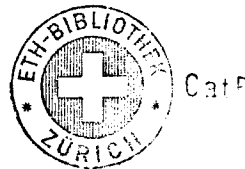


GEMISCHE UND NETZE

WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN MENSCHEN UND GEBAUTER UMWELT

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von
Alojz J. Cerar
Dipl. Ing. Architekt, Universität Ljubljana
geboren am 16. September 1941
aus Slowenien



Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. Georg Mörsch, Referent
Prof. Helmut Spieker, Korreferent

Leer - Vide - Empty

Leer - Vide - Empty

Leer - Vide - Empty

INHALTSVERZEICHNIS	
KURZFASSUNG	8
DISSERTATION ABSTRACTS INTERNATIONAL	10
1 THESE	12
1.1 FORSCHUNGSABSICHT	12
1.1.1 PROBLEMKREIS / FRAGESTELLUNG	12
1.1.2 THESE	14
1.2 FORSCHUNGSSTAND	16
1.2.1 NATURWISSENSCHAFTEN	16
1.2.1.1 Heutiger Stand	16
1.2.1.2 Vorgeschichte	17
1.2.2 TECHNIK	18
1.2.3 ARCHITEKTURTHEORIE	18
1.3 FORSCHUNGSVORGANG / METHODE	20
1.3.1 BEREICHE DER WECHSELWIRKUNG	21
1.3.1.1 Bewegung	21
1.3.1.2 Schwerkraft	21
1.3.1.3 Konsistenz	21
1.3.1.4 Wärme	22
1.3.1.5 Strahlungen	22
1.3.1.6 Chemische Wirkungen	22
1.3.2 FELDFORSCHUNG	22
2 ANALYSE	24
2.1 BEWEGUNG	24
2.1.1 BEWEGUNG ALS PHYSIKALISCHES PHÄNOMEN	24
2.1.2 BEWEGUNGEN IN DER UMWELT	25
2.1.2.1 Planetare Bewegungen	25
2.1.2.2 Bewegungen der Massen im Lebensraum	25
2.1.3 WIRKUNG DER BEWEGUNGEN AUF MENSCHEN	26
2.1.3.1 Haptischer Wahrnehmungsapparat	28
2.1.3.2 Vestibularorgan	28
2.1.3.3 Visuelles Wahrnehmungssystem	29
2.1.3.4 Akustische Wahrnehmung der Bewegung	29
2.1.3.5 Im Gedächtnis gespeicherte Bewegungsräume	29
2.1.4 BAULICHER UMGANG MIT DER BEWEGUNG	30
2.1.4.1 Bauen der ruhenden Umwelt	31
2.1.4.2 Ephemere Bauten	34
2.1.4.3 Umgang mit bewegten Massen	35
2.1.5 FAZIT	41
2.2 SCHWERKRAFT	43
2.2.1 SCHWERKRAFT ALS ELEMENTARE WIRKUNG	43
2.2.2 WIRKUNG IN DER UMWELT	43
2.2.2.1 Feste Materie	43
2.2.2.2 Flüssigkeiten	44
2.2.2.3 Gase	44
2.2.2.4 Vegetation	44
2.2.2.5 Tiere	45
2.2.3 WIRKUNG DER SCHWERKRAFT AUF MENSCHEN	45
2.2.3.1 Knochen und Gelenke	45
2.2.3.2 Muskeln und Sehnen	46
2.2.3.3 Haut und tiefere Gewebe	46
2.2.3.4 Blutgefäße	46
2.2.3.5 Gleichgewichtsorgan	47
2.2.3.6 Leistung des zentralen Nervensystems	47
2.2.3.7 Gesamtwirkung der Schwerkraft auf Menschen	48
2.2.4 UMGANG MIT DER SCHWERKRAFT	49
2.2.4.1 Stützen, Pilone, Wände	50

2.2.4.2 Balken, Platten, Fachwerke	50
2.2.4.3 Bögen und Hängekonstruktionen	51
2.2.4.4 Halterungen, Dämme, Gefässe	51
2.2.4.5 Stützen des menschlichen Körpers	52
2.2.4.6 Umgang mit Lasten in Bauprozessen	55
2.2.4.7 Formale Folgen der Gravitation	56
2.2.5 FAZIT	57
2.3 KONSISTENZ	59
2.3.1 KOHÄSION UND ADHÄSION	59
2.3.2 AUSWIRKUNGEN DER KONSISTENZ IN UNBELEBTER WELT	60
2.3.2.1 Festigkeit	60
2.3.2.2 Elastizität	60
2.3.2.3 Plastizität	61
2.3.2.4 Viskosität	61
2.3.2.5 Gasförmigkeit	62
2.3.3 WIRKUNGEN AUF MENSCHEN	62
2.3.3.1 Haptische Sinnesempfindungen	63
2.3.3.2 Auditiv Wahrnehmung	63
2.3.3.3 Gesamtwirkung der Konsistenz	65
2.3.4 UMGANG MIT DER KONSISTENZ	66
2.3.4.1 Gesteine	66
2.3.4.2 Metalle	69
2.3.4.3 Organische Baustoffe	70
2.3.4.4 Amorphe Baustoffe	72
2.3.4.5 Flüssigkeiten	72
2.3.4.6 Gase	75
2.3.5 FAZIT	78
2.4 WÄRME	80
2.4.1 WÄRME ALS MATERIELLES GESCHEHEN	80
2.4.2 VORGÄNGE IN DER UMWELT	81
2.4.2.1 Akkumulation	81
2.4.2.2 Wärmewanderung	81
2.4.2.3 Dehnung	82
2.4.2.4 Wechsel der Aggregatzustände	82
2.4.2.5 Chemische Veränderungen	83
2.4.3 WIRKUNG DER WÄRME AUF MENSCHEN	83
2.4.3.1 Primäre Sinnesorgane für Wärme	83
2.4.3.2 Sekundäre Wahrnehmungen	83
2.4.3.3 Gesundheitliche Auswirkungen	84
2.4.4 UMGANG MIT DER WÄRME	84
2.4.4.1 Gewinnung, Umsetzung und Verteilung der Wärme	85
2.4.4.2 Speicherung der Wärme	86
2.4.4.3 Isolation	87
2.4.4.4 Kombinationen von Speicherung und Isolation	87
2.4.4.5 Umgang mit Volumenveränderungen	88
2.4.5 FAZIT	89
2.5 CHEMISCHE WIRKUNGEN	91
2.5.1 ELEKTROMAGNETISMUS ALS ENTSCHEIDENDE KRAFT	91
2.5.2 WIRKUNG DER STOFFE UNTEREINANDER	91
2.5.2.1 Arten von Reaktionen	92
2.5.2.2 Arten der Durchmischung	93
2.5.3 WIRKUNG CHEMISCHER VORGÄNGE AUF MENSCHEN	94
2.5.3.1 Sinnesempfindungen	94
2.5.3.2 Weitere Wirkungen	95
2.5.4 UMGANG MIT CHEMISCHEN WIRKUNGEN	98
2.5.4.1 Mineralien	98
2.5.4.2 Metalle	100
2.5.4.3 Wasser	102
2.5.4.4 Luft	104

2.5.4.5	Verbrennung	105
2.5.4.6	Bindemittel	106
2.5.4.7	Kunststoffe	106
2.5.4.8	Fäulnis und Verwesung	108
2.5.4.9	Vegetation	108
2.5.4.10	Tiere	109
2.5.4.11	Lebensmittel	109
2.5.5	FAZIT	110
2.6	STRAHLUNGEN	112
2.6.1	ELEKTROMAGNETISCHES SPEKTRUM	112
2.6.2	AUSWIRKUNGEN DER STRAHLUNGEN IN DER UMGEBUNG	113
2.6.2.1	Gesteine	114
2.6.2.2	Metalle	115
2.6.2.3	Wasser	115
2.6.2.4	Luft	116
2.6.2.5	Organische Stoffe	117
2.6.3	WIRKUNGEN DER STRAHLUNGEN AUF MENSCHEN	117
2.6.3.1	Wirkung der Wärmestrahlung	118
2.6.3.2	Wirkungen der Lichtstrahlung	119
2.6.3.3	Wirkungen der nieder- und hochfrequenten Felder	122
2.6.3.4	Ionisierende Strahlung	123
2.6.4	UMGANG MIT STRAHLUNGEN	124
2.6.4.1	Umgang mit der Wärmestrahlung	124
2.6.4.2	Umgang mit der Lichtstrahlung	127
2.6.4.3	Umgang mit elektromagnetischen Feldern	134
2.6.4.4	Umgang mit ionisierender Strahlung	136
2.6.5	FAZIT	136
3	FOLGERUNGEN	139
3.1	KOMPLEXITÄT DER WECHSELWIRKUNGEN	139
3.1.1	UNBELEBTE WELT	140
3.1.2	BELEBTE WELT	141
3.1.3	SINNESEMPFINDUNGEN UND WAHRNEHMUNGEN	141
3.1.3.1	Nervennetze und Hormone	142
3.1.3.2	Redundanz	143
3.1.3.3	Aufmerksamkeit	144
3.1.3.4	Gesamtwahrnehmung	146
3.1.3.5	Von Menschen erschaffene Welten	148
3.1.4	ZUSAMMENFASSUNG	149
3.2	FOLGEN FÜR DIE KUNST DES BAUENS	151
3.2.1	BEWERTUNGSMETHODE / -MODELL	151
3.2.2	BEISPIEL WOHNEN	157
3.2.2.1	Bewegung	157
3.2.2.2	Schwerkraft	162
3.2.2.3	Konsistenz	165
3.2.2.4	Wärme	167
3.2.2.5	Chemische Veränderungen	169
3.2.2.6	Strahlungen	172
3.3	AUSSAGE DER THEORIE DER GEMISCHE UND NETZE	177
	LITERATURVERZEICHNIS	179
	LEBENS LAUF	184
	DANK	185

KURZFASSUNG

Zwischen Menschen und Bauwerken geschehen vielschichtige und intensive Wechselwirkungen. Bestandteile der gebauten Umwelt ruhen und bewegen sich gegenseitig, lasten aufeinander, sind verschieden konsistent und warm, strahlen und verändern sich chemisch - und der Mensch bewegt sich und ruht, hat seine Masse und Konsistenz, erzeugt Wärme und Strahlung und nimmt diese auf, verändert sich chemisch. Vorgänge und Eigenschaften der Individuen und ihrer Umgebung beeinflussen sich gegenseitig. Die Wechselwirkung wird nur teilweise von Menschen sinnlich empfunden und in einem subjektiven Rahmen wahrgenommen. Die Rezeption und die Verarbeitung bestimmen das Handeln. Naturwissenschaftliche Erkenntnisse und die Technik können Bauwerke und Menschen in eine erlebnisreiche Beziehung bringen. Verfügen die Bauenden über genügend theoretische Kenntnisse dieser Wechselwirkungen?

Menschen schaffen Neues, um ihr Leben zu verbessern. Dabei wandeln sie Materie und Energie um, erzeugen ausser relativen Gewinnen unerwünschte Nebenwirkungen und greifen Bereiche auf, die ihnen nicht gehören. In ihrem Bemühen übersehen, vernachlässigen, verdrängen oder zerstören sie Errungenschaften, die durch natürliche und kulturelle Evolution zu wichtigen Bestandteilen ihres Ganzen geworden sind und ihre Lebensgrundlagen bilden. Die Bautätigkeit ist an diesen Prozessen beteiligt. Die vorliegende Theorie der Wechselwirkungen zwischen der Umgebung, den Bauwerken, den Gegenständen sowie den Lebewesen im allgemeinen und den Menschen im besonderen ermöglicht eine Übersicht über das existentiell wichtige Geschehen und schafft die Grundlagen für eine wissenschaftliche Behandlung der gegenseitigen Einflüsse. Die Theorie der Gemische und Netze stellt die Wirkungen der Bewegung, der Schwerkraft, der Konsistenz, der Wärme, der chemischen Vorgänge und Strahlungen in den Bauwerken den komplexen menschlichen Sinnesempfindungen und Wahrnehmungen gegenüber und entdeckt damit eine Fülle von Werten, die bisher zu wenig beachtet wurden und erstrebens- und erhaltenswert, oft gar lebenswichtig sind. Sie zeigt, wie die Gesamtheit der Wechselwirkungen für die Lebensqualität massgebend ist, und verdeutlicht die einzelnen Segmente. Die Gemische und Netze variieren in Zeit und Raum und bieten dadurch dem Lebenden wesentlich vielschichtigere Werte und Informationen, als die einzelnen Komponenten allein es vermöchten.

Die Gemische von Wirkungen erzeugen, erhalten oder verändern das Geschehen in den benachbarten Bereichen auf den Niveaus der atomaren und molekularen Strukturen, der Zellen und Zellverbände, der reflexartigen, emotionalen und kognitiven Vorgängen in Nervennetzen und darüber hinaus den gesellschaftlichen Konstruktionen und virtuellen Realitäten. Die Sinnesorgane für visuelle, akustische, taktile, orientierende, Geruchs- und Geschmacksreize vermitteln dem Bewusstsein in einer selektiven Weise nur einen kleinen Teil des enormen ständigen Austausches zwischen dem Individuum und seiner materiellen und sozialen Umwelt.

Der Umfang der Wahrnehmungen kann durch Lernen und Steigern der Aufmerksamkeit ausgeweitet werden - und die gebaute Welt muss entsprechende Qualitäten anbieten können.

Jedes Geschehen hinterlässt auf- und abwertende Spuren, von den Abnutzungen eines Steins bis zu den reichhaltigen Vernetzungen der Wahrnehmungs- und Denkstrukturen. Sie alle beeinflussen die Lebensqualität, welche ein Prozess ist, der in Gang gehalten werden muss, von der Vergangeheit und der Gegenwart abhängt sowie die Zukunft mitbestimmt. Angesichts der gesteigerten Effizienz menschlicher Tätigkeit, der wachsenden Weltbevölkerung, der knappen Ressourcen, unübersichtlichen Folgen wie auch erhöhten Ansprüchen an die Lebensqualität hilft eine Systematisierung der Wechselwirkungen die Wertschätzungen zu durchleuchten, vorhandene ungenutzte und erstrebenswerte Qualitäten zu verdeutlichen und die lebensfeindlichen Wirkungskreise zu vermeiden.

Die Theorie der Gemische und Netze, welche die mannigfaltigen Wirkungen zwischen der vorgefundenen und der von Menschen erzeugten Welt sowie deren Bewohnern klärt, erhebt die Kunst des Bauens von einer weitgehend empirischen in eine exakte Wissenschaft. Sie ermöglicht, die Zusammenhänge der Herstellung, des Gebrauchs, des Unterhalts und der Verwertung von Baumaterialien und -konstruktionen mit biologischen, sozialen und geistigen Vorgehen aufzuzeigen und die Sensibilität für die komplexen Reichtümer der Wechselwirkungen zu steigern. Sie untersucht Materialien nicht nur auf diejenige Eigenschaft, aufgrund welcher die Menschen sie primär verwenden, sie überprüft *alle* Wirkungen eines Stoffes und entdeckt dabei sehr wichtige Nebenwirkungen. Somit kann sie jeder Planung, Verdichtung, Pflege der Welt und ihrem intensiveren Genuss zugrunde liegen.

Wenn bald nur ein Bruchteil der bisherigen Arbeitskraft für das physische Leben erforderlich sein wird: Was wird die Individuen der Informationsgesellschaft beschäftigen? Welchen Wert werden die Bauwerke mit ihren Strahlungen und chemischen Vorgängen, ihrer Konsistenz und ihrer Wärme, ihrem Gewicht und ihrer Bewegung beitragen können? Wie wird der Stellenwert der Realität in der virtuellen Welt aufrechterhalten werden können? Wie wird die elektronische Arbeits- und Vergnügungswelt die Bauwerke beeinflussen, wie wird das Wohnhaus der Zukunft aussehen?

Die Theorie der Gemische und Netze, der Gesamtwechselwirkung zwischen Bauwerken und Menschen soll jedem lokal und global, einheimisch und multikulturell, geschichtlich und zukunftsorientierten Architekten behilflich sein, nicht an den wahren Bedürfnissen der Menschen vorbei, sondern sinnvoll und kreativ zu produzieren. In Einklang gebracht werden muss, was wir brauchen und was wir dafür aufwenden können und ob wir mit weniger mehr erreichen können; es muss einsichtig werden, womit die Baukunst uns bereichert und womit das Bauen uns belastet.

DISSERTATION ABSTRACTS INTERNATIONAL

Man and building interact in an intense and complex way. Parts of built environment seem to rest, yet they move, compress and deform each other, differ in consistency and temperature, radiation and chemical properties. Analogous processes happen in and with the human body – itself it moves and rests, its elements effect each other on account of different physical and chemical properties. The body generates warmth and radiation and at the same time is receptive to these. Processes within and properties of individuals and their environment influence each other. Humans perceive this interaction only partially. Filtered information entering through the senses is subsequently interpreted in a subjective way. Reception and interpretation result in action. Scientific knowledge and technology are indeed able to intensify the relationship between man and building by various means. Yet, do the actual builders know enough about the above-mentioned interactions?

Man invents to improve comfort and quality of life. Thus he transforms material and energy, generates as well relative improvements as – sometimes unintentionally - negative side effects and intrudes into realms where he is not authorized to enter. In his endeavor he often overlooks, neglects, drives out, destroys what other cultures and evolution have achieved and what has become an important part, even basis, of a general symbiosis. Building and construction is a crucial component in this process. The theory of interactive processes occurring between environment, buildings, objects and living organisms in general and humankind in particular which will be presented in the following allows for an overview of processes essential for our existence and provides the basis for a scientific treatment of reciprocal influence. The theory of mixtures and networks juxtaposes effects of motion, gravity, consistency, temperature, chemical processes and radiation in buildings with complex human sensation and perception. It reveals a wealth of values, which have not been considered with enough attention so far although they are worth to be aimed for and preserved, because they are for the most part essential for life. It demonstrates in what way the sum of interactions is crucial for the quality of life and clarifies particular segments of it. Mixtures and networks as such vary in time and space and thus provide the living individual with multi-layered information and values as opposed to more simple ones provided by singular and separate components.

The complexity and simultaneity of effects generates, preserves, or changes processes in related realms. It does so on a hierarchy of levels of atomic and molecular structures, cells and cellular complexes, further on levels of action and reaction, be it reflexes or emotional and cognitive processes in nets of nerves, and even higher up, on levels of societal constructions and virtual realities. The organs for perception of visual, acoustic, tactile stimulation, for orientation, and perception of taste and smell, filter information on its way to the brain in a selective way. The brain registers only a small part of the constant and enormous exchange

between individual and its material and social environment. The capacity of this perception can be enhanced through learning and augmented attention – it is the task of the built world to provide qualities with such stimulating effects.

Every process leaves traces of progress and regress, be it as simple as with the erosion of a stone, or as complex as changing the structure of a network of thought and perception. All of it has an impact on the quality of life, which is a process necessary to be continued and dependent on history and future. Considering that the rising efficiency of human work, growth of population, scarce resources have consequences which are tough to control, as well as considering the raised demand for living comfort and quality, it helps to systematize the reciprocity of interaction and thus re-evaluate the paradigmatic values, to clarify what the unexplored yet available resources and qualities are, in order to avoid the interactive circles which are hostile to life.

The theory of mixtures and nets, which clarifies the various processes between the natural and constructed world as well as the world and its inhabitants, upgrades the art of building from a mostly empirical to an exact science. It shows connections between production and use, preservation and evaluation of building material and constructions, their biological, social, and spiritual processes. It helps to enhance the human sensibility for complex treasures of reciprocal interaction. It does not investigate only properties of materials thanks to which humans use them; it examines *all* effects of materials and thereby discovers very important side effects. Therefore it can be used as a basis for any kind of planning, increase of density, care of the world and the more intense enjoyment of it.

We have to ask ourselves: when soon only a fraction of the previous working power will suffice to serve the needs of our physical life, what will individuals of an information society occupy themselves with? How much and in what way will buildings with their radiation and chemical processes, their consistency and warmth, their weight and motion contribute to future values? How will the distinctive value of reality be maintained in the competition with virtual reality? How will the world of electronic work and entertainment influence the way buildings will be constructed, and how will the future dwelling-house look like?

The theory of mixtures and nets, a theory treating the sum of interactions between man and building, is designed to serve any architect whether he or she is interested in local, global, historical, futurist architecture so it will not be produced regardless of true human needs but in a sensible and creative way. It has to be coordinated what we need and what we can afford to produce it and how much we can achieve. It must be recognized what it is that the art of building enriches us with and in what way building burdens us.

1 THESE

1.1 FORSCHUNGSABSICHT

1.1.1 PROBLEMKREIS / FRAGESTELLUNG

Lebewesen gedeihen in bestimmten Umweltbedingungen besser, in anderen schlechter, in dritten gar nicht. In der Evolution hat das Wechselspiel der sich ändernden Umweltbedingungen und genetischen Mutationen Lebewesen hervorgebracht, die für das Überleben zugeschnittene Sinnes- und Wahrnehmungssysteme besitzen. Die höher Entwickelten suchen sich Orte aus, an denen sie erfolgreicher sein können, und ergänzen sie nach ihren Möglichkeiten – sie bauen Nester, Waben, Netze, Höhlen. Menschen sind in zunehmendem Masse fähig, Baustoffe selber herzustellen, sie zu vielfältigen und zu gigantischen Konstruktionen zusammensetzen sowie mit Energien für den Betrieb ihrer Welt umzugehen. Sie tun das zum Teil intuitiv, zum Teil rational, auch theoretisch und wissenschaftlich begründet. Sie bauen sich eine Welt, für deren Wahrnehmung sie in der natürlichen Entwicklung nur teilweise ausgerüstet worden sind. Diese Umwelt bestimmt zusammen mit gesundheitlichen, sozialen und geistigen Faktoren weitgehend die Lebensqualität. Welcher Natur sind die Wechselwirkungen zwischen den Menschen und ihrer Umgebung? Was nehmen sie wahr, was können sie sinnlich fühlen, und was erkennen sie nicht? Was geschieht in der Umgebung und was in den Menschen, das für die Qualität des gemeinsamen Seins von Bedeutung ist? Wie weit reicht die Umgebung, und wo ist der Bereich der Wahrnehmung? Was sind die elementaren Gründe des Bauens, was wird bezweckt und erwartet, was erreicht? Welche Qualitäten sollten bewahrt werden, welche lassen sich steigern, was soll man vermeiden? Haben wir die richtigen Werkzeuge für die Wertung in der Hand?

Um diese Fragen zu beantworten, könnte eine Architekturtheorie, welche die physische und darauf aufbauende geistige Wirkung zwischen Menschen und der gebauten Welt aufzeigt, sehr nützlich sein. Es mag erstaunen, dass sich die Architekturtheorie zum Beispiel den Säulenordnungen und Stilen jahrhundertlang gewidmet hat, wohingegen die Wärme, das Licht, die Klänge eher pragmatisch behandelt wurden und selten den ihnen angemessenen Platz in den Theorien zugewiesen bekamen. Das einseitige Interesse der Baukunst kann in Zeiten komplexer Technologien weitreichende Folgen haben. Die globale industrielle Bau- und Siedlungsproduktion kann nicht mehr nur der „künstlerischen Begabung“ der Erbauer und deren Intuition überlassen werden, sie muss auf gesichertem Wissen gründen.

Die Wechselwirkung zwischen Materie und Energie der Umwelt und deren Bewohnern geschieht im unmittelbaren Kontakt des Organismus und seiner Sinneszellen mit festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen¹ und Strahlungen. Wenn es nicht zu immer grösseren Diskrepanzen zwischen den naturbedingten Bedürfnissen der Menschen und deren durch eigene

¹ Roh- und Baustoffe, die in entfernten Ländern, ev. technologisch oder sozial nicht unumstritten gewonnen werden, fragwürdige industrielle Produktion mit Umweltbelastung u. ä. wirken sich in kleineren oder grösseren Kreisen auf die Menschheit zurück.

Bautätigkeit erzeugten Umwelt kommen soll, muss der gesamte Austausch zwischen Materie und Energie einerseits und Menschen andererseits, wie ihn die Natur- und die Humanwissenschaften heute bereits erkennen, berücksichtigt werden.

Solange Menschen ihre Bauwerke für unmittelbare Bedürfnisse aufgrund angeborener Empfindungen und uralter Erfahrungen in relativ einfachen Verfahren, aus den unmittelbar vorhandenen Baumaterialien, lang erprobten Konstruktionen und räumlichen Anordnungen errichtet hatten, genügten die breitgefassten Architekturtheorien und allgemeinen Anweisungen von Vitruv, Alberti oder Palladio und anderen einigermaßen. Diese deckten mit ihren Abhandlungen und Ratschlägen ein ziemlich umfassendes Gebiet der Wechselwirkungen ab. Mit dem Beginn der Spezialisierung und Ausdehnung von Wissen und Technik wurde die Ganzheit immer schwieriger beherrschbar. Auf der heutigen Entwicklungsstufe, wo die Materialien weltweit industriell produziert und transportiert werden, die Spezialisten nur enge Bereiche überblicken können, der Energie- und der Rohstoffaufwand für die Herstellung und den Unterhalt von Bauwerken einer exponentiell wachsenden Weltbevölkerung rapide ansteigen und weitreichende, unerwartete Nebenwirkungen zum Vorschein kommen, wo die elektronischen Medien vermehrt die Virtualität erzeugen und die realen Reize und Werte zu verdrängen beginnen, die Sinnesempfindungen schrumpfen und die unausgewerteten Datenmengen umfassender Netze uns überfluten, entzieht sich den Bauenden die Sicht auf die Natur des Menschen, seine Bedürfnisse und die Prozesse, welche ihm in allen Auswirkungen dienlich sein sollen.

Der Glaube an die Realität dessen, was sinnlich erkannt wird – was gesehen (also auf die Retina wirkt und im Gehirn eine bestimmte Konstellation der Nervenaktivitäten aufleben lässt), was gehört (also die Härchen in der Schnecke erzittern macht und im Hirn eine Struktur belebt), was gerochen, getastet wird –, hat die menschliche Kultur hervorgebracht. Die Annahme, dass die aufgereizten Bereiche der Erkennungsmuster die äussere Realität selbst seien und nicht deren individuelle Abstraktion und Konzeptualisierung, hilft den Lebewesen im elementaren Umgang mit der Umgebung. Wenn der Glaube verunsichert wird – die tieferen Einblicke in die Beschaffenheit der Welt verändern unsere Begriffe zunehmend –, verlieren die Menschen eine kräftige Lebenshilfe, deren Ersatz überall gesucht, aber wahrscheinlich nirgends der organischen Ausrüstung entsprechend gefunden werden kann.

Es braucht authentische Reize und wahrnehmende Strukturen, damit in Gefühlen und im Bewusstsein ein „Haus“ entstehen kann. Der Prozess der Wahrnehmung muss unterhalten und regeneriert werden – wie eine Brücke: wenn sie nicht gepflegt wird, bricht sie eines Tages zusammen. Er kann nur mit sich wiederholenden Erlebnissen genährt werden. Wenn wir mangels glaubwürdiger Zeugen und Spuren das vergangene Geschehen nicht nachvollziehen können, wird das Hier und Jetzt entwertet, steht die Zukunft ohne Orientierungshilfen da.

Der Mensch konstruiert und verändert zunehmend sowohl die materielle als auch die geistige Welt – aber auf die Wechselwirkungen, die ihn hervorgebracht haben, kann er nicht unbeschadet verzichten. Bei belastender Technisierung und beim Verlust lebensnotwendiger Substanzen stellt sich die Frage, was erforderlich und was überflüssig ist, ob wir in der Baukunst als derjenigen Fachdisziplin, welche die Qualität der gebauten Umwelt prägt, die richtigen und die besten Begriffe besitzen, um den Menschen nicht nur scheinbare Werte vorzugaukeln, sondern dem gesamten Leben einen angemessenen Rahmen zur Verfügung zu stellen. Die Beobachtungen und Überlegungen haben Denker seit Aristoteles schriftlich fixiert². Die Wissenschaften der letzten Jahrzehnte haben jedoch Grundlagen erforscht und Erkenntnisse erzeugt, die weder Aristoteles noch Kant zur Verfügung standen und die uns einen Schritt weiterbringen können. Ein grosser Teil dieser Fragen wird vom philosophischen in den naturwissenschaftlichen Bereich verlagert, und die Technologie hat sehr weit reichende Möglichkeiten eröffnet, die das Reflektieren und das Überprüfen ermöglichen. Wenn sich eine Frage stellen lässt, so Wittgenstein, kann sie auch beantwortet werden.

„Perchance hee for whom this *Bell* tolls, may be so ill, as that he knowes not it tolls for him;
And perchance I may thinke my selfe so much better than I am, as that they who are about mee,
and see my state, may have caused it to toll for mee, and I know not that.“

John Donne³

1.1.2 THESE

Folgende dreiteilige These bildet den Ausgangspunkt für die Klärung von Mechanismen der Wechselwirkung:

A/ Die Qualität der Wechselwirkungen zwischen Subjekten und ihrer Umgebung gründet auf der Gesamtheit des stofflichen und energetischen Austausches.

B/ Die gegenseitigen Einflüsse erzeugen Vielfalt und Variabilität, welche die Komplexität und den Umfang des Geschehens der belebten und unbelebten Materie bestimmen.

C/ Die Intensität der Wahrnehmung hängt vom Entwicklungsgrad der Sinnesorgane und Wahrnehmungsnetze ab; umfassende Wirkungen können nur mit entsprechenden Erkennungsapparaten wahrgenommen werden.

ad A/ Im Verlauf der materiellen Evolution ist aus elementaren Bausteinen eine enorme Vielfalt von geordneten und chaotischen Geschehen entstanden. In der biologischen Evolution haben die Lebewesen nach der Ökonomie der Mittel die für das Überleben erforderliche Sinnessysteme entwickelt, die aber bei weitem nicht alle Wirkungen der Umwelt registrieren. Verschiedene Arten erkennen verschiedene Gemische der Umwelt – auch die Sinnesempfindungen der

² Es kann nicht die Absicht dieser Arbeit sein, auch nur die wesentlichste Literatur dazu aufzuführen.

³ John Donne: Devotions upon Emergent Occasions, in: Complete Poetry and Selected Prose, Ed. by John Hayward, London / New York 1945, S. 537

Menschen sind gegenüber dem Angebot der Umgebung stark eingeschränkt. Für bestimmte Quantitäten und Qualitäten von Wirkungen (zum Beispiel elektromagnetische, chemische, radioaktive) haben sie keine Sinnesorgane. Wirkungen variieren – deren zuviel oder zuwenig kann negative Folgen haben. Menschen brauchen jenes Mass an komplexen Wirkungen, für welches sie ausgestattet wurden, wenn die Wahrnehmungssysteme unterhalten und weiterentwickelt werden sollen.

ad B/ Die Materialien und Energien – die Bewegungen, die Gewichte, die Wärme, die Strahlungen – wirken aufeinander und modifizieren, diversifizieren oder vereinheitlichen sich gegenseitig. Im Verlauf der Zeit weisen die Bauten Spuren des Gebrauchs, der Witterung, des Druckes, der Konsistenz, der Strahlungen, der Wärme, der chemischen Prozesse auf. Die Zusammensetzungen und Dosierungen von Wirkungen (zum Beispiel Farben, Echos, Gerüche, Wärme) können spezifisch für einen Gegenstand, einen Ort, eine Region, eine Tages- oder Jahreszeit sein. Unzählige Nuancen entstehen im Verlauf der gegenseitigen Wirkungen. Sie zeichnen das Geschichtliche gegenüber dem Neuen aus. Ein neues oder erneuertes Wohnhaus, ein Stadtteil wird erst gemütlich und interessant, wenn die Bewohner die „Atmosphäre“ eingebracht haben.

ad C/ Wirkungen und Gegenwirkungen hinterlassen in unbelebter wie auch belebter Materie, im Kurz- und Langzeitgedächtnis Spuren und damit eine bereichernde Vielfalt, die den Lesenden ein intensiveres, hochgradiges Erleben ermöglichen. Je reichhaltiger das Geschehen der Wechselwirkungen ist, desto umfassender sind die Spuren, desto breiter ist der Nährboden für die Wahrnehmungen und somit für die Lebensqualität. Menschen leben intensiver, wenn sie mit vielen Wirkungen der Welt interagieren.

Die Natur streut und verdichtet: der Zusammensetzung von Wirkungen mit kombinierter Sinneswahrnehmung kann eine vervielfachte Information entnommen werden. Weniger kann im Sinne der Ökonomie der Mittel mehr sein. Die Sinnesorgane, auf wenige Wirkungsbereiche spezialisiert, aber kooperierend, vermögen für die jeweilige Art ausreichend Daten über die Umwelt zu schöpfen. Die Fähigkeiten sind grösstenteils genetisch programmiert, aber ein wesentlicher Teil muss im Laufe des Lebens dazugelernt, sinnlich erfahren werden.

Mit der Steuerung der Aufmerksamkeit⁴, die zum Teil ein bewusster Akt sein kann, können verschiedene Komponenten der Umweltgemische ausgefiltert und verstärkt wahrgenommen werden – jedoch müssen wir um deren Existenz wissen und sie aufnehmen wollen. Deswegen kommt dem Wissen um die Qualitäten und der Bildung die grösste Bedeutung zu.

⁴ Vgl. Kap. 3.2.3 Aufmerksamkeit

1.2 FORSCHUNGSSTAND

Die These gründet auf den wissenschaftlichen Erkenntnissen und dem technischen Fortschritt der letzten Jahrzehnte. Die Naturwissenschaften haben Grundlagen geliefert – die Erkenntnisse über den Aufbau einerseits der Materie vom Makro- bis zum Mikrokosmos, andererseits der lebenden Materie, insbesondere des Gehirns –, die uns ein differenzierteres Denken über das Leben und die Kultur ermöglichen. Diesen Erkenntnissen gegenüber sind die Architekturtheorien ins Hintertreffen geraten.

1.2.1 NATURWISSENSCHAFTEN

1.2.1.1 Heutiger Stand

Wir verfügen über gesichertes Wissen, dass Menschen sich in natürlicher Evolution entwickelt haben: Vor Hunderten von Jahrillionen sind verschiedene Sinneszellen entstanden, vor zirka 25 Millionen Jahren haben sich die Stammlinien von Menschen und anderen Primaten getrennt. Unsere Sinne für die Strahlungen, Vibrationen, Bewegungen, die Wärme, Schwerkraft sind in der Anpassung an die irdischen Lebensbedingungen entstanden. Goethe sagt zwar in der Einleitung zu seiner Farbenlehre „Das Auge hat sein Dasein dem Licht zu verdanken“, aber erst Konrad Lorenz hat formuliert, dass im lebenden System eine Abbildung der realen Aussenwelt entsteht⁵, dass die Kategorien und Anschauensformen etwas im Laufe der Stammesgeschichte Gewordenes sind, welches auf die Gegebenheiten der aussersubjektiven Wirklichkeit in analoger Weise und aus analogen Gründen „passt“, wie der Pferdehuf auf den Steppenboden oder die Fischflosse ins Wasser⁶. Die schlichte Einsicht, dass der eigene Körper oder die eigene Hand ebenso ein „Ding“ in der Aussenwelt sei und genauso konstante, kennzeichnende Eigenschaften habe wie jedes andere Umweltding auch, ist von tiefster, im wahrsten Sinne epochemachender Bedeutung.

Mit dieser Erkenntnis entsteht ein neues Verständnis der Wechselwirkungen, die sich zwischen dem Organismus und den Dingen seiner Umgebung abspielen. Der eigene Körper wird mit anderen Umweltdingen vergleichbar und damit zu ihrem Mass.⁷ Die Bauten, durch die wir uns bewegen, breite und enge, gerade und verwinkelte, helle und dunkle Räume, Treppen und Türen, quietschend, hallend oder geräuschlos, auf- und absteigend, riechend, mit festen, weichen und flüssigen, kalten und warmen Materialien, erhalten ihre biologischen und geistigen Werte erst zusammen mit den Sinnen in den Muskeln und Gelenken, der Haut und der Nase, den Ohren und Augen sowie deren Verarbeitungsorgan, dem Gehirn. Diese Organe, Bahnen und Netze sind die Basis jedes Erlebens.

⁵ Konrad Lorenz: Die Rückseite des Spiegels, München 1973, Reprint 1984, S. 39

⁶ *ibid.*, S. 57

⁷ *ibid.*, S. 57

Die Signale aus der Teilnahme am Geschehen der Mitwelt fließen stark reduziert in zehn bis zwanzig Milliarden Nervenzellen, die ein Netz mit 10^{14} bis 10^{17} Verbindungen aufweisen. Mit Zehntausenden von Eingangskanälen ergeben sich, unter Annahme freier Wählbarkeit von Verbindungen, enorm hohe Zahlen von Erregungskonstellationen. Jede der 10^{10} Nervenzellen kann bis zu hundert und mehr Signalimpulse pro Sekunde gewährleisten. Diese Netze sind Orte, wo die Gemische von Reizen in angeborenen und angelegten Strukturen unsere Begriffe von der Welt (re)konstruieren, die vielfältigsten Informationen entschlüsseln und Bedeutungen in die Aussenwelt projizieren. In den Hirnstrukturen erzeugte Welten sind keine visuellen, akustischen, taktilen oder olfaktorischen Bilder, sondern biochemische Erregungsmuster, eine zweite Realität, deren dünne, für unser Handeln jedoch wichtige äusserste Schicht sich rasch wandelt – viel schneller als die tieferliegenden Strukturen, welche die biologischen Eigenschaften und Fähigkeiten der Menschen ausmachen. Dieses Wissen fehlte den grossen Denkern bis zur zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts.

1.2.1.2 Vorgeschichte

Die Bestrebungen, das Erleben der Umwelt auf materielle Grundlage zu stellen, datieren bereits aus dem letzten Jahrhundert. Gustav Theodor Fechner (1801-1887), Wissenschaftler und Philosoph, gründete die Psychophysik, wonach Geist und Körper zwei verschiedene Seiten einer Realität seien. Zusammen mit Ernst Heinrich Weber (1795-1878) definierte er 1834 das Weber-Fechnersche-Gesetz: Empfindungsintensität = $C \log$ Stimulusintensität (C = Konstante, muss für jeden Sinn experimentell festgelegt werden). Rudolf Hermann Lotze (1817-1881), Philosoph und Mediziner, war der Ansicht, dass die gleichen Gesetzmässigkeiten, welche die Partikel der unbelebten Materie beherrschen, auch für diejenigen der Lebewesen gelten müssen; alles, was uns erscheint, muss als Realität gedacht werden. Er versuchte, Wissenschaft und Kunst, Literatur und Religion in Einklang zu bringen. Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894), Philosoph und Wissenschaftler, ist vor allem als Begründer des Energieerhaltungsgesetzes bekannt und hat entdeckt, dass die Geschwindigkeit der elektromagnetischen Welle grösser als 314 km/s ist. Als Physiologe hat er Wichtiges auf dem Gebiet der physiologischen Optik und Hörakustik beigetragen: Grundfarben Rot, Grün und Violett postuliert, die Tonqualität als Resultat von Art, Anzahl und Intensität der Obertöne beschrieben und sich mit ästhetischen Problemen befasst. Wilhelm Wundt (1832-1920) gilt als Vater der wissenschaftlichen Psychologie; vor ihm wurde die Psychologie als ein Gebiet der Philosophie betrachtet. Er hat 1858 die „Lehre von Muskelbewegungen“ verfasst mit der „Theorie der Sinneswahrnehmung“ als erstem Teil; in seinem 1874 erschienenen Werk „Grundzüge der physiologischen Psychologie“ beschreibt er die körperlichen Grundlagen des Seelenlebens: Bauelemente des Nervensystems, dessen physiologische Mechanik, physische Bedingungen, Intensität und Qualität der Empfindung, Bildung der Sinnesvorstellungen. Die Autoren des 19. und des frühen 20. Jahrhunderts gingen von der Annahme aus, dass Empfindungen durch die vergangenen Erfahrungen oder das Gedächtnis, nicht jedoch durch

vorgegebene, angeborene geistige Kraft in Wahrnehmungen umgesetzt werden. Sie sahen sich gezwungen, ein Inventar der Empfindungen aufzustellen, wobei deren Verarbeitung zur Wahrnehmung mysteriös blieb. Erst in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts zeigte James J. Gibson, dass keine Einteilung der Empfindungen vollständig sein kann und es nur fünf verschiedene Arten von nach aussen gerichteter Aufmerksamkeit gibt.⁸

Den massgebenden Impuls für die vorliegende Arbeit gaben die Erkenntnisse der Hirnforschung der letzten zwanzig Jahre. Die Entdeckungen der Prozesse im Bereich der Synapse, der Arbeitsweise von Nervennetzen und Hormonen bilden vorläufig die zuverlässigste Grundlage für die Erforschung von subjektiven Empfindungen und Wahrnehmungen. Vieles ist noch nicht geklärt, jedoch kann das Verstehen der Wechselwirkung zwischen den Menschen, der Umwelt im allgemeinen und der Architektur im speziellen ein Stück weiter untersucht werden.

1.2.2 TECHNIK

Eine wesentliche Entwicklung hat sich auch auf dem Gebiet der Technik vollzogen. Die Materialien, die bis zum 19. Jahrhundert gewerbemässig verarbeitet wurden, erhielten mit der industriellen Herstellung (Stahl und Aluminium, Eisenbeton, Glas und Kunststoffe) neue Eigenschaften und ermöglichten neue Bauweisen, grössere Dimensionen von Bauten, umfangreiche Mechanisierungen und Automatisierungen, neue stoffliche Kombinationen. Die Mobilität der Menschen wie auch die Transporte von (Bau-)Materialien und Waren in den Bauwerken, in den Städten und weltweit nahmen infolge neuartiger Verkehrsmittel, -bauten und Energiequellen – Erdöl, Wasser- und Atomkraft, Sonnenstrahlung – rapide zu. Der elektrische Strom und die elektromagnetischen Wellen haben weltweite Kommunikation ermöglicht und die Lebensweisen verändert. Die Entwicklung bis zu den fünfziger Jahren hat Sigfried Giedion aufgezeigt⁹, jedoch breiteten sich der Verkehr und die elektronischen Medien erst in den letzten Jahrzehnten massiv aus. Diese Entwicklung ist noch nicht systematisch aufgearbeitet, und ihre Folgen für die Empfindungen und Wahrnehmungen sind nicht absehbar. Diese müssen einen angemessenen Platz in der Architekturtheorie erhalten.

1.2.3 ARCHITEKTURTHEORIE

Theorien sind wie Sprachen¹⁰ ambivalent: Einerseits bringen sie System und Erkenntnis in die scheinbare Unordnung, andererseits hindern sie, die Unstimmigkeiten zu einer besseren Theorie zu führen. Sie sind Hilfsmittel des menschlichen Verstandes und können Schaden anrichten, wenn sie dogmatisch angewandt werden.

Mit Architekturtheorien verhält es sich nicht anders. Wenn man sie wie Hanno-Walter Kruft als jedes umfassende oder partielle schriftlich fixierte System der Architektur, das auf ästhetischen

⁸ James J. Gibson: Die Sinne und der Prozess der Wahrnehmung, Bern 1973, S. 73 ff

⁹ Sigfried Giedion: Mechanization Takes Command, Oxford 1948, deutsche Ausgabe Frankfurt a.M. 1982

¹⁰ Michel Serres: Les cinq sens, Paris 1985, Deutsch von Michael Bischoff, Frankfurt a.M. 1993, S. 444 ff

Kategorien basiert, definiert¹¹, decken sie nicht das Gebiet der gesamten Bautätigkeit ab, das für die Lebensqualität massgebend ist und welches die vorliegende Arbeit ansteuert. Obwohl bereits Vitruv und in der Nachfolge Alberti, Palladio und andere die Forderung stellen, dass „das Bauwerk in möglichst vollkommener Weise ... zur Verbesserung und Veredelung des Lebens und zur Wohlfahrt des Menschen beitrage“¹², befassen sich die Architekturtheorien bisher vorwiegend mit optischen Aspekten von Bauwerken und sehr selten und unsystematisch mit fühlenden, wahrnehmenden Menschen, deren körperliche und geistige Existenz mit der gebauten Welt eng verknüpft ist. Sie erwähnen die Sinnesempfindungen, aber sie machen sie nicht zum Mass der Qualität einer gebauten Umwelt. Vitruvs Kategorien *firmitas*, *utilitas* und *venustas*¹³, der Dualismus der stofflichen Bedürfnisse und der geistigen Zwecke¹⁴, die Seinkategorien *anorganisch*, *organisch*, *seelisch* und *geistig*¹⁵ oder die Einteilung in die Gravitation, den Elektromagnetismus und die Kernkräfte vermochten bisher nicht, eine angemessene Basis für eine lebensnahe Architekturtheorie anzubieten. Die Einschränkung der „Geschichte der Architekturtheorie“ auf nur einsehbar abendländische Quellen¹⁶ schliesst Kulturen aus, die aufgrund mündlich überlieferter Theorien, Traditionen und unbelasteten Einfühlungsvermögens für die jeweiligen Bedürfnisse der Menschen gebaut haben (zum Beispiel ländliche Bauweisen, Architekturen aus dem Nahen bis zum Fernen Osten, aus dem vorkolonialen Amerika und aus Afrika) und sehr aufschlussreich für die elementaren Wechselwirkungen sein können.

Das „Handbuch der Architektur“ weist darauf hin, dass „nur das Studium der Natur, welches sich jedoch nicht auf die äussere Erscheinung beschränken dürfte, uns dem idealen Ziele nahe bringen kann“, dass wir „die Förderung durch die Betrachtung der Wege, welche die Natur eingeschlagen hat, erhalten werden und wir ihren Gesetzen analog die Gesetze unseres Schaffens aufstellen müssen, um den Erzeugnissen die vollendete Schönheit zu geben.“¹⁷ Aber der Forderung, „auf die Naturgesetze müssen sich unsere Schönheitsregeln gründen“, folgen die weniger konkreten Begriffe wie Charakter, Originalität und weiter im Entwurfsteil¹⁸ Baustil, Form, Harmonie und Rhythmus, Gliederung, Gesimse und Profile, Massstab, Proportionen, welche die guten Absichten des Werkes nicht über den Rahmen der Begriffswelt des 19. und der ihm vorangegangenen Jahrhunderte hinaustreten lassen. Die Einleitung schliesst mit folgenden Worten: „Deshalb ist für den heutigen Architekten das Gebiet des Studiums ein grösseres, als es je war. Es handelt sich darum, die Aufgaben zu erkennen, welche unsere Zeit der Baukunst stellt, und alles zu erforschen, ... um über den gesamten reichen Schatz ... mit

¹¹ Hanno-Walter Kruft: Geschichte der Architekturtheorie, Von der Antike bis zur Gegenwart, München 1985, S. 13

¹² Handbuch der Architektur, Darmstadt 1883, 4. Teil, 1. Halbband, S. 12

¹³ Vitruv: Zehn Bücher über Architektur, Darmstadt 1981, S. 131

¹⁴ Handbuch der Architektur, op. cit., 4. Teil, 1. Halbband, S. 4 und 5

¹⁵ Lorenz, op. cit., S. 56 ff

¹⁶ Kruft, op. cit., S. 7 und 18

¹⁷ Handbuch, op. cit., 1. Teil, 1. Band, S. 11

¹⁸ *ibid.*, 4. Teil, 1. Halbband, S. 25 ff

voller Sicherheit zu verfügen."¹⁹ Nachdem im ersten Teil in mehreren Bänden die Technik der wichtigeren Baustoffe, die Statik, die Bauformlehre, das Ornament, die Keramik und die Bauführung, im zweiten Teil die ganze Architekturgeschichte unter dem Titel „Die Baustile“ und im dritten die Hochbaukonstruktionen behandelt werden, beinhaltet der umfangreichste vierte Teil die Anweisungen über das „Entwerfen, Anlage und Einrichtung der Gebäude“. Dessen Abschnitt über die „Architektonische Komposition“ fordert am Schluss: „Dazu aber ist vor allem nötig, dass der herrschenden Begriffsverwirrung über das, was gut und nicht gut, was wahr und unwahr, was schön und unschön ist, ein Ende gemacht werde.“²⁰ Das Werk entstand in der Übergangszeit vom Historismus zur Moderne und blieb, verständlicherweise, in der Kultur des 19. Jahrhunderts befangen. Dem enormen Wissen und der Bandbreite fehlten wissenschaftliche Erkenntnisse, die unserer Zeit vorbehalten blieben. Die Ansätze sind heute noch wichtiger als damals, obwohl und vor allem weil in den letzten hundert Jahren einiges gewonnen und verloren wurde. Einen analogen Wert besitzen auch Mahnungen von John Ruskin²¹ nach Opferbereitschaft, Wahrheit, Stärke, Schönheit, Leben, Erinnerung und Gehorsam.

Sobald eine Architekturtheorie sich selbst zum Zweck, also eine Architektur-Ideologie wird, entfernt sie sich von den wahren Bedürfnissen des Lebens, selbst wenn sie wertvolles Kulturgut (zum Beispiel Verhältniszahlen von Kosmos, Musik und Architektur, Kenntnisse und Anwendung der Stile) beinhaltet. Besonders schwer hat sie sich getan mit dem Auseinanderhalten beziehungsweise der Integration von Konstruktion und Dekoration, mit dem Begriff der Geschichte und der Vergangenheit und hat mit dogmatischen Klassizismen ein subtiles Reagieren auf sich ändernde Zeiten und Räume verhindert. Immer wieder wurden Forderungen nach einer alle Sinne ansprechenden Baukunst gestellt, aber eine eigentliche Theorie, welche die Wechselwirkung zwischen der Umgebung, den Empfindungen und Wahrnehmungen wissenschaftlich begünden würde, wurde nicht aufgestellt. In Zeiten des Pluralismus, des Individualismus und der allgemeinen Verfügbarkeit ist eine diese Faktoren berücksichtigende Architekturtheorie erforderlicher denn je.

1.3 FORSCHUNGSVORGANG / METHODE

Die Fragestellung berührt ein Gebiet, zu dem die Sprache und die Begriffe hinterfragt und definiert werden müssen. Die Materie/Energie geschieht seit Ewigkeit, die Menschen versuchen dieses Geschehen zu begreifen, zu benennen und zu klassifizieren. Auch wenn sie zu neuen Erkenntnissen gelangen, führen sie ihr alltägliches Leben aufgrund der in langer Evolution angestammten Sinnesempfindungen und „eingefleischten“ Begriffe weiter.

Die Frage nach der Wechselwirkung zwischen den Menschen und ihrer Umwelt wird in dieser Arbeit von zwei Seiten angegangen. Einerseits werden die Wirkungen der Materie/Energie auf

¹⁹ *ibid.*, 1. Teil, 1. Band, S. 49

²⁰ *ibid.*, 4. Teil, 1. Halbband, S. 36

²¹ John Ruskin: *The Seven Lamps of Architecture* 1849, Eight printing New York 1981

dem physikalischen Niveau und jene auf dem neurobiologischen Niveau in korrespondierenden Bereichen beschrieben, andererseits werden die Bauwerke aufgrund dieser Systematisierung beobachtet und analysiert. An praktischen Beispielen aus verschiedenen Kulturepochen wird gezeigt, wie einzelne Komponenten der Bauwerke wesentlich und mit Absicht oder aufgrund unscharfer Empfindungen und Begriffe auf die menschlichen Wahrnehmungen zugeschnitten sind.

1.3.1 BEREICHE DER WECHSELWIRKUNG

Aufgrund der vielfältigen Erscheinungsformen der Materie und Energie – der Gravitation, des Elektromagnetismus, der starken und schwachen Kernkraft –, wie die heutige Physik sie postuliert, und der hauptsächlich menschlichen Empfindungen – der visuellen, akustischen, haptischen, orientierenden, olfaktorischen und geschmacklichen – werden folgende Wechselwirkungen untersucht: Bewegung, Schwerkraft, Konsistenz, Wärme, Strahlungen und chemische Wirkungen.

1.3.1.1 Bewegung

Eine infolge der Krafteinwirkung beschleunigte beziehungsweise verlangsamte oder beim Gleichgewicht der Kräfte gleichmässige Bewegung beziehungsweise der relative Ruhezustand prägen entscheidend die Empfindungen der Umwelt und der eigenen Körperhaftigkeit. Die sich bewegenden und ruhenden Massen – die zyklische Bewegung des Planeten Erde, die festen, beweglichen und ephemeren Objekte (Topographie, Bauwerke, Verkehrsmittel), die Bewegungen der Luft, des Wassers und der Erdmassen, die unverrückbaren, die schwer oder leicht bewegbaren Bauteile – erzeugen zusammen mit den Bewegungen des eigenen Leibes und dem Erkennen der Möglichkeit eines geradlinigen oder richtungswechselnden, gleichmässigen oder beschleunigten Ganges oder einer Fahrt durch Bauwerke die Empfindungen des Raumes und der Trägheit, also einen wesentlichen Teil der Sinneseindrücke. Diese werden im ganzen Körper und speziell im Vestibularorgan registriert.

1.3.1.2 Schwerkraft

Die Schwerkraft bewegt, zieht oder drückt Massen gegeneinander, verursacht Erdbeben und Lawinen, Strömungen. Sie wirkt auf alle Gewebe im menschlichen Körper und bestimmt Empfindungen bei verschiedenen Haltungen und Anstrengungen, beim Tragen und Steigen. Zur Bewältigung der Schwerkraft werden Materialien mit genügender Festigkeit in geeigneten Tragkonstruktionen angeordnet, mechanische Geräte, Stützvorrichtungen und Möbel eingesetzt.

1.3.1.3 Konsistenz

Die Konsistenz gründet auf dem jeder Materie innewohnenden Elektromagnetismus und dem atomaren, molekularen, kristallinen und zellulären Aufbau der Stoffe. Die sehr festen und harten, mehr oder weniger elastischen, plastischen, flüssigen und gasförmigen Zustände bestimmen wesentlich den Bewegungsraum aller Lebewesen, den Umgang mit Materialien

sowie deren Verarbeitung und Anwendung. Die Eigenschaften werden primär vom haptischen und auditiven Sinnessystem empfunden und zusätzlich auch mit dem visuellem System wahrgenommen.

1.3.1.4 Wärme

Die Wärme, kinetische Energie der bewegten Partikel, bestimmt den Aggregatzustand und andere Eigenschaften der Materie und die Lebensbedingung schlechthin. Die Temperatur der umgebenden Stoffe und des eigenen Körpers wird an dessen Peripherie wie auch im Inneren gefühlt. Die Steuerung der Umgebungstemperatur ist einer der Hauptgründe des Bauens.

1.3.1.5 Strahlungen

Die Strahlungen weisen ein sehr breites Spektrum auf: von solchen mit sehr langen elektromagnetischen Wellen wie zum Beispiel der Stromversorgung und des Rundfunks über die infrarote Strahlung und das Licht bis zur ionisierenden UV-, Röntgen- und Gammastrahlung. Sie transportieren Energie und Information, werden in andere Energieformen umgewandelt und können den inneren Aufbau der Materie verändern. Für bestimmte Segmente der Frequenzen verfügen Menschen über Sinnesorgane – für das Licht sehr, für die infrarote Strahlung weniger präzise –, für andere gar keine.

1.3.1.6 Chemische Wirkungen

Die chemischen Wirkungen verändern die Strukturen der Stoffe und damit ihre Eigenschaften wie Festigkeit und Farbe, lassen die molekularen und zellulären Strukturen wachsen oder zerfallen und so weiter. Sie sind massgebend beteiligt an den Wandlungen der Welt. Diese werden primär mit dem Geruchs- und dem Geschmackssinn gefühlt, sekundär auch visuell und akustisch wahrgenommen und vermitteln wichtige Daten über die Beschaffung und die Ereignisse in der Umwelt.

Alle Wirkungskreise werden nach dem gleichen Schema analysiert:

- Zuerst wird ihre Wirkung als physikalisches Phänomen beschrieben,
- dann ihre Wechselwirkung mit der unbelebten Welt, der Flora und der Fauna aufgezeigt,
- anschliessend werden die Einflüsse auf die menschlichen Organe, die Sinnessysteme und das Bewusstsein und schliesslich
- die Beispiele, wie die Menschen mit Wirkungen und Eigenschaften umgehen, dargelegt.

1.3.2 FELDFORSCHUNG

Um die Wechselwirkungen zu testen, wurden älteste bekannte bauliche Anlagen in Ägypten und England, die Bauwerke der klassischen Antike in Griechenland und Italien, der Gotik, der Renaissance und der folgenden Epochen bis zur Moderne in Europa und Nordamerika wie auch einheimische Bauweisen an Ort und Stelle beobachtet und auf die oben aufgezählten Wechselwirkungen geprüft. Die Befunde wurden zeichnerisch, fotografisch und tabellarisch festgehalten.

Die in den Untersuchungen angewandte Methode der Bewertung von einzelnen Wirkungen an Objekten und Ambienten (vgl. 3.2.1) kann mit Gewinn auch bei jeder Planung, dem Neubau, der Pflege oder der Bewertung von Gegenständen, Bauwerken und Städten eingesetzt werden.

Es gibt eben nichts Praktischeres als eine gute Theorie!

2 ANALYSE

2.1 BEWEGUNG

2.1.1 BEWEGUNG ALS PHYSIKALISCHES PHÄNOMEN

Einer der elementaren Vorgänge in der Welt ist die Bewegung: Veränderung der Position eines Teilchens oder einer Konstellation davon, eines Körpers, eines Beobachters in bezug auf ein Referenzsystem.

Alles bewegt sich – so hat es Aristoteles eingesehen. Nach zwei Jahrtausenden Ringen um die Klarheit des Phänomens fand Galilei folgendes: Wenn ein Körper weder gezogen noch geschoben oder sonstwie bearbeitet wird, wenn auf ihn also keine äusseren Kräfte einwirken, so bewegt er sich gleichförmig, das heisst immer mit der gleichen Geschwindigkeit und geradlinig. Diese Erkenntnis wurde ein Menschenalter später von Newton als Trägheitsgesetz formuliert: Jeder Körper verharrt in seinem Ruhezustand oder im Zustand der geradlinig-gleichförmigen Bewegung so lange, bis er durch Kräfte, die dem entgegenwirken, veranlasst wird, diesen Zustand zu ändern.

Sowohl im Mikrokosmos, wo die Elektronen um die Atomkerne kreisen und von einem Atom zum anderen wechseln, so dass ihr Ort nicht bestimmbar ist, als auch im Makrobereich – unserer wahrnehmbaren Umwelt – und im Weltall befindet sich die Materie in ständiger Bewegung. Es bestehen jedoch Systeme, deren Dynamik für die menschlichen Sinnesorgane nicht erkennbar ist und welche uns Goethe eindrücklich nachempfinden lässt: „Über allen Gipfeln ist Ruh, in allen Wipfeln spührest du kaum einen Hauch ...“

Ein Bewegungszustand oder ein relativer Ruhezustand kann durch die Herstellung oder Zerstörung des Gleichgewichtes zwischen den Kräften der Materie von den unsichtbaren atomaren und molekularen oder von den universalen Strukturen auf die sinnlich erkennbare menschliche Umgebung und auf die Menschen selbst übergreifen. Die Spannungen in den Materialien verursachen Verformungen und Brüche, diejenigen in der Erdkruste und im Erdinneren Erdbeben und Vulkanausbrüche; die infolge der Erdrotation zyklische Energiezufuhr zur belebten Materie generiert Wachstum; die freigesetzte Energie in den Muskeln und Motoren erzeugt mechanische Bewegung, diejenige zum Gehirn lässt die Gedanken fließen.

Das Geschehen der Materie und der Energie, das zufallsbedingt ist, steuert die Entwicklung der Welt und hinterlässt Konstellationen, die uns und unsere Welt ausmachen. In der Evolution der

Lebewesen haben die Bewegungen die organische Erkennung von sich selbst hervorgebracht: sowohl für die Wahrnehmung der Dynamik des eigenen Körpers als auch für diejenige in der Umwelt haben sich verschiedene Sinnessysteme entwickelt.

2.1.2 BEWEGUNGEN IN DER UMWELT

2.1.2.1 Planetare Bewegungen

Eine der Ursachen von Bewegungen im menschlichen Lebensraum ist die Rotation der Erde – um ihre in bezug auf die Laufbahn geneigte Achse – um die Sonne. Der tägliche und jährliche Verlauf von Sonnenlicht und -wärme moduliert die Wirkungen von Materialien in jeder Zeit und in jedem Raum anders. Es gibt keine zwei gleichen Orte, wo die Auswirkungen dieser Bewegungen, zusätzlich bestimmt durch die Topographie, dieselben wären.

Die variierende Sonneneinstrahlung, die Meeres- und die Luftströme, das Klima, das Wetter und das daraus folgende Wachstum, die Erosion, die Dauerhaftigkeit und der Zerfall der Materie sind auf die planetaren Bewegungen zurückzuführen und erzeugen diejenigen Bedingungen, die das Leben und die Kultur unter verschiedenen geographischen Bedingungen ausmachen. Diese Dynamik bestimmt jedes Bauen mit. Bei Vitruv hat der Bereich „Das Weltall und die Planeten“²² zum Wissen eines Baumeisters gezählt. Er hat ihm ein ganzes (neuntes) Buch gewidmet. Auch eine Architekturtheorie von heute sollte die Herkunft vieler Wirkungen, mit denen sie sich befasst, nicht verkennen.

2.1.2.2 Bewegungen der Massen im Lebensraum

Die gegenseitigen Bewegungen der Festkörper, der Flüssigkeiten und der Gase erzeugen wichtige Lebensbedingungen. Sowohl die Bewegungen selbst als auch die Gegebenheiten, welche sie hinterlassen, sind Gegenstand jeder unserer Auseinandersetzung mit der Umgebung, wenn wir sie erhalten, schützen, bewohnen, in sie hinein bauen wollen. Die Landschaften, die wir vorfinden, viele Berge und Täler sind durch das Falten der Erdkruste und durch die Verschiebung der Platten gegeneinander entstanden; Gletscher, Bäche und Flüsse gruben Täler und Schluchten, Schnee- und Erdrutsche verschütteten sie; Erdbeben zerstörten Städte oder Vulkanausbrüche bedeckten sie mit Asche; das Meer überflutete Landbrücken und gab neue frei und verschlang ganze einstige Siedlungsgebiete; der Wellenschlag formt Küstenlandschaften und baut sie ab; Stürme tragen Ufer und Dünen ab und lagern sie andernorts an; Winde treiben Wüstensand und begraben Siedlungen. Das Tal und das Delta des Nils, die Poebene und ähnliche Lebensräume entstanden auf diese Weise – das Anwachsen des Meeresspiegels kann sie wieder überfluten. Auch die Pflastersteine manch einer Altstadtgasse oder eines Platzes sind

²² Vitruv, op. cit., S. 413

von den Kräften der Gletscher und Flüsse gerundet worden.

Die Berge, Wälder und Bauten steuern die Winde samt allem, was sie mittragen – Regen, Hagel und Schnee, Sand und Steine, Laub und Chemikalien. Diese prallen aus vielen Richtungen auf den Boden, die Pflanzen und Bauten, beeinträchtigen die Oberflächen, die Vegetation. Die Winde drücken auf Hindernisse (Bauwerke und Pflanzen), rütteln die Gegenstände, Bauteile und ganze Bauten, reißen die Dächer ab, füllen die Ecken mit Sand und Schnee und so weiter.

Aber auch die von Menschen in Gang gesetzten Massen, seien es die Sturmböcke, die die Stadttore und Festungsmauern durchbrachen, die Geschosse, die töten, Bauten durchlöchern und zerstören, dem Sphynx die Nase abschlagen, seien es die Fahr- und Flugzeuge aller Art, die Bagger und Krane – sie alle hinterlassen Spuren und drücken der Welt unverwechselbare Zeichen auf. Die Fahrspuren einer altrömischen Strasse, die Abnützungen auf einer dreihundertjährigen Geige oder der Turm der Kaiser-Wilhelm-Gedächtniskirche in Berlin lassen Vergangenheit lebendig werden.

Das Wahrnehmen der Vorgänge und Spuren wirkt sich in verschiedenen Graden auf das Erleben der Orte und die Handlungen aus. Es erhebt die Wechselwirkung zwischen einstigen und jetzigen Ereignissen auf ein höheres Niveau der Kognition und intensiviert das menschliche Geschehen.

2.1.3 WIRKUNG DER BEWEGUNGEN AUF MENSCHEN

Die Masse ist in jeder Grössenordnung – als kleinster Partikel oder grösster Stern – den Gesetzmässigkeiten der Trägheit unterworfen; deren Gesetzmässigkeiten gelten für den ganzen menschlichen Körper genauso wie für seine einzelnen Teile bis zu den Elektronen, deren Bewegungen die biochemischen Prozesse samt der Wahrnehmung ausmachen.

Die Bewegungen und das Ruhen der Systeme haben die Evolution von den Grossmolekülen in frühen Phasen der Erde bis zu den verflochtensten Strukturen eines menschlichen Gehirns begleitet. Konrad Lorenz und Rupert Riedl²³ haben klargestellt, dass die Entwicklung von Lebewesen ein permanenter Lernvorgang ist, der im Einklang mit den elementaren Wirkungen der Welt verläuft. Die Dynamik hat die Lebewesen mit der anatomischen und physiologischen Ausrüstung hervorgebracht und ihre Begriffe des Raumes und der Zeit mitgeprägt. Bei einer für menschliche Sinnesempfindungen absoluten Ruhe, also Bewegungslosigkeit, scheint die Zeit stillzustehen – das kann in der steinernen Bergwelt erlebt werden. Diese Empfindung legt nahe,

²³ Rupert Riedl: Biologie der Erkenntnis, Die gesamtgeschichtlichen Grundlagen der Vernunft, Berlin und Hamburg 1980

dass unser Begriff von der Zeit eng mit der Wahrnehmung der Bewegung verknüpft ist; es erscheint uns zeitlos, was immer ruht und sich nie verändert.

Die Bewegung und die Ruhe bestimmen auch das Verhalten der Menschen in ihrer Umwelt. Man erlebt Architektur nicht nur, indem man sie anschaut, sondern indem man Räume durchschreitet, durchklettert, durchfährt, von Raumbegrenzungen aufgezwungene Bewegungen ausführt, räumliche Sequenzen wahrnimmt, diese oder andere Muskelgruppen einsetzt, den Herzschlag beschleunigt. Die Bewegungsarten, zu welchen die Gestalt der ruhenden und unverrückbaren Massen wie auch die bewegten und beweglichen Objekte uns zwingen, erzeugen spezifische, vielfältige Sinnesempfindungen, Wahrnehmungen und Anstrengungen, die unser Dasein in der jeweiligen Umwelt charakterisieren.

Wir erleben ein Haus anders, wenn wir es ebenerdig oder nach vielen überwundenen Treppenkehren betreten, zu den Schlafräumen ein Stockwerk höher oder nur eng um die Ecke gehen müssen. Gekrümmte, an- und absteigende Gassen einer Altstadt geben dieser den Charakter, indem sie eine andere Bewegungsart von uns verlangen als die geraden und ebenen Boulevards, wie Mumford sie beschreibt: „Geradlinige Bewegung einer Avenue hinunter war nicht nur sparsam, sondern ein besonderes Vergnügen. Mit ihr zogen Anregung und Heiterkeit, wie schnelle Bewegung sie hervorruft, in die Stadt ein.“²⁴ Man hat andere körperliche Empfindungen, wenn man ins Stadtzentrum den Hang hinunterläuft oder zwischen unzähligen horizontalen, orthogonal angelegten Strassenblocks zickzack hinschreitet.

Physisch erlebbar wird die Trägheit der Masse, wenn wir ihren Bewegungszustand verändern müssen. Das Öffnen eines schweren Tores, das Holen eines Buches vom hohen Gestell, das Verschieben eines Stuhls kann je nach der Masse dieser Gegenstände Geschick und Kraft erfordern; unser sinnlicher und motorischer Aufwand wird als Eigenschaft der Objekte empfunden: den Papierkorb stossen wir leicht zur Seite, um den im Weg stehenden Sessel machen wir eher einen Bogen.

Die Massen können uns mittragen – mit Winden und Wasserströmen, mit Fahr-, Schwimm- und Fluggeräten aller Art haben die Menschen die Welt bereist –, aber auch gefährden – die Windstürme, Wasserfälle, Erdbeben und Schneelawinen haben viele Leben und Bauwerke vernichtet.

Durch die Bewegung empfinden wir teilweise die Konsistenz der Stoffe: Nach einer Schifffahrt fühlen wir beim ersten Tritt aufs Land dieses wirklich fest, während wir beim Schlag ins

²⁴ Lewis Mumford: Die Stadt, Köln / Berlin 1963, S. 429

Wasser seine relative Härte empfinden; das Stehen, Gehen oder Fahren im Wind macht uns dessen Stofflichkeit bewusst: er reisst den Hut vom Kopf, wirbelt den Staub in Nase und Augen, peitscht mit Regentropfen, Eiskristallen und Laub das Gesicht, fegt Zeitungsblätter vom Tisch, schlägt die Fensterflügel um und so weiter.

Wir trachten danach, uns baulich gegen unerwünschte Wirkungen von Bewegung zu schützen und die angenehmen, anmutigen in der Freizeit zu geniessen. Die (Un-)Beweglichkeit der Massen ausserhalb und innerhalb der Haut wirkt auf unser Verhalten auch bevor die primären Sinne es unmittelbar erfahren: Die Lebewesen haben in der Evolution gelernt, haben das „Gefühl“ bekommen, wie grosse Massen sie mit wieviel Kraft verschieben können, wo sie sich mit wieviel Kraft und Geschick bewegen können. Sie haben gelernt, welche Folgen der Zusammenstoss mit einer Wand, einem Fahrzeug, einer Glasscheibe, das Überqueren des Wassers, das Besteigen einer Treppe oder Leiter, das Fahren in die Stadt mit dem Fahrrad, der Strassenbahn oder dem Auto haben kann, und verhalten sich entsprechend. Sie sind auch nicht restlos vom vorhandenen Bewegungsraum abhängig, sie können sich einen solchen schaffen und tun es auch, in der Luft, im Wasser, unter der Erde.

Die Information über die Bewegung ist für die lebenden Organismen so wichtig, dass sie nicht einer einzelnen Gruppe von Rezeptoren anvertraut werden kann – sie wird von mehreren Sinnessystemen empfangen.

2.1.3.1 Haptischer Wahrnehmungsapparat

Mit dem haptischen Wahrnehmungsapparat, der im ganzen Körper verschieden dicht verteilte Sinneszellen aufweist, empfinden wir die Kraftwirkung, Aktion und Reaktion, Druck, Zug und Torsion, gleichwie ob die Kraft von aussen einwirkt oder ob sie von uns ausgeht. Wir reagieren bewusst oder reflexartig beziehungsweise vernachlässigen oder verdrängen die Information.

Wenn wir uns bewegen, die Geschwindigkeit und die Richtung ändern, wenn wir an Materie stossen: jede Änderung des Bewegungszustandes in bezug auf die Umgebung oder von Körperteilen zueinander wird von haptischen Sinneszellen in den Muskeln, Sehnen, Gelenken und in der Haut registriert und ins zentrale Nervensystem geführt. Als Folge der Kraftanwendung für die Bewegung werden der Herzschlag und die Atmung intensiviert, die Temperatur steigt an, der Schweiß bricht aus. Wir erkennen die Eigenschaften und die Anordnung der raumbildenden Stoffe, wo wir uns bewegen. Viele Bewegungen führen wir unbewusst durch, manche – besonders nichtalltägliche – engagieren mehr oder weniger unsere Aufmerksamkeit.

2.1.3.2 Vestibularorgan

Neben dem allgemeineren haptischen System für die Kontrolle der Körperhaltung und Bewegung registriert ein spezielles Organ Beschleunigung und Richtungswechsel des Kopfes und damit meistens des ganzen Körpers: das Vestibularorgan im inneren Ohr²⁵. Drei zueinander orthogonal angeordnete Bogengänge, mit Flüssigkeit gefüllt, erfassen jede Drehung des Kopfes um jede ihrer drei Achsen, die ungefähr mit den Körperachsen – längs, quer und dorsal/ventral – übereinstimmen. Es liefert drei Drehungs- und Beschleunigungswerte, jeden proportional zum Winkel zwischen gegebener Drehung und den physiologischen Hauptachsen, wonach die Teilgrößen summiert und als einheitliche Grösse wahrgenommen werden. Wir erkennen mit geschlossenen Augen die Veränderung des Bewegungszustandes des Kopfes und darüber hinaus des Körpers.

2.1.3.3 Visuelles Wahrnehmungssystem

Das haptische und das orientierende Sinnessystem registrieren die Bewegungen des eigenen Körpers, während die Bewegungen ausserhalb des Subjekts und dessen passive Bewegung in bezug auf die Umgebung visuell und akustisch wahrgenommen werden. Durch die im Verlauf des Ortswechsels gesehene Veränderungen der gegenseitigen Lage von Objekten wird die eigene Bewegung des Beobachters erkannt – dies ist die Grundlage der Navigation. Dank dem binokularen Sehen empfinden wir den Bewegungsraum als plastisch. Das Fehlen der noch so gut vorgetäuschten Plastizität und der Veränderungen der gegenseitigen Lage von Objekten in an Wänden dargestellten Perspektiven verhindert, dass wir in diese hineinrennen. Die visuelle Wahrnehmung – die im Gehirn verarbeitete Sinnesempfindung – ermöglicht uns auch die Gewissheit, dass der Bewegungsraum sich hinter den gesehene Objekten erweitert, dass die verdeckten Objekte durch unsere Bewegung gesehen werden können. Der Anblick eines realen, perspektivisch betonten Raumes, zum Beispiel einer Allee, erzeugt nach wie vor einen starken Ansporn zur Bewegung in die angedeutete Richtung.

2.1.3.4 Akustische Wahrnehmung der Bewegung

Wir hören sowohl eigene Bewegungen als auch die (un)sichtbaren in der Umgebung. Die Schritte und Schläge, die Luftbewegung um die Ohren, die Geräusche der untereinander – auch durch die Luft – bewegten Gegenstände begleiten dauernd unsere auditive Wahrnehmung und vermitteln uns spezielle und redundante, wichtige und zu verdrängende Informationen. Wir hören die bewegten Objekte in naher und ferner Umgebung, von Winden und Menschen bewegte Bauteile, Schritte über der Decke, im Treppenhaus, auf der Strasse, Fahrzeuge, Motoren, Winde und Gewässer, Tiere und Menschen, die sich nahen, entfernen oder am Ort bleiben. Mit den beiden Ohren können wir die Richtung und die Geschwindigkeit der

²⁵ J. J. Gibson: Die Sinne und der Prozess der Wahrnehmung, Bern 1973, S. 91 ff

Bewegung erkennen – Merkmale, die einiges über das Geschehen und die Beschaffung der Umgebung vermitteln.

2.1.3.5 Im Gedächtnis gespeicherte Bewegungsräume

Die während der biologischen Evolution entstandenen Sinnesapparate und die Strukturen der Wahrnehmung sowie die während des individuellen Lebens gelernten Bewegungsmöglichkeiten sind in vielen Schichten des Nervensystems gespeichert. Menschen haben bei gleicher Anordnung der Massen andere Bewegungsräume als Vögel, Katzen oder Würmer. Die Räume, in denen wir uns bewegen können, sind anders als diejenigen, die wir sehen oder hören. Das Wissen um die möglichen Bewegungen – wir können über eine Brüstung oder auf Glatteis stürzen, von einem Fahrzeug überfahren werden, uns auf der Achterbahn vergnügen – beeinflusst unser Empfinden der Umgebung und unser Verhalten in ihr entscheidend.

Der Bewegungsraum ist ein eingeschränkter Bereich der Umgebung. Wir sehen diesen zwischen den Stühlen und Tischen, Häusern und Bäumen, aber mit der Hilfe des Gedächtnisses können wir unseren Weg durch unübersichtliche Bauwerke oder von einem Stadtteil zum anderen voraussehen. Wir haben bewegungsräumliche Vorstellungen eines Hauses, einer Stadt im Kopf – gewonnen haben wir sie durch das Begehen oder Befahren, aber auch durch das Lesen von verbalen und graphischen Darstellungen.

Die Fähigkeit, durch eigene Bewegung räumliche Dispositionen im Gedächtnis zu speichern, sie über das Sichtbare hinaus zu erfassen, ist die Vorbedingung der Orientierung und des Architekturlebens: eine Villa von Palladio ist für uns schnell verständlich, wir fühlen uns aber verloren in einem Bau, der zwar viele kleine Forderungen nach den komplexen Bewegungsabläufen erfüllt, aber mindestens anfänglich in uns keine räumliche Klarheit schafft; der Vergleich des alten und des neuen ETH-Gebäudes in Zürich verdeutlicht die Gegensätze. Die verschiedenen Schwierigkeitsgrade, ein räumliches Gebilde rational zu erfassen und das Wissen um die Bewegungsmöglichkeiten zu erlangen, ist offensichtlich auch an Beispielen mittelalterlicher, gewachsener Städte mit ihren verwinkelten Gassen und unregelmässigen Plätzen, verglichen mit den auf orthogonalem Strassennetz gebauten antiken oder amerikanischen Städten. Kevin Lynch zeigt das eindrücklich an Beispielen der Städte Boston, Jersey City und Los Angeles.²⁶

Die Gesamtheit aller Sinnesempfindungen und Wahrnehmungen von Bewegungen ergibt nicht nur deren Summe; ihre Orchestrierung im Zentralnervensystem ist ein räumlich und zeitlich strukturierter Vorgang, der das Erlebnis der Umwelt vervielfacht. Mumford drückt es so aus:

²⁶ Kevin Lynch: The Image of the City, MIT 1960

„... nur in der dritten Dimension, durch Bewegung im Raum, und durch Verwandlung in der vierten Dimension, der Zeit, füllen sich die funktionalen und ästhetischen Verhältnisse mit Leben.“²⁷

2.1.4 BAULICHER UMGANG MIT DER BEWEGUNG

Die bewegten und ruhenden Massen nehmen einen grossen Teil menschlicher Tätigkeit in Anspruch. Der Begriff von Ruhe und Bewegung hinterliess bedeutende Spuren in der baulichen Gestalt der anthropogenen Welt. Die Trägheit und die Festigkeit ermöglichen die Errichtung bleibender Orte, welche seit dem Nomadentum eine beschleunigte kulturelle Entwicklung bewirkten und vom geschichtlichen Wandel der Bedeutung von Bewegung und Ruhe zeugen; die Materie bewegt sich jedoch in vielen Grössenordnungen: sie „lebt“ und zeigt uns ihre Altersspuren, ihr vergangenes Geschehen. Die Beweglichkeit von Materialien bedingt die Herstellung und Veränderbarkeit der „ruhenden“ Welt.

2.1.4.1 Bauen der ruhenden Umwelt

Dort, wo der Mensch seine letzte Ruhe findet, haben die Lebenden meistens ein Loch gegraben, den Leichnam mit Erde überhäuft, einen Stein darauf gestellt. Der Ort der Ruhe hat in der kulturellen Entwicklung viele Gestalten angenommen: von der Pyramide und dem Rundgrab über verschiedene Kuppelgräber bis zu den zentralen Kirchenräumen und den weltlichen Abwandlungen davon.

Die Kennzeichnung des Ortes, sei es ein Grab, eine heilige Stelle oder der Sitz eines Menschen, der sich für wichtig genug hält, seine zentrale Bedeutung mit der Gestalt der Welt zu zeigen, wirkt kombiniert mit dem Gegensatz, der Bewegung, dem Weg zum wichtigen Ort noch verstärkt. Der gerichtete Raum für die Bewegung und sein Ende, der Weg und das Ziel wie auch der Ort mit hinausstrahlenden Richtungen und offenen Enden beschäftigten und beeindruckten die Menschheit Jahrtausende hindurch. Es wurden Anlagen für Ruhe-, Grab- und Sakralstätten, Wohnsitze und Siedlungen wie auch für Bewegung (Pfade, Wege, Strassen, Korridore, Bahnen) errichtet. Doch hing es vom Wunsch, vom Willen oder von der Macht ab, wie intensiv die Wahrnehmung von Bewegung und Ruhe mit baulichen Mitteln erlebbar gemacht werden sollte. Die Entwicklung der Architektur zeigt die Rezeptionsgeschichte des Phänomens Bewegung / Ruhe deutlich auf; die nachfolgenden Beschreibungen betreffen nur diesen Aspekt der Raumgestaltung.

²⁷ Lewis Mumford, op. cit., S. 355

– Ägypten

Die Pyramide ist der Abschluss eines langen irdischen Weges und der Ort des ewigen jenseitigen Lebens. Zu ihr führt ein gerader Aufweg vom lebenspendenden Nil hinauf an den Rand der toten Wüste, wo er unmittelbar vor der Pyramide in einer Nische des Totentempels endet²⁸. Der dahinter, am Fuss der Pyramide liegende Opfertisch wird durch einen seitlichen Gang, eine Art *couloir à chicane*, erreicht. Die Strenge der Bewegung zum tiefsten Heiligtum wurde in den Dynastien des Mittleren, vor allem aber des Neuen Reiches mit beidseitigen, symmetrisch (in heutiger Bedeutung des Wortes) aufgestellten Massen – Sphingen, Pharaostatuen, Pylonen und Säulen – betont. Eine axiale Beziehung wurde über den Nil, vom Reichstempel in Karnak zum Terrasentempel der Königin Hatschepsut, hergestellt²⁹. Damit wurde baulich eine Jahrtausende anhaltende Entwicklung der räumlichen Beziehung von ruhenden Orten begründet.

– Ägäische, griechische und römische Kultur

Die Bestrebung zur Markierung des Ortes und des Weges zu ihm findet man wieder im Gräberbund und in den Kuppelgräbern in Mykene. Die Tendenz ist stark ausgeprägt in den von Herrschern erbauten altrömischen Anlagen, während die klassische griechische Baukunst, getragen von einer demokratischeren Gesellschaft, interessiert an Geometrie und Mathematik, eher den Proportionen und Harmonien ihre Aufmerksamkeit widmet.³⁰

Bei den Römern gewinnt die Kreuzung zweier Achsen als Bestimmung eines Ortes an Bedeutung. Sie führten die Richtungen im militärischen Geist in die eroberten Gebiete hinaus und fügten in den Kolonialstädten der Hauptachse (*decumanus*) eine orthogonal liegende Querachse (*kardo*) hinzu, mit einer räumlichen Ausprägung der Kreuzung. Schön erhaltene Beispiele derartiger Anlagen sind die Stadt Timgad, Hadrians Villen-Stadt in Tivoli oder der Diokletianpalast in Split. Jedoch nicht nur die Geradeaus-Bewegung und der markierte Ort kamen baulich zum Ausdruck. Hadrians Nymphäum, der private, zentral angelegte Wohn- und Arbeitsort des Kaisers, wurde vom umkreisenden Schwimmbecken und der Wandelhalle umgeben – ein kleines Universum mit dem Herrscher in der Mitte, der sich unendlich im Kreis spazierend und schwimmend bewegen konnte. Eine solche Bewegung unterscheidet sich von einer geradlinigen: Beim ständigen Richtungswechsel werden die sensorischen und motorischen Nervensysteme, vor allem der orientierende und der haptische Sinnesapparat, stärker beansprucht, die Wahrnehmungen wiederholen sich zyklisch in einer Zeitspirale und evozieren die Empfindung eines zentralen Ortes.

²⁸ Sigfried Giedion: *The Beginnings of Architecture*, Princeton 1981, S. 330

²⁹ Kurt Lang und Max Hirmer: *Aegypten*, München 1967, S. 77

³⁰ Christian Norberg-Schulz: *Vom Sinn des Bauens*, Stuttgart 1979, S. 23 - 24, und C. A. Doxiadis: *Architectural Space in Ancient Greece*, MIT 1972

– Christliches Mittelalter

Im mittelalterlichen Christentum wird die vertikale Ausrichtung des Raumes stark betont: Die horizontale, verheissungsvolle Progression vom Nartex über das Hauptkirchenschiff zur Vierung mit dem Altar als *dem* Ort, dahinter weiter zum Chor, dem Bereich der Auserwählten, und imaginär durch die Apside zur Geburtsstätte von Christus wurde immer stärker mit der Richtung aufwärts zum Himmel, der vertikalen Dimension, erweitert – dorthin, wohin sich nur die Seele bewegen kann. Ein ruhender Ort des sakralen Geschehens erhält Richtungen in die Ferne. Die Perspektive in den Kosmos wurde bereits den altägyptischen Tempelvorhöfen zugeschrieben³¹, baulich verwirklicht wurde sie jedoch in der Gotik.

– Barock

Der Vergeistigung entgegneten die human gesinnte Renaissance und vor allem der welterobernde Barock mit den Perspektiven in die irdische Ferne. Dem Augenblick, als der „Sonnenkönig“ Louis XIV. sein Schlafzimmer in die Mitte der nach Ost und West gerichteten Verwaltungsstadt Versailles setzte – ähnliche Demonstrationen von Macht zeigt Helmut Spieker eindrücklich an den Beispielen der totalitären Architektur³² –, ging eine bedeutende Entwicklung der Kombinationen von Achsen und zentralen Räumen, zum Eintreten einladenden Aussenräumen und zum Verweilen lockenden Innenräumen voraus. Palladios zentrale Villen mit umarmenden Seitenflügeln oder Berninis Petersplatz mit gestreckten Armen, viele Plätze seit der Renaissance (zum Beispiel Vigevano) mit den abschliessenden Kirchenfassaden und dahinterliegenden Kirchenräumen, Borrominis St. Ivo, ein längsgerichteter Vorhof, am Ende eine konkave Fassade und dahinter ein hexagonaler Innenraum, sind einige Beispiele der Markierung des Ortes, der nach einer oder mehreren Richtungen ausstrahlt. Auch wenn Architekten die Fassaden von bedeutenden Bauten in die Strassenfluchten stellten, dann so geschwungen, dass diese mit den konkaven Formen die Bewegung nach innen stimulierten und mit den konvexen Formen den Raum dahinter andeuteten – wie beispielsweise S. Carlo alle Quattro Fontane oder S. Andrea, beide an der Via del Quirinale in Rom.

Die Bestrebungen, im Kirchenraum eine Symbiose der beiden Gegensätze – der Bewegung und des Standortes, ein „sowohl als auch“ – zu erreichen, gingen bis in die neueste Zeit weiter. In der Hl. Geist-Kirche von Josef Plecnik in Wien³³ schwebt über einem quadratischen Erdgeschoss ein längsgerichteter Luftraum. Bis heute lebendig geblieben ist die Idee des „Grand-axe“ Louvre–Etoile–La Défense, welcher nach einer langen Diskussion um seinen westliche Abschluss doch mit einem Arc-de-Triomphe-artigen Gebäude weitergeführt wird.

³¹ Siegfried Giedion, *The Beginnings of Architecture*, op. cit., S. 518

³² Helmut Spieker: *Totalitäre Architektur*, Stuttgart 1980

³³ Damjan Prelovsek: *Josef Plecnik*, Wien 1979

– Das 20. Jahrhundert

Parallel zur Demokratisierung der Gesellschaft ging in der zweiten Hälfte des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts die Entwicklung der raumbildenden Künste: weg von den dominanten Richtungen und Orten hin zu polyvalenten Räumen. Ähnlich wie im Kubismus tendierte man zur Raumgestalt, die eine freie Wahl der Bewegung und Betrachtung zulässt und diese höchstens nach seinen funktionalen Bedürfnissen richtet³⁴. Die schönsten Beispiele finden sich im Werk von Mies van der Rohe (Barcelona-Pavillon u.a.)³⁵. Freiheit und Funktionalität sind zwei schwer vereinbare Werte; es zeigte sich bald, dass die zweite die Einschränkung der ersten bedingt.

Im Unterschied zur Betonung, ja Ritualisierung des gerichteten beziehungsweise des zentralen Raumes führt der Verzicht auf die räumliche Ausrichtung zur Verflachung und Minderung der Wahrnehmung des Bewegungsraumes. Der täuschenden Bühnenperspektive eines Teatro Olimpico in Vicenza, der illusionistischen Wandmalerei in der Villa Barbaro in Maser (über die sich Palladio selber ausgeschwiegen hat³⁶), den mehrschichtigen Kirchenräumen von Guarini³⁷, dem süddeutschen Barock³⁸ oder dem belgischen Kirchenbau des 17. Jahrhunderts³⁹, die durch Plastizität eine anregende Raumempfindung und die Dynamik eines zentralen Ortes erzeugen, stehen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts unübersichtliche polyvalente Megastrukturen gegenüber, wo nur die Orientierungstafeln die Richtung angeben. Die Bewegungsrichtung wird nicht durch die Raumformen, sondern durch graphische Zeichen angedeutet. Die räumliche Sprache wird durch die Schrift ersetzt – wer sie nicht liest, ist verloren.

Eine der Eigenschaften von ruhenden Massen ist die Bewegungsart, welche sie von ihren Bewohnern verlangen. Die Menschen waren seit je bestrebt, mit Baumaterialien sinnvolle Bewegungsräume zu errichten. Die Meister formten sie so, dass dabei für menschliche Wahrnehmungen erhöhte Werte entstanden. Jede Umgebung – Möblierungen, Gänge, Treppen, Häuser, Gärten, Städte – ermöglicht irgendwelche Bewegungen, aber darunter gibt es viele spezielle, einmalige Bewegungsarten, die es uneingeschränkt zu erhalten gilt.

2.1.4.2 Ephemere Bauten

Neben dauerhaften Bauwerken, für welche das Handbuch der Architektur⁴⁰ sagt: „Das Bauwerk soll nicht allein wirklich haltbar sein, es soll auch haltbar erscheinen ...“, fordert es auch auf

³⁴ Sigfried Giedion: *Space, Time and Architecture*, fourteenth printing, Cambridge 1963, S. 425 ff

³⁵ Arthur Drexler: *Ludwig Mies van der Rohe*, New York 1960

³⁶ Lionello Puppi: *Andrea Palladio*, Mailand 1973, Reprint München 1984, S. 42

³⁷ Maria Anderegg-Tille: *Die Schule Guarinis*, Winterthur 1962

³⁸ Nikolaus Pevsner: *Europäische Architektur*, München 1967, S. 283 ff

³⁹ Georg Mörsch: *Der Zentralbaugedanke im belgischen Kirchenbau des 17. Jahrhunderts*, Bonn 1965

⁴⁰ *Handbuch der Architektur*, op. cit., 4. Teilo, 1. Halbband, S. 15

Zeit begrenzte Bauten, „welche nur vorübergehenden Zwecken dienen (und) so einfach oder so leicht wie möglich ... herzustellen“⁴¹ sind. Mit leicht umstellbaren Konstruktionen und Materialien, verschiebbaren, transportablen, entfernbar, veränderbaren Objekten wird der gesellschaftlichen Dynamik auf eine flexible Weise entsprochen.

Die kurzlebigsten unter den ephemeren Bauten sind Bühnenbilder, also jene Leinwände, Bretter, Latten, Röhren, Seile, Folien und Lichter, welche uns für kurze Stunden eine Welt hervorzaubern, worin eine Burg in Minutenschnelle gedreht, verschoben, gehoben oder versenkt werden kann und ein *Deus ex machina* alle Probleme löst.

Ephemere Bauten werden häufig benötigt für einmalige oder wiederholbare Veranstaltungen wie Messen und Märkte (Stände, Kioske), Festivals (Bühnen, Tribünen und Auditorien wie zum Beispiel der Einbau des Konzertsaaes in eine Industriehalle für die Musikfestwochen Luzern 1997), Zirkusse (Zelte und Wagen, Achterbahnen, Riesenräder, Schiessbuden, Verpflegungsstände), für Feierlichkeiten wie Krönungen⁴², kirchliche, gesellschaftliche, sportliche und politische Anlässe (Dekorationen, Pfadfinder-, Militär- und Flüchtlingslager), für Ausstellungen, deren Teile im Stadtraum verteilt werden (wie zum Beispiel in Venedig das Teatro del Mondo, das man wie ein Schiff heranschleppte und am Quai festmachte) oder auch für saisonale Stimmungsmacher („Maronihäuschen“, Beleuchtung der Bahnhofstrasse und so weiter). Die ephemeren Bauten werden als Ganzes oder in grosse Teile zerlegt durch Verkehrsräume transportiert und an anderen Orten, in weiteren Städten wieder aufgestellt.

Befristete Bauprovisorien (Ersatz-, Ergänzungs-, Überbrückungsbauten wie beispielsweise das Globus-Provisorium oder die Sihlparkdecks in Zürich) stellen eine vorübergehende Lösung dar, prägen jedoch das Geschehen in ihrem Raum für längere Zeit; ihre Nebenwirkungen können jedoch bleibende Spuren hinterlassen.

Für unbefristete Dauer errichtete, jedoch grundsätzlich entfernbar, Ein- und Anbauten (zum Beispiel das Museo di Castelvecchio in Verona von Carlo Scarpa), ermöglichen verschiedene Entstehungszeiten deutlich abzulesen und die Bauphasen getrennt zu behandeln. Im Umgang mit Denkmälern schützen die behutsam angebrachten Hinzufügungen die Bausubstanz und können doch zeitgemäss sein.⁴³

⁴¹ *ibid.*, S. 18

⁴² Werner Oechslin / Anja Buschow: *Festarchitektur*, Stuttgart 1984

⁴³ Georg Mörsch: *Aufgeklärter Widerstand*, Basel 1989, S. 59 ff

Bauten für Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen und Wohnen enthalten zunehmend einen variablen Ausbau, damit sie den wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Veränderungen schneller folgen können; sie nehmen den Charakter von Ephemeren an.

2.1.4.3 Umgang mit bewegten Massen

Menschen reagieren vielfältig auf die Bewegungen der nahen und fernen Massen – fester Stoffe, Flüssigkeiten und Gase. Vielfach sind es Reaktionen auf die Begleitwirkungen der Bewegung – auf die sich ändernden Licht und Schatten, Wärme, Konsistenz, Schall und so weiter –, ihre Ursache ist jedoch die Bewegung selbst.

– *Bewegung fester Massen*

Die kreisrunde Anlage in Stonehenge wurde, zur kultischen Betrachtung der Bewegung von Sonne und Mond, in einer Zeitspanne von über tausend Jahren erbaut⁴⁴. Die Pyramidenkomplexe, Obeliske und viele Heiligtümer wurden ebenfalls nach dem Verlauf des lebenspendenden Sterns ausgerichtet. Die Gewissheit des Sonnenauf- und -unterganges sowie das Wundern über die zyklischen Phänomene am Himmel haben beim Menschen das Entstehen von Mythen bewirkt und zu Mythologien geführt – archaischen Formen der symbolischen Sinnwelten⁴⁵, die sich auch in Bauwerken ausgedrückt haben. Die baulichen Anlagen, welche die Mythologien hinterlassen haben, fanden Nachahmung in der nachfolgenden Entwicklung der Baukunst, wenn auch oft in abgeschwächter Form, sinnentleert oder mit anderen Inhalten versehen.

Die Wanderung des Sonnenlichts wurde in vielen Kulturen als Gestaltungsmittel der Architektur angewandt: Die Pyramiden stehen in bezug auf den Verlauf der Sonne so, dass die gesehene Seite am Morgen bestrahlt wird und beim Sonnenuntergang im Abendrot erscheint; die wandernde Spiegelung des Sonnenstrahls von den vergoldeten Spitzen der Obeliske gab die Zeit an⁴⁶. Von Vitruv besitzen wir eine schriftliche Abhandlung über die Bewegungen der Himmelskörper und Anweisungen zum Bau von Städten, Häusern und Sonnenuhren. Der durch die Rosette der gotischen Kathedrale wandernde Sonnenstrahl trifft zu einer bestimmten Abendzeit den Chor, und im barocken Stift Melk reflektiert er morgens vom vergoldeten Altar den auf dem Donaukanal ankommenden Mönchen entgegen. Seit dem Beginn des modernen Städtebaus werden die Wohnungen, Schulhäuser, Künstlerateliers, Werkstätte und ähnliches möglichst nach dem Verlauf der Sonne gerichtet und die Umgebung mit Schattendiagrammen

⁴⁴ Spiro Kostof: A History of Architecture, Settings and Rituals, Oxford 1985, S. 37 ff

⁴⁵ Peter L. Berger und Thomas Luckmann: Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit, Eine Theorie der Wissenssoziologie, Frankfurt a. M. 1969, Reprint 1980, S. 118

⁴⁶ Sigfried Giedion: The Beginning of Architecture, op. cit.

untersucht. Es geht um Licht und Wärme, doch ist der Lauf der Sonne im Winter und im Sommer beziehungsweise die Drehung der Erde die bestimmende Komponente.

Im terrestrischen Bereich sind es die Bewegungen der tektonischen Platten und die davon herrührenden Erdbeben, welche die Menschen gefährden und dementsprechende Bauweisen erfordern: Bauwerke, die mit ihrem Boden mitschwingen und Widerstand leisten, sind elastisch – aus Bambus, Holz, Stahl oder armiertem Beton – gelenkig, leicht, eventuell auf Rollen gelagert; Installationen, Fluchtwege und so weiter müssen strengsten Vorschriften genügen. Die Reaktionen auf die potentielle Gefahr der Bodenbewegung und das Beben selbst prägen in vielerlei Hinsichten die Bauwerke und die Bewohner der betroffenen Gebiete⁴⁷ .

Feste Objekte, mit denen man sich besser und bequemer vorwärtsbewegen kann, beeinflussen samt allen erforderlichen baulichen Einrichtungen wesentlich den Bewegungsraum und sind selbst Gegenstand der Gestaltung. Holzkarren und Kutschen, Fahrräder, Schlitten, Dreiräder, Automobile aller Art, Bahnen (Strassenbahnen, Eisenbahnen mit Speise- und Schlafwagen, Berg- und Seilbahnen), Boote und Schiffe, Fluggeräte und Flugzeuge – sie erfordern Strassen, Rampen mit bestimmten Breiten, Durchfahrtshöhen, Steigungen und Radien, Schutzwände, Verkehrslichter und -tafeln, Verkehrsberuhigungsmassnahmen, Bahntrassees und Autobahnen, Brücken und Tunnels, Abstellräume (Veloständer, Parkplätze, Garagen), Bahnhöfe, Häfen, Flughäfen und ... Museen. Die Rollwege und -treppen, die Paternoster- und Kabinenaufzüge beschleunigen und fahren uns durch die Schächte und Hallen und lassen uns die Räume ohne eigene physische Anstrengung ungehindert erleben und dynamischer, als wenn wir die Treppe mühsam besteigen oder einen langen Korridor im Flughafen unter die Füße nehmen müssten. All diese Einrichtungen, sollen sie gefahrlos funktionieren, erfordern bestimmte Abstände, Über- und Unterfahrten, Maschinenräume, die wir zwar nicht als bewegte Teile, jedoch als Aufbauten auf den Dächern alter Häuser erkennen, in welchen der Bewegungskomfort nachträglich erhöht wurde. Die gebaute Welt und die taktilen, visuellen, akustischen, orientierenden und olfaktorischen Wahrnehmungen sind stark von der Art der Bewegungsobjekte bestimmt. Während ein Pont Alexandre III im Paris des ausgehenden 19. Jahrhunderts die Überquerung der Seine zum Ereignis macht, fährt man über die „Europabrücke“ (!) bei Innsbruck – hoch über dem Tal – ohne es zu merken. Die Verhinderung der Sicht in die Tiefe ist aus verschiedenen Gründen erforderlich, jedoch führt die räumliche Desorientierung der Schutzsuchenden bei Unfällen auf Autobahnbrücken zu tödlichen Stürzen in die Tiefe.

Die Bewegungshilfen verändern die Umwelt und uns selbst. Sie reduzieren bestimmte Muskelanstrengungen und Steuermechanismen, erfordern dafür andere, erzeugen neue

⁴⁷ Vgl. Kapitel 2.3.3 über Elastizität

Wahrnehmungen und lassen die alten verkümmern. Im Umgang mit beweglichen Bauteilen sind unsere Körperbewegungen und Wahrnehmungen in einer für die Objekte spezifischen Weise involviert; mit dem Entstehen neuer und dem Verschwinden alter Einrichtungen ändert sich ebenfalls, oft gar nicht auffallend, unser Bewegungsverhalten – und genau dieses kann ein besonderer Merkmal einer älteren Umwelt sein: „Nicht berühren“ steht bei Artefakten im Museum. Während die Fahrt in einer Kutsche den Reisenden die Beschaffenheit des Bodens, die Zugkraft der Pferde, den Widerstand der Luft intensiv vermittelte, unterscheidet sich das Fliegen in einem Grossraumflugzeug kaum vom Sitzen im Kino; eine altrömische, eine mittelalterliche, eine barocke Stadt oder eine städtische Agglomeration wird während eines Spazierganges wesentlich anders erlebt als aus einem rüttelnden Holzkarren, aus einer frühen oder einer modernen Strassenbahn, einem Doppeldecker oder einem im Verkehrschaos steckenden Personenwagen. Die Fahrzeuge beeinflussen das Erleben der Welt auch, wenn sie sich in unserer Nähe bewegen: wir dürfen nicht über die Strasse, wo sie fahren, und fühlen uns wohler in einem Fussgängerbereich, wo nicht Über- und Unterführungen benutzt werden müssen. Die Flüge lassen uns Landschaften und Städte von oben überblicken, die unterschiedlichen Atmosphären von Paris und New York innerhalb von wenigen Stunden erleben; nicht zuletzt lassen uns die Weltraumflüge umfassender über den Planeten denken. Dadurch ist unsere Heimat nicht mehr dieselbe, wir sehen sie mit anderen Augen, wir denken sie anders.

Für unsere Bewegungen (allein oder mit Fahrzeugen) oder auch für bessere Lebensbedingungen werden mobile Bauteile erzeugt und angetrieben. Die Brücken über die Meeresengen, Flüsse, Schutzgräben oder zu den Burgen werden gehoben, aufgeklappt, gedreht, die Kanal- und andere Schleusen aufgemacht und geschlossen, die Rampen angepasst, Türen, Tore und Trennwände werden gedreht, geschoben, gehoben, versenkt oder gefaltet, Fenster auf verschiedene Arten geöffnet, Sonnenschutzvorrichtungen gedreht, auf- und ausgerollt, geschoben, die Möbel transportiert und herumgeschoben; ein Stuhl wird auf dem Teppich-, Holz- oder Steinboden getragen, ein Klavier mit Kran durch das Dach ins Zimmer gebracht.

Wenn wir zum Beispiel den Lichteinfall durch das Fenster verhindern wollen, lehnen wir uns hinaus, um die Fensterläden zu schliessen, ziehen am Gurt, drehen die Kurbel, drücken den Knopf oder lassen einen Sonnenwächter und Elektromotor für uns arbeiten. Die Aufmerksamkeit, die wir beim Durchgang einer Tür oder Öffnung unseren Bewegungen widmen müssen, haftet diesen als deren Eigenschaft an: ob es eine Gitter- oder Holzlattentüre im Gartenzaun ist, ein schweres und breites Haustor, eine bequeme Tür zur Wohnstube oder eine zu den Nebenräumen, eine massive mit hoher Türklinke zu einem Prunksaal, eine doppelte und zweiflüglige, ohne oder mit hoher Schwelle, nach aussen oder innen öffnend, eine Schiebe-

oder Drehtür, eventuell mit Fusskontakt, ein Bodendeckel zum Keller oder Dachraum und so weiter – unser körperdynamisches Verhalten ist eng verknüpft mit der Masse und Beweglichkeit der Tür, ist sinnlich kennzeichnend für diese selbst und meistens auch für das ganze Ambiente, in dem sie sich befindet. Wir betreten das Schlafzimmer nicht durch eine automatische Drehtür; eine wie die Wand übermalte flache Tür eines französischen Salons zeichnet im Gegensatz zu einer überhöhten, zweiflügligen Türe zum Prunksaal den Zugang zum Nebenraum; eine Tresorpanzertür wird von den Banken als Symbol für die Sicherheit gezeigt, und so weiter.

In besonderem Mass wirken sich die Gestalt und die Einrichtung der Umwelt auf behinderte Mitmenschen aus, deren eingeschränkten Möglichkeiten wir mit baulichen Vorkehrungen entgegenkommen müssen.

Unentbehrlich für das Entstehen von Bauwerken sind Werkzeuge und Techniken für die Bewegung von Baumaterialien: Die ägyptischen Obeliskensind in einem Stück von Oberägypten zu den Tempeln und später nach Rom und Paris transportiert worden; mächtige Konstruktionen werden heute noch durch Landschaften und Städte bis zu Baustellen geschleppt, obwohl man die Materialien meistens auf Masse verkleinert, wie sie dem Kran oder dem Maurer entsprechen. Der Transport von Baumaterial – sei es Kies oder Aushubmaterial, seien es Betonelemente, Teppiche, Kühlschränke oder ausgediente Möbel – macht einen beträchtlichen Teil des Verkehrs aus; Fahrzeuge und Krane, Flaschenzüge, Förderbänder, Vibratoren und dergleichen machen das Bauen erst möglich, erfordern aber auch langandauerndes Sitzen in Baumaschinen; blitzschnelle Reaktionen, monotone Bewegungen, schwindelerregendes Klettern können körperliche Verletzungen und Berufskrankheiten verursachen.

– *Bewegung loser Massen / Flüssigkeiten*

Vor Bewegungen loser Massen wollen Menschen sich und ihre Bauten schützen, die kinetische Energie aber auch nutzen. Den möglichen Erdrutschen, Felschlägen, Schneelawinen und Lavaströmen trägt man beim Siedlungsbau Rechnung, es werden Lawinenverbauungen errichtet und Bauwerke an exponierten Stellen mit Lawinenkeilen verstärkt, so wie die Schmiede⁴⁸ oder die Kirche in Frauenkirch bei Davos. Wegen der zerstörerischen Kraft bewegter Gewässer werden Dörfer und Städte an den Küsten in natürlich geschützten Buchten angelegt und die Schutzbauten (zum Beispiel die Stadtmauer von Dubrovnik, das Klippenkastell Bourtzi im Hafen von Nauplia oder die Wellenbrecher) so geformt, dass sie den Wellen widerstehen können. Kaiser Diokletian hat sich in Split eine Promenadengalerie entlang dem Meer im

⁴⁸ Christoph Simonett: Die Bauernhäuser des Kantons Graubünden, Band 1: Wohnbauten, Basel 1965, S. 149, Abb. 395 a,b

obersten Geschoss seines Palastes errichten lassen⁴⁹. Die Flussufer und Wildbachbetten werden gegen das Wegspülen und Abtragen begradigt, mit Stützmauern befestigt (dadurch werden aber auch Biotope vernichtet), die Brückenpfeiler werden entsprechend geformt und so weiter.

Gegen Niederschläge werden Dächer, Vordächer und Arkaden gebaut, Lüftungsöffnungen geschützt; das anfallende Wasser wird durch Impluvien, in Brunnenanlagen und Stauseen gesammelt, von Dächern, Strassen und Plätzen in Röhren, Kanälen und Kloaken mit Gefälle abgeleitet, gepumpt; das Trinkwasser wird über Viadukte und durch Druckleitungen geführt. Die Brunnen werden längst nicht mehr nur zur Versorgung mit Wasser in Dörfern und Städten, wie zum Beispiel in Rom zur Zeit des Sixtus V.⁵⁰, errichtet; das flächen-, strahlen- oder tropfenförmig rieselnde Wasser bringt Bewegung in das ruhende städtische und häusliche Ambiente, die Brunnenanlagen können wichtige Merkmale der Räume werden.

Die kinetische Energie des fliessenden Wassers wird zum Antrieb von Wasserrädern und Turbinen der Mühlen, Sägereien, Fabriken und Kraftwerke genutzt; auf Wasserströmen wird gereist und transportiert: in Schiffen, auf Fähren (auch angeseilten zwischen zwei Ufern), Booten und Flössen werden Menschen, Tiere, Waren und Rohstoffe geführt.

Die Bewegung des Wassers und im Wasser kann auf Menschen rekreativ und vergnüglich wirken. Das Schwimmen in ruhendem Wasser entspannt und ermöglicht vielfältige Bewegungen, die Fluss- und Wellenbäder erfordern anregende Aufmerksamkeit, die Wasserstrahlmassagen und Duschen wirken durchaus belebend. Dazu wurden in allen Kulturepochen Bäder (römische, türkische, finnische, private und öffentliche) errichtet, Strandbäder angelegt, Frei- und Hallenbäder gebaut.

– *Die Luft*

Im Gegensatz zu anderen Stoffen berührt uns die Luft ständig, mit ihr ist unser Lebensraum gefüllt. Wir fühlen mit mehreren Sinnen – haptisch, thermisch, akustisch, visuell – ihre Bewegungen um uns herum, unsere Bewegungen in ihr; auch die festere Umwelt wird stark durch die Dynamik der Luft geprägt.

Die Menschen haben bei ihrer Bautätigkeit die Wirkung der Winde mit Vorteil berücksichtigt; sie haben für ihre Häuser und Siedlungen wenn möglich windgeschützte Orte ausgesucht, sie nachden Winden gerichtet und gegen Winde geschützt. Vitruv⁵¹ hinterliess schriftliche

⁴⁹ E. Hebrard, J. Zeiller: Spalato, le Palais de Diocletien, Paris 1972 und G. Nieman: Der Palast Diokletians in Spalato, Wien 1910

⁵⁰ Sigfried Giedion: Space, Time and Architecture, op. cit., S. 100 ff

⁵¹ Vitruv, op. cit., Buch 1, Kap. IV und V

Anweisungen zum Anlegen von Strassen relativ zu den Winden und beschrieb den Turm der Winde in Athen. Die Dächer werden nach den Winden gerichtet und geformt, mit Steinen beschwert oder verankert, Kamine über den First gezogen und mit drehbaren Kappen versehen, die Spalten zwischen den Bauelementen werden verdichtet. Die Tragwerke der Bauten und äussere Bauteile wie Fassaden, Fenster, Sonnenschutzanlagen, Bedachungen und so weiter müssen dem Winddruck widerstehen (was zum Beispiel beim Hancock Tower in Chicago mit Windverstreben realisiert wurde, die gleichzeitig Gestaltungsmittel sind); viele Verglasungen sind nicht zur Wärmeisolation, sondern nur wegen der Luftbewegungen erforderlich, statt einfacher Türen müssen Windfänge errichtet werden.

Die kinetische Energie der Luft wird genutzt: Die Windräder, die die Landschaften zwischen den Niederlanden und Griechenland prägen, drehen die Mühlen, im Burgenland die Klappern und in der kalifornischen Wüste die elektrischen Generatoren. Die Segelschiffe haben Transporte ermöglicht und den Bau der Häfen und die Seen anders beeinflusst als die Dampfer und Gleitboote, die Segelboote tun es heute noch.

Der Luftwechsel ist eine biologische Notwendigkeit. In geschlossenen Räumen wird die Luft natürlich oder mechanisch umgewälzt. Die gegenüberliegenden Fensteröffnungen bewirken den Durchzug, die Fensterteilungen mit den Lüftungsflügeln oben und unten gewährleisten bessere Zirkulation als diejenigen auf halber Fensterhöhe. In grösseren Räumen, lauten Gegenden, aus Energiespargründen et cetera wird die Luft mechanisch umgewälzt und geführt. Dies erfordert Zu- und Abluftkanäle, Ventilatoren und Lüftungsöffnungen in den Decken, Böden, Fassaden (bei Hochhäusern in mehreren Zwischengeschossen) und auf den Dächern, im Dachraum und im Garten; geschlossene Fenster erhalten dadurch eine andere Einteilung, Grösse und Konstruktion sowie Reinigungsvorrichtungen. Die Bewegung der Raumluft kann behaglich oder unangenehm wirken und bestimmt damit unser Verhalten, die Möblierung und so weiter. Das ständige Blasen aus einer perforierten oder geschlitzten Decke empfinden wir anders als einen raschen Luftwechsel beim Öffnen der Fenster; die Führung der isolierenden Luft durch die dreifach verglasten Kastenfenster begünstigt die Raumnutzung bis an die äussere Begrenzung, wo im Winter kalte Luft herunterfällt. Die Cheminees werden in wärmeren Regionen – zum Beispiel im sogenannten Wohnhaus von Palladio in Vicenza oder in der Villa Barbaro in Maser – in der Aussenwand mit den Fenstern beidseits der Feuerstelle plaziert, so dass der Luftstrom die Sitzenden nicht streift; die Anordnung in der Innenwand verursacht einen Zug von undichten Fenstern gegen den Rücken; folglich wählt man Sessel mit hohen Rückenlehnen oder führt die Luft in Röhren zum Feuer. Die tiefen Rauchschrägen über den offenen Feuerstellen, die richtig proportionierten Chemineeöffnungen und Rauchabzüge sowie

die Rauchklappen sind weitere bauliche Massnahmen zur Steuerung der Luft- und Raumbewegung.

Die Bewegung der Luft ist ein Teil der Merkmale von Bauwerken: Wenn die Mansarden nach dem Umbau nicht mehr Wohnungen, sondern Ventilationsmaschinen enthalten, die Fenster nicht mehr geöffnet werden und die Menschen sich nicht hinauslehnen können, lässt auch die erhaltene übrige Bausubstanz die Bauwerke nicht mehr authentisch erleben.⁵²

2.1.5 FAZIT

Mit „Bewegung“ bezeichnen wir eine Veränderung im Raum, die eine gewisse Zeit erfordert. Davon ist für Menschen nur ein winziger Bereich sinnlich erfassbar. Alles bewegt sich ... aber bei Menschen haben sich nur das Gleichgewichtsorgan, die Augen und Ohren, der Tast-, der Geruchs- und der Geschmackssinn entwickelt. Die Wahrnehmung verschiedener Bewegungen geht aus dem Zusammenspiel der Sinnessysteme und deren Koordination im Gehirn hervor. Die atomaren und universalen Vorgänge der Materie/Energie werden als Schwere, Konsistenz und Geräusche, Wärme, Licht, Farben, Gerüche und Geschmäcke wahrgenommen. Für das Leben der Menschen waren und sind diese Phänomene wichtig, auf diese hin haben sich ihre Sinne entwickelt; nur die Empfindung lebenswichtiger Bewegungen wurde gelernt und mit kombinierten Sinnen wahrgenommen. Als Bewegungsraum ist für Menschen die Verteilung der Massen massgebend. Forschungen bei den Urvölkern in Australien, Neuseeland und im südlichen Mexiko⁵³ sowie die augenfälligen Unterschiede zwischen den Sinnesapparaten von Tieren zeigen, dass der anthropologische Raumbegriff etwas in der Evolution Entstandenes, nicht für alle Gleiches ist. Wir reden von räumlichen Kategorien, vom geographischen und architektonischen Raum, von Denkräumen, Zeiträumen, digitalen und virtuellen Räumen; diesen allen zugrunde liegt der Urbegriff des Bewegungsraumes.

Die Bewegungen des Leibes und seiner Umwelt nehmen einen wesentlichen Anteil der Sinnesempfindungen und den ganzen motorischen Apparat in Anspruch. Die Unterteilung der Sinne in die fünf Kategorien Sehen, Hören, Tasten, Riechen und Schmecken ist für die Baukunst insofern ungenügend, als damit die Wahrnehmung von Bewegung nicht klar artikuliert und demzufolge entsprechend behandelt wird. Die Bewegungen und das relative Ruhen von festen, flüssigen und gasförmigen Massen, inklusive des menschlichen Leibes, bestimmen das sinnliche Empfinden und Wahrnehmen räumlicher Anordnung und Dynamik. Von ägyptischen, ägäischen, griechischen und römischen baulichen Anlagen bis zu heutigen Megastrukturen sind dennoch unzählige Beispiele vorhanden, die einen hohen Stellenwert der

⁵² Georg Mörsch: Die Wirklichkeit des Denkmals, in Aufgeklärter Widerstand, Basel 1989, S. 65

⁵³ Dagmar Reichert: Räumliches Denken, Zürich 1996 und MPG-Spiegel 4/1994

Bewegung aufweisen und somit erhaltungswürdig sind. Die in der vorliegenden Theorie der Gemische und Netze klar definierte Teilwirkung und -eigenschaft der Umweltstoffe und des Leibes, die Bewegung, muss in der Baupraxis bewusst behandelt und konzipiert werden; sie kann aber auch für die Benutzer der Bauwerke hohe Erlebnisqualität aufweisen und ihr Leben bereichern. Wenn wir uns in der Zukunft vermehrt im „Cyberspace“ bewegen, werden die real existierenden Bewegungsräume nur noch wertvoller sein.

Die Beschreibung des Phänomens Bewegung und des menschlichen Umganges mit ihr zeigt: Was um uns herum ruht, was sich bewegt, wie es sich bewegt oder bewegen lässt, wie wir uns in der Umgebung bewegen, was wir als Ruhe und was als Bewegung empfinden, sind Merkmale, die wesentlich die sinnliche Empfindung beeinflussen, die Wahrnehmung der Bauwerke kennzeichnen, die Lebensqualität bestimmen. Je bewusster die Bewegungsarten erkannt werden, desto sorgfältiger und umfassender werden die vorhandenen Beispiele erhalten werden können, desto wertvoller werden die Bauwerke geplant, ausgeführt und unterhalten.

2.2 SCHWERKRAFT

2.2.1 SCHWERKRAFT ALS ELEMENTARE WIRKUNG

Die Schwerkraft durchdringt alle Materie des Universums, jeden einzelnen Stein, jeden Tropfen Wasser, jedes Molekül Luft, alle Lebewesen. Unter ihrer Wirkung hat sich das Sonnensystem gebildet, haben sich Landschaften geformt, sind in der lebenden Welt Verhaltensweisen entstanden, die die ständige Präsenz der Anziehungskräfte widerspiegeln⁵⁴. Obwohl wir ihr bei jedem Schritt, beim Sitzen und Liegen ausgesetzt sind, obwohl wir erfolgreich Weltraumflüge durchführen, Wolkenkratzer und weitgespannte Brücken bauen und ungebrochen an den nächsten Sonnenaufgang glauben, ist sie physikalisch noch nicht restlos geklärt.

Die unsere Begriffswelt prägenden alten Griechen haben aus Beobachtungen von Bewegungen und Kräften im Sonnensystem Proportionen und Harmonien abgeleitet, diese geometrisch und zahlenmässig in die Baukunst und in die Musik eingeführt und damit einen Zusammenhang zwischen den Artefakten und den elementaren Kräften des Weltalls hergestellt. Newton hat die Gravitationskräfte physikalisch erklärt: Zwei Körper üben aufeinander eine Anziehung aus, die ihren Massen direkt und dem Quadrat ihrer Entfernung umgekehrt proportional ist.

$$K = k \frac{M_1 M_2}{d^2}$$

Die Erkenntnis hat zwar zu den Flügen in den interplanetaren Raum geführt, der alltäglichen Lebensqualität aber wenig gebracht. Diese wird beeinflusst durch die Wirkung der Anziehungskräfte selbst und durch die Spuren, die in der Evolution entstanden sind.

2.2.2 WIRKUNG IN DER UMWELT

Die Schwerkraft kann im stabilen oder labilen Gleichgewicht sein mit Kräften, welche der Materie innewohnen und ihr Ruhen ausmachen, oder sie kann als treibende Kraft die gleichmässige, beschleunigende und verlangsamende Bewegung bewirken. Es erhält sich, was der Gravitation standhält, alles andere wird in der Bewegung verändert. Die festen Stoffe, die Flüssigkeiten und Gase, die Pflanzen, Tiere und Menschen weisen spezifische Eigenschaften und Verhalten auf, welche aus der Wechselwirkung mit der Gravitation hervorgehen.

2.2.2.1 Feste Materie

Jeder Ort dieser Welt erhielt seine formalen Eigentümlichkeiten unter der Jahrmillionen andauernden Wirkung der Schwerkraft als auch der Festigkeit seiner Stoffe: Die Erdoberfläche wurde gefaltet, gerissen, gehoben und gesenkt, die Berge wurden abgebaut, die Niederungen vertieft oder aufgefüllt, die bereits bewohnten Küsten versanken im Meer. Wenn die Festigkeit der Gravitation nicht widersteht, brechen Riesensterne zu schwarzen Löchern zusammen, reisst

⁵⁴ Konrad Lorenz: Die Rückseite des Spiegels, op. cit., S. 35 ff

die Erdkruste, rutschen Teile von Bergen ins Tal, fallen Steine und Hölzer zu Boden. Die topographischen Merkmale, das Gebirge, die Ebene, der Hang, die Kluft, der Gipfel sind in diesem Geschehen entstanden, geben jedem Bereich seinen Charakter, bestimmen die Art des Lebens, prägen die Menschen und ihre Siedlungen. Sie können ablesbar, einmalig für die Forschung und Erlebnisse und somit erhaltenswert sein. Sie können in die Bauwerke, beziehungsweise Bauwerke können in die topographischen Formen integriert und Wahrnehmungen bereichert werden.

2.2.2.2 Flüssigkeiten

Die Flüssigkeiten fließen auf dem Weg des kleinsten Widerstandes in die Richtung, woher die Schwerkraft sie zieht, und erhalten eine waagrechte Oberfläche. Die Weltmeere folgen der Anziehung der Sonne und des Mondes, bewirken damit Ebbe und Flut; die Ströme, Flüsse und Bäche fließen lebendig oder faul zum See oder zum Meer, fallen in Kaskaden oder Wasserfällen in die tiefergelegenen Tümpel; Regen, Schnee, Hagel und Tau fallen aus der Luft zu Boden. Die eine Eigenschaft der Flüssigkeiten, ungehalten von der festen Materie sich in die Richtung der Gravitation zu bewegen und leichtere Massen zu verdrängen, prägt Artefakte wie Behälter, Dämme, Dächer, Siedlungen und schwimmende Objekte, und die zweite, sich bei niedrigeren Temperaturen zu verdichten, erzeugt vertikale Strömungen, sei es in den Seen oder in den häuslichen Einrichtungen.

2.2.2.3 Gase

Die frei beweglichen Moleküle der Gase oder deren grössere Ansammlungen können am leichtesten von allen Stoffen der Schwerkraft folgen; diejenigen mit grösserem spezifischen Gewicht und Masse – sei es wegen des atomaren Aufbaus oder der Temperatur – werden stärker angezogen als die leichteren. Die schwereren Gase und deren Gemische, zum Beispiel die kältere Luft und die Abgase von Verbrennungsmotoren, liegen verdichtet am Boden, die leichteren werden verdrängt und verdünnen sich mit zunehmender Höhe. Dies geschieht zwischen den Bergen und Niederungen, aber auch in den geschlossenen Räumen zwischen Boden und Decke, am meisten an den kühlen Fenstern, wo die Luft fällt, und über den Heizkörpern, wo sie steigt. Die kalten Luftmassen können wochenlang einer im Tal liegenden Stadt bedrückenden Winter bescheren, während die verdünnten höheren Schichten mit den Sonnenstrahlen die Menschen erfreuen. Die durch die Gravitation diversifizierte Atmosphäre bewirkt örtlich verschiedenen Zerfall und Veränderungen der Gesteine, der Hölzer und Metalle, sie prägt wesentlich die Flora und Fauna. Die infolge der Druckunterschiede entstehenden Winde erzeugen horizontale Kräfte und Bewegungen.

2.2.2.4 Vegetation

Unter der Einwirkung der Schwerkraft haben sich bei den Pflanzen Tragstrukturen und Formen entwickelt; die einen liegen in dünnen Schichten an den Flächen, klettern an den Mauern und Pergolen, hängen von den Dächern, Balkonen und Blumenfenstern herunter, die anderen

strecken aus dicken Stämmen weit ausladende Äste in die Freiräume, überdecken und beschatten Plätze, Strassen und Bauten und bringen das Grün unmittelbar vor die Fenster.

2.2.2.5 Tiere

Mit verschiedenen Fähigkeiten, sich im Gravitationsfeld zu bewegen, prägen die Tiere die Welt. Gewisse Arten sind an den festen Boden gebunden, andere klettern, springen und fliegen herum, hängen an den feinsten Fäden, schwimmen auf dem Wasser oder flattern durch die Stadt- und Wohnräume. Während den Pferden oder den Elefanten nicht jede Unterlage standhält, schleichen die Katzen auf dünnen Brettern herum, lassen sich die Vögel auf den Bäumen, Dächern und Fassaden nieder. Wenn sich in der Evolution bei den Tierarten Flügel, Flossen, Beine oder schlangenartige Formen gebildet haben, geschah das im ständigen Wechselspiel mit der Gravitation⁵⁵.

2.2.3 WIRKUNG DER SCHWERKRAFT AUF MENSCHEN

Der menschliche Körper ist eine gegliederte, den physikalischen Gesetzmässigkeiten unterworfenen Masse, deren Belastungen und Kräfte von den Sinneszellen registriert und im zentralen Nervensystem wahrgenommen werden. Die Gravitation erzeugt beim Liegen, Sitzen, Stehen, Gehen, Tragen, Hängen, Beugen und so weiter in den Geweben Spannungen, welche als Druck oder Zug auf stützende Objekte abgeleitet werden. Die Kombinationen und Variationen von Spannungen in den Knochen und Gelenken, Muskeln und Sehnen, in der Haut, den darunterliegenden Geweben und Gefässen prägen als bewusste oder unbewusste Empfindungen die Lage des Körpers in bezug zur Umwelt. Die Lage wird auch vom Vestibularorgan und vom visuellen System registriert.

2.2.3.1 Knochen und Gelenke

Die Knochen und Gelenke bilden zusammen mit der Muskulatur das tragende Skelett, das dem Körper die erforderliche Stabilität und Haltung verleiht. Die Sinneszellen in den Gelenken vermitteln die Informationen über Belastungen und Stellungen der Knochen zueinander und damit die Lage der Glieder im Kraftfeld der Gravitation. Koordiniert mit den orientierenden und haptischen Sinnesempfindungen aus anderen Geweben, werden die Gleichgewichtszustände und erforderliche Bewegungen reflexartig eingeleitet. Die Überlastung kann zu Verletzungen und Dauerschäden führen. Die in der Evolution jüngste Errungenschaft, der aufrechte Gang, findet die schwächste Stelle im Knochengestütze: die Wirbelsäule, vor allem das Kreuz. Unpassende Formen von Sitzmöbeln, Tischen und Einrichtungen, Arbeitsplätzen, die eine unnatürliche Haltung erfordern, langes Stehen, Gehen, Springen oder Liegen auf ungeeigneten – sei es zu harten oder zu weichen Unterlagen – führen zu Schmerzen und Beschädigungen des Knochen- und Gelenkgewebes. Extreme Bewegungen und Belastungen können Brüche, Nervenverletzungen und Querschnittslähmungen verursachen.

⁵⁵ ibid.

2.2.3.2 Muskeln und Sehnen

Alle Ungleichgewichtsstellungen des Knochengerüsts werden von Muskeln und Sehnen aufgefangen und auf andere Körperteile übertragen. Dabei wird die verschieden starke Anspannung der Gewebe gefühlt, es wird die Arbeit geleistet – sie ist nicht identisch mit der physikalischen Arbeit –, in der Folge werden der Herzschlag und die Atmung beschleunigt, die Temperatur erhöht. Wenn wir uns über den Tisch beugen, auf einem Hocker mit kleiner Sitzfläche oder in einem Fauteuil mit Armlehnen sitzen, von einem niedrigen Sessel aufstehen, einen leichten Kunststoff- oder einen schweren Eichenholzstuhl heben, einen hochliegenden Stromschalter betätigen, mit einem feinen oder massiven Weinglass anstossen, mit Silber- oder Alubesteck essen, das Wasser aus dem Brunnen ziehen, auf einem wackligen Steg eine tiefe Schlucht überqueren, eine Treppe hochsteigen, auf einem glitschigen Boden gehen, empfinden wir verschiedene Anspannungen im Körper und die gewichtsmässigen Eigenschaften der mit ihm verbundenen Materialien. Die bewusste und unbewusste Anstrengung ermüdet; übermässige wie auch mangelnde physische Belastung wirken sich mindernd aus auf die Lebensqualität.

2.2.3.3 Haut und tiefere Gewebe

Die Haut und die darunter liegenden Gewebe werden vom Gewicht gedrückt und gezogen. Die Verteilung der Kräfte auf grössere oder kleinere Flächen sowie die Beschaffenheit der Kontaktflächen erzeugen taktile Empfindungen, Schmerzen und Müdigkeit. Die haptischen Sinneszellen in der Haut und in den tieferen Geweben vermitteln die Informationen über die Konstellation der Anspannungen dem zentralen Nervensystem. Beim Stehen lastet das Gewicht des Körpers meistens auf den Fusssohlen; barfuss oder durch das Schuhwerk werden die Eigenschaften des Bodens – die Glätte, Unebenheit, Körnigkeit und Härte des Strassenbelags oder die Weichheit des Teppichs – gefühlt. Beim Sitzen und Liegen wird der Druck verteilt: vom Andrücken des Gesässes und des Kopfes an schmale Kanten und von teilweiser Belastung der Füsse oder Knie über das bequeme Sitzen mit wenig Gewicht auf den Fusssohlen und Oberschenkeln, dem Gesäss, Rücken, Nacken und den Armen bis zum entspannenden Schweben im Wasser. Getragenen Lasten drücken auf den Kopf, die Schultern, die Hüften, die Füsse und ziehen an den Armen. Die andauernden Belastungen führen zu Ungeduld und Ermüdung und vermindern die Konzentration auf andere Tätigkeiten.

2.2.3.4 Blutgefässe

Die Flüssigkeiten im Körper erzeugen den hydraulischen Druck in den Gefässen und Geweben. Der Druck verstärkt sich von oben nach unten auch, wenn der Körper oder dessen Teile hängen. Langes Stehen oder Sitzen auf einem hohen Stuhl kann Schmerzen in den Beinen verursachen; der Druck wird auch in hängenden Armen und Händen gespürt. Empfindliche Menschen orientieren sogar ihre Schlafstellen nach dem Verlauf der Sonne und des Mondes, um die wechselnden Gravitationsfelder auf sich entsprechend wirken zu lassen.

2.2.3.5 Gleichgewichtsorgan

Das entwicklungsmässig älteste Organ, das über die Richtung der Gravitation als Hauptkonstante des Lebensraumes Auskunft gibt, ist der Statozyst im Innenohr⁵⁶, wo je ein Steinchen in den beiden grösseren Kammern – Utriculus und Sacculus – ununterbrochen an den Sinneshärchen zerrt. Wo die Steinchen auf den Sinneszellen der mit Flüssigkeit gefüllten Hohlräume aufliegen – vorausgesetzt, dass sich der Kopf und der Körper nicht bewegen –, ist unten. Dieses Organ versagt jedoch im schwerelosen Raum, wo das Gehirn nach ein paar Tagen auf die Wahrnehmungsquellen in den Gelenken, Muskeln, der Haut und so weiter zurückgreift⁵⁷. Die Schwerelosigkeit ist ein Beispiel aus einer grossen Anzahl vom Menschen geschaffener Situationen, in denen die natürliche Funktion ihrer Wahrnehmungssysteme, Information aufzufassen, überfordert ist⁵⁸. Die Wahrnehmung eines Raumes, der Vertikalen und der Horizontalen, ist wesentlich verbunden mit der tatsächlichen Körperhaltung und Gleichgewichtssituation, somit also mit den uralten Konstanten auf der Erde, in deren Rahmen sich die vielen Millionen Jahre der Evolution abgespielt haben. Allen Begriffen voran geht derjenige der Vertikalität als dominanter Richtung im herkömmlichen Lebensraum. In den irdischen Verhältnissen ist das Dasein der Vertikale für uns automatisch, im Unterbewusstsein verankert⁵⁹. Im schwerelosen Raum gibt es keine Vertikale, das Körperbezugssystem mit der Kopf-Fuss-Achse muss mit keinem anderen Kräftesystem in Koinzidenz gebracht werden⁶⁰.

2.2.3.6 Leistung des zentralen Nervensystems

Im zentralen Nervensystem laufen die Informationen über die Wirkung der Schwerkraft von den Sinnesorganen zusammen und finden je nach der Steuerung der Aufmerksamkeit den Zutritt zum Bewusstsein. Die Leistung des vielschichtigen Gedächtnisses ist es, die in der Evolution und im einzelnen Leben gesammelten Erfahrungen mit den Eingängen aus verschiedenen Sinneskanälen zu kombinieren und eine umfassende Information über die Wirkung der Schwerkraft bereits aufgrund von redundanten Sinnen herzustellen. Wir empfinden taktil das Gewicht erst, wenn wir die Lasten heben oder tragen, die Treppe hochsteigen, doch haben wir bereits beim Anblick der Objekte eine Vorstellung von der anzuwendenden Kraft. Wir können einen Gegenstand zu Boden fallen hören und sein Gewicht schätzen; wir getrauen uns nicht, uns einem Dachrand zu nähern, ohne Geländer zu sehen, beim Anblick eines Abgrundes wird uns schwindlig; wir wissen, wie hohe Hindernisse wir überspringen können.

Die genetisch vorgegebene Grundverschaltung der Nervenetze muss in der Entwicklung jedes Individuums über seine eigenen sensorischen und motorischen Organe in Wechselwirkung mit der Aussenwelt treten, damit das Gehirn die zur Optimierung seines Repertoires erforderliche

⁵⁶ J. J. Gibson, op. cit., S. 89 ff

⁵⁷ NZZ Nr. 60/1985, S. 65: All-Tägliche, und NZZ Nr. 99/1986 F+T: Wahrnehmungsanarchie im Weltraum

⁵⁸ J. J. Gibson, op. cit., S. 99 ff

⁵⁹ Sigfried Giedion: The Beginnings of Architecture, op. cit., S. 436-492

⁶⁰ J. J. Gibson, op. cit., S. 96, 137, 154 und 158 ff

aussergenetische Information gewinnen kann⁶¹. Die Umwelt, in die es sich hineinentwickelt, muss hinreichend differenziert sein, doch kann eine übermässige Vielfalt für die genetischen Vorgaben auch desorientierend und wenig fördernd sein. Eine Flut von Bildern kann die wahre Erfahrung des Gewichtes des Abgebildeten nicht ersetzen. Die redundanten Wahrnehmungen können auch falsche Informationen über die Realität liefern: Beim Anblick einer Säule können wir an ihr steinernes Gewicht und ihre Tragfähigkeit glauben, dabei ist sie aus bemaltem Holz, Karton oder Blech, und die Lasten sind weitaus nicht so schwer, wie sie vorgetäuscht werden.

Das Gedächtnis ermöglicht uns, aus Formen, Abbildungen und Texten die Wirkung der Schwerkraft zu lesen oder darüber nachzudenken – wenn wir dazu imstande sind und es wollen. Der Anblick feiner Betonschalen, dünner Seile, sehr schlanker Säulen und kühner Konstruktionen können das Nachdenken über die Schwerkraft ebenso anregen wie die Gestalt einer griechischen Säule, ihrer Basis, ihres Schaftes und Kapitells, der tragenden steinernen Karyatiden und Kolosse, der Tierfiguren, auf welchen die Säulen stehen, der geschossweise nach oben leichter wirkenden Steinfassaden eines Renaissancepalastes.

2.2.3.7 Gesamtwirkung der Schwerkraft auf Menschen

Die Gesamtwirkung der Schwerkraft auf die Menschen ist einerseits eindeutig, nämlich von oben nach unten, mindestens soweit man nur die irdische Hauptkomponente und nicht auch die interplanetaren Anziehungen berücksichtigt, andererseits aber sehr komplex, wenn man die Variationen von Belastungen betrachtet. Die Gravitation variiert – im Gegensatz zu anderen wahrnehmbaren Wirkungen, zum Beispiel Schwingungen wie hörbarer Schall, Strahlungen wie sichtbares Licht und so weiter – nicht oder vernachlässigbar gering. Im schwerelosen Zustand ist sie im Gleichgewicht mit anderen Kräften, beim Auf- oder Absteigen, im Aufzug, im Fahrzeug und im Flugzeug wird das Empfinden des Gewichtes durch die Bewegung verstärkt oder vermindert. Die Kombinationen von Belastungen verschiedener Körperteile beim Liegen auf dem Rücken, auf dem Bauch oder auf der Seite, beim Sitzen und Knien in mannigfaltigen Haltungen, im Stehen, Anlehnen, Bewegen und Hängen, Tragen und Stützen begleiten das alltägliche Leben, können aber auch typisch sein für bestimmte bauliche Anlagen, Einrichtungen, Umweltbedingungen, Rituale, Kulturen und Epochen. Die Empfindungen beim Sitzen auf dem flachen Boden, auf der niedrigen Sitzbank, auf dem Bürostuhl, dem Barhocker oder auf dem Königsthron charakterisieren Lebenssituationen. Man schläft liegend, selten sitzend oder stehend, isst sitzend, manchmal stehend oder liegend (die alten Römer auch auf der Seite), man arbeitet in allen möglichen Haltungen. Die Haltungen können auch eine besondere Bedeutung haben: Man betet je nach Religion – was sich durchaus auf die Einrichtungen der Sakralräume auswirkt – stehend, sitzend, kniend auf der Kniebank oder auf dem Boden, sich tief beugend, liegend; man begrüsst einander stehend, trägt meistens stehend vor und hört sitzend zu. Die unterbewussten haptischen Empfindungen begleiten die bewussten Tätigkeiten.

⁶¹ Wolf Singer: Hirnentwicklung und Umwelt, Spektrum der Wissenschaft, März 1985, S. 48 ff

Wir können ein Kunstwerk im Museum intensiver erleben, wenn wir es nach stundenlangem Stehen sitzend betrachten können; bei einer Veranstaltung ziehen wir das Stehen dem Sitzen vor, wenn wir so besser sehen, nicht nur hören; wir gehen gerne dort spazieren, wo wir anschliessend bequem vor dem Kaffeehaus oder auf den Sitzstufen am See sitzen, sogar auf einem Rasen liegen können. Als menschenfreundlich empfinden wir eine Stadt nicht nur, wenn sie nicht stinkt und lärmt, sondern wir beurteilen sie auch nach den haptischen Bedingungen, die sie uns bietet: wie wir dort gehen und stehen, uns anlehnen, sitzen oder liegen können.

Die Fähigkeit, mit Geerbtem und Erlerntem, Erinnerungem und augenblicklich Empfundenerem – Gesehenem, Gehörtem, Gefühltem – die Welt zu erkunden, ermöglicht das Lesen von Spuren, Zeichen und Symbolen und stärkt die Erlebnisintensität. Mit Wissen ausgerüstet, beobachten wir den Verlauf der Kräfte in einem Bauwerk unabhängig davon, ob die Baumeister ihn formal (richtig oder falsch) ausgedrückt haben oder nicht, verstehen Risse, Brüche und Absenkungen, bewundern die Standfestigkeit eines Turmes, einer Brücke, eines Baumes.

2.2.4 UMGANG MIT DER SCHWERKRAFT

Alle Lebewesen sind grundsätzlich bestrebt, ihre Lebensbedingungen zu verbessern, wobei sie nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum mehr oder weniger erfolgreich sind. Den Menschen hilft dabei die Intelligenz, welche auf dem Lernvorgang in seiner ganzen Evolution gründet und ihm komplexere Handlungen ermöglicht. Die Anfänge der Baukunst in einer Urhütte⁶² oder in den Semperschen vier Elementen⁶³ zu suchen kann nicht zu einer befriedigenden Erkenntnis führen, weil der Umgang mit der Schwerkraft – sowohl des eigenen Körpers als auch der Umweltobjekte – viel weiter zurück in der biologischen Evolution datiert. Dem idealisierten Zeitpunkt, als der Mensch vier Stützen aufgestellt und darauf vier Balken gelegt habe, ging ein lang andauernder Umgang mit Bäumen, Ästen, Steinen und Erde voraus, wie man ihn bei den Insekten, Vögeln, Primaten und auch den einfachsten menschlichen Handlungen antrifft (vgl. auch 3.2.2).

Die Erfüllung der Gesetzmässigkeiten der Schwerkraft allein, ohne formale Zutaten, hat zu mannigfaltigen Stützen und Stützmauern, Balken und Platten, Bögen, Kuppeln und Schalen, Fachwerken, Ketten und Seilen, hängenden Netzen und Gefässen und zuletzt zu den kühnsten Konstruktionen und Flügen sowohl in der Atmosphäre als auch im Weltraum geführt; in der ganzen Dauer ihrer künstlerischen und wissenschaftlichen Entwicklung haben Menschen wertvolle Beispiele von aufeinander gelegten, untereinander gehängten und nebeneinander auskragenden Massen, wie auch in Aufzeichnungen das Denken darüber, hinterlassen. Semper schreibt zum Beispiel⁶⁴: „Die am allgemeinsten thätige unter ihnen (den Kräften) ist die Massenwirkung, die sich am augenscheinlichsten theils als Schwere, theils als vis inertiae kund

⁶² Hanno-Walter Kruft: Geschichte der Architekturtheorie, München 1985, S. 170 ff

⁶³ Gottfried Semper: Die vier Elemente der Baukunst, Braunschweig 1851, Reprint 1962, S. 52 ff

⁶⁴ Gottfried Semper: Der Stil, Die textile Kunst, Frankfurt a. M. 1860, S. XXXIV

gibt. Ihr stets normal entgegen wirken die beiden anderen Kräfte, die organische Lebenskraft und die Willenskraft.“

2.2.4.1 Stützen, Pilone, Wände

Die Schwerkraft wird durch allerlei Stützen und Wände in die Erde geleitet. Dazu können hölzerne Stämme und Äste für die „Urhütte“, Eichenpfähle für die Pfahlbauten – auch von Venedig –, schön bearbeitete Holzsäulen für die chinesischen Tempel oder das japanische Wohnhaus verwendet werden. Steine können als unbearbeitete oder präzise geformte Stücke grosse Lasten tragen, müssen aber wegen Ausknickens genügend Durchmesser aufweisen und sind schwer, so dass bereits Vitruv empfiehlt: „Die oberen Säulen muss man um 1/4 kleiner als die unteren machen, weil die unteren eine Last zu tragen haben und deshalb stärker sein müssen als die oberen. Ausserdem auch deswegen, weil man das Wachstum in der Natur nachahmen muss ...“⁶⁵ Dies hatte zusammen mit einem archaischen Gefühl für die Stabilität im allgemeinen eine Verbreiterung der Stützen nach unten zu Folge, bei ägyptischen Obelisken und Pylonen wie bei klassischen Säulen, romanischen und frühgotischen Kathedralen, Renaissancepalästen oder nachfolgenden Klassizismen. Tragende Stützen wurden gemauert, betoniert und armiert, aus massivem Stahl, Stahl- oder Betonröhren, hohl oder gefüllt, eingespannt oder gelenkig hergestellt. Mauern und tragende Wände wurden nach oben verjüngt, mit Nischen oder Verstärkungen versehen. Nur in seltenen Fällen (zum Beispiel im Königspalast in Knossos) hat man die Stützen nach unten konisch geformt. Die verschiedenen Ausführungen charakterisieren kulturelle und technologische Entwicklungsgrade, regionale Bauweisen oder Einzelfälle. Wenn Konstruktionen verkleidet werden, beanspruchen sie grössere Grundflächen als statisch erforderlich und täuschen visuelle, akustische, thermische und andere Wahrnehmungen.

2.2.4.2 Balken, Platten, Fachwerke

Weit höhere Ansprüche an die Materialien stellt das Ableiten der Gravitationskraft in die Erde ausserhalb der Senkrechten, das Überspannen von Zwischenräumen, die Bildung von überdeckten Räumen und Brücken. Das horizontale Überbrücken erfordert Materialien und Konstruktionen, die unten auseinandergezogen und oben zusammengedrückt werden können. Ihr Eigengewicht spielt dabei eine mitentscheidende Rolle. Mit dem Legen von monolithen Steinen auf die Stützen wurden Bauwerke wie Stonehenge, ägyptische und griechische Tempel – alle mit relativ dichten Säulenordnungen und engen Zwischenräumen – geschaffen. Einfache Holzbalken wurden zu allen Zeiten für Decken bis zur Spannweite einer Holzstammlänge verwendet; die geleimten, zu Fachwerken oder Dachstühlen zusammengesetzten Hölzer ermöglichen die Überspannung von Hallen und Kirchen. Stahlträger als Profile, Wellbleche oder Fachwerke, auch kombiniert mit Holz und Tonnengewölben, mit Stahl armierte Backstein- und Betonträger sowie flache und gerippte Betonplatten bilden Decken, Dächer und Brücken der letzten zwei Jahrhunderte.

⁶⁵ Vitruv, op. cit., S. 207

2.2.4.3 Bögen und Hängekonstruktionen

Die Entdeckung und die Vervollkommnung der Ableitung von Gravitationskraft durch Bögen, Gewölbe und Kuppeln oder Ketten und hängende Netze haben der Entwicklung der Baukunst neue Impulse verliehen. Steine, zu Bögen zusammengefügt, bilden überwölbte Galerien und die Kuppelgräber von Mykene; die riesigen Gewölbe der alten Römer ermöglichten neue Dimensionen von Innenräumen, Basiliken und Bädern, Aquädukten und Brücken; seither überspannen Tonnen-, Kreuz-, Kloster-, Mulden- und Spiegelgewölbe islamische, mittelalterliche und spätere Hallenbauten; steinerne Kuppeln überdecken Gräber, sakrale und profane Räume; Betonbögen und -schalen, bogenförmige Fachwerke aus Stahl- und Holzstäben überspannen Täler, Sport- und Ausstellungs-, Gewerbe- und Industriehallen.

Hängende Konstruktionen begleiten die Menschen seit Urzeiten: Lianen und gewobene Stricke eigneten sich als Träger leichter Dächer, Beschattungen und Stege; in der Neuzeit haben Stahlseile und -profile sowie armierter Beton dauerhaftere Überdachungen wie diejenigen der Berliner Philharmonie, des Münchener Olympiastadions oder des Basler Stadttheaters ermöglicht. Hängende Brücken überspannen Kluften und Meerengen; manch ein Erdgeschoss wird von tragenden Bauteilen befreit, weil die Lasten der Obergeschosse mit ketten- oder bogenartigen Fachwerken auf wenige Stützen übertragen werden.

2.2.4.4 Halterungen, Dämme, Gefässe

Wenig kohäsive Materialien kriechen unter der Wirkung der Schwerkraft auseinander und müssen gehalten werden. Berghänge und Böschungen müssen mit Stützmauern gesichert, Bauwerke – einzelne Häuser und ganze Städte, Bahnen und Strassen – müssen auf weichem Boden umfangreicher fundiert werden.

Der hydraulische Druck von Flüssigkeiten wird vorteilhaft von runden und gerundeten Formen aufgenommen. Die Stauseedämme in den Bergtälern, die Wassertürme in den Ebenen, die Kühltürme der Kernkraftwerke, aber auch kleinere Gefässe zeichnen die Gravitationskraft in den Behältern nach. Schalenförmige Objekte schwimmen auf dem Wasser – von Bojen und kleinsten Schlauchbooten, von Schiffen und Tankern bis zu schwimmenden Städten. Gleich zweifach wurde die Kuppelform für das Dach des Grabmals von Theodorich in Ravenna genutzt: Die monolithische flache Kuppel, 470 Tonnen schwer und elf Meter im Durchmesser, wurde als steinerne Wanne vom Steinbruch in Istrien über die Adria zu ihrem Bestimmungsort geschleppt – die belassenen eckigen Griffe dienten zum Transport und zur Montage. Der gleichmässig verteilte, allseitige hydraulische oder pneumatische Druck trägt nicht nur Schwimm- und Flugobjekte, mit ihm werden schwere Baukonstruktionen gehoben und Baumaschinen betrieben (vgl. 2.3.4.5 und 2.3.4.6). Damit wir wohltuenden, entspannenden,

allseitigen Druck auf dem Leib zu geniessen können, werden Badewannen in Wohnungen⁶⁶ und vielfach rundförmige Wasserbecken in privaten und öffentlichen Anlagen installiert.

Die Luft trägt Ballone und Pollen, allerlei Partikel schweben in ihr (vgl. 2.5.4.4). Verschieden schwere Gase, Dämpfe, Flüssigkeiten und feste Stoffe reagieren in der Luft und im Wasser entsprechend ihrem spezifischen Gewicht: die kalte, trockene Luft, schwere (Ab-)Gase und Staub fallen zu Boden und bleiben liegen, die warme, feuchte Luft und die leichteren Bestandteile steigen bis unter die Decke oder in die obersten Schichten der Atmosphäre. So sind die Lüftungsöffnungen zuunterst und zuoberst im Raum effizienter als auf der halben Höhe, die hohen Kamine ziehen besser als die niedrigen, der Rauch bleibt unter der Haube hängen; in hohen Räumen halten wir uns eher in der unteren Luftschicht auf, wohingegen sich bei niedrigen Decken der Kopf in der wärmsten Luft befindet (vgl. 2.4.4.5). Die Schwerkraft beeinflusst nicht nur feste, sondern auch flüssige und gasförmige Materialien; der Umgang mit ihrer Wirkung kommt bei hydro- und aerostatischen und -dynamischen Artefakten ebenso zum Ausdruck wie bei festen Stoffen – die Theorie der Gesamtwechselwirkung soll zu kreativen Lösungen anregen.

2.2.4.5 Stützen des menschlichen Körpers

Während wir gezwungen sind, mit ausserleiblichen Massen bewusst umzugehen, erhält die Schwere des menschlichen Körpers zu wenig systematische Aufmerksamkeit. Die Einrichtungen zur Haltung des Leibes bilden einen umfassenden Bereich der Umwelt, sie sind jedoch wegen unscharfer Begriffe selten optimal gestaltet. Es werden Materialien und Konstruktionen angewendet, auf denen man steht und geht, sitzt und liegt, an die man sich lehnt und auf die man sich stützt, unbewusst oder reflexartig das Gleichgewicht suchend, und es werden dafür allerlei Kriterien beachtet, nur die Schwerkraft wird vernachlässigt. Dabei sollte sie als primäre Bedingung berücksichtigt werden. Die Wechselwirkung zwischen dem Gewicht des Leibes und den stützenden Objekten erzeugt einen wesentlichen Teil der Gesamtempfindung und Wahrnehmung eines Bauwerkes.

– *Boden*

Die Eigenschaften des Bodens begleiten einen grossen Bereich des reflexartigen Verhaltens. Horizontal oder geneigt, glatt oder rau, hart oder weich, Schwellen und Stufen aufweisend, verlangt der Boden verschieden starke Aufmerksamkeit; er wirkt bequem oder gefährlich, man geht unbekümmert, stolpert, sucht nach einem Handgriff. Wenn wir vom gepflasterten oder vereisten Trottoir herkommend den Gumminoppenbelag oder Fliesenboden einer Eingangshalle betreten, über Holztreppe und -böden die Wohnräume erreichen und noch ein Geschoss höher in den mit Teppich belegten Schlafbereich gelangen, beeinflussen die Schwerkraft und die Bodenbeläge eine Serie von Empfindungen und Wahrnehmungen: der Übergang vom

⁶⁶ Sigfried Giedion: Die Herrschaft der Mechanisierung, Frankfurt a. M. 1982, S. 679-765

öffentlichen durch gemeinschaftlichen in den privaten Wohnbereich kann deutlich abgelesen werden. Eine Kirche mit ausgetretenen oder erneuerten Bodensteinen von einer Naturstrasse oder vom Asphalt her zu begehen erzeugt verschiedene Empfindungen. Die rauhe Pflasterung in einer Eingangshalle mag zwar schön aussehen, aber das Gehen darauf – besonders mit hohen und spitzen Absätzen – kann einen unsicheren Gang bewirken.

Sich auf den Boden zu setzen oder zu legen ist bezeichnend für bestimmte Ethnien, soziale Gruppen oder Situationen: für das traditionelle japanische Haus, eine Moschee, eine Jugendszene, eine Wiese oder einen Strand. Eine Moschee mit Bänken ist ebenso undenkbar, wie eine Kirche ohne Bestuhlung für den Gottesdienst nicht vorbereitet zu sein scheint. Für jemanden, der meistens auf dem Stuhl sitzt und im Bett schläft, kann das Sitzen und Liegen auf dem Boden ungewohnte haptische Empfindungen hervorrufen: man muss sich tief hinunterlassen, man steht hoch auf.

– *Sitzvorrichtungen*

Für eine entspanntere Körperhaltung und Verteilung des Gewichtes sucht man breitere Stützung von Stühlen, Sesseln, Bänken, Sitzstufen und ähnlichem. Menschen sitzen meistens gerne sowohl beim Essen und Arbeiten als auch beim Zuhören und Zuschauen, Melken und Regieren – in manchen Kulturen wird man sogar sitzend begraben. Die Sitzvorrichtungen bestimmen eine einzige oder ermöglichen mehrere verschiedene Körperhaltungen und damit haptische Empfindungen, die für kulturelle und geschichtliche Situationen charakteristisch sein können: Das Sitzen in einem steifen gotischen Stuhl verstärkt das Erleben eines Rittersaales, das in einem zierlichen Louis-XIV-Stuhl das Empfinden eines französischen Salons, das im leichten Thonet-Stuhl die Ambiance eines Wiener Kaffeehauses und das im federnden Breuer-Stuhl die eines modernen Wohnhauses. Die Form der Möbel bestimmt die Haltung und den Kraftaufwand. Ein einbeiniger Melkstuhl erfordert mehr Anstrengung beim Sitzen als ein drei- oder vierbeiniger Hocker, bequemer lässt sich auf einem Stuhl mit Rücken- und Armlehnen oder einem gekippten Fauteuil mit Kopf- und Fusslehnen sitzen. Ein wackliger Klappstuhl verleiht weniger das Gefühl der Stabilität als ein massiver Sessel, ein gefederter und mit Brokat bezogener Stuhl gibt dem körperlichen Gewicht anders nach als ein über Holzstäbe geflochtenes Sisal oder das über federnde Stahlröhren gespannte Leder. Eine Bank kann aus einem Brett auf vier Stöcken bestehen, die man aus dem Haus in den Garten trägt, mit der man Festzelte ausrüstet, sie kann fest eingebaut in der Ecke der Wohnstube, entlang den Wänden oder dem Kachelofen sein. Man sitzt steif auf einer Schul- oder Kirchenbank, gelassener auf den Bänken in Parks, auf Strassen und Plätzen, im Zug oder an Deck eines Schiffes, man kann sich eng oder breit machen, darauf liegen.

Stufenartige Bauwerke können mannigfaltige Sitzmöglichkeiten bieten. In klimatisch wärmeren Gegenden, wo das Sitzen auf Stein nicht unangenehm ist, findet man Sitzstufen und Steinbänke

entlang den Fassaden von Kirchen, Palazzi und Wohnhäusern, am Rand der Märkte, man sitzt auf den Basen von Säulen zum Beispiel in Karnak, auf den Stufen der Piazza di Spagna in Rom oder denjenigen zum Sacré Cœur in Paris. Steinerne, hölzerne und mobile Sitzstufen bilden Zuschauer- und Zuhörertribünen von den antiken Theatern bis zu heutigen Stadien und Schulhöfen. Die Art, wie man in privaten und öffentlichen Bereichen, beim Ess- oder Arbeitstisch, in der „Wohnlandschaft“, am Konferenztisch oder in der Schule, im Konzertsaal oder in der Kirche, im Automobil oder im Flughafen, im Strassencafé, im Park oder am Seeufer sitzen – also sich gegen Schwerkraft stützen – kann, prägt die körperliche Empfindung des Wahrnehmenden selbst als auch diejenige seines Ambiente.

– *Tische*

Die Tische weisen ein ähnliches Spektrum der schwerkraftbedingten Wirkungen auf Menschen auf wie die Sitzmöbel. Ein hoher Tisch, an dem man stehen muss, eine Bartheke, ein schräges oder breites Reissbrett, eine Werkbank, ein Schreibpult, ein Konferenz- oder ein Esstisch, ein niedriger Klubtisch – sie alle erfordern entsprechende Haltungen und Bewegungen: man beugt sich weit nach vorne, lehnt die Ellbogen und den Kopf darauf, stellt die Beine auf die Tischverstreben. Ein leichter Tisch wackelt, krümmt sich, rutscht davon, erfordert vorsichtigeres Verhalten, an einem schweren kann man sich konzentriert der Tätigkeit widmen. Das Gewicht des Tisches, seine Form und unser Leib mit seinen Empfindungen sind unmittelbar miteinander verknüpft.

– *Liegen und Betten*

Betten mit harten oder federnden Unterlagen, mit Wasser oder Luft gefüllt, Liegen, Pritschen, Hängematten und so weiter passen sich dem Liegenden unterschiedlich an, sein Gewicht wird auf verschieden grosse Fläche verteilt. Ihre Höhe erfordert mehr oder weniger Anstrengung beim Aufstehen oder Sichhinlegen, ihre Breite lässt mehr oder weniger sorglose Bewegungen zu. Die haptischen Gefühle beim Liegen auf einer Matratze 45 cm hoch, 90 breit und 190 lang unterscheiden sich wesentlich von denjenigen auf einer japanischen Bodenmatte, auf einer Chaiselongue oder auf einer Klappliege.

Das Gewicht der Möbel geht meistens mit ihrer Stabilität einher; die massiven erschweren das Verschieben und Transportieren, die leichten wackeln eher unter dem Druck der Schwerkraft. Im Umgang mit ihnen hantieren wir mit ihrem und unserem Gewicht. Auch beim Holen von Büchern, Geschirr, Geräten und Werkzeugen von hohen oder tiefen Tablaren und Schubladen müssen wir unser Gleichgewicht steuern und die Schwerkraft beherrschen.

– *Geländer, Brüstungen*

Die Scherkraft kann gefährlich sein, wenn der Boden treppen- oder rampenartig abfällt oder die Tiefe sich in der Nähe befindet. Vor Abstürzen werden Menschen, besonders Kinder, mit Geländern und Brüstungen geschützt. Treppen, Balkone, Fenster, Laubengänge,

Dachterrassen, Brücken müssen mit genügend dichten und hohen Gittern gesichert werden. Beim Blick in eine ungewohnte Tiefe kann es uns schwindlig werden; sogar das Wissen um die Absturzgefahr lässt unangenehme Gefühle aufkommen und steigert die Aufmerksamkeit; bei geringem Höhenunterschied mag ein 80 cm hoher Schutz genügen, in grösseren Höhen fühlen wir uns bei 90 oder sogar 140 cm hohen Geländern sicherer. Handgriffe an den Wänden, primär in den Bädern, können vor allem behinderten Menschen hilfreich sein. Gitter aus Holz, Metall und Stein, Balustraden und massive Brüstungen schützen vor Unfällen und verleihen Sicherheit. Wenn wir uns für gewöhnlich auf sicherem Boden bewegen, kann schon das Überqueren eines Weihers auf einem wackeligem Holzsteg zum Erlebnis werden.

– Rampen, Treppen, Leitern, Aufzüge

In Bauwerken, Städten und Landschaften müssen Höhenunterschiede überwunden werden. Die Gestalt von Treppen, Rampen und Leitern beeinflusst physische Anstrengungen und Wahrnehmungen⁶⁷. Die Gesamthöhe, die Länge der Läufe, die Anzahl der Podeste, die Höhe und Tiefe der Stufen, die Form des Handlaufs erfordern verschiedene Anspannungen, die das Erleben des Raumes mitprägen. Wir bauen steile Stiegen und Leitern zu Dach- und Kellerräumen, aber flache, bequeme Treppen, kombiniert mit Rampen, in öffentlichen, repräsentativen Gebäuden und Aussenräumen, ebenso Aufzüge und Rolltreppen, die die Gefühle der Bewegung und der Schwerkraft auslösen. Die Art, wie man hinauf- und hinabsteigen, die Gravitation empfinden und bewältigen kann – sei es im Turm oder in der Kuppel eines Domes, sei es in der Treppenhalle eines barocken Schlosses, im Treppenschacht eines Bürohauses oder in der verglasten oder vergitterten Kabine eines Aufzuges –, ist mitentscheidend für das Gesamterlebnis des jeweiligen Raumes.

2.2.4.6 Umgang mit Lasten in Bauprozessen

Eine Vorbedingung dafür, dass Tragkonstruktionen – Säulen und Wände, Decken, Bögen, Fachwerke, Dämme – gebaut werden können, sind Geräte und Techniken für den Transport und das Heben, Senken, Verschieben und Halten von schweren Baumaterialien. Ohne Werkzeuge könnte die gebaute Umwelt ihre Gestalt nicht erhalten. Das Wissen um die Art und Weise der Herstellung bereichert das Erleben von Bauten – zum Beispiel die Spuren von Erdaufschüttungen hinter den Pilonen des Tempels in Karnak – und sollte zu jeder Baudokumentation gehören.

Die Gravitation verursacht Reibung beim horizontalen Schieben: Freistehende Objekte bleiben an ihrem Ort nicht nur wegen ihrer Trägheit, sondern auch wegen der Reibung mit der Unterlage. Um diese zu überwinden, braucht es Räder, Walzen, Schlitten, geölte Flächen. Baumaschinen, konstruiert aufgrund elementarer mechanischer Werkzeuge wie Hebel, Keil, Rad, Flaschenzug, ermöglichten den Transport schwerer Steinquader und Obeliske von Ober-

⁶⁷ James Marston Fitch, John Templer und Paul Corcoran: The Dimensions of Stairs, Scientific American, Okt. 1974, Vol. 231, Nr. 4, S. 82 ff

nach Unterägypten, den der Marmorblöcke von Carrara nach ganz Europa, den des Bodmerhauses (Zürcher Wohnmuseum) über die Talstrasse zum Basteiplatz; hydraulische Pumpen helfen, Hangardächer auf dem Boden zusammenzubauen und als Ganzes auf die bestimmte Höhe zu heben, die Brückenplatten vom Erstellungsort in die Endposition zu verschieben, die Stahlträger für das Centre Pompidou von den Kruppwerken nach Paris zu verschiffen. Verschiedene Krane, Hilfsgerüste, Betonschalungen, Baugrubenhalterungen sind ebenfalls Werkzeuge, welche das Bauen unter dem Druck der Schwerkraft erst möglich machen.

2.2.4.7 Formale Folgen der Gravitation

Das Bauen unter der Spannung der Gravitation erfordert Konstruktionen wie Säule, Balken, Bogen und Kette. Diese werden mit vorhandenen Materialien, Werkzeugen und Wissen hergestellt und müssen mögliche Veränderungen der äusseren Kräfte aufnehmen können. So zeichnen die Formen eher selten den genauen Verlauf der Kräfte nach; sie sind auch Folgen der verfügbaren Baustoffe, Techniken und des Gestaltungswillens, der auf Wahrnehmungen beruht; die naturbedingten Formen werden vom Menschen nach dessen eigenen Vorstellungen im Ausdruck bereichert oder verfälscht⁶⁸.

Formale Überzeichnungen von statischer Notwendigkeit offenbaren die Begriffswelten und das Kunstwollen ihrer Erbauer: Im Taltempel der Pyramide des Chephren und im Terrassentempel der Königin Hatschepsut sind die Säulen und Architrave völlig prismatisch; so sind sie auch in der ersten Bauetappe des Tempels von Karnak und auf zwei Seiten der Vorhöfe des Totentempels von Ramses III., wohingegen die Erweiterungen des Karnak-Tempels und zwei andere Hofseiten des Ramses-Tempels lotus- beziehungsweise menschenförmige Säulen aufweisen. Die babylonisch-assyrischen Baukünstler stellen die Säulen auf geflügelte und ungeflügelte Löwen – ein Motiv, das zum Beispiel bei Kanzeln und Portalen einiger romanischer und gotischer Kirchen wieder auftaucht –, und die Perser legen die Architrave auf nachgebildete Stierpaare ab.

In waldreicheren Ländern wurden die Tempel ursprünglich aus Holz erstellt. Für die dauerhafteren Steinbauten wurden diese Konstruktionselemente und -formen übernommen, eine Tradierung, welche Vitruv folgendermassen beschreibt: „Von ... Bauteilen und ihrer zimmermannsmässigen Ausführung in Holz her haben die Künstler beim Bau von Tempeln in Stein und Marmor deren Anordnungen in Steinmetzarbeit nachgemacht, und sie haben geglaubt, diesen Erfindungen folgen zu müssen.“⁶⁹ Als die Säulen, Architrave und Bögen mit der Zeit den Eigenschaften von Stein entsprachen, wurden sie zum Beispiel bei Palladio in gleicher Gestalt gemauert und verputzt, im Barock und den nachfolgenden Klassizismen mancherorts

⁶⁸ Ernst Mach: Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen, Jena 1922, Reprint 1987, S. 198 und 199

⁶⁹ Vitruv, op. cit., S. 177

(Konzertsäle des 18. und 19. Jahrhunderts) wieder aus Holz und Gips errichtet oder als tragende Kolosse ausgebildet.

Eine ähnliche Entwicklung fand beim Übergang von steinernen zu eisernen Konstruktionen statt. Die Eglise Ste. Geneviève in Paris (Baubeginn 1757) vermittelt einen steinernen Ausdruck, obwohl sie reichlich mit Eisen verstärkt ist; danach dauert es fast hundert Jahre, bis Labrouste in der Bibliothèque Ste. Geneviève und der Bibliothèque Nationale das Eisen zum Vorschein kommen lässt – aber selbst da werden die Säulen noch mit Kapitellen und Basen versehen⁷⁰. In der Zeit der ersten Weltausstellungen und Bahnhofhallen wurde die Kuppel des Washingtoner Kapitols in Stahl gebaut und mit klassizistisch geformten Steinen verkleidet. Die aus der Auseinandersetzung mit der Gravitation und Festigkeit resultierenden und etablierten Bauformen wurden beim späteren Materialwechsel weitergebraucht und sogar auf Möbel und Gebrauchsgegenstände angewandt.

2.2.5 FAZIT

Gravitation ist eine Wirkung, mit der wir fertig werden müssen, damit Bauwerke stehen. Sie verursacht den geradlinigen freien Fall, wenn sie nicht auf Widerstand stösst, das Kreisen, wenn sie im Gleichgewicht mit anderen Kräften ist, oder das Ruhen, wenn sie sich im Gleichgewicht mit der Festigkeit / den atomaren Kräften befindet. Sie bestimmt den Tages- und Jahresrhythmus, verursacht Erd-, Wasser- und Luftbewegungen wie auch die Stabilität. Unter ihrer Wirkung fließen, kriechen, biegen, brechen und verformen sich Materialien.

Die Wirkung der Gravitation hinterliess Spuren in den Landschaften – Berg- und Talformen, Vulkane, Brüche, Schichtenfalten, Ebenen, Gewässerausdehnung – und in der Vegetation, die selbst interessant sind und jede Bautätigkeit bestimmen. Das Bauen erfordert Energie, Festigkeit und Tragwerke – es ist vor allem ein Konstruieren gegen die Schwerkraft. Die menschliche Auseinandersetzung mit ihr hat in den Bauwerken aller Kulturen Spuren hinterlassen: Säulen und Architrave, Stützen und Balken, Bögen und Ketten, Kuppeln, Schalen und Behälter, Werkzeuge und Aufzüge sind Zeugen des Umganges mit ihr. Artefakte lassen implizit oder explizit den Verlauf der Gravitationskräfte erkennen, diese sind an jedem Bauwerk mehr oder weniger deutlich ablesbar. Die Wirkung der Gravitation spricht auch aus Ruinen.

Für Lebewesen ist die Schwerkraft eine permanent anwesende, konstituierende Wirkung; sie sind ihr dauernd ausgesetzt und angepasst. Die Gravitation drückt den Körper gegen die Unterlage, erzeugt verschiedene Spannungen bei jeder Haltung in allen Gliedern und bestimmt dadurch das Empfinden des eigenen Gewichtes wie auch der Gestalt der Umwelt. Der Wirkung der Schwerkraft auf den menschlichen Organismus ist in der Vergangenheit – verglichen mit der Wirkung in Baukonstruktionen – zu wenig Beachtung geschenkt worden. Sie musste in

⁷⁰ Leonardo Benevolo: Geschichte der Architektur des 19. und 20. Jhts., München 1964, Reprint 1978, S. 46 ff

Bauwerken notgedrungen berücksichtigt werden, aber wie bezeichnend die Haltungen des Körpers für die jeweiligen materiellen Gebilde sind, wie massgebend die Bewegungen in der Richtung oder Gegenrichtung der Gravitation sich auf das Wahrnehmen der Umwelt auswirken, wurde in den Architekturtheorien nicht entsprechend beachtet. Um die Schwerkraft und das Gleichgewicht zu fühlen, müssen wir nicht einen Seiltanz hoch zwischen zwei New Yorker Wolkenkratzern wagen, eine Ballettfigur üben oder uns im Geräteturnen trainieren; das Gleichgewicht müssen wir auf jeder Unterlage – mit Neigung, Struktur, Härte, auf Rampen, Treppen und Leitern, am Balkon- oder Dachrand – beim Stehen, Sitzen und Tragen von Lasten jeden Augenblick mehr oder weniger aufmerksam überwachen.

Wir verhalten uns gegenüber der Schwerkraft, wie wir uns gegenüber einem Rembrandt-Bild, wenn es im Wohnungsflur hinge, auch verhalten würden: die Decke hängt uns über dem Kopf, der Boden unter den Füßen hängt ebenfalls zwischen den Wänden, das Buch lastet auf unseren Händen und der ganze Leib auf unseren Sohlen – aber das ist so alltäglich, dass wir die Gefühle und Wahrnehmungen vernachlässigen. Wenn diese aber abwechslungsreicher, zum Beispiel in besonderen alten und neuen Bauwerken, zur Verfügung stünde, könnten wir die Wechselwirkung mit der Gravitation intensiv erleben.

2.3 KONSISTENZ

2.3.1 KOHÄSION UND ADHÄSION

Im Gegensatz zur Gravitation, die in universalen Dimensionen herrscht, wirken die elektromagnetischen Kräfte der Atome und Moleküle über sehr geringe Distanzen. Die Kohäsionskraft (zwischen Molekülen ein und desselben Stoffes) und die Adhäsionskraft (zwischen Molekülen verschiedener Stoffe) halten die Stoffe zusammen. Sie sind am stärksten bei festen Körpern, die einer Änderung der äusseren Form, des Volumens und der Zerteilung grossen Widerstand entgegensetzen; wesentlich schwächer sind sie bei Flüssigkeiten und sehr schwach bei Gasen. Auf ihnen gründen die Eigenschaften wie Festigkeit, Elastizität, Plastizität, Oberflächenspannung und Viskosität. Die Konsistenz der Stoffe hängt von deren Temperatur ab: Am absoluten Nullpunkt (-273.15°C) wäre alle Materie starr, bei sehr hohen Temperaturen wäre sie plasmaförmig. Im Temperaturbereich in der Biosphäre begegnen wir den Stoffen in den Aggregatzuständen elastisch, flüssig oder gasig, und sie können beim Temperaturwechsel ihre Festigkeit und Viskosität ändern wie auch von einem zum anderen Zustand übergehen. Kristalline Stoffe haben einen bestimmten Schmelzpunkt, amorphe Stoffe (zum Beispiel Glas, Teer, Siegelack) erweichen bei Temperaturanstieg allmählich und gehen erst in den zähflüssigen, dann in den dünnflüssigen Zustand über, können also als ausserordentlich zähflüssige Materie aufgefasst werden.

Bei gleicher Temperatur können die Eigenschaften in Abhängigkeit von Struktur und Grösse variieren: Bei isotropen Materialien bleibt dieselbe Belastbarkeit in allen Richtungen gleich, bei anisotropen – kristallinen, körnigen, faser- oder raumnetzartigen, organischen und anorganischen – Stoffen ändert sich der Widerstand gegen Druck, Zug und Schub je nach Richtung der Struktur. Abhängig von der Grösse der Stücke hat ein Steinhäufen nicht dieselbe Konsistenz wie ein gleich grosser Fels, haben Holzspäne und Sägemehl nicht dieselbe wie der Baumstamm und Drahtgeflecht oder Blech nicht dieselbe wie eine Stahlschiene.

Die Abstände zwischen Atomen und Molekülen können mit einer äusseren Kraft vermindert oder vergrössert werden. Die Veränderungen bis zu einem materialspezifischen Umfang sind reversibel, elastisch, darüber hinaus irreversibel, plastisch. Erfolgt die Entlastung im elastischen Bereich relativ langsam, nimmt das Material seine ursprüngliche Form an; ist die Entlastung schneller als die Rückbildung, erfolgen Schwingungen; deren Ausschläge (Amplituden), Frequenzen und Übertragungsgeschwindigkeiten variieren von Stoff zu Stoff und werden von der Temperatur und Beimischungen beeinflusst.

2.3.2 AUSWIRKUNGEN DER KONSISTENZ IN UNBELEBTER WELT

2.3.2.1 Festigkeit

Die Festigkeit ist bezogen auf die Belastung ein relativer Wert. Die äusseren Kräfte können mechanisch, elektrisch oder magnetisch sein, sie können ruhend oder dynamisch (periodisch, schlagartig) und als Zug, Druck, Biegung, Knick, Schub oder Torsion auftreten. Die festen Stoffe halten die Lasten – Erschütterungen, Erdbeben, Lawinen, Winde, in welcher Anordnung oder Konstellation auch immer – aus und übertragen sie auf die Umgebung. Sie verdrängen die weicheren Materialien, kratzen, reiben sie ab und hinterlassen so Spuren der gegenseitigen Wirkung: mit Eisen beschlagene Holzräder graben Fahrspuren in den steinigen Strassenbelag, Boden- und Treppenbeläge werden von Schuhen, Arbeitsflächen von Werkzeugen abgenutzt. Das Holz drückt auf Steine, Erde, Metalle; Steine lasten auf Mörtel, Beton, Sand; Metalle auf Mauerwerke, Beton und so weiter. Ein liegender Steinmonolith kann höchstens eine Spannweite seiner Länge überspannen, im Bogen angeordnet kann er Täler überbrücken, zu Sand zermahlen kann er vom Stück Holz verdrängt werden. Es gibt keine absolut festen Materialien; zu jeder Zeit können Kräfte auftreten, die die festesten von ihnen zerstören.

2.3.2.2 Elastizität

Alle Materialien weisen eine spezifische Elastizität auf; im elastischen Bereich können sie sich verformen, nehmen damit Spannung auf und geben sie nach der Entlastung an die Umgebung weiter. Damit übertragen sie Energien in alle Richtungen und auf verschiedene Distanzen. Benachbarte feste Stoffe, Flüssigkeiten und Gase nehmen die kinetische Energie auf und schwingen ihren eigenen Gesetzen entsprechend weiter. Die Wellen aus verschiedenen Quellen und Richtungen können sich gegenseitig abschwächen oder verstärken und von Hindernissen reflektieren. Die Schallwellen breiten sich in verschiedenen Festkörpern und Flüssigkeiten mit spezifischen Geschwindigkeiten (in m/s angegebenen) aus⁷¹:

Gummi	40 bis 150	Silber	2700
Sauerstoff	317	Mauerwerk unverputzt	3480
Luft bei 20°C	343	Kupfer	3550
Kork	390 bis 500	Backstein	3600
Holz quer zur Faser	1100	Tonplatten	3650
Blei	1225	Granit	3950
Wasserstoff	1270	Beton	4000
Wasser	1450	Holz längs der Faser	4500
Gummi hart	1570	Stahl	5000
PVC	1610	Aluminium	5100
Ton trocken	1660	Glas	3480 – 5300

⁷¹ Nach Element, VSZS 1969 und Tihomil Jelakovic: Zvuk - sluh - arhitektonska akustika, Zagreb 1978

Die vielfach modulierten Schallwellen tragen Informationen mit sich über ihren Weg und die Konsistenz von Materialien, die sie durchqueren. Ereignisse wie Erdbeben, Erschütterungen durch Aufprall, Verkehr, Arbeitsprozesse und alltäglichste Bewegungen breiten sich als Schwingungen aus und werden in andere Energieformen (zum Beispiel Wärme) umgewandelt oder verursachen plastische Verformungen; lose Stoffe nehmen unter Vibrationen kleinere Volumen ein, werden kompakter. Die Wellenbewegungen pflanzen sich fort durch den Boden, durch das Wasser, durch die Luft, erschüttern die Bauwerke und verursachen bei weniger widerstandsfähigen Baustoffen plastische Veränderungen, Setzungen, Neigungen, Biegungen, Risse und Brüche.

2.3.2.3 Plastizität

Materialien, die sich bei ein- oder mehrmaliger Krafteinwirkung oder bei Schwingungen über ihren elastischen Bereich hinaus gedehnt haben, kehren nicht in ihre ursprüngliche Form zurück; sie bleiben verformt oder brechen auseinander. Die Spuren der Überlastung sind erkennbar in der natürlichen Topographie wie auch an Bauwerken verschiedenen Alters; sie können vergangene Geschehen dokumentieren, somit einmalig und schützenswert sein. Es ist die Aufgabe der Baukunst, solche Veränderungen zu verhindern.

Gesteine weisen sehr geringe Elastizität und Plastizität auf; zerkleinert halten sie wegen der inneren Reibung bestimmte im kleinen Rahmen differierende Böschungswinkel ein, fein zermahlen und wasserhaltig werden sie plastisch und können von festeren Stoffen verdrängt werden: der Boden unter dem Bauwerk wird von dessen Gewicht zerdrückt, Objekte setzen sich ungleichmässig und reissen; aber auch der Druck von losen und lehmigen Stoffen kann Stützmauern brechen, Häuser verschieben, grosse Gewichte heben.

Metalle verhalten sich, abhängig von der Temperatur, elastisch und plastisch unterschiedlich. Sie nehmen unter der Krafteinwirkung relativ grosse Verformungen auf, bevor sie brechen oder reissen.

Organische Stoffe (Vegetation, Hölzer, tierische Produkte) weisen unter verschiedenen Bedingungen – Richtung der Belastung, Temperatur, Feuchtigkeit, Alter und so weiter – sehr mannigfaltige und variable Eigenschaften auf. Entsprechend vielfältig ist das Verhalten in diversen Alterungsstufen, mannigfaltig sind die Spuren der Prozesse und Einwirkungen.

2.3.2.4 Viskosität

Die flüssigen Materialien folgen der Gravitation mit unterschiedlichem eigenem Widerstand, mehr oder weniger zähflüssig, und füllen dabei – ihrer Viskosität und Oberflächenspannung entsprechend – die Zwischenräume und Poren anderer Stoffe. Damit üben sie auf diese den hydraulischen Druck aus und verdrängen die leichteren nach oben. In Behältern aufgefangen, können Flüssigkeiten grossen Druck aufnehmen und gleichmässig verteilen – eine Eigenschaft,

die in Form von hydraulischen Pumpen viele Bauarbeiten erleichtert (vgl. 2.2.4.4 und 2.2.4.6). Schiffe schwimmen, Bauwerke können vom Grundwasser gehoben werden. Das Eindringen von Wasser in poröse Materialien kann Sprengen bei Frost, es kann chemische Prozesse, Zunahme des Gewichtes und andere Folgen haben. Die Viskosität hängt von der Temperatur und von den chemischen Prozessen ab: Die fließende heisse Lava kann abgekühlt als Baumaterial verwendet werden, über die Schmelztemperatur erhitzte Metalle, Glas, Teer, Wachs, Kunststoffe und so weiter füllen Gussformen aus, Beton kann in Schalungen gegossen werden; das Wasser wechselt den Aggregatzustand und verhält sich als Eis oder Dampf verschieden,.

2.3.2.5 Gasförmigkeit

Die reinen Gase und deren Mischungen samt allen Ingredienzen – den kleinsten Partikeln von Festkörpern und Flüssigkeiten, die darin schweben – lassen sich mangels Kohäsion beliebig verdünnen und in geschlossenen Gefässen komprimieren. Die Luft füllt den verbleibenden Raum zwischen der festen und flüssigen Materie, passt sich mit nur geringer Verzögerung wegen der Reibung jeder räumlichen Veränderung an und übt einen je nach Luftdruck variierenden Auftrieb auf die in sie getauchten Objekte aus. Der Widerstand gegen die Bewegung wächst mit deren Geschwindigkeit (fallende Gegenstände und Niederschläge erreichen eine konstante Geschwindigkeit) und macht sich beim Öffnen und Schliessen der Tür, beim Fahren, Fliegen und so weiter bemerkbar. Indem die Luft in die kleinsten Räume eindringt und verschiedene Partikel mitträgt, ermöglicht sie Sedimente und chemische Prozesse an Orten, wo sie sonst nicht stattfinden könnten (unter den Dächern, an allen Oberflächen der Bauwerke, der Lebewesen, in den porösen Stoffen), und damit Alterungen, Vereinheitlichungen oder Differenzierungen der Bauwerke.

2.3.3 WIRKUNGEN AUF MENSCHEN

Den vielfältigen Zuständen und Geschehen der Materie stehen komplexe Sinnesapparate gegenüber, mit welchen die Lebewesen auf ihre Umwelt reagieren, sich ihre Existenz sichern und Vorteile ausbauen. Die relative Festigkeit, die Plastizität, die Elastizität, die Viskosität und die Gasförmigkeit bilden einen wesentlichen Teil der Lebensbedingungen. Der Umfang der Wahrnehmungskapazität resultiert aus einem in der ganzen Evolution stattfindenden Lernprozess⁷², in welchem aus naturökonomischen Gründen nur das Notwendige erhalten bleibt und das Nichtgebrauchte verkümmert. Bei Menschen werden Sinneseindrücke reflexartig, unbewusst oder bewusst verarbeitet, und erst die Kombination ergibt die mögliche Wahrnehmung des Realen. Aufgrund der Erfahrung, welche Materialien wie fest, plastisch, elastisch oder flüssig sind, lesen wir die Umgebung auch nur aus redundanten Quellen – den Augen und Ohren. Wir wissen, dass die Stoffe „dort“ fest sind, obwohl wir sie nicht gerade berühren, dass die Musikinstrumente „dort“ klingen, obwohl den äusseren Kontakt mit ihren

⁷² Riedl Rupert: Biologie der Erkenntnis, op cit.

Vibrationen unsere Hörmembran herstellt. Der Glaube an die Realität, wie wir sie mit den Sinnen gelernt haben, hilft uns zu leben, obwohl wir durch die Wissenschaften einen tieferen Einblick in ihr Wesen haben. Zuverlässig sind wir dabei nicht, denn wir lassen uns durch magere Ersatzeindrücke täuschen⁷³.

2.3.3.1 Haptische Sinnesempfindungen

Die Konsistenz von Stoffen fühlen wir mit haptischen Rezeptoren in der Haut, den Muskeln, Sehnen und Gelenken. Das Drücken, Ziehen und Drehen der Gewebe, die Anpassungen der Haut, der Muskulatur und des Knochengerrüstes an die Gestalt wie auch der Kraftaufwand beim Verformen widerstehender Materie vermitteln die Information über ihre Eigenschaften, die Steife, die Härte, die Elastizität, die Schwingungen, die Viskosität und so weiter. Wir empfinden das Sitzen auf dem hölzernen Stuhl als weniger bequem denn auf dem gepolsterten, das Liegen auf der steinernen Bank, auf der Wiese, auf Sand, im Liegestuhl, auf der Luft- oder Federmatratze als verschieden; empfinden das Schreiten auf der Granitpflästerung als hart, auf der Erde als weich und im Sumpf als anstrengend; Böden aus auf Holzbalken genagelten Brettern erzeugen durchwegs andere Empfindungen als auf Beton geklebtes Parkett oder Nadelfilz, als hochfloriger Wolltepitch; das Gehen auf einer steinernen Treppe empfinden wir anders als auf einer zitternden Stahl- oder quietschenden Holztreppe. Wir getrauen uns an eine Beton- oder Stahlbrüstung stärker anzulehnen als an einen Holzzaun, an ein Drahtgeflecht oder an ein Seil. Ein massives Haus finden wir absolut fest, bis wir erleben, wie es bei einem Erdbeben schwingt. Beim Schreiben und Zeichnen merken wir, ob die Unterlage hart oder weich ist, ob der Bleistift oder die Feder kratzt oder elastisch nachgibt; eine Zeichnung kann je nach dem ganz anders geraten; Graphologen schliessen aus der Schrift auf persönliche Eigenschaften. Wir essen gelassener an einem steifen, ruhigen als an einem wackeligen Tisch. Beim Schwimmen empfinden wir das Fliessen des Wassers als angenehm, beim Kopfsprung kann das Aufschlagen hart sein. Auch die Luft kann uns herumwirbeln, in die Höhe tragen, wir lehnen uns gegen eine steife Brise an. Die Schwingungen von Stoffen registrieren wir je nach Frequenz und Amplitude mit den haptischen Sinneszellen im ganzen Körper wie auch mit den Ohren (Vestibularorgan und Schnecke) und den Augen. Das langsame Pendeln einer Hängebrücke, eines Aussichtsturmes oder eines Schiffes, das Zittern des Hauses, wenn ein Lastwagen oder ein Eisenbahnzug vorbeifährt, das Hämmern eines Luftkompressor, die Vibrationen eines Lautsprechers oder Musikinstrumentes fühlen wir nicht nur mit den Ohren, sondern auch durch die Haut bis zu den Knochen.

2.3.3.2 Auditive Wahrnehmung

Den Frequenzbereich zwischen 16 und 20 000 Hertz empfinden Menschen besonders differenziert mit dem auditiven Sinnessystem. Die Kontinuität von den tieffrequenten zu den hochfrequenten Schwingungen findet ihre Entsprechung im anatomischen Aufbau der

⁷³ Michel Serres: Les cinq sens, Paris 1985, deutsch: Die fünf Sinne, Frankfurt a. M., 1993, S. 423 ff

Sinnesorgane: An das orientierende Vestibularorgan direkt angehängt ist die Schnecke mit der Basilarmembran, welche die hörbaren Frequenzen registriert. So ist Hören eine Art Orientierung durch die elastischen Schwingungen der Luft, ein Tasten in die Ferne. Aufgrund der Zeitdifferenz des Wellendruckes auf die beiden Ohren können wir feststellen, aus welcher Richtung die auch von den Raumbegrenzungen reflektierten Schallwellen kommen⁷⁴ und können den Raum hörbar empfinden. Teile des Mittelohrs, in der Reihenfolge das Trommelfell, die Gehörknöchelchen und die Schnecke mit der spiralförmigen Basilarmembran im Innenohr nehmen die Vibrationen der Luft in ihren vielen Schattierungen und komplizierten Frequenzstrukturen auf und vermitteln sie in Form von bioelektrischen Strömen im Hörnerv den entsprechenden Regionen im Gehirn, wo die angeborenen und angelesenen Hirnstrukturen die Reize wiedererkennen. Aus den vielfach abstrahierten bioelektrischen Signalen wird die auditive Illusion erzeugt⁷⁵. Dass die im Gehirn in sehr komplexen Vorgängen konstruierte Information menschengespezifisch ist, verdeutlicht die Tatsache, dass die für Tiere hörbaren Schwingungsbereiche sich nicht mit denjenigen für den Menschen decken. Delphine, Wale, Elefanten oder Fledermäuse entnehmen die Informationen auch höheren und tieferen Frequenzen des Mediums.

Wie die anderen Sinne ist auch das Gehör ein Zweiwegsystem⁷⁶, mit dem wir gezielt spezielle Klangstrukturen aus dem Grundton oder allgemeinen Lärm heraushören können: den bestimmten Sprecher auf einer Cocktailparty, den gewünschten Sender bei einem schlecht eingestellten Radioempfänger, ein Instrument aus dem Orchester, die erwarteten Schritte, Glockenschläge oder den Klang bestimmter Materialien. Wir unterdrücken, ignorieren gewisse Laute oder regen uns über sie auf, während andere angenehme Assoziationen und Erinnerungen wecken. Jemandem kann der laufende Motor eines Ferraris das Herz hochschlagen lassen, während ihm eine Stradivari-Geige nichts sagt, für einen anderen macht ein Ferrari Lärm wie alle Autos, eine Stradivarius hingegen versetzt ihn in den siebten Himmel. Disco- oder Flughafenschalldruck kann die Hörorgane schädigen.

Durch die zunehmend anwesende Technologie und den Energieverbrauch wird die Stille, die Ruhe, seltener, die Desensibilisierung des Hörgefühls als passive Schutzmassnahme schreitet fort, die elementaren akustischen Erlebnisse werden ersetzt durch Lautsprecher, Klangverstärker und Kopfhörer. Im allgemein erhöhten Schallpegel gehen die möglichen klanglichen Erlebnisse eines Bauwerkes unter: Die verschieden langen Nachhallzeiten, welche Auskunft über die Grösse der Räume, deren Gliederung und Materialien – keramische Platten, Verputz, Holztäfer, Textilien, offene oder geschlossene Fenster – geben, die verschiedenen hörbaren Eigenschaften der Räume verlieren ihren Erlebniswert. Die Waldruhe wird stärker

⁷⁴ G. Oster: Auditory Beats in the Brain, in Scientific American, Vol. 229, Nr. 4, Okt. 1973, S. 94 ff

⁷⁵ Murray Schafer. Klang und Krach, Eine Kulturgeschichte des Hörens, Frankfurt a. M. 1988, S. 202

⁷⁶ J. J. Gibson: op. cit., S. 105 ff

wahrgenommen, wenn wir soeben aus einem lärmigen Bereich kommen – in der Stille wird die fliegende Biene zum Ereignis.

Die Baumaterialien wirken mit ihrem spezifischen Klang nicht nur als Bestandteile der Umgebung, sondern auch wenn sie verarbeitet, eingebaut, entfernt werden. Wir merken bei jeder Neubau-, Reparatur- oder Erhaltungsarbeit, ob ein Steinmetz, Zimmermann oder Schreiner, Schmied oder Spengler, Gipser, Gärtner oder eine Putzequipe an der Arbeit ist.

2.3.3.3 Gesamtwirkung der Konsistenz

Das durch Bindekräfte bedingte Verhalten von Materialien wirkt sich auf Menschen direkt und indirekt aus, ob sie sich dessen bewusst sind oder nicht⁷⁷. Aufgrund der unmittelbaren Erfahrung der Festigkeit, Elastizität, Plastizität erkennen wir – da bei den ersten Kontakten auch die Augen, die Ohren und das Gedächtnis beteiligt waren (ein Kind begnügt sich nicht mit dem Anschauen des Gegenstandes, es muss ihn betasten, fühlen, schlecken) – später, jedenfalls mit dem Risiko der Täuschung, die Eigenschaften auch nur mit den redundanten Sinnen. Das Abtasten der Umgebung wird überflüssig, wir sehen die feste Wand, wir hören die Reflexion des Schalls von ihr; wir haben uns über ein Material erkundigt, indem wir es betastet, angeklopft, gerüttelt haben, nun kennen wir die Härte des Steines, des Holzes, die Weichheit des Schwammes, der Wolle, der Seide, des Leders, den Widerstand der Luft. Wir wissen, dass wir durch die Öffnung in der Wand und nicht durch die Wand selbst gehen können, dass wir die Äste, aber nicht den Baumstamm auf die Seite schieben können, dass wir nicht ohne weiteres auf dem Wasser stehen können, dass sich hinter einem weichen Vorhang eine zerbrechliche Glasscheibe oder eine feste Wand befindet⁷⁸.

Die Zusammensetzungen von Vibrationen, die in jedem Punkt der Welt und zu jeder Zeit anders sind, rangieren von belästigenden Erschütterungen⁷⁹ und schädigendem Lärm über die Informationsvermittlung bis zu raffiniertesten und komplexesten Schwingungen der Musik und Sprache. Wir empfinden die wohltuende Ruhe im Wald oder in den Bergen nicht nur, weil wir den Lärm nicht mehr hören, sondern weil sich die Vibrationen der Grossstadt nicht mehr auf den ganzen Körper übertragen.

Die Konsistenz von Umweltstoffen (Festkörper, Flüssigkeiten und Gase) bestimmt den Bewegungsraum und den anatomischen Aufbau der Lebewesen, die in enger Wechselwirkung

⁷⁷ J. J. Gibson: op. cit., S. 131-173

⁷⁸ ibid., S. 54-85

⁷⁹ Jeder Laut ist auch Schwingung und wirkt somit auf den ganzen Körper. Internsiver Lärm kann Kopfschmerzen, Übelkeit, sexuelle Impotenz und verringertes Sehvermögen verursachen. Der Klang eines Raumes wirkt auf das vegetative Nervensystem; weitgehend der bewussten Kontrolle entzogen, werden Herz, Atemfrequenz, Blutdruck samt der psychosomatischen Implikationen beeinflusst.

Vgl. auch: Hören durch die Haut, Forschung im Institut für Fernmeldetechnik ETHZ, Forschungs- und Innovationsausstellung 1982, S. 58

mit den Umweltbedingungen entstanden sind und die sie widerspiegeln. Sie wirkt auf Menschen, indem sie die Gestalt von Artefakten – von kleinsten Gegenständen bis zu den grössten Bauwerken – bedingt; sie vermittelt die Information über die Gestalt der Welt und das Geschehen in ihr. Das spezifische Gemisch aller Erscheinungsformen der Konsistenz – der Festigkeit, der Fluidität und der Schwingungen – erzeugt in der Orchestrierung mit der Bewegung, der Schwerkraft, der Wärme, den chemischen Wirkungen und den Strahlungen die Einmaligkeit des Ensembles und reichhaltige Wahrnehmungen. Diese können leicht zerstört werden: Wer die Fahrt entlang einer Mittelmeerküste im kleinen, offenen Schiff erlebt hat und plötzlich in einem klimatisierten, musikberieselten Tragflügelboot an den Buchten und Inseln vorbeirast, fühlt sich der Wellenbewegungen, Wassergeräusche, Windböen – alles Phänomene, die man auf die Konsistenz zurckführen kann – beraubt. Die Berggipfel und Gletscher sind im Hubschrauber-, Automobil- und Seilbahnlärm nicht mehr dieselben, aber auch Manhattan wäre ohne ständigen Donner nur ein Torso.

2.3.4 UMGANG MIT DER KONSISTENZ

Die biologische und die kulturelle Evolution sind eng mit der Konsistenz der Materialien verknüpft: Die Gestalt und Festigkeit der Pflanzen, Tiere – Insekten, Fische, Vögel, Primaten – und Menschen wie auch deren Bauwerke – Spinnennetze, Ameisenhaufen, Vogelnester, Häuser – sind im Einklang mit den Eigenschaften der Stoffe ihrer Umwelt entstanden. Die Menschen haben ihre Kulturen aufgrund eines tieferen Einblickes in den Aufbau und die Konsistenz der Materie und eines komplexeren Umganges mit ihr entwickelt.

2.3.4.1 Gesteine

Gesteine werden aufgrund verschiedener Qualitäten und Eigenschaften auf mannigfaltige Weisen verwendet. In der Steinzeit nutzten Menschen die Steine selbst als Werkzeuge für die Bearbeitung von weicheren Stoffen wie zum Beispiel Holz und Tierhaut. In allen Zeiten wurden Konglomerate, Sand- und Tuffsteine ausgehöhlt und darin Behausungen, Vorratskammern, später Tempel eingerichtet⁸⁰. Mit Sandsteinblöcken wurden ägyptische Sakralstätten gebaut, ihre Weichheit erlaubte mit relativ wenig Aufwand das Gestalten von gerundeten Säulen und Basen, lotusförmigen Kapitellen, profilierten Architraven, das Einritzen von Zeichnungen und Reliefs. Die Sandsteine werden bis heute für plastisch geformte Bauteile verwendet. Mit ihrer geringen Dichte geht meistens die Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und atmosphärische Einwirkungen einher. Im klimatisch abwechslungsreichen Europa sind Bauwerke aus exponierten porösen Steinen nach kürzerer Lebensdauer als in trockenen Gegenden vom Verfall durch Erosion bedroht.

Für Dauerhaftigkeit hat man härtere Gesteine wie Marmor, Porphyre und Granite gewählt. Das Formen von verschieden harten Steinen ist durch die vorhandene Technologie bedingt: die

⁸⁰ z. B. Abu Simbel in Ägypten, ca. 1250 vor Chr., Karli in Indien, 1. Jh. nach Chr., Häuser in Matera, Italien (vgl. Leonardo Benevolo, Corso di disegno 1, S. 148, Roma-Bari 1974)

Ägypter brachen mit Durchnässung des Holzes Marmorblöcke und ganze Obelisken aus dem Fels, polierten die beim Brechen und Spalten entstandenen rauhen Oberflächen, verkleideten die Pyramiden, fertigten Skulpturen an; die antiken Bauwerke zeugen von bis heute kaum übertroffenem handwerklichem Geschick und der Erfahrung der Steinmetze. Mit harten Gesteinen wurden Fassaden belegt, Strassen und Plätze gepflästert. Auch die relativ festen Gesteine erfahren durch mechanische Einwirkung Spuren, die als Zeugen der vergangenen Zeit wahrgenommen werden können. In manch einer Mittelmeerstadt stehen und schreiten wir auf einer altrömischen, geglätteten, abgerundeten, ausgetretenen Strassenpflasterung⁸¹, in Pompeji sind die Fahrspuren der Wagen sichtbar. Die Abnützungen von Böden, Stufen, Schwellen, Ecken, Kanten und Profilen sind unersetzliche Zeichen der Geschichte. Wenig erfreuliche Spuren hinterlassen chemische Einwirkungen: Artefakte wie zum Beispiel der Marmorthron der Priester und Archonten im Dionysos-Theater von Athen (4. Jh. v. Ch.), den man bis vor wenigen Jahren in situ erleben konnte, musste in das vor Atmosphärien schützende Museum versetzt werden.

Die Konsistenz der harten Gesteine lässt sie besonders geschichtsträchtig sein. Die Gestaltung erfordert wohl bei der Erstellung grossen menschlichen und energetischen Einsatz, wie zum Beispiel der Bau von Pyramiden. Die Steine wurden aber wieder abgebaut, für die Moscheen und Gräber verwendet oder in Museen der ganzen Welt transportiert, wo sie die Besucher die Vergangenheit nachempfinden lassen. Ein anderes Beispiel ist die Universitätsbibliothek in Ljubljana: Josef Plecnik hat die auf der Baustelle vorgefundenen Steine aus der antiken Emona in die Fassade des Neubaus integriert, und sie zeugen heute von der Geschichte des Ortes und der Kontinuität der Kultur.

Wegen ihrer hohen Druckfestigkeit eignen sich Gesteine für den Bau von Stützen, Trag-, Stütz- und Schutzmauern – von aufeinandergelegten rohen Stücken⁸² bis zu präzise ineinander eingepassten Blöcken⁸³, von Bögen bis zu Kuppeln; davon zeugen mykenische Kuppelgräber, die altrömischen Viadukte, Thermen, die gotischen Kathedralen und so weiter. Auf Zug sind Gesteine weniger belastbar; die Abstände der vertikalen Steine in Stonehenge, die dichte Säulenordnung in ägyptischen oder auch klassischen griechischen Tempeln sind durch geringe Spannweiten der Architrave bestimmt.

Die Elastizität der Gesteine wird wegen ihrer geringen Nachgiebigkeit kaum für Bauzwecke angewandt. Die Steine klingen, wenn sie angeschlagen oder betreten werden, und reflektieren den grössten Teil des Luftschalls: die langen Echozeiten in Höhlen und Kathedralen, die „harte“

⁸¹ Ante Suic: Anticki grad na istocnom Jadranu, Zagreb 1976

⁸² Werner Blaser: Der Fels ist mein Heim, Zürich 1976, Bauten in Irland S. 18-52 und Puschlav S. 75-110, Aris Konstantinidis: Elements for Self-Knowledge, Athen 1975, S. 29-37 und

D. Vassiliadis: the cretan house: refuge and lair, Athen 1975, S. 35, 112 ff

⁸³ z. B. Stützmauern in Delphi oder Sacsayhuaman, Cuzco, Peru

Akustik in Badezimmern und steinernen Treppenhäusern oder in ebensolchen engen Gassen der Mittelmeerstädte wirken sich unmittelbar auf die Empfindungen und das Verhalten der Menschen aus.

Plastisch und flüssig sind Gesteine bei sehr hohen Temperaturen – als Lava oder in den Hochöfen – oder zerkleinert und verdünnt: Lava kann von Künstlern geformt, die heiße Schlacke in Modelle gegossen werden. Die Plastizität von Lehm, Ton, Koalin und anderem ermöglicht die Formung von Gebrauchsgegenständen: mesopotamische Schrifttafeln und antike Vasen und Gefäße ebenso wie Geschirr und Objekte aus Fayence, Majolika, Porzellan, aber auch Baumaterialien wie Keramikplatten für Böden und Wände, Dachziegel, massive und perforierte Backsteine. Durch Brennen erhärtete Objekte haben sich über Jahrtausende erhalten, an der Sonne getrocknete Lehmbausteine aus der Zeit der Entstehung der Pyramiden sind fast spurlos verschwunden.

Durch Erosion oder in Steinbrüchen werden Berge abgetragen, Felsen zertrümmert, Kies wird bis zu Staub zermahlen. Diese Vorgänge hinterlassen Spuren. Die Granulate – Splitt, Schotter, Sand, Kies – weisen in Abhängigkeit von innerer Reibung und Kohäsion spezifische Böschungswinkel auf; sie müssen mit Schalungen, Gittersteinen, Verankerungen, Bepflanzungen und ähnlichem zusammengehalten werden. Ungehalten breiten sie sich unter dem Einfluss der Schwerkraft, der Niederschläge, des Windes immer flacher aus. Vermischt mit Wasser und verschiedenen Granulationen verändert sich ihr Verhalten zusätzlich. Die plastischen Gips, Mörtel und Beton passen sich den festeren Beschränkungen wie Modelle und Schalungen an und erhärten zu festen Skulpturen, Wänden, Decken, Tragkonstruktionen. Ihre Rissanfälligkeit beeinträchtigt jedenfalls die anfängliche Festigkeit. Die Konsistenz von Kies, Lehm, Sand, Erde oder Fels ist mitentscheidend für die Gestalt der Bauwerke, der Siedlungen und der Städte: Auf wenig tragendem Grund braucht es Fundamentplatten, Pfähle aus Holz oder Beton, Anker, Stützmauern, und man errichtet relativ niedrige Bauten. Die Konsistenz des Bodens wirkt sich auf die Festigkeit beziehungsweise die Bauschäden der Objekte aus. Mit Aufschüttungen haben viele Städte den Boden gegen die Flüsse, Seen und Meere gewonnen – vom frühen Venedig, dem späteren Limmatquai oder der Bostoner Back Bay⁸⁴ bis zu den Zukunftsstädten Japans. Menschen bauen Siedlungen nicht, wo sie von Lava oder Steinlawinen erreicht werden können.

Ob Granit, Marmor, Alabaster, Schiffer oder Kalk, ob in Blöcken oder in Granulaten – die Konsistenz der Gesteine hat der Menschheit das Erstellen und Erhalten von wertvollsten Artefakten ermöglicht, die ihnen gedient und sie überdauert haben, die uns vielleicht immer noch dienen und Geschichte erzählen.

⁸⁴ Walter Muir Whitehill: Boston, A Topographical History, Cambridge, Mass. 1968, S. 73-173

2.3.4.2 Metalle

Metalle werden nicht wie Gesteine oder Holz als gebrauchsfertige Materialien in der Natur vorgefunden, sie müssen meist hergestellt werden. Somit haben sie erst spät – seit dem Bronzezeitalter – massgebend auf die Entwicklung der Kultur Einfluss genommen. Aufgrund ihrer Konsistenz – der hohen Festigkeit, Plastizität und Elastizität – wurden sie zuerst für kleine Werkzeug- und Waffenteile, Gebrauchsgegenstände und Schmuck verwendet, ermöglichten später in Verbindung mit Holz und Steinen grössere Bauwerke, bis sie im Maschinenzeitalter zum Bau von riesigen Hallen, Brücken, Bahnen, Türmen und in den letzten Jahrzehnten – vor allem wegen ihren elektrischen, aber auch plastischen und elastischen Eigenschaften – zur Vernetzung der Weltgeführt haben.

– *Eisen und Stahl*

werden dort verwendet, wo hohe Festigkeit und Elastizität gefordert sind. Anfänglich als Gusseisen⁸⁵, später in Form von massiven und hohlen Profilen, Seilen, Drähten, Netzen und Blechen beschleunigten sie nicht nur die industrielle Revolution, den Bau von Maschinen und Motoren, Bahnen und Transportmitteln, die die Städte und Landschaften veränderten – die eisernen Bauwerke brachten viel Neues in die unmittelbare Wahrnehmung des Raumes, der Bewegung, der Arbeit und Erholung⁸⁶, sie erzeugten neue Sinnesempfindungen überhaupt. Grössere Spannweiten und Bauhöhen, hängende Dächer und Brücken, dünnere Stützen und Möbel, Balkon- und Treppengeländer, Fenster- und Türprofile, klingende Saiten, Hämmer und Werkzeuge, Beschläge und Verstärkungen – das Giessen, das Schmieden und das Wälzen haben neue Gefühle und neues architektonisches Denken hervorgebracht. Mit Eisen wurden nicht mehr nur hölzerne Räder, Wagen, Türen und Tore beschlagen, sondern ganze Fahrzeuge und Schiffe samt dem Motor hergestellt, nicht nur Steinblöcke mit Klammern zusammengehalten, sondern reine Stahlkonstruktionen gegossen, geschweisst und geschraubt. Die Gefährdung der Eigenschaften von Eisen und Stahl durch die thermischen und chemischen Einflüsse⁸⁷ erfordert Schutzmassnahmen.

– *Buntmetalle*

finden ihren verschiedenen Festigkeiten, Härten, ihrer Plastizität und Elastizität entsprechende Anwendungen: Blei – kalt leicht formbar – für anspruchsvolle Bedachungen, Anschlüsse, Abwasserröhren, Fassaden, mit flüssigem Blei werden Stein-Eisen-Verbindungen ausgegossen; Kupfer wird für Abdeckungen, Rinnen, Röhren, Behälter, Drähte und Kupferstichplatten gebraucht; Bronze für Profile, Bleche und Beschläge von Fassaden, Möbel und Gebrauchsgegenstände; Gold für Beschichtungen von Kuppeln, Wasserhahnen, Behälter, Fenstergläser, Bilderrahmen; Aluminium für Fenster- und Fassadenprofile sowie Verkleidungen, Möbel und so weiter. Die Buntmetalle haben seit dem Bronzezeitalter die

⁸⁵ Sigfried Giedion: Space, Time and Architecture, op. cit.

⁸⁶ Sigfried Giedion: Die Herrschaft der Mechanisierung, Oxford 1984 und Frankfurt a. M. 1982

⁸⁷ Vgl. Chemische Wirkungen

Zivilisation begleitet. Wo sie unterhalten und gepflegt wurden, haben sie wertvolle Geschichten überbracht.

– *Legierungen*

erweitern die Eigenschaften von reinen Metallen. Stühle werden durch Zusätze wie Nickel oder Titan härter, rostfrei und damit dauerhafter, Aluminium wird härter und elastischer, Messing – Legierungen aus verschiedenen Anteilen von Kupfer und Zink – eignet sich für Beschläge, Griffe, Handläufe, Blasinstrumente.

– *Kombinationen*

von Metallen mit anderen Materialien – Gesteinen, Tonprodukten, Hölzern, Glas – vermengen die Anwendungsmöglichkeiten dieser Stoffe. Stahl, einbetoniert oder verschraubt und verleimt mit Natursteinen, lässt Konstruktionen zu, die aus reinem Beton oder Stein nicht möglich wären. Tragkonstruktionen aus Beton müssen armiert werden, Holzfachträger erfordern Verstärkungen in den Knoten und Auflagern; hölzerne Türen, Tore und Fenster brauchen Scharniere, Schlösser, Nägel. Verglasungen, seien sie in Form von Glaskuppeln, Fenstern oder Drahtgitterglas, erfordern ein Traggerippe. Die härteren Bauteile können mit weicheren Metallen – dem Blei, dem Kupfer – zu grösseren Gebilden wie Dächer mit Firsten, Rinnen, Türmchen oder zu farbigen Fenstern zusammengefügt werden.

2.3.4.3 Organische Baustoffe

Die Konsistenz pflanzlicher und tierischer Produkte macht diese als Baumaterialien wie auch als Objekte für die unmittelbare Berührung verwendbar. Die organischen Substanzen sind eher den Veränderungen unterworfen und wandeln sich mit der Zeit stärker als die anorganischen.

– *Hölzer*

werden durch die Anisotropie – die verschiedenen Festigkeitseigenschaften in verschiedenen Richtungen – gekennzeichnet. Die beste Tragfähigkeit weisen sie in der Richtung der Faser auf. Die Stämme und Äste werden gespalten und gezimmert, um Deckenbalken, Sparren und ähnliches zu erhalten. Die krummen Bäume wurden bereits im Wald ausgesucht, Krümmlinge wurden gezüchtet. Die gebogenen Konsolen und andere Bauteile, Schiffsrrippen, Möbel und Werkzeuge, Schlitten und Wagen illustrieren anschaulich den geringen Materialaufwand (Gewicht) durch die Nutzung der Faserung. Die geraden gespaltenen Hölzer bilden Aussen- und Innenwände, Decken und Dachstühle, Schindeldächer und Wasserrinnen, Holznägel, Getreideharfen⁸⁸, Tische und Bänke. Aus feinen Ästen können Wände, Zäune, Möbel, Körbe geflochten werden. Die hohe Elastizität des gespaltenen Holzes lässt die allerfeinsten

⁸⁸ Marjan Music: The Architecture of the Slovene „kozolec“, Ljubljana 1970,
K. Sottriffer: Die verlorene Einheit, Haus und Landschaft zwischen Alpen und Adria, Stuttgart 1978,
Jaka Cop und Tone Cevc: Slovene Hay-Rack, Zirovnica 1993,
Tone Cevc u. a.: Kmecke hise v Karavankah, Ljubljana 1988

Musikinstrumente klingen und die Bögen federn. Die Anisotropie bewirkt verschiedenes Dehnen und Schwinden – es entstehen Risse, Spalten, Eindrücke und ähnliches.

Die Hölzer können auch weniger „organisch“ zerlegt werden: Gesägt zu Brettern, gemessert zu Furnier, gehobelt zu Spänen, gemahlen zu Brei können sie in Schichten zu Span- oder Tischlerplatten und Trägern verleimt, mit Zement oder Kunststoff vermischt zu Holzwolle- oder Holzfaserplatten zusammengeklebt werden⁸⁹. Schränke und Tische, Türen und Türchen krümmen und dehnen sich nicht mehr, sie sind „perfekt“. Dadurch verschwindet jedoch die mit vielen Sinnen empfindbare Konsistenz, die Objekte sind nicht mehr aus Holz, sondern aus etwas anderem.

Verschiedene Holzarten weisen spezifische Eigenschaften auf. Während Eiche und Buche für Pfähle, Parkette und stark beanspruchte Möbel(teile) verwendet werden, eignet sich Lindenholz für Reissbretter, Tannenholz für wettergeschützte Tragkonstruktionen, weniger belastete Möbel und Böden, Föhre, Arve und Lärche für Täfer, Türen und Fenster. Aus Hanf, Flachs, Kokos, Weidenästen, Schlingpflanzen lassen sich Seile, Stricke, Fäden und Tücher weben, flechten und wickeln und weiter zu Wäsche, Tapezier- und Kleidungsstoffen, Teppichen, Vorhängen und Blachen verarbeiten. Mit Leintüchern und Stricken haben die Römer das Kolosseum überdeckt, Seeleute und Fischer ihre Segelschiffe ausgerüstet, Nomaden Zelte gebaut, Menschen aller Zeiten Sonnenstoren, -schirme und Dächer⁹⁰ gespannt.

Die heterogene Konsistenz des Holzes prägt die Bauwerke und die menschlichen Wahrnehmungen auf Schritt und Tritt: von den Unterwasserpfählen bis zu den Dachhäuten, vom Bett bis zur Fassadenverkleidung, vom rustikalen Swiss Chalet bis zu Bühnenbildern, von norwegischen Kirchbauten über Riegelhäuser bis zu fernöstlichen Tempeln. Vielfach wurden sie nicht nur nach Kriterien gewählt, wie sie sich als Bauteile bewähren, sondern auch, wie sie sich in der Hand verhalten, wie sie sich verarbeiten lassen, welche haptischen Gefühle ihre Konsistenz auslöst.

– *Tierprodukte*

wie Leder und Häute, Pelze, Haare, Gefieder, Hörner, Knochen, Därme, Eier und so weiter waren bis zum Aufkommen des Massenkonsums und der Technik viel gebrauchte Produkte natürlicher Lebensprozesse. Je nach ihrer Festigkeit, Härte, Plastizität und Elastizität wurden sie für den Bau von Zelten und Möbeln, für die Herstellung von Kleidung, Raumausstattung, Polstern, Gebrauchsgegenständen und deren Teilen (zum Beispiel Griffe), Werkzeugen und Waffen, Saiten und Trommeln, Kunstwerken und Schmuckstücken, Bucheinbänden und so

⁸⁹ Vgl. Chemische Wirkungen

⁹⁰ z. B. die Überdachung des Zeichensaales in Taleisin West von F. L. Wright, die später mit Fiberglasplatten ersetzt wurde.

weiter verwendet. Ihre organische Herkunft bewirkt, dass der Mensch sie bei Hautkontakt auf dem Körper als sehr natürlich empfindet.

2.3.4.4 Amorphe Baustoffe

Materialien wie Glas, Harze, Gummi, Asphalt und verschiedene Kunststoffe erweichen und erhärten mit steigender oder fallender Temperatur und weisen in allen Richtungen gleiche Konsistenz auf. Ihre Festigkeit beziehungsweise Viskosität variiert mit der Temperatur. Duroplaste bleiben starr, hart, unschmelzbar und unlösbar.

– *Glas*

ist einer der wenigen Stoffe, die neben der Lichtdurchlässigkeit auch eine relativ hohe Festigkeit aufweisen; es kann in Form von Glasbausteinen für Wände und Böden, als dickere Scheibe selbsttragend für Tischplatten, Türflügel, Sicherheitsverglasungen, Fassadenverkleidungen und Spiegel verwendet werden; dünne Fensterscheiben müssen mit Rahmen, feuerhemmende Glasabschnitte mit Drahtgittern verstärkt werden. Brüchig im kalten Zustand, wird es bei erhöhten Temperaturen viskos, giessbar, wälzbar, aufblasbar und eignet sich für die Herstellung von massiven Gebrauchsgegenständen, Behältern und Schmuck. Seine Konsistenz macht Glas geeignet, mit seiner primären Eigenschaft als Lichtmodulator für Bauzwecke genutzt zu werden, obwohl im täglichen Umgang seine Brüchigkeit andere Aufmerksamkeit als Holz oder Metall erfordert.

– *Gummiartige Stoffe*

werden ihrer Elastizität wegen als Stoss-, Schall- und Vibrationsdämpfer bei Türen, Fenstern und Motoren, als elastische Verbindungen in Baudilatationen und Fugen oder als Bodenbeläge verwendet. Sei es auf natürlicher, sei es künstlicher Basis – ihre Konsistenz wird für akustische Zwecke eingesetzt.

– *Kunststoffe*

verschiedener chemischer Provenienzen werden als Anstriche, plastische Beschichtungen oder selbsttragende Gebrauchsgegenstände, Gefässe und Gehäuse genutzt, neue Schaum-, Werk- und Klebstoffe, Kite und Harze können als besonders weiche oder besonders harte Baumaterialien und Werkzeuge verwendet werden. Sie können Eigenschaften von Metallen und Hölzern in sich vereinen und neuartige Konstruktionen ermöglichen.

2.3.4.5 Flüssigkeiten

Als fliessende Stoffe sind in der Umwelt vor allem Wasser und Öle vorhanden. Während das Wasser bei bestimmten Temperaturen einfriert oder verdampft, verändern Öle ihre Viskosität.

– Erdöl

Erdöllager werden in tieferen Erdschichten von Bohrtürmen und Bohrinnseln aus angebohrt, das Öl wird gefördert, in Pipelines quer durch die Landschaften geführt oder per Tankschiffe, Tankwagen auf der Schiene und in Zisternen auf der Strasse transportiert, in unterirdischen Tanks gelagert, nach dem Raffinieren durch hausinterne Leitungen den Brennern zugeführt. Die Handhabung erfordert bauliche Sicherheitsmassnahmen, Unfälle sind nicht ausgeschlossen. Mit Öl wird der hydraulische Druck verteilt (vgl. 2.2.4.6), Ölpumpen und -schläuche sind Bestandteile der Baumaschinen, der Riesenkrane, der hydraulischen Aufzüge, deren Maschinenräume nicht unmittelbar über dem Schacht sein müssen; Bauteile wie Hebebühnen, aber auch die Kinoleinwand am Zürichsee oder die Abschlüsse des Bahnhofes Stadelhofen oder die Bühnen grösserer Theater- und Konzerthäuser werden mit hydraulischen Pumpen bewegt. Die Konsistenz von Öl wird für Bewegung und gegen Schwerkraft gebraucht, quietschende Bauteile werden geölt. Es ist die Konsistenz des Stoffes, die die baulichen Einrichtungen und die sinnlichen Empfindungen anders als die festen Konstruktionen prägt.

– Wasser

leistet – wie andere flüssige Stoffe – bei Bewegung mit steigender Geschwindigkeit wachsenden Widerstand, es wirkt „fester“. Alle Wasserbauten – Brückenpfeiler, Quaianlagen – müssen seiner Konsistenz bei verschiedenen Geschwindigkeiten entsprechen. Auch bei langsamer Bewegung müssen Dächer, Strassen, Plätze und Kanalisationen genügend Gefälle aufweisen; was nicht abfliesst, kann einfrieren. Die Konsistenz von Eis und Schnee variiert; diese werden mit Halterungen auf den Dächern oder mit Lavinenverbauungen auf den Hängen gehalten und müssen von ungedeckten Verkehrsflächen geräumt werden.

Das Wasser wird in Brunnen und Zisternen gesammelt, herausgepumpt oder eimerweise von Hand geschöpft, zu hochliegenden Reservoirs (Wassertürmen, Bergreservoirs) gedrückt, in Röhren zu Mühlerädern, Kraftwerktrubinen oder in die obersten Geschosse von Hochhäusern geführt und nach dem Gebrauch zu Sickerstellen, Faulgruben, Kläranlagen, Flüssen und Meeren geleitet. Das fliessende Wasser füllt Badewannen und Töpfe⁹¹, überträgt Wärme vom Heizkessel zum Heizkörper und belebt mit vielfältigen, natürlichen und künstlichen Brunnen, Springbrunnen, Wasserfällen und -spiegeln die Häuser, Städte und Landschaften. Aquädukte, Kanäle, Bewässerungsanlagen, Hausinstallationen, Meliorationen und ähnliches reichen bis ins vorchristliche Zeitalter zurück und zeugen vom Lebensstandard der jeweiligen Zivilisation⁹². Ein Vergleich der Stadtansichten zwischen Zürichberg und dem See vor hundert Jahren und heute veranschaulicht deutlich die Wirkung von fliessendem Wasser in offenen Bächen oder geschlossenen unterirdischen Kanälen. Das Wasser verhindert Transporte auf dem Landweg und macht Brücken und Stege erforderlich; mit Flössen, Fähren, Fluss-, Seebooten und -

⁹¹ Sigfried Giedion: Die Herrschaft der Mechanisierung, op. cit., S. 679-765

⁹² Alain Corbin: Pesthauch und Blütenduft, Berlin 1984

schiffen, alle nach den Gesetzen der Hydrodynamik und -statik gebaut, wurden und werden jedoch Menschen, Tiere und Waren auf Flüssen und Seen transportiert; per Schiff wurden Kontinente entdeckt und Länder erforscht.

Die Konsistenz der Flüssigkeiten lässt die beiden Schwingungsarten – die transversalen (quer zur Richtung der Ausbreitung) und die longitudinalen (in der Richtung der Ausbreitung) – stark in Erscheinung treten. Die erstgenannten Wellen bestimmen entscheidend die Gestalt von Ufern und Küsten wie auch die baulichen Reaktionen und das Verhalten der Menschen.

In transversalen Wellen schwingen die Wasserteilchen senkrecht, wobei sich die Wellen sinuskurvenförmig horizontal ausbreiten, bis sie sich an der flachen Küste überwerfen⁹³ oder an den steilen Felsen und Quaianlagen zerschlagen. Menschen haben sich meistens in geschützten Buchten angesiedelt; die Gestalt der Häfen mit Wellenbrechern, Festungsmauern, Bollwerken und Anlegeplätzen, steinernen und eisernen Anlegepfosten, Ringen, Ketten, Ankern, Stegen wie auch die Formen von allerlei Schwimmobjekten im Äusseren und Inneren (Bodengefälle, hohe Türschwelen und so weiter) sind durch den Wellengang der Gewässer bedingt. Wie bei anderen Sinneswahrnehmungen werden uns die vertikalen Schwingungen des Wassers am stärksten beim Besteigen oder Verlassen eines Schwimmobjektes bewusst. In Venedig machen wir diese Erfahrung mehrmals pro Tag, auch beim Betreten des schwimmenden „Welttheaters“ von Aldo Rossi⁹⁴, wie es sie während des Karnevals im 18. Jahrhundert in grosser Zahl gab. Die Wasserwellen machen beim Baden Vergnügen und wirken anregend; sie werden in Schwimmbassins mit Wellenmaschinen wie denjenigen im Zürcher Dolder aus dem Jahre 1934 erzeugt. Nebst der Bewegung im Wasser ist es sein Widerstand, der beim Springen von Springtürmen oder Rutschbahnen die haptischen Empfindungen mitbeeinflusst.

Die longitudinalen Wellen breiten sich im Wasser mit Frequenzen von 0.006 Hz (Perioden von drei Minuten, Wellenlängen über 60 km⁹⁵ bei einer Unterwasserexplosion) und schneller aus; diejenigen von 150 kHz werden von Delphinen gehört. Die Schallwellen im Wasser lassen uns entfernte Schiffe hören, deren Geräusche uns durch die Luft nicht erreichen. Dadurch wird die besondere akustische Situation an den Seeufern geprägt.

Die meisten Bewegungen des Wassers werden selbst in hörbare Geräusche umgesetzt: Die Wellen lassen uns an der Küste selten Ruhe erleben, ein Bach, ein Wasserfall (zum Beispiel unter dem Kaufmann-Haus von F. L. Wright in Connellsville) oder die verschiedenartigsten Brunnen und Springbrunnen (zum Beispiel in Rom, im Salk Institute oder im Kimbell Art Museum von L. Kahn) beleben die akustische Kulisse der Innen- und Aussenräume. Das Rauschen der Regentropfen, die auf eine Fensterbank aus Blech oder Stein, ein Ziegeldach, auf

⁹³ David K. Lynch: Tidal Bores, in Scientific American, Vol. 247, Nr. 4, New York Okt. 1982, S. 134 ff

⁹⁴ Gianni Braghieri: Aldo Rossi, Zürich 1983, S. 188 ff

⁹⁵ Tihomil Jelakovic: Zvuk, sluh, arhitektonska akustika, Zagreb 1978, S. 4-6

Bäume oder Asphalt schlagen, nuanciert ebenfalls die Klangkulisse der Räume. Es ist die Konsistenz des Wassers, die es erscheinen, in Form von Tropfen, Spiegeln, Schnee und Eis bleiben und verschwinden lässt und die visuellen, akustischen und haptischen Sinne anspricht.

2.3.4.6 Gase

Das auf der Konsistenz gründende Verhalten der Gase – ihr Fliessen und ihre Trägheit, ihre Dichte, Expansion und Kompression – ermöglicht, dass sie in Kanälen geführt und in Behältern komprimiert gelagert werden können. Die Luft tritt als Masse auf, durch die wir uns bewegen und die sich um uns herum und durch die Bauwerke bewegt, und sie schwingt und überträgt die Vibrationen auf den Leib; diese werden insbesondere in den Ohren gefühlt.

– *Das Fliessen der Luft*

Beim Öffnen und Schliessen der Tür spüren wir einen zusätzlichen Widerstand; dieser variiert je nachdem, ob der Raum gross oder klein ist, die Fenster offen oder geschlossen sind, ein Wind drückt. Der Widerstand der fliessenden Luft begleitet uns bei jeder Bewegung; wir schenken ihm meistens keine Aufmerksamkeit, aber er nuanciert das integrierte Geschehen der Massen der Umgebung und der eigenen Körperteile. Die Luft fliesst vom Ort des grösseren zum Ort des kleineren Druckes. Der Winddruck, die bewegten festen Körper, die Ventilatoren bewirken eine freie oder geführte Strömung der Luft in Bauwerken – in Wohnungen, Küchen, sanitären Anlagen, Arbeitsräumen, öffentlichen Gebäuden. Erdgas und Sauerstoff werden durch Pipelines, Röhren und Schläuche; Rauch, Abgase, Zu- und Abluft werden durch Kamine und Kanäle geführt; Sitzmöbel, Luftmatratzen, Reifen, Ballons werden aufgeblasen; ganze Sporthallen werden von der Luft getragen.

– *Schwingungen*

Die Luft umschliesst uns auf der ganzen Oberfläche bis in die Ohren und die Lunge; deshalb sind ihre Schwingungen von extremer Bedeutung: Sie stammen von der nichtbelebten Materie, von Tieren oder Menschen, treffen auf die Sinneszellen und sind somit wichtige Träger von Information. Sie werden von Räumen und Materialien moduliert, begleiten alle übrigen Wahrnehmungen, werden absichtlich genutzt, erzeugt und manipuliert. In Hypogeum auf Malta befindet sich eine in der Jungsteinzeit bewohnte Höhle, wo ein Raum einem Schrein oder einer Orakelkammer ähnelt und bemerkenswerte akustische Eigenschaften besitzt⁹⁶. In einer Wand öffnet sich in Augenhöhe ein ziemlich grosser Hohlraum mit einer Resonanzfrequenz von etwa 90 Hz. Wenn dort ein Mann mit tiefer Stimme spricht, werden die Niederfrequenzkomponenten seiner Rede beträchtlich verstärkt, und ein tiefklingender Ton erfüllt nicht nur die Orakelkammer, sondern auch die umliegenden Räume mit einem ehrfurchtgebietenden Klang. In der ganzen Baugeschichte bemühten sich die Erbauer von sakralen Stätten, solche

⁹⁶ Murray Schafer: op. cit., S. 264

akustischen Besonderheiten zu erzeugen; denn Widerhall und Echo besitzen einen mystischen Symbolgehalt und verleihen den Klängen die Illusion der Dauerhaftigkeit, indem sie die aufeinanderfolgenden Töne einer Melodie in harmonische Akkorde umwandeln.

Vitruv diskutiert im fünften Buch, fünftes Kapitel⁹⁷ den Gebrauch von tönenden Vasen in Theatern, mit denen die Laute verstärkt wurden. Sie scheinen in den folgenden Jahrhunderten in Europa und Asien weit verbreitet gewesen zu sein, wurden zum Beispiel in Shah Abbas Moschee in Isfahan aufgestellt und sind in den Wänden von skandinavischen, russischen und französischen Kirchen gefunden worden. Nach Schafer scheinen die Baumeister der europäischen Kirchen das Prinzip nicht völlig verstanden zu haben, denn die tönenden Vasen sind dort nicht in ausreichender Zahl vorhanden. Die Entdeckung von insgesamt 57 kleinen Echokammern (Durchmesser 14 cm, Höhe 18 cm) in der kleinen Abteikirche aus dem 15. Jahrhundert in Pleterje (Slowenien)⁹⁸ beweist das Gegenteil: sie erzeugen eine merkliche Echoverlängerung.

Die steinernen Wände, Bögen und Böden romanischer und gotischer Kathedralen mit über sechs Sekunden dauerndem Hall vermitteln den Eindruck, als kämen die Stimmen der singenden Mönche nicht von einer Stelle, sondern füllten den Kirchenraum; sie machen die Gläubigen zu einem Teil der Klangwelt und verstärken die Bindung zwischen dem einzelnen und der Gemeinde⁹⁹. Die Modulationsgeschwindigkeit der Kirchenmusik aus der Zeit der Gotik und Renaissance ist langsamer im Vergleich zu derjenigen des 19. und 20. Jahrhunderts, weil die neuere Musik für kleinere Räume und Rundfunkstudios komponiert worden ist. Die Einführung von Lautsprechern in Kirchen beweist nicht deren akustische Mängel, sondern vielmehr die nachlassende Geduld, die Gewöhnung der Zuhörer an schnellere Tempi¹⁰⁰. Die kammermusikalischen Aufführungen in privaten Salons der Barockzeit boten neue akustische Möglichkeiten, die Öffnung für ein breiteres Publikum erforderte jedoch bald grössere Säle, denen längere Nachhallzeiten innewohnten und die sich eher für grosse Sinfonieorchester eigneten. Während Haydn seine Musik gezielt für die Räume, in denen sie gespielt wurde, komponierte¹⁰¹ und man im 19. und 20. Jahrhundert mit schuhschachtel- und hufeisenförmigen Sälen und Nachhallzeiten zwischen 1,5 und 2,2 Sekunden die passende Raumform für verschiedene Besetzungen suchte, können heute die entsprechenden Bedingungen für jegliche Musik mittels technischer Einrichtungen (absenkbare Decken, drehbare Wandelemente, Echokammern) erreicht werden. Die Architektur beeinflusst die Musik¹⁰².

⁹⁷ Vitruv, op. cit., S. 221 ff

⁹⁸ Marijan Zadnikar. Srednjeveska arhitektura Kartuzijanov, Ljubljana 1972, S. 354-355

⁹⁹ K. Blaukopf: Problems of Architectural Acoustics in Musical Sociology, in Gravesaner Blätter 1960, Vol. V, Nr. 19/20, S. 180

¹⁰⁰ Murray Schafer, op. cit., S. 266

¹⁰¹ Jürgen Meyer: Gedanken zu originalen Konzertsälen Joseph Haydns, in Musik und Raum, Basel 1986, S. 27 ff

¹⁰² Michael Forsyth: Architecture et Musique, Liege 1987

Die Gesetzmässigkeiten der Proportionen der Luftschwingungen wurden auch in der Architektur angewandt¹⁰³. Das altgriechische Denken in Proportionen, das in den periodischen Bewegungen der Planeten und den Schwingungen der Saiten ihren Ursprung hatte, prägte die Gestalt der Bauten seit der Antike und kam in Le Corbusiers Modulor nochmals zum Ausdruck. „Harmonie nenne ich einen den Ohren angenehmen Zusammenklang“, bemerkt Alberti¹⁰⁴. Die Musik beeinflusst die Architektur.

„In einer stillen Welt war die Akustik eines Gebäudes eine Kunst der Schallgestaltung“, schrieb Murray Schafer 1988. „In einer lärmenden Welt dient sie nur noch dazu, die Lautsphäre eines Innenraumes zu dämpfen und den Bau gegen die Angriffe einer turbulenten Umwelt zu isolieren.“¹⁰⁵ Diese besteht aus dem Grundton, in den verschiedene Signal- und Orientierungslaute eingelagert sind¹⁰⁶. Überdeckt der Grundton diese Laute oder werden sie samt dem Grundton abgeschirmt, verändert sich eine wichtige Komponente in der Wahrnehmung der Mitwelt. Die Grundtöne einer Landschaft werden von deren Topographie, deren Klima und deren Fauna bestimmt: von Gesteinen, Wässern und Winden, Wäldern, Insekten, Vögeln und anderen Tieren. Viele dieser Laute können archetypische Bedeutung besitzen; sie haben sich den Menschen so tief eingepägt, dass ein Leben ohne sie als deutliche Verarmung empfunden würde. Sie beeinträchtigen möglicherweise sogar das gesellschaftliche Verhalten oder den Lebensstil der Gemeinschaft. In die Grundtöne einer Stadt eingebettet sind Signallaute wie Glocken, Pfeifen, Hörner, Sirenen und individuellere Zeichen, die uns besagen, dass jemand – wir wissen oft, wer und woher – kommt (der Briefträger zum Beispiel meldet sich auf seine Art), dass das Wasser kocht, der Rechner ausgeschaltet ist und so weiter. Wenn die Bauten wegen des angestiegenen Verkehrslärms mit Dreifachverglasung versehen werden, verunmöglicht dies auch, dass man das Schlagen der Kirchenuhr hört, und gleiches gilt für die vielfach willkommene Wahrnehmung der Ereignisse auf der Strasse. Die durch Abschotten entstandene relative Ruhe lässt andere Laute hervortreten: das Telefongespräch des Mitarbeiters, die Musik des Nachbarn und andere Geschehen. Um solche Störungen zu verhindern, wird zum nächsten technischen Mittel gegriffen: Lautsprecher werden eingebaut, die mit künstlichen Geräuschen den Schallpegel erhöhen¹⁰⁷. Die Stille in einer Wohnung auf dem Land und in der Nacht gestattet uns, in die Ferne zu lauschen, während wir

¹⁰³ Carl Dahlhaus: Musik und Zahl, in Daidalos Nr. 17, gütersloh 1985, S. 18

¹⁰⁴ Leon Battista Alberti: Zehn Bücher über die Baukunst, Wien und Leipzig 1912, Reprint Darmstadt 1975, S. 469

¹⁰⁵ Murray Schafer, op. cit., S. 270

¹⁰⁶ ibid., S. 16-17

¹⁰⁷ In Bürogebäuden werden z. B. ganze Kettenreaktionen ausgelöst: Bei einem offenen, oft auch geschlossenen Fenster kann man, wenn ein Zug, eine Strassenbahn oder ein Flugzeug passiert, nicht mehr telefonieren. Es werden feste Verglasungen eingebaut; diese bedingen Klimatisierung - die Motoren lärmen dann im Keller oder auf dem Dach. Es wird „Haus im Haus“ oder „Haus auf Haus“ errichtet, schwere Betonsockel werden auf Gummi gelagert, das mit der Zeit erhärtet, und bis der hausgemachte Lärm nach Jahren doch durchschlägt, wird die Stille mit künstlicher Geräuscheberieselung bekämpft...

beim hohen Geräuschpegel einer lärmigen Stadt und in musikberieselten Räume keine weitere Umgebung wahrnehmen können und wollen.

Die akustischen Massnahmen im Wohnungsbau (Wohnungen werden gegen den nördlichen Innenhof orientiert, wenn auf der Südseite eine lärmige Strasse verläuft), in den Bürohäusern und Industriebauten, in der Haustechnik, in Wohnquartieren (Strassenbeläge und -führungen, Schallschutzwände an Autobahnen) beeinflussen die Lautsphäre und unser unmittelbares Verhalten: Wir reden in ruhigen Räumen leiser als in lauten oder im Freien, wir hören unseren Umgang mit den Gegenständen, unseren Schritt, vielleicht sogar den Atem und den Herzschlag. Die Schwingungen der Luft, die mit der Raumform und den reflektierenden, absorbierenden und brechenden Materialien beeinflusst werden, bedingen, dass wir in jedem Raum anders reden und (zu)hören, dass wir nicht in jedem Raum alles sagen und hören können¹⁰⁸. Gehen wir durch ein akustisch differenziertes Haus – von der Eingangshalle, durch das Treppenhaus, den Wohnraum bis zum Bade- und Schlafzimmer – erleben wir eine Serie klanglicher Eigenheiten von Räumen. S. E. Rasmussen stellt aber auch fest: „There is no longer any interest in producing rooms with differentiated acoustical effects – they all sound alike. Yet the ordinary human being still enjoys variety, including variety of sound.“¹⁰⁹

In einem Museum *sehen* wir eine Ratsche, eine Kutsche, eine Dampflokomotive, ein Wildschwein, eine Kriegsszene – und haben das Gefühl, diese erlebt zu haben. Unser Erlebnis wäre aber vielleicht ebenso intensiv, wenn wir ein leeres Museum betreten würden, wo nur das Ratschen am Karfreitag, die Geräusche der Kutsche auf städtischem Pflaster oder einer Naturstrasse, der Lärm der Lokomotive (des Eisens, der Kohle, des Dampfes), die Geräusche und Laute des Wildschweines oder Gefechtslärm zu *hören* wären. Und dazwischen die Stille ... auch als Ausstellungsobjekt. Vielleicht wären wir aber von der Authentizität der Geräusche überzeugt, hätte diese ein Geräuschemacher mit seinen vielen Requisiten vorgetäuscht; denn oft ist unsere Vorstellung von wahren Klängen und Lauten verstellt oder wir haben sie gar nie im Original gehört.

2.3.5 FAZIT

Menschen bauen, um sich ihre Lebensqualität vorübergehend oder auf Dauer zu verbessern. Die Baustoffe, die sie verwenden, wirken auf sie selbst bei der Herstellung, Bearbeitung und beim Gebrauch über Jahre, sogar Jahrtausende; die Stoffe wirken auch gegenseitig aufeinander. Alle Wirkungskreise hinterlassen Spuren. Die Konsistenz, basierend auf gegenseitigen Anziehungskräften zwischen Molekülen gleicher und verschiedener Stoffe, bestimmt wesentlich die Wahl und Anwendung von Baumaterialien. In der Wechselwirkung untereinander und mit Werkzeugen erweisen sie sich als relativ fest oder plastisch und zerbrechlich, hart oder weich, steif oder elastisch, formbeständig oder flüssig. Sie verformen, verdrängen, umfliessen sich

¹⁰⁸ Bernhard Leitner und Ulrich Conrads: Der hörbare Raum, in Daidalos 17, Berlin 1985, S. 30-32

¹⁰⁹ Steen Rasmussen: Experiencing Architecture, MIT Press 1962, S. 235

gegenseitig und übertragen Schwingungen, die in jedem Punkt der Welt für diesen prägend zusammengesetzt werden. Die harten und weichen Gesteine bilden als Monolithe oder Granulate Landschaften und Bauwerke von den ewig erscheinenden Pyramiden bis zu filigranen Strukturen gotischer Kathedralen oder Rippengewölben der Sportbauten von Luigi Nervi. Metalle überspannen Täler, verbinden Welten und verstärken Gebilde aus anderen Stoffen – Beton- und Holzkonstruktionen ebenso wie die Gebrauchsgegenstände; Buntmetalle verkleiden Bauwerke und schützen sie vor äusseren Einflüssen. Organische Stoffe pflanzlicher und tierischer Herkunft werden zu tragenden Werken wie auch zu körpernahen Objekten geformt. Das Wasser und die Luft tragen, schlagen, fliessen, füllen, durchdringen und schwingen. Die Anwendung von druck-, zug- und torsionsfesten oder fliessenden Stoffen, die Erstellung von elastischen, erdbebensicheren Skeletten und Foundationen¹¹⁰, das Vorspannen von Tragelementen, das Errichten von Doppelwänden und von Ummantelungen, das Einlegen von weichen Trennschichten, der Einbau von Dreifachverglasungen bestimmen sowohl die Dauerhaftigkeit der Bauwerke als auch den Grundton der Umwelt. Wo plastische Veränderungen auftreten – Decken hängen durch, Böden sinken, Wände reissen –, zeugen die Spuren von vergangenen Geschehen. – Die Festigkeit und Elastizität sind für die Umwelt prägende Eigenschaften.

Ist die Wirkung von Stoffen aufeinander seit langem ein Fachgebiet der Baulehre, bleibt die sinnliche Wahrnehmung der Mitwelt weit weniger systematisch erfasst – und die Erlebnisgesellschaft sucht ihre Anregungen zunehmend in virtuellen Welten. Wir fühlen die Eigenschaften der materiellen Welt mit taktilen und auditiven Sinneszellen und erkunden die Beschaffenheit von Materialien, indem wir sie betasten, drücken, anspannen, beklopfen, anhören. Gesteine, Metalle, Holz, Leder, Kunststoffe, Textilien, Wasser und Luft – sie alle erzeugen Sinnesempfindungen. Ungeachtet dessen, ob wir sie im Augenblick registrieren oder nicht, begleiten sie unsere Gesamtwahrnehmung der Welt. Die Schwingungen informieren uns über Geschehen, die wir weder sehen noch hören, weder riechen noch schmecken können. Verursacht durch Menschen, Tiere, Technik, Verkehr und moduliert durch Materialien, sind sie spezifisch für Zürich oder New York, den Bauernhof oder die Industriehalle, das Stellen des Trinkglases auf Stein oder Holz. Eine Altstadt wird anders, wenn nicht Pferde im Stall, Haustiere und Kutschen, das Hämmern vom Schmied die Lautsphäre prägen, sondern die neueste Unterhaltungsmusik aus den Lautsprechern donnert; eine Wand wird anders, wenn sie nicht wie ein Mauerwerk, sondern wie gestrichenes Sperrholz klingt. Die Konsistenz der materiellen Welt, deren Veränderungen, Sinnesempfindungen und Wahrnehmungen bestimmen im grossen Mass die Qualität des Lebens – des physischen und geistigen, des individuellen und des kollektiven. Die vorliegende Theorie der Gesamtwechselwirkungen ermöglicht, alle Wirkungen eines Materials auf alle menschliche Sinnessysteme zu überprüfen.

¹¹⁰ z. B. das Schulhaus in Skopje, von Alfred Roth. Vgl.: Alfred Roth: Architekt der Kontinuität, Zürich 1985,

2.4 WÄRME

2.4.1 WÄRME ALS MATERIELLES GESCHEHEN

Alle Materie wärmer als $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (absolute Null-Temperatur) beinhaltet Wärmeenergie – kinetische Energie ihrer unregelmässig vibrierenden Partikel. Die thermalen Eigenschaften sind von Material zu Material verschieden, die Energie fliesst, erzeugt Strahlung und ist für jede Gruppierung spezifisch.

– *Wärmekapazität,*

die Wärmemenge pro Temperatureinheit, variiert von Stoff zu Stoff beträchtlich. Die Artwärme (spezifische Wärme), die Wärmekapazität pro Masseneinheit, ist eine Materialkonstante, die bei bleibendem Druck oder bleibendem Volumen jedem Material eigen ist; die Differenz ist bei festen und flüssigen Körpern sehr klein, bei Gasen hingegen gross. Die Artwärme bei $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ beträgt zum Beispiel für Blei 0,13, für Eisen 0,452, für Aluminium 0,896 und für Wasser 4,183 kJ/kgK.

– *Wärmeleitung,*

das Übertragen der kinetischen Energie zwischen Partikeln fester oder unbewegter flüssiger und gasförmiger Stoffe – die schneller vibrierenden Moleküle an wärmeren Orten beschleunigen durch Stösse die benachbarten – ist ebenfalls materialspezifisch. Die Wärmeleitfähigkeit beträgt bei $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ für ruhende Luft 0,026, für Wasser 0,23, Holz um 0,1, Glas und Mauerwerk um 1,0, Eisen 59, Aluminium 238 und Kupfer 398 W/mK. Die spezifische Wärme und die Leitfähigkeit kennzeichnen den Speicherungs- beziehungsweise Isolationswert eines Stoffes und wie behaglich er sich im Kontakt mit der Haut anfühlt; je grösser die beiden Eigenschaften, als desto kälter beziehungsweise wärmer werden die Materialien empfunden.

– *Dehnen und Zusammenziehen*

sind weitere Folgen des Erwärmens oder Abkühlens. Die Koeffiziente der Verlängerung beziehungsweise Verkürzung bei $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperaturunterschied sind für Aluminium $0,24 \times 10^{-4}$, Kupfer $0,17 \times 10^{-4}$, Eisen $0,12 \times 10^{-4}$, Glas $0,09 \times 10^{-4}$, Wasser (bei $18\text{ }^{\circ}\text{C}$) $1,8 \times 10^{-4}$ und für Gase $1/273$. Beim Dehnen oder Zusammenziehen können die festen und flüssigen Körper grosse Kraft auf die Umgebung ausüben, bei den eingeschlossenen Gasen erhöht sich der innere Druck. Mit der Dehnung verändern sich unmittelbar die Dichte und das Gewicht; die Differenzen verursachen in Flüssigkeiten und Gasen innere Strömungen und Turbulenzen.

– *Aggregatzustand*

Die enthaltene Wärmeenergie bestimmt den Aggregatzustand eines Stoffes; jeder kann bei entsprechender Temperatur fest, flüssig oder gasförmig sein. Im Temperaturbereich des Lebensraumes treten die einen als Festkörper, die anderen als Flüssigkeiten und die dritten als

Gase auf. Bei natürlichen, vermehrt noch bei technisch erhöhten oder gesenkten – aber bestimmten – Temperaturen gehen kristalline Stoffe von einem in den anderen Zustand über, wohingegen die amorphen Stoffe erweichen, erhärten oder die Viskosität verändern.

– *Chemische Prozesse*

können infolge der Wärmezufuhr initiiert oder beschleunigt, beziehungsweise mit Wärmereduktion gebremst oder gestoppt werden. Bei niedrigeren Temperaturen bleiben die Materialien länger erhalten, bei höheren zerfallen sie schneller.

2.4.2 VORGÄNGE IN DER UMWELT

Die thermischen Vorgänge beeinflussen das Verhalten der Baustoffe, deren Wandlungen und Zerfall, wie auch materielle und energetische Prozesse in der Umgebung. Die Wärmeenergie kann aus mechanischer Kraft und Arbeit, Vibrationen und (Schall-)Wellen, elektromagnetischen Wellen entstehen oder sich nach Energieerhaltungsgesetz in andere Energieformen umwandeln.

2.4.2.1 Akkumulation

Die Stoffe mit grosser Wärmekapazität reagieren träge auf thermische Veränderungen; diejenigen mit geringer Kapazität passen sich schneller der Umgebung an. Deren Ausmass multipliziert die Wirkung: Grosse Seen frieren später ein als kleine Teiche, bei massiven Steinhäusern dauert es länger, bis sie sich erwärmt oder abgekühlt haben, als bei solchen mit weniger Wärmekapazität. Die Menge der akkumulierten Wärme beeinflusst andere wärmebedingte Prozesse – das Auftreten von Spannungen beim Dehnen und Schrumpfen, den Wärmefluss, die chemischen Reaktionen und den Zerfall.

Die Wasserwärme beeinflusst das Weltklima, die Küstenregionen; die Küstenstädte sind weniger Temperaturschwankungen und extremen Temperaturen ausgesetzt als jene im Landesinneren, ein Haus am See hat ein anderes Mikroklima als eines im Hinterland, Wasser dient als Wärme- beziehungsweise Kältespeicher in Bauwerken und Haushalten, mit ihm gefüllte Heizkörper wärmen gleichmässiger als Lufterhitzer, da bei diesen die IR-Strahlung und die Konvektion fehlen. Die beschatteten steinernen Wände der Häuser am Mittelmeer bleiben auch im Sommer kühl, die von der Sonne bestrahlten hingegen wärmen die Aussenräume noch nach Sonnenuntergang. Ein kurzer Luftwechsel kühlt im Winter einen Raum kaum ab, die Luft wird mit wenig Energie und schnell aufgewärmt oder abgekühlt.

2.4.2.2 Wärmewanderung

Die Wärmeenergie fliesst von Orten höherer Temperatur zu relativ kühleren aufgrund der Leitfähigkeit, bei Flüssigkeiten und Gasen auch durch Strömung. In Stoffen mit guter Leitfähigkeit breitet sie sich schnell bis zum Temperatenausgleich aus, die isolierenden Stoffe hindern den Fluss. Eine rasche Wanderung bewirkt schnellere Verluste, aber auch den Ausgleich von Temperatur und Spannung: In geschichteten und trockenen Fassaden wandert die

Wärme langsamer als in monolithen und nassen, in steinernen oder metallenen Massen schneller als in trockenem Holz und anderen organischen Geweben. Die lückenlosen Ummantelungen konservieren die Wärme besser als die mit Wärmebrücken durchbrochenen. Mit Strömungen von Luft und Wasser wandert die Wärme in kältere Bereiche – unkontrolliert in Gewässern, Aussen- und Innenräumen (Öffnungen und Spalten in Fassaden und Fenstern begünstigen den Austausch), oder geführt (eventuell mechanisch verstärkt) in den Leitungen.

2.4.2.3 Dehnung

Durch Zu- oder Abfluss der Wärme vergrößerter beziehungsweise verkleinerter Volumen eines Stoffes erzeugt Kräfte, welche weniger feste Stoffe verdrängen oder nachziehen; dabei entstehen Risse, Brüche, Verformungen, Geräusche und Laute. Eine erhitzte Stahltür geht nicht mehr auf, eine schlecht konstruierte Metallfassade knallt bei der Sonnenbestrahlung, Blechbedachungen oder Brücken müssen flexibel zusammengesetzt werden, metallene Röhre und Kanäle – (Heiz-)Wasserleitungen, Luftkanäle – müssen in regelmässigen Abständen Schlingen aufweisen und von Mauern getrennt verlegt werden, das Holz, das keine Dehnungsmöglichkeit hat, biegt oder spaltet sich, Holzböden (jedenfalls wegen Wärme *und* Feuchtigkeit) drücken Wände auseinander oder wölben sich, der Putz und die Mauern reissen. Die verschiedenen Dehnungskoeffizienten erfordern Dilatationen, die ähnlichen begünstigen Kombinationen: Eisen und Beton ermöglichen armierten Beton, wohingegen zwischen Holz und Stein oder Hölzern in verschiedenen Richtungen Spalten aufgehen. Das einmalige oder wiederholte Dehnen und Schrumpfen zerstört Bauten beziehungsweise erfordert Konstruktionsweisen, die Zerstörung verhindern. In beiden Fällen sind es bleibende, wahrnehmbare Spuren des materiellen Geschehens und des menschlichen Umgangs mit Wärmeeigenschaften von Baustoffen.

2.4.2.4 Wechsel der Aggregatzustände

Der umfangreichste Wechsel des Aggregatzustandes von Wasser prägt die Natur und die Artefakte. Die Wärme bewirkt die Verdampfung des Wassers, das Entweichen aus Gewässern, Erde und Behältern, in der Folge auch das Eindringen in poröse Stoffe – mit thermischen, akustischen, chemischen und anderen Folgen. Die Vergrößerung des Volumens bei Verdampfung treibt die Dampfmaschinen an. Das Kondensieren in der Luft verursacht Niederschläge, vergrössert die Wärmeleitfähigkeit in Mauern und Isolationen, verhindert an Fensterscheiben die Sicht. Mit der Zufuhr der Wärme können Festkörper schmelzen, sich weiter erwärmen und verdampfen oder unmittelbar verdampfen. Nicht bei allen Stoffen ist der Vorgang umkehrbar. Lava, Metalle, oder Glas füllen flüssig die gegebenen Räume aus, erstarren und behalten die Form. Das einfrierende Wasser sprengt Felsen, Steine, Backsteine, Hölzer, Gefässe, hebt zu wenig tief fundierte Bauten und Strassen, drückt Bauteile auseinander, beschädigt Pflanzengewebe. Der Eis und Schnee rutschen beim Schmelzen und fallen von Dächern, Wasser steigt an und überflutet.

2.4.2.5 Chemische Veränderungen¹¹¹

Bei erhöhter Temperatur können sich Stoffe chemisch verändern. Je nach Zusammensetzung verbinden oder trennen sie sich und bilden neue Substanzen mit neuen Eigenschaften. Aus Gesteinen werden Metalle, Kalk, Zement gewonnen, die organischen Stoffe verkohlen. Bei entsprechenden Temperaturen vermehren sich Bakterien, faulen organische Materialien, entstehen Gerüche. Makromoleküle der Kunststoffe zerfallen, (Farb-)Anstriche und Bauteile aus ihnen müssen früh ersetzt werden.

2.4.3 WIRKUNG DER WÄRME AUF MENSCHEN

Nur ein schmaler Temperaturbereich ermöglicht das Leben, noch ein schmalerer ist optimal für Menschen. Aufgrund der Sinnesempfindungen können sie sich vor extremen Wärmemengen schützen und kleineren Schwankungen anpassen.

2.4.3.1 Primäre Sinnesorgane für Wärme

Der Temperaturunterschied wird mit Sinneszellen in der Haut gefühlt. Die Wahrnehmung ist relativ und nicht exakt¹¹². Ein kühler Stein wird mit der Hautoberfläche als kälter empfunden denn ein Stück Kork gleicher Temperatur: jener leitet Wärme von der Haut schneller ab als dieses. Aber dasselbe warme Wasser wird nach dem Bad in einem kalten als wärmer empfunden; das abgekühlte Gewebe registriert nicht mehr den objektiven Zustand des berührenden Stoffes. Die Haut selbst als Masse bewirkt eine Verzögerung der Empfindung: Wir merken, dass ein Gegenstand heiss ist erst dann, wenn auch die Haut sich erhitzt hat – sie schmerzt aber noch nach dem unterbrochenen Kontakt. Auf die Sinnesempfindungen reagieren wir, indem wir uns reflexartig vom heissen oder kalten Gegenstand entfernen, zu schwitzen oder zittern beginnen und Schutz vor dem extremen Wärmezu- oder -abfluss suchen. Mit primären Sinnen können wir uns über die Wärmezustände erkundigen: wir tasten mehr oder weniger vorsichtig die Gegenstände an. Wir wollen prüfen, ob ein metallener Stuhl oder eine steinerne Sitzbank an der glühenden Sonne nicht zu heiss ist, ob Heizkörper warm sind. Die Empfindungen begleiten auch unbewusst alle Kontakte mit der Aussenwelt und geben Auskunft über die Beschaffenheit und den momentanen Zustand des Handgriffes, der Türklinke, des Tischblattes. Damit steuern sie Steinchen zum Mosaik der Gesamtempfindung bei.

2.4.3.2 Sekundäre Wahrnehmungen

Die Informationen aus anderen Sinnessystemen werden mit den im Hirn gespeicherten Erfahrungen kombiniert. Wir sehen das glühende Eisen und wissen, dass es heiss ist; wir sehen das Eis und können seine Kälte „nachempfinden“; wir hören das siedende Wasser, das knisternde Feuer, die sich mit Geräuschen dehnenden Objekte. Das Rauschen der Wärme kann mit entsprechender akustischer Verstärkung hörbar gemacht werden. Wir sehen das Feuer, das brennende Holz, den heissen Asphalt oder riechen es und ihn nur. Wir wissen, dass ein Stein

¹¹¹ Vgl. Kapitel über chemische Wirkungen

¹¹² J. J. Gibson, op. cit., S. 167-169

zum Sitzen kalt oder warm sein wird, wir kennen die ungefähre Berührungstemperatur der Metalle, der Hölzer in der gegebenen Situation.

Die primären und die sekundären Sinnesempfindungen und Wahrnehmungen zusammen lassen uns die umgebende Wärmesituation erkennen und entsprechend reagieren: Wir suchen einen wärmeren oder kühleren Ort auf, kleiden uns entsprechend, wärmen oder kühlen die Umgebung.

2.4.3.3 Gesundheitliche Auswirkungen

Anhaltende ungeeignete oder extreme Wärmesituationen wirken sich schädigend auf den Körper aus. Verbrennungen bei extremer Hitze (Sonne, Feuer, heisse Festkörper, Flüssigkeiten und Gase), Frostbeulen und Erfrierungen bei tiefen Temperaturen, Erkältungen und rheumatische Erkrankungen bei länger andauerndem Abzug der Wärme, sei es durch kalte und bewegte Luft, sei es durch nasse Kleidung, kalte Sitzmöbel oder steinige Böden und Arbeitsflächen, sind negative Folgen. Demgegenüber können eine kalte Dusche, ein kaltes Bad, ein Thermal- oder Sandbad durchaus beleben und heilen. Der Organismus reguliert die eigene Temperatur reflexartig durch Zittern (Erzeugung) oder Schwitzen (Abgabe) der Wärme; eine Menschenansammlung und physische Betätigung erhöhen die Raumtemperatur. Menschen sind bestrebt, die Temperaturen zu beeinflussen – die technisch erzeugte Kälte im Sommer (zum Beispiel in Warenhäusern) kann jedoch Erkältungen, die Wärme im Winter Verweichlichung hervorrufen.

Klimatisch und topographisch bedingte Wärmeverhältnisse, die thermischen Eigenschaften und Vorgänge haben wesentlich die Lebensbedingungen von Menschen, Gesellschaften und Kulturen geprägt: Die Lebens- und Arbeitsgewohnheiten am Äquator, im gemässigten Klima oder am Polarkreis unterscheiden sich voneinander ebenso sehr wie die Behausungen und die Kleidung. Die Suche nach behaglicheren Temperaturen, Feuchtigkeit und Nahrung hat zeitweise Völkerwanderungen ausgelöst; das Bedürfnis nach natürlicher Wärme lockt Menschen aus dem nördlichen Winter in den südlichen Sommer.

2.4.4 UMGANG MIT DER WÄRME

Das existenzielle Bedürfnis der Menschen, sich selbst, seine Angehörigen, die Tiere, Vorräte und Einrichtungen gegen schädliche Temperaturen zu schützen, spiegelt sich in den Bauweisen aller Zeiten und Erdteile. Obwohl der Schwerpunkt der architekturgeschichtlichen Betrachtungen bei Statik und Raumbildung liegt, ist die Regelung der Wärme der Zweck jeder Bautätigkeit. Die Körperwärme und die Wärmestrahlung sind eng miteinander verknüpft; im folgenden wird nur der Umgang mit der erstgenannten an Beispielen gezeigt.

2.4.4.1 Gewinnung, Umsetzung und Verteilung der Wärme

Die Gewinnung von Wärme – sei es aus Luft, Wasser oder Erde, sei es aus Holz, Kohle oder Torf, Gas oder Erdöl, Wasser-, Kernkraft beziehungsweise Elektrizität oder Sonnenstrahlung – sowie ihre Verteilung und Umsetzung erfordern Bauwerke und Bauteile (Dachaufbauten, Nebenbauten, Installationen), die die Gestalt der Welt und das Befinden und Verhalten der Menschen beeinflussen; die Lebensqualität in angenehm temperierten Bauwerken geht vielfach auf Kosten der Umwelt.

– *Gewinnung*

Grösstenteils wird die Wärme aus Strahlungen gewonnen – sei es aus Verbrennung (2.5.4.5), sei es aus dem elektrischen Strom, der Solarstrahlung oder Atomenergie (2.6.4.1) –; im Steinzeitalter wurde Holz durch Reibung entflammt. Die älteren Bauernhöfe nutzen die Wärme des Stalls, indem die Wohnteile über ihm angeordnet wurden. Unmittelbar kann sie mit Konvektion aus dem Thermalwasser oder mit Wärmepumpen aus der Erde gewonnen werden. Sie wird dem Rauch entzogen, wenn er von der Feuerstelle (wo vor allem die Strahlung wärmt) auf langen Wegen durch Kachelöfen, Rauchfänge, Rauchkammern, Kamine oder Metallröhren geführt und auf massive Mauern, Wasser und Luft übertragen wird. In den Klimaanlageanlagen wird sie aus der warmen Luft vor dem Austritt rückgewonnen. Wo die Wärme nicht erwünscht ist, wird in der Aussenwand oder im Freien gefeuert, wie zum Beispiel in den Backöfen in Gärten und Höfen der Mittelmeerdörfer. Auch die Reibung wird im allgemeinen gemieden, um die Erwärmung beweglicher Teile zu verhindern.

– *Kühlung*

Die „Kälte“¹¹³ wird mittels Entzug der Wärme erzeugt. Man muss zur Kühlung der Nahrung und Getränke nicht mehr Eisblöcke aus natürlichen Lagerungen in die Häuser holen – heute werden Kältemaschinen angetrieben, die die Wärme entziehen und abführen. Kühlschränke, Tiefkühlgeräte und Klimaanlage geben die Wärme ab; diese kann zurückgewonnen werden. Mit Ventilatoren kann auch nur die kühlende Luftströmung herbeigeführt werden. Auf Flachdächern entzieht das verdampfende Wasser die Wärme; bei Kernkraftwerken, Industriebauten und klimatisierten Objekten übernehmen Kühltürme diese Aufgabe.

– *Verteilung*

Mit heissem Stein kann wörtlich die Wärme ins Bett getragen werden. Mit heisser Luft und Dampf in Hypokausten heizten die alten Römer ihre Thermen. Auf eine sehr sparsame Art wärmten die Bauern Teile ihrer Häuser, indem sie tagsüber nur die erdgeschossigen Wohnräume beheizten und abends die Luft in die darüberliegenden Schlafkammern aufsteigen liessen. In neueren grösseren Bauwerken wird die gewärmte – oder nach Bedarf gekühlte – und befeuchtete Luft in Kanälen, durch Doppelböden, abgehängte Decken, Doppelfenster und

¹¹³ Die Kälte als energetische Grösse existiert nicht – es gibt Bereiche mit wenig Wärme beziehungsweise niedrigeren Temperaturen; diese werden im Sprachgebrauch mit Kälte bezeichnet.

-fassaden vom Keller, Dach oder Zwischengeschoss in die Nutzräume geführt und an den wärmenden Beleuchtungskörpern vorbei wieder abgezogen. Zentralheizungen erzeugen die Wärme allgemein in grösseren Mengen, an geeigneteren Orten und verteilen sie mit der in Leitungen geführten Luft, dem Dampf oder dem Wasser dorthin, wo sie gebraucht wird. Die Anlagen vernetzen Bauwerke, Städte und Regionen. Die Entwicklungsstufen reichen von den mit Kohle geheizten Kesseln (Umschlag, Lagerung) und gusseisernen Radiatoren, an Stelle von Kachelöfen an den Innenwänden der Räume plaziert, über Ölbrenner, Konvektoren unter Fenstern und Bodenheizungen bis zu mit Abfall betriebenen Fernwärmeanlagen¹¹⁴.

2.4.4.2 Speicherung der Wärme

Um die gewünschte Wärmesituation möglichst lang ohne Energieaufwand zu bewahren, werden Stoffe mit grosser Wärmekapazität und Isolationen angewandt. Innerhalb der isolierenden Schicht werden massive Mauern errichtet – eine „Weisheit“, die mit „Null-Energie-Häusern“ und wegen Ressourcenknappheit wieder aktuell wird, jedoch grundsätzlich schon Urvölkern vertraut war. Nicht nur natürliche Höhlen wurden als temperatenausgleichende Orte bewohnt, Menschen haben weichen Tuffstein ausgehöhlt¹¹⁵, mit Vorbauten versehen und als Behausungen, Kult- und Lagerstätten gebraucht – vom Loire-Tal bis in den Fernen Osten und den Wilden Westen – und nutzen sie heute noch.

Die dichte Anordnung von massiven Pfeilern in den weiten Säulenhallen der ägyptischen Tempel (zum Beispiel Karnak) ist nicht nur die Folge der kurzen Spannweiten der Architrave – diese sind in der Mittelachse länger –, sondern dient auch dazu, die Kühle beziehungsweise die Wärme zu behalten. Die konservierte Kühle empfinden wir auch in steinernen Kirchen in den Zonen mit gemässigtem Klima. In den heissen und trockenen Regionen der Erde sind Gesteine die meist vorhandenen und vorwiegend verwendeten Baustoffe, auch weil sie die Temperaturschwankungen verzögern, besonders wenn sie vor Einstrahlung geschützt sind. In dicht aneinander gebauten Lehm- und Steinhäusern sind die thermischen Bedingungen erträglicher. Im täglichen Umgang mit natürlicher Wärme schliessen wir in heissen Perioden tagsüber die Fenster samt Läden und öffnen sie nachts – nicht nur wegen der Wärmestrahlung. Mit Raumdisposition werden natürliche Voraussetzungen genutzt: Wein- und Lebensmittelkeller werden im Erdreich gegraben, Schlafzimmer nicht der Nachmittagssonne ausgesetzt, über dem Haus wird durchlüfteter Dachraum errichtet.

Temporär und kurz gebrauchte Räume werden vorteilhaft mit wenig Wärme schluckenden Materialien ausgekleidet. In Gegensatz zur gewünschten temperaturerhaltenden Wirkung von Baumassen wird bei Objekten, die uns unmittelbar berühren, eine rasche Anpassung ihrer Temperatur an unsere Körpertemperatur angestrebt. Man empfindet im allgemeinen mit

¹¹⁴ Hier wird die Verteilung der Wärme selbst behandelt, nicht diejenige ihrer Quellen wie Brennstoffe, Elektrizität usw. Diese werden in Kapiteln über chemische Wirkungen und Strahlungen aufgeführt.

¹¹⁵ Vgl. Kapitel über Konsistenz

Teppichen belegte Böden, mit Textilien oder Leder verkleidete oder gepolsterte Sitzmöbel, solche aus leichtem Holz oder Strohgeflecht, hölzerne Tische, Bänke und Arbeitsflächen angenehmer als solche aus Steinen, Metallen, Glas oder dichterem Holz.

2.4.4.3 Isolation

Ist die gewünschte Temperatur erreicht, wird die Ab- oder Zuwanderung der Wärme mit isolierenden Materialien angestrebt. Eine minimale Kontaktfläche zwischen zu trennenden Bereichen (zum Beispiel kleine Fassadenabwicklung), eine möglichst lückenlose Ummantelung ohne Wärmebrücken bei Deckenauflagern, Balkonen, Fassadenhalterungen, Rolläden, Fenster- und Türrahmen, die Erhaltung des Isolationswertes (Verhinderung von Kondenswasser) sind Mittel zur Reduktion des Wärmeflusses. Bei Holzbauten müssen die variierenden Fugen gedichtet werden; an traditionellen panonischen Bauernhäusern werden sie sogar farbig bemalt. Lufthaltige Stoffe wie Poren-, Zellen- und Gasbeton mit Leichtzuschlägen wie Schlacken, Bims, Tuff, durchlöcherter Backsteine, Schaumstoffe, Glas- und Steinwolle sind die meistgebrauchten anorganischen Isolationsmaterialien. Nachträgliche Aussenverkleidungen verändern meistens das Aussehen eines Bauwerkes. Zelluläre und fadenartige Materialien eignen sich als schützende Schicht zwischen kalten oder heissen Massen und der menschlichen Haut; sie werden für Kleidung, Boden-, Wand- und Deckenverkleidungen, Bänke, Stühle und Tische, Handläufe und Griffe verwendet.

2.4.4.4 Kombinationen von Speicherung und Isolation

Regional und geschichtlich haben sich, bedingt durch die verfügbaren Materialien und Techniken, verschiedene Kombinationen von speichernden und isolierenden Materialien herauskristallisiert. Bauernhäuser im Alpen- und Voralpengebiet weisen als die wärmehaltende Masse oft eine gemauerte schwarze Küche mit Back- und Kachelofen sowie dem Rauchfang darüber auf; um den massiven Kern herum sind Wohn- und Schlafräume mit Aussenwänden in hölzerner Blockbauweise gezimmert¹¹⁶. Im südlichen Balkan bestehen die Häuser aus einem steinernen, geschlossenen, „Kühle“ oder Wärme konservierenden Erdgeschoss (Sommerteil) und einem Obergeschoss darüber, erstellt in leichter Holzbauweise und mit grossen Fenstern: luftigen Räumen¹¹⁷ mit weitem Ausblick. In Graubünden findet man zweischalige Häuser, das „Haus im Haus“¹¹⁸, wo Steinmauern die äussere, schützende und die Holztäfer die innere, wärmeisolierende Schicht bilden. Neuere Technologien und die industriell hergestellten Baustoffe ermöglichen eine effizientere Anwendung der thermischen Eigenschaften. Massive Bauweise im Inneren und lückenlose, meistens mehrschichtige Ummantelung sind die Regel.

¹¹⁶ Marjan Music: *Obnova slovenske vasi*, Celje 1947, S. 35, 44, 47, 54 und 55,

Peter Fister: *Umetnost stavbarstva na Slovenskem*, Ljubljana 1986, S. 284-288,

Tone Cevc u. a.: *Kmecke hise v Karavankah*, Ljubljana 1988, S. 78-81, 84-85, 139, 155,

Verband Deutscher Architekten- und Ingenieurvereine, Dresden 1906, Nachdruck Hannover, Blatt Nr. 5 u. a.

¹¹⁷ Dusan Grabrijan: *Makedonska hisa*, Ljubljana 1976

¹¹⁸ Christoph Siomonett: *Die Bauernhäuser des Kantons Graubünden*, Basel 1965, Band 1, Wohnbauten, S. 89

Die Fassade kann aus zwei mit Luft getrennten Beton- oder Backsteinwänden bestehen¹¹⁹, sie kann eine massive, aussen isolierte innere Schicht und eine dünne, hinterlüftete Aussenhaut aus Stein, Ziegel, Keramik, Eternit, Glas, Metall oder Holz aufweisen oder aus zwei, drei Glasschichten und Luft dazwischen gebildet werden. Zwischen Innen- und Aussenschicht können grössere Räume wie mehrgeschossige Hallen¹²⁰, Dachräume, Wintergärten und dergleichen entstehen. Durch getrennte Funktionen – Akkumulation, Isolation, Trocknung und Wetterbeständigkeit – können Materialien effizienter und dauerhafter genutzt werden und behaglichere Lebensbedingungen bilden.

2.4.4.5 Umgang mit Volumenveränderungen

– *Feste Materialien,*

besonders jene mit grossem Dehnungskoeffizienten oder solche, die starker Erwärmung (Feuer, Sonnenbestrahlung) ausgesetzt sind, müssen genügend Spielraum gegenüber der Umgebung haben. Kamine, Cheminées, Öfen und Herde müssen von umgebenden Bauteilen getrennt sein, sonst können Risse entstehen. Heisswasserleitungen müssen gleiten können; man kann sie vorüber nicht einmauern. Die bestrahlten und beschatteten Bereiche der Sichtmauerwerke müssen voneinander mit Fugen getrennt, Brücken segmentiert und flexibel gelagert werden. Teile der Metallfassaden und -dächer, Dachwasserrinnen und Röhren müssen sich lautlos dehnen und zusammenziehen können. Das Holz dehnt sich verschieden in Länge und Breite: das quere Zusammenfügen weist bald Differenzen auf. Zwischen Holzböden und Wänden, Fenstern, Türen und Mauern entstehen Spalten, die mit „Zier“-Leisten verdeckt oder ausgekittet werden. Kombinationen von Stoffen mit ähnlichen Dehnungseigenschaften wie Stahl und Beton, Materialien, die die Spannungen in sich aufnehmen können (zum Beispiel einige Kunststoffe, Fugenkitte, Metalle) ermöglichen zusammen mit Dilatationen Bauwerke unbegrenzter Dimensionen.

– *Das Dehnen von Wasser*

erfordert offene Behälter zum Beispiel bei Zentralheizungen; die grosse Volumenzunahme tritt beim Verdampfen oder Einfrieren (1/11) ein. Während die Expansion beim Verdampfen eher der Maschinenteknik zugute kommt, müssen Bauwerke dem Frost Rechnung tragen. Sie müssen unter der Gefriertiefe fundiert und so gestaltet werden, das entweder kein Wasser Freiräume zwischen Bauteilen, Poren und Spalten in gefährdeten Bereichen füllen oder dass es sich dehnen kann, ohne auseinanderzudrücken: Behälter und Rinnen müssen konisch sein. Dach- und Bodengefälle gewährleisten den Abfluss, Dachvorsprünge und Abdeckungen schützen vor dem Eindringen von Wasser. Wo andere Lösungen unumgänglich sind, müssen Wasserabläufe elektrisch beheizt, steile Fahrbahnen mit zum Beispiel Thermalwasser gewärmt

¹¹⁹ Bruno Maurer und Werner Oechslin: Ernst Gisel Architekt, Zürich 1993, zum Beispiel Hallenbad Meilen oder Gymnasium Vaduz

¹²⁰ *ibid.*, S. 274 ff – Stadtwerke Frankfurt a. M.

werden. Die wärmebedingte Rissbildung und das frierende Wasser können jeden Bau ruinieren. Die Spuren sprechen eine deutliche, wenngleich keineswegs erfreuliche Sprache. Die Dehnung des Wassers beim Frieren erfordert Bauformen, die in Architekturtheorien zu wenig als Grund für regionale Konstruktionsweisen beachtet werden.

– *Thermische Veränderungen der Luft,*

ihrer Volumens und ihrer Kapazität zur Wasserdampfaufnahme hat vor allem die Witterung zu Folge. Diese wird durch menschliches Handeln beeinflusst (Wärme der Städte, der Brände) und wirkt sich auf Bauwerke unausweichlich aus. In diesen hat das Verdrängen von warmer und feuchter durch kalte und trockene Luft Bewegungen zur Folge, die genutzt oder verhindert werden können. Wir weichen der fallenden kalten Luft an kühlenden Fenstern und Aussenwänden aus, plazieren dort Heizkörper, unterteilen die Fenster so, dass die kalte Luft unten ein- und die warme oben ausströmt. Mit Grösse und Anordnung der Öffnungen wird die Luftzirkulation beeinflusst. Hält man sich in den hohen Räumen der vornehmen Villen von Veneto¹²¹ in der unteren, kühleren Luftschicht auf, hat man in den Appenzellerhäusern die Nase bald im warmen Schlechtluftbereich unter der Decke. In Treppenhäusern und Liftschächten tritt kalte Luft unten ein und wärmere zuoberst aus oder staut sich dort (wichtig vor allem im Brandfall), sie fällt an den schattigen Fassaden und steigt an den besonnten. Die Volumenveränderung der Luft beim Erhitzen und Abkühlen hat bereits Heron von Alexandria zu nutzen empfohlen: Das Entzünden des Feuers auf dem hohlen Opferaltar vor dem Tempel soll die Luft darunter dehnen und über einen Mechanismus die Tore des Tempels öffnen – wie auch nach dem Löschen schliessen.

2.4.5 FAZIT

Der Vergleich thermischer Eigenschaften und Wirkungskreise mit menschlichen Empfindungen und Wahrnehmungen zeigt, dass mit Wärme sparsamer und kreativer umgegangen werden kann. Die Beispiele belegen, dass Menschen schon immer im Rahmen ihres Wissens optimale Lösungen gesucht haben und dass neue Technologien auch bessere Möglichkeiten anbieten, die in Bauwerken genutzt werden sollen. Das Leben erfordert bestimmte Temperaturen, die optimalen können es intensivieren und verbessern. Die kurz andauernde Unter- oder Überschreitung in bestimmtem Umfang kann willkommen sein; Wärmezufuhr oder -abzug dürfen jedoch die erforderliche Quantität nicht übersteigen. Wie die Wärme erzeugt, gespeichert und umgewandelt wird, wie man sie empfindet, wie und wohin man reist, all dies wirkt direkt und indirekt auf die Lebensqualität zurück.

Ein wesentlicher Teil des Wärmeaustausches zwischen Materialien und Menschen geschieht in Bauwerken. Die Gewinnung von Wärme aus der Umgebung oder die Abgabe dorthin, die Umwandlung aus anderen Energiezuständen durch mechanische, chemische und physikalische

¹²¹ Michelangelo Muraro: Die Villen des Veneto, München 1986

Vorgänge, die Speicherung in den Baumassen, die Hinderung von Zu- oder Abwanderung mittels Isolation, die Berücksichtigung von Dehnung und Schrumpfung von Bauteilen, die Bewegung von Flüssigkeiten und Gasen prägen die Bauwerke und das Leben mit ihnen. Bauten sind thermisch bedingt von Ort zu Ort, in unterschiedlichen Höhen und klimatischen Zonen verschieden – zwischen Berg und Tal, Stadt und Land, zwischen Keller und Dachboden, Küche und Veranda. Die Wahl der Materialien und das Zusammenfügen, der Umgang mit der Wärme bei Erzeugung, Verteilung und Speicherung oder der Schutz vor ihr sind für die regionalen Bauweisen so bestimmende Faktoren wie die Statik, die Festigkeit und das Licht auch. Sie sind ersichtlich bei Stroh- und Lehmbauten am Äquator wie auch bei Iglus am Polarkreis; wir erleben thermische Zonen in jedem Haus zwischen diesen zwei extremen Lagen. Die in die Erde eingegrabenen Bauwerke, die steinernen und hölzernen Häuser, Dächer und Zelte bilden „Wärmecharaktere“, die sinnlich wahrnehmbar sind. Von thermisch variierender Aussenwärme durch kühl gehaltene Nebenräume und angenehm temperierte Wohn- und Arbeitsbereiche zu abwechslungsreichen Balkonen, Veranden und Dachräumen begleitet die Empfindung der Wärme die Gesamtwahrnehmung des Bauwerks. Die Nuancen der Temperaturunterschiede während einer „promenade architecturale“ durch die Wärmezonen eines Hauses können ebenso anregend sein wie diejenige durch sein Licht, seine Klänge, Gerüche und Raumformen.

Die Technologie ermöglicht die Entwicklung von Bauwerken zur Wärmemonotonie; wenn die Wärmeeerzeugung durch Umweltbelastung auch negativ auf die Lebensqualität zurückschlagen kann, gewinnen die spezifischen thermischen Eigenschaften von Baumaterialien, Konstruktionen und Räumen an Bedeutung. Die neuen Möglichkeiten der Stabilisierung und Differenzierung der Wärme in Bauwerken und das Zurückgreifen auf die Erfahrungen aus Jahrtausenden der Entwicklung – mit den angeführten Beispielen wurde gezeigt, wie Menschen bisher baulich mit Wärme umgegangen sind – können zu anregenden architektonischen Lösungen führen.

Die Theorie der Gemische und Netze verdeutlicht, dass die Wärme gleichbedeutend ist wie Bewegung und Gravitation, Konsistenz und Strahlung und dementsprechend ihren Platz in der Gestalt der Bauwerke erhalten soll; der Beitrag der Theorie ist die Methode, die die Wärme in die Gesamtheit der baukünstlerischen Gestaltung integriert. Mit ihr wird die Frage beantwortet, auf welche Art und Weise die Wechselwirkungen geschehen. Die wissenschaftliche Erarbeitung, die Destillation der wärmetechnischen und wärmewahnehmenden Aspekte der Baukunst, definiert die Rolle der Wärme in der Gesamtwechselwirkung und ermöglicht eine zukünftige integrative Behandlung, einen kreativen Umgang im Entwurfsprozess vom Anfang an.

2.5 CHEMISCHE WIRKUNGEN

2.5.1 ELEKTROMAGNETISMUS ALS ENTSCHEIDENDE KRAFT

Der Elektromagnetismus zieht die Elektronen in die Laufbahnen um die Kerne der Atome hinein und lässt die äusseren zwischen den Atomen eines Moleküls wechseln. In geringerem Mass übt er seine Anziehungskraft auf die benachbarten Atome und Moleküle aus. Die pendelnden Elektronen binden Atome zu Molekülen von der Grösse des Wasserstoffes (H₂) bis zu der DNA-Spirale (der Erbsubstanz) und den Viren an der Grenze zwischen unbelebter und belebter Materie. Die Verbindungen können durch die Energiezufuhr und den Kontakt zu anderen Substanzen unterbrochen und neu hergestellt werden. Die Elektronen der Metalle können im Potentialgefälle von Atom zu Atom wandern und elektrischen Strom bilden. Diese Prozesse geschehen in aller Materie, sie sind Träger des Lebens und des Bewusstseins; sie finden statt in jeder Zelle, in Nervenfasern, deren Kontaktstellen und im komplexesten Netzwerk der Natur, dem Gehirn.

Die Mathematik, die Physik und die Biologie erforschen einzelne Aspekte des Geschehens, aus dem auch Phänomene wie Farbe, Geruch und Geschmack resultieren, die spezifischen Sinnesempfindungen der Lebewesen, welche erst in der Wechselwirkung mit elementaren Kräften und Erkennungssystemen als solche entstehen und ihre Bedeutung erhalten¹²².

Der Eingriff der Menschen in die Verbindungen – von der Verbrennung und Umwandlung bis zur Synthese neuer Bau- und Werkstoffe und zur Manipulation der Gene – übt grossen Einfluss auf ihr eigenes Leben wie auch auf das Geschehen in belebter und unbelebter Umwelt, auf neue und alte Bauwerke. Die Materialgewinnung, die Verarbeitung und der Unterhalt wirken auf die Lebensqualität ebenso wie die Gestalt fertiger Bauwerke. In der folgenden Aufgliederung sollen die Mechanismen und der Umfang der Wechselwirkungen zwischen Baustoffen selbst wie auch zwischen ihnen und Menschen, im weiteren der bisherige Umgang mit chemischen Eigenschaften und Vorgehen gezeigt werden. Es sind oft gerade die chemischen Prozesse, die die gebaute Umwelt prägen und deswegen in der Planung, Pflege und Wahrnehmung stärker berücksichtigt werden müssen.

2.5.2 WIRKUNG DER STOFFE UNTEREINANDER

Der Grossteil der chemischen Prozesse sind grundsätzlich Säure-Base-Reaktionen und Redoxprozesse. Sie finden statt bei der Mischung von Stoffen durch Adsorption, Diffusion, Dispersion und Koagulation und können mit mechanischem Druck, Wärme, Elektrizität und Strahlungen beeinflusst werden.

¹²² Hans Primas: Kann Chemie auf Physik reduziert werden? NZZ Nr. 42/1985 S. 67 ff

2.5.2.1 Arten von Reaktionen

– Säure-Base-Reaktionen

Bei den Säure-Base-Reaktionen springen Elektronen beziehungsweise Elektronenpaare teilweise oder ganz von einer Substanz zur anderen über und neutralisieren einander dabei, meistens ohne sich zu verbinden. Produkte sind Salze.

– Redox-Prozesse

In den Red(uktions)-Ox(ydations)-Prozessen gehen ein oder mehrere Elektronen vom oxidierenden zum oxidierten Element über. Es geht dabei nicht nur um Reaktionen mit Sauerstoff, sondern mit allen Elementen, wo Elektronen von einem oder mehreren Atomen zu anderen wechseln und dabei neue Substanzen bilden.

Während die Säure-Base-Reaktionen weniger bedeutend für das Bauen und Erhalten sind, geschehen Redox-Prozesse überall.

– Die Verbrennung von Holz, Kohle, Erdölprodukten und Gas braucht Sauerstoff und geschieht bei erhöhter Temperatur schneller. Dabei entstehen Wärme, Licht, Kraft, Gase – vor allem Kohlendioxid, das von Pflanzen in der Photosynthese neu gebunden wird – und Asche, verschieden grosse Partikel, welche am Ort liegenbleiben oder sich durch die Luft auf andere Materialien ausbreiten.

– Die Metalle reagieren mit der umgebenden Luft, dem Wasser und den darin enthaltenen Substanzen und bilden oxidierte Schichten wie Rost beim Eisen, Grünspan beim Kupfer, weissliche Patina beim Blei, dunkle Oxidschichten bei der Bronze, beim Zinn und so weiter. Die Edelmetalle reagieren nicht oder sehr gering mit den berührenden Stoffen und behalten ihr ursprüngliches Aussehen. Die oberflächliche Rostschicht des Cortenstahls soll diesen vor weiterem Rosten schützen.

– Organische Materie wird in der Photosynthese der Pflanzen und im Metabolismus der Tiere und Menschen aufgebaut. Die Pflanzen, ob Algen in Teichen und Weihern, Moos auf den Bauwerken, ob Gräser, Gebüsch oder Bäume auf den von Menschen angelegten Terrassen, in den Gärten und Parks, ob Blumen und Zierpflanzen in den Töpfen und Trögen auf den Balkonen und in Wintergärten – sie alle benötigen Licht, Wärme, Luft, Feuchtigkeit und mineralischen Nährboden. Die Vegetation, die Ruinen und Neubauten überwächst, im Sommer beschattet und im Winter die Strahlung durchlässt, bringt Früchte und Laub hervor, die auf den Boden fallen, Düfte und Pollen, die sich in die Luft ausbreiten, Zerfallsprodukte, die verfaulen, versickern, verstopfen, abgespült oder verbrannt und in den natürlichen Zyklus zurückgeführt werden. Die Tiere – Haus-, Nutz- und Wildtiere, Mikroorganismen und Insekten – teilen sich

die Biosphäre mit Menschen; sie brauchen neben dem Bewegungsraum Licht, Luft, Wärme und vielfältige Nahrung, die sie im Metabolismus in Energie, Wachstum und Abfall umsetzen.

Die chemischen Prozesse sind ein wesentlicher Teil der Bauvorgänge und der gebauten Umwelt. Sie geschehen bei der Zerkleinerung, Wanderung, Mischung und Berührung von Materialien.

2.5.2.2 Arten der Durchmischung

– *Dispersion und Koagulation*

Die in Flüssigkeiten und Gasen schwebenden Partikel anderer Stoffe entstehen bei der Reibung oder Zertrümmerung fester Objekte untereinander, mit Flüssigkeiten und Gasen, durch Zerfall unter Einfluss der Wärme und Strahlung, Verdampfung wie auch in chemischen Prozessen. Die Teilchen von Mischungen reagieren untereinander, ziehen sich an zu grösseren Gebilden (Koagulation) und setzen sich auf die horizontalen, schrägen und an die vertikalen Flächen fester Stoffe – Bauten, Vegetation, Menschen –, wo sie weitere chemische Prozesse auslösen können.

– *Diffusion*

Partikel fremder Substanzen bewegen sich in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen vom Ort grösserer zum Ort kleinerer Dichte. Die Stoffe durchdringen einander und gleichen die Konzentrationsunterschiede aus. Der Wasserdampf wandert durch die Wände, die Gerüche breiten sich nicht nur durch die Luftbewegung, sondern auch durch deren Diffusion aus. Dabei sind chemische Prozesse möglich.

– *Adsorption*

Durch Diffusion, Dispersion und Koagulation an die Oberflächen der Festkörper gelangte Partikel werden je nach spezifischen Eigenschaften der berührenden Substanzen und abhängig von Temperatur, Strahlung und Konzentration adsorbiert und unter Umständen fest eingebunden. Ablagerungen von Schwefelverbindungen, welche durch die Luft transportiert werden, verursachen zum Beispiel im Sandstein bis drei Millimeter tiefe, an regenexponierten Stellen noch tiefere Verwitterungen und Brüchigkeit. Von Luftschadstoffen angegriffenes altes Glas (zum Beispiel Kirchenfenster aus dem 11. bis 16. Jahrhundert) wird trüb und weniger lichtdurchlässig, Farben verändern sich oder zerfallen. Glänzende Flächen von Steinen, Metallen, Glas, Farbanstriche werden matt. Gasförmige oder im Regenwasser gelöste, aggressive Substanzen wie Salze können durch die Poren und feinen Risse im Beton zur Armierung vordringen und das Rosten des Eisens verursachen. Aufwendige Sanierungen von Brücken und anderen Tragwerken, Fassaden und exponierten Bauteilen sind auf die Adsorption und Korrosion zurückzuführen. Die meisten chemischen Reaktionen werden durch die kombinierte Wirkung von chemisch aktiven Luftbestandteilen und Feuchtigkeit (zum Beispiel

beim Absturz der an vermeintlich rostfreien Metallstangen abgehängten Decke im Hallenbad Uster) und Strahlung begünstigt.

– *Elektrizität*

Infolge des elektromagnetischen Potentialgefälles kann in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen Elektronenfluss entstehen. Wandert dieser durch einen Elektrolyten – eine wässrige Lösung von Basen, Säuren und Salzen –, entstehen an beiden Polen, zum Beispiel verschiedener Metalle einer Fassade, chemische Veränderungen und Zersetzungen.

2.5.3 WIRKUNG CHEMISCHER VORGÄNGE AUF MENSCHEN

Nur ein geringer Teil der chemischen Vorgänge in der belebten und unbelebten Welt wird durch Geruch und dem Geschmack registriert. Der Rest bleibt unbemerkt, oder es werden erst die Folgen wie Farb- oder Konsistenzveränderung, auch Schmerz und Erkrankung wahrgenommen.

2.5.3.1 Sinnesempfindungen

Die Sinneszellen für den Geschmack befinden sich auf der Zunge, diejenigen für den Geruch auf den zehn Quadratcentimetern der Riechschleimhaut in der Nasenhöhle. Während der Geschmack wenig Bedeutung für die Kontakte mit der Aussenwelt hat und wir nur vier Qualitäten (süss, sauer, salzig und bitter) unterscheiden, erkennen wir rund zehntausend Gerüche – dies aber nicht unmittelbar mit den Rezeptoren, sondern nach der Vernetzung im Riechkolben und in weiteren Regionen des Gehirns. Wichtig sind die Verbindungen zum Hypothalamus, der das Verhalten, die hormonelle Regulation, die Emotionen und die Wahrnehmungen steuert¹²³.

Bei andauernder Reizung wird die Erregung geringer, die Adaptation stellt sich ein, bis der bestimmte Geruch nicht mehr wahrgenommen wird. Auch sind Menschen für gewisse schädliche Substanzen wie Schwefelwasserstoff, die Hauptkomponente des Fäulnisgeruchs, sehr empfindlich, während sie das giftige Kohlenmonoxid nicht riechen. Die Reaktionen auf das sich wandelnde Geruchsspektrum reichen von Übelkeit bis zu überschwenglichem Glücksgefühl¹²⁴. Bestimmte Düfte beleben die Gemütsregungen und rufen Erinnerungen an erlebte Orte und Ereignisse wach¹²⁵ – daher die Bedeutung der Gerüche beim kindlichen Erwachen der Sinnlichkeit¹²⁶. Durch die Wandlung des Geruchsspektrums und durch die Erziehung wird die Toleranzschwelle der Sinneswahrnehmung nivelliert.

¹²³ Der menschliche Organismus weist zwei Informationssysteme auf: das Nervensystem als „feste Verdrahtung“ und die fließenden Hormone der endokrinen Drüsen; einmal ausgeschieden, wirken diese an verschiedenen Orten.

¹²⁴ Alain Corbin: Pesthauch und Blütenduft, Berlin 1984, S. 267 ff

¹²⁵ *ibid.*, S. 114

¹²⁶ *ibid.*, S. 282

Mumford beschreibt die mittelalterliche Stadt folgendermassen: „Insgesamt also war die mittelalterliche Stadt nicht nur ein in mancher Beziehung beispielhaftes soziales Gebilde, sondern auch eine blühendere biologische Umwelt, als man glauben möchte, wenn man ihre verfallenen Überbleibsel betrachtet. Man musste verräucherte Zimmer ertragen, aber im Garten hinter dem Bürgerhaus gab es auch Wohlgeruch, wurden doch duftende Blumen und Kräuter überall angepflanzt. Auf der Strasse roch es nach Bauernhof (...), daneben gab es im Frühling auch den Duft blühender Obstbäume, während im Sommer der Duft des frisch gemähten Grases über die Wiesen wehte.“¹²⁷

Die Wirkungen des Geruchs von Materialien und Ambienten sind in Zeichnungen, Fotografien oder Filmen über Architektur nicht reproduzierbar. Die multimedialen Versuche können authentische Gemische nicht hervorbringen. Die Printmedien vermitteln nur Bilder, die Bauenden begeistern sich über das Gesehene. Man erkennt nicht den sinnlichen Tod auf Raten, der sich mit der Wandlung des Geruchsspektrums vom mittelalterlichen Gestank und Wohlgeruch zur desodorierten Welt der heutigen Arbeitssilos und den Gerüchen der Abgase auch in historischen Stadtkernen vollzieht.

2.5.3.2 Weitere Wirkungen

Die chemischen Wirkungen von Luft, Wasser und Festkörpern auf den menschlichen Organismus sind umfassender, als die beiden Sinnessysteme unmittelbar zu erkennen vermögen. Sie können schmerzhaft und krankhaft sein.

- *Die Luft*

bringt die Stoffe an die Haut, an die Schleimhäute der Augen, der Atemwege und in die Lunge: 130 m² Alveolaroberfläche, unsere grösste Berührungsfläche mit der Aussenwelt. Bereits Vitruv¹²⁸, Alberti und Palladio¹²⁹ schrieben als umfassend beobachtende Architekten über die Wichtigkeit der Luftqualität. „Insbesondere wird die Luft, die wir einatmen, welche, wie wir wissen, hauptsächlich uns ernährt und erhält, wunderbar zu unserer Gesundheit beitragen, wenn sie möglichst rein ist. Und wem entginge es ferner, welchen Einfluss das Klima auf die Erzeugung, Hervorbringung und Erhaltung aller Dinge hat? Man weiss ja, dass die Leute, welche in einem gesünderen Klima leben, den Leuten geistig voraus sind, die in dicker und feuchter Luft hausen.“¹³⁰

Die beschworenen und wissenschaftlich nachgewiesenen Wirkungen der Luft gründen auf ihrer Zusammensetzung. Der Anteil der Bestandteile (ca. 78 % Stickstoff, 21 % Sauerstoff, 0.9 % Edelgas, 0.03 % Kohlendioxid, wechselnde Mengen von Wasserdampf, Staub, Stickstoff- und

¹²⁷ Lewis Mumford: Die Stadt, Köln / Berlin 1963, Reprint München 1980, S. 345

¹²⁸ Vitruv, op. cit., S. 45

¹²⁹ Andrea Palladio, op. cit., S. 162

¹³⁰ L. B. Alberti, op. cit., S. 23

Schwefelverbindungen, Abgasen, Schwebstoffen, Mikroorganismen) variiert je nach geographischer Lage und Sonnenbestrahlung. Die Gesundheitsschäden werden nicht durch die Partikel allein, sondern durch die komplexe Mischung mit Schadstoffen wie Ozon, NO₂, SO₂ und Pollen verursacht¹³¹.

Eine bestimmte Menge von Kohlenmonoxid (zum Beispiel in Garagen) kann vergiften, sogar töten; Ozon absorbiert in der Chemosphäre (etwa in 32 bis 48 km Höhe) Hautkrebs erregende ultraviolette und infrarote Strahlung, auf Bodenhöhe kann es Reizungen der Schleimhäute, Beschwerden der Atemwege und Kopfschmerzen verursachen¹³². Den von Menschen meistens als angenehm und stimulierend empfundenen aromatischen Düften der Pflanzen in Gärten und Parks, der ätherischen Öle einer gesättigten sommerlichen Morgenluft in den Wohnquartieren, der Linden und Akazien in der Stadt, des Holzharzes in der Stube, in der bäuerlichen Rauchkammer oder Feuerstelle stehen die Gerüche der Fäulnis, der Verbrennung von Kohle, Erdöl und Abfällen gegenüber, der Mief der menschlichen Ausdünstungen sowie der Geruch und die nicht sofort erkennbaren Wirkungen der chemisch hergestellten Baustoffe¹³³. Farben, Lacke, Lasuren und Bindemittel, Füllstoffe, Additive, Lösungsmittel verflüchtigen sich beim Trocknen. Der Grossteil „verdampft“ innerhalb der ersten Stunden oder Tage; über Jahre hinweg können die Menschen jedoch einer geringeren Dauerbelastung ausgesetzt bleiben, die gesundheitsgefährdender als die kurzfristigen höheren Werte sein kann. Schwermetallhaltige Pigmente wie Zink-, Blei-, Cadmium- oder Chromverbindungen sind für Menschen Gift. Schutzmittel gegen die Holzinsekten und -pilze wie Pentachlorphenol, in die Zimmerluft ausgedünstet, können die Ursachen von Kopfschmerzen, Hals- und Rachenentzündungen, Hautveränderungen, Haarausfall, Atembeschwerden und Bluterkrankungen sein. Formaldehyd-Dämpfe dünnen aus den Spanplatten, aus Sperrholz, Farben, Lacken, Papier, Textilien und so weiter. Das stechend riechende Gas reizt die Nasen- und Augenschleimhäute bereits bei einer Konzentration unterhalb der Geruchsschwelle; er kann allergische Erkrankungen (Bronchialasthma) hervorrufen oder verstärken und steht im Verdacht, krebserregend zu sein und das Erbgut zu schädigen.

Gewisse mineralischen Baustoffe wie Granit, Quarz, Zement im Beton, Ziegelsteinen und Verputz können das gasförmige, radioaktive Radon emittieren; dessen Lungenkrebs fördernde Wirkung wird zur Zeit an mehreren Forschungsanstalten untersucht¹³⁴.

Bei mechanischer Reibung und Verbrennung von Holz, Kohle, Öl, Benzin und Abfall ins Freie gelangende Partikel bilden Kondensationskerne für Wasserdampf (Nebel und Smog) mit

¹³¹ Otto Brändli und Nino Künzli: Inhalierete Staubpartikel, Wie schädlich sind sie für unsere Lungen? in: NZZ Nr. 185/1997

¹³² H. U. Wanner: Gesundheitliche Gefährdungen durch Ozon, NZZ Nr. 72/1985, S. 69

¹³³ Bericht zur Forschungs- und Innovationsausstellung ETH Zürich 1982 Nr. 37 und 40, sowie 1985 Nr. 14

¹³⁴ Jean-Jacques Daetwyler: Radon, in Schweizerischer Ingenieur und Architekt, Nr. 17, Apr. 1988, S. 459 ff

vielfach wahrnehmbaren Erscheinungen in der Atmosphäre und Folgen für die Lebensqualität. Sie können besonders bei dafür empfindlichen Menschen (Asthmatiker, Herzgefässkranke) gesundheitliche Schwierigkeiten auslösen. Den aus Glas-, Stein-, Schlacken-, Asbest- oder Keramikfasern bestehenden akustischen und thermischen Isolationen entweichen Nadeln, weniger als einen Tausendstelmillimeter dick, die krebserregend sein können.

Bestimmte Pflanzen senden Pollen aus, die Heufieber auslösen können. Insekten (zum Beispiel die Hausstaubmilbe), Mikroorganismen und Pilze, die in Teppichen, Polstermöbeln, Matratzen, unzureichend belüfteten Badezimmern und in der Topferde von Zimmerpflanzen leben, sondern Stoffwechselprodukte und Sporen ab, die sowohl bei Menschen als auch bei Tieren Allergien und Asthma auslösen können. Wenn Otto Wagner 1913 in „Die Baukunst unserer Zeit“¹³⁵ über den Teppich klagt, dass er „starke Gerüche (von Zigarren, Obst etc.) mit Gier aufnimmt und gibt sie trotz guter Lüftung des Raumes noch lange Zeit ab“, kann man heute hinzufügen, dass auch gewisse Beschichtungen und Klebstoffe penetrante Gerüche und gefährdende Partikel in die Luft abgeben.

Die ionisierte Luft, elektrisch geladen durch die Reibung in natürlichen Luftströmen (Winde, Gewitter, Föhn) oder durch mechanische Luftbeförderung (Klimaanlagen mit Ventilatoren, Kanäle mit Windungen, Fahrzeuge) kann bei Menschen Unruhe, Schlaflosigkeit, Kopfschmerzen verursachen.

Die Luft führt feste, flüssige und gasige Substanzen an Menschen heran und nimmt Produkte von deren Metabolismus mit. Sie ist das unmittelbare Umgebungsmaterial und das Medium zu anderen Stoffen. Die Verschmutzung ist unangenehm für alle, für einige krankmachend, sogar tödlich¹³⁶. Die Gefährdung hängt von der Quantität der Giftstoffe, der Dauer von deren Wirkung und der Anfälligkeit beziehungsweise Abwehrfähigkeit des einzelnen ab. Sie kann schwer bewiesen werden; Vermutungen können nur mit statistischen Untersuchungen erhärtet werden.

– *Das Wasser*

wirkt chemisch als Nahrung, Trink- und Reinigungswasser. Der menschliche Körper besteht zu etwa 70 % aus Wasser, das ständig ausgeschieden und neu zugeführt wird. Es beinhaltet einen variablen Anteil an Mineralien – das Regenwasser wenig, das Mineralwasser relativ viel und das Meereswasser zu viel –, Sauerstoff wie auch aufgelöste Stoffe und Lebewesen, die es besonders geeignet oder aber ungeniessbar, ungesund, sogar giftig machen können. Angesichts der zunehmenden Verschmutzung von Luft, Gewässer und Boden wächst die Bedeutung seiner chemischen Wirkungen.

¹³⁵ Otto Wagner: Die Baukunst unserer Zeit, Wien 1914, Reprint 1979, S. 104

¹³⁶ Georges Schüler: Kantonalzürcherisches Krebsregister, Universitätsspital Zürich

Als Reinigungswasser nimmt es die Ausscheidungsstoffe des Körpers – auch aus der Wäsche – mit sich, macht die Hautporen für die Atmung frei und beseitigt Gerüche. Die Reinigungsprozesse werden von sozialen Funktionen begleitet¹³⁷, als Beispiele seien das Waschen im Ganges, das Baden in altrömischen Thermen, in türkischen und finnischen Bädern, das Reinigen vor den Moscheen oder das gesellige Beisammensein in Swimmingpools. Die Bestandteile des Wassers, vor allem Fäulnis oder Chlor, machen sich auch als Gerüche bemerkbar.

– *Feste Stoffe*,

die unmittelbar, nicht mit der Luft oder dem Wasser, die Haut berühren und chemisch wirken könnten, werden durch die Kleidung ferngehalten. Diese kann jedoch selber Reizungen und Allergien auslösen.

Die Stoffe der Umwelt, die in den Organismus gelangen, ob mit Nahrung, Getränk oder Luft, werden Teil des Metabolismus; dieser erzeugt Kraft für die physische Arbeit, welche Bauwerke beim Erstellen und Gebrauch (Gehen, Auf- und Absteigen, Schieben, Ziehen, Heben) erfordern, wie auch das Potential für die biochemische Prozessen der sinnlichen Empfindung und Wahrnehmung.

2.5.4 UMGANG MIT CHEMISCHEN WIRKUNGEN

Die Nutzung von chemischen Eigenschaften der Materialien, die Anregung und die Verhinderung von Prozessen, prägen entscheidend jedes Erstellen und Erhalten von Bauwerken sowie das Leben mit ihnen. Die organischen und anorganischen Reaktionen zwischen den Stoffen wie auch ihre chemischen Wirkungen auf die Menschen bieten neue Möglichkeiten und erfordern erhöhte Aufmerksamkeit bei Planung und Gebrauch.

2.5.4.1 Mineralien

Die Nutzung chemischer Eigenschaften von Gesteinen in Blöcken, im zersetzten und plastischen Zustand wie auch der Gebrauch nach der Härtung haben wesentlich deren Verarbeitung und die Gestaltung der Bauwerke beeinflusst.

– *Silikate*

Silizium ist nach dem Sauerstoff das zweithäufigste Element der Erdkruste. Seine kristalline Verbindung mit dem Sauerstoff, der Quarz, ist der Hauptbestandteil des Granits, der Gneise, des Seesands und des Sandsteins. Silikate, Verbindungen mit anderen Elementen (K, Na, Ca, Mg, Al und Fe) sind Bestandteile von Feldspalt, Ton (Mergel, Kaolin), Glimmer, Asbest und weiteren. Unter dem Erddruck kristallisierter Granit und Porphyre sind wegen ihrer Dichte – im Gegensatz zu porösem Sandstein – besonders gegen chemische Einwirkungen

¹³⁷ Sigfried Giedion: Die Herrschaft der Mechanisierung, op. cit., S. 764

widerstandsfähig. Auch deswegen, nicht nur wegen der Härte, eignen sie sich für Verkleidungen von Pyramiden, Fassaden und Böden.

Aus weichem Ton geformte, bei 900 °C bis 1200 °C gebrannte Stücke werden zu poröser Ziegelware, zu Schamotte, gemeinem Geschirr und Steingut, während beim Brennen zwischen 1200 °C und 1500 °C Steinzeug und Porzellan entstehen. Backsteine weisen je nach der Zusammensetzung verschiedene Farben auf.

Das Brennen von feingemahlenem Kalkstein und Ton ergibt Zement, der je nach Zugaben verschiedene Qualitäten aufweist und beim Mischen mit Wasser und ca. 80 % Kies (1:4) zu festem Beton erstarrt. Dieser schwindet beim Härten, weist Risse auf und ist empfindlich gegen saure Wässer. Bei der Herstellung entwichenes hellgraues Pulver schlägt sich auf die Umgebung nieder und kennzeichnet die Zementindustrieregionen.

Die verschiedensten Arten von Glas werden chemisch hergestellt: Bei 1400 °C bis 1600 °C werden gemahlene und vermischte Rohstoffe – ca. 65 % bis 75 % Kieselsäure, 10 % bis 20 % Alkalien und 10 % bis 20 % gebrannter Kalk – geschmolzen und geläutert, bei 900 °C bis 1200 °C verarbeitet. Die Färbung und Trübung wird durch Zuschläge von Metalloxiden bewirkt.

– *Kalke*

Als fünfthäufigstes Element der Erdkruste erscheint Kalzium in Form von Kalkspat, Kalkstein, Kreide, Kalktuff, Mergel, Marmor. Das Kalziumkarbonat wird in den Meeren zu Muschelkalk und Kreide verwandelt, zu Bergen gefaltet, im Wasser gelöst und zu Tropfsteinen erhärtet, es verkalkt die Leitungen, Behälter und Geräte. Der unter den Erddruck geratene Kalkstein kristallisiert zu widerstandsfähigerem Marmor, doch auch dieser verwittert, wie es bereits Vitruv¹³⁸ und Alberti¹³⁹ beschrieben haben. Bei der Gewinnung von Kalk werden in den Steinbrüchen Wunden in die Landschaft geschnitten, auch der Transport, das Mahlen und das Brennen zu Kalziumoxid erfolgen nicht ohne Umweltbelastung. Bei 1100 °C gebrannter Kalk wird gelöscht und für die Mörtel (als Bindemittel für Mauerwerk oder Verputz) und den Anstrich verwandt. In bestimmten Regionen ist es Brauch, vor Ostern die Häuser innen und aussen zu weissen und sie damit nach dem Winter zu desinfizieren; im Mittelmeerraum werden auch Steindächer weiss überstrichen. Als weisses, körniges Kalziumsulfat (= Gipsstein, Alabaster) gebrannt, wird es für Gipswände, -mörtel, -abdrücke und Stukkaturen gebraucht. Der Gipsmörtel wurde bereits vor drei- bis viertausend Jahren beim Bau von Pyramiden angewandt.

¹³⁸ Vitruv, op. cit., S. 101 ff

¹³⁹ Alberti, op. cit., S. 91 ff

Gesteine sind durchwegs nicht so stabile Gebilde, wie die oberflächliche Wahrnehmung sie taxiert. Sie können Orte chemischer Vorgänge sein, die sie nicht nur visuell verändern, sondern auch in ihrer Konsistenz zerstören. Stein- und Backsteinmauern – nicht nur feuchte Stützmauern, wo die Blumen wachsen, auch Fassaden gotischer Kathedralen und moderner Bürohäuser – können zu wahren Biotopen werden, wenn sie nicht unterhalten werden; Vogelnetze und Reparaturgerüste sind häufige Begleiterscheinungen. Das Bauen mit Gesteinen ist dauernd und eng mit chemischen Prozessen verbunden: von der Gewinnung aus dem Erdreich, der Verarbeitung zu Halbprodukten, dem Erstellen von Bauwerken bis zum Unterhalt von verputzten oder marmorverkleideten Fassaden hoch in der Luft, von Kellerwänden und Ziegeldächern, altrömischen Aquädukten und modernen Autobahnbrücken.

2.5.4.2 Metalle

Die chemischen Eigenschaften und Wirkungen von Metallen nutzten die Erbauer und Bewohner von Bauwerken seit der Bronzezeit. Die besonderen Verhalten gründen auf metallischen Kristallgittern, wo die äusseren Elektronen nur lose gebunden sind und leicht verschoben werden können. Die positiven Ionen im Gitter können durch andersartige ersetzt und Elemente damit zu Legierungen umgebildet werden. Das elektrische Feld kann die Elektronen zu elektrischem Strom anregen; die Anwendung dieser Eigenschaft revolutioniert die Welt seit dem 19. Jahrhundert und führt zur globalen Vernetzung der Menschheit – mit vielen Konsequenzen für die gebaute Welt. Metalle haben das Bauen, die Bauten und das Leben bedeutend verändert. In Drähten und Kabeln, verlegt in den Wänden, Decken und Böden, in Kanälen unter der Strasse, in Röhren unter der Erde, den Flüssen, in Seen und Meeren und auf Masten über den Landschaften fliesst elektrischer Strom, der Felder erzeugt sowie Energie und Information überträgt. Der Strom erfordert Kraftwerke, ermöglicht durch Elektrolyse und andere Prozesse die Erstellung neuer Materialien (zum Beispiel Aluminium), treibt Werkzeuge, Fahrzeuge und Aufzüge an, diese wiederum ermöglichen das Wachsen der Agglomerationen in Breite und Höhe. Der Elektronenstrom wärmt, verursacht immer wieder Brände, zersetzt gewisse Materialien und tötet. Strukturiert generiert er Zeichen auf dem Bildschirm, die jedoch erst in Verbindung mit biochemischen Vorgängen der Wahrnehmung einen Wert bekommen; sie bringen Membranen zum Schwingen, die zwar jeden und alles erschüttern können, jedoch nur dem umfassend Wahrnehmenden vielleicht eine Botschaft vermitteln. Vielfach moduliert erregen die Elektronenströme der Metalle diejenigen in den Nervennetzen und damit Lebensprozesse in ihrer komplexesten Form. Die elektrisierten Baumaterialien wirken physisch auf den Geist.

– *Eisen,*

seit etwa dreitausend Jahren bekannt, zuerst in kleinen Öfen, später in grossen Industrieanlagen, welche ganze Städte samt der Umgebung rostig eingefärbt haben, hergestellt, wird dieses Metall heute in zahlreichen Legierungen angewandt, die seine Eigenschaften beeinflussen: Härte, Elastizität und Rostfreiheit werden durch Beimischung anderer Metalle erreicht. Handwerkliche

Herstellung von Beschlägen, Schössern, Gittern im glühheissem Zustand in der Schmiede wird durch die Stahlindustrie, welche Bleche, Profile und riesige Tragkonstruktionen anfertigt, abgelöst. Das Rosten erfordert Oberflächenbehandlungen wie Verchromen, Feuerverzinken, Brünieren, Plastifizieren, (Einbrenn-)Lackieren, Emaillieren und so weiter im Herstellungsprozess, oder es erfordert Farbanstriche als periodische (Nach-)Behandlung an Ort und Stelle. Der Flugrost von Eisenbahnen lagert sich an umliegenden Bauwerken an, wo er Beton braun einfärbt und Aluminium – Fassadenverkleidungen, Fensterrahmen und so weiter – zersetzt. Die Stähle können zum Teil durch neue Kunst- und Werkstoffe ersetzt werden.

– *Kupfergruppe*

Kupfer, Silber und Gold sowie die Legierungen Bronze und Messing werden seit der „Kupferzeit“ bearbeitet¹⁴⁰. Kupfer – ein zähes, weiches Metall – wird beim Hämmern hart, durch Abschrecken weich, ist gut lötbar, aber schlecht schweiss- und giessbar. Wegen leichter Gewinnung und Verarbeitung fand es breite Anwendung für Gebrauchsgegenstände, Waffen, Gefässe, später auch Rohrleitungen, Dachabdeckungen, -rinnen und -abschlüsse. An letzteren entsteht bei genügend atmosphärem Schwefel Hydroxidsulfat, die grüne Patina, die manch ein Kupferdach ziert. Als nächst dem Silber bester Elektronenstromleiter wird es in Kabeln auf und unter Putz, als Blitzableiter vom Dach verbindet es dieses mit der Erde. Bronze und Messing bilden Fenster-, Tür- und Fassadenteile, Verkleidungen und Beschläge. Das Edelmetall Gold konnte trotz seines hohen Preises vielfältige Verwendung finden: massiv für Schmuck und wertvolle Gegenstände (zum Beispiel Kelche), als Goldblech bereits bei Pharaonen als Verkleidung von Thronessel und Holzschrein¹⁴¹ oder für russische Ikonen. Im Barock wurden Altäre, Kuppeln, sogar Zaungitterspitzen vergoldet. Als 0,1 Mikrometer dicke Blattgoldfolie wird es für Bilderrahmen und (Wand-)Gemälde (zum Beispiel von Heinrich Eichmann) und als Golddampf für Fensterglasbeschichtung gebraucht. Das Gold wurde nicht nur wegen leichter Verarbeitung, sondern vor allem wegen der chemischen Oberflächenbeständigkeit (seine Lichtreflexion bleibt erhalten) verwandt.

– *Blei*

wurde wegen seiner Weichheit, der niedrigen Schmelztemperatur und Oberflächenbeständigkeit seit dem Altertum gebraucht für Wasserrohre und Gefässe, später für Fensterglashalterungen, Dachabdeckungen (von Anpassungsstücken bis zu ganzen Kuppeln), Fassadenverkleidungen (zum Beispiel Bauten von Gottfried Böhm in Paderborn, Ernst Gisel in Herisau, Frank Krayenbühl in Winterthur) und Strahlenschutz (Gamma- und X-Strahlen). In Gemischen wird es für Farben und Gläser angewandt. Die weisslich oxidierte Kuppel des St.-Peter-Doms in Rom ist ein Beispiel für Bleiverbindungen mit den Substanzen der Luft. Alle Bleiverbindungen sowie die Bleidämpfe sind starke Gifte.

¹⁴⁰ Einen Kupferbergbau betrieben die Ägypter schon um 5000 v. Chr. auf der Halbinsel Sinai.

¹⁴¹ Max Hirmer und Kurt Lange: Ägypten, München 1967, Pl. XXXIII und XXXV

– Aluminium

kommt als dritthäufigstes Element der Erdkruste nur gebunden vor und wird in aufwendiger Schmelzelektrolyse seit Mitte des 19. Jahrhunderts aus Bauxit gewonnen. Es lässt sich gut walzen und ziehen; Legierungen mit Magnesium, Kupfer, Silizium und Zink verleihen ihm erhebliche Festigkeit. Wegen seines geringen Gewichtes wird es für Leichtmetallbauten und Möbel (zum Beispiel „Landistuhl“) gebraucht. Als Fassaden- und Dachverkleidungen oder in Form von Profilen für Fenster- und Türrahmen darf es wegen elektrolytischen Potentialen nicht andere Metalle berühren. An der Luft überzieht es sich mit einer dünnen, schützenden Oxidschicht. Aluminium weist 62 % der Stromleitfähigkeit des Kupfers auf und verdrängt dieses zum Beispiel bei Hochspannungsleitungen, wo die Leichtigkeit massgebend wird.

2.5.4.3 Wasser

Wasser kommt in der Natur nicht rein vor. Neben Kalzium, mehr oder weniger Mineralien, Salzen und Mikroorganismen enthält es aufgrund zunehmender Umweltbelastung Substanzen aus chemischen Prozessen, die Lebewesen – von Menschen bis Bäumen und Algen – und Bauwerke schädigen können.

– Trinkwasser

Der Bedeutung und Aufbereitung von Trinkwasser widmet Vitruv¹⁴² das ganze achte Buch und Teile des zehnten Buches. Aquädukte zeugen von der Notwendigkeit der Wasserzulieferungen – deren Zerstörung beschleunigte den Verfall der Ewigen Stadt. Über die rein organische Wirkung hinaus hat das Trinkwasser auch eine soziale Bedeutung. Mumford schreibt: „Der öffentliche Brunnen war häufig ein Kunstwerk, das dem Auge ebenso gefiel, wie es den Durst löschen konnte. Ausserdem war er ein Mittelpunkt der Geselligkeit.“¹⁴³ Indem man in Dörfern alle Häuser an die Wasserleitung anschloss, hat man als Nebenwirkung das gesellige Leben des Gemeinwesens zerstört, ohne dafür einen entsprechenden Ausgleich zu schaffen¹⁴⁴. Heute führen Trinkwasserleitungen in jede Wohnung, Grundwasserschutzgebiete werden angelegt, doch wird das Wasser aus immer weiter entfernten Quellen herangeführt oder chemisch desinfiziert. Lange, dicke Trinkwasserleitungen, Aufbereitungsanlagen wie auch Transporte von verpackten Mineralwassern sind die Folgen der chemischen Verunreinigung.

– Bäder

Das resorbierende und reinigende Waschen erfordert(e) mannigfaltige Einrichtungen, welche – wie das Trinkwasser – über das Chemische weit hinaus in das Soziale, sogar Mystische wirken. Sigfried Giedion erwähnt im geschichtlichen Überblick die ersten Spuren der Bäder auf Kreta¹⁴⁵. Die Griechen pflegten Körper und Geist im Gymnasion, die Römer hingegen waren in den

¹⁴² Vitruv, op. cit., S. 225 ff und 293 ff

¹⁴³ Lewis Mumford: Die Stadt, op. cit., S. 343 ff

¹⁴⁴ Es besteht eine Analogie zu den elektronischen Strömen, die in die private Zimmer fließen.

¹⁴⁵ Sigfried Giedion: Die Herrschaft der Mechanisierung, Frankfurt a. M. 1982, S. 679 ff

Thermen eher auf das Körperliche bedacht; die Moslems vollziehen die Waschungen zum Teil am Brunnen im Hof vor der Moschee¹⁴⁶. Nach Wandlung der Sitten in verschiedenen Kulturen verfügen wir heute über vielfältige Möglichkeiten für die körperliche Hygiene: vom Waschbecken im Eingangsraum oder in der Garage bis zum Kompaktbadezimmer, zum komfortablen Baderaum mit zusätzlichem Meereswasser¹⁴⁷, von der Sauna und dem Türkischen Bad bis zu den Kur-, Sport- und Vergnügungshallen- und -freibädern, wo das Wasser ständig chemisch gereinigt wird.

– *Abwasser*

Im mit organischen und anorganischen Substanzen angereicherten – vor allem stehenden – (Abfall)Wasser beginnen übelriechende und gesundheitsgefährdende chemische Prozesse; die Beseitigung von Schmutzwasser beschäftigt die Menschen seit dem Altertum. Die Lösungen reichen vom bäuerlichen Trockenklosett mit Faulgrube aussen am Gang bis zu den kompakten sanitären Knoten eines städtischen Wohnblocks, vom Strassenwischer mit Besen und Schaufel bis zu moderner Strassen- und (Park-)Platzentwässerung mit Benzinabscheider und getrennten Abwasserkanälen für Regen- und Abfallwasser (Bad/WC-, Küchen-, Waschküchenabwasser), von Kloaken mit Ratten und Schauplätzen für Kriminalfilme bis zu den Kläranlagen¹⁴⁸. Man unternimmt grosse Anstrengungen, die mit Abwasser aus Siedlungen und Industrien überlasteten und faulenden Seen mit frischem Wasser und Sauerstoff zu sanieren. Und doch wäre Venedig ohne Geruch, mit klaren Kanalwässern, nicht die altvertraute Lagunenstadt.

– *Schutz gegen Eindringen von Wasser*

Das Wasser, auch wenn es ursprünglich naturrein ist, soll nicht in Holz, Naturstein, Backstein, Verputz, Beton und andere Baumaterialien eindringen und dort unerwünschte chemische Reaktionen auslösen. Dagegen werden die Bauten mit Dächern, Vordächern, Verkleidungen, Anstrichen und Imprägnierungen geschützt. Wasser- und dampfdichte Schichten werden über und unter die Dächer, in die Wände, über und unter die Böden gelegt, je nach Klima werden verschieden weit auskragende Vordächer und Arkaden errichtet, Holzbauten werden zum Beispiel in den Alpen oder in Japan vom Boden gehoben und auf Steine gestellt, Stroh- und Schindeldächer werden öfters erneuert oder durch dauerhaftere Materialien ersetzt. Lüftungsschichten zwischen dem Wetterschutz und der feucht werdenden Wärmeisolation ermöglichen das Austrocknen des eingedrungenen Wassers. Trockene, nicht den chemischen Prozessen ausgesetzte Bauten erhalten sich länger, Menschen, Tiere, Pflanzen und Waren werden gegen das schädliche Einwirken von Rost, Fäulnis und Mikroorganismen geschützt.

¹⁴⁶ Henri Stierlin: Architektur des Islam, Zürich und Freiburg i. Br. 1979

¹⁴⁷ z.B. in der Residenz „The Breakers“ ausserhalb von Newport, USA

¹⁴⁸ Alain Corbin: Pesthauch und Blütenduft, Berlin 1984

2.5.4.4 Luft

Die Gerüche vermitteln den meisten Lebewesen existenziell wichtige Informationen über Stoffe, Prozesse und andere Wesen im Umraum. Ein Ding wird nur als solches erkannt, wenn auch der Geruch stimmt. Eine Katze nimmt auf dem Bild(-schirm) kein Fleisch wahr. Beim Menschen haben die Gerüche an Bedeutung verloren, obwohl sie für die Wahrnehmung von Situationen gerade die spezifischen Untertöne anbringen. Der Mensch hat zwei Möglichkeiten, die Wirkung der Luft auf sich zu beeinflussen: entweder er wechselt den Ort oder die Luft.

– Standort

Wie wichtig die Geruchswahrnehmung für die Ägypter war, zeigt Giedion am Beispiel der Situierung der Statue des Pharaos Djoser: „There sat the King in the darkness of his paneled closet. Only two round holes cut at eye level in the wall facing him linked him with the outside world. Through them he could receive the odors of incense ...“¹⁴⁹ Die Empfehlungen Vitruvs zum Standort der Städte, zur Richtung der Strassen¹⁵⁰, zum Stil des Hauses¹⁵¹, die Forderungen Albertis betreffend Luftkanäle¹⁵², Gründung von Städten¹⁵³ und Wiederherstellung von Bauten¹⁵⁴ belegen die Wertung der Luftqualität in einer holistisch begriffenen Architektur. Die Flucht des Edelmanns ins Hinterland¹⁵⁵, die Verlegung des französischen Regierungssitzes aus dem stinkenden Paris nach Versailles, die spätere Sanierung der Hauptstadt durch Haussmanns Boulevards¹⁵⁶, das Anlegen von Parks in London¹⁵⁷ und von Schrebergärten, die Gründung von Sanatorien (zum Beispiel in Davos), die Tendenz zum Wohnen ausserhalb der Stadt oder die Autofahrt ins Grüne am Wochenende sind durch die Suche nach angenehmerer Luft mitbegründet.

– Lüftung

Die verbrauchte und belastete Luft kann mit Hilfe von Auftrieb oder Ventilatoren ausgewechselt, regeneriert und gereinigt werden. Der Verdichtung des Lebensraumes in den Siedlungen und Städten folgten ab Mitte des 18. Jahrhunderts hygienische Normen. In der Bemühung um „Anpassung von Raum und organischem Körper“ postulierte man, dass ein Individuum sechs bis zehn Kubikmeter Luft pro Stunde braucht. Die Belüftungsnormen wurden festgelegt und die Definitionen der optimalen Raumgrößen formuliert; eine Pariser Polizeiverordnung von 1848 schreibt vor, dass jedem Individuum ein Raum von vierzehn Kubikmetern zur Verfügung stehen muss. Die Decke eines Zimmers sollte nie weniger als drei bis drei Meter fünfzig hoch

¹⁴⁹ Sigfried Giedion: *The Beginnings of Architecture*, Princeton 1981, S. 290

¹⁵⁰ Vitruv, op. cit., S. 45 ff und 59 ff

¹⁵¹ *ibid.*, S. 257 ff

¹⁵² Alberti, op. cit., S. 131 ff

¹⁵³ *ibid.*, S. 180 ff

¹⁵⁴ *ibid.*, S. 525 ff

¹⁵⁵ Andrea Palladio, op. cit.,

¹⁵⁶ Lewis Mumford: *Die Stadt*, op. cit.

¹⁵⁷ Sigfried Giedion: *Space, Time and Architecture*, op. cit., S. 618 ff

sein; andernfalls befände sich der Kopf „in der gleichen Zone, in der sich auch die leichtesten und ungesunden Gase aufzuhalten pflegen.“¹⁵⁸

Die Empfehlungen der Hygieniker und der Wunsch nach Komfort, räumlicher Trennung des Dienst-, Repräsentations- und Intimbereiches haben im Laufe des Jahrhunderts zur Veränderung des traditionellen Wohnungsbaus geführt.¹⁵⁹ Die ökonomische Nutzung des Raumes, die Verlegung der Bäder, Aborte und Küchen in das Innere des Hauses erfordern mechanisierte Lüftung; grundrisslich ausgedehnte Bürobauten müssen klimatisiert werden – dies hat neue Fassadenkonstruktionen zu Folge. Lüfungsdecken und -schächte (meist auch für darunterliegende Garagen), Verteilkanäle, Dachaufbauten, technische Zwischengeschosse bei Hochhäusern müssen die Abfuhr verbrauchter und die Zufuhr frischer Luft gewährleisten.

– *Behandlung der Luft*

Die verbrauchte Luft wird in Klimaanlage behandelt: gereinigt, temperiert, befeuchtet; bei mangelndem Unterhalt sammeln sich in Kanälen und Filtern Schmutz, Mikroorganismen, Insekten, die das ganze Haus verseuchen können. Durch die Klimatisierung wird in allen Räumen ein einheitliches Klima erreicht. Eine erlebnisreichere Atmosphäre hingegen herrscht, wo natürliche Stoffe – unpräpariertes Holz, Harze, ätherische Öle, Pflanzen und Tiere – die Atmosphäre prägen. Das Fehlen des Holzgeruches in einem mit Holztäfer und Holzboden ausgekleideten Raum macht die Echtheit des Holzes zweifelhaft; in einem Cheminée ohne Geruch wurde seit langem nicht mehr gefeuert; „The Cloisters“ in New York kann schon wegen fehlender provenzalischer Düfte nicht authentisch erlebt werden; eine gotische Kathedrale wird in den Autoabgasen anders als im Geruch des Pferdemitestes wahrgenommen. Mit „natürlichem“ Duft besprayed Kunstleder wird nicht zu echtem Leder, und mit stimulierenden Düften angereicherte klimatisierte Luft macht die Kaufhäuser nicht zu Ferienorten. Eine echte Atmosphäre riechen wir.

2.5.4.5 Verbrennung

Die Verbrennungsprozesse finden im Freien, in Öfen und Kesseln statt. Nebst der unmittelbaren Verbrennung von Holz, Torf, Kohle, Abfällen, Erdöl und -gas wirkt sich der Umgang mit Energiequellen – die Zufuhr (aus dem nahegelegenen Wald, dem Ruhrgebiet, aus Sibirien oder der arabischen Wüste), die Lagerung (unter dem Vordach, in der Zisterne), die Immisionen (Smog, saurer Regen), die Sicherung – auf die Bauwerke und Landschaften aus. Das Holz erfordert Forstwirtschaft, Transport, Trocknen, es wird gesägt, gespalten, an den Aussenwänden oder in Holzschuppen gestapelt und neben der Feuerstelle (Cheminée, Ofen) bereitgehalten. Unterschiedliche Hölzer brennen verschieden schnell, „spritzen“ und werfen Funken. Die Asche und der Russ werden mit Behältern oder durch Rohre beseitigt, eventuell im Garten zerstreut, der Rauch geht in die Luft, riecht aber eher angenehm. Steinkohle, Erdöl und

¹⁵⁸ Alain Corbin, op. cit., S. 223 ff

¹⁵⁹ Sigfried Giedion: Die Herrschaft der Mechanisierung, op. cit., S. 557 ff

Erdgas sind in menschlichen Zeitdimensionen nicht regenerierbar. Kohle wird in Bergwerken gewonnen, in Kellern gelagert, der Rauch riecht unangenehm. Erdöl wird den Erdschichten unter den Wüsten und Meeren entnommen, in Pipelines und Tankern transportiert, in Zisternen gelagert; Gas gelangt in Leitungen oder Flaschen zum Verbraucher. Abfälle werden in industriellen Anlagen verbrannt, Abgase weitgehend gefiltert; Gerüche gelangen trotz Reinigung in die Atmosphäre. Der Gebrauch von Kerzen, die Benutzung von Öllämpchen, Kochherden, offenen und geschlossenen Feuerstellen reicht in die ältesten Zeiten zurück; Petroleum- und Gaslampen, auch Strassenlaternen, kamen später hinzu; Fackeln und Feuerwerke sind beliebte Festzutaten und -ereignisse.¹⁶⁰

Das Verbrennen in Bauwerken war und ist häufig die Ursache von Bränden. Brandschutz ist ein wichtiger Teilaspekt des Bauens. Viele Städte sind Bränden zum Opfer gefallen. Die steinernen Gewölbe der Kirchen haben auch wegen der Feuerbeständigkeit die hölzernen Dachkonstruktionen verdrängt. Zwischen Häusern baute man Brandmauern, Fabriken hielten Wasserreserven in Bassins oder Türmen bereit. Die Materialien werden in Brand- und Rauchklassen eingestuft und entsprechend angewandt, Feuerlöscher, Rauchabzüge, Lüftungsflügel, Rauchklappen, Feuermelder, Sprinkleranlagen und Hydranten werden installiert, Brandabschnitte, Fluchtwege (Korridore, Balkone, Treppen), Feuerwehruzugänge und -zufahrten angelegt, Aufzüge gesperrt. Sehr effizient wird die Verbrennung von Sprengstoff (Oxidation, bei welcher explosionsartig heisse Gase entstehen) genutzt, um Bauwerke in Sekunden in Schutt zu verwandeln, woraus wieder Neues entstehen kann.

2.5.4.6 Bindemittel

Das Zusammenhalten von gleichen oder verschiedenen Materialien, kleinsten Gegenständen und grossen Bauwerken, wird ausser mit mechanischen Vorrichtungen auch mit Klebstoffen erreicht. Neben Mineralien wie Kalk und Zement weisen organische Stoffe die Klebefähigkeit auf. Im Steinzeitalter wurde Birkenharz als Bindemittel angewandt, in Mesopotamien (rund 4000 v.Chr.) wurden Klebstoffe aus Tierhäuten, Blut, Eiern hergestellt, man hat Asphalt gekannt, in Ägypten wurde Leim aus Fischen und Häuten gewonnen, Griechen und Römer haben dem Kalk Eiweiss beigemischt, die Römer entdeckten Vorstufen des Betons. Im Europa des 16. und 17. Jahrhunderts hat man Furnier mit Knochenleim geklebt und mit Ölfarben bemalt, bis sich im 20. Jahrhundert die industrielle Verarbeitung von Natur- und Kunststoffen ausbreitete. Die Bindemittel halten nicht nur grosse Stücke zusammen, sie sind Bestandteile der Holzfaserplatten und Kunststeine.

2.5.4.7 Kunststoffe

Durch Umwandlung grossmolekularer Naturprodukte, der Zellulose und Kohle, des Erdöls und -gases, durch chemische Verknüpfung kleiner Moleküle zu Makromolekülen gewonnene

¹⁶⁰ Werner Oechslin: Vom Feuerwerk zur Festarchitektur: Die festliche Inszenierung als Aufgabe der Architektur, in: Festarchitektur, Stuttgart 1984, S. 19 ff

Kunststoffe haben rasch Einzug in alle Bereiche des Bauens gefunden. Grob eingeteilt sind das die Plaste – synthetische Stoffe, die bei der Formung mit erhöhter Temperatur einen plastischen Zustand durchlaufen und beim Abkühlen ihre Gestalt behalten –, die Elaste, welche sich gummielastisch verhalten, die Faserstoffe, Silikone, Pestizide und Insektizide. Die grossen Moleküle der organischen und synthetischen Stoffe sind schwächer zusammengebunden als diejenigen der Minerale und Metalle. Sie trennen sich eher unter mechanischem Druck, unter der Wärme und den Strahlungen; die Materialien sind weniger beständig. Die chemisch hergestellten Baustoffe ermöglichen beziehungsweise erfordern geeignete Konstruktionen und Formen, schaffen aber auch neuartige Wahrnehmungen. Sie können nicht ohne weiteres für bestehende, besonders schützenswerte Bauten angewandt werden, da sie den Gesamtausdruck verändern und die Stilechtheit vernichten können.

– *Plaste*

in Form von einzelnen Stücken, dünnen Schichten, Fäden, Netzen, Profilen, Folien, Platten, Füllstoffen und grossen Gegenständen prägen zunehmend den Umraum. Folien – transparente, farbige und schwarze – schützen die Baugruben, den Frischbeton, Dächer und Fassaden bei Renovationen, trennen Materialien voneinander, hindern den Zutritt von Wasser und Dampf. Dünne Schichten werden auf Fassadenbleche, Türzargen, Möbel und Geräte gebrannt, als Ein- oder Mehrkomponenten-Kleber zwischen Materialien gleichmässig verteilt und getrocknet oder als definitive Boden- und Wandoberflächen angestrichen, als Kunstleder geschichtet. Dickere Schichten werden als beständige Bodenbeläge oder als harte und glatte Oberflächen für Möbel, Türen und Wände auf die Spanplatten geklebt. Dicke Schaumstoffplatten (aufgeschäumtes Polystyrol) werden zwischen Konstruktionsschichten als Wärme- und Trittschalldämmung gelegt, andere Schaumstoffe werden am Ort in die Schlitze gepresst. Aus Profilen werden Rohre und Rinnen für das Frisch-, Dach- und Abwasser, für Fensterrahmen, Rolläden, Sonnenblenden, Treppenkanten, Handläufe, Eckleisten und ähnliches angefertigt. Organische Gläser (Acrylglas) werden als Sicherheitsscheiben, Geländer, gewölbte Verglasungen, Lichtdächer, Oberlichter, Lichtkuppeln mit oder ohne Einfassung befestigt.

– *Elaste*

Am Bau werden Elaste für Wasserabdichtungen, Schallisolationen (zum Beispiel die Lagerung von schweren haustechnischen Motoren auf der obersten Decke, „Haus auf Haus“-Konstruktionen), Fenstereinfassungen, Türdichtungen, Dilatationsfugen, aber auch für Bodenbeläge verwendet. Zwei Drittel davon sind heute Synthetikgummi. Strahlungen und Wärme beschleunigen das Altern der Elaste.

– *Faserstoffe*

Die feinsten natürlichen Faserstoffe werden von den Seidenraupen produziert und von Menschen zu Textilien, für Vorhänge, Dekorationen, Schirme und Netze gewoben. Die Schafwolle, Baumwolle, Jute und ähnliche für Teppiche, Vorhänge, Überzüge, Fäden, Seile,

Netze und Planen werden von Glas-, Schlacke- und Gesteinsfaserstoffen verdrängt. Die synthetische Wolle ist ein weitverbreitetes Wärmedämmmaterial.

– *Pestizide*

Die organischen und anorganischen Baustoffe können von Bakterien und Insekten in Besitz genommen werden. Der Mensch vertilgt die Schädlinge mit Pestiziden, Insektiziden und anderen Giften. Das Holz wird präventiv imprägniert, Teppiche werden besprayed. Die Gifte verflüchtigen sich in die Luft und wirken auf alles Lebende – auch auf Menschen, Tiere und Pflanzen.

2.5.4.8 Fäulnis und Verwesung

Das Faulen – das Zersetzen organischer stickstoffhaltiger Stoffe durch Bakterien oder Pilze – erfolgt ohne Sauerstoff; Endprodukte sind unter anderem übelriechende Ammoniak und Schwefelwasserstoff. Die Prozesse werden durch Erhitzen, Unterkühlen, Austrocknen oder durch den Zusatz von Alkohol verhindert oder gehemmt.

Die unter reichlichem Luftzutritt stattfindende Verwesung – die oxidative Zersetzung von Eiweissen durch Mikroorganismen – hat Endprodukte wie Ammoniak, geruchloses Kohlendioxid, Wasser, Nitrate, Sulfate und Asche zur Folge. Die Einrichtungen in Küchen, Bädern, Spitälern und so weiter müssen gründliches Reinigen zulassen.

2.5.4.9 Vegetation

Die Flechte, Doppelwesen aus Pilzen und Algen, dringen nach Bakterien als erste Pflanzen in die steinigen Bereiche, seien es die Gebirge oder die steinernen Bauwerke, vor. Nach genügender Zersetzung folgen ihnen die Moose, die die Dächer und Fassaden bedecken und den Nährboden für die höherentwickelte Vegetation bilden.

Den lebenserzeugenden Prozess der Photosynthese und damit primär der Nahrungsbildung für sich und die Tiere hat der Mensch meistens zu seinem Nutzen gefördert – es gab und gibt aber auch schwer gutzumachende Plünderungen der Natur (zum Beispiel den Kahlschlag der adriatischen Inseln durch die Römer oder die heutigen Rodungen von Tropenwäldern). Die Landwirtschaft ermöglichte den Übergang vom Nomadentum zur festen Ansiedlung. Vom Ackerbau mit Bewässerungsanlagen in Ägypten und hängenden Gärten in Mesopotamien bis zu den Bauernhöfen, Hausgärten, (Zier-)Pflanzen auf den Balkonen, Flachdächern, in den Treibhäusern und Orangerien, in Hotel- und Bürohaushallen, Wohnungen, begrünten Siedlungen, städtischen Parks und Baumalleen, botanischen, japanischen und chinesischen Gärten¹⁶¹ zeugen die Bemühungen der Menschen von seiner mannigfaltigen, engen Verbundenheit mit und seiner Abhängigkeit von der Vegetation. Die Landwirtschaft hat

¹⁶¹ Roland Rainer: Die Welt als Garten – China, Graz 1976

Siedlungsformen geprägt – manchmal sind Bauernhöfe und Dörfer mitten im Feld, andernorts behutsam am Wald- oder Hügelrand entstanden; der Mensch hat für die Pflanzen – die Früchte, den Anblick, die Düfte – Töpfe, Tröge, Gärten, Pergolen, Gartenhage, Äcker, Gewächshäuser und städtische Grünanlagen errichtet, sie bewässert, gedüngt, das Gelände geebnet und terrassiert, Bauten errichtet (von der Gartenlaube bis zum Kunststoffzelt und Betriebsgebäude), landwirtschaftliche Geräte konstruiert, aber beim Anblick einer Pflanze (zum Beispiel im japanischen Garten) auch über das Leben philosophiert. Wohl wandelt die Vegetation das CO₂ und Licht in Sauerstoff und organische Nahrung um, doch oft ruft ein einzelner duftender Feigenbaum im kalkigen Mittelmeerdorf ebenso erfreuliche Emotionen hervor wie seine elementaren Formen, Farben und Klänge.

2.5.4.10 Tiere

Tiere sind unentbehrliche Begleiter der Menschen. Viele bewohnen die gleichen Räume – nicht nur Tierliebhaber, auch Bauern(knechte), Hirten – atmen dieselbe Luft, geniessen die Wärme. Der Mensch lässt die Tiere für sich arbeiten, trinkt ihre Milch, isst ihr Fleisch, verwendet ihr Blut für Klebstoffe, ihre Häute für Kleidung, Geräte, Waffen, Trommeln, Zelte, Teppiche, Möbel und Wohneinrichtungen, ihre Knochen, Hörner und Zähne für Gebrauchsgegenstände und Leime, ihre Därme für Saiten, ihr Gefieder für Betten, Hüte, Schmuck und so weiter.

Um die Tiere halten zu können, hat er für sie Ställe – mit dem Wohnhaus zusammen oder getrennt – und zoologische Gärten gebaut, Volieren und Aquarien konstruiert und Teiche gegraben, aber auch die industrielle Produktion von Fleisch¹⁶², Eiern und Fischen in Hallen, Batterien und Bassins, mit allen bedenklichen Folgen, in Gang gesetzt und schliesslich die Tiere sogar genetisch manipuliert.

Gegen Insekten wurden Sprays und Holzschutzmittel entwickelt, gegen die Tauben – wegen dem Kot – auf Fassaden Netze gespannt, für den Hundekot auf Trottoirs Sammelboxen aufgestellt, die Katzen erhalten Leitern an den Hausausseiwänden, man pflegt Biotope und legt neue an, versucht die bestehenden in die Neuüberbauungen zu integrieren und erhalten. Man erfreut sich des morgendlichen Vogelgesangs, des gelegentlichen Besuchs des Fuchses, manch einem Stadtbewohner wärmt nachts ein Hund oder eine Katze die Füsse. Es geschehen komplexe emotionale Beziehungen. Das Leben sind biochemische Prozesse. Biochemische Prozesse erzeugen das Leben. Die Welt erschafft sich in Wechselwirkungen.

2.5.4.11 Lebensmittel

Die biochemischen Vorgänge in den Muskelzellen erzeugen die physische Kraft, diejenigen in den Nervenzellen machen auf der höchstorganisierten Stufe der Materie Emotionen, Erinnerungen und Gedanken aus. Der Nachschub von Energie und Aufbaustoffen erfordert

¹⁶² Sigfried Giedion: Die Herrschaft der Mechanisierung, op. cit., S. 238- 287

viele chemische Prozesse in der gebauten Umwelt. Das Essen und Trinken, der Genuss von Geruch und Geschmack, die Abneigung gegen Gestank sind mit gesellschaftlichen Ritualen verbunden und wirken bis in die kleinsten Details und Materialwahlen der Umgebung. Das Gekochte schmeckt und riecht verschieden, wenn es auf offenem Feuer oder auf elektrischer Kochplatte, in der Ton-, Gusseisen-, Stahl- oder Aluminiumpfanne zubereitet, von dünnen Porzellan-, dicken Keramik-, leichten Karton- und Kunststofftellern, mit Silber-, Chromnickel- oder Aluminiumessbesteck gegessen wird; der Wein schmeckt und riecht anders, wenn er aus Zinnbechern, dickem oder feinem Kristallglas getrunken wird. Die Räume, wo gekocht und gegessen wird, deren Materialien, ob schwarze Küche mit getrennten Essplätzen für die Hausherrn und die Knechte, bürgerliche Ess-Salons, Frankfurter Küche mit Esstisch in der Wohnstube oder Wohnküche, gediegenes oder Fast-food-Restaurant, Gartenwirtschaft oder Speisewagen, Trinkkeller oder drehendes Dachrestaurant – all die baulichen Einrichtungen beeinflussen das Schmecken, Riechen, Verhalten. Adolf Loos schreibt über gutes Essen: „Soviel als möglich wird bei tisch gemacht; es ist eine freude zuzusehen. ... je vornehmer gespeist wird, desto mehr wird bei tisch gekocht.“¹⁶³

Als Erinnerung an die unmittelbaren Herstellungsweisen der Lebensmittel, im Unterschied zu abgerückter, steriler Lebensmittelindustrie, gekühlten Lagerhallen, bestrahlten und bewässerten Zelten, welche Tomaten im Winter möglich machen, Grosstransporten und Supermärkten, haben sich – vielfach nur als Museumsobjekte – Zeugen wie Mühlen, Pressen, Speicher, Obst- und Weinkeller, Rauch- und Getreidekammern erhalten.

2.5.5 FAZIT

Die vielen Beispiele chemischer Prozesse und Eigenschaften von Materialien zeigen, wo und in wie komplexen Zusammenhängen diese das Erstellen und Erhalten von Bauwerken und das Leben der Population beeinflussen. Der Wissenszuwachs aufgrund der hier vorgeschlagenen Systematik ist nicht nur die Übersicht der fürs Bauen der Umwelt relevanten Vorgänge, sondern auch das Aufzeigen von Mechanismen von Interaktion mit dem Organismus, dem umfassenden sinnlichen Empfinden und den Wahrnehmungen. Es ist ersichtlich, dass nicht nur chemische Prozesse der Materialien der Umwelt untereinander wichtig sind, sondern dass biochemische Vorgänge von Menschen davon beeinflusst, in jene der Umwelt eingetaucht sind, mit ihnen eine untrennbare Einheit bilden. Der menschliche Organismus ist Teil dieser Prozesse: Die Atmung, der Metabolismus, die Erkrankungen und die sinnliche Wahrnehmungen, das Leben, Erinnern und Denken selbst sind biochemische Vorgänge. Das Leben gründet auf ihnen – und die Existenz von Bauwerken auch. Wie Menschen mit diesen interaktiven Vorgängen umgehen, so erschaffen sie die Lebensqualität.

¹⁶³ Adolf Loos: Die moderne siedlung, in: Trotzdem, Reprint Wien 1982, S. 194

Die Stoffe entstanden in der Jahrtausenden andauernden Erdgeschichte und stellen somit einen Wert an sich dar. Sie können in ursprünglicher Form eingebaut werden und ihre Vergangenheit lesbar zeigen, oder sie werden verarbeitet in weltweiten Prozessen aus Rohstoffen, Energie, unter Einsatz der Technologie und menschlicher Arbeit, welche mit entsprechendem Wissen auch wahrgenommen werden können. Es ist wichtig, ob sie aus erneuerbaren oder nicht erneuerbaren Rohstoffen und Energiequellen gewonnen, mit welchem Energieaufwand sie hergestellt und transportiert werden, und welche Folgen die Gewinnung in umfassenderen Wirkungskreisen (biologischen, sozialen) hinterlässt. Dies gilt sowohl für die Neubau-, als auch für Abbau- und Verwertungsprozesse. In industrieller Massenproduktion ziehen die Herstellung von Baumaterialien, ihr Unterhalt und ihre Beseitigung weite Kreise. Erkennbare, versteckte und mögliche (Langzeit-)Folgen erfordern Kenntnisse der Komplexität wie auch erhöhte Aufmerksamkeit bei der Planung und der Pflege von Bauwerken. Ob Bauentwürfe mit Bleistift oder auf dem Bildschirm entstehen, Materialien aus der nächsten Nähe oder aus weltweiten chemischen Prozessen stammen, ob der Überzug eines Fauteuils in einem klugen technologischen Prozess entstanden ist oder ein Tier dafür die Haut opfern musste, ob ein Fensterrahmen aus nahe gewachsenem Holz von einem Schreiner im Quartier gemacht, aus Aluminium (Bauxit mit viel elektrischem Strom) von weit her geholt oder aus Kunststoff im gut durchdachten lokalen Recycling hergestellt wurde, wirkt sich entscheidend auf die gebaute Welt und das Leben aus. Ob derselbe Lehnstuhl, dasselbe Fenster, Dach und so weiter fachgemäß mit chemisch wirkenden Stoffen gepflegt und unterhalten oder ob es der Witterung, der Oxidation und dem Faulen überlassen wurde, beeinflusst seine Lebensdauer, die Forderung nach Neuem und die Erinnerung ans Alte.

Menschen setzen eine zunehmende Menge von Stoffen in Bauwerken ein, diese wirken in fertig gebauten Bereichen aufeinander und auf die Menschen zurück. Die Zersetzungen bilden neue Gemische, die sich in der Luft und den Gewässern ausbreiten und weitere unvorgesehene Folgen für Bauten, Vegetation, Tiere und Menschen haben können. Wegen zunehmendem Anteil an der Gesamtwechselwirkung zwischen Menschen und ihrer Umwelt müssten die Vorgänge Gegenstand jeder Architekturbetrachtung und -kritik sein. Die wissenschaftliche Bearbeitung stellt der baukünstlerischen Tätigkeit einen festeren Boden zur Verfügung, indem sie Materialien systematisch auf alle Wirkungen hin beurteilen hilft und das Bewusstsein schärft, dass chemische Wirkungen in der Herstellung, dem Gebrauch, der Pflege und dem Erleben ebenso wichtig sind wie das Gewicht, die Konsistenz, die Wärme, die Strahlungen, mit diesen eng verknüpft und einander gegenseitig beeinflussend. Chemische Prozesse sind Teilgeschehen der gesamten Mensch-Umwelt-Wechselwirkung.

2.6 STRAHLUNGEN

2.6.1 ELEKTROMAGNETISCHES SPEKTRUM

Atome der gesamten Materie, die eine Temperatur über dem absoluten Nullpunkt aufweist, schwingen an ihren Orten. Mit ihnen schwingt ihre elektrische Ladung, welche aus der Spannung zwischen positiv geladenen Atomkernen und negativ geladenen Elektronen resultiert. Die Schwingungen erzeugen elektromagnetische Wellen, deren Längen von unendlich bis zu den kürzesten der Höhen- und Gammastrahlen reichen und in einzelnen Bereichen unterschiedlich wirken. Die gesamte elektromagnetische Strahlung wird in folgende Wellenlängenbereiche eingeteilt:

Unendlich bis 30 km	Niederfrequenz	Regeltechnik, Telegraphie
18 000 km	Wechselstrom	elektrische Bahnen
6 000 km		allgem. Energieversorgung
18 800 km – 15 km	Tonfrequenz	Übertragung von Sprache und Musik
30 000 m – 1 cm	Hochfrequenz	Telegraphie, (Rund)funk, Fernsehen, Radar
1 cm – 0,1 mm		Millimeterwellen und Mikrowellen
1 000 – 25 μm	fernes Infrarot	
25 – 2,5 μm	mittleres Infrarot	
2,5 – 0,7 μm	nahes Infrarot	
700 – 610 nm	rotes Licht	
610 – 590 nm	oranges Licht	
590 – 560 nm	gelbes Licht	
560 – 490 nm	grünes Licht	
490 – 440 nm	blaues Licht	
440 – 400 nm	violettes Licht	
400 – 320 nm	ultraviolette (A-)Strahlung	
320 – 280 nm	ultraviolette (B-)Strahlung	
280 – 10 nm	ultraviolette (C-)Strahlung, von Ozonschicht absorbiert	
60 – 0,02 nm	Röntgenstrahlen	
kürzer als 0,02 nm	kosmische Strahlung u.a.	

Die masselose Strahlung breitet sich mit der Geschwindigkeit von 300 000 km/s im leeren Raum aus; die Geschwindigkeit der massebehafteten Strahlung ist kleiner als diejenige des Lichtes. Bei Kernreaktionen (auf der Sonne 6000 °C) oder in Teilchenbeschleunigungsanlagen strahlt die Materie Partikel (e^- , p^+ , n^0) ab. Es sind auch in der Biosphäre Elemente vorhanden, die radioaktive Strahlung aussenden. Die natürliche radioaktive Strahlung setzt sich in Mitteleuropa aus zirka 23 % Erdstrahlung (K40, C14), 15 % kosmischer Strahlung, 12 % Strahlung aus dem Körperinneren und 50 % aus Radon zusammen. Die Werte können sich

durch die Anwendungen in der Medizin (Röntgen, Nuklearmedizin), Technik und in Konsumgütern etwa verdoppeln.¹⁶⁴

Zwischen verschiedenen elektrischen Ladungen entsteht das elektrische Feld; fließt zwischen beiden Ladungen der elektrische Strom, wird das magnetische Feld erzeugt.

2.6.2 AUSWIRKUNGEN DER STRAHLUNGEN IN DER UMGEBUNG¹⁶⁵

Wenn in einem abgeschlossenen System Körper gleicher Temperatur genausoviel Strahlung emittieren wie absorbieren, besteht ein Strahlungsgleichgewicht. Die sich hauptsächlich durch die Erdrotation lokal ändernde Einstrahlung der Sonne bewirkt jedoch ständige Energieflüsse. Die Stoffe mit niedriger spezifischer Wärme und dunkler Oberfläche reagieren schneller als jene mit hoher Wärmekapazität und heller Oberfläche. Sie verarbeiten verschiedene Bereiche des Strahlenspektrums unterschiedlich: Glas und Wasser sind transparent für die sichtbaren, aber opak für die infraroten Strahlen; Metalle reflektieren das sichtbare und das infrarote Licht zum Teil sehr stark.

Die Strahlen breiten sich in der homogenen Materie geradlinig aus, brechen bei Übergängen zwischen verschiedenen dichten Stoffen, werden an der Oberfläche selektiv absorbiert, reflektiert, gestreut, sie interferieren und können mit Hohlspiegeln gebündelt werden. Die anfallende Strahlungsenergie kann in andere Energieformen – kinetische (Wärme), chemische, elektrische – umgewandelt, der Aggregatzustand, die Konsistenz und andere Eigenschaften können verändert werden. Körper, der starken Sonnenstrahlung ausgesetzt, erhitzen sich an der Oberfläche stärker als im Inneren, können reißen und verwittern schnell; hell gestrichenes Holz ist dauerhafter als dunkel gefärbtes; schwarzes Bitumen wird weich; an der Sonnenseite werden Häuser und Landschaften schneller vom Schnee befreit und getrocknet als im Schatten; hinter Glas werden die Stoffe wärmer als hinter Holz, Gestein oder Metall. X- und Gamma-Strahlen schlagen die Elektronen aus deren Bahn um die Atome und ionisieren sie.

Die atomar, molekular, kristallin, zellulär veränderten Strukturen verarbeiten die Strahlungen wieder anders: Moleküle wachsen und zerfallen, die Stoffe verfärben, vereinheitlichen oder differenzieren sich, sie altern. Ob die Sonne oft oder selten, stark durch reine und trockene oder geschwächt durch verschmutzte und gesättigte Luft, steil oder flach einstrahlt, nur oder zusätzlich von Wasser, Schnee, Gesteinen, Pflanzen oder Asphalt reflektiert wird – die Strahlung verändert die Steine, das Holz, das Lebende und deren Wechselwirkung mit der Umgebung permanent. Die vielfach modulierte Strahlung ist in jedem Punkt des Lebensraumes und in jeder Zeit anders; sie hinterlässt Spuren in der Materie, sie schreibt Geschichte, erzeugt einen Alterswert. Die Besonderheit und Attraktivität von alten Bauwerken, Ambienten und

¹⁶⁴ scr: Unsere Begegnung mit Verstrahlung, NZZ Nr. 112 vom 17./18. 5. 1986, S. 35

¹⁶⁵ Es ist nicht die Absicht dieser Arbeit, einzelne Wirkungen zu untersuchen, sondern ihre Vielfalt aufzuzeigen, welche für die Gesamtwirkung von Materialien und die Gesamtwahrnehmung der Menschen massgebend ist.

Landschaften besteht auch in den Spuren, welche die wechselhaften, spezifischen, lokalen Strahlungsgemische darauf gezeichnet haben. Die einmal vorhandene Strahlungssituation wird nie mehr genau wiederholt.

Die Reibungen der Stoffe, zum Beispiel eines gläsernen Stabes und eines Wolltuches, der Schuhe und des Teppichs oder der Luft- und Dampfpartikel in den Turbulenzen der Gewitterwolken, die Bewegung des Metalles durch ein Magnetfeld oder die elektrolytische Wirkung erzeugen getrennte elektrische Ladungen und elektromagnetische Felder. In diesen verhalten sich Materialien verschieden: Metalle reagieren mit einer Ladungsverschiebung.

Die jeweilige Strahlungssituation ist die Folge vieler Wirkungen der Materie: der Gravitation und der Bewegung, der Konsistenz und der Aggregatzustände, der thermischen, chemischen und atomaren Vorgänge.

2.6.2.1 Gesteine

In der Biosphäre emittieren die Gesteine – ausser der glühenden Lava – keine eigene sichtbare, jedoch infrarote und zum Teil auch radioaktive Strahlung. Ihre Strukturen und Mischungen verschiedener Grössenordnungen verarbeiten das auffallende Licht mannigfaltig und sortenspezifisch.

Kristalline Gesteine reflektieren, brechen und polarisieren das Licht; die gebrochenen oder polierten Oberflächen des Marmors, Granits, Porphyrs und so weiter glänzen und glimmern unter verschiedenen Beobachtungs- und Lichteinfallswinkeln. Die leicht transparenten Schichten der Quarze oder Glimmer verstärken die Streuung, dünnere Scheiben sind zum Teil transparent. In erdgeschichtlichen tektonischen Vorgängen entstandene Schichten¹⁶⁶, Falten und Gemische modulieren das Licht zu prächtigsten, unnachahmlichen Farbpaletten, buntscheckigen Flächen, Linien und Punkten. Die homogenen, amorphen Sandsteine und der Ton, die künstlichen Gemische wie Mörtel und Beton weisen je nach Ingredienzien gleichmässiger, monotonere Oberflächen auf. Granitgebirge und -mauern erscheinen grau, Kalk- und Dolomitengebirge und -bauten reflektieren hellere Töne. Die Farben variieren, wenn die Gesteine das Licht von blauem oder grauem Himmel, grünen oder rötlichen Wäldern, weissem Schnee oder dunkelblauem Meer, von der Mittags- oder Abendsonne erhalten. Die Steine, Mauern, Strasseneinschnitte, Steinbrüche verfärben sich in Jahrzehnten und Jahrhunderten. Die gemeinsame Alterung unter der Sonnenstrahlung prägt ihnen eine unersetzliche farbliche Einheitlichkeit ein. Nass oder geölt wirken sie farbintensiver, verstaubt und verschmutzt gedämpfter.

¹⁶⁶ Felix Würsten: Die Evolution der Gesteine, in NZZ Nr. 209 vom 11. 9. 1997, S. 69, vgl. Earth Sciences History, 15, S. 49-67

Im elektrischen Feld leiten die reinen Gesteine keinen Strom. Sie enthalten jedoch meistens metallige Bestandteile und Feuchtigkeit, die ihnen eine variable elektrische Leitfähigkeit verleihen können; diese erhöht sich bei hohen Temperaturen. Der Strom sucht den Weg des kleinsten Widerstandes.

Aufgrund des natürlichen Gehalts an radioaktiven Spurenelementen wie Uran und Thorium können die Baumaterialien, insbesondere Beton, Ziegelsteine, Natur- und Kunststeine, sowie der Grundboden das gasförmige, radioaktive Radon ausscheiden. Die Strahlung aus dem Granit- und Gneisboden stellt in der Schweiz durchschnittlich die grösste Strahlenquote dar.¹⁶⁷

2.6.2.2 Metalle

Solange nicht beschichtet, reflektieren Metalle die Strahlungen sehr stark, so dass sie glänzen und undurchlässig sind. In der Folge der im vorangegangenen Kapitel aufgezählten chemischen Prozesse (vgl. 2.5.2.2) verarbeiten Metalle die Strahlung verschieden, sie ändern ihre Farben; das glänzendrötliche Kupfer wird zuerst dunkelbraun, schliesslich grün, Blei wechselt von glänzendem Hellgrau über Dunkelgrau zu gebrochenem Weiss, Eisen wird rostig, Aluminium, Zinn, Zink, Messing und Legierungen verdunkeln und werden matt, Silber überzieht sich mit einer dunklen Schicht, Edelmetalle und rostfreie Legierungen sind zwar chemisch stabil, werden jedoch verschmutzt und verlieren den Glanz. Stark erwärmt, beginnen Metalle in charakteristischen Farben zu glühen.

Im Bereich der elektrischen Ladungen und des elektrischen Stroms sind elektrische Felder vorhanden. Der Strom und das Feld bedingen einander. Die elektrische Feldstärke hängt von der Spannung ab, die Stärke des magnetischen Feldes ist von der Stärke des fliessenden Stromes abhängig. Die Stärke der Felder nimmt mit der Entfernung von der Ladung beziehungsweise dem Stromfluss ab. Das Feld der Hochspannungsleitungen und Hausinstallationen kann in der Umgebung – an Bauwerken, Fahrzeugen, Vegetation und Lebewesen – geringe sekundäre Stromkreise verursachen.

2.6.2.3 Wasser

Das Wasser reflektiert, absorbiert, bricht, streut die Strahlung; seine Aggregatzustände und in ihm gelöste Substanzen vervielfachen die Varianz. Das tiefe Blau des Meeres erscheint bei starkem Wellengang und Wind an der Oberfläche weisslich, bei Sonnenuntergang rötlich, mit Algen gesättigt grün und in den Häfen verschmutzt braun; in den dunkelblauen Seen spiegeln sich noch dunklere Tannenwälder und gleissende Berghänge; der Kalkgehalt macht Bergflüsse weisslich-grün, der Erdschlamm färbt sie braun; sprühende Wasserfälle und Springbrunnen, Tau- und Regentropfen fächern das weisse Licht in die Spektralfarben auf, Nebel macht es diffus, die nassen Strassen, Plätze und Dächer erscheinen dunkler und spiegeln. Eis und Schnee

¹⁶⁷ Jean-Jacques Daetwyler: Radon, in: Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 17 vom 21. 4. 1988, S. 495 ff

kleiden die Landschaften weiss ein und erhellen Häuser und Innenräume mit starkem Licht von unten. Im Schneegestöber oder in dichtem Nebel wird die Umgebung unsichtbar. Rasmussen beobachtet in Venedig: „There seems to be a connection between the colorfulness of Venetian architecture and the special light that prevails in Venice where there are so many reflections from the southern sky and the water. Shadows never become black and meaningless; they are lighted up by shimmering, glittering reflections which give the colors a special richness.“¹⁶⁸

Das mit Salzen, Mineralien und Metallen angereicherte Wasser, die nassen Oberflächen, durchtränkte poröse Stoffe (Holz, Mauerwerk, Textilien) und unterirdische Wasseradern können den elektrischen Strom leiten und bauen um sich elektromagnetische Felder auf. Die vagabundierenden Ströme der Eisenbahnlinsen schleichen in den Wasserleitungen durch den widerstandsfähigeren Boden.¹⁶⁹

2.6.2.4. Luft

Die Beobachtungen von Leonardo da Vinci beschreibt L. H. Heydenreich folgendermassen: „Mit einer einzigartigen Schärfe des Sehens entdeckt er die Atmosphäre, die das Landschaftsbild zu einem Ganzen verschmilzt; er entdeckt sie in der zwischen Betrachter und Objekt stehenden transparenten Luftmasse, die in ihrer materiellen Substanz ein Medium darstellt, durch das hindurch die Gegenstände wahrgenommen werden und – durch dessen jeweilige Beschaffenheit bedingt – erst ihre eigentliche Bildgestalt erhalten. Licht- und Feuchtigkeitsgehalt der Luft wirken sich verändernd auf das Wahrgenommene aus: deutlich oder verschwommen umgrenzte Formen, klare oder dunstige Fernen ...“¹⁷⁰

Die Mischung von Gasen und darin enthaltenen Partikeln verwandelt die unter wechselnden Winkeln einfallende Strahlung je nach der Zusammensetzung. Sie moduliert als erste das einstrahlende Sonnenlicht: Nebel und Smog, aber auch schon kleinere Dampf- und Staubpartikelmengen verursachen die Lichtdiffusion, die die scharfen Bilder verwischt: bei Föhn sind die Alpen in schweizerischen Städten visuell viel stärker präsent. Transparenz (nicht nur die sinnlich wahrnehmbare), Brechung, Beugung, Diffusion und Absorption bewirken mannigfaltige Energiebewegungen und Transformationen. Die Luft kann aus der Natur oder aus technologischen Prozessen stammende, radioaktiv strahlende Elemente enthalten, sie schirmt ab beziehungsweise absorbiert teilweise die aus dem Weltall kommenden Röntgen- und Gammastrahlen. Die Veränderung der Zusammensetzung, die Bildung neuer Partikelschichten durch die Stratosphärenflüge, Spraydosengase oder die Steigerung des Anteils von CO₂, radioaktiven Gase, Reduktion des Ozons in der Ionosphäre oder seine Anhäufung in Bodennähe hat Folgen für die vorwiegend unsichtbare Strahlungssituation der Biosphäre.

¹⁶⁸ Steen Rasmussen: *Experiencing Architecture*, Cambridge MIT 1959, S. 88

¹⁶⁹ Herbert L. König und Enno Fokerts: *Elektrischer Strom als Umweltfaktor*, München 1992, S. 20

¹⁷⁰ Ludwig H. Heydenreich: *Leonardo*, Berlin 1942, S. 29

2.6.2.5 Organische Stoffe

Die Strahlungen bewirken an Hölzern, Gräsern, Papieren, Häuten, Farben und anderen Stoffen ein beschleunigtes Altern und den Zerfall. Die Materialien trocknen übermässig aus, werden porös, verfärben sich und weisen im Verlauf der Zeit eine breite Farbpalette auf. Das frisch sehr helle Tannenholz wird ocker, dunkelbraun und grau, die anfänglich rötliche Föhre und die Lärche dunkeln stark, die Esche vergilbt, die Eiche wird grau. Den Wuchs, die Äste und Jahresringe zeichnen artspezifische Farbstrukturen. Die verschiedenen grossen Anteile von Harzen im Holz kristallisieren, werden dunkler und verändern damit die gesamte Strahlungssituation eines Ambientes. An Holzbauten und deren Teilen – Wänden in Blockbauweise, Fachwerken, Schindel- und Strohdächern, Getreideharfen, Arvenstuben, Holzbalkendecken und Dachstühlen der Basiliken (zum Beispiel Ravenna, Aquileia, Grado), Täfeln – hinterlassen Strahlungen Spuren, die von Vergangenheit zeugen. Sie sind verschieden, ob die Hölzer der gleissenden Strahlung auf einer Alp oder der diffusen in einem nebligen Tal ausgesetzt waren, über oder unter dem Dach alterten.

Eine unvergleichliche Farbenpracht erzeugt die Vegetation – Bäume, Gebüsche, Gräser, Blumen, Moos und Algen – die die Wälder und Wiesen, Felder und Gewässer, Parks und Gärten, Lauben, Balkone und Fenster, Fassaden, Terrassen und Flachdächer, Wohnstuben und Wintergärten prägt. In der stündlich, täglich und jährlich wechselnden Strahlungssituation bringen sie von den ersten Knospen, von sattem und voluminösem Grün, von laubbedeckten Böden bis zu glitzerndem Reif wahrhaftes Leben in die Umwelt. Sie variieren die Strahlungen, die Farbspektren in und zwischen den Bauwerken, verleihen diesen zeitabhängige Farbnuancen, erzeugen alternierend Fülle und Transparenz.

Die Bestandteile der organischen Stoffe können elektrischen Strom leiten und dadurch elektromagnetische Felder erzeugen, sie können diese durch Ableitung der Ladung auch abbauen. Hölzer und Plankton können fluoreszieren.

2.6.3 WIRKUNGEN DER STRAHLUNGEN AUF MENSCHEN

„Auch das südliche Meer verwirft man vor allem aus einem Grunde, weil man meint, dass dieser Himmelstrich besonders der Brechung der Sonnenstrahlen ausgesetzt ist und daher doppelt unter dem Sonnenbrande leide: unter den Strahlen des Himmels und unter den Strahlen, welche vom Wasser zurückgeworfen werden. Auch weiss man, dass der grösste Luftwechsel bei Sonnenuntergang vor sich gehe, sobald die kalten Schatten der Nacht hereinbrechen. Ja manche halten die abendliche Ausstrahlung der Gewässer und des Meeres oder der Berge für unangenehmer als die anderen, weil sie die den ganzen Tag schon durch die Sonnenglut erhitzte Örtlichkeit durch die neue Glut und doppelte Rückstrahlung nur allzusehr erhitzen. Wenn nun dieser Sonnenglut und gleichzeitig diesen ungesunden Winden ein ungehinderter Zutritt zu Dir möglich ist, so wird es kaum etwas Lästigeres und Unerträgliches geben.“ Die Tatsache, dass

Alberti diese Beobachtungen in den dreissiger Jahren des 15. Jahrhunderts bereits am Anfang seines Werkes¹⁷¹ schreibt, belegt, als wie wichtig er die Wirkungen von Strahlungen auf die Menschen einschätzt. Seither hat die Physik die Natur der Strahlung und die Medizin ihre Wirkung auf Menschen weitgehend geklärt. Menschen werden bestrahlt, sie nehmen lange Reisen auf sich, um die gewünschten Strahlungssituationen zu geniessen. Diese werden mit primären und redundanten Sinnen wahrgenommen, wirken aber auch auf unempfindbare Gewebe.

2.6.3.1 Wirkung der Wärmestrahlung

– *Empfindung der Wärme*

Die Strahlungen wandeln sich in der Haut in Wärme um und werden mit haptischen Sinneszellen als solche registriert. Die Rezeptoren für die Wärme sind ungleichmässig verteilt und vermitteln nur eine allgemeine Information über die vorhandene Wärmestrahlung, jedoch keine fein strukturierte Sinnesempfindung, wie das zum Beispiel die Netzhaut für die optische Strahlung tut, obwohl der infraroten Strahlung wie dem sichtbaren Licht die Struktur der Umgebung zu entnehmen wäre, wie man sie auf infrarotempfindlichem Filmmaterial oder mit entsprechenden Geräten sieht.¹⁷² Die Informationen über die Wärmestrahlung werden im Zentralnervensystem mit anderen Informationen kombiniert. Daraus resultiert eine umfassende Wahrnehmung der jeweiligen Strahlungssituation und darüber hinaus das Empfinden der umgebenden Materialien – der kalten oder heissen Gesteine, Metalle, Flüssigkeiten. Auf übermässige Ein- oder Abstrahlung reagiert der Leib mit Schwitzen und Zittern.¹⁷³

– *Redundante Wahrnehmungen*

Wo die Sonne scheint, ist immer auch die wärmende infrarote Strahlung vorhanden. Oft gehen wir weniger wegen des Lichts als wegen der Wärme an die Sonne. „We have some evidence... that a deep band of shade between a building and a sunny area can act as a barrier and keep the area from being well used ... the most important sunny places occur up against the exterior walls of buildings, where people can see into them from inside and step directly out into the light, leaning in the doorway of the building... these places are more inviting if they are placed in the crook of a building ... to provide a backdrop, a place to sit up against and take in the sun.“¹⁷⁴ Der Anblick einer sonnenbestrahlten Umgebung aus einem kalten Raum heraus, das Riechen einer Feuerstelle, die Erinnerung an die heimelige Wärmestrahlung eines bäuerlichen Kachelofens, das Hören eines frühlingshaften Vogelgesangs sind im Gedächtnis mit bestimmten Wärmestrahlungssituationen verbunden. Wir sagen „mich zittert schon beim Anschauen“, und der erste Sonnenstrahl beim Verlassen des Hauses lässt uns einen warmen

¹⁷¹ Leon Battista Alberti: Zehn Bücher über die Baukunst, op. cit., S. 27

¹⁷² Robert N. Colwell: Remote Sensing of Natural Resources, in Scientific American, Jan. 1968, Reprint in Lasers and Light, 1969, S. 196 ff

¹⁷³ James J. Gibson: Die Sinne und der Prozess der Wahrnehmung, op. cit., S. 167 ff

¹⁷⁴ Christopher Alexander: A Pattern Language, New York 1977, S. 758

Tag erwarten. Die mit primären und redundanten Sinnessystemen gefühlte Wärmeein- und -abstrahlung ist ein wesentlicher Bestandteil menschlicher Wechselwirkung mit den Massen und Strahlungen der Umwelt beziehungsweise der Information über sie.

2.6.3.2 Wirkungen der Lichtstrahlung

Ein schmaler Bereich der Gesamtstrahlung hat in der Evolution der Lebewesen zur Entstehung des visuellen Wahrnehmungsapparates geführt; der Mensch „sieht“ dieses Gemisch als weisses Licht, Teile davon als Farben, die auch mittels Farbtemperatur definiert werden können. Menschen, die im hohen Norden oder auf dem Äquator leben, entwickeln differenzierte Empfindlichkeit für verschiedene Spektralbereiche¹⁷⁵, und auch jene in mittleren Breiten erkennen Grün und Rot verschieden, während andere Lebewesen die stärkste Sinnesempfindlichkeit in anderen Bereichen aufweisen. Das Licht hat bei Menschen den wichtigsten Platz unter den Sinnen eingenommen; nicht die direkte Strahlung von der Sonne oder den Leuchten, das „Quellicht“, sondern die fein strukturierte Strahlung, das „Echolicht“, welches die unzähligen Zwischenstationen – die Materialien der Umwelt – durchläuft, enthält die Information über die Anordnung von Flächen, lässt uns die Gegenstände sehen, die Umgebung erkennen und die variablen Lichtsituationen empfinden. Wir verbinden das Gesehene mit den übrigen Wahrnehmungen und rekonstruieren im Gehirn die „Wirklichkeit“, wir empfangen variierende Reize und nicht die Reizquelle selbst. Eine Kontur, obwohl nicht Träger der Energie, liefert trotzdem Information.

Die Strahlung, welche die Netzhaut erregt, ist im Vergleich zur Umgebungsstrahlung bereits stark reduziert. Die Information, die in Form von Lichtenergie die 130 Millionen Stäbchen und Zäpfchen¹⁷⁶ trifft, wird in mehreren Schichten der Retina nochmals vermindert, und zwar im Verhältnis von ungefähr 1 : 100, da sie nur von etwa einer Million Nervenfasern im optischen Nervenstrang ins Gehirn weitergeleitet wird. Dieser selektionierte Rest generiert im zentralen Nervensystem die subjektiven Wahrnehmungen der Aussenwelt. In den lebenden Netzen werden die elektrochemischen Reize (also keine „Bilder“) aus den zwei nach vorne gerichteten, ständig fein vibrierenden Augen¹⁷⁷ – nachdem sie untereinander teilweise kombiniert wurden – mit evolutionsgeschichtlichen und im Menschenleben erfahrenen Strukturen verglichen und als „Bild“ erkannt. Das Sehen findet im Gehirn statt; was von den Augen kommt, sind fein strukturierte und selektionierte Elektronenströme. Die Struktur des Lichtes enthält gleich viel Information wie von natürlich gefärbten und geformten Flächen, aber im Zusammenspiel mit dem Gedächtnis ist sie von höherer Ordnung. Der Reichtum der Information ist direkt vom

¹⁷⁵ Ernst Peter Fischer: Idee Farbe. Farbsysteme in Kunst und Wissenschaft, Vortrag an der ETH 15. 12. 1994

¹⁷⁶ Die menschliche Retina enthält ca. 7 Millionen rundliche Zäpfchen, die bei Tageslicht, und 18mal mehr schlanke Stäbchen, die in der Dunkelheit reagieren.

¹⁷⁷ Der Augenaepfel hat einen ständigen Tremor, der Mikronystagmus genannt wird; er vibriert über einige Bogensekunden und verursacht, dass sich das optische Bild auf der Netzhaut relativ zu den Stäbchen und Zäpfchen bewegt. Die Endorgane empfangen also ständige Ereignisse. Vgl. Gregory Bateson: Geist und Natur. Eine notwendige Einheit. Frankfurt a. M. 1982, S. 120

Umfang der Wahrnehmungsstruktur abhängig. Reizenergie, zum Beispiel diejenige einer Lichtquelle, überträgt keine Information ausser über sich selbst; auch wenn sie durch Objekte und Ereignisse strukturiert wird, aber keine lesende Wahrnehmungsstruktur antrifft, überträgt sie keine. Es brauchte eine Zeit von einer Jahrillion, um dem molekularen Gedächtnis Umwelt-Bilder einzuprägen. Dagegen benötigt es nur Jahrzehnte, um die von der Gesellschaft kodierten Signale lesen zu können. Viele Lesearten sind möglich.

Es kann geschehen, dass wir, während Lichtstrahlen einer bestimmten Umgebung auf die Retina fallen, etwas ganz anderes visuell wahrnehmen: statt eines Fabrikschornsteins, auf den die Augen gerichtet sind, einen Meeresstrand unter der Südsonne, statt Schreibtisch oder Bildschirm die Zuhörer im Auditorium ... Wir sehen im Traum, wir sehen aber auch beim genauen Hinschauen mit Sicherheit etwas anderes als der Betrachter nebenan und ganz anders als die Katze oder der Vogel. Wir wissen, dass im Fenster eine Glasscheibe ist, der Vogel fliegt hinein und stirbt. Wenn wir den Fensterrahmen eines sauber geputzten Schaufensters nicht sehen, könnten auch wir den Kopf anschlagen; dabei gibt die Glasscheibe gewiss infrarote, für uns sinnlich nicht wahrnehmbare Strahlung ab. Was wir also zu sehen glauben, ist nicht das Objekt selbst, sondern eine aus den momentanen Sinnesempfindungen und dem Gedächtnis kombinierte und aktivierte Hirnstruktur. Wenn wir mit den Augen schauen, ist für die linke Gesichtshälfte der rechte vordere Hirnteil aktiv. Wenn wir die Augen schliessen und uns die Räume vorstellen, ist für die linke Gesichtshälfte der rechte hintere Hirnteil aktiv: die visuelle Sinnesempfindung und das räumliche Gedächtnis sind also in verschiedenen Teilen des Gehirns angesiedelt.

Wie die anderen Wahrnehmungssysteme empfängt auch das visuelle nicht nur passiv, es schaut aktiv, die Aufmerksamkeit wird gesteuert vom Hirn – und dieses steckt den Umfang des angesteuerten Informationsfeldes aus. Wie die Wahrnehmung zum grossen Teil vom Empfänger selbst abhängt, beschreibt Rasmussen folgendermassen: „This act of re-creation is common to all observers; it is the activity that is necessary in order to experience the thing seen. But what they see, what they re-create when observing the same object, can vary enormously. There is no objectively correct idea of the thing's appearance, only an infinite number of subjective impressions of it. This is true of works of art as of everything else; (...) what impression it makes, depends not only on the work of art but to a great extent on the observer's susceptibility, his mentality, his education, his entire environment. It also depends on the mood he is in at the moment. The same painting can affect us very differently at different times. (...) Usually it is easier to perceive a thing when we know something about it beforehand. We see what is familiar and disregard the rest. That is to say we re-create the observed into something intimate and comprehensible.“¹⁷⁸

¹⁷⁸ Steen Eiler Rasmussen, op. cit., S. 36

Die komplexen Wahrnehmungen sind also Kreisläufe zwischen den Sinnes- und Hirnnetzen einerseits und den Energiegemischen der Aussenwelt andererseits. Wir sind in diese Wechselwirkungen integriert. Die Reduktion der Umweltenergien auf relativ schwache Elektronenströme, die sich am komplexen Geschehen im Nervensystem beteiligen, ist das Prinzip nicht nur des visuellen, sondern auch des akustischen, haptischen und anderer Wahrnehmungssysteme. Wenn wir die Architektur nur als visuelle Realität begreifen, in ihr nur visuelle Qualitäten suchen und sogar diese auf einige wenige Paradigmen reduzieren, werden wir einer enormen Vielfalt an Empfindungen beraubt. Auf ähnliche Weise, wie Michel Serres¹⁷⁹ die zunehmende Reduktion der Wahrnehmung der Welt auf die Wort-Sprache und damit die Schwächung der komplexen Empfindung mit fünf Sinnen beklagt, erleidet die Wahrnehmung der gebauten Umwelt durch die reduzierte Bild-Sprache der Architektur einen enormen Verlust an Reizqualitäten und -quantitäten. Die Intensivierung der Wahrnehmung in der Orchestrierung mit anderen Sinnesempfindungen wird im letzten Kapitel besprochen. Aus dem Dargelegten geht jedoch bereits hervor, dass auch im Rahmen der visuellen Wahrnehmung eine Verarmung eintritt, wenn die Aufmerksamkeit, die Beobachtung, das Schauen durch einschränkende Dogmen, Doktrinen, Paradigmen oder Mangel an Wissen gesteuert wird.

– *Binokulares Sehen*

Das Besondere des menschlichen binokularen Sehens wird erst im Vergleich mit der seitlichen Anordnung der Augen bei Fischen, Vögeln und anderen Tieren deutlich. Diese ermöglicht zwar ein fast völlig panoramaartiges Gesichtsfeld, die frontal gerichteten Augen hingegen bieten eine besonders differenzierte Information in einem weiten Winkel nach vorne.¹⁸⁰ Das Ablesen des Raumes und der Plastizität von Gegenständen wie auch die Einschätzung der Entfernung werden ermöglicht mittels zweier Augen, welche zwei verschiedene Projektionen empfangen, und des visuellen Hirnbereichs, wo die beiden integriert werden.

– *Raumwahrnehmung durch Bewegung*

Die Bewegung durch den Raum und um die Objekte herum, die Änderung der Perspektive, bietet mehr Information über eine räumliche Anordnung als eine statisch-perspektivische Situation. Die wahrgenommenen Formen werden während der Bewegung in andere Formen überführt; sich verändernde Perspektiven informieren über die tatsächlichen gegenseitigen Lagen und Grössen der Objekte. In der Bewegung visuell erfasster Raum wird im Gedächtnis gespeichert; die Gewissheit vom Dauern der objektiven Welt – eine lebenswichtige Ausstattung – hilft, die Objekte wahrzunehmen, auch wenn sie durch Hindernisse verdeckt oder momentan nicht im Sichtfeld sind.

¹⁷⁹ Michael Serres: Die Fünf Sinne. Eine Philosophie der Gemenge und Gemische, Frankfurt a. M. 1993

¹⁸⁰ James J. Gibson: Die Sinne und der Prozess der Wahrnehmung, op. cit., S. 216

Umgekehrt erzeugt eine bestimmte Art von figurativer Transformation nur einen Teil der Bewegungsempfindung, da die entsprechenden Reize aus dem Vestibularorgan fehlen. Bewegte Bilder an der Leinwand oder am Bildschirm erzeugen nur torsoartige Illusionen der Bewegung.

– Konstanzwahrnehmung und Täuschungen

Die Leistungsfähigkeit des visuellen Wahrnehmungssystems des Menschen wurde sehr ökonomisch auf seine Lebensbedingungen zugeschnitten. „Wär' nicht das Auge sonnenhaft, die Sonne könnt' es nicht erblicken.“ Goethe wollte ähnliches aussagen wie Konrad Lorenz mit den Pferdehufen und dem Steppenboden. Er erlag jedoch einem Irrtum, als er die Farbqualitäten nicht als Produkt unseres Wahrnehmungsapparates erkannte, sondern sie für physikalische, dem Licht anhaftende Eigenschaften hielt.¹⁸¹ Obwohl wir nun wissen, dass ein Ding je nach Beleuchtung völlig verschiedene Wellenlängen des Lichtes reflektiert, sehen wir das Papier in der Schreibmaschine als weiss, auch wenn es im Augenblick das stark gelbliche Licht einer elektrischen Lampe zurückstrahlt. Wir halten eine Fassade für weiss, obwohl sie beim strahlenden Himmel bläuliches, bei untergehender Sonne rötliches und wenn verstaubt gräuliches Licht abstrahlt. Der Apparat unserer Konstanzwahrnehmung bewirkt dies, indem er ohne bewusstes Zutun die Blau-, Gelb- oder Rotkomponente der Beleuchtung von der Farbe „subtrahiert“, die die Fassade, das Papier im Augenblick tatsächlich ausstrahlt. Dieser Apparat ist durchaus uninteressiert an der Farbe der herrschenden Beleuchtung, er muss den Dingen konstant anhaftende Reflexionseigenschaften wiedererkennen, gleichgültig, ob sie vom bläulichen Mittagslicht oder rötlichen Morgen- oder Abendlicht bestrahlt werden.¹⁸² Das mit Sinnen registrierte reale Farbspektrum nuanciert die Gesamtempfindung der Lichtsituation.

Die dem Leben dienenden korrigierenden, ausgleichenden oder kompensierenden Leistungen des visuellen Wahrnehmungssystems verursachen optische Täuschungen, die in der Baukunst in verschiedenen Epochen und Kulturen angewandt wurden. Die Griechen haben sich zum Beispiel optischer Täuschungen bedient, wie sie später auch Vitruv empfiehlt: „Auch muss man die Ecksäulen um den fünfzigsten Teil ihres Durchmesser dicker machen, weil sie ringsum von der Luft beschnitten werden und dem Beschauer zu schlank erscheinen. Also muss die optische Täuschung durch Berechnung künstlich ausgeglichen werden.“¹⁸³ Künstlich betonte Perspektiven wie die Bühne des Teatro Olimpico können ebenfalls zu optischen Täuschungen gezählt werden.

2.6.3.3 Wirkungen der nieder- und hochfrequenten Felder

Die niederfrequenten elektromagnetischen Felder der Stromversorgung von Bahnen ($16\frac{2}{3}$ Hz), der Industrie und der Haushalte (50 Hz beziehungsweise 60 Hz in den USA) weisen eine Spannung von bis zu 400 kV/m auf. Sie schwächen sich mit der Entfernung mit der 2. oder 3.

¹⁸¹ Konrad Lorenz: Die Rückseite des Spiegels, op., cit., S. 19

¹⁸² *ibid.*, S. 152

¹⁸³ Vitruv, op. cit., S. 151

Potenz ab¹⁸⁴, so dass die permanente Nähe von Haushaltgeräten, Büromaschinen und Leitungen im 230-V-Bereich im allgemeinen grösseren Einfluss auf Menschen ausübt als die in den meisten Fällen entfernten Hochspannungsleitungen und Transformatoren¹⁸⁵. Die Wirkung der Felder auf die Lebewesen wird statistisch, das heisst aufgrund der Häufigkeit der Erkrankungen, nachgewiesen; die Grenze zwischen einer simplen „Wirkung“ und der tatsächlichen „Schädlichkeit“ ist umstritten. Die Folgen der Felder reichten von häufigeren Erkrankungen an Leukämie, Lymphom und Tumoren des Nervensystems nebst der Beeinflussung biologischer Systeme, von der Verlangsamung des Pulsschlages, von Veränderungen in den hirnhysiologischen Potentialen bis hin zu erhöhten Selbstmordraten.¹⁸⁶ Der Einfluss elektromagnetischer Felder kann Veränderungen in allen Organen auslösen, einschliesslich des Nerven-, Endokrin-, Herzmuskel-, Blut-, Immun- und Reproduktiv-Systems.¹⁸⁷

Die Telekommunikation (Telefon, Radio, Fernsehen, Radar), die medizinische Diagnostik und Therapie (Ultraschallabbildung, Tomographie) sowie die Wärmeerzeugung (Mikrowellen) arbeiten mit Frequenzen von 1 kHz bis 1000 GHz. Die Energie dieser Strahlung wird im menschlichen Körper in Wärme umgesetzt. Wie tief ins Gewebe die Strahlen eindringen, hängt von ihrer Wellenlänge ab. Da die Sinneszellen für die Wärme vorwiegend in der Haut liegen, wird die thermische Wirkung der tiefer eindringenden Strahlen nicht gefühlt. Die eingestrahlte Wärme kann im Extremfall zur Koagulation von Proteinen führen.

2.6.3.4 Ionisierende Strahlung

Die Strahlungen höherer Frequenzen als diejenigen des Lichts – die ultraviolette, Röntgen-, Gamma- und kosmische Strahlung – enthalten in dieser Reihenfolge immer grössere Energie, welche Teilchen aus den Atomen herausschleudern und Stoffstrukturen verändern kann. Die ultraviolette Strahlung bräunt die Haut, stimuliert die Synthese des Vitamins D, steuert biologische Rhythmen¹⁸⁸; je grösser eine organische Struktur ist – eine DNA-Spirale kann zwei Meter lang werden –, desto anfälliger ist sie für die hochenergetische, ionisierende Strahlung. Diese ist teilweise in der Natur vorhanden und wird auch von Menschen erzeugt.

Der Anteil der natürlichen Strahlung kann Mutationen des Erbgutes verursachen und hat damit die Evolution der Lebewesen beeinflusst. Es ist nachgewiesen, dass das Fehlen dieser Strahlung ebenso schädlich wie ein Übermass sein kann¹⁸⁹. Die Jahrtausende andauernde, von kleinen Schwankungen abgesehen gleichbleibende Atmosphäre hat mit ihrer Schutzwirkung und

¹⁸⁴ Herbert L. König / Enno Fokerts, op. cit., S. 44 und 45

¹⁸⁵ ibid., S. 46

¹⁸⁶ ibid., S. 50-58

¹⁸⁷ ibid., S. 64

¹⁸⁸ Richard J. Wurtman: The Effects of Light on the Human Body, Scientific American, Juli 1975, Vol. 233, Nr. 1, S. 69 ff

¹⁸⁹ F. Wachsmann: Sind kleine Strahlendosen wirklich nur gefährlich? in: NZZ Nr. 22 vom 28. 1. 1987, S. 77

Durchlässigkeit die Entstehung der Lebewesen und ihrer Sinnesorgane mitbestimmt.¹⁹⁰ Auch das Wasser, aus tiefen und geologischen Brüchen quellend, kann radioaktive Minerale enthalten, die heilend wirken können.

Die möglicherweise schädlichen Wirkungen aller Strahlungen – von den nieder- und hochfrequenten nichtionisierenden über das Licht bis zu den hochenergetischen ionisierenden – können wegen äusserster Komplexität nur mit statistischen Erhebungen, in Form von Korrelationen zwischen Ursache und Wirkung, belegt werden und basieren auf dem Mittelwert. Es kann jedoch zu Schwankungen, Unregelmässigkeiten, Störspitzen¹⁹¹, Unfällen kommen, wo die Strahlungen ganz andere Werte und Wirkungen als das vorgesehene Mittelmass annehmen.

2.6.4 UMGANG MIT STRAHLUNGEN

Die aufgrund des im Kapitel 3.2.1 beschriebenen Modells durchgeführte Übersicht der Wirkungen hat die vielfältigen Mechanismen der Interaktion zwischen den Strahlungen, Sinnesempfindungen und Wahrnehmungen gezeigt. Im Folgenden soll zusammengeführt werden, wie Menschen bisher baulich auf die Wirkungen reagiert haben und wo die Aufgaben und Lösungen für die zukünftigen Planungen und Erlebnisse sein könnten.

Eine Teilaufgabe der Bauwerke, welche dem Aufenthalt von Menschen und Tieren sowie der Haltung von Pflanzen und Waren dienen, ist der Schutz gegen die Ein- und Abstrahlung wie auch die Modulierung und Erzeugung von infraroten, sichtbaren und ionisierenden Strahlungen sowie elektromagnetischen Feldern.

2.6.4.1 Umgang mit der Wärmestrahlung

In regionalen Bauweisen lassen sich die Reaktionen auf das zyklische Auftreten der Sonnenstrahlung und damit die Schwankungen der Wärmestrahlung ablesen: schattige Säulenhöfe und -säle, wo die Säulen selbst ungefähr einen Siebtel des Rauminhaltes ausfüllen, tagsüber die Wärmestrahlung der Bewohner und Umgebung aufnehmen und nachts die eigene abgeben, Höhlensiedlungen, schattige Gassen und Höfe, im Sommer beschattete, im Winter besonnte Arkaden und Vorhallen, Baumalleen, Dorflinden und so weiter bewirken behagliche Strahlungszustände. Ein gutes Beispiel ist Palladios Villa Barbaro in Maser: zweigeschossige Arkaden auf der Südseite beschatten die Wohn- und Wirtschaftsräume vor der steilen Sonnenstrahlung, das Gebäude beschattet einen Gartenstreifen auf der Nordseite und bietet einen angenehmen Ausblick in die sonnenbestrahlte Landschaft gegen Süden und Norden.¹⁹²

¹⁹⁰ Heidi Fritz-Niggli: Kein Leben ohne Strahlung? in: NZZ Nr. 96 vom 26. 4. 1989, S. 89

¹⁹¹ Herbert L. König, op. cit., S. 46

¹⁹² Michelangelo Muraro: Die Villen des Veneto, München 1986, S. 210-236

– *Schutz gegen Einstrahlung*

Für bescheidene Ansprüche werden einfache Schilfgeflechte¹⁹³, Strohdächer oder Zelte wie diejenigen der afrikanischen Nomaden¹⁹⁴, der Pfadfinder, Bergsteiger und Camper errichtet. Als variierende Beschattungen dienen Bäume und Pergolen mit oder ohne Weinreben und Kletterpflanzen; Dächer und Vordächer, Balkone, Brisesoleils, Arkaden werfen den Schatten je nach dem Sonnenstand; mit Vorhängen, Fensterläden, Rolläden oder Sonnenstoren wird die Regulierung der Einstrahlung möglich; Sonnenwächter können die elektrisch angetriebenen Beschattungsanlagen steuern. Derartiger Strahlenschutz erfasst die Wärme- und die Lichtstrahlung zugleich.¹⁹⁵ Durch Beschichtung der Fenstergläser kann ein differenzierter Schutz erreicht werden, es wird jedoch meistens auch das Licht beeinflusst; die reflektierte Strahlung kann für die Nachbarn lästig sein. Die Beschattung kann einen Bau thermisch verändern. Mit Parabolspiegeln werden die Strahlen fokussiert und hohe Temperaturen erreicht.

Die Wärme- und Lichtbeschattungen hinterlassen Spuren: Die beschatteten Fassadenbereiche verwittern langsamer, die Farben bleiben frischer, die Hölzer, besonders die harzhaltigen, verfärben sich unterschiedlich, ebenfalls die Böden und Wände in der Nähe der Fenster; das Papier (Bücher, Zeitungen, Pläne), Gemälde, Graphiken müssen vor Strahlung geschützt werden. Alle Materialien, auch die menschliche Haut, altern im Schatten langsamer. Eingriffe in die unter der Strahlung gealterten Ensembles zerstören vielfach deren Einheitlichkeit.

– *Schutz gegen Abstrahlung*

Wenn die Wärmestrahlung der Umgebung geringer ist als die Abstrahlung des menschlichen Körpers, wird diese mit entsprechenden Materialien – Bauten und Kleidern – gebremst. Die Häuser strahlen gegen den Himmel und gegen die kältere Umgebung. Je kleiner die Aussenfläche, desto geringer ist der Wärmeverlust. Die ideale Form in dieser Hinsicht wäre eine Halbkugel wie zum Beispiel ein Iglu, weil das Verhältnis zwischen dem Volumen und der Oberfläche am günstigsten ist. Die Abstrahlung kann mit rückreflektierenden Schichten – Alu-Folien, geschlossenen Fensterläden und ähnlichem – verringert werden.

Unmittelbar am Körper wird die Ein- und Abstrahlung (wie auch die Konvektion) mit Kleidung reguliert. Die Trachten aller Völker zwischen dem Äquator und den Polarkreisen wurde von Wärmesituationen geprägt; die Kleidung hat Kunstformen angenommen. „An der äusseren Grenze des Begriffes ‚Kunst im Gewerbe‘ befindet sich die menschliche Kleidung, und es wären hierüber sicher nicht Worte zu verlieren, wenn nicht von Künstlern wiederholt Versuche gemacht worden wären, auch dieses Feld sozusagen für die Kunst zu erobern ...“¹⁹⁶

¹⁹³ Aris Konstantinidis: *Elements for Self-Knowledge*, Athen 1975, S. 121-165 und 221-243

¹⁹⁴ Peter Alford Andrews: *Tents of the Tekna, Southwest Morocco*, in: *Shelter in Africa*, London 1971, Reprint 1978, S. 124-132 u. a.

¹⁹⁵ Die Sonnenstrahlung beinhaltet ca. 42% infrarote, 55% Licht- und 3% ultraviolette Strahlung.

¹⁹⁶ Otto Wagner: *Die Baukunst unserer Zeit*, Wien 1914, Reprint 1979, S. 107

Mit baulichen Massnahmen wird der Wärmestrahlungsaustausch zwischen Mensch und Umgebung in grösserem Rahmen beeinflusst. Alberti empfiehlt¹⁹⁷: „Man fügte noch an die äusserste Wand der Portikus so würdige Sitze als möglich hinzu, auf welchen die Bürger und Philosophen über wichtige Angelegenheiten sprechen konnten. Doch von diesen Sitzen waren die einen für den Sommer, die anderen für den Winter bestimmt. Denn woher der Nord- und Nordostwind wehte, dort brachte man die Sommersitze an. Für die Wintersitze aber brauchte man heiteren Sonnenschein, der vor Wind geschützt war. Deshalb stellte man die Wintersitze an den geschlossenen Seiten im Inneren auf. Die Sommersitze aber standen, rechts und links von einer Wand begleitet, welche das Dach trug, gegen Norden durch Fenster oder besser durch Säulenstellungen weit geöffnet ...“¹⁹⁸

Das Bestreben, die wärmespendende Sonnenstrahlung aufzufangen, bestimmt die Orientierung von Räumen, Häusern, Siedlungen und Städten: Sie wurden vorteilhaft am Südhang angelegt, mit Räumen gegen Süden, Wohnblöcke in der Nord-Süd-Richtung, damit sie von beiden Seiten gleich bestrahlt werden, oder in Ost-West-Richtung, um vor allem in Tagesräumen die stärkste Sonnenstrahlung aufzufangen. Balkone, Loggien, verglaste Veranden und Wintergärten werden ebenfalls mit Bezug auf die Sonne angelegt. Die Sonnenkollektoren werden gegen Süden gerichtet. Mit Schattendiagrammen werden die Beschattungen zuvor geprüft.

– Gewinnung der Wärmestrahlung

Die älteste Art der Gewinnung von Wärmestrahlung ist die Verbrennung von organischen Stoffen. Die Quelle der Strahlung wurde oft zum Mittelpunkt menschlicher Behausungen, des familiären Lebens, der gesellschaftlichen Rituale. „Als also infolge der Entdeckung des Feuers zunächst bei den Menschen ein Zusammenlauf, ein Zusammenschluss und ein Zusammenleben entstanden war und mehr Menschen an e i n e Stelle zusammenkamen, ... begannen in dieser Gemeinschaft die einen aus Laub Hütten zu bauen ...“, erklärt Vitruv¹⁹⁹ die Anfänge der Bautätigkeit, während Semper der Feuerstelle sogar die Rolle des gesellschaftlichen Entwicklungsmotors zuteilt²⁰⁰: „Das erste Zeichen der menschlichen Niederlassung und Ruhe nach Jagd, Kampf und Wanderung in der Wüste ist heute wie damals ... die Einrichtung der Feuerstätte und die Erweckung der belebenden und erwärmenden speisebereitenden Flamme. Um den Herd versammelten sich die ersten Gruppen, an ihm knüpften sich die ersten Bündnisse, an ihm wurden die ersten rohen Religionsbegriffe zu Culturgebräuchen formuliert. Durch alle Entwicklungsphasen der Gesellschaft bildet er den heiligen Brennpunkt, um den sich

¹⁹⁷ Alberti: Zehn Bücher über die Baukunst, op. cit., S. 458

¹⁹⁸ Vitruv, op. cit., S. 247

¹⁹⁹ Vitruv, op. cit., S. 79

²⁰⁰ Gottfried Semper: Die vier Elemente der Baukunst, Braunschweig 1851, in: Heinz Quitsch: Gottfried Semper - Praktische Ästhetik und politischer Kampf, Berlin 1962, Reprint 1981, S. 55/179

das Ganze ordnet und gestaltet.“ Die Feuerstellen – offen in schwarzen Küchen oder Cheminées und verschiedensten Öfen²⁰¹ – sind Zeugen der regionalen und geschichtlichen Erzeugung von Wärme. Die wärmestrahrende Feuerstelle blieb der beliebte Besammlungsort bis heute, wenn trotz Zentralheizungen in Wohnungen Cheminées zur erhöhten Behaglichkeit wegen Strahlungen eingebaut werden.

Öfen sind eine temperaturmässig weniger schwankende und brandsicherere Strahlungsquelle. Sie weisen vielfältige Formen auf²⁰², wurden als Zierobjekte behandelt²⁰³. In wärmeren Regionen war ihre Strahlung nicht erwünscht: die Feuerstellen wurden ins Freie oder in die Aussenwand plaziert und auch dort als gestaltetes Element gezeigt²⁰⁴ – damit wurde im Winter die Aussenwand gewärmt. Mit dem Aufkommen der Stahlindustrie fanden kleinere Eisen- und Gusseisenöfen Verbreitung²⁰⁵, deren Rauch durch die Blechröhre mit zusätzlicher Abstrahlung und Konvektion abgeführt wird. Mit den Zentralheizungen konnten die Radiatoren – obwohl anfänglich an Stelle der Öfen plaziert – meistens unter den Fenstern angebracht werden. Damit verlor die Wärmequelle ihre raumdefinierende Bedeutung – die gleichmässig gewärmten Räume wurden in allen Ecken gleichwertig. Mit Bodenheizungen wurde die ausgleichende Wirkung noch verstärkt. Die Fernheizleitungen müssen gegen Wärmeverlust isoliert werden.

Der elektrische Strom erwärmt die Leiter, die folglich IR- und Lichtstrahlung abgeben. Wenn Wärme gewünscht wird, kann sie mit Infrarot-Öfen effizient genutzt werden; bei der Erzeugung des Lichtes mit Glühbirnen ist sie meist unerwünschtes Nebenprodukt. Ein Infrarotstrahler wärmt nur die bestrahlten Teile der Festkörper, nicht die reine Luft, und ist nur aus bestimmter Entfernung anwendbar.

Energiesparmassnahmen führen zu intensiverer Nutzung der Sonnenstrahlung: Sonnenkollektoren auf den Dächern und an Fassaden, Öffnungen für tiefe winterliche Sonneneinstrahlung, Vordächer und andere sommerliche Beschattungen prägen die energiesparenden Bauten.

2.6.4.2 Umgang mit der Lichtstrahlung

Die Intensität und die Zusammensetzung verschiedener Wellenlängen des sichtbaren Lichts haben Menschen mannigfaltig genutzt. Das Sonnenlicht trifft jeden Punkt der Biosphäre täglich und jährlich unter verschiedenen Einfallswinkeln und in verschiedenen Qualitäten: die topographischen und klimatischen Gegebenheiten wie Berge, Hänge, Ebenen, Meere, Flüsse, andauernd klarer Himmel oder Bewölkung, Schnee und Eis, Wüstensand und Vegetation

²⁰¹ Christoph Simonett, op. cit., S. 218

²⁰² Christoph Simonett: Die Bauernhäuser des Kantons Graubünden, Band 1 / Wohnbauten, Basel 1965, S. 218

²⁰³ Das Bürgerhaus in der Schweiz, XII Band / Das Bürgerhaus im Kanton Graubünden, 1. Teil - Südliche Landschaften, Zürich 1923

²⁰⁴ Lionelle Puppi: Andrea Palladio, Stuttgart 1977, S. 289

²⁰⁵ Sigfried Giedion: Die Herrschaft der Mechanisierung, op. cit., S. 573 ff

beeinflussen das einfallende Licht. Der Standort der Bauwerke bestimmt einen grossen Teil des Lichtgeschehens, das charakteristisch für regionale und ganz speziell für einzelne Bauwerke sein kann. Während zum Beispiel die Häuser zwischen den Wendekreisen zweimal jährlich senkrecht von oben bestrahlt werden, erhalten Orte zwischen Polarkreisen und Polen das flach einfallende Licht vierundzwanzig Stunden lang, von allen Seiten.

– *Umgang mit dem Tageslicht*

Dem Tageslicht galt in allen Kulturen grosse Aufmerksamkeit. Die regionalen Lichtbedingungen beeinflussen wesentlich die Bauformen in verschiedenen Erdbreiten. Bauten in Afrika, in Indien und Indonesien weisen grosse Schattenspenden und kleine Lichtöffnungen auf. Dem Verlauf des Lichtes haben die Ägypter eine wichtige, den pragmatischen Bedürfnissen übergeordnete Rolle zugeschrieben: Die Pyramiden reflektierten die Morgensonne zum Niltal und tauchten am Tagesende ins Abendrot ein; die vergoldeten Spitzen der Obelisken reflektierten die Sonnenstrahlen in die Umgebung.²⁰⁶ Die Griechen der klassischen Antike haben das Licht gestalterisch genutzt, um ihre Tempel – nach geometrisch-optischen Gesetzen angeordnet²⁰⁷ – mit dem Spiel von Licht und Schatten zu beleben und das Skulpturhafte zu betonen.²⁰⁸ Wie es in Pompeji heute noch zu sehen ist, erhielten die Wohnhäuser der alten Römer das Licht vom rundherum mit Arkaden beschatteten Innenhof oder Impluvium her; Hadrian baute sich in Tivoli das runde Nymphäum, wo er auf der einen Seite den Schatten, auf der gegenüberliegenden die Sonnenstrahlung geniessen konnte, oder das in die Ferne weisende Canopo mit den sich auf dem Wasser reflektierenden Architekturelementen und Skulpturen – ein Motiv, das er im Nildelta gesehen hatte.

Das Christentum – aus Katakomben ans Licht gekommen – schafft in romanischen und gotischen Kathedralen vorwiegend geheimnisvolles Licht, die Öffnungen werden mit farbigen Gläsern ausgefüllt, die grossen Rosetten werfen den abendlichen Sonnenstrahl zum Altar. Dem Geist der Renaissance und des Barock entsprach diese Atmosphäre nicht: es musste wieder hell, freundlich, einladend werden in der Kirche. Das Licht flutet durch grosse, durchsichtige Fenster, mehrschichtige Aussenschalen und Kuppeln²⁰⁹ in die Sakralbauten hinein, wo die Illusion der Erweiterung des Innenraumes nach aussen erzeugt wurde. Zahlreiche süddeutsche und österreichische Kirchen (zum Beispiel von den Brüdern Asam, von Balthasar Neumann oder Dominikus Zimmermann)²¹⁰ sind Beispiele dafür, und ein besonderes findet sich in der Kathedrale von Toledo²¹¹.

In Schlössern und Residenzen wurde das Licht mit mobilen Elementen – Spiegeln, durchsichtigem Glas, massivem Holz – geführt, wie zum Beispiel den dreifachen Türen

²⁰⁶ Sigfried Giedion: *The Beginnings of Architecture*, op. cit., S. 295 ff

²⁰⁷ Constantinos A. Doxiadis: *Architectural Space in Ancient Greece*, Cambridge MIT 1972

²⁰⁸ Christian Norberg-Schulz: *Vom Sinn des Bauens*, Stuttgart 1979, S. 21 ff

²⁰⁹ Maria Andereg-Tille: *Die Schule Guarinis*, Dissertation, Winterthur 1962

²¹⁰ Nikolaus Pevsner: *Europäische Architektur*, München 1967, S. 270-300

²¹¹ *ibid.*, S. 265-268

zwischen der Galerie des Glaces und dem Salon de Oeil-de-Bœuf beziehungsweise Cabinet du Conseil im Chateau de Versailles, wo das weltliche Empfinden den Ausblick ins Unendliche in allen Richtungen suchte²¹². In der Villa Barbaro in Maser von Palladio wird dem Gefühl des Ausblicks, sei es einen wahren durch die Fenster, sei es einer Illusion mittels Wandmalerei, stellenweise grössere Bedeutung zugemessen als dem Lichteinfall selbst. Die visuelle Wahrnehmung der Ferne wird mit der Wahrnehmung der Bewegung gekoppelt, die Helligkeit (zum Beispiel in der Villa Rotonda) wird dem Gefühl der Weite untergeordnet.

Das Bedürfnis nach Licht in den Räumen, nach Sicht aus den Räumen – selbstverständlich auch dem Anblick der Fassaden – beeinflusste zu allen Zeiten die Verteilung und Grösse der Lichtöffnungen. Diese wurden vielfach eher von einer eindrücklichen Fassade als von den Lebensbedingungen in den Räumen bestimmt; die Anordnung und Grösse der Lichtöffnungen stand mit der Funktion der Innenräume in keinem Verhältnis. Mit der Trennung von Funktionen (zum Beispiel Tageslicht durch Oberlichter und horizontaler Ausblick ins Grüne im Kongresszentrum Davos²¹³) und einer differenzierten Anwendung des Wärme- und Blendschutzes zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten lassen sich mit wenig Energieaufwand angenehme Strahlungssituationen herstellen. Der Umgang mit vorhandener Lichtstrahlung erfordert verschiedene Tätigkeiten und Wahrnehmungen – Bewegungen (Öffnen und Schliessen, Hinauslehnen, Ziehen, Kurbeln, Schieben, Knopfdrücken), Temperaturunterschiede, Geräusche, Gerüche – welche die Komponenten einer Gesamtwahrnehmung bilden.

– Anregung der Lichtstrahlung

Der relative Vorteil der Menschen gegenüber anderen Lebewesen ist die Fähigkeit, sich den vorhandenen Lichtsituationen nicht nur anzupassen, sondern sie auch aktiv zu beeinflussen: sie können die Lichtstrahlung anregen. Dies geschieht meistens durch Verbrennung oder durch elektrischen Strom. Das Verbrennen von Holz dürfte die älteste Art der Lichterzeugung sein. Das unruhige Licht erhellt den Raum, genügt aber kaum für eine andauernde, präzisere Arbeit. Das Feuerlicht hat wichtige soziale Funktionen erfüllt, Signale von Berg zu Berg vermittelt und so weiter; heutzutage wird das flackernde Licht eher zur Erzeugung einer entspannten Atmosphäre gebraucht. In entsprechenden Mengen brennende Öle, Fette und Wachs strahlen gleichmässiger und dauerhafter. Die kleinen Flammen aus verschiedensten, fantasievollsten Öllampen und -lämpchen, Fackeln und Kerzen eigneten sich Jahrtausende als nächtliche Lichtquellen. Das Brennen von Petroleum und Gas hat die Räume in Häusern, Schiffen und Zügen noch besser erhellt; mit den Gaslampen erhielten die Städte die erste öffentliche Beleuchtung.

²¹² Leonardo Benevolo: Corso di disegno, Vol. IV, L'arte e la città moderna dal XV al XVIII secolo, Roma - Bari 1975, S. 148

²¹³ Bruno Maurer und Werner Oechslin: Ernst Gisel Architekt, op. cit.

Das elektrische Licht brachte wesentlich neue Qualitäten und Möglichkeiten der Gestaltung der Lichtquellen selbst, der Räume und Bauwerke; es veränderte den menschlichen Tagesablauf. Zum ruhigen, örtlichen Licht der Glühbirne gesellte sich das mit Frequenzen der Stromspannung schwankende Licht der Gase und des Quecksilberdampfes. Der elektrische Strom hat die Beleuchtung der Wohnstube, des Arbeitsplatzes, der Kunstwerke, der Bühnen, der Stadien, der Stadträume, der Auto- und Eisenbahnen mittels direkt oder indirekt leuchtenden Tisch-, Wand-, Decken-, Boden-, Garten-, Strassen- und Unterwasserlampen revolutioniert, es hat neue Baudimensionen, Bildprojektionen und Bildschirme ermöglicht. Gebündelt zum Laserstrahl oder in Glasfasern kann das Licht den elektrischen Strom ersetzen oder zu Erdsatelliten und zu anderen Planeten geschickt werden.

Jeder leuchtende Stoff strahlt sein spezifisches Spektrum und generiert eine Lichtsituation, eine „Stimmung“, charakteristisch für die jeweilige Technik, kulturelle Epoche, das jeweilige Ambiente – sei es in einer Kirche oder in einem Discosaal. Die Unterschiede zwischen Beleuchtungsquellen werden deutlich, wenn in einem Bauwerk das Kerzenlicht durch das elektrische, Glühbirnen durch Leuchtröhren, Gaslampen durch Quecksilberdampflampen ersetzt werden. Bauliche Artefakte sind in enger Abhängigkeit von der Lichtquelle entstanden und bilden zusammen mit ihr eine Einheit. Sie können nur als Ganzes Seltenheitswert besitzen und die Vielfalt dieser Welt bereichern.

– *Modulierung der Lichtstrahlung*

Materialien verarbeiten das bereits in der Atmosphäre gefilterte und gemischte oder künstlich erzeugte Licht auf für sie spezifische Weise. Für die visuelle Sinnesempfindung werden Gegenstände, Flüssigkeiten und Gase erst sichtbar, wenn sie das Licht erhalten und abstrahlen.

Gesteine werden, nebst nach anderen, auch nach ihren optischen Eigenschaften gewählt. Die kristallinen Sorten werden wegen ihrer besonderen Licht- und Farbwirkungen oft von entfernten Steinbrüchen geholt und bearbeitet, bis sie die gewünschten Lichteffekte erzeugen: Edelsteine wurden und werden für wertvolle Gebrauchsgegenstände, Kronen, Ringe, riesige Granitblöcke wurden für Obelisken und Pyramiden-, werden für Fassaden- und Bödenverkleidungen auf Hochglanz poliert. Für den Poseidon-Tempel in Sunion wurde ein schneeweisser, für den Tempel in Vassae ein grauer Marmor genommen, die Steine für Verkleidungen und Mosaik in Ravenna und Venedig (San Marco, Dogenpalast, Palazzo Dario) stammen zum Teil aus Byzanz, Dalmatien und Istrien. In Anlehnung an glänzende ägyptische Pyramiden hat Josef Plecnik die Marmorverkleidung am Zacherl-Haus in Wien angebracht²¹⁴, Marmorplatten wurden aber auch als lichtdurchlässige Aussenwände der Universitätsbibliothek in Yale²¹⁵ oder der Kirche in Meggen verwendet. Mosaik, mehrfarbig oder monochrom,

²¹⁴ Damjan Prelovsek: Josef Plecnik, Wien 1979, S. 81 ff

²¹⁵ L'architecture d'aujourd'hui, Paris 1964/65, Nr. 117, S. 62 ff

gebrochen, gesägt oder hochglänzend, modulieren an Wänden, Decken und Böden, Strassen und Plätzen das Umgebungslicht. Räumlich geformte Steine – Säulen, Kapitelle, Architrave, Reliefs und Skulpturen von den Pharao-Statuen bis zur „unendlichen schleife“ von Max Bill – erzeugen Spiele von Licht und Schatten.²¹⁶ Plastisch geformt und gebrannt, naturfarbig oder bemalt und emailliert, prägen die Farben von Mineralien Gefässe, Böden und Wände (zum Beispiel das Rathaus in Seinjoki von Alvar Aalto), als Beton und Mörtel, rauh oder glänzend, kombiniert mit Natur- und Backsteinen (zum Beispiel die Universitätsbibliothek in Ljubljana von Josef Plecnik, die Stadelhofen-Passage von Ernst Gisel), verleihen sie den Ambienten ein weiches Licht; mineralische Farb- und Kalkanstriche hingegen können sehr intensiv wirken.

Glas, bereits in der 5. Dynastie als Glasperle bekannt, fand seit der 18. Dynastie (1552-1306) breite Anwendung in Form von licht- und farbenprächtigen Gefässen, Vasen, Schmuckstücken und Gebrauchsgegenständen. In Pompeji wurden die frühesten Fensterverglasungen entdeckt, und während die kleinen, opaken, farbigen Glasstücke jahrhundertlang vielfältige Lichtspiele in Flächen und Räumen hervorzauberten, sogar zu inhaltlich reichen bildlichen Darstellungen genutzt wurden, ermöglichten klare Fenstergläser den Zutritt einer teilweise modifizierten Sonnenstrahlung in die Räume und einen kaum behinderten Ausblick. Um starke Wärmeeinstrahlung abzuhalten, werden Gläser beschichtet, reflektieren golden oder bläulich und verschleiern den Ausblick. Glitzert es in der Galerie des Glases in Versailles von Strahlen, die durch klare, kleinformatige Fensterscheiben hereindringen, sich von geschliffenen Spiegeln und Türverglasungen, Glasperlenkronleuchtern, Leuchtständern, Glaseinfassungen und glänzenden Steinen tausendfach reflektieren, brechen, spektral zerlegen, erzeugt das diffuse Licht hinter den grossflächigen, getönten Scheiben zum Beispiel eines Bonaventure-Hotels in Los Angeles – wo von aussen gesehen durchaus interessante Spiegelungen vorkommen – eine Erlebnislosigkeit, die durch eine einzige Glasscheibe – die des flimmernden Fernsehers – „belebt“ wird.

Menschen benutzen Gläser – ob als Aussenhaut der Sainte Chapelle in Paris, des Kristallpalastes in London oder des Konferenzgebäudes im Grünenhof²¹⁷, ob als Fenster, Türen oder Oberlichter, Glasbausteinwände, Drahtgitter- oder Sicherheitsschranken, Leuchtkörper oder Schirme, Spiegel, Vasen, geschliffene Trinkgläser oder Brillantenersatz, klar, opak, milchig, farbig, zu Linsen und Prismen geschliffen –, um die sichtbare Welt licht- und farbenreicher erscheinen zu lassen. Für den visuellen Kontakt mit der Aussenwelt muss diese nicht als offenes Panorama, wie zum Beispiel im Johnsons-Haus in New Canaan, vor Augen liegen; geschickt situierte Öffnungen wie winzige Fenster in einer Bauernstube, Erker, wandbildartige Öffnungen bei Le Corbusiers Bauten oder beim neuen Kulturzentrum in Luzern lassen gezielt das Licht in die Räume und bieten attraktive Ausblicke. Die Freude am Blick in die

²¹⁶ eduard hüttinger: max bill, Zürich 1977, S. 60

²¹⁷ Vgl. Werk, Bauen und Wohnen Nr. 7/8 1991, S. 50-57

Ferne verbindet Alberti sogar mit der Würde: „Würde wird die Lage auf einer Anhöhe verleihen, von welcher aus man unter den Augen das Meer, die Hügel und die weite Gegend erblicken kann.“²¹⁸

Metalle, vor allem die Edelmetalle, faszinieren Menschen seit eh und je mit ihrer Lichtreflexion. Gold und Silber wurden wegen ihrer dauerhaften, bezaubernden und würdigen Lichtwirkung verwendet. Goldbleche an Sesseln, Schreinen, Särgen und anderen Objekten aus dem Grab des Tutanchamun, goldige und silbrige Gefässe, Lämpchen, Schmuckstücke aus Pompeji, Ikonen und Mosaik von Byzanz bis Venedig, die vergoldeten Kuppeln von St. Petersburg, die Geländerspitzen von Versailles, versilberte und vergoldete Bilder- und Spiegelrahmen, Essbestecke und Wasserhähne werten die Umgebung mit dauerhaft edler Lichtstrahlung auf. Kupfer, Bronze und Blei, Zinn, Zink und Aluminium, Eisen und Stähle verlieren ihren metallischen Glanz und strahlen je nach chemischen Veränderungen braun, grün, gelblichweiss, hell- und dunkelgrau, rötlich (vgl. 2.5.4.2). Sie zeigen Spuren der Witterung (Kupferpatina oder Eisenrost verfärben auch andere Materialien), des Gebrauchs, des Unterhalts (nach alten Sitten wurden Messingteile wie Türklinken, Kochherdbeschläge und ähnliches wöchentlich zum Glänzen gebracht ...). Die weisse Kuppel des Petersdoms ist das Wahrzeichen Roms wie die grüne Kuppel des Doms das Salzburgs.

Organische Stoffe rufen in ihrer Entwicklung die vielfältigsten Lichtwirkungen²¹⁹ hervor. Das Holz, angebracht an Fassaden, in Innenräumen als Täfer oder Boden in verschiedenen Mustern, als Türen, Tore, Fenster, Rolläden, Möbel – massiv, furniert, mit Intarsien, unbehandelt oder konserviert –, wird *auch* wegen des angenehmen Lichtgemisches, das es erzeugt, eingesetzt. Geflechte wie Textilien – von grober Jute über Segeltuch bis zu feinsten Seide, Vorhänge, Verdunklungsstoren, Lampen- und Sonnenschirme, Storen und Markisen, papierene Wände im traditionellen japanischen Haus – verarbeiten die Strahlungen und färben die Räume, Terrassen, Zelte mit dem durchgelassenen Licht. Boden- und Wandbeläge, Teppiche und Brokate, Möbelüberzüge, Tapeten, Lampenschirme, Tisch- und Festdekorationen, Leder und andere Überzüge modulieren das Umgebungslicht und schaffen „Atmosphäre“ in Innenräumen.

Wasser erzeugt faszinierende Lichtspiele. Neben der besonderen Atmosphäre, die natürliche Gewässer – Flüsse, Wasserfälle, Seen und Meere – den Bauwerken, Siedlungen und Landschaften verleihen, wie zum Beispiel schweizerischen Städten an den Seen, Venedig und Amsterdam an den Kanälen, vielen Städten an den Flüssen und Meeresküsten, wurden künstliche Wasser- und Lichtspiele angeregt, um das Ambiente zu beleben. Die Wasserbecken in pompejanischen Innenhöfen, „Poecil“, Canopo, Nymphäum und andere in Hadrians Tivoli, die Brunnen vor frühchristlichen Basiliken und Moscheen, im barocken Rom²²⁰, in den Gärten

²¹⁸ Alberti, op. cit., S. 226

²¹⁹ vgl. 2.5.2.6

²²⁰ Sigfried Giedion: Space, Time and Architecture, op. cit., S. 100 ff

der Villa d'Este, die Fontänen und Wasserspiegel von Versailles, die künstlichen Wasserflächen von Chandigarh, Dacca oder in den Bauten von Luis Barragan in Mexiko²²¹ zeugen vom Wunsch, mit den Lichtreflexionen des Wassers die visuelle Wahrnehmung zu bereichern. Ob das Wasser über eine gerundete Beckenkante wie vor dem Kimbell Art Museum fließt, über viele Rillen an einer schrägen Fläche, wie es vor der National Gallery in Washington plätschert oder wie eine Löwenzahn-Pustel aus zahlreichen Düsen quillt, als Wasserstrahl aus dem Genfersee gegen den Himmel schießt, von den Eisenplastiken vor dem Basler Theater lustig sprudelt oder wie ein Licht- und Geräusch-Theater im Water-Garden von Fort Worth inszeniert wird – die Reflexionen von spiegelglatten Flächen oder Millionen von Tröpfchen in allen Farbnuancen regen die sinnliche Wahrnehmung so vielfältig an, dass die Licht/Wasser-Spiele als deutliche Aufwertung der Umgebung empfunden werden.

Luft wird mit der Absicht, besondere optische Effekte zu erzeugen – ausser mit Rauchsignalen von Berg zu Berg oder mit Trockeneiswolken in Theatern – relativ wenig manipuliert. Die Sicht wird von der Zusammensetzung der Luft bestimmt.

Farbstoffe werden verwendet, wenn anderes Licht als dasjenige der Materialien selbst angestrebt wird. Sie können die Lichteigenschaften der Materialien gänzlich verändern, aber auch das Licht verändert das Reflexionsvermögen der Farbstoffe. Sie verbleichen unter starker Sonnenstrahlung mehr, im Schatten weniger; so zeichnet das Licht Farbnuancen, die bei Renovierungen verschwinden. Seit der Kultur von Lascaux, vor allem aber seit den letzten fünf Jahrtausenden sind Spuren des kreativen Umgangs mit Farben vorhanden. Abgesehen von der Unklarheit, inwieweit die ägyptischen und griechischen Sakralbauten bemalt wurden²²², zeugen die Wandmalereien in Gräbern und erhaltene Artefakte von der mannigfaltigen Anwendung der Pflanzen- und Mineralfarben. Ob sie als weisse oder farbige Kalkanstriche, deckende Ölfarben, eindringende Lasuren, „a fresco“ oder „a secco“, primär als Schutz und nur beiläufig als Lichtwirkung, als Verfremdung von Material – zur Täuschung, es sei Marmor, wenn Holz oder Gips darunter war, oder es sei Holz, wenn es Kunststoff ist –: die Farbmittel werden zur Beeinflussung der Empfindung von der Umgebung und der Information über sie angewandt. Die Reaktion auf Farbe, ihre Bedeutung, ihren Signalwert ist allen Lebewesen tief eingepägt. Vor rund dreissigtausend Jahren aber begann der Mensch, optische Situationen anzuordnen, welche nicht über sich selbst, sondern über etwas anderes Information gaben. Die Zeichnung – mit Farben künstlich strukturiertes Licht – enthielt einen Teil derselben optischen Information, wie sie an einem anderen Ort, zu einer anderen Zeit zu finden war. Durch den Ersatz entstand eine Wahrnehmung aus zweiter Hand. Im Gegensatz zum Wahrnehmen eines unmittelbaren Geschehens in der Umgebung ermöglicht die in der Evolution entstandene Fähigkeit zur

²²¹ Emilio Ambasz: The Architecture of Luis Barragan, New York 1976

²²² Gottfried Semper: Die vier Elemente der Baukunst, Braunschweig 1851, S. 67

vermittelten Wahrnehmung, Dinge ausserhalb der sie umgebenden Lichtsituation, im erinnerten Geschehen der Hirnzellen, entstehen zu lassen.

Es ist uns im Alltag eine grosse Lebenshilfe, die Substitute in enge Verbindung mit der Realität zu bringen; diese Beziehungen müssen gelernt werden. Die Substitute nehmen eine Sonderstellung zwischen den realen Dingen und der reinen Illusion ein.²²³ So wurden zum Beispiel die gezeichnete Perspektive und die goldenen Proportionen als Konvention erkannt. Die gemalten Perspektiven an den Wänden norditalienischer Palazzi, deutscher Kirchen und so weiter, die der realen plastischen Ummantelung des Innenraums eine gemalte optische Erweiterung aufsetzen, machen Gebrauch von und spielen mit der vermittelter Wahrnehmung. 1914 meint Otto Wagner: „Völlig verwerflich ist jede unruhige und derbe Linienführung oder gar eine, welche Formen bringt, die dem Auge plastisch erscheinen und dadurch Unsicherheit und Unbehagen bei Benützung desselben erzeugen, also auch reichere Ornamente und Bilder.“²²⁴ Und Adolf Loos: „Der drang, sein gesicht und alles, was einem erreichbar ist, zu ornamentieren, ist der uranfang der bildenden kunst. Evolution der kultur ist gleichbedeutend mit dem entfernen des ornamentals aus dem gebrauchsgegenstande.“²²⁵

Zeichen nehmen in der Überflutung von Substituten einen immer wichtigeren Platz in der sichtbaren Welt ein. Der Zusammenhang mit dem Gegenstand ist nur durch die Kenntnis der Kodierung erkennbar; die Information wird durch lesende Wahrnehmungsstruktur empfangen. Gebäude werden durch sichtbare Schriften bezeichnet, die Wege durch unübersichtliche Bauwerke, die Fluchtwege, Ausgänge, Aufzüge und so weiter werden mit Zeichen markiert.

2.6.4.3 Umgang mit elektromagnetischen Feldern

Die Anwendung der Elektrizität hat der Menschheit in einem Bruchteil der Kulturgeschichte enorme Veränderungen der Umgebung, Bauten, Städte, Landschaften und der Lebensart gebracht. Haben die elementaren Naturkräfte wie die Gravitation oder Phänomene wie Festigkeit, Wärme, Licht und so weiter den Eingang in die klassische Baukunst gefunden, erhielt die Eigenschaft der Materialien, sich elektrisch zu polarisieren, den elektrischen Strom zu leiten und die elektromagnetischen Felder um sich aufzubauen, noch kein formales Vokabular. Sie hat zum Beispiel die Entwicklung der Stile nicht beeinflusst, sondern eher beendet. Die Folgen der Anregung und der Anwendung des elektrischen Stroms sind in verschiedenen Kapiteln (Kraft, Bewegung, Wärme, chemische Wirkungen, Licht) aufgezeigt worden; im Folgenden geht es um den Umgang mit den elektromagnetischen Feldern.

²²³ Barbara Gilla: Geometrical Illusions, in: Scientific American, Jan. 1980, Vol. 242, Nr. 1, S. 86 ff

²²⁴ Otto Wagner: Die Baukunst unserer Zeit, op. cit., S. 104

²²⁵ Adolf Loos: Trotzdem, Innsbruck 1931n Reprint Wien 1982, S. 79

– Erzeugung der Felder

Die elektromagnetischen Felder werden in Akkumulatoren und Generatoren erzeugt und breiten sich in Stromleitungen sowie mit elektromagnetischen Wellen aus. Die Freileitungen überqueren Landschaften und Siedlungen; sie müssen mit Abstand von Bauten und Aufenthaltsorten geführt werden und vice versa. Auch die im Boden verlegten Kabelleitungen erfordern einen Freihaltebereich, obwohl mit der koaxialen Anordnung eine effiziente Abschirmung der Felder erreicht wird. In Hausinstallationen können die elektromagnetischen Felder mit koaxialer, konzentrierter Führung und Abschaltung (Netzfreeschalter) räumlich und zeitlich eingeschränkt werden.²²⁶ Felder breiten sich aus auch am Ort der Umwandlung der elektrischen Energie in Arbeit, Wärme, Licht, Schall und Information. Die Bahnen, Strassenbahnen und Trolleybusse, Pendelbahnen, Aufzüge und Rolltreppen, Ventilatoren, Wasser- und Heizpumpen, elektrisch angetriebenen Türen, Tore, Sonnenstoren und Rolläden, Waschmaschinen, Geschirrspüler, Staubsauger und andere Geräte, Hausverriegelungen und anderes mehr sind von stärkeren oder schwächeren elektromagnetischen Feldern umgeben. Sie sind vorhanden in der Nähe von elektrischen Wärmeerzeugern wie Boiler und Heizkessel, elektrischen Öfen und Infrarotstrahlern, Kochherden und Backöfen, nahe von Kühlgeräten und Leuchtkörpern von kleinen 6-Volt-Lämpchen über Glühbirnen bis zu Leuchtröhren, Quecksilberlampen und Bildschirmen.

Die hochfrequenten elektromagnetischen Wellen breiten sich von den Sendern – stab-, draht-, parabolspiegelartigen und flachen Antennen – aus und werden von ebensolchen empfangen. Die Antennen stehen meistens in exponierter Lage in den Landschaften, auf den Dächern und Balkonen. Die Vermittlungssysteme können sich gegenseitig stören. Die mikroprozessorgesteuerte Regeltechnik zur Optimierung der Heizungs- und Klimaanlage, Rauchdetektoren und Feuermelder, Apparaturen in Spitälern und EDV-Anlagen sind nicht nur störanfällig gegenüber den natürlichen Phänomenen wie Spannungsentladung durch Blitz²²⁷, sie können sich auch gegenseitig stören und zerstören²²⁸. Systeme, die unsere Umwelt und uns zu steuern beginnen, müssen sich gegenseitig vertragen.

– Baulicher Schutz

Die elektromagnetischen Felder polarisieren Ladungen der in ihnen liegenden, in verschiedenem Masse anfälligen Materialien. Die natürliche Feldstärke zwischen der Erde und der Atmosphäre beträgt auf Bodenhöhe 130 V/m; die künstlich erzeugten Felder beeinflussen die natürlichen, und wenn Potentiale wegen isolierender Umgebung – zum Beispiel trockener Luft – nicht abfliessen können, stauen sie sich auf und entladen sich, wenn wir die geladenen Objekte berühren. Gelegentliche schwache elektrische Schläge können durch Nichtgebrauch aufladbarer Materialien oder deren Erdung vermieden werden. Elektrische Felder werden effizient mit

²²⁶ Herbert L. König, op. cit., S. 90, 97 ff, 141

²²⁷ Peter E. Leuthold: Elektromagnetische Verträglichkeit, in: NZZ Nr. 57 vom 10. 3. 1993, S. 63

²²⁸ Armin Hürliman: Elektromagnetischer Umweltschutz, in NTT Nr. 67 vom 3. 5. 1989, S. 67

geerdeten Blechen und Netzen abgeschirmt. Geerdete metallene Dach- und Fassadenverkleidungen sowie Blitzschutzanlagen halten die Felder der Hochspannungsfreileitungen und der atmosphärischen Ladungen ab und leiten die Ströme in den Boden.

2.6.4.4 Umgang mit ionisierender Strahlung

Die Anwendung von Röntgen- und Gammastrahlen in den Spitälern, Forschungs- und Materialprüfungsanstalten erfordert besondere Raumanordnungen, Materialstärken und -sorten wie auch entsprechendes Verhalten der Menschen. Orte der industriemässigen Kernspaltung und -fusion müssen mit doppelten Betonschalen und dazwischenliegenden Metallumhüllungen gesichert werden. Das Risiko der kriegerischen Anwendung von radioaktiven Stoffen kann abnehmen, jedoch wird der Schutz vorgesehen: In der Schweiz wurden zirka sechs Millionen künstlich belüftete, mit Gasfiltern versehene und einem Luftüberdruck von mindestens 1 bar standhaltende Schutzplätze zu 2,5 Kubikmeter Luftraum gebaut²²⁹.

2.6.5 FAZIT

Strahlungen bilden ein Kontinuum von verschiedenen Wellenlängen und Frequenzen, die durch Materie gefiltert und in verschiedenen Bereichen geschwächt oder relativ gestärkt werden. Die Strahlung der Sonne im Zenit oder am Horizont, durch reine oder mit Partikeln angereicherte Luft, durch Wolken, Regentropfen und Schneeflocken bildet die Basis, die von Materialien der Umgebung weiter selektioniert wird. Ein Ambiente kann gar nicht am Mittag und am Abend gleich strahlen. Wenn die Vegetation im Frühling grün und im Herbst rötlich wird, verleiht sie ihre Farbspektren den Bauten, die demzufolge auch nicht beidemale gleich strahlen können. Eine Bodenfarbe kann dem Raum verschiedene Lichter verleihen. Diese Variabilität können wir nur teilweise mit den Sinnen feststellen, denn der Wahrnehmungsapparat sorgt für eine Konstanz, die uns eine weisse Fläche auch bei unterschiedlichen Strahlungen als weiss erscheinen lässt. Und doch spüren wir zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten spezielle Stimmungen. Die Variabilität, die wir mit dem visuellem Sinnessystem erkennen, ist im gesamten Strahlungsbereich – von Infrarot- bis Ultraviolett – noch stärker und wirkt sich auf den Zustand von Materialien, auf ihre Konsistenz, ihre Wärme etcetera wie auch auf die Prozesse im Organismus aus.

Die mit der hier entwickelten Theorie vorgeschlagene Systematisierung stellt die Strahlungen in Beziehung zu anderen Phänomenen der Materie – Bewegung, Konsistenz, Wärme und chemischen Vorgängen – sowie zu verschiedenen Sinnesempfindungen – visuellen, auditiven, haptischen und olfaktorischen. Damit zeigt sie die Mechanismen der Gesamtwechselwirkungen auf, die unser Leben prägen. Die Darlegung der physikalischen und biologischen Grundlagen von Strahlungen hilft, die Bauwerke systematisch zu durchleuchten. Für die Regelung der

²²⁹ NZZ Nr. 112 vom 17./18. 5. 1986, S. 36

lebenserhaltenden Wärmestrahlung haben die Menschen Isolationen, Abschirmungen und Heizungsanlagen gebaut. Steinmassen in Form von Säulen, Wänden und Decken, Wasserreservoirs, Höhlen, Schutz wie Vordächer, Arkaden, Brisesoleils und Storen, beschichtete Gläser, Bäume und Pergolen, Zelte, Iglus und Alufolien, Ausrichtung der Bauten und Öffnungen, Wintergärten, Sonnenkollektoren, Radiatoren und IR-Strahler, Feuerstellen und Öfen prägen die regionalen Bauweisen, das Verhalten von Materialien und Menschen. Die Gemische von sichtbaren Wellenlängen erzeugen präzise räumliche und zeitliche Strukturen auf der Netzhaut und im Gehirn, so dass der visuelle Sinnesapparat bei Menschen zum wichtigsten, jedoch nur in der Orchestrierung mit anderen Sinnen relativ zuverlässigen Wahrnehmungsapparat geworden ist. Entsprechend stark äussert sich der Umgang der Menschen mit der visuellen Erscheinung seiner Artefakte. Die Lichtstrukturen wurden zu sinträchtigen Zeichen und Sprache, wir sehen die Materie, ihre Farben, Strukturen, räumliche Anordnung mit dem äusseren und dem „inneren“ Auge, dem Gedächtnis; das strukturierte Licht vermittelt Ereignisse, Gegenstände, Ambiente, Städte und Landschaften. Die Lichtstrahlung ist eigentümlich für alle Materialien; die Lichtsituation kann spezifisch sein für jeden Punkt und jeden Augenblick der Welt. Der Umgang mit dem Tageslicht – Spiegelungen der Materialien, Spiele von Licht und Schatten, Lichtöffnungen und Verdunkelungen vom Loch in der Wand bis zu beschichteten Fenstergläsern – charakterisiert die regionalen Bauwerke und die kulturellen Epochen. Die Erzeugung der Lichtstrahlung durch Verbrennung von Holz, Öl und Gas sowie durch elektrischen Strom erfordert Leuchten – von Kerzen und Öllämpchen bis Halogenlampen, Laserstrahlern und Bildschirmen – und schafft das Umgebungslicht. Gesteine, Metalle, Glas, Farbstoffe, Wasser und Luft modulieren die Strahlung; sie können Vermittler von visuellen Sprachen und wertvollsten Kunstwerken sein.

Akkumulatoren und Generatoren, Stromleitungen und elektrische Geräte erfordern einen Abstand oder eine Abschirmung. Sende- und Empfangsantennen werden auf Bauwerken und in den Landschaften erstellt. Die Radio- und Radarwellen ermöglichen vor allem drahtlose Informationsübermittlung und Kommunikation. Die Modulierung des Bildes und des Klages in die elektromagnetischen Wellen und zurück in Wort, Musik und Bild verbindet die individuellen Welten mit globalen Netzen und ermöglicht den Austausch der Gedanken ohne materiellen Transport.

Die hochenergetische, ionisierende, sich langsamer als das Licht ausbreitende massebehaftete Strahlung ist teilweise natürlicher Bestandteil der Biosphäre, welcher die genetischen Mutationen generiert und dessen Zuviel sich schädlich auswirken kann. Die Anwendung erfordert Schutzbauten und besondere bauliche Massnahmen.

Die Strahlungen gestalterisch und energetisch effizient und adäquat zu nutzen und auszudrücken – zum Beispiel Fassadenfarben bei verschiedenen und für verschiedene Lichtsituationen zu

bestimmen, die Wandlungen von Strahlungen bewusst zu planen –, könnte eine grosse Herausforderung für die Baukunst sein. Das methodische Beobachten von Strahlungen in vorhandenen Bauwerken stellt der Denkmalpflege begründete Argumente für die Bewertung zur Verfügung.

3 FOLGERUNGEN

„No man is an *Iland*, intire of it selfe; every man is a peece of the *Continent* , a part of the *maine*; if a *Clod* bee washed away by the *Sea*, *Europe* is the lesse, as well as if a *Promontorie* were, as well as if a *Mannor* of thy *friends* or of *thine owne* were; any mans *death* diminishes *me*, because I am involved in *Mankinde* ; And therefore never send to know for whom the *bell* tolls; It tolls for *thee*.“

John Donne (1573-1631)²³⁰

3.1 KOMPLEXITÄT DER WECHSELWIRKUNGEN

Die Gesetzmässigkeit $E = mc^2$ beschreibt, wie Energie, Masse und Bewegung miteinander verknüpft sind und dass sie nicht voneinander getrennt existieren können. Aus den Elementarkräften Gravitation, Elektromagnetismus und Kernkräfte, die möglicherweise auf einer gemeinsamen Basis gründen, gehen Phänomene wie Bewegung, Schwerkraft, Konsistenz, Wärme, chemische Prozesse und Strahlungen hervor; sie sind Bereiche einer Ganzheit, die in dieser Arbeit zur Klärung von Wechselwirkungen mit wahrnehmenden Menschen einzeln betrachtet worden sind.

Die Wandlung und die Evolution der Materie/Energie sind im ständigen Fluss begriffen: Einerseits entstehen immer komplexere Strukturen, höhere Ordnungen, von den sich reproduzierenden Molekülen, den lebenden Zellen über die Organismen und die Erkenntnisapparate bis zur globalen Vernetzung der sozialen, kulturellen, wirtschaftlichen, technischen und anderen Systeme; andererseits werden Strukturen höherer Ordnung verlassen, zerstört und umgewandelt, die Entropie nimmt zu. Wenn Strukturen labile Zustände erreichen, können in unvorhersehbaren, chaotischen Ereignissen neue Ordnungen entstehen.

Im Wechselspiel der Elementarkräfte treten verschiedene Konstellationen, Dichten und Entwicklungsstufen der Gemische auf; sie verändern sich dauerhaft, je nach dem Gravitationsfeld, in dem die Erde sich befindet, nach dem Strahlungseinfall, den chemischen Prozessen. So entstehen in jedem Punkt und Augenblick der Biosphäre spezifische Wechselwirkungen der Kräfte und stoffliche Konsistenzen, die für Menschen durchdringlich oder undurchdringlich erscheinen, Bereiche, wo Massen fallen und steigen, hart und weich, heiss und kalt sind, wo sie riechbar und zu schmecken sind, sich verfärben, schwingen, zerfallen, zerfliessen, erstarren, aufeinanderprallen, sich reiben, zünden, zersetzen, klingen und lärmern, drücken, schneiden und kleben, Strahlungen absorbieren, reflektieren oder durchlassen, Felder erzeugen, Werden und Vergehen beeinflussen. Dieses Geschehen kann

²³⁰ John Donne, op. cit., S. 538

Bestandteil jeder von Menschen gebauten Welt sein, in dieses ist der Mensch mit seinem Körper und seinem reflektierenden Wahrnehmungsapparat eingetaucht.

Die komplexe Wechselwirkung zwischen materiellem Geschehen und reflektierendem Menschen wurde bis jetzt keiner Architekturtheorie zu Grunde gelegt. Das Verständnis der Wechselwirkung soll ermöglichen, diese bewusster wahrzunehmen, sie in Planungen und Pflege zu integrieren und zu verhindern, dass an den naturwissenschaftlichen Erkenntnissen vorbei ebenso künstliche wie gewaltsame Ideologien konstruiert und blind von Bauenden und Rezipierenden aufgenommen und verbreitet werden.

3.1.1 UNBELEBTE WELT

– *Gesteine* bilden gebirgige Landschaften mit Spuren erdgeschichtlicher Prozesse, werden zu Wüsten, Ruinen und Staub als Folge der Erosion; strahlende und matte, harte Flächen in unberührter Natur oder in Artefakten sind Resultat ihrer Konsistenz und Einwirkungen von aussen; sie lasten auf darunterliegenden Schichten, können selbst Gewichte tragen, die Gebilde unverrückbar festigen, sie sind brüchig, klingen beim Anschlagen, können relativ viel Wärme aufnehmen und abgeben, leiten sie an andere Orte; Gesteine verwittern, verändern sich chemisch und strukturell, scheinen brillant oder bunt, können radioaktiv sein. Mit all diesen Eigenschaften bilden sie unberührte Landschaften, ihr Reichtum an Wirkungen und Spuren kann ebenso in Bauwerken voll zur Geltung kommen.

– *Metalle* kommen in der natürlichen Welt fast ausschliesslich als Bestandteile der Minerale vor, denen sie bestimmte Eigenschaften verleihen. In der von Menschen geschaffenen Welt kommen sie vor als massive oder feine Gebilde, elastisch und plastisch verformbare Massen, Netzwerke, Bleche und Drähte, die tragen, sich bewegen, schwingen, sich abreiben. Sie leiten Wärme und Elektrizität, verändern sich chemisch und farblich, klingen metallig oder blechig und verarbeiten Strahlungen in spezifischer Weise. Von anorganischen Stoffen sind sie die bedeutendsten Träger des menschlichen Fortschritts.

– *Wasser* kann in seinen drei Aggregatzuständen fest und schwer, wuchtig, fliessend und zerstörerisch, aber auch sprühend, glitzernd, schleierhaft, gasförmig und unsichtbar sein, schwingen, Wärme mittragen und leiten, chemische Prozesse begünstigen, es ist transparent für einen Teil des Strahlungsspektrums. Als Eis, Flüssigkeit oder Dampf bildet es Gemische mit Mineralien, Metallen, Gasen, organischen Stoffen, es beeinflusst das Gewicht, die Bewegung und Konsistenz, die Wärme und Strahlung von Bauwerken und Atmosphäre, es bedingt das Leben.

– *Luft*, leicht und doch nicht ohne Gewicht und Trägheit, fließend und doch widerstandsfähig, manchmal wuchtig und zerstörerisch, drückt, trägt und schwingt, überträgt Wärme und Partikel, Duft und Gestank, isoliert, verdichtet und verdünnt sich, verfärbt das Licht.

In festen, flüssigen und gasförmigen Gemischen der unbelebten Welt werden Phänomene – Gewicht, Bewegung, Festigkeit und Elastizität, Wärme, chemische Prozesse und Strahlungen – in mannigfaltigen Wechselwirkungen gegenseitig moduliert. Das Geschehen hinterlässt Veränderungen und bildet Rahmenbedingungen, von denen die Lebewesen abhängig sind. Sie bewirken in Bauwerken ein vielfältiges Geschehen, das intensiviert werden kann und das die menschliche Wahrnehmung bereichert.

3.1.2 BELEBTE WELT

– *Vegetation* lebt in Abhängigkeit von Jahres- und Tageszyklen, Bodenbeschaffenheit, Atmosphäre. Pflanzen liegen auf dem Boden, wachsen in die Höhe und breiten Äste aus, bewegen sich, verarbeiten in der Photosynthese aus den anorganischen die fürs Leben grundlegenden organischen Substanzen, zersetzen Materialien – auch die härtesten Steine –, modulieren Strahlungen. Jahrein jahraus füllen und färben sie Aussen- und Innenräume, verbreiten Düfte und Geräusche, lasten und tragen, verbinden und trennen, verkleiden, beschatten, isolieren und schirmen ab, klingen und quietschen, brennen und faulen. Sie bieten den höher entwickelten Lebewesen Schutz und reagieren auf Veränderungen der Lebensbedingungen. Angefangen mit Flechten und Moos nehmen sie alle Bauwerke in Besitz, falls dies nicht verhindert wird.

– *Tiere* sind mit mehr oder weniger komplexen Nervennetzen ausgestattet, die ihnen aktive Bewegung, Sinnesempfindung und Reaktion auf die Umwelt ermöglichen. Die Grenzen zur unbelebten Welt wie auch zu abstrakten Leistungen sind unscharf. Die Tiere – ob Einzeller, Insekten, Vögel oder Säuger, Haus- oder Nutztiere – prägen die Umwelt dynamisch, akustisch, chemisch, visuell. Viele Baumaterialien stammen aus tierischen Stoffen.

Die Pflanzen und Tiere beeinflussen die Umwelt und das menschliche Leben dermassen, dass sie in keiner umfassenderen Architekturtheorie unberücksichtigt bleiben dürften.

3.1.3 SINNESEMPFINDUNGEN UND WAHRNEHMUNGEN

Die lebenden Strukturen sind durch komplexe Kombinationen der unbelebten Materie unter Mitwirkung aller physikalischen Kräfte entstanden. Die zufällig entstandenen Kombinationen sind ein Teil der im Rahmen physikalischer Gesetze möglichen Varianten; von diesen haben sich jene Arten weiterentwickelt, die für jeweils gegebene Situationen vorteilhaft ausgerüstet waren. So sind alle Lebewesen – samt ihrer komplexesten Ausrüstung, dem Nervensystem und den darauf gründenden Wahrnehmungen – Teile und Spiegelungen natürlicher Kraftfelder und Prozesse, durch diese bedingt, in sie eingebunden und ohne sie nicht existenzfähig.

Das Prinzip von Goethes „sonnenhaftem Auge“ oder von „Steppenboden und Pferdehufen“ sowie „Wasser und Fischflossen“ von Konrad Lorenz gilt auch für die Sinnesempfindungen des Menschen. Seine anatomische und sensorische Ausrüstung entspricht den jeweiligen Existenzbedingungen – nicht weniger und nicht mehr. Er hat sein Überleben auf dem trockenen Boden gefunden, brauchte also kein Sensorium für elektrische Felder und Strahlungen ausserhalb des Lichtes, weder für Radiowellen noch für radioaktive Strahlung, weder für Ultra- noch für Infraschall. Eine zu umfassende Sensibilität würde ihm das Leben sogar erschweren.

In den Nervennetzen lebender Organismen bauen Phänomene individuelle Strukturen auf, welche in Form von Gedächtnis / Wissen die ursprüngliche Sinneseinwirkung überdauern, sich als Erinnerung in reduziertem Mass wiederholen können und somit in einer erweiterten Dimension die immer eingeschränkt erlebte Realität reproduzieren können.

3.1.3.1 Nervennetze und Hormone

Der Mensch ist mit seinem bescheidenen Wahrnehmungsapparat in die Wirkungen der Welt integriert. Die Reize, die in den Sinnesorganen in biochemische Ströme umgesetzt werden, erregen in den 10^{14} - bis 10^{17} -fach verbundenen zehn bis zwanzig Milliarden Nervenzellen sein subjektives Wahrnehmen. Zwei von drei Nervensystemen befassen sich mit dem Inneren, das dritte ist nach aussen gerichtet²³¹:

– Das *propriozeptive* System überträgt Reize von den Muskeln, Gelenken und Sehnen des Knochengerüsts und von anderen Organen, die der Haltungskontrolle und Bewegung dienen, ins zentrale Nervensystem. Das Verb „fühlen“ gebrauchen wir zumeist, wenn wir die Reize aus diesen Bereichen beschreiben.

– Das *interozeptive* System überträgt Signale von Organen wie dem Verdauungstrakt und der Blase, von den Drüsen und ihren Ausführungsgängen sowie von den Blutgefässen. Es ist vor allem für die innere Ökonomie des Organismus von Bedeutung.

– Ein drittes Nervensystem, das *eterozeptive*, ist hauptsächlich mit dem Sehen, Hören, Tasten, Riechen und Fühlen der Dinge in der Welt um uns befasst, aber es spielt auch eine besondere Rolle bei der Beobachtung unseres eigenen Körpers.

Die sensorischen Nervenzellen kommunizieren nicht direkt mit den motorischen; zwischen beiden sind Nervenzellen eingeschaltet, die Signale übernehmen, sie untereinander austauschen, verarbeiten und erst dann zur Ausführung weiterleiten; die meisten Zellen des Gehirns sind weder sensorisch noch motorisch. Die Ereignisse eines jeden Augenblicks führen zu Reaktionen der Muskulatur, zur Steuerung der Aufmerksamkeit und zur Funktionsänderung der inneren Organe und Drüsen, welche Hormone ausscheiden und somit ein zweites Informationssystem im Organismus aktivieren: der Hippocampus und Mandelkern beeinflussen den Hypothalamus, es werden die Stimmungen erzeugt.²³²

²³¹ F. B. Skinner: Was ist Behaviorismus? Reinbeck bei Hamburg 1978, S. 30 ff

²³² W. J. H. Nauta und M. Fairtag: Die Architektur des Gehirns, in: Spektrum der Wissenschaft 11/1979, S. 69 ff

In den lang-, mittel- und kurzzeitig verknüpften Netzwerken verschiedenen Umfangs werden bioelektrische Ströme ausgelöst, welche das subjektive Reagieren auf das rezipierte Geschehen ausmachen. Die erregten Strukturen – Netze von Axonen und Dendriten, verbunden mit Synapsen und synaptischen Spalten – sind dissipative Gebilde, welche von inneren und äusseren Prozessen gespeist werden und ihren Zustand nur durch ständige Aufnahme und Zerstreuung von Energie erhalten können.²³³ Die Nichtabgeschlossenheit des Systems ist ersichtlich am Beispiel unserer Sprache: Paradoxien existieren in vielfältiger, komplexer und nicht unmittelbar einsichtiger Form. Wir können den Wahrnehmungs- und Denksystemen keine Grenzen setzen, die Begriffe „wahr“, „richtig“ und „falsch“ finden in der Wirklichkeit keine Entsprechung.

Energieimpulse – optische, akustische, taktile – erregen Nervennetze, welche die Hormonausschüttung der Drüsen bewirken und bis zu den obersten Schichten des Cortex und der Kognition reichen; wir *nehmen wahr*. Die Entwicklung der Wahrnehmungsstrukturen ist so alt wie die Evolution der Lebewesen selbst und ging Schritt um Schritt in der Wechselwirkung mit der Umgebung. In den Wahrnehmungsstrukturen findet die Realität die Spuren von sich selbst, eine Replik und somit neben Raum und Zeit eine weitere Dimension – das Fliessen in komplexen Nervennetzen. Die Welt erschafft sich selbst in ihren Wechselwirkungen.

3.1.3.2 Redundanz

Die sinnliche Ausrüstung des Körpers empfängt nicht eindeutig und bei weitem nicht alle Wirkungen der Umwelt. Nach dem Empfang in spezialisierten Sinneszellen werden die Signale in unifizierter bioelektrischer Ströme umgewandelt, die in Nervenfasern verschiedener Kombinationen fliessen. Eine spezialisierte Region im Cortex kann an anderen Leistungen beteiligt sein. Ein Wahrnehmungssystem kann Informationen aus Wirkungen entnehmen, die hauptsächlich mit anderen Sinnen wahrgenommen werden, beziehungsweise ein äusserlicher Reiz kann in umfassenderen Wahrnehmungsstrukturen Informationen über verschiedene Wirkungen vermitteln. Das Licht informiert nicht nur über sich selbst, sondern auch über die Bewegung und den Bewegungsraum, über die Schwerkraft, Festigkeit, Wärme und so weiter, obwohl die primären, zuständigen Sinneszellen im Vestibularorgan, in den Gelenken, der Haut diese Wirkungen ebenfalls registrieren. Ein blinder Mensch sensibilisiert sein Gehör, seinen Tastsinn und so weiter. Durch das Lernen werden wir befähigt, „aus zweiter Hand“ Information zu schöpfen. Die Vermittlung von Architektur mittels visueller Medien – Zeichnungen, Pläne, Fotografien, Videos – hat zur Folge, dass man die gebaute Umwelt primär zum Anschauen entwirft und baut, als bildhafte Gestalt wahrnimmt und beurteilt, während andere Sinnesempfindungen in den Hintergrund gedrängt werden.

²³³ Manfred Eigen, NZZ Nr. 298 vom 22. 12. 1982

Die vielfältigen Wirkungen einer Umwelt werden von kombinierten Wahrnehmungsnetzen umfassend aufgenommen. Von der Synergie aller möglichen Sinneseindrücke hängen die Intensität und der Umfang des Erlebens von Umweltgeschehen ab.

3.1.3.3 Aufmerksamkeit

Aufmerksamkeit ist die Fähigkeit des zentralen Nervensystems, aus gleichzeitig eingegangenen Sinnesreizen eine Auslese zu treffen, sich innerhalb eines Angebotes Dingen von Interesse zuzuwenden. Die Aktivität der Nervenzellen, die auf einen bestimmten Reiz reagieren, ist grösser als diejenige aller Nervenzellen, die mit anderen Reizen beschäftigt sind.²³⁴ Die Sinnesempfindungen und die Wahrnehmungen zusammen bilden das Geschehen, aus dem wir mittels bewusst oder unbewusst gesteuerter Aufmerksamkeit unsere augenblicklichen Erlebnisse schöpfen. Hier geschieht die Auslese, die Unterdrückung, die Transformation.

Im täglichen Leben werden die Sinne mit einer Fülle von Eindrücken bombardiert, jedoch nur wenige dringen ins Bewusstsein vor und dienen als Grundlage für das Handeln. Zum Beispiel scheint uns das Tragen von Kleidern auf der Haut kaum zu berühren, doch reagieren wir sofort, wenn die Haut meldet, eine Nadel habe das Hemd durchstochen. Wir überhören den Lärm oder das allgemeine Geklapper an einer Cocktailparty, wenn wir uns auf das Gespräch mit dem Nachbarn konzentrieren. Wenn wir intensiv denken, sind die Augen meistens offen, die Ohren auch; wir sehen die Umgebung zwar mit den Augen, die Bilder der Aussenwelt dringen jedoch nicht in unser Bewusstsein; wir sehen das, woran wir denken, bis etwas Wichtiges im Blickfeld geschieht; wir hören nichts, können uns aber Sekunden oder Minuten später erinnern, dass etwas geschehen ist (dass zum Beispiel die Turmuhr geschlagen hat) – aber das läutende Telefon haben wir sofort abgenommen; der Stuhl drückt uns, aber wir merken es nicht. Erst wenn die Konzentration nachlässt oder Dinge von Bedeutung geschehen, wenn die vor der Schwelle wartende Sinnesempfindung sich plötzlich verändert, werden wir darauf aufmerksam – auch wenn die Uhr stehenbleibt.

Durch eine Umgebung, in der nichts von Interesse geschieht, gehen wir – ausser wir sind aktive Beobachter, vielleicht beruflich vorbelastet – ohne besondere Wahrnehmung. Manch einer weiss nicht, welche Bilder an den Wänden seiner Wohnung hängen, und „sieht“ sie doch täglich. Leute gehen an der gotischen Kathedrale ihrer Heimatstadt vorbei und wundern sich, was die staunenden Touristen daran sehen, aber denselben Besuchern und Bewunderern geht es in ihren eigenen Städten vielleicht genauso – und die Bewohner dieser Stadt ergötzen sich über die neu gesehenen Kathedralen anderswo ... Wir merken auf unserem täglichen Heimweg, wenn plötzlich Linden oder Akazien duften, während wir den Geruch der Autoabgase nicht beachten; wohl merken wir aber in der frischen Morgenluft, wenn ein einziges Auto

²³⁴ R. H. Wurtz, M. E. Goldberg und D. L. Robinson: Optischer Reiz und visuelle Aufmerksamkeit, in: Spektrum der Wissenschaft 8/1982, S. 92 ff

durchgefahren ist. Man kommt nach Hause, hört das Öffnen des Briefkastens als Hintergrundgeräusch, man schreitet über die unebenen Steine, lehnt sich an das schwere, kalte Tor, betritt das Haus, in dem bereits gekocht oder geraucht worden ist, steigt eine quietschende hölzerne Treppe hinauf oder fährt mit dem Fahrstuhl und erreicht die Wohnräume – aber die Spannungen in Muskeln und Sehnen hat man kaum beachtet, die Kälte des Tores, den Klang der Schritte, die Beschleunigung des Aufzuges auch nicht, man hat den unterschiedlichen Hall im Treppenhaus und in der Wohnung nicht wahrgenommen, und doch waren alles das Begleitsignale, dass wir am vertrauten Ort sind.

Die Sinne sind Zweiwegsysteme. Einerseits leiten sie Reize von der Peripherie zum zentralen Nervensystem, andererseits richten wir sie in die Welt (von der auch unser Körper Teil ist) hinaus, um diese zu erforschen, auszukundschaften. Wir sehen mit offenen Augen ein ganzes Panorama, aber wir richten den Blick dorthin, wo sich etwas bewegt, wo uns etwas interessiert; wir hören einen reichhaltigen Geräuschpegel, aber wir können das Gehör auf die hintergründigsten Klangstrukturen richten und daraus eine Information entnehmen; wir kommen mit einer Fülle von Sachen in physische Berührung, aber wir tasten die uns interessierenden Gegenstände genauestens ab; ähnlich gebrauchen wir den Geruch und den Geschmack.

In einer ereignisreichen Umgebung, voll von visuellen, akustischen, chemischen und haptischen Reizen, kann das Individuum nicht alles auf einmal aufnehmen und muss daher auswählen.²³⁵ Ein in der Wahrnehmung Erfahrener entwickelt eine Wahrnehmungsstrategie, die in hohem Masse ökonomisch ist; er beschränkt sich auf einige wenige Kategorien, setzt sich aber der Gefahr des Irrtums oder Versäumens aus. Wir versuchen bei einer Party neben dem eigenen Reden auch dem Gespräch der Gruppe nebenan zu lauschen oder gleichzeitig allen vier Instrumenten eines Quartetts zuzuhören. Wir „überfliegen“ einen Text – ohne ihn zu lesen –, um bestimmte Worte zu finden. Dabei spielt eine gewisse Trägheit der Sinnesempfindungen mit: die eingegangenen Reize werden nicht sofort gelöscht, sie klingen langsam aus.

Die Kriterien für die Steuerung der Aufmerksamkeit werden von drei Faktoren beeinflusst: einmal von der genetisch vorgegebenen Verschaltung der Nervennetze und damit des Verhaltensrepertoirs, zum anderen von der Struktur der Umwelt, mit welcher das Nervensystem in Wechselwirkung tritt, und schliesslich von dem jeweiligen Zustand, in dem sich das Gehirn befindet, während es mit der Umwelt interagiert.²³⁶

Damit das Gehirn die zur Optimierung seines Repertoirs erforderliche aussergenetische Information gewinnen kann, muss die Umwelt, in die hinein es sich entwickelt, hinreichend differenziert sein. Es gilt als gesichert, dass es seine vielfältigen Leistungen nur im Wechselspiel

²³⁵ J. J. Gibson, op. cit., S. 373

²³⁶ W. Singer: Hirnentwicklung und Umwelt, in: Spektrum der Wissenschaft 3/1985, S. 61

mit der Umgebung voll entfalten kann.²³⁷ Blosser Anreicherung der Reize schafft allerdings noch keine optimalen Entwicklungsbedingungen und die übermässige Vielfalt auch nicht.

3.1.3.4 Gesamtwahrnehmung

Die Gesamtheit von Sinnesempfindungen – sowohl jener, die zum Bewusstsein vordringen, als auch anderer, die unbewusst im Hintergrund bleiben – bestimmt die Wahrnehmungen im Rahmen der vorhandenen Strukturen und Reaktionen auf die Geschehnisse innerhalb und ausserhalb des Körpers. Wenn das Orchester andere Tonarten einschlägt, wird auch die Solostimme anders wahrgenommen.

Die Kommunikation mit der Welt, sowohl der äusseren als auch derjenigen im Gedächtnis gespeicherten, geschieht zwischen zwei Extremen: einerseits der vertieften, andauernden Konzentration auf enge, bewusst gewählte Bereiche, die sich fraktalartig in die Tiefe entwickeln, und andererseits der Öffnung für alle möglichen Einwirkungen, wobei eher die Komplexität und die Vielfalt wahrgenommen werden können.

Die erste Strategie verfolgend, können wir durch Räume gehen und dabei nur sichtbare Phänomene beobachten: das Licht, die Schatten, die Reflexionen, die Farben, die gegenseitige Lichtbeeinflussung. Andere Wahrnehmungen – die Empfindungen der eigenen Bewegung beim Besteigen der Treppe, dem Auf- und Zumachen der Tür, die Temperaturunterschiede der Luft, die Wärme des Handlaufs, der Türklinke, die Härte und den Klang der Bodensteine, des Parketts, die Weichheit des Teppichs, das Quietschen und Schlagen einer Tür, die Gerüche des Holzes, der Farben, der Textilien, die begegnenden Menschen – ignorieren wir. Eine so durchgeführte promenade architecturale ermöglicht uns vertiefte Erlebnisse der Phänomene, auf die wir die Aufmerksamkeit gerichtet haben, in diesem Fall des Lichtes; andere Wahrnehmungen begleiten uns hintergründig.

Ganz isoliert betrachten können wir die einzelnen Wirkungen im „Laboratorium“ – auf dem Reissbrett, indem wir die Zeichnungen, Pläne und Abbildungen anschauen, wir können eine Wirkung aus der Ganzheit destillieren, im „Space-Lab“ uns die „virtual reality“ vorführen. So können wir die Schwerkraft und die Festigkeit durchrechnen, das Licht simulieren. Alle anderen Wirkungen – die Mühe des Treppensteigens, das Gehen um die Ecken, die Gerüche, den Hall, den Temperaturunterschied – erleben wir erst auf dem realen Bau.

Das Bilderverbot, Albertis Warnung, „in den Tempeln Dinge zu haben, welche die Seele von der religiösen Betrachtung zu verschiedenerlei Sinnenreiz und Ergötzlichkeiten ablenken“²³⁸

²³⁷ *ibid.*, S. 48

²³⁸ Alberti, *op. cit.*, S. 380

oder die Klage von Charles Jencks über die Gesamtkunstwerke²³⁹ weisen auf die Schwierigkeiten der Konzentration auf Einzelheiten beim umfassenden Angebot hin.

Im Gegensatz zur vertieften Hinwendung zu Einzelheiten steht die zweite Strategie, das umfangreiche Wahrnehmen der Vielfalt. Wenn zwei oder mehr Informationen sich zusammenfinden, ergibt sich nicht nur grössere Quantität, sondern auch neue Qualität – eine Information, die von anderer Art ist als das, was in den beiden getrennten Quellen vorgegeben war.²⁴⁰ Aus dem räumlichen Abstand zweier Augen entstehen mehr als zwei Projektionen des gleichen Gegenstandes, nämlich eine wesentliche zusätzliche Information: die Lage des Gegenstandes im Raum, die Entfernung, die Raumtiefe. Wenn Neuronen gemeinsam erregt werden, geschieht nicht eine Addition, sondern eher ein Prozess der Multiplikation.

Wenn wir mit der Absicht, ein Umfeld in seiner Totalität zu erleben, durch dieselben Räume gehen, in denen wir vorher nur das Licht beobachtet haben, wenn wir um die Vielfalt der Gemische wissen und sogar die Spuren der Vergangenheit lesen können, werden die Wahrnehmungen um einiges intensiver und umfassender. Das Tragen und Bewegen von Massen, einschliesslich des eigenen Körpers, hinauf und hinunter, links und rechts, vor- und rückwärts, das Berühren von harten und weichen, groben, scharfen, kalten und warmen Materialien, das Hören von Bewegungen, Menschen, Tieren, Steinen, Bäumen und Luft, das Sehen und Fühlen von Strahlungen, das Riechen von Gerüchen, die wir den gesehenen oder nicht gesehenen Stoffen und Prozessen zuordnen – die Fülle der Wahrnehmungen und der Nuancenreichtum besagen uns, dass wir in einer „wahren“ Welt leben.

Die Vielfalt der realen Welt kann durch nichts ersetzt werden. Es können zwei oder mehrere Wirkungen gleichzeitig simuliert²⁴¹ oder in „Multimedia“ synthetisiert werden – eine vollkommene Kopie wird nicht erreicht. Kein Surrogat, keine Sprache, weder ein Bild noch ein Film kann an Stelle eines realen Bauwerks treten, eines neuen nicht und noch weniger eines alten, das in vielerlei Geschehen involviert war und deren Spuren trägt. Ein Ersatzmittel ist eine andere Realität, die in den Wahrnehmungsnetzen ähnliche Bereiche wie das Original aktivieren kann, mit diesem aber nicht verwechselt werden darf. Ein Hund wird das Bild vom Fleisch in der TV-Werbung nicht für seine Nahrung halten: weder riecht er es, noch sieht er es räumlich und scharf.

Die Fähigkeit zum abstrakten Denken hat die Entwicklung der Kultur beschleunigt, sie birgt aber auch Einschränkungen und Gefahren in sich. Michel Serres beklagt die tragende und

²³⁹ Charles Jencks: *The Architectural Sign*, in: *Signs, Symbols, and Architecture*, Chichester 1980, Reprint 1981, S. 71 ff

²⁴⁰ Konrad Lorenz: *Die Rückseite des Spiegels*, op. cit., S. 50 ff

²⁴¹ Um Kinobesucher die Bewegungen, welche auf der Leinwand gezeigt wurden, intensiver erleben zu lassen, wurden hydraulische Fauteuils montiert. Vgl. NZZ Nr. 127 vom 3. 6. 1994

eingrenzende Eigenschaft der Sprache²⁴², und dies gilt für alle Medien: Sie können nur aufgrund vorhergegangener intensiver Erlebnisse der realen Welt Emotionen und virtuelle Welten erregen, andernfalls verkümmern sie zu Scheinwelten, amputierten Begriffen, die vom Wind herumgetrieben werden²⁴³.

Die Lebensqualität, zu welcher die Baukunst beitragen soll, wird von einem breiten Spektrum sinnlich empfindbarer und nicht empfindbarer, wahrnehmbarer (auch sozialer, gesundheitlicher) Faktoren bestimmt. Aufgrund der Darlegung der Vielfalt der Wirkungen ist ersichtlich, dass das umfassende Wahrnehmen das Leben in Form von Geschehen in nervlichen Netzen intensiviert. Die abwechselnde Anwendung von beiden Strategien – jener der vertieften Betrachtung von Einzelheiten und jener der Öffnung zur Wahrnehmung der Ganzheit – steigert die Erlebnisintensität und damit die Lebensqualität. Wer umfassend wahrnimmt, lebt intensiver.

3.1.3.5 Von Menschen erschaffene Welten

Der Mensch ist mit seinen lebenden Nervenetzen in die Gemische von Umweltwirkungen eingetaucht. Für ihn liegt die Empfindung der Mitwelt, die Information über sie, nicht nur in den einfachen physikalischen Wirkungen, sondern vor allem in ihren Kombinationen und ihrer Variabilität. Er erlebt die Welt vielfältig und differenziert nicht nur mittels des Lichtes der Frequenz λ , sondern mittels eines Spektrums von Strahlungen, welche ausser auf die Netzhaut auch auf andere Gewebe wirken. Die Tatsache, dass alle Lebewesen, nicht nur der Mensch, bereits in einem vorbegrifflichen Stadium mit der Welt in Beziehung stehen, appelliert an die Erbauer und Pfleger der Umwelt, ihren Bestrebungen ständig erfahrbare und wissenschaftlich erkannte und begründete Wechselwirkungen zugrunde zu legen und somit Beziehungen adäquater und innovativer zu gestalten. „Farben“, „Wärme“, „Klänge“, „Druck“, „Härte“ und so weiter sind Eigenschaften einer Welt, wie der Mensch sie in seiner langen Geschichte erkannt und als Begriffe, Benennungen gebildet hat. „Die Schere“, sagt Gregory Bateson – und das gilt gleichermaßen für eine „Tür“, ein „Haus“, eine „Stadt“ – „ist nicht *das Ding an sich*; sie ist gerade *nicht das Ding an sich*. Vielmehr ist sie das, was der Geist daraus macht ...“²⁴⁴ Wirklichkeit ist zum Teil die Inszenierung von Vorstellungen, die sich die Menschen von ihr machen²⁴⁵; sie gründet auf Bildung.

Aufgrund des Wahrgenommenen und Erdachten konstruiert der Mensch die Sinnwelten und bewohnt sie mit anderen zusammen. Diese Welten werden ihm zur dominierenden und

²⁴² Miches Serres: Les Cinq sens, Paris 1985, deutsch von Michael Bischoff: Die fünf Sinne, Frankfurt a. M. 1993, S. 444 ff

²⁴³ Die Doppelfunktion der Sprache ist deutlich zum Ausdruck gekommen beim Symposium „Science and Literature“ der Professur für Wissenschaftsphilosophie und Wissenschaftsforschung der ETH Zürich am 22. 4. 1996

²⁴⁴ Gregory Bateson: Geist und Natur, Eine notwendige Einheit. Frankfurt a. M. 1982, S. 20

²⁴⁵ Gerhard Schulze: Die Erlebnisgesellschaft, Kultursoziologie der Gegenwart, Frankfurt a. M. / New York 1996 S. 164

definitiven Wirklichkeit; einmal konstruiert, wirken sie auf ihn und seine Umwelt zurück. Sie könnten mit anderen Begriffen auch anders gebaut werden. Objektive Wirklichkeit und subjektive Modelle beeinflussen einander, auch wenn sie sich nicht perfekt entsprechen²⁴⁶. Die Sinnwelten sind unter den unendlichen Möglichkeiten solche, die zufällig „materialisiert“ werden und sich nach den Evolutionsgesetzen weiterentwickeln.

Um in die möglichen Sinnwelten vorzustossen, braucht der Geist Gerüste, feste Strukturen, aufgrund derer er deduziert, induziert und Analogien bildet, er braucht Sprachen, Theorien, Lehren, Systeme. Sie gründen auf elementaren physikalischen Gesetzmässigkeiten und dehnen sich in das Universum der möglichen Kombinationen aus, sind nicht immer die besten „Hilfsgerüste“ – viele stürzen in der Evolution zusammen –, aber erstaunlich oft „funktioniert“ es auch mit schlechteren. Der Geist braucht das Gedächtnis, die in Form von Nervenetzen geschriebenen Strukturen, und er braucht eine Umwelt, die diese Netze nährt. Die Bauwerke, in welchen die Geschichte geschrieben ist, sind ein Teil der lebenden Welt.

Im Geschehen der Wahrnehmungen etablieren sich Konzeptionen: der dreidimensionale Raum, die Zeit, die Gegenständlichkeit ... die Mythologien, Theologien, Philosophien, Ideologien. Nach Nietzsche gibt es eine Realität immer nur als in Prozessen der Interpretation hervorgebrachte Realität, und wir neigen dazu – das ist unsere biologische, zum Überleben notwendige Ausrüstung –, unsere Interpretationen der Welt mit dieser selbst zu verwechseln. In den lebenden Systemen nachgezeichnete Realität – eine Facette ihrer selbst – geschieht, indem sie ständig angeregt und genährt wird.

Diese Tatsache bedeutet, dass eine Kultur als ein Geschehen höheren Grades die Welt und die Menschen braucht. Oder wie es Georg Mörsch in den Vorlesungen sagt: Ein Baudenkmal braucht neben seiner echten materiellen Geschichte, welche Zeuge einer wichtigen menschlichen Leistung oder Möglichkeit ist, auch die Menschen, die sie lesen und werten können²⁴⁷. Die Mitteilungen hören auf, Mitteilungen zu sein, wenn niemand sie lesen kann. Die Macht, aus vielen einzelnen Elementen einen Kontext zu erzeugen, ist die Fähigkeit des Empfängers.²⁴⁸

3.1.4 ZUSAMMENFASSUNG

Das getrennte Betrachten verschiedener Manifestationen von Masse und Energie hat gezeigt, dass die Wirkungen von Materialien nicht etwas in sich Geschlossenes, Konstantes sind, dass sie nicht von Materialien unverändert ausgehen, sondern unter Einflüssen von aussen variieren. Ihre Bewegung, ihr Gewicht, ihre Konsistenz, Wärme, Strahlung und ihre chemischen Geschehen beeinflussen sich gegenseitig, so dass jeder Ausschnitt eines Materials in einem anderen Zusammenhang anders wirkt. Die Wirkungen eines Materials hängen von seiner

²⁴⁶ *ibid.*, S. 220

²⁴⁷ Georg Mörsch, in seinen Vorlesungen zum Denkmalbegriff

²⁴⁸ Gregory Bateson, *op. cit.*, S. 62 ff

Umgebung ab. Die Sonnenstrahlung wird von unterschiedlich zusammengesetzter Atmosphäre und je nach dem Einfallswinkel auf verschieden langem Weg gefiltert; die Strahlen treffen auf feste, flüssige und gasförmige Stoffe, die Spektrumsausschnitte weiter modulieren und die Umgebung färben, während sie von ihr ihrerseits abgewandelte Strahlungsgemische erhalten. So kann zwischen lauter roten Häusern und grünen Bäumen kein mit weisser Farbe gestrichenes Haus weiss strahlen; wenn Massen – Bauteile, Fahrzeuge, Bäume, Wasserspiegel – sich bewegen oder chemisch verändern, wird das Spektrum wieder anders. Die Gesteine, Metalle, Gewässer und Gase, Hölzer, Kunststoffe, Pflanzen und Tiere beeinflussen einander mit ihrem Gewicht, ihrer Bewegung, Konsistenz, Wärmemenge, ihren chemischen Prozessen und Strahlungen. Kein Bauwerk wird, wenn seine Umgebung sich verändert, dasselbe bleiben; seine physikalischen Wirkungen variieren Aufgrund permanenten Geschehens der Massen und Energien.

Aus dem Sachverhalt, dass die Wirkungen der objektiven Welt an die Sinneszellen gelangen und stark reduziert im Hirn lebende Strukturen schaffen, dass die so entstandenen Begriffe in die Dinge projiziert werden und neue Wahrnehmungen ermöglichen und so weiter, ergibt sich die zwingende Einsicht, dass der sinnlich empfindende, wahrnehmende und sich erinnernde Mensch und seine Umwelt eine unzertrennbare Einheit voller komplexer Wechselwirkungen bilden. Sich dauernd ändernde Komponenten des Gesamtaustausches verändern das ganze System. Das gilt auch für die Veränderungen bezüglich unserer Ansicht der Dinge: indem wir die Aussenwelt anders reflektieren, verändern sich nicht nur unsere Erlebnisse und Emotionen, wir gehen mit den Dingen meistens auch anders um.

Aufgrund naturwissenschaftlicher Erkenntnisse entsteht ein neues Bild des Menschen. Die präzisen und naturwissenschaftlich gesicherten begrifflichen Instrumente machen deutlich, dass der menschliche Organismus ein in einer langen biologischen Geschichte entstandener selbstorganisierender Kopiermechanismus ist. Der Leib-Seele-Dualismus beginnt sich aufzulösen in eine Reihe organischer Mechanismen, der Mensch wird zu einem Bereich der Natur. Dieses neue Verständnis wird technologische, gesellschaftliche und kulturelle Folgen haben, die wir vordenken müssen. Die Desorientierung, welche viele Möglichkeiten für Fehlentscheidungen in sich birgt, muss rasch überwunden werden. Naturwissenschaftliche und technologische Fortschritte müssen zu einer sinnvollen Bewusstseinskultur führen. Die Erkenntnis stärkt die Einsicht, dass das spezifisch Menschliche für uns besonders wertvoll sein muss. Welche Werte sind das? Welche könnten den Verlust der Illusionen, den die naturwissenschaftlichen Entdeckungen verursacht haben, ersetzen? Wie reagieren wir, welche Werte kommen zum Tragen, welche Körper- und Bewusstseinszustände werden angestrebt? Welches Geschehen bewirkt die gebaute Welt in den sie bewohnenden Wesen, was kann sie ihnen bieten? Welche menschliche Arbeit ist im Prozess des Bauens und Unterhalts sinnvoll, lebenserfüllend und bereichernd?

Die Einsicht in die Natur der Wechselwirkungen zwischen Mensch und Umwelt führt zu einer neuen Theorie der Baukunst; diese erhält im gesicherten Wissen über die Sinnesempfindungen und Wahrnehmungen ein festes Fundament für Planung und Pflege von Artefakten. Je präziser die Wechselwirkungen erkannt werden, desto höher werden sie bewertet, desto differenzierter können die Meinungen über Altes und Neues gebildet werden. Die hier entwickelte Theorie der Gemische und Netze bildet ein Hilfsmittel dazu.

3.2 FOLGEN FÜR DIE KUNST DES BAUENS

3.2.1 BEWERTUNGSMETHODE / -MODELL

Es ist seit der industriellen Herstellung von Baumaterialien für Architekten schwieriger geworden, die Gesamtheit der Wechselwirkungen sowohl zwischen verschiedenen, älteren und neueren Materialien untereinander als auch zwischen ihnen und Menschen zu überblicken und sie umfassend, optimal und kreativ einzusetzen. Eine Gegenüberstellung der materiellen Wirkungen und sinnlichen Empfindungen bildet eine Basis für systematische Untersuchungen sowohl von bestehenden Ambienten und alten Bauwerken als auch für die Planungen und die Pflege von Artefakten jeglicher Grössenordnung; eine Übersicht über die Komponenten soll eine systematische Beschreibung und eine entsprechende Bewertung der Ganzheit ermöglichen.

Aufgrund der Erkenntnis, dass den umfangreichen materiellen Wirkungen der Umwelt sehr eingeschränkte Sinnesempfindungen gegenüberstehen, dass aber verschiedene Folgen von elementaren Wirkungen mit mehreren Sinnessystemen registriert werden und gerade in dieser Mehrschichtigkeit die grosse Information liegt, wird hier zur gesamtheitlichen Erfassung der Wirkungen ein Verfahren entwickelt, worin jede Wirkung auf alle Sinnessysteme geprüft wird. Die Bewegung, Schwerkraft, Konsistenz, Wärme und die Strahlungen sind Teile einer Einheit, untereinander abhängig und sich gegenseitig beeinflussend; die Einteilung ist in bezug auf die Sinnesempfindungen postuliert. Einzelne Sinnesleistungen sind auf ein fürs Überleben erforderliches Mass reduziert, aber ihre Zusammenarbeit ermöglicht die Empfindung einer Komplexität, welche die elementaren Wirkungen und Empfindungen um ein Vielfaches übersteigt. Wenn man die Wirkung von Bewegungen der Umwelt und des eigenen Leibes auf die Sinnessysteme für die Orientierung, die taktile Empfindungen in den Muskeln, Sehnen, Gelenken und der Haut, für Klang, Wärme, Licht und eventuell auch Geruch überprüft und danach die Wirkung von Schwerkraft, Konsistenz, Wärme, Strahlungen und chemischen Prozessen auf dieselben Systeme prüft, erkennt man erst, in welcher Vielfalt die materielle Welt und die Wahrnehmungen korrespondieren und wie feine Nuancen in Konstellationen wesentliche Unterschiede und grossen Reichtum ausmachen.

Die Aktivität der Nervenverbände kann man objektiv messen²⁴⁹. Die Messmethode würde jedoch kaum adäquate Werte vermitteln, denn eine Testperson mit Sonden im Nervensystem könnte die Umwelt kaum spontan und ungestört erleben. Man kann aufgrund der hier entwickelten Methode die Intensität der Wahrnehmungen auch durch die Befragung von Personen im Augenblick des Erlebens erfassen. Eine Befragung wird zwar von vorgefassten Meinungen und subjektiven Schätzungen beeinflusst, eventuell auch verfälscht und weist eine grössere Streuung der Resultate auf, sie führt aber doch zu aussagekräftigen Ergebnissen und zum Einblick in die Komplexität eines jeweiligen materiellen Gefüges. Der Befragung können physikalische Wirkungen zugrunde gelegt und die Testpersonen nach Sinnesempfindungen gefragt werden, man kann aber auch von den Sinnen ausgehen und nach einzelnen physikalischen Wirkungen fragen. Wenn man die mit der Messmethode oder der Befragung gewonnenen Werte von primären und redundanten Sinnesempfindungen matrixartig ordnet und summiert, gewinnt man für einzelne Wirkungen in bestimmten Zeitpunkten die Intensität der Empfindung mit allen Sinnen. Wenn man alle Wirkungen auf einen Sinnesapparat addiert, erhält man mit diesem System die Intensität der Empfindungen. Die Addition beider Richtungen bewertet die Gesamtheit der Wechselwirkung zwischen der Umwelt und den Wahrnehmungen. In einem dreidimensionalen Koordinatensystem können Werte für verschiedene Punkte eines Raumes dargestellt werden.

²⁴⁹ Marcus E. Reichle: Bildliches Erfassen von kognitiven Prozessen, Spektrum der Wissenschaft 6/1994, S. 56ff

MATRIX DER WIRKUNGEN UND EMPFINDUNGEN

Die nachstehende Matrix zeigt als virtuelles Beispiel in den Zeilen die Bewertung der Intensität einzelner Wirkungen, wahrgenommen durch verschiedene Wahrnehmungssysteme, und in den Spalten die Intensität einzelner Wahrnehmungen verschiedener Wirkungen.

Die Werte können zum Beispiel von 0 für eine nicht präsente und nicht wahrgenommene bis 10 für eine sehr starke und intensiv wahrgenommene Wirkung gewählt werden. Die horizontalen Additionen zeigen die Intensität einer Wirkung und die vertikalen die Intensität einer sinnlichen Empfindung aller Wirkungen am bestimmten Ort und zur bestimmten Zeit.

	Vestibular- Organ 1	Muskeln Bänder/Gel. 2	Tastsinn Wärme 3	Auditives System 4	Visuelles System 5	Geruch Geschmack 6	Total
Bewegung A	8	3	2	5	6	4	28
Schwerkraft B	2	7	3	4	5	2	23
Konsistenz C	1	3	8	6	4	2	24
Wärme D	1	2	9	2	3	3	20
Chem. Proz. E	2	2	4	3	7	8	26
Strahlung F	1	3	6	1	10	3	24
Total	15	20	32	21	35	22	

FRAGEBOGEN

Die nachstehende Befragungsliste kann nach Bedarf detailliert und dem jeweiligen Untersuchungsobjekt angepasst werden – je nachdem, ob es sich um ein städtisches Ambiente, ein Bauwerk oder einen Gegenstand handelt. Die Fragen können gezielt die interessierenden Bereiche betreffen. Das hier angeführte Beispiel ist eine stark vereinfachte Version. Die Werte einer Gruppe (zum Beispiel 2.3) können ausgemittelt und in das vorangehende Schema eingetragen werden.

- BEWEGUNG**
- 1.1 Wie stark wurde vom Vestibularorgan registriert:
 - der Richtungswechsel der Körperbewegung
 - die Beschleunigung und Verlangsamung der Bewegung
 - 1.2 Wie stark wurde von Muskeln, Sehnen und Gelenken gefühlt:
 - die Bewegung und der Richtungswechsel der eigenen Körperteile
 - die Bewegungen von berührenden Massen
 - 1.3 Wie stark wurden taktile und thermische Veränderungen während der Bewegung von der Haut registriert?
 - 1.4 Wie stark wurden die eigene Bewegung und die von uns ausgelösten Schwingungen der Umgebung gehört?
 - 1.5 Wie stark wurde visuell erkannt:
 - die Bewegung des eigenen Körpers und dessen Glieder
 - die Bewegungen der Umgebung
 - 1.6 Wie stark wurde nach Gerüchen erkannt:
 - die eigene Bewegung
 - die der Umgebung
- SCHWERKRAFT**
- 2.1 Wie stark wurde die Schwerkraft mit dem Gleichgewichtsorgan wahrgenommen?
 - 2.2 Wie stark wurden in den Muskeln, Sehnen und Gliedern gefühlt:
 - das Gewicht eigener Körperteile (evtl. nur Beine oder Arme)
 - das Gewicht der Teile der Umgebung (z.B. ein Stuhl, eine Klappe)
 -
 - 2.3 Wie stark wurde mit der Haut empfunden (evtl. bezeichnen wo, z.B. die Fußsohle, die Handfläche, die Ellbogen)
 - das Gewicht eigener Körperteile
 - das Gewicht getragener Massen
 - 2.4 Wie stark wurden die Folgen der Schwerkraft gehört?
 - die Folgen der fallenden oder drückenden Objekte
 - die Folgen des Eigengewichtes
 - 2.5 Wie stark wurden die Folgen der Schwerkraft visuell registriert?

	– die fallenden und drückenden Objekte	.....
	– die fallenden, hängenden und drückenden Körperteile	.....
	2.6 Wie intensiv wurde mittels des Geruches	
	– das Gewicht der Gegenstände	.....
	– das Gewicht des Leibes wahrgenommen	.....
KONSISTENZ	3.1 Wie stark wurden im Vestibularorgan die Folgen der Konsistenz von	
	– eigenen Organen (z.B. Haut, Muskeln, Knochen)	.....
	– umgebenden Materialien empfunden (z.B. Absinken des Bodens)	.....
	3.2 Wie stark wurde mit Muskeln, Sehnen und Gelenken die Konsistenz	
	– eigener Glieder und Gewebe (Nachgeben bei Berührung usw.)	.....
	– umgebender Materialien (Plastizität, Elastizität) gefühlt	.....
	3.3 Intensität der Empfindung von Konsistenz durch Tastsinn	
	– der körpereigenen Berührungsflächen	.....
	– der berührten Materialien	.....
	3.4 Wie stark wurden die Schwingungen der Umgebung gehört	
	– angenehme Schwingungen	.....
	– unangenehme Schwingungen	.....
	3.5 Wie stark wurden die Folgen der Konsistenz gesehen	
	– unverformbare Massen	.....
	– plastische und elastische Verformungen	.....
	– wie intensiv wurden Strömungen gesehen	.....
	3.6 Wie stark wurde die Konsistenz durch Gerüche erkannt	
	– Brüche und Reibungen (z. B. Eisen, Gummi etc.)	.....
	– Verdampfung von festen und flüssigen Stoffen	.....
WÄRME	4.1 Wurden Folgen der Wärme vom Gleichgewichtsorgan registriert?	
	– Veränderungen der Festigkeit (Aggregatzustände, Dichte)	.....
	– reflexartige Bewegungen (Hitze, Eiskälte)	.....
	4.2 Haben Folgen von Wärme die Empfindungen in Muskeln, Bändern und Gelenken beeinflusst?	
	– reflexartige oder bewusste Reaktionen	.....
	– Beeinträchtigung des eigenen Bewegungsapparates	.....
	4.3 Wahrnehmung durch Sinnesempfindung der Haut	
	– Fühlen der Temperatur von Berührungsflächen (Böden, Möbel, Gegenstände)	.....
	– Empfinden von Wärme oder Kälte des eigenen Körpers	.....
	4.4 Vernehmen von Wärme durch Hören	
	– Geräusche beim Dehnen, Schrumpfen, Verdampfen	.....
	– Hören Braunscher Bewegung	.....
	4.5 Visuelle Wahrnehmung der Folgen von Wärme	

	– Bewegungen infolge der Temperaturwechsel	.....
	– Veränderungen der Konsistenz, des Aggregatzustandes	.....
	– Farbänderungen durch erhöhte oder gesenkte Temperatur (Glühen).....	
	4.6 Gerüche infolge von Wärme	
	– Intensität von Gerüchen umgebender Baumaterialien, Vegetation, Tieren und Menschen	.....
CHEMISCHE	5.1 Haben chemische Prozesse Bewegungen ausgelöst, die das Vestibularorgan aktivierten, und wie stark?	.....
PROZESSE	5.2 Hatten chemischen Vorgänge Folgen für den motorischen Apparat?	
	– Prozesse in der Umgebung	.....
	– Prozesse im Organismus	.....
	5.3 Wirkten die Prozesse auf die Haut?	
	– Wirkungen durch Berührung fester Stoffe und Flüssigkeiten	.....
	– Wirkungen der Stoffe in der Luft	.....
	5.4 Haben chemische Prozesse hörbare Folgen ausgelöst?	
	– wie stark wurde z. B. die Sprengung eines Hauses gehört	.....
	– wie stark werden Verbrennungsmotore gehört	.....
	– wie wirkt das Brennen des Feuers akustisch	.....
	5.5 Hatten chemische Prozesse visuelle Folgen?	
	– Oxidation (z. B. Rosten, Brand)	.....
	– Vegetation (Bäume, Blumen)	.....
	5.6 Geruchene Empfindung von chemischen Prozessen	
	– Oxidation (Feuer etc)	.....
	– Zerfall (Fäulnis, Kochen)	.....
	– Intensität der Düfte	.....
STRAHLUNGEN	6.1 Wurden Folgen von Strahlungen mit dem Vestibularorgan wahrgenommen?	
	– Intensität eigener Bewegungen infolge der Strahlungen	.....
	6.2 Lösten die Wärme-, Licht- und andere Strahlungen Sinnesempfindungen in Muskeln, Bändern und Sehnen aus?	
	– z. B. Bewegungen oder Erwärmungen der umgebenden Materie	.....
	– eigene Bewegungen infolge der Strahlungen	.....
	6.3 Wirkungen der Strahlungen auf die Haut:	
	– Empfindung der Wärmestrahlung	.....
	– Empfindung des Lichtes und dessen Mangels	.....
	– Folgen hochfrequenter Strahlungen (evtl. negative Werte)	.....
	6.4 Wurden Folgen von Strahlungen hörbar?	
	– Geräusche infolge von Erwärmung / Abkühlung	.....
	– Geräusche der Elektrizität	.....

6.5 Wie stark wurden Strahlungen visuell erkannt?

- wurden Folgen der Wärmestrahlung gesehen
 - wie umfassend wurde die Lichtstrahlung wahrgenommen
 - wie wurden Folgen von hochfrequenten Strahlungen gesehen
- 6.6 Wurden Folgen von Strahlungen gerochen?

Mit differenzierter Beobachtung der Einzelwirkungen und -wahrnehmungen, wie sie die in dieser Arbeit dargelegte Systematik ermöglicht, kann die Gesamtwirkung jeder baulichen Anlage und jedes Gegenstandes in bezug auf den menschlichen Organismus und seine Wahrnehmungen untersucht werden. Die Methode hilft auch einem erfahrenen Beobachter, unerwartete Wirkungen zu entdecken. Mit systematischer Prüfung kann die bestehende Umwelt zuverlässig und eindeutig bewertet, das Neue mit mehr Sicherheit und ausgewogener vorausgesehen werden. Die Bewertungsmethode ermöglicht den Wahrnehmenden, die Aufmerksamkeit bewusster zu steuern, die Welt um sich und sich selbst umfassender zu betrachten. Sie hilft Entwerfern, Planern und Pflegern, die Werte der baulichen Anlagen differenzierter zu begreifen, zu erfassen, präziser zu beschreiben, einzuschätzen und eine erlebnisreichere Welt zu bauen. Sie hilft aber auch, mutwillige und irreführende Konzeptionen zu erkennen, bzw. verhindert, solche zu entwickeln.

3.2.2 BEISPIEL WOHNEN

An Wohnbauten soll gezeigt werden, wie es mit Hilfe des Modells von Wechselwirkungen möglich wird, diese aufzudecken, zu beschreiben, zu bewerten und zu entwerfen. Es könnten auch andere Beispiele gewählt werden, zum Beispiel ein Stadtteil, ein Bauwerk, ein Gegenstand. Das Wohnhaus ist ein besonders naheliegendes Beispiel. Es ist der Ort, wo Menschen ihr privates und familiäres Leben individuell gestalten und erlebnisreich verbringen wollen. Ihre physische und geistige Gesundheit, Arbeitsfähigkeit, ihr emotionales Gleichgewicht werden von ihren Wohnbedingungen beeinflusst. Die Bestrebung, Lebensumstände mit Bauten zu verbessern, widerspiegelt sich besonders umfassend in Wohnbauten, weil diese einerseits unter den elementaren Bedingungen des Überlebens, für wechselhafte Umweltbedingungen, extreme Situationen von Mangel und Bedrohung erstellt wurden und andererseits sich Menschen in ihren Behausungen die individuellen Wünsche zu erfüllen versuchten.

Mit dem vorliegenden Modell der Wechselwirkungen lassen sich umfassende Folgen von Entscheidungen überblicken, Aussichten von Absichten bewerten und neue Bauwerke echten Bedürfnissen entsprechend auf gesicherter Basis herstellen.

3.2.2.1 Bewegung

Im Wohnbereich sind Menschen in der Regel von einer nur mässig bewegten Welt umgeben. Die nähere Betrachtung (2.1.3) hat gezeigt, dass Bewegungen des Leibes von Nervenzellen in Muskeln, Sehnen, Gelenken, Haut, Augen und Ohren überwacht und gefühlt und von Faktoren

wie (Gleich-)Gewicht des Leibes (auch zusammen mit Lasten), Konsistenz, Strahlung, Temperatur, Geruch der Umgebung beeinflusst werden. Mit Bewegungen werden die Orientierung und die Gestalt des visuellen Raumes, werden die Veränderungen des Raumklangs, der Wärme, des Geruchs, die Masse der Objekte und deren Konsistenz erkundet, erkannt, erlebt. Wenn während der Bewegung der Organismus so viel leistet (den Aufwand von Kraft und Zeit, die Verarbeitung umfassender begleitender Empfindungen), dann müssen die von festen und beweglichen Anordnungen erzeugten Zwänge und Freiheiten beim Gestalten gründlich überdacht und eigens konzipiert werden. Bewegung kann anregend sein beziehungsweise der Raum und die Massen können angenehme Bewegungen ermöglichen und anregen. Die Konfiguration des Bewegungsraumes (linear, radial, spiralartig, netzartig) und seine Dimensionen sollen die Bewegungen – die Näherung zum Haus, den Gang durch die Räume, die Hausarbeit – choreographieren. Es können nicht alle Bedürfnisse (zum Beispiel solche nach rationalsten und phantasievollsten Lösungen) gleichzeitig erfüllt werden; meistens werden Prioritäten gesetzt, weniger wichtige Funktionen werden nur hingenommen, Nebenwirkungen gar nicht bemerkt. In verschiedenen Wohnkulturen haben sich spezifische, musterhafte Bewegungsräume und -abläufe gebildet, die erhaltenswert sind; die Zukunft wird neue Forderungen stellen.

Der Bewegungsraum hat sich im Wohnbereich stark gewandelt, denn er hatte in der Geschichte soziale, materielle, konstruktive, kulturelle und andere Forderungen erfüllen müssen. Bewegungen in kleineren Bereichen wurden oft von grossräumiger Orientierung vorbestimmt: bereits in der steinzeitlichen Siedlung Lepinski Vir (vgl. Srejovic, op. cit.) beweisen die steinernen Häuserreste aus dem sechsten vorchristlichen Jahrtausend am Ufer der Donau die Ausrichtung aller einzelnen Häuser gegen den Fluss und lassen – im Gegensatz zu zum Beispiel gewissen afrikanischen, nach aussen geschlossene Gruppen bildenden Behausungen – eine Orientierung des gesamten sozialen und funktionalen Lebens auf den Fluss erkennen. Die Hauptachse von altrömischen Häusern (Impluvium-Atrium) oder von Bauernhöfen in den Kolonialdörfern des Habsburgerreiches (Wohnhaus-Stall-Speicher-Feld) liegt senkrecht zur Strasse, die wieder nach anderen Bewegungskriterien – der Richtung der Überlandstrasse, der Lage von Kreuzungen, den Himmelsrichtungen – angelegt wurde. Wenn sich Menschen vor Angreifern schützen mussten, suchten sie sich topografisch schwer zugängliche Orte aus, hinderten oder versteckten sie den Zugang und errichteten Pfahlbauten, Schutzmauern, Palisaden, gruben Wassergräben und bauten Hebebrücken, versahen die Tore mit Riegeln, die Türen mit Türschlössern.

Die Spannweiten von Decken und Dächern, die Stellung und die Dimensionen von Stützen und Wänden definierten im weiteren die Bewegungen. Die Konstruktionsmöglichkeiten – Mauern, Holzbalken, Gewölbe – hatten orthogonale oder runde, oft gleich grosse Räume zur Folge, denen sich das menschliche Leben anpassen musste – im Gegensatz zu den „funktionalen“

Grundrissen des 20. Jahrhunderts, wo die Räume genau den gewünschten Bewegungen der Menschen folgen, beziehungsweise sie auf das Minimum bemessen: eine Bewegungsart wird bevorzugt, die Vielfalt der Bewegungsmöglichkeiten jedoch eingeschränkt. Es sind wesentlich verschiedene Bewegungsempfindungen, wenn wir in der Wohnung durch eine Reihe von Räumen gehen oder nur von dem Flur aus einzelne Räume erreichen können. Bessere Materialien und Konstruktionen ermöglichten auch das Bauen in die Höhe. Sowohl die vertikale Bewegung von einer Wohnebene zur anderen als auch die Bewegungen zwischen dem Terrain und einer in einem oberen Stockwerk gelegenen Wohnung unterscheiden sich stark vom Wohnen in einem erdgeschossigen Atriumhaus, einem mehrgeschossigen Reihen- oder Einfamilienhaus, im Wohnblock mit halbversetzten Etagen (duplex/triplex) oder im Hochhaus. Das Auf- und Absteigen auf einer ein- oder zweiläufigen, runden, flachen oder steilen Treppe, das Fahren im Aufzug prägen entscheidend die Bewegungsgefühle im Wohnbereich. Das Ankommen mit dem schaukelnden Boot in Venedig, das Aufsteigen zum Quai und zur Beletage unterscheiden sich bereits vom ähnlichen Ablauf in Amsterdam und erst recht vom Ankommen zu Fuss oder mit dem Auto auf der Spiralrampe zum Abstellplatz und Expressaufzug zum Beispiel im Hancock-Tower in Chicago, wo die meistgefragten Wohnungen jene mit der versteifenden Diagonale vor dem Fenster sind und wo der Turm im Sturm schaukelt.

Vielfach wurden die Licht- und die Wärmestrahlung mitbestimmend (2.6.4.2): Wo wegen der Sicherheit eine Abgeschlossenheit nach aussen angestrebt wurde oder wo die Verdichtung einer Siedlung keinen Lichteinfall von aussen zuließ oder wo man diesen aus anderen Gründen nicht wollte, wurde ein Innenhof zum prägenden Lebensraum: Wohnräume in Ägypten oder auf dem Appennin seit dem Altertum, Wohnräume in den mittelalterlichen Städten und Dörfern wie auch in neuzeitlichen Atriumhäusern gruppieren sich um Innenhöfe; dadurch sind die Bewegungsabläufe grundsätzlich anders als in freistehenden Häusern, die das Licht von aussen bekommen und wo man sich vom einen zum anderen geschlossenen Raum und um das Haus herum bewegt.

Chemische Prozesse und Gerüche (2.5.4) – Frisch- und Abwasser, Kochen und Fäkalien – beeinflussen die Bewegungen im Wohnbereich: Woher das Wasser geholt wird und wohin es abfließt, wie sich der Rauch und die Dämpfe bewegen, wo und wie man sich waschen kann, ob die Latrine in einer anderen Ecke des Grundstückes, am Ende des Laubenganges oder ob das WC mitten in der Wohnung (mit oder ohne Fenster) liegt, variiert heute noch, bestimmt den Bewegungsraum und die begleitenden Empfindungen. Die Luft wird durch Auftrieb oder mechanisch bewegt; die Lüftung der Wohnräume wird durch Fensterteilungen, Türen, Röhre und Ventilatoren gewährleistet. Während bei grossen und hohen Räumen mit Fenstern die natürliche Lüftung noch genügt, muss sie bei kleinen, innenliegenden Küchen und Bädern mechanisch befördert werden. Die luftigen Dachböden als Trockenraum wurden durch Tumbler ersetzt, die Wäsche wird nur noch auf dem Lande im Wind getrocknet.

Diese Beispiele zeigen, wie sich die Bewegungen in Wohnräumen verschiedener Kulturen unterscheiden und wie wertvoll sie das Spektrum der Möglichkeiten erweitern.

Der gesellschaftliche und technische Fortschritt macht viele Bewegungsräume überflüssig und fordert neue. Dem mittels elektronischer Medien stärker gewordenen individuellen Bedürfnis nach intensiveren Erlebniswelten müssen auch die Wohnbereiche entgegenkommen, und ein stimulierender Bewegungsraum ist eine der Möglichkeiten dafür. Der tatsächliche Bewegungsraum kann mit virtuellen Bewegungsräumen erweitert werden. Der Wunsch nach weitläufigen Räumen, dem bereits früher in Form von perspektivischen Wandmalereien (2.1.4.1), Spiegelwänden oder mehrschaligen Aussenwänden (2.6.4.2) zu entsprechen versucht wurde, erfährt mit dem Bildschirm zusätzliche Erfüllung. Wenn Wohnräume den biologisch verankerten Bedürfnissen gerecht werden sollen, müssen sie vielfältige reale und virtuelle Bewegungsmöglichkeiten aufweisen, die die Sinne ansprechen. Die rationale und funktionale Gestalt des Wohnbereichs muss mit Blicken, die den Bewegungen zuvorkommen, angereichert werden. Dies wird mit Räumen auf verschiedenen Ebenen, mit Durchblicken und Ausblicken erreicht. Galeriegeschosse, Schiebe- und Drehwände, Fenster von einem Raum zum anderen erzeugen das Gefühl des Raumes, wohin wir uns bewegen könnten – ob wir es momentan wollen oder nicht. Eine Treppe, auch wenn es nur wenige Stufen sind, verändert die Perspektiven stärker als ein horizontaler Gang, das Besteigen einer Treppe durch einen zweigeschossigen Raum potenziert die Wahrnehmung der Bewegung viel mehr als jene durch einen Treppenschacht. Wenn wir von einem Arbeits- oder Schlafzimmer durch einen zweigeschossigen Wohnraum hinuntersteigen, begleitet uns – neben den Empfindungen der Schwerkraft – auch die durch Bewegung gesteigerte Wahrnehmung des Raumes. Die Lebensart der Bewohner (Küchengeräusche und -gerüche, Telefongespräche und Musik), gleichmässige Temperatur, die relativ wenig Luftbewegung verursacht, entscheidet, welche Wohnräume abgeschlossen oder geöffnet werden, inwieweit ein „fliessender“ Raum zu welcher Zeit verwirklicht wird.

Die beweglichen Einrichtungen – Türen und Schiebetüren, Fenster, Beschattungs- und Verdunklungsanlagen, Boden- und Dachdeckel, Möbel (Stühle, Sessel, Tische, Betten, Schubladen und so weiter) – beeinflussen im weiteren die menschlichen motorischen und sensorischen Mechanismen (2.1.4.3). Dadurch, dass eine Tür offen oder geschlossen ist, deutet sie unter Umständen den gewünschten Bewegungsraum an; wie sie links oder rechts, in der Gehrichtung oder dagegen, gegen den Raum oder gegen die Wand aufgeht, wie breit der Durchgang ist, die Tiefe der Laibung, die Grösse des Kreises, den der Türflügel zieht beim Öffnen und Schliessen (ein schmaler Türflügel erfordert kleinere Gesten als ein breiter), ob wir die Schiebetür seitlich in die Wand schieben und offen lassen, wie der Freiraum um die Tür bemessen ist, die Höhe der Türklinke, ob die Tür im Blickfeld der Menschen im Raum oder

hinter ihrem Rücken angeordnet ist: all diese Bewegungen beeinflussen – meistens unbewusst, aber doch prägend – einen Durchgang und müssen bei der Planung überlegt werden. Ähnliches geschieht beim Umgang mit Fenstern, Fensterläden, Schubläden: man beugt oder lehnt sich über verschieden hohe Brüstungen hinaus, tritt zurück und so weiter.

Sich an den Esstisch zu setzen erfordert sehr koordinierte Bewegungen und ist von den Eigenschaften der Stühle, des Tisches, des Bodens abhängig: der Zwischenraum, das Gewicht des Stuhls, seine Höhe und Elastizität, seine Form (Armlehnen oder keine, Unterbau), die Höhe und Stabilität des Tisches, sein Unterbau, die Reibung beim Verschieben und so weiter – Eigenschaften, die mehrmals pro Tag Bewegungen prägen, die sehr unterschiedlich sein können, heute und erst recht im geschichtlichen Vergleich. Der Raum und die Einrichtungen, die ihn begrenzen – die Küche und der Esstisch, das Badezimmer, die Kleider- und die Schuhablage, die Anordnung des Telefons, des Fernsehapparates, des Flügels, der elektrischen Schalter, der Wasserhahnen, der Schwellen – steuern das Befinden der Bewohner. Mit zusammenlegbaren Stühlen, auf- und abklappbaren Tischen und Betten kann Bewegungsraum vergrößert oder verkleinert, in Schub- und Drehelementen können Gegenstände kompakt gelagert werden. Viele Bewegungen wurden im Wohnbereich durch Mechanisierung verändert: vom automatischen Öffnen des Garagentors über das Staubsaugen bis zum Kochen, Baden und Waschen²⁵⁰. Mit Stühlen auf Rollen, Schaukelstühlen, pneumatischen Sitzmöbeln, Wasserbetten, Servierwagen und ähnlichem werden Bewegungsarten weiter diversifiziert. Die haptischen Empfindungen bei immer wiederkehrenden Bewegungen werden uns so vertraut, dass wir auch bei absoluter Dunkelheit den Weg durch eine vertraute Wohnumgebung finden.

Der Bodenbelag (Parkett, hochfloriger Teppich, Kunststein), die Arbeitsfläche (Holz, Kunststoff, Naturstein, Glas), ihre akustischen und thermischen Eigenschaften, ihre Anordnung beeinflussen im Hintergrund die tägliche Motorik und deren hintergründiges Fühlen: Um das Wasser von Dächern und Böden (Balkone, Waschküchen, Garagen, Höfe) durch Kanäle und Leitungen abfließen zu lassen, erhalten diese Gefälle, die wir auch haptisch erkennen.

Die Sinnesempfindungen von Bewegung sind wesentlicher Bestandteil des Wohnens. Für die Erlebnisgesellschaft müssten sie in den Wohnbereichen selbst zu täglichen Erlebnissen werden. Ein offenes Haus oder eine Wohnung, in denen Abschlüsse nur zur Wahrung der Privatsphäre und zur Hinderung von Immisionen vorhanden sind, steigert das Gefühl der Bewegungsfreiheit. Diese muss in Wohnbereichen genügend vorhanden sein. Einengende Wohnbereiche in der Stadt können nicht mit Gemeinschaftsräumen kompensiert werden: Menschen müssen auch zu Hause über angemessene Bewegungsräume verfügen. Eine strenge Zuteilung der Funktionen und der Dimensionierung der Räume für nur bestimmte Tätigkeiten

²⁵⁰ Sigfried Giedion: Die Herrschaft der Mechanisierung, op. cit., S. 291 ff

soll aufgehoben werden, da die flexiblere Nutzung auch eine Bereicherung des Bewegungsraumes mit sich bringt. Der Tendenz zur individuellen Gestaltung des Wohnbereiches muss Rechnung getragen werden. Es wäre wichtig, zu untersuchen, inwieweit die einengenden und uninteressanten Wohnräume die Flucht vor allem der jungen Bewohner in virtuelle Welten begünstigen.

Bewegungsräume sind Wandlungen unterworfen. Sie können charakteristisch für Wohnräume bestimmter Epochen oder Kulturen und deswegen besonders erhaltenswert sein. Es sind eben auch geschichtlich bestimmbare Arbeitsbewegungen, nicht nur der Anblick oder der Geruch, die eine schwarze Küche von einer „Frankfurter“ Küche oder eine Aufreihung barocker Salons von einem Wohnhaus Alvar Aaltos unterscheiden. Bei der Beurteilung von bestehenden und zu erhaltenden Bauwerken müssen Bewegungsempfindungen und Bewegungen der Bauteile explizite bewertet werden. Bei Planungen soll Bewegungsabläufen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden: Wohnbereiche müssen befreiend und stimulierend wirken.

3.2.2.2 Schwerkraft

Alle menschliche Tätigkeit fand bis zu Beginn der Weltraumflüge, bei denen das Kräftegleichgewicht herrscht, im Gravitationsfeld der Erde statt. Dieses prägt jegliches Bauen von Behausungen, jegliches Bewegen und Ruhen in ihnen. Es erstaunt dennoch, wie wenig Menschen mit dieser allgegenwärtigen Kraft im alltäglichen Leben bewusst umgehen. Sie wirkt dauernd: Nachdem verschiedene Geschehen, zum Beispiel chemische Prozesse, Erdbeben oder Wasserströme, die Konsistenz von Baumaterialien geschwächt haben, können die Behausungen zusammenbrechen oder ins Tal abrutschen. Während der Umgang mit schweren Massen im Bauprozess und die Beständigkeit von Bauten heute der beruflichen Tätigkeit überlassen wird und nur die Fachkundigen sich manchmal fragen, wie ein Bau, eine Brücke, eine Auskragung steht oder hängt, begegnen Menschen der Schwerkraft im Wohnbereich dauernd hauptsächlich als dem Gewicht mobiler Einrichtungen und als dem eigenen Gewicht – vom Suchen des Gleichgewichts in labilen Lagen und Kraftanwendung bis zu völliger Entspannung. Es ist der Beitrag der hier entwickelten Theorie, die komplexen Wechselwirkungen zwischen der Gravitation aller – auch menschlicher – Massen, den Sinnesempfindungen und Wahrnehmungen explizite und systematisch zu behandeln.

Das Gewicht von Materialien ist neben anderen Faktoren mitentscheidend, ob Holz oder Stein und wie grosse Stücke von wie weit geholt und verwendet werden. Natürlich haben sich die Menschen vor 400 000 Jahren ihre Hütten in Terra Amata²⁵¹ aus Ästen gebaut, die sie nur am Boden mit Steinen fixiert haben; die Verwendung vom herumliegendem Material – Ästen, Steinen und Erde – prägt heute noch Siedlungen in weiten Teilen der Welt²⁵². Die leichten

²⁵¹ Spiro Kostof: A History of Architecture, op. cit., S. 23

²⁵² Oliver Paul, Ed.: Shelter of Africa, London 1971, Reprint 1978, S 12. ff

Baumaterialien wurden von Nomaden oder europäischen Eroberern von Amerika gebraucht; für mobile Wohnhäuser, Pfadfinder- und Bergsteigerschutzbauten sind sie heute noch von Vorteil. Hölzerne amerikanische Fertighäuser, Badezimmer aus Kunststoff oder betonierte Raumzellen werden seit Jahrzehnten in Fabriken hergestellt und dank leistungsfähiger Hebevorrichtungen als Ganzes auf der Baustelle installiert. Bei Wohnbauten wurden in der Geschichte selten dieselben Technologien wie bei Sakral- oder Gemeinschaftsbauten angewandt, trotzdem hat sich die massive Bauweise durchgesetzt. Wo jedoch die Masse nicht als Wärmespeicher oder Vibrationsdämpfer gefordert ist, könnten Wohnbauten oft mit leichteren Materialien erstellt werden, die bei kleinerem Eigengewicht grössere Druck-, Zug- und Torsionsfestigkeit aufweisen. Der Schwerkraft muss die Festigkeit von Stoffen, nicht die Masse entgegengesetzt werden. Die vorliegende Theorie macht auf die möglichen Vorteile der Entflechtung von Eigenschaften aufmerksam: Die selektive Anwendung hochqualitativer Stoffe und geschickter Tragkonstruktionen müssen die Herstellung flexiblerer Wohnbauten und offenerer Räume zur Folge haben. Skelettbauweise, Gewölbe, Seile und Netze haben die Gestaltungsmöglichkeiten der Wohnbauten von Kleinräumen zum „freien Grundriss“ und zu grossräumigen Wohnhäusern erweitert. Auskragende Bauteile, Vordächer, Sonnenblenden, Markisen können zum Beispiel in den Fassaden unerwünschte horizontale Kräfte erzeugen, aber auch als Gegengewicht fungieren und damit grössere Spannweiten und die freiere Anordnungen der Räume ermöglichen. Dicke Betondecken können als ausdruckslose Wärmespeicher oder Vibrationsdämpfer dienen, aber mancherorts könnten Vibrationen mit weichen Materialien aufgefangen und die Wärme in ausdrucksvolleren Kernmassen (Kachelöfen, Wasserbehälter) gespeichert und dadurch die Lasten reduziert werden. In der Zukunft werden immer mehr und kompaktere Wohnräume gebaut und der Energieaufwand reduziert werden müssen; dies kann auch durch geschickten Umgang mit der Schwerkraft erreicht werden. In verschiedenen Baukulturen (vgl. 2.2.4) sind gute Ansätze enthalten.

Die Schwerkraft zieht Gegenstände zu Boden – eine triviale Tatsache, die jedoch kreative Möglichkeiten für die Gestaltung von Wohnbereichen in sich birgt; sie sind voller Stütz- und Hängevorrichtungen: Lampen, Kunstwerke und Vorhänge hängen von den Decken oder an den Wänden, über dem Feuer werden Kessel aufgehängt, andere Objekte (zum Beispiel weit auskragende Leuchten) stehen auf dem Boden, so dass ihr Schwerpunkt innerhalb der Stützfläche liegt. Tische und Stühle müssen mindestens drei Beine haben, einbeinige erfordern eine Standfläche; in Schaukelstühlen, Hängematten und Wiegen kann man hin und her schwingen. Das Rutschen und Schieben erzeugt Reibung – bestimmte Flächen werden geölt, geschmiert. Auf altershalber abgesunkenen Böden stehen die Schränke, Tische und Stühle geneigt, Türen öffnen sich, rundliche Gegenstände rollen und Wasser fliesst zum tiefsten Punkt. Das Gewicht der Möbel selbst beeinflusst die Entscheidungen, wie und wie oft wir sie verschieben und ob wir die Wohnumgebung je nach Lichteinfall, Wärme, Luftzug, anwesenden Menschen variieren. Diese wenigen Beispiele zeigen, dass wir aus der Schwerkraft viel mehr

Erlebnisse schöpfen könnten – man müsste sich ihrer nur bewusst sein und ihr mehr Aufmerksamkeit schenken.

Die Haltung des Leibes bedarf ausser dem eigenen Skellett und eigener Kraft auch äusserer Stützen. Diese sind im Wohnbereich beim Stehen und Gehen, Sitzen und Liegen erforderlich. Der Boden darf teilweise dem Gewicht nachgeben (Teppiche, Gummibeläge), er muss aber das Gewicht aushalten und beim Auftreten horizontaler Kräfte das Ausrutschen verhindern. Der Mensch richtet seinen Schritt nach der Beschaffenheit des Bodens. Die Empfindungen beim Besteigen einer Treppe (vgl. 3.2.2.1) sind durch Stufenverhältnis, Länge der Läufe und Anzahl der Podeste sowie den Handlauf bedingt: diese müssen so gewählt werden, dass sie auch von Kranken, Invaliden und Kindern gefahrlos begangen werden können. Um den Überforderten zu helfen, müssen Rampen, Aufzüge oder besondere Hebevorrichtungen installiert werden. Wo es zumutbar ist, können Leitern (zum Dachboden, zu den oberen Reihen der Bücherwände) gebraucht werden. Fassaden wird nicht nur in Kriminalfilmen erklettert; wo diese Möglichkeit besteht, werden oft auch in oberen Geschossen Vorrichtungen gegen Einbrüche (Fenstergitter, Alarmanlagen und so weiter) angebracht. Geländer und Brüstungen müssen die Absturzgefahr und die Angstgefühle beim Blick in die Tiefe verhindern. Diese Aspekte des Wohnens gründen auf der Wirkung der Schwerkraft und müssen den Bewohnern entsprechend gelöst werden. Der senkrechten Kraft zu widerstehen beziehungsweise das Gleichgewicht zu halten – nicht nur beim aufrechten Gang, auch beim Holen von Gegenständen von obersten Tablaren, beim Steigen in die Badewanne, beim Beugen über den Tisch, beim Neigen über den Balkonrand, über die Fensterbrüstung, beim Aufstehen aus einem niedrigen oder hohen Sessel oder Bett – dienen viele Eigenschaften der Wohneinrichtung: rutschfeste Böden, Griffe, Geländer. Es werden besondere Massnahmen für Kinder und ältere Menschen getroffen: enge Gitterabstände, höhere Brüstungen, Handläufe. Vieles davon ist mit Vorschriften geregelt, sie werden mit Widerwillen befolgt, statt dass ihnen mit Kreativität begegnet wird.

Neben anstrengendem Stehen an Arbeitsflächen (vgl. 2.2.3) sollen zur Entspannung und Erholung bequeme Sitz-, Liege- und Schlafmöbel in Wohnräumen vorhanden sein. Es gibt jedoch Wohnungen, wo man kaum irgendwo gut sitzen kann – noch am wenigsten auf den Stühlen, auch wenn sie „so schön“ sind. Die Alltagssprache reagiert treffend auf solche Mängel. Es ist ein anderes Gefühl des Wohnens, wenn man sich anlehnen kann, ohne dass der Tisch umkippt, der Stuhl ausrutscht, der Griff abreisst; die Theorie der Wechselwirkungen besagt, dass beim Belasten der Umgebung mit dem Eigengewicht die Sinne und Wahrnehmungen in verschiedenem Masse involviert sind (vgl. 3.2.2.3). Die Theorie überlässt dem Gestalter, ob der Benutzer den Stuhl zuerst vorsichtig prüfen muss, bevor er sich setzt, oder ob er aus der Ferne fühlt, dass er sich ohne besondere Aufmerksamkeit setzen kann. Die Theorie gibt dem Designer das Werkzeug in die Hand, den Stuhl im Hinblick auf Setzen und Sitzen konform zu konstruieren. Sie beschränkt sich nicht auf das ergonomische Sitzen, sondern hilft, den Stuhl

als Ganzes zu betrachten: die Bewegungen um den Stuhl herum (3.2.2.1), dessen Verschieben und Tragen, sowohl das Sitzen selbst als auch das Sichsetzen und Aufstehen. Die Höhe der Sitzfläche, der Freiraum unter dem Stuhl oder Fauteuil und die Armlehnen helfen dabei wesentlich. Die Umstände können jedoch auch ganz anders sein: In bestimmten Kulturen (Japan, Afrika und so weiter) wird auf dem Boden sitzend gegessen und auf dem Boden geschlafen – dabei wird auch die Schwerkraft anders erfahren. Ein Stuhl oder Sessel kann nicht alle Körperformen und -größen gleich gut stützen, jedoch tut er es besser, wenn die Sitzfläche gross genug und richtig geneigt, die Rückenlehne richtig geformt ist, wenn Armlehnen, eventuell sogar eine Kopflehne vorhanden sind. Die Verteilung des Gewichts auf all diese Elemente entscheidet über die Druckverteilung auf die Haut und das Körperinnere, das Wohlbefinden, die Ausdauer und Ermüdung. Die Sinnesempfindungen der Schwerkraft beeinflussen teilweise unbewusst das Essen, Arbeiten, Lesen, Fernsehen; sie können auch zur Entscheidung führen, stehend zu schreiben. Wenn die Grenzen zwischen Wohnen und Arbeit verwischt werden, gewinnt das dauerhafte richtige Sitzen auch zu Hause an Bedeutung, und Trainingsmöglichkeiten für bessere Körperhaltung sollen nicht nur Verlegenheitslösungen sein, sie sollten kreativ gestaltete Wohnbereiche erhalten. Die physische Bequemlichkeit allein genügt nicht für die Lebensqualität.

3.2.2.3 Konsistenz

Sowohl die Betrachtungen der gegenseitigen Einwirkungen und des Verhaltens von Materialien verschiedener Konsistenz (2.3.2) als auch die Tatsache, dass der menschliche Körper selbst verschiedene Konsistenzen aufweist und viele – die eigenen und jene der Umgebung – mit kombinierten Sinnen teilweise fühlt (2.3.3), stützt die Hypothese, dass die Beschaffenheit von Stoffen einen grossen Teil der Wahrnehmungen der materiellen Welt ausmacht. Die Gegenüberstellung von Wirkungen und Empfindungen zeigt, dass die Konsistenz der Umgebung vor allem mit redundanten Sinnen, Augen – man weicht der Tischecke aus – und Ohren – man singt im Badezimmer gern –, wahrgenommen wird, da die Materialien mit haptischen Rezeptoren oft gar nicht in Berührung kommen. Die Beispiele des Umgangs mit festen, plastischen, elastischen, flüssigen und gasigen Eigenschaften von Baustoffen illustrieren den Einfluss der Konsistenz auf die Kunst des Bauens in der Vergangenheit (2.3.4). Darin liegen auch zukünftig vielfältige Möglichkeiten für die Intensivierung der Erlebniswelten und die Erhöhung der Lebensqualität, vorausgesetzt, dass mit Konsistenz bewusster und kreativer umgegangen wird und dass Menschen dafür entsprechend sensibilisiert werden. Die vorliegende Theorie, auf Wechselwirkungen zwischen der Materialbeschaffenheit und den Sinnesempfindungen gründend, bietet dazu eine solide Basis.

Im Wohnbereich manifestieren sich die verschiedensten Konsistenzen auf mannigfaltige Weise. Die Raumgrößen und -formen werden weitgehend von der Festigkeit verfügbarer Baumaterialien bestimmt. Wo nur Lehm und Schilf vorhanden sind, kann auf wenigen

Stockwerken, wo Stahl zu Verfügung steht, kann in grossen Höhen gewohnt werden. Bereits Mesopotamier, Sumerer, Ägypter und Minoer haben in mehrgeschossigen Wohnbauten gelebt²⁵³, aber infolge der Konsistenz von Lehmbauten haben diese häufig nur wenige Generationen überdauert und sind uns – im Gegensatz zu steinigen Monumentalbauten – selten erhalten geblieben. Der Zwang zum Bauen in die Höhe wurde mit der Bodenknappheit in den befestigten Städten verstärkt. Ebenso wie die Konsistenz des Baumaterials selbst war auch die Härte der Werkzeuge mitbestimmend für die Gestalt der Behausungen: Das Behauen von Steinen setzt hartes Eisen voraus, die hölzerne Blockbauweise erfordert scharfe Schneiden; in kargen Verhältnissen, z. B. in den Bergen von Kreta, wurden Holzstämme unbehauen als Deckenbalken und Stützen eingebaut²⁵⁴. Dachstühle oder Möbel wurden anders zusammengesetzt, wenn nur Holz verwendet wurde, als wenn Teile mit festeren Metallen (Schrauben, Nägeln, Scharnieren, Blechen) zusammengehalten wurden. Alte Bauwerke besitzen vielfach gerade wegen ihrer Konsistenz einen wichtigen Erlebniswert.

Während die Festigkeit von Materialien eher für die Statik der Häuser, Einrichtungen und Möbel entscheidend ist, spielen Plastizität und Elastizität, Weichheit und Geschmeidigkeit von Stoffen, ihre Biegsamkeit und Dehnbarkeit auch in der unmittelbaren Berührung mit Menschen eine wichtige Rolle. Wir setzen uns in einen gepolsterten Sessel anders als auf eine Holzbank, stellen ein Kristallglas auf ein Tischtuch anders als auf eine steinerne Tischplatte. Ein Lehm- oder Backsteinboden im Keller fühlt sich unter den Füßen anders an als ein Kunststein- oder Fliesenboden in der Eingangshalle, ein Eichen- oder Buchenparkett anders als Tannenbretter, Nadelfilz- oder hochfloriger Wollteppich. Materialien wie Böden und Bodenbeläge, Arbeitsflächen, Wände und Wandbeläge, Möbel und so weiter können nicht nur nach ihren optischen und thermischen Eigenschaften, sie müssen auch nach ihrer Konsistenz und Wirkung auf die haptischen Sinne verwendet werden.

Die Konsistenz beeinflusst den Körper- und Luftschall, der in den Wohnbauten eine wichtige Informationsquelle ist: Dank dem Schall wissen wir, was im Haus geschieht, wer wo was macht, ob Türen oder Fenster offen sind, ob der Briefträger gekommen ist. Wenn wir keine Geräusche machen oder nicht gehört werden wollen, schreiten wir auf harten Böden oder bewegen harte Gegenstände – Türen, Möbel, Geschirr – vorsichtiger als auf den dämpfenden und weichen. Wir schliessen die Türen mit anderer Aufmerksamkeit, je nachdem ob in die Türrahmen Gummiprofile eingelegt sind oder Holz auf Holz schlägt. In anspruchsvollen Mehrfamilienhäusern mit Eigentumswohnungen werden Wohnungseinheiten mit Doppelwänden und getrennt gelagerten Decken voneinander gehalten, Wasserleitungen werden in Hohlräumen geführt, Schlafzimmer werden nicht neben dem Liftschacht plaziert; bei Holzdecken und dünnen Wänden wird von den Bewohnern mehr Rücksicht, Toleranz und Geduld gefordert. Die

²⁵³ Spiro Kostof, op. cit., S. 55, 82 und 109

²⁵⁴ Vassiliadis D.: The cretan house: refuge and lair, Athen 1975

akustischen Immisionen können ein Grund sein, warum Menschen in alleinstehenden Häusern wohnen wollen. Der jegliche Bewegung begleitende Schall kennzeichnet neben anderen Sinnesempfindungen die Gefühle, wenn wir in einem älteren hölzernen Haus wohnen, wo die Decke bei jedem Schritt zittert und die Türe quietscht, oder in einem neuzeitlicheren aus Stahlbeton mit allen möglichen Isolationen. Es ist eine von vielen Folgerungen der Theorie der Gemische und Netze, dass Gemische von Schwingungen – hörbaren und haptisch empfindbaren – und ihre Auswirkung auf die Nervenetze sorgfältig behandelt werden müssen: sowohl die speziellen Fälle in historischen Bauten als auch diejenigen in geplanten Neubauten.

Die Konsistenz von Baumaterialien wirkt sich in verschiedener Weise auf die Wohnbauten aus: Festere Materialien erlauben höhere Bauten und ermöglichen eine grössere Dichte der Bewohner pro Grundstücksfläche, grössere Sicherheit bei Erdbeben und so weiter; die akustischen Eigenschaften – der Körperschall und der Luftschall – beeinflussen eine gewollte oder ungewollte Kommunikation und damit die Privatsphäre; die Plastizität und die Elastizität von Umgebungsstoffen prägen die Gefühle bei körperlichen Kontakten. Indem unsere Theorie zeigt, wie die Konsistenz von festen Materialien, Flüssigkeiten und Gasen mit menschlichem Organismus und seinem Geist interagiert, legt sie den Regeln und Anweisungen der Statik, Akustik und anderen eine humanbiologische und interdisziplinäre Basis zugrunde, welche die Zusammenarbeit von mehr Fachgebieten zugunsten besserer Wohn- und Lebensqualität ermöglicht.

Hätte man sich beim Planen und Herstellen von Wohnräumen und Gegenständen mehr den elementaren Wirkungen der Konsistenz und ihren Wechselwirkungen mit Menschen gewidmet und weniger den visuellen Effekten, verschiedenen Stile und Ideologien, hätte man viel Material und Arbeit gespart oder effizienter eingesetzt, dabei das diversifizierte Wahrnehmen von echten Phänomenen gefördert, das Zusammenleben individueller und das Wohnen insgesamt reichhaltiger an sinnlichen Empfindungen gestaltet.

3.2.2.4 Wärme

Die systematische Untersuchung verschiedener Aspekte von Wärme vermag in bezug auf menschliche Wahrnehmungen sehr differenzierte Wirkungen aufzuzeigen (2.4.3). Wärme erzeugt Bewegung, verändert Konsistenz, Strahlungen und chemische Prozesse; sie wird somit nicht nur mit zuständigen Rezeptoren, sondern auch haptisch als Veränderung der Konsistenz, visuell als Farbnuancierung oder als veränderter Geruch erkannt.

Die Erzeugung, Erhaltung und das Abhalten von Wärme sind ein Hauptgrund für jeglichen Wohnbau. Vom Wohnen in natürlichen und selbstgegrabenen Höhlen, in Hütten, Zelten und Iglus über das Heizen mittels Hypokausten bis zu klimatisierten Wohnhäusern galten und gelten die baulichen Massnahmen dem Erzielen und Beibehalten einer angenehmen Temperatur

(2.4.4). Thermische Eigenschaften von Materialien und deren Anordnungen wurden sukzessive erkannt und angewandt: die speichernde Wirkung von Gesteinen und Wasser (2.4.4.2), die isolierende Wirkung von organischen Stoffen (2.4.4.3) und mehrschichtigem Aufbau (2.4.4.4). Bis heute erhaltene Hirtenhütten in den südöstlichen Alpen weisen einen quadratischen zentralen Raum in Blockbauweise für Menschen in der Mitte und einen Stall zwischen diesem Raum und dem bis zum Boden reichenden kegelförmigen Schindeldach auf. Im allgemeinen wurde die von der Natur gegebene oder erzeugte Wärme in massiven Wänden, Gewölben und gemauerten Öfen gespeichert und mit Holzverkleidungen und Luftschichten zurückgehalten.

Wenn mit technischen Mitteln erreicht wird, dass in Bauwerken gleichmässige Temperatur herrscht, entfällt auch die sichtbare Differenzierung in massiv steinerne und leicht membranartige, saisonal bewohnte Bauteile. Haben seinerzeit die Bauern ihre Wohnräume über dem warmen Stall errichtet, wohnt man heute in vielen Häusern über einer kalten Garage. Gerade hier zeigt die Theorie der Wechselwirkungen, dass in verschiedenen Epochen und Regionen der Umgang mit der Wärme durchaus zu sehr differenzierten baulichen Lösungen führt, und legt nahe, dass auch im heutigen Wohnungsbau erkennbare und für Wahrnehmungen bereichernde bauliche Reaktionen möglich sind. Eine warme Masse – sei es ein Kachelofen, ein gusseiserner Heizkörper oder schon nur der Kamin in der Wand – fühlt sich in kälteren Zeiten als eine etwas wärmere Stelle durchaus angenehm an. Eine als solche erkennbare Speichermasse im Wohnhaus, die bei Temperatursprüngen für Ausgleich sorgt, eine zweite Aussenhaut – eine einfach verglaste Veranda, die Platz zum Wohnen bietet –, ein offener Balkon, wo man die Aussentemperatur mit Sinnen fühlen kann, könnte auch in kompakter städtischer Bauweise durchaus sinnvoll und aussagekräftig sein.

Balkone, die keine Wärme zwischen innen und aussen transportieren, Tischplatten, Sitzflächen und Böden, die dem Leib keine Wärme entziehen, Türen und Fenster, die bei Wärmedehnung nicht klemmen, Warmwasserleitungen, die beim Dehnen und Zusammenziehen nicht knallen, Stoffe, die nicht aufweichen, Kellerräume, in denen der Wein kühl ruht und der Wintervorrat erhalten bleibt, sollten das Wohnen behaglicher machen; auch Holzböden müssen sich dehnen können, es sollen keine Risse entstehen; bei Schneeschmelze soll das Wasser nicht ins Haus eindringen. So viel der Heizwärme wie möglich soll dem umliegenden Boden, dem Wasser oder der Sonnenstrahlung entnommen werden. Der wirtschaftliche Umgang mit der Wärme erfordert, dass schlecht isolierte Wohnhäuser ummantelt und Kältebrücken eliminiert werden (zum Beispiel, indem man Balkone vorhängt); sie dürfen aber durchaus Zwischen- und Nebenräume – Eingangshalle, Wintergarten, Estrich, Keller – mit niedriger Temperatur enthalten. Es ist nicht mehr zwingend, am Tag nur die Tagesräume zu wärmen und die warme Luft am Abend in die Schlafzimmer zu lassen, so wie es in manch einem Bauernhaus noch

praktiziert wird, es kann aber durchaus anregend sein, sich in einem Haus durch verschieden temperierte Bereiche zu bewegen.

Der Umgang mit der Wärme beeinflusst nicht nur das Empfinden, er bewirkt auch das soziale Leben: In den warmen Regionen versammeln sich Menschen in der Kühle, in den kalten um die Wärmequelle. In einfacheren technologischen Verhältnissen hat man sich um die Feuerstelle geschart oder am grossen Ofen zusammengefunden und kommuniziert. In zentral geheizten Wohnbauten ist die Heizquelle in einem Nebenraum, im Keller oder weit entfernt, und die Wärme ist in den Wohnräumen überall vorhanden; jeder kann sich in einer anderen Ecke aufhalten. Jedoch auch bei bester Verteilung der Wärme, zum Beispiel durch Bodenheizung, entstehen Bereiche mit verschiedenen thermischen Eigenschaften – in Aussenecken, vor Fenstern und Balkontüren –, welche die Möblierung, und damit Bewegung, Belichtung und so weiter beeinflussen. Der Ort der angenehmsten Kühle oder Wärme wirkt sich auf das Verhalten der Bewohner und die Gestalt des Bereiches aus, aber auch umgekehrt: dort, wo der Aufenthalt von Menschen geplant wird, muss für angenehme Wärmeverhältnisse gesorgt werden.

Die Theorie der Gesamtwechselwirkungen verdeutlicht, dass für behagliches Wohnen die thermischen Verhältnisse ebenso massgebend sind und anregend sein können wie der Anblick der Räume, die Bewegung und Entspannung in ihnen, das Licht, die Klänge und die Gerüche. Zusammen mit diesem bildet sie Grundlage für die Wohnqualität.

3.2.2.5 Chemische Veränderungen

Menschen gebrauchen für die Bezeichnung von Raumempfindungen das Wort „Atmosphäre“ und meinen damit nicht die Lufthülle der Erde, auch nicht unmittelbar die Luft in den Räumen, sondern eine durch Stimmung geprägte Situation, einen besonderen Effekt des Umfeldes, seine Ausstrahlung, seine poetische Ausdruckskraft. Die vorliegende Theorie der materiellen Wirkungen und Wahrnehmungen zeigt auf, dass die „Atmosphäre“ primär auf Geruchsempfindungen, sekundär aber auch auf visuellen, auditiven und haptischen Sinnesempfindungen gründet (2.5.3).

Die Zusammensetzung der Luft ist – neben der natürlichen Mischung (2.5.3.2) – das Resultat von nahen und fernen, festen, flüssigen und gasförmigen Materialien; sie hat sich durch Jahrhunderte spürbar gewandelt. In Wohnbereichen finden chemische Prozesse statt, die die Atmosphäre prägen, und deren Gerüche über vergangene oder nicht sichtbare und hörbare Geschehen informieren. Ein Wohnhaus, in dem öfters gefeuert wird, riecht nach Russ und Rauch, ein feuchtes nach Schimmel; man riecht Holztäfer, sofern es nicht präpariert ist, Gummi, verstaubte Teppiche, neue Farbanstriche und so weiter. Prozesse wie Feuern zwecks Kochen und Wärmen, Waschen zwecks Reinigung, Fäulnis- und Verwesungsverhütung, Abfallumwandlung und Baumaterialherstellung haben sich in der Geschichte stark verändert

(2.5.4). Das Verbrennen von Holz und Kohle erfordert andere bauliche Einrichtungen als Öl und Gas und hat verschiedene Konsequenzen. Das offene Feuer oder die Glut in einer schwarzen Küche oder im Cheminée erzeugt Geruch und Rauch, die durch Rauchfänge und Rauchkammern, wo das Fleisch trocknet, ins Freie geführt werden, zum Teil aber auch in den Raum gelangen und sich an den Wänden ansammeln. Einem Bauernwohnhaus mit offener Feuerstelle haftet der Geruch des Rauches und Russes an; wenn dieser fehlt, kann das Haus nicht mehr vollumfänglich sinnlich wahrgenommen werden. Das Feuern in gemauerten oder gusseisernen Kochherden und Öfen isoliert den Prozess weitgehend und wird kaum mehr gerochen. Das Brennen von Gas erfordert gänzlich andere Installationen (in manchen Wohnhäusern wird Gas in Behältern gehalten); für die Sinne unterscheidet es sich nur noch unwesentlich vom Wärmen mit elektrischem Strom, obwohl es giftig sein kann. Aus verschiedenen Motiven, zum Beispiel für intimeres, festlicheres Licht oder in einem Notfall, werden Kerzen, Petrol- und Öllampen verwendet; Gaslampen in Wohnräumen hingegen sind nur noch selten anzutreffen. Das Feuern in Heizungskesseln geschieht meist in Nebenräumen und hat als chemischer Prozess auf die Wohnatmosphäre unmittelbar gar keinen Einfluss mehr. Aus einer neuzeitlichen Küche, wo alle Dämpfe mit einem Ventilator abgezogen werden, wo kein Brennholz gelagert wird, entweicht nur noch hie und da ein Geruch nach Fisch, Gulasch oder Zwiebeln. Dieser wirkt in der auch sonst sterilen Wohnatmosphäre einer Stadtwohnung anders als in der Orchestrierung mit unzähligen Gerüchen in bäuerlicher Umgebung, in einem Fischerdorf und so weiter. Auch das Faulen und Verwesen wird aus städtischem Wohnen durch Kühlen und Trocknen weitgehend verbannt, das Wohnen auf dem Lande erfordert jedoch öfters noch Faulgruben und Kompostanlagen. Wenn der Stallmist durch Kunstdünger ersetzt wird, wird ein Bauernhof für die Sinne ein anderer.

Veränderungen der chemischen Prozesse haben in Wohnbereichen weitreichende Konsequenzen; wenn einzelne Elemente – zum Beispiel das Feuern – einer früheren Situation erhalten bleiben, wirken sie in der neuen Umgebung nicht mehr gleich. Das Wohnen wird oft von Wünschen, Emotionen, Nostalgien begleitet. Eine ländliche Wohnatmosphäre kann in der Stadt schon deswegen nicht herbeigeführt werden, weil die Gerüche der Gärten, Felder und Wälder, des Stalls fehlen. Eine Etagenwohnung im zentral geheizten Neubau kann ein Cheminée enthalten, dieses jedoch wird wegen des Umgangs mit dem Brennholz, der Asche, des nahen Spannteppichs nicht gleich wirken wie in einem Landhaus. Die Chemie stimmt nicht; die neue Zusammensetzung ist etwas anderes. Es scheint jedoch das Bedürfnis der Stadtbewohner zu sein, sich mindestens in den Ferienhäusern mit ländlicher Atmosphäre zu umgeben.

Die Materialien für Wohnbereiche und deren Unterhalt werden zunehmend in komplexen industriellen Prozessen hergestellt (2.5.4). Ihre Wirkung untereinander (2.5.2) und auf die Menschen (2.5.3) unterscheidet sich von den alten Baustoffen. Das Fehlen herkömmlicher und

das Wirken neuer Substanzen kann mit dem Instrumentarium der hier entwickelten Theorie kontrolliert und so eingesetzt werden, dass die Stoffe folgenden Forderungen genügen:

Die Materialien müssen sich gegenseitig chemisch vertragen und dürfen sich infolge äusserer Energieeinwirkung nicht unerwünscht verändern. Eine Alterung soll möglichst verzögert werden – falls sie nicht ausdrücklich gewünscht wird. Die Herstellung und die Anwendung von Kalk, Zement, Metallen, Glas, Isolationsmaterialien, Kunstharzplatten, Kunststoffen, Schutz- und Reinigungsmitteln – alles Materialien, die fürs Wohnen gebraucht werden – liegen grösstenteils auseinander; die Prozesse bleiben jedoch nicht ohne überregionale Wirkungen, und begrünte Aussenräume verbessern nur teilweise die herangetragene Luft. Substanzen, die durch chemische oder mechanische Prozesse in die Luft gelangen (2.5.2.2) – auch jene der Verbrennungen und Reibungen des Verkehrs –, müssen kontrolliert werden und dürfen die Umgebung nicht belasten, weder Bauschäden verursachen noch sich auf das menschliche Befinden auswirken. Besseren statischen, thermischen, plastischen und elastischen Eigenschaften von Baumaterialien stehen chemische Wirkungen, vermehrter Energie- und Rohstoffverbrauch sowie deren Zerfall entgegen. Die Werte müssen sorgfältig abgewogen werden. Sonnenstrahlung und Wärme hemmen bestimmte Prozesse, sie fördern aber auch den Zerfall von Grossmolekülen; der Staub begünstigt die Ansiedlung von Bakterien, Milben, Insekten, deren Sekrete und damit weiteren Zerfall; Gerüche, Verfärbungen und Vermorschungen sind die Folgen. Die dauernde Feuchtigkeit in Wänden und Böden wie auch Brände müssen durch richtige Konstruktions- und Materialwahl verhindert werden.

Auf verbesserte Wohnhygiene sind auch bessere Gesundheit und höheres Alter zurückzuführen. Die Unkenntnis oder mangelnde Berücksichtigung neuer chemischer Prozesse kann sich im Wohnbereich in vielfältiger und in dauerhafter Weise auf die Bewohner auswirken (2.5.3.2). Die vermehrt auftretenden synthetischen Materialien dürfen nicht die Gesundheit gefährden. Je mehr die Stoffe chemisch hergestellt werden, desto grössere Aufmerksamkeit erfordern sie von Planern und Ausführenden. Die Forderungen können widersprüchlich sein (zum Beispiel Holzschutz gegen den Wunsch, Holz zu riechen, Brandschutz gegen die Forderung, organische Stoffe zu verwenden, Energiesparen gegen die notwendige Dauerlüftung); durch genaue Abwägung können optimale Kompromisse gefunden werden; Behaglichkeit fordert manchmal aber auch ihren Preis.

Neben der Erfüllung von physischen Bedingungen sollten Wohnhäuser eine breite Basis für ein Leben bilden, das die Sinne anregt, indem sie angenehme Wohnatmosphäre erzeugen. Die Gerüche der Holztäfer und -möbel, des Feuerns, des blühenden Gartens und trocknenden Grases dürfen immer anwesend sein, jene des Kochens und Bratens, Essens und Trinkens, der Früchte, Gemüse und Getränke, der Haus- und Gartenarbeiten, der Haustiere und -pflanzen, der sonnenbestrahlten Stoffe sollen mit Abschlüssen und Öffnungen, mit natürlicher oder

künstlicher Lüftung und hohen Räumen steuerbar sein; Räume – Badezimmer, Waschküche, Vorratskeller, Heizungsraum, ja auch die Garage – dürfen ihre charakteristischen Gerüche aufweisen, denn sie gehören zu ihnen wie der Geruch vom Harz zum Wald oder jener von Jod und Salz zum Meer. Man sollte die Räume auch blind und taub erkennen können; die olfaktorischen Empfindungen begleiten die Bewegungen durch Wohnbereiche. Es ist schwer zu vermeiden, dass neue Wohnbauten nicht nach Farben und Lacken, Kunstharzen und Stoffimprägnierungen riechen; diese lösen sich mit der Zeit auf, und die Materialien nehmen die Gerüche der Bewohner und deren Tätigkeiten auf.

Die Forderung nach Berücksichtigung einzelner chemischer Prozesse ist nicht neu – diese sind bereits weitgehend mit Vorschriften geregelt. Neu ist die Gegenüberstellung der Gesamtheit von solchen chemischen Wirkungen mit dem menschlichen Organismus mit seinen Wahrnehmungen, sowohl rationalen als auch emotionalen. Und neu ist die Positionierung von chemischen Wirkungen im Gesamtkontext der Kunst des Bauens: sie sind ihr prägender Bestandteil. In vorhandenen Bauwerken können die positiven Wirkungen nun besser erkannt, richtig eingeschätzt und erhalten bleiben; das Besondere muss bewahrt werden. Bei Planungen und beim Einsatz neuer Substanzen müssen Wirkungen und Nebenwirkungen umfassend und gezielt untersucht werden. Die Übersicht über chemische Prozesse – sowohl die momentanen, unmittelbar wahrnehmbaren und vergänglichen als auch die nicht sinnlich erkennbaren, aber auf die Dauer wirkenden – hilft, nebst besserer Atmosphäre auch gesünderes und behaglicheres Wohnen zu gewährleisten. Wenn dies erreicht ist, nimmt die Qualität des Lebens in einem Haus deutlich zu.

3.2.2.6 Strahlungen

Im Gegensatz zu Gravitation oder Konsistenz verändern sich Wärmestrahlung, Helligkeit und Farben im Verlauf des Tages für menschliche Empfindungen ganz wesentlich. Sie können sich wie Tag und Nacht unterscheiden, zauberhafte Stimmungen – von den ersten morgendlichen Sonnenstrahlen tief in den Räumen über das gleissende, kontrastreiche Mittagslicht bis zur roten Abendstrahlung – in Wohnräumen hervorbringen und Erlebnisse auslösen – wenn die Aussenhülle es erlaubt ... Strahlungen ermöglichen uns, Motoren für uns arbeiten zu lassen, ein Telefongespräch mit den Antipoden zu führen oder uns in die multimedialen Netze der Weltgesellschaft einzuklicken. Dabei verändert sich die Gesamtheit unserer Wahrnehmungen – auch zu Hause.

Die Gegenüberstellung verschiedener Wellenlängen von Materie/Energie und der Sinnesempfindungen ermöglicht, die Wirkung einzelner Segmente auf Menschen deutlich zu zeigen (2.6.3). Wenn Menschen ihre Behausungen bauen, nutzen sie die Strahlungen, oder sie schützen sich vor ihnen. Viele Bauweisen, Konstruktionen und Materialien gehen aus dem bewussten oder intuitiven Umgang mit Strahlungen hervor. Einige Beispiele aus verschiedenen

Kulturen in unterschiedlichen Zeiten und Klimata sollen den bisherigen Umgang mit Strahlungen andeuten; danach wird aufgrund der vorliegenden Systematik auf neue Möglichkeiten hingewiesen.

Die Sonnenstrahlung – Wärme-, Licht- und UV-Strahlung – erfordert in verschiedenen Breitengraden und Klimata entsprechende regionale Bauweisen. In den Gegenden mit starkem Sonnenschein ist der Schutz vor Ein- und Abstrahlung das Hauptziel der Erbauer: beschattete Innenhöfe, Schattenhallen und kleine Fensteröffnungen, aber auch massive, beschattete Wände und Säulen, die die Wärmestrahlung ausgleichen, prägen die Wohnbauten zum Beispiel in Nordafrika seit Beginn der Bautätigkeit. In gemässigeren Klimaverhältnissen wird sowohl auf die Sonnen- und Wärmeeinstrahlung als auch Abstrahlung vielfältig reagiert (2.6.4):

- die Orientierung von Wohnblöcken gegen Süden (in der nördlichen Hemisphäre) oder gegen Westen und Osten charakterisiert ganze Siedlungen; der steilen Einstrahlung im Sommer und der tiefen Einstrahlung im Winter wird Rechnung getragen; mit Orientierung nach drei oder vier Himmelsrichtungen wird die mögliche Menge und Variabilität der natürlichen Bestrahlung erhöht;
- die einzelnen Räume werden entsprechend ihren Funktionen nach Himmelsrichtungen orientiert: Wohnräume gegen Süden und Westen oder Osten und Westen, Schlafräume wenn möglich gegen Osten, Küchen, Arbeits- und Nebenräume gegen Norden;
- mit weitauskragenden Vordächern, Brisesoleils, drehbaren, schiebbaren und rollbaren Fensterläden, Sonnenstoren und Pflanzen wird die Strahlung zusätzlich gesteuert; spezielle Gläser und Lamellen können die einzelnen Bereiche der Sonnenstrahlung differenziert beeinflussen, mobile, automatisch gesteuerte Schutzvorrichtungen können sie kontinuierlich überwachen, dosiert durchlassen oder abhalten. Zuviel Wärme und Licht kann in Wohnräumen nicht nur unangenehm sein, sondern unter Bestrahlung zerfallen, oder empfindliche Materialien wie Textilien, Teppiche, Papiere, Hölzer, Kunststoffe verfärben sich;
- an geeigneten Wohnorten wird die Strahlung effizient in elektrischen Strom umgewandelt;
- die Wärmeabstrahlung ist proportional zur Fläche der Aussenhaut: der wohlfreundlicheren Fassadenabwicklung steht der Strahlungswärmeverlust entgegen.

Schon der knappe Überblick zeigt, dass Bauten verschiedener Regionen und Epochen vielfach wertvolle Beispiele für den Umgang mit Strahlungen darstellen und deswegen erhalten und gepflegt werden müssen. Wie kann der Umgang mit Wärme-, Licht und hochfrequenten Strahlungen in den zukünftigen Wohnbauten effizienter werden? Was kann eine bewusste und kreative Handhabung von Strahlungen zur Lebensqualität beitragen? Es ist erforderlich, auf neue Lebensbedingungen mit neuen Wohnformen und Einrichtungen zu reagieren.

Neben dem Infrarotanteil der direkten Sonnenstrahlung beeinflusst die Wärmestrahlung von erwärmten Bauteilen – von der Sonne bestrahlten Böden und Wänden, Möbeln, Heizkörpern

wie Radioatoren, Öfen und Wärmespeichern – sowie die Abstrahlung des Leibes gegen kalte Bauteile – Fensterflächen, massive Wände, steinerne Böden und Arbeitsflächen, Wasser – wesentlich das Empfinden der Bewohner.

Ein effizienter Umgang mit Wärmestrahlung soll die Behaglichkeit der Wohnräume erhöhen: wenn der Leib nicht zuviel Wärme an die Umgebung abstrahlt, fühlt er diese nicht als kalt, das heisst, dass vor allem die Umgebungsmaterialien mit hoher Wärmekapazität (vgl. 2.4.1) – massive Wände, steinerne Böden – oder solche mit hoher Wärmeleitung (ibid.) – zum Beispiel Fenstergläser – nicht zu niedrige Temperatur aufweisen dürfen. Steinige Böden sollen durch Bodenheizung gewärmt oder mit Teppichen belegt werden; man hält Abstand von kalten Wänden und Fenstern – verringert damit den Nutzbereich des Raumes – und nähert sich den wärmeren Massen im Hausinneren: einem Keramikofen, einem Radiator mit Heisswasser. Die Behaglichkeit eines Sitz- oder Liegeplatzes kann stark von der Wärmestrahlung an diesem Ort abhängen. Gut isolierende Aussenwände und Fensterflächen sind energie- und im Sinne des Raumgebrauches platzsparend, aber mit ihnen geht ein Gefühl und eine Gewohnheit verloren: dass man sich im Winter zum warmen Hauskern zurückzieht. Es kann durchwegs auch eine positive Wahrnehmung sein, wegen der Wärmestrahlung im Winter anders zu wohnen als im Sommer. Es kann ebenfalls eine Charakteristik der Wohnumgebung sein, wenn man sich wegen starker Sonnenstrahlung im Sommer im Schatten verbirgt oder ihn mit beweglichen Einrichtungen (vgl. 2.1.4.3) erzeugt. Mit der Abschirmung der Wärmeeinstrahlung wird meistens auch das Licht reduziert – und paradoxerweise wird dann mit Glühbirnen wieder Wärme produziert. Es sollen Sonnenschutzstoffe angewendet werden, die nur die Wärmeeinstrahlung abhalten. Radiatoren könnten ihren Nutzen erweitern, wenn sie aus Glasröhren bestünden, in denen im Sommer kaltes, vielleicht auch gefärbtes Wasser fliessen würde.

Materialien modulieren die sichtbaren Strahlungen und beeinflussen Wahrnehmungen der Wohnbereiche. Wenn zum Beispiel im gegenüberliegenden Gebäude das Licht brennt, können wir in die Räume hineinsehen; sobald das Licht gelöscht wird, sehen wir in den Fenstern am gleichen Ort das Geschehen auf der Strasse um die Ecke: Das Fensterglas hat einmal das Licht durchgelassen, dann gespiegelt, und wir haben verschiedene Welten gesehen.

Der Umgang mit der Lichtstrahlung trägt am meisten zur visuellen Sinnesempfindung und Wahrnehmung der Wohnambiente bei. Er muss angemessene Lebensbedingungen erzeugen, er kann aber auch die im vorangegangenen Kapitel erwähnte Atmosphäre wesentlich beeinflussen. Durch dieselben Öffnungen, durch welche Tageslicht hereinkommt, gehen die Blicke hinaus, und wir beziehen die Umgebung in unsere Empfindungen mit ein. Wohnräume und -einrichtungen, die das Tageslicht nicht nur von einem kleinen Fenster, sondern aus zwei Richtungen erhalten, weisen weniger Kontraste und Schatten auf. Scharfe Sonneneinstrahlung

kann mit Diffusoren zerstreut und gefärbt werden, wenn damit die „Atmosphäre“ interessanter empfunden wird und nicht die Wahrnehmung von Kunstwerken verzerrt oder die Arbeit am Farbbildschirm gestört wird. Das Tageslicht, das in Wohnräume eindringt, hat bereits vielfältige Wandlungen erfahren; die Abstrahlung eines hellblauen Himmels, eines dunkel- oder grünblauen Sees, der grünen oder rotgelben Bäume, des weissen Schnees, der untergehenden Sonne kann das Wohnambiente mit anregendsten Farben füllen; mit Fensteranordnungen können die Lichter aus einer differenzierten Umgebung ins Innere geholt werden und die Empfindungen intensivieren. Die Sonnenstrahlung soll im Verlauf des Tages die Wohnräume tausendfach modulieren und verzaubern, indem sie aus verschiedenen Richtungen eindringt, durch verschieden strukturierte und gefärbte Geflechte eingelassen wird, im Inneren auf Materialien trifft, die das Licht differenziert weiterstreuen – bis es erlischt und wir ein Feuer anzünden oder die Glühlampe einschalten.

Mit Kunstlicht können die verschiedensten Stimmungen geschaffen werden. Die erforderliche Helligkeit erreicht man bereits mit nackten Fluoreszenzröhren. Aber eine geschickte Belichtung einzelner Bereiche – des Esstisches, der Arbeitsflächen in der Küche, des „Schminktisches“, der Lesecke, des Schreibtisches, der Gesprächsgruppe, der Musiker, der Bilder und Skulpturen kann Räume bilden wie auf der Theaterbühne. Die Theorie der Gemische und Netze macht ausdrücklich darauf aufmerksam, dass die Lichtatmosphäre nicht nur von Lichtquellen und Umwandlungen durch verschiedenste Schirme, sondern von allen umliegenden Materialien, abhängt, die das Licht absorbieren und abstrahlen, vermindern und färben, und dass darin ein grosser Reichtum an kreativen Möglichkeiten besteht. Eine Wohnatmosphäre wird selten mit einseitigem Formalismus, auch nicht nur mit „Licht und Schatten“, sondern neben anderen Wirkungen auch mit der Vielfalt von Lichtgeschehen und Farbnuancen erreicht.

Der elektrische Strom ruft drastische Veränderungen des Tagesverlaufs und damit der Wohnbauten hervor (2.6.4.3). Die neuartige Beleuchtung von Räumen und die elektrischen Kleinmotoren haben neue Grundrisse ermöglicht – innenliegende, künstlich belichtete und belüftete Räume, kleinere Küchen und Waschküchen²⁵⁵ –, die Arbeiten verändert, die persönliche Hygiene und diejenige der Wohnräume erhöht; die elektrischen Aufzüge haben das Bauen in noch grössere Höhen mit allen Vor- und Nachteilen beschleunigt. Der elektrische Strom wird von elektromagnetischen Feldern begleitet; die Leitungen müssen abgeschirmt und in angemessener Entfernung von Schlafstellen geführt werden; im Bereich der Hochspannungsleitungen sollten keine Wohnhäuser gebaut werden. Die 50malige Umpolung der Felder pro Sekunde erzeugt ein spezifisches Summen, das in heutigen Wohnbereichen kaum wegzudenken ist, das uns aber da, wo es fehlt, die Ruhe noch intensiver empfinden lässt. Auf elektromagnetischen Wellen gründet die Telekommunikation; ein Grossteil der Information, der

²⁵⁵ Sigfried Giedion, op. cit., S. 557 ff

Unterhaltung und des Konsums findet zu Hause statt, Berufsarbeiten können am heimischen PC erledigt werden, ein Teil des motorisierten Verkehrs wird reduziert.

Die Revolution des Wohnens infolge elektromagnetischer Felder hat erst begonnen. Die Konsequenzen wurden teilweise in den Kapiteln über die Bewegung, die Schwerkraft, die Wärme und die chemischen Prozesse angedeutet. Grosse Veränderungen wird die multimediale Kommunikation mit sich bringen: Wurden anfänglich Telefonapparate ohne grosse Ansprüche in bestehenden Räumen – im Eingangflur, im Wohnraum, im Arbeits- oder Schlafzimmer – installiert, erfordern ein oder mehrere Bildschirm- oder Multimediaarbeits- und Unterhaltungsplätze im Wohnbereich geeignete Grundrisse. Die Arbeit am Bildschirm braucht eine konstante Beleuchtung, das wechselnde Sonnenlicht wirkt störend; der Arbeitsplatz rückt weiter vom Fenster weg, die Raumtiefe und der nach Norden gerichtete Wohnteil können grösser werden. Wenn Menschen sich mittels bewegter digitaler Bilder noch mehr Wünsche erfüllen wollen, wenn das wandgrosse Bild zur interaktiven Heimbühne werden und den Wohnraum dominieren sollte, werden sich nicht nur Wohnungsgrundrisse und Einrichtungen, sondern auch öffentliche Institutionen und das Stadtleben wesentlich verändern. Die Ausweitung der virtuellen Bereiche, die Polarisierung zwischen Fiktion und Wirklichkeit, wird den Wert real existierender, geschichtsträchtiger Materialien und den sinnlichen Ausgleich in natürlichen Umgebungen erst recht steigern. Der elektronischen „Umgebung“ muss eine reale, alle Sinne ansprechende Umgebung entgegengesetzt werden.

Ein adäquater und effizienterer Umgang mit Wärmestrahlung, Licht und elektromagnetischen Feldern kann zu Einrichtungen und Gestalten führen, die das Wohnen in vieler Hinsicht verbessern. Es müssen nicht hochtechnisierte Anlagen sein, oft liegt ein Gewinn in einfachen und universellen Lösungen, die Ressourcen sparen und doch den Menschen ein Optimum an Lebensqualität gewährleisten.

3.2.2.7 Gesamtwechselwirkungen im Wohnbereich

Am Beispiel von Wohnbauten ist der Nutzwert einer Systematisierung von Gemischen der Umweltwirkungen gegenüber den Netzen der Wahrnehmung gezeigt worden. Die kurze Übersicht hat die vielen Faktoren aufgedeckt, die die Wohnqualität bestimmen. Es wurde beschrieben, wie Bewegung, Gewicht, Konsistenz, Wärme, Strahlungen und chemische Prozesse in verschiedenen Konstellationen bei Tag und Nacht, im Sommer und im Winter auf den Organismus wirken und teilweise Wahrnehmungen auslösen, die man bewahren, verbessern oder neu erzeugen soll. Das Modell der Wechselwirkungen stellt ein Werkzeug zur Verfügung, das ein sorgfältiges Abwägen von Aufwand an Material und Energie einerseits und optimaler Lebensqualität andererseits ermöglicht. Den Energie- und Rohstoffsparmassnahmen, dem verdichteten Wohnen und so weiter stehen das Wohlbefinden aller Bevölkerungs- und Altersgruppen gegenüber. Das menschliche Leben ist ein erweiterter Metabolismus, und es

muss sorgfältig abgewogen werden, welche Qualitäten, welche Werte mit welchem Aufwand erkaufte werden. Eine detaillierte Darstellung von Wirkungen auf den ganzen Organismus, die einzelnen Sinnesempfindungen und Wahrnehmungen muss für deren ausgeglichenes Vorhandensein wie auch für angemessenes Interesse der Bewohner, dies zu genießen, sorgen. Es ist wichtig, zu zeigen, wie solche Wahrnehmungskultur erreicht werden kann.

3.3 AUSSAGE DER THEORIE DER GEMISCHE UND NETZE

Die Umwelt enthält komplexe, an jedem Ort, in jeder Zeit andere Gemische von Wirkungen, die mit menschlichen Sinnesempfindungen und Wahrnehmungen interagieren und in Bauwerken integriert und gesteigert werden können. Für die Qualität der Wechselwirkung massgebend sind sowohl die Gesamtheit der Wirkungen von Materialien und Energien aufeinander – in der Gegenwart und Vergangenheit, in jedem unberührten Stück Natur und in jedem von Menschen erstellten Bauwerk – als auch die Rezeptionsfähigkeit der Menschen. Die sinnlichen Empfindungen und die Wahrnehmungen, die Erinnerungen und Gedanken zusammen sind eine erweiterte Dimension von Materie und Energie, welche das Leben in und mit Bauwerken bestimmen. Planung, Ausführung und Unterhalt können erfolgreicher sein, wenn das Geschehen von Materie, Energie und Wahrnehmungen umfassend und differenziert berücksichtigt wird. Bauwerke können wertvolle Konzentrate der Gemische von Wirkungen und damit Orte intensiven Erlebens sein. Wie sie genossen werden, hängt zum grossen Teil von der Wahrnehmungsfähigkeit ab; diese zu entwickeln ist mindestens so wichtig, wie die Wirkungen zu planen.

Der Wissenszuwachs in der hier entwickelten Theorie der Gemische und Netze besteht für die Kunst und die Technik des Bauens in der Darlegung der Mechanismen von Wechselwirkungen zwischen der Umgebung und den Menschen. Sie besagt:

Bauwerke sind Orte intensiver Wechselwirkungen. Stoffe und Energien, deren Bestandteil der Körper selbst ist, beeinflussen sich gegenseitig und wirken auf den gesamten Organismus und seinen Wahrnehmungsapparat. Sinneszellen in Augen, Ohren, Gleichgewichtsorganen, Nase, Haut, Muskeln und Gelenken registrieren einen Teil der Wirkungen der Elementarkräfte in Form von Bewegung, Schwerkraft, Konsistenz, Wärme, chemischen Vorgängen und Strahlungen, generieren komplexe Wahrnehmungen von Bauwerken samt ihrer Umgebung und bilden unmittelbar die Basis für die Lebensqualität. Erst alle Wechselwirkungen zusammen kennzeichnen eine reale Welt. Mit erweiterten Wahrnehmungen können Erlebnisse intensiviert werden.

Die Theorie hat umfassende praktische Bedeutung: Sie hilft Architekten und Planern, komplexe Wirkungen bei Bauwerken effizient einzusetzen und sie zu überprüfen; sie gibt den Pflegern der

Umwelt ein Werkzeug in die Hände, mit dem sie Wirkungen erkennen, bewerten und schützen können; sie ermöglicht der Bauindustrie, Baumaterialien und -werke menschen- und umweltfreundlich herzustellen; und sie zeigt den Bewohnern der gebauten Umwelt, wie sie sie mit erweitertem Bewusstsein und Sensibilität besser genießen und ihre eigene Lebensqualität steigern können. Darüber hinaus bildet die Theorie eine Grundlage für bessere zukünftige Kommunikation zwischen Naturwissenschaften und Technik, zwischen Planern, Gestaltern und Bauindustrie, zwischen Lehrenden und Lernenden, zwischen allen diesen, der Öffentlichkeit und deren Repräsentanten. Somit könnte die Kunst des Bauens eine wirkungsvolle Rolle im Bemühen um eine bessere Umwelt und deren Erleben spielen.

Artefakte können mit Menschen eine natürliche, sich gegenseitig aufwertende Ganzheit bilden, Menschen können zu ihnen aber auch jeglichen Kontakt verlieren. Eine einsichtige Beschäftigung mit Bauwerken und deren Pflege – sowohl auf dem Niveau der Profession als auch der Benutzer – ist unabdingbare Voraussetzung für ihre Existenz. Die vorliegende Arbeit zeigt differenziert, worin die Werte, die der Mensch nicht ungestraft vernachlässigen darf, bestehen, beziehungsweise, wie sie entstehen können. Der Unterhalt und die subtile Wandlung von Bestehendem kann ebenso sinnvoll und bereichernd sein wie die Produktion von Neuem. Die Theorie der Gemische und Netze klärt die Wirkungen von Architektur und verweist auf deren höheres, wissenschaftlich begründetes Niveau. Sie zeigt, wie die Wahrnehmung des sinnlich Empfundenen mit einem erweitertem Bewusstsein gesteigert und wie dabei die Lebensqualität erhöht werden kann.

LITERATURVERZEICHNIS

- Alberti Leon Battista: Zehn Bücher über die Baukunst, Wien und Leipzig 1912, Reprint Darmstadt 1975
- Alexander Christopher: A Pattern Language, New York 1977
- Ambasz Emilio: The Architecture of Luis Barragan, New York 1976
- Anderegg-Tille Maria: Die Schule Guarinis, Dissertation ETH, Winterthur 1962
- Andrews Peter Alford: Tents of the Tekna, Southwest Morocco, in: Shelter in Africa, London 1971, Reprint 1978
- L'architecture d'aujourd'hui, Paris 1964/65, Nr. 117
- Bateson Gregory: Geist und Natur. Eine notwendige Einheit, Frankfurt a. M. 1982
- Benevolo Leonardo: Storia dell' architettura moderna, Bari 1960, deutsch: Geschichte der Architektur des 19. und 20. Jahrhunderts, München 1964, Reprint 1978
- Benevolo Leonardo: Corso di disegno, Vol. IV, L'arte e la città moderna dal XV al XVIII secolo, Roma/Bari 1975
- Berger Peter L. und Luckmann Thomas: Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit, Frankfurt a. M., 1969, Reprint 1980
- Bericht zur Forschungs- und Innovationsausstellung ETH Zürich 1982 Nr. 37 und 40 sowie 1985 Nr. 14
- Blaser Werner: Der Fels ist mein Heim, Zürich 1976
- Blaukopf K.: Problems of Architectural Acustics in Musical Sociology, in Gravesaner Blätter 1960, Vol. V, Nr. 19/20
- Bonta Juan: Notes for a Theory of Meaning in Design, in: Signs, Symbols and Architecture, Chrichester 1980, Reprint 1981
- Braghieri Gianni: Aldo Rossi, Zürich 1983
- Brändli Otto und Künzli Nino: Inhalierte Staubpartikel. Wie schädlich sind sie für unsere Lungen? in: NZZ Nr. 185/1997
- Das Bürgerhaus in der Schweiz, XII. Band / Das Bürgerhaus im Kanton Graubünden, 1. Teil – Südliche Talschaften, Zürich 1923
- Cevc Tone u. a.: Kmecke hise v Karavankah, Ljubljana 1988
- Colwell Robert N.: Remote Sensing pf Natural Resources, in Scientific American, Jan. 1968, Reprint in: Lasers and Light, 1969
- Cop Jaka und Cevc Tone: Slovene Hay-Rack, Zirovnica 1993

- Corbin Alain: Pesthauch und Blütenduft, Berlin 1984
- Daetwyler Jean-Jacques: Radon, in: Schweizerischer Ingenieur und Architekt, Nr. 17, Apr. 1988
- Dahlhaus Carl: Musik und Zahl, in: Daidalos Nr. 17, Gütersloh 1985
- Donne John: Devotions upon Emergent Occasions, in: Complete Poetry and Selected Prose, Edited by John Hayward, London/New York 1945
- Doxiadis C. A.: Architectural Space in Ancient Greece, MIT 1972
- Drexler Arthur: Ludwig Mies van der Rohe, New York 1960
- Eigen¹ Manfred, NZZ Nr. 298 / 1982
- Eco Umberto: Zwischen Text und Autor; Interpretation und Überinterpretation. Mit Einwüfen von Richard Rorty, Jonathan Culler, Christine Brooke-Rose und Stefan Collini. Cambridge 1992; aus dem Englischen von Hans Günter Holl, München 1996
- Fischer Ernst Peter: Idee Farbe. Farbsysteme in Kunst und Wissenschaft, Vortrag an der ETH 15. 12. 1994
- Fister Peter: Umetnost stavbarstva na Slovenskem, Ljubljana 1986
- Fitch James Marston, John Templer und Paul Corcoran: The Dimensions of Stairs, Scientific American, Okt. 1974, Vol. 231, Nr. 4
- Forsyth Michael: Architecture et Musique, Liege 1987
- Fritz-Niggli Heidi: Kein Leben ohne Strahlung? in: NZZ Nr. 96/1989
- Gibson James J.: Die Sinne und der Prozess der Wahrnehmung, Bern 1973
- Giedion Siegfried: The Beginnings of Architecture, Princeton 1981
- Giedion Siegfried: Space, Time and Architecture, fourteenth printing, Cambridge 1963
- Giedion Siegfried: Mechanization Takes Command, Oxford 1948, deutsche Ausgabe Frankfurt a.M. 1982
- Gilla Barbara: Geometrical Illusions, in: Scientific American, Jan. 1980, Vol. 242, Nr. 1
- Grabrijan Dusan: Makedonska hisa, Ljubljana 1976
- Handbuch der Architektur, Darmstadt 1883, 4. Teil, 1. Halbband
- Hebrard E., Zeiller J.: Spalato, le Palais de Diocletien, Paris 1972
- Heydenreich Ludwig H.: Leonardo, Berlin 1942
- Hirmer Max und Lange Kurt: Ägypten, München 1967
- Hürliman Armin: Elektromagnetischer Umweltschutz, in: NZZ Nr. 67/ 1989

- Hüttinger Eduard: max bill, Zürich 1977
- Jelakovic Tihomil: Zvuk – sluh – arhitektonska akustika, Zagreb 1978
- Jencks Charles: The Architectural Sign, in: Signs, Symbols, and Architecture, Chrichester 1980, Reprint 1981
- Kahn Louis I.: Lecture at the ETH Zürich, Febr. 1969
- Kahn Louis I.: Light is the Theme, Fort Worth 1975
- König Herbert L. und Fokerts Enno: Elektrischer Strom als Umweltfaktor, München 1992
- Konstantinidis Aris: Elements for Self-Knowledge, Athen 1975
- Kostof Spiro: A History of Architecture, Settings and Rituals, Oxford 1985
- Kruft Hanno-Walter: Geschichte der Architekturtheorie. Von der Antike bis zur Gegenwart, München 1985
- Kükelhaus Hugo: Organismus und Technik. Gegen die Zerstörung der menschlichen Wahrnehmung, Soest 1977
- Leitner Bernhard und Conrads Ulrich: Der hörbare Raum, in: Daidalos 17, Berlin 1985
- Leuthold Peter E.: Elektromagnetische Verträglichkeit, in: NZZ Nr. 57/1993
- Loos Adolf: Die moderne siedlung, in: Trotzdem, Reprint Wien 1982
- Lorenz Konrad: Die Rückseite des Spiegels, München 1973, Reprint 1984
- Lynch David K.: Tidal Bores, in Scientific American, Vol. 247, Nr. 4, New York Okt. 1982
- Lynch Kevin: The Image of the City, MIT 1960
- Mach Ernst: Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen, Jena 1922, Reprint 1987
- Maurer Bruno und Oechslin Werner: Ernst Gisel, Architekt, Zürich 1993
- Meyer Jürgen: Gedanken zu originalen Konzertsälen Joseph Haydns, in: Musik und Raum, Basel 1986
- Mörsch Georg: Der Zentralbaugedanke im belgischen Kirchenbau des 17. Jahrhunderts, Dissertation, Bonn 1965
- Mörsch Georg: Aufgeklärter Widerstand: das Denkmal als Frage und Aufgabe, Basel 1989
- Mumford Lewis: Die Stadt, Köln / Berlin 1963, Reprint München 1980
- Muraro Michelangelo: Die Villen des Veneto, München 1986
- Music Marjan: The Architecture of the Slovene „kozolec“, Ljubljana 1970
- Music Marjan: Obnova slovenske vasi, Celje 1947

- Nauta W. J. H. und Fairtag M.: Die Architektur des Gehirns, in: Spektrum der Wissenschaft, 11/1979
- Nieman G.: Der Palast Diokletians in Spalato, Wien 1910
- Norberg-Schulz Christian: Vom Sinn des Bauens, Stuttgart 1979
- Oechslin Werner / Buschow Anja: Festarchitektur, Stuttgart 1984
- Oechslin Werner: Vom Feuerwerk zur Festarchitektur: Die festliche Inszenierung als Aufgabe der Architektur, in: Festarchitektur, Stuttgart 1984
- Oliver Paul, Ed.: Shelter of Africa, London 1971, Reprint 1978
- Oster G.: Auditory Beats in the Brain, in: Scientific American, Vol. 229, Nr. 4, Okt. 1973
- Palladio Andrea: Die vier Bücher zur Architektur, Zürich und München 1983
- Pevsner Nikolaus: Europäische Architektur, München 1967
- Prelovsek Damjan: Josef Plecnik, Wien 1979
- Primas Hans: Kann Chemie auf Physik reduziert werden? NZZ Nr. 42/1985
- Puppi Lionello: Andrea Palladio, Mailand 1973, Reprint München 1984
- Rainer Roland: Die Welt als Garten – China, Graz 1976
- Rasmussen Steen: Experiencing Architecture, MIT Press 1962
- Reichert Dagmar: Räumliches Denken, Zürich 1996 und MPG-Spiegel 4/1994
- Reichle Marcus E.: Bildliches Erfassen von kognitiven Prozessen, in: Spektrum der Wissenschaft 6/1994
- Riedl Rupert: Biologie der Erkenntnis, Die gesamtgeschichtlichen Grundlagen der Vernunft, Berlin und Hamburg 1980
- Roth Alfred: Architekt der Kontinuität, Zürich 1985
- Ruskin John: The Seven Lamps of Architecture 1849, Eight printing, New York 1981
- Schafer Murray: Klang und Krach, Eine Kulturgeschichte des Hörens, Frankfurt a. M. 1988
- Scheer Brigitte: Einführung in die philosophische Ästhetik, Darmstadt 1997
- Schüler Georges: Kantonalzürcherisches Krebsregister, Universitätsspital Zürich
- Schulze Gerhard: Die Erlebnisgesellschaft, Kultursoziologie der Gegenwart, Frankfurt a. M. / New York 1992, 6. Aufl. 1996
- Semper Gottfried: Die vier Elemente der Baukunst, Braunschweig 1851, in: Heinz Quitsch: Gottfried Semper – Praktische Ästhetik und politischer Kampf, Berlin 1962, Reprint 1962

- Semper Gottfried: *Der Stil. Die textile Kunst*, Frankfurt a. M. 1860
- Serres Michel: *Les cinq sens*, Paris 1985, Deutsch von Michael Bischoff, Frankfurt a. M. 1993
- Simonett Christoph: *Die Bauernhäuser des Kantons Graubünden, Band 1: Wohnbauten*, Basel 1965
- Singer Wolf: *Hirnentwicklung und Umwelt*, *Spektrum der Wissenschaft*, März 1985
- Skinner F. B.: *Was ist Behaviorismus?* Reinbeck bei Hamburg 1978
- Sottriffer K.: *Die verlorene Einheit. Haus und Landschaft zwischen Alpen und Adria*, Stuttgart 1978
- Spieker Helmut: *Totalitäre Architektur*, Stuttgart 1980
- Srejovic D. und Babovic L.: *Skrivnost umetnosti Lepinskega vira*, Ausstellungskatalog, Ljubljana 1983
- Stierlin Henri: *Architektur des Islam*, Zürich und Freiburg i. Br. 1979
- Suic Ante: *Anticki grad na istocnom Jadranu*, Zagreb 1976
- Vassiliadis D.: *The cretan house: refuge and lair*, Athen 1975
- de Ventos Xavier Rubert: *The Sociology of Semiology*, in: *Signs, Symbols and Architecture*, Chrichester 1980, Reprint 1981
- Verband Deutscher Architekten- und Ingenieurvereine, Dresden 1906, Nachdruck Hannover
- Vitruv: *Zehn Bücher über Architektur*, Darmstadt 1964, Reprint 1981
- Wachsmann F.: *Sind kleine Strahlendosen wirklich nur gefährlich?* in: *NZZ Nr. 22 / 1987*
- Wagner Otto: *Die Baukunst unserer Zeit*, Wien 1914, Reprint 1979
- Wanner H. U.: *Gesundheitliche Gefährdungen durch Ozon*, *NZZ Nr. 72/1985*
- Werk, Bauen und Wohnen Nr. 7/8 1991
- Whitehill Walter Muir: *Boston. A Topographical History*, Cambridge, Mass. 1968
- Würsten Felix: *Die Evolution der Gesteine*, in: *NZZ Nr. 209 / 1997* vgl. *Earth Sciences History*, 15
- Wurtman Richard J.: *The Effects of Light on the Human Body*, in: *Scientific American*, Juli 1975, Vol. 233, Nr. 1
- Wurtz R. H., Goldberg M. E. und Robinson D. L.: *Optischer Reiz und visuelle Aufmerksamkeit*, in: *Spektrum der Wissenschaft* 8/1982
- Zadnikar Marijan: *Srednjeveska arhitektura Kartuzijanov*, Ljubljana 1972

LEBENS LAUF

Geboren am 16. September 1941 auf einem Landgut in der Nähe von Ljubljana, genoss ich meine Kindheit zwischen dem Fluss und dem Wald, beobachtete die Natur und besuchte die Primarschule. Während der Gymnasialzeit (1952 – 1960) studierte ich Klavier (1. Preis beim Nationalen Musikwettbewerb), arbeitete in der Holz- und Möbelindustrie, auf Baustellen, bei Meliorationsarbeiten, bei der Eisenbahn etcetera und kletterte in den Bergen. Der Schulweg führte mich täglich über die Ruinen der altrömischen Stadt Emona.

Das Studium der Architektur (1960 – 1965, Diplomprojekt: Erweiterung Slowenischer Akademie der Wissenschaften und Künste) schloss ich in der Tradition Semper - Wagner - Plecnik bei Prof. E. Ravnikar ab, mit dem ich auch an Projekten und Wettbewerben arbeitete. 1963 – 1965 unternahm ich Studienreisen nach Italien, Dalmatien und Mazedonien und gewann mehrere Preise bei Projektwettbewerben (Velenje, Zagreb, Skopje). Im einjährigen Militärdienst entwarf und leitete ich den Ausbau eines Kriegsmuseums und lernte viele regionale Bauweisen kennen.

Anschliessend war ich Technischer Leiter am Slowenischen Nationaltheater, wo ich neben der Betreuung aller Dienste, des Schauspielhausumbaus und der Tourneen viele Bühnenbilder gestaltete, ein Experimentaltheater mitgründete, beim Fernsehen arbeitete und den 1. Preis am Internationalen Theaterfestival in Sarajevo für die Bühnengestaltung gewann. 1966 heiratete ich Marusha Simoncic, 1969 wurde Tochter Eva und 1972 Tochter Maja geboren. Seit 1964 habe ich mehrere Studienreisen durch Europa, Amerika und Afrika gemacht und aktiv an Kongressen teilgenommen.

Von 1968 bis 1993 arbeitete ich mit Ernst Gisel (Liechtensteinisches Gymnasium), Suter & Suter (Hauptbahnhof Zürich, Industrie-, Post- und Verwaltungsbauten) und Werner Gantenbein (IBM Zürich-Altstetten, Shopping-Center, Wohnüberbauungen, Schulbauten) zusammen.

Während dieser Zeit realisierte ich auch eigene Projekte (Rathaus und Stadtplanung in Slowenien, Büro- und Wohnbauten, Einfamilien- und Ferienhäuser), beteiligte mich an internationalen Wettbewerben (Weltausstellung Montreal, Opernhaus Belgrad), betrieb Bauforschung und befasste mich mit Musik.

Seit 1993 arbeite ich als freischaffender Architekt an Dichtung eines Stadtzentrums in Slowenien, an einem Mehrzwecksaal, einem denkmalgeschützten Bauernhof, an Büro- und Wohnbauten und anderem.

DANK

Die vorliegende Arbeit ist im Verlauf von zwanzig Jahren entstanden. Während dieser Zeit habe ich viele anregende Diskussionen mit verschiedenen Wissenschaftlern und Architekten geführt; dafür bin ich ihnen allen sehr dankbar. Prof. Dr. Vladimir Prelog bin ich für naturwissenschaftliche Beratung und Prof. Aris Konstantinidis für die tiefen Einblicke in die klassische Architektur in situ zu grossem Dank verpflichtet. Mein Dank gilt Prof. Herbert Kramel für die anfängliche Hilfe und Prof. Dr. Bruno Keller für physikalische Betreuung.

Ganz besonderer Dank geht an Prof. Dr. Georg Mörsch für viele kunsthistorische und denkmalpflegerische Hinweise, Ratschläge und Anregungen wie auch für seine Forderungen nach wissenschaftlichem Arbeiten; denn es ist für einen Architekten, der kreativ und eigenwillig zu arbeiten gewohnt ist, nicht einfach, sich strenger Disziplin zu fügen. Ebenso herzlich dankbar bin ich Prof. Helmut Spieker für seine kritischen Beobachtungen, Vorschläge, die sorgfältige Betreuung und den Ansporn. Beiden auch schönen Dank für Hinweise auf die praktische Anwendbarkeit.