Abschnitt 3.5)

Das simultane Erleben des Raumes geht dabei einher mit synästhetischen Erfahrungen⁸⁵. „Der gelebte Raum“, so sagt Dürckheim, ist für das Selbst Medium der leibhaftigen Verwirklichung, Gegenform oder Verbreiterung, Bedroher oder Bewahrer, Durchgang oder Bleibe, Fremde oder Heimat, Material, Erfüllungsort und Entfaltungsmöglichkeit, Widerstand und Grenze, Organ und Gegenspieler dieses Selbstes in seiner augenblicklichen Seins- und Lebenswirklichkeit.“⁸⁶

Hier lassen sich die Gegensätze erkennen, die das Wesen des Raumes ausmachen und zu dessen multisensuellen Untersuchung anregen. Dies wird klar, wenn man auf die Worte Dürckheims hört: „Der konkrete Raum des entwickelten Menschen ist ernst zu nehmen in der ganzen Fülle der in ihm erlebten Bedeutsamkeiten, denn in der Eigenart seiner Qualitäten, Gliederungen und Ordnungen ist er Ausdrucks-, Bewährungs- und Verwirklichungsform des in ihm lebenden und erlebenden und sich zu ihm verhaltenden Subjekts“⁸⁷.

⁷⁸ Vgl. Kap. 3.1 Wahrnehmung

⁷⁹ LeCorbusier, (2003)

⁸⁰ Vgl. LeCorbusier, (2003), S. 25

⁸¹ Bollnow, O.F. (2000), S. 23

⁸² Vgl. Descartes, R.: Œuvres et correspondance, Hrsg. C. Adam u. P. Tannery, 12 Bände, Paris 1897-1910, X, 199

⁸³ Vgl. hierzu Raum im Rationalismus Kap. 2.10

⁸⁴ Bollnow, O.F. (2000), S. 34

⁸⁵⁸⁵ Vgl. Meisenheimer, W. (2004), S. 18

⁸⁶ Dürckheim, K.v. (1932), S. 389

⁸⁷ Dürckheim, K.v. (1932), S. 389

Dieser Spur folgt auch Minkowski, der in seinem grundlegenden Werk über den temps vécu⁸⁸, den Raum als den „erlebten Raum“ (espace vécu) schreibt. Hierbei kommt zum Ausdruck, dass es sich um nichts Psychisches handelt, sondern um den Raum selbst, insofern der Mensch in ihm lebt und mit ihm lebt, um den Raum als Medium des menschlichen Lebens. Man orientiere sich an den Worten Bollnows: „Er ist nichts Seelisches, nichts bloß Erlebtes oder Vorgestelltes oder gar Eingebildetes, sondern etwas Wirkliches: der wirkliche konkrete Raum, in dem sich unser Leben abspielt.“⁸⁹

Die Räumlichkeit als wesentliche Konstante im Beziehungsverhältnis von menschlichem Dasein und erlebtem Raum lässt sich an der menschlichen Anatomie ablesen: Der aufgerichtete Mensch als natürliches Achsensystem⁹⁰ im Raum ist die Grundlage jedes menschlichen Wirkens im Raum.

Hierzu schreibt Meisenheimer in seinem Buch *Das Denken des Leibes und der architektonische Raum*⁹¹: „Der menschliche Körper ist wie auch der Baukörper ein Ding, man kann ihn betrachten, messen und sezieren, als Ganzes oder in Teilen darstellen. Er gehört zu dieser Objektwelt wie andere teilbare Dinge auch⁹². Was meinen eigenen Körper betrifft, so kann ich ihn nicht ganz, sondern nur in Teilen vor mir sehen. Ich versuche ihn zwar technisch zu beherrschen, die Haut zu reinigen, die Zähne zu putzen usw. und versuche, seine Verwendung wie die eines Gerätes zu trainieren. Aber viele seiner Eigenschaften und Möglichkeiten kenne ich nur in meiner Vorstellung. Ich sehe mich zum Beispiel nicht von hinten und höre mich nicht von außen, dennoch trage ich eine bestimmte Vorstellung von der Anordnung und Fähigkeit meiner Glieder mit mir herum. Beim Handeln weiß ich spontan, wo welche Glieder sind und was ich damit tun kann, ohne darüber besonders nachzudenken. Den Zusammenhang dieser Positionen und Bewegungsmöglichkeiten nenne ich „Körperschema“⁹³. In allen Handlungszusammenhängen hat dieses Vorstellungsschema Orientierungsfunktion. Es enthält nicht nur figurative Strukturen, die die Vorstellung vom Nebeneinander, vom Ort der Hände, der Füße usw., sondern auch zeitliche Strukturen, die das Nacheinander möglicher Bewegungen betreffen. Man könnte sagen, es sorgt für die Realisierung von Vergangenheit (Erfahrung) und Zukunft (Erwartung) in der Gegenwart meines Selbst.“⁹⁴

Ausgangspunkt Erde – Wirken in einer horizontalen Schicht

Ausgangspunkt menschlichen Handelns ist die Erdoberfläche. Sie dient als konstante Größe aufgrund der vorhandenen Erdanziehungskraft. Alles Leben ist eine Reaktion auf diese Ausgangssituation. Abgesehen

⁸⁸ Minkowski, E. (1988) in Bollnow, O.F. (2000)

⁸⁹ Bollnow, O.F. (2000), S. 19

⁹⁰ Vgl. Bollnow, O.F. (2000), Kap. 1, Abschn. 3

⁹¹ Meisenheimer, W. (2004)

⁹² Erst auf Grund seiner Körperlichkeit besitzt der Mensch die Möglichkeit dreidimensionalen Wahrnehmens.

⁹³ Vgl. Schmitz, H. (1967), 4. Kap., §127, a, S. 239f.

⁹⁴ Meisenheimer, W. (2004), S. 15, 16

von der Allgegenwärtigkeit der kosmischen Bewegung, kann man von einem feststehenden Raum sprechen.

Schon Aristoteles betonte die natürliche Ordnung, die in der Welt vorherrsche. Er ging von sechs, paarweise einander zugeordneten Arten des Raumes aus, die er als das Oben und Unten, das Vorn und Hinten, das Rechts und Links festlegte. Dabei handelte es sich um Richtungsbestimmungen, die von der Stellung des aufrecht stehenden Menschen ausgingen⁹⁵. Der Mensch gedeiht zur Mitte des Raumes, ohne dabei durch seine Willkür in das Relationssystem des natürlichen Raumes eingreifen zu können, jedenfalls bis jetzt noch nicht.

„Unten“ ist das, was die größte Entfernung zur äußersten Himmelssphäre hat, wohingegen dort wohin die „Flammen und das Leichte“ gehen, als „oben“ bezeichnet wird⁹⁶. Der Mensch, so bekundet Bollnow, sieht seine Welt in zwei sehr verschiedene Halbräume unterteilt, von denen der eine der Erdraum ist, der sich unter einem befindet, während der andere der Luftraum über einem ist. Der Erdraum beruht auf einer hohen Festigkeit und einer Undurchsichtigkeit, während der Himmelsraum durch seine Leichtigkeit und Luftigkeit anmutet. Das sich von der Schwerkraft lösen bedeutet, sich in Läuterung von der Erde abzuheben und der Sphäre des Lichts näher zu rücken. Wie Rudolf Arnheim hierzu schreibt, „ist die negative Überwindung der Schwere zugleich der positive Weg zur Erleuchtung und zu einer unbehinderten Sicht. (...) Der Akt des Grabens (hingegen) bringt einen in das Reich der Finsternis und daher symbolisiert er das Vertiefen, das forschende Vordringen unter die Oberfläche. Allem Bauen gemeinsam ist also die dreiste Sünde der Hybris oder Anmaßung.“⁹⁷ (Turmbau zu Babel). Dennoch vermag der Mensch ohne Hilfsmittel (Raumschiff oder U-Boot) nicht in diesen Raum vorzudringen. Er ist an sein Handeln auf der Erdoberfläche – einer horizontalen Ebene - gebunden. Schließt man Exkurse in Höhen (Bergsteigen) und Tiefen (Tauchen) mit ein, so ist es vielleicht angebrachter von einer horizontalen Schicht zu sprechen - selbst der Flug im Flugzeug verbindet immer nur zwei Orte dieser Erdoberfläche.

Dieser Ansicht ist auch William J. Mitchell. In seinem Buch *me++*⁹⁸ schildert er seine Stimmung während eines nächtlichen interkontinentalen Fluges mit dem Zustand der Vergessenheit (limbo) - als bezugslos und ohne Gefühl für Bewegung und Zeit⁹⁹. Die einzigen Schnittpunkte zu einer Handlungswelt auf der Erdoberfläche stellen Flughafen Terminals und Bahnhöfe dar. Sie sind, wie Mitchell sagt, die Schleusen in ein weltweites Netzwerk.

⁹⁵ Vgl. Die Dimensionalität des Raumes bei Aristoteles Kap. 2.3

⁹⁶ Aristoteles, (1854), 200b

⁹⁷ Arnheim, R. (1980), S. 41, 42

⁹⁸ Mitchell, J.W. (2003)

⁹⁹ Vgl. Mitchell, J.W. (2003), S. 15



Abb. 3.2.1-a: Antony Gormley, Land, Sea and Air II, 1982 aus <http://www.antonygormley.com>

Das Wirken in dieser horizontalen Schicht zeugt einerseits von der Eingeschränktheit menschlichen Wirkens auf diesem Planeten, betont aber andererseits auch dessen privilegierte Rolle in diesem Lebensraum als aufrecht stehendes Wesen.

Seine herausragende Rolle als Bezugssystem bzw. als natürliches Achsensystem im Raum, wie weiter oben bezeichnet, beschreibt schließlich Kant:

„Da wir alles, was außer uns ist, durch die Sinnen nur insofern kennen, als es in Beziehung auf uns selbst steht, so ist kein Wunder, dass wir von dem Verhältnis dieser Durchschnittsflächen (d. h. der durch die körperlichen Richtungen von oben und unten, vorn und hinten, rechts und links gegebenen drei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen) zu unserem Körper den ersten Grund hernehmen, den Begriff der Gegenden im Raume zu erzeugen. Die Fläche, worauf die Länge unseres Körpers senkrecht steht, heißt in Ansehung unser horizontal; und diese Horizontalfläche gibt Anlass zu dem Unterschiede der Gegenden, die wir durch oben und unten bezeichnen“¹⁰⁰.

Christian Norberg-Schulz schreibt hierzu in seinem Buch *Existence, Space and Architecture*¹⁰¹: „Horizontale Richtungen repräsentieren die konkrete Handlungswelt des Menschen. Das einfachste Modell des Raumes, in dem der Mensch existiert, ist deshalb eine von einer vertikalen Achse durchdrungene horizontale Ebene.“¹⁰²

Wie Arnheim bemerkt, ergibt sich daraus ein paradoxer Unterschied zwischen der Welt des Handelns und der des Sehens. Während sich der menschliche Wirkungsbereich auf der horizontalen Bewegung bezieht, orientiert sich der Gesichtssinn sich an der Vertikalen¹⁰³, was bereits eine Aufteilung des Raumes nach verschiedenen Sinnesmodalitäten vermuten lässt.

¹⁰⁰ Kant, I. (1902), II, 378 f. in Bollnow, O.F. (2000), S. 46

¹⁰¹ Norberg-Schulz, C. (1971)

¹⁰² Norberg-Schulz, C. (1971), S. 21 in Arnheim, R. (1977), S. 35

¹⁰³ Vgl. Arnheim, R. (1980), S. 44

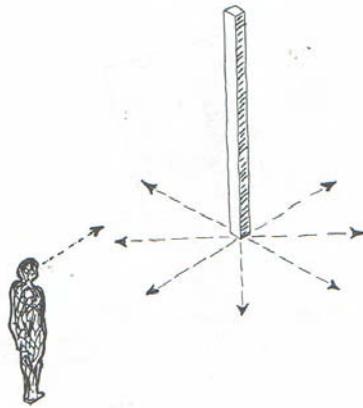


Abb. 3.2.1-b: Das einfachste Modell des Raumes in Arnheim, R. (1977), S. 36

Der Grundriss als Schauplatz des (horizontalen) menschlichen Handelns findet seine Entsprechung im anatomischen Aufbau eines aufrecht stehenden Menschen, dessen Organismus in verschiedenen parallelen Schichten mit verschiedenen Aufgaben aufgebaut ist. In Höhe des Kopfes empfängt das zentrale Nervensystem Informationen die verarbeitet werden, um Entscheidungen zu treffen oder Handlungsweisen zu steuern, in Höhe der Arme liegt der Bereich der Arbeit und den Beinen unterliegt die Aufgabe der Fortbewegung. Dabei wirken universelle und dauernd wirksame Konstanten auf den Menschen und andere Lebewesen ein.

Als einer der ersten und ursprünglichen Faktoren ist die Schwerkraft zu nennen. Sie wird als Zug nach unten wahrgenommen, der von der Unterlage kommt und im Wesentlichen zwei Arten von Reizen für uns erzeugt. Sie ist verantwortlich für das Leibgefühl, das die Position eines jeden auf diesem Planeten bestimmt – man hat mit beiden Beinen auf dem Boden zu stehen. Während dessen wird innerhalb unseres Körpers Druck dadurch erzeugt, dass ein schweres Organ auf ein darunter liegendes leichtes Gewebe gedrückt wird. Dies erzeugt im Skelett wie in den Muskeln Spannungen. Als zweite Auswirkungen erkennt man aufgrund der nach unten ziehenden Masse eine mechanische Deformation der unteren Gliedmaßen, die mit dem Boden in Berührung sind.

Vor allem Kükelhaus betonte die Wichtigkeit der Beziehung des Fußes mit dem Untergrund, indem er ihn als die Antenne für alles, was unterhalb des stehenden Menschen vor sich geht, bezeichnet¹⁰⁴.

Selbst mit Einzug der virtuellen Realität und der Bewegung in ihr mit Hilfe von Avataren¹⁰⁵, kann man diese räumliche Eigenschaft nur bedingt ablegen. Bedingt, weil unabhängig von virtuellen Welten noch immer der Zug nach unten wahrgenommen wird¹⁰⁶, dieser jedoch weit gehend unabhängig von der virtuellen Bewegung ist, da diese nicht an die reale Stellung einer Person im Raum gebunden ist. An dieser Stelle sei jedoch darauf aufmerksam gemacht, dass in einer technologisierten Umgebung, wie man sie beispielsweise in einer CAVE oder einer ähnlichen virtuellen Situation vorfindet, die Raum-Mensch Beziehung aufgrund der Präsenz

¹⁰⁴ Vgl. Kükelhaus, H. (1984), S. 51

¹⁰⁵ Avatar beschreibt eine künstliche Person oder der virtuelle Stellvertreter einer Person in der virtuellen Realität

¹⁰⁶ vorausgesetzt man befindet sich nicht im schwerelosen Raum

von Technik sowohl zu einer Veränderung der Raum- bzw. Weltwahrnehmung als auch zu einer Veränderung der Selbstwahrnehmung führen kann. Dies äußert sich darin, dass sich der durch die Technologie erweiterte Mensch selbst anders wahrnimmt, anders sieht und fühlt, was eine wichtige Rolle beim menschengerechten Einsatz von Technologie im Raum spielt.

In den folgenden Kapiteln wird gezeigt und diskutiert, dass räumliche Schnittstellen als Chance für einen erweiterten Informationsaustausch von Raum und Mensch dienen können. Es sei jedoch darauf aufmerksam gemacht, dass der Erweiterung der Möglichkeiten sinnlicher Wahrnehmung auch mit einer Reduktion dieser Möglichkeiten verbunden sein kann. Diesbezüglich lässt sich in der Dissertation *Wahrnehmung im Virtuellen*¹⁰⁷ von Ute Enderlein einen sehr anschaulichen Beitrag finden: „(...) das Fernrohr ermöglicht es, in die Ferne zu sehen, das Mikroskop macht unsichtbar Kleines sichtbar, Radioteleskope ermöglichen das Lauschen in das Weltall. (...) So kann man mit dem Fernrohr spezielle Wahrnehmungsaufgaben lösen (zum Beispiel die Phasen der Venus sichtbar machen), was eine deutliche Erweiterung der Möglichkeiten der nun technisierten sinnlichen Wahrnehmung darstellt. Gleichzeitig jedoch reduziert der Blick durch das Fernrohr den Ausschnitt des sonst sichtbaren Himmels: Die „Gesamtschau“ des Nachthimmels, wie sie uns unsere unbewehrten Augen liefern können, ist nicht mehr möglich. Das ist eine Reduktion der Wahrnehmungsmöglichkeiten im unmittelbaren Gebrauch des technischen Instruments (...).“¹⁰⁸

Doch zurück zu den Fundamenten der Beziehung zwischen Mensch und Raum.

3.2.2 Die Räumlichkeit des Leibes

Der Mensch nimmt durch seinen Leib ein bestimmtes Raumvolumen ein. Orientiert man sich nun an dem Gedanken Meisenheimers und Schmitz', so erscheint es logisch, dass der Mensch zur Bewegung freien Raum braucht. Dieser Raum ist notwendig, damit er nicht anstößt und dadurch in seiner Bewegung behindert wird. Als Grundbestimmungen treten Enge und Weite hervor. Ersichtlich wird diese Tatsache dann, wenn ein Individuum auf ein anderes Individuum im Raum stößt. Zum Problem wird der Raum für einen Menschen nämlich sobald er auf den Raumbedarf eines anderen Menschen stößt. Raumbedarf heißt wiederum nicht, dass damit der Körper des anderen Menschen gemeint ist, sondern dass er auf den von diesem beanspruchten Bewegungsraum¹⁰⁹ trifft. Er ist dazu aufgefordert, seinen Bewegungsraum zu verteidigen, um so seinen Handlungsspielraum zu schützen. Hier liegen die Wurzeln menschlicher Besitzansprüche. Der Mensch versucht seinen Raum zu schützen. Auf dauerhafte Weise geschieht das, indem er ihn durch Zäune, Hecken, Mauern oder bewachte Grenzen von der Außenwelt abgrenzt und gegen das Eindringen Fremder sichert. Er umfriedet seinen Raum. Auf diese Weise

¹⁰⁷ Enderlein, U.. (2002)

¹⁰⁸ Enderlein, U.. (2002), S. 56

¹⁰⁹ Der direkte Raum um den Körper wird später als Aura, bzw. Proxemik beschrieben.

wird „der offene Bewegungsraum (...) zum abgrenzenden Besitzraum“¹¹⁰.

Hier lassen sich bereits die Unterschiede menschlicher Bestimmung im Raum erkennen. Auf der einen Seite steht der raumausfüllende menschliche Körper, wohingegen auf der anderen der handelnde, wahrnehmende menschliche Leib steht. Es geht um den Menschen als handelnde Person in einem architektonischen Umfeld, das in Kapitel 2.16 definiert wurde.

Bollnow versucht dieses Verhalten durch variierende Formen menschlichen Wohnens zu erläutern. Er greift dabei auf den Begriff des Eigenraumes zurück, den eine Person durch seine Lebendigkeit besitzt. Er geht dabei sehr ausführlich auf die Faktoren ein, die bei einer Untersuchung von Mensch im Raum zu beachten sind und unterscheidet in:

1. der Raum des eigenen Leibes,
2. der Raum des eigenen Hauses,
3. der umschließende Raum überhaupt.“¹¹¹

Alle drei Raumarten sind durch Grenzen voneinander getrennt. Von der Durchlässigkeit einer Grenze hängt der gegenseitige Austausch ab. Dazu zählt auch der Austausch von Information, ein elementarer Bestandteil dieser Arbeit, wie sich später zeigen wird. Der Abschnitt 3.4.3 *Raumgrenzen* geht deswegen ausführlich auf dieses Thema ein. Im Gegensatz zu Bollnow, der von dem Eigenraum spricht, beschreibt Schmitz den Raum des handelnden Menschen als den „Ortsraum“¹¹², in welchem sich das Verhältnis zwischen Subjekt und wahrgenommenem Objekt durch wechselseitige, willkürlich umkehrbare Richtungsbahnen gliedert und ihn vom Leib-Raum unterscheidet.

Wie Bollnow schreibt, sei der Leib das Werkzeug, durch dessen Hilfe uns der Raum gegeben ist und meint damit die Sinnesorgane und die Bewegungsfreiheit des Menschen. Deshalb gehöre der Leib zur Organisation des den Raum erlebenden Subjekts. Im Gegensatz dazu nimmt der Leib selbst eigenen Raum (Eigenraum) ein, was ihn zu einem Teil des uns umgebenden Raumes macht, sodass er auf diese Weise auch auf die Seite des erlebten Objektes gehört. Er kommt zu folgendem Schluss: „Ich bin durch meinen Leib eingelassen in die räumliche Welt“¹¹³.

Während die Sinne als räumlich ausdehnungslose Subjektpunkte betrachtet werden, handelt es sich beim Leib um ein räumlich ausgedehntes Gebilde mit eigenem Raumvolumen, welches sich durch eine begrenzende Oberfläche nach außen hin abgrenzt. Der Eigenraum unterscheidet sich dadurch vom Außenraum.

„Dieser Leib ist als ein solches Raumgebilde nicht mehr reines Subjekt, aber auch nicht reines Objekt, sondern eigentümlich in der Schwebe“¹¹⁴. Auch Pleßner versucht das Phänomen des In-der-Schwebe-Seins zu analysieren.

¹¹⁰ Bollnow, O.F. (2000), S. 284

¹¹¹ Bollnow, O.F. (2000), S. 286

¹¹² Zum Begriff des Ortsraumes vgl. Schmitz, H. (1967), Kap2, § 120, S. 72f.

¹¹³ Bollnow, O.F. (2000), S. 288

¹¹⁴ Bollnow, O.F. (2000), S. 288

In seinem Werk *Die Stufen des Organischen und der Mensch*¹¹⁵ geht er auf den Doppelaspekt des Lebewesens ein, wobei er sich auf die Bedeutung der Grenze und ihrer Gerichtetheit beruft: ein Aspekt, der im Verlaufe der Arbeit, speziell in Bezug auf räumliche Schnittstellen und den Austausch von Information im Raum noch eingehender untersucht werden wird. Wie Pleßner zu vermitteln versucht, unterscheidet die Beschaffenheit der Grenze das leblose von dem lebendigen Wesen¹¹⁶. Er demonstriert seine Vorstellung anhand eines Schaubildes.

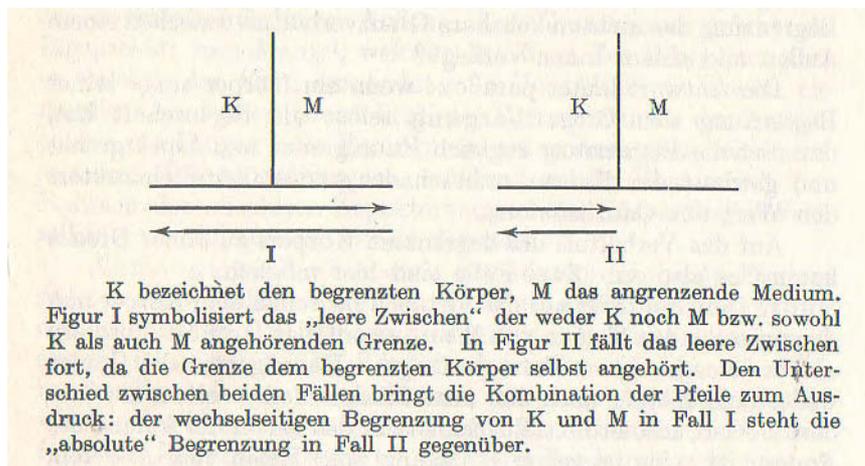


Abb. 3.2.2-a: Über Grenzverhalten aus Pleßner, H. (1965), S. 104

Man erkennt zwei verschiedene Grenzsituationen, die die Verschiedenheit einer Grenze beschreiben. Pleßner kommt zu dem Schluss, dass der „absoluten“ Begrenzung eines leblosen Körpers, die wechselseitige Begrenzung – er nennt es den Doppelaspekt - eines lebendigen Dingkörpers gegenüber steht. Er beschreibt es selbst mit folgenden Worten: „Man erkennt sofort, dass im zweiten Fall der Körper jenen geforderten prinzipiellen Doppelaspekt zeigen muss, dem zufolge er als eine Einheit von Außen und Innen erscheint. Der Doppelaspekt trägt nicht nur das Gebilde und verleiht ihm dadurch den Charakter der Dinglichkeit, sondern er tritt als Eigenschaft, und zwar in Wesensverknüpfung mit der Gestalt (Kontur) des Körpers, auf. Dadurch dass ein Aspekt Eigenschaftsstellung gewinnt, wird, wie oben bereits gesagt, die Erscheinung eines lebendigen Dingkörpers gegen die eines unbelebten nicht material, sondern formal verändert.“¹¹⁷ Erläuternd fügt er an anderer Stelle hinzu: „In seiner Lebendigkeit unterscheidet sich also der organische Körper vom anorganischen durch seinen positionalen Charakter oder seine Positionalität. Hierunter sei derjenige Grundzug seines Wesens verstanden, welcher einen Körper in seinem Sein zu einem gesetzten macht. Wie geschildert, bestimmen die Momente des „über ihm Hinaus“ und das „ihm Entgegen, in ihn Hinein“ ein spezifisches Sein des belebten Körpers, das im Grenzdurchgang

¹¹⁵ Pleßner, H. (1965)

¹¹⁶ Vgl. die Untersuchungen zum Grenzverhalten in Pleßner, H. (1965), S. 104ff.

¹¹⁷ Pleßner, H. (1965), S. 104

angehoben und dadurch setzbar wird. In den spezifischen Weisen „über ihm hinaus“ und „ihm entgegen“ wird der Körper von ihm abgehoben und zu ihm in Beziehung gebracht, strenger gesagt: ist der Körper außerhalb und innerhalb seiner. Der unbelebte Körper ist von dieser Komplikation frei. Er ist, soweit er reicht. Wo und wann er zu Ende ist, hört auch sein Sein auf. Er bricht ab. Ihm fehlt diese Lockerung in ihm selber. Da sein System die Grenze nicht zu eigen hat, ist sein Sein ohne die doppelsinnige Transzendierung.“¹¹⁸

Hier lässt sich erkennen, dass gerade die Verschwommenheit bzw. Permeabilität (das In-der-Schwebe-Sein) der menschlichen Grenze, den Körper zum handelnden Leib macht und ihn von der Dingwelt, deren Grenzen klar das Außen vom Inneren trennen, unterscheidet. Die gesamte empirische Interpretationsart unseres natürlichen Daseins geht von einer stillschweigenden Voraussetzung aus: „Ich selbst bin „in“ meinem Körper, mein Körper „umschließt“ mein Selbst. Der eigene Körper wird nicht ganz zur Körperwelt gerechnet, sondern zugleich als Grenze des Ichs gegen sie, als Peripherie der Innerlichkeit behandelt.“¹¹⁹

Pleßner spricht in diesem Zusammenhang von der Binnenlokalisation - der „Innerlichkeit im eigenen Körper“¹²⁰.

Es ist demnach ratsam, dass bei der Konzeption multisensueller Räume sowohl der Räumlichkeit des menschlichen Körpers als auch dem Eigengefühl des Leibes und seinen Wahrnehmungssystemen Rechnung getragen werden.

Der Leib beschreibt den Anfang aller räumlichen Entfernungen. „Ich existiere meinen Leib“¹²¹ schreibt Sartre und opponiert ihn zum Nullpunkt des Raumsystems, der erst durch ihm entgegenstehende Grenzen¹²² der eigenen Räumlichkeit bewusst wird.

Bezieht man diese Erkenntnis nun auf die Funktionsweise menschlicher Wahrnehmung, so fällt auf, dass auch hier ein Unterschied auszumachen ist, der eine innere Wahrnehmung von der äußeren trennt.

Äußere Wahrnehmung beschreibt das sinnliche Erleben der Welt. Damit ist all das gemeint, was über sie in Erfahrung gebracht werden kann. Im Gegensatz dazu werden innere Zustände (Gefühle, Empfindungen) mithilfe des inneren Sinnes wahrgenommen. Demnach ist es die Wahrnehmung, die eine Grenzlinie zwischen Außenwelt und Subjekt zieht.

3.2.3 Proportionsschemata beim Menschen

Im letzten Kapitel wurde darauf hingewiesen, dass es sich beim Menschen um ein Wesen handelt, das um Wirken zu können Raum benötigt und sich durch zwei Aspekte auszeichnet:

¹¹⁸ Pleßner, H. (1965), S. 129, 130

¹¹⁹ Pleßner, H. (1965), S. 52

¹²⁰ Pleßner, H. (1965), S. 53

¹²¹ Sartre, J. (1962), S. 454 in Bollnow, O.F. (2000), S. 291

¹²² Die Rede ist von Raumgrenzen bzw. Schnittstellen im Raum. Sie werden im Abschnitt 3.5 und 4.6 untersucht und dienen auch bei der Integration von Technologie im Raum als möglicher Ansatzpunkt.

1. Der Mensch besitzt einen *Körper*, der sich durch seine Dimensionalität auszeichnet. Somit ist er ein Raum füllendes Ding mit all seinen mathematischen Gesetzen. Er besitzt physisches Volumen und steht zu Gegenständen im Raum in einem Beziehungsverhältnis.
2. Durch seine Handlungsfähigkeit hat er die Möglichkeit auf die räumliche Konstellation Einfluss zu nehmen. Hierin liegen die Qualitäten des handelnden *Leibes*.

Im architektonischen Prozess ist es nötig, auf diesen Dualismus einzugehen. Als Randparameter fließt er in den architektonischen Prozess mit ein. Weitere Randparameter entstehen aus der Situation, die sich aus den natürlichen und zivilisierten Rahmenbedingungen ergeben. Hierzu gehört auch der bauliche Kontext¹²³ aber in erster Linie die menschliche Anatomie. In ihr finden sich versöhnend beide Aspekte der Menschlichkeit vereint.

Schon seit jeher haben sich Gelehrte Gedanken über den Aufbau des menschlichen Leibes und seiner Position im Raum gemacht, vor allem, wenn es um den Raum geht, der von Menschen bewohnt wird: der gelebte architektonische Raum, Erfüllungsort und Entfaltungsmöglichkeit, Widerstand und Grenze¹²⁴.

Es hat sich herausgestellt, dass die Relationen zwischen ihm und dem menschlichen Körper maßgeblich an der Qualität einer Architektur beteiligt sind. Der architektonische Raum stellt Raumvolumen für menschliche Handlung zur Verfügung bzw. versteht sich als dessen Rahmenwerk (s.o).

Im Lauf der Geschichte gab es viele Versuche, menschliche Maßstäbe mit architektonischen Bestrebungen in Verbindung zu bringen. Herausragende Bedeutung kommt hierbei Marcus Vitruvius Pollio, Leonardo da Vinci und Le Corbusier zu.

Vitruv lebte im antiken Griechenland im 1. Jh. vor Christus. Leonardo wirkte in der Zeit der Renaissance und Le Corbusier war wohl der bedeutendste Architekt des 20. Jh. In allen Epochen spielte der menschliche Körper stets eine entscheidende Rolle bei der Ausbildung von Architektur.

3.2.3.1 Marcus Vitruvius Pollio

In einem Passus über den „homo bene figuratus“ - den wohl geformten Menschen – schrieb der Baumeister Vitruv in seinem Werk über die *Baukunst*¹²⁵ Bahn brechende Worte über die Maßverhältnisse des Menschen. Vor allem auf die Renaissancearchitekten übten diese Worte großen Einfluss aus und wurden deshalb auch oft zitiert¹²⁶. Sie finden sich auch auf der bekannten Proportionsstudie Vitruvmann bei Leonardo da Vinci wieder, auf den im Folgenden eingegangen werden soll. Der Mensch als Maß aller Dinge wurde wissenschaftlich akkurat analysiert.

¹²³ In einer Stadtsituation zählt hierzu die umliegende Bebauung bzw. die städtebauliche Situation.

¹²⁴ Dürckheim, K.v. (1932), S. 389

¹²⁵ Vitruvius, (1995 = 1796)

¹²⁶ Francesco di Giorgio, Albrecht Dürer, Cesare Cesariano, Erhard Schön.

Man war auf der Suche nach harmonischen Gesetzen, anhand derer sich jede Existenz auf dieser Welt einordnen ließ.

„Gleichwie nämlich an dem Körper des Menschen zwischen der Ausdehnung des Armes bis zum Ellenbogen, der Fußlänge, der Hand- und Fingerbildung sowie den weiteren Gliedmaßen ein in festem Einklang stehendes Verhältnis der jeweiligen Größe obwaltet, so soll ebenso ein Gliedmaß in der Gliederbildung bei jeder vollendeten Bauschöpfung uns wieder begegnen.“¹²⁷ Wie Vitruv schreibt, ging es um die Einhaltung ästhetischer Maßverhältnisse. Sie beruhen auf einem den jeweiligen Dimensionen der Werkteile selbst entnommenen Einheitsmaß, Vitruv nennt es „Modulus“, auf dessen Grundlage alle Elemente des ganzen Bauens ihre übereinstimmende stilgemäße Gestaltung (convenicus effectus) erhalten.¹²⁸

3.2.3.2 Leonardo da Vinci

Wie bereits erwähnt wurde, fanden die Gedanken Vitruvs großen Anklang bei den Wissenschaftlern und Künstlern der Renaissance und somit auch bei Leonardo da Vinci, dem Universalgenie seiner Zeit. Er war Maler, Ingenieur, Architekt, Mathematiker, Anatom und Naturforscher.

Geboren am 15. April 1452 in Vinci bei Florenz ist er nicht nur wegen seinen visionären technischen Zeichnungen von Fluggeräten und städtebaulichen Entwürfen, sondern auch aufgrund seiner beeindruckenden anatomischen Studien, mit denen er die Gattung der modernen wissenschaftlichen Illustration begründete, bekannt. Während Gemälde und Bauwerke von Leonardo rar sind, ist seine Hinterlassenschaft an Manuskripten immens. Es handelt sich um schätzungsweise 6500 Blätter, aufbewahrt als Manuskriptsammlungen in Mailand, Turin, Rom, Madrid, London, Oxford, Schloss Windsor, New York und Seattle.

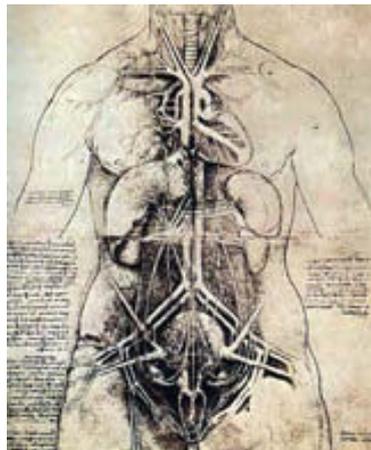
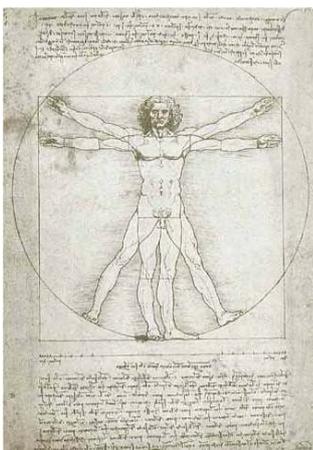


Abb. 3.2.3-a: (links) Vitruvmann (Proportionsfigur in Kreis und Quadrat) Feder, 34, 3 cm x 24,5 cm, Venedig Akademie. Abgebildet in Ullmann, E. (1980) S. 102 (rechts) Studie zu den Organen einer Frau, Feder, Tinte, laviert, über schwarzer Kreide, 47x 32,8cm, Windsor Castle, Royal Collection. Abgebildet in Ullmann, E. (1980) S. 199

¹²⁷ Vitruvius, (1987), S.21

¹²⁸ Vgl. Vitruvius, (1987), S 19

Begleitend zu seinen Studien über den Vitruvmann lassen sich auf dem Blatt folgende Worte in der gespiegelten Schrift Leonardos finden: „Der Baumeister Vitruvius behauptet in seinem Werk über die Baukunst, dass die Maße des Menschen von der Natur derart angeordnet seien, dass vier Finger eine Handbreite, vier Handbreiten einen Fuß, sechs Handbreiten eine Elle, vier Ellen die Größe des Menschen, sowie einen Schritt, und vierundzwanzig Handbreiten die Größe des Menschen ausmachen. Und diese Maße sind in seinen Bauten enthalten. Wenn du die Beine so weit spreizt, dass du um ein Viertel deiner Größe abnimmst, und wenn du dann deine Arme ausbreitest und hebst, bis du die Scheitellinie des Kopfes mit deinen Mittelfingern berührst, so musst du wissen, dass der Mittelpunkt des Kreises, der durch die Enden der gestreckten Glieder gebildet wird, der Nabel ist und dass der Zwischenraum zwischen den Beinen ein gleichseitiges Dreieck bildet. Die Spanne der ausgebreiteten Arme des Menschen ist gleich seiner Höhe (Größe).

Der Abstand von Haaransatz bis zum Rand des Unterkinns ist ein Zehntel der Größe des Menschen, der vom unteren Rand des Kinns bis zum Scheitel des Kopfes ist ein Achtel der Größe des Menschen, der vom oberen Rand der Brust bis zum Scheitel des Kopfes ein Sechstel des Menschen, der vom oberen Rand der Brust bis zum Haaransatz ist ein Siebentel des ganzen Menschen, und der von den Brustwarzen bis zum Scheitel des Kopfes ist ein Viertel des Menschen. Die größte Breite der Schultern enthält ein Viertel des Menschen, der Abstand vom Ellenbogen bis zur Spitze der Hand ist ein Fünftel, und der vom Ellenbogen bis zum Ende der Schulter ist ein Achtel des Menschen. Die ganze Hand beträgt ein Zehntel. Das männliche Glied hat seinen Ansatz in der Mitte des Menschen. Der Fuß beträgt ein Siebentel des Menschen. Der Abstand von der Fußsohle bis unter das Knie ist ein Viertel des Menschen. Der Abstand vom unteren Rand des Knies bis zum Ansatz des männlichen Glieds ist ebenfalls ein Viertel des Menschen.

Was die Teile zwischen dem Kinn und der Nase sowie zwischen dem Ansatz des Haares und der Augenbrauen betrifft, so ist jeder Abstand für sich gleich dem Ohr und beträgt ein Drittel des Gesichts.“¹²⁹

Der so genannte „Vitruvmann“ ist auch die einzige Proportionsfigur, die Leonardo vollständig ausgeführt hat. Der Drang der Renaissancekünstler, Kunst und Wissenschaft zu verbinden, musste dazu führen, dass man den Maßverhältnissen des Menschen besondere Aufmerksamkeit schenkte. Angezettelt wurde dieses Bestreben bereits durch die Auffindung der Vitruv Handschrift im Jahr 1416. Bereits Lorenzo Ghiberti hatte 1444 am Ende seiner *Commentarii*¹³⁰ geschrieben: „Ma la proporzionalità solamente fa pulchritudine!“ Aber allein die Ausgewogenheit der Verhältnisse macht die Schönheit!“ Im Gegensatz zu Leone Battista Alberti, dessen Proportionslehre zur Anthropometrie auf einem genauen Maßsystem basierte, errechnete Leonardo seine Maße wie Vitruv in aufgehenden Bruchzahlen und stand damit allein unter seinen italienischen Zeitgenossen, die an einem

¹²⁹ Vgl. Vitruv-Mann (Proportionsfigur in Kreis und Quadrat) Feder, 34, 3cm x 24,5cm, Venedig Akademie. Abgebildet in Ullmann, E. (1980) S. 102

¹³⁰ Ghiberti, L. (1912)

Modulusverfahren festhielten, welches auf einem verbindlichen Grundmaß basierte.¹³¹

Auch die Bewegung wurde von Leonardo in seine Überlegungen mit eingeschlossen. Er verband die Proportionslehre mit einer Bewegungslehre, einer Lehre von der Anatomie des Bewegungsapparates. Die Kenntnisse darüber gewann er anhand seiner Anatomiestudien, die er wissenschaftlich dokumentierte.

Beispielsweise lässt sich über die natürliche Motorik der Arme lesen: „Es gibt vier hauptsächliche, einfache Pendelbewegungen des Schultergelenks, und zwar wenn der darin eingehängte Arm sich auf- oder abwärts oder nach vorn oder hinten bewegt. Mag man auch meinen, dass es unendlich viel mehr solcher Bewegungen gibt, doch sofern man die Schulter gegen eine Wand kehren und mit dem Arm einen Kreis anzeichnen wird, werden alle Schulterbewegungen gemacht sein.“¹³²

Wie Ernst Ullman in seinem Werk über Leonardo bekundet, wäre das Ziel der Proportionslehre Leonardos zunächst die Bestimmung des Schönen gewesen.

„Neben Naturtreue bedeutet ihm die Ausgewogenheit der Verhältnisse in Quantität und Qualität die Grundlage des Schönen. Doch aus seinen zahlreichen vergleichenden Messungen erwachsen ihm Zweifel, ob der Mensch überhaupt eine absolute Schönheit begreifen könne. So verzichtete er darauf, eine Lösung des Schönheitsproblems zu suchen und setzte die Proportionsstudien aus Interesse am Charakteristischen fort.“¹³³ Aus dieser Situation heraus bemerkte Leonardo: „Der Maler muss danach trachten, vielseitig zu sein; denn es fehlt ihm entschieden am Können, wenn er eine Sache gut macht und die andre schlecht, wie viele, die an der nackten Gestalt nur Maße und Proportionen studieren und nicht auf ihre Verschiedenheit sehen. Denn ein Mensch kann zwar wohl proportioniert sein, aber dabei dick, klein, groß, dünn oder mittelgroß. Wer diese Verschiedenheit nicht berücksichtigt, der macht seine Gestalten immer nach der Schablone, als ob sie alle Geschwister seien, und das verdient strengen Tadel“¹³⁴

3.2.3.3 Le Corbusier – der Modulor.

Als modernen Vertreter der Proportionalisten¹³⁵, ist schließlich Charles Jeanneret alias Le Corbusier (LC) zu nennen. LC wurde 1887 als Sohn eines Designers und einer Musiklehrerin in La Chaux-de-Fonds in der Schweiz geboren. Keiner sollte das architektonische Geschehen der aufkommenden Moderne mehr beeinflussen als er.

Er war der Meinung, dass es der modernen Gesellschaft an einer gemeinsamen Maßeinheit fehle, die imstande sei, alles menschliche Handeln zu beschreiben. Dies führte zur Entwicklung des Modulors. Ziel des Modulors war es, ein Maßsystem zu entwickeln, dass ein nicht geringeres Ziel anstrebte, als das Meter bzw. das Fuß-Zoll System im

¹³¹ Vgl. Ullmann, E. (1980), S.101

¹³² Leonardo da Vinci , (1802), Codex Urbinas, Fol. 104

¹³³ Ullmann, E. (1980), S. 103

¹³⁴ Leonardo da Vinci, (1999), G, 5, v.

¹³⁵ Eine Wortschöpfung des Verfassers

entwerferischen und zeichnerischen Prozess abzulösen, um es durch ein gebräuchlicheres zu ersetzen, das sich mehr am menschlichen Wirken orientieren sollte. LC hielt sowohl das Metrische, wie auch das Zoll-Fuß-System, für unbrauchbar, wenn es darum ging, sie für menschliche Zwecke einzusetzen. Wie er in seinem Buch *der Modulor*¹³⁶ schreibt, sei der Meter dem menschlichen Wuchs gegenüber gleichgültig, ebenso seine Einteilung in halbe Meter, viertel Meter, Dezimeter, Zentimeter und Millimeter, weil es keinen Menschen gäbe, der ein oder zwei Meter groß sei¹³⁷.

Es galt die Flut der Erzeugnisse in der Welt (er beschränkt sich nicht nur auf das Baugewerbe) harmonisch zu gestalten¹³⁸ - das Versprechen, „immer harmonisch, verschiedenartig, elegant anstatt banal, langweilig und abstoßend zu sein“¹³⁹, sollte durch den Modulor erfüllt werden. Wie der Name schon ausdrückt, hat man es bei ihm mit einer genormten Zelleinheit zu tun, die eine variable Zusammensetzung ermöglicht und die Anwendung in jeder Bau- und Planungsphase anbietet.

Der Modulor ist die Weiterentwicklung des Dom-Ino. Während sich der Dom-Ino ideell als transportables Haus verstand, dessen Sinn es war, seinem Inhaber maximale Flexibilität zu gewährleisten, handelt es sich beim Modulor um eine Baueinheit, die beispielsweise als Grundlage für unterschiedlichste Wohneinheiten dienen konnte. Es beschreibt ein Modulsystem, welches unabhängig von der Größe des Bauwerks verwendet werden konnte. Wie umfangreich die Gedanken LCs waren, zeigt sich in seinen visionären Großprojekten, wie z. B. der Unité d' Habitation in Marseille. In ihr sind verschiedenste Arten von Wohneinheiten, Geschäfte, Restaurants, Friseuren und sogar Hotels in einem Baukomplex vereint, wobei sich der Modulor auf nahezu alle Bereiche auswirkte. Auf diese Weise versucht LC Norm und Individualität zu paaren und in einer autarken Gebäudemaschine zu vereinen.

Der Modulor ist ein neues Maßsystem, das die metrische Abstraktion durch eine Skala harmonisierter Dimensionen ersetzt, die von den Proportionen des Menschen und dem goldenen Schnitt abgeleitet sind. LC sagt: „Das Gesetz des Modulor verhindert Unklarheit und dient der Entwicklung von Fantasie und Einfühlungsvermögen. Kurz, es ist eine Humanisierung des Maßes in der Architektur.“¹⁴⁰ Gleichsam ist er „der Angelpunkt, um den sich alle Proportionsprobleme der modernen Architektur bewegen.“¹⁴¹

Hierfür war es nötig, auf die menschliche Gestalt Bezug zu nehmen. LC ging zuerst (Modulor I) von einer Person von 1,75 Meter aus, um ihn daraufhin (Modulor II) mit einem Mann von 1,83 Meter zu ersetzen. Mit ausgestrecktem Arm erreicht der Modulor zweiter Gattung eine Höhe von 2,26 Meter. Seine Aufgabe war es, auf die entscheidenden Punkte menschlicher Raumverdrängung einzugehen, um so das Gesamtkonzept „anthropozentrisch“¹⁴² zu machen, schreibt LC.

¹³⁶ LeCorbusier, (2003)

¹³⁷ LeCorbusier, (2003), S. 20

¹³⁸ Vgl. LeCorbusier, (2003), S. 109

¹³⁹ LeCorbusier, (2003), S. 109

¹⁴⁰ LeCorbusier, (2003), im Vorwort zur dritten deutschen Auflage von Georges Candilis im Jahr 1978

¹⁴¹ LeCorbusier, (2003), im Vorwort zur zweiten französischen Auflage von LC in Jahr

1951

¹⁴² LeCorbusier, (2003), S. 50

Der Anthropozentrismus von LC - wie er vom Verfasser genannt werden soll - basiert auf den typischen Bewegungen und Handlungsabläufen eines Menschen im Raum und ist deshalb auch dieser Arbeit von Nutzen. Hierzu zählen verschiedene Sitzstellungen, aber auch diverse stehende Positionen, wie zum Beispiel das entspannte Sitzen auf einer Steinstufe relativ nahe am Boden (in einer Höhe von 27 cm) oder das Anlehnen an eine Bar (in einer Höhe von 140 cm). Abhängigkeit vom menschlichen Körper ergeben sich daraus die Maße für den planenden Architekten (s. Abb. unten).

Bereits im 5. Jh. vor Christus hatte der Sophist Protagoras von Abdera ähnliche Gedanken; aus dieser Zeit stammt die wohl meistzitierte Floskel der allgemeinen Architektur-Diskussion, wonach der Mensch das Maß aller Dinge sei – allgemein bekannt auch als der „Homo-mensura“-Satz („Anthropos metron hapanton“¹⁴³).

LC war der Meinung, dass allein der Architekt imstande sei, Einklang zwischen dem Menschen und seiner Umgebung herzustellen¹⁴⁴.

Über den Sinn und Zweck seiner Anwendung schreibt LC: „(B) Der „Modulor“ arbeitet mit „geschätzten“ Maßen (aktives Phänomen). Jedes Problem, das von einem Bauherrn an seinen Architekten herangetragen wird, wird in den üblichen Maßbegriffen ausgedrückt werden: in Metern oder in Fuß-Zoll usw., das heißt in Ziffern (passives Phänomen), (A). Der „Modulor“ schaltet sich (aktiv) ein (B), um auf (A) zu antworten. (A) ist die persönliche, spontane Frage des Bauherrn, abseits aller Überlegungen der den Fachmann angehenden Aufgaben.

Diese den Fachmann angehenden aktiven Aufgaben sind (B):

- das Gleichgewicht der Komposition;
- die Einfügung in die Umgebung;
- Normung, Standardisierung, Vorausherstellung;
- endlich die dadurch entstehende Harmonie (Berücksichtigung des Nachbarn, Gestaltung der Umwelt, Verträglichkeit und Höflichkeit, usw.). Eben dies ist die Aufgabe des Architekten. (...)

Der Modulor ist ein Arbeitswerkzeug für die Schaffenden (für die, welche komponieren: Entwerfer und Zeichner), nicht aber für die Ausführenden (Maurer, Zimmerleute, Mechaniker usw.)¹⁴⁵.

¹⁴³ Plato , (2001), 152a

¹⁴⁴ „der Mensch= eine Psychophysiologie; die Umgebung= das All: Natur und Kosmos“ in LeCorbusier, (2003), S. 113

¹⁴⁵ LeCorbusier, (2003), S. 179-180

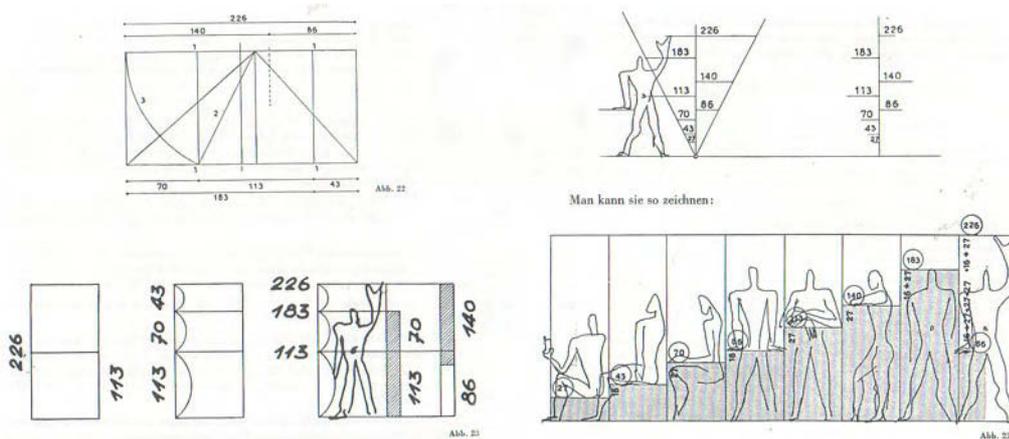


Abb. 3.2.3-b: Die anthropozentrischen Maße des Modulor aus Le Corbusier, (2003), S. 66,67

Wie LC aus einer Unterredung mit dem Großindustriellen Kayser im Rockefeller Center in New York im Januar 1946 hervorgeht, ist er der Ansicht, dass der Standard der Weg zur Vollkommenheit sei. Mit der „Waffe des menschlichen Maßstabs“ beabsichtigte er gegen den Akademismus anzukämpfen, um so der Willkür entgegen zu treten, die aus seiner Sicht den Programmen und der Dimensionierung anheim gefallen war¹⁴⁶. Es galt wieder die Gleichung aller großen Bauepochen herzustellen. Er meinte damit die Einheit, die bereits im Jahr 1928 durch eine Formel ausgedrückt wurde und einen guten Einblick in Le Corbusiers Gesamtblick gewährt:

„Das Haus – ein Palast;
der Palast – ein Haus.“¹⁴⁷

„Das soll heißen, dass ein Haus, das seine Pflichten erfüllt, die bloße Zweckmäßigkeit weit hinter sich lassen und die Würde eines Palastes erreichen kann: die Größe liegt in den Absichten, nicht aber in den Abmessungen. Umgekehrt hat ein Palast die Verpflichtung, den bescheidensten Notwendigkeiten ebenso gerecht zu werden wie ein einfaches Haus; auch er soll, so vornehm er sein mag, in Demut dienen. Jene Gleichung enthält einen Schlüssel: die Proportion, die das Lächeln der Dinge birgt.“¹⁴⁸

Ohne den eminent wichtigen Beitrag Le Corbusiers im architektonischen Diskurs schmälern zu wollen, muss man kritisch bemerken, dass LC, um mit seinen Proportionskunststückchen zurande zu kommen, von einem Menschen von 1,83 Metern (ausgestreckt 2,26 Meter) ausgeht, der sich keineswegs an einer statistisch ermittelten durchschnittlichen Körpergröße¹⁴⁹ orientiert. Deshalb erweist sich also schon der Ausgangspunkt als fraglich. Auch Feuerstein ist dieser Meinung und erkennt, dass der Modulor nicht das „menschliche“ Maß, sondern eine Fiktion sei. Aus diesem Grund sei, wie er meint, LC auch an der Unité in Berlin gescheitert. Eine Raumhöhe von 2,26 Metern - und die misst der

¹⁴⁶ Vgl. LeCorbusier, (2003), S. 115

¹⁴⁷ LeCorbusier, (2003), S. 116

¹⁴⁸ LeCorbusier, (2003), S. 115-116

¹⁴⁹ im EU-Durchschnitt messen Männer z.B. in Deutschland (Baden Württemberg) 1,77 Meter, Frauen 1,65 Meter. Vgl. Eurostat im Internet unter

<http://europa.eu.int/comm/eurostat/> oder http://www.ooe.gv.at/info_point_europa/67/07.htm

ausgestreckte Modulor - sei im üblichen Wohnungsbau nicht zu vertreten. Aus diesem Grund sei die Einbeziehung des menschlichen Körpers bis heute ein ungelöstes Problem geblieben¹⁵⁰.

Zusammenfassend bleibt zu sagen, dass der Planer gut daran tut - ja dazu aufgefordert ist - die menschliche Größe und die Spuren seines Handelns in seine Architektur zu integrieren. Indessen warnt der Verfasser davor, den menschlichen Körper als zwingende formale Richtlinie anzusehen und seine Proportionen in allen Aspekten architektonischen Wirkens zu suchen, um so einen ästhetischen Bewertungsmaßstab für gebaute Architektur zu erhalten.

Auf kurz oder lang sind in jedweder gebauten Form die menschlichen Entitäten aufzuspüren; doch manchmal gleicht dieses Procedere mehr einer Wolkenschau oder dem Spiel des Bleigießens, bei dem man Erscheinungen quasi herbeisehnt. Auch führt es nicht zum Ziel, wenn ein Art menschliches Raster über jedwedes architektonisches Element gelegt wird, um so dessen anthropologischen Bezug zu manifestieren, wie es in der Zeit der Renaissance gern unternommen wurde. Wie Feuerstein hierzu schreibt, „geht es nicht um den – ohnehin unmöglichen – Nachweis der absoluten und mathematischen Übereinstimmung von Bauwerk, Körper und Geometrie, vielmehr ist es wieder eine idealisierte Darstellung, die Maß und Proportion in der Architektur rechtfertigen soll.“¹⁵¹

Die architektonische Vielfalt wäre in Gefahr, unter einem Deckmantel aus Richtlinien zu verschwinden, was ohnehin aufgrund der hohen baulichen Anforderung schon annähernd der Fall ist. Vielmehr sollte die rigorose Gewilltheit der Natur hin zum Minimalismus als Gesetzgebung für eine funktionsorientierte Architektur dienen oder aber als „kühner Stein“¹⁵² sich zielbewusst gegen die natürlichen Kräfte stellen. Im Planungsprozess ist es manchmal nicht eindeutig auszumachen, wo die Liebe zur menschlichen Figur in seiner Vorbildfunktion gerechtfertigt und wo sie übertrieben ist.

Gleichwohl ist das Wissen um das Funktionieren menschlicher Gebärden für die architektonische Planungskunst notwendig, können mit ihm zumindest Fehler bei der Ausführung, die zu einer gewissen baulichen Willkür führen kann, verhindert werden. Dennoch muss selbst bei der Anwendung des beeindruckenden Modulors Vorsicht walten. Wie Georges Candilis ein Schüler Le Corbusiers im Vorwort zur dritten deutschen Auflage des Modulors betont, sei der Modulor weder als fertiges Rezept noch ein Instrument. „Sein Gesetz muss mit großer Gelassenheit und Umsicht angewandt werden.“

¹⁵⁰ Vgl. Feuerstein, G. (2002), S. 28, 29

¹⁵¹ Feuerstein, G. (2002), S. 86

¹⁵² der Verfasser will mit diesem Ausdruck ein entwerferisches Vorgehen beschreiben, welches sich auf Grund seiner architektonischen Ausdrucksweise entschieden und souverän gegen die natürlich gewachsene Formensprache stellt. Das Ergebnis stellt meistens einen baulichen Solitär dar.

3.2.3.4 Erkenntnisse für den multisensuellen Raum

Trotz innigster Bemühungen, ein harmonisches Verhältnis in mathematischen Gleichungen auszudrücken, gibt es bisher keine eindeutige Lösung, die es einem ermöglicht, der Einbeziehung des Menschen in den architektonischen Raum hinreichend entgegenzukommen.

Der Modulor wurde dafür konzipiert, ein harmonisches Verhältnis in seinen Produkten zu erzeugen, das sich ausschließlich auf den Menschen beziehen sollte. Doch selbst seinem Erfinder gelang es nicht, dabei gleichzeitig die große Unbekannte zu entschlüsseln, mit der man es zu tun hat, sobald man mit bzw. für den Menschen plant. Dies gilt nicht nur für die künstlerischen Berufe, sondern ist allgegenwärtig unserer Existenz verhaftet. Beim Aktienkauf oder an der Einkaufskasse im Supermarkt, die menschliche Dimension schwingt überall mit. Der ausgestreckte Modulor misst 2 Meter und 26 Zentimeter¹⁵³. Daraus ergibt sich für LC selbstverständlich die Gewissheit, dass direkt darüber, also mit dem Erreichen des Endes der menschlichen Dimension, für eine Wohnung die Decke zu kommen hat. Die Existenz des Menschen hört mit anderen Worten unmittelbar an der Grenze seiner Extremitäten auf zu wirken. Das bedeutet auch, dass es so etwas wie eine menschliche Wirkung nach außen - auf die man aus architektonischer Sicht Rücksicht nehmen müsste - nicht gibt. Das Prinzip der menschlichen Aura bzw. der Proxemik wird einfach ausgeblendet.

Natürlich kann man diesen Weg damit rechtfertigen, dass das Maßsystem des Modulors als Inbegriff einer neuen Zeit stehen sollte, bei der Automation und Wirtschaftlichkeit die Hauptrolle spielte. Als Radikalist dieser Ansicht erscheint es logisch, dass LC einen minimalen Raum – nämlich den Standardraum - zu konzipieren suchte, der auf maximaler Menschlichkeit beruhen sollte. Somit ergäbe sich aus Gründen der Wirtschaftlichkeit das Ende der Menschlichkeit mit dem Ende seiner Gliedmaßen.

Natürlich ist es schwer, Gründe aufzulisten, die es wissenschaftlich untermauern, dass zum Mensch-Sein mehr gehört als seine dimensional Ausmaße. Das würde wiederum bedeuten, dass der Modulor ein Maßsystem wäre, das sich nur einseitig mit dem Menschen auseinandersetzt. Er blendet förmlich die Metaphysik seiner Existenz aus.

Ein Maßsystem, das diese Tatsache berücksichtigte, hätte ein weiteres Problem zu behandeln bzw. eine weitere Schicht zu berücksichtigen. Die Rede ist von den Komponenten des nicht-geometrischen Daseins eines Menschen (Abb. 3.2.3-c).

¹⁵³ Wenn man einmal von der Richtigkeit der Quelle des Modulor (ein Mann von 1,82m) absieht (s.o.).

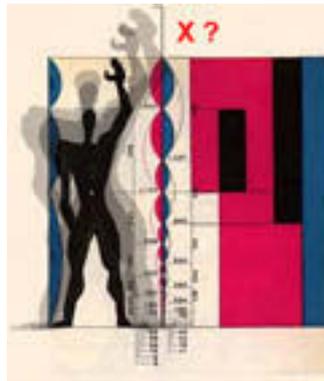


Abb. 3.2.3-c: Proportionskizze in Anlehnung an den Modulor unter Berücksichtigung nicht-geometrischer Größen wie z. B. der Aura. Das „x“ und die Schatten um die Figur des Modulor in der Zeichnung beschreiben Komponenten eines nicht-geometrischen Daseins.

Gernot Böhme versucht in seinem Buch *Atmosphäre*¹⁵⁴ diesen Komponenten auf die Spur zu kommen. Seine Erkenntnisse dienen Barbara Becker als Grundlage für eine Untersuchung hinsichtlich eines medialen Kontextes¹⁵⁵ (etwa in einem technologisierten Raum). In ihrem Beitrag zu *Media Synaesthetics*¹⁵⁶ versucht sie eine aktuelle Standortbestimmung der sinnlichen Einbindung in die Welt zu liefern. Becker ist der Meinung, dass sie durch die Atmosphäre eines Menschen gegeben ist.

Wie sie schreibt, sei die Atmosphäre nicht nur Hintergrund aller bewussten und explizierbaren Wahrnehmung, sondern vor allem dadurch charakterisiert, dass sie ein spezifisches Wechselverhältnis von Subjekt und Objekt impliziere¹⁵⁷.

Es ist jedoch unklar, wem die Atmosphäre zuzuschreiben ist: ob dem Objekt oder dem Subjekt.

Böhme weist darauf hin, dass der Begriff Atmosphäre in dieser Hinsicht ontologisch unbestimmt bleiben muss. Becker schreibt diesbezüglich: „Weder gehen atmosphärische Momente nur vom Objekt aus, noch sind sie alleinig subjektive Projektionen. Vielmehr entfaltet sich die Atmosphäre im besonderen Fluidum, das sich zwischen Selbst und Anderem entfaltet.“¹⁵⁸ Sie werden primärer Gegenstand der Wahrnehmung und haben Einfluss auf die Stimmung eines Raumes bzw. bilden Raum¹⁵⁹. Raum spiegelt demgemäß das Wechselspiel der Beziehungen zwischen Menschen und Objekten wider.

Wie am Anfang dieses Abschnittes gezeigt wurde, wurden schon früh Proportionen eines Menschen auf die des Hauses übertragen. Das beschreibt ein von der Atmosphärentheorie differierendes Vorgehen mit vorwiegend semantischem Hintergrund. Der Mensch dient gewissermaßen als Vor- bzw. Abbild zur Organisation von architektonischem Raum. Man kann deshalb auch von einer

¹⁵⁴ Böhme, G. (2003)

¹⁵⁵ Vgl. Kap. 5 *Der multisensuelle Raum*

¹⁵⁶ Filk, C.; Lommel, M. (2004)

¹⁵⁷ Becker, B. (2004), S. 43f.

¹⁵⁸ Becker, B. (2004), S. 45

¹⁵⁹ Vgl. Schmitz, H. (1969), Kap. 3, §158 *Klassifikation der Gefühle*

„Anthropomorphisierung“ von Architektur sprechen. Vor allem die Ansätze Vitruvs spielen dabei (als Quelle für ein menschliches Maß im Bau) eine wichtige Rolle (s.o).

In Abschnitt 3.3 *Bewegung im Raum* wird auf die Bedeutung menschlicher Anatomie in Bezug auf den Raum noch einmal ausführlich in einer theaterwissenschaftlichen Raumuntersuchung eingegangen. Es soll nun erst einmal genügen, anhand einiger Abbildungen den menschlichen Bezug in historischen Entwürfen aufzuzeigen. Der Leser sei jedoch dazu aufgefordert, sich einen tieferen Einblick in das Thema zu verschaffen, indem er z. B. in „Körper und Bauwerk“¹⁶⁰ einer Daidalos Ausgabe aus dem Jahre 1992 detaillierte Ausführungen verfolgt. Außerdem sei auf die Arbeiten Günther Feuersteins verwiesen, der sich ganz der Ergründung biomorpher bzw. physiognomer Architektur widmet. Seine letzten Arbeiten sind deshalb auch mit den Titeln *Biomorphic Architecture 1*¹⁶¹ und *2*¹⁶² gekennzeichnet. (aus Band zwei erwuchs schließlich *Biomorphic Architecture 2 (Erg. 2)*, welches 2004 erschienen ist¹⁶³).

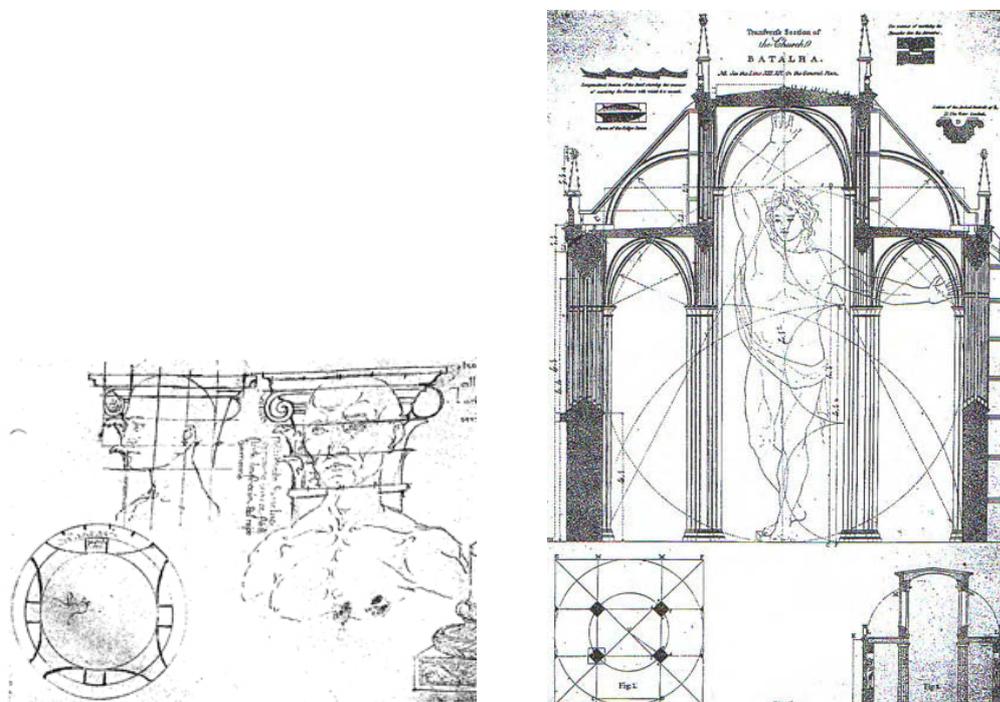


Abb. 3.2.3-d: (links) Francesco di Giorgio Martini, Proportionsstudie um 1480
(rechts) Francesco di Giorgio Martini, Proportionsstudie, Mensch und Kirchenfassade, Florenz, 1480-90

3.2.4 Entleiblichung des Raumes

Es stellt sich die Frage, in welchem Maß sich Körperbewusstsein und menschliches Verhaltensmuster als Entwurfsgrundlage in einem Planungsprozess behaupten können, dessen Hauptinteresse es ist, die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes zu garantieren? Nicht gerade

¹⁶⁰ , (1992)

¹⁶¹ Feuerstein, G. (2002)

¹⁶² Feuerstein, G. (2003)

¹⁶³ Feuerstein, G. (2004)

vorteilhaft ist dabei die Tatsache, dass der menschliche Faktor aufgrund seiner Individualität und Komplexität als nicht unproblematischer Messfaktor mit einfließt. Was letztlich als Reflexion über die große Unbekannte „Mensch“ übrig bleibt, ist ein fragwürdiger Spagat der Ernüchterung zwischen Sicherheitsbestimmungen und DIN Normen. Gerade wenn man zeitgenössische Architektur in Hinblick auf die Leibhaftigkeit der menschlichen Erscheinung bezieht, was auf der Suche nach multisensuellen Aspekten, vor allem wenn es um gebauten Raum geht, ständig der Fall ist, so kommt man zwangsläufig auf die allgegenwärtige These der Isolation des Individuums und die einhergehende Verarmung des sinnlichen Wahrnehmungsvermögens, beispielsweise als Folge großstädtischen Lebens, der Globalisierung oder einer Technologisierung der Welt von heute und morgen. „Die Wiederentdeckung verloren geglaubter Sinne“ als akzeptiertes architektonisches Entwurfsmuster scheint ein Lichtblick in die richtige Richtung zu sein. Dennoch besteht dann die Gefahr, sich in einer Art Neo-Anthropologie zu verrennen, die vor lauter Organnähe die eigentliche Entwurfsaufgabe aus den Augen verliert, bzw. in einer oberflächigen Bildhaftigkeit „ertrinkt“.

Eine Flut organischer „Blobs“¹⁶⁴, wie man sie im aktuellen Architekturdiskurs bezeichnet, steht derzeit auf der Beliebtheitskala ganz oben, wenn es darum geht, zeitgemäße Architektur zu entwickeln. Es scheint keinen ausgeschriebenen Wettbewerb mehr zu geben, bei dem nicht mindestens ein Beitrag auf die „grenzenlosen“ Möglichkeiten organischen Entwerfens durch 3D Programme vertraut. Meistens wird in solchen Fällen auf die uterinären Sehnsüchte der Menschen gepocht. Oft steckt jedoch auch die Intention dahinter, Gebäude zu bauen, die sich an der Form menschlicher Organe orientieren. Als baulicher Solitär kann sich ein Gebäude mit großer Wahrscheinlichkeit von der bereits vorhandenen Bebauung absetzen, was „bisweilen“ im Sinne des Architekten oder des Bauherren ist. Das Für und Wider dieser Vorgehensweise zu erörtern würde jedoch den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Dennoch soll im fünften Teil dieser Arbeit eine Stellungnahme über derzeitige architektonische Tendenzen und ihr sensuelles Potenzial gemacht werden. Der Artikel „Von der Box zum Blob und wieder zurück: Zum jüngsten Architektenstreit“¹⁶⁵ gibt einem einen guten Überblick über derzeitige Tendenzen in der Gestalterwelt. In diesem Zusammenhang bleibt zu sagen, dass der multisensuelle Raum keine Flucht in eine Welt sein soll, die es nie gab, sondern gewillt ist, realistische Möglichkeiten humanistischer Architektur zu entwickeln, die aktuelle Tendenzen in Wirtschaft und Entwicklung aufgreift. In welche Richtung ein solcher Humanismus gehen kann, wird in den folgenden Abschnitten zu erläutern versucht.

Im letzten Abschnitt wurde anhand von Beispielen auf die menschlichen Proportionen und ihre Rolle als Maßsystem in der Architektur eingegangen. Um dem Eindruck entgegenzuwirken, der entstehen könnte, wenn man damit begönne, über die fortschreitende Entmenschlichung der Architektur wehzuklagen, soll nun ein Versuch unternommen werden, die Stellung des menschlichen Leibes in

¹⁶⁴ Vgl. Kraft, S.; Kuhnert, N.; Uhlig, G. (1999)

¹⁶⁵ Kraft, S.; Kuhnert, N.; Uhlig, G. (1999)

Zusammenhang mit dem architektonischen Raum zu bringen. Hierzu dient dem Verfasser ein Essay von Achim Hochdörfer, der anlässlich der Kunstausstellung *la casa, il corpo, il cuore* in Wien im Jahre 1999 veröffentlicht wurde.

Wie Hochdörfer schreibt, habe schon zu Beginn des letzten Jahrhunderts Georg Simmel gemeint, dass die Menschen der Stadt angesichts des Überangebots an visuellen und akustischen Reizen ein Art „Schutzschild“ gegen äußerliche Reize hätten errichten müssen. Die Rede ist von einem „Präservativ gegen die Vergewaltigung der Großstadt“¹⁶⁶ Hochdörfer schreibt weiter, dass sich auch Richard Sennett in seinem Buch *Fleisch und Stein. Der Körper und die Stadt in der westlichen Zivilisation*¹⁶⁷ mit den Auswirkungen moderner Urbanität auf die körperliche Wahrnehmung beschäftigt habe. Laut Sennett seien die heute sich abzeichnenden Folgen eine zunehmende „Passivität des Körpers“, eine „Verarmung der Sinne“, eine „Dumpfheit, Monotonie und taktile Sterilität, die schwer auf unserer städtischen Umgebung lastet“¹⁶⁸. Interessanterweise geht Sennett bei seinen Erläuterungen bis ins Jahr 1628 zurück, als der Arzt William Harvey das System des Blutkreislaufes entdeckte und damit eine „wissenschaftliche Revolution der Auffassung vom Körper“ einleitete¹⁶⁹. Es dauerte nicht lang, bis sich die neuen Erkenntnisse auch auf die architektonischen Reihen auswirkten. Der Mensch als große Maschine, angetrieben durch seine Lebenspumpe¹⁷⁰, schwappte in ein neues Zeitalter. Die Mechanisierung des Körperbildes wurde eingeleitet und es dauerte nicht lang bis auch die Wirtschaftstheoretiker und Stadtgenieure sich von dieser neuen Vorstellung beeinflusst sahen. Das Prinzip des freien Marktes gedieh und der Umlauf von Ware und Geld wurde mit der freien Zirkulation des Blutes im Körper verglichen. Das neue Wissen sollte auch auf die Stadtplanung und die Architektur übertragen werden: „Wie die Blutkörperchen durch die Arterien und Venen strömen, so sollten sich die Menschen frei durch das Straßensystem bewegen können.“¹⁷¹ In Anlehnung an die Blutzirkulation wurde laut Sennett das „Prinzip der freien Fortbewegung“ zum Leitgedanken der Stadtplanung. Beschleunigt durch technologische Erfindungen, wie die der Eisenbahn oder des Autos, führte dieses Prinzip zu einer Entwertung des öffentlichen Raumes. Hochdörfer sagt: „Straßen haben heute den alleinigen Zweck, Bewegung zuzulassen.“¹⁷² Es geht darum, mithilfe eines möglichst perfekten Straßennetzes, möglichst schnell zum gewünschten Ziel zu kommen. Gebiete, die der freien Bewegung nicht untergeordnet seien, wirkten bedeutungslos oder gar störend. Was bliebe, seien neutrale, sterile Räume, die von jeder sinnlichen Qualität gereinigt sind. „Ein In-Beziehung-Setzen des Körpers zu seiner Umgebung ist in diesen Räumen abhanden gekommen.“¹⁷³ Kamper und Wulf sind derselben Meinung. Sie sprechen von der Entsinnlichung des Menschen bzw. vom

¹⁶⁶ Simmel, G. (1993), Bd. 4, S. 193 in Hochdörfer, A. (1999), S. 130

¹⁶⁷ Sennett, R. (1997) in Hochdörfer, A. (1999), S. 130

¹⁶⁸ Sennett, R. (1997), S. 21 in Hochdörfer, A. (1999), S. 130

¹⁶⁹ Sennett, R. (1997), S. 319 in Hochdörfer, A. (1999), S. 130

¹⁷⁰ Sennett, R. (1997), S. 322 in Hochdörfer, A. (1999), S. 131

¹⁷¹ Hochdörfer, A. (1999), S. 131

¹⁷² Hochdörfer, A. (1999), S. 131

¹⁷³ Hochdörfer, A. (1999), S. 131

„Schwinden der Sinne“. Schuld daran seien die moderne Lebensweise und der Einsatz von Hightech im Alltag. Die moderne technisierte Lebenswelt erfordert als Voraussetzung für das Handeln und die Orientierung in ihr immer weniger eine komplexe sinnliche Erfahrung, sondern eher den effizienten Informationsgewinn durch einzelne, favorisierte Sinne. Der sinnliche Kontakt zur Lebenswelt und zu sich selbst wird verlagert und findet sich schließlich in privaten Lebensbereichen wie Wellness, Unterhaltung, Sport oder Gesundheit und Krankheit, in denen sinnliche Erfahrung zum Ereignis wird, wieder.¹⁷⁴

3.2.4.1 Richard Serra – Skulpturen

Ein Versuch über körperliche Befindlichkeit im Raum zu reflektieren, um das Schutzschild wenigstens für Augenblicke abzunehmen, sind die Freiraumskulpturen Richard Serras. Nicht nur in Bezug auf eine bewusste sensuelle Wegeführung des öffentlichen Lebens durch den öffentlichen Raum, sondern auch was das individuelle Bewusstsein der eigenen Körperlichkeit im Raum angeht, konzipiert Serra durch seine Skulpturen überzeugende Ansätze um die Leiblichkeit des Körpers mit seiner Umgebung ins Gespräch kommen zu lassen. Als Beispiele stehen die Skulpturen *Street Levels*¹⁷⁵ und *Delineator*¹⁷⁶ hervor.

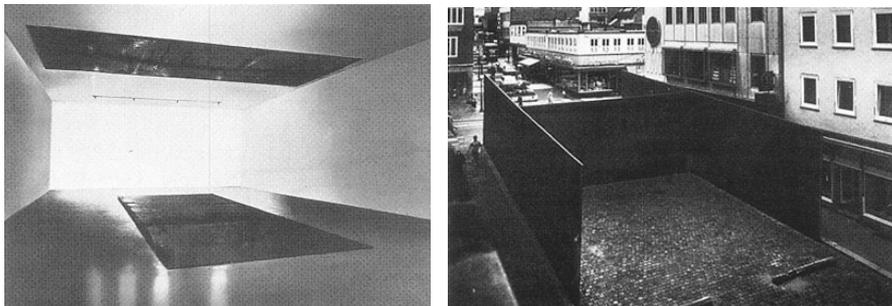


Abb. 3.2.4-a: (links) Richard Serra, *Delineator*, 1974/75, Ace Gallery, Venice, Kalifornien aus Hochdörfer, A. (1999), S. 133

Abb. 3.2.4-b: (rechts): Richard Serra, *Street Levels*, 1986/87, Installiert für die Königstraße in Kassel (documenta 8) aus Hochdörfer, A. (1999), S. 134

Street Levels ist ein künstlerischer städtebaulicher Beitrag, der auf das öffentliche Verhalten der Menschen in den Straßen eingeht, während *Delineator* sich eher auf den privaten Innenraum bezieht und sich auf das Individuum in ihm konzentriert.

Beim Betreten der Rauminstallation *Delineator* entsteht aufgrund der Anordnung zweier rechteckiger Stahlplatten (die eine der jeweils 2500 kg schweren Stahlplatten befindet sich an der Decke, während die andere um 90 Grad gedreht auf dem Boden liegt) ein Kräftefeld zwischen dem Besucher und der Raumsituation. Eingefasst von zwei Stahlplatten entsteht eine Sogwirkung, die „Gefühle der Bedrohung, der Beengung,

¹⁷⁴ Vgl. Kamper, D.; Wulf, C. (1988), S 9-20

¹⁷⁵ 1986-1987 installiert für die Königstraße in Kassel anlässlich der documenta 8

¹⁷⁶ 1974-1975, Ace Gallery, Venice, Kalifornien

einer verstandesmäßig nicht definierbaren Orientierungslosigkeit hervorruft.“¹⁷⁷ Wie Hochdörfer schreibt, entsteht auf diese Weise eine „Differenz zwischen dem logischen Verstehen der Anordnung und der konkreten körperlichen Erfahrung während der Rezeption.“¹⁷⁸

Street Levels hingegen befasst sich mit dem öffentlichen Raum, genauer gesagt mit einer Straßensituation in der Königstraße in Kassel, anlässlich der documenta 8 im Jahre 1986/87. Auch hier kommen Stahlplatten zum Einsatz. Sie sind jeweils über 10 Meter lang. Formiert ergeben sie eine große H-Form. Diese H-Form stellte Serra so dominant in die Straße, dass sie den Passanten regelrecht den Weg versperrte. Nur an den Seiten der Skulptur waren noch Durchgänge frei. Auf diese Weise erreichte der Künstler auf geradezu brutale Weise, den Bewegungsfluss der Fußgänger zu stoppen und gegen das Prinzip Sennetts der freien Bewegung (s.o) zu verstoßen. Serras Skulptur kann deshalb auch als Beitrag gegen die Abstumpfung der sinnlichen Wahrnehmung im öffentlichen Raum verstanden werden.¹⁷⁹ Serra kämpft mit der Plastizität seiner Skulpturen auch gegen eine neue Dimension menschlicher Entkörperlichung an, die mit dem Aufkommen der Neuen Medien einhergeht und eine Digitalisierung des Informationsflusses mit sich bringt. Es geht um die leibliche Loslösung von Wissen, Information und Alltag, was laut Gernot Böhme zu einem abgelösten Leben im Fiktiven¹⁸⁰ führen kann. Im vierten Kapitel wird dieses Problem eingehend behandelt.

Richard Serras Skulpturen gehen bis in die frühen 60iger Jahre zurück. Mit dem Aufkommen von Performance, Happening, Pop Art und Minimal Art begann sich eine künstlerische Entwicklung zu etablieren, die die Leiblichkeit - also die aktive Beteiligung des Körpers am Wahrnehmungsprozess - forderte.

Viele Künstler schufen nun das, was Maurice Merleau-Ponty bereits 1945 in seiner *Phänomenologie der Wahrnehmung* theoretisch fundiert hatte. Er war der Meinung, dass das Subjekt der Wahrnehmung das Werkzeug allen Verstehens überhaupt sei¹⁸¹. Für jegliche Wahrnehmung ist der Leib somit entscheidender Faktor. Er schreibt: „Der eigene Leib ist in der Welt wie das Herz im Organismus: er ist es, der alles sichtbare Schauspiel unaufhörlich am Leben erhält, es innerlich ernährt und beseelt.“¹⁸²

Damit richteten sich die jungen Kunstströmungen entschieden gegen die Haltung Clement Greenbergs, der versucht hatte, die Entkörperlichung des Raumes in den Anfängen des letzten Jahrhunderts als zentrales Paradigma der modernistischen Kunsttheorie zu verwirklichen. Greenberg war der Auffassung, dass die ästhetische Anschauung allein auf die visuelle Wahrnehmung beschränkt bleiben sollte, was zur Folge hatte, dass die Einbeziehung des Körpers in den künstlerischen Schaffungsprozess ausdrücklich abgelehnt werden musste. Dies galt sowohl für den Produktions- wie auch für den Rezeptionsprozess.

¹⁷⁷ Hochdörfer, A. (1999), S. 134

¹⁷⁸ Hochdörfer, A. (1999), S. 134

¹⁷⁹ Vgl. Hochdörfer, A. (1999), S. 135

¹⁸⁰ Vgl. Böhme, G. (1994), S. 172

¹⁸¹ Vgl. Merleau-Ponty, M. (1974=1966), S. 243 und 275

¹⁸² Merleau-Ponty, M. (1974=1966), S. 239

3.2.4.2 Hermann Nitsch – das O.M. Theater

Zu den wohl bekanntesten Vertretern des Aktionismus, dem Wiener Pendant zu den Happenings, die in New York stattfanden, zählt Hermann Nitsch.

In seinem *Orgien-Mysterien-Theater* nimmt der Künstler eine entschiedene Position in der Frage nach Körperlichkeit in der zeitgemäßen Kunst ein.

Das Konzept vom *Orgien Mysterien Theater* wurde bereits Ende der fünfziger Jahre mit dem Ziel entwickelt, ein Gesamtkunstwerk zu schaffen, in welchem heidnische Riten mit christlichen Symbolen zu einem Mysterienspiel von barockem Ausmaß verschmelzen sollten. Es sollte alle Sinne gleichermaßen ansprechen, um die Bejahung des Lebens zu feiern. Vor dem Hintergrund von Religion, Philosophie und Psychologie verfasste er zahlreiche theoretische Schriften, Kompositionen und Partituren zu weit über 100 realisierten Aktionen. Vom 31. Juli bis zum 2. August 2004 fand das 2 Tage-Spiel des O. M. Theaters im Schloss Prinzendorf und Umgebung statt. Der normale Eintrittspreis betrug 250 Euro. Auf seiner offiziellen Seite im WWW¹⁸³ beschreibt Nitsch sein Vorhaben:

„das fest ist für mich ein heiliges fest. alle intensiven erlebnisse, alle ergriffenheit, die uns das dramatische geschehen abnötigt, sollen unser erleben während des festes bestimmen. auch alle freude und überschwang sollen mit heiterheiligem ernst erfahren werden. wir laden zu keiner oberflächlichen und seichten vergnügung ein, alles soll tief, stark und intensiv empfunden werden. ich bitte die zuschauer, dass sie sich mit einer grossen würde am fest beteiligen. die spiele meinen eine verherrlichung der schöpfung und ein unbedingtes erkennen unserer geborgenheit im kosmos. das fest wird vom höchsten und reinsten pathos getragen. ergriffenheit vom unendlichen weltganzen soll in unseren herzen sein.“¹⁸⁴ Was die Aktionen Nitschs´ angeht, kann als Höhepunkt seine hundertste angesehen werden. Damit ist das 1998 im niederösterreichischen Prinzendorf erstmals realisierte 6 Tage-Spiel gemeint. Der Inhalt seines Spiels lässt sich mit den beschreibenden Worten Nitschs´ veranschaulichen:

„das assoziieren der klassischen psychoanalyse ersetzen im o.m.theater, die durch aktionen bewirkten sinnlichen sensationen, welche nach überwindung der zensuren enthemmen und berauschen, die aktionen mit rohem fleisch, feuchten leibwarmen gedärmen, blutigem kot, schlachtwarmem blut, lauem wasser usw. bewirken regressionen in richtung zur analsinnlichkeit. die freude am plantschen, spritzen, schütten, beschmieren, besudeln steigert sich zur freude am zerreißen des rohen fleisches, der freude am herumtrampeln auf den gedärmen. (...) eine heiter bewältigte welt soll anlass geben, dass wir uns ausgeglichen in alle genussmöglichkeiten versenken. alle sinne müssen sich intensivieren und sensibilisieren.“¹⁸⁵

¹⁸³ World Wide Web

¹⁸⁴ Nitsch, H. (2004), zum 2 Tage-Spiel.

¹⁸⁵ Nitsch, H. (2004), zum 6 Tage-Spiel

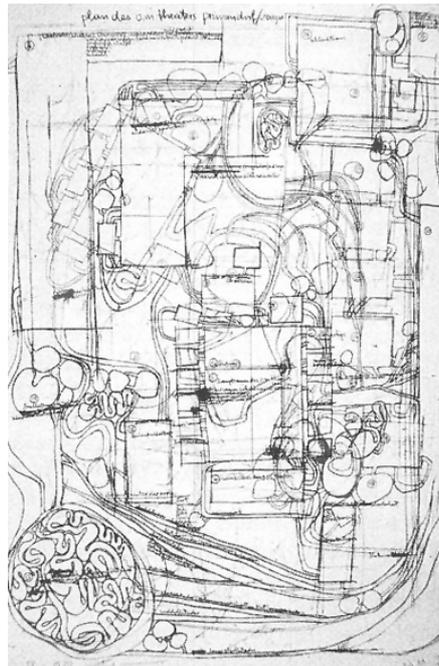
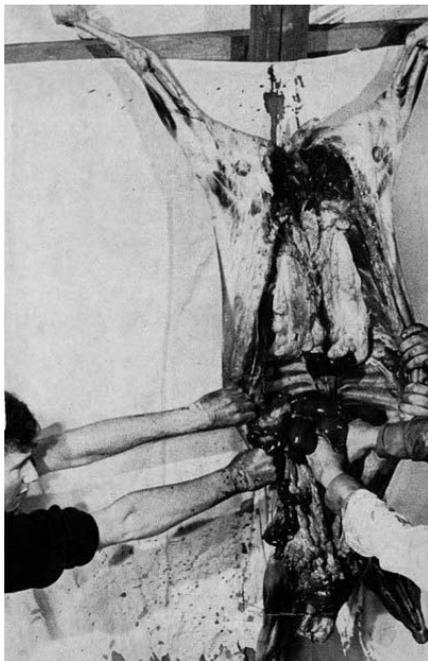


Abb. 3.2.4-c (links): Hermann Nitsch, Szene aus dem O.M. Theater, 1960-70
entnommen aus Nitsch, H. (2004)

Abb. 3.2.4-d (rechts): Hermann Nitsch, Zur Architektur des O. M. Theater, 1984-87
entnommen aus Perrier, D. (1999), S.121

Bereits in Nitschs´ Aktionsskizzen (Abb. rechts) kann man diese Tendenz erkennen. Danielle Perrier schreibt über sie: „Sie wirken wie der Plan eines Labyrinthes, das aus kleinen Kammern und Räumen besteht, die durch schmale Gänge untereinander verbunden sind. An strategischen Stellen sind die Zellen organisch, zum Teil mit Eingeweiden gefüllt oder mit einem Kreuz bezeichnet, von dem aus Adern ausstrahlen (Die Eroberung Jerusalems, 1971). Es ist der Sitz des Schreines, in dem Leben und Tod dicht an dicht stehen.“¹⁸⁶

Das Labyrinth mit seinen gewundenen Wegen sollte sich im Untergeschoss befinden und den Weg ins Unbewusste weisen. Die Schranken zwischen der menschlichen Leiblichkeit und dem ihn umgebenden Raum sollten aufgehoben werden, indem Teilnehmende aufgebahrt wurden, um sie als lebendige Opferstätte für Zeremonien zu nutzen. Dabei wurden direkt auf der aufgebahrten Person Eingeweide von Opfertieren, ähnlich wie einem Orakel, zur Schau gestellt. Perrier schreibt: „Der Leib wird zu Fleisch; indem er sein Innerstes nach außen kehrt wird er verletzlich. (...) Dem innersten Wissen folgend, setzt er sich dem Leben aus, um über das Erfahrbare das Leben zu transzendieren. (...) (Es) entsteht eine endlose Bewegung, ein ständiges Hin und Her: zwischen dem bestimmenden Innen und dem erlebenden Außen. Eindrücke des Sehens und des Hörens, des Fühlens, was man sieht und hört, des Wohlseins und des Unbehagens prägen sich ein und sorgen für ständig neue Wahrnehmungen. Der Körper ist der Schrein des Lebens, Zentrum mystisch-orgiastischer Erfahrungen.“¹⁸⁷

Der Körper ist somit der Aufbewahrungsort des Lebens, folglich gibt er dem Leben Raum; ohne den Körper hat das Leben keinen Rahmen.

¹⁸⁶ Perrier, D. (1999), S. 121

¹⁸⁷ Perrier, D. (1999), S. 121

Perrier weißt in ihrer Arbeit auf das ständige Hin und Her bzw. die fortlaufende Bewegung zwischen dem Inneren und dem Äußeren hin. Sie erinnert umgehend an die permeablen Eigenschaften der menschlichen Grenzsituation, wie sie schon bei Pleßner beschrieben wurde. Der Mensch soll sich im O.M. Theater als Teil seiner Außenwelt fühlen. Nitsch versucht diesen Zustand dadurch zu erreichen, dass er mithilfe eines geöffneten Körpers eines frisch geschlachteten Hammels mit der an der Zeremonie teilnehmende Person in Kontakt bringt, auf dass diese von einem Wärmegefühl umgeben wird, das dessen eigenen Leiblichkeit um das warme Opfer erweitert und intensiviert¹⁸⁸.

3.2.4.3 Frederick Kiesler – das endlose Haus

Eine endlose Bewegung im architektonischen Sinn, versucht Frederick Kiesler in seinem Entwurf zu einem *endlosen Haus* zu verwirklichen. Ursprünglich als Entwurf für die Bühne gedacht, beginnt Kiesler im Jahre 1924 an seinen Untersuchungen für ein Haus, das er sich als „ein reales System von Raumabfolgen (denkt), die in sich zurückkehren oder unterbrochen fortschreiten, als Ausdruck der fortdauernden Bewegung des menschlichen Tuns und der dem Leben inhärenten Motorik.“¹⁸⁹ Kiesler ist der Überzeugung, dass eine solche Architektur ihre Formensprache aus der organischen Welt beziehen müsste, um dem Bewohner Schutz und Geborgenheit zu vermitteln und ihm ein „Kosmos“ zu sein.

In Anlehnung an Platons Raumgedanken von der Mutter allen Werdens (für Kiesler ist Raum nur für denjenigen Raum, der sich in ihm bewegt) geht er in den Grundzügen auf die Höhle als Urformen der Behausung zurück. In Orientierung an die menschliche Organik entsteht das Haus aus innen heraus. Für die äußere Schale bedeutet das, dass sie aus der inneren Struktur erwächst und Attribute zusammengefügter Organteile erhält¹⁹⁰. Etwa zur gleichen Zeit schreibt Oskar Schlemmer über den Tänzermenschen: „Die Gesetze des organischen Menschen liegen in den unsichtbaren Funktionen seines Inneren: Herzschlag, Blutlauf,

¹⁸⁸ Natürlich können auch Nitschs Feste der Extase als ein historisches Zitat gedeutet werden. Sie erinnern an Bacchanalien, den griechischen Dionysien entsprechende orgiastische Feiern der Römer zu Ehren des Gottes Bacchus. Entstanden sind die Feste in Griechenland. Die so genannten großen Dionysien fanden jeweils im März am Beginn der Vegetationsperiode statt (s.u). In ihrem Mittelpunkt stand die Verehrung des Fruchtbarkeit spendenden Gottes Dionysos, wobei der Phallus-Kult eine Rolle spielte. Im Oktober, zur Zeit der Weinlese, feierte man die kleinen Dionysien, bei denen Dionysos als Gott des Weins verehrt wurde. Innerhalb der Dionysien gab es besondere Feste nach geheimen Riten, an denen sich nur Frauen beteiligen durften. Männer, die das Teilnahmeverbot missachteten, sollen von den durch den Saft des Wilden Weins in einen Rauschzustand versetzten Mänaden getötet worden sein. Die dem Dionysos-Kult huldigenden Frauen sahen darin einen Ausgleich zur herrschenden Staatsreligion und zu der zum Teil homophilen Kriegerschicht. Im 6./5. Jh. v. Chr. breiteten sich die griechischen Kultfeiern im griechischen Unteritalien und im 3. Jh. v. Chr. im ganzen römischen Reich aus, hier zu Ehren des Gottes Bacchus. Die Bacchanalien nahmen mit der Zeit so ausschweifende Formen an, dass sich der römische Senat 186 v. Chr. zum Schutz der Moral genötigt sah, die Festlichkeiten zu verbieten, doch ohne Erfolg. Ihre Popularität wuchs erneut in der Zeit vor dem zweiten Weltkrieg an und führte zum Fides-Pathos. Quelle: http://www.beyars.com/kunstlexikon/lexikon_852.html

¹⁸⁹ Perrier, D. (1999), S. 119

¹⁹⁰ Vgl. Perrier, D. (1999), S. 120

Atmung, Hirn –und Nerventätigkeit. Sind diese bestimmend, so ist das Zentrum der Mensch, dessen Bewegungen und Ausstrahlungen einen imaginären Raum schaffen“¹⁹¹. Ziel Kieslers war es, dieser von Schlemmer angesprochenen Organik, durch das endlose Haus gewissermaßen ein Gegenüber zu schaffen. Über die Konstellation schreibt Danielle Perrier wie folgt:

„Im Inneren entstehen eiförmige Zellen, die derart angelegt sind, dass einfließendes ineinander greifen ohne Verbindungsgänge möglich ist. Alles wird durch die geplante Nutzung der Räume definiert: die Raumhöhe der Lichteinfall, die Farbe. Ein Gemeinschaftsraum ist zwei bis dreimal so hoch und großzügig proportioniert wie ein Schlafzimmer oder ein privater Raum, denn er soll ein geselliges Beisammensein fördern. Nebenräume hingegen sind klein und niedrig.

Auch der Lichteinfall wird auf die Aktivitäten, die in einem gegebenen Raum stattfinden, abgestimmt. Für Gesellschaftsräume sieht Kiesler flutendes Licht vor; dort wo Konzentration erforderlich ist, eine gebündelte Lichtquelle.

Eine Farbuhr, die die Sonnenstrahlen durch eine Linse bündelt, um sie dann durch ein Konvexglas wieder in die Räume zu streuen, bringt Farbe in den Innenbereich, der sich, je nach Intensität der Sonne, stündlich verändert. Somit wird dem Bewohner Sinn für den Tagesablauf gegeben.“¹⁹²

Gleich wie bei anderen höheren Lebensformen zeigt der Mensch eine Periodik von Schlaf- und Wachzustand. Im Schlafzustand herrscht in seinem Inneren ein relativ schwacher Spannungszustand, während er, wenn er sich in aufrechter Körperhaltung befindet, meist wach, ausbalanciert, reizempfindlich und bereit zur Bewegung ist. Eine Architektur, die es sich zur Aufgabe macht auf menschliches Verhalten einzugehen, hat auf diesen Rhythmus zu reagieren¹⁹³. Die Periodik von Schlaf und Wachzustand hängt vor allem vom Rhythmus ab, der durch den Verlauf der Sonne bzw. die Drehung des Erdballs um seine eigene Achsel gegenüber der Sonne, verursacht wird. In einem Verlauf von Sonnenaufgang bis zum Sonnenuntergang erfahren die Gebiete, die der elektromagnetischen Strahlung der Sonne ausgesetzt werden, ein breites Band verschiedener Wellenlängen, von kurzen bis zu langen Wellen, von Ultraviolett bis zum Infrarot. Während der ultraviolette Bereich von der Atmosphäre absorbiert wird, befindet sich der Bereich, den wir Licht nennen, dazwischen. Die Einstrahlung kann von direkter oder diffuser Art sein oder in Form von reflektierendem Licht vom Erdboden kommen.

Ein großer Teil der Sonnenenergie wird durch die längeren Wellen, die in Wärmestrahlung übergehen, übertragen. Sie sind verantwortlich für die uns umgebende Temperatur, die wir in Form von Kälte oder Wärme fühlen. Licht spielt eine wichtige Rolle bei der Generierung der Raumwahrnehmung. Auch Vitruv hatte diese Abhängigkeiten bereits erkannt und in seinem sechsten *Buch über die Architektur* festgehalten.

¹⁹¹ Schlemmer, W.et al. (2003), S. 15

¹⁹² Perrier, D. (1999), S. 119,120

¹⁹³ Kiesler sucht nach einer Architektur, die in der Gesamtheit menschlichen Seins verwurzelt ist.

Einleuchtend gibt er im vierten Kapitel Auskunft darüber, nach welcher Himmelsgegend die einzelnen Wohnräume zu richten sind¹⁹⁴.

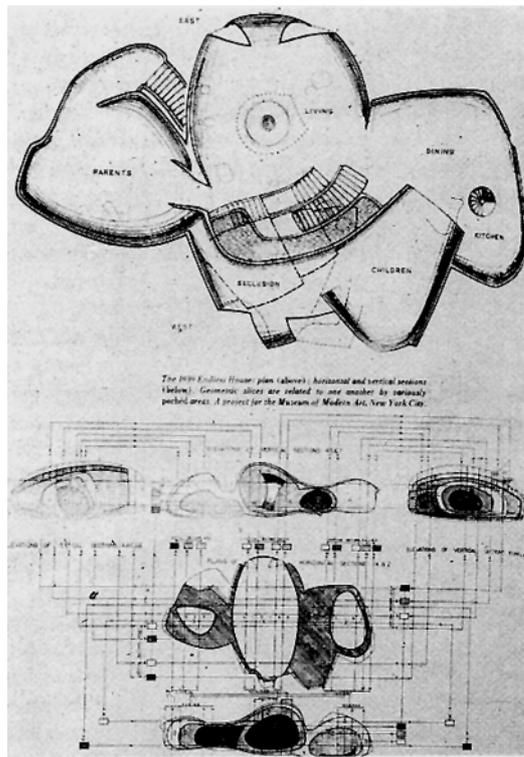


Abb. 3.2.4-e: Frederick Kiesler, Endless House, Grundriss, 1949-1959¹⁹⁵

Doch nicht nur im Bereich der bildenden Künste ist die Bedeutung von Körperlichkeit ein zentraler Diskussionspunkt:

Mit dem Aufkommen eines neuen Bewusstseins und des einhergehenden technischen Idealismus wurde auch in den Reihen der darstellenden Künste – vor allem aber in der Tanzwissenschaft - das Thema des menschlichen Körpers und seiner Rolle in einem zeitgemäßen Leben ergiebigst behandelt.

Es leuchtet ein, dass bei der Analyse von Körperlichkeit beim Tanz aber auch im Theater ein weiterer wesentlicher Faktor für die Beziehung zwischen Mensch und Raum zum Tragen kommt - die Bewegung.

In Bezug auf dieses Thema interessiert den Verfasser in erster Linie die Eigenbewegung eines Menschen im Raum. Die Choreografie menschlicher Eigenbewegung fruchtet in Bewegungsmustern im Raum, die wiederum Auskunft über typische Bewegungsabläufe des handelnden Leibes im Raum geben.

Deshalb wird im nächsten Abschnitt der Raum unter dem Aspekt menschlicher Bewegung untersucht. Ausgehend von bühnengeschichtlichen Erkenntnissen können Tendenzen in der Entwicklung menschlicher Bewegung im Raum aufgezeigt werden. Die Rolle des Menschen auf der Bühne ändert sich im Verlauf der Geschichte gravierend. Sehen sich die Zuschauer in der Antike einer gewaltigen Anzahl menschlicher Akteure auf der Bühne gegenüber, so

¹⁹⁴ Vitruvius, (1987), Buch 6, Kap. 4, S. 313f.

¹⁹⁵ Aus Perrier, D. (1999), S. 120

muss der Mensch als Lebewesen in seiner „ursprünglichen“ Funktion mit dem Aufkommen der Moderne - speziell auf der progressiven Bühne in Italien oder am Bauhaus - immer mehr seine Bedeutung einbüßen. Die Tendenz geht eindeutig in Richtung der Automatisierung und dabei wird der Mensch nicht ausgeschlossen. Doch stets ist man daran interessiert eine möglichst umfassende Inszenierung darzubieten und den Zuschauer an das Geschehen zu fesseln. Die Bühne als Raum für die Sinne kann somit als Ausgangspunkt für die Untersuchung menschlicher Bewegung im Raum dienen.

Das Theater der Antike war für eine große Masse an Menschen konzipiert. Aufgrund der vorherrschenden Demokratie war es allen gewährt, das Theater zu besuchen. Stoff der bis zu 9h andauernden Vorführungen waren bereits vorgeprägte Fabeln, die aus Mythen, z. B. aus dem trojanischen Sagenkreis entnommen waren und durch die dichterische Kraft des Autors zum Ausdruck gebracht wurden. Bis zu 17000 Zuschauer füllten an den großen Dionysien¹⁹⁶ - den großen Festtagen - das Dionysostheater am Fuße der Akropolis. Ähnliche Ausmaße hatte das Theater im synästhetischen Zeitalter des Barock. Es entwickelte aus den höfischen Festspielen und hatte es sich zum Ziel gesetzt, alle Künste in einem Gesamtkunstwerk - dem theatrum mundi (das große Welttheater) - zu vereinen. Ein ganzes Zeitalter lebte im Zeichen einer Theatralisierung.

Während die Bedeutung der Worte auf der Bühne an Gewicht verliert, florieren die sinnlichen Elemente, die durch erstrangige Ingenieure, Künstler, Maler, Musiker und Regisseure in einem vereinten Theaterspektakel zum Leben erweckt wurden. Das Theater sollte zum Sinnbild der Welt gemacht werden. Dabei wurden weder Kosten noch Mühen gescheut. Was hieß, dass die dadurch entstandene Steuerlast auf das arbeitende Volk übertragen wurde. Auf der Bühne war der Mensch ein willenloser Spielball einer nicht enden wollenden Prunk- und Vergeudungssucht. Der Schein war alles und aller Glanz nur Trug. Die Höflinge versuchten sich durch die Schwelgerei der Sinne im Theater zu betäuben. Sie suchten Schutz vor zeitgenössischen Krankheiten wie Melancholie, Weltangst oder Skepsis. Als Instrumente des Illusionismus gerieten Maschinen, Kulissen und Täuschung in den Mittelpunkt. Kein Effekt wurde ausgelassen.

3.2.5 Synästhetisches Theater

Für eine grandiose Zeremonie arbeiteten alle großen Köpfe ihrer Zeit. Rubens, Molière, Bernini, Calderon, Valazquez, Lully oder Le Brun etc. Die Schaulust der Theaterbesucher kannte keine Grenzen und so musste auf der Bühne im Falle eines Mordes oder beim Schlachten selbstverständlich echtes Blut fließen. Die Aufführungen konnten nicht vulgär genug sein, nichts konnte erhaben genug sein. Es kam auf den Effekt an, der beim barocken Publikum erzeugt wurde. Die Bühne war ein Ort der elementaren Kräfte. Wasserkünste und Feuerwerke waren dabei fester Bestandteil der Aufführungen. Der

¹⁹⁶ Festtage zu Ehren des Dionysos

Pyrotechniker genoss großes Ansehen, war doch sein Wirken maßgeblich am Gesamtkunstwerk beteiligt. Mit seiner Fertigkeit gedieh das synästhetische Schaugepräge bestehend aus Dekoration, Musik, mimischer Kunst und akustischen Effekten zu einem ohrenbetäubenden Szenario. Dennoch handelte es sich bei derlei

Repräsentationsfestspielen um ein Gesamtkunstwerk, bei denen nicht alle Kunstgattungen die gleiche Wichtigkeit genossen. Erst mit dem Auflösen der barocken Verbindungen der Künste in Einzeldisziplinen¹⁹⁷ konnte sich ein neues Bild von einem Gesamtkunstwerk entwickeln. Im 19. Jahrhundert wurde schließlich im Schein der Romantik, des Impressionismus, des Symbolismus und Idealismus eine Gleichrangigkeit unter den Künsten angestrebt - der gesamte Kosmos wurde als harmonisches Kunstwerk angesehen.

Diesen Gedanken verfolgte auch Wagner, indem er auf der Suche nach einem „Leitmotiv“ das Verschmelzen mehrerer Wahrnehmungsorgane in der Inszenierung des Musikdramas beabsichtigte. Ihm war die Wirkung von Synästhesie durchaus bewusst, dennoch musste sich alles der alles vereinnehmenden Musik unterordnen. Dies führte dazu, dass zu Anfang des letzten Jahrhunderts Ideen zur Revolutionierung des Theater zu keimen begannen.

Es handelte sich dabei meist um visionäre Entwürfe und Experimente, die nie über den Stand der Utopie hinauswachsen. Sie fielen in eine Zeit des gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Umbruchs, in der Künstler wie Adolpho Appia, Alexander Skryabin oder Wassily Kandinsky in einer Maschinenästhetik nahezu grenzenlose Möglichkeiten vermuteten. Ein Beispiel hierfür ist das Maschinentheater von Jim Whiting.

Man war auf der Suche nach der Vereinigung aller Darstellungsmittel, wobei die Akteure auf der Bühne immer mehr an Bedeutung verlieren sollten. Maschinen sollten ihre Funktion übernehmen und in einer Orgie aus Licht, Farben, Tönen und Bewegung fruchten. Der Zuschauer sollte eine Bühnensynthese erleben, die ihm ähnliche „Seelenvibrationen“¹⁹⁸ bescheren sollte, wie die die beim Schöpfungsprozess des Künstlers ausgelöst würden.

Als Leitfigur der Futuristen und der Züricher Dada-Gruppe diente Fernand Léger. Man wollte den Bruch mit der Tradition. Dem umständlichen theatralischen Aufgebot sollte nun eine völlig neue Bühne gegenüberstehen – sie sprach eine moderne technische Sprache, war aggressiv und setzte auf Schocks und nervliche Sensationen. Vor allem die italienische Bühne trieb den Motor für neue Visionen an. Menschen verloren ihre Funktion und sollten wie bei Prampolini am besten durch Gas-Darsteller ersetzt werden. Prampolini forderte radikal die Abschaffung herkömmlicher Bühnenbilder, um sie durch die Dynamik einer elektromechanischen Bühnenarchitektur zu ersetzen. Er wollte keine mimische Nachahmung natürlicher Welteindrücke, sondern suchte vielmehr nach einer Möglichkeit, szenische Handlungen zu intensivieren, dadurch in der Psyche eine analoge Wirkung erzielt werden würde. 1924 propagierte er schließlich die polydimensionale Raumbühne, die in einer „sphärischen Expansion (...) neue vertikale, schräge und

¹⁹⁷ Mit der Errichtung der Kunstakademien vor allem unter Ludwig XIV. im 17. Jahrhundert.

¹⁹⁸ Vgl. Hattinger, G. (1988)

polydimensionale Elemente bergen (würde)¹⁹⁹. Lucini propagierte einen Stil, „der die Schönheit der Skulptur, der Malerei, der Musik, der kosmetischen Kunst und der Parfümerie“²⁰⁰ umfassen sollte. Der Mensch sollte nicht mehr das Maß der Dinge sein, sondern gleichwertig neben anderen Gestaltungsmitteln erscheinen.

Auch in der Wahl der Schauplätze war man nicht mehr länger der Erde verhaftet. Azari z. B. entwarf ein futuristisches Flugtheater, in welchem bemalte Flugzeuge, Luftballone, Raketen und Konfetti dem neu eroberten Element – Luft - huldigten.



Abb. 3.2.5-a: (links) Fedele Azari, Il Teatro Aero Futurista, Milan, 11. April 1919²⁰¹
 Abb. 3.2.5-b: (rechts) Wladimir Tatlin, Denkmal für die III. Internationale (2. Fassung), 1920

Der Flug war eine künstlerische Form seine Geisteshaltung zum Ausdruck zu bringen²⁰².

Mit der Technisierung ging die Verherrlichung des Krieges einher, was schließlich auch zur Politisierung der Kunst und somit zum Beginn des Kubo-Futurismus, Suprematismus und Konstruktivismus führte. Das Theater wich einem Propagandazentrum und sollte alle technischen Errungenschaften nutzen, um das Volk zu erreichen - man war auf der Suche nach einem neuen Mythos, „welcher die unterschiedlichen alten Geschichte der ewigen Revolte des Menschen gegen seine Abhängigkeit von göttlichen, überirdischen Mächten in sich zu vereinen versuchte.“²⁰³

Auch Walter Gropius am Bauhaus in Dessau musste mit dieser Situation umgehen. Nach dem verlorenen Weltkrieg wuchs allmählich ein

¹⁹⁹ Prampolini, E. (1924), S.7, (Questa nuova costruzione teatrale per la sua ubicazione permette di fare sconfinare e l'angolo visuale prospettico oltre la linea d'orizzonte, spostando questo al vertice e viceversa in simultanea compenetrazione, verso una irradiazione centrifuga di infiniti angoli visuali ed'emotivi dell'azione scenica.)

²⁰⁰ Hattinger, G. (1988)

²⁰¹ Osborn, B. (2004)

²⁰² "The Italian aviator who has conquered the better-armed enemy, surprising him with more inventive and amazing manoeuvres, has created a style of marvellous, fantastic, unsurpassable aerial acrobatics" aus Il Teatro Aero Futurista von Fedele Azari aus dem Jahr 1919.

²⁰³ Museum Moderner Kunst Wien, (1999), im Vorwort von Lóránd Hegyi, S. 24

allgemeines Misstrauen der technischen Entwicklung gegenüber und ein neues Verantwortungsgefühl begann sich in den Köpfen breit zu machen. Man suchte nach einem Weg um sich von der Vergangenheit und der dekorativen Last zu befreien. Insbesondere Oskar Schlemmer und Moholy Nagy erforschten neue Wege des Bühnengeschehens. In seinem Aufsatz Theater, Zirkus, Varieté schreibt Nagy: „Es muss endlich eine Aktivität entstehen, welche die Masse nicht stumm zuschauen lässt, sie nicht nur im Inneren erregt, sondern sie zugreifen, mittun und auf der höchsten Stufe einer erlösenden Ekstase mit der Aktion der Bühne zusammenfließen lässt.“²⁰⁴

Auf der Bühne im Bauhaus wollte man ein neues Verständnis für den Raum entwickeln. Deshalb suchte man nach einer Aktionskonzentration von Ton, Licht, Farbe, Form, Raum und Bewegung. Dabei kommt vor allem der Bewegung im Raum eine Sonderstellung zu. Sie zu untersuchen und mit dem Menschen in Verbindung zu setzen soll Inhalt des nächsten Abschnitts *Raum und Bewegung* sein.

3.3 Mensch und Bewegung

3.3.1 Bewegung: ein Wagnis

Es zählt zu den Grundfunktionen der Materie, sich im Raum auszudehnen. Für lebendige Materie, die in einer körperlichen Einheit organisiert ist, vollstreckt sich dieser Vorgang im natürlichen Wachstum und der Gabe, diese körperlichen Einheiten auszudehnen und zusammenzuziehen.

Eine solche körperliche Einheit stellt auch der menschliche Organismus dar, der durch den Willen seiner Persönlichkeit, die Bewegung seiner Gliedmaßen bestimmt. In Bewegung empfinden wir die Richtung unseres Kopfes als Höhe, wohingegen uns durch unsere Füße die Tiefe bewusst wird.

Alles was von uns durch unsere Sinne wahrgenommen wird, ist in Bewegung. Unser Sinnesapparat kann verschiedene Formen von Bewegung unabhängig voneinander oder parallel wahrnehmen. So hindert uns zum Beispiel nichts daran, Gegenstände und Töne im Raum gleichzeitig auf uns wirken zulassen, wobei Gegenstände einem visuellen Bewegungsmuster und Töne einer räumlichen Anordnung von Schwingungen, zugrunde liegen.

Meistens bewegt sich ein Mensch um ein Bedürfnis zu befriedigen. Daraus geht hervor, dass das Ziel seiner Bestrebungen für ihn von Bedeutung ist. Stellt das Ziel seiner Bewegungen ein konkretes Objekt dar, so ist sie leicht zu erkennen; es können aber auch immaterielle Dinge sein, die eine Bewegung auslösen.

Bewegungen können als „magischer Spiegel der Menschen“ verstanden werden, der durch sichtbare Spurformen das innere Leben erschafft, bzw. durch dieses sichtbare Spurformen hervorbringt.²⁰⁵

Alle Bewegungen, die man vollzieht, hängen von zwei natürlichen Tendenzen ab. Auf der einen Seite steht der Instinkt für Stabilität,

²⁰⁴ Schlemmer, W.et al. (2003), S.54, 55

²⁰⁵ Vgl. Laban, R.v. (1988), S. 103

eingebettet in der Schwerkraft unseres Körpers, wohingegen auf der anderen Seite der Instinkt für Mobilität und das Verlangen diese Schwerkraft zu überwinden, steht. Oft kommt es zwischen beiden zu einer Konfliktsituation, die jedoch koordiniert, in harmonischen Bewegungssequenzen fruchtet.

Kükelhaus ist der Meinung, dass sich Bewegung beim Menschen mit einem Prozess vergleichen lässt, welchem ein Wagnis der Unsicherheit – das Risiko des Ungewissen – anhaftet. Dieses Risiko macht jedoch das Leben aus. Er schreibt, „dass das Gelingen eines Prozesses (...) vom Grad der Ausgewogenheit der beiden Zustände Sicherung and Entsicherung, Beharrung and Losung (abhängt). Zu jedem Prozess gehört eine Entsicherung. Wenn man das Wagnis des Ungewissen nicht auf sich nimmt, bleibt man auf der Stelle stehen. Dieses Wagnis erlebt jedes Kind, wenn es den ersten Schritt tut; denn dann muss es lernen, sich fallen zu lassen - ohne zu fallen. Jeder Schritt ist ein Fallen and jeder weitere Schritt ein aufgefangener Fall.“²⁰⁶

Bewegungen im Raum können verschiedene Rhythmen und Raumformen annehmen. Sie können sich aus dem Streben nach einem begehrten Gegenstand ergeben oder Resultat einer bestimmten Gemütsverfassung sein.

Eine Bewegung zeigt den inneren Zustand einer sich bewegenden Person. Sie kann momentane Stimmungen oder Reaktionen und ebenso konstante Wesensmerkmale einer Persönlichkeit charakterisieren und wird besonders durch das Milieu beeinflusst, in welchem eine Aktion stattfindet. Das Milieu steht in engem Austausch mit der sich im Raum befindenden Person – Grundlage einer multisensuellen Situation zwischen Mensch und Raum.

Besonders anschaulich kann man diesen Tatbestand auf der Bühne beobachten. Mit Hilfe von Bewegungen werden hier Charakter, Atmosphäre, Gemütszustände und bestimmte Situationen und die in ihr inwohnende Ausdruckskraft geschildert.

„Tanz ist der Übergang in eine Welt, in der illusorische, statische Erscheinungen des Lebens in klare Raumdynamik verwandelt sind. Das Bewusstsein einer räumlichen Welt und ihre Erforschung eröffnen einen Horizont von unerwarteter Weite. Von der einfachsten Regung bis zur künstlerischen Schöpfung im Tanz drückt der fließende Bewegungsstrom dynamischen Raum aus, der Grundlage allen Seins. Jede Bewegung taucht aus diesem unendlichen Abgrund auf und verschwindet wieder darin. Dynamischer Raum mit seinem großartigen Tanz der Spannungen und Entladungen ist der fruchtbare Boden, auf dem die Bewegung erblüht.“²⁰⁷

Bei einer Gruppierung von Darstellern auf der Bühne lässt sich dieses Phänomen einer räumlichen Spannung zwischen den einzelnen Akteuren sehr schön beobachten: es gilt Distanzen einzuhalten, sich einander zu nähern, sich zu berühren und später wieder zu trennen. Der Einzelne versucht durch Bewegung mit dem anderen Kontakt aufzunehmen. An Bewegungen lassen sich offensichtliche Ziele erkennen. Beispielsweise wenn es sich um eine Kampfsituation handelt oder miteinander getanzt wird.

²⁰⁶ Kükelhaus, H. (1984), S.38, 39

²⁰⁷ Laban, R.v. (1988), S.97

„Aber es gibt auch weniger offensichtliche Beweggründe, wie etwa die Anziehungskraft zwischen Menschen, die sich sympathisch sind, oder die Abneigung, die einander unsympathische Menschen oder Gruppen füreinander hegen.“²⁰⁸

Gruppenbewegungen können lebhaft sein, voll von drohenden Aggressionen oder sanft und wellenförmig wie die Bewegung des Wassers in einem stillen See. Eine Menschengruppe kann als starre Formation bestehen oder einem dahin fließenden Strom ähneln. Verändernde Wolkenformationen mit oft dramatischen Effekten können zum Vergleich herangezogen werden. Die Bewegungskunst auf der Bühne umfasst das ganze Spektrum körperlichen Ausdrucks, einschließlich des Sprechens, Agierens, mimischen Darstellens, Tanzens und sogar musikalischen Begleitens. Man befindet sich in einem Festival der Sinne. Raum und Mensch sind im Begriff miteinander zu verschmelzen.²⁰⁹ Das gesprochene Drama und der Tanz zur Musik sind relativ späte Blüten der menschlichen Zivilisation. Stets wurde Bewegung für zwei klare Zielsetzungen verwendet. Erstens ging es um das Erlangen materieller Werte in allen möglichen Arten von Arbeit und zweitens im Streben nach immateriellen Werten im Gebet und Gottesdienst. Folglich lassen sich auch die gleichen körperlichen Bewegungen in der Arbeit wie in religiösen Riten finden. Notwendig ist jedoch eine Unterscheidung ihrer Bedeutungen.

3.3.2 Bewegungsformen

Bei der Arbeit müssen Bewegungen einer logischen Ordnung folgen, um ein bestimmtes praktisches Ziel zu erreichen - etwa das Ausstrecken eines Armes oder das Ergreifen und Handhaben eines Objektes. Wie im vorherigen Abschnitt gezeigt wurde, dienten derlei Vorgaben als Fundament für eine ganze Architekturphilosophie²¹⁰.

So genannte Layoutplanung²¹¹ stellt heute das Kernthema moderner Fabrikplanung dar. Mit ihr werden Arbeitsläufe für die Automatisierung optimiert und sind somit wesentlich für die Wirtschaftlichkeit eines Betriebes verantwortlich (auch wenn dabei der Mensch eine immer geringere Rolle zu spielen scheint).

Bewegung ist jedoch nicht einzig auf Abläufe menschlicher Arbeit fixiert. Wie Rudolph von Laban schreibt, ist Bewegung auch in Riten der Anbetung von hoher Bedeutung: hier folgen die körperlichen Bewegungen einem für die westliche Welt oftmals nicht rational erklärbaren Ablauf. Sie sind Gesten des Gebetes nach Erlösung oder innerer Auseinandersetzung. Bewegung ist die Metapher des Lebens an sich.

²⁰⁸ Laban, R.v. (1988), S. 10

²⁰⁹ Schlemmer, W.et al. (2003), S. 92 im Nachwort von Walter Gropius – „ich selbst zwar von Schlemmers Bühnenarbeit sehr beeindruckt, weil ich den Zauber der Umwandlung von Tänzern und Schauspielern in sich bewegende Architektur sehen und erleben konnte.“

²¹⁰ Vgl. Kap. 3.2.3.3 Le Corbusier – der Modulor.

²¹¹ Vgl. Uni Stuttgart, (2004)

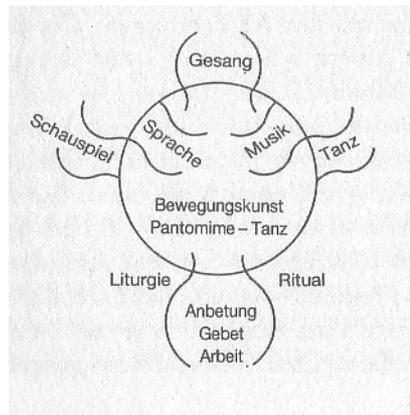


Abb. 3.3-a: von Laban, Rudolf. verschiedene Formen menschlicher Bewegung aus Laban, R.v. (1988), S.12

Auf der neunten internationalen Architekturbiennale 2004 in Venedig war im belgischen Pavillon eine beeindruckende Installation mit dem Namen *Kinshasa, The Imaginary City* zu sehen:

Kinshasa war einst die Hauptstadt des von den Belgiern besetzten Kongo und nimmt deshalb eine bedeutende Rolle in Geschichte der belgischen Architektur und seines Städtebaus ein. Heute, nach Beendigung der Kolonialzeit, ist Kinshasa auf der Suche nach einer eigenen Identität.

In einer intensiven Zusammenarbeit zwischen dem Anthropologen Filip De Boeck, der Fotografin und Filmemacherin Marie-Françoise Plissant und dem Architekten und Kurator Koen Van Synghel versuchte man neue Wege für die Entwicklung Kinshasas zu finden. Dabei musste man erkennen, dass bei der Planung für dieses Vorhaben ganz andere Maßstäbe als in irgendeiner europäischen Stadt anzunehmen waren. Es galt vor allem dem menschlichen Körper, als wichtigste infrastrukturelle Einheit der Stadt gerecht zu werden.

Unmittelbar mit Raum und Zeit verbunden stellt der Körper für die Kinois, im Gegensatz zur Infrastruktur, die sich in keinem guten Zustand befindet, wichtigstes Gut dar. Um ihm ein gutes, ja perfektes Aussehen zu verleihen, werden immense Anstrengungen unternommen.

Sowohl für männliche, wie für weibliche Kinois stellt der Körper das grundlegende Werkzeug dar, um sich kulturell selbst zu verwirklichen oder aber private und öffentliche Plätze für die Stadt zu erschaffen. Man erkennt die Raum bildende Wirkung des eigenen Körpers und setzt diese für die Gemeinschaft ein. Hierbei spielt der Rhythmus des eigenen Körpers die entscheidende Rolle, denn von ihm hängt auch der Rhythmus des Gemeinschaftskörpers ab. Er bildet jene Beziehungsnetzwerke, aus denen sich städtischer Raum formt.²¹²

²¹² Vgl. De Boeck, F.; Van Synghel, K. (2004)



Abb. 3.3.-b: Kinshasa, The Imaginary City, Elemente aus einer Kinshasa Kollage (1,20 x 1,80 m aus dem Jahr 2000) von Marie-Françoise Plissart.

3.3.3 Die Bühne als Bewegungsraum

Auf der Bühne, insbesondere beim Tanzen, lassen sich diese Gebärden übertrieben darstellen. Die in den Bühnenwerken gebrauchten Bewegungen sind die des Körpers, der Stimmenorgane und eventuell auch die Bewegungen der Orchestermusiker. Gemeinsamer Nenner einer dynamischen Bühnenkunst ist die menschliche Bewegung mit all ihren physischen, emotionellen und geistigen Implikationen; man kann von einer Dynamik sprechen, weil jede Phase des Dargestellten, kaum entstanden, schon wieder im Entschwinden begriffen ist - nichts ist von Dauer und Einzelheiten nur schwer beruhsam zu betrachten. Ähnlich wie bei der Musik, bei der ein Ton dem anderen folgt, fließen die Bewegungen eines Tänzers in einem kontinuierlichen, dynamischen Fluss, der nur von kurzen Pausen unterbrochen wird, dahin. Räume haben die Aufgabe diesen Bewegungen zu folgen, Ihnen voranzugehen, sich der Vergänglichkeit dieser „dynamischen Kunst“²¹³ hinzugeben und gleichzeitig ein bestehendes Rahmenwerk darzustellen. Der „dynamische“ Fluss der Bewegungen darf durch die „statische“ Architektur der Bühne nicht beeinflusst, sondern sollten vielmehr gefördert werden. Es ist Aufgabe des szenischen Raums die Aufmerksamkeit der Zuschauer auf die Bühnenaktion zu lenken, indem er sich zurücknimmt, jedoch aktiv an der vorherrschenden Stimmung beteiligt ist.

Dass die Architektur der Bühne nicht statisch im Sinne von bewegungslos sein muss, zeigen die bühnengestalterischen Ansätze aus der Zeit des Bauhaus von Oskar Schlemmer, László Moholy-Nagy und Farkas Milnar, die bereits in einem kurzen theatergeschichtlichen Exkurs erwähnt wurden²¹⁴.

3.3.3.1 Die Bühne am Bauhaus

Der abstrakte Raum im Bauhaus sieht die Bühnenkunst losgelöst von herkömmlichen Raumempfindungen. Im Zeichen der Zeit greift die Mechanisierung, als unaufhaltbarer Prozess, in alle Gebiete des alltäglichen Lebens und der Kunst ein - so auch im Theater. Die Bühne als Zeitbild zwischen religiösem Kult und Volksbelustigung wird als multisensueller Raum verstanden, der sich in Sprech- und

²¹³ Vgl. Laban, R.v. (1988), S. 15

²¹⁴ Vgl. Kap. 3.2.5 Synästhetisches Theater

Tonbühne, Spiel- und Schaubühne unterteilen lässt.

Während zur damaligen Zeit die Künste Architektur, Malerei und Plastik noch als unbewegliche, in Momente gebannte Bewegungen verstanden wurden, die das „Gleichgewicht“ der Kräfte im Bestand²¹⁵ darstellten, versteht sich der Bühnenraum im Bauhaus als „Stätte zeitlichen Geschehens“ schon im Zustand der Bewegung von Form und Farbe. Bewegung wird als elementarer Bestandteil eines neuen ästhetischen Bewusstseins gesehen, der Veränderung, Flexibilität und Fortschritt mit sich bringt.

Im Bühnenraum tritt die Form in der Höhen-, Breiten- und Tiefenausdehnung als Linie, als Fläche und als Körper in Erscheinung. Entweder ist sie dann Lineament (Gerüst), Wand oder Raum und als solche starre, d. h. greifbare Form.

„Unstarre nicht greifbare Form ist das Licht, dass in der Geometrie des Lichtstrahls und Feuerwerks linear und als Lichtschein körper- und raumbildend wirkt.

Zu jeder dieser Erscheinungsarten, die an sich farbig sind - nur das Nichts ist farblos - kann unterstützend die färbende Farbe treten.“²¹⁶

Die Bühne ist der bewegliche, plastische unveränderliche Raum und wandelbares Gebilde. In ihrem „kaleidoskopischen Spiel“ ist sie unendlich variabel und „geordnet in gesetzmäßigem Verlauf“.²¹⁷

Theoretisch gesehen: die absolute Schaubühne.²¹⁸

Als ein „Unternehmer wieder die Natur zum Zweck der Ordnung“ ist für den Maler, Plastiker und Baumeister das Material Form und Farbe.

Mithilfe der menschlichen Stimme, als begrenztes aber einzigartiges Phänomen, wird jedoch der Schauspieler selbst zu seinem Material und steht in direktem Austausch mit der multisensuellen Situation im Raum, in dem er sich befindet.

In der Ambivalenz des Schauspielers (auf der einen Seite steht ein den Raum ausfüllender Körper und auf der anderen Seite steht ein handelnder Leib) sieht Oskar Schlemmer eine Möglichkeit mit seinem neuen Theater anzusetzen.

Der Einblick in die Lebensphilosophie der Kinosis fast ein Jahrhundert später (s. o.) konnte bereits zeigen, dass der handelnde menschliche Leib dazu befähigt ist, Räume zu schaffen. Unabhängig davon, ob es sich dabei um einen sozialen oder einen infrastrukturellen Raum handelt (zu denen auch der architektonische Raum²¹⁹ zählt), ist unweigerlich der Rhythmus – sprich Bewegung - des Körpers von Belang. Es lässt sich deutlich erkennen, dass die Rolle der statischen Materie²²⁰ einer Bewegungsform weicht, die maßgebend an der Struktur des Raumes beteiligt²²¹ ist und immaterielle Eigenschaften bzw. verknüpfende Beziehungsverhältnisse aufweisen kann. Sie sind für die Dynamik²²² eines Raumes verantwortlich.

Diese Erkenntnis ist für die Initiatoren des Kinshasaprojekts im

²¹⁵ Vgl. Festspiele Richard Wagners in Bayreuth

²¹⁶ Schlemmer, W. et al. (2003), S.11f.

²¹⁷ Schlemmer, W. et al. (2003), S.13

²¹⁸ Vgl. Woll, S. (1984)

²¹⁹ Vgl. Kap.

²²⁰ damit sind architektonische Elemente deren Materialität und dessen Eigenschaften.

²²¹ Im folgenden Abschnitt 3.4 *Raumorganisation* wird nochmals explizit auf dieses

Gebiet eingegangen

²²² Vgl. Arnheim, R. (1980)

belgischen Pavillon ebenso wichtig wie für Oskar Schlemmer. Auch Schlemmer ist nach Möglichkeiten auf der Suche, die die komplexe Beziehung zwischen Mensch und Raum zu fassen imstande ist und in einem Konzept niederzulegen vermag.

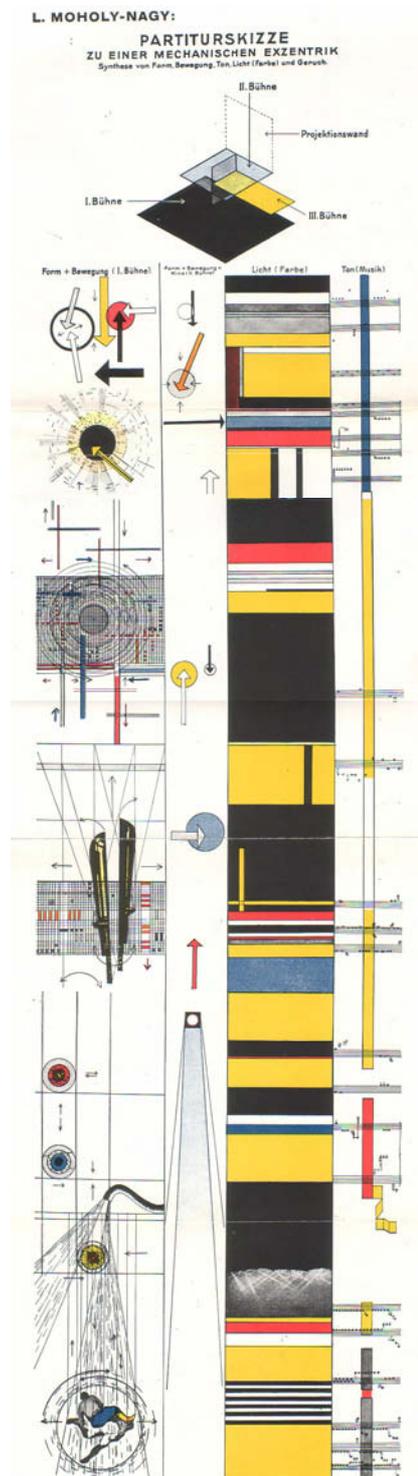


Abb. 3.3.-c: Beispiel Partiturskizze zu einer mechanischen Exzentrik von Moholy-Nagy. Neue Raumkonzepte der „Visionen der Bewegung“ von Moholy-Nagy als eine Bühne der „Vielsinnlichkeit“ - eine Synthese von Form, Bewegungen, Ton, Licht, Farbe und Geruch.

Aus Schlemmer, W. et al. (2003).

In seinen Entwürfen zum *Triadischen Ballet*, welches 1922 in Stuttgart

uraufgeführt wurde, entwickelt Schlemmer zwei Möglichkeiten, um im kubischen, abstrakten Raum auf der Bühne eine Beziehung zwischen Mensch und Raum herzustellen:

1. Anpassung des abstrakten Raums an die Natürlichkeit des Menschen durch Anpassung an die Natur bzw. deren Illusion. Dies geschieht auf der naturillusionistischen Bühne.
2. Oder der natürliche Mensch wird in Rücksicht auf den abstrakten Raum diesem gemäß umgebildet. Dies geschieht auf der abstrakten Bühne, beeinflusst durch die körperlichen und seelischen Affekte, die in ihrer Vereinigung den „Tänzermenschen“ formen, der „sowohl dem Gesetz des Körpers als auch dem Gesetz des Raums“ und „sowohl dem Gefühl seiner selbst wie dem Gefühl vom Raum“ folgt.²²³

Die sich im Raum bewegende menschliche Figur wird in die abstrakte Sprache der Geometrie und Mechanik verwandelt. Oskar Schlemmer stellt den Gesetzen des kubischen Raums, bestehend aus einem unsichtbaren Liniennetz aus planimetrischen und stereometrischen Beziehungen, die im menschlichen Körper innewohnende Mathematik gegenüber, die ihren Ausgleich durch Bewegung erfährt. Er spricht von einer Geometrie der Leibesübungen, Rhythmik und Gymnastik. Es sind „körperliche Affekte“, die von den Bewegungen und Ausstrahlungen des im Zentrum stehenden Menschen erzeugt werden.

Der Raum, der um den organischen Menschen entsteht, ist von imaginärer Natur, dessen Gesetzmäßigkeiten in den unsichtbaren Funktionen seines Inneren liegen. Begleitet werden diese menschlichen, raumformenden Bewegungen von den „seelischen Affekten“ des gefühlsbestimmten Tänzermenschen. Hierzu schreibt Schlemmer: „In all diese Gesetze unsichtbar verwoben ist der Tänzermensch. Er folgt sowohl dem Gesetz des Körpers als dem Gesetz des Raums; er folgt sowohl dem Gefühl seiner selbst wie dem Gefühl vom Raum.“²²⁴

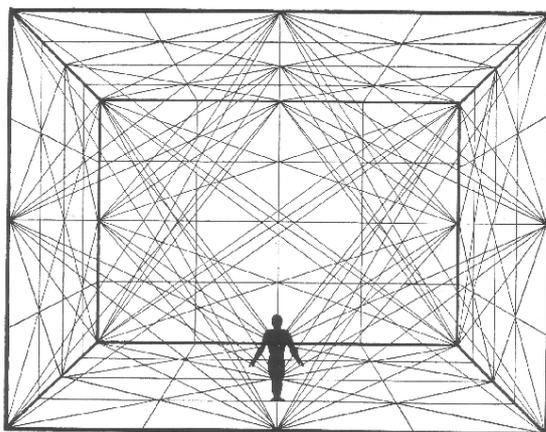


Abb. 3.3-d: Bauhaus Mensch im Raum planimetrischer Beziehungen aus Schlemmer, W. et al. (2003), S. 13

Bevor jedoch ausführlicher auf die Beziehungen zwischen Mensch und

²²³ Schlemmer, W. et al. (2003), S. 15

²²⁴ Schlemmer, W. et al. (2003), S. 15

Raum auf der Bühne im Bauhaus eingegangen wird und die neuen Denkansätze dieser Zeit und deren praktische Umsetzung beim Triadischen Ballett Schlemmers beleuchtet werden, sollen grundlegende Erkenntnisse aufgezeigt werden, die sich mit dem menschlichen Wirkungsbereich im Raum beschäftigen. Sie können als Ausgangspunkt für die formale Ausbildung sensueller Räume dienen. Wesentliche Gedanken hierzu kann man bei Rudolf von Laban in seinem Buch *Choreutik*²²⁵ entnehmen.

3.3.4 Kreisbewegung im Raum: von der Choreutik zur Kinetographie Laban

Die Choreutik hat ihre Wurzeln in der Choreosophie und befasst sich mit der Weisheit, die durch das Studium aller Erscheinungen des Kreises und seines Auftretens in der Natur und dem Leben erfahrbar wird.

„Choreosophia“ ist ein altgriechischer Begriff, der sich aus den Wörtern „Choros“, Kreis und „Sophia“, Kenntnis oder Weisheit zusammensetzt und dessen wissenschaftliche Verzweigungen sich in Choreografie, Choreologie und Choreutik manifestieren.

„Choreografie“ bedeutet wörtlich das Zeichnen oder Schreiben von Kreisen. Meistens ist davon die Rede, wenn wir von der Ausarbeitung eines Plans für ein Ballett oder einen Tanz sprechen. Laban war auf der Suche nach einem Weg, Tanzbewegungen ähnlich wie mit einer Partitur festzuhalten. Als Ausgangspunkt dienten ihm dabei historische Arbeiten, die sich mit der grafischen Darstellung und den Zeichen zur symbolischen Aufzeichnung von Tanzbewegungen befassten. Vor allem Beauchamp und Feuillet um 1700 nehmen hierbei eine Schlüsselfunktion ein. Sie sind die Ursprünge der Kinetographie Rudolf von Laban, die im Folgenden betrachtet werden soll.

Bei der Kinetographie Rudolf von Laban oder „Labanotation“ handelt es sich um eine Bewegungsschrift, die vor allem dazu dient, Tänze und Bewegungswerke jeglicher Art festzuhalten. Des Weiteren kann eine „multilaterale Bewegungsbeschreibung“²²⁶, wie sie Laban selbst bezeichnet in Bewegungsbeobachtungen verschiedener Bereiche, wie z. B. zur Fixierung von Arbeits- und Prozessabläufen in der Industrie oder zu therapeutischen Zwecken, genutzt werden. - Man spricht deshalb meistens von der „Kinetographie Laban“.

Bewegungsabläufe nach menschlichen Maßstäben sind elementar bei der Untersuchung räumlicher Abläufe, deren Organisation bzw. Strukturierung und dementsprechend wichtig für diese Arbeit. Sie können nach Laban als die „choreutischen Aspekte“²²⁷ im Raum in kommende Überlegungen mit einfließen. Choreologie ist die Logik oder Wissenschaft der Kreise, was als reines geometrisches Studium aufgefasst werden könnte, in Wirklichkeit aber weit darüber hinausgeht. Sie war von jeher eine Art Grammatik oder Syntax der Sprache der Bewegungen und befasste sich nicht nur mit der äußeren Form von Bewegungen, sondern auch mit ihrem geistigen und seelischen Inhalt,

²²⁵ Laban, R.v. (1991)

²²⁶ Laban, R.v. (1991), S.17

²²⁷ Vgl. Laban, R.v. (1991), S. 18

was im Glauben gründete, dass Motion und Emotion, Form und Inhalt, Körper und Geist untrennbar verbunden sind²²⁸.

Die Choreutik hingegen ist „(...) das praktische Studium der verschiedenartigen Formen mehr oder weniger harmonisierter Bewegungen (...).“²²⁹

Labans Anliegen, eine choreutische Ordnung zu finden, durch die man zu einer Transparenz von Bewegungen und dadurch zu ihrem Verständnis und ihrer Bedeutung gelangt, sind für diese Arbeit von großem Wert, wenn es darum geht, eine zeitgemäße Sicht von Bewegungen und Raum zu erarbeiten.

Laban ist der Meinung, dass „unsere eigenen Bewegungen und diejenigen, die wir um uns herum wahrnehmen, (...) grundlegende Erfahrungen (sind). Die Formen von Gegenständen, wie auch die Formen, die lebende Organismen einnehmen, entstehen und vergehen aufhörlich. Doch können Formen von Objekten und Lebewesen in Ruhe einen „Stillstand“ vortäuschen in dem großen, endlosen Bewegungsstrom, indem wir leben und an dem wir teilhaben. Diese Illusion eines Stillstands gründet auf der schnappschussartigen Wahrnehmung des Geistes, der fähig ist, bloß eine einzelne Phase des ununterbrochenen Stroms aufzunehmen. Erst unser Gedächtnis gibt der durch die „Schnappschüsse“ entstandenen Illusion Dauer; doch auch das Gedächtnis selbst wächst, verändert sich und schwindet.“²³⁰

Wenn man Bewegungen untersucht, erkennt man, dass sie für uns stets eng mit formalen Bildern verbunden sind. Durch Bewegung wird eine Form erschaffen. Herrscht Stillstand im Bewegungsfluss, dann scheint sich eine künstliche Trennung von Raum und Bewegung zu entwickeln. Ist dies der Fall, dann scheint der Raum eine Leere zu sein, in der sich die in ihr enthaltenen Objekte im Stillstand befinden und nur gelegentlich bewegen. Leerer Raum existiert jedoch nicht, denn der Raum besteht aus einer Vielzahl gleichzeitig ablaufender Bewegungen. Es ist allein die Illusion eines leeren und bewegungslosen Raums, die durch die Beschaffenheit unserer Wahrnehmung entstehen kann. Es sind schnappschussartige Situationen, die unser Geist empfängt und nacheinander ablaufend zu einer Bewegung vervollständigt.

Werden die Schnappschüsse bunt durcheinander gemischt, so entsteht ein unwirklicher Film, voller Lücken und Wiederholungen. Deshalb müssen Bewegungen organisch ablaufen, damit sie in unserem Geist eine sinnvolle Sequenz bilden und eine Affinität zur sinnlichen Adaptionmöglichkeit gewährleisten können.

Für Laban ist „Bewegungen (...) ein kontinuierlicher Strom innerhalb der Örtlichkeit selbst, und dies ist der fundamentale Aspekt des Raumes. Raum ist ein verborgener Grundzug der Bewegungen, und Bewegung ist ein sichtbarer Aspekt des Raumes.“²³¹

Wenn Gegenstände in einem Raum unbeweglich wirken und voneinander klar getrennt sind, dann befinden sie sich tatsächlich - auch wenn es sich um äußerst langsame, schwache und zerstreute Bewegungen handelt, die mit unseren Sinnen nicht wahrgenommen werden kann - in einem fortwährenden Austausch und in ständiger

²²⁸ Vgl. Laban, R.v. (1991), S. 8

²²⁹ Laban, R.v. (1991), S.8

²³⁰ Laban, R.v. (1991), S. 13

²³¹ Laban, R.v. (1991), S. 14

Bewegung.

Laban spricht von der Bewegung, als der „lebendigen Architektur“, die von „menschlichen Bewegungen erschaffen (...) sich aus Wegen, die Formen im Raum zeichnen, zusammen (setzt); diese Formen können wir „Spurformen“ nennen.“²³²

Ein Gebäude muss im „Gleichgewicht inmitten der fortwährenden Schwingungen und Bewegungen des Materials (...) stehen und anderen (...) gleichgewichtsstörenden Einflüssen standhalten. (...) Das lebendige Gebäude der Spurformen, das der bewegte Körper schafft, ist an bestimmte räumliche Beziehungen gebunden.“²³³

Eine organische Architektur muss Bewegungen zulassen und muss in ihrer formalen Ausbildung auf verschiedenste Stimmungen seiner Bewohner reagieren können. Es sollte eine Einheit aus Bewegung und Raum angestrebt werden, fruchtend in einer Synthese aus verschiedenen Aspekten unserer Persönlichkeit. - Wenn man manchmal ein emotioneller Träumer ist, so ist man ein anderes Mal analysierender Wissenschaftler oder unschuldiges biologisches Opfer – man schwankt gewissermaßen zwischen diesen Geisteshaltungen hin und her und der Raum sollte die Aufgabe haben, diese Ambivalenz in einer sensuellen Synthese zu vereinen. Ein herkömmlicher Raum vermag diesen Anforderungen nicht gerecht zu werden. Es obliegt deshalb dem multisensuellen Raum, sich gemäß seinen wechselnden Aufgaben anzupassen. Dazu gehört in erster Linie die Fähigkeit, auf den menschlichen Körper und dessen Verhaltensweisen im Raum einzugehen. Demgemäß ist es hilfreich, anhand einer Laban'schen Herangehensweise menschliche Bewegung bzw. dessen Spurformen im Raum zu beleuchten.

3.3.4.1 Die Kinesphäre Laban: der eigene Bewegungsraum

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass der Körper, wo immer es steht, Raum einnimmt. Auch wurden Aussagen über seine Orientierung im Raum gemacht. In Bezug auf Bewegung im Raum bleibt nun noch zu ergänzen, dass man beim so genannten menschlichen Achsensystem zwischen Raum im Allgemeinen und dem Raum in Reichweite des Körpers unterscheiden muss. Bei Letzterem kann man gemäß Laban vom persönlichen Raum oder „Kinesphäre“ sprechen.

Laban definiert sie wie folgt: „Die Kinesphäre ist eine Raumkugel um den Körper, deren Peripherie mit locker gestreckten Gliedmaßen erreicht werden kann, ohne dass man den Platz verlässt, der beim Stand auf einem Fuß als Unterstützungspunkt dient.“²³⁴

Wenn man sich bewegt, dann bewegt man seine Kinesphäre, ohne sie jemals zu verlassen, in den „übrigen Raum“, der unseren persönlichen Raum umgibt, hinein.

Dabei dienen die drei Dimensionen Länge, Breite und Tiefe als Grundelemente zur Orientierung. Jede Dimension hat zwei Richtungen. Bezogen auf den menschlichen Körper, handelt es sich bei den beiden Richtungen in der Länge und Höhe, um Aufwärts- und

²³² Laban, R.v. (1991), S. 13

²³³ Laban, R.v. (1991), S. 13-14

²³⁴ Vgl. Laban, R.v. (1991), S. 21

Abwärtsbewegungen, in der Breite um die Seitwärtsrichtungen links und rechts und in der Tiefe um die beiden Richtungen vorwärts und rückwärts. Sie gehen vom Schwerpunktzentrum eines aufgerichteten Körpers aus.

Dieser Punkt stellt auch das Zentrum unserer Kinesphäre dar.

Basierend auf der Anatomie des Körpers kann man von drei Ausdehnungen ausgehen, die sich in der Kinesphäre einer Person vollziehen.

Vom aufrecht stehenden Körper ausgehend, ist die erste Ausdehnung die eindimensionale Vertikale, die verantwortlich für das Bewusstsein der Dimensionalität ist und zwischen dem richtungweisenden Kopf und dem Schwerezentrum²³⁵ der Erde verläuft.

Die zweite Ausdehnung entspricht der „bilateralen Körperausdehnung“²³⁶ und seiner spiegelartigen Struktur der rechten und linken Seite.

Zusammen mit der ersten Ausdehnung - der Vertikalen - ergibt sich das Gefühl für Zweidimensionalität.

Die dritte Dimension können wir erst durch die Bewegung unseres Körpers erfahren. Das Übergangsstadium zwischen der zweidimensionalen Ausdehnung unseres Körpers und seiner Bewegung in die dritte Dimension führt über die Diagonalrichtungen der Kinesphäre.

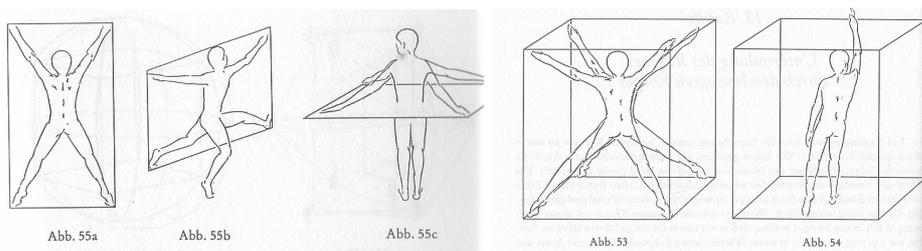
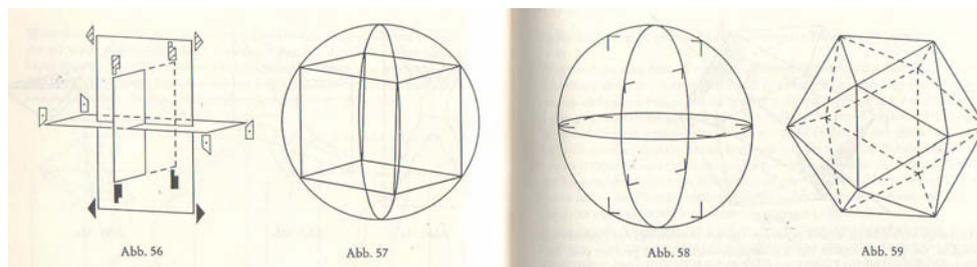


Abb. 3.3.-e: Die drei Ausdehnungen, die sich in der Kinesphäre einer Person vollziehen. Sie führen nach Laban zur Kinesphäre einer Person. Sie orientiert sich an einem Oktaeder. Bilder aus Laban, R.v. (1991)



Bezieht man nun den körperlichen Aufbau eines Menschen auf die Raumstruktur seiner kugelförmigen Kinesphäre, dann fällt einem auf, dass es Gegenden in der Kinesphäre gibt, in der, aus anatomischen Gründen, die Beweglichkeit der Gliedmaßen beengt ist. Dies ist auf die eingeschränkte Drehbarkeit der Gelenke zurückzuführen. Ausgehend

²³⁵ auf die Relevanz der Schwerkraft wird Abschnitt zuvor hingewiesen.

²³⁶ Vgl. Laban, R.v. (1991), S. 28

von den maximalen Winkeln, in denen sich Gliedmaßen bewegen, kann man eine Übereinstimmung zu Winkeln in einem Ikosaeder feststellen. Im Verhältnis seiner Winkelmaße und Geraden, die die Rechtecke der dreidimensionalen Ebenen und die fünfeckige Struktur der Fünfringe ausmacht, erkennt man letztlich das Gesetz des goldenen Schnitts, welches, wie Pythagoras bewies, auch im Aufbau des menschlichen Körpers auftritt.

Ähnliche Überlegungen hierzu lassen sich bei Vitruv²³⁷ und im Traktat über die Malerei des Leonardo da Vinci finden²³⁸.

Allein die Ausgewogenheit der Verhältnisse des Körpers sollte die Schönheit eines Menschen ausmachen. „Das Verhältnis der Gliedmaßen umfasste für Leonardo auch die Bewegung. Die Maßangaben für die ruhig aufrecht stehende Gestalt werden durch Angaben über Maßveränderungen bei der Bewegung, durch Verkürzung oder Streckung von Muskeln, ergänzt. Die genaue Kenntnis der organischen Körperbewegungen gewann er (Leonardo) in seinen Anatomiestudien. Er verband Proportionslehre mit einer Bewegungslehre, einer Lehre von der Anatomie des Bewegungsapparates.“²³⁹

Harmonische Beziehungen von Verhältnismäßigkeiten der Spurformen in Bewegungen, wie am Anfang dieses Kapitels erwähnt wurde, wirken sich auf den uns umgebenden Raum aus. Alle Veränderungen im Raum, die man riecht oder schmeckt sind Eindrücke unserer Wahrnehmung. Es handelt sich bei den meisten dieser Bewegungen um Aktionen, die einer strengen ökonomischen Kontrolle der Kräfte unterliegen. Beim Arbeiten oder im Umgang mit Gegenständen oder Hindernissen ist der menschliche Organismus gewillt, den einfachsten leichtesten Weg zu gehen. Derlei Bewegungsabläufe lassen sich in Schemen beschreiben - Bezeichnungen hierzu findet man beispielsweise in der Terminologie des klassischen Balletts:

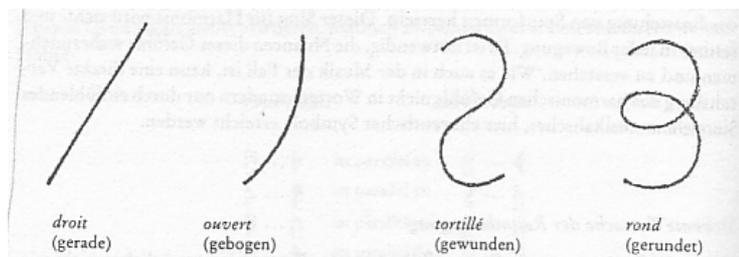


Abb. 3.3-f: Terminologie des klassischen Balletts aus Laban, R.v. (1991)

3.3.5 Die Proxemik-Theorie nach Edward Twitchell Hall

²³⁷ Vgl. Kap. 3.2.3.1

²³⁸ Vgl. Kap. 3.2.3.2

²³⁹ Ullmann, E. (1980), S. 103

Einen ähnlichen Ansatz wie Rudolph von Laban verfolgt auch der 1914 in Missouri geborenen Anthropologe Edward Twitchell Hall. 1966 entwickelt Hall in *The Hidden Dimension*²⁴⁰ die Proxemik Theorie. Sie weist eindeutige Parallelen zur Labans Kinesphäre auf.

Hall ist der Meinung, dass in den Differenzen, wie Menschen unterschiedlicher Kulturen auf dieser Welt die Realität um sie herum wahrnehmen, der Hauptursache für die meisten ihrer grundlegendsten Missverständnisse zu suchen ist. In einem Beitrag über die wechselnde Disposition des Leibes schreibt Meisenheimer hierzu: „Wir sehen, dass Araber zum Beispiel – besonders arabische Männer — mit Lust sehr nah an andere Körper herantreten, (dass sie den Atem des Gegenübers offenbar nicht scheuen, dass sie Körpergerüche und Ausdünstungen mit positivem Interesse aufnehmen, während doch Europäer und Amerikaner gelernt haben, Abstand zu halten, Gerüche bei den Kontakten' zu vermeiden, Körperwärme und -bewegung in Gesellschaft zurückzuhalten. Ein gut erzogener Amerikaner duldet in der Nähe seines Arbeitsplatzes neutrale Passanten, ein Deutscher dagegen schließt die Tür seines Zimmers, um den Intimbereich zu schützen, er wendet sich einem Störenfried spätestens bei zwei Armlängen Abstand zu, um ihn zu begrüßen oder abzuweisen, d. h., er bringt andere Abstandregeln zum Ausdruck.“²⁴¹

In seiner Theorie definiert Edward Twitchell Hall verschiedene Räume, die sich um einen Menschen in verschiedenen Schichten aufbauen.

Die Proxemik beschreibt dabei die Schicht, die einer Person am nächsten ist, ähnlich einer Luftblase. In sie einzudringen ist nur den nahsten und intimsten Freunden gestattet²⁴².

Aus räumlicher Sicht wird die Proxemik von einer Schicht umgeben, in denen die üblichen Gespräche und Verhandlungen mit Bekannten und Fremden durchgeführt werden. Hall nennt diese Schicht den „sozialen“ (social) und „beratenden“ (consultative) Raum.

Dieser Raum ist wiederum von dem allgemeinen bzw. öffentlichen Raum umgeben. In ihm können keine direkten zwischenmenschlichen Beziehungen mehr wahrgenommen werden. Er definiert vielmehr das anonyme und unpersönliche Verhalten im Raum.

Noch immer genießt die Proxemik-Theorie Halls große Beliebtheit, da sie vor allem in der Wirtschaftspsychologie verwendet wird, wenn es darum geht zwischenmenschliche Verhaltensweisen, z. B. in Vorstellungsgesprächen oder Verkaufsverhandlungen zu erkennen.

Um ihre Eigenschaften zu erläutern, führte Hall Studien durch, die sich mit der menschlichen Wahrnehmung und dessen Verhalten im Raum beschäftigten.

Es gibt drei Formen nach denen Mitmenschen miteinander kommunizieren. Verbal, schriftlich und in nonverbaler Form. Zur letzteren

²⁴⁰ Hall, E.T. (1966)

²⁴¹ Meisenheimer, W. (2004), S. 149

²⁴² Hall weist in seiner Proxemics Theorie darauf hin, dass diese erste Schicht bzw. Luftblase um einen herum sich von Nation zu Nation extremen unterscheiden kann. Bei einer Fahrt beispielsweise in einem indischen Bus, wird man sich als Europäer dieser Schicht bewusst. Man sieht sie dahin schwinden mit jedem neuen Fahrgast der den Wagen betritt. Was übrig bleibt, ist der direkte Körper- oder Blickkontakt mit der Person, die neben einem sitzt. Zusätzlich ist man unmittelbar umhüllt von dessen Atem und Eigengeruch.

gehören Gesten, der Augenkontakt, die körperliche Haltung, Gesichtsausdrücke, die Fähigkeit des Zuhörens usw. Sie können als Faktoren der Proxemik angesehen werden und lenken beispielsweise das zwischenmenschliche Verhalten im Raum. Doch auch im großen Maßstab, wie z. B. im Städtebau, können Hall's Erkenntnisse angewendet werden.



Abb. 3.3-g: (links): Fremde, die auf den Zug warten. Sie versuchen einen Mindestabstand (18“) von einander einzuhalten. Der Abstand variiert jedoch mit dem Grad der Bekanntschaft und dem kulturellen Hintergrund. Quelle: Fremde: courtesy of the Library of Congress, Prints and Photograph Division, FSA-OWI Collection.

Abb. 3.3-h: (rechts): Ein Idealbild eines vorstädtischen Lebens um die Jahrhundertwende. Auch hier sind die räumlichen und ästhetischen Prinzipien nach Hall eingehalten. Zu sehen ist eine Luftaufnahme von Yorkshipp Village in Camden NJ. Es handelt sich um eine Gemeinde, die 1918 von der Regierung errichtet worden ist. Quelle: Bild Yorkshipp aus: courtesy of the Francis Loeb Library, Graduate School of Design, Harvard University

Daraus geht hervor, dass die Proxemik nicht nur Auswirkungen auf das menschliche Verhalten untereinander im Raum hat, sondern gleichsam auch das menschliche Verhalten gegenüber leblosen Gegenständen (bzw. wie später gezeigt wird die Beziehung zwischen Mensch und Technologie²⁴³) im Raum beeinflusst.

Zu den leblosen Gegenständen zählen neben Dingen, die sich im Raum befinden, wie z. B. Möbel auch die raumstrukturierende Elemente²⁴⁴. Sie lassen sich in Elemente der Raumbegrenzung, der Raumgliederung und der Raumdurchdringung bzw. des Raumübergangs unterscheiden und werden im nächsten Abschnitt *Raumorganisation* eingehender beschrieben.

Raumstrukturen sind unmittelbar an menschliches Handeln im Raum gebunden²⁴⁵. Um auf menschliches Handeln im Raum einzugehen, wurden Strukturen bzw. Raummuster aufgezeigt, die sich vor allem an der Dreidimensionalität der Anatomie des Menschen orientieren. Doch erst mit der Betrachtung einer weiteren Dimension - nämlich die der Bewegung – konnte ein möglicher Ausgangspunkt für eine menschengerechte Ausbildung von Räumen erarbeitet werden. Es bietet sich nun an, in der Organisation räumlicher Strukturen Antworten zu suchen. Für den einstweiligen Verlauf der Untersuchung

²⁴³ Vgl. Kap. 4.5 *Gestaltungsrichtlinien für Wearables*

²⁴⁴ Vgl. Kap. 3.4 *Raumorganisation*

²⁴⁵ Der Verfasser geht davon aus, dass es sich um einen Raum handelt, der die für den Aufenthalt von Menschen entworfen wurde. In diesem Fall ist der Mensch als Maßstab anzunehmen.

sollte jedoch noch einmal darauf hingewiesen werden, dass es sich erst einmal um nicht mehr als eine funktionale Betrachtung räumlicher Strukturen handelt, deren Kriterium der handelnde menschliche Körper im Raum ist.

Es sei daran erinnert, dass bereits eine Vielzahl anatomischer Maßsysteme in Anlehnung an den Menschen entwickelt worden sind, ohne jedoch über dessen dimensionales Ausmaß hinaus zu kommen. Dies liegt daran, dass sich jeder weitere Schritt einer wissenschaftlichen Eindeutigkeit entzieht.

Der menschliche Körper ist als Raum verdrängendes Element messbar (ob in Bewegung oder im Stillstand), d. h., er nimmt ein eindeutiges Volumen im Raum ein.

Auch wenn der Körper in Bewegung ist, kann man, wie Laban gezeigt hat, logische Aussagen über den Raumbedarf bzw. das verdrängte Raumvolumen machen. Es ließe sich auch formal nachvollziehbar und in Orientierung an der menschlichen Organik in Form von Architektur ausbilden. Doch wäre man dann der wissenschaftlichen Eindeutigkeit noch keinen Schritt näher gekommen. Der dem Menschen angepasste Raum wäre *nicht mehr* - aber auch *nicht weniger* - als ein dem Menschen (im Stillstand oder in Bewegung) angepasster Raum. Die Frage danach, ob das dann ein guter oder ein weniger guter Raum wäre, bliebe sozusagen im Raum stehen. Keiner könnte eine definitive Aussage darüber treffen, ob ein „anorganischer“²⁴⁶ Raum nicht ein „besserer“ Raum sei.

Obwohl es oftmals verlockend ist, Komparative zur bewertenden Beschreibung von Architektur heranzuziehen, sei darauf hingewiesen, dass aufgrund des hohen subjektiven Anteils bei ihrer Beurteilung, keine wissenschaftliche Aussage getroffen werden kann. Deshalb ist es sinnvoll, bei einer räumlichen Bewertung auf zusätzliche Größen zurückzugreifen, die einen Vergleich vereinfachen bzw. auf ein Thema hin konkretisieren. Das Problem an dieser Vorgehensweise ist jedoch, dass dadurch die menschliche Größe in Gefahr ist, ersetzt oder zumindest degradiert zu werden. Einleuchtend wird dies, wenn man die Verbindung zur Realität des Baugeschehens sucht.

In dieser Untersuchung geht es letztlich darum, einen menschengerechten Einsatz von Technologie im Raum voranzutreiben. Folglich kann man in der Technologie auch die wahrscheinlichste Größe sehen, an der sich die räumliche Bewertung von multisensuellen Räumen unter Verwendung von Technologie orientieren wird.

Um der Degradierung der menschlichen Größe bestmöglich entgegenzuwirken, werden nun Aussagen über die Organisation von Räumen gemacht, die für den Aufenthalt von Menschen gedacht sind. Neben funktionalen Aspekten, wie z. B. eine optimale Raumausnutzung, werden nun auch psychologische Aspekte angesprochen. Sie fangen überall da an, wo wissenschaftliche Messbarkeit an ihre Grenzen stößt. Leider kann man auf diesem Gebiet nur auf eine begrenzte Anzahl wissenschaftlicher Literatur zurückgreifen. Man sollte deshalb den kommenden Abschnitt als einen Entwurf ansehen, eine Architekturpsychologie oder Architekturmetaphysik, die das

²⁴⁶ Ein anorganischer Raum meint in diesem Zusammenhang einen Raum, der sich nicht an der Organstruktur des Menschen orientiert. Z.B. ein kubischer Raum.

anzusprechen versucht, was sich nicht direkt in Zahlen ausdrücken lässt aber unweigerlich bei der Ausbildung von architektonischen Räumen beteiligt ist.

Architektonische Formen können Ausdruck eines Seelischen oder einer Stimmung sein. Es ist nicht von der Hand zu weisen, dass Gebäude einen bestimmten Eindruck bei ihren Nutzern auslösen. Hierfür kann eine ganze Skala von Stimmungen aufgezählt werden. Offen, lebendig, fröhlich, ernst, sakral, dunkel oder düster usw.;

Auch wenn es nicht möglich sein wird, alle Aspekte „seelischer Wirkung“ zu bearbeiten, so sollen im nächsten Abschnitt zumindest ansatzweise Faktoren skizziert werden, die auf die Organisation von Raum eingehen.

3.4 Raumorganisation

Die Erforschung des Raums in Bezug auf seine Organisation bildet ein weit gefächertes Gebiet und ist dementsprechend von vielen Faktoren abhängig. Ausgangspunkt für die Organisation eines Raumes ist prinzipiell das Wesen²⁴⁷, das sich in ihm aufhält.

In Anlehnung an dessen Maß²⁴⁸ sind Räumlichkeiten zu konzipieren. Dabei ist es wichtig, mit welchen „Massen“ man zu hantieren hat – sprich wie viele Menschen die Architektur in sich aufnehmen können muss. Dieses Problem ist auch bei einer menschengerechten Architektur - Inhalt dieser Arbeit - allgegenwärtig. Die Anzahl der Raumnutzer ist für die Dimension eines Raumes ausschlaggebend oder: Ob jeder Raumnutzer genügend Raum zur Verfügung hat, ist von der Dimensionierung des Raumvolumens abhängig.

Jedem Raum ist eine Funktion zugeordnet, die ihn mehr oder weniger ausfüllt und seine Maße und Proportionen und Ausstattung bestimmt. Der Raum ist ausgelegt für einen Nutzen, der sich in den Handlungen seiner Nutzer zeigt. Ein Raum wird genutzt, um zu schlafen, zu essen, zu diskutieren, zu werken, zu denken, zu lesen, zu warten, zu speichern, aufzuführen, zu verhandeln und vieles mehr. Eine Funktion ist nicht für immer, sondern unterliegt zeitbedingten Veränderungen. Auf diese Weise verliert ein Raum seine Funktion, um sie durch eine neue zu ersetzen. Ist das nicht der Fall, so verliert er seinen Sinn. Reinhard Matz schreibt:

„Der Raum bleibt stehen als totes Gespinnst einer vergangenen Zeit, sinn- weil funktionslos. Insofern vermittelt der entleerte Raum ein Gefühl von Lebensentzug und Sinnverlust, das sich unserem spontanen Zugang in den Weg stellt. Wir vermissen im leeren Raum die Wärme, die er aufgrund seines Alters haben müsste, und so bleibt er uns fremd. Er evoziert Geschichte, gibt sie aber nicht preis.

Auch hier werden ambivalente Reaktionen provoziert. Einerseits drängt sich mir die Leere des Raums als Sinnbild eigener Leere und Erstarrung auf; im großen Raum vielleicht von der Vorstellung begleitet, dass er mich erschlägt, verkleinert, erniedrigt und ich mich in ihm verliere.

Andererseits aktiviert der leere, also tote Raum aber *meine* Lebendigkeit.

²⁴⁷ In Kap. 2.16 *Der architektonische Raum* wird die Situation vorgestellt, die als Grundlage dieser Arbeit dient – sprich der architektonische Raum und dem Mensch als Nutzer in ihm.

²⁴⁸ Der Verfasser meint damit den ambivalenten menschlichen Körper.

Die Leere ist ja ganz an das Objekt gebunden, von dem ich mich unterscheiden kann. So betrachtet empfinde ich mich im Verhältnis zum leeren Raum erfüllt. Zwischen ihm und mir besteht ein Spannungsverhältnis ähnlich dem in kommunizierenden Röhren vor dem Druckausgleich. Auf diese Weise weckt der leere Raum zugleich mein Bedürfnis, ihn neu mit Leben und Sinn zu durchdringen.²⁴⁹

Um ein Raumvolumen den Bewegungen seiner bzw. seines Nutzer(s) anzupassen, kann man auf Raum strukturierende Elemente zurückgreifen. Diese verfolgen meistens ein funktionales Ziel, was heißt, dass sie sich auf optimale Weise mit den jeweiligen situativen Gegebenheiten²⁵⁰ auseinander setzen²⁵¹.

Situative Gegebenheiten können als Raum strukturierende Elemente in Erscheinung treten und übernehmen sowohl *raumbegrenzende*, *raumgliedernde* als auch *raumübergreifende* Funktion.

Während Mauern, Decken und Böden einen Raum begrenzen, können Öffnungen (Türen und Fenster) innerhalb dieser Elemente eine Raum übergreifende Funktion übernehmen. Gliedernde Aufgaben kann annähernd jedes Objekt im Raum übernehmen²⁵², so auch der Mensch. Strukturierende Elemente sind folglich wichtig, wenn es im nächsten Kapitel darum gehen wird, Raum, Mensch und Technologie - die Bestandteile dieser Arbeit – sinnreich zusammenzuführen, sodass sie sich als „räumliche Schnittstellen“ zwischen Raum, Mensch und Technologie manifestieren können.

Situative Gegebenheiten bilden das Rahmenwerk einer zu planenden Aufgabe. Um diese aus funktionaler Sicht befriedigend zu lösen, tut man gut daran, möglichst viele Gegebenheiten bei der Konzeption zu beleuchten. Hierzu zählen menschliche Handlungsabläufe und klimatische, geografische, soziale, konstruktive und gestalterische Komponenten.

Im architektonischen Planungsprozess bedeutet das, dass man auf Erkenntnisse zurückgreift, die sich aus der baulichen Erfahrung der Menschheit entwickelt haben und dementsprechend aus einer nachvollziehbaren, da pragmatischen, Logik hervorgehen²⁵³. Man kann auch sagen: Ihre Ausbildung beruht auf einer zuvor definierten Funktion in Anlehnung an ihre praktische Ausführung.

Für einen Kamin in einem Haus ist die Funktion beispielsweise dahingehend bestimmt, dass Rauch abtransportiert werden muss. Grund für diese Bestrebung ist die Tatsache, dass es unangenehm ist, im

²⁴⁹ Matz, R. (1990) in *Der verfallene Raum*

²⁵⁰ Bisweilen spricht man hier auch von äußeren und inneren Randbedingungen in der Architektur.

²⁵¹ Andernfalls ist ihre Bestimmung in der Ornamentik zu suchen.

Ornamentik ist eine Variante des „magischen“ Umgangs mit der Architektur, da ihr auf den ersten Blick keine Funktion zuzuordnen ist und ihr Wert meist nur in ihrer gestalterischen Rolle gesucht wird.

Obwohl sie bei der Ausformung von Raum durchaus ein Thema ist, dem man sich nicht verschließen sollte, trägt ihre Bearbeitung nicht direkt zur unmittelbaren Lösung der Problematik dieser Arbeit bei und wird demzufolge nicht ausführlicher behandelt.

²⁵² Sofern es strukturelle Eigenschaften hat.

²⁵³ Ein historisches Beispiel sind etwa die zehn Bücher über die Architektur von Vitruv.

Rauch zu leben. Gleichzeitig weiß man, dass warme Luft nach oben steigt²⁵⁴. Folglich bietet es sich an, einen Kamin direkt über der Feuerstelle anzubringen und den Schacht über das Dach hinausragen zu lassen, damit der Rauch mit der Luftbewegung entweichen kann - die Form ergibt sich aus der Funktion.

Das Gleiche gilt für die Wegeführung innerhalb eines Gebäudes. Wege sind in ihrer ursprünglichen Form menschliche oder tierische Maßnahmen in die Weite des Raumes vorzudringen. Natürliche Gegebenheiten hindern hierbei die menschliche freie Fortbewegung, sodass man seinen Weg, beispielsweise durch unwegsames Gelände oder mit dem Aufkommen der modernen Kulturlandschaft auch durch bestehende Besitzverhältnisse, bahnen musste. Der Weg als Sinnbild des Lebens ist, wie Bollnow in seinem Buch *Mensch und Raum*²⁵⁵ erkennt, eines der uralten Symbole der Menschheit, das im tao der Chinesen zum metaphysischen Urwort wird.

Anfänglich waren es Fußpfade - bei Tieren nennt man sie Wildwechsel - schließlich kamen die ersten befahrbaren Wege auf dem Wasser der Erde und in der Luft. In Adern durchziehen sie die vom Menschen bewohnten Teile dieser Erde und ziehen den Verkehr kanalisierend an sich. Wege sind das Abbild wiederholter Handlungsabläufe, an denen man das „Strukturgefüge der Arbeitsfunktionen“²⁵⁶ ablesen kann. Mit der Planung von organisierten²⁵⁷ Straßennetzen durch die Römer gewinnt das Wegenetz zunehmend an Autonomie und schafft einen Raum, der sich nicht mehr unmittelbar auf die Bewegungsgewohnheiten seiner Nutzer bezieht, sondern als größeres Ziel „Wirtschaftlichkeit“ nennt. Es ist der Beginn eines neuen Raumes, der sich um die, wie Bollnow schreibt, „natürliche Mitte des Hauses“²⁵⁸ gliedert. Bollnow verweist weiter auf Linschoten, der betont: „Die Wege rekonstruieren und organisieren nicht nur den Raum, sie schaffen einen neuen, unkultivierten. Damit aber homogenisieren sie die Welt“²⁵⁹. Es geht um einen überindividuellen Raum, dem ein Mittelpunkt fehlt und der vor allem von dem eigenen Mittelpunkt verschieden ist. Aus diesem Grund sucht der einzelne Mensch – der Wanderer – nach einer bleibenden Stätte, um im schützenden Bereich des Hauses wohnhaft werden zu können²⁶⁰. Der Mensch braucht eine solche Mitte, in der er im Raum verwurzelt.²⁶¹

Wie kann eine solche bergend schützende und bewohnbare Mitte aussehen, wie kann sie strukturiert sein?

Insbesondere Gaston Bachelard schreibt in seinem Buch *Poetik des Raumes*²⁶² einige wesentliche Punkte über die Struktur eines Hauses in Anlehnung an das menschliche Wesen und dessen psychologische Geschichte. Er spricht von Intimitätswerten, die im Inneren eines Hauses

²⁵⁴ Vgl. Aristoteles, (1978), IV, 208 b

²⁵⁵ Vgl. Bollnow, O.F. (2000), S 104

²⁵⁶ Bollnow, O.F. (2000), S. 98

²⁵⁷ meist aus militärischen Gründen oder auf Grund des wachsenden Handels.

²⁵⁸ Bollnow, O.F. (2000), S.101

²⁵⁹ Linschoten, J. (1954), S. 259

²⁶⁰ Vgl. Bollnow, O.F. (2000), S. 104

²⁶¹ Vgl. Bollnow, O.F. (2000), s. 123

²⁶² Bachelard, G. (2001)

vorherrschen und als „verstreute Bilder“ unsere „Wirklichkeit vermehren“.²⁶³

Wie Bachelard aufzuzeigen versucht, ist das Haus eine der großen Integrationsmächte für den Menschen und rechtfertigt menschliche Werte.

Er schreibt: „Unser Ziel ist jetzt klar: Wir müssen zeigen, dass das Haus für die Gedanken, Erinnerungen und Träume des Menschen eine der großen Integrationsmächte ist. In dieser Integration ist die Träumerei das verbindende Prinzip. Die Vergangenheit, die Gegenwart und die Zukunft geben dem Haus verschieden geartete Dynamismen, oft interferierende, manchmal einander entgegen gesetzte, manchmal einander anregende Dynamismen. Im Leben des Menschen schließt das Haus Zufälligkeiten aus, es vermehrt seine Bedachtheit auf Kontinuität. Sonst wäre der Mensch ein verstreutes Wesen. Es hält den Menschen aufrecht, durch alle Gewitter des Himmels und des Lebens hindurch. Es ist Körper und Seele. Es ist die erste Welt des menschlichen Seins. Bevor er „in die Welt geworfen“ wird, wie die eiligen Metaphysiker lehren, wird der Mensch in die Wiege des Hauses gelegt. Und immer ist das Haus in unseren Träumen eine große Wiege.“²⁶⁴

Bachelard ist der Meinung, dass das Haus ein Verband von Bildern sei, die dem Menschen eine Stabilität beweisen oder vortäuschen. Folglich versucht der Mensch eine Ordnung in diese Bilderfolge zu bringen.

Er tut dies, indem er auf das Haus in seiner Vertikalität zum einen und auf seine Zentralität zum anderen eingeht. Ausgehend vom Herd des Hauses spiegelt sich dessen Organisation wieder. Das zentrale Feuer im Haus in Analogie zum Feuer im Körper (Herz) sieht auch Eugenio Cano und rechtfertigt so die zentrale Stellung des Menschlichen im Kosmos und des Kosmos im Menschlichen: „Das Feuer des Körpers ist das Pulsieren des Lebens. Das Feuer im Haus ist gerade das Herz des Hauses, und das Feuer des Herzens ist die brennende Liebe, die höchste Intuition, zu der die Intelligenz gelangt. So können wir bereits beginnen, eine aufsteigende, vertikale, spirituelle Meditation, ausgehend von warmen Betrachtungen, menschlichen Temperaturen und transformierenden Verbrennungsvorgängen, zu erarbeiten. Sauerstoff und Zeit. Das Leben des Körpers, das Pulsieren des Blutes, die Wärme des Herdes.“²⁶⁵

Die vertikale Richtung hingegen zeigt sich bereits im *Errichten* des Gebäudes und ist durch die „Polarität von Keller und Dachboden“²⁶⁶

gegeben. Das Haus ist als vertikale Maßnahme spiegelt sich auch in der Psyche des Menschen wieder. Wie Bachelard schreibt, durchschneide selbst bei einem rational träumenden Träumer das spitze Dach die Wolken, wohingegen der Keller auf das dunkle Wesen des Hauses verweise, das an den unterirdischen Mächten teilhat.

Dennoch ist ein direkter Vergleich des menschlichen Leibes mit dem Haus problematisch.

Das erkennt auch Claudia Benthien. In ihrem Aufsatz „Im Leibe wohnen: Zur Kulturgeschichte und Metaphorik des Hauses und der Grenze im Diskurs über die Haut“²⁶⁷ schreibt sie, dass bereits in der christlichen

²⁶³ Vgl. Bachelard, G. (2001), S. 30

²⁶⁴ Bachelard, G. (2001), S. 33

²⁶⁵ Museum Moderner Kunst Wien, (1999), S. 184

²⁶⁶ Bachelard, G. (2001), S. 43

²⁶⁷ Benthien, C. (1996)

Vorstellung der Vergleich des menschlichen Leibes mit dem Haus eine übliche Metapher war. Doch die Zweischichtigkeit, die diese Metapher mit sich bringt, macht Benthien auch gleich auf einen wesentlichen Bestandteil räumlicher Organisation aufmerksam. Es geht um die Verarbeitung von Information.

Durch Sinnesfenster und Sinnespforten, so dachte bereits Augustinus, würden die Wahrnehmungen in das Innere gelangen²⁶⁸. So auch in der medizinischen Anatomie, wo die Fenster des Leibes (Auge, Mund, Nase, Ohr) auf die insularen Sinnesorgane, die sich in der Haut verdichten, verweisen. Ihre Funktionen zeigen sich einerseits im selektiven Filtern der Wahrnehmung in Bezug auf das jeweilige Sinnesorgan, beschreiben aber andererseits einen Stoffwechselfaustausch, der sich in den Ein- und Austrittsbewegungen (Inkorporations- und Ausscheidungsakten) in und aus dem Leib-Haus zeigen. Es handelt sich somit um einen Informationsfluss in zwei Richtungen. Folglich können der Körper und die Haut nicht als hohlförmiger, bewohnbarer Raum gedacht werden, da nach Benthien folgende Implikationen nicht beinhaltet seien:

„- die Möglichkeit des Verlassens, Wechselns und Modifizierens des Leib-Hauses, welches seinerseits als eher unbeweglich und statisch gedacht wird;

die Fähigkeit, alle Öffnungen der Haut-Mauern willentlich zu öffnen und zu verschließen und damit die prinzipielle Möglichkeit des Ausschlusses aller Sinneswahrnehmung;

– die grundsätzliche Undurchdringlichkeit der Haut-Wände als Grenze;

die unauslöschliche Diskrepanz zwischen dem Subjekt Leib-Haus und der Umwelt, welche sich in allen Wahrnehmungs- und Kontaktprozessen äußert;

- das Denken der Haut-Mauer als Grenzmarkierung zwischen Intimität und Öffentlichkeit, in der die Fenster und Türen zwischen der privaten Welt des Einzelnen und der Umwelt vermitteln.“²⁶⁹

3.4.1 Licht

Auch Licht ist ein Mittel zur Organisation von Raum. Licht hat eine große Wirkung bei der Generierung von Raum. Ohne Licht ist visuell kein Raum auszumachen. Der Gesichtssinn ist von der Präsenz von Licht abhängig, um mit ihm Informationen aus der Umwelt filtern zu können, was sich unter anderem auf die Wahrnehmung von Oberflächen auswirkt, da Licht unmittelbar an der Entstehung von Oberflächeneigenschaften beteiligt ist. Des Weiteren ist gerichtetes Licht auch strukturierendes Licht und ist deshalb für die Wegeführung durch einen Raum interessant.

In der Physik fasst man Licht als eine Art Strahlung auf, die von glühenden Körpern (Sonne, Feuer) ausgeht und sich mit großer

²⁶⁸ Die Rede ist von der Dreikammertheorie: „Durch die Pforten der fünf Sinne treten in der ersten Kammer, dem sensus communis, die äußeren Dinge in Form virtueller Ausdehnung zusammen. In der hinteren Kammer, der memoria, werden sie abgelagert zu abrufbaren virtuellen Größen. In der dritten Kammer sorgen geistige Begriffsvermögen für kognitive Ordnungen.“ In Böhme, H. (1996), S. 198

²⁶⁹ Benthien, C. (1996), S.154

Geschwindigkeit ausbreitet. Der leichten Ausbreitung in Gasen wird ein größerer Widerstand in Flüssigkeiten entgegengesetzt. Feste Körper verhindern die Ausbreitung von Licht meist völlig. Lichtstrahlen werden entweder absorbiert oder reflektiert. Flächen mit geringer Reflexion und großer Absorption nennt man „schwarz“. Flächen mit großer Reflexion und kleiner Absorption nennt man hingegen „weiß“.

Meistens erlebt man bei Objekten, die im Licht stehen, eine Beleuchtung durch reflektiertes Licht. Nur ein Teil des Lichtes, das auf ein Lebewesen fällt, kommt unmittelbar von der Sonne. Für gewöhnlich ist dies der kleinere Teil und manchmal fehlt er auch ganz. Der größere Teil stammt meist aus Streulicht von reflektierenden Flächen in der Umgebung oder vom diffusen Himmelslicht. Im Inneren eines Gebäudes besteht natürliches Licht ausschließlich aus Streulicht von den im Raum reflektierenden Flächen.

„Das umgebende Licht ist daher etwas ganz anderes als die von der Lichtquelle ausgehenden Strahlen; die Letzteren werden nach dem oben Gesagten in vielfacher Weise modifiziert. Das Umgebungslicht (ambient light) ist somit jenes Licht, das einen Beobachter von allen Seiten umschließt.“²⁷⁰

„Die wesentliche Charakteristik des Umgebungslichtes - in seiner Eigenschaft als mögliche Reizquelle für einen Organismus - besteht darin, dass Lichtintensitäten nach verschiedenen Richtungen unterschiedlich stark sind. Schon primitivste Organismen scheinen die Fähigkeit zu besitzen, auf Unterschiede der einfallenden Lichtintensität je nach Körperseite unterschiedlich zu reagieren. Genau das ist die Grundlage des Fototropismus²⁷¹. Ein Tier, das sich nach „Licht“ ausrichtet, bezweckt damit die symmetrische Verteilung des Umgebungslichtes auf seiner Haut.

Die erste und größte Lichtdifferenz wird durch den Helligkeitsunterschied zwischen Himmel und Boden erzeugt. Feinere und differenziertere Abstufungen liegen in den vielfachen Musterungen und Texturen der übrigen Lichtverteilung aus der Umgebung.“²⁷²

Auch für Kükkelhaus ist die Weise, wie die Lichtsituation in einem Raum ist, als wichtiger Faktor für den Charakter einer räumlichen Situation zu nennen. Kükkelhaus beschränkt sich dabei nicht auf Gegenstände sondern macht auch Andeutungen bezüglich des Verhaltens von Menschen unter diesen Umständen. In seinem Buch *Organismus und Technik*²⁷³ gibt er seinem Leser folgenden Rat:

„Lebendiges benötigt zu seiner Entfaltung der Herausforderung und Störung. Die Herausforderung, die das Sehvermögen zu seiner Funktion benötigt, sind Wandel und Wechsel, Ungewissheit und Unsicherheit im Bereich des Sichtbaren und der Lichtquelle selbst. Eine Kugel wird bei totaler Ausleuchtung als flache Scheibe gesehen; während sie bei nur einseitiger Anleuchtung und entsprechender Verschattung als das

²⁷⁰ Gibson, J.J. (1973), S.31

²⁷¹ Der Phototropismus ist eine durch einen Lichtreiz hervorgerufene Wachstumsbewegung. Wachstum auf eine Lichtquelle zu wird als positiver, von der Lichtquelle weg als negativer Phototropismus bezeichnet. Sproßspitzen sind meistens positiv, Wurzelspitzen in der Regel negativ phototrop. Zu finden unter <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d32/32b.htm>

²⁷² Gibson, J.J. (1973), S.32

²⁷³ Kükkelhaus, H. (1984)

erscheint, was sie ist: ein dreidimensionaler Körper. Im Falle der vollständigen Auslichtung ist der Sehprozess unterbunden. Es bleibt nichts zu suchen. Aufgrund der Wirk-Einheit von Licht und Auge ist ein unterbundener Sehprozess zugleich Entzug von Licht. Um diesem industriell betriebenen Lichtentzug zu begegnen, setze man sich abends bei Kerzenlicht zusammen.²⁷⁴

Hierzu lässt sich bei Goethes Faust folgende Szene im Studierzimmer finden:

„Ich bin ein Teil des Teils, der anfangs alles war
 Ein Teil der Finsternis, das sich das Licht gebar.
 Das stolze Licht, das nun der Mutter Nacht
 Den alten Rang, den Raum ihr streitig macht.
 Und doch gelingt's ihm nicht
 Da es, soviel es strebt,
 Verhaftet an den Körpern klebt.
 Von Körpern strömt's,
 Die Körper macht es schön,
 Ein Körper hemmt's auf seinem Gange,
 Und so hoff' ich dauert es nicht lange
 Und mit den Körpern wird's zugrunde gehn.“²⁷⁵

Auch James J. Gibson ist der Ansicht, dass Licht eine ganz besondere Wirkung hat und räumt ihm schließlich strukturierende Wirkung ein:

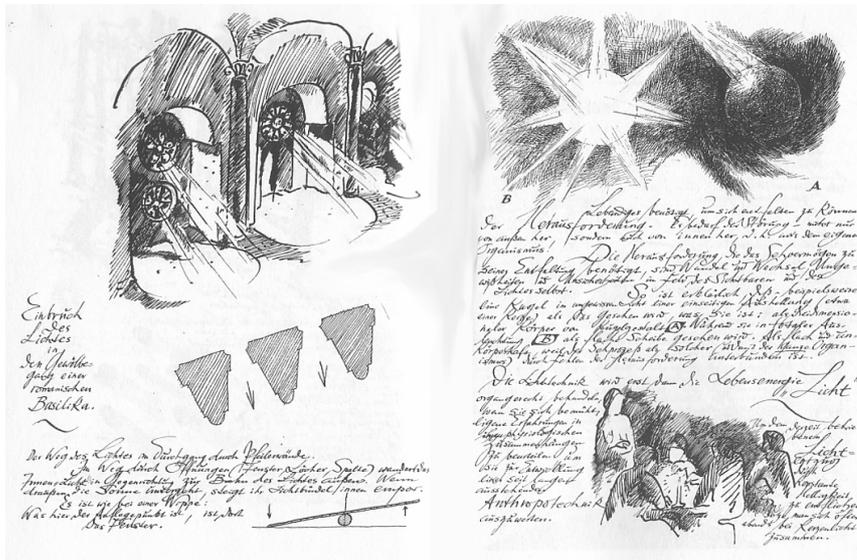


Abb. 3.4-a: aus Kükelhaus, H. (1984), S. 49

Er spricht von Körpern, die „senden“ und Energie ausstrahlen, selbst wenn sie lediglich reflektierende Körper sind. In diesen Fall senden sie *strukturierte Energie* (Information) aus. Dies ist nur möglich durch die Eigenschaft des Mediums, einem ständig fließenden Fluss von reflektiertem Licht.²⁷⁶ Hierbei kommt einem Le Corbusier in den Sinn, der im Spiel des Lichts auf den Körpern die Oberflächeneigenschaften und

²⁷⁴ Kükelhaus, H. (1984), S. 48

²⁷⁵ Goethe, J.W.v. (2003), Szene im Studierzimmer

²⁷⁶ Gibson, J.J. (1973), S. 34

deren Volumina ablas, aber auch die vorherrschende Lichtrichtung und Lichtqualität. Dabei wird eine „neutrale“ Beleuchtung bevorzugt. In den westlichen Kulturen, die von links nach rechts schreiben und lesen ist ein paralleles Licht von oben beliebt - favorisiert wird ein Licht von links oben.

Auf diese Weise entstehen unterschiedliche Lichtsituationen im Raum und es können konvexe oder konkave Formen wahrgenommen werden. Wie Kükelhaus erkennt, steigert der Wandel und Wechsel der Lichtsituation die schattierte Darstellung der Körper deren Lesbarkeit. Der Eigenschatten²⁷⁷ eines Körpers ermöglicht das Wahrnehmen von Volumen und Ausdehnung, während der Schlagschatten²⁷⁸ seinen räumlichen Bezug zu anderen Flächen und Körpern definiert und demgemäß strukturierende Wirkung hat. Dabei kommt auch das Prinzip der Überschneidung als Wirkung hinzu.

3.4.2 Orientierung im Raum

Raumorganisation aus der Sicht des Menschen hängt im Wesentlichen von der eigenen Orientierung im Raum ab. Sie ist eng an die individuelle Wahrnehmung im Raum gebunden, wobei das menschliche Achsensystem hierfür als Ausgangspunkt dient²⁷⁹. Der Bedeutung des Orientierungsvermögens wird man sich oftmals erst dann bewusst, wenn es zu Störungen²⁸⁰ desselben kommt. Es leuchtet ein, dass es sich bei der Orientierung im Raum nicht einfach nur um ein Sich-Zurechtfinden in der Außenwelt handelt, sondern dass sie vielmehr auf einem komplexen Wahrnehmungsschema beruht, welches räumliche Relationen zu ordnen versucht, um sie im erlebten Wahrnehmungsraum zusammenzuführen. Wie gezeigt wurde, ist menschliche Existenz unweigerlich mit Bewegung verbunden. Das Wesen der Wahrnehmung lässt sich nicht erklären, ohne die Bewegung des Menschen in Betracht zu ziehen. Wahrnehmung ist bisweilen am wirksamsten, wenn man sich in Bewegung befindet. Auch für die räumliche Wirkung und deren Organisation ist dieser Tatbestand unbedingt zu beachten. Töne werden dadurch lokalisiert, dass man den Kopf so bewegt, dass die Stellung des Ohrs in optimaler Stellung zur Schallquelle steht; Gegenstände werden am besten dadurch realisiert, dass man mit den Händen über ihre Oberflächen streicht, sie *aktiv* im Sinne Gibsons erkundet.

²⁷⁷ die dunklere, weil Licht abgewandte Seite

²⁷⁸ d.h. der Schatten, den der Körper auf seine Umgebung wirft

²⁷⁹ Vgl. Kap 3.2 *Körper und Leib*

²⁸⁰ Laut Benton existieren sechs verschiedene Formen der räumlichen Orientierungsstörung im unmittelbaren Raum: „(1) die Unfähigkeit, Objekte im Raum zu lokalisieren, ihre Größe abzuschätzen und ihre Entfernung anzugeben; (2) ein gestörtes Erinnerungsvermögen bezüglich der Lokalisation von Objekten im Raum; (3) die Unfähigkeit, einen bestimmten Weg von einem zum anderen Ort zu finden; (4) Alexie und Akalkulie, insofern Lesen und Rechnen das Erkennen raum-zeitlich geordneter Stimuli erfordert; (5) die Unfähigkeit, räumlich getrennte Objekte zueinander in Beziehung zu setzen; (6) visuokonstruktive Inkompetenz in Abgrenzung zur motorischen Ausführung“. Entnommen aus Benton, A.L. (1969), S. 212

Auch das Auge vermag, dadurch, dass es sich in seiner Orbita²⁸¹ befindet und abgesehen von seinen anatomischen Grenzen frei beweglich ist, bei eigener Körperbewegung einen starren Gegenstand zu fixieren. Diese Grenzen existieren für jedes Sinnesorgan des Menschen und sind charakteristisch für sein Wesen. McGinn spricht deswegen auch von der kognitiven Begrenztheit²⁸² des Menschen. Sie zeigen sich beispielsweise in der eingeschränkten Wahrnehmungsfähigkeit von Gegenständen, die eine bestimmte Größe unterschreiten. Bereits David Hume machte auf so genannte sinnliche Schranken aufmerksam, jenseits derer die menschliche Wahrnehmung keine Größenunterschiede mehr auszumachen vermag²⁸³. Auch verliert man das Gespür für die Größe eines Gegenstandes, wenn es eine gewisse Dimension überschreitet und die eigene Maßstäblichkeit verlässt. Dieser Sachverhalt spielt auch in der Organisation von Raum eine entscheidende Rolle. Vor allem für die Beschaffenheit von Raumgrenzen, die weiter unten behandelt werden, ist dies ein entscheidender Faktor.

Wie erkannt wurde, ist Bewegung für die räumliche Orientierung fundamental; Bewegung verändert dabei die zur Verfügung stehenden Reizinformationen in vielerlei Hinsicht. Eine seitliche Kopfbewegung reicht manchmal aus, um ein völlig neues Bild von einem Gegenstand zu bekommen. Durch die Veränderung der Kopfposition zum Gegenstand bekommt man neue Ansichten zu Gesicht, die zuvor verhüllt waren. In der Wahrnehmungspsychologie spricht man hierbei von Mustern des Verdeckens und des Entdeckens. Sie ergeben die relative Lage eines Beobachters im Raum²⁸⁴ und formen in dessen Gehirn ein Orientierungsschema der näheren Umgebung.

In diesem Zusammenhang wurde vor langer Zeit von Edward C. Tolman der Begriff der kognitiven Landkarte²⁸⁵ geprägt. Gemeint sind damit die Vorstellungen, die man von dem Ausschnitt seiner Umwelt besitzt, in der man sich gerade aufhält oder aufgehalten hat. Sie geben eine selektive, kulturspezifische Wahrnehmung der Welt, nicht nur durch topografische Informationen, sondern auch durch die damit verbundenen Eindrücke und Erinnerungen wieder. Wenn es darum geht, die eigene Position im Raum zu lokalisieren, kommen sie zum Einsatz.

Die wohl bekannteste Sammlung von Texten über kognitive Landkarten ist von Downs und Stea²⁸⁶ im Jahr 1973 zusammengestellt worden. Kognitive Karten werden überall „erstellt“. „Wir alle wissen, was wir auf unserem Heimweg nach der nächsten Hausecke zu erwarten haben, wir alle können Ausflüge zu hundert Orten hin planen und unsere Erwartungen dem Weg entlang überprüfen, wenn wir einen unternehmen; wir alle können neue Abkürzungen einschlagen mit einer gewissen Ahnung, wohin sie führen.“²⁸⁷

In Hinblick auf eine Verwendung für Raum strukturierende Elemente ist bei kognitiven Karten vor allem auf die funktionale Bedeutung und das

²⁸¹ Augenhöhle

²⁸² McGinn, C. (1991), S. 1

²⁸³ Vgl. Kap. *Der Raumbegriff in der englischen Philosophie*

²⁸⁴ Vgl. Neisser, U. (1996), S.90

²⁸⁵ Tolman, E.C. (1948)

²⁸⁶ Downs, R.M.; Stea, D. (1973)

²⁸⁷ Neisser, U. (1996), S.99

Unterscheiden der räumlichen Arrangements hinzuweisen. Funktional ist hierbei all das, was für die Bewältigung des täglichen Handelns erforderlich ist und demgemäß eine Auseinandersetzung mit den räumlichen Gegebenheiten verlangt, also zum wesentlichen Bestandteil räumlicher Organisation wird.

Das Interessante an kognitiven Karten ist, dass sie einem Konstruktionsprozess unterliegen, deren Informationsgehalt mehr ist als die rein topografische Information (s.o). In erster Linie sind kognitive Landkarten Abbilder der realen Welt und dienen der räumlichen Navigation. Man spricht deshalb auch von mentalen Räumen, die in unseren Gehirnen entstehen. Im allgemeineren Sinne sind kognitive Landkarten mentale Modelle komplexer Zusammenhänge.

Da die Fähigkeit zur räumlichen Navigation noch immer eine der wichtigsten Überlebensfaktoren der Menschheit ist, ist der Einsatz räumlicher Visualisierungen die wirkungsvollste Methode zur Darstellung komplexer, umfangreicher und vernetzter Systeme. Sie finden deshalb auch in der psychologischen Lernforschung und der kognitiven Raumforschung (Space Kognition) ihre Anwendung.

Im architektonischen Planungsprozess kommen unterstützend 3D Computersimulationen hinzu bzw. werden auf dem Weg des klassischen Architekturmodells ergänzt.

3.4.3 Die Dynamik der architektonischen Form

Wie Arnheim in seinem Buch über die *Dynamik der architektonischen Form*²⁸⁸ schreibt, wird Raum erst durch eine bestimmte Konstellation natürlicher und künstlicher Objekte geschaffen²⁸⁹. Man kann sie raumstrukturierende Elemente des Raumes nennen. Auch der Mensch ist Bestandteil dieser räumlichen Beziehungen. Sie drücken sich, wie bereits anhand der Proxemik-Theorie Edward Halls gezeigt wurde, in den Abständen zueinander aus. Bezüglich der wahrgenommenen Gegenstände im Raum spricht Arnheim auch von einer „dynamischen Erfahrung“, die der Betrachter durch Drucksteigerung und Druckminderung erfährt, je nachdem wie groß die Abstände zwischen den Objekten sind. Wenn der Abstand zwischen zwei Dingen groß wird, lässt die Dichte des Zwischenraumes nach und geht schließlich ganz verloren. Man erfährt dann keine Beziehung zwischen den Dingen mehr. Folglich verlieren die Gegenstände in Bezug zueinander auch ihre strukturierende Wirkung.

Man kann also sagen, dass erst aufgrund der Beziehung zwischen Objekten untereinander, Gegenstände ihre Funktion erlangen. Arnheim ist der Meinung, dass die Dynamik der architektonischen Form, Farbe und Bewegung die räumliche Äquivalenz zur Figur-Grund-Wahrnehmung bildet, die im zweidimensionalen Bereich - zum Beispiel beim Betrachten eines Gemäldes – ein maßgeblicher Faktor bei der Sinneswahrnehmung ist. Er spricht deshalb auch von einem Kräftefeld, das durch die Beziehung zu einem anderen Objekt den Zwischenraum mit Spannung füllt. Kräftefelder beeinflussen auch die Ausdehnung des Sehfeldes

²⁸⁸ Arnheim, R. (1980)

²⁸⁹ Arnheim, R. (1980), S. 19

sowohl in der Waagrechten wie in der Senkrechten. Kräftefelder werden vom Menschen auf verschiedene Weise wahrgenommen. Arnheim spricht deshalb auch von Anschauungskräften, die von architektonischen Strukturen erzeugt werden. Sie sind keine einzelnen Vektoren, sondern vielmehr Bestandteile von Wahrnehmungsfeldern, die Gebäude umgeben und gleichsam in Innenräumen auftreten. Arnheim versucht ihre Wirkung anhand von Gebäudeformen und ihrer städtebaulichen Wirkung zu erläutern: „Circular buildings expand into environment, whereas concave walls open the building toward the urban space.“²⁹⁰

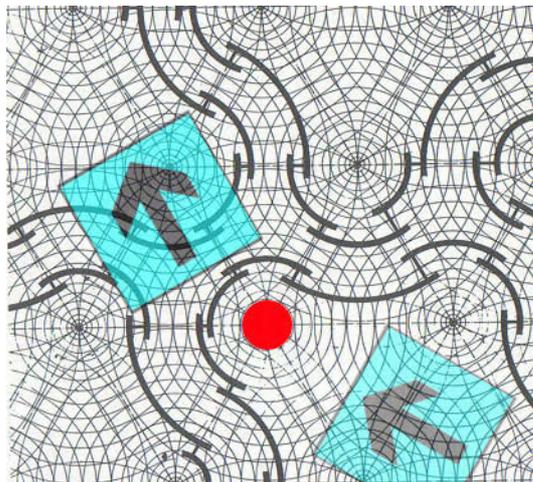


Abb. 3.4-b: In Anlehnung an eine Zeichnung von Paolo Portoghesi aus Arnheim, R. (1977), S. 30, Figure 14

Auch Toyo Ito macht sich die Wirkung gebauter Strukturen zu Nutzen, indem er sie als festen Bestandteil für seine innenräumliche Konzeption verwendet. Vor allem tragende und raumteilende Strukturen sind dabei von Belang, wie aus einer Studie über den Gebrauch von Raum hervorgeht, der offen für die Öffentlichkeit ist. Um sie herum bilden sich Menschenströme. Abb. 3.4-c zeigt die Frequenz dieser öffentlichen Bereiche anhand der Sendai Mediatheque²⁹¹. Sie ist der erste öffentliche Raum in Japan dieser Art. Anhand Abbildung rechts wird die raumorganisatorische Funktion deutlich, die eine offene Tragwerkstruktur übernehmen kann.

²⁹⁰ Arnheim, R. (1977), S. 31

²⁹¹ Toyo Ito: Sendai Mediatheque, Miyagi, Japan 1995-2000, Tragwerksplanung: Sasaki Structural Consultants

Study of the use of public open space / open square
This is the first building in Japan which contains a public open space

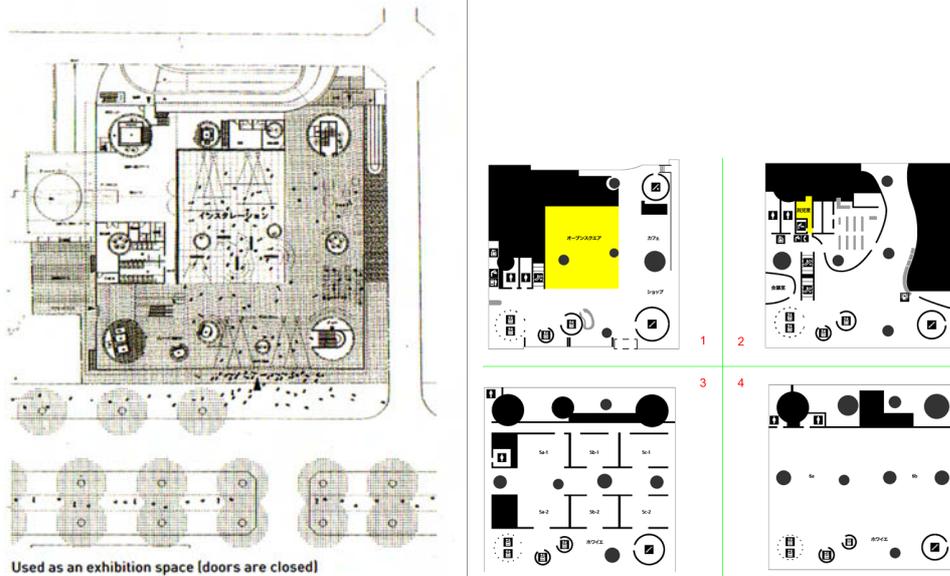


Abb. 3.4-c: Eine Frequenzstudie des offenen öffentlichen Raumes der Sendai Mediatheque von Toyo Ito. Daneben Grundrisse der Stockwerke 1-4.

Auch Arnheim ist der Meinung, dass der formalen Ausbildung einer architektonischen Form eine herausragende Rolle zukommt. Er schreibt: „Will ein Betrachter ein Objekt richtig wahrnehmen, muss er auf dessen Kräftefeld Rücksicht nehmen und einen angemessenen Abstand einnehmen. Ich würde sogar noch weitergehen und sagen, dass nicht nur die Masse oder Höhe eines Objektes die Reichweite des Kräftefeldes bestimmt, sondern dass dabei auch die Schlichtheit oder Üppigkeit seiner äußeren Erscheinung eine Rolle spielt.“²⁹²

Wichtig ist, dass hierbei nicht nur die Masse oder Höhe – sprich die Proportion - eines Objektes eine Rolle spielt, sondern auch Attribute wie Schlichtheit oder Üppigkeit, die in den Bereich der Ornamentik bzw. Symbolik fallen, betont werden. Das heißt aber auch, dass eine räumliche Untersuchung allein unter funktionalen Gesichtspunkten nicht ausreichend wäre. Es bleibt nun zu untersuchen, auf welche Weise raumstrukturierende Elemente es schaffen, in Anbetracht ihres Beziehungsverhältnisses zum Menschen, ihre Wirkung zu entfalten. Für den Einsatz von Technologie im Raum bietet es sich an, vor allem die Familie der Raum begrenzenden Elemente einer genaueren Analyse zu unterziehen. Dieses Vorgehen basiert auf der herausragenden statischen Funktion und dem enormen technologischen Adaptionspotenzial²⁹³ dieser Strukturen.

Hinzukommend kann man sagen, dass das Raum begrenzende Element als optimaler Gegenpol zur menschlichen Organisation angesehen werden kann. In seiner Ambivalenz weist es den Menschen einerseits in seine Schranken, ist aber andererseits auch das Gegenüber menschlicher Organik.

²⁹² Arnheim, R. (1980), S. 36

²⁹³ In Kap. 4.6 *Kontext-sensitive Systeme im Raum* werden Möglichkeiten der Implementierung von Technologie im Raum anhand der Raum begrenzenden Elemente aufgezeigt.

3.4.4 Raumbegrenzungen

Eine architektonische Grenze zeigt sich primär in Elementen, die in irgendeiner Form menschliches Wirken einschränken. Im Innenraum und darum soll es in erster Linie gehen, sind das Wand, Boden und Decke. Als „vollkommenstes“ Element kann die Wand genannt werden, schafft sie es doch, die Elemente Boden und Decke in sich zu vereinen und über ihre Funktion als abgrenzendes Element hinaus auch räumliche Übergänge zu inszenieren. Als architektonisches Mittel tritt sie als Mauer in Erscheinung. Eine Mauer ist eine Wand in einer baulich meist von Menschenhand definierten Form. Sie ist der Urstoff der Architektur – quasi ihr Archetypus.

Über sie schreibt Paolo Portoghesi in seinem Buch *Nature and Architecture*²⁹⁴ folgende Worte: „Built by the hand of man, the wall divides space, stops us in our tracks and puts a solid obstacle in our way, yet when arranged in a certain way it can hold us like a vase holds water.“²⁹⁵

Portoghesi macht in seinen Worten bereits auf vier wichtige Funktionen, die eine Mauer erfüllen kann, aufmerksam. Sie kann:

1. raumteilend bzw. raumrichtend,
2. raumbegrenzend,
3. beschützend und
4. ausgleichend wirken (the wall ... puts a solid obstacle in our way).

Aus konstruktiver Sicht ist noch 5. ihre tragende Funktion hervorzuheben. Auf diese Weise ermöglicht Sie die Existenz weiterer architektonischer Komponenten.

Die Mauer, in ihrer ersten, von Menschenhand geschaffenen Form, wurde zur Sicherung der Feuerstellen errichtet. Ursprünglich bestand sie aus einer Kombination aus Zweigen, Baumstämmen und Blättern. Erst allmählich wurden sie solider eigenständiger Bestandteil in einem von Menschen ausgeführten Bauprozess. Der Mensch versuchte durch das geordnete Stapeln von herumliegenden Steinen die Strukturen seiner Umwelt zu imitieren. Schließlich wurde auch Lehm verwendet, um ein ähnliches Resultat zu erzielen. Schließlich kamen Häute von Tieren und Textilien zum Einsatz.

Im natürlichen Raum²⁹⁶ finden sich „gewachsene“ Wände in Form von Baumreihen, Büschen, Felswänden oder Nebelbänken wieder.

Sowohl im konstruktiven, literarischen und metaphorischen Sinne definieren Mauern Zustände im Raum und machen diesen erst greifbar. Wände, ob vom Menschen errichtet oder als Ergebnis eines natürlichen Wachstumsprozesses, definieren einen bestimmten Ort, in einer *gerichteten* Konstellation auch architektonischen Raum.

Verwendet man Mauer wiederum als Überbegriff²⁹⁷ für Decke und Boden, so erscheint der Topos Wand besser geeignet. Eine Wand ist ihrer Allgemeingültigkeit nach weniger an subjektive Erfahrungen gebunden und suggeriert nicht sogleich eine bestimmte Materialität und dessen Oberflächeneigenschaften, die natürlich auch eine wichtige Rolle spielen,

²⁹⁴ Portoghesi, P. (2000)

²⁹⁵ Portoghesi, P. (2000), S. 72

²⁹⁶ Vgl. Kap 2.16 *Der Architektonische Raum*

²⁹⁷ Ein gutes Beispiel für die Umsetzung solcher Ziele ist das *Wall-less House* von Shigeru Ban in Nagano, Japan.

jedoch das Thema erst einmal unnötig verkomplizieren würden. Außerdem weißt sie zusätzliche Eigenschaften auf, auf die im Folgenden eingegangen werden soll. Das kündigt an, dass die Wand quasi als „neutrale“ Mauer mit neuen Eigenschaften „belegt“ werden kann, woraus sich nach Meinung des Verfassers ein möglicher Weg aufzeigt, der neue Formen architektonischer Ausbildung von Wänden eröffnet. Betrachtet man eine Wand aus diesem erweiterten Blickwinkel, so leuchtet es ein, dass die Raum teilende Wirkung um eine Raumbildende erweiterbar ist.

Als räumliche Nische vermag die Wand wie die Höhle - Urform menschlicher Behausung - der menschlichen Suche nach Geborgenheit und Schutz baulichen Ausdruck zu verleihen. Durch die Gerichtetheit einer Wand wird Raum definiert. Es entwickelt sich ein Innerhalb und Außerhalb, ein Diesseits und Jenseits in Abhängigkeit vom Standpunkt des Betrachters. Er bewertet die Situation, in der er sich befindet. Mit Bewertungen sind auch die Absichten²⁹⁸ des Planers und des Bauherrn gemeint, die vor der „Errichtung“ eines Raumes in Anlehnung an die vorherrschenden Gegebenheiten eingearbeitet werden sollen. Als eine Bewertung in ihrer ursprünglichsten Form ist demgemäß auch die klare Definition von Innen und Außen anzusehen - die Gesamtsituation ist im Sinne Newtons relativiert worden.

Eine Wand ist – und darauf kommt es hier an – maßgeblich an der Organisation eines Raumes beteiligt. Sie schließt ein oder schließt aus, führt zusammen oder wirkt teilend, klärend oder verwirrend, bietet Unterstützung oder stellt sich einem als Hindernis in den Weg, gibt Schatten oder reflektiert Licht, trennt kalte von warmen, laute von ruhigen oder nasse von trockenen Bereichen.

Die Wand als architektonisches Element ist ohne Zweifel multifunktional und Träger (Oberfläche) mannigfaltiger Information. Abhängig vom Grad ihrer Durchlässigkeit wirkt sie vermittelnd und lenkt den Austausch beider Zustände. In dieser Funktion ist sie Schnittstelle.

Setzt man die Wand eines Raumes mit den ihn begrenzenden Flächen gleich, dann wird ihre Zweiseitigkeit deutlich. Es entsteht ein definierter geschützter Raum mit einer Innen- und einer Außenseite, eine Nische, die sich von ihrer Umgebung eindeutig abgrenzt und zwei Blickrichtungen ermöglicht. Von innen nach außen oder von außen nach innen.

Von Außen gesehen, umhüllt die Wand Raum mit einer inneren Organisation, nämlich menschlich zivilisierten Raum. Hier wird auch wieder die Urfunktion der Wand für den Menschen erkennbar. Als Grenze erlangt die Wand auf einmal auch soziale Bedeutung, da sie Zivilisation von Wildnis separiert – sie ummantelt und bildet einen Baukörper.

Unter diesen Gesichtspunkten manifestiert sich sogleich ein Umkehrschluss, der sich in den letzten Jahrhunderten in den Kulturwissenschaften zum zentralen Thema entwickelt hat und der weiter oben bereits hinterfragt wurde. Es geht um den Vergleich des eigenen Körpers mit dem schützenden Raum (bzw. Haus).

Was heißt das für die Raumorganisation?

Wie Claudia Benthien hierzu schreibt, geht es um „die imaginäre Vorstellung des Leibes als transitorische *Herberge* oder unvordenkliche

²⁹⁸ Heute bezeichnen sie das Raumprogramm einer Architektur.

Heimat des Subjekts (...)“²⁹⁹. Aus dieser Körpermetaphorik heraus thematisiert sich schließlich auch der Vergleich zwischen Wand und Haut. Es geht um ein Körperbild, welches „den Leib als Haus, Gefäß, Burg oder auch als Gewand denkt, das feste Grenzen ebenso wie darin eingelassene Öffnungen besitzt und damit eine grundsätzliche Differenzierung zwischen Innen und Außen vornimmt.“³⁰⁰

Der Vergleich der Raumgrenze (Wand) mit der Körpergrenze (Haut) ist, obwohl es sich dabei um einen Jahrhunderte alten Diskurs handelt, für diese Arbeit ein möglicher Ansatzpunkt zur Konzeption multisensueller Räume, obgleich er nicht unproblematisch ist.

In den Funktionen der Haut sind möglicherweise Orientierungspunkte für einen sinnvollen und menschengerechten Einsatz von Technologie im Raum zu finden.

Mit Orientierungspunkten sind konzeptionelle Maßgaben gemeint, die der Komplexität des menschlichen Organismus entsprechen und als Ausgangspunkt räumlicher Schnittstellen zwischen Mensch, Raum und Technologie fungieren könnten. Es ist der Versuch einen zeitgemäßen synästhetischen Ansatz für eine neue Architektursprache aufzuzeigen. Von diesem Standpunkt aus eröffnen sich bei einer näheren Untersuchung folgende Fragen:

1. Wie charakterisiert sich die menschliche Haut im Kontext einer architektonischen Wand als räumliche Grenze?
2. Welche Möglichkeiten ergeben sich daraus für einen Einsatz von Technologie im architektonischen Raum?

Der Stand der Technik bzw. die Möglichkeiten in Bezug auf den Einsatz von Technologie im Raum werden im folgenden Kapitel demonstriert. Folglich kann erst im Anschluss an Kapitel vier ein Entwurf zur Beantwortung der zweiten Frage erarbeitet werden. Es gilt nun das Wesen und die Möglichkeiten der Haut in Bezug auf eine architektonische Adaption zu formulieren. Hierfür ist es hilfreich, auf die kulturwissenschaftlichen Abhandlungen von Claudia Benthien über das Wortfeld Haut zurück zu greifen.

In ihrem Buch *Haut*³⁰¹ erarbeitet sie interessante Aspekte der Haut vor allem in Bezug auf ihre begrenzenden Eigenschaften und bezüglich ihrer Fähigkeiten des Austausches mit der Umwelt. Eine baulich-technologische Interpretation ihrer Befähigungen würde dem Ziel dieser Arbeit, nämlich eine menschengerechte Architektur zu entwickeln, gerecht werden.

Aus architektonischer Sicht kann man sagen, dass Versuche, ihrer Komplexität zu entsprechen, bisher noch nicht weit gekommen, ja förmlich in den Kinderschuhen stecken geblieben sind. Vielleicht vermag ja der sensorische und aktuatorische Einsatz von Technologie im Raum einen angemessenen Dialog mit seinem organischen Gegenüber zu entfachen.

²⁹⁹ Benthien, C. (1996), S. 144

³⁰⁰ Benthien, C. (1996), S. 144

³⁰¹ Benthien, C. (1999)

3.4.4.1 Haut

Benthien schreibt: „Die Haut als Grenze zu verstehen, beruht einerseits auf den Empfindungen der Haut, wie Druck, Wärme, Kälte und den frühkindlichen Lernprozessen der Individuation, zum anderen aber auch auf kulturellen Deutungen, die epochenspezifisch sind und daher variieren.“³⁰²

„Die Haut ist eine heikle Grenze“, schreibt Philipp Sarasin und greift auf die Worte Mary Douglas zurück: „Eine Schnittstelle zwischen Körper und Umwelt, zwischen äußeren Mikroben, wie man seit den achtziger Jahren des 19. Jahrhundert mit einigem Abscheu sagte und den inneren Organen, zwischen äußerer Kälte und innerer Wärme, zwischen Gefahren und Verletzlichkeit, zwischen Reiz und Lust - und auch zwischen dem Toten und dem Lebendigen. Sie ist zudem eine Schnittstelle zwischen Subjekt und Gesellschaft; in der Metapher des politischen Körpers spielt die Haut nicht zufällig eine wichtige Abbildung gesellschaftlicher Ordnungen und ihrer Bedrohungen.“³⁰³

Wie man sehen kann, hat sich das Körpergefühl im Laufe der Epochen entscheidend verändert. Die Haut, also jener Ort, „wo das Ich sich entscheidet“³⁰⁴, bildet die trennende Schicht zwischen der Innerlichkeit des eigenen Körpers und der Welt außerhalb dieses Ichs. Dies färbt sich gleichermaßen auf die Begrifflichkeiten ab, die sofort in Zusammenhang gebracht werden, wenn es darum geht, das Wesen der Haut zu erklären. Dabei spielt auch die Hygiene eine amüsante Rolle.

Während heute Hygiene nur noch mit einer keimfreien Sauberkeit des Körpers und seiner Umgebung in Zusammenhang gebracht wird - Philipp Sarasin spricht von einer „desodorierten und gewaschenen (...) Eau-de-Javel- und Meister-Propere-Sauberkeit“³⁰⁵ – ging ihre Entwicklung mit der der Zivilisation einher und stieg, um bei den Worten Sarasins zu bleiben, aus dem Morast des Ancien Régime und dem fäkalischen Schmutz der Städte des 18. und frühen 19. Jahrhunderts empor.

Sarasin spricht „vom Sieg über das Ungeziefer, das in Betten und Kammern lebte, in den Haaren nistete, in Körperöffnungen eindrang und das selbst noch über die gepuderten Wangen adliger Damen kroch; oder die Geschichte vom langsamen Verschwinden der *crasse* des Volkes, jener angeblich schmierigen Schicht aus Schweiß, abgeschilferten Hautpartikeln, Staub und Dreck, die nie abgewaschen wurde, außer für die Taufe, am Tag der Hochzeit und vor der Beerdigung.“³⁰⁶

Was lässt sich also bislang über das Wesen der Haut sagen?

Die Haut hat neben ihrer primären Funktion einer physischen Schranke, die sich zur zentralen Metapher des Getrenntseins entwickelt hat, auch Ober- bzw. Projektionsfläche. Sie ist somit einer *Lesbarkeit* unterworfen und bekommt so semantische, ja ikonografische Bedeutung.

Hiermit sind unter anderem die Aspekte einer Bemalung oder Tätowierung, aber auch das Schminken der Haut gemeint – gehen also

³⁰² Benthien, C. (1996), S.145

³⁰³ Douglas, M. (1988), S. 151-169 in Sarasin, P. (2001), S. 261

³⁰⁴ Serres, M. (1994), S. 15

³⁰⁵ Sarasin, P. (2001), Kap. 4, S. 260

³⁰⁶ Vgl. Sarasin, P. (2001), S. 260

mit den Entwicklungsszenarien von Douglas konform, die in der Haut eine wichtige Abbildung gesellschaftlicher Ordnungen und ihrer Bedrohungen sehen (s.o).

Benthien spricht diesbezüglich von einem kulturellen Phänomen, welches sich primär auf ein visuelles Erfahren der Haut bezieht, was einem Erspüren mittels des Tastsinns konträr gegenüberstehe.³⁰⁷ Mit dieser Feststellung betont Benthien die offensichtlich multifunktionalen Fähigkeiten der Haut: An ihr nimmt man sowohl physikalische, klimatische, zwischenmenschliche, psychische und durch ihr Altern auch zeitliche Veränderungen wahr; darüber hinaus gibt sie Auskunft über das Leben der Person, der sie angehört. Sie ist gewissermaßen der Spiegel des Menschen aber auch dessen Maske.

Man sieht sich bei der Analyse von Haut zwei Positionen gegenüber; sie wurden bereits im Kapitel 3.2 *Körper und Leib* durch die Worte Helmuth Pleßners angesprochen. Es geht dabei um die fehlende Eindeutigkeit bei der Ausbildung einer Grenze:

„Infolgedessen darf man dem Satz, dass lebendige Körper erscheinungsmäßig eine prinzipiell divergente Außen-Innenbeziehung als gegenständliche Bestimmtheit aufweisen, die Form geben: Lebendige Körper haben eine erscheinende, anschauliche Grenze. Anschauliche Grenzen liegen bei allen Dingkörpern da, wo sie anfangen oder zu Ende sind. Die Grenze des Dinges ist sein Rand, mit dem es an etwas Anderes, als es selbst ist, stößt. Zugleich bestimmt dieses sein Anfangen oder Aufhören, die Gestalt des Dinges oder der Kontur, dessen Verlauf man mit den Sinnen verfolgen kann. In den Konturen, innerhalb seiner Ränder, ist der Dingkörper beschlossen und als dieser bestimmt, oder, was hier dasselbe heißt, mit den Konturen, an seinen Rändern ist, das Ding als dieses bestimmt. Die Kontur kann nur in vager und abstrakter Redewendung von dem, dessen Kontur er ist, abgehoben gedacht werden. Wohl tritt die Grenze unter Umständen als prägnante Gestalt hervor, aber sie lässt sich nicht dem von ihr Begrenzten oder dem, woran sie als Grenze stößt, gegenüber als Eigenes fassen. Für die bloße Anschauung mag es scheinbar gelingen, wie man beispielsweise die Konturen durch einfache Linien zeichnerisch wiedergeben kann. Aber der Linie entspricht keine eigene Entität. Sie hält, was seinem Wesen nach pures Übergehen vom Dingkörper zu dem ihn umgebenden Medium ist, sinnlich nur durch die Heraushebung des begrenzten Raumgebietes aus der Umgebung fest.“³⁰⁸

Mit diesen Worten orientiert sich Pleßner an einem bekannten mathematischen Problem. Es geht um das Kontakt-Problem. Zur Erläuterung kann man sich beispielsweise die folgende Frage stellen: „Was ist es, das die Atmosphäre von dem Wasser trennt?“³⁰⁹ In einer speziellen Fassung des Kontakt-Problems, das auf Leonardo da Vinci zurückgeht und daher als Leonardo Problem bezeichnet wird, gibt es drei Möglichkeiten diese Frage zu beantworten:

1. Es gibt eine gemeinsame Grenze, die weder Luft noch Wasser und ohne Ausdehnung ist, da eine Grenze mit echter

³⁰⁷ Vgl. Benthien, C. (1999), S.145

³⁰⁸ Pleßner, H. (1965), S. 100, 101

³⁰⁹ Kulik, L. (1998), S.11

- Ausdehnung den Kontakt der beiden Entitäten verhindern würde.
2. Es gibt zwei Grenzen, eine der Atmosphäre und eine des Wassers, welche die besondere Eigenschaft haben, in Raum und Zeit ko-lokalisiert zu sein.
 3. Der Rand wird nur einer der beiden Entitäten zugesprochen, entweder der Atmosphäre oder dem Wasser, sodass eine der Entitäten unberandet ist.³¹⁰

Ersetzt man das obige Beispiel von Atmosphäre und Wasser mit den hiesigen Faktoren Mensch und Raum, so eröffnen sich philosophisch gesehen ähnliche Problemschwerpunkte und nur die Frageweise ändert sich.

Aristoteles meint dazu: „Aber auch die Zeit und der Ort hat diese Beschaffenheit. Denn die gegenwärtige Zeit stößt mit der vergangenen und der zukünftigen zusammen. Ferner ist der Ort ein Kontinuum. Denn die Teile des Körpers, die bei einer gemeinsamen Grenze zusammenstoßen, nehmen einen bestimmten Ort ein, und folglich stoßen auch die Teile des Ortes, die jeder Teil des Körpers einnimmt, bei derselben Grenze zusammen wie die Teile des Körpers. Mithin wird auch der Ort kontinuierlich sein, da seine Teile bei einer gemeinsamen Grenze zusammenstoßen.“³¹¹ Auch in der Psychologie wird dieses Problem thematisiert. Arnheim sagt: „In der Wahrnehmung sind Grenzlinien jedoch die instabilen Produkte widerstreitender Kräfte. Psychologen sprechen von einer „Konturrivalität“, die in der zweidimensionalen Ebene entsteht, wenn von zwei angrenzenden Flächen jede versucht, die gemeinsame Umrisslinie als ihre eigene Grenze zu beanspruchen. Die Umrisslinie kann nicht beiden dienen.“³¹² Was den Mensch im Raum betrifft, so kann man davon ausgehen, dass die menschlichen Entitäten eine klare materielle Grenze haben, die sich durch die Haut charakterisiert. Sie ist Bestandteil des ambivalenten³¹³ menschlichen Körpers. Das heißt aber auch, dass das eigentliche Grenzproblem, das anhand des Leonardo Problems zu erörtern versucht wurde, für diese Untersuchung nicht relevant ist, bzw. in einer anderen Weise behandelt werden sollte.

In Bezug auf die eigentliche Grenzproblematik dieser Aufgabe heißt das, dass nicht direkt die eigentliche Grenze zwischen Subjekt und Raum interessiert, die sich im Grunde nicht in der Haut manifestiert, sondern den Übergang zwischen äußerster Hautschicht und Raum beschreibt und in dieser Form wieder mit dem eigentlichen mathematischen Problem Leonardos und den Punkten 1-3 konform geht.

Daher erscheint es für diese Arbeit zweckmäßiger zu sein, auf das Wesen der Haut als Grenzschicht zwischen Mensch und Raum einzugehen.

Nachweislich gibt es verschiedene Möglichkeiten, nach der sich die Grenzschicht Haut einordnen ließe:

Zum einen lässt sich die Haut dem Subjekt zusprechen, indem sie das Eigentliche in sich schließt und so zur schützenden, bergenden aber auch

³¹⁰ Vgl. Kulik, L. (1998), S.11

³¹¹ Aristoteles, (1984), 6. Kap.

³¹² Arnheim, R. (1980), S. 80

³¹³ Vgl hierzu die Kommentare über die Ambivalenz des menschlichen Körpers in Kap. 3.2 *Körper und Leib*

verbergenden und täuschenden Hülle wird. Sie ist eine unabhängige Komponente der menschlichen Anatomie.

„Die Essenz liegt unter der Haut, im Leibe verborgen, sie entzieht sich dem Blick und erfordert eine Lesekunst zur Dechiffrierung.“³¹⁴ Benthien macht hier bereits auf die Problematik der Dechiffrierung aufmerksam, mit der man auch bei der Konzeption von Schnittstellen, die dem Menschen nicht eigen sind - also künstlichen Schnittstellen - „konfrontiert“ wird. Unter diesem Aspekt ist hervorzuheben, dass die Haut die Aufgabe hat, in zwei Richtungen dechiffrieren zu müssen. Auf der einen Seite hat sie die Reize, die aus der Umwelt auf sie einprasseln, zu interpretieren. Die Reize müssen wahrgenommen, gefiltert und in die Sprache des Körpers übersetzt werden. Auf der anderen Seite vermag die Haut innere Zustände des Menschen nach außen zu transportieren, was sich in Angst, Erregungs- oder Krankheitszuständen zeigt, die sich der Welt außerhalb des Körpers beispielsweise in Form von Hauterrötungen oder Ausschlägen zu erkennen geben.

In dieser Ambivalenz liegen nach Meinung des Verfassers die Ursprünge einer Multisensualität. Einerseits gilt es die Reize aus der Umwelt zu erkennen, sie zu filtern und zu selbst provozierten Reaktionen unter Verwendung des ZNS und des Gehirns weiterzuarbeiten. Auf der anderen Seite werden eigene Signale an die Umwelt weiter gegeben. An dieses Vorgehen gekoppelt lassen sich die wesentlichen Attribute der Hautsensualität bzw. -multisensualität unter technischen Gesichtspunkten erläutern. Die Haut als Wahrnehmungsorgan ist mit *Sensoren* ausgestattet, die auf Reize aus der Umwelt reagieren, ja im Sinne Gibsons sogar aktiv nach ihnen suchen. Zusätzlich transportiert die Haut, wie man weiß, Informationen aus dem Körperinneren an die Außenwelt. Dieses Verhalten lässt sich, aus physikalischer Sicht, mit dem eines *Aktuators* vergleichen. Ein Aktuator produziert im Gegensatz zum Sensor selbst Reize, die wiederum von Sensoren wahrgenommen werden können.

Neue Materialien versuchen heute beide Funktionen in einem Bauteil zu vereinen. Man spricht in diesem Zusammenhang oft von einer den Materialien, Oberflächen oder Bauteilen inhärenten Intelligenz. Im folgenden Kapitel wird deshalb nochmals ausführlich auf diese Thematik eingegangen.

Es lässt sich festhalten, dass die Haut einer vermittelnden Schicht gleichkommt, die als Übersetzer zwischen der eigenen bewusst empfundenen Persönlichkeit, die ja spätestens seit Freud nur einen Bruchteil des eigenen Ichs darstellt und der Welt außerhalb dieses Ichs³¹⁵. Die Fähigkeiten dieser Schicht lassen sich mit dem Begriff *sensuell* beschreiben. In ihm enthalten sind sowohl sensorische wie aktuatorische Attribute.

Eine andere Art der Zuordnung ist die Gleichsetzung der Haut mit dem Subjekt. Benthien spricht von der Haut als „Pars pro Toto“, die für einen metonymischen Übergang für das ganze Individuum inklusive seines immateriellen, geistig-seelischen Anteils³¹⁶ steht, was wiederum die Arnheimsche Dynamik von Dingen im Raum berücksichtigen würde und

³¹⁴ Vgl. Benthien, C. (1999), S. 146

³¹⁵ Vgl. Freud, S. (1992), S. 273

³¹⁶ Vgl. Benthien, C. (1999), S. 146

als eine Ergänzung des menschlichen Maßsystems im Sinne des Verfassers angesehen werden könnte. Das bedeutet, dass der Mensch als Komplettsystem angesehen werden kann, dessen einzelne Funktionen nur in ihrer organischen Summe zur vollen Leistung kommen können. Dabei stellt die Haut die äußerste materielle Schicht dar, die das fragile Innere zu schützen hat, ihm ein Schutzpanzer ist, der sich über die rohen Empfindungen des Körpers legt.

Dieser Panzer – bisweilen auch täuschende Hülle - muss jedoch nicht unbedingt mit dem Inneren harmonisieren.

Das „Sich-nicht-wohl-in-der-eigenen-Haut-fühlen“ treibt viele Menschen dazu, einen Bruch mit ihrem Panzer zu machen, um ihn durch einen anderen zu ersetzen³¹⁷.



Abb. 3.4-d: Plattencover des Allround-Künstlers David Bowie aus verschiedenen Zeiträumen. <http://www.davidbowie.com/>

Man trifft erneut auf die enorme visuelle Vormachtstellung beim Gewährwerden von menschlicher Haut, etwa durch einen anderen Menschen. Sie bedeutet eine literarisch umfassend diskutierte Divergenz zwischen Schein und Sein, die bisweilen der „Oberflächlichkeit“ beschimpft wird, also nicht „unter die Haut“ vorzudringen vermag. Es liegt nun nah, das Hauptaugenmerk auf weitere - nicht visuelle - Qualitäten der Haut zu lenken, um sie in den architektonischen Prozess zu integrieren. Aufgrund der Komplexität des Themas ist es ohne Zweifel schwer, ein angemessenes theoretisches Korsett zu schnüren. Gerade deswegen liegen hier enorme Möglichkeiten zur Konzeption zukunftsweisender Architektur.

Vor allem dem Tastsinn kommt hierbei eine Schlüsselrolle zu. In Kapitel 3.2.4 *Entleiblichung des Raumes* wurde die allgegenwärtige These der Isolation des Individuums und die einhergehende Verarmung des sinnlichen Wahrnehmungsvermögens, beispielsweise als Folge großstädtischen Lebens, der Globalisierung oder einer Technologisierung der Welt von heute und morgen, bereits diskutiert. Es leuchtet ein, dass der Mensch während seines Evolutionsprozesses ganz anderen Bedingungen ausgesetzt war, als er es heute ist. Der menschliche Sinnesapparat wurde zum Zweck des Überlebens in der Steppe (Schauplatz erster menschlicher Handlung) ausgebildet. Ihn kennzeichnet im Vergleich zu Tieren, die oft eine viel bessere Leistung bestimmter Sinnesorgane aufweisen, eine hohe Bandbreite bei einer mittelmäßigen Leistung aller Sinne. Nur die Fähigkeit des Tastens ist überdurchschnittlich gut ausgebildet.

³¹⁷ Gemeint sind hier z.B. Geschlechtsumwandlungen oder Schönheitsoperationen.

Im Verlauf der Entwicklung des Menschen als intelligentes Wesen hat sich herausgestellt, dass dem Sehen eine besondere Rolle zugeschrieben werden musste, die in gewisser Weise den Funktionen des Tastens zuvor kamen. Dieser Meinung ist auch der Theologe Hartmut Böhme. Er schreibt: „Den Augen können wir umstandslos jeden Emotionstyp, jede ethische Haltung und nahezu jedes kognitive Vermögen zuordnen: die traurigen, fröhlichen, flehenden, hungrigen, zornigen, heiteren, lüsternen, die verschlagenen, bösen, frommen, entschlossenen, scheelen, offenen und ehrlichen, die neugierigen, wachen, klugen, berechnenden, konzentrierten Augen. Und wir finden die Fusion von Auge und Licht im düsteren, finsternen, strahlenden, umnebelten, klaren, funkelnden, trüben, glänzenden Blick. Wenn das Augenlicht erlischt, so ist dies ein untrügliches Zeichen des Todes. „Denn im Auge allein ist schon der ganze Mensch.“ Dies *leuchtet* uns unmittelbar *ein*, es ist eine Einsicht, in der uns eine Wahrheit *erscheint*. Weil alles sich im Blick vermittelt, von innen her unser Wesen, von außen her die Dinge und von oben her das transsubstantielle Licht Gottes ihren Abglanz im Auge finden, darum konnte das Augenlicht zum Stellvertreter, zur Metonymie des ganzen Menschen werden. Die Kultivierung des Auges war immer zugleich Veredelung des Menschen. Je reiner der Blick, umso näher sind wir dem Kern unserer selbst, dem Wahrschein der Dinge und dem Überlicht göttlichen Wesens.“³¹⁸

Doch bei all den Lobessängen auf das Auge sei darauf aufmerksam gemacht, dass nicht alles Erkennen auf der Leistung des Visuellen basiert. In Anbetracht der revolutionären Theorien des Sensualisten Bischof George Berkeley anfangs des 18. Jahrhunderts, die in Kapitel 2.12 vorgestellt wurden, muss man sich die Frage stellen, was denn überhaupt gesehen wird, wenn man sieht.

Hierfür müsste man das Sehen auf den optischen Vorgang des Projizierens von Bildern auf die Netzhaut reduzieren. Das hieße, dass man im Grunde als Information aus der Umwelt nur Farbe und Fläche wahrnehmen könnte.

Wie Berkeley versichert, vermittelt der Gesichtssinn nämlich nur Farben, die unmittelbar (*immediately*) wahrgenommen werden³¹⁹. Da sie stets als ausgedehnt erscheinen und also einen Raummodus mitliefern, hatte sich bereits für Gosztanyi die Frage gestellt, woher sie den Charakter des Räumlichen haben³²⁰.

Berkeley machte mit seinen Theorien auf das synästhetische räumliche Wahrnehmen von Gesicht- und Tastsinn aufmerksam. Berkeley unterscheidet zwei verschiedene Arten von Sehdingen: die unmittelbar wahrgenommenen und die mittelbar wahrgenommenen. Erstere sind nur im Bewusstsein vorhanden, während der Gesichtssinn nur suggeriert, jedoch zum Wahrnehmungsbereich des Tastsinns gehört und reell existiert³²¹. In diesem Zuge stellt sich Berkeley die Frage, wie diese Suggestion durch den Gesichtssinn möglich sei - sind doch die Gegenstände des Sehens und des Tastens voneinander gänzlich

³¹⁸ Böhme, H. (1996), S. 200

³¹⁹ Vgl. Berkeley, G. (1912), S.130 in Gosztanyi, A. (1976), S. 312

³²⁰ Vgl. Gosztanyi, A. (1976), S. 312 in Kap. 2.12 *Der Raumbegriff in der englischen Philosophie*

³²¹ Vgl. Berkeley, G.: *New theory*, S.50 in Gosztanyi, S.313

verschieden³²². Er kommt zu dem Schluss, dass die räumliche Wahrnehmung eine assoziative Kopplung aus Tastempfindungen (kinästhetischen und haptischen) und Gesichtsempfindungen sein muss, die auf Erfahrungen – gespeicherten Erinnerungsdaten - basiert. Diese Tatsache wirkt sich auch auf die Wahrnehmung von Materialität aus. Ferner lässt sich an ihr die dominante Wirkung der visuellen Komponente im architektonischen Wahrnehmungsprozess erklären. Sie ist für den Transport von Gefühlen ausschlaggebend und maßgebend an der Wirkung eines Raumes beteiligt. Man könnte sagen, dass, basierend auf der subjektiven Erfahrung, ein annähernd unbegrenztes Potenzial vorherrscht, um Gegenstände z. B. mit taktiler Information zu beladen. So wie zuvor anhand der Oberflächlichkeit die semantische Bedeutung der Haut, die als Projektionsfläche für Information individuell entschlüsselt werden muss, gezeigt wurde, projiziert man auf jeglichen Gegenstand - zusätzlich zu seiner objektiven Charakteristik - eine „subjektive Ansicht“ hinzu.

Es erscheint klar, wie Richtungen beispielsweise in der Mode- oder Bauwelt, aber auch in der Werbung, entstehen. Sie beeinflussen die epochale Entwicklung der jeweiligen Kunstsparte offensichtlich. Wie Böhme schreibt, erschließen sich Blicke - seien sie nun stechend, lodernd, schmelzend, nass, versteinert etc.³²³ – nicht direkt über das Licht, sondern als Berührungsreiz. Er vermutet sogar in den Blicken eine „Art abgeleiteten Tastens“.

Böhme spricht von Blickereignissen, die sich aus leiblichen Vollzügen, entweder der Mobilität oder des Appetitiven erschließen – nicht aber aus der Optik.

Die regelmäßigste aller *Selbstberührungen* ist zugleich die kleinste Einheit der natürlichen Zeit: der Wimpernschlag. Ihm folgt der Herzschlag, der Atemzug, der Rhythmus von Hunger und Durst, von Schlafen und Wachen, der Blutungen. Die Augen und das Sehen sind eingelassen in eine differenzierte Vielfalt von Zeiterfahrungen, die sich nicht an optischen oder akustischen Wahrnehmungen, sondern durch leibliches Spüren und rhythmisierte Selbstberührungen zeigen. Auch hier also haben die tastende Propriozeption und das Gespür die Leitung. Die Reduktion des Sehens auf den optischen Vorgang und die Frage, wie Abbilder zustande kommen, verschließt hingegen die Zeitdimension des Leibes, in die auch das Sehen eingesenkt ist.³²⁴

Von diesem Standpunkt aus *gesehen*, wäre die vielerorts proklamierte „Verarmung der Sinne“ nicht mehr aufrecht zu halten; man hätte es vielmehr mit einer Verlagerung der Reize aus der Umwelt auf Kosten des Sehens zu tun. Die Ursache ist sicherlich in der Bequemlichkeit des Menschen zu finden, der sich auf seinen Blick zu verlassen scheint. Der Blick hat die Aufgabe Situationen anhand von Erfahrungsmustern zu filtern. Es wird deutlich, dass dabei ein wesentlicher Bestandteil menschlicher Wahrnehmung, nämlich die Autoreflexion und damit das leibliche Selbstbewusstsein verborgen bleibt: Im Tasten hingegen äußert sich die Befähigung zur Differenzierung von eigenleiblichem und fremdkörperlichem Spüren³²⁵.

³²² Vgl. Berkeley, G.: *New theory*, S.49 in Gosztanyi, S.313

³²³ Vgl. Böhme, H. (1996), S. 201

³²⁴ Böhme, H. (1996), S. 201

³²⁵ Vgl. Böhme, H. (1996), S. 203f.

Vorbereitend für das Kapitel Mensch, Raum und Technologie ist die Ausgangssituation, die mit der Verlagerung aller sinnlichen Wahrnehmungen zugunsten des Sehens einhergeht, keine besonders günstige. Um daran grundlegende Veränderungen zu vollziehen und eine Entlastung visueller Reizflut zu erreichen, wäre die Verlagerung auf die komplexen haptischen Fähigkeiten des Menschen eine Möglichkeit. Die Konzeption multisensueller räumlicher Schnittstellen anhand organischer Vorbilder, wie z. B. der Haut, könnte ein Ansatz sein. Es ist verwunderlich, warum eine derartige Entwicklung sich erst allmählich durchzusetzen beginnt (Touchscreens etc.) und noch immer sehr dem Sehen verhaftet ist - und das, obwohl bereits 1979 der schwedische Psychologe Olov Östberg in Bezug auf die technologische Interfaceentwicklung, beklagte, dass die Bildschirmarbeit das Sehvermögen strapaziere und er deshalb eine Begrenzung der Arbeit vor dem Bildschirm forderte.³²⁶ Wie lässt sich also der noch immer andauernden Entwertung des menschlichen Tastsinns, die mit dem technischen Fortschritt einherging, entgegenwirken? Grundsätzlich lässt sich über die Ursache dieser Entwicklung sagen, dass gerade wenn es darum geht, Interfaces auszubilden, der Umgang mit Information essenziell ist. Es geht um die Kodifizierbarkeit von Information.

Es war leichter, Alphabete für sichtbare Objekte auf der Basis von Schrift und Symbolik zu entwickeln, da sich diese auf verschiedensten Medien³²⁷ reproduzieren ließen. Nach der Entdeckung optischer Gesetzmäßigkeiten war es möglich, Gegebenheiten zu reproduzieren - zumindest deren optische Komponente.

Bezüglich der akustischen Information tat sich die Menschheit schwer, ein Alphabet zu entwickeln. Noch heute kann der größte Teil der Menschheit das Tonalphabet weder lesen noch wiedergeben. Hinzu kommt, dass die Notenschrift, von der hier die Rede ist, bis auf einige wenige Angaben in Bezug auf das Tempo und die Dynamik, nicht auf die Individualität eines Musikers einzugehen vermag.

Was ein Alphabet für Gerüche angeht, muss man sagen, dass bis auf spezialisierte Duftkarten, zum Beispiel zur Beschreibung von Wein oder in der Parfumerstellung, noch kein befriedigendes System gefunden wurde³²⁸.

Hinsichtlich der Kodierung des um einiges differenzierteren menschlichen Tastsinns, der umfangreiche räumliche Information erfassen kann, sind auch hier überzeugende Konzepte nur schwer auszumachen. Grund hierfür ist in etwa zehn Dimensionen zu suchen, die kraft des Tastsinns gleichzeitig vermittelt bzw. aktiv eingeholt werden. Die Rede ist von den Oberflächeneigenschaften und Materialbeschaffenheiten, den Aussagen über die Gestalt, ihre Härte bzw. Steifigkeit, das Gewicht, Masse und Ausmaß machen. Es geht um Attribute, die den Zustand ihrer Beweglichkeit, der Strukturierung, Temperatur und Feuchtigkeitsbeschaffenheit beschreiben.

³²⁶ Vgl. Östberg, O. (1977)

³²⁷ Anfänglich waren es Tontafeln, heutzutage übernimmt diese Aufgabe z.B. ein Bildschirm.

³²⁸ Vgl. Kap. 4.7.1 *Der Sensorama Simulator*

Natürlich macht genau diese Vielfalt, den Tastsinn für einen technologischen Einsatz interessant.

Kapitel 4: Raum und Technologie – Smart Architecture

Im Kapitel *Raum* dieser Arbeit wurde versucht, Entwicklungen und Probleme des Raumbegriffs anhand geschichtlicher und philosophischer Untersuchungen aufzuzeigen. Hinzukommend wurde im dritten Kapitel eingehend auf die Komponente Mensch und dessen Verhalten im Raum bzw. seine Bedeutung für den Raum eingegangen.

Die nun folgenden Überlegungen setzen sich mit den technologischen Grundlagen multisensueller Räume auseinander.

War die Weltkonstruktion bis in die Anfänge des letzten Jahrhunderts noch von der Newtonschen Mechanik geprägt — sein Werk *Philosophiae naturalis principia mathematica*¹ erschien 1687 — so verhalfen uns erst Entdeckungen auf dem Gebiet der Quantenmechanik Mitte des 20.

Jahrhunderts dazu, dass der Geltungs- und Wirkungsanspruch einer epochalen Lehre Newtons durch die entstehende Digitalisierung erschüttert wurde. Auf theoretischer Linie erfolgte diese Erschütterung bereits in den kritischen Anmerkungen bei Hume und Kant, wohingegen auf praktischer Ebene vor allem die radikalen gesellschaftlichen Entwicklungen, die die Französische Revolution und später in die Industrielle Revolution mündete, für eine Entwicklung in diesem Maße verantwortlich waren.

Wie Rafael Capurro treffend in seinem wissenschaftlichen Beitrag „digital- vernetzte Weltkonstruktion“² bemerkt, ist es Claude Elwood Shannons Schrift *A Mathematical Theory of Communication*,³ die so etwas wie die „*Philosophiae artificialis principia informatica*“ darstellt. Sie bildet zusammen mit der Quantenmechanik, der *Philosophiae naturalis principia quantica*, die Grundlage der heutigen Weltkonstruktion. Der Materialismus des 19. und auch der des 20. Jahrhunderts ist im Begriff, durch den Informatismus dieses Jahrhunderts abgelöst zu werden⁴.

Im Gegensatz zu den praktischen Auswirkungen, die sich unübersehbar im Aufkommen einer Wissensgesellschaft⁵ zeigen, warten wir auf philosophischer Ebene noch immer auf eine sinnvolle Lösung, um auf diese neue Situation einzugehen.

Es ist offensichtlich, dass bei einer solchen Entwicklung die Gefahr besteht, dass der Mensch Opfer einer zunehmenden Informationsflut, in Form von Nachrichten, Mitteilungen, Geräuschen, Bildern, Empfindungen etc. wird - sie bestimmen ja bereits seinen Alltag.

Opfer zu sein heißt, die Kontrolle über Informationen (s. o.) abzugeben. Damit verbunden ist auch die Machtlosigkeit, eigenständig darüber zu entscheiden, in welche Richtung ein Informationsstrom fließen soll. Es besteht die Gefahr einer Abhängigkeit von Information oder vielmehr das Risiko einer Fehlinformation, was im schlimmsten Fall zu einer gezielten Indoktrinierung eines Individuums führen kann.

In Hinblick auf sensorische und sensuelle Möglichkeiten einer Raumsituation muss man davon ausgehen, dass Information und deren

¹ Newton, I.; Schüller, V. (1999)

² Capurro, R. (2001), S. 34,35

³ Shannon, C.E.; Weaver, W. (c1998 = 1949)

⁴ Capurro, R. (2001)

⁵ Bullinger, H. (2000), S.10f.

Kommunikation sowohl in wirtschaftlichen wie in privaten Bereichen in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen werden. Auch im multisensorischen Raum kommt dem Austausch von Information eine Schlüsselfunktion zu.

Information und Fluss:

Ein weiteres Aufgabengebiet dieser Arbeit besteht darin, Möglichkeiten aufzuzeigen, wie es zum Austausch von Information in einer multisensuellen dreiwertigen Situation aus Mensch, Technologie und Raum kommen kann.

Gerade wenn es um die Verwendung von Technologie im Raum unter Berücksichtigung menschlicher Attribute geht, bietet es sich an, auf bereits existierende Entwicklungen auf dem Gebiet der mobilen Computertechnologie in Zusammenhang mit Mensch-Computer Schnittstellen (HCI: Human Computer Interfaces) zurückzugreifen. Vor allem auf dem Gebiet der Wearable-Technologien⁶, einem Teilgebiet mobiler Computertechnologie, lassen sich interessante Ansätze hinsichtlich eines sensiblen Umgangs zwischen Mensch und Technologie erwarten. Diese Ansätze können sich dann auf den Umgang im sensuellen Raum übertragen lassen.



Abb. 4-a Werables:
Beispiel aus new nomads –Philips Design

Eng verknüpft mit der sprachlichen Bedeutung, beschreiben Wearables eine technologisch orientierte Gestaltungsrichtung, die aus gemeinsamen Entwicklungen der Sparten Modedesign, Produktdesign, Mikroelektronik und diversen Kommunikations-Technologien hervorgeht. Anstatt Mobiltelefone, Notebooks und PDA (Personal Digital Assistents) einfach nur in unseren Taschen zu transportieren, um unterwegs geschäftliche Aufgaben erledigen zu können, zielen Wearables darauf ab, kommunikationsfähige Technologie in alltägliche Outfits zu integrieren, die dann fast unbemerkt tragbar - also „wearable“ - sind. Auf diese Weise lässt sich eine äußerst intime menschnahe Schnittstelle zur Technologie erzeugen.

Natürlich lassen sich Erkenntnisse aus dem Wearable-Bereich nicht eins zu eins auf eine Nutzung im Raum übertragen, da es bei der Ausstattung eines Raumes unter technologischen Gesichtspunkten nicht primär darum

⁶ Vgl. Kap. 4.3 *Wearable Technologien: Grundlagen für den Einsatz von Technologie im Raum*

gehen wird, in Konkurrenz mit mobiler Computertechnologie zu treten, sondern darum, mit diesen Technologien und dem Menschen an sich in Kontakt zu treten und eine Kommunikationsplattform zu schaffen. Dem ist noch hinzuzufügen, dass es sich beim Raum, im Gegensatz zum Menschen, meist⁷ um ein statisches Element handelt, dem vielmehr die Funktion einer Station zukommt, in der der Mensch aufgefordert wird, Halt zu machen.

Ebenfalls zu beachten ist, dass nicht jeder Raum für eine Integration von Technologie in Frage kommt bzw. nicht jeder Raum nach einer solchen Ausstattung verlangt.

Eine weitere Möglichkeit, Kommunikation zwischen Mensch Raum und Technologie aufzubauen besteht darin, Wearable-Technologien in Raumelemente, wie Möbel und Raumgrenzen (Wand, Boden, Decke, etc.) zu integrieren.

Wie bereits in Kapitel⁸ gezeigt wurde, können Objekte im Raum eine starke Wirkung auf die räumliche Wahrnehmung einer sich im Raum befindenden Person ausüben. Wie so etwas aussehen kann, lässt sich anhand neuer Konzepte (Paesaggi Fluidi)⁹, die aus der Zusammenarbeit der Firma Philips Design¹⁰ und Cappellini anlässlich der Möbelmesse 2004 in Mailand hervorgegangen sind, zeigen.



Abb. 4-b: Vesuvio; Abb. 4-c Sofa: Beide Möbelstücke sind aus der Reihe Paesaggi Fluidi von Philips Design und Cappellini.

Natürlich ist es ein entscheidender Unterschied, ob man Wearables untersucht, die sich quasi direkt am menschlichen Körper befinden, oder ob man „intelligente“ Objekte (smart objects), wie beispielsweise Paesaggi Fluidi, die losgelöst sind von der menschlichen Anatomie, betrachtet.

Bezogen auf den Raum kann man davon ausgehen, dass es generell zwei verschiedene Situationen gibt, die durch die Kommunikation von Information zwischen Nutzer und Raum auftreten können.

Unabhängig von der Art der Information¹¹ ist es entweder der Mensch, der agiert, sodass aufseiten des Raumes eine Reaktion entsteht (vgl. Informationsfluss A), oder der Raum agiert, worauf der Mensch Reaktionen zeigt (vgl. Informationsfluss B).

Aus diesen beiden Situationen heraus ergibt sich bei gleicher Kodierung der Information ein Informationsaustausch – Grundlage für das Entstehen einer multisensuellen Situation (vgl. Informationsfluss C).

⁷ Zumindest noch zurzeit.

⁸ Vgl. Kap. 3.4.3 *Raumstrukturen*

⁹ Royal Philips Electronics, (2004)

¹⁰ die Verantwortlichen sind bei Siemens Design: Stefano Marzano und bei Cappellini: Guilio Capellini

¹¹ Vgl. Kap. 4.1.1 *Information*

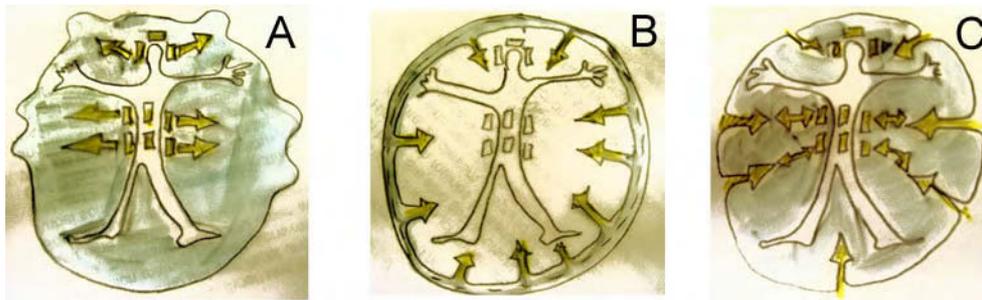


Abb. 4-d: Verschiedene Informationsflüsse im Raum. A: Der Mensch agiert; B: Der Raum agiert; C: multisensuelle Situation

In diesem Zusammenhang erscheint es klar, dass ein Schritt weg vom Menschen gleichsam ein Schritt hin zum Raum bedeutet, sodass man bei entsprechenden Überlegungen wiederum die Informationsflüsse A, B und C annehmen können.

Sicherlich münden deshalb weitere Untersuchungen bei Philips Design in einer Loslösung vom Objekt hin zum Raum. Hinsichtlich einer Intelligenz im Raum findet man hier Ansätze, die sich mit einer (kommerziellen) Umsetzung intelligenter Raumelemente für die Unterhaltungsindustrie beschäftigen. Es sind die Anfänger einer „Intelligenzierung“ des Raumes.

4.1 Raum, Information, Intelligenz

Beim Einsatz von Technologie im Raum hat man es vereinfacht gesagt mit drei wesentlichen Komponenten zu tun.

- Raum
- Technologie
- Mensch

Ziel eines multisensuellen Raumes ist es, einen Informationsaustausch zwischen diesen Komponenten zu erzeugen. Wenn, abgesehen von der menschlichen Komponente, der Raum oder die zum Einsatz kommende Technologie eigenständig Entscheidungen treffen kann, so spricht man von einem intelligenten System¹² bzw. Ambiente.

Aufgrund der in den letzten Jahren fast inflationären Verwendung des Begriffes Intelligenz in Zusammenhang mit Technologie und Ambiente, kann man derzeit nur schwer klare Definitionen in diesem Bereiche ausmachen. Demgemäß werden im Folgenden die Begriffe Information und Intelligenz im Kontext des multisensuellen Raumes charakterisiert.

4.1.1 Information

Information stellt für viele Wissenschaften Inhalt von Analysen dar; namentlich die Informatik und die Informationswissenschaft, doch auch die Physik, die Biologie, die Nachrichtentechnik, die Informationsökonomik und die Semiotik haben je eine eigene Auffassung über das Wesen der Information. Abhängig von der Verlagerung analytischer Schwerpunkte unterscheiden sich deren Ansätze zum Teil erheblich.

¹² Vgl. Kap. 4.7.2 *Der Ada-Pavillon*

Im allgemeinen Sprachgebrauch sowie in einigen Wissenschaften (Semiotik, Informationswissenschaften) wird Information oft mit „Bedeutung“ oder „übertragenem Wissen“ gleichgesetzt. Aussagen über die Art der Information lassen sich anhand ihres Gehaltes festmachen - der „Informationsgehalt“ macht demgemäß Aussagen über den qualitativen und quantitativen Zustand einer Information. Die Größe des Austausches von Wissen gibt schließlich Auskunft über die Stärke des Informationsflusses.

Es ist wichtig, einen allgemeinen Überblick darüber zu liefern, wie mit Information in einem Dreikomponentensystem aus Raum, Technologie und Mensch umgegangen wird und welcher Stellenwert ihr zukommt. Information gibt Auskunft über die Beschaffenheit sowohl materieller als auch immaterieller Dinge. Im Raum sind es räumliche Attribute¹³, die Auskunft über das Wesen einer Umgebung geben. Es handelt sich dann um räumliche Information. Verallgemeinert kann man sagen, dass Information Inhalte speichert, die, nicht zwangsläufig zielgerichtet, nach einer Adresse streben, um dort den gespeicherten Inhalt preiszugeben. Inwieweit Information eine eigene Existenz aufweist, bleibt dagegen zu diskutieren¹⁴.

In Hinblick auf eine ontologische Bestimmung von Raum gemäß des zweiten Kapitels dieser Arbeit scheint dem Verfasser jedoch, in Anlehnung an die Ideenlehre Platons¹⁵, der Versuch Information als ein Raum bildendes Element zu verstehen, ein interessanter Denkansatz zu sein. Zumindest kann Information als wesentlicher Bestandteil neuer Räume¹⁶ vermutet werden. „Reine Information“ ist übertragbar¹⁷ und kann z. B. als Nachricht, Auskunft, Belehrung oder Aufklärung ein Netzwerk räumlicher Kommunikation formen. Das Milieu¹⁸, in dem man sich bewegt, kommt einer Quelle von Reizen gleich, die sich in der Mannigfaltigkeit der Umgebungseigenschaften ausdrücken. Damit Reize transportiert werden können, ist ein Medium erforderlich. Dieses Medium ist Träger der Information. Information ist räumliche und/oder zeitliche Struktur innerhalb eines solchen Informationsträgers, und kann daher ohne diesen nicht existieren.

Beim Menschen, der oberhalb der Erdoberfläche lebt, ist es normalerweise die Luftatmosphäre. Sie ist durchlässig für Licht, flüchtige Substanzen die Gase oder mechanische Schwingungen. „Nur insofern Licht sich ausbreitet, Schwingungen sich fortpflanzen und Stoffe diffundieren, können wir sehen, hören oder riechen“.¹⁹

Somit ist Informationsaustausch die Grundlage jedweder multisensuellen Situation.

Auch die menschliche Bewegung im Raum ist eine Form räumlicher Kommunikation und beschreibt den Austausch von Information²⁰.

¹³ Material, Farbe, Klima, Form, Proportion etc.

¹⁴ Vgl. Mitchell, J.W. (2003), S. 15

¹⁵ Vgl. Plato, ; , (1990), 52b

¹⁶ Vgl. Kap. 4.7.2 *Der Ada-Pavillon*

¹⁷ Was unter Umständen auch eine Inflation von Information heißen kann. Es stellt sich hier die Frage nach der Originalität von Information.

¹⁸ Vgl. Kap. 3.1

¹⁹ Gibson, J.J. (1973), s. 33

²⁰ Vgl. Kap. 3.3

Sprachliche Herkunft

Begibt man sich auf einen sprachgeschichtlichen Exkurs, dann stellt sich heraus, dass das Wort Information im Lateinischen *informare* (formen, bilden, mitteilen), griechischen Ursprungs ist und bereits bei Platon und Aristoteles in den Begriffen *typos*, *morphé* und *eidos/idea* thematisiert wurde.

„*Typos* bedeutet die äußere Gestalt eines Gegenstandes bzw. seiner Prägung ... (oder) 1) das Geprägte, 2) das Prägende, 3) der Umriss“²¹. *Morphé* hingegen wird bei Platon im Sinne von äußerer Gestalt gebraucht und steht in enger Beziehung zu den Begriffen *eidos* und *idea*. Wie Rafael Capurro in seiner Dissertation *Information*²² schreibt, schwanken bei Platon die Bedeutungen von *eidos* und *idea* und erst bei Aristoteles bekommt *morphé* eine feste philosophische Bedeutung im Sinne eines Prinzips des Seienden²³ oder „die Verwirklichung bzw. die Information des sich in Potenz befindlichen Stoffes durch die Form“²⁴.

Etymologisch sieht Capurro bei Aristoteles die Fundamente des Begriffs *Morphé* in Momenten des „Auswählens, Durchmusterens, Bewältigens sowie des Änderns, Unterscheidens und der praktischen (anschaulichen) Orientierung“²⁵.

Eidos und *Idea* hingegen beschreiben eine allgemeine Form oder sinnlich wahrnehmbare Gestalt und finden sich in dieser Bedeutung sowohl bei Platon als auch bei Aristoteles wieder. Aus diesen griechischen Ursprüngen heraus bildet sich eine Grundlage der Explikationen des Informationsbegriffs von der Antike über das Mittelalter der Neuzeit bis in die Gegenwart. Im Lateinischen wurden die griechischen Begriffe *typos*, *morphé*, *eidos* und *idea* mit den Wörtern *informatio/ informo* übersetzt, woraus sich auch das Verb *informare* (s.o) ableiten lässt.

Es zeichnet sich also ab, dass es sich bei dem Begriff Information ursprünglich um etwas An-Die-Form- bzw. Gestalt-Gebundenes handeln muss: wahrnehmbar - also kognitiv empfindbar - durch den Akt des „Durchmusterens“ oder „Unterscheidens“. Diesbezüglich ist Francisco J. Varelas der Meinung, dass „Information (...) nicht als eine an sich gegebene Ordnung aufgefasst werden (darf), sie entsteht erst durch die kognitiven Tätigkeiten“²⁶. Dem steht gegenüber, dass *informare* auch den Akt des Sich-Mitteilens und des Übermittelns beschreibt, was auf eine moderne wissenschaftliche Vorstellung von Information hinweist, die sich weder auf ein physikalisches²⁷ noch auf ein physisches²⁸ Phänomen beschränken lassen will, sondern vielmehr „einer höheren formalen Abstraktionsstufe an(gehört)“²⁹. In diesem Zusammenhang lassen sich auch die Worte N. Wieners einordnen³⁰: „Information ist Information,

²¹ Capurro, R. (1978), Kap. 2.1.1, S. 19

²² Capurro, R. (1978)

²³ Vgl. Capurro, R. (1978) Kap. 2.1.2, S. 23

²⁴ Capurro, R. (1978) Kap. 2.1.2, S. 27

²⁵ Capurro, R. (1978) Kap. 2.1.2, S. 27

²⁶ Varela, F.J. (1990), im Text der Einleitung, S. 18

²⁷ Gestalt, Form oder Muster

²⁸ Auswahl

²⁹ Weizsäcker, C.F.v. (1974), S. 52

³⁰ Wieners ist Gründer der Kybernetik und war auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik tätig.

weder Materie noch Energie. Kein Materialismus, der dies nicht berücksichtigt, kann heute überleben.“³¹.

Information im Raum

Unter diesen Gesichtspunkten kann man hinsichtlich der Struktur und Bedeutung von Information auf zwei Betrachtungsweisen zurückgreifen: Die erste Sichtweise hat ihre Wurzeln in der Nachrichtentechnik, die zweite eher in den Kognitionswissenschaften.

Beiden Ansätzen kommt für die Arbeit mit multisensuellen Räumen eine hohe Bedeutung zu. Denn sowohl die sinnliche Kognition durch den menschlichen Sinnesapparat als auch eine Verbreitung von Information mittels Technologie spielen beim Umgang mit Information im Raum eine wesentliche Rolle. Was die Information an sich angeht, gibt es im Raum, bezogen auf den Menschen, zwei potenzielle Arten ihrer Ausbildung.

1. Es handelt sich um eine Information mechanisch-kognitiver Art: Information kann durch einen mechanischen oder kognitiven Vorgang, wie z. B. Perzeption oder einen Impuls durch den menschlichen Sinnesapparat oder in Analogie dazu mittels Sensoren – bei einem künstlichen Sinnesapparat - physisch oder chemisch wahrgenommen werden.

2. Information ist digitaler Natur und liegt in Form von zu interpretierenden Daten vor. Die digitale Ausbildung von Information ist das Produkt von Digitalisierung. Zu beachten ist dabei, dass als Maßstab für eine Unterscheidung der Mensch Maß aller Dinge ist, weil auch digitale Information im Grunde ein Impuls darstellt, jedoch als definierte Information von den menschlichen Sinnesorganen direkt nicht wahrzunehmen sind.

Weil für die Messung von digitalen Informationsmengen, für Informationsströme und für die Informationsspeicherung das Bit und das Byte als Basiseinheiten vorliegen, hat man bereits damit begonnen, menschliche Sinnesleistungen in diesen Einheiten zu messen.

Demgemäß haben Sinne unterschiedliche Aufnahmekapazitäten. „So werden über den Gesichtssinn pro Sekunde etwa 10 Millionen Bit aufgenommen, über den Tastsinn etwa eine Millionen Bit, über den Gehörsinn etwa 100 000 Bit, über den Geruchssinn etwa 100 000 Bit und über den Geschmackssinn etwa 1 000 Bit“³².

Für den Austausch von Information, unabhängig davon, ob es sich um Information in digitaler oder mechanisch-kognitiver Form vorliegt, werden Schnittstellen benötigt, die einem Empfänger von Information den Empfang und einem Sender das Senden ermöglichen. Schnittstellen sind somit verbindendes Glied sowohl zwischen Informationssender und Informationsträger als auch zwischen Informationsträger und Informationsempfänger (Abb. 4.1-a).

„Die größten Informationsmengen stecken in unserem Gehirn, in unseren Bibliotheken, Büchern, Filmen, Bildern und Computern, im Erbgut und den Molekülstrukturen der belebten Natur, in den Gesetzen der unbelebten und belebten Natur, in der Struktur des gesamten Weltraumes und die

³¹ Wiener, N. (1961), S. 132

³² Wikipedia, d.f.E. (2004)

maximal denkbare Information in der Geschichte des gesamten Weltraumes“.³³

Es besteht die Option, digitale und mechanisch-kognitive Informationen (s.o) zu vermischen. Als Ergebnis erhält man Realitäten mit gemischtem Informationsgehalt. Seit Anfang der 90er Jahre setzen sich derartige Anwendungen vor allem im Bereich von Computerspielen immer weiter durch³⁴.

Im industriellen und wissenschaftlichen Bereich kommt Umgebungen der virtuellen Realität - „CAVEs™“ – oder anderen Projektionsformen³⁵ zum Einsatz, innerhalb derer virtuelle Welten durch das Konvertieren von Daten erlebbar, das bedeutet für das menschliche Auge sichtbar, gemacht werden können. Dies geschieht mit Hilfe von Software, die materielle Information, also die physischen Dimensionen eines Gegenstandes oder einer Idee in Daten übersetzt, die von einem VR (Virtual Reality) System dargestellt werden können.

Noch deutlicher geschieht dies in so genannten „Mixed Realities“ bzw. erweiterten Realitäten („Augmented Realities“), innerhalb derer versucht wird, Elemente der realen Welt mit denen virtueller Welten zu verknüpfen. Die physische Welt wird auf diese Weise um den Faktor Digitalität erweitert. Durch das Anlegen von Wearables³⁶ (tragbare mobile Computertechnologie) wie dem Datenhandschuh³⁷, die als Interface zwischen virtueller und realer Welt fungieren, können dann wiederum digitale Informationen in kognitive bzw. mechanische Informationen umgewandelt werden.

Mit anderen Worten ist das Besondere an Information, dass sie sich anlässlich eines Informationstransports in verschiedene Zustände versetzen lässt. Ein viel alltäglicheres Beispiel für einen solchen Übertragungsprozess ist das Telefax: Hier wird die Information eines bestimmten Schriftstückes mit Lichtgeschwindigkeit über große Entfernungen transportiert und am Ziel auf ein zweites Schriftstück mit exakt demselben Informationsinhalt übertragen. Information wird also zuerst aus einer materiellen Struktur, nämlich dem Schriftstück, gelöst, um anschließend in elektromagnetische Wellen umgewandelt zu werden, die schließlich wieder in materieller Struktur als Schriftstück vorliegen. Das heißt, es handelt sich um eine Metamorphose von mechanisch-kognitiver Information in digitale Information und wieder zurück. Information kann demnach weitergegeben werden, ohne dadurch weniger zu werden. Im Gegenteil, sie wird durch Austausch größer. Mit Materie oder Energie geht das nicht.

Im Allgemeinen existieren beim Austausch von Information, unabhängig davon, wo dieser Austausch stattfindet, Sender, Empfänger und ein Informationsträger. Der Sender ist dafür verantwortlich, dass Information übermittelt wird, während der Empfänger Information entgegennimmt. Je

³³ Hoffmann, R. (2002)

³⁴ <http://www.counter-strike.net/>

³⁵ Immersive und Semi- Immersive VR- Lösung, Infinity Wall oder Cybersphere

³⁶ Vgl. Kap. 4.3 *Wearable Technologien: Grundlagen für den Einsatz von Technologie im Raum*

³⁷ Vgl. Kap. 4.3.3 *Wearable Komponenten*

nach Situation kann die Anzahl von Sender und Empfänger variieren bzw. im Falle der meisten Massenmedien unbestimmt sein. Information kann in verschiedenster Form von einem Sender zu einem Empfänger übertragen werden. Vermittelndes Medium ist der Informationsträger. Damit dies auch erfolgreich geschieht, ist für eine erfolgreiche Übertragung von Information die gleiche Kodierung von Sender und Empfänger ausschlaggebend. In anderen Worten: Eine Information kann erst durch den gleichen Code entschlüsselt werden. Auf diese Art können Informationen auch vor unberechtigtem Zugriff geschützt werden.

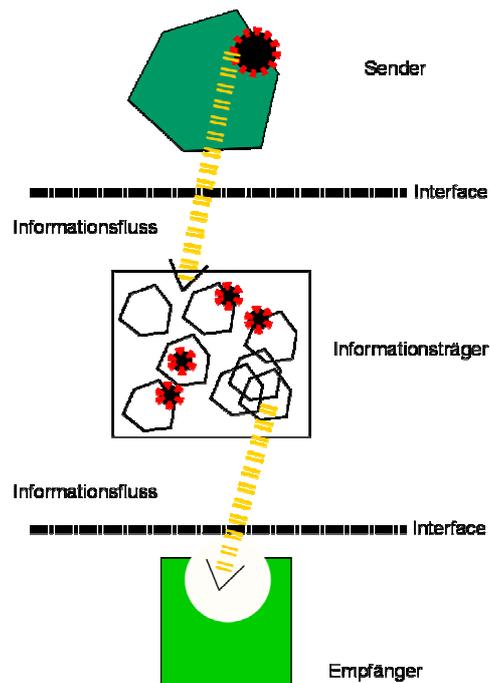


Abb. 4.1-a Informationsübergang

Im Raum kann die Funktion des Informationsträgers von verschiedenen Medien übernommen werden. Handelt es sich beispielsweise um Information, die in Form von Schall - also akustischen Materiewellen vorliegt - so benötigt man ein materielles Trägermaterial (Medium), damit sich die Information ausbreiten kann.

Im optimalen Fall bildet ein Raum - basierend auf der Transformation von Energie, Materie und Information - vielfältige „Sinnesorgane“, also sensuelle Kopplungsmöglichkeiten, mit der äußeren Welt aus.

Besitzt ein Raum erst einmal diese Fähigkeiten, dann ist ein Vergleich mit dem menschlichen Organismus nicht mehr weit hergeholt und kommt der Auflösung bzw. Verschmelzung³⁸ von Menschlichkeit und Maschinerie einen entscheidenden Schritt näher. Das kommunikative Potenzial, das aus dieser Liaison hervorgeht, ist Grundlage einer multisensorischen Plattform für Mensch und Raum.

Prinzipiell bedeutet das in Hinblick auf diese Arbeit, dass sowohl der Mensch als auch der Raum in der Lage sein könnte, sich durch den gegenseitigen Austausch von Information, aneinander anzupassen. In Anbetracht der transportierten Information würde das bedeuten, dass durch eine Erweiterung der Information durch menschliche Attribute für

³⁸ Vgl. Kap. 4.2 *Wearables und die Ursprünge der Mensch Maschinen Schnittstelle*

den Raum die Möglichkeit besteht, Attribute von Menschlichkeit zu adaptieren. Im Gegenzug dazu wäre eine Transformation des Menschen in Bezug auf räumliche bzw. technische Attribute das denkbare Ergebnis einer solchen Kommunikation. Beispiele für eine solche Umformung werden später anhand von Wearables – einer technologischen Entwicklung, die es ermöglicht, mobile Computertechnologie tragbar zu machen, - erläutert werden.

Zusammenfassend lässt sich bezüglich Information festhalten:

- Information ist ein Gewinn an Wissen
- Information ist die Verringerung von Ungewissheit
- Information ist eine Mitteilung, die den Zustand des Empfängers ändert.

Im Folgenden wird auf die enge Beziehung zwischen Mensch und Technologie bei Wearables eingegangen. Weil in diesem Zusammenhang oft von einer der Technik inhärenten Intelligenz gesprochen wird, ist es sinnvoll, eine begriffliche Untersuchung von Intelligenz vorweg gehen zu lassen.

4.1.2 Intelligenz

Eine Technologie, die eigenständig Entscheidungen treffen kann, wird gemeinhin als intelligente Technologie (Smart Technology) bezeichnet. Auch in architektonischen Raumsituationen kommen bereits Technologien zum Einsatz, die fähig sind, in gewissem Maß selbstständige Aktionen durchzuführen. Unter Einbeziehung neuester technologischer Entwicklungen auf dem Gebiet der IuK-Technologien (Informations- und Kommunikationstechnologien) bzw. der Mikroelektronik sollen definierte Aussagen darüber gemacht werden, inwiefern Raum Funktionen „intelligenter Ambiente“ übernehmen kann. Forschungen auf diesem Gebiet finden derzeit in zwei Sonderforschungsbereichen der DFG³⁹ in Deutschland statt. Einmal im SFB 627 Nexus⁴⁰ der Universität Stuttgart und zum anderen im SFB/TR 8 Spatial Cognition der Universitäten Bremen und Freiburg⁴¹.

Eine intelligente Umgebung ist ein Konglomerat aus verschiedenen räumlichen Faktoren, die die Fähigkeit besitzen als System miteinander zu kommunizieren und auf Situationen und Signale anderer Faktoren „intelligent“ zu reagieren. Im Kollektiv entsteht eine ambiente Intelligenz (Ambient Intelligence). Entscheidend ist allerdings, dass es sich dabei nicht um eine intelligente Leistung, wie man sie vom Menschen her kennt handelt, sondern eher um das Ergebnis einer algorithmischen Problemlösung auf computerwissenschaftlicher, chemischer oder physikalischer Ebene.

Intelligenz in diesem Zusammenhang beschreibt somit keinen eigenständigen Handlungsstrang aus Idee und einer daraus resultierender Tat, sondern vielmehr eine Wahrscheinlichkeit, auf „bestimmte“

³⁹ Abk. Deutsche Forschungsgesellschaft, (2004)

⁴⁰ DFG, U.S. (2004)

⁴¹ Universität Bremen, (2004)

Situationen zu „reagieren“. Das heißt, es geht um eine programmierte Reaktion auf einen bereits im Vorfeld definierten Fall, der nun eingetreten ist. (Selbst wenn es sich dabei um eine Situation handelt, die als „nicht bekannt“, also undefiniert, eingestuft wird und ebenfalls eine Reaktion provoziert.) Je besser folglich ein Algorithmus ist, desto umfangreicher sind auch die Möglichkeiten einzelner Faktoren eines solchen Konglomerats, unabhängige Entscheidungen zu treffen und desto eher trifft auch der Begriff „künstliche Intelligenz“ (KI) zu. Hierzu schreibt Joseph Weizenbaum: „Menschliche Erfahrung ist nicht übertragbar. Menschen können lernen. Das heißt: Neues schöpfen. Nicht aber Computer. Die können lediglich Strukturen und Daten nach vorgegebenen Mustern erweitern oder verdichten.“⁴² Welche Prinzipien gelten demnach für den Raum?

4.1.3 Von der künstlichen Intelligenz zum informativen Ambiente

Die KI repräsentiert einen interdisziplinären Teilbereich der Computerwissenschaften und macht es sich zum Ziel, bestimmte abstrakte, berechenbare Aspekte menschlicher Erkenntnis- und Denkprozesse auf Computern nachzubilden und mit Hilfe von Computern Problemlösungen anzubieten, die Intelligenzleistungen voraussetzen. Praktische Relevanz besitzen in diesem Zusammenhang u. a. Expertensysteme, welche als Resultate künstlicher Intelligenz, bezogen auf ein Fachgebiet, Wissen speichern, daraus Folgerungen ableiten und Problemlösungen anbieten können. Auch im Raum können solche Systeme eingesetzt werden. Wichtig ist nur, dass ein solches System weiß, welche Folgerungen es in Bezug auf den Raum machen soll bzw. darf, weil nicht alles was eine theoretische Betrachtung dieser Problematik verlangt eine praktische Umsetzung in die Realität rechtfertigt. Künstliche Intelligenz im Raum sollte dementsprechend menschliches Verhalten im Raum weniger „überwachen“ als es „betrachten“. Unter diesen Voraussetzungen ist die Frage berechtigt, ob man in Bezug auf eine Umgebung überhaupt von selbstständigen Intelligenzen sprechen sollte?! Für diese Arbeit ist es sicherlich von Vorteil, eine räumliche Situation eher in Ihrer Funktion als verbindendes Element eines Dreikomponentensystems aus Raum, Technologie und Mensch zu definieren. Aufgrund der Bedeutung von Information und deren Austausch im dreiwertigen System kann man auch von einem „informativen Ambiente“ sprechen.

Der Mensch besitzt die Fähigkeit, räumliche Vorstellung zu entwickeln. Man spricht deshalb auch von der räumlichen Intelligenz. Dazu gehört der theoretische und praktische Sinn für die Strukturen großer Räume, wie sie z. B. von Seeleuten und Piloten zu bewältigen sind. Hierbei kommt dem Orientierungsvermögen in der uns umgebenden Dreidimensionalität eine wichtige Bedeutung zu.

⁴² Weizenbaum, J.; Haefner, K.; Haller, M. (1992), S.88

Genauso geht es aber auch um das Erfassen enger begrenzter Raumfelder, die für Bildhauer, Chirurgen, Schachspieler, Grafiker und Architekten wichtig sind. Auch die Fähigkeit etwas zu visualisieren gehört in den Bereich räumliche Intelligenz.

Ein weiteres Prinzip menschlicher Intelligenz im Raum ist die körperlich-kinästhetische Intelligenz. Sie beschreibt die Fähigkeit, den Körper und einzelne Körperteile zur Problemlösung oder zur Gestaltung von Produkten einzusetzen. Dazu zählt auch die durch den Körper ermöglichte Kommunikation, welche ein subjektives räumliches Bewusstsein stimuliert, das auf dem Körpergefühl, also der Koordination und Beherrschung des Körpers basiert. Eine Beherrschung des Körpers äußert sich in einer Bewegungsharmonie aus grob- und feinmotorischen Fähigkeiten, wie sie in Perfektion z. B. beim Tänzermenschen⁴³ auftreten. In Hinblick auf einen organischen Informationsaustausch im Raum (s. o.) kann man deshalb von einer harmonischen Körpermechanik sprechen⁴⁴.

Damit der Raum unter Verwendung von Technologie darauf reagieren kann, müssen menschliche Handlungszusammenhänge interpretiert werden. Ein Versuch dies zu tun stellen die Forschungen auf dem Gebiet der Wearable-Technologien – kurz Wearables - dar. Sie werden im Folgenden vorgestellt.

4.2 Ursprünge der Maschinen-Schnittstellen

Obwohl es sich bei Wearables um ein relativ junges Wissenschaftsgebiet handelt, beginnt die Entwicklung der Wearables schon in der Mitte der 60er Jahre.

Vor allem auf militärischem Sektor wurden Erfindungen vorangetrieben. Doch erst mit der fortschreitenden Miniaturisierung auf dem Gebiet der Elektronik in den 90er Jahren konnte ein relevanter Schritt in der Geschichte von Wearables getan werden. Aufgrund der geringeren Ausmaße und der Reduktion von Gewicht wurden Wearable-Geräte für den Alltag gebrauchsfähig.

Heutzutage werden Wearables in einigen Industriezweigen eingesetzt, um bestimmte Arbeiten zu unterstützen. Es gibt erste Unternehmen, die Wearable Systeme in einer Serienproduktion anbieten, z. B. IBM, Xybernavt⁴⁵ und Fujitsu. Um diese Systeme auch im privaten Gebrauch verwenden zu können, müssen noch Schwachpunkte behoben werden. Zu diesen gehören vor allem die hohen Kosten aber auch das Problem der Stromversorgung.

Die Ursprünge, aus denen derartige Entwicklungen hervorgehen, beruhen auf der Entwicklung der Mensch Maschinen Schnittstelle. Sie reichen, wie eine historische Auflistung nach einer Veröffentlichung am MIT⁴⁶ aus dem Jahr 1997 zeigt, bis in 13. Jahrhundert zurück:

- 1268 Früheste Aufzeichnungen, in denen Brillengläser zu optischen Zwecken erwähnt werden durch Roger Bacon. Es existierten jedoch

⁴³ Schlemmer, W. et al. (2003), S. 15

⁴⁴ Vgl. Kapitel 3.3 *Mensch und Bewegung*

⁴⁵ Vgl. Xybernavt, (2004a)

⁴⁶ Vgl. MIT Wearable Computing Project, (1997)

bereits Lesebrillen aus transparentem Quarz und Beryll, sowohl in China als auch in Europa zur Verfügung standen.

- 1665 Robert Hooke in der Einleitung zur Erweiterung der Sinne: „The next care to be taken, in respect of the Senses, is a supplying of their infirmities with Instruments, and as it were, the adding of artificial Organs to the natural... and as Glasses have highly promoted our seeing, so 'tis not improbable, but that there may be found many mechanical inventions to improve our other senses of hearing, smelling, tasting, and touching“.⁴⁷
- 1762 John Harrison erfindet die Taschenuhr. Harrison erfand den ersten praktischen Marine Chronometer: eine hochgradig genaue und zuverlässige Uhr zur Festlegung der Länge eines Schiffes.
- 1907 Der Flieger Alberto Santos-Dumont beauftragt die Fertigung der ersten Armbanduhr: Alberto Santos-Dumont, einer der frühen Versuchsflieger der „Schwerer-Als-Luft-Flugmaschinen“, beauftragt den berühmten Juwelier Louis Cartier zur Fertigung einer kleinen Uhr mit Armband nach seinen Angaben. Die Armbanduhr erlaubt es ihm, seine Hände für das Steuern frei zu halten.
- 1945 schlägt Vannevar Bush die Idee eines "memex" in seinem Artikel „wie wir denken mögen“, [MIT] vor. Obwohl Bush dachte, dass das memex vielmehr Tischgröße haben sollte, anstatt tragbar, also „wearable“ zu sein, kann man hier bereits von einem erweiterten Gedächtnis sprechen. „Consider a future device for individual use, which is a sort of mechanized private file and library. It needs a name, and to coin one at random, “memex” will do. A memex is a device in which an individual stores all his books, records, and communications, and which is mechanized so that it may be consulted with exceeding speed and flexibility. It is an enlarged intimate supplement to his memory.“⁴⁸
- 1960 patentiert Heilig eine stereofone Fernsehanzeige, die am Kopf angebracht ist. Mit anderen Worten ein Head Mounted Display (HMD). Diesem folgte 1962 das Patent für den „Simulator Sensorama“⁴⁹ - einen virtuellen Wirklichkeitssimulator mit Lenkstangen, binokularer Anzeige, vibrierendem Sitz, stereofonen Lautsprechern, Kaltluftgebläse und einer Vorrichtung nah an der Nase, welche Gerüche, in Anlehnung an die Handlung im Film erzeugen würde⁵⁰.
- 1960 bringt Manfred Clynes das Wort "Cyborg" in Umlauf: Manfred Clynes und Co-Autor Nathan Kline prägten als erstes den Ausdruck "Cyborg" in einer Geschichte, die "Cyborgs und Raum" genannt wurde und in der „Astronautik“ (September 1960) veröffentlicht wurde. Die Bezeichnung wurde verwendet, um ein menschliches Wesen zu beschreiben, das mit technologischem „Zubehör“ erweitert wurde. Die Geschichte erscheint außerdem in *The Cyborg Handbook*⁵¹, herausgegeben durch Chris Hables Gray.

⁴⁷ Im Vorwort zu Hooke, R. (1987)

⁴⁸ Bush, V. (1945), S. 101-108

⁴⁹ Vgl. Kap 4.7.1 *Der Sensorama Simulator* US-Patent # 3.050.870

⁵⁰ Rheingold, H. (1991), S. 49-67

⁵¹ Gray, C.H.; Figueroa-Sarriera, H.J.; Mentor, S. (1995)

- 1966 präsentieren Ed Thorp and Claude Shannon ihre Erfindung des ersten Wearables: Ein zigaretenschachtelgroßer Computer wird genutzt, um Vorhersagen beim Roulettespiel zu machen.
- 1966 erstellt Sutherland das erste Head Mounted Display auf Basis von Computern. Das System benutzt 2 Kathodenröhren, die das Bild mit Hilfe von Spiegeln in die Augen des Nutzers projizieren.
- 1967 experimentiert die „Bell Helicopter Company“ für das Militär mit HMDs, die als Bewegungssteuerung für Kameras dienen. Die Head-Mounted Displays sind mit einer Infrarotkamera gekoppelt, die dem Piloten die Fähigkeit gibt, bei Nacht zu landen. Bewegt er den Kopf, dann richtet sich die unter dem Hubschrauber befestigte Kamera in diese Richtung aus. Die Bilder der Kamera wurden dem Piloten ins Sichtfeld eingeblendet.
- 1967 erfindet Hubert Upton von der "Bell Helicopter Company" einen Wearable Computer mit einem am Brillenglas befestigten Display (Eyeglass Mounted Display) um das Ablesen von den Lippen zu unterstützen.
- 1977 entwickelt C.C. Collins vom Smith-Kettlewell Institut für visuelle Wissenschaft ein 5 Pfund schweren Wearable mit einer Head-Mounted Kamera für Blinde. Dieses System konvertiert aufgezeichnete Bilder auf eine befühlbare Weste.
- 1980 reichen Upton und Goodman ein Patent für ihr LED-Raster Display ein.[4]
- 1981 entwirft Steve Mann einen auf dem Rücken tragbaren Rechner. Er befestigt auf einen Stahlrahmen einen 6502 Computer. Als Display nutzt er einen Kamerasucher auf Röhrenbasis, der an einem Helm befestigt ist und eine Darstellung von 40 Zeilen Text ermöglicht. Als Eingabegerät dient eine Taschenlampe, die mit 7 Schaltern ausgestattet ist. Zur Stromversorgung dient eine Autobatterie.
- 1989 werden die ersten „Private Eye HMDs“ mit Reflexionstechnologie hergestellt. Sie besitzen eine Auflösung von 720 x 280 Pixel und funktionieren auf monochromer Basis.
- 1990 präsentieren Gerald Maguire and John Ioannidis den Prototyp des „IBM / Columbia Student Electronic Notebooks“ mit Private Eye und mobiler IP. Es besitzt als erstes ein Fenster-Griffel-System (heutige PDA Eingabe) zur Eingabe sowie Netzwerkanbindung.
- 1991 stellt Doug Platt seinen 286-basierten „Hip-PC“ vor. Er ist so groß wie ein Schuhkarton. Als Display dient ein „Private Eye HMD“. Die Eingabe erfolgt über ein Agenda Palmtop.
- 1993 vollendet „BBN“ sein „Pathfinder System“: ein Wearable Computer mit GPS und Strahlungsfrühwarnanlage.
- Im gleichen Jahr entwickeln Steve Feiner, Blair MacIntyre, und Dorée Seligmann von der Columbia University KARMA. (Knowledge - based Augmented Reality for Maintenance Assistance). Hierbei handelt es sich um ein Wartungsprogramm. Dem Nutzer werden Instruktionen in das Sichtfeld eingeblendet und unterstützen ihn bei der Arbeit.
- 1994 stellt Edgar Matias von der Universität in Toronto einen „Wrist Computer“ mit einer „Half-QWERTY“ Tastatur vor.

- 1994 beginnt Steve Mann mit der Übertragung von Bildern von einer Head-Mounted Kamera in das Internet.
- 1996 veranstaltet Boeing eine Wearable Konferenz in Seattle, welcher mit zunehmender Besucherzahl jährlich neue folgen.

4.3 Wearable-Technologien - technische Eigenschaften

Ein Wearable zielt darauf ab, den Computer zum Bestandteil unserer Kleidung zu machen, sodass er uns immer und überall als intelligenter Assistent zur Seite stehen kann. Im Gegensatz zu mobilen Computern, versucht Wearable-Computing ein völlig neues Verständnis für mobile Technologie zu entwickeln.

Während mobile Computer wie das Notebook, der PDA (Personal Digital Assistent) oder das Mobiltelefon vor allem darauf konzipiert sind, ein Arbeitsplatz für unterwegs zu sein, wobei möglichst viele Funktionen eines gewöhnlichen Arbeitsplatzrechners integriert sind, bedeutet Mobilität in Bezug auf Wearable- Computing, immer und überall aktiv und benutzbar zu sein.

Nach einer Vision des Wearable–Computing-Labors der ETH Zürich sollten sich Wearables durch folgende Eigenschaften auszeichnen:

- Vollständige, praktisch unsichtbare Integration des Wearable in die Kleidung. Einzelne Module haben ca. Kreditkartengröße, ohne lästige Kabel oder behindernde Gehäuse. Die Kommunikation zwischen den Komponenten soll drahtlos über Wireless LAN, Bluetooth, Infrarot oder über in die Kleidung gewebte Fasern erfolgen. Seit neustem werden in diesem Zusammenhang auch Ultra Wideband (UWB) Kommunikationen getestet.
- Ein Wearable besitzt eine Ein- und Ausgabeschnittstelle, die eine einfache Nutzung in alltäglichen Situationen erlaubt. Die Schnittstelle arbeitet mit Sprach- und Gestenerkennung, Sprachausgabe und einem Display zum Anzeigen der Daten, beispielsweise mithilfe eines HMDs (Head Mounted Display). Auf diese Weise können computergenerierte Bilder mit der normalen Sicht des Benutzers verschmelzen.
- Der Rechner kann die Sinneswahrnehmung des Benutzers durch die Einblendung von zusätzlichen Informationen zur Situation verstärken und beeinflussen. (z.B. durch Infrarot-, Radar- oder Sonarbilder.)
- Das Wearable ist kontextsensitiv: Der Computer kann in gewissen Maßen die Handlungen seines Nutzers erkennen, sie interpretieren und demgemäß seine Funktionalität anpassen. Hierzu gehört beispielsweise das Einstufen der Situation in verschiedene soziale Situationen (s. Abb. unten), um unerwünschten Unterbrechungen entgegenzuwirken oder im Notfall aus Eigeninitiative und ohne explizite Aufforderung des Benutzers verstärkt auf sich aufmerksam zu machen. (z.B. in Gefahrensituationen oder zur Überwachung der Gesundheit).⁵²

⁵² Lukowicz, P.; Tröster, G. (2000), S.1-2

Steve Mann, ein Wegbereiter des Wearable Computing, formulierte bereits 1998 eine ähnliche Vision in Form von sechs Attributen (signal paths), die hier aufgegriffen werden sollen⁵³.

- Ein Wearable-System schneidet den Benutzer nicht von der Außenwelt ab; der Benutzer kann sich anderen Dingen zuwenden, während er das System benutzt (Unmonopolizing).
- Das System kann uneingeschränkt eingesetzt werden, unabhängig vom Ort und der ausgeübten Tätigkeit (Unrestrictive).
- Es kann jederzeit die Aufmerksamkeit des Benutzers erlangen; natürlich nur sofern erwünscht (Observable).
- Das System kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt vom Benutzer kontrolliert werden (Controllable).
- Es hat die Fähigkeit, seine Umgebung und den Zustand des Benutzers zu erfassen (Attentive)
- und als Kommunikationsmittel nach außen zu dienen (Communicative).

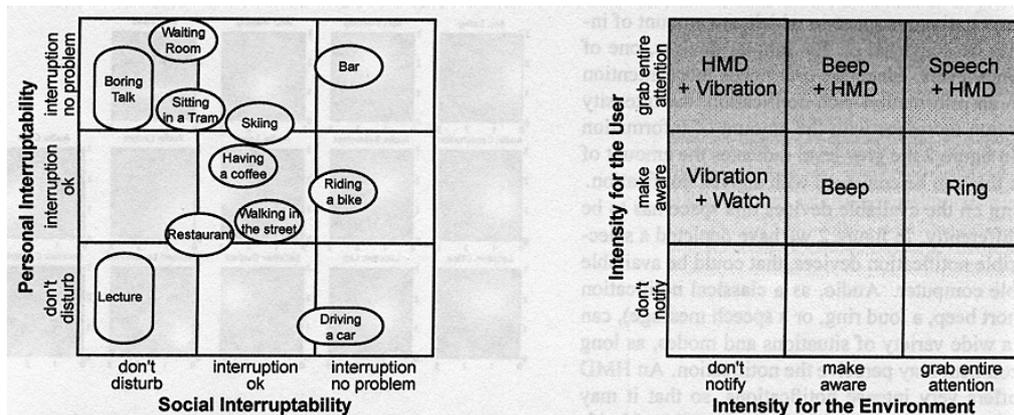


Abb. 4.3-a: Persönliche und soziale Unterbrechbarkeit⁵⁴

Weitere wichtige Untersuchungen und eine gewisse Vorreiterrolle auf dem Gebiet der Wearables kommt dem Media Lab des MIT⁵⁵ zu. Auch hier werden neue Schnittstellen zwischen Mensch und Computer untersucht. Bekannte Projekte sind „Wearable Computing“ und „MIThril“ bzw. im Konsortium „Things That Think“⁵⁶. Es gibt eine Vielzahl universitärer⁵⁷ und

⁵³ Mann, S. (1998)

⁵⁴ Vgl. Kern, N.; Schiele, B. (2003)

⁵⁵ Massachusetts Institute of Technology

⁵⁶ Vgl. Wearable Computing Laboratory ETH Zürich, (2004):

Forschungsorganisationen oder Gesellschaften, die sich ebenfalls mit dem Thema befassen sind:

Fraunhofer Verbund Mikroelektronik: e-ssist

IEEE Computer Society

NASA: Body Wearable Computer Applications

Society for Information Display (SID)

Technology for Enabling Awareness (TEA)

(Starlab, Omega Generation, TecO, Nokia)

⁵⁷ Vgl. Wearable Computing Laboratory ETH Zürich, (2004):

industrieller⁵⁸ Institute, die sich mit den Wearable Technologien beschäftigen:

4.3.1 Wearable - Komponenten

Verglichen mit den oben genannten Visionen eines idealen Wearables sind - aus Sicht des Wearable-Computing-Labors der ETH Zürich - die bereits verfügbaren Wearable-Komponenten noch in den Kinderschuhen und bis zur Erfüllung der Visionen ist noch ein weiter Weg zu gehen. Wirft man einen Blick auf den gegenwärtigen Stand der Technik, so muss man realisieren, dass es sich bei den heutigen Geräten um Computer handelt, die sich noch sehr stark an die Entwicklungen im Bereich der mobilen Computertechnologien anlehnen und nicht mehr als nur veränderte Notebooks sind, die als Display meistens ein einfaches HMD (Abb. 4.3-c) verwenden und bei denen die Kommunikation mittels Spracheingabe oder am Körper montierte Tastaturen erfolgt.⁵⁹

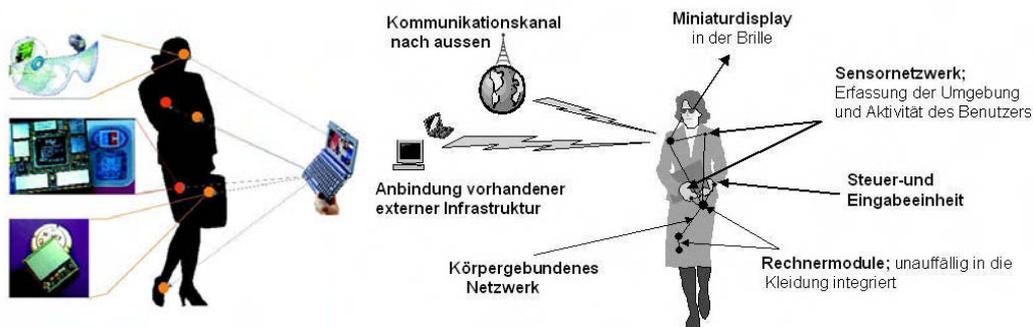


Abb. 4.3-b: Ein Wearable besteht aus vielen einzelnen Komponenten (Head Mounted Display, Eingabegerät, Systemelemente in Scheckkartengröße) anstelle eines Notebooks.⁶⁰

Australian Institute of Marine Science: WetPC
 Birmingham, UK: Wearable Computers
 Columbia: Computer Graphics and User Interfaces Lab
 Carnegie Mellon: Computer Systems Research, Wearable Computers, Center for Wireless and Broadband Networking, Movies
 Karlsruhe, Germany: TecO
 Loughborough, UK: Advanced VR Research Center
 Oregon: Wearable Computing Group
 Southern Australia: Wearable Computer Lab
 Toronto: Wearable Computing
 Washington: HIT Lab
⁵⁸ Vgl. Wearable Computing Laboratory ETH Zürich, (2004):
 AT&T Laboratories Cambridge: Active Badge Project
 Compaq:Itsy Project (Western Research Lab), Project Mercury (Cambridge Research Lab)
 IBM: Personal Systems
 Reima Smart Clothing: Clothing+
 Sony: Navicam Project

⁵⁹ Vgl. hierzu Lukowicz, P.; Tröster, G. (2000), S. 3

⁶⁰ Abb. aus Lukowicz, P.; Tröster, G. (2000)

4.3.1.1 Display

Wichtigste Komponente für ein Wearable stellt das Display dar. Von ihm sind die Leistungsfähigkeit und das Maß der Benutzerfreundlichkeit abhängig. Neben portablen LCD Displays und den bereits erwähnten Head Mounted Displays ist man im Bereich der technischen Textilien auf dem Weg textile Bildschirme herzustellen, die die Eigenschaften gängiger TFT Bildschirme übertreffen sollen. Günstigere und gängigere Schnittstelle stellen im Moment jedoch noch die HMDs dar (Abb.4.3-c). Sie werden normalerweise an einer Brille befestigt, die man auf dem Gesicht trägt. Je nach Art der Anwendung kann man entweder auf monokulare oder auf binokulare HMDs zurückgreifen.

Die Art der Durchlässigkeit eines Displays hat dabei Auswirkungen auf die Verwendungsmöglichkeiten. Man unterscheidet zwischen „See Through“- , „See Around“- und „Immersive“- Anzeigen. Während Immersive Displays das gesamte Gesichtsfeld abdecken und nur noch das computergenerierte Bild zeigen, ermöglichen See Around- und See Through Displays das Vermischen computerisierter und realer Bilder. Am häufigsten werden derzeit See-Through Displays benötigt. Es gibt verschiedene Ausbildungen dieser Displays.



Abb.4.3-c: a: M1 und M2, b: I-Glasses, c: Albatech Personla Monitor, d: Microoptical⁶¹

4.3.1.2 Eingabegeräte und System

Um Informationen an einen Wearable Computer weitergeben zu können, bedarf es Eingabegeräte. Diese sollten, wenn möglich, bei ihrer Bedienung die motorischen Fähigkeiten seines Nutzers nicht einschränken. Nur so kann ein Vorteil gegenüber mobilen Rechnern erzielt werden. Als Ein- und Ausgabegerät für Information bietet sich deshalb auch die Steuerung mittels Sprache an. Dabei lässt sich auf schon existierende Standardsprachprogramme zurückzugreifen. Darüber hinaus eröffnen mobile Tastaturen (Abb. 4.3-d), die auseinanderfaltbar sind oder am Unterarm befestigt werden können dem Nutzer die Möglichkeit dem Tragekomfort des Systems Rechnung zu tragen. Sie sind für den rauen Einsatz im Alltag ausgelegt und daher stoßunempfindlich und wasserdicht.

⁶¹ Abb. in Anlehnung an Lukowicz, P.; Tröster, G. (2000)



Abb. 4.3-d: mobile Tastaturen

Eine Verfeinerung dieser Technologien ist das FPD. Hierbei handelt es sich um einen druckempfindlichen Flachbildschirm, der direkt mit der Recheneinheit verbunden wird. Die Bedienung ist hier über einen Touchscreen mittels Stift und Spracheingabe möglich. Um Fotografien bzw. Videosequenzen einzubinden, besteht die Möglichkeit, zusätzlich eine Kamera mit dem Wearable-System zu verbinden.⁶²

Was das System eines Wearables angeht, wird derzeit auf robust gebaute PC-Module zurückgegriffen, welche sich in Verbindung mit einem Akkupack am Gürtel befestigen lassen (Abb. 4.3-b). Hier werden alle Peripheriegeräte angeschlossen bzw. kommunizieren drahtlos miteinander, wobei die Größe einer Recheneinheit meistens seine Leistung bestimmt. Je nach Systemarchitektur werden wie bei Laptops die meisten Betriebssysteme unterstützt. Um Gewicht und Größe zu reduzieren, gibt es auch Systeme mit geringerer Leistung und geringeren Speichermedien in Form von Flash Roms. Der Akku ist hier größtenteils integriert. Diese Entwicklung der CPUs lehnt sich mehr an die Technologie von PDAs an und nutzt auch für diese Geräte typische Betriebssysteme.⁶³

4.3.2 Anwendungsbereiche und Beispiele

Neben den aufgeführten Forschungsinstituten, die ständig auf der Suche nach neuen Einsatzmöglichkeiten für Wearable Computer sind, existieren in kommerziellen Bereichen bereits erfolgreich umgesetzte Anwendungen. Hierzu zählen die Lagerverwaltung und einfache Wartungsaufgaben, wie sie beispielsweise durch den WSS 1000's von Symbol Technologies⁶⁴ bei UPS zur genauen Verfolgung von Paketen und deren Sortierung durchgeführt werden. Er besteht aus einem Hauptmodul, welches am Unterarm befestigt wird und einem Finger-Ring-Barcode-Scanner. Eine Ausstattung des Systems mit Wireless LAN ist möglich. Auch Boeing setzt bereits Wearable Technologien zur Überprüfung der Verkabelung im Flugzeugbau ein. Der hier zum Einsatz kommende tragbare Computer kann mit den Verkabelungsplänen eines Flugzeugs abgeglichen werden, sodass die Monteure bei Ihrer Arbeit darauf zurückgreifen können. Über

⁶² Vgl. Internetbroschüre Xybernaut, (2004a)

⁶³ Vgl. Xybernaut, (2004a)

⁶⁴ Vgl. hierzu Symbol Technologies Inc, (1995)

ein HMD werden die richtigen Kabelverbindungen angezeigt, worauf eine Abgleichung mit der realen Situation erfolgen kann.



Abb. 4.3-e: VuMan zur Überwachung der richtigen Verkabelung bei Flugzeugen am Carnegie Institute of Technology in Zusammenarbeit mit Boeing.⁶⁵

Ganz ähnlich - aber auch für den privaten Bereich geeignet - ist z. B. der „Poma“ von der Firma Xyberonaut. Er ist ein multimediales System, das u. a. die Verbindung mit dem Internet und das Verschicken von Mails ermöglicht. Außerdem sind Spiele und das Hören von Musik möglich. Preislich liegt ein solches Gerät derzeit bei 1499 Dollar⁶⁶.



Abb. 4.3-f: Xyberonaut Modell Poma

Obwohl es sich bei den vorgestellten Systemen um Weiterentwicklungen mobiler Technologien handelt, erfüllen sie wegen der fortwährend hohen Unhandlichkeit bei weitem noch nicht die erwünschten Visionen, die an eine Wearable-Technologie gestellt werden⁶⁷. Weder die sperrigen Tastaturen, die am Unterarm befestigt werden, noch das monokulare LCD-Miniaturdisplay, das seinen Nutzer vielmehr von seiner Umwelt abschneidet als ihn mit ihr zu verbinden, werden den Anforderungen an eine Wearable Computer gerecht.

Hinzu kommt, dass wichtige Funktionen, die für eine Übertragung von Wearable-Technologien vom Menschen in den Raum von maßgeblicher Bedeutung sind, von den derzeit angewandten Systemen nicht zufrieden stellend erfüllt werden.

Zu diesen Funktionen gehören vor allem die Integration von Umgebungswerten des Nutzers und Informationen über den Nutzer selbst. Ein Wearable sollte es sich zur Aufgabe machen, als adaptive Informationsschnittstelle zu fungieren und nicht nur den Zugang zu beliebigen Informationen zu ermöglichen, sondern auch wichtige

⁶⁵ Abb. Carnegie Institute of Technology, (1997)

⁶⁶ Vgl.Xyberonaut, (2004b)

⁶⁷ Vgl. Kap. 4.3 *Wearables - technische Eigenschaften*

Informationen in Abhängigkeit vom Benutzerkontext autonom bereitzustellen⁶⁸. Man spricht in diesem Zusammenhang von einer „Kontext-Sensitivität“⁶⁹.

In diesem Zusammenhang haben Holger Junker, Paul Lukowicz und Gerhard Tröster vom Wearable Computing Lab der ETH Zürich einen interessanten Vergleich mit Systemen geliefert, die, obwohl sie nicht als Rechnersysteme im herkömmlichen Sinn verstanden werden, viel eher die funktionalen Eigenschaften eines Wearables erfüllen.



Abb. 4.3-g: Hörgeräte unterscheiden sich bezüglich Bauform und Technologie. Hörcomputer der Fa. Phonak⁷⁰ (links) Hinter-dem-Ohr-Modell⁷¹ (HdO) bzw. (rechts) Im-Ohr-Modell (IO)⁷²

Zu diesen Systemen zählt etwa der Hörcomputer: ein digitales Hörgerät der neusten Generation. Es handelt sich dabei um einen miniaturisierten Computer mit einer komplexen Signalverarbeitung. Er kann sich an die variierenden akustischen Situationen seines Benutzers anpassen. Diese sind davon abhängig, wo sich der Mensch derzeit befindet (allein im Wald oder auf einer Party in einem von Menschen gefüllten Raum) bzw. welche Tätigkeit er durchführt (telefonieren, Musik hören, sich unterhalten). „Ein Hörcomputer erfüllt damit bereits fast alle der geforderten funktionalen Forderungen an Wearables: Er kann nahezu unsichtbar am Körper getragen werden, er ist permanent in Betrieb und jederzeit bereit, mit dem Benutzer zu interagieren. Er verstärkt den menschlichen Hörsinn. Er ist

⁶⁸ Vgl. Junker, P.; Lukowicz, G.; Tröster, (2002), S. 295

⁶⁹ Vgl. Schilit, B.; Adams, N.; Want, R. (1994). Schilit führt als erster den Begriff Kontext-Sensitivität (context aware) ein.

⁷⁰ <http://www.phonak.ch>

⁷¹ Hinter-dem-Ohr-Modelle (HdO): Die vielseitigen, leistungsstarken und ästhetisch ansprechenden Hörgeräte, die hinter dem Ohr getragen werden. Sie können für alle Hörverlust-Grade eingesetzt werden und sind vorteilhaft bei starken Hörverlusten sowie besonderen Ansprüchen bezüglich Störgeräusch-Unterdrückung (Richtmikrofone usw.). Beschreibung aus <http://www.phonak.ch>.

⁷² Im-Ohr-Modelle (IO): Die Hörgeräte, die unauffällig im Ohr getragen werden, decken leichte bis mittlere Hörverlust-Grade ab. Die aller kleinsten IO-Modelle heissen CIC (Completely-in-Canal) und können vollständig und praktisch unsichtbar im Gehörgang getragen werden. Beschreibung aus <http://www.phonak.ch>.

überall einsetzbar, erfordert keinerlei Aufmerksamkeit hinsichtlich der Bedienung; er ist kontrollierbar und kontextsensitiv.“⁷³

Wenn es darum geht, Mensch und Maschine in Zusammenhang zu bringen, ist die richtige Gestaltung der Schnittstellen von höchster Wichtigkeit. Von ihr hängt es ab, ob eine Akzeptanz beim Nutzer erzielt wird. Nicht nur optisch ästhetische, sondern auch funktionale Aspekte gilt es zu berücksichtigen.

4.4 Gestaltungsrichtlinien für Wearables

Die Designforscherin Francine Gemperle und John Stivoric, Designchef der Abteilung für Wearable Computers an der Carnegie Mellon University in Pittsburgh, arbeiten schon seit Jahren an der Entwicklung von Wearable Computern. Aus diesen Arbeiten heraus entstanden Richtlinien zur Gestaltung von Wearables. Vor allem geht es aber darum, Wearables auch tatsächlich tragbar zu machen. Hierfür wurden Untersuchungen angestellt, die sich mit der physikalischen Form eines Wearable und dessen Beziehung zum menschlichen Körper beschäftigen. Basierend auf bereits entwickelten Wearable- Objekten sowie formalen und dynamischen Eigenschaften des menschlichen Körpers konnten wesentliche Grundsätze zur Gestaltung von „humanistischen“⁷⁴ Wearables erarbeitet werden.

Sie werden im Folgenden geordnet nach dem Grad ihrer Komplexität aufgelistet.

„Guidelines for Wearability:

1. Placement (where on the body it should go)
2. Form Language (defining the shape)
3. Human Movement (consider the dynamic structure)
4. Proxemics (human perception of space)
5. Sizing (for body size diversity)
6. Attachment (fixing forms to the body)
7. Containment (considering what's inside the form)
8. Weight (as its spread across the human body)
9. Accessibility (physical access to the forms)
10. Sensory Interaction (for passive or active input)
11. Thermal (issues of heat next to the body)
12. Aesthetics (perceptual appropriateness)⁷⁵

Daraus geht hervor, dass, um die Funktionalität eines Wearable optimal gewährleisten zu können, eine reibungslose und unaufdringliche Positionierung maßgebend ist. Hierfür müssen Bereiche ausgewählt werden, die in Ihrer Größe wenig variieren und geringer Bewegung ausgesetzt sind, aber genügend Flächen zur Implementierung von Technologie bieten und Bewegung ermöglichen. Was die Form angeht, bedarf es einerseits einer konkaven Ausbildung der Flächen, die sich zur

⁷³ Junker, P.; Lukowicz, G.; Tröster, (2002), S.297

⁷⁴ Gemperle, R.et al. (1998), S. 2

⁷⁵ Gemperle, R.et al. (1998), S. 2

tragenden Person hin orientieren, um so der Konvexität des menschlichen Körpers zu entsprechen, andererseits ist es sinnvoll die Wearable-Außenseiten konvex auszubilden, um den Widerstand, bezogen auf die Umgebung, möglichst gering zu halten und einen bestimmten Tragekomfort zu gewährleisten.

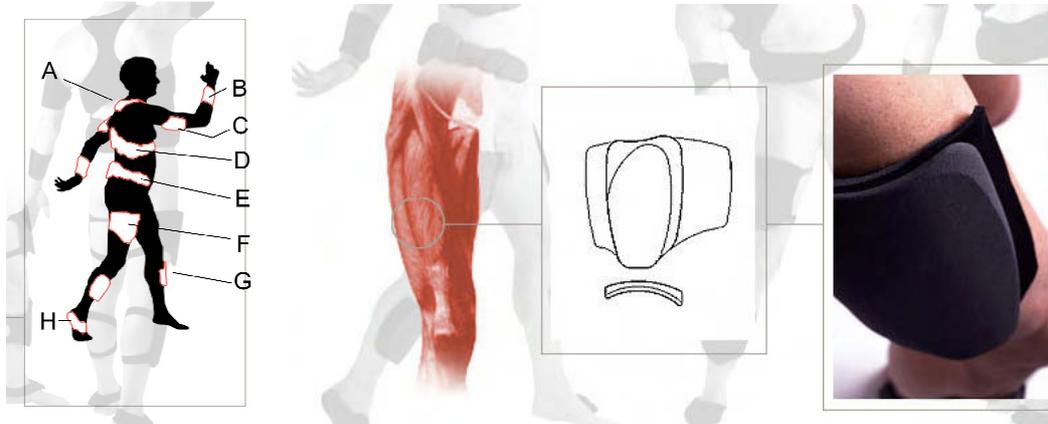


Abb.4.4-a: Bereiche zur unaufdringlichen Positionierung von Wearable- Objekten: (A) Kragenbereich, (B) Unterarm, (C) Rückseite des oberen Armes, (D) Hinterteil, seitlicher und vorderer Brustkorb, (E) Taille und Hüften, (F) Schenkel, (G) Schienbein und (H) Oberseite des Fußes.

Hinzu kommt, dass der Mensch ein Gefühl der Nähe und Selbstbezogenheit in Hinblick auf Dinge entwickelt, die ihn direkt umgeben. In diesem Zusammenhang wird auch gern der Begriff Aura oder Privatsphäre verwendet. Alles, was diese Zone überschreitet, sei es aus der Person selbst heraus (Propriozeption) oder durch Einflüsse aus der Umwelt (Peripherie), ist ergonomisch von Nachteil. Aus dieser Notwendigkeit heraus ergeben sich schließlich Begrenzungslinien, was die Ausmaße von Wearables betrifft. Wie eine formale Ausbildung unter diesen Richtlinien aussehen kann, lässt sich anhand einer Wearable-Studie der Carnegie Mellon University (Abb. 4.4-a) erkennen.

4.4.1 Anwendungen im Raum

Anhand der formalen Untersuchungen von Wearables konnten bisher entscheidende Faktoren zur Ausbildung mobiler Computertechnologie erarbeitet werden. Hierzu zählen in erster Linie Größe, Gewicht, die ergonomischen und technischen Fähigkeiten und die daraus resultierende Akzeptanz beim Nutzer. Wie bereits gezeigt werden konnte, gelingt dies vor allem dadurch, dass ein maximales Maß an Bewegungsfreiheit durch das System gewährleistet wird.

Im Gegensatz dazu spielt dieser Faktor bei der Verwendung technologischer Komponenten in einer dreidimensionalen Umgebung auf den ersten Blick keine so große Rolle. Erst im Konstrukt einer anpassbaren veränderbaren Umgebung, die auf ihre Nutzer reagiert, erkennt man die Relevanz dieser Untersuchungen.

4.5 Kontext sensitive Systeme

Wenn man im Bereich der Wearable Computer verallgemeinert von Kontext sensitiven Systemen spricht, dann meint man damit Anwendungen, die Informationen aus dem Kontext entnehmen und diese weiterverarbeiten.

Wie anhand des Hörcomputers gezeigt wurde, gibt es seit geraumer Zeit technologische Anwendungen, die diese Eigenschaft - lange Zeit den Lebewesen vorbehalten - zumindest ansatzweise erfüllen.

Überträgt und erweitert man nun die Anforderungen an ein solches Wearable- System auf die Dimension des Raumes, so ergeben sich grundlegende Faktoren für die Konzeption multisensueller Räume in der Architektur. Es stellen sich jedoch folgende Fragen:

Was ist relevanter Kontext für eine räumliche Situation?

Wie und wozu werden Kontextinformationen verwendet?

Wie kann der Kontext erfasst werden?

Kontext-Sensitivität wird als entscheidender Faktor in der Entwicklung von Wearable Computern gesehen. Auch für die Entwicklung neuer und zukunftsfähiger Raumlösungen wird dieser Aspekt eine entscheidende Rolle spielen. Aus diesem Grund ist es hilfreich, sich der Definitionen und Erkenntnisse aus dem Wearable- Bereich zu bedienen.

Wesentlich ist dabei der Versuch einer Definition des Begriffes Kontext durch Schilit, den er im Rahmen des IEEE Workshops Mobile Computing Systems and Applications in Santa Cruz im Jahre 1994 machte. Aus dem Bereich des Context Aware Computing kommend, beruft sich Schilit auf drei wesentliche Aspekte, die das Prinzip des Kontexts beschreiben.

Interessanterweise kommen sie den Faktoren des Dreikomponentensystems, auf das sich diese Arbeit stützt, sehr nahe. Sie gliedern sich in:

1. Ort
2. Personen
3. zur Verfügung stehende Ressourcen

Schilit geht weiter, indem er den Begriff des Kontextes in einen physikalischen, einen Benutzer- und einen Datenverarbeitungskontext unterteilt. Letzterer beschreibt den Zustand verfügbarer Ressourcen und beinhaltet somit auch den Zustand von kommunizierbarer Information⁷⁶. Unter Benutzerkontext ordnet er den Aufenthaltsort, weitere Personen und die soziale Situation ein. Zum physikalischen Kontext zählt er beispielsweise den Geräuschpegel oder die Lichtverhältnisse. Später wird im Bereich des Context- Aware Computing diese Annäherung durch das Prinzip der Zeit (Time Context) durch Chen⁷⁷ und das Prinzip der Aktivität durch Dey und Abowd⁷⁸ erweitert. Sie definieren Kontext wie folgt: „Kontext ist jede Art von Information, die zur Beschreibung der Situation einer Entität genutzt werden kann. Eine Entität ist eine Person, ein Ort

⁷⁶ Vgl. Kap. 4.1.1 *Information*

⁷⁷ Vgl. Chen, G.; Kotz, D. (2000)

⁷⁸ Vgl. Abowd, G.D.; Dey, A.K. (1999)

oder ein Objekt mit Relevanz für die Interaktion zwischen einem Benutzer und einer Anwendung, einschließlich des Benutzers und der Anwendung selbst.“⁷⁹

In Anlehnung an dieses Vorgehen versucht Junker⁸⁰ eine Umsetzung der Kontext-Sensitivität von Wearables in drei Schritten durchzuführen.

Erfassen von Kontextinformation
deren Weiterverarbeitung
Nutzung der Information

Bezogen auf ein autonomes System bedeutet dies, dass zur Erfassung des Kontextes auf systeminterne Ressourcen zugegriffen wird, was für das System im Einzelnen heißt, dass hardwareseitig geeignete Sensoren und softwareseitig die nötigen Algorithmen zur Auswertung und Extraktion von Sensordaten vorhanden sein müssen. Um zu einer „abstrakten Beschreibung des Benutzerkontextes“⁸¹ zu kommen, bedarf es einer sinnvollen Weiterverarbeitung der erlangten Information, um im dritten Schritt einen Nutzen daraus zu ziehen und das System entsprechend anpassen zu können.

Vergleicht man dieses Vorgehen mit den Fähigkeiten, die einem Lebewesen - im Speziellen dem Menschen, obliegen - so sind offensichtliche Parallelitäten auszumachen. Der Mensch ist ebenfalls ein autonomes System, das Informationen über die sensorischen Fähigkeiten seines Sinnesapparates erfasst und diese verarbeitet, worauf dann situationsabhängig Reaktionen folgen. Es liegt also nahe, anhand menschlicher Fähigkeiten Konzepte für Wearables und Kontext sensitive Systeme im Allgemeinen zu entwickeln.

4.5.1 Forschungsansätze

Bisherige Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Wearables verfolgen nach Junker zwei wesentliche Ansätze:

Der erste Ansatz konzentriert sich auf Bildverarbeitung und Spracherkennung in Anlehnung an die menschliche Wahrnehmung der Umwelt. Dies kann auf technologischer Ebene mithilfe zweier Sensorentypen durchgeführt werden, wobei eine datentechnische Verarbeitung der bildsensorischen Informationen ein relativ komplexes Aufgabengebiet darstellt.

Der zweite Ansatz versucht die menschliche Haptik zu interpretieren. Dies geschieht mittels vieler am Körper getragener Sensoren, deren Messgrößen einfach erfasst werden können. Da die Sensoren jedoch nicht unmittelbar Informationen über die Aktivität bereitstellen, müssen die zur Aktivitätsbestimmung relevanten Informationen (so genannte

⁷⁹ Abowd, G.D.; Dey, A.K. (1999)

“We define context as any information that can be used to characterize the situation of an entity, where an entity can be a person, place, or physical or computational object. We define context-awareness or context-aware computing as the use of context to provide task-relevant information and/or services to a user.”

⁸⁰ Vgl. Junker, P.; Lukowicz, G.; Tröster, (2002), S. 298

⁸¹ Vgl. Junker, P.; Lukowicz, G.; Tröster, (2002), S. 299

Features) aus den Sensorsignalen extrahiert werden. Eine zielgerechte Verteilung der Sensoren ermöglicht die Einsparung von Rechenleistung. Was hinzukommt, schreibt Junker, ist, dass durch die Anwendung von Sensoren am menschlichen Körper ein zusätzlicher Nutzen für den Menschen entstände, und zwar dadurch, dass durch neue Messgrößen (Messungen im IR Bereich) eine Erweiterung der menschlichen Wahrnehmung erreicht werden könnte.

Dennoch bringt dieses Vorgehen einige Schwierigkeiten mit sich, vor allem hinsichtlich der Platzierung und einer sinnvollen Zusammenstellung der Komponenten. Aber auch die anschließende Verarbeitung der Sensorinformationen zur Bestimmung des Kontextes stellt eine Hürde dar. Die Aktivität einer Person ist ein wesentlicher Teil dieser Kontextinformation. Im Bereich der Aktivitätserkennung gibt es schon einige Lösungsansätze, wie z. B. die Hidden Markov Modelle, die zur Erkennung von menschlicher Aktivität - seien sie taktiler, akustischer und optischer Natur - verwendet werden können. Dieser Lösungsansatz wird derzeit auch in der Robotik eingesetzt, um Bewegungsabläufe dank einer Kraft-Symbol-Sprache kontrollierbar zu machen. Hier werden Daten von Lichtschranken, Tastern und einem Kraft-/Momenten-Sensor entgegengenommen, wobei eine Trennung benutzer-, objekt- und selbstinduzierter Kräfte erfolgt, sodass die Auswertung der Kraft-/Momenten- Signale unabhängig von Last und Bewegung ausgewertet werden kann, was schließlich zu einer Reaktion beim Roboter führt⁸². Überträgt man diese Reaktionen auf menschliche Bewegungsabläufe, die vom Roboter übernommen werden sollen, so lassen sich im Wesentlichen Zustände wie Sitzen, Stehen, Gehen oder Laufen erzeugen. Doch auch komplexere Bewegungsabläufe und Interaktionen sind nun im Bereich des Möglichen.⁸³



Abb. 4.5-a: QRIO by Sony

Um die Kommunikation eines Wearable Computers bzw. die Sensoren am menschlichen Körper zu organisieren und zu optimieren sind bereits neue Technologien der Informationsübertragung, z. B. das Ultra Wideband (UWB), in Verwendung.⁸⁴ Wissenschaftliche Versuche auf diesem Gebiet

⁸² Vgl. Technische Universität Berlin Institut für Technische Informatik und Mikroelektronik (2004)

⁸³ Vgl. Sony, (2004)

⁸⁴ Das UWB ermöglicht ein sehr breites Frequenzspektrum bei extrem geringem Strombedarf und Datentransferraten von bis zu 480 MBit/s. Seine drahtlose Verbindung kann sowohl in Bereichen Unterhaltungstechnologie, dem klassischen PC-Umfeld als auch in mobilen Endgeräten eingesetzt werden. Als Wireless Personal Area Network (WPAN) ermöglicht UWB auch eine drahtlose Vernetzung im Raum. Es können praktisch

werden derzeit von Fukuju⁸⁵ an der Graduate School of Information, Science and Technology an der Universität von Tokio durchgeführt. Dadurch, dass ein Kontext sensitives System sowohl Informationen aus der Umwelt als auch Informationen vom Benutzer selbst berücksichtigen muss, setzt es sich aus mehreren Komponenten zusammen: Das Nutzer-Zustand- Modul, das Nutzer- Aktivität- Modul, das Umgebungs-Modul und das Navigations- Modul.

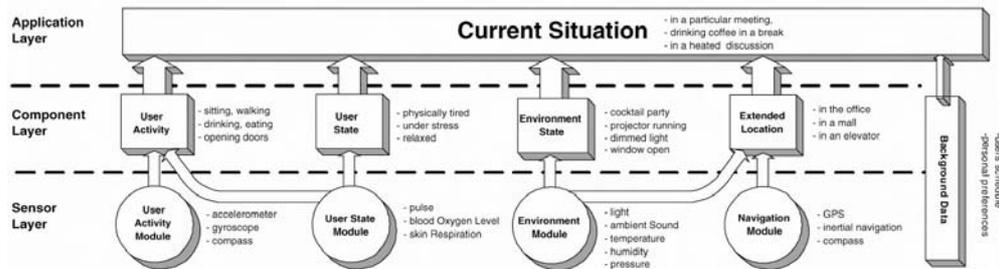


Abb. 4.5-b: Verschiedene Kontext Schichten⁸⁶

4.5.2 Komponenten kontextsensitiver Systeme

4.5.2.1 Nutzer- Zustand- Modul

Es gibt bereits verschiedene praktische Ansätze, wie ein kommunikatives Netzwerk aus Sensoren am menschlichen Körper funktionieren kann. Auf medizinischem Terrain geschieht dies beispielsweise mit Sensornetzen, die am Körper verteilt sind. Aktuelle Forschungsarbeiten der Wearable Computing Group der ETH Zürich beschäftigen sich deshalb auch mit Bewegung sensiver Kleidung, die darauf abzielt, die Eignung von Dehnungssensoren zur Erkennung von Atmung, Haltung sowie bestimmten menschliche Aktivitäten zu untersuchen. Elektrisch leitfähige Stoffe, die ihren Widerstand in Abhängigkeit von der Dehnung ändern, sollen dafür eingesetzt werden.

Eine weitere vor kurzem entwickelte medizinische Anwendung ist das BAN (Body Area Network), welches aus der Kooperation dreier Fraunhofer Institute (FOKUS, IZM, IIS) entstanden ist und für eine neue drahtlose Übertragungstechnologie im Bereich der Wearables steht. Mit dieser ist eine Anbindung von am Körper getragenen medizinischen Sensoren (Pflaster) und Aktoren und die Übertragung der Daten über das Internet zum medizinischen Fachpersonal möglich.

Das BAN-System ist für die nächste Generation Internet konzipiert und schafft die Basis für völlig neuartige Anwendungen und Dienstleistungen im Bereich der Gesundheitstechnik.⁸⁷ Als Sensoren werden dabei vorwiegend elektromyografische (EMG) Sensoren zur Messung elektrischer Tätigkeit in den Muskeln verwendet.

sämtliche digitale Geräte auf diese Weise verbunden werden. Dabei hat UWB einen geringeren Strombedarf als Bluetooth und kommt dennoch auf Reichweiten von rund 10 Metern.

⁸⁵ Vgl. Fukuju, Y.; Minami, M.M.H.; Aoyama, T. (2003)

⁸⁶ Aus Lukowicz, G.et al. (2002)

⁸⁷ Vgl. Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. , (2002)

Sensoren für galvanische Hautwerte (GSR⁸⁸), können in Kontakt mit der Haut stehen und Körperfunktionen wie z. B. die Tätigkeit der Schweißdrüsen überwachen. Zusätzlich kommen Temperaturfühler zum Einsatz.

Um die elektrische Tätigkeit des Gehirns zu messen, stehen Sensoren der Elektroenzephalografie (EEG) zur Verfügung, die üblicherweise auf der Kopfhaut angebracht werden.

Ein Impulsmonitor, auf die Fingerspitze gesetzt, kann Informationen über den Pulsschlag geben.

Atmungs-Sensoren überwachen Sauerstoffeingang und Kohlendioxid ausstoß.

Alle eben genannten Sensoren geben Auskunft über den Zustand der Person, die an das System angeschlossen ist. In Bezug auf Wearables bilden sie in ihrer Kombination das Nutzer- Zustand- Modul.⁸⁹

4.5.2.2 Nutzer- Aktivität- Modul

Auch das PAD`NET (Physical Activity Detection Network) vom Wearable Lab basiert auf einer ähnlichen Architektur und greift auf ein hierarchisches Netzwerk zurück, das aus am Körper verteilten Sensoren besteht. Im Unterschied zu den Sensoren, die Aussagen über die Verfassung des Nutzers geben, werden durch das PAD`NET Beschleunigungen von Körperteilen erfasst. Wie die Entwickler von PAD`NET schreiben, reflektiert das Netzwerk die Anatomie des menschlichen Körpers, indem Subnetze einzelnen Körperteilen zugeordnet werden. Jedes Subnetzwerk besteht dabei aus einer Kontrolleinheit (Master) und einzelnen Satelliten (Slaves). Ein übergeordnetes Netzwerk aus den einzelnen Kontrolleinheiten bündelt sich dann wiederum in einem zentralen Master.

Auf diese Weise können die Sensorinformationen unabhängig kontrolliert werden und der Datenfluss und somit auch der Stromverbrauch verringert werden. Man spricht in diesem Fall von einem Zwei-Schichten-Netzwerk.⁹⁰ Es gibt Auskunft über die Aktivität des Nutzers und wird demgemäß als Nutzer- Aktivität- Modul⁹¹ bezeichnet.

4.5.2.3 Umgebungs- Modul

Parallel zur sensorischen Verarbeitung anatomischer Bewegungen wurden ähnliche Kontrolleinheiten zur Ermittlung von Umgebungsfaktoren entwickelt. Auf einem Umgebungs-Modul kommen neben Lichtsensoren für unterschiedliche Spektralbereiche (UV, IR und sichtbares Licht) auch

⁸⁸ GSR ist die Abkürzung für galvanic skin response

⁸⁹ Vgl. Lukowicz, G.et al. (2002), S.362 (user state module)

⁹⁰ Vgl. Junker, P.; Lukowicz, G.; Tröster, (2002), S. 299

⁹¹ Vgl. Lukowicz, G.et al. (2002), S. 362

Temperatur, Druck- und Feuchtigkeitssensoren sowie Magnetfeldsensoren zum Einsatz⁹².

4.5.2.4 Navigations- Modul

Es gibt Möglichkeiten zur genaueren Extraktion von Kontext-Informationen durch zusätzliche Einbindung externer Ressourcen, wie z. B. GPS⁹³. In diesem Zusammenhang spricht man vom Navigations- Modul⁹⁴.

Leider kann man sich nur außerhalb von Gebäuden eine präzise Positionierung von Objekten oder Personen durch GPS zunutze machen. Innerhalb eines Gebäudes muss im Gegensatz dazu auf andere Techniken zurückgegriffen werden, da gewöhnlich kein GPS Signal vorhanden ist.

Deshalb wurden in letzter Zeit einige Innenpositionierungssysteme entwickelt. Beispiele hierfür sind „Active Bat“⁹⁵, „Cricket“⁹⁶, „spotON“⁹⁷, „RADAR“⁹⁸ und „DOLPHIN“⁹⁹.

Sie zählen zu den so genannten „Follow-Me“¹⁰⁰ Anwendungen, die eigenständig Nutzer oder Objekte in einem Raum verfolgen können und so eine permanente Anbindung an vorhandene Netzwerke erlauben. Ihr inhärentes Kontextbewusstsein ermöglicht eine Anpassung an verändernde Situationen der Umgebung. Im Allgemeinen kommen bei Innenpositionierungssystemen RF Signale, wie Wireless LAN oder Bluetooth, zum Einsatz, um Objekte im Innenbereich zu lokalisieren. Zur Ermittlung von Abständen von Gegenständen im Raum greift man zusätzlich auf Ultraschall zurück.

Bestandteil eines Innenpositionierungssystems sind die bereits erwähnten Bats, welche an Personen oder Objekten im Raum angebracht werden.



Abb. 4.5-c Eine Bat Einheit

⁹² Vgl. Junker, P.; Lukowicz, G.; Tröster, (2002), S.299

⁹³ Getting, I. (1993), S. 36

⁹⁴ Vgl. Lukowicz, G.et al. (2002), S. 365

⁹⁵ Harter, P.et al. (2001)

⁹⁶ Priyantha, S.et al. (2001)

⁹⁷ Hightower, R.et al. (2001)

⁹⁸ Bahl, P.; Padmanabhan, V.N. (2000)

⁹⁹ Fukuju, Y.; Minami, M.M.H.; Aoyama, T. (2003)

¹⁰⁰ Harter, P.et al. (2001)

Sie bestehen aus Radio Sende-Empfänger, Steuerlogik und Ultraschall-Signalumformer. Ihre derzeitige Größe beträgt ca. 5 cm X 3 cm x 2 cm¹⁰¹ bei einem Gewicht von 35 Gramm. Jeder Bat weist eine weltweit einzigartige Kennung auf, was eine Eindeutigkeit bei der Erkennung von Personen oder Objekten im Raum gewährleistet.

Ultraschallempfängereinheiten verarbeiten die Signale der Bats, befinden sich an definierten Orten im Raum und sind im Netzwerk miteinander verbunden.

Im idealen Fall wissen kontextbewusste Systeme in Bezug auf die für ihre Anwendung relevante Information, genau soviel über eine Situation wie der Benutzer selbst. Aus diesem Grund bietet es sich an, auf ein ausführliches Situationsmodell zurückzugreifen, das sich am Wesen der realen Welt und dessen durchführbaren Interaktionsmöglichkeiten orientiert.

Das Modell kann dann zur Typisierung und Klassifizierungen aller Entitäten, die für kontextbewusste Anwendungen relevant sind, herangeholt werden und Aussagen über deren Fähigkeiten und Eigenschaften machen. Auf diese Weise fungiert es als Brücke zwischen User und System, sodass es dem Computersystem ermöglicht wird, Wahrnehmungen der realen Welt mit dem User zu teilen¹⁰².

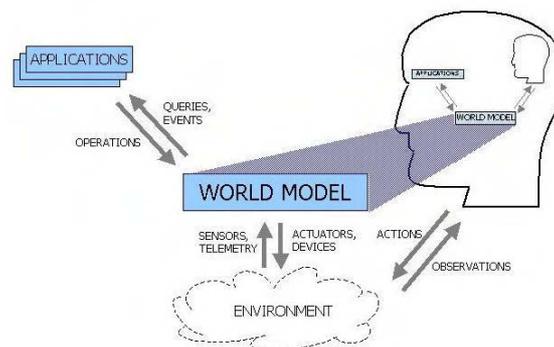


Abb. 4.5-d Mensch- Computerschnittstelle in Verbindung mit dem Raum Ein solches Modell setzt sich aus verschiedenen Informationen zusammen. Diese lassen sich in einer Datenbank sammeln. Um diese Prozedur zu vereinfachen, gibt es schon seit Längerem Versuche, Informationen in Form von so genannten Kontext-Toolkits¹⁰³, aus der Umgebung zu speichern. Man orientiert sich dabei an Konzepten gängiger Toolkits zur Entwicklung von GUIs (Grafical User Interface), welche sich dadurch auszeichnen, dass bei einer Fülle von Kontextinformationen die relevanten Informationen quasi herausgefiltert werden.

Das Kontext-Toolkit besteht aus grafischen Interaktionsobjekten, so genannten Kontext-Widgets und einer verteilten Infrastruktur, welche die Widgets bewirbt. Kontext-Widgets sind Softwarebausteine, die den Anwendungen Zugang zu den Kontextinformationen ermöglichen, während die Details des Kontext-Wahrnehmungsprozesses verhüllt bleiben. Informationen, die in abstrahierter Form vorliegen, werden von

¹⁰¹ Harter, P.et al. (2001), S. 2

¹⁰² Harter, P.et al. (2001), S. 5

¹⁰³ Vgl. Salber, D.; Dey, A.K.; Abowd, G.D.. (1999)

Interpreten lesbar gemacht und über ein Netzwerk zur Verfügung gestellt.¹⁰⁴

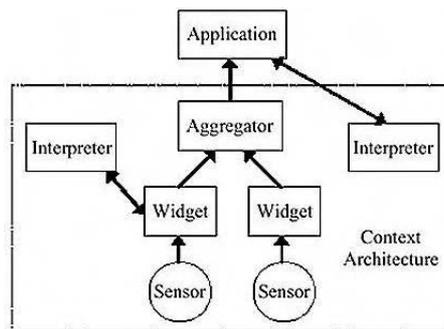


Abb. 4.5-e: Beispielkonfiguration der Kontextbestandteile. Die Pfeile zeigen den Datenfluss an.¹⁰⁵

Um zusätzliche Information für das künstliche Modell in Form von 3D Koordinaten zu erhalten, lassen sich bereits erprobte Systeme - wie beispielsweise das Active Badge Location System¹⁰⁶ oder Kontext sensitive Touristenführer¹⁰⁷ - anwenden.

Ein weiteres Bindeglied zur Entwicklung eines Kontextbewusstseins von Systemen ist die Verfolgung menschlicher Handlungen in Verbindung mit Objekten, die sich im Raum befinden. Anhand von bestimmten Handlungen, die durch den Menschen an Objekten verrichtet werden, lassen sich typische Aussagen über allgemeine Verhaltensweisen von Menschen im Raum machen. Hierzu ist es nötig, diese Handlungen zu messen. Um solche Messungen durchführen zu können, müssen auch die Objekte im Raum mit Sensoren ausgerüstet werden. Dass es bereits sensoraktive Objekte gibt, wurde vorangehend anhand jüngster gemeinsamer Projekte von Philips und Capellini in Bezug auf „smarte“ Möbel am Anfang in Kapitel vier gezeigt. Auch Langheinrich stellte anlässlich der PACT 2000 erste Schritte in Richtung handlungsaktiver (eigenständiges Reagieren auf Situationen) intelligenter Gegenstände¹⁰⁸ vor.

Bei allen Technologien, die in direktem Kontakt mit dem Nutzer stehen, macht die ergonomische Ausbildung einen wesentlichen Bestandteil aus, wenn es darum geht, die Akzeptanz beim Nutzer zu erhöhen. Verwendet man Kontext-sensitive Applikationen zur Erkennung menschlicher Bewegungsabläufe und Verhaltensmuster, so ist der unmittelbare Kontakt zwischen Mensch und System gegeben. Infolgedessen sollte man ähnliche ergonomische Richtlinien beachten, wie sie auf dem Gebiet der Wearables schon angewendet werden. Interessante Untersuchungen auf diesem Gebiet werden von der Carnegie Mellon University¹⁰⁹ in Pittsburgh durchgeführt. Sie stützen sich auf die Anatomie des Menschen und dessen Bewegungsabläufe im

¹⁰⁴ Myllys, M. (2002), S. 5

¹⁰⁵ Myllys, M. (2002)

¹⁰⁶ Want, J. et al. (1992)

¹⁰⁷ Cheverst, K.; Mitchell, K.; Davies, N. (1998)

¹⁰⁸ Langheinrich, H. et al. (2000)

¹⁰⁹ <http://www.cmu.edu/>

Raum. Folglich lassen sich Erfahrungen auf diesem Gebiet auch in das zu untersuchende Dreikomponentensystem aus Raum, Technologie und Mensch übertragen.

Bei allen Technologien, die in direktem Kontakt mit dem Nutzer stehen, macht die ergonomische Ausbildung einen wesentlichen Bestandteil hinsichtlich der Akzeptanz beim Nutzer aus. Verwendet man Kontext-sensitive Systeme zur Erkennung menschlicher Bewegungsabläufe, so ist der unmittelbare Kontakt zwischen Mensch und System gegeben. Dies führt dazu, dass auch bei Kontext-sensitiven Systemen bei obiger Verwendung ergonomische Richtlinien befolgt werden müssen. Auch in dieser Hinsicht lohnt es sich Untersuchungen auf dem Gebiet der Wearables zu verfolgen.

4.6 Kontextsensitive Systeme im multisensuellen Raum

Bevor im Anschluss an diesen Abschnitt Beispiele sensueller Architektur behandelt werden, bedarf es der kurzen Reflexion, was sich bisher über die in diesem Kapitel neu eingeführte technologische Komponente des Raumes sagen läßt?

Bei Verwendung lernfähiger Technologiesysteme im architektonischen Raum werden Informationen aus dem räumlichen Kontext entnommen. Auf diese Weise entsteht ein Kontext sensitives System, welches Bestandteil einer dreiwertigen Ordnung aus Mensch, Raum und Technologie ist. Anhand einer Klassifizierung Kontext sensitiver Systeme kann man Aussagen über deren Funktion, Möglichkeiten und formale Ausbildung treffen.

Eine Kontext sensitive Technologie ist davon abhängig, Informationen aus ihrer Umwelt zu entnehmen, um sie anschließend weiterzuverarbeiten. Dieser Prozess basiert auf Kommunikation zwischen Technologie und Kontext: Beim Einsatz im architektonischen Raum bedeutet das die Summe aus architektonischen Elementen, Randbedingungen und menschlichen Faktoren.

Um möglichst optimale Bedingungen für eine Implementierung Kontext sensitiver Technologien im Raum zu erreichen, ist schließlich eine Orientierung am Menschen maßgebend.

Inhalt dieser Arbeit soll es sein, einen interdisziplinären Beitrag zur Verwendung von Technologie im Raum zu geben. Dabei spielen technologische, architektonische, ergonomischen und gestalterischen Faktoren eine wichtige Rolle. Es geht darum, Aspekte zur „organischen“ Implementierung Kontext sensitiver Systeme im architektonischen Raum zu erarbeiten, an denen sich künftige Entwicklungen und Richtlinien für diesen Bereich orientieren können.

Um eine humanistische Ausbildung Kontext sensitiver Systeme in einer architektonischen Situation zu ermöglichen, ist es hilfreich, jüngste Erkenntnissen aus dem Bereich tragbarer Computertechnologien, so genannter „Wearables“, in die konstruktiven Überlegungen Kontext sensitiver Systeme mit einfließen zu lassen. Denn sowohl aus technologischer, ergonomischer und gestalterischer Sicht können für dieses Thema Parallelen zu den Entwicklungen auf Gebiet der Wearables

gezogen werden.

Laut einer Vision des Wearable-Computing-Labors der ETH Zürich zeichnet sich Kontextsensitivität dadurch aus, dass der Computer gewissermaßen die Handlungen seines Nutzers erkennen, sie interpretieren und demgemäß seine Funktionalität anpassen kann.¹¹⁰

Wearable-Technologien funktionieren nach dem Prinzip, zuerst die Information aus dem Kontext zu erfassen, diese weiterzuverarbeiten und sie schließlich nutzbringend als kontrollierte Reaktion auf die erhaltene Information zu verwenden. Wie sieht jedoch - übertragen auf die Dimension des Raumes, eine solche Funktionalität aus und welche anthropomorphen Aufwertungen lassen sich mit Hilfe Kontext sensitiver Systeme im architektonischen Raum erreichen?

4.6.1 Raumpotenzial

Kommt Technologie im Raum zum Einsatz, dann ist ihre Positionierung von hoher Bedeutung. Von ihr hängt der Wirkungsgrad und –bereich und folglich die Möglichkeit zur Interaktion mit dem Nutzer ab. Sie ist maßgebend für dessen Wahrnehmungsangebot und somit für den Informationsaustausch zwischen Mensch und Technologie im Raum. Es bietet sich daher an, den Raum unter Berücksichtigung und Einstufung seines technologischen Potenzials und in Anlehnung an menschliche Bewegungsabläufe und Verhaltensmuster in verschiedene Raumzonen zu unterteilen. Diese Raumzonen können dann mit den Funktionen Kontext sensitiver Systeme ausgestattet werden.

Auf Grund paralleler Entwicklungen in den Bereichen mobiler und tragbarer Computertechnologie ist es wichtig, zuvor Funktionen Kontext sensitiver Systeme und ihren sinnvollen Einsatz im Raum zu bestimmen. Ein sinnvoller Einsatz zeichnet sich dadurch aus, dass für den Menschen ein Zuwachs an räumlicher Qualität entsteht. Eine mögliche Lösung besteht darin, vorhandene Sinnesorgane zu stimulieren oder sie auf technologischem Weg zu erweitern, so dass ein Mehrangebot an sensueller Information gegeben ist.

Eine wichtige Aufgabe Kontext sensitiver Systeme ist der richtige Umgang mit dem Nutzer, was bedeutet, dass dieser sich durch die neuen Technologien nicht überfordert fühlt und sie ihn in seinem Handeln eher behindern als ihm zur Seite zu stehen. Stets gilt es eine übergeordnete Kontrollfunktion durch den Nutzer selbst einzuhalten. Dass es sich hierbei vor allem um ein ethisches Problem handelt, welches ein flexibles Reglement verlangt, das sich an der Organstruktur des Menschen anlehnt, erscheint einleuchtend. Neue Technologie ganz allgemein, aber im Speziellen im Raum, sollen einerseits dem, der sie benutzt, das Leben erleichtern, ihm assistierend Arbeit abnehmen und Zeit einsparen, aber ihn andererseits nicht entmündigen – wird doch die Entwicklung des Menschen von der Umwelt optimal gefördert, die eine Mannigfaltigkeit wohl dosierter Reize¹¹¹ gewährleistet.

Wie Kükelhaus schreibt, funktionieren menschlichen Organe auch nur so lange, wie sie dem Wagnis des Pendelns zwischen Sicherheit und

¹¹⁰ Vgl. hierzu Lukowicz, P.; Tröster, G. (2000), S. 1-2

¹¹¹ Vgl. Kükelhaus, H. (1991)

Unsicherheit ausgesetzt sind. Er beschreibt dieses Pendeln als ein Akt des Balancierens - als eine Art Schwebezustand ohne festen Boden¹¹². Wie Kontrolle aussehen kann ohne Gefahr laufen zu müssen, einer Überwachung zu weichen, ist in einer logischen Konsequenz der Selbstempfindung zu suchen. Haben wir das Verhältnis zu unserem Körper bewahrt oder haben wir es verloren? Falls wir es verloren haben, wie können wir es wieder finden?

„Der Mensch bekommt die Technik nicht dadurch in den Griff, dass er ihren hemmungslosen Wucherungen ebenso hemmungslos folgt; auch nicht dadurch, dass er die Technik als solche negiert, sondern einzig und allein dadurch, dass er sich die Fundamente der Technik einverleibt – das heißt, durch Rückkopplung der Grundprozesse der Technik auf sein Vegetativum, aus dem sie hervorgegangen ist.“¹¹³

4.6.2. Möglichkeiten des Einsatzes Kontext sensitiver Systeme im Raum

Kontext sensitive Systeme können auf verschiedenartige Weise im Raum eingesetzt werden. In Hinblick auf eine praktische Ausrichtung und einer erfolgreichen Integration in Facility Management Prozesse, lassen sie sich unter Bezeichnung ihrer Anwendungsbereiche wie folgt Gruppierungen zuordnen:

1. Konstruktion
2. Ästhetik (Ergonomie/ formale Gestaltung, Haptik, Farbkonzept)
3. Raumklima (Akustik, Geruch, Hygiene)
4. Lichtführung (Belichtung und Beleuchtung)

4.6.3 Informationsangebot im Raum

Das Informationsangebot macht Aussagen über die räumliche Situation (Ausbildung, Lichtverhältnisse, sich im Raum befindende Personen usw.). Ein Mensch nimmt diese Information mit Hilfe seines Sinnesapparates wahr. Zusätzlich besteht die Möglichkeit durch den Einsatz von Technologie Kontextinformation in digitaler Form (Daten) im Raum zu transportieren. Das bedeutet jedoch, dass nicht nur der direkte Kontakt zwischen Informationsquelle und Informationsempfänger an Bedeutung verliert, sondern dass im Zuge dessen, Rauminformation mit einem Mal speicherbar und universell einsetzbar wird. Man erhält allgemein gültige Informationsimpulse, unabhängig von der Quelle des Entstehens. Dies geschieht beispielsweise, wenn ein akustisches Signal eine mechanische Tätigkeit in Gang setzt (Übergang von akustischer zu kinetischer Information).

Durch den Einsatz von Technologie kann somit indirekte Kontextinformation (Daten), zu direkter Kontextinformation umgewandelt werden. Ein einfaches Beispiel wurde bereits anhand des Übertragungsprozesses und der Informationsmetamorphose von

¹¹² Kükelhaus, H. (1984), S. 44

¹¹³ Kükelhaus, H. (1984), S. 45

mechanisch-kognitiver Information in digitale Information und wieder zurück beim Telefax¹¹⁴ erläutert wurde.

Die Rolle des Transports zwischen Informationsquelle und Informationsziel übernimmt ein Informationsträger, der sich der Information „annimmt“ und sie von einem Zustand in den nächsten „begleitet“.

Im räumlichen Kontext übernimmt diese Aufgabe seit jeher das Gasgemisch unserer Erdatmosphäre - die Luft.

Bereits im Stoischen Gedankengut wird sie als „Pneuma“ dem feurigen Hauch, feinsten Stoff und höchsten Wirkungsprinzip erwähnt, der die Präsenz aller Sinne verlangt¹¹⁵.

In diesen Worten könnte die Antwort auf eine sinnvolle Integration von Technologie im Raum liegen. Bezieht man den Stand aktueller Forschungen in diese Überlegungen mit ein, so zeigt sich, dass die zugehörigen Komponenten¹¹⁶ für einen Kontext sensitiven Umgang mit dem Raum eine anthropomorphe Beleuchtung verlangen. Auch Hugo Kükelhaus verlangt in seinem Werk *Organismus und Technik – Gegen die Zerstörung der menschlichen Wahrnehmung*¹¹⁷, dass der Fortschritt der Technik sich an den Bedürfnissen des Menschen, im Sinne einer Anthropotechnik, orientieren muss, „um dem keimenden Leben Raum zu geben. Dies wiederum ist nur möglich, wenn der Mensch lernt, die fehlgesteuerte Technik von heute den Bedürfnissen seiner Organstruktur anzupassen. Mit anderen Worten: Wir brauchen eine organologisch orientierte Technik – eine Technik, die vom Organismus gesteuert wird und mit ihm korrespondiert.“¹¹⁸

Das bedeutet auch, dass in diesem Vorgehen mögliche Lösungsansätze für die sinnvolle Gestaltung von Schnittstellen zwischen Mensch und Technologie liegen.

Oft stellt sich die inzwischen allgegenwärtige und viel diskutierte Frage, bis zu welchem Grad ein Mensch die technologischen Abläufe überblicken bzw. in sie eingreifen können muss. Es ist eine Frage von Verantwortung und individueller Selbstbestimmung, da der Mensch seine ihm entgegenstehende Welt nur im dinglichen Umgang mit ihr erfährt. Infolgedessen muss es dem Menschen gelingen, technologische Entwicklungen auf jenen Organprozessen zu gründen aus denen sie hervorgegangen sind. Hierzu sagt Kükelhaus: „Dies wiederum ist nur möglich, wenn der Mensch jenen Vorstoß, den er im Bereich des Gehirnlischen durch die Automatisierung und Maschinisierung des Denkens vollzogen hat, nunmehr auch im Bereich des gesamten Organismus realisiert. (...) Der menschliche Organismus ist keine Vorhandenheit, sondern eine Möglichkeit, ein Potenzial, das erst aktual gemacht werden muss.“¹¹⁹

Bezüglich eines Einsatzes von Technologie im Raum heißt das, dass die

¹¹⁴ Vgl. Kap. 4.1.1 *Information*

¹¹⁵ Vgl. Kap 2.4 *Kritik an der aristotelischen Raumdefinition*

¹¹⁶ Vgl. Lukowicz, G. et al. (2002), S. 362

¹¹⁷ Kükelhaus, H. (1984)

¹¹⁸ Kükelhaus, H. (1984), S. 22

¹¹⁹ Kükelhaus, H. (1984), S.25, 26

menschliche Fähigkeit des Erlebens von Lebenssituationen gefördert werden muss, da gerade in ihr das besonders Menschhafte liegt. Worauf es ankäme, meint Kükelhaus, sei also, das Sehen zum Gegenstand des Sehens, das Hören zum Gegenstand des Hörens, das Sich-Bewegen zum Gegenstand des Bewegens zu machen.¹²⁰ Der Kontakt bzw. die Kommunikation zwischen Raum und der/den sich in ihr befindenden Person(en) basiert auf dem Austausch von kontextbezogener Information. Dies sind beispielsweise sensorische Daten, die mit Hilfe der Sinnesleistungen wahrgenommen werden.

4.6.4 räumliche Schnittstellen (rS)

Gemäß der menschlichen Orientierung und Bewegung im Raum entstehen räumliche Schnittstellen (rS). rS sind eine Möglichkeit, menschliches Handeln in Beziehung zum Raum zu setzen. Ein solches Bezugsverhältnis ist für den sinnvollen Einsatz von Technologie im Raum unumgänglich.

Prinzipiell lassen sich rS in zwei Gruppierungen untergliedern: direkte und indirekte rS, wobei die Bezeichnung einer rS Auskunft über die Artung der Abhängigkeit zum Raumnutzer gibt. Folglich werden Regionen, die unmittelbar durch die menschlichen Gliedmaßen erreichbar sind, als nah bzw. direkt eingestuft, wohingegen den menschlichen Gliedmaßen ferne rS auf Grund ihres indirekten Bezugs zum Nutzer als indirekte rS eingestuft werden kann.

Stuart Aitken und Marianna Bultjens vom Scottish Sensory Centre arbeiten seit längerer Zeit auf dem Gebiet der Lernforschung. In diesem Zuge haben sie in ihrem wissenschaftlichen Beitrag *Vision for Doing Assessing Functional Vision of Learners who are Multiply Disabled* eine übersichtliche Abhängigkeit menschlicher Sinnesleistung in einem Diagramm dargestellt.

Es gibt Auskunft darüber, welche Informationen die einzelnen Sinne dem Menschen vermitteln, und vor allem welchen Stellenwert sie einnehmen. Sie können für eine raumzonale Untersuchung herangezogen werden:

	SEHEN	HÖREN	TASTEN	RIECHEN	SCHMECKEN
	(Licht)	(Klang)	(Druckempf.)	(chemisch)	(chemisch)
Richtung	■	■	■	■	■
Distanz	■	■	■	■	
Material	■		■	■	■
Größe	■		■		
Form	■	■	■		
Orientierung	■	■	■	■	
Farbe; Helligkeit	■				
Räumlichkeit	■	■	■		
Charakteristisches	■		■		■
2. Dimension	■				

Abb. 4.6-a: Tabelle in Anlehnung an Aitken, Stuart & Bultjens, Marianna aus Aitken; Bultjens, M. (1992)

¹²⁰ Vgl. Kükelhaus, H. (1984), S. 26

Bezogen auf den Wahrnehmungsapparat des Menschen sind direkte rS im Wirkungsbereich der sog. Nahsinne (Geruchs-, Geschmack-, Bewegungs-, Hautsinn), während indirekte rS in sensuellem Austausch mit den Fernsinnen (Gesicht- und Hörsinn) stehen.

In dieser Hinsicht spielt wiederum die Art und Weise, wie Information im Raum transportiert wird eine wichtige Rolle.

Wenn vom Wirkungsbereich des menschlichen Sinnesapparates gesprochen wird ist es wichtig, hinsichtlich des menschlichen Körpers auf die Dualität des menschlichen Leibs aufmerksam zu machen, die in Kapitel 3.2 *Körper und Leib* dieser Arbeit gemacht wurde.

Von der Einstufung einer rS hängt auch ihr technologisches Potenzial ab.

Für einen optimalen Austausch von Information in einem Kontext sensitiven System dienen Aktuatoren und Sensoren. Aktuatoren setzen Signale in meist mechanische aber auch in elektrische, magnetische, thermische oder chemische Anregungen um und sind selbst Urheber von Information, während Sensoren bereits erzeugte Information erfassen und in die Aufgabe haben diese Information weiter zu verarbeiten, sprich mechanische, elektrische oder digitale Signale zu generieren¹²¹.

Idealerweise bestehen Aktuator und Sensor durch Einsatz multifunktionaler Werkstoffe nur noch aus einem Element. Ähnlich wie im menschlichen Organismus besteht dann auch die Möglichkeit zur gegenseitigen Beeinflussung, sodass der Werkstoff einem propriozeptiven System¹²² gleicht, welcher auf eigene Reize (z. B. durch Bewegung) reagiert.

Aus physikalischer Sicht sind Aktuatoren verantwortlich für Anpassungsvorgänge der Struktur. Im optimalen Fall kommen Materialien zum Einsatz, welche die Fähigkeit besitzen auf äußere Einflüsse zu reagieren. Aktuatoren werden gewöhnlich durch einen übergeordneten Steuerungs-Regelungsprozess aktiviert, welcher selbst wiederum seine Eingangssignale von Sensoren bezieht. Im idealen Fall verschmelzen alle beteiligten Elemente eines Kontext sensitiven Systems zu einem selbsttätig erkennenden, regelnden und manipulierenden Gesamtsystem, welches Selbstanpassbarkeit gewährleistet.

In diesem Zusammenhang wird oft von „intelligenten“ Werkstoffen (sog. Smart Materials), intelligenten Bauteilen oder intelligenten Konstruktionen gesprochen.

Es wurde gezeigt, dass kontextsensitive Systeme, die in Verbindung mit dem Menschen und Raum stehen, aus verschiedenen Modulen bestehen, um optimal Auskunft über alle beteiligten Elemente des Drei-Komponenten- Systems geben zu können. Sie lassen sich in das Nutzer-Zustand-Modul, Nutzer-Aktivität-Modul, Umgebungs-Modul und das Navigations-Modul¹²³ unterteilen. Gemäß ihrer Funktion kann man sie direkten und indirekten rS zuordnen und definierte Reaktionen im Drei-Komponenten- System erzeugen.

Wenn man die Erkenntnisse des letzten Abschnitts zusammenfaßt, kann man sagen, dass einzelne Module in direktem Zusammenhang mit dem

¹²¹ Vgl. 4.7.1.4 *Sensorisch, sensuell und aktuatorisch*

¹²² Vgl. Kap. Sinnesorgane

¹²³ Vgl. Kap. 4.4.2 *Komponenten Kontext-sensitiver Systeme (KsS)*

menschlichen Körper stehen und Informationen über dessen Verhalten und Zustand geben, wohingegen andere Module Aussagen über den umgebenden Kontext und die Positionierung im Raum machen. Sie sind den Raumzonen wie folgt zuzuordnen:

Nutzer- Zustand- Modul → direkte rS

Nutzer- Aktivität- Modul → direkte rS

Umgebungs-Modul → indirekte rS

Navigations- Modul → indirekte rS.

4.6.5 Kontext sensitive Materialien

Was das Material angeht, kommen bei Kontext sensitiven Systemen vor allem Ein- oder Mehrkomponentenwerkstoffe, die eine oder mehrere Materialeigenschaften verändern können zum Einsatz. Hierzu zählt beispielsweise die Veränderung der Bauteilgeometrie, Farbe, Viskosität oder der Elastizität. Ursache einer Veränderung der Eigenschaften kann neben inneren Einflüssen (verursacht durch ein Objekt oder eine Person innerhalb des Systems) auch eine Reaktion auf einen Einfluss von außerhalb des Systems sein. Dabei kann es sich beispielsweise um Temperaturänderungen, Änderung elektrischer Felder oder variierende Lichteinwirkung handeln.

Kontext sensitive Materialien lassen sich gemäß ihrer veränderbaren Eigenschaften in formveränderbare, Licht emittierende, farbveränderbare, phasenveränderbare, adhäsionsveränderbare, Elektronen emittierende, Energie speichernde und Energie abgebende Materialien unterteilen.

4.6.6 Raumelemente

Im Allgemeinen kann ein Raum in Boden, Decke und Wand unterteilt werden.

Ausschlaggebende Bedeutung kommt ferner Wandöffnungen (Tür, Fenster) zu. Sie sind Knotenpunkte des Austauschs von Information zwischen System und umgebender Außenwelt und offerieren auf Grund ihrer schleusenähnlichen Funktion als Verbindungselement zwischen verschiedenen Raumsituationen besonders hohe sensorische Möglichkeiten¹²⁴.

Für eine allgemeine Analyse zur Implementierung Kontext sensitiver Systeme unter konstruktiven Gesichtspunkten im Raum kann man nach Joedicke von zwei Raumtypen ausgehen. Dem Raumbehälter und dem Raumfeld¹²⁵. Ein Raumbehälter weist als Raumbegrenzung geschlossene Flächen auf. Alle körperlichen Massen sind an der Peripherie angeordnet (s. Abbildung unten), wohingegen der umschlossene Raum eine nur geringe Raumdichte aufweist. Im Raumfeld hingegen löst sich die Masse der Raumbegrenzungen auf und verlagert sich, beispielsweise durch den Einsatz von Stützen, ins Rauminnere.

Es wurde gezeigt, dass sensorische Technologie auf direkte Raumzonen, die in unmittelbarer Nähe zum Menschen stehen, angewiesen ist (Nutzer-

¹²⁴ Vgl. Kap. 3.4.3 *Raumstrukturen*

¹²⁵ Vgl. Joedicke, J. (1985), S.18f. in Kap. 2.16 *Der architektonische Raum*

Zustand- Modul und Nutzer- Aktivität- Modul). Demzufolge ist es für eine Implementierung wichtig, Installationsraum als konstruktive Masse zur Verfügung zu stellen, so dass eine Kontext sensitive Ebene entstehen kann.

Beim Raumbehälter, der sich durch seine große äußere (periphere) und geringe innere (nicht-periphere) Raumdichte auszeichnet, ist diese Ebene am einfachsten in den raumbegrenzenden Elementen des Raumes unterzubringen. Das Raumfeld hingegen hat eine geringere äußere (periphere) aber größere innere (nicht-periphere) Raumdichte. Es bietet sich also an, die Kontext sensitive Ebene an statischen Elementen, wie z.B. Stützen, zu installieren.

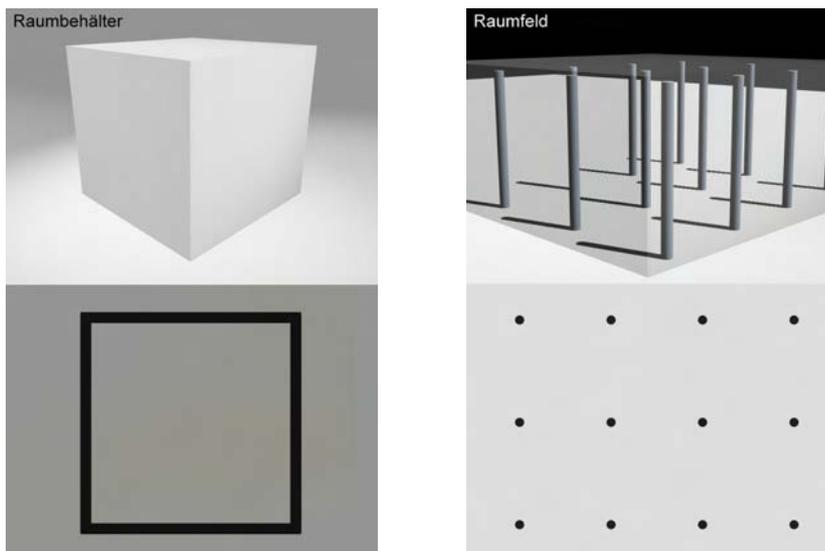


Abb. 4.6-b: Zwei verschiedenen Raumtypen. (links) Raumbehälter, (rechts) Raumfeld.

Wie Kapitel 3.4 gezeigt wurde, ist die räumliche Organisation bzw. die Raumabfolge als wichtiger Aspekt des Raumes zu nennen. Sie ist nicht nur verantwortlich für die architektonische Relevanz einzelner Räume, sondern in Zusammenarbeit mit dem menschlichen Sinnesapparat gleichfalls maßgeblich an der Bildung der Raumwahrnehmung beteiligt¹²⁶. Durch eine Manipulation der Größenverhältnisse lässt sich dieser Vorgang noch verstärken: Hitler verlangte beispielsweise für die Gestaltung eines neuen Arbeitszimmers einen Raum, der die Dimensionen von ca. 10 auf 24m hatte. Der Eingang für die Besucher sollte am einen Ende der langen Seite sein, während sich dem gegenüber der Schreibtisch befinden sollte.

¹²⁶ Vgl. Kap. 3.4.2 *Orientierung im Raum*

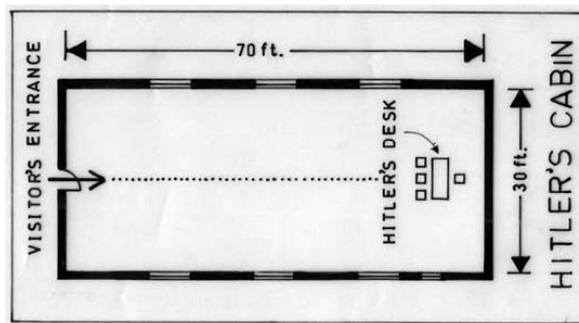


Abb. 4.6-c: Hitlers Empfangsraum mit dem Schreibtisch auf der einen Seite und dem gegenüber in einer Entfernung von 24m der Eingang. Zeichnung aus Sompura, H. (2000)

Der Raum sollte keine Untergliederung oder Barrieren aufweisen und keine unnötigen Objekte, die für den Besucher von visuellem Interesse sein könnten, beinhalten. Er wollte den Zuschauer auf seinem Weg durch den langen Raum vom Eingang bis zu seinem Schreibtisch durchleuchten, indem er dessen Haltung, Persönlichkeit, Bewegung und Körpersprache deutete. Um diese Eindrücke nicht zu verfremden, sollte der Raum so nüchtern wie nur möglich sein. Auf diese Weise wollte Hitler erreichen, die Aufmerksamkeit des Besuchers auf ihn - den mächtigsten und unbarmherzigsten Diktator - seiner Zeit zu lenken.¹²⁷ Man könnte dieses Gefühl am besten durch die Worte Wölfflins beschreiben. Er spricht von Symptomen der Furcht, die sich durch eine architektonische Konstellation einstellte, indem wir die Unmöglichkeit fühlten, uns dem Ungeheuren uns gleichzustellen (...)¹²⁸.

Es bietet sich daher an, durch den Einsatz von Technologie einerseits Einfluss auf die formale Ausbildung eines Raumes auszuüben und andererseits Raumeigenschaften so zu verändern, dass ein variantenreiches und anpassungsfähiges Raumerlebnis entstehen kann. Dies kann dadurch erzielt werden, dass der Raum eine baukörperliche Rhythmisierung erfährt, um so eine dauernde Provokation der Bewegungs- und Sinnessysteme zu erreichen. Sie ist die Grundlage für eine Kontext sensitive multisensuelle Raumsituation. Eine Möglichkeit stellt adaptive Architektur dar.

Dabei handelt es sich um architektonischen Raum, der sich in seinen Eigenschaften verändern kann um so auf bestimmte Situationen reagieren zu können. Eine bestimmte Situation kann sich beispielsweise auf das individuelle Verhalten einer Person im Raum aber beispielsweise auch auf klimatische Bedingungen beziehen.

4.6.8 Adaptive Architektur

Das Maß der Beweglichkeit einer Architektur ist unmittelbar von seiner statischen Konzeption abhängig. Formalen Einfluss auf einen begehbaren Raum lässt sich nur dadurch erreichen, dass entweder das statische

¹²⁷ Vgl. Sompura, H. (2000)

¹²⁸ Vgl. Wölfflin, H. (1999), S. 15

System verändert wird - was eine Veränderung der räumlichen Konstellation nach sich zieht - oder dass Maßnahmen zur Änderung der Raumeigenschaften getroffen werden, um so die Gesamtsituation zu beeinflussen. Im günstigen Fall ist eine tragende Konstruktion so ausgearbeitet, dass sie mittels selbststeuernder Prozesse auf verschiedene Belastungssituationen reagieren kann, so dass Spitzenbeanspruchungen einzelner Bauteile oder Bauteilbereiche zugunsten einer Homogenisierung der Beanspruchungsverteilung insgesamt vermieden werden kann.¹²⁹

Gelingt es einer Architektur sich verändernden Situationen als architektonisches System anzupassen, so spricht man von einem „Adaptiven System“. Ein solches System zeichnet sich dadurch aus, dass es sich mit Hilfe selbstgesteuerter oder selbstorganisierter Vorgänge aktiv verändern kann. In welchem Maß es sich verändert, ist einerseits von technischen und konstruktiven Möglichkeiten abhängig, andererseits spielen der Mensch und sog. Spuren menschlicher Bewegung im Raum eine wichtige Rolle¹³⁰.

Wie Rudolf von Laban schreibt, können Bewegungen als „magischer Spiegel der Menschen“¹³¹ verstanden werden, der durch sichtbare Spurformen das innere Leben erschafft, bzw. durch dieses sichtbare Spurformen hervorbringt.

Alle unsere Bewegungen hängen von zwei natürlichen Tendenzen ab. Auf der einen Seite steht der Instinkt für Stabilität, eingebettet in der Schwerkraft unseres Körpers, wohingegen auf der anderen Seite der Instinkt für Mobilität und das Verlangen, diese Schwerkraft zu überwinden, steht. Oft kommt es zwischen beiden zu einer Konfliktsituation, die jedoch koordiniert, in harmonischen Bewegungssequenzen fruchtet.

Als „Amme des Werdens, das Aufnehmende der Mutter“¹³² verändert sich der architektonische Raum zu einer temporären Erscheinung, bei der dem Faktor Zeit, als konstruktives Element adaptiver Räume, eine ganz neue Bedeutung zukommt – im Austausch mit dem Menschen wird er multisensuell.

Demzufolge ist das Maß des multisensuellen Angebots eines Raumes eng mit seiner architektonischen Ausbildung verbunden. Auch fördern die verschiedenen architektonischen Haltungen die Entwicklung adaptiver Architektur auf unterschiedliche Weise und in ungleichem Maß¹³³.

Aus technischer Sicht ist der Ada-Pavillon, der im Jahr 2002 auf der Schweizer Expo in Neuchâtel zu sehen war, schon weit fortgeschritten¹³⁴. Er wird in Kapitel 4.7.2 untersucht. Ihm gelingt es, eine direkte Beziehung zu seinen Nutzern aufzubauen und auf deren Handlungen zu reagieren. Dies geschieht im Spiel und basiert auf einer umfangreichen

¹²⁹ Vgl. Sobek, W.; Haase, W.; Teuffel, P.: "Adaptive Systeme", Stahlbau 7(2000), 544-555

¹³⁰ Vgl. Kap. 3.3.4.1 *Die Kinesphäre: der individuelle Bewegungsraum*

¹³¹ Vgl. Laban, R.v. (1988), S. 103

¹³² Vgl. Plato, ; , (1990), 50d

¹³³ nähere Information zu aktuellen Architekturtendenzen in Kraft, S.; Kuhnert, N.; Uhlig, G. (1999), S.64-66

¹³⁴ „we have built the largest neuromorphic system yet known, an interactive space called “Ada” that is able to interact with many people simultaneously using a wide variety of sensory and behavioural modalities.“

sensorischen Leistung durch das Gebäude.

Ein neuronales Netzwerk, das „Gehirn“ des Gebäudes, nimmt die vom Publikum verursachten und von den Ada- Sensoren wahrgenommenen Signale wahr und verarbeitet sie zu selbstinjizierten Aktionen weiter¹³⁵. Dabei handelt es sich um eigenkomponierte akustische und visuelle anthropomorphe Reaktionen des Gebäudes, wie z.B. Projektionen, Lichtsignale und variierende Allgemeinzustände: das Gebäude schläft oder ist wach und spielt mit den Besuchern. Auf diesem Weg wird versucht, mit Hilfe von Kontext sensitiver Technologie dem Gebäude menschliche Eigenschaften oder menschliches Verhalten zuschreiben.

4.6.9 Objektive Raumeigenschaften - subjektives Raumerlebnis

Raumeigenschaften und die Raumgeometrie sind im Gegensatz zum subjektiv wahrgenommenen Raumerlebnis objektiv¹³⁶. Die objektiven Raumeigenschaften geben Auskunft über die Erscheinung eines Ortes. Diese Erscheinung lässt sich nach Joedicke, wie gezeigt wurde, anhand dreier Faktoren bestimmen: „Von der Art der Ausbildung, von der Art der Oberflächengestaltung und von der Art der Belichtung und Beleuchtung“.¹³⁷

Daraus ging hervor, dass sich die räumlichen Attribute in Größe, Proportion, Material, Farbe, Licht, Klima, Akustik, Geruch und Bewegung aufgliedern. Für eine ausführliche Untersuchung dieser Faktoren in Hinblick auf die zonale Unterteilung eines Raumes unter technologischen Gesichtspunkten, ist es für diese Arbeit hilfreich, grundsätzlich zwei Elemente des Raumes begrifflich voneinander zu unterscheiden: Raum und Raumbegrenzung.

Während die Raumbegrenzung konstruktiv die Möglichkeit offeriert, eine technologische Schicht - ausgestattet mit Sensoren und Aktuatoren - zu integrieren, übernimmt der Raum, der sich zwischen diesen Raumgrenzen befindet einerseits den Dienst eines Informationsträgers, andererseits gedeiht er, ganz im Sinne Hugo Kükelhaus, für das menschliche Subjekt zum Bezugssystem, ähnlich der Beziehung der Organe im Leib¹³⁸. Durch den umgebenden Raum werden menschliche Handlungen beschreibbar und lassen sich eindeutig zuordnen und in Relation zueinander setzen.

Bereits Aristoteles sprach vom Raum als aufgliederndes Bezugssystem, welches durch den menschlichen Leib gegeben ist¹³⁹. „In der Natur ist jede Richtung für sich bestimmt“. Richtungen sind definiert und können beschrieben werden. „Oben ist darum keine beliebige Richtung, sondern die wohin die Flamme und das Leichte getragen werden. Ebenso wenig ist unten beliebig, sondern der Ort, an dem sich Erde und Schweres befinden“¹⁴⁰.

Diese natürlichen Definitionen von Richtungsbeziehungen im Raum

¹³⁵ Vgl. Kap. 4.7.2.2 *Ada-Funktionen*

¹³⁶ Vgl. Kap. 3.1.1.2 *Wahrnehmung, Raumwahrnehmung und der Wahrnehmungsraum*

¹³⁷ Joedicke, J. (1985), S. 20

¹³⁸ Vgl. Simplicius Cilicium, (ca. 1954), Fr. 21

¹³⁹ Vgl. Bollnow, O.F. (2000), S. 27

¹⁴⁰ Vgl. Aristoteles: Phys. 208 b

lassen sich wie weiter oben bereits erwähnt auch auf das menschliche Handeln im Raum beziehen. Ein Raum wird wahrnehmbar an seinen Begrenzungen: gäbe es diese nicht, so könnte auch kein Raum wahrgenommen werden. Es bietet sich also an, in den räumlichen Grenzbereichen technologische Maßnahmen zur Veränderung räumlicher Eigenschaften durchzuführen.

Diese Maßnahmen sind auf das menschliche Verhalten abzustimmen. Menschliches Verhalten im Raum ist geprägt durch Bewegung. Um diese beurteilen zu können, kann man nun auf bestehende Untersuchungen von Rudolf von Laban, Oskar Schlemmer oder Le Corbusier zurückgreifen.

4.6.10 Bewegung im Raum

Anhand der Untersuchungen Schlemmers und Labans wurde auf die Relevanz menschlicher Bewegung im Raum aufmerksam gemacht. Bewegungen im Raum können verschiedene Rhythmen und Raumformen annehmen. Eine Bewegung zeigt den inneren Zustand einer sich bewegendem Person. Sie kann momentane Stimmungen oder Reaktionen und ebenso konstante Wesensmerkmale einer Persönlichkeit charakterisieren. Sie wird durch das Milieu beeinflusst, in welchem eine Aktion stattfindet und steht in engem Austausch mit der sich im Raum befindenden Person(en). Räume haben die Aufgabe diesen Bewegungen zu folgen, ihnen vorauszugehen, sich der Vergänglichkeit dieser „dynamischen“ Kunst¹⁴¹ hinzugeben und gleichzeitig ein bestehendes Rahmenwerk darzustellen.

Auf der Suche nach Richtlinien zur Gestaltung adaptiver Architektur unter Berücksichtigung menschlicher Maßstäbe, erweisen sich die Überlegungen zu einer Bewegungsschrift¹⁴² von Rudolf von Laban als äußerst hilfreich. Für Laban ist „Bewegungen (...) ein kontinuierlicher Strom innerhalb der Örtlichkeit selbst, und dies ist der fundamentale Aspekt des Raumes. Raum ist ein verborgener Grundzug der Bewegung, und Bewegung ist ein sichtbarer Aspekt des Raumes.“¹⁴³

Der Körper nimmt, wo immer er steht, Raum ein. Also muss bei Untersuchungen, welche die Orientierung im Raum betreffen, zwischen Raum im Allgemeinen und dem Raum in Reichweite des Körpers unterschieden werden. Bei letzterem kann man vom persönlichen Raum oder "Kinesphäre" sprechen.

„Die Kinesphäre ist eine Raumkugel um den Körper, deren Peripherie mit locker gestreckten Gliedmassen erreicht werden kann, ohne dass man den Platz verlässt, der beim Stand auf einem Fuß als Unterstützungspunkt dient.“¹⁴⁴

Wenn man sich bewegt, dann bewegt man seine Kinesphäre, ohne sie jemals zu verlassen, in den „übrigen Raum“, der unseren persönlichen Raum umgibt, hinein. Dabei kommt es zur Kollision räumlichen Schnittstellen - Zonen Kontext sensitiver Technologie.

¹⁴¹ Laban, R.v. (1988), S. 15

¹⁴² Vgl. Kap. 3.3.4.1 *Die Kinesphäre: der individuelle Bewegungsraum*

¹⁴³ Laban, R.v. (1991), S.14

¹⁴⁴ Vgl. Laban, R.v. (1991), S. 21

Bezieht man nun den körperlichen Aufbau eines Menschen auf die Raumstruktur seiner kugelförmigen Kinesphäre, dann fällt auf, dass es Bereiche in der Kinesphäre gibt, in der aus anatomischen Gründen, die Beweglichkeit der Gliedmaßen beengt ist, was auf die eingeschränkte Drehbarkeit der Gelenke zurückzuführen ist. Ausgehend von den maximalen Winkeln, in denen sich unsere Gliedmassen bewegen, kann man eine Übereinstimmung zu Winkeln in einem Ikosaeder feststellen. Im Verhältnis seiner Winkelmaße und Geraden, die die Rechtecke der dreidimensionalen Ebenen und die fünfeckige Struktur der Fünfecke ausmacht, erkennt man letztlich das Gesetz des goldenen Schnitts, welches nach Pythagoras auch dem Aufbau des menschlichen Körpers zu Grunde liegt.

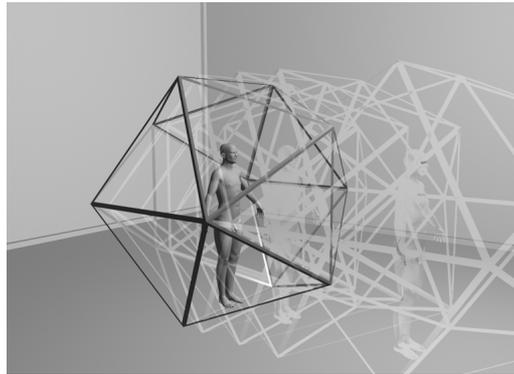


Abb. 4.6-d: Spurformen im Raum nach Laban

Aus diesen Überlegungen geht hervor, dass es durchaus Grundsätze gibt, anhand derer eine humanistische Verwendung von Technologie im Raum gewährleistet werden kann. Abhängig von der jeweiligen Nutzung des Raumes muss eine Umsetzung in bauliche Realität darauf reagieren. Handelt es sich um einen Neubau können bereits Konzepte in der Planungsphase entwickelt werden; handelt es sich hingegen um eine Renovierungsmaßnahme in Form einer technologischen Erweiterung, so gilt es Sekundärkonstruktionen zu entwickeln, die unter den selben organischen Richtlinien eingesetzt werden können. Ein Beispiel für derartige Ansätze sind die Arbeiten der Kinetik Design Group im Department of Architecture am MIT, die im Verlauf dieser Arbeit noch vorgestellt werden.

In Abb. 4.6-e ist anhand eines Übergangelements zu erkennen, in welchen Bereichen ein Umgang mit Technologie möglich ist. In Anlehnung an Stanley Kubricks 2001 und der Bewegungsschrift Labans wird vom Verfasser demonstriert, wie sich eine sinnvolle Integration von Technologie im Raum vollziehen könnte.

Rote Bereiche markieren dabei mögliche räumliche Schnittstellen.



Abb. 4.6-e: A: multisensuelles Übergangselement; B: direkte rS als Kontext sensitive Schicht im Nahbereich des Menschen aus der Szene From the Earth to the Moon in *2001: A Space Odyssey* von Stanley Kubrick aus dem Jahre 1968

4.7 Beispiele sensueller Räume:

4.7.1 Simulator Sensorama

Morton Heilig, der Filmemacher, Fotograf, Erfinder von Projektoren und Kameras – ein Hollywood- Visionär¹⁴⁵ - entwickelt 1954 den Sensorama Simulator (SeSi), den er Anfang der 60iger in den Vereinigten Staaten zum Patent¹⁴⁶ anmeldet. Detaillierte Pläne veröffentlicht Heilig aber bereits 1955. Der SeSi als Erfahrungskino gehört zur großen Gruppe der Simulatoren, mit der Besonderheit, dass dieses Gerät die Sinne des Benutzers stimuliert, um eine konkrete Erfahrung realistisch zu simulieren. Farbe, visuelle Bewegung, vollständiges peripheres- und 3D- Sehen, stereofonen Ton, Luftbrisen, Geruch und taktile Empfindungen sollen dabei die Vision erfüllen¹⁴⁷. Heilig will mit seinem Erfahrungskino die „Wirklichkeit für ´ n Groschen“¹⁴⁸ (reality for a nickel) anbieten, wäre da nicht der Umstand gewesen, wie Howard Rheingold schreibt, „dass sein Apparat der Behandlung durch das Spielhallenpublikum am Times Square hätte standhalten müssen, dass es den Leuten, die die Unterhaltungsindustrie finanzierten, immer wieder an der erforderlichen Weitsicht fehlte, dass ihm selbst sein unwiderstehlicher Drang zur Bilderstürmerei in die Quere kam und dass er eine Reihe von wirtschaftlichen Rückschlägen hinnehmen musste - Heilig hätte die Cyberspace-Ära schon vor dreißig Jahren eingeläutet“¹⁴⁹. Formal erinnert die Erfindung Heiligs - die er selbst als Behausung beschreibt - entfernt an eine Telefonkabine, einen altmodischen

¹⁴⁵ Vgl. Rheingold, H. (1992), S. 72

¹⁴⁶ Heilig, M. (1961)

¹⁴⁷ Heilig, M. (1961), Spalte 3, S.2

¹⁴⁸ Rheingold, H. (1992), S. 70

¹⁴⁹ Rheingold, H. (1992), S. 70

Flipperautomaten¹⁵⁰ oder an erste Glasfaserstühle, die etwa zeitgleich unter der Regie eines Charles Eames¹⁵¹ oder Pantons am entstehen war. Heilig selbst stuft seine Entwicklung als konsequente Fortsetzung technologischer Errungenschaften in Bereichen des Films ein. Es ist die Reaktion auf die wachsende Bedrohung der Filmindustrie Hollywoods durch das Fernsehen. Man beginnt nach technischen Erneuerungen zu suchen, die wieder Menschen in die Kinos locken sollen. Entwicklungen in diesem Gebiet beginnen bereits in den 30er Jahren; allen voran das Cinerama (Abb. 4.7.1-a) von Fred Waller, welchem später als Ergebnis dreijähriger Forschung die Technik der Cinemiracle- Projektion (Abb. 4.7.1-b) und ihr erster Film *Windjammer*¹⁵² folgt. Das Verfahren kann sich aber wegen der aufwendigen Technik nicht durchsetzen und wird schließlich durch das *Cinemascope*- Verfahren (Abb. 4.7.1-c) und den ersten richtigen 3D-Filmen Mitte der 50iger Jahre abgelöst.¹⁵³

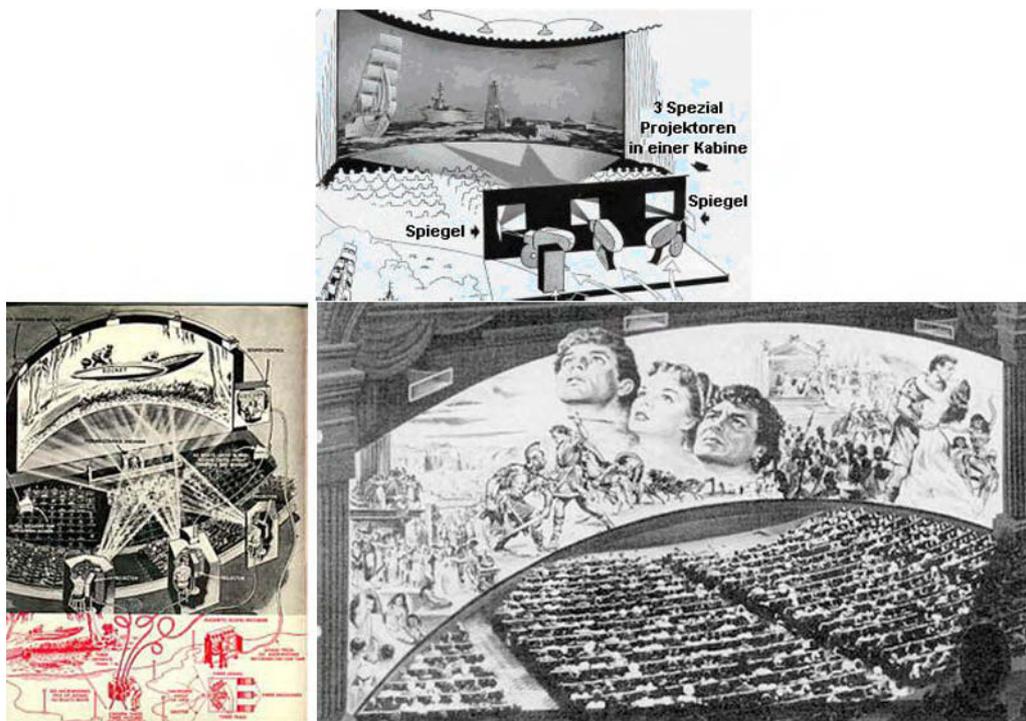


Abb.4.7.1-a (links): Cinerama; Abb. 4.7.1-b (rechts): Cinemiracle-Projektion; Abb.4.7.1-c (oben): Cinemascope-Verfahren

Dem folgt ein System, welches von Walt Disney vorgestellt und als „Circarama“ bekannt wird.

Einen weiteren wichtigen Einfluss auf die Arbeit Heiligs übte Walter Read durch die Entwicklung von „Aromarama“ und Mike Todd Jr. mit „Scent-O-Vision“ aus. Sie bringen Heilig dazu, die menschliche Nase und deren

¹⁵⁰ Rheingold, H. (1992), S. 69

¹⁵¹ Eames Office Gallery, (2004)

¹⁵² Verfilmung einer Trainingsfahrt des Vollsegelschiffs S/S Christian Radich von Oslo über den Atlantik, durch die Karibik, nach New York und wieder zurück nach Hause, Musik Morton Gould und The Easy Riders - Terry Gilkyson, Richard Dehr und Frank Miller. Realisiert durch Bill Colleran und Louis De Rochemont III

¹⁵³ Vgl. Hagemann, P.A. (1980)

aromatische Empfänglichkeit in die Überlegungen des Gesamtkonzeptes zu integrieren.

Durch das Aromarama-System können Gerüche in die Klimaanlage eines Theaters injiziert werden (Abb. 4.7.1-d), wohingegen Scent-O-Vision Gerüche aus Kanistern über Schläuche, die sich unter den Auflageflächen der Arme am Sitz des Zuschauers befinden, in die Luft pumpt. Der erste und einzige Film, der mit Scent-O-Vision präsentiert wird, ist *Scent of Mystery* (1959).

Mit Aromarama wurde 1960 der Film *Behind the Great Wall* gezeigt; er wurde mit 33 verschiedenen Düften unterlegt.

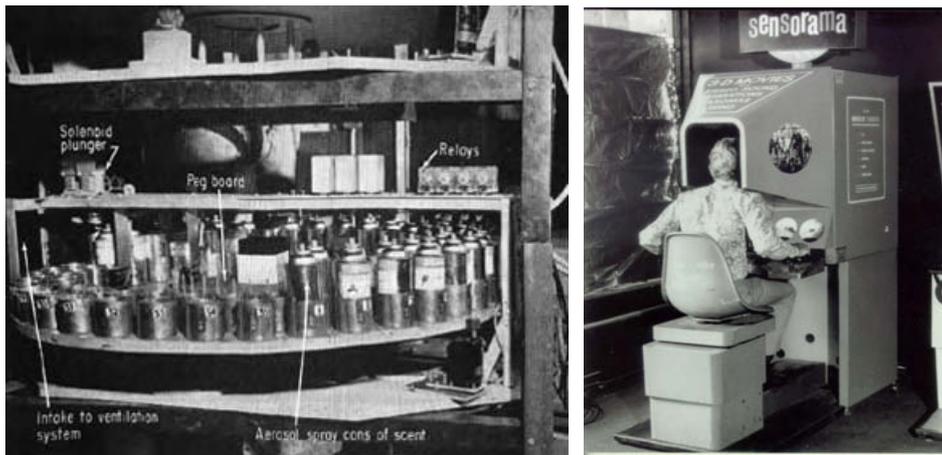


Abb. 4.7.1-d (links); Abb. 4.7.1-e (rechts), zeigt ein hölzernes Kabinenelement von SeSi in Benutzung durch einen Zuschauer.

Wie Heilig schreibt waren beide Systeme anachronistisch, wenn sie in Verbindung mit zweidimensionalen Bildern eingesetzt wurden. Außerdem war das Gesichtsfeld um ein Viertel beschränkt¹⁵⁴. Im Gegensatz dazu konnte bei der Erfindung Heiligs aufgrund der stets optimalen Sitzposition des Zuschauers inmitten der optischen Achse (was in keinem Theater möglich ist) ein dreidimensionales Bild ohne räumliche Verzerrungen mit höheren Kontrasten, klaren Bildern unter gleichmäßigerer Beleuchtung erzeugt werden.

4.7.1.1 technische Komponenten des SeSi

Der SeSi besteht im Wesentlichen aus drei Komponenten: 1. Sitzgelegenheit, 2. Haube und 3. Installations- bzw. Projektionsraum. (Abb. 4.7.1-e)

Zur Zeit der Patenteinreichung besteht die Möglichkeit, bis zu vier Personen am SeSi zu positionieren. Damit von jeder Kabine aus Projektionen zu sehen sind, ordnet Heilig diese sternförmig um ein zentrales Filmspeicherfach an. Unter Berücksichtigung der optisch bedingten Abstände werden die Bilder dann mit Hilfe von reflektierenden Flächen in die einzelnen Kabinen gelenkt (Abb. 4.7.1-f).

¹⁵⁴ Vgl. Heilig, M. (1961), Spalte 3, S. 2

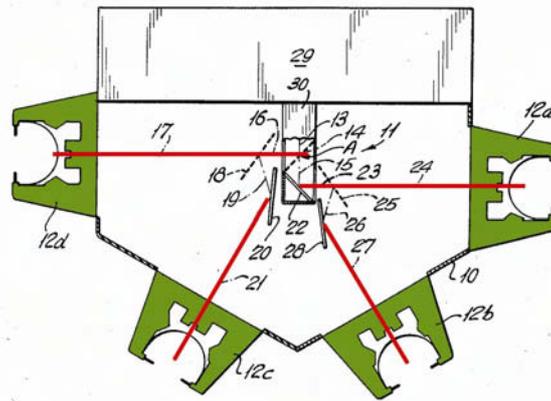


Abb. 4.7.1-f in Anlehnung an das SeSi Patent: grün: vier Kabinen, rot: jeweilige Sichtachsen

Die Sitzgelegenheit des Zuschauers als erste Komponente von SeSi, auf der sich der Besucher zu positionieren hat, ist ein in der Höhe verstellbarer Quader mit montierter Sitzfläche. Sitzend man, so wird man von einer Haube überdeckt, sodass Kopf (vorn und seitlich) und Gliedmaßen vom System umhüllt sind. Die 45 Grad nach vorne gebeugte Sitzposition ermöglicht es dem Zuschauer in die Sichtvorrichtung des Automaten zu blicken, wobei man mit den Händen eine Lenkstange umklammert. Mittels Okularen und direkten visuellen Bildprojektionen kann dann der tatsächliche Film betrachtet werden.

Innerhalb der Haube sind links und rechts in Kopfhöhe muschelförmige Lautsprecher angeordnet, die für die Klangkomponente (Stereoton) verantwortlich sind und mithelfen, das Wahrnehmungsfeld des Nutzers zu erobern. Aus der dritten Komponente, in welcher sich die Projektoren und die zugehörige Technik befinden, kann durch Gitter, die sich zu beiden Seiten des Gesichts befinden, eine leichte, zeitlich auf den Film abgestimmte, geruchsneutrale Luftbrise in Richtung des Betrachters hervorgerufen werden.

Um die Wahrnehmung des Betrachters noch intensiver zu beeinflussen, können zusätzliche Luftströme mit Duftaromen versetzt werden. Hierfür befindet sich unter den Okularen der Sichtvorrichtung, nahe der Nase ein weiteres kleines Gitter, wo Duftstoffe in den Geruchsbereich um die Nase hinein und wieder hinaus befördert werden konnten¹⁵⁵.

Heilig bildet die Sitzfläche seines Apparates beweglich aus. In Anlehnung an filmische Handlungen können dann vom Gerät akzentuierte Vibrationen und kleine Erschütterungen erzeugt werden. Sie sind die physischen Simulationen direkter Stöße.

Im dritten Element von Sensorama, dem Raum für Projektionen und Installationen befindet sich die Filmtechnik und ein ausgetüfteltes System aus reflektierenden Flächen zur Bespielung der vier Kabinen.

Ziel Heiligs ist es, mit SeSi die absolute Immersion des Menschen in eine Maschine zu erreichen. Aufgrund der geringen Konstruktionsgröße des Apparates und der kurzen Distanz der Projektion ist es Heilig möglich, Lampen mit sehr geringer Lichtstärke in die Projektoren einzusetzen, was sich nicht nur positiv auf die Apparaturkosten („ein paar tausend Dollar“) und einen geringeren Stromverbrauch auswirkt, sondern auch eine

¹⁵⁵ Vgl. Rheingold, H. (1992), S. 73

geringere Hitzentwicklung im System bedeutet, was entscheidend für die Haltbarkeit des Filmmaterials ist. Wie Heilig betont, sei es möglich, das Systems aufgrund seiner Beschaffenheit für viele Besucher nutzbar zu machen und in großer Stückzahl zu produzieren. Hinzukommend erlaube einem die geringe bauliche Größe den Transport und die Montage an jeglichem Ort¹⁵⁶.

Was die Steuerung der Film begleitenden Düfte angeht erzielt Heilig aufgrund der konstruktiven Kompaktheit des Systems, ein deutlicher Vorteil zu seinen Vorgängern Aromarama und Scent-O-Vision. Dadurch, dass sich die Auslässe der einzuleitenden Aromen direkt in der Nasengegend des Betrachters befinden, lassen sie sich sehr präzise steuern.

Der Ton zum Film kommt, wie bereits erwähnt, aus zwei Lautsprechern, die sich unmittelbar an den Ohren des Zuschauers befinden. Man benötigt nur die Aufnahmen von zwei Mikrofonen, die, begleitend zum Film, zweispurig eingespielt werden, um einen ähnlichen Effekt wie im Theater mit zwanzig Spuren zu erzielen¹⁵⁷.

Howard Rheingold, der Morton 1990 in Los Angeles besucht, hat die Möglichkeit, den SeSi, der noch immer unter einer Plane hinterm Haus Heiligs existiert, „live“ mitzuerleben. Er schildert sein Erlebnis wie folgt:

„Das Gerät begann zu arbeiten. Ich hörte einen Automotor, offenbar ohne Schalldämpfer, sah eine weite Dünenlandschaft, fühlte, wie mein Sitz rüttelte, und stellte fest, dass mir das stereoskopische Erlebnis einer Strandbuggyfahrt zuteil wurde, vom Fahrerplatz aus gesehen. Der Film war schon gelblichbraun verfärbt. Ich schien mich auf dem Vordersitz zu befinden und den Lenker zu halten, doch ich konnte keines der Fahrzeuge steuern, in die ich versetzt wurde. Ich war ein völlig passiver Mitfahrer. Ein paar ohrenbetäubende Augenblicke verbrachte ich damit, kreuz und quer über haushohe Sanddünen zu jagen, dann befand ich mich auch plötzlich auf einem Motorrad, das durch die Straßen von Brooklyn fuhr, einem Brooklyn, das es seit mehr als dreißig Jahren nicht mehr gab.

Nach Brooklyn und einem Hubschrauberflug über Kalifornien fand ich mich in einem Cabriolet an der Seite einer jungen blonden Frau wieder, die mich anlächelte, während aus dem Autoradio ein alter Schlager ertönte – „Riding with Sabina“ -, der mir irgendwie bekannt vorkam. Ich machte eine Fahrradtour mit Sabina und tollte mit ihr am Strand herum. Dann kam das große Finale, eine Bauchtänzerin mit einladendem Blick. Heilig erklärte mir, das Programm sehe vor, dass jedes Mal der Geruch billigen Parfüms aus den Nasengittern dringe, wenn die Bauchtänzerin näher komme. „Bei den Geschäftsleuten, die sich die Vorführungen als potenzielle Förderer ansahen, war die Bauchtänzerin immer sehr beliebt“¹⁵⁸, sagte er, den blechernen Lärm einer arabischen Kapelle übertönend, die mir stereofon entgegenkam, während die Tänzerin ihre Fingerzimbeln erst an meinem rechten, dann an meinem linken Ohr schlug. Der stereoskopische Effekt hielt natürlich keinem Vergleich mit den hochmodernen teuren Displays stand, die ich ein paar Monate zuvor auf einer Ausstellung im Disneyland von Lucasfilm gesehen hatte, aber es

¹⁵⁶ Heilig, M. (1961), Spalte 4, S.2

¹⁵⁷ Heilig, M. (1961), Spalte 4, S.2

¹⁵⁸ Morton Heilig im Gespräch mit Howard Rheingold in Rheingold, H. (1992), S. 74

gab doch ein wahrnehmbares Gefühl von Tiefe, der Strandbuggy rüttelte, der Motorradlenker vibrierte und meine Schläfe umspielte eine kühle Brise. Der Motorradfahrer war leichtsinnig, was mir - sehr zu meinem Entzücken - ein leichtes Unbehagen einflößte.

Verglichen mit der armseligen Bilderwelt der üblichen Spielautomaten in den sechziger Jahren hielt Sensorama, was seine Anzeige versprach. Es war zwar nicht das vollkommene -wunderbar singende, synthetisch sprechende, Farben erzeugende, stereoskopische- Illusionsgerät, das Aldous Huxley in »Schöne neue Welt« vorhergesagt hatte, doch ich fragte mich, was aus dieser Maschine geworden wäre, wenn ihre Erforschung und Entwicklung nicht vor drei Jahrzehnten eingestellt worden wäre.¹⁵⁹

Von vielen Autoren wird SeSi noch immer als erstes und unübertroffenes System virtueller Realität angesehen.

Wie Heilig erläuternd zu seinem SeSi- Patent vom 10. Januar 1961 schreibt, war der Grund für die Entwicklung des SeSis im Bedürfnis zu suchen, eine Umgebung zu schaffen, die es ermöglichte, spezielle Situationen so real wie möglich mitzerleben, ohne jedoch dabei Gefahr laufen zu müssen, den dadurch entstehenden Risiken hilflos ausgesetzt zu sein. Dies sollte im Speziellen für Kriegssituationen oder Trainingsvorgänge mit extrem komplizierter, teurer oder gefährlicher Ausrüstung gelten. Die Lösung dieser Probleme würde sich, wie Heilig meinte, in gleichem Maße auf Entwicklungen in der Industrie auswirken; da auch die Industrie den Wunsch hegte, Arbeitsabläufe unter möglichst geringem Risiko trainieren zu können:

„Das oben geschilderte Problem stellt sich auch in Institutionen des Bildungssystems, weil dort immer weniger Lehrer immer größeren Schülergruppen immer schwierigere Sachverhalte vermitteln müssen. Infolgedessen gibt es eine verstärkte Nachfrage nach Unterrichtshilfen, die dem Lehrer seine Bürde erleichtern, wenn nicht gar abnehmen können.

Mit der vorliegenden Erfindung soll ein Gerät zur Verfügung gestellt werden, das eine gewünschte Erfahrung simuliert, indem es Empfindungen in einer Vielzahl von Sinnesmodalitäten hervorruft. Weiterhin soll die Erfindung einem oder mehreren Benutzern ermöglichen, eine simulierte Situation zu erleben.

Schließlich soll mit der Erfindung ein neues und verbessertes Gerät zur Verfügung gestellt werden, mit dessen Hilfe eine simulierte Situation erscheinungsgetreuer gestaltet werden kann.“¹⁶⁰

4.7.1.2 Verwendung

Dadurch, dass der SeSi nun intensiv auf den menschlichen Wahrnehmungsapparat Einfluss nehmen kann, sollen nun Personen im Lernprozess auf einer viel breiteren sensuellen Basis angesprochen

¹⁵⁹ Rheingold, H. (1992), S. 73,74

¹⁶⁰ Heilig, M. (1961), Spalte 1, S.1 Übers. Hainer Kober in Virtuelle Welten – Reisen im Cyberspace von Howard Rheingold, 1992, S.69.

werden. Heilig erwartet, im Vergleich zu den herkömmlichen Methoden zur Aneignung von Wissen¹⁶¹ eine entscheidend höhere Lerneffizienz. Beispielsweise könne über ein Überschallflugzeug mehr gelernt werden, wenn man es tatsächlich flöge, auch verstünde ein Student die Struktur eines Atoms besser, wenn er sie dank visueller Hilfsmitteln, „wie im alltäglichen Leben“, vor sich sehen könnte, anstatt sich das Wissen anhand von Beschreibungen - über einen Umweg quasi - aneignen müsse¹⁶². Heilig ist davon überzeugt, dass sich ein Schüler auf diese Art schneller und einfacher Wissen aneignen und außerdem mehr Freude und Enthusiasmus am Lernen entwickeln könne¹⁶³. Mit der Hilfe des SeSi sieht Heilig die mediale Ausstattung zur Aufnahme von Wissen - sprich Fotografien, Film und Tonaufnahmen - um eine Vielzahl neuer Möglichkeiten zur situativen Wahrnehmung erweitert.

Mit der Dreidimensionalität der filmischen Darstellung und die Erweiterung des Blickfeldes in horizontaler wie in vertikaler Richtung will Heilig endlich die vorherrschende eingeschränkte Sichtweise¹⁶⁴ durch eine 100 % Immersion des Zuschauers in das Filmgeschehen ersetzen. Das bedeutet, dass dem menschlichen Gesichtssinn, der senkrecht 150 Grad und waagrecht 180 Grad erfasst, Genüge getan werden muss, was zur Folge hat, dass die Bildwand zu beiden Seiten um die Ohren des Zuschauers herumgeführt werden muss, um auf diese Weise oben wie unten die Grenzen seines Gesichtsfeldes zu überschreiten.

Dieses Oval von 150 mal 180 Grad soll nicht mit illusorischen sondern mit echten Tiefeneindrücken gefüllt sein, weil diese, wie Heilig beschreibt, ein weiteres wichtiges Element unseres Bewusstseins sind: „Man wird auch keine Brille brauchen, sondern elektronische und optische Geräte entwickeln, die Tiefenillusion auch ohne Hilfe einer Brille hervorrufen“.¹⁶⁵ Mittels Duft- und Tastempfindungen und einem zielgerichteten Ton soll dieses Erlebnis noch intensiviert werden. Demgemäß schreibt Heilig: „Die Filmrolle des künftigen Kinos könnte ein Magnetband mit einer eigenen Spur für jede Sinnesmodalität sein. (...) Öffnet eure Augen, lauscht, riecht und fühlt – lasst die Welt in ihrer herrlichen Vielfalt ihrer Farben, Tiefenwirkungen, Geräusche, Gerüche und Texturen auf euch einwirken! Das ist das Kino der Zukunft.“¹⁶⁶

Der SeSi schafft es, zwischen Simulation und Realität hin und her zu oszillieren und befindet sich so in einem „zwischenweltlichen“ Zustand - ein Zustand, welcher sich auch mit dem Begriff der „gemischten“ Realität

¹⁶¹ z. B. beim Lesen einer Lektüre oder dem Teilnehmen an einer Vorlesung

¹⁶² Heilig, M. (1961), Spalte 2, S.1

¹⁶³ Auf dem Gebiet der Lernforschung unter Anwendung multisensueller Methoden sei an dieser Stelle auf die Wissenschaftler Stuart Aitken und Marianna Buultjens aufmerksam gemacht. Sie arbeiten am Scottish Sensory Centre an Lernmethoden für junge Menschen mit Behinderungen – im Speziellen mit Sehbehinderung. Sie machen in ihrer Arbeit auf die hohe Relevanz multisensueller Lernmethodik aufmerksam: Vgl. hierzu Aitken, S.; Buultjens, M. (1992)

¹⁶⁴ gewöhnliches Kino 5%, bei Breitwand 7,5%, 18% bei Cinemascope und 25% bei Cinerama

¹⁶⁵ Vgl. Morton L. Heilig, »El Cine del Futuro: The Cinema of the Future«, in: *Presence*, Bd. 1, Nr. 3, 1992, S. 279–294, Nachdruck aus: *Espacios* 23–24, 1955

¹⁶⁶ Morton L. Heilig, »El Cine del Futuro: The Cinema of the Future«, in: *Presence*, Bd. 1, Nr. 3, 1992, S. 279–294, Nachdruck aus: *Espacios* 23–24, 1955

(Mixed Reality¹⁶⁷) beschreiben lässt: ein immer noch viel diskutierter Begriff aus den Forschungsbereichen VR und Augmented Reality. Das besondere am SeSi als Mixed Reality Installation ist allerdings die klare Trennung beider Welten in Bezug auf die sensorische Zuordnung der vermittelten Reize und der dadurch angesprochenen Sinnesorgane (das Auge sieht eine künstliche Welt; die Nase hingegen nimmt synchron zum Verlauf der irrealen Vorstellung real existierende Düfte wahr). Zur Generierung der Gesamtsituation gelangt man letztlich nur auf dem Weg vereinender Multisensualität - dem Zusammenwirken der Sinne. Heilig drückt sich dahingegen relativ deutlich aus, indem er sagt, dass seine Erfindung als „natural environment simulator“ und nicht als ein Simulator einer künstlicher Umgebung („synthetic environment simulator“) zu verstehen sei. Hierzu schreibt Howard Rheingold in seinem Buch *Virtuelle Welten – Reisen im Cyberspace*¹⁶⁸ über den SeSi:

„Das Sensorama ist ein Knotenpunkt, an dem eine alternative Wahrscheinlichkeitswelt hätte abzweigen können, an dem nicht die Computer-, sondern die Unterhaltungsindustrie die Wirklichkeitsbarriere mit prädigitaler Technologie hätte überwinden können.“¹⁶⁹

Rheingold versucht den Ursachen auf die Spur zu kommen, warum eine so visionäre Erfindung wie der SeSi, es nicht geschafft hat, einen allgemeinen Durchbruch zu erleben und das Zeitalter des Cyberspace bereits vor über 30 Jahren einzuläuten. Wie sich in Rheingolds Interview mit Morton Heilig herausstellt, hatte damals vor allem das Schicksal seine Finger im Spiel.

Weil Heilig in den frühen 50iger Jahren in den Vereinigten Staaten mit seinen Ideen für ein neuartiges Erfahrungskino auf wenig Fürsprache stößt, passiert es, dass er bei einer Reise nach Mexiko zufällig Anschluss an eine Gruppe Intellektueller aus Künstlern, Architekten, Ingenieuren und Gelehrten bekommt. Sie ermutigen ihn, seine Ideen der Öffentlichkeit zu präsentieren. Daraufhin verfasst Heilig für die mexikanische Zeitschrift *Espacios* im Jahre 1955 einen Artikel mit dem Titel: „El Cine del Futuro“¹⁷⁰. Die Idee Heiligs bekommen sehr gute Kritiken, woraufhin sich der Erziehungsminister Mexikos für seine Arbeit interessiert.

Heilig darf damit beginnen, sein Projekt zu realisieren. Leider kommt der viel versprechende Gönner kurz darauf bei einem Flugzeugabsturz ums Leben. Heilig hat in Mexiko keine Hilfe mehr zu erwarten und reist mit Plänen und Werbungsmaterial seiner Ideen zurück nach New York. Ein amerikanischer Projektorhersteller will das Projekt unterstützen. Leider stirbt auch er bei einem Flugzeugabsturz. Als dann kurze Zeit später auch noch Mike Todd, der Mann der Cinerama ermöglicht hatte, auf die gleiche Weise stirbt und es Heilig nicht gelingt, eine Finanzierung für sein Projekt zu finden, beginnt er unter Eigenregie in seiner eigenen Wohnung in Greenwich Village den ersten Prototyp von Sensorama zusammenzubasteln. Dabei kommen ihm die Hilfe eines Partners und eine kleine finanzielle Unterstützung zugute, sodass es Heilig gelingt, das Ergebnis seiner Arbeit in einer Spielhalle Ecke 52. Straße und Broadway

¹⁶⁷ Vgl. Milgram, P.; Colquhoun, H. (1999)

¹⁶⁸ Rheingold, H. (1992)

¹⁶⁹ Rheingold, H. (1992), S. 70

¹⁷⁰ Morton L. Heilig, »El Cine del Futuro « in der Zeitschrift *Espacios* 23–24, 1955

in New York aufzustellen. Nach nur wenigen Stunden ist das Gerät kaputt und Heiligs Partner verliert das Interesse an der Partnerschaft.

Später versucht Heilig das System in Serienproduktion herstellen zu lassen. Er findet erneut einen Interessenten, der bereit ist, 50000 Dollar für die ersten Schritte bereitzustellen, doch auch dieser Partner verliert das Interesse.

Wie Rheingold schreibt, „zweifelte (Heilig) keinen Augenblick daran, dass die Probleme, die ihm zu schaffen machten, der mangelnden Weitsicht seiner Mitmenschen und nicht etwa der eigenen Vision zuzuschreiben waren.“¹⁷¹

Als Antwort verfasst Heilig 1971 in Eigeninitiative ein weiteres Manifest: „Bleuprint for a new Hollywood“ in dem er einen Vorschlag äußert, mit den Kosten zweier durchschnittlicher Spielfilme ein Forschungsinstitut zu gründen. Es soll die Aufgabe haben, Filmtechnologien für die Zukunft zu entwickeln. Die Filmindustrie hört Heilig nicht zu. Im Interview mit Rheingold kommentiert Heilig die Entscheidung der Wirtschaft wie folgt: „Für den Preis zweier Spielfilme hätten wir schon vor Jahrzehnten die Virtuelle Realität schaffen können. (...) Für weit weniger Geld als damals ein Bomber kostete, hätten wir die großen Universitäten des Landes mit wunderbaren Lern-Environments ausstatten können. Hätte ich in meinem Entwurf ein Kino vorgeschlagen, das Menschen umbringt, dann hätte ich wahrscheinlich mehr Mittel flüssig machen können.“¹⁷²

4.7.1.3 Sensuelle Einstufung

Die Untersuchung des SeSi¹⁷³ als ein früher Versuch einen technologisierten sensuellen Raum zu konzipieren kann dieser Arbeit einige Grundmerkmale zur Entwicklung einer Mensch-Raum-Technologie Schnittstelle liefern.

Der SeSi ist ein Vorzeigebeispiel visionären Denkens und eröffnet einen mannigfaltigen Einblick in die Konzeption von Räumen, die die Wahrnehmung beeinflussen.

Deshalb soll er zunächst unter sensualistischen Gesichtspunkten analysiert werden, was bedeutet, dass die verwendeten Mittel zur Beeinflussung und Förderung menschlicher Raumwahrnehmung und deren Wirkung auf den Nutzer des Systems aufgelistet werden.

Anschließend wird eine Analyse gemäß dem Dreikomponentensystems durchgeführt.

Wie im vorhergehenden Abschnitt gezeigt wurde, handelt es sich beim SeSi um einen definierten Ort mit dimensionaler Ausweitung: ein System, welches den Menschen in sich einschließt und räumliche Attribute aufweist. Wie noch gezeigt wird, entsteht bei der Nutzung des SeSis eine Situation aus drei sich gegenseitig beeinflussenden Raumsphären. Sie werden aus dem menschlichen Handlungsbereich, der umspielenden, umhüllenden Funktion des SeSi- Systems und den äußeren Einflüssen auf das vom Menschen bewohnte SeSi-System gebildet. Dabei bewegt

¹⁷¹ Rheingold, H. (1992), S. 84

¹⁷² Interview mit M. Heilig in Rheingold, H. (1992), S. 84,85

¹⁷³ Im Folgenden wird vom SeSi meist von einem System oder einer Situation gesprochen

sich der Mensch am Scheitelpunkt zwischen realen und virtuellen Räumen. Der SeSi als Mixed Reality lohnt einer Beleuchtung unter sensuellen Gesichtspunkten.

Aufgrund der radikalen Integration von Technologie im SeSi und der Beharrlichkeit, mit der Heilig seine Ideen durchzusetzen versuchte, stellt der SeSi ein Meilenstein *manipulierender* Räume dar.

Der SeSi als Entwurf mit dem klaren Ziel, die menschliche Wahrnehmung zu beeinflussen, um daraus Vorteile zu gewinnen¹⁷⁴, wurde aufgrund der fehlenden Option zur Interaktion mit seinen Nutzern bzw. Zuschauern stets kritisiert.

Rheingold schreibt beispielsweise:

„Ich schien mich auf dem Vordersitz zu befinden und den Lenker zu halten, doch ich konnte keines der Fahrzeuge steuern, in die ich versetzt wurde. Ich war ein völlig passiver Mitfahrer.“¹⁷⁵

Die Passivität des Mitfahrers zeigt sich in dessen Unfähigkeit, das Geschehen durch seine Anwesenheit und sein eigenständiges Handeln zu verändern. Der Mitfahrer ist als reiner Konsument Teil des Geschehens, sodass für ihn - wie bei einer aus der Ferne betrachteten Attraktion - keine Möglichkeit besteht, sich aktiv am Geschehen zu beteiligen. In einer festgelegten Position nimmt er festgeschnallt die für ihn generierte Szenerie wahr. Es stellt sich die Frage, ob der menschliche Sinnesapparat so seiner grundlegenden Funktionen beraubt ist, da er nicht mehr als aktiv suchendes System wirksam sein kann?

„Jede sinnliche Wahrnehmung ist ein Erkennen, ist ein Urteil – auf die Spur gekommen, dass nämlich zum Erkennen ein Akt des Produzierens gehört. (...) Mit anderen Worten: Erscheinung ist nur möglich im Bereich des Ungewissen. Nimmt man einer Erscheinung die Ungewissheit, die Unentscheidbarkeiten, so ist die Erscheinung als solche wie auch der Erkenntnisprozess unterbunden. Zum Erkennen gehört also ein Wagnis, ein Vorwärtsgen in einem Feld von Unsicherheit.“¹⁷⁶

Die Rede ist von einer Verkümmern der Sinne, wie es Kükelhaus beschreibt. Es fehlt das Moment der Ungewissheit, das Kükelhaus an anderer Stelle auch mit einem Wagnis zu beschreiben versucht und bereits in Kapitel 3.3.1 *Bewegung: ein Wagnis* untersucht wurde.

Bezogen auf das SeSi-System fehlt dieser Aspekt, da dem SeSi Konsumenten offenbar die Gelegenheit sich in die Geschichte individuell einzugliedern, um deren Verlauf zu ändern, verwehrt bleibt.

Dennoch ist Rheingold, der diese Kritik in seinem Buch *Virtuelle Welten* äußert und ohne Zweifel ein bedeutender Kenner von Technologien zur Generierung virtueller Welten ist, nach Meinung des Verfassers, in dieser Hinsicht zu schnell mit seinem Urteil zur Hand - schafft es doch keine dem Verfasser bekannte VR Installation bisher auf konsequentere Weise in zufrieden stellendem Maße, die menschlichen Wahrnehmungssysteme anzusprechen.

¹⁷⁴ z.B. in der Bildung oder bei der Simulation von Arbeitsabläufen

¹⁷⁵ Rheingold, H. (1992), S. 73,74

¹⁷⁶ Kükelhaus, H. (1984), S. 37

Noch immer scheint das Gesamtkonzept oder besser das Gesamtkunstwerk¹⁷⁷ in Frage gestellt und in eine unüberschaubare Anzahl kleiner Teile zerschlagen; wobei jedes kleine Teil für sich, als ein Spezialgebiet mit mehr oder weniger ausgeprägtem Interesse an Interdisziplinarität zwischen oftmals benachbarten Disziplinen, auf sich allein gestellt bleibt.

4.7.1.4 Sensorisch, sensuell und aktuatorisch

Wenn es um synästhetische Fähigkeiten eines Menschen im Raum angeht, kommt es häufig zu unklaren Begriffsdefinitionen, insbesondere wenn es um den gegenseitigen Austausch von Information geht. Deshalb ist es bei Untersuchungen sensueller Räume notwendig, vorausgehend einige begriffliche Schwierigkeiten aus dem Weg zu räumen. In der Physiologie wird das Zusammenspiel mehrerer Sinnesmodalitäten beim Menschen zur Informationsentnahme aus der Umwelt oftmals mit „multisensorischem“ bzw. „polysensorischem“ Verhalten bezeichnet. Es beschreibt eine klare Informationsrichtung, die von der Umgebung hin zum wahrnehmenden Subjekt geht. Das wahrnehmende Subjekt ist mit Sensoren (Wahrnehmungssystemen¹⁷⁸) ausgerüstet, die aktiv¹⁷⁹ auf der Suche nach Stimulation sind und das in verschiedenen Dimensionen über viele (=Multi) Kanäle. Nach Meinung des Verfassers wird hierbei jedoch eine entscheidende Komponente vergessen, die sich auf Wegen menschlicher Sinnesleistung und dessen Handlungsumfang etabliert hat. Die Rede ist von der Möglichkeit zur Beeinflussung der Situation durch den Menschen. Auf diese Weise wird die Richtung des Informationsflusses umgekehrt, wie weiter unten anhand der Grafik gezeigt wird. In Kapitel 3.1 *Wahrnehmung im Raum* wurde bereits auf diesen Unterschied hingewiesen. Je nachdem wie der Informationsfluss gerichtet ist, handelt es sich entweder um eine sensorische oder um eine aktuatorische Leistungen. Die Kombination beider Fähigkeiten ist Voraussetzung für einen multisensuellen Raum.

Raum im herkömmlichen Sinn verursacht bzw. offeriert durch seine Beschaffenheit Reizinformation. Man kann auch sagen, dass er in seiner Urform ein mehrdimensionaler Aktuator ist¹⁸⁰.

¹⁷⁷ übersetzt man es mit der Sprache bauhäuslicher Traditionen, so bedeutet dies, dass man versucht, die völlige Immersion des Menschen in ein generiertes System zu erreichen.

¹⁷⁸ Vgl. Kap.3

¹⁷⁹ Vgl. Gibson, J.J. (1973)

¹⁸⁰ Vgl. Kap. 4.6. *räumliche Schnittstellen (rS)*

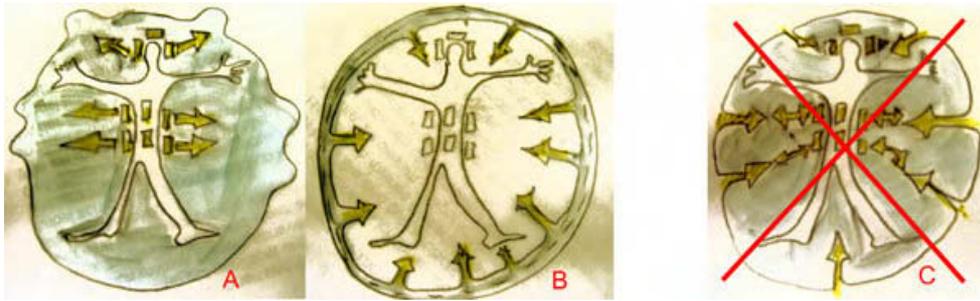


Abb. 4.7.1-g: Informationsfluss A: Der Mensch agiert - Informationsfluss B: Der Raum agiert - Informationsfluss C: multisensuelle Situation existiert nicht.

In einem multisensuellen Raum gibt es generell drei verschiedene Situationen¹⁸¹, die durch Kommunikation zwischen Nutzer(n) und Raum auftreten können. Das heißt, dass, unabhängig von der Art der Information, entweder der Mensch derjenige ist, der agiert, so dass auf Seiten des Raumes eine Reaktion entsteht (vgl. Informationsfluss A), oder der Raum agiert, worauf der Mensch Reaktionen zeigt (vgl. Informationsfluss B). Bei einem gegenseitigen Austausch von Information herrscht ein Informationsfluss, wie er unter C gezeigt wird. Beim SeSi kommt es ausschließlich zur zweiten Situation (vgl. Informationsfluss B) da das SeSi-System nicht darauf ausgelegt ist, auf Anweisungen seines Nutzers zu reagieren. Er besitzt weder sensorischen Fähigkeiten zur Informationsentnahme aus der Umgebung noch den Bedarf derlei Handlungen durchzuführen. Anders als bei jeglicher irdischen Lebensform (seien sie tierischer oder pflanzlicher Natur) fehlt hier der Nährboden für einen gegenseitigen Informationsaustausch. Folglich kann es auch nicht zur multisensuellen Situation zwischen Nutzer und System kommen (vgl. Informationsfluss C). Es existiert keine gemeinsame Kodierung der vorhandenen Information, was dazu führt, dass die Leistungen des SeSi-Systems auf seine informationserzeugenden bzw. aktuatorischen¹⁸² Qualitäten beschränkt bleiben.

Im Gegensatz zum SeSi zeichnet sich der Mensch dadurch aus, dass er sowohl sensorisch als auch aktuatorisch aktiv werden kann. Besitzt ein System oder ein Raum ein solches Können, so handelt es sich um ein sensuelles System. Werden diese Leistungen auf verschiedenen Wahrnehmungskanälen erreicht, bzw. erzeugt, dann spricht man von einem multisensuellen System¹⁸³.

4.7.1.5 Der SeSi: ein multiaktuatorisches System

Wie festgestellt wurde, beschränken sich die Kapazitäten des SeSi auf seine aktuatorischen Mittel. Diese beinhalten:

- optische Komponenten (Sehvorrichtung, Filmdarstellung)
- Geruchskomponenten (Düftegenerator)

¹⁸¹ Vgl. Kap. 4.1 *Raum, Information, Intelligenz*

¹⁸² Kontextsensitive Systeme im Raum (126)

¹⁸³ Vgl. Kap. 1

- Haptische Komponenten (leibliche Integration ins System, Halterungen, Griffe bzw. alles was in unmittelbaren körperlichen Kontakt mit dem Zuschauer kommt, Vibrationsgenerator unterm Sitz)
- Akustische Komponenten (Lautsprecher mit Stereoklang).

Das aktuatorische Potenzial des SeSi spricht viele menschliche Sinnesmodalitäten direkt an. Dies basiert auf einer enormen Vielfalt hinsichtlich verwendeter Technologie zur Schöpfung von Reizinformationen¹⁸⁴, so dass sich der Informationsfluss vom System zum Nutzer auf viele Ebenen ausbreiten kann und so die Grundlage für eine multi- aktuatorischen Situation bildet.

Das Interessante daran ist nicht nur die hohe Dichte der eingesetzten Technologien, sondern auch die unmittelbare Nähe zum Zuschauer, mit der Morton Heilig die Technologie des SeSis zum Einsatz bringt.

4.7.1.6 Raumzonen des SeSi

Der „altmodische Flipperautomat“¹⁸⁵ (Abb. 4.7.1-e), wie Rheingold die Konstruktion des SeSis bei seinem Besuch bei Morton Heilig beschreibt, nimmt eine klar definierte Position inmitten seiner Umwelt ein. Diese Umwelt lässt sich am einfachsten auf die Spielhallensituation Ecke 52. Straße und Broadway in New York reduzieren, in der Heilig für ein paar wenige Stunden seine Erfindung präsentieren durfte, sie jedoch nicht für eine Behandlung durch das Spielhallenpublikum ausgelegt war und einen Defekt erlitt.

Das Treiben in der Spielhalle ist der Raum, der durch die Konstruktion des SeSi (Gehäuse) klar als Außen definiert wird. Im Gegensatz dazu befindet sich im Inneren der Zuschauer, der sich 45 Grad nach vorne gebeugt und in sitzender Position an das System ankoppelt.

Die hölzernen Wände des SeSi- Prototypgehäuses kennzeichnen trotz ihres rigorosen Grenzverhaltens - nämlich das Abschotten der Person, die im Augenblick den SeSi nutzt von dem gemeinen Spielhallenpublikum - eine permeable Eigenschaft bzw. Kontaktbereitschaft. Das bedeutet, dass der SeSi eine Öffnung offenbart, die dem, der sie erkunden will, anbietet, seinen Kopf in den Schoße der Technik des SeSis zu begeben. Weiche sich anpassende Verschlusslippen aus Gummi oder Plastik schmiegen sich dem Kopf des Betrachters an. Sie umranden den Eingang der Sehvorrichtung, so dass der Kopf des Betrachters in Position gehalten wird, um ihn gleichsam von störenden Einflüssen aus dem Außenraum¹⁸⁶ zu bewahren.

Überhaupt ist es der Wunsch Heiligs, alle Materialien, die mit dem menschlichen Zuschauer in Kontakt kommen, menschengerecht auszubilden. Gummi und Plastik¹⁸⁷ hält Heilig für das passende Material.

¹⁸⁴ optische Komponenten mit Film-, Geruchs, Wind-, Vibrations- und Geräuschgenerator. Vgl. hierzu Abschnitt Beschreibung Sensorama

¹⁸⁵ Rheingold, H. (1992), S. 69

¹⁸⁶ Vgl. Heilig, M. (1961), S.3, Spalte 5-6: "(...) to close sufficiently behind his head to prevent light from interfering with the picture being viewed."

¹⁸⁷ Vgl. Heilig, M. (1961), S.3, Spalte 6: „For this purpose, a suitable material (...) would be rubber, plastic, etc.“

Die einzige Voraussetzung, die er an das Material stellt, ist Steifigkeit¹⁸⁸, damit sich die Konstruktion aus sich selbst heraus zu tragen vermag¹⁸⁹. Es lag nahe, diese Materialgruppe bei der Konzeption des SeSi in konstruktiver Weise einzusetzen. Obwohl PVC seit den 1930er Jahren großtechnisch produziert wurde, kam ein massenhafter Kunststoffkonsum erst in den späten 1950er Jahren auf. In gewisser Hinsicht schien Heilig auch in der Materialwahl seiner Zeit um Jahre voraus zu sein, finden Kunststoffe doch erst in den 70iger Jahren Eingang im Flugzeugbau¹⁹⁰. In Abb. 4.7.1-h ist die Verwendung der genannten Materialien zu erkennen. Es handelt sich dabei um eine Abbildung, die sich an die Zeichnung Fig. 2 des Sensorama Patentes von Morton Heilig anlehnt und anhand derer die Verschiedenartigkeit der Raumzonen¹⁹¹ nun erläutert werden soll. Da hier Außenwelt, Mensch und Maschine an einem Punkt zusammentreffen, ist sie sehr gut für eine allgemeine Untersuchung hinsichtlich eines Einsatzes von Technologie im Raum unter raumzonalen Gesichtspunkten geeignet. Zu sehen ist ein systematischer Horizontalschnitt durch das System wie es durch einen Zuschauer benutzt wird.

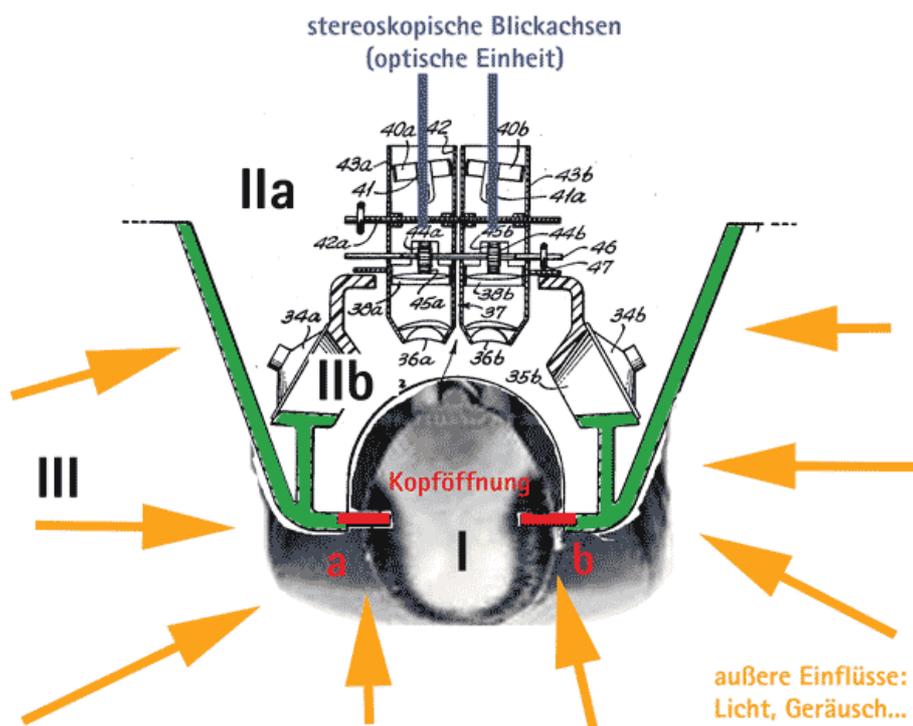


Abb. 4.7.1-h: Raumzonen beim SeSi

Es handelt sich um eine feste Raumzonen- Konstellation, gekennzeichnet durch römische Ziffern von I bis III.

¹⁸⁸ Begriff aus der architektonischen Fachsprache aus dem Spezialgebiet der Statik – z.B. die Regel „Steifigkeit zieht Lasten an“.

¹⁸⁹ Vgl. Heilig, M. (1961), S.3 Spalte 6

¹⁹⁰ Vgl. Heimlich, S. (1998)

¹⁹¹ Sie stehen in enger Beziehung zu den in Kapitel 4.6.4 vorgestellten räumlichen Schnittstellen (rS)

Zone I beschreibt die räumliche Distanz und das Verhalten eines Menschen im Raum, sie drückt sich in dessen Proxemik¹⁹² aus. Zone II beschreibt die Raumzone des SeSi. Sie lässt sich in die Zonen II a und II b unterteilen. Während II b Aussagen über das technische Kontingent macht, beschreibt Zone II a Übergangselemente zwischen System und Zuschauer. In der Computerindustrie werden solche Übergangselemente „Interfaces“ genannt. Interfaces haben dieselbe Aufgabe – nämlich zwischen verschiedenen Positionen zu vermitteln bzw. zu übersetzen. Die einzelnen Positionen auf sich gestellt wären nämlich nicht fähig, eine erhaltene Information sinnvoll zu übersetzen. Zone III beschreibt den Raum außerhalb des Systems. Orangefarbene Pfeile zeigen die äußeren Einflüsse (Lichteinflüsse, Lärm, Gerüche, etc.), die auf das System einwirken.

Es ist deutlich zu erkennen, dass der Zuschauer durch die rot dargestellten Gummilippen a) und b) in unmittelbarem Kontakt mit dem SeSi-System steht. Sie passen sich flexibel der Gesichtsform des Konsumenten an: Ihnen obliegt die Aufgabe, den Zuschauer von jeglichen Einflüssen aus der ihn umgebenden Umwelt abzuschotten - insbesondere von Lichtquellen, die von außerhalb des Systems in die Kabine eindringen und die Projektionen stören könnten. Auch die Schallübertragung aus dem Systeminneren wird durch die Konstruktion des Gehäuses unterbunden. Wie Heilig schreibt, wurde der Zuschauer selbst bei sehr leisen Passagen durch keinerlei Nebengeräusche, die im Gehäuse entstanden abgelenkt. Dies ist auf die Funktion der Gummilippen a) und b) zurückzuführen, die den Zuschauer von äußeren Geschehnissen trennen. Ähnlich einer Schleuse, müssen auch sie zwischen verschiedenen Zonen im Raum (Zone I, II und III) vermitteln. Auf Grund ihrer unmittelbaren Nähe zum menschlichen Individuum – sie befinden sich im Wirkungsraum seiner Gliedmaßen und gehören in den Bereich der Nahsinne - sind sie direkten Raumzonen zuzuordnen¹⁹³. Ein ähnliches Übergangselement wie die Gummilippen stellen die Sehvorrichtung, Lautsprecher und die Auslasse für Wind und Gerüche dar. Auch sie haben eine vermittelnde Rolle zwischen Raumzonen (Zone I und II).

Tatsächlich stellt der SeSi in seiner Gesamtheit eine Raumkonstellation dar, die auf sehr kompakte Art und mit großer aktuatorischer Dichte einen Erlebnisraum schafft.

Das geschieht auf dem Weg der Abschottung des Zuschauers von seiner Außenwelt und der einhergehenden klaren Definition von Innen und Außen. Das System plus Zuschauer sind das Innen, äußere Einflüsse und Situationen (Personen, Klima...), die nicht in direkter Beziehung zum System stehen und mit diesem in keiner funktionellen Abhängigkeit stehen, sind dem Äußeren zuzuordnen. Als Gesamtkonzept und quasi Totaltheater¹⁹⁴ bettet der SeSi (gleichsam einer Amme¹⁹⁵) die Person, die sich in ihm befindet ein. Sodann produziert er sensorische Information und offeriert dem Nutzer, sich mit seinen Attributen zu verflechten - der Zuschauer befindet sich am Scheitelpunkt zwischen realem und

¹⁹² Vgl. Kap. 3.3.5 *Die Proxemik Theorie nach Edward Twitchell Hall*

¹⁹³ Vgl. Kap. 4.6.5 *Raumzonen*

¹⁹⁴ Woll, S. (1984)

¹⁹⁵ Plato, ; , (1990), 50d

virtuellem Raum. Diesen Scheitelpunkt näher zu erläutern ist Inhalt des nächsten Abschnitts.

4.7.1.7 Der SeSi: ein Erlebnisraum

Heilig selbst hat es sich zu Ziel gemacht mit dem SeSi einen *Erlebnisraum* zu schaffen. In Anlehnung an Gosztonyi beschreibt ein Erlebnisraum einen Raum, „in dem sich der Mensch in „natürlicher“ Weise vorfindet. Er bezieht den Erlebnisraum unreflektiert — also ohne besondere Gliederung, Strukturierung oder Koordination der Raumpartien — auf sich, d. h. sowohl auf seinen Leib als auch auf seine Psyche, und bewegt sich in ihm. Jede Wahrnehmung, jede Handlung und jede Erfahrung trägt dazu bei, den Erlebnisraum zu konstituieren.

Die Konstituierung geschieht vorwiegend unbewusst. Sie beruht auf dem Raumerlebnis, das sich auf verschiedene Weise vollziehen kann. Der Erlebnisraum ist primär in zweifachem Sinne: 1. Er ist zeitlich primär, denn er ist jene Raumart, die der Mensch — als Kleinkind — zuerst „erobert“; 2. er ist methodisch primär, denn er ist die Grundlage jeder weiteren Raumerfahrung.“¹⁹⁶

Das Ziel des SeSi ist es mit Hilfe von Technologie den Zuschauer in einen vergangen (zeitlich primären) Kindertrieb zu versetzen. Es gilt eine neuartige realitätsnahe künstliche Welt zu entdecken.

Das geschieht mit Hilfe eines Avatars, der die Handlungen durchführt und an dessen Stelle man eingeladen ist, das zu Erlebende mit allen Sinnen nachzufühlen, zu sehen, zu hören und zu riechen. Der Zuschauer darf aus der Sicht eines Anderen eine ihm fremde Welt erkunden. Ihm bleibt es jedoch verwehrt, aktiv in das Geschehen einzutauchen, um es nach eigenem Wunsch zu verändern.

Die fehlende bzw. stark eingeschränkte Option zur eigenen Bewegung im SeSi, ist hauptsächlich auf die konstruktive Beschaffenheit des SeSis zurückzuführen, was auf Heiligs Anliegen zurückzuführen ist, die Konstruktion für die Massenproduktion vorzubereiten und demzufolge in einer möglichst kompakten und Kosten sparenden Bauweise zu entwickeln.

4.7.1.8 Der SeSi: ein Wahrnehmungs- und Sinnesraum

Die fehlende Möglichkeit der Bewegung im Raum hat zur Folge, dass der SeSi im Sinne Gosztonyis auch als *Wahrnehmungsraum* einzustufen werden kann.

In einem solchen Raum spielt zwar auch die Bewegung als räumliche Erfahrung eine Rolle; diese basiert jedoch auf der Wahrnehmung und wird künstlich, als ein Produkt des sinnlichen Erlebens, erregt. Beim SeSi wird Bewegung (Eigenbewegung des Zuschauers und Bewegung des SeSi-Systems) mittels visueller, olfaktorischer und haptischer Mittel ausgelöst und in der Vorstellung des Nutzers zu einem Gesamtkonstrukt

¹⁹⁶ Gosztonyi, A. (1976), S. 36-51

zusammengefügt. Verschiedene Arten der Wahrnehmung erschließen ein empfundenes Raumerlebnis unter Berücksichtigung räumlicher Relationen. Der Wahrnehmungsraum ist die Summe sinnlicher Raumerfahrung, die im Bewusstsein als „Raum“ gegenwärtig ist. Demgemäß ist der SeSi auch ein *Sinnesraum*, welcher sich anhand der einzelnen Komponenten z.B. als Tast-, Hör-, Seh-, Geruchs- oder Geschmacksraum manifestiert.

In gewissem Sinne kann man dem SeSi auch Bewegungsmomente zusprechen, da sich der Zuschauer ja bewusst an einem Ort befindet (z.B. an der Ecke 52. Straße und Broadway in New York).

Mit den Händen die Griffe des SeSis umgreifend und an das System gekoppelt mischen sich verschiedene Raumzonen zu einem Gesamtgefühl des Zuschauers.

Was den Greifraum angeht, so erkennt Gosztonyi in der Nähe – er nennt es Nahraum - eine verbindende Funktion zwischen leiblichem Raum und Umraum. Er umgibt den Menschen und bildet den Gegenpol zum individuellen Leibraum¹⁹⁷. Der Greifraum ist „jener Raum (ist), den der Mensch — als Kleinkind — zuerst erfährt“¹⁹⁸. Hinzukommend bilden das visuell Erlebte in Kombination mit den Vibrationen des SeSi-Systems eine wichtige Bewegungskomponente. Auch hier befindet sich der Zuschauer zwischen zwei Welten. Eine wichtige Rolle spielt hierbei auch der reflektive Umgang mit dem Raum. Die räumliche Erfahrung einer Person wird mit künstlichen Hilfsmittel, nämlich durch die Generierung eines filmisch erzeugten virtuellen Raumes (gewissermaßen als *Trompe d’Oeil*) angeregt. Das Ergebnis ist ein noch nicht da gewesenes räumliches Gesamtkonstrukt für den Zuschauer der 50iger Jahre. Die virtuelle Realität ist um einen entscheidenden Schritt nach vorn gebracht.

Man kann also sagen, dass der SeSi bewusst verschiedene Modalitäten menschlicher Fähigkeit zur Wahrnehmung ausnutzt, um so eine gezielte multimodale Gesamtvorstellung hervorzurufen. Es ist sicherlich ein Ziel Heiligs gewesen, durch den SeSi die Sinne des Nutzers zu trainieren, um ihn gleichsam auf die eigene körperliche Anwesenheit aufmerksam zu machen und ihm so ein Gefühl für den eigenen Leibraum zu vermitteln.

4.7.1.9 Die Duftkomponente des SeSi

Die wohl interessanteste und zweifellos komplizierteste Komponente des SeSi ist sein Geruchsgenerator. Sie soll in Bezug auf ihr multisensuelles Potenzial einer näheren Betrachtung unterzogen werden. Die Schwierigkeit dabei ist, dass es sich beim Geruchsgenerator des SeSi um eine Technologie, die nicht ohne weiteres einer räumlichen Zone¹⁹⁹ zuzuordnen ist:

Auf der einen Seite bedarf ein Duft stets der Anwesenheit eines Informationsträgers (was auf einen indirekten Informationsaustausch schließen lässt), andererseits verweist die unmittelbare körperliche Nähe (der Ausgang der Duftkomponente ist direkt unter der Sehvorrichtung) auf

¹⁹⁷ Vgl. Kap. 3.2.2 *Die Räumlichkeit des Leibes*

¹⁹⁸ Gosztonyi, A. (1976), S. 36-51

¹⁹⁹ Vgl. 4.7.1.6 *Raumzonen des SeSi* und Kap. 4.6.5 *Raumzonen*

eine direkte Raumzone schließen. Man kann mutmaßen, dass es zwischen beiden Raumzonentypen eine vermittelnde ambivalente Funktion existieren muss.

Die Geruchskomponente des SeSi basiert darauf, dass synchron zum Film Gerüche erzeugt werden, die durch eine kleine Öffnung auf Höhe der Nase den Zuschauer erfassen. Der Geruchssinn des Menschen oder besser gesagt sein olfaktorisches System, wie es Gibson bezeichnet, kann tausende Gerüche voneinander unterscheiden. Als eines der ältesten und lebenswichtigsten Teile des Gehirns, nimmt es Gerüche wahr und verarbeitet sie zu Reaktionen weiter. Für die meisten Tiere ist es der Primärmodus der Kommunikation und beeinflusst viele wichtige Funktionen, wie z.B. die Wiedergabe des Geschmacks. Beim Menschen hat es Auswirkungen auf das Bewusstsein oder dessen Erinnerungsverhalten. Das olfaktorische System ist äußerst komplex und die heutige Wissenschaft beginnt gerade erst damit, seine Funktionen zu ergründen. Nun interessiert, wie sich olfaktorische Information einer allgemeinen Kodierung unterziehen lässt.

Man hofft dabei auf ein größeres Verständnis für das menschliche Verhalten, um auf z.B. Missstände wie eine verminderte oder verlorene Geruchsleistung reagieren zu können. In seinem Buch *Der Mann, der seine Frau mit einem Hut verwechselte* geht Oliver Sacks auf diesen Missstand ein und beschreibt ihn mit folgenden Worten: „(...) when I lost [my sense of smell] – it was like being struck blind. Life lost a good deal of its savour – one doesn't realize how much 'savour' is smell. You smell people, you smell books, you smell the city, you smell the spring, maybe not consciously but as a rich unconscious background to everything else. My whole world was suddenly radically poorer.”²⁰⁰

Es bietet sich an dieser Stelle an, die Geruchskomponente des SeSis in Bezug auf seine Relevanz was die Erzeugung einer gezielten Wahrnehmung angeht, zu prüfen und mit aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet in Zusammenhang zu bringen.

Es existieren derzeit etwa vier Bereiche, die sich auf wissenschaftlicher Basis mit dem Thema beschäftigen:

1. Geruchsfindung (Katalogisierung existierender Düfte in einer Datenbank)
2. Geruchsanalyse (Verständnis von der Beschaffenheit von Düften, Vereinfachung der Datenbank, Zuordnung in ein verallgemeinertes Wertesystem)
3. Geruchskategorisierung (Schematisierung für einen universalen Einsatz in Anlehnung an Farbskalen RGB oder CMYK bzw. Auflistung von Primärfarben)
4. Geruchsanwendung (Versuch und Erkenntnis: Physisches Verhalten von Düften, psychische Auswirkung auf den Menschen und den sich daraus ergebenden Einsatzmöglichkeiten wie z. B. olfaktorische Displays und multisensuelle Räume)

²⁰⁰ Sacks, O. (1991)

Eine sehr interessante Arbeit zu diesem Thema stellt die Masterarbeit *Symbolic Olfactory Display*²⁰¹ von Joseph Nathaniel Kaye dar, die 1999 in der Abteilung S.B. Brain & Cognitive Science am MIT entstanden ist. Sie liefert einen umfassenden Überblick über den Stand der Forschung auf dem Gebiet olfaktorischer Displays und den damit verbundenen Problemen.

Auch Morton Heilig gab in seinem Patent nähere Angaben über die Funktionsweise seiner Duftkomponente im SeSi. Die Rede ist von einer beliebigen Anzahl von Duftgefäßen (Abb. 6), die gemeinsam auf einem Brett positioniert wurden und alle mit einem Tunnel verbunden waren, in das später, begleitend zum filmischen Geschehen, die Gerüche eingeleitet wurden²⁰².

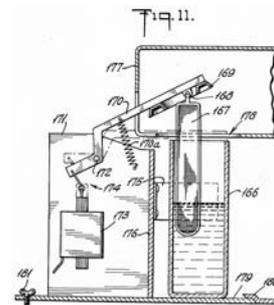
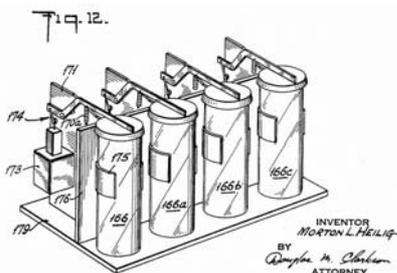


Abb. 4.7.1-i und Abb. 4.7.1-j: entnommen aus dem SeSi Patent

Leider macht Heilig in den Anmerkungen zu seinem Patent keine detaillierten Angaben hinsichtlich der Zusammenstellung der zum Einsatz kommenden Duftstoffe. Er beschreibt einzig die Funktionsweise dieses Elements und umgeht dadurch eines der großen Fragezeichen, das sich heutiger Wissenschaft auf diesem Gebiet stellt. Es geht, um die Schwierigkeit Düfte zu klassifizieren.

4.7.1.10 Die Schwierigkeit Düfte zu klassifizieren

In der Vergangenheit wurde eine Vielzahl von Untersuchungen unternommen, die es sich zum Ziel gemacht hatten, Düfte zu klassifizieren. Auf der Suche nach Schemen zur Klassifizierung von Düften musste man erkennen, dass das Verständnis darüber, wie die menschliche Wahrnehmung von Gerüchen funktioniert, eine noch viel größere Hürde darstellte.

Seit jeher sagt man beispielsweise: Das riecht nach Apfel oder nach Herbstluft. Man holt somit bekannte Gegenstände der realen Welt zum Vergleich hinzu. Es leuchtet bereits ein, dass es sich dabei oft um Beschreibungen handelt, die in gewisser Weise nicht eindeutig sind. Herbstluft kann trocken und stürmisch sein oder aber den Duft von frischem Regen und nassem Laub transportieren. Das Besondere – aber auch das Komplexe - an der Welt der Gerüche ist das umfangreiche Assoziationspotenzial, das mit ihnen transportiert wird.

²⁰¹ Kaye, J.N.. (1999)

²⁰² Vgl. Heilig, M. (1961), S. 6, Spalte 12

einer allgemeinen, vereinfachten Einstufung zu unterziehen – leider bisher ohne großen Erfolg.

Systeme wie Aromarama oder der hier zu behandelnde SeSi waren alle manuell gesteuert. Dabei bedienten sie sich ausschließlich vorproduzierter Gerüche, was einen Beigeschmack von Willkürlichkeit und Banalität erzeugte. Um ein besseres Ergebnis beim Nutzer zu erzielen, wurde in den letzten Jahren versucht, einen gewünschten Geruch computergesteuert und anhand automatisierter Beschreibungen durch den Computer zu erzeugen.

Meist besteht ein olfaktorisches System aus einer Patrone, die ein den Geruch produzierendes Öl beinhaltet, welches nachfüll- bzw. ersetzbar ist. Eines der bekanntesten Unternehmen auf diesem Sektor war DigiScent: DigiScent hat tausende von Gerüchen identifiziert, kodiert und digitalisiert. Das Ergebnis waren 128 Primärdüfte, die gemischt werden konnten, um gezielte Gerüche zu erzeugen²⁰⁷. Der persönliche Geruchssynthesizer „iSmell“ (Abb. 4.7.1-m). - konzipiert für einen Einsatz im Internet – war ein solcher Versuch. Geplant war außerdem eine Plug-in Erweiterung des Real Players²⁰⁸ - man wollte auf diesem Weg Millionen Kunden erreichen und das mit der Intention, das Internet um die Dimension des Geruchs zu erweitern. Hierfür wurden umfangreiche Mittel in dieses Unternehmen investiert, doch zog sich die Firma DigiScent Anfang 2001 vom Geschäft zurück, ohne auch nur eine Technologie geliefert zu haben.



Abb. 4.7.1-m aus Hamnes, K.. (2002)

Leider bleibt es einem in Hinblick auf eine Analyse des SeSis verwehrt, zu wissen, wie innig sich Heilig mit diesem Problem beschäftigt hatte. Folglich gilt es, Parallelen zu derzeitigen Forschungsprojekten zu ziehen, für die die Erfindung Heiligs ein enormer Schritt in der Entwicklung olfaktorischer Displays war.

Im Grunde hatte Morton Heilig mit seinem Geruchsgenerator bereits eine vereinfachte Form einer „Duftkanone“ entwickelt, wie sie noch immer in Labors an vielen Orten dieser Welt entwickelt wird.

²⁰⁷ Bonsor, K. (2001, 5 January 2001). *How Internet Odors Will Work*, [Web document]. Marshall Brain's HowStuffWorks. Available: <http://www.howstuffworks.com/internet-odor.htm?printable=1> [2001, 25 September].

²⁰⁸ RealNetworks, I.. (2004)

Beispielsweise werden mittels kleiner Schläuche, die sich direkt unterhalb der Nase befinden, Düfte in die Luft geblasen, sodass sie vom Nutzer dieser Technologie wahrgenommen werden und dessen Wahrnehmung beeinflussen können. Es sind deutliche Parallelen zu Wearable-Technologien auszumachen, insbesondere zu Entwicklungen auf dem Gebiet tragbarer visueller Displays (Head Mounted Displays²⁰⁹).

Mit der Nähe zu diesen Projekten entstehen auch die gleichen Nachteile: Wie bei den HMDs ist man auch hier darauf, angewiesen immer etwas im Gesicht zu tragen.²¹⁰

Aus dieser Not heraus suchten Forscher²¹¹ der ART Media Information Science Laboratories an der Tokai University in Japan nach Möglichkeiten, eine Person gezielt mit Gerüchen zu „bombardieren“ ohne sie mit zusätzlichen Wearable- Displays belasten zu müssen.

In einem aktuellen Beitrag „Projection-Based Olfactory Display with Nose Tracking“²¹² liefern sie einen Überblick über ihre derzeitigen wissenschaftlichen Ziele:

Ihr Hauptaugenmerk richtet sich dabei auf die Kontrolle von Gerüchen hinsichtlich ihres räumlichen und zeitlichen Verhaltens. Sie präsentieren mehrere Prototypen, die sich an die Prinzipien des SeSi anlehnen, um sie etwa in VR Umgebungen einzusetzen. Dieser Bereich, schreiben sie, wurde bei der Konzeption von VR Displays bisher vernachlässigt, was vor allem daran liege, dass im Gegensatz zu den visuellen, auditiven und taktilen Displays und den durch sie vermittelten Sensationen, die auf physische Stimulierung des menschlichen Wahrnehmungsapparates zurückzuführen sind, das Geruchsvermögen durch chemische Stimulation aktiviert werde, was die Untersuchungen erschwere.

Ein weiterer Punkt ist die weiter oben bereits erwähnte Tatsache, dass bisher noch keine Auswahl an Primärdüften gefunden wurde, was relativ wichtig für die Kompaktheit eines Systems wäre. Im bisherigen Stadium müsste man zur Generierung eines x-beliebigen Duftes die Kontrolle über tausende von Düften haben²¹³. Außerdem ist es ungünstig, dass beim Einsatz von Gerüchen das Wahrnehmungsverhalten der Empfänger einer Geruchsinformation nicht konstant bleibt.

Auch Lawless setzt sich intensiv mit diesem Thema auseinander. Er beschreibt das Problem wie folgt: „The sense of smell has a habit of changing over time within an individual, as well as from person to person; what works with subject A on one day may not work with subject B on the same day – or subject A on the next day. It’s important to understand the parameters behind this variation to design interface systems that are as robust as possible.“²¹⁴

²⁰⁹ Vgl. Kap. 4.3.3 *Wearable Komponenten*

²¹⁰ Dies spricht gegen die Grundhaltung eines immersiven Einsatzes von Computertechnologie nach Weiser und wird von der aktuellen Wissenschaft abgelehnt.

²¹¹ Yasuyuki Yanagida, Shinjiro Kawato, Haruo Noma, Akira Tomono und Nobuji Tetsutani

²¹² Yasuyuki, T.et al. (2004)

²¹³ Vgl. Yasuyuki, T.et al. (2004), S. 1

²¹⁴ Lawless, H.T. (1997), S.127-129

4.7.1.12 Raumzeitliches Verhalten von Gerüchen

„Das Riechen zählt zu den chemischen Sinnen. Wie auch das Schmecken basiert es prinzipiell auf der Bindung von Molekülen an spezialisierte Rezeptoren in einer wässrigen Umgebung. Evolutionär betrachtet zählen die chemischen Sinne zu den ältesten. Praktisch alle einzelligen Lebewesen zeigen Chemotaxis, sind also in der Lage, ihr Verhalten an chemischen Gradienten auszurichten und z. B. zu einer Nahrungsquelle zu schwimmen. Positive oder negative Chemotaxis (Hin- oder Wegbewegen relativ zur höheren Konzentration eines Stoffes) spielt auch in der Embryonalentwicklung eine Schlüsselrolle. So werden beispielsweise auswachsende Nervenfortsätze durch ein Wechselspiel von chemischer Anlockung und Abstoßung zu ihren Zielorten geleitet“²¹⁵. Nicht nur das Wahrnehmungsverhalten einer Person ändert sich im Laufe der Zeit, sondern zwangsläufig auch seine Position (infolge von Handeln) im Raum. In Kapitel 3.3 *Mensch und Bewegung* wurde das menschliche Verhalten im Raum beschrieben.

Auch am ATR²¹⁶ in Japan setzt man sich mit menschlicher Bewegung im Raum auseinander, indem man versucht sowohl eine zeitliche als auch eine räumlich Kontrolle über das Verhalten von Düften im Raum zu gewinnen. Primär geht es darum, mit Düften den menschlichen Bewegungen im Raum folgen zu können. Hierbei wird versucht, mit geringen Duftmengen auszukommen und die räumliche Ausbreitung eines Duftes möglichst gering zu halten und die Düfte konzentriert und gezielt einzusetzen, was ein schnelles Variieren der Duftmarke ermöglicht.

Das Neue an den Display-Versuchen am ATR im Vergleich zum Geruchsgenerator des SeSi ist die Fähigkeit, aktiv auf Bewegungen des Nutzers zu reagieren. Hierfür wird die Nase einer Versuchsperson mit einer Kamera und einer Objekt erkennenden Software erfasst (Nose tracking²¹⁷), sodass das System gezielte Geruchspakete in Richtung der Nase der Versuchsperson („between the eyes“²¹⁸) „abfeuern“ kann. Durch diese Technik kann man mit sehr geringen Duftmengen hantieren, was sich positiv auf die Kosten der Duftproben, die Ausbreitung des Geruchs und die Flexibilität der Geruchsgenerierung auswirkt.

Das Gesamtsystem (Abb. 4.7.1-n) setzt sich aus vier Komponenten zusammen. Sie bestehen aus:

1. Zieleinrichtung zum Treffen der Nasengegend (Nose tracking)
2. Einer Plattform auf der eine Luftkanone platziert werden kann. (Air cannon platform)
3. Luftkanone (Air cannon)
4. Geruchsgenerator (Scent generator)

²¹⁵ Müsseler, J.; Prinz, W.(. (2002), Kap. 1b - 2.4 Das Geruchssystem

²¹⁶ Dept. of Information Media Technology Tokai University

²¹⁷ Yasuyuki, T.et al. (2003)

²¹⁸ Yasuyuki, T.et al. (2003), S.1

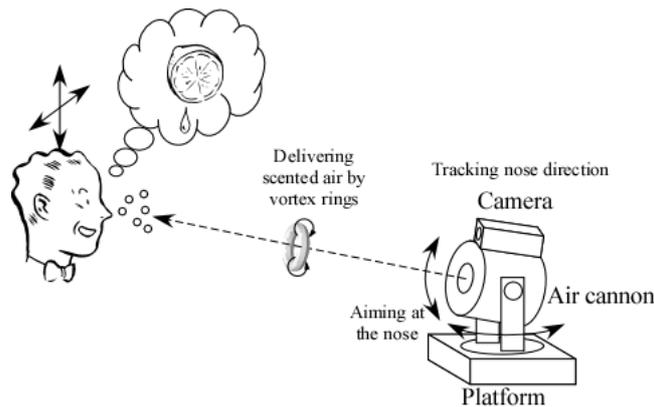


Abb. 4.7.1-n: McCarthy's Smellitzer for Disney World ²¹⁹

Der Einfluss und die Bedeutung des Geruchsgenerators von Morton Heilig ist für die Wissenschaft auf dem Gebiet olfaktorischer Displays nicht von der Hand zu weisen. Das Prinzip der Luftkanone ist immer noch ein überzeugendes Mittel, um gezielt Gerüche im Raum zu positionieren. Heutige Prototypen weisen zwar konstruktiv gesehen ein geringeres Ausmaß auf und sind (aus funktioneller Sicht) aufgrund des technologischen Fortschritts weitaus exakter und sparsamer, aber man ist noch immer auf der Suche nach geeigneten Primärdüften. Nur durch sie besteht die Möglichkeit, das Ausmaß der Konstruktion in einem erträglichen Rahmen zu halten und sie allgemein einzusetzen, was sicherlich für ein erfolgreiches Produktionsverfahren von Vorteil wäre. Obwohl sich der Verfasser auf die detaillierte Untersuchung der Geruchskomponente beschränkt, sei noch die haptische, auditive und visuelle Komponente des SeSi erwähnt. Vibration und Akustik können viel versprechende Erkenntnisse hinsichtlich einer künstlichen Beeinflussung der Raumwahrnehmung bringen. Auch in Bezug auf seine visuelle Komponente kann dem SeSi eine wegbereitende Rolle für weitere Entwicklungen auf diesem Gebiet eingeräumt werden. Die Erfahrungen, die auf optischer Ebene beim SeSi gemacht werden, haben später bedeutenden Einfluss auf die Entwicklungen von HMDs. Mehr darüber lässt sich in Howard Rheingolds Buch *Virtuelle Welten: Reisen im Cyberspace*²²⁰ finden. Für diese Arbeit erscheint es dagegen sinnvoller, weitere Untersuchungen an einem aktuelleren Beispiel durchzuführen. Dies soll im Rahmen der Analysen des ADA Pavillons, die im Anschluss an dieses Kapitel folgen, geschehen.

²¹⁹ Weitere Informationen zu diesem Themengebiet olfaktorischer Displays: McCarthy's Smellitzer for Disney World [Olfaction for Virtual Reality](http://www.hitl.washington.edu/tfurness/ie543/reports/3ppt/Olfaction_for_Virtual_Reality) (HIT Lab., Washington University) im Internet: [http://www.hitl.washington.edu/tfurness/ie543/reports/3ppt/Olfaction for Virtual Reality](http://www.hitl.washington.edu/tfurness/ie543/reports/3ppt/Olfaction_for_Virtual_Reality) Scent renderer by Matsushita et al. (Keio University, Japan) Wearable olfactory display by [Hirose et al.](http://www.cyber.rcast.u-tokyo.ac.jp/) (RCAST, University of Tokyo, Japan) im Internet: <http://www.cyber.rcast.u-tokyo.ac.jp/> Odor recorder by [Nakamoto et al.](http://silvia.ee.titech.ac.jp/) (Tokyo Institute of Technology, Japan) im Internet: <http://silvia.ee.titech.ac.jp/> Aroma diffuser by France Telecom

²²⁰ Rheingold, H. (1992), S. 69 f.

4.7.2 Der Ada-Pavillon

Es wurde gezeigt, dass die Entwicklung „manipulierender“ Räume bereits auf eine lange Geschichte zurückblicken kann. Inzwischen ist es möglich, darüber hinaus Architektur sogar auf Situationen reagieren zu lassen. Das setzt jedoch die Fähigkeit zur Anpassung bzw. Veränderung voraus. Besonders interessant ist diese Befähigung dann, wenn sie in Verbindung mit menschlichem Verhalten einhergeht.

Als Beispiel, wie erste Schritte in diese Richtung aussehen können, konnte man anlässlich der schweizerischen Landesausstellung Expo 02²²¹ in Neuchâtel (Abb. 4.7.2-a) ein Pavillonkonzept mit dem Namen Ada²²² besuchen. Um oben genannten neuen Ansprüchen gerecht zu werden, hatten sich die Entwickler des Ada-Konzepts zum Ziel gesetzt, anhand eines Gebäudes die Funktionsweisen des menschlichen Gehirns zu untersuchen.

Ada ist ein interdisziplinäres Forschungsprojekt des Instituts für Neuroinformatik der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich und der Universität Zürich²²³, deren Absicht es ist, die Strukturen und Funktionen des Gehirns zu ergründen.

Ada ist ein vollautonomer interaktiver Raum - der als künstlicher Organismus konzipiert - die Möglichkeit besitzt, simultane dynamische Interaktionen zu unterstützen und sich einer großen Anzahl von Menschen anzupassen. Dabei verwendet Ada eine Technologie, die sich an den Gehirnfunktionen des Menschen orientiert.

Ada ist eine Kreatur, die lebt, sich verhält, kommuniziert und fühlt²²⁴ und sie besitzt Sinnesorgane: Ihre Haut ist ein aktiver Boden, der mit Hilfe von Gewichtssensoren die Menschen, die sich auf ihm bewegen, wahrnehmen kann. Ada kann aber auch sehen und hören: Kameras ersetzen ihr die Augen, Mikrofone die Ohren. Die Riech- und Schmeckkomponente wird im System nicht unterstützt. Die Kommunikation geschieht über Licht, Bild und Ton. (s.u.)

Die daraus gewonnenen Daten werden in ein neuronales Netzwerk, das dem menschlichen Nervensystem nachempfunden ist, weitergeleitet. „In diesem neuronalen Netzwerk gibt es keine übergeordnete Instanz mehr, die allen Funktionseinheiten gleichzeitig Befehle gibt, sondern die Funktionseinheiten, die direkt nebeneinander liegen, kommunizieren viel ausgiebiger miteinander als solche, die weiter auseinander liegen“, erklärt der Neuroinformatiker Paul Verschure, Leiter des Projekts.

Kommunikation geschieht also lokal, sie wird von Nervenzelle zu Nervenzelle, in diesem Fall von Funktionseinheit zu Funktionseinheit weitergegeben²²⁵.

In die Sprache des Raumes übersetzt heißt das, dass Ada beispielsweise Beziehungen zwischen ihren Besuchern ausmachen und

²²¹ Die Schweizerische Landesausstellung findet alle 30 Jahre statt. Die Expo 02 fand vom 15.05.2002-20.10.2002 statt. Infos auf <http://www.expo.02.ch>

²²² Augusta Ada Countess of Lovelace war die erste Programmiererin der Welt. Die Adelige, 1815 in London geboren, arbeitete mit dem Mathematiker Charles Babbage zusammen, der mechanische Rechenmaschinen entwarf.

²²³ <http://www.ini.ethz.ch/>

²²⁴ Ada team Institute of Neuroinformatics uni | eth | zürich, (2002)

²²⁵ Vgl. Schmitt, P. (2002)

dementsprechend Kontakt mit ihnen aufnehmen kann. Obwohl es sich dabei nur um erste Versuche handelt, die Möglichkeiten aufzeigen, wie sich Raum-Reaktionen nach organischen Mustern erzielen lassen, stellt Ada die Weichen für einen neuen Ansatz einer Mensch-Maschinen Schnittstelle mit architektonischem Vorzeichen. In diesem Fall ist der Begriff „Maschine“ mit einem von Technologie injizierten Raum gleichzusetzen. Und dieser Raum stellt das bisher größte gebaute neuromorphe System dar.²²⁶



Abb. 4.7.2-a: Der Ada-Pavillon von außen (Foto: Tobi Delbruck)

4.7.2.1 Zonierung

Ada besteht aus verschiedenen Zonen (vgl. Abb. 4.7.2-b), die der Zuschauer zu durchwandern hat. Auf diese Weise ist es möglich, ihn auf die hohe Dichte der technologischen Geräte einzustellen, die er beim weiteren Besuch miterleben wird. Es gilt menschliches Wahrnehmungsverhalten zu trainieren und auf Ada anzupassen. Prinzipiell gibt es fünf Bereiche, die voneinander getrennt sind. Eine größere Anzahl von Besuchern kann so bedient werden, ohne sich gegenseitig zu stören.

²²⁶ Vgl. Eng, K.; Klein, D.; Bäbler, A. (2003)

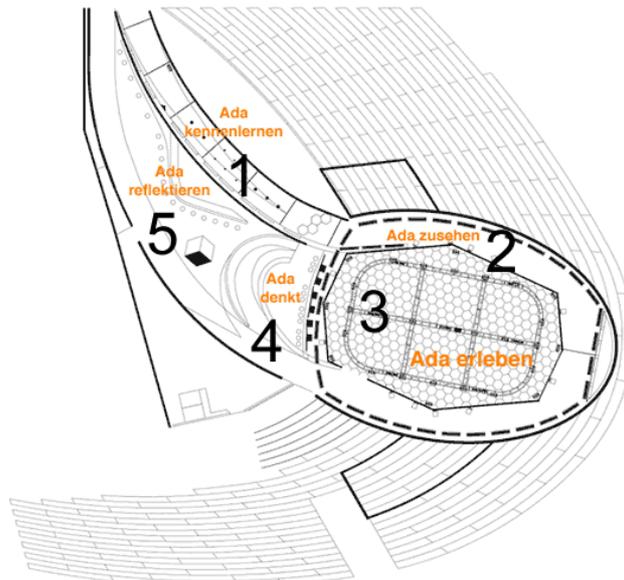


Abb. 4.7.2-b Zonierung²²⁷

Gleich am Anfang hat der Besucher die Möglichkeit, sich mit der Funktionsweise von Ada vertraut zu machen, sich in einem Tunnel quasi zu „klimatisieren“. Daraufhin kommt man in die Voyeur Zone, von wo aus man bereits erste Einblicke in den Hauptraum hat, jedoch selbst unerkannt bleibt. Der Hauptraum ist die nächste und größte Zone (s. u.). Nach dem Besuch des Hauptraumes von Ada gelangt man in das „Brainarium“, wo auf die Formen der Interaktion mit dem Besucher eingegangen (Abb. 4.7.2-f) wird. Im letzten Bereich der Ausstellung kann man schließlich das Erlebte reflektieren und Stellung zum Ada-Experiment nehmen.

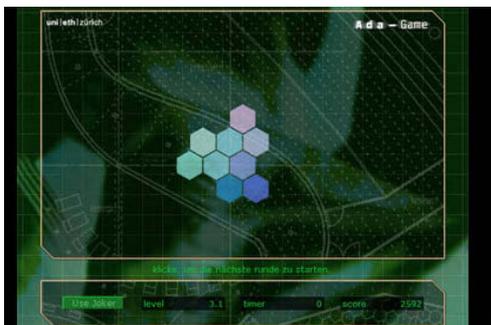


Abb. 4.7.2-c (links) Ada Spiel online; Abb. 4.7.2-d (rechts) Ada-Pavillon (Foto: Kyan Eng)

Der Hauptraum ist 160 qm groß und ist Ort des Austauschs zwischen Mensch und Ada. Damit es dazu kommen kann, ist Kommunikation zwischen beiden Instanzen nötig²²⁸.

Im Fall Ada versucht man mittels multimodalen Sensoren, die anfänglich als die Sinnesorgane von Ada bezeichnet wurden, dem Ziel näher zu kommen.

In erster Linie sind das die in Abb. 4.2.7-d ersichtlichen druckempfindlichen Fliesen, aber auch Mikrofone, die für die Lokalisierung und Erkennung von Geräuschen verantwortlich sind. Des Weiteren

²²⁷ Aus <http://www.ada-exhibition.ch/>

²²⁸ Vgl. Informationsfluss C Kap. 4.1 *Raum, Information, Intelligenz* bzw. Kap. 4.7.1.4 *Sensorisch, sensuell und aktuatorisch*

kommen Videokameras, die „Gazers“²²⁹ (Abb. 4.7.2-e) genannt werden zum Einsatz. Sie befinden sich unterhalb der Decke des Raumes, sind schwenkbar und können so jede Stelle im Raum „überwachen“. Der Inhalt ihrer Aufnahmen kann²³⁰ auf eine 360-Grad-Projektionswand übermittelt werden. Durch die Kombination mit Echtzeit Grafiken entstehen multiple direkt übertragene Video Ausschnitte, die durch ein neurales Kompositionsprogramm²³¹ musikalisch untermalt werden. Das heißt, dass die Klangkulisse ein von Ada erzeugtes Musikstück ist, das den inneren Zustand von Ada wiedergibt.²³²

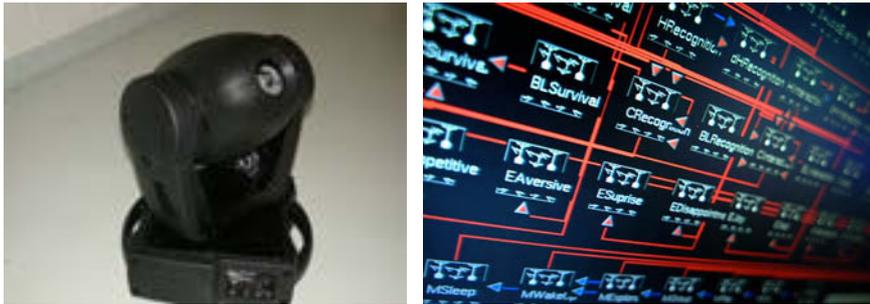


Abb. 4.7.2-e: Gazer²³³; Abb. 4.7.2-f: Information über Ada im Brainarium (Foto: Stefan Kubli)

4.7.2.2 Ada- Funktionen

Damit Ada mit seinen Besuchern in Kontakt treten kann, müssen diese zuerst erkannt und lokalisiert werden. Das geschieht mit Hilfe von *Sensoren*. Sie bilden das Kernelement des Systems und sind dafür konzipiert, menschliches Verhalten im Raum zu messen. Wie Kynan Eng schreibt, erfolgt dabei der Informationseingang beim Ada-System auf multimodalem Weg über Video, Haptik, Temperatur und Audio²³⁴. Die zweite Kernfunktion des Pavillons ist, sich seinen Besuchern mitzuteilen. Deshalb verfügt Ada auch über *Aktuatoren*²³⁵. Sie geben, wie Eng schreibt, den „inneren Zustand“ von Ada wieder. Während der Sensorama Simulator, der im letzten Abschnitt vorgestellt wurde, nur auf Aktuatoren zurückgreift, die ein zuvor festgelegtes Muster verfolgen (nämlich angelehnt an eine definierte filmische Handlung), vermag Ada selbst Informationen zu adaptieren und was noch viel wichtiger ist, eigenständig weiterzuverarbeiten. Als Aktuatoren kommen bei Ada Audio und Licht als eine abstrahierte Form einer Berührung²³⁶ zum Einsatz. Diese Berührung erfolgt durch zielgerichtete Lichtstrahlen, die von schwenkbaren „Lichtfingern“ an der

²²⁹ Gaffer

²³⁰ Ada ist an Personen mehr oder weniger interessiert und entscheidet demgemäß welche Person auf der Projektionswand erscheint. Im nächsten Abschnitt wird darauf näher eingegangen.

²³¹ RoBoser

²³² Vgl. Eng, K.; Klein, D.; Bähler, A. (2003)

²³³ Aus <http://www.ada-exhibition.ch/>

²³⁴ Vgl. Eng, K.; Klein, D.; Bähler, A. (2003), S. 147

²³⁵ Kynan Eng spricht diesbezüglich von *Effektoren*. Sie sind ein Synonym zu Aktuatoren.

²³⁶ Vgl. Eng, K.; Klein, D.; Bähler, A. (2003), S. 147

Decke des Pavillons auf die Besucher herunterstrahlen oder bestimmte Punkte im Raum markieren.

Dabei handelt es sich um Standard Theaterleuchten, die wie Gazer (s. Abb. 4.7.2-e) und das Umgebungslicht an das System angekoppelt²³⁷ sind.

Elemente, die sowohl als Sensoren als auch als Aktuatoren fungieren, sind die sechseckigen Fliesenelemente, die wabenähnlich den Fußboden bilden. Sie sind als Hohlkörper ausgebildet, sodass sowohl Drucksensoren als auch Neonröhren im inneren Raum Platz finden. Dadurch, dass drei Röhren in den Farben Rot, Grün und Blau übereinander angeordnet sind, können alle Farben gemäß der RGB Skala erzeugt werden. Eine gläserne Abdeckung schützt die Technik vor der Belastung durch den Besucher und dient gleichzeitig als Interface.

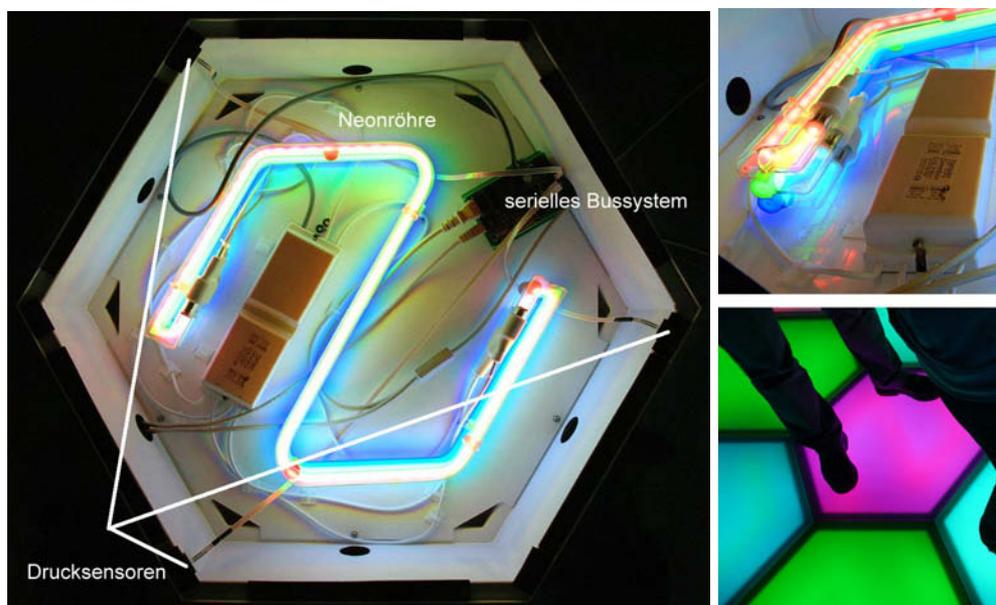


Abb. 4.7.2-g: Fliese von Ada (Grundlage war ein Foto von Stefan Kubli)

Weil sich Ada dadurch ausdrückt, dass sie Klang und Musik in Echtzeit komponiert und auf bestimmte Personentypen mit ihren Aktuatoren reagiert, stellt sich die Frage, nach welchen Mustern eine solche Reaktion durchgeführt wird.

4.7.2.3 Technologische Konzeption

Ada als neuromorphisches System unterliegt einer Ordnung von Schichten, die sich nach ihrer Komplexität staffeln. (Abb. 4.7.2-h)

²³⁷ Die Ankopplung wird durch ein serielles Bussystem (DMX) erreicht.

4. METHODS: DESIGN IMPLEMENTATION

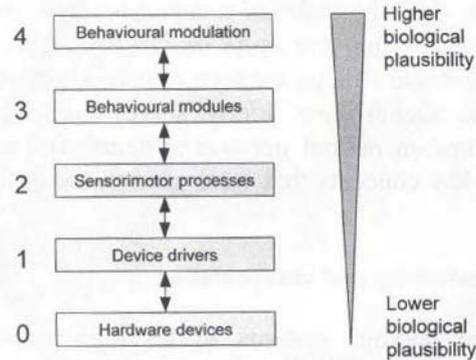


Fig. 5: Ada architecture overview showing layered structure. The lower levels are generally less biologically plausible than the higher levels, with notable exceptions (e.g. the auditory system).

Abb. 4.7.2-h aus Eng, K.; Klein, D.; Bähler, A. (2003)

Die Programmierung basiert auf einem hybriden System aus simulierten neuronalen Netzen, Agenten basierten Systemen und konventionell programmierter Software, die entweder Objekt bezogen oder verfahrensorientiert operiert.²³⁸

Prinzipiell lässt sich sagen, dass Ada die gewonnenen Information aus den sensorischen Prozessen verwendet, um sie in eigene sensomotorische Reaktionen umzuwandeln. Um dies durchführen zu können, ist Ada darauf angewiesen, die erlangten Informationen zu bewerten.

Beim akustischen Prozess beispielsweise geschieht dies dadurch, dass bestimmte Personen im Raum aufgrund von herausstechenden Verhaltensmustern erkannt werden. Kynan Eng schreibt: „Aus akustischer Sicht wird für Ada ein Besucher dann „interessant“, wenn er in die Hände klatscht, spricht oder flüstert.“²³⁹ Die Aufgabe von Ada ist es dann, eine bestimmte Person aus der Menge herauszufiltern, zu klassifizieren und die herausragenden Geräusche, die vom Besucher gemacht wurden, zu lokalisieren. Um dies zu bewerkstelligen, greift Ada auf ein vereinfachtes Gehörssystem in Anlehnung an ein niederes Säugetier zurück.

Der Kern des Systems besteht aus zwei Signalwegen, die auf der einen Seite nach dem *Was* und auf der anderen Seite nach dem *Wo* fragen²⁴⁰. Der *Was*- Signalweg ist nach monofonen Mustern erstellt und ist für die Identifizierung von Geräuschen verantwortlich. Der *Wo*- Signalpfad hingegen lokalisiert ein Geräusch nach stereofonem Vorbild²⁴¹.

Um ihre Reaktionen gegenüber den Besuchern zum Ausdruck zu bringen, greift Ada auf vier Grundmuster zurück:

Zum einen nimmt sie die Fährte (Track) auf, indem sie versucht, Bewegungsabläufe einzelner Personen oder Gruppen zu isolieren. Dies geschieht mithilfe der Drucksensoren in den Fliesen, welche die Position

²³⁸ Vgl. Eng, K.; Klein, D.; Bähler, A. (2003), S. 150,151

²³⁹ Eng, K.; Klein, D.; Bähler, A. (2003), S. 153

²⁴⁰ A *What* and a *Where* pathway in Eng, K.; Klein, D.; Bähler, A. (2003), S. 153

²⁴¹ Vgl. Eng, K.; Klein, D.; Bähler, A. (2003), S. 153

und das Gewicht einer Person erkennen und deren Geschwindigkeit und Richtung messen.

Des Weiteren testet Ada die Reaktionen der Besucher auf Lichtsignale. Folgt eine Person einem Lichtmuster (beispielsweise einer Lichtserie aus grünen aufblinkenden Feldern), so wird sie mit einem weiteren Lichtsignal „belohnt“ oder durch den Lichtfinger angestrahlt. Außerdem kann Ada ein Bild, ein Live Video und die aufgezeichneten Bewegungsabläufe dieser Person auf der großen Projektionswand über den Köpfen der Besucher zeigen. Die Projektionen bewegen sich auf dem Bildschirm hin und her und unterstreichen so die Richtungsbestrebungen der fokussierten Person.

Eine weiterte Möglichkeit der Kommunikation mit dem Besucher - quasi als eine Kombination aus den beiden vorherigen Reaktionen - ist der Versuch Adas, „gleich gesinnte“ Menschentypen zusammenzubringen. Je nachdem, wer auf bestimmte Signale reagiert, wird einer Gruppe zugewiesen, die sich dann über Lichtsignale gegenseitig finden soll. Als letztes Mittel besteht für Ada die Chance, auf Wegen des Spiels (Abb. 4.7.2-c) mit seinen Nutzern in Kontakt zu treten. Hierfür stehen Ada vier Spiele²⁴² zur Verfügung, die mithilfe des Bodens als Spielfeld ausgeführt werden können.

Das Ada System funktioniert auf der Basis eines klassisch wirksamen neuronalen Modells, mit dem Namen Distributed Adaptive Control (DAC)²⁴³. Dabei handelt es sich um ein Modell, welches Reize, die von außerhalb in das System eindringen, nach einem Schema aus vordefinierten Reaktionen auswertet. Die Reize können dabei anziehend²⁴⁴ oder abstoßend²⁴⁵ und von bedingungslos²⁴⁶ und bedingter²⁴⁷ Natur sein. Demzufolge reagiert auch das System entweder bedingungslos²⁴⁸ oder bedingt²⁴⁹.

Wenn das handelnde System die Fähigkeit besitzt, ein bestimmtes Ziel zu verfolgen, obwohl es sich anfangs in einer unbekanntem Umgebung befindet, so kann man es laut Kynan Eng als ein adaptives System einstufen.²⁵⁰ Im Fall Ada basieren diese Ziele auf der Interaktion mit dem Besucher. Eng spricht hierbei von einer homeostatischen Kontrolle durch den Menschen. Also kann Ada als künstlicher Organismus angesehen

²⁴² Im Ada-Pavillon sind die Spiele Football, Pong, Boogie, Gunfight spielbar. Vgl. Eng, K.; Klein, D.; Bähler, A. (2003), S. 156

Ursprünge sind im Spielprinzip von Senso zu suchen, welches durch MB 1978 zum ersten Mal als elektronisches Gerät auf den Markt gebracht wurde. „Das Spielprinzip ist einfach: Versuche die vom Computer vorgegebene Leucht- bzw. Tonfolge nachzudrücken. Die Anzahl der zu drückenden Flächen steigt stetig und erschwert somit den Spielverlauf. Wird die Reihenfolge nicht eingehalten ist das Spiel beendet.“ Aus <http://www.ada-exhibition.ch/game/game.cfm>. Das Spiel des Ada-Pavillons ist online nachzuspielen. Es heißt Ada-live.

²⁴³ Verschure, P.; Kröse, B.; Pfeifer, R. (1992)

²⁴⁴ Appetitive (gekennzeichnet durch das Symbol +)

²⁴⁵ Aversive (gekennzeichnet durch das Symbol -)

²⁴⁶ Unconditioned Stimuli (US)

²⁴⁷ Conditioned Stimuli (CS)

²⁴⁸ Conditioned Response (CR)

²⁴⁹ Unconditioned Response (UR)

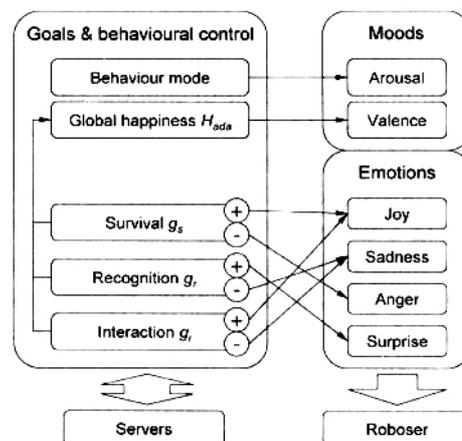
²⁵⁰ Vgl. Eng, K.; Klein, D.; Bähler, A. (2003), S. 161

werden, dessen Ziel es ist, die eigenen Zielfunktionen zu maximieren. Bei Ada spiegelt dieses Vorgehen den Grad ihrer „Zufriedenheit“ wieder. Als erste vereinfachte Annäherung lässt sich für diese Arbeit festhalten, dass sich die Zufriedenheit (H) nach Eng als ein Produkt²⁵¹ aus Interaktion (g_i) mit dem Benutzer, dessen Erkennung (g_r) im System und der Verwirklichung der selbst gesteckten Ziele (g_s) durch das System ergibt. Die Zufriedenheitsvariable H und die ihr unterliegenden Zielfunktionen finden somit auf zweifache Weise Verwendung. Auf der einen Seite werden Verhaltensweisen ausgewählt und auf der anderen Seite Gefühle zum Ausdruck gebracht.

Bei Ada lassen sich grundsätzlich sechs Verhaltensmuster erkennen, die sich in den Zuständen Schlaf, Wachsein, Entdeckung, Gruppe, Spiel und Verlassen äußern.

Interessant erscheinen jedoch vor allem die Gefühlsregungen, die Ada zum Ausdruck bringen will. Sie teilen sich in Stimmung (mood) und Gefühle (emotions) auf und stehen in direktem Zusammenhang mit ihren Zielfunktionen (H)²⁵².

Während sich die Stimmungen bei Ada nur in größeren Zeiträumen verändern, (Eng spricht von Stunden und Tagen) wechselt sich der Zustand der Gefühle in Sekunden und Minuten. Sie drücken sich in Freude und Ärger aus. Ein Gefühl der Überraschung wird beispielsweise dadurch erzeugt, dass Adas wahrnehmende Komponente einen plötzlichen Anstieg erfährt, was z. B. durch einen Schrei oder ähnliches hervorgerufen werden kann. (Abb. 4.7.2-i)



Ada's mood and emotion synthesis. The current behaviour mode set *Arousal*, whereas global Happiness set *Valence*. The emotions *Joy*, *Sadness*, *Anger* and *Surprise* were set by the status of achievement of the high-level goals *Survival*, *Recognition* and *Interaction*, as indicated by the arrows. (+), approaching maximum goal achievement' (-), moving away from maximum goal achievement. Adapted from /61/.

Abb. 4.7.2-i aus Eng, K.; Klein, D.; Bäbler, A. (2003), S 163

²⁵¹ $H=f(g_s, g_r, g_i)$: g_s = survival; g_r =recognition; g_i =interaction.

²⁵² Vgl. Eng, K.; Klein, D.; Bäbler, A. (2003), S. 162

Eine weitere Möglichkeit für Ada ihre „Emotionen“ zum Ausdruck zu bringen, gelingt aufgrund eines mächtigen Musikprogramms, das in Echtzeit musikalische Kompositionen kreieren und präsentieren kann und währenddessen durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflussbar bleibt, was eine optimale Verbindung zum Ada-System erlaubt.

Das so genannte RoBosersystem ist die musikalische Seite Adas und kann bis zu 12 Spuren parallel in Echtzeit bearbeiten. Die nötigen Daten hierzu kommen aus den Sensoren des Ada-Systems. RoBoser geht aus einem gemeinsamen Projekt zwischen dem Institut für Neuroinformatik²⁵³ (INI) von Uni und ETH Zürich und der interdisziplinären Gruppe für das Studium der Klangkommunikation (Interdisciplinary Nucleus for Studies on Sound Communication NICS²⁵⁴) an der Universität von Campinas in Brasilien hervor. Das Hirn von RoBoser wurde mit einem IQR 421 Prozessor geschaffen. Es handelt sich dabei um eine Simulationsumgebung für die Konstruktion von synthetischen Nervensystemen für künstliche Systeme, die am Institut für Neuroinformatik entwickelt wurden²⁵⁵. Klangbeispiele stehen unter <http://www.roboser.com> zur Hörprobe bereit.

4.7.2.4 Ada und die Anderen

Zusammengefasst lässt sich das Konzept des Ada Ausstellungspavillons mit dem eines Roboters vergleichen, dessen Inneres nach außen gedreht wurde²⁵⁶ und mit visuellen, akustischen und taktilen Sensoren sowie kontaktlosen Licht- und Geräuschaktuatoren (-effektoren) ausgestattet ist. Wer Ada besucht, ist demgemäß in einen sensuellen Prozess verwoben, der einzig aus der Umgebung heraus entsteht und als multisensuelles Milieu beschrieben werden kann.

Der Besucher ist immer ein notwendiger Bestandteil der Umgebung, da von ihm Impulse ausgehen, die Reaktionen (Kommunikation, Stimmung, Gefühle) bei Ada hervorrufen. Wichtig ist dabei, dass die Reaktionen von Ada unkörperlich (Licht und Geräusch) und daher ungefährlich für den Besucher ablaufen.

Sinn des Pavillons ist es, das menschliche Gehirn zu ergründen und dessen Funktionsweisen besser zu verstehen.

Ähnliche Untersuchungen auf diesem Gebiet finden derzeit auch anhand des intelligenten Zimmers (a) am MIT Artificial Intelligence Laboratory²⁵⁷ und des intelligenten Raumes (b) im Hashimoto Lab der Universität von Tokio²⁵⁸ statt.

Im Unterschied zu diesen Projekten unterscheidet sich Ada in drei wesentlichen Punkten, die für diese Arbeit entscheidend sind und eine Untersuchung von Ada vor a und b favorisiert haben.

²⁵³ <http://www.ini.unizh.ch/>

²⁵⁴ <http://www.nics.unicamp.br/>

²⁵⁵ Vgl. Kulturprozents MGB Science & Future , (2000)

²⁵⁶ Vgl. Eng, K. (2002)

²⁵⁷ Intelligent room am MIT. Vgl. <http://www.ai.mit.edu/projects/aire/>

²⁵⁸ Intelligent Space. Vgl. <http://dfs.iis.u-tokyo.ac.jp/~leejooho/inspace/whatc.htm>

Der Hauptunterschied ist die eindeutige Verlagerung des Forschungsschwerpunktes auf den Raum. (Ada ist um einiges größer als beispielsweise die Beispiele aus Tokio und Cambridge, MA.) Das erweiterte Raumangebot ermöglicht Analysen menschlicher Verhaltensformen im Raum, ohne dabei physische Einschränkungen in Kauf nehmen zu müssen. Dieser Tatbestand fällt vor allem dann ins Gewicht, wenn viele Besucher im Raum sind, was für Gruppenversuche eine Voraussetzung ist.

Des Weiteren wurde versucht, die Elemente (Sensoren und Aktuatoren), die als räumlichen Schnittstellen zwischen Besucher und Pavillon fungieren, zu einem wesentlichen Bestandteil des gestalterischen Grundkonzepts zu machen. Dabei widerspricht Ada eindeutig der bis dahin gültigen Ansicht, eine Technologie müsse unsichtbar sein, um den Menschen nicht zu belasten²⁵⁹. Das heißt, dass sich das technologische Equipment von Ada nicht versteckt im Hintergrund befindet, sondern aktiv am Raumerlebnis des Ausstellungsbesuchers beteiligt ist, ihn gewissermaßen „bedient“.

Am wichtigsten ist jedoch, dass Ada versucht, durch den Kontakt mit dem(n) Besucher(n), seine eigenen Ziele zu erfüllen.²⁶⁰ Ada kann ohne Stimuli durch den Menschen nicht funktionieren.

Aufgrund der Eigenschaft, eigenständig auf Stimuli reagieren zu können und sie in einen Prozess der Anpassung umzuwandeln, kann man bei Ada von einem multisensuellen Raum sprechen.

Für diese Arbeit bedeutet das, dass ein multisensueller Raum konstruktive und technologische Komponenten aufweist, die unmittelbar miteinander verwoben sind.

In einer Wechselbeziehung mit dem Menschen zieht das eine gegenseitige Anpassbarkeit voraus. Zwei Kernthemen haben sich also herauskristallisiert. Sie charakterisieren das Wesen eines solchen Bezugsverhältnisses. Zum einen geht es um Adaption, zum anderen um Reaktion.

Während diese Begriffe für den Menschen eine Notwendigkeit für das Überleben in dieser Welt beschreiben, müssen derlei Fähigkeiten beim Raum erst injiziert werden. Dabei kommen in erster Linie Sensoren und Aktuatoren zum Einsatz.

Während Sensoren Reize aufnehmen, können im Raum die durch Aktuatoren evozierten Reaktionen unterschiedliche Auswirkung haben. Im Fall Ada hat man es - wenn man einmal von den Wärmestrahlen der Scheinwerfer und den mechanischen Reaktionen, die Schallwellen in uns auslösen absieht - mit einer unkörperlichen Reaktion zu tun.

Eine weitere Möglichkeit von Reaktion stellt eine konstruktive Adaption durch den architektonischen Raum dar, was vor allem nach einer Anpassungsfähigkeit der statischen Komponenten verlangt.

²⁵⁹ Vgl. Weiser, M.; Seely, B.J. (1996)

²⁶⁰ Vgl. Eng, K. (2002)

4.7.3 kinetische Architektur

Anhand von Ada wurden Möglichkeiten aufgezeigt, wie man mittels Sensoren im Raum Informationen über Besucher gewinnt. Mit der erworbenen Information können im System Raum eigenständige Reaktionen hervorgerufen werden, die sich auf den Besucher beziehen. Sie geben in gewisser Weise die „Stimmung“ des Systems wieder. So entsteht ein multisensueller Austausch zwischen Besucher, Technologie und Raum.

Während man es bei Ada mit *unkörperlichen* Reaktionen zu tun hat, die sich auf indirekte Weise (Screen, Musik, Lichtspiel) äußern, besteht auch die Möglichkeit, ein multisensuelles Ambiente zu schaffen, das sich durch *körperliche* Reaktionen auszeichnet.

Vor allem die Leistungen der Kinetik Design Group (KDG) im Department of Architecture am MIT²⁶¹ unter der Leitung von Michael Fox sind diesbezüglich zu berücksichtigen.

Ähnlich wie bei den Wissenschaftlern, die hinter dem Ada-Projekt stehen, ist es auch ein Anliegen der KDG, Räume zu schaffen, die sich verändernden Situationen anpassen und auf neue Bedürfnisse reagieren können.

Im Gegensatz zum Ada-Projekt versucht die KDG dies auf dem Weg der eigenständigen physischen Neukonfiguration durch das System - bzw. durch den Raum - selbst zu tun. Man spricht daher von intelligenten kinetischen Systemen²⁶². Praktikabler und sinngemäß eindeutiger ist jedoch der Begriff eines adaptiven kinetischen Systems.

Vereinfacht gesagt hat man es mit beweglicher Architektur zu tun, bei der sich das Hauptaugenmerk nicht nur auf die Mobilität in Bezug auf ihren Standort richtet, sondern eine Anpassungsfähigkeit auf das komplette statische System ausweitet²⁶³. Was besagt, dass Architektur dazu imstande ist, sich formal zu verändern.

Im Gegensatz zu Ada zieht eine physische Verformbarkeit des Systems natürlich Probleme nach sich; vor allem aber besteht aufgrund einer physischen Neukonfiguration die Gefahr, dass sich das System in einer solchen Weise verändert, dass dem(n) Nutzer(n) des Systems Schaden zugefügt werden könnte. Man spricht hier auch von Risiken einer körperlichen Reaktion durch ein iKS. Dementsprechend müssen Versuche zuvor eingehend am Modell untersucht werden.

Adaptive kinetische Systeme sind noch relativ unerforscht und basieren auf drei Schlüsselementen:

1. Statik
2. Sensortechnologie
3. Adaptive Architektur²⁶⁴

²⁶¹ <http://kdg.mit.edu>

²⁶² Vgl. Intelligent Kinetic Systems in Fox, M.A.; Yeh, B.P. (1999)

²⁶³ Vgl. „Der Stuttgarter Träger“ als adaptives Tragsystem am Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren. <http://www.uni-stuttgart.de/ilek>

²⁶⁴ In der Einleitung zu Fox, M.A.; Yeh, B.P. (1999)

4.7.3.1 Historische Betrachtung kinetischer Systeme

Im Gegensatz zum Ada Pavillon, dessen Geschichte aufgrund des relativ jungen technologischen Know-hows noch relativ übersichtlich ist, gehen die Ursprünge kinetischer Systeme mit der Entwicklung des konstruierten Raumes bzw. mit Errungenschaften der „Konstruktion durch Menschenhand an sich“ einher.

Ob es sich dabei um Konstruktionen des alltäglichen Lebens, Baumaschinen oder Kriegsgerät handelt, jede technische Errungenschaft kann Bestandteil kinetischer Architektur sein (Abb. 4.7.3-a).

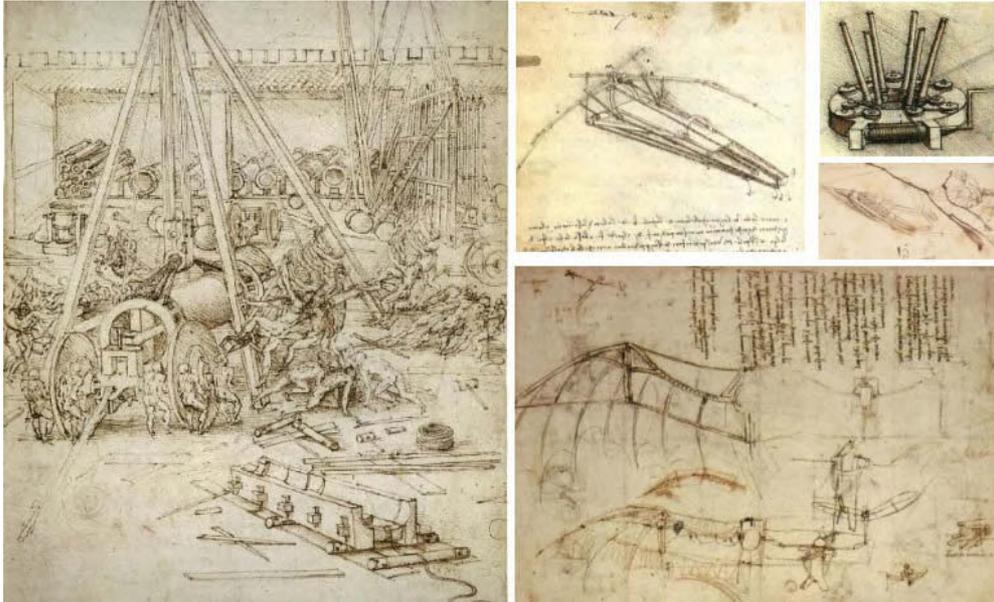


Abb. 4.7.3-a: Skizzen zu mechanischen Anlagen. Leonardo da Vinci

Insbesondere Ideen aus jüngster Vergangenheit trugen dazu bei, die Grundsteine für intelligente architektonische Konstruktionen zu legen. Neben den geodätischen Experimenten, die von Walter Bauersfeld bereits 1923 anlässlich eines Planetariums durchgeführt und von Richard Buckminster Fuller (Abb. 4.7.3-b) weiterentwickelt wurden, sind sicherlich auch die utopischen Exkurse der Künstler- und Architektengruppen aus den 60iger und 70iger Jahre des 20. Jahrhundert, wie z. B. der Ant Farm (Abb. 4.7.3-c), Archigram (Abb. 4.7.3-d) oder Frei Otto (Abb. 4.7.3-e) an der heutigen Entwicklung beteiligt.

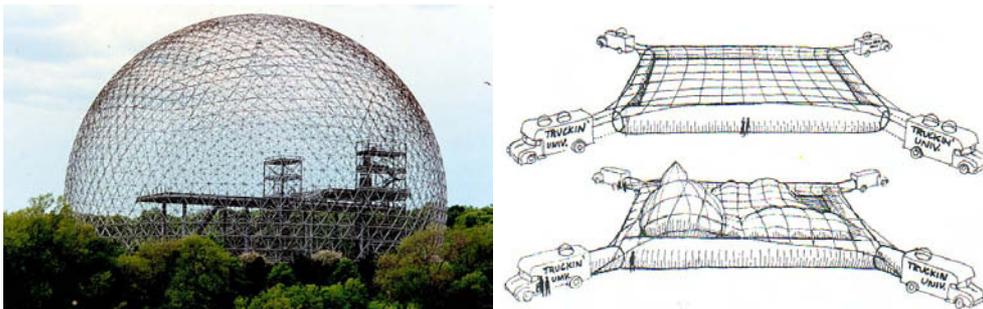


Abb. 4.7.3-b: Fuller Kuppel;

Abb. 4.7.3-c: Die Truckin´ University von Ant Farm, 1970.



Abb. 4.7.3-d: Cushicle von Michael Webb einem Mitglied von Archigram, 1966-67;
Abb. 4.7.3-e: Frei Otto: Movable Guyed Mast

Die Abbildungen zeigen einen Umgang mit beweglichen Konstruktionen. Besonderen Einfluss auf die Entwicklung kinetischer Architektur ist dem Erfinder und Multitalent Leonardo da Vinci zuzuschreiben. Er bot dem Herzog von Mailand, Lodovico Sforza (genannt il Moro²⁶⁵) bereits Ende des 15. Jahrhunderts seine Dienste an. Aus einem Schreiben an ihn kann man entnehmen, welche Ideenvielfalt sich hinter den Erfindungen Leonardos verbarg:

„Erlauchter Gebieter!

Da ich die Proben aller derer, die sich für Meister und Hersteller von Kriegsgeräten ausgeben, nun zur Genüge untersucht und dabei erkannt habe, dass die Erfindungen und Anwendungen der genannten Geräte durchaus nicht ungebräuchlich sind, so will ich mich denn, ohne irgendeinen anderen herabzusetzen, um eine Verständigung mit Ew. Hoheit bemühen, indem ich Ihnen meine Geheimnisse offenbare und sie Ihnen ganz zur Verfügung stelle, um zu gegebener Zeit alle die Dinge auszuführen, die hier unten in Kürze aufgezählt werden:

1. Ich habe Pläne für sehr leichte, aber dabei starke Brücken, die sich ganz leicht befördern lassen und mit denen man den Feind verfolgen und manchmal auch fliehen kann, und solche für andre, feste Brücken, die weder durch Feuer noch im Kampf zerstört und leicht und bequem abgebrochen und errichtet werden können, und auch Pläne, um die des Feindes zu verbrennen und zu zerstören.
2. Ich kann bei der Belagerung eines Platzes das Wasser aus den Gräben ableiten und zahlreiche Brücken, Rammböcke, Sturmleitern und andre zu einem solchen Unternehmen gehörende Geräte machen. (...)
4. Ferner habe ich Pläne für Bombarden, die sich sehr bequem und leicht befördern lassen, mit denen man kleine Steine schleudern kann, fast so, als ob es hagle, und deren Rauch dem Feind gewaltigen Schrecken einjagt, natürlich sehr zu seinem Schaden und seiner Verwirrung. (...)
8. Wo die Wirkung der Bombarden versagt, da werde ich Katapulte, Wurf- und Schleudermaschinen (briccole, mangani, trabucchi) und andre ungebräuchliche Geräte von wunderbarer Wirksamkeit herstellen. Kurzum, ich werde je nach den verschiedenen Umständen allerlei verschiedene Angriffs- und Verteidigungsmaschinen bauen. (...)

²⁶⁵ Der Moor

12. Und wenn irgendeine der oben genannten Sachen irgendjemand unmöglich oder unausführbar erscheinen sollte, so bin ich durchaus bereit zu einer Vorführung in Ihrem Park oder wo Ew. Hoheit wollen. Ich empfehle mich Ihnen untertänigst (...).²⁶⁶
(Abb. 4.7.3-a)

Buckminster Fuller und Frei Otto hatten es sich zur Aufgabe gemacht, systematische Untersuchungen räumlicher Tragwerkkonstruktionen, mit denen sich schnell, kostengünstig und mit möglichst geringer Oberfläche und wenig Material ein größtmöglicher Raum überspannen ließ, durchzuführen (Abb. 4.7.3-b und Abb. 4.7.3-d).

Fullers bekannteste Entwicklung ist sicherlich der US-Pavillon auf der Weltausstellung 1967²⁶⁷ in Montreal. Dabei handelt es sich um eine auf regelmäßigen Vielflächen basierende geodätische Kuppel. Fuller hatte die futuristische Fantasie, ganze Städte darunter einzukapseln. Auch auf dem Gebiet der Tensegrity Konstruktionen (Konstruktionen deren Prinzip auf dem Gleichgewicht aus Zug und Druckkräften basiert) kommt Fuller eine einzigartige Rolle zu.

Auf pneumatischem Weg versuchte Ant Farm mobile Architekturen zu schaffen, die sich an die Urformen menschlicher Behausung²⁶⁸ anlehnten, wobei Zeltstrukturen mit leichten Rahmenkonstruktionen Verwendung finden sollten (Abb. 4.7.3-c).

Mobilität²⁶⁹ in höchstem Maße forderte auch die Architektengruppe Archigram ihren architektonischen Entwürfen ab.

Ohne ausführlich auf die genannten Entwicklungstendenzen einzugehen, kann man festhalten, dass die Eigenschaften kinetischer Architektur in ihrer Fähigkeit zur konstruktiven Bewegung zu suchen ist. Konstruktive Beweglichkeit kann sich verschiedenartig äußern: Eine Konstruktion kann sich zusammenfallen oder auseinander breiten und so Größe und Form verändern. Eine solche Transformation kann sich auf pneumatischem, chemischem, magnetischem, natürlichem oder mechanischem Weg vollziehen. In Verbindung mit der Entwicklung computergesteuerter Steuerungstechnologie und der Möglichkeit zur Fertigung neuer Materialien wie Keramik, Polymere, Gele, textile Stoffe, spezielle Metallverbindungen usw. ist es möglich, sie in Applikationen zur Steuerung von iKS zu integrieren.

Ein anschauliches Beispiel, wie Materialien in den Prozess der Automatisierung integriert werden können, ist der pneumatische Muskel MAS der Firma Festo.

Wie der Name schon sagt, greift MAS auf das Muskel-Prinzip zurück und schafft so einen neuartigen Antrieb auf pneumatischer Basis.

Es handelt sich dabei um eine Innovation, die auf einem rautenförmigen Geflecht aus Aramidfasern beruht, das in einem flexiblen Schlauch eingebettet ist. Durch die Befüllung mit Druckluft entsteht eine große Zugkraft²⁷⁰. Auf diese Weise können in Anlehnung an ihre natürlichen

²⁶⁶ Ullmann, E. (1980), S. 67,68

²⁶⁷ Parallel zum US Pavillon errichteten Frei Otto und Rolf Gudbrod den Deutschen Pavillon.

²⁶⁸ Vgl. Kap. 2.15 *Der architektonische Raum*

²⁶⁹ Vgl. z.B. das "Walking Cities" Projekt von Ron Herron, Archigram, 1964

²⁷⁰ Vgl. <http://www.festo.com>

Vorbilder, wie das fiktive Modell auf der rechten Seite in Abb. 4.7.3-f zeigt, auch ähnliche Leistungen übernommen werden.



Abb. 4.7.3-f: der pneumatische Muskel MAS der Firma Festo.

4.3.7.2 Klassifizierung kinetischer Systeme

Wie aus Abbildung 4.7.3-g hervorgeht, lassen sich nach Michael Fox kinetische Strukturen in der Architektur in drei Kategorien unterteilen: eingebettete kinetische Strukturen, stationäre kinetische Strukturen und dynamische kinetische Strukturen²⁷¹.

Das System selbst kann wiederum nach dem Grad seiner Anpassbarkeit eingeordnet werden. Demgemäß gibt es Systeme mit singulärer oder multivariabler Funktion, wobei eine Steigerung der Komplexität durch die Zuschaltung einer automatischen bzw. heuristischen²⁷² Kontrollinstanz erzielt wird.

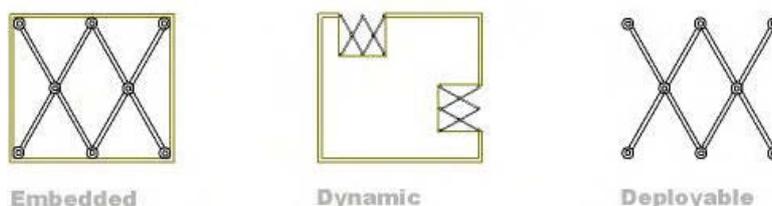


Abb. 4.7.3-g Diagramm kinetischer Typologien in der Architektur aus Fox, M.A.; Yeh, B.P. (1999)

Wenn es darum geht, Bewegung innerhalb eines kinetischen Systems zu steuern, gibt es nach Michael Fox grundsätzlich sechs verschiedene Ansatzpunkte²⁷³, die im Folgenden kurz vorgestellt werden sollen.

²⁷¹ Fox, M.A.; Yeh, B.P. (1999)

²⁷² z.B. durch genetische Algorithmen

²⁷³ Vgl. Fox, M.A.; Yeh, B.P. (1999)

Interne Kontrolle²⁷⁴:

Ein System, das mit einer internen Kontrolleinheit ausgestattet ist, reagiert beispielsweise auf Bewegungen, die in Anbetracht der konstruktiven Belastungen im System entstehen. Hierzu zählen etwa Schiebevorgänge oder das Auffalten einer Faltkonstruktion. Eine interne Kontrolle der Bewegung bietet sich bei portabler Architektur an.

Direkte Kontrolle²⁷⁵:

Bewegung wird aufgrund einer beliebigen Energiequelle ausgeführt, die auf das System einwirkt. Das können Motoren, menschliche Krafteinwirkung oder biomechanische Veränderungen als Folge einer Bedingung aus der Umwelt sein. Einfache Sonnenschutzsysteme können hier als Beispiel herangeholt werden.



Abb. 4.7.3-h: Diagramm einer Direktkontrolle aus Fox, M.A.; Yeh, B.P. (1999)

Indirekte Kontrolle²⁷⁶ Computer gesteuert mittels Sensorrückmeldung: Bewegung wird indirekt mittels einer Sensorrückmeldung erzeugt. Durch das Einwirken auf einen Sensor innerhalb des Systems wird eine Nachricht an eine Kontrolleinheit weitergeleitet, die wiederum ein on/off Signal an eine Energiequelle zum Ausführen einer Handlung weitergibt.

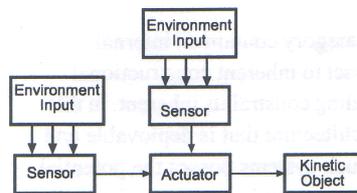


Abb. 4.7.3-i: Diagramm einer indirekten Kontrolle aus Fox, M.A.; Yeh, B.P. (1999)

Reagierende indirekte Kontrolle²⁷⁷:

Das Grundsystem ist das gleiche wie bei einer indirekten Kontrolle, wobei die Kontrolleinheit auf der Basis von mehreren Sensorenauswertungen reagiert. Auf diese Weise können optimierte Entscheidungen zur Ansteuerung der Energiequelle getroffen werden, um eine bestimmte Bewegung auszuführen.

²⁷⁴ Internal Control

²⁷⁵ Direct Control

²⁷⁶ In-Direct Control

²⁷⁷ Responsive In-Direct Control

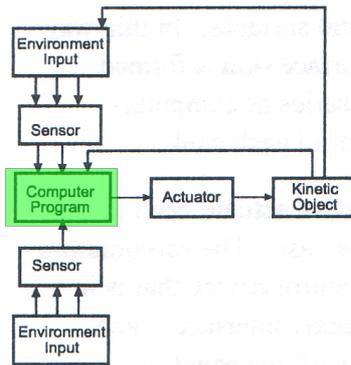


Abb. 4.7.3-j: Diagramm einer reagierenden indirekten Kontrolle in Anlehnung an Fox, M.A.; Yeh, B.P. (1999)

Ubiquitär reagierende indirekte Kontrolle²⁷⁸:

In diesem Fall resultiert die Bewegung aus einer größeren Anzahl autonomer sensomotorischer Einheiten (Sensoren-Aktuatorenpaar), die untereinander in einem Netzwerk verbunden sind. Dieses Vorgehen verlangt jedoch eine Erweiterung des Kontrollsystems, um einen rückkoppelnden Algorithmus, der Vorhersagen machen kann und dabei lernfähig ist.

Ein solches System kann eigenständig funktionieren oder aber, ähnlich wie bei einer Zelle, Bestandteil einer nächstgrößeren Einheit sein.

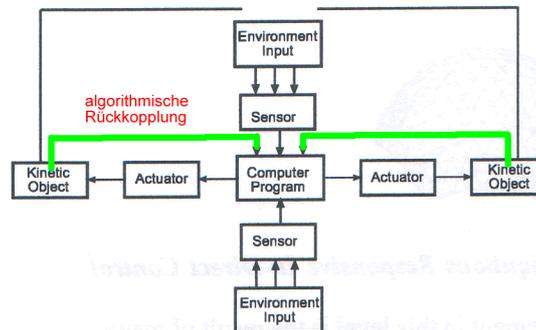


Abb. 4.7.3-k: Diagramm einer ubiquitär reagierenden indirekten Kontrolle in Anlehnung an Fox, M.A.; Yeh, B.P. (1999)

Heuristisch reagierende indirekte Kontrolle²⁷⁹:

Ein heuristisches Kontrollsystem hat die Möglichkeit seine Bewegungen auf der Basis einzelner oder umfassender sensomotorischer Prozesse eigenständig anzupassen, um sich so an ein Ziel quasi heranzutasten. Das System lernt dabei aus erfolgreich durchgeführten Experimenten und erreicht so in Bezug auf die gestellte Aufgabe eine fortwährende Optimierung seiner selbst.

²⁷⁸ Ubiquitous Responsive In-Direct Control

²⁷⁹ Heuristisch Responsive In-Direct Control

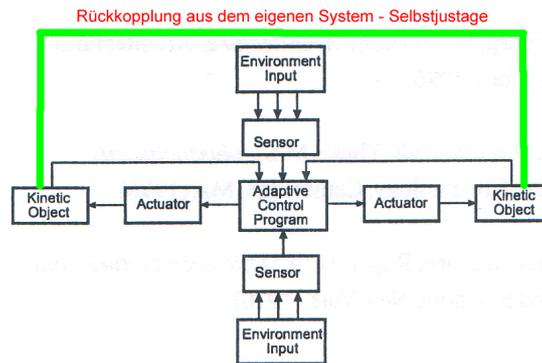


Abb. 4.7.3-I: Diagramm einer heuristisch reagierenden indirekten Kontrolle in Anlehnung an Fox, M.A.; Yeh, B.P. (1999)

Durch die Verwendung von elektronischen Kontrolleinheiten zur Steuerung von Architektur hat man es also mit dem Phänomen zu tun, dass eine mechanische Maschine (Architektur) durch eine nicht-mechanische Maschine (Computer) gesteuert wird. Zum ersten Mal sind nicht nur proportionale Ähnlichkeiten mit dem menschlichen Körper auszumachen, sondern es besteht auch die Möglichkeit zur eigenen Entscheidung. Das denkende Gehirn (Kontrollsystem) kontrolliert die physischen Entitäten aus Haut (Fassade) und Knochen (Statik).

4.3.7.3 Beispiele kinetischer Systeme

Anfänglich wurde gezeigt, dass kinetische Systeme auf den drei Schlüsselementen Statik, Sensortechnologie und adaptiver Architektur basieren. Hierfür bieten sich einige Beispiele an, anhand derer sich Möglichkeiten adaptiver kinetischer Systeme aufgezeigt lassen. Insbesondere Ideen und Prototypen, die aus den interdisziplinären Arbeiten der Kinetic Design Group unter der Leitung von Michael A. Fox hervorgegangen sind, sind hierbei zu nennen.

Interaktive kinetische Fassade

Bei der interaktiven kinetischen Fassade der KDG handelt es sich um eine Installation, die den direkten Kontakt zwischen einer Architekturinstallation und Fußgängern auf der Straße sucht.

Es handelt sich dabei um ein fast 50 Meter langes Band von reagierenden Bugstangen (whiskers), die um ein Gebäude in New York gewickelt sind, um mit den Fußgängern in Kontakt zu treten. Es entsteht so eine technologische Installation, die einer sensiblen Hautschicht des Gebäudes gleichkommt. Sie übernimmt so die Funktionen einer Mensch-Maschinen Schnittstelle.

Ähnlich wie beim Ada-Pavillon funktioniert der Eingang ins System mit Hilfe von Kameras, die menschliche Bewegung festhalten. Die daraus gewonnenen Rohdaten werden weiterverarbeitet und führen zu einer systeminternen Reaktion auf den Besucher. Da sich die kinetische Installation über den Köpfen der Fußgänger befindet, besteht keine Gefahr eines körperlichen Kontaktes mit ihnen. Dennoch versuchen die

einzelnen Holme direkten Kontakt mit dem Nutzer einzugehen, indem sie sich ähnlich einer Wellenbewegung um das Gebäude bewegen und dabei, wie in der Skizze in Abbildung 4.7.3-m ersichtlich, auf die Anwesenheit einer Person aufmerksam machen. Das geschieht auf der Basis von Sensoren, die sich unterhalb jeder Reihe befinden und die einzelnen Holme auf einen bewegten Gegenstand richten.

Die kinetische Fassade übersetzt dementsprechend das Leben auf der Straße auf eine neue architektonische Schicht über den Köpfen der Passanten. Obwohl es sich aufgrund der Entfernung der Fassadenelemente zwar um eine unkörperliche Reaktion des Systems handelt, ist dennoch eine physische Verformung des Systems erreicht worden. Somit sind eindeutig menschliche Handlungen in architektonische Sprache übersetzt worden. Man kann deshalb auch von einer direkten Interaktion zwischen architektonischem Raum und den Menschen auf der Straße sprechen.

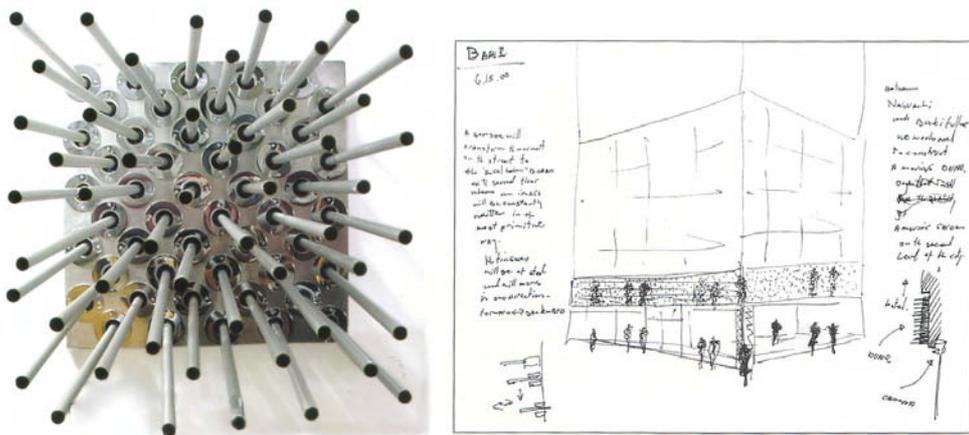


Abb. 4.7.3-m: kinetische Fassade der KDG²⁸⁰.

Eine ähnliche konstruktive Reaktion wird durch einen Prototyp reaktionsfähiger Oberlichter von Michael A. Fox/ KDG erreicht. In diesem Fall handelt es sich um Oberlichter, die in einem Gebäude eingesetzt werden können, um die nötige Belichtung zu gewährleisten.

Die Oberlichter bestehen dabei aus mehreren Klappenelementen, die individuell auf- oder zugeklappt werden können, um auf diese Weise die Belichtungsintensität zu steuern, aber auch Einfluss auf die natürliche Belüftung des Gebäudes zu nehmen. Im Unterschied zur kinetischen Fassade ist hier jedoch die Ursache der konstruktiven Reaktion nicht nur der Mensch, sondern auch die vorherrschenden klimatischen Bedingungen.

Jedes einzelne Oberlicht ist an ein Netzwerk angeschlossen und individuell steuerbar, sodass das Dach als Ganzes ideal an klimatische Gegebenheiten anzupassen ist. Auf ähnlichen Prinzipien (Raumtemperatursensoren, Rauchmelder, CO₂-, Wind- und Regensensoren) basieren auch so genannte intelligente Fassadensysteme, die hier nicht eingehend behandelt werden sollen.

²⁸⁰ Vgl. <http://destech.mit.edu/>

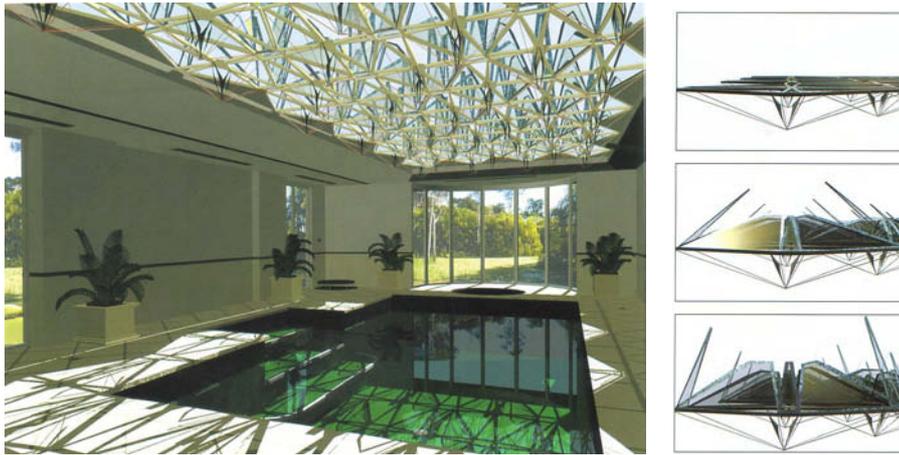


Abb. 4.7.3-n: kinetische Fassade der KDG ²⁸¹

Um den Nutzen für das Gesamtkonzept des Dreikomponentensystems aus Mensch, Raum und Technologie zu prüfen, bleibt nun zu untersuchen, welchen Wert adaptive architektonische Eigenschaften einer Architektur für die Generierung eines multisensuellen Raumes haben.

²⁸¹ Vgl. <http://destech.mit.edu/>

Kapitel 5: Der multisensuelle Raum

In den beiden letzten Abschnitten wurde versucht, einen Überblick über die Möglichkeiten zu geben, die eine Integration von Technologie im Raum offerieren. Es gilt nun diese Erkenntnisse in einen Zusammenhang mit dem Dreikomponentensystem aus Mensch, Raum und Technologie zu bringen, das dieser Arbeit zugrunde liegt.

Was lässt sich also zusammenfassend über die Verwendung von Technologie im Raum in Zusammenhang mit dem Menschen sagen? Damit es zu einem Austausch zwischen Raum und Nutzer kommen kann, bedarf es einer Information, die sowohl vom Nutzer als auch vom Raum interpretiert werden kann. Damit ein Raum Informationen verarbeiten kann, muss er überhaupt erst einmal die Möglichkeit haben, diese auch aufzunehmen. Hierfür sind, wie in den letzten Abschnitten gezeigt wurde, sensorische Prozesse von Nöten. In einem weiteren Schritt geht es darum, die gewonnene Information zu einer Reaktion weiter zu verarbeiten. Hierbei kommen Aktuatoren zum Einsatz. Sie wirken sich auf unterschiedliche Komponenten des Raumes aus.

Man kann also festhalten, dass es sich bei einem Raum, der die Fähigkeiten besitzt, aus seiner Umwelt mittels Sensoren Informationen zu filtern, um diese zu einer Reaktion weiter zu verarbeiten, um einen adaptiven bzw. reaktiven Raum handelt.

Ein Raum, der außerdem aus sich selbst heraus Entscheidungen in Abhängigkeit zu einem bestimmten Ereignis oder einer gewonnenen Information treffen kann, ist ein multisensueller Raum.

Somit unterscheiden sich die Eigenschaften eines multisensuellen Raumes von denen eines reaktiven Raumes vornehmlich in der sensuellen Komponente.

Anhand des Sensorama Simulators von Morton Heilig in Kapitel 4.7.1.4 *Sensorisch, sensuell und aktuatorisch* wurde beschrieben, wie sich der Unterschied zwischen einer sensorischen bzw. aktuatorischen Komponente und einer mit sensuellen Eigenschaften manifestiert. Man kann sagen, dass sich die sensuelle Komponente eines Raumes dahingehend auszeichnet, dass Informationen mittels Sensoren aus der Umwelt entnommen werden, um im System zu einer selbstständigen Reaktion¹ in Bezug auf die Umwelt weiterverarbeitet zu werden. Dieser Vorgang beschreibt die reaktiven Fähigkeiten eines multisensuellen Raumes.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, eine eigenständige Aktion auszuführen, um dadurch eine Reaktion aus der Umwelt zu erhalten, die dann wiederum mittels reaktiven Fähigkeiten verarbeitet werden kann. Dieser Vorgang beschreibt die aktiven Fähigkeiten eines multisensuellen Raumes.

Inhalt dieser Arbeit ist es, grundlegende Bezüge zwischen Mensch, Raum und Technologie herzustellen, um Aussagen und Orientierungspunkte für den multisensuellen Raum zu liefern. So befindet sich das dreiwertige System auf dem Weg zu einem Kräftegleichgewicht – einem

¹ Das beinhaltet auch die Fähigkeit darüber zu entscheiden, ob überhaupt eine Reaktion vollzogen wird.

Informationskreislauf zwischen Mensch, Raum und Technologie. Es ist daher nicht von der Hand zu weisen, dass eine architektonische Bestandsaufnahme - als Positionsbestimmung und Chancenauswertung des architektonischen Raumes inmitten dieser Entwicklung - eine sinnvolle Aufgabe darstellt.

Welche Strecke bereits auf diesem Weg zurückgelegt wurde, ist einerseits abhängig vom Grad der Anpassungsfähigkeit durch den Raum bzw. das System und andererseits von der Akzeptanz dieses Systems oder Raumes beim Menschen.

Deshalb soll nun noch einmal aufgelistet werden, welche Voraussetzungen gewährleistet sein müssen, damit es zu einer multisensuellen Situation kommen kann.

5.1 Voraussetzungen für eine multisensuelle Situation

Der unmittelbar umgebende Raum, als direkter Ort des Lebens oder bergende Höhle des menschlichen Körpers, folgt dem Menschen beständig und ist fortwährend da. Grundlagenforschung auf diesem Gebiet ist daher als wichtiger Bestandteil anthropologischer Forschung einzustufen. Voraussetzung einer Interaktion zwischen Mensch und Raum ist nichtsdestoweniger das Vorhandensein beider Komponenten.

- Raum muss an einem definierten Ort vorhanden sein. Aus den historischen Analysen des zweiten Kapitels geht hervor, dass hierfür vor allem natürliche Gegebenheiten verantwortlich sind. Sie ermöglichen eine eindeutige Bestimmung der Position des natürlichen Achsensystems Mensch. Besonders verkörpert die Schwerkraft eine derartige natürliche Gegebenheit. Sie ist die erste Richtung im Raum, die im Bezug zum Menschen steht. Sie wirkt sich als universelle und dauernd wirksame Konstante aus und ist eine der ursprünglichsten Faktoren für Reaktionen von Lebewesen auf diesem Planeten. Zusammen mit weiteren kosmischen Elementen wie Sonne oder Mond ordnen sie die gesamte räumliche Umgebung einer Person. Architektonische Elemente bilden den baulichen Kontext einer Situation.
- Andererseits ist es nötig, dass der Mensch sich des Raumes bewusst ist, was zwar die Fähigkeit zur Wahrnehmung von Raum voraussetzt aber *nicht* gleichzeitig verlangt, dass der Raum materieller Natur ist.
Wichtig ist eher, dass es zu einem Bezugsverhältnis zwischen beiden kommt, in Betreff auf eine multisensuelle Situation.
- Als Möglichkeit der Interaktion mit dem Raum verlässt sich eine Person auf die ihm zur Verfügung stehenden Wahrnehmungssysteme. Sie vermitteln ihr ein Gefühl für den Raum, in dem sie sich befindet, und analysieren ständig dessen Eigenschaften.

Wie im dritten Kapitel gezeigt wurde, geht es dabei um so genannte räumliche Eigenschaften. Sie drücken sich in vielerlei Ebenen aus, sodass nicht nur bewusst, sondern auch unterbewusst wahrgenommen wird.

Die individuelle Interpretation dieser Daten erschwert dabei eine verlustfreie Transkodierung in pure Information, die aber nötig ist, um ein technologisches System eindeutig anzusprechen.

Aus diesem Grund versucht die Wissenschaft Wege zu finden, mit diesen individuellen Faktoren umzugehen. Das geschieht mithilfe adaptiver Kontrollinstanzen, die menschliches bzw. tierisches Verhalten nachahmen und bewerten. Als Ergebnis können Reaktionen durch ein künstliches System generiert werden. Auch Architektur, die an ein solches System angekoppelt ist, wird reaktiv².

Architektonische Reaktionen beziehen sich entweder auf Ereignisse, die aus dem Kontext entstehen³ oder auf Personen bzw. Personengruppen. Demgemäß kann sich das Adaptionsvermögen eines Raumes auch verschiedenartig auswirken. Allgemein lässt sich jedoch ein Unterschied zwischen körperlicher und unkörperlicher Adaption erkennen. Der Unterschied ist offensichtlich im haptischen Potenzial des Informationsaustauschs zwischen Mensch und Raum zu suchen. Bemerkenswert daran ist, dass die Behandlung haptischer Aspekte im allgemeinen Architekturdiskurs kein Standarddiskussionspunkt darstellt. Sie werden in Abschnitt 5.4 *Atmosphäre und Adaption* dieses Kapitels nochmals behandelt.

Man kann davon ausgehen, dass in der Nähe zum Menschen Möglichkeiten einer zukünftigen Architektur zu suchen sind. Als Beispiel wurde die menschliche Haut als ambivalentes Organ vorgestellt. Sie ist eine permeable Membran, deren Aufgabe darin besteht, einerseits zwischen der Außenwelt und der Innerlichkeit des menschlichen Körpers zu trennen, aber andererseits zwischen beiden Zuständen zu vermitteln. Es liegt also nah, in diesem Kapitel eine Auswahl zukunftsfähiger Materialien vorzustellen, die einem Vergleich mit menschlichen Organen standhalten und folglich für eine Verwendung für zukünftige Räume prädestiniert sind.

5.2 Die Substanz des multisensuellen Raumes

Generell lässt sich sagen, dass Materialien unterschiedliche Eigenschaften haben und demgemäß auch unterschiedliche Aufgaben übernehmen können. Eine optimale Verwendung eines Materials setzt dabei eine bestmögliche Ausnutzung der dem Material entsprechenden Eigenschaften voraus. Ein Stein zeichnet sich beispielsweise dadurch aus, dass er die Fähigkeit zur Aufnahme von Lasten besitzt, die in das Material eingeleitet werden und so im Material selbst Druck erzeugen. Stahl oder Bambus hingegen vermögen neben Druck- auch Zugkräfte aufzunehmen, was ein völlig anderes Spektrum bei der Verwendung des Materials eröffnet. Ähnliche Anforderungen lassen sich auch auf ein Material in Bezug auf seinen multisensuellen Wert erkennen. Im Verlauf dieser Arbeit wurde bereits Materialgruppen vorgestellt, die für eine Verwendung hinsichtlich adaptiver Räume in Frage kommen. Sie

² Vgl. Kap. 4.7.3.2 *Klassifizierung kinetischer Systeme*

³ Die Rede ist etwa von klimatischen Ereignissen. Intelligente Fassadensysteme reagieren beispielsweise auf mittels Sensoren auf Regen, Temperatur, Feuchtigkeit, Wind oder Sonne.

heißen intelligente bzw. „smarte“ Materialien und zeichnen sich insbesondere durch ihre reagiblen Fähigkeiten aus. Intelligent in diesem Zusammenhang beschreibt hier jedoch noch nicht die Fähigkeit zur eigenständigen Entscheidungsfindung in Abhängigkeit einer sich verändernden Situation, sondern das sensorische oder/und aktuatorische Potenzial eines Materials.

Phasen verändernde Materialien (PCM)⁴, Form verändernde Materialien und elektronisch reagible Materialien sind ferner von Belang. Sie bilden gewissermaßen die adaptive Substanz eines multisensuellen Raumes und sollen in Hinblick auf ihre Eignung hinsichtlich adaptiver Architektur eingeordnet werden und einen ersten Schritt in Richtung des multisensuellen Raumes aufskizzieren. Hierfür sei auf einen Beitrag⁵ von Sabine Kraft aufmerksam gemacht. Er spiegelt auf übersichtliche Weise den derzeitigen Stand der Forschung auf dem Gebiet der Werkstoffentwicklung wieder.

Kraft unterteilt ihre Analyse in sieben Fallstudien⁶, um die Relevanz der verschiedenen Materialien für das Bauen zu prüfen. Sie beschränkt sich dabei vor allem auf den Leichtbau und die Analyse der dort zum Einsatz kommenden Leichtbaumaterialien wie Kunststoff und Beton.

5.2.1 Materialien

Es zeichnen sich drei Hauptgruppierungen ab: Komposite, Schäume und Oberflächentechnologien.

Komposite:

Zu der Gruppe der Komposite gehören beispielsweise Faser- oder Textilbeton, lichtdurchlässiger Beton, faserverstärkte Kunststoffe und die bereits genannten PCMs.

Dabei handelt es sich um ein Material, das seinen Aggregatzustand ändert. Neben einer Verwendung im Bau kommen derartige Konzepte auch in der Textilindustrie, z. B. in der Sportbekleidung⁷ zum Einsatz. In Jacken werden etwa kleine PCM-Kapseln eingearbeitet, die flüssig werden, sobald der schwitzende Körper sie erhitzt. Sie speichern diese Wärme zunächst. Sobald es kälter wird, kristallisieren sich die Kapseln und geben die dadurch entstehende Energie - wie eine Heizung - in Form von Wärme wieder ab. Ihre Funktionalitäten sind auf Temperaturregulierung, Feuchtigkeitsschutz oder Elastizität ausgerichtet und kommen z. B. als Textilbeschichtungen vor. Man spricht diesbezüglich von einer Latentwärmespeicherung. Auch in der Architektur kann durch die Erweiterung der thermischen Masse das physikalische Verhalten von Baustoffen manipuliert werden. b

⁴ Phase Change Materials

⁵ Kraft, S. (2005)

⁶ Fallstudie 1: Faserbetone, Fallstudie 2: Faserverstärkte Kunststoffe, Fallstudie 3: Phase Change Materialien, Fallstudie 4: Geschäumte Materialien, Fallstudie 5: Nanowerkstoffe und Nanobeschichtungen, Fallstudie 6: Leuchtende Flächen, Fallstudie 7: Smart Materials in Kraft, S. (2005), S. 29-76

⁷ z.B. Lurapret® Phase Change Materials von BASF vgl. <http://corporate.basf.com>

Schäume:

Eine weitere Gruppierung mit hohem Zukunftspotenzial sind die Schaumwerkstoffe. Mit ihnen können äußerst leichte Tragstrukturen geschaffen werden, sodass sie der denkbar ökonomischste Weg sind, den das Leben im Umgang mit Material gefunden hat. Schaum steht für die Ursprünge des Lebens. Lynn Margulis schreibt: „Schaumblasen sind die ersten Abgrenzungen des Innen und gelten als Vorläufer stoffwechselnder Zellen.“⁸ Aufgrund ihres Entstehungsprozesses zeichnen sich Schäume durch ihre organische Formensprache aus. Man kann deshalb auch von einer regelmäßigen Unregelmäßigkeit natürlicher Schäume sprechen. In natürlichen Gegebenheiten kommen Schäume oftmals dann vor, wenn es darum geht, besondere strukturelle Leistungen zu übernehmen. Ersichtlich wird das etwa in Stammstrukturen hoch gewachsener Pflanzengattungen.

Im Bau kommen geschäumte Materialien beispielsweise in Form von Dämmstoffen, Zuschlagstoffen (Blähbeton) oder Leichtbauplatten zum Einsatz. Ihre Verwendung ist normalerweise verdeckt. Aber auch der ornamentale Wert einer sichtbaren Schaumstruktur wird immer öfter erkannt. Als architektonische Beispiele sind Entwürfe von OMA zu nennen (Abb. 5-a).

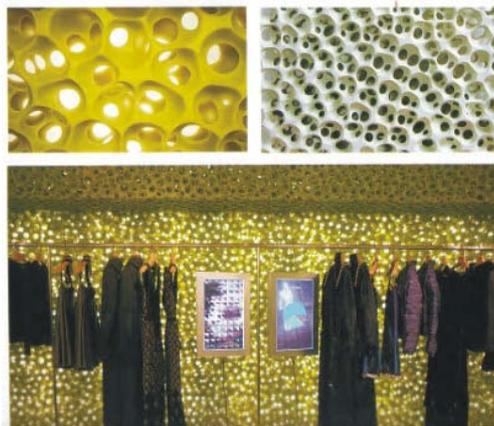


Abb. 5-a: Prada New York, OMA aus Taraz-Breinholdt, S. (2005), © Bilder: Phil Meech bzw. OMA

Oberflächentechnologien:

Die Gruppe der Oberflächentechnologien beinhalten Smart Materials und das weite Feld der Nanowerkstoffe und Nanobeschichtungen. Werkstoffe verändern im Nanomaßstab ihre mechanischen, optischen, elektrischen, magnetischen und chemischen Eigenschaften.

Im Bau kommen vor allem Beschichtungen zum Einsatz. Dabei spielt es keine Rolle, welches Material beschichtet werden soll⁹, aus welchem Material diese Beschichtung ist und welche Oberflächeneigenschaften sie bekommen soll. Um darauf Einfluss auszuüben, kann man auf unterschiedliche Beschichtungen aus anorganischen und organischen Stoffen zurückgreifen.

⁸ Vgl. Margulis, L. (1999) in Taraz-Breinholdt, S. (2005)

⁹ Glas, Stein, Holz, Kunststoff oder Keramik

Beschichtungen können auch als aktiv bezeichnet werden. Das heißt, sie können auf äußere Einwirkungen reagieren und die Trägermaterialien mit wechselnden Eigenschaften versehen, was sie für einen direkten Kontakt mit dem Menschen interessant macht.

Die Rede ist von Smart Materials. Sie können Form veränderbar, Phasen veränderbar und Viskosität verändernd, Adhäsion verändernd, Farben verändernd, Licht aktiv und Licht bzw. Elektronen emittierend sein¹⁰.

Daraus folgt, dass eine Veränderbarkeit des Materials sich auf die Form oder Gestalt, den Aggregatzustand, sein Adhäsionsverhalten und - durch Veränderung der Lichttransmission (Lichtabsorption und/oder Lichtreflexion) - auch auf sein Farbverhalten auswirkt und dementsprechend für einen vielseitigen Einsatz in der Architektur in Frage kommt. Detailliert auf alle Eigenschaften einzugehen, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, ist aber auch nicht ihr Ziel.

Es geht vielmehr darum, den sinnvollen Einsatz von multisensuellen Räumen zu überdenken. Gemäß dem Dreikomponentensystems ist es daher logisch, direkte Bezüge zum Menschen zu analysieren.

Es geht also vorwiegend um eine Verwendung in statischen bzw. konstruktiven Bereichen eines Raumes, die in direktem oder indirektem Austausch mit dem Menschen stehen. Das heißt, es geht um tragende Komponenten, sowie Decken, Böden, Wände und so genannte Übergangselemente, die für eine räumliche Organisation von Belang und daher für einen Informationsaustausch mit dem Menschen geeignet sind. Im Verlauf der Arbeit wurde festgestellt, dass in Bezug auf einen körperlichen und unkörperlichen Kontakt mit Raum so genannte räumliche Schnittstellen entstehen¹¹. Sie entstehen aus dem menschlichen Verhalten – den Spurlinien menschlicher Handlungen. Demgemäß liegen hier auch multisensuellen Möglichkeiten eines Informationsaustausches. Nicht jeder Raum ist dafür geeignet, mit adaptiven Fähigkeiten bedacht zu werden. Es gibt Situationen, in denen die Architektur nach einer statischen Lösung verlangt und sich bewusst gegen eine Anpassungsfähigkeit stellt, um so optimal auf das menschliche Wirken im Raum einzugehen. Architektur widersteht der menschlichen Vergänglichkeit und unterliegt einem anderen Rhythmus von Zeit.

Im Grunde nimmt sie eine gewisse Antihaltung gegenüber Anforderungen adaptiver Architekturen ein. Das Individuum verliert dabei zugunsten der Gesellschaft an Bedeutung. Aus diesem Grund stellen sakrale Architekturen eine der kompliziertesten Entwurfsaufgaben dar. Sie haben die Aufgabe, zwischen einer unendlichen Absolution und der endlichen Dimension des Menschen zu vermitteln. Die Wirkung eines Raumes muss gleichzeitig beflügeln und unterordnen. Raum hat zu organisieren. Folglich stellt sich die Frage, welche Faktoren eine Adaptivität von Architektur verlangt und welche nicht.

5.2.2 Zeitlichkeit

Zunächst einmal kann man feststellen, dass sich adaptive Architekturen bezüglich ihrer kinetischen Eigenschaften an mobilen Architekturen aus

¹⁰ Vgl. Haase, W. (2005)

¹¹ Vgl. Kap. 4.6 *kontextsensitive Systeme im Raum*

der Vergangenheit orientieren. Im letzten Abschnitt des vierten Kapitels wurde gezeigt, dass der Mensch fortschreitend auf einen Fundus mechanisch mobiler Architektur zurückgreift, der deshalb auch als entscheidender Impuls für mobile Architektur angesehen werden kann. Der Sinn einer mobilen Architektur liegt in ihrem Nutzen, der meist ein temporärer ist. Es leuchtet daher ein, dass temporäre Architektur oftmals leichte Konstruktionen sind, die auf sich verändernde Randbedingungen reagieren müssen. Daher bietet es sich an, mobile Elemente zu verwenden, die justier- und recycelbar sind. Der Aufbau einer solchen Konstruktion sollte einen möglichst geringen Eingriff in die Situation darstellen und wenig Auswirkung auf die Situation nach dem Abbau haben.

Eine Architektur kann aber auch - wie weiter oben bereits angesprochen - statischer Natur sein. Die verwendeten Materialien, die Bauweise und das Nutzungskonzept sind dann für eine permanente Verwendung konstruiert. Ein solches Gebäude hat die Eigenschaft, „in Würden altern zu können“, indem es zwar auf äußerliche Veränderungen reagiert - es setzt altersbedingte Patina an - ohne jedoch seine Gestalt zu verlieren. Architektur bekommt somit ikonografische Bedeutung und wird zum Spiegel der Zeit.

Man könnte sagen, dass genau diese Tatsache Architektur auf eine andere Stufe als das menschliche Dasein bringt. Indem Architektur die Zeit, die durchschnittlich einem Leben gegeben ist, überdauert, reift in ihr gewissermaßen Ruhe und Erhabenheit, die das menschliche Verlangen nach Halt und Geborgenheit erfüllt. Der Mensch sucht Rast, Gewohnheit und Zeitlosigkeit in Bauwerken.

Verändert sich eine Architektur in ihrer Gestalt, so besteht die Gefahr, dass die Geschichte, die in ihr geborgen liegt, verfälscht wird, was zur Folge hätte, dass ihre Wirkung nicht mehr aus der Architektur selbst, sondern zum großen Teil aus ihrem Umfeld käme. Demzufolge bestünde Architektur nur noch aus einem reaktionären Verhalten. Das käme dem Verlust der eigenen vermittelnden Qualität gleich.

Ist auch das Umfeld das Ergebnis einer adaptiven Situation (eine Ansammlung adaptiver Architekturen mit kinetischen Eigenschaften), so könnte sich das Problem auf eine ganze Stadtsituation ausweiten. Eine Stadt könnte dadurch ihre Einzigartigkeit verlieren. Denkt man aber im Sinne Gary Browns in einem zweiten Schritt darüber nach, so ist eine Stadt nie mehr als das Ergebnis einer zeitlichen Existenz von Dingen¹². Gary Brown ist der Ansicht, dass eine Stadt sich als ein Einzelbild in einem animierten Wachstum angepasster Lösungen versteht, das sich von einem überpositionierten Zustand in den nächsten bewegt. Diese Bewegungen, so schreibt Browns, decken die Muster der Strategien einer Stadt und folglich den Kreislauf von Geschehnissen auf, der ihre Diesheit (Haecceitas) bestimmt und die einzigartige Existenz einer Stadt so einmalig macht. Formen sind zeitlich und flüchtig¹³.

Also wäre es falsch, bei einer statischen Architektur von einer Kontraposition gegenüber Zeitlichkeit und Mobilität zu sprechen. Es erscheint sinnvoller, die Rolle einer Architektur in die Dimension eines Menschenlebens und dessen Handeln zu bringen, um so eine

¹² Vgl. Brown, G. (2003), S. 5

¹³ Brown, G. (2003), S. 5

Bezugsgröße für Bestand, Geschichte und Wandel – also Mobilität und Statik - zu bekommen.

Ein derartiges Bezugssystem liegt dieser Arbeit in Form des Dreikomponentensystems aus Mensch, Raum und Technologie bereits vor. So gesehen kann man durchaus sagen, dass es architektonischen Raum gibt, der gegenüber dem Menschen, einer Epoche, einem Ereignis oder einer Geisteshaltung statisch oder aber mobil bzw. temporär ist. Es leuchtet ein, dass durch die Veränderung menschlichen Handelns zum Beispiel durch kürzere Taktzeiten in Arbeitsprozessen auch die zeitliche Komponente in Bezug auf die zu verrichtende Arbeit eine andere wird. Das heißt, dass ein Mensch, der in der gleichen Zeit mehr vollbringt und leistungsfähiger bzw. schneller arbeitet auch andere Ansprüche an den architektonischen Raum um ihn herum stellt. Natürlich lässt sich dabei nicht sagen, ob der Mensch auch leistungsfähiger, sprich produktiver lebt. Hier liegt die Berechtigung anpassungsfähiger Räume.

Würde man die arbeitsbezogene Produktivität eines Menschen als Barometer für die Konzeption eines Raumes heranziehen, welcher Raum stünde dann einem Philosophen offen? Seine Arbeit kennt kein materielles Ergebnis, kann aber dennoch ein dunkles Kämmerlein¹⁴ in eine strahlende Kathedrale verwandeln. Er schafft sich ideologischen, geistigen Raum zum Leben. Zu dieser Kategorie kann auch die Proxemik¹⁵ eines Menschen gezählt werden. Sie umgibt ihn als Aureole und ist eine Möglichkeit, mit den psychologischen Attributen des Menschen umzugehen. Auf sie wird in Abschnitt 5.4 erneut eingegangen.

5.2.3 Faktoren für einen multisensuellen Raum

Im Verlauf dieser Arbeit wurde versucht, über die Beziehung zwischen Raum und Mensch zu reflektieren, um daraus Regeln für den multisensuellen Raum zu gewinnen. Dabei hat sich gezeigt, dass die Verschiedenheit der menschlichen Komponente im Bezugsverhältnis zwischen Mensch und Raum allgemein gültige fixe Bestimmungen eines multisensuellen Raumes verhindert.

Um dennoch Richtlinien für die Räume der Zukunft zu erarbeiten, bot es sich an, sich der Errungenschaften herkömmlicher Räume zu bedienen. Die Säulen der klassischen Architekturtheorie wurden im Kapitel 2.16 *Der architektonische Raum* vorgestellt.

Dort ist die Rede von den drei vitruvianischen Grundprinzipien der Architektur, die da Schönheit (*Venustas*), Stabilität (*Firmitas*) und Nützlichkeit (*Utilitas*)¹⁶ sind. In die heutige Zeit übersetzt kann man hinsichtlich einer aktualisierten Raumontologie von der

- Funktion,

¹⁴ Das bedeutet jedoch nicht, dass er auf das kleine Kämmerlein angewiesen ist, um wirken zu können.

¹⁵ Vgl. Kap. 3.3.5 *Die Proxemik-Theorie nach Edward Twitchell Hall*

¹⁶ Haec autem ita fieri debent, ut habeatur ratio firmitatis, utilitatis, venustatis. Firmitatis erit habita ratio, cum fuerit fundamentorum ad solidum depressio, quaque e materia, copiarum sine avaritia diligens electio; utilitatis autem, <cum fuerit> emendata et sine inpeditione usus locorum dispositio et ad regiones sui cuiusque generis apta et commoda distributio; venustatis vero, cum fuerit operis species grata et elegans membrorumque commensus iustas habeat symmetriarum ratiocinationes.

- der architektonischen Erscheinung,
- ihrer Identität,
- Sicherheit,
- Flexibilität,
- Wirtschaftlichkeit und
- Nutzerfreundlichkeit

sprechen.

Entsprechend gibt die Funktion Auskunft über den Nutzen einer Architektur. Die Effizienz, mit der sie diesen Aufgaben gerecht wird, beschreibt den funktionellen Wert einer Architektur.

Die architektonische Erscheinung hingegen beschreibt räumliche Eigenschaften bzw. das visuelle Konzept als formale Antwort einer architektonischen Absicht. Zu nennen sind etwa Größe, Material bzw. Struktur, Geometrie und Organisation, Proportionen, Symbolik, Ornamentik und Farbe. Sie sind auch verantwortlich für die Identität und den sozialen Wert einer Architektur in Bezug auf ihre Beziehung zur Gesellschaft. Das beinhaltet sowohl ihre kulturelle Position im lokalen wie im internationalen Kontext.

Das konstruktive Potenzial einer Architektur wird hingegen durch die Flexibilität auf der einen und Standhaftigkeit des eigenen Systems¹⁷ gegenüber äußeren und inneren Einflüssen auf der anderen Seite bestimmt.

Ökologische und wirtschaftliche Faktoren bestimmen den Energieverbrauch und die zu erwartenden Kosten eines Gebäudes.

Besondere Bedeutung kommt der Nutzerfreundlichkeit zu. Ihr bestmöglich gerecht zu werden, beschreibt die Aufgabe eines Architekten.

Nutzerfreundlichkeit unter raumontologischen Gesichtspunkten zieht weite Kreise. Um der sensuellen Analysen von Räumen in dieser Richtung eine Grundlage zu schaffen, ist es deshalb nötig, neben ergonomischen auch psychologische Komponenten zu betrachten. Findet man nämlich Antworten darauf, was den heutigen Menschen ausmacht, so können im Gegenzug Aussagen über Räume gemacht werden, denen es gelingt, diesen in sich aufzunehmen.

5.2.4 Der Techno-Nomade als Maßstab

Es wurde zu Beginn dieser Arbeit darauf hingewiesen, dass die Verwendung technologischer Komponenten im Raum nur einen kleinen Teil der Bevölkerung auf diesem Planeten ansprechen wird. Der größere Teil wird jedoch weniger damit beschäftigt sein, eine optimale Befriedigung seiner alltäglichen Bedürfnisse durch die Ausbildung eines neuartigen Raumes unter Einbeziehung ambienter Technologien zu ermöglichen. Ihm geht es eher darum, primäre Funktionen des Lebens zu meistern. Hierzu zählt vor allem die Möglichkeit, seine Nächsten und sich selbst vor äußeren Einflüssen jeglicher Art zu schützen. Das können Sonnenstrahlen, eine Naturkatastrophe oder die Gefahr vor Feinden oder wilden Tieren sein. Ohne einen bergenden Raum sähe sich der Mensch den Gefahren des Lebens schutzlos ausgesetzt. Demgemäß ist der Raum

¹⁷ Wie z. B. der Betriebssicherheit der Gebäudetechnik

noch immer als Urform menschlichen Schutzes zu betrachten - gleichsam Platons Amme, bereit mit Dingen gefüllt zu werden.

Für den fortschrittlichen Techno-Nomaden¹⁸ hingegen sind es inzwischen viele Dinge geworden, für die der Raum „Raum“ bieten muss. Er formt einen neuen Maßstab für die Architektur.

Ein Großteil des Nomadenlebens wird von Technologieformen gesteuert, die ihren Nutzern den Zugang zu einem weltweiten Informationsnetzwerk gestatten. Die Rede ist von einer technologischen Elite, wie sie Brown bezeichnet, die heranwächst und ihre Autarkie aus dem Austausch von Information bezieht.

Eine Informationssperre käme einer physischen oder politischen Grenze für einen herkömmlichen Nomaden sehr nahe¹⁹.

Man kann sagen, dass auch der moderne Nomade an Grundbedürfnisse gebunden ist, die ihn nach wie vor sozial binden. Um Erkundungen oder Expeditionen zu unternehmen, ist er an eine Plattform - eine Basis - gebunden, die als Start und Zielpunkt seines Daseins fungiert. Diese Plattform ist einer sozialen Infrastruktur angeschlossen und ist obligatorische Kontaktadresse z. B. für Banken oder Verwaltung. Sie liefert Kontakte, Energie und bleibt physisch auffindbar.

Man kann also sagen, dass eine Architektur, die den Ansprüchen dieser Zielgruppe gerecht werden will, technologisch reagieren muss. Es würde sich daher anbieten von adaptiven Informationsräumen zu sprechen.

(Abb. 5-b)

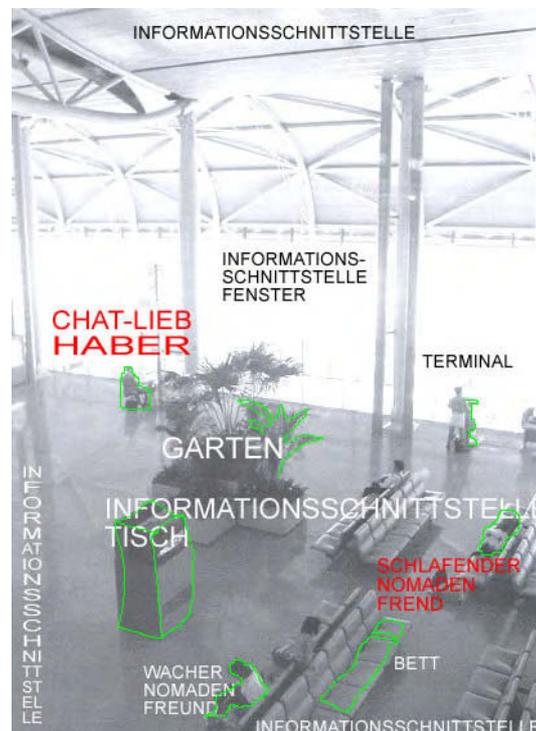


Abb. 5-b: Nomaden Schnittstellen am Beispiel KANSAI International, Architekt Renzo Piano

¹⁸ Vgl. Brown, G. (2003)

¹⁹ Vgl. Brown, G. (2003)

Interessant sind diesbezüglich infrastrukturelle Knotenpunkte, wie z. B. ein Flughafenterminal. Die Möglichkeit zum Austausch von Information wird hier unabdingbar sein.

Auch im Bereich von Dienstleistungen kann man mit großer Sicherheit davon ausgehen, dass anpassungsfähige Informationsräume den gängigen Desktop Computer ersetzen werden. Anstatt des Bildschirms werden Elemente im Raum kommunikative Aufgaben übernehmen können. Die Rede ist von IuK-Technologien²⁰, die als räumliche Schnittstelle zwischen Raum und Mensch fungieren.

5.3 Konstruktive Ansätze und Ausblicke für einen multisensuellen Raum

Will man erreichen, dass eine Anpassung an den stetigen Trend gewährleistet ist, so wird sich die Integration moderner Kommunikationstechnologien in bauliche Elemente als konstruktiver, funktioneller und ästhetischer Knackpunkt erweisen. Das liegt vorwiegend daran, dass bisher kein ausreichender Installationsraum für Montage und Wartung bzw. Updates der Komponenten zur Verfügung steht.

Demgemäß sollte über Lösungen nachgedacht werden, die sowohl ästhetisch als auch funktionell auf diesen Missstand eingehen.

Ein Ansatz besteht darin, ein „Raum im Raum Verfahren“ zu konzipieren, das unabhängig von vorhandenen (Primär-) Konstruktionen bleibt und somit als unabhängige Schicht mittels einer (Sekundär-) Konstruktion einen neuen Innenraum formt. Die Vor- und Nachteile liegen klar auf der Hand:

Einem erhöhten Raumbedarf durch die Ausmaße der Sekundärkonstruktion steht ein modernes Raumkonzept, die Renovier- und Erweiterbarkeit und der Austausch bzw. die Möglichkeit eines Updates der technologischen Komponenten gegenüber.

Entwicklungen in diesem Bereich orientieren sich an herkömmlichen Systembauweisen²¹. Sie erlauben eine kurzfristige Montage und ermöglichen eine Umstrukturierung des Bestandes auf einen aktuellen technologischen Stand.

Besonders zu empfehlen wäre dementsprechend eine Tragkonstruktion (vgl. Abb. 5-c), die aus einer elementierten Bauweise mit wenig differierenden Detaillösungen (vgl. Abb. 5-c) bestünde.

²⁰ Informations- und Kommunikationstechnologien

²¹ z.B. im Trockenbau

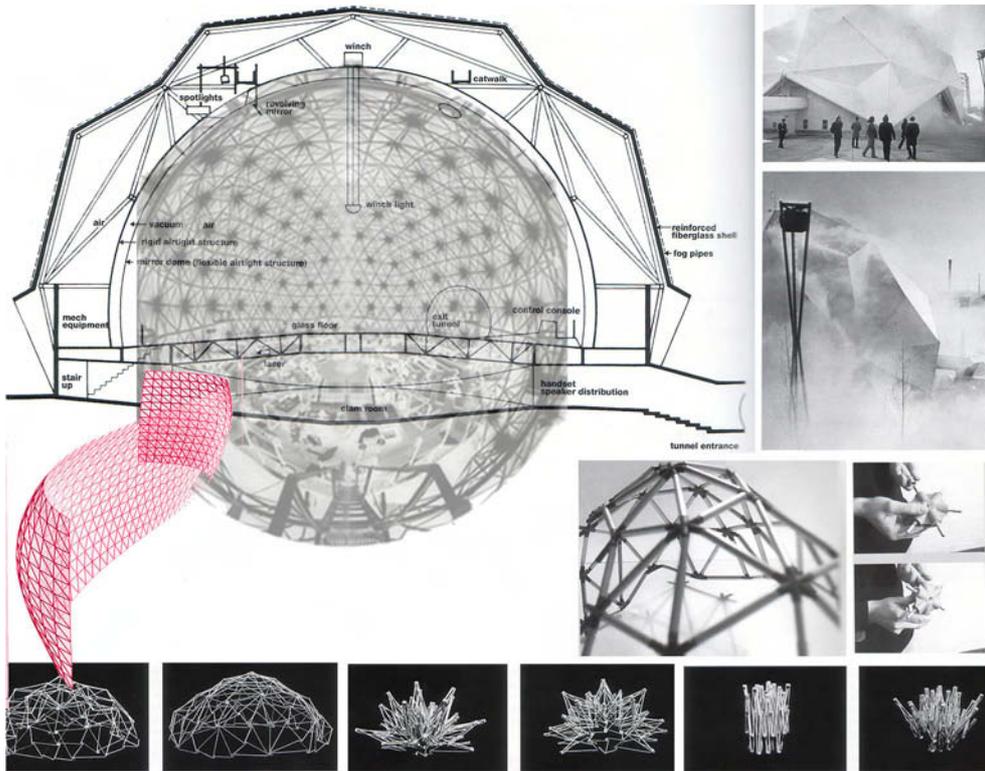


Abb. 5-c: Mögliche Tragkonstruktionen für eine multisensuelle Schicht in herkömmlichen Räumen. Kollage in Anlehnung an internationale Beiträge zur Expo 70 in Osaka (Architekten: Fritz Bornemann, Experiments in Art and Technologie), jüngere Messekonzepte und Falstudien Santiago Calatravas. (Bilder in Anlehnung an Sigl, P. (2000) und Kraft, S.; Kuhnert, N.; Uhlig, G. (2002))

Konzepte, die hierfür geeignet wären, existieren bereits und kommen etwa im Messebau zum Einsatz (vgl. Abb. 5-c). Sie entsprechen den neuesten Erkenntnissen auf dem Gebiet der Produktionstechnik²². Man geht davon aus, dass vor allem die Wandlungsfähigkeit des Produktionsprozesses und eine variantenreiche Serienproduktion in der Zukunft Erfolg haben werden.

Die Vorteile einer variantenreichen Konstruktion liegen - neben einer enormen Anpassungsfähigkeit an vorhandene Strukturen - vor allem in einer nachhaltigen Wirtschaftlichkeit²³ durch die Möglichkeit der

²² Im Gegensatz zur Massenproduktion mit großen Stückzahlen geht der Trend, wie aus Ergebnissen des Sonderforschungsbereichs 467 des DFG am Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart hervorgeht, in Richtung neuer Produktionsformen. Dabei ist die Rede von einer variantenreichen Serienproduktion mit geringerer Stückzahl. Wie aus dem Forschungsprojekt hervorgeht, werde angesichts turbulenter Unternehmensumfelder Wandlungsfähigkeit zunehmend zum Erfolgsfaktor produzierender Unternehmen. Deshalb ist auch die Erarbeitung von Modellen, Methoden und Verfahren zur Erhöhung der Wandlungsfähigkeit in produzierenden Unternehmen erklärtes Ziel der Forschungsarbeiten. Fokus der Bemühungen ist dabei die Wandlungsfähigkeit des Produktionsprozesses in der variantenreichen Serienproduktion. Vgl. IFF-Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb, U. S. (2005)

²³ Der Verfasser sieht den Begriff „Wirtschaftlichkeit“ neben der allgemein gültigen betriebswirtschaftlichen Definition (die Leistung innerhalb eines bestimmten Betrachtungszeitraums höher ist als die Kosten) vor allem auch unter ökologischen Gesichtspunkten.

Wiederverwertung (Recycling). Angesichts schwindender Rohstoffvorkommen wird dieser Faktor immer entscheidender. Es ist möglich, eine derartige Konstruktion variabel, beweglich und mobil zu gestalten, sodass im Gegensatz zur Primärkonstruktion bzw. zu der bestehenden Konstruktion eines Gebäudes ein formal völlig unabhängiger Raum erzeugt werden kann. Als Einschränkung bzw. innere Randbedingung existierte nur das statische Konzept der bestehenden architektonischen Konstruktion. Ein solcher Ansatz ist auch als Chance für den Umgang mit brachliegendem Bestand zu sehen. Wenn man den infrastrukturellen Anforderungen einer weiteren Verdichtung auf brachliegenden Flächen in Ballungszentren nachkommen würde, könnte einer zusätzlichen Versiegelung der Landschaft Einhalt geboten werden.

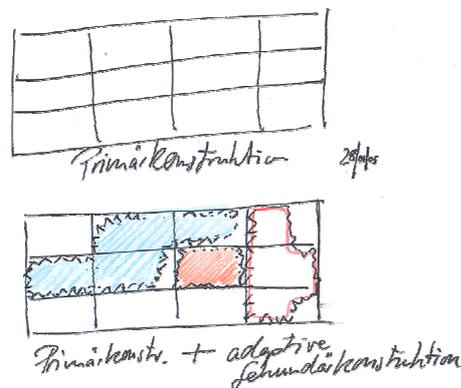


Abb. 5-d: Konzeptskizze adaptive Sekundärkonstruktion

Ein Raum innerhalb der Sekundärkonstruktion - quasi als humanistische bzw. organologische Schicht im Sinne Kükelhaus' - könnte sich dabei an Prinzipien polyvalenter Membrane, wie z. B. der Haut, orientieren. Das führt dazu, dass sich ein weiteres Fernziel abzeichnet: Ein Ziel, das den multisensuellen Raum als organisches, selbst gesteuertes Gegenüber aus Haut und Knochen vermuten lässt.

Zaghafte Schritte in diese Richtung werden derzeit am Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK)²⁴ in Stuttgart unter der Leitung von Werner Sobek oder der Material Forschungsgruppe MATx des Büros Kennedy & Violic Architecture²⁵ in Kanada unternommen. Beide versuchen textile Materialien mit neuartigen Funktionen in den Bauprozess mit einzubringen. Insbesondere in Hinblick auf Lösungsansätze sekundärer Konstruktionen im Raum schlagen beide Gruppen interessante Richtungen ein.

Give Back Curtain von MATx sind ein experimenteller Beitrag zu Licht emittierenden Stoffentwürfen innerhalb eines Raumes. Aufgrund eines speziellen Herstellungsprozesses werden fotolumineszente Pigmente in die Fasern der Gewebe integriert. Das ermöglicht in gewissermaßen das Umgebungslicht zu recyceln.

„Kurzweiliges Licht, wie natürliches Tageslicht oder fluoreszierendes Licht, wird durch den Stoff absorbiert, gespeichert und als sichtbare Lichtemission in einem anderen Teil des Spektrums wieder abgegeben.

²⁴ Vgl. <http://www.uni-stuttgart.de/ilek/>

²⁵ Vgl. <http://www.kvarch.net>

Die ausgewählten Phosphorpigmente unterscheiden sich in ihrer Erregungs- und Nachleuchtdauer, so wie in der Nachleuchtfarbe. Dadurch wechselt der Stoff über die Zeit seine Farbe und Leuchtintensität.²⁶

Wie Makarand Chipalkatti von der Harvard Design School hierzu schreibt, könnten sich daraus neue Möglichkeiten für die Lichtindustrie entwickeln, die wiederum eine enorme Stimulation von Ideen bei den Nutzern, Konsumenten, Architekten und Designer bewirken könnten²⁷.

Ein Versuch Phasen verändernden Materialien (PCMs) in den architektonischen Prozess zu integrieren, stellt das Projekt „Paul“ am ILEK in Stuttgart dar. Hier wird im Rahmen einer Forschungsarbeit über adaptive Gebäudehüllen eine „gebaute Metamorphose“²⁸ vorgestellt, die auf eine organische Formensprache zurückgreift, welche an den Kokon einer verpuppten Schmetterlingsraupe erinnert.

Wie Markus Holzbach schreibt, verfügt „Paul“ sowohl in ästhetischer als auch physischer Hinsicht über nichtkonstante Eigenschaften bzw. über die Fähigkeit zur selbsttätigen Anpassung an Umweltbedingungen²⁹.

Das Interessante in Bezug auf diese Arbeit ist dabei der Versuch, menschliche Organfunktionen direkt in Architektur zu übertragen. „Paul“ besteht aus einer Tragstruktur und einer mehrschichtigen Fassadenhaut – einem 14 mm starken Multilayersystem. Jede Schicht übernimmt eigene Aufgaben (Witterungsschicht, Isolationsschicht, Speicherschicht), sodass laut Holzbach mit einer thermischen Performance von einer 15cm starken Massivwand gerechnet werden kann³⁰.

„Paul“ ist ein adaptives Gebäudesystem, das auf wechselnde äußere Klima- und Witterungsbedingungen - wie z. B. Temperaturhaushalt, Speichervermögen, Lichtdurchlässigkeit, Akustik und Farbeigenschaften - reagiert.

Wie Holzbach schreibt, ist dabei das Ziel, „intelligente“ Gebäudehüllen zu entwickeln, die sich in Zukunft selbstständig und möglicherweise nicht Computer gesteuert oder elektronisch inspiriert an die Umgebung anpassen werden.³¹



Abb. 5-e: die organische Gebäudekonstruktion „Paul“ des ILEK Stuttgart. Bilder in Anlehnung an Holzbach, M.S.W. (2005)

²⁶ Kennedy & Violic Architecture, (2005)

²⁷ Vgl. Chipalkatti, M. (2002)

²⁸ Vgl. Holzbach, M.S.W. (2005)

²⁹ Vgl. Holzbach, M.S.W. (2005)

³⁰ Vgl. Holzbach, M.S.W. (2005)

³¹ Vgl. Holzbach, M.S.W. (2005)

Die Verwendung multifunktionaler Membrane zur Verhüllung eines Gebäudes mit verschiedenen Aufgabenbereichen – insbesondere mit solchen, die den inneren Zustand des Gebäudes nach außen hin zeigt - spiegelt das bauliche Potenzial wieder, das in einer Orientierung an menschlichen Attributen (hier die menschliche Haut) liegt. Natürlich sind variierende Eigenschaften - wie etwa die Veränderung der Membranstabilität aufgrund von Temperaturveränderungen - kein Anzeichen für ein intelligentes Verhalten der Gebäudehülle³². Dennoch ist der Versuch, Architektur wieder näher mit den „verstümmelten“ Nahsinnen³³ (riechen, schmecken, tasten) zu konfrontieren, sicherlich ein gangbarer Weg, vor allem dann, wenn es darum geht, eine Architektur mit multisensuellen Fähigkeiten vorzubereiten.

Es gilt der Abstraktion, die mit der medienkulturellen Dominanz von Sehen und Hören einhergeht, entgegen zu wirken. Dabei spielt es keine Rolle, ob es um das „Zerschneiden“ des empfindenden Körpers geht, dadurch, dass Geschmack, Gehör und Tastsinn größtenteils ausgeblendet werden, oder ob man eher von einem Übergang der Sinneskapazitäten redet. Deleuze beispielsweise spricht auch vom Auge als dem mehrwertigen, transitorischen Organ, das es vermag, geometrische Formen und Muster - die Ornamentik der Körper und Dinge - herauszuschälen³⁴.

Auch Christian Filk und Michael Lommel schreiben in einem Beitrag in *Media Synaesthetics*³⁵, dass man in der medialisierten Lebenswelt und ihren Inszenierungsformen auf Sinnes-Dispositive Paradoxien und Hybridformen stößt. Sie sprechen von der Taktilität des Blicks, der physische Wirkung der Schallwellen, der Sichtbarkeit der Töne und Stimmen bzw. von der Hörbarkeit der Bilder, Körperschriften, Rhythmen der Sinne, Atmosphären, transformativen Prozessen, Medienwechseln und affektiven Kraftlinien und vertreten die Meinung, die vormalige Hierarchisierung der Sinnesvermögen, etwa in Nah- und Fernsinne, werde nach und nach von intersensoriellen Modellen abgelöst³⁶.

Im Zusammenhang mit moderner Kommunikationstechnologie kann das z.B. eine Einschränkung spezifischer Wirklichkeitsausschnitte zugunsten einer enormen Leistung- und Effizienzsteigerung in anderen Bereichen bedeuten. Man beobachte unser Verhalten vor Bildschirmen und der einhergehenden Steigerung unserer Übertragungs- und Verarbeitungskapazität³⁷ in Bezug auf neue digitale Information.

In Kapitel 3.2 wurden Proportionsschemata vorgestellt, die im Verlauf der Geschichte der Architektur als Anhaltspunkt für die Konzeption von Raum dienen. Dabei hat sich gezeigt, dass sowohl Vitruv und Leonardo da Vinci als auch Le Corbusier - vertreten durch seinen Modulor - vor allem an der geometrischen Dimension des menschlichen Körpers festhielten, um klare Aussagen über die Dimensionierung von Raum zu treffen. Erst am Ende

³² Es ist allgemein bekannt, dass Stoffe in Abhängigkeit von der Temperatur ihren Aggregatzustand verändern.

³³ Vgl. hierzu Kap. 3.2.4 *Entleiblichung des Raumes*

³⁴ Deleuze, G. (1995), S. 18, 36ff.

³⁵ Filk, C.; Lommel, M. (2004)

³⁶ Vgl. Filk, C.; Lommel, M. (2004), S. 17

³⁷ Vgl. Loenhoff, J. (2003)

der Untersuchung wurde darauf aufmerksam gemacht, dass es zwischen Subjekten und Objekten im Raum eine Wechselbeziehung – ein Fluidum – entsteht, das sich, wie Barbara Becker schreibt, „zwischen Selbst und Anderem entfaltet.“³⁸ Diese Erkenntnis wurde in Kapitel 3.3 Mensch und Bewegung eingehend untersucht und in Bezug zum Raum gebracht³⁹. Es soll nun untersucht werden, welche Rolle die leiblich-sinnliche Welteinbeziehung, wie sie Barbara Becker nennt, in Hinblick auf das zur Verfügung stehende Repertoire veränderbarer Räume spielt. Dabei wäre es konsequent, Attribute einer konstruktiven bzw. körperlichen Veränderbarkeit⁴⁰ mit unkörperlichen⁴¹ Attributen zu berücksichtigen.

5.4 Atmosphäre und Adaption

Hinsichtlich der Bedeutung von Taktilität im Raum sind zwei Momente auszumachen, die in Bezug auf das Adaptionspotenzial eines Raumes eine Rolle spielen. Auf der einen Seite steht - basierend auf motorischen Aktivitäten - das Be-Greifen der Welt. Es ist zumeist intentional gerichtet und erfolgt bewusst. In Anlehnung an Waldenfels⁴² kann man von einem gnostischen Aspekt der Taktilität sprechen.

Auf der anderen Seite steht die Assoziation einer Berührung, wie sie etwa durch das Observieren der „Gazer“ und das anschließende Projizieren auf den großen Display über den Köpfen der Besucher beim Ada Pavillon stattfand.

Dieses Moment verweist auf eine Dimension der „Widererfahrnis“ und ist als pathischer Aspekt einzustufen⁴³.

Vor allem in Zusammenhang mit einem unkörperlichen medialen Informationsaustausch im Raum ist diese Unterscheidung von Bedeutung. Pathische Aspekte einer haptischen Wahrnehmung, so schreibt Becker, sind daher eher als untermalendes Geschehen zu deuten und verweisen auf den dauernden, nie endenden Kontakt mit der Welt, der jenseits expliziter Stellungnahmen und bewusster Wahrnehmungen bestimmte Imprägnierungen, Ansteckungen und Infusionen bewirkt⁴⁴.

Jede Berührung oszilliert zwischen Anklammern und Loslassen. Im Sinne Kūkelhaus´ hieße das, sich aufgrund der eigenen Handlungen im Raum einem ständigen Wagnis auszusetzen.

Demgemäß ist Berührung nicht an Entfernungen⁴⁵ gebunden, sondern ist vielmehr als Antwort auf ein Anderes zu verstehen. „Es ist ein ständiger, offener Fluss, ein fortschreitendes Ineinanderwirken von Aktion und Re-Aktion, jedoch nicht Re-Aktion im Sinne einer bloßen, durch Stimuli hervorgerufenen Wirkung (Behaviorismus), sondern im Sinne einer dialogischen Antwort. Schon im Gewahrwerden eigener sinnlich-leiblicher Empfindungen ist dabei die Distanzierung von sich selbst, eine uneinholbare Fremdheit im Selbstbezug gegeben. Das leibliche Sein zeigt

³⁸ Becker, B. (2004), S. 45

³⁹ Vgl. Kap. 3.3.5 *Die Proxemik-Theorie nach Edward Twitchell Hall*

⁴⁰ Vgl. Kap 4.7.3 *kinetische Architektur*

⁴¹ Vgl. Kap. 4.7.2 *Der Ada Pavillon*

⁴² Vgl. Waldenfels, B. (2002)

⁴³ Vgl. Becker, B. (2004), S. 48, 49

⁴⁴ Vgl. Becker, B. (2004), S. 49 in Anlehnung an Waldenfels, B. (2002)

⁴⁵ Becker spricht von einem ständigen Umschlag von Nähe und Ferne

somit bereits in seiner sinnlichen Selbstbezüglichkeit (im Sich-selbst-sehen, Sich-selbst-hören, Sich-selbst-berühren) eine Kluft, eine Nicht-Koinzidenz in der Koinzidenz auf, die sich nicht zur Deckung bringen lässt.“⁴⁶

Es ist hierbei von einer unaufhebbarer Diskrepanz die Rede, die sich unweigerlich zwischen Anspruch und Antwort (hier zwischen Nutzer und adaptivem Raum) existiert. Wie Becker schreibt, ist es jedoch nötig, sich diesen Verflechtungen und Verschiebungen immer wieder neu zu nähern. Hierbei kommen Technologieformen als Vermittler ins Spiel. Wie diese Arbeit gezeigt hat, gibt es dafür verschiedene Wege.

Technologie kann, wie anhand von Wearables gezeigt wurde, den menschlichen Wirkungsbereich ausdehnen. Sie wird gewissermaßen zur Extension oder Prothese⁴⁷ des menschlichen Körpers und eröffnet neue Möglichkeiten des Austauschs von Information. Dies wird deutlich, wenn man sich beispielsweise der Wirkung bewusst wird, die durch eine technologisch assoziierte Projektion einer nicht vorhandenen Realität (Virtual Reality) erzeugt wird: Das könnte z.B. der Anblick einer bekannten natürlichen Situation sein - eventuell eine blühende Obstwiese im Frühjahr. Dieser Anblick vermag emotionelle Erfahrungen - etwa gespürte Empfindungen von Haut und Nase - wieder ins Gedächtnis zu rufen. Zusätzlich besteht jedoch die Möglichkeit über die Erfahrungen hinaus, das Gesehene mit zusätzlicher Information zu beladen. Das Gesehene wird förmlich abgetastet, nur dass keine unmittelbare Berührung die Quelle des Informationsaustausches ist.

Was lässt sich folglich über die haptische Komponente des Kulturmenschen, der sich im Extremfall als Techno-Nomade manifestiert, in Zusammenhang mit der Wahrnehmung im Raum sagen?

Nach wie vor spielt die haptische Komponente eine entscheidende Rolle, um sich eines Raumes bewusst zu werden⁴⁸. Zusätzlich kommen jedoch auch Faktoren ins Spiel, die schwer zu bestimmen sind. Nach Gernot Böhme handelt es sich um die ontologisch unbestimmten Faktoren – die Atmosphären des Raumes. Wie Böhme schreibt, scheinen sie „gewissermaßen nebelhaft den Raum mit einem Gefühlston zu erfüllen.“⁴⁹

Sie beschreiben den „eigentümlichen Zwischenstatus (...) zwischen Subjekt und Objekt“⁵⁰, von dem auch Barbara Becker sprach.

Von einem nebelhaften Gefühlston ist auch die Ausstrahlung eines Menschen. In der Soziologie wird sie als das Charisma (griechisch=„Gnadengeschenk“) einer Person beschrieben. Max Weber spricht in seinem soziologischen Werk *Wirtschaft und Gesellschaft*⁵¹ von einer Form der Herrschaft, die durch das Charisma gegeben sei und sich durch göttliche Berufung oder unerklärliche außergewöhnliche Begabung des Herrschenden legitimiere. Es wirkt zum einen als eine spezifisch revolutionäre Macht und zum anderen als stabilisierendes Element alltäglicher Ordnungen⁵².

⁴⁶ Vgl. Waldenfels, B. (1999), S. 31 in Becker, B. (2004) Becker, B. (2004)

⁴⁷ Vgl. z.B. Sherman, T. (1997)

⁴⁸ Vgl. Kap. 2.12 *Der Raumbegriff in der englischen Philosophie*

⁴⁹ Böhme, G. (2003), S. 22

⁵⁰ Böhme, G. (2003), S. 22

⁵¹ Weber, M. (2002)

⁵² Vgl. Weber, M. (2002), Teil 1, Kap. 3.4 *Charismatische Herrschaft*

Als stabilisierendes Element dient Ausstrahlung auch der Ordnung räumlicher Gefüge und ist somit nicht nur für den magischen zwischenmenschlichen Bann verantwortlich, sondern auch maßgeblich am Spannungsverhältnis im Dreikomponentensystem beteiligt, auf das am Ende dieser Arbeit noch einmal eingegangen wird.

Auch Walter Benjamin macht sich über die achtungsgebietende, Distanz provozierende Kraft von Atmosphären Gedanken. Er tut es mit dem Begriff der Aura, von der er Folgendes sagt: „Was ist eigentlich Aura? Ein sonderbares Gespinst aus Raum und Zeit: einmalige Erscheinung einer Ferne, so nah sie sein mag. An einem Sommernachmittag ruhend einem Gebirgszug am Horizont oder einem Zweig folgen, der seinen Schatten auf den Ruhenden wirft – das heißt die Aura dieser Berge, dieses Zweiges atmen. An der Hand dieser Definition ist es ein Leichtes, die besondere gesellschaftliche Bedingtheit des gegenwärtigen Verfalls der Aura einzusehen.“⁵³

Es wird deutlich, dass Benjamin vom Einatmen einer Aura, die an Naturdingen erscheint, spricht. Man nimmt sie also leiblich wahr. Es handelt sich um einen haptischen Prozess aus Spannungen und Schwellungen, indem man sich von Atmosphären „durchwehen“⁵⁴ lässt. Dabei geht es um das Bewusstwerden von Dingen, Klängen, Düften und Farben – „eine sinnfällige Sache niederer Stufe“⁵⁵, wie Hermann Schmitz die Prägungen oder Tönungen eines Dinges durch Atmosphären sieht. Auch Architektur produziert in allem, was sie ist und wird, Atmosphären. Dadurch offenbart der Raum eine Stimmungsqualität⁵⁶, die der Architekt mehr oder minder bewusst plant. Das trifft auch für adaptive Architektur zu.

In der Wahl der Farben, Oberflächengestaltung, Arrangements und Konstellationen⁵⁷, mit der sich ein „Architekt der Zukunft“ auseinander zu setzen hat, ist auch die Physiognomie zu beachten, die von den Atmosphären, der Aura bzw. den Spurformen menschlicher Handlungen im Raum ausgehen und eben *nicht* nur mittels anatomischer Gesetzmäßigkeiten – wie sie beispielsweise der Modulor darstellt - hinreichend beachtet werden können. Vielmehr geht es um die Fülle synästhetischer Wirkung, die durch den architektonischen Raum oder einen gestalteten Gegenstand transportiert wird. Was der Philosoph Gernot Böhme demgegenüber in Erinnerung bringt, ist, „dass es niemals bloß um die Gestaltung eines Gegenstandes geht, sondern immer zugleich um die Schaffung der Bedingungen seines Erscheinens.“⁵⁸

Es stellt sich schließlich folgende Frage:

Wie können ontologisch unbestimmbare Faktoren einer Person - wie etwa die Atmosphäre –in den modernen Planungsprozess eines multisensuellen Raumes integriert werden, ohne dabei ungenaue Ergebnisse zu liefern?

⁵³ Benjamin, W. (2003 =1963), S. 440

⁵⁴ Vgl. Böhme, G. (2003), S 27

⁵⁵ Schmitz, H. (1977), S. 626

⁵⁶ (gemütlich, feierlich, hell, kühl, warm, schmutzdelig, anonym usw.

⁵⁷ Vgl. Kap. 3.4 Raumorganisation

⁵⁸ Böhme, G. (2003), S. 98

Je nachdem, auf welche Art ein multisensuelles Milieu mit einem Menschen in Kontakt treten will, geht es entweder um eine schlichte Identifizierung einer Person oder aber um den direkten persönlichen Kontakt mit ihr. Letzteres zöge eine Verdrängung der Atmosphäre nach sich und würde eine völlig andere Perspektive auf die menschliche Erscheinung bedeuten.

Es steht also fest, dass beim Betrachten einer menschlichen Erscheinung im Raum durch ein multisensuelles Ambiente die Art des Umgangs in Abhängigkeit zum verfolgten Ziel des Ambientes variiert.

Während beispielsweise für eine Identifikation eines Menschen im Raum ein einfaches, stabiles Bild ausreicht, müssen bei komplexeren Adaptionsvorgängen - etwa eine kinetische Reaktion auf einen Nutzer im Raum - vor allem physiognomische Faktoren, also die Spurformen⁵⁹ oder Ekstasen eines konkreten Menschen im Raum, berücksichtigt werden. In Kapitel 3.2.2 *Die Räumlichkeit des Leibes* wurde von der Ambiguität des menschlichen Körpers gesprochen; sie zeigt sich zum einen in den körperlichen Ausmaßen des Menschen aber auch in dessen Leiblichkeit. Pleßner versuchte diesbezüglich das Phänomen des In-der-Schwebeseins zu analysieren, um dem Wesen der Grenze zwischen der Innerlichkeit und der Welt außerhalb des Körpers zu klassifizieren⁶⁰.

Neben dem Empfinden spielt auch immer ein Sich-Mitteilen als Lebensvollzug – also die Handlungen eines Menschen und die daraus entstehenden Impulse an die Umwelt eine wichtige Rolle. Böhme schreibt hierzu: „Indem ich mich äußere, schaffe ich jeweils meine persönliche Anwesenheit, fülle den Raum in gewisser Weise, tangiere oder tingiere⁶¹ die Anwesenheit aller anderen. Nur indem ich aus mir herausgehe, mich in meine leibliche Anwesenheit auslege, bin ich auch betreffbar. Dieses Aus-sich-Herausgehen ist in gewisser Weise dasselbe wie die leibliche Weitungstendenz. Nur muss letztere als artikulierte verstanden werden, wodurch sie dann auch für andere spürbar wird.“⁶²

Auch hier wird die Atmosphäre angesprochen, die für die Analyse der menschlichen Erscheinung elementar zu sein scheint. Neben der Stimme, der Böhme als Lebensäußerungen, im Sinne eines subjektiven Aus-Sich-Heraustretens⁶³, eine zentrale Bedeutung einräumt, liegen nach Meinung des Verfassers in der haptischen Komponente Lösungen des Austauschs zwischen Subjekt und Raum. Um jedoch einen technologischen Zugang zu diesem Aufgabengebiet zu finden, ist ein interdisziplinärer Informationsaustausch von Nöten. Nur auf der Basis verschiedenster Erfahrungsberichte (Hausfrau, Tänzer, Hure, Arbeitsloser, Ingenieur, Handwerker und Nachtwärter) können Raum ontologische Phänomene dahingehend eingegrenzt werden, dass ein Alphabet für den multisensuellen Raum gefunden wird. Diese Arbeit soll ein möglicher Schritt in diese Richtung sein.

Es zeigt sich, dass für die Bestimmung räumlicher Schnittstellen die Dynamik zwischen Enge und Weite, der im multisensuellen Raum beteiligten Komponenten, eine maßgebliche Rolle spielt.

⁵⁹ Vgl. 3.3.4.1 Die Kinesphäre: der individuelle Bewegungsraum

⁶⁰ Vgl. Kap. 3.2.2 Die Räumlichkeit des Leibes

⁶¹ tingieren bedeutet soviel wie färben, eintauchen [<lat. tingere <grch. teggein]

⁶² Böhme, G. (2003), S. 200

⁶³ Vgl. Böhme, G. (2003), S. 200

Meisenheimer spricht in diesem Zusammenhang von den primären Phänomenen des architektonischen Raumes, die besonders beim Betreten und Verlassen von Innenräumen spürbar werden. Die Rede ist von der Einengung bzw. Ausweitung des Raumes, die mittels Empfindungen von Pressung bzw. Dehnung Leibesgefühle auslösen⁶⁴. Wie Meisenheimer schreibt, scheinen die peristaltischen Engungen und Dehnungen das motorische Strukturprinzip des Organismus zu sein⁶⁵ und sind daher für den multisensuellen Raum ein plausibles Vorbild. „Besonders bei den Körperöffnungen After, Scheide, Penis, Mund, Nase, Ohren und Augen wird die Anstrengung der Organe als eine Folge von Pressung und Weitung erlebt.“⁶⁶

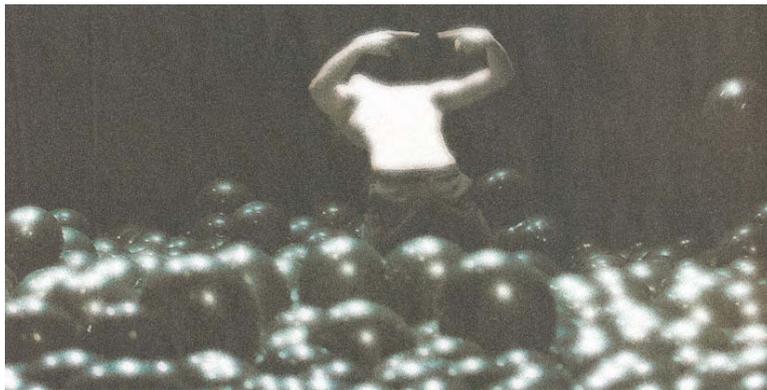


Abb. 5-f: Damiano Pettenella in der Choreografie „Sweet, Sweet, Sweet“ von Marco Goecke im Theaterhaus Stuttgart im Februar 2005. Abbildung in Anlehnung an ein Foto des Stuttgarter Balletts. Erschienen in Schneider, K. (2005)

Entscheidend ist hierbei, so meint Meisenheimer, dass die erlebte Enge und Weite der Architektur weder ein geometrisches noch ein physikalisches Faktum, sondern vielmehr eine Empfindung sei, die durch räumlich ausgebreitete Dinge ausgelöst wird⁶⁷. Als solche ist sie jedoch wissenschaftlich nur schwerlich zu ergründen.

Eng mit der Situation verknüpft (*genus loci*) löst sie Empfindungen, Wahrnehmungshaltungen und körperliche Reaktionen aus. Es geht also darum, Atmosphären zu inszenieren, die dem menschlichen Verlangen nach Sinnlichkeit gerecht werden. Auch Christian Thomsen plädiert für eine „Architektur der Sinne“, die in den Wechselbeziehungen von Architektur und Erotik⁶⁸ gedeihen und eine Überlebensstrategie für eine menschengerechte Architektur darstellen. Thomsen ist der Meinung, dass

⁶⁴ Meisenheimer, W. (2004), S. 44

“Das geschieht ununterbrochen beim Gehen durch Räume, Flure und Straßen, beim Verlassen des Hauses, beim Platznehmen in einer Ecke, Heraustreten aus einer Tür etc. Unwillkürlich werden die Spannungen der Architektur als Enge-Weite-Empfindung erlebt. Besonders die Übergänge vom einen zum anderen sind es, die Ausweitung einer Engstelle oder die Einengung einer räumlichen Weite, die solche Gefühle und damit zugleich architektonische Wirkungen auslösen. Beides gehört zu diesem Phänomen, die Gestik der Architektur als Weite und Enge sowie das Leibgefühl Dehnung/ Pressung, das sind objektive Raumstrukturen und subjektive Affekte, die miteinander korrespondieren.“

⁶⁵ Vgl. Meisenheimer, W. (2004), S. 45

⁶⁶ Meisenheimer, W. (2004), S. 45

⁶⁷ Vgl. Meisenheimer, W. (2004), S. 44

⁶⁸ Vgl. Thomsen, C.W. (1996), S. 153

gerade aus Kontrasten und dem Wechselspiel der Materialien so etwas wie erotische Attraktionen unterschiedlicher Körper entstehen können.⁶⁹

„Der Raumeindruck reagiert auf das vitale Körperschema und das Körperschema auf den Raumeindruck.“⁷⁰
Das sind die Grundlagen eines multisensuellen Raumes.

⁶⁹ Vgl. Thomsen, C.W. (1996), S. 171

⁷⁰ Meisenheimer, W. (2004), S. 45

Anmerkungen:

Kapitel 2:

Raum – eine philosophiegeschichtliche Untersuchung

- Alberti, Leon Battista:** *Zehn Bücher über die Baukunst*, Wiss. Buchges., Darmstadt (1991 = 1912)
- Alhazen, Witelo:** *Opticae thesaurus. Alhazeni Arabis libri 7, nuncrimum editi. Eiusdem liber De Crepusculis et nubium ascensionibus. Item Vitellonis Thuringopoloni Opticae libri 10. With an introd. to the reprint ed*, Johnson Reprint, New York (1972 = 1572)
- Alhazen; Witelo:** *Opticae thesaurus. Alhazeni Arabis libri 7, nuncrimum editi. Eiusdem liber De Crepusculis et nubium ascensionibus. Item Vitellonis Thuringopoloni Opticae libri 10. With an introd. to the reprint ed*, Johnson Reprint, New York (1972 = 1572)
- Aristoteles:** *Acht Bücher Physik = Physik des akroazeos biblia 8*, Scientia Verl., Aalen (1978)
- Aristoteles:** *Aristoteles Werke: griechisch und deutsch und mit sacherklärenden Anmerkungen*, Engelmann, Leipzig (1854)
- Aristoteles:** *Aristotelis De anima*, e Typ. Clarendoniano, Oxonii (1999)
- Aristoteles:** *Aristotelis De caelo libri quattuor*, Oxford Univ. Pr., Oxford [u.a.] (1973)
- Aristoteles:** *De generatione et corruptione*, Clarendon Press, Oxford [u.a.] (1982)
- Aristoteles:** *Kategorien*, Akademie-Verlag, Berlin (1984)
- Aristoteles:** *Metaphysik*, Akad.-Verl., Berlin (2003)
- Arnheim, Rudolf:** *Die Dynamik der architektonischen Form: gestützt auf d. 1975 an d. Cooper Union gehaltenen 'Mary Duke Biddle lectures'*, DuMont, Köln (1980)
- Arnim, Hans von:** *Stoicorum veterum fragmenta*, Teubner, Stuttgart (1979)
- Bachelard, Gaston:** *Poetik des Raumes*, Fischer, Frankfurt am Main (2001)
- Bacon, Francis:** *De dignitate et augmentis scientiarum*, Stahel, Wirceburgi (1779-1780)
- Bacon, Francis:** *Neues Organon*, Gottfried Carl Nauck, Berlin (1870)
- Baeumker, C.:** "Zur Frage nach Abfassungszeit und Verfasser des irrtümlich Witelo zugeschriebenen Liber de intelligentiis" in: *Miscellanea Francesco Ehrle: scritti di storia e paleografia pubbl. sotto gli auspici di S.S. Pio XI in occasione dell'ottantesimo natalizio dell.*, Hrsg. Francesco Ehrle, Bibl. Apostolica Vaticana, Roma (1924)
- Berkeley, George:** *Eine Abhandlung über die Prinzipien der menschlichen Erkenntnis*, Meiner, Hamburg (2004)
- Berkeley, George:** *Versuch einer neuen Theorie der Gesichtswahrnehmung: und die Theorie der Gesichtswahrnehmung verteidigt und erläutert*, Meiner, Leipzig (1912)
- Bollnow, Otto Friedrich:** *Mensch und Raum*, Kohlhammer, Stuttgart [u.a.] (2000)
- Bonaventura (Johannes Fidanza):** "Commentari in quatuor libros sententiarum Petri Lombardi" in: *Opera omnia, Quaracchi-Firenze*, (1882-1902)
- Burnet, John:** *Early greek philosophy*, Black, London [u.a.] (1892)
- Cassirer, Ernst:** *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*, Cassirer, Berlin (1911)
- Cousin, Victor:** *Fragments de philosophie Cartésienne*, Charpentier, Paris (1845)
- Crombie, A. C.:** *Robert Grosseteste and the origins of experimental science, 1100 - 1700*, Clarendon Pr, Oxford (2002)
- Descartes, René:** *Die Prinzipien der Philosophie: mit Anh.: Bemerkungen René Descartes über ein gewisses in den Niederlanden gegen Ende 1647 gedrucktes Programm*, Meiner, Hamburg (1965 = 1922)
- Descartes, René:** *Oeuvres de Descartes*, Cerf, Paris (1897-1913)
- Descartes, René:** *Regeln zur Ausrichtung der Erkenntniskraft*, Meiner, Hamburg (1972)
- Diels, Hermann:** *Die Fragmente der Vorsokratiker: griechisch und deutsch*, Weidmann, Berlin (1960)
- Diels, Hermann:** *Kleine Schriften zur Geschichte der antiken Philosophie*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt (1969)
- Duhem, Pierre Maurice Marie:** *Études sur Leonardo da Vinci*, de Nobele, Paris (1906)
- Einstein, Albert:** *Geometrie und Erfahrung: erweiterte Fassung des Festvortrages*,

gehalten an der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin am 27. Januar 1921, Springer, Berlin (1921)

Einstein, Albert: *The meaning of relativity*, Princeton Univ. Pr., Princeton, N.J. (1953)

Euler, Leonhard : *Mechanica sive motus scientia*, Petersburg (1736)

Fakultät für Psychologie und Pädagogik LMU München : DFG-Forschergruppe - Wahrnehmungsplastizität, (1999) <http://www.paed.uni-muenchen.de/~allg1/fgplast/fg.htm>

Gibson, James Jerome: *Die Sinne und der Prozeß der Wahrnehmung*, Huber, Bern [u.a.] (1973)

Giedion, Sigfried : *Raum, Zeit, Architektur: die Entstehung einer neuen Tradition*, Birkhäuser, Basel [u.a.] (2000)

Gilbert, William : *Guiglielmi Gilberti De mundo nostro sublunari philosphia nova: opus posthumus*, Hertzberger, [Amsterdam] ([ca. 1963] = 1651)

Goethe, Johann Wolfgang von: "Die Natur. Fragment" in: *Schriften zur Naturwissenschaft*, Stuttgart (1982)

Gosztanyi, Alexander: *Der Raum: Geschichte seiner Probleme in Philosophie u. Wissenschaft*, Alber, Freiburg [u.a.] (1976)

Grosseteste, Robert: "de luce" in: *das Licht in der Naturphilosophie des Robert Grosseteste*, Hrsg. L. Baur, Bd. Festgabe für G. v. Hertling, Freiburg im Breisgau (1913)

Guidubaldi, Egidio : *Dal 'De luce' di R. Grossatesta all' islamico 'Libro della scala'*, Olschki, Firenze (1978)

Helmholtz, Hermann von: *Über die Tatsachen, welche der Geometrie zugrunde liegen*, Springer, Wien [u.a.] (1998)

Hesiodus: *Theogonie: griechisch/deutsch*, Reclam, Stuttgart (1999)

Hobbes, Thomas: *The collected English works of Thomas Hobbes*, Routledge/Thoemmes Press, London (1997 = 1839-1845)

Hobbes, Thomas: *Vom Körper: (Elemente der Philosophie I)*, Meiner, Hamburg (1967)

Hume, David: *A treatise of human nature*, London (1894)

Jammer, Max: *Das Problem des Raumes: die Entwicklung der Raumtheorien*, Wiss. Buchges., [Abt. Verl.], Darmstadt (1980)

Joedicke, Jürgen: *Raum und Form in der Architektur: über den behutsamen Umgang mit der Vergangenheit = Space and form in architecture*, Krämer, Stuttgart (1985)

Johannes Philoponus : *Ioannis Philoponi in Aristotelis Physicorum libros quinque posteriores commentaria*, Reimer, Berolini (1888)

Kant, Immanuel : *De mundi sensibilis atque intelligibilis forma et principiis*, Edizioni di storia e letteratura, Roma (2002)

Kant, Immanuel : *Kants Werke*, de Gruyter, Berlin (2000)

Keill, J: *An introduction to natural philosophy*, London (1745)

Kepler, Johannes: *Joannis Kepleri Astronomi Opera Omnia*, Heyder Zimmer, Frankfurt (1858-1871)

Laugier, Marc-Antoine: *An Essay on Architecture*, Los Angeles (1977)

Lobacevskij, Nikolaj Ivanovic : *Zwei geometrische Abhandlungen aus d. Russ. übers., mit Anm. u. mit e. Biogr. d. Verf.*, B. G. Teubner, Leipzig (1898-99)

Locke, John: *An essay concerning human understanding: in two volumes*, Clarendon Press, Oxford (1894)

Locke, John: *The Life and Letters of J. L., with extracts from his journal and common-place books*, (1864)

Malebranche, Nicolas : *Recherche de la vérité, éclaircissements*, Vrin, Paris (1964)

Malebranche, Nicolas: *Entretiens sur la métaphysique et sur la religion: suivis des Entretiens sur la mort*, Libr. Armand Colin, Paris (1922)

Matz, Reinhard: *Räume oder Das museale Zeitalter: ein Essay und 20 Fotografien*, DuMont, Köln (1990)

Maxwell, James Clerk: *Matter and motion*, London, (1920)

McGinn, Colin: *The problem of consciousness: essays toward a resolution*, Blackwell, Oxford, UK [u.a.] (1991)

More, Henry: *Opera omnia*, Olms, Hildesheim (1966 = 1674)

More, Henry: *Philosophical Writings*, New York [usw.], (1925)

Nachtigall, Werner und Blüchel, Kurt G.: *Das große Buch der Bionik: neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*, Dt. Verl.-Anstalt, Stuttgart [u.a.] ([2003])

Newton, Isaac: *Mathematische Prinzipien der Naturlehre*, Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt (1963 = 1872)

Newton, Isaac : *Sir Isaac Newton's Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts*, Engelmann, Leipzig (1898)

Nicolaus Oresmius : *Le livre du ciel et du monde*, Univ. of Wisconsin Press, Madison [u.a.] (1968)

Peter Zumthor : *Material und Präsenz*, (2004) <http://www.therme-vals.ch/>

Plato : *Politikos, Philebos, Timaios, Kritias*, Rowohlt, Hamburg (1969)

Plato : *Timaios: griechisch-deutsch*, Reclam, Stuttgart (2003)

Plotinus: *Plotini Opera*, Typ. Clarendoniano, Oxonii (1964)

Poincaré, Henri : *Wissenschaft und Hypothese*, Teubner, Leipzig (1906)

Riemann, Bernhard: *Gesammelte mathematische Werke: Nachträge*, Teubner, Leipzig (1902)

Riemann, Bernhard: *Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen*, Dieterich, Göttingen (1867)

Schubert, Venanz: "Erlebnis, Anschauung und Begriff des Raumes" in: *Der Raum: Raum des Menschen - Raum der Wissenschaft*, EOS-Verl., St. Ottilien (1987)

Seeck, G.A (Hrsg.) : *Die Naturphilosophie des Aristoteles*, Darmstadt (1975)

Simplicius Cilicius : *Commentaria in Aristotelem Graeca*, de Gruyter, Berlin (ca. 1954)

Telesio, Bernardino : *Bernardini Telesii De rerum natura*, Formiggini, Modena (1913)

Vitruvius: *Zehn Bücher über Architektur: mit 72 Tafeln*, Koerner, Baden-Baden (1987)

Witelo: "Perspektiva" in: *Witelo, ein Philosophen Naturforscher des XVIII. Jahrhunderts*, Hrsg. C. Baeumker, Münster (1908)

Kapitel 3: Mensch und Raum

- Aristoteles:** *Acht Bücher Physik = Physikos akroazeos biblia 8*, Scientia Verl., Aalen (1978)
- Aristoteles:** *Aristoteles Werke: griechisch und deutsch und mit sacherklärenden Anmerkungen*, Engelmann, Leipzig (1854)
- Aristoteles:** *Kategorien*, Akademie-Verlag, Berlin (1984)
- Arnheim, Rudolf:** *Die Dynamik der architektonischen Form: gestützt auf d. 1975 an d. Cooper Union gehaltenen 'Mary Duke Biddle lectures'*, DuMont, Köln (1980)
- Arnheim, Rudolf:** *The dynamics of architectural form*, Univ. of California Press, Berkeley [u.a.] (1977)
- Bachelard, Gaston:** *Poetik des Raumes*, Fischer, Frankfurt am Main (2001)
- Becker, Barbara:** "Atmosphäre. Über den Hintergrund unserer Wahrnehmung und seine mediale Substitution" in: *Media Synaesthetics: Konturen einer physiologischen Medienästhetik*, Hrsg. Christian Filk und Michael Lommel, Halem, Köln (2004)
- Benjamin, Walter:** *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit: drei Studien zur Kunstsoziologie*, Suhrkamp, Frankfurt am Main (1977)
- Benthien, Claudia:** "Im Leibe wohnen: Zur kulturgeschichte und Metaphorik des Hauses und der Grenze im diskurs über die Haut" in: *Tasten: [Bonn Kongreß. Oktober 1995]*, Hrsg. Jakob Wenzel, Bd. 7, Steidl, Göttingen (1996)
- Benthien, Claudia:** *Haut: Literaturgeschichte, Körperbilder, Grenzdiskurse*, Rowohlt-Taschenbuch-Verl., Reinbek bei Hamburg (1999)
- Benton, A. L.:** "Disorders of spatial orientation" in: *Handbook of Clinical Neurology*, Hrsg. P.J. Vinken und G.W. Bruyn, Bd. III, North-Holland & Wiley, Amsterdam (1969)
- Berkeley, George:** *Versuch einer neuen Theorie der Gesichtswahrnehmung: und die Theorie der Gesichtswahrnehmung verteidigt und erläutert*, Meiner, Leipzig (1912)
- Bollnow, Otto Friedrich:** *Mensch und Raum*, Kohlhammer, Stuttgart [u.a.] (2000)
- Böhme, Gernot:** *Atmosphäre: Essays zur neuen Ästhetik*, Suhrkamp, Frankfurt am Main (2003)
- Böhme, Gernot:** *Weltweisheit, Lebensform, Wissenschaft: eine Einführung in die Philosophie*, Suhrkamp, Frankfurt am Main (1994)
- Böhme, Hartmut:** "Der Tastsinn im Gefüge der Sinne. Anthropologische und historische Ansichten vorsprachlicher Aisthesis" in: *Tasten: [Bonn Kongreß. Oktober 1995]*, Hrsg. Jakob Wenzel, Bd. 7, Steidl, Göttingen (1996)
- De Boeck, Filip und Van Synghe, Koen:** *Kinshasa, The Imaginary City*, Ludion, (2004)
- Diels, Hermann:** *Die Fragmente der Vorsokratiker: griechisch und deutsch*, Weidmann, Berlin (1960)
- Douglas, Mary:** *Reinheit und Gefährdung: eine Studie zu Vorstellungen von Verunreinigung und Tabu*, Suhrkamp, Frankfurt a.M. (1988)
- Downs, R. M. und Stea, D. (Hrsg.):** *Image and environment: cognitive mapping and spatial behavior*, Arnold, London (1973)
- Dück, Michael:** *Der Raum und seine Wahrnehmung*, Königshausen und Neumann, Würzburg (2001)
- Dürckheim, Karlfried von:** *Untersuchungen zum gelebten Raum*, Beck, München (1932)
- Enderlein, Ute :** *Wahrnehmung im Virtuellen*, TU Darmstadt, Fachbereich Rechts- und Wirtschaftswissenschaften, Darmstadt (2002) <http://elib.tu-darmstadt.de/diss/000300>
- Feuerstein, Günther:** *Biomorphic architecture 2 (Erg. 1): Menschen- und Tiergestalten in der Architektur; human and animal forms in architecture*, Grafisches Zentrum HTU, Wien (2003)
- Feuerstein, Günther:** *Biomorphic architecture 2 (Erg. 2): Menschen- und Tiergestalten in der Architektur; human and animal forms in architecture*, Grafisches Zentrum HTU, Wien (2004)
- Feuerstein, Günther:** *Biomorphic architecture: Menschen- und Tiergestalten in der Architektur*, Edition Axel Menges, Stuttgart [u.a.] (2002)

- Filk, Christian und Lommel, Michael (Hrsg.):** *Media Synaesthetics: Konturen einer physiologischen Medienästhetik*, Halem, Köln (2004)
- Freud, Sigmund:** *Vorlesungen zur Einführung in die Psychoanalyse*, Fischer-Taschenbuch-Verl., Frankfurt am Main (1992)
- Ghiberti, Lorenzo:** *Denkwürdigkeiten. -I commentarii-*, Bard, Berlin (1912)
- Gibson, James Jerome:** *Die Sinne und der Prozeß der Wahrnehmung*, Huber, Bern [u.a.] (1973)
- Goethe, Johann Wolfgang von :** *Faust*, Insel-Verl., Frankfurt am Main [u.a.] (2003)
- Gosztonyi, Alexander:** *Der Raum: Geschichte seiner Probleme in Philosophie u. Wissenschaft*, Alber, Freiburg [u.a.] (1976)
- Hajos, Anton:** *Einführung in die Wahrnehmungspsychologie*, Wiss. Buchges., Darmstadt (1980)
- Hall, Edward Twitchell:** *The hidden dimension*, Doubleday, Garden City, N.Y. (1966)
- Handwerker, Hermann:** "Allgemeine Sinnesphysiologie" in: *Physiologie des Menschen*, Hrsg. R. F. Schnmidt und G. Thews, Berlin [u.a.] (1993)
- Hattinger, Gottfried:** "Einleitung. Geschichtliche Extraktion zum Thema" in: *Kunst der Szene: Ars Electronica*, Hrsg. 1988, LinzAudio Art Symposium 1988, Linz Ars Electronica 9, Linzer Verant.-Ges., Linz (1988)
- Hochdörfer, Achim:** "Was bedeutet 'soziale Ordnung'? Zur Befindlichkeit des Körpers im öffentlichen Raum" in: *La casa, il corpo, il cuore: Konstruktion der Identitäten*, Hrsg. Lóránd Hegyi, Museum Moderner Kunst Stiftung Ludwig, Wien (1999)
- Joedicke, Jürgen:** *Raum und Form in der Architektur: über den behutsamen Umgang mit der Vergangenheit = Space and form in architecture*, Krämer, Stuttgart (1985)
- Kamper, Dietmar und Wulf, Christoph:** *Das Schwinden der Sinne*, Suhrkamp, Frankfurt am Main (1988)
- Kant, Immanuel :** *Kritik der reinen Vernunft*, Suhrkamp, [Frankfurt am Main] (2004)
- Kant, Immanuel:** *Kant's gesammelte Schriften: Vorkritische Schriften 1: 1747-1756*, Reimer [u.a.], Berlin [u.a.] (1902)
- Kraft, Sabine; Kuhnert, Nikolaus und Uhlig, Günther:** "Von der Box zum Blob und wieder zurück: Zum jüngsten Architektenstreit", in: *ARCH+*, Bd. 148, Aachen (1999)
- Kulik, Lars:** "Zur Grenzziehung zwischen Rand, Grenze und Begrenzung" in: *Intelligente Informationsverarbeitung*, Hrsg. JenaGesellschaft für Kognitionswissenschaft KogWis 1997, DUV, Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden (1998)
- Kükelhaus, Hugo:** *Organismus und Technik: gegen d. Zerstörung d. menschl. Wahrnehmung*, Fischer-Taschenbuch-Verlag, Frankfurt am Main (1984)
- Laban, Rudolf von :** *Choreutik: Grundlagen der Raumharmonielehre des Tanzes*, Noetzel, Heinrichshofen-Bücher, Wilhelmshaven (1991)
- Laban, Rudolf von:** *Kunst der Bewegung*, Noetzel, Heinrichshofen-Bücher, Wilhelmshaven (1988)
- LeCorbusier:** *Der Modulor*, Dt.Verl.-Anst., Stuttgart (2003)
- Leonardo da Vinci :** *A treatise on painting*, London, (1802)
- Leonardo da Vinci:** *Leonardo da Vinci: selected scholarship*, Garland, New York [u.a.] (1999)
- Linschoten, Johannes :** *Situation*, (1954)
- Matz, Reinhard:** *Räume oder Das museale Zeitalter: ein Essay und 20 Fotografien*, DuMont, Köln (1990)
- McGinn, Colin:** *The problem of consciousness: essays toward a resolution*, Blackwell, Oxford, UK [u.a.] (1991)
- Meisenheimer, Wolfgang:** *Das Denken des Leibes und der architektonische Raum*, König, Köln (2004)
- Merleau-Ponty, Maurice :** *Phänomenologie der Wahrnehmung*, de Gruyter, Berlin (1974=1966)
- Minkowski, Eugène:** *Le temps vécu: études phénoménologiques et psychopathologiques*, Monfort, Brionne (1988)

Mitchell, J. William: *Me++*, (2003)

Murch, Gerald M. und Woodworth, Gail L.: *Wahrnehmung*, Kohlhammer, Stuttgart [u.a.] (1978)

Museum Moderner Kunst Wien: *La casa, il corpo, il cuore: Konstruktion der Identitäten*, Museum Moderner Kunst Stiftung Ludwig, Wien (1999)

Müsseler, Jochen und Prinz, Wolfgang (Hrsg.): *Allgemeine Psychologie*, Wiss. Buchges., Darmstadt (2002)

Neisser, Ulric: *Kognition und Wirklichkeit: Prinzipien und Implikationen der kognitiven Psychologie*, Klett-Cotta, Stuttgart (1996)

Nitsch, Hermann : Hermann Nitsch: Das Orgien Mysterien Theater, (2004)
<http://www.nitsch.org>

Norberg-Schulz, Christian: *Existence, space architecture*, Studio Vista, London (1971)

Osborn, Bob: *Futurism and the Futurists*, (2004) <http://www.futurism.org.uk>

Perrier, Danielle: "Mein Körper: das Herz der Architektur" in: *La casa, il corpo, il cuore: Konstruktion der Identitäten*, Hrsg. Lóránd Hegyi, Museum Moderner Kunst Stiftung Ludwig, Wien (1999)

Plato : *Theaitētos = Theaitetos. Sophistēs = Der Sophist. Politikos = Der Staatsmann*, Wiss. Buchges., Darmstadt (2001)

Pleißner, Helmut: *Die Stufen des Organischen und der Mensch: Einleitung in die philosophische Anthropologie*, de Gruyter, Berlin (1965)

Portoghesi, Paolo : *Nature and architecture*, Skira editore, Mailand (2000)

Prampolini, Enrico: "L'atmosfera scenica futuristica", in: *NOI: Rivista d'arte futurista*, (1924)

Reid, Thomas : *Essays on the intellectual powers of man*, Pennsylvania State University Press, University Park, Pa (2002)

Sarasin, Philipp: *Reizbare Maschinen: eine Geschichte des Körpers 1765 - 1914*, Suhrkamp, Frankfurt am Main (2001)

Sartre, Jean-Paul : *Das Sein und das Nichts: Versuch einer phänomenologischen Ontologie*, Rowohlt, Hamburg (1962)

Schlemmer, Oskar; Moholy-Nagy, László; Molnár, Farkas Ferenc et al.: *Die Bühne im Bauhaus*, Gebr. Mann, Berlin (2003)

Schmidt, R. F. und Thews, G.: *Physiologie des Menschen*, Springer, Berlin [u.a.] (1993)

Schmitz, Hermann (Hrsg.): *System der Philosophie*, Bouvier, Bonn (1967)

Schmitz, Hermann (Hrsg.): *System der Philosophie*, Bouvier, Bonn (1969)

Sennett, Richard: *Fleisch und Stein: der Körper und die Stadt in der westlichen Zivilisation*, Suhrkamp, [Frankfurt am Main] (1997)

Serres, Michel: *Die fünf Sinne: eine Philosophie der Gemenge und Gemische*, Suhrkamp, Frankfurt am Main (1994)

Simmel, Georg: *Das Individuum und die Freiheit: Essais*, Fischer-Taschenbuch-Verl., Frankfurt am Main (1993)

Tolman, E. C.: "Cognitive maps in rats and men", in: *Psychological Review* 55, (1948)

Ullmann, Ernst: *Leonardo da Vinci*, Seemann, Leipzig (1980)

Uni Stuttgart: Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für die variantenreiche Serienproduktion, (2004) <http://www.sfb467.uni-stuttgart.de/>

Vitruvius: *Baukunst*, Birkhäuser, Basel [u.a.] (1995 = 1796)

Vitruvius: *Zehn Bücher über Architektur: mit 72 Tafeln*, Koerner, Baden-Baden (1987)

Woll, Stefan: *Das Totaltheater: ein Projekt von Walter Gropius und Erwin Piscator*, Ges. für Theatergeschichte, Berlin (1984)

Östberg, Olov: "Towards standards and TLVs for visual work.", Juni 1977, Stockholm (1977)

Körper und Bauwerk, Bertelsmann-Fachzeitschr.-GmbH, Gütersloh (1992)

Kapitel 4: Raum und Technologie – Smart Architecture

- Abowd, Gregory D. und Dey, Anind K.:** "PANEL: Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness", Graphics, Visualization and Usability Center and College of Computing, Georgia Tech, Atlanta, GA, USA (1999)
<http://www.cc.gatech.edu/fce/ctk/pubs/HUC99-panel.pdf>
- Ada team Institute of Neuroinformatics uni | eth | zürich:** ada@expo.02 subject sheet, (2002) <http://www.ada-exhibition.ch>
- Aitken, Stuart und Buultjens, Marianna:** *Vision for doing: assessing functional vision of learners who are multiply disabled*, Moray House Publications, Edinburgh (1992)
- Bahl, Paramvir und Padmanabhan, Venkata N.:** "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System", März 2000, (2000)
<http://research.microsoft.com/~padmanab/papers/infocom2000.pdf>
- Becker, Barbara:** "Atmosphäre. Über den Hintergrund unserer Wahrnehmung und seine mediale Substitution" in: *Media Synaesthetics: Konturen einer physiologischen Medienästhetik*, Hrsg. Christian Filk und Michael Lommel, Halem, Köln (2004)
- Bollnow, Otto Friedrich:** *Mensch und Raum*, Kohlhammer, Stuttgart [u.a.] (2000)
- Bullinger, Hans-Jörg:** *Zukunftsoffensive OFFICE 21: Büroarbeit in der dotcom-Gesellschaft gestalten*, vgs, Köln (2000)
- Bush, Vannevar:** *As we may think*, (1945)
- Capurro, Rafael:** "Digital-vernetzte Weltkonstruktion", (2001)
<http://www.capurro.de/digwelt.html>
- Capurro, Rafael:** *Information: ein Beitrag zur etymologischen und ideengeschichtlichen Begründung des Informationsbegriffs*, Saur, München [u.a.] (1978)
- Carnegie Institute of Technology:** VuMan, (1997) <http://www-2.cs.cmu.edu/~wearable/vuman.html>
- Chen, Guanling und Kotz, David:** "A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research", Department of Computer Science Dartmouth College (2000)
<http://www.cs.dartmouth.edu/~dfk/papers/chen:survey-tr.pdf>
- Cheverst, Keith; Mitchell, Keith und Davies, Nigel:** "Design of an Object Model for a Context Sensitive Tourist GUIDE", (1998)
<http://www.rostock.igd.fhg.de/veranstaltungen/workshops/imc98/Proceedings/imc98-SessionMA3-1.pdf>
- DFG, Universität Stuttgart:** SFB 627: Nexus/ Spatial World Models for Mobile Context-Aware Applications, (2004) <http://www.nexus.uni-stuttgart.de/>
- Deutsche Forschungsgesellschaft:** (2004) <http://www.dfg.de>
- Eames Office Gallery :** Eames Office Gallery Homepage, (2004)
<http://www.eamesoffice.com>
- Eng, Kynan; Klein, David und Bäbler, Andreas:** "Design for a Brain Revisited: The Neuromorphic Design and Functionality of the Interactive Space `Ada`", in: *Reviews in the Neurosciences*, Bd. 14, (2003)
- Eng, Kynan:** "Ada: Constructing a Synthetic Organism", Lausanne (2002)
- Fox, Michael A. und Yeh, Bryant P.:** "Intelligent Kinetic Systems", in: , (1999)
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. :** Body Area Network, (2002) <http://www.ban.fraunhofer.de/>
- Fukuju, Yasuhiro; Minami, Masateru Morikawa, Hiroyuki und Aoyama, Tomonori:** "DOLPHIN: An Autonomous Indoor Positioning System in Ubiquitous Computing Environment", Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo, Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo, (2003) <http://www.mlab.t.u-tokyo.ac.jp/publications/2003/fukuju-isorc03.pdf>
- Gemperle, Francine; Kasabach, Chris; Stivoric, John et al.:** "Design for Wearability", Carnegie Mellon University, Institute for Complex Engineered Systems, Pittsburgh (1998)
<http://www.ices.cmu.edu/design/wearability/files/Wearability.pdf>
- Getting, I.:** "The Global Position System", in: *IEEE Spectrum*, Bd. 30, (1993)

Gibson, James Jerome: *Die Sinne und der Prozeß der Wahrnehmung*, Huber, Bern [u.a.] (1973)

Gosztanyi, Alexander: *Der Raum: Geschichte seiner Probleme in Philosophie u. Wissenschaft*, Alber, Freiburg [u.a.] (1976)

Gray, Chris Hables; Figueroa-Sarriera, Heidi J. und Mentor, Steven: *The Cyborg handbook*, Routledge, New York [u.a.] (1995)

Hagemann, Peter A. : *Der 3-D-Film*, Nüchtern, München (1980)

Hannes, Kari : *Smelly interfaces*, (2002)
http://www.telenor.no/fou/KH_olfactory_displays_200202.pdf

Harter, A.; Hopper, A.; Steggle, P. et al.: "The Anatomy of a Context-Aware Application", in: *Wireless Networks*, Bd. 1, (2001) <http://www-ice.eng.cam.ac.uk/publications/files/tr.2002.2.pdf>

Heilig, Morton: *Sensorama Simulator*, Patentnummer: 3050870, USA, (1961)
<http://www.mortonheilig.com/SensoramaPatent.pdf>

Heimlich, Siegfried: *Porträts in Plastik*, Hoppenstedt, Darmstadt (1998)

Hightower, Jeffrey; Vakili, Chris; Borriello, Gaetano et al.: "Design and Calibration of the SpotON Ad-HocLocation Sensing System", University of Washington, Computer Science and Engineering, Washington (2001)
<http://www.cs.washington.edu/homes/jeffro/pubs/hightower2001design/hightower2001design.pdf>

Hoffmann, Reiner: *Definition des Begriffes Information*, (2002) <http://home.t-online.de/home/0926161717-0002/home.htm>

Hooke, Robert: *Micrographia: or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon*, Science Heritage, Lincolnwood, Ill. (1987)

Joedicke, Jürgen: *Raum und Form in der Architektur: über den behutsamen Umgang mit der Vergangenheit = Space and form in architecture*, Krämer, Stuttgart (1985)

Junker, P. ; Lukowicz, G. und Tröster, : "Wearable Computing: Vernetzung am Körper, mit dem Körper", 21.-23. Oktober 2002, Dresden (2002)

Kaye, Joseph Nathaniel : *Symbolic Olfactory Display*, Massachusetts Institute of Technology, S.B. Brain & Cognitive Science,, (1999)
<http://xenia.media.mit.edu/~jofish/thesis/symbolic.olfactory.display.pdf>

Kern, Nicky und Schiele, Bernt : "Context-Aware Notification for Wearable Computing", Oktober, New York, USA (2003)

Kraft, Sabine; Kuhnert, Nikolaus und Uhlig, Günther: "Von der Box zum Blob und wieder zurück: Zum jüngsten Architektenstreit", in: *ARCH+*, Bd. 148, Aachen (1999)

Kulturprozent MGB Science & Future : *RoBoser - Ein interaktives, musikalisches Environment aus der Neuroinformatik*, (2000)
<http://www2.kulturprozent.ch/oldbrain/referenten/verschure/>

Kükelhaus, Hugo: *Organismus und Technik: gegen d. Zerstörung d. menschl. Wahrnehmung*, Fischer-Taschenbuch-Verlag, Frankfurt am Main (1984)

Kükelhaus, Hugo: *Unmenschliche Architektur: von der Tierfabrik zur Lernanstalt*, Gaia-Verl., Köln (1991)

Laban, Rudolf von : *Choreutik: Grundlagen der Raumharmonielehre des Tanzes*, Noetzel, Heinrichshofen-Bücher, Wilhelmshaven (1991)

Laban, Rudolf von: *Kunst der Bewegung*, Noetzel, Heinrichshofen-Bücher, Wilhelmshaven (1988)

Langheinrich, Marc; Mattern, Friedemann; Römer, Kay et al.: "First Steps Towards an Event-Based Infrastructure for Smart Things", (2000)
<http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/firststeps.pdf>

Lawless, Harry T.: "Olfactory Psychophysics" in: *Tasting and Smelling. Handbook of Perception and Cognition, 2nd Edition.*, Hrsg. Beauchamp & Bartoshuk, Academic Press, San Diego, CA., San Diego, CA. (1997)

Lukowicz, P. und Tröster, G.: "Wearable Computing", in: *Bulletin des Schweizer Elektrotechnischen Vereins*, Bd. 9, (2000)

Lukowicz, P.; Junker, H.; Stäger, M. et al.: "WearNET: A Distributed Multi-Sensor System for Context Aware Wearables", 29. September - 1. Oktober 2002, Göteborg

(2002) http://www.wearable.ethz.ch/fileadmin/pdf_files/pub/ubicomp02.pdf

MIT Wearable Computing Project : A brief history of wearable computing, (1997)
<http://agents.www.media.mit.edu/projects/wearables/lizzy/timeline.html>

Mann, Steve: "Definition of "Wearable Computer"", 12-13 Mai, 1998, Fairfax VA (1998)
<http://wearcam.org/icwckeynote.html>

Milgram, P. und Colquhoun, H.: "A Taxonomy of Real and VirtualWorld Display Integration" Hrsg. 1999, Yokohama International Symposium on Mixed Reality 1, (1999)
http://vered.rose.utoronto.ca/publication/1999/Milgram_Colquhoun_ISMR1999.pdf

Mitchell, J. William: *Me++*, (2003)

Myllys, Mikko: "Context Toolkit", University of Helsinki, Department of Computer Science, Helsinki (2002)
<http://www.cs.helsinki.fi/u/kraatika/Courses/sem02s/ContextToolkit.pdf>

Müsseler, Jochen und Prinz, Wolfgang (Hrsg.): *Allgemeine Psychologie*, Wiss. Buchges., Darmstadt (2002)

Newton, Isaac und Schüller, Volkmar: *Die mathematischen Prinzipien der Physik*, de Gruyter, Berlin [u.a.] (1999)

Plato; : *Timaios = Timaios. Kritias = Kritias. Philebos = Philebos*, Wiss. Buchges., [Abt. Verl.], Darmstadt (1990)

Priyantha, Nissanka B.; Miu, Allen K. L.; Balakrishnan, Hariet al.: "The Cricket Compass for Context-Aware Mobile Applications", July 2001, Rome, Italy(2001)
<http://nms.lcs.mit.edu/papers/CricketCompass.pdf>

RealNetworks, Inc. : (2004) <http://www.real.com/>

Rheingold, Howard: *Virtual reality*, Secker Warburg, London (1991)

Rheingold, Howard: *Virtuelle Welten: Reisen im Cyberspace*, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg (1992)

Royal Philips Electronics: (2004) <http://www.philipsdesign.com/>

Sacks, Oliver: *Der Mann, der seine Frau mit einem Hut verwechselte*, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg (1991)

Salber, Daniel; Dey, Anind K. und Abowd, Gregory D. : "The Context Toolkit", May 15-20, 1999, Pittsburgh (1999) <http://www.cc.gatech.edu/fce/contexttoolkit/pubs/chi99/>

Schilit, B.; Adams, N. und Want, R.: "Context Aware Computing Applications", Dezember 1994, Santa Cruz, CA (1994)

Schlemmer, Oskar; Moholy-Nagy, László; Molnár, Farkas Ferenc et al.: *Die Bühne im Bauhaus*, Gebr. Mann, Berlin (2003)

Schmitt, Peter-Philipp: "Nervige Technik" in: Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung, 07.04.2002,

Shannon, Claude Elwood und Weaver, Warren: *The mathematical theory of communication*, Univ. of Illinois Press, Urbana [u.a.] (c1998 = 1949)

Simplicius Cilicius : *Commentaria in Aristotelem Graeca*, de Gruyter, Berlin (ca. 1954)

Sompura, Hitesh: *The Essence of Architecture* , (2000)
<http://www.plannet.com/features/essenceofarchsompura.html>

Sony: QRIO Roboter, (2004) <http://www.sony.net/SonyInfo/QRIO/story/>

Symbol Technologies Inc: Symbol Technologies To Supply UPS with Next-Generation Wearable Bar Code Scanning Systems, (1995)
http://www.symbol.com/news/pressreleases/press_releases_barcode_ups.html

Technische Universität Berlin Institut für Technische Informatik und Mikroelektronik : Prozeßdatenverarbeitung (PDV), (2004) <http://pdv.cs.tu-berlin.de/forschung/>

Ullmann, Ernst: *Leonardo da Vinci*, Seemann, Leipzig (1980)

Universität Bremen: Spatial Cognition, DFG Sonderforschungsbereich TR 8, (2004)
<http://www.sfbtr8.uni-bremen.de/>

Varela, Francisco J.: *Kognitionswissenschaft, Kognitionstechnik: eine Skizze aktueller Perspektiven*, Suhrkamp, Frankfurt am Main (1990)

Verschure, P.; Kröse, B und Pfeifer, R.: "Distributed adaptive Control: the self-organization of structured behavior.", in: Robot Auton Syst, Bd. 9, (1992)

Want, Roy ; Hopper, Andy; Falcão, Veronicaet al.: "The Active Badge Location

System", Olivetti Research Ltd. (ORL), in: Technical Report 1992, Cambridge, England (1992)

Watson, Lyall: *Der Duft der Verführung: das unbewußte Riechen und die Macht der Lockstoffe*, Fischer Taschenbuch Verl., Frankfurt am Main (2003)

Wearable Computing Laboratory ETH Zürich: Linkliste Institute für Wearable Technologien, (2004) <http://www.wearable.ethz.ch/links-institutions.0.html>

Weiser, M. und Seely, B. J.: *Designing calm Technologie*, (1996)
<http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/acmfuture2endnote.htm>

Weizenbaum, Joseph; Haefner, Klaus und Haller, Michael: *Sind Computer die besseren Menschen?: Ein Streitgespräch*, Piper, München [u.a.] (1992)

Weizsäcker, Carl Friedrich von: *Die Einheit der Natur: Studien*, Dt. Taschenbuch-Verl., München (1974)

Wiener, Norbert: *Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine*, M.I.T. Press, New York, NY [u.a.] (1961)

Wikipedia, die freie Enzyklopädie: Sinn (Wahrnehmung), (2004)
<http://de.wikipedia.org/wiki/Sinne>

Woll, Stefan: *Das Totaltheater: ein Projekt von Walter Gropius und Erwin Piscator*, Ges. für Theatergeschichte, Berlin (1984)

Wölfflin, Heinrich : *Prolegomena zu einer Psychologie der Architektur*, Gebr. Mann, Berlin (1999)

Xybernaut: Mobile Assistant@ Transferable Core – MA@ TC, (2004)
http://www.xybernaut.com/Solutions/product/downloads/XYB_MATC.pdf (a)

Xybernaut: Poma, (2004)

http://www.xybernautonline.com/eCommerce/Poma/Plac_Poma.htm (b)

Yasuyuki, Yanagida; Shinjiro, Kawato; Haruo, Nomaet al.: "A Nose-Tracked, Personal Olfactory Display", Dept. of Information Media Technology Tokai University, ATR Media Information Science Laboratories, (2003)

Yasuyuki, Yanagida; Shinjiro, Kawato; Haruo, Nomaet al.: "Projection-Based Olfactory Display with Nose Tracking", März 2004, Chicago, U.S.A. (2004)
http://www.mis.atr.jp/~yanagida/pub/IEEE-VR2004_yanagida.pdf

Kapitel 5: Der multisensuelle Raum

- Becker, Barbara:** "Atmosphäre. Über den Hintergrund unserer Wahrnehmung und seine mediale Substitution" in: *Media Synaesthetics: Konturen einer physiologischen Medienästhetik*, Hrsg. Christian Filk und Michael Lommel, Halem, Köln (2004)
- Benjamin, Walter:** *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit: Drei Studien zur Kunstsoziologie*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main (2003 =1963)
- Brown, Gary:** "Freedom and transience of Space" in: *Transportable environments 2: [theory, context, design and technology]*, Hrsg. Robert Kronenburg, Spon, London [u.a.] (2003)
- Böhme, Gernot:** *Atmosphäre: Essays zur neuen Ästhetik*, Erstaussg., Suhrkamp, Frankfurt am Main (2003)
- Chipalkatti, Makarand:** "A New Illumination Paradigm" in: *Partnerships for Solid-State Lighting: Report of a Workshop*, Hrsg. Charles W. Wessner, National Academy Press, (2002)
- Deleuze, Gilles:** *Francis Bacon - Logik der Sensation*, Fink, München (1995)
- Filk, Christian und Lommel, Michael (Hrsg.):** *Media Synaesthetics: Konturen einer physiologischen Medienästhetik*, Halem, Köln (2004)
- Haase, Walter:** "Smart Materials - reagible Werkstoffe", in: ARCH+, Bd. 172, Aachen (2005)
- Holzbach, Markus, Sobek, Werner:** "Paul - adaptive Gebäudehüllen", in: ARCH+, Bd. 172, Aachen (2005)
- IFF- Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb, Universität Stuttgart:** SFB 467 - Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für die variantenreiche Serienproduktion, (2005) <http://www.sfb467.uni-stuttgart.de>
- Kennedy & Violich Architecture:** "Give Back Curtain", in: ARCH+, Bd. 172, Aachen (2005)
- Kraft, Sabine; Kuhnert, Nikolaus und Uhlig, Günther:** "Formfindungen", in: ARCH+, Bd. 159/160, Aachen (2002)
- Kraft, Sabine:** "Werkstoffe - Eigenschaften als Variablen", in: ARCH+, Bd. 172, Aachen (2005)
- Loenhoff, Jens:** "Technisch erzeugte Wahrnehmungsbedingungen und ihre Bedeutung für audiovisuelle Fernkommunikation" in: *Connecting perspectives: Videokonferenz: Beiträge zu ihrer Erforschung und Anwendung*, Hrsg. Jana Döring; Walter H. Schmitz und Olaf a. Schulte, Shaker Verlag, Aachen (2003)
- Margulis, Lynn:** *Die andere Evolution*, Spektrum, Akad. Verl., Heidelberg [u.a.] (1999)
- Meisenheimer, Wolfgang:** *Das Denken des Leibes und der architektonische Raum*, König, Köln (2004)
- Schmitz, Hermann (Hrsg.):** *System der Philosophie*, Bouvier, Bonn (1977)
- Schneider, Katja:** "Raum ist in der großen Hütte" in: *Stuttgarter Zeitung*, 22.02.2005,
- Sherman, Tom:** "Maschines R us" in: *Fleshfactor: Informationsmaschine Mensch*, Hrsg. Ars Electronica Festival 97, Springer, Wien [u.a.] (1997)
- Sigl, Paul :** "Raum-Klang-Impressionen", in: ARCH+, Bd. 149/150, Aachen (2000)
- Taraz-Breinholt, Shirin:** "Geschäumte Materialien", in: ARCH+, Bd. 172, Aachen (2005)
- Thomsen, Christian W.:** *Bauen für die Sinne: Gefühl, Erotik und Sexualität in der Architektur*, Prestel, München [u.a.] (1996)
- Waldenfels, Bernhard:** *Bruchlinien der Erfahrung: Phänomenologie, Psychoanalyse, Phänomenotechnik*, Orig.-Ausg., Suhrkamp, Frankfurt am Main (2002)
- Waldenfels, Bernhard:** *Sinnesschwellen*, 1. Aufl., Suhrkamp, Frankfurt am Main (1999)
- Weber, Max:** *Wirtschaft und Gesellschaft: Grundriss der verstehenden Soziologie*, 5, Mohr-Siebeck, Tübingen (2002)

Bibliographie

- Abowd, Gregory D. und Dey, Anind K.:** "PANEL: Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness", Graphics, Visualization and Usability Center and College of Computing, Georgia Tech, Atlanta, GA, USA (1999)
<http://www.cc.gatech.edu/fce/ctk/pubs/HUC99-panel.pdf>
- Ada team Institute of Neuroinformatics uni | eth | zürich:** ada@expo.02 subject sheet, (2002) <http://www.ada-exhibition.ch>
- Aitken, Stuart und Buultjens, Marianna:** *Vision for doing: assessing functional vision of learners who are multiply disabled*, Moray House Publications, Edinburgh (1992)
- Alberti, Leon Battista:** *Zehn Bücher über die Baukunst*, Unveränd. reprograf. Nachdr. der 1. Aufl, Wiss. Buchges., Darmstadt (1991 = 1912)
- Alhazen, Witelo:** *Opticae thesaurus. Alhazeni Arabis libri 7, nuncrimum editi. Eiusdem liber De Crepusculis et nubium ascensionibus. Item Vitellonis Thuringopoloni Opticae libri 10. With an introd. to the reprint ed*, Johnson Reprint, New York (1972 = 1572)
- Alhazen; Witelo:** *Opticae thesaurus. Alhazeni Arabis libri 7, nuncrimum editi. Eiusdem liber De Crepusculis et nubium ascensionibus. Item Vitellonis Thuringopoloni Opticae libri 10. With an introd. to the reprint ed*, Johnson Reprint, New York (1972 = 1572)
- Aristoteles:** *Acht Bücher Physik = Physik des akroazeos biblia 8*, Scientia Verl., Aalen (1978)
- Aristoteles:** *Aristoteles Werke: griechisch und deutsch und mit sacherklärenden Anmerkungen*, Engelmann, Leipzig (1854)
- Aristoteles:** *Aristotelis De anima*, e Typ. Clarendoniano, Oxonii (1999)
- Aristoteles:** *Aristotelis De caelo libri quattuor*, Oxford Univ. Pr., Oxford [u.a.] (1973)
- Aristoteles:** *De generatione et corruptione*, Clarendon Press, Oxford [u.a.] (1982)
- Aristoteles:** *Kategorien*, Akademie-Verlag, Berlin (1984)
- Aristoteles:** *Metaphysik*, Akad.-Verl., Berlin (2003)
- Arnheim, Rudolf:** *Die Dynamik der architektonischen Form: gestützt auf d. 1975 an d. Cooper Union gehaltenen 'Mary Duke Biddle lectures'*, DuMont, Köln (1980)
- Arnheim, Rudolf:** *The dynamics of architectural form*, Univ. of California Press, Berkeley [u.a.] (1977)
- Bachelard, Gaston:** *Poetik des Raumes*, Ungekürzte Ausg, Fischer, Frankfurt am Main (2001)
- Bacon, Francis:** *De dignitate et augmentis scientiarum*, Stahel, Wirceburgi (1779-1780)
- Bacon, Francis:** *Neues Organon*, Gottfried Carl Nauck, Berlin (1870)
- Baeumker, C.:** "Zur Frage nach Abfassungszeit und Verfasser des irrtümlich Witelo zugeschriebenen Liber de intelligentiis" in: *Miscellanea Francesco Ehrle: scritti di storia e paleografia pubbl. sotto gli auspici di S.S. Pio XI in occasione dell'ottantesimo natalizio dell.*, Hrsg. Francesco Ehrle, Bibl. Apostolica Vaticana, Roma (1924)
- Bahl, Paramvir und Padmanabhan, Venkata N.:** "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System", März 2000, (2000)
<http://research.microsoft.com/~padmanab/papers/infocom2000.pdf>
- Becker, Barbara:** "Atmosphäre. Über den Hintergrund unserer Wahrnehmung und seine mediale Substitution" in: *Media Synaesthetics: Konturen einer physiologischen Medienästhetik*, Hrsg. Christian Filk und Michael Lommel, Halem, Köln (2004)
- Benjamin, Walter:** *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit: Drei Studien zur Kunstsoziologie*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main (2003 = 1963)
- Benjamin, Walter:** *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit: drei Studien zur Kunstsoziologie*, Suhrkamp, Frankfurt am Main (1963)
- Benthien, Claudia:** "Im Leibe wohnen: Zur kulturgeschichte und Metaphorik des Hauses und der Grenze im diskurs über die Haut" in: *Tasten: [Bonn Kongreß. Oktober 1995]*, Hrsg. Jakob Wenzel, Bd. 7, Steidl, Göttingen (1996)
- Benthien, Claudia:** *Haut: Literaturgeschichte, Körperbilder, Grenzdiskurse*, Rowohlt-Taschenbuch-Verl., Reinbek bei Hamburg (1999)
- Benton, A. L.:** "Disorders of spatial orientation" in: *Handbook of Clinical Neurology*, Hrsg. P.J. Vinken und G.W. Bruyn, Bd. III, North-Holland & Wiley, Amsterdam (1969)
- Berkeley, George:** *Eine Abhandlung über die Prinzipien der menschlichen Erkenntnis*, Meiner, Hamburg (2004)

Berkeley, George: *Versuch einer neuen Theorie der Gesichtswahrnehmung: und die Theorie der Gesichtswahrnehmung verteidigt und erläutert*, Meiner, Leipzig (1912)

Bollnow, Otto Friedrich: *Mensch und Raum*, Kohlhammer, Stuttgart [u.a.] (2000)

Bonaventura (Johannes Fidanza): "Commentari in quatuor libros sententiarum Petri Lombardi" in: *Opera omnia, Quaracchi-Firenze*, (1882-1902)

Brown, Gary: "Freedom and transience of Space" in: *Transportable environments 2: [theory, context, design and technology*, Hrsg. Robert Kronenburg, Spon, London [u.a.] (2003)

Bullinger, Hans-Jörg: *Zukunftsoffensive OFFICE 21: Büroarbeit in der dotcom-Gesellschaft gestalten*, vgs, Köln (2000)

Burnet, John: *Early greek philosophy*, Black, London [u.a.] (1892)

Bush, Vannevar: *As we may think*, (1945)

Böhme, Gernot: *Atmosphäre: Essays zur neuen Ästhetik*, Erstaussg, Suhrkamp, Frankfurt am Main (2003)

Böhme, Gernot: *Weltweisheit, Lebensform, Wissenschaft: eine Einführung in die Philosophie*, Suhrkamp, Frankfurt am Main (1994)

Böhme, Hartmut: "Der Tastsinn im Gefüge der Sinne. Athropologische und historische Ansichten vorsprachlicher Aisthesis" in: *Tasten: [Bonn Kongreß. Oktober 1995]*, Hrsg. Jakob Wenzel, Bd. 7, Steidl, Göttingen (1996)

Capurro, Rafael: "Digital-vernetzte Weltkonstruktion", (2001)
<http://www.capurro.de/digwelt.html>

Capurro, Rafael: *Information: ein Beitrag zur etymologischen und ideengeschichtlichen Begründung des Informationsbegriffs*, Saur, München [u.a.] (1978)

Carnegie Institute of Technology: VuMan, (1997) <http://www-2.cs.cmu.edu/~wearable/vuman.html>

Cassirer, Ernst: *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit, 2*, Cassirer, Berlin (1911)

Chen, Guanling und Kotz, David: "A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research", Department of Computer Science Dartmouth College (2000)
<http://www.cs.dartmouth.edu/~dfk/papers/chen:survey-tr.pdf>

Cheverst, Keith; Mitchell, Keith und Davies, Nigel: "Design of an Object Model for a Context Sensitive Tourist GUIDE", (1998)
<http://www.rostock.igd.fhg.de/veranstaltungen/workshops/imc98/Proceedings/imc98-SessionMA3-1.pdf>

Chipalkatti, Makarand: "A New Illumination Paradigm" in: *Partnerships for Solid-State Lighting: Report of a Workshop*, Hrsg. Charles W. Wessner, National Academy Press, (2002)

Cousin, Victor: *Fragments de philosophie Cartésienne*, Charpentier, Paris (1845)

Crombie, A. C.: *Robert Grosseteste and the origins of experimental science, 1100 - 1700*, Clarendon Pr, Oxford (2002)

DFG, Universität Stuttgart: SFB 627: Nexus/ Spatial World Models for Mobile Context-Aware Applications, (2004) <http://www.nexus.uni-stuttgart.de/>

De Boeck, Filip und Van Syngel, Koen: *Kinshasa, The Imaginary City*, Ludion, (2004)

Deleuze, Gilles: *Francis Bacon - Logik der Sensation*, Fink, München (1995)

Descartes, René: *Die Prinzipien der Philosophie: mit Anh.: Bemerkungen René Descartes über ein gewisses in den Niederlanden gegen Ende 1647 gedrucktes Programm*, Meiner, Hamburg (1965 = 1922)

Descartes, René: *Oeuvres de Descartes*, Cerf, Paris (1897-1913)

Descartes, René: *Regeln zur Ausrichtung der Erkenntniskraft*, Meiner, Hamburg (1972)

Deutsche Forschungsgesellschaft: (2004) <http://www.dfg.de>

Diels, Hermann: *Die Fragmente der Vorsokratiker: griechisch und deutsch*, Weidmann, Berlin (1960)

Diels, Hermann: *Kleine Schriften zur Geschichte der antiken Philosophie*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt (1969)

Douglas, Mary: *Reinheit und Gefährdung: eine Studie zu Vorstellungen von*

Verunreinigung und Tabu, Suhrkamp, Frankfurt a.M. (1988)

Downs, R. M. und Stea, D. (Hrsg.): *Image and environment: cognitive mapping and spatial behavior*, Arnold, London (1973)

Duhem, Pierre Maurice Marie : *Études sur Leonardo da Vinci*, de Nobele, Paris (1906)

Dücker, Michael: *Der Raum und seine Wahrnehmung*, Königshausen und Neumann, Würzburg (2001)

Dürckheim, Karlfried von: *Untersuchungen zum gelebten Raum*, Beck, München (1932)

Eames Office Gallery : Eames Office Gallery Homepage, (2004)
<http://www.eamesoffice.com>

Einstein, Albert : *Geometrie und Erfahrung: erweiterte Fassung des Festvortrages, gehalten an der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin am 27. Januar 1921*, Springer, Berlin (1921)

Einstein, Albert: *The meaning of relativity*, 4. ed, Princeton Univ. Pr., Princeton, N.J. (1953)

Enderlein, Ute : *Wahrnehmung im Virtuellen*, TU Darmstadt, Fachbereich Rechts- und Wirtschaftswissenschaften, Darmstadt (2002) <http://elib.tu-darmstadt.de/diss/000300>

Eng, Kynan; Klein, David und Bäbler, Andreas: "Design for a Brain Revisited: The Neuromorphic Design and Functionality of the Interactive Space `Ada`", in: *Reviews in the Neurosciences*, Bd. 14, (2003)

Eng, Kynan: "Ada: Constructing a Synthetic Organism", Lausanne (2002)

Euler, Leonhard : *Mechanica sive motus scientia*, Petersburg (1736)

Fakultät für Psychologie und Pädagogik LMU München : DFG-Forscherguppe - Wahrnehmungsplastizität, (1999) <http://www.paed.uni-muenchen.de/~allg1/fgplast/fg.htm>

Feuerstein, Günther: *Biomorphic architecture 2 (Erg. 1): Menschen- und Tiergestalten in der Architektur; human and animal forms in architecture*, Grafisches Zentrum HTU, Wien (2003)

Feuerstein, Günther: *Biomorphic architecture 2 (Erg. 2): Menschen- und Tiergestalten in der Architektur; human and animal forms in architecture*, Grafisches Zentrum HTU, Wien (2004)

Feuerstein, Günther: *Biomorphic architecture: Menschen- und Tiergestalten in der Architektur*, Edition Axel Menges, Stuttgart [u.a.] (2002)

Filk, Christian und Lommel, Michael (Hrsg.): *Media Synaesthetics: Konturen einer physiologischen Medienästhetik*, Halem, Köln (2004)

Fox, Michael A. und Yeh, Bryant P.: "Intelligent Kinetic Systems", in: , (1999)

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. : Body Area Network, (2002) <http://www.ban.fraunhofer.de/>

Freud, Sigmund: *Vorlesungen zur Einführung in die Psychoanalyse*, Fischer-Taschenbuch-Verl., Frankfurt am Main (1992)

Fukuju, Yasuhiro; Minami, Masateru Morikawa, Hiroyuki und Aoyama, Tomonori: "DOLPHIN: An Autonomous Indoor Positioning System in Ubiquitous Computing Environment", Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo, Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo, (2003) <http://www.mlab.t.u-tokyo.ac.jp/publications/2003/fukuju-isorc03.pdf>

Gemperle, Francine; Kasabach, Chris; Stivoric, John et al.: "Design for Wearability", Carnegie Mellon University, Institute for Complex Engineered Systems, Pittsburgh (1998) <http://www.ices.cmu.edu/design/wearability/files/Wearability.pdf>

Getting, I.: "The Global Position System", in: *IEEE Spectrum*, Bd. 30, (1993)

Ghiberti, Lorenzo: *Denkwürdigkeiten. -I commentarii-*, Bard, Berlin (1912)

Gibson, James Jerome: *Die Sinne und der Prozeß der Wahrnehmung*, Huber, Bern [u.a.] (1973)

Giedion, Sigfried : *Raum, Zeit, Architektur: die Entstehung einer neuen Tradition*, Orig.-Auszg, Birkhäuser, Basel [u.a.] (2000)

Gilbert, William : *Guiglielmi Gilberti De mundo nostro sublunari philosophia nova: opus posthumus*, Hertzberger, [Amsterdam] ([ca. 1963] = 1651)

Goethe, Johann Wolfgang von : *Faust*, Insel-Verl., Frankfurt am Main [u.a.] (2003)

Goethe, Johann Wolfgang von: "Die Natur. Fragment" in: *Schriften zur Naturwissenschaft*, Stuttgart (1982)

Gosztonyi, Alexander: *Der Raum: Geschichte seiner Probleme in Philosophie u. Wissenschaft*, Alber, Freiburg [u.a.] (1976)

Gray, Chris Hables; Figueroa-Sarriera, Heidi J. und Mentor, Steven: *The Cyborg handbook*, Routledge, New York [u.a.] (1995)

Grosseteste, Robert: "de luce" in: *das Licht in der Naturphilosophie des Robert Grosseteste*, Hrsg. L. Baur, Bd. Festgabe für G. v. Hertling, Freiburg im Breisgau (1913)

Guidubaldi, Egidio : *Dal 'De luce' di R. Grossatesta all' islamico 'Libro della scala'*, Olschki, Firenze (1978)

Haase, Walter: "Smart Materials - reagible Werkstoffe", in: ARCH+, Bd. 172, Aachen (2005)

Hagemann, Peter A. : *Der 3-D-Film*, Nüchtern, München (1980)

Hajos, Anton: *Einführung in die Wahrnehmungspsychologie*, Wiss. Buchges., Darmstadt (1980)

Hall, Edward Twitchell: *The hidden dimension*, Doubleday, Garden City, N.Y. (1966)

Hannes, Kari: Smelly interfaces, (2002)
http://www.telenor.no/fou/KH_olfactory_displays_200202.pdf

Handwerker, Hermann: "Allgemeine Sinnesphysiologie" in: *Physiologie des Menschen*, Hrsg. R. F. Schnmidt und G. Thews, Berlin [u.a.] (1993)

Harter, A.; Hopper, A.; Stegges, P. et al.: "The Anatomy of a Context-Aware Application", in: *Wireless Networks*, Bd. 1, (2001) <http://www-lce.eng.cam.ac.uk/publications/files/tr.2002.2.pdf>

Hattinger, Gottfried: "Einleitung. Geschichtliche Extraktion zum Thema" in: *Kunst der Szene: Ars Electronica*, Hrsg. 1988, LinzAudio Art Symposium 1988, Linz Ars Electronica 9, Linzer Verant.-Ges., Linz (1988)

Heilig, Morton: Sensorama Simulator, Patentnummer: 3050870, USA, (1961)
<http://www.mortonheilig.com/SensoramaPatent.pdf>

Heimlich, Siegfried: *Porträts in Plastik*, Hoppenstedt, Darmstadt (1998)

Helmholtz, Hermann von: *Über die Tatsachen, welche der Geometrie zugrunde liegen*, Springer, Wien [u.a.] (1998)

Hesiodus: *Theogonie: griechisch/deutsch*, Reclam, Stuttgart (1999)

Hightower, Jeffrey; Vakili, Chris; Borriello, Gaetano et al.: "Design and Calibration of the SpotON Ad-HocLocation Sensing System", University of Washington, Computer Science and Engineering, Washington (2001)
<http://www.cs.washington.edu/homes/jeffro/pubs/hightower2001design/hightower2001design.pdf>

Hobbes, Thomas: *The collected English works of Thomas Hobbes*, Routledge/Thoemmes Press, London (1997 = 1839-1845)

Hobbes, Thomas: *Vom Körper: (Elemente der Philosophie I)*, Meiner, Hamburg (1967)

Hochdörfer, Achim: "Was bedeutet 'soziale Ordnung'? Zur Befindlichkeit des Körpers im öffentlichen Raum" in: *La casa, il corpo, il cuore: Konstruktion der Identitäten*, Hrsg. Lóránd Hegyi, Museum Moderner Kunst Stiftung Ludwig, Wien (1999)

Hoffmann, Reiner: Definition des Begriffes Information, (2002) <http://home.t-online.de/home/0926161717-0002/home.htm>

Holzbach, Markus, Sobek, Werner: "Paul - adaptive Gebäudehüllen", in: ARCH+, Bd. 172, Aachen (2005)

Hooke, Robert: *Micrographia: or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon*, Facs. ed, Science Heritage, Lincolnwood, Ill. (1987)

Hume, David: *A treatise of human nature*, London (1894)

IFF- Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb, Universität Stuttgart: SFB 467 - Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für die variantenreiche Serienproduktion, (2005) <http://www.sfb467.uni-stuttgart.de>

Jammer, Max: *Das Problem des Raumes: die Entwicklung der Raumtheorien, 2*, Wiss. Buchges., [Abt. Verl.], Darmstadt (1980)

Joedicke, Jürgen: *Raum und Form in der Architektur: über den behutsamen Umgang mit der Vergangenheit = Space and form in architecture*, Krämer, Stuttgart (1985)

Johannes Philoponus : *Ioannis Philoponi in Aristotelis Physicorum libros quinque*

posteriores commentaria, Reimer, Berolini (1888)

Junker, P. ; Lukowicz, G. und Tröster, : "Wearable Computing: Vernetzung am Körper, mit dem Körper", 21.-23. October 2002, Dresden (2002)

Kamper, Dietmar und Wulf, Christoph: *Das Schwinden der Sinne*, Erstausgabe, Suhrkamp, Frankfurt am Main (1988)

Kant, Immanuel : *De mundi sensibilis atque intelligibilis forma et principiis*, Edizioni di storia e letteratura, Roma (2002)

Kant, Immanuel : *Kants Werke*, Akad.-Textausg, de Gruyter, Berlin (2000)

Kant, Immanuel : *Kritik der reinen Vernunft*, [Vollst. neu edierte und komm. Ausg. zum Kant-Jubiläum], Orig.-Ausg, Suhrkamp, [Frankfurt am Main] (2004)

Kant, Immanuel: *Kant's_ gesammelte Schriften: Vorkritische Schriften 1: 1747-1756*, Reimer [u.a.], Berlin [u.a.] (1902)

Kaye, Joseph Nathaniel : *Symbolic Olfactory Display*, Massachusetts Institute of Technology, S.B. Brain & Cognitive Science., (1999)

<http://xenia.media.mit.edu/~jofish/thesis/symbolic.olfactory.display.pdf>

Keill, J: *An introduction to natural philosophy*, London (1745)

Kennedy & Violich Architecture: "Give Back Curtain", in: ARCH+, Bd. 172, Aachen (2005)

Kepler, Johannes: *Joannis Kepleri Astronomi Opera Omnia*, Heyder Zimmer, Frankfurt (1858-1871)

Kern, Nicky und Schiele, Bernt : "Context-Aware Notification for Wearable Computing", Oktober, New York, USA (2003)

Kraft, Sabine; Kuhnert, Nikolaus und Uhlig, Günther: "Formfindungen", in: ARCH+, Bd. 159/160, Aachen (2002)

Kraft, Sabine; Kuhnert, Nikolaus und Uhlig, Günther: "Von der Box zum Blob und wieder zurück: Zum jüngsten Architektenstreit", in: ARCH+, Bd. 148, Aachen (1999)

Kraft, Sabine: "Werkstoffe - Eigenschaften als Variablen", in: ARCH+, Bd. 172, Aachen (2005)

Kulik, Lars: "Zur Grenzziehung zwischen Rand, Grenze und Begrenzung" in: *Intelligente Informationsverarbeitung*, Hrsg. JenaGesellschaft für Kognitionswissenschaft KogWis 1997, DUV, Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden (1998)

Kulturprozents MGB Science & Future : RoBoser - Ein interaktives, musikalisches Environment aus der Neuroinformatik, (2000)

<http://www2.kulturprozent.ch/oldbrain/referenten/verschure/>

Kükelhaus, Hugo: *Organismus und Technik: gegen d. Zerstörung d. menschl. Wahrnehmung*, Fischer-Taschenbuch-Verlag, Frankfurt am Main (1984)

Kükelhaus, Hugo: *Unmenschliche Architektur: von der Tierfabrik zur Lernanstalt*, Gaia-Verl., Köln (1991)

Laban, Rudolf von : *Choreutik: Grundlagen der Raumharmonielehre des Tanzes*, Noetzel, Heinrichshofen-Bücher, Wilhelmshaven (1991)

Laban, Rudolf von: *Kunst der Bewegung*, Noetzel, Heinrichshofen-Bücher, Wilhelmshaven (1988)

Langheinrich, Marc; Mattern, Friedemann; Römer, Kay et al.: "First Steps Towards an Event-Based Infrastructure for Smart Things", (2000)

<http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/firststeps.pdf>

Laugier, Marc-Antoine: *An Essay on Architecture*, Los Angeles (1977)

Lawless, Harry T.: "Olfactory Psychophysics" in: *Tasting and Smelling. Handbook of Perception and Cognition, 2nd Edition.*, Hrsg. Beauchamp & Bartoshuk, Academic Press, San Diego, CA., San Diego, CA. (1997)

LeCorbusier: *Der Modulor*, Dt. Verl.-Anst., Stuttgart (2003)

Leonardo da Vinci : *A treatise on painting*, London, (1802)

Leonardo da Vinci: *Leonardo da Vinci: selected scholarship*, Garland, New York [u.a.] (1999)

Linschoten, Johannes : *Situation*, (1954)

Lobacevskij, Nikolaj Ivanovic : *Zwei geometrische Abhandlungen aus d. Russ. übers., mit Anm. u. mit e. Biogr. d. Verf.*, B. G. Teubner, Leipzig (1898-99)

Locke, John: *An essay concerning human understanding: in two volumes*, Clarendon

Press, Oxford (1894)

Locke, John: *The Life and Letters of J. L., with extracts from his journal and common-place books*, (1864)

Loenhoff, Jens: "Technisch erzeugte Wahrnehmungsbedingungen und ihre Bedeutung für audiovisuelle Fernkommunikation" in: *Connecting perspectives: Videokonferenz: Beiträge zu ihrer Erforschung und Anwendung*, Hrsg. Jana Döring; Walter H. Schmitz und Olaf a. Schulte, Shaker Verlag, Aachen (2003)

Lukowicz, P. und Tröster, G.: "Wearable Computing", in: Bulletin des Schweizer Elektrotechnischen Vereins, Bd. 9, (2000)

Lukowicz, P.; Junker, H.; Stäger, M. et al.: "WearNET: A Distributed Multi-Sensor System for Context Aware Wearables", 29. September - 1. October 2002, Göteborg (2002) http://www.wearable.ethz.ch/fileadmin/pdf_files/pub/ubicomp02.pdf

MIT Wearable Computing Project : A brief history of wearable computing, (1997) <http://agents.www.media.mit.edu/projects/wearables/lizzy/timeline.html>

Malebranche, Nicolas : *Recherche de la vérité, éclaircissements*, Vrin, Paris (1964)

Malebranche, Nicolas: *Entretiens sur la métaphysique et sur la religion: suivis des Entretiens sur la mort*, Libr. Armand Colin, Paris (1922)

Mann, Steve: "Definition of 'Wearable Computer'", 12-13 Mai, 1998, Fairfax VA (1998) <http://wearcam.org/icwckeynote.html>

Margulis, Lynn: *Die andere Evolution*, Spektrum, Akad. Verl., Heidelberg [u.a.] (1999)

Matz, Reinhard: *Räume oder Das museale Zeitalter: ein Essay und 20 Fotografien*, DuMont, Köln (1990)

Maxwell, James Clerk: *Matter and motion*, London, (1920)

McGinn, Colin: *The problem of consciousness: essays toward a resolution*, Blackwell, Oxford, UK [u.a.] (1991)

Meisenheimer, Wolfgang: *Das Denken des Leibes und der architektonische Raum*, König, Köln (2004)

Merleau-Ponty, Maurice : *Phänomenologie der Wahrnehmung*, de Gruyter, Berlin (1974=1966)

Milgram, P. und Colquhoun, H.: "A Taxonomy of Real and VirtualWorld Display Integration" Hrsg. 1999, Yokohama International Symposium on Mixed Reality 1, (1999) http://vered.rose.utoronto.ca/publication/1999/Milgram_Colquhoun_ISMR1999.pdf

Minkowski, Eugène: *Le temps vécu: études phénoménologiques et psychopathologiques*, Monfort, Brionne (1988)

Mitchell, J. William: *Me++*, (2003)

More, Henry: *Opera omnia*, Olms, Hildesheim (1966 = 1674)

More, Henry: *Philosophical Writings*, New York [usw.], (1925)

Murch, Gerald M. und Woodworth, Gail L.: *Wahrnehmung*, Kohlhammer, Stuttgart [u.a.] (1978)

Museum Moderner Kunst Wien: *La casa, il corpo, il cuore: Konstruktion der Identitäten*, Museum Moderner Kunst Stiftung Ludwig, Wien (1999)

Myllys, Mikko: "Context Toolkit", University of Helsinki, Department of Computer Science, Helsinki (2002)

<http://www.cs.helsinki.fi/u/kraatika/Courses/sem02s/ContextToolkit.pdf>

Müsseler, Jochen und Prinz, Wolfgang (Hrsg.): *Allgemeine Psychologie*, Wiss. Buchges., Darmstadt (2002)

Nachtigall, Werner und Blüchel, Kurt G.: *Das große Buch der Bionik: neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*, Dt. Verl.-Anstalt, Stuttgart [u.a.] ([2003])

Neisser, Ulric: *Kognition und Wirklichkeit: Prinzipien und Implikationen der kognitiven Psychologie*, Klett-Cotta, Stuttgart (1996)

Newton, Isaac und Schüller, Volkmar: *Die mathematischen Prinzipien der Physik*, de Gruyter, Berlin [u.a.] (1999)

Newton, Isaac : *Mathematische Prinzipien der Naturlehre*, Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt (1963 = 1872)

Newton, Isaac : *Sir Isaac Newton's Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts*, Engelmann, Leipzig (1898)

Nicolaus Oresmius : *Le livre du ciel et du monde*, Univ. of Wisconsin Press, Madison

[u.a.] (1968)

Nitsch, Hermann : Hermann Nitsch: Das Orgien Mysterien Theater, (2004)

<http://www.nitsch.org>

Norberg-Schulz, Christian: *Existence, space architecture*, Studio Vista, London (1971)

Osborn, Bob: *Futurism and the Futurists*, (2004) <http://www.futurism.org.uk>

Perrier, Danielle: "Mein Körper: das Herz der Architektur" in: *La casa, il corpo, il cuore: Konstruktion der Identitäten*, Hrsg. Lóránd Hegyi, Museum Moderner Kunst Stiftung Ludwig, Wien (1999)

Peter Zumthor : *Material und Präsenz*, (2004) <http://www.therme-vals.ch/>

Plato : *Politikos, Philebos, Timaios, Kritias*, Rowohlt, Hamburg (1969)

Plato : *Theaitetos = Theaitetos. Sophistes = Der Sophist. Politikos = Der Staatsmann*, Dieser Ausg. liegt die 2, Wiss. Buchges., Darmstadt (2001)

Plato : *Timaios: griechisch-deutsch*, Reclam, Stuttgart (2003)

Plato; : *Timaios = Timaios. Kritias = Kritias. Philebos = Philebos*, Sonderausg. der 2, Wiss. Buchges., [Abt. Verl.], Darmstadt (1990)

Pleßner, Helmut: *Die Stufen des Organischen und der Mensch: Einleitung in die philosophische Anthropologie*, 2, de Gruyter, Berlin (1965)

Plotinus: *Plotini Opera*, Typ. Clarendoniano, Oxonii (1964)

Poincaré, Henri : *Wissenschaft und Hypothese*, 2, Teubner, Leipzig (1906)

Portoghesi, Paolo : *Nature and architecture*, Skira editore, Mailand (2000)

Prampolini, Enrico: "L'atmosfera scenica futuristica", in: *NOI: Rivista d'arte futurista*, (1924)

Priyantha, Nissanka B.; Miu, Allen K. L.; Balakrishnan, Harriet al.: "The Cricket

Compass for Context-Aware MobileApplications", July 2001, Rome, Italy(2001)

<http://nms.lcs.mit.edu/papers/CricketCompass.pdf>

RealNetworks, Inc. : (2004) <http://www.real.com/>

Reid, Thomas : *Essays on the intellectual powers of man*, Pennsylvania State University Press, University Park, Pa (2002)

Rheingold, Howard: *Virtual reality*, Secker Warburg, London (1991)

Rheingold, Howard: *Virtuelle Welten: Reisen im Cyberspace*, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg (1992)

Riemann, Bernhard: *Gesammelte mathematische Werke: Nachträge*, Teubner, Leipzig (1902)

Riemann, Bernhard: *Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen*, Dieterich, Göttingen (1867)

Royal Philips Electronics: (2004) <http://www.philipsdesign.com/>

Sacks, Oliver: *Der Mann, der seine Frau mit einem Hut verwechselte*, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg (1991)

Salber, Daniel; Dey, Anind K. und Abowd, Gregory D. : "The Context Toolkit", May 15-20, 1999, Pittsburgh (1999) <http://www.cc.gatech.edu/fce/contexttoolkit/pubs/chi99/>

Sarasin, Philipp: *Reizbare Maschinen: eine Geschichte des Körpers 1765 - 1914*, Orig.-Ausg, Suhrkamp, Frankfurt am Main (2001)

Sartre, Jean-Paul : *Das Sein und das Nichts: Versuch einer phänomenologischen Ontologie*, 5. - 8. Tsd, Rowohlt, Hamburg (1962)

Schilit, B.; Adams, N. und Want, R.: "Context Aware Computing Applications", Dezember 1994, Santa Cruz, CA (1994)

Schlemmer, Oskar; Moholy-Nagy, László; Molnár, Farkas Ferenc et al.: *Die Bühne im Bauhaus*, Gebr. Mann, Berlin (2003)

Schmidt, R. F. und Thews, G.: *Physiologie des Menschen*, Springer, Berlin [u.a.] (1993)

Schmitt, Peter-Philipp: "Nervige Technik" in: *Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung*, 07.04.2002,

Schmitz, Hermann (Hrsg.): *System der Philosophie*, Bouvier, Bonn (1967)

Schmitz, Hermann (Hrsg.): *System der Philosophie*, Bouvier, Bonn (1969)

Schmitz, Hermann (Hrsg.): *System der Philosophie*, Bouvier, Bonn (1977)

Schneider, Katja: "Raum ist in der großen Hütte" in: *Stuttgarter Zeitung*, 22.02.2005,

Schubert, Venanz: "Erlebnis, Anschauung und Begriff des Raumes" in: *Der Raum*:

Raum des Menschen - Raum der Wissenschaft, EOS-Verl., St. Ottilien (1987)

Seeck, G.A (Hrsg.) : *Die Naturphilosophie des Aristoteles*, Darmstadt (1975)

Sennett, Richard: *Fleisch und Stein: der Körper und die Stadt in der westlichen Zivilisation*, Suhrkamp, [Frankfurt am Main] (1997)

Serres, Michel: *Die fünf Sinne: eine Philosophie der Gemenge und Gemische*, Suhrkamp, Frankfurt am Main (1994)

Shannon, Claude Elwood und Weaver, Warren: *The mathematical theory of communication*, Univ. of Illinois Press, Urbana [u.a.] (c1998 = 1949)

Sherman, Tom: "Maschines R us" in: *Fleshfactor: Informationsmaschine Mensch*, Hrsg. Ars Electronica Festival 97, Springer, Wien [u.a.] (1997)

Sigl, Paul : "Raum-Klang-Impressionen", in: ARCH+, Bd. 149/150, Aachen (2000)

Simmel, Georg: *Das Individuum und die Freiheit: Essais*, Fischer-Taschenbuch-Verl., Frankfurt am Main (1993)

Simplicius Cilicius : *Commentaria in Aristotelem Graeca*, de Gruyter, Berlin (ca. 1954)

Sompura, Hitesh: *The Essence of Architecture* , (2000)
<http://www.plannet.com/features/essenceofarchsampura.html>

Sony: QRIO Roboter, (2004) <http://www.sony.net/SonyInfo/QRIO/story/>

Symbol Technologies Inc: Symbol Technologies To Supply UPS with Next-Generation Wearable Bar Code Scanning Systems, (1995)
http://www.symbol.com/news/pressreleases/press_releases_barcode_ups.html

Taraz-Breinolt, Shirin: "Geschäumte Materialien", in: ARCH+, Bd. 172, Aachen (2005)

Technische Universität Berlin Institut für Technische Informatik und Mikroelektronik : Prozeßdatenverarbeitung (PDV), (2004) <http://pdv.cs.tu-berlin.de/forschung/>

Telesio, Bernardino : *Bernardini Telesii De rerum natura*, Formiggini, Modena (1913)

Thomsen, Christian W.: *Bauen für die Sinne: Gefühl, Erotik und Sexualität in der Architektur*, Prestel, München [u.a.] (1996)

Tolman, E. C.: "Cognitive maps in rats and men", in: *Psychological Review* 55, (1948)

Ullmann, Ernst: *Leonardo da Vinci*, Seemann, Leipzig (1980)

Uni Stuttgart: Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für die variantenreiche Serienproduktion, (2004) <http://www.sfb467.uni-stuttgart.de/>

Universität Bremen: Spatial Cognition, DFG Sonderforschungsbereich TR 8, (2004)
<http://www.sfbtr8.uni-bremen.de/>

Varela, Francisco J.: *Kognitionswissenschaft, Kognitionstechnik: eine Skizze aktueller Perspektiven*, Suhrkamp, Frankfurt am Main (1990)

Verschure, P.; Kröse, B und Pfeifer, R.: "Distributed adaptive Control: the self-organization of structured behavior.", in: *Robot Auton Syst*, Bd. 9, (1992)

Vitruvius: *Baukunst*, Birkhäuser, Basel [u.a.] (1995 = 1796)

Vitruvius: *Zehn Bücher über Architektur: mit 72 Tafeln*, Koerner, Baden-Baden (1987)

Waldenfels, Bernhard: *Bruchlinien der Erfahrung: Phänomenologie, Psychoanalyse, Phänomenotechnik*, Orig.-Ausg, Suhrkamp, Frankfurt am Main (2002)

Waldenfels, Bernhard: *Sinnesschwellen*, 1. Aufl, Suhrkamp, Frankfurt am Main (1999)

Want, Roy ; Hopper, Andy; Falcão, Veronica et al.: "The Active Badge Location System", Olivetti Research Ltd. (ORL), in: *Technical Report 1992*, Cambridge, England (1992)

Watson, Lyall: *Der Duft der Verführung: das unbewußte Riechen und die Macht der Lockstoffe*, Fischer Taschenbuch Verl., Frankfurt am Main (2003)

Wearable Computing Laboratory ETH Zürich: Linkliste Institute für Wearable Technologien, (2004) <http://www.wearable.ethz.ch/links-institutions.0.html>

Weber, Max: *Wirtschaft und Gesellschaft: Grundriss der verstehenden Soziologie*, 5, Mohr-Siebeck, Tübingen (2002)

Weiser, M. und Seely, B. J.: *Designing calm Technologie*, (1996)
<http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/acmfuture2endnote.htm>

Weizenbaum, Joseph; Haefner, Klaus und Haller, Michael: *Sind Computer die besseren Menschen?: Ein Streitgespräch*, Piper, München [u.a.] (1992)

Weizsäcker, Carl Friedrich von: *Die Einheit der Natur: Studien*, 1. Aufl, Dt. Taschenbuch-Verl., München (1974)

Wiener, Norbert: *Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine*, M.I.T. Press, New York, NY [u.a.] (1961)

Wikipedia, die freie Enzyklopädie: Sinn (Wahrnehmung), (2004)
<http://de.wikipedia.org/wiki/Sinne>

Witelo: "Perspektiva" in: *Witelo, ein Philosophen Naturforscher des XVIII. Jahrhunderts*, Hrsg. C. Baeumker, Münster (1908)

Woll, Stefan: *Das Totaltheater: ein Projekt von Walter Gropius und Erwin Piscator*, Ges. für Theatergeschichte, Berlin (1984)

Wölfflin, Heinrich : *Prolegomena zu einer Psychologie der Architektur*, Gebr. Mann, Berlin (1999)

Xyberonaut: Mobile Assistant@ Transferable Core – MA@ TC, (2004)
http://www.xyberonaut.com/Solutions/product/downloads/XYB_MATC.pdf (a)

Xyberonaut: Poma, (2004)
http://www.xyberonautonline.com/eCommerce/Poma/Plac_Poma.htm (b)

Yasuyuki, Yanagida; Shinjiro, Kawato; Haruo, Nomaet al.: "A Nose-Tracked, Personal Olfactory Display", Dept. of Information Media Technology Tokai University, ATR Media Information Science Laboratories, (2003)

Yasuyuki, Yanagida; Shinjiro, Kawato; Haruo, Nomaet al.: "Projection-Based Olfactory Display with Nose Tracking", März 2004, Chicago, U.S.A. (2004)
http://www.mis.atr.jp/~yanagida/pub/IEEE-VR2004_yanagida.pdf

Östberg, Olov: "Towards standards and TLVs for visual work.", Juni 1977, Stockholm (1977)

Körper und Bauwerk, Bertelsmann-Fachzeitschr.-GmbH, Gütersloh (1992)

Stoicorum veterum fragmenta, Teubner, Stutgardiae (1979)