



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN**
Vienna University of Technology

Moving Architecture

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades

eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ.Prof.i.R. Arch. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Manfred Wolff-Plottegg

(E253 Institut für Architektur und Entwerfen, Abteilung: Gebäudelehre und Entwerfen)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Alexander Greil

Matrikelnummer 0526146 (066 443)

Wien, im Oktober 2014

Kurzfassung

Architektur kann nicht etwas fixiertes sein, wenn sie laufenden Änderungen unterworfen ist. Die Anforderungen an einen Entwurf können sich während der Nutzung beispielsweise durch einen Wechsel der Funktionen ändern. Dies legt den Gedanken nahe, dass eine flexiblere oder beweglichere Architektur die Lösung für diese Aufgabe ist.

Deshalb versucht diese Arbeit, mit Hilfe der Computerprogrammierung, eine neue Generation beweglicher Architektur zu entwickeln. Beginnend mit Beschreibungen von gebauten oder konzeptuellen Beispielen, wird ein Themenbereich gespannt, der auf die Programmierung eines Tools hinausläuft, mit welchem bewegliche Architektur nicht nur geplant, sondern, im Sinne der Kybernetik, auch gesteuert wird. Es wird ein Programmkonzept entwickelt, welches im Anschluss in der Entwicklungsumgebung „Processing“ umgesetzt wird. Dabei werden gängige Programmierkonstrukte verwendet, welche ebenfalls kurz erklärt werden.

Die vorliegende Arbeit versteht sich als Vermittler, der das Potential der Computerprogrammierung in der Architektur und im Entwurfsprozess zeigen soll.

Abstract

Architecture can not be something fixed if it is subject to continuous change. The requirements for a design can change during his usage, maybe because of a change of functions. This suggests the idea that a more flexible or moveable architecture is the solution for this task.

Therefore this work tries to develop a new generation of moveable architecture, using computer programming. Starting with descriptions of built or conceptual examples, the subject area comes to the programming of a tool, in which moving architecture can not only get planned, but is also, within the meaning of cybernetics, controlled by this tool. A concept for a computer program is developed, which is implemented in the development environment „Processing“ afterwards. Common programming constructs are used, which are briefly explained.

This thesis is understood as a mediator for showing the potential of computer programming in architecture and the process of design.

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Arbeit unterstützt und motiviert haben.

Ganz besonders gilt dieser Dank Franziska. Als Fachfremde wies sie mich auf inhaltliche Schwächen hin und konnte mir so zeigen wo noch Erklärungsbedarf bestand. Auch ihre moralische Unterstützung und Motivation war unschlagbar. Vielen Dank für deine Geduld und Mühen.

Daneben gilt mein Dank Herrn Professor Wolff-Plottegg der meine Arbeit und mich betreute. Er hat mich dazu gebracht über die üblichen Grenzen hinauszudenken. Danke.

Nicht zuletzt gebührt meinen Eltern Dank, da sie während des Studiums nicht nur finanziell sondern vor allem auch emotional immer für mich da waren. Sie haben es mir ermöglicht, dass mein Studium mehr sein konnte als die Summe aller Teilprüfungen. Danke.

Bei allen weiteren Familienmitgliedern und FreundInnen möchte ich mich für motivierende Gespräche und interessante Diskussionen bedanken. Danke.

Inhaltsverzeichnis

1	Read me 1st	4
2	Analyse	8
2.1	Definitionen.....	8
2.1.1	Begriffe Flexibilität und Variabilität.....	9
2.1.2	Begriffe Kinetik – Kinematik – Kybernetik.....	12
2.1.3	Bewegungsbegriff in Physik, Mathematik und Architektur	23
2.2	Recherche.....	31
3	Design.....	114
3.1	Konzeption	114
3.1.1	Teilsystem „Eingaben“	115
3.1.2	Teilsystem „Regeln und Algorithmen“	122
3.1.3	Teilsystem „Analyse“.....	132
3.1.4	Teilsystem „Simulation“	138
3.2	Grafik	141
3.3	Beschreibung der verwendeten Programmierstrukturen	149

3.3.1	Array , Two-Dimensional Array und ArrayList.....	149
3.3.2	Agenten.....	153
4	Umsetzung	158
4.1	Processing.....	158
4.2	Plug-Ins	161
4.3	Code.....	163
5	Resümee (Rückkopplung).....	166
6	Anhang	170
6.1	Zusätzliche Entwicklung „ÜberschriftZeichner“	170
7	Verzeichnisse	174
7.1	Literaturverzeichnis	174
7.2	Internetquellen	179
7.3	Abbildungsverzeichnis	186
7.4	Codeverzeichnis	191



Abbildung 1: ÜberschriftZeichner "1 Read me 1st", Screenshot, eigene Darstellung

1 Read me 1st

Diese Arbeit beschäftigt sich mit Bewegung. Nicht mit der Bewegung von Personen durch ein Gebäude, sondern mit der Bewegung von Bauteilen an sich. Spontan neigen wir dazu bei beweglichen Teilen in bzw. an einem Gebäude an die möglichen Bauelemente eines Fensters, also an die Kipp- oder Drehflügel, welche mehrere Bewegungsmöglichkeiten erlauben, oder an die verschiedenen Arten von Türen (konventionelle Einbautüren, Schiebetüren) zu denken. Es sei erwähnt, dass es auch Bereiche, neben Fenstern und Türen, in der Architektur gibt, in denen bewegliche Elemente schon zum Alltag wurden – der Sonnenschutz. Egal ob man hier jetzt von Markisen, Jalousien oder Rollläden spricht, es ist immer deren Beweglichkeit, die einen Mehrwert für die Architektur bringt. Zum Beispiel das Institut du Monde Arabe von der Architektengruppe Jean Nouvel, Gilbert Lezenes, Pierre Soria und Architecture Studio. Die bekannte, sich stets dem externen Lichtverhältnissen anpassende, Südfassade macht eine der Besonderheiten des Gebäudes aus. Was passiert allerdings jetzt mit einem Gebäude wenn auch Wandabschnitte oder gar gesamte Wände und Räume, auf Schienen gebaut und bewegbar, verschiebbar oder drehbar gemacht werden? Je nach Raumbedarf können die Bauteile flexibel verändert und neu arrangiert werden.

Dabei stellt sich die Frage der Steuerung und Regelung dieser „Architektur“. Zur Lösung wird ein Programm entwickelt

Die vorliegende Arbeit hat drei Bereiche. Der erste Bereich wird sich mit der Analyse befassen. Hier werden Definitionen angeführt und eine Recherche über Beispiele beweglicher Architektur von früher und heute durchgeführt. Im zweiten Bereich wird das Design und die Konzeption des Programms dargestellt. Der dritte Bereich wird sich mit einer Umsetzung der Idee in der Programmierumgebung „Processing“ befassen.

Die Zielsetzung der Arbeit ist eine neue Generation von beweglicher Architektur zu entwickeln. Diese neue „Moving Architecture“ greift auf das Potential der Programmierung zurück und bietet über die Steuerung der Elemente mit verschiedenen Prozessen, die heute zum „state of the art“ zählt, eine Ausweitung des Potentials der Architekturplanung und der Architektur selbst. Die Arbeit versteht sich als Demonstrationsbeispiel für diese heute, durch Computeranwendung erzielbaren, grundsätzlichen Änderungen für die Architektur.



Abbildung 2: ÜberschriftZeichner "2 Analyse", Screenshot, eigene Darstellung

2 Analyse

2.1 Definitionen

Im Folgenden werden die wissenschaftliche Frage und die Begriffe Flexibilität und Variabilität definiert, sowie die Ausdrücke Kinetik, Kinematik und Kybernetik erläutert.

Die Hypothese lässt sich anhand der eingängigen literarischen Recherche wie folgt formulieren:

Ein Gebäude / ein Gebäudeteil / ein Raum mit beweglichen Bauteilen ist flexibler nutzbar als dasselbe Gebäude / derselbe Gebäudeteil / derselbe Raum welches bzw. welcher nur Fensterflügel und / oder Türflügel als bewegliche Teile hat.

Es gilt jetzt die Begriffe genauer zu definieren. Die Begriffe „Gebäude“, „Gebäudeteil“ und „Raum“ werden als bekannt vorausgesetzt. Mit „Bauteilen“ sind flächige Bauteile, wie jede Art von Scheiben, aber auch linienförmige, wie Stützen oder Seile, gemeint. Doch was bedeutet jetzt „flexibler nutzbar“ bzw. welche Möglichkeit gibt es eine Analyse von verschiedenen Konstellationen der Raumkonfigurationen zu machen?

Im Grunde gibt es derzeit keine analytische Möglichkeit, den Einfluss von beweglichen Teilen auf einen Entwurf oder eine Raumkonstellation zu berechnen und es gibt auch keinen numerischen Wert, der die Flexibilität von Raum darstellt.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit, ist es notwendig die Steuerung der Bauelemente zu betrachten. Es gibt zum Einen die Möglichkeit sie von Hand verschiebbar bzw. bewegbar zu machen und zum Anderen die weitaus interessantere Alternative, sie durch ein Programm, welches im Hintergrund agiert und anhand von internen Daten (Standort von Bauteilen und Personen, sowie deren Bedürfnissen), aber auch von externen Daten (Sonnenstand oder Temperatur), die optimalste Position eruiert.

Es wird außerdem darauf hingewiesen, dass sich diese Arbeit nicht mit Schiffen, Flugzeugen, Autos oder sonstigen Gefährten im weiteren Sinn befasst, obwohl diese auch in gewisser Weise als bewegliche Architektur gelten können.

Weiters sind einige Quellen aus dem Internet und um die Lesbarkeit der Arbeit zu gewährleisten wurde die genauen Quellenangaben im Quellenverzeichnis angegeben und nicht in den Fußnoten. Dort ist nur die Anmerkung „einsehbar im www“ zu finden.

2.1.1 Begriffe Flexibilität und Variabilität

Dieses erste Unterkapitel im Abschnitt „Definitionen“ befasst sich mit Begriffsbestimmungen und wird auch eine mögliche Unterscheidung aufzeigen, um die ähnlich anmutenden und die oft fälschlicherweise synonym verwendeten Begriffe voneinander zu differenzieren. Es werden nun die Begriffe Flexibilität und Variabilität definiert, um diese im Anschluss kritisch zu diskutieren.

Fle|x|bi|li|tät, die; -: **1.** *flexible Beschaffenheit; Biegsamkeit, Elastizität. 2. Fähigkeit des flexiblen, anpassungsfähigen Verhaltens.*¹

Die oftmalige Verwendung des Adjektivs „flexibel“ in der Wortdefinition von „Flexibilität“ macht es nötig auch dieses genauer zu untersuchen.

fle|x|bel (Adj.: ...bler, -ste) [lat. *flexibilis*, zu: *flectere*, ↑*flektieren*]: **1.** *biegsam, elastisch*: ein flexibles Material; flexible Bucheinbände; flexible Schuhsohlen. **2.** *an veränderte Umstände anpassungsfähig, bei Entscheidungen wendig.* **3.** (Sprachwissenschaft) *flektierbar.*²

Va|ri|a|bi|li|tät, die – [französisch *variabilité*, zu *variable*, ↑*variabel*]: **1.** *das Variabelsein.*³

Auch für diesen Begriff ist es sinnvoll, das dazugehörige Adjektiv zu betrachten.

va|ri|a|bel (Adj.: ...bler, -ste) [französisch *variable* < spätlateinisch *variabilis*, zu lateinisch *variare*, ↑*variieren*]: **1.** *nicht auf nur eine Möglichkeit beschränkt; veränderbar, [ab]wandelbar.*⁴

Auf den ersten Blick fällt auf, dass beim Begriff „Flexibilität“ das anpassungsfähige Verhalten erwähnt wird. Es wird somit auf eine bestimmte Anforderung angepasst. Während hingegen der Begriff „Variabilität“ die Eigenschaft bezeichnet, nicht auf eine bestimmte Nutzung festgelegt zu sein.

¹ Online-Duden, Begriff „Flexibilität“, einsehbar im [www](#)

² Online-Duden, Begriff „flexibel“, einsehbar im [www](#)

³ Online-Duden, Begriff „Variabilität“, einsehbar im [www](#)

⁴ Online-Duden, Begriff „variabel“, einsehbar im [www](#)

Von architektonischer Sicht her betrachtet sind Flexibilität und Variabilität gut mittels des Vergleichs eines Sessels und eines Futons zu erklären. Ein Sessel ist flexibel nutzbar, da er zum Sitzen gleich gut geeignet ist, wie um darauf zu stehen. Ein Futon kann einerseits als Sitzgelegenheit genutzt werden, aber auch (durch Umbau) als Bett und ist somit variabel.

Die Begriffe sind somit eng mit dem Funktionsbegriff und der Verformbarkeit der Objekte verknüpft. Während die Verformbarkeit klar durch ein Objekt definiert ist verhält es sich mit dem Begriff der Funktion anders und er entwickelte sich von der singulären Funktion, über die Multifunktion, hin zur Hybridfunktion. Als Beispiel für ein Objekt mit singulärer Funktion wird hier ein Küchenmesser genannt. Dieses hat eine Funktion – es schneidet Dinge. Wird an multifunktionale Objekte gedacht, so würden wahrscheinlich die meisten an die unterschiedlichen Werkzeuge eines Schweizer Taschenmessers denken. Hierbei handelt es sich jedoch nur um die Anneinanderreihung von Einzelfunktion und deren Addition. So gibt es beispielsweise für das „normale“ Schneiden eine „normale“ Klinge und für das Schneiden von Holz eine Holzsäge. Um nun allerdings Multifunktion zu beschreiben würde ein anderer Sachverhalt des Taschenmessers besser funktionieren. So könnte das Taschenmesser, durch sein Gewicht, auch als Briefbeschwerer gelten – eine Funktion, die der Designer höchstwahrscheinlich nicht geplant hat. Zur Beschreibung des Hybrids (vom lat. „hybrida“ = „Mischling“) ist es notwendig die Funktion im zeitlichen Verlauf zu betrachten. So meint etwa

Weil Arets, „dass sich ihre Funktion im Laufe der Jahre ändern können“⁵ oder Jochen Stöckmann dass der Hybrid „mehrere Gebäudeformen räumlich oder temporär in sich vereint“⁶. Die grundsätzliche Entwicklung von der Funktionstrennung zu der Funktionsvermischung ist in beiden Aussagen klar zu erkennen. Manfred Wolff-Plottegg sieht den Begriff als eine Sehweise und Produktionsweise und somit nicht als direkte Architektur von Objekten oder Gebäuden. Hybride Architektur bietet den planungsmethodischen Zugang zu einem Produktionssystem zweiter und höherer Ordnung.⁷

2.1.2 Begriffe Kinetik – Kinematik – Kybernetik

Es folgen die einander ähnlichen Begriffe „Kinetik“, „Kinematik“ sowie „Kybernetik“.

Ki|ne|tik, die; - [zu griech. kinētikós = die Bewegung betreffend]: **1.** (Physik) *Teilgebiet der Mechanik, das die Lehre von den Bewegungen unter dem Einfluss innerer oder äußerer Kräfte umfasst.* **2.** (bildende Kunst) *Richtung der modernen Kunst, in der mit beweglichen Objekten Bewegungen und Spiegelungen von Licht o. Ä. optisch variable Erscheinungsbilder erzeugt werden.*⁸

⁵ Hempel (2014) „Ein hybrides Gebäude ist schön“ : Interview mit Weil Arets in puls : Magazin für Bewegung in der Architektur, S. 32

⁶ Stöckmann (2014) Hybrid – die Kunst der wilden Mischung in puls : Magazin für Bewegung in der Architektur, S. 5

⁷ vgl. Wolff-Plottegg (2007) Hybrid Architektur & Hyper Funktion, S.24

⁸ Online-Duden, Begriff „Kinetik“, einsehbar im www

Ki|ne|ma|tik, die; - [zu griech. kinēma = Bewegung, zu: kineîn = bewegen] *Teil der Mechanik 1; Bewegungslehre; Phoronomie (1).*⁹

Ky|ber|ne|tik, die; - [l: englisch cybernetics, 1948 geprägt von dem amerikanischen Mathematiker N. Wiener (1894 – 1964), zu griech. kybernētikḗ (téchnē) = Steuermannskunst, zu: kybernētēs = Steuermann, zu: kybernān = steuern]: **1.** *wissenschaftliche Forschungsrichtung, die Systeme verschiedenster Art (z.B. biologische, technische, soziologische Systeme) auf selbsttätige Regelungs- und Steuerungsmechanismen hin untersucht.* **2.** *(evangelische Kirche) Lehre von der Kirchen- und Gemeindeleitung.*¹⁰

Um die Begriffe Kinematik und Kinetik besser voneinander unterscheidbar zu machen, wird dieses Begriffspaar anhand des Lehrbuchs „Technische Mechanik Kinematik und Kinetik“ weiter verglichen.

Die Aufgabe der Kinematik ist es, eine Bewegung, sei es die eines Körpers oder eines ganzen Systems, möglichst "einfach und vollständig"¹¹ zu erklären. Dieser Auftrag zur relativ simplen und gesamten Beschreibung kann jedoch als Gegensatz in sich gesehen werden. Es wird als Gedankenexperiment ein Flugzeug angenommen, welches von weit weg betrachtet eine kontinuierliche Bewegung von einem Start- zu einem Zielflughafen durchführt. Werden jedoch die Einzelteile dieses Flugzeugs beurteilt, führt das Höhenruder eine andere Bewegung aus als

⁹ Online-Duden, Begriff „Kinematik“, einsehbar im [www](#)

¹⁰ Online-Duden, Begriff „Kybernetik“, einsehbar im [www](#)

¹¹ vgl. Dreyer, Eller, Holzmann, Meyer, & Schumpich (2012) *Technische Mechanik : Kinematik und Kinetik*, S. 1

das Seitenruder, um nur ein Beispiel zu nennen. Diese Unterschiede sind in allen kinematischen Analysen zu finden. Der Reifen des Autos bewegt sich anders als das Lenkrad, die Türen einer Straßenbahn verhalten sich anders als die Stromkontakte, usw. Jedoch führen die Autoren des Lehrbuchs „Technische Mechanik Kinematik und Kinetik“ an, dass es für die meisten Fragestellungen ausreicht, die Bewegung des gesamten Systems zu beschreiben. Um das vorher verwendete Gedankenexperiment des Flugzeuges zu benutzen: Das Flugzeug fliegt von Flughafen A zu Flughafen B.

Die Kinetik hat die Aufgabe "den Zusammenhang zwischen den auf einen Körper wirkenden Kräften und der unter dem Einfluss dieser Kräfte ablaufenden Bewegungen zu ermitteln"¹².

Anders als Kinematik und Kinetik, welche Teilgebiete der Mechanik sind, gilt die Kybernetik als eigenständige Wissenschaft. Der Ursprung wird in verschiedenen Quellen in den 1940er Jahren gesehen. Einerseits auf einer Tagung 1943¹³ in Princeton in der Norbert Wiener eine Gruppe von Neurophysiologen, Fernmeldeingenieuren und Rechengertfachleuten zu einer zwanglosen Sitzung zusammenbrachte¹⁴. Andererseits durch Wieners Veröffentlichung "Cybernetics – or control and communication in the animal and the machine" im Jahr 1948¹⁵. Norbert Wiener selbst datiert den Begriff „Kybernetik“ bis in den Sommer 1947¹⁶ zurück,

¹² vgl. Dreyer, Eller, Holzmann, Meyer, & Schumpich (2012) *Technische Mechanik : Kinematik und Kinetik*, S. 59

¹³ vgl. Heller (2000) *Lexikon der Neurowissenschaft : Kybernetik*, einsehbar im [www](#)

¹⁴ vgl. Wiener (1962) *Mathematik : Mein Leben*, S. 233)

¹⁵ Die Brockhaus Enzyklopädie Online, Titel: *Kybernetik*, einsehbar im [www](#)

¹⁶ Wiener (1992) *Kybernetik : Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine*, S. 39)

wobei er einräumt, dass schon seit etwa 1942 Entwicklungen im Fachbereich Kybernetik vonstattengehen.

Die Kybernetik trat "mit dem Anspruch an, die Trennung zwischen Natur und Geist, Subjekt und Objekt zu überwinden und das Gravitationszentrum der verschiedenen Wissenschaftskulturen und der Technik zu bilden"¹⁷.

Doch was ist die Kybernetik eigentlich? Laut Hans-Joachim Flechtner ist sie "die allgemeine, formale Wissenschaft von der Struktur, den Relationen und dem Verhalten dynamischer Systeme"¹⁸. Die wichtigen Aspekte dieser Definition sind zweifelsohne die Bezeichnung dynamischer Systeme und deren Struktur sowie die Relationen und ihr Verhalten zueinander. Diese dynamischen Systeme sind jedoch nicht auf Maschinen und Geräte beschränkt, sondern beziehen auch Menschen sowie Gruppen und Gesellschaften mit ein. Auch Norbert Wieners Versuch den Begriff „Kybernetik“ zu beschreiben führt die Funktionsweisen sowohl von automatischen Maschinen als auch dem menschlichen Nervensystem an und will eine Theorie entwickeln, welche die Steuerung und Kommunikation in lebenden Organismen und Maschinen abzudecken versucht.¹⁹ Auch Gordon Pask, welcher später in dieser Arbeit ein weiteres Mal auftauchen wird, gibt als eine Definition das Thema „wie sich Systeme selbst regulieren, reproduzieren, entwickeln und lernen. Der wichtigste Aspekt dabei ist jedoch

¹⁷ vgl. Hagner (2008) *Vom Aufstieg und Fall der Kybernetik als Universalwissenschaft*, S. 38

¹⁸ vgl. Flechtner (1969) *Grundbegriffe der Kybernetik*, S. 10

¹⁹ vgl. Wiener (2002) *Kybernetik*, S. 15

die Frage, wie sie sich selbst organisieren.“ („how systems regulate themselves, reproduce themselves, evolve and learn. It's high spot is the question of how they organize themselves.“²⁰)

Ein grundlegender Punkt in jeder Definition von Kybernetik ist somit die Kommunikation innerhalb eines Systems in beide Richtungen, also vom Sender zum Empfänger, oder, anders beschrieben, der Informationsaustausch. Womit man auch von Kommunikation und Rückkopplung sprechen kann.

Dieses System kann jetzt bekannt sein, oder wie im Onlinelexikon der Neurowissenschaften von Spektrum.de als black-box aufgefasst werden, in welche nicht hineingeblickt werden kann und somit die genauen internen Abläufe unbekannt bleiben.²¹ Ebenso verborgen bleibt, ob innerhalb dieser black-box eine Rückkopplung stattfindet oder nicht.

²⁰ vgl. Pask (1961) *An Approach to Cybernetics*, S. 11, Übersetzung durch den Autor

²¹ vgl. Heller (2000) *Lexikon der Neurowissenschaft : Kybernetik*, einsehbar im www

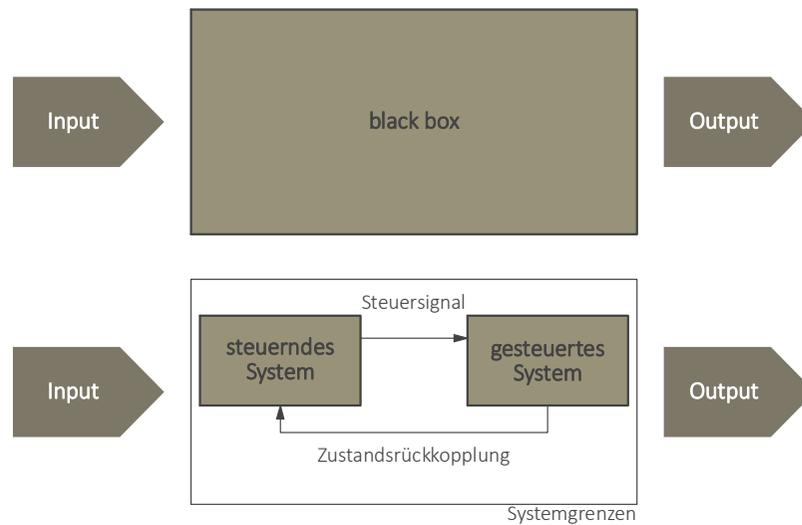


Abbildung 3: Konkretisierung der Idee der black box, in Anlehnung an Heller (2000) *Lexikon der Neurowissenschaft : Kybernetik*, einsehbar im [www](#), eigene Darstellung

Auch Manfred Wolff-Plottegg schreibt im Buch „Architektur Algorithmen“ von einem Arbeitsschritt beim Wettbewerb „Urnfriedhof“ von einer „künstlerischen black-box“²², sozusagen einem landläufig unbekanntem (jedoch dem Entwickler/Designer/Planer bekannten) Prozessablauf, bei dem nur die Ein- und die Ausgangsdaten bekannt sind.

Wird die vorherige Darstellung der black-box betrachtet, zeigt die untere Abbildung eine Rückführung vom Signal des gesteuerten Systems zum steuernden System. Auch bei

²² vgl. Wolff-Plottegg (1996) *Architektur Algorithmen*, S. 96

Regelungen im Sinne der Regelungstechnik, in der das folgende Diagramm als Grundstruktur des Regelkreises definiert ist, findet man diese Rückkopplung.

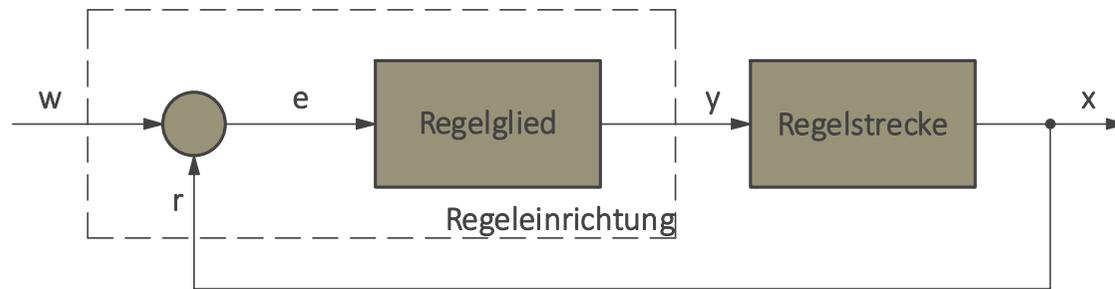


Abbildung 4: Grundstruktur des Regelkreises, in Anlehnung an Uphaus (2011) *Regelungstechnik : Projekte für den Lernfeldunterricht, Aufgaben, Anwendungen, Simulationen*, S. 17, eigene Darstellung

Doch auch ohne Rückkopplung kann es zu Regelungen kommen, jedoch werden diese dann als Steuerungen bezeichnet.²³

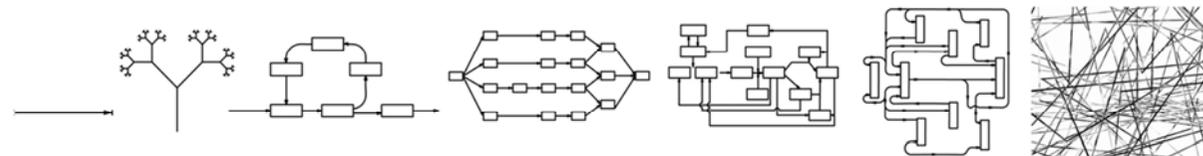


Abbildung 5: Entwicklung von Entscheidungsstrukturen, Wolff-Plottegg (2007) *Hybrid Architektur & Hyper Funktion*, S. 20

Eine interessante Herangehensweise an die Analyse eines Systems ist die Aufteilung in Teilsysteme. Somit kann es vorkommen, dass aus einem System mit Rückkopplung lineare

²³ vgl. Uphaus (2011) *Regelungstechnik : Projekte für den Lernfeldunterricht, Aufgaben, Anwendungen, Simulationen*, S. 9

Systeme werden, welche durch den Menschen wieder eine Rückkopplung aufweisen. Würde dieser beispielsweise durch eine Augenklappe seinem Sehsinn entzogen und würde er nur nach Regeln („Drücke alle fünf Sekunden den Knopf A“) arbeiten könnte auch dieses System wieder zu einem linearen Teilsystem werden. Betrachtet man die Grundstruktur des Regelkreises (Abbildung 3) so wäre beispielsweise Regelglied und Regelstrecke ein lineares System und erst durch die Rückführung des Outputs der Regelstrecke wird eine Schleife geschaffen. Für ein kybernetisches System ist es somit nicht zwingend notwendig eine Rückkopplung zu besitzen.

Aus gegenwärtiger Sicht betrachtet ist es nur logisch das Thermostat einer Heizung oder eine Heizungsregelung als Beispiel für eine Regelung oder Rückkopplung anzugeben. Hierbei wird anhand der Raumtemperatur ein Heizkörper oder eine Heizkörperanlage gesteuert.

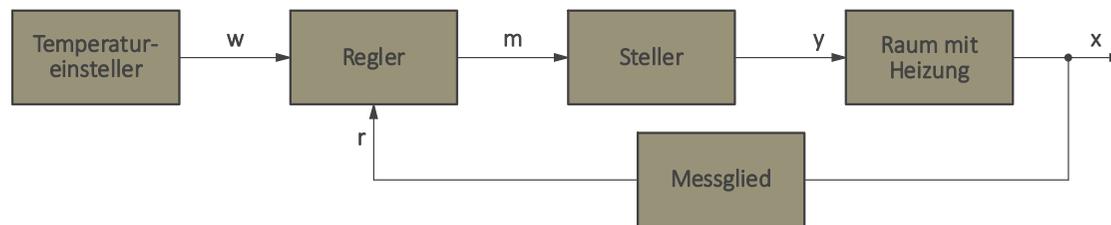


Abbildung 6: Raumtemperaturregler, in Anlehnung an Uphaus (2011) *Regelungstechnik : Projekte für den Lernfeldunterricht, Aufgaben, Anwendungen, Simulationen*, S. 27, eigene Darstellung

Man erkennt diese vorhin gezeigte Grundstruktur des Regelkreises mit Rückkopplung. Im folgenden Absatz werden die Bezeichnungen des Heizkörperregelkreises auf die Grundstruktur übertragen.

Die Solltemperatur ist die Führungsgröße (w) und ergibt die Regeldifferenz, wenn die Raumtemperatur subtrahiert wird. Der Regelalgorithmus ist dem Regelglied gleichzusetzen und gibt die Stellgröße (m) aus. Als Regelstrecke werden die Heizkörper in den einzelnen Räumen betrachtet, welche dann den Raum beheizen. Die sich ergebende Raumtemperatur, welche in der Grundstruktur mit Regelgröße (r) bezeichnet wird, wird schließlich, wie bereits beschrieben, über eine Rückkopplung zum Regelalgorithmus zurückgeschaltet, um zu überprüfen ob die Heizung weiterlaufen soll oder gedrosselt werden kann.

Weit mehr als ein normales Thermostat ist das von dem Unternehmen "Nest Labs" aus Palo Alto entwickelte selbstlernende Nest Thermostat, welches seit 2011 verkauft wird. Dieses runde Designerobjekt ist nicht nur - wie handelsübliche Thermostate - mit einem Thermometer ausgestattet, sondern hat auch einen Licht- und einen Aktivitätssensor²⁴ und ist somit in der Lage zu erkennen, wenn sich niemand im Haus befindet und drosselt infolgedessen die Heizung. Nach einer Eingewöhnungsphase von einer Woche erstellt das Nest Thermostat einen persönlichen Heizplan, welcher sich von den Gewohnheiten der Benutzerinnen oder Benutzer ableitet. Des Weiteren ist das Nest Thermostat über Wireless-LAN mit dem Internet verbunden und kann über Handy oder Tablet-PC ferngesteuert werden.

²⁴ vgl. Nest Labs (kein Datum) *Fact Sheet : Nest Learning Thermostat*, einsehbar im [www](#)



Abbildung 7: Nest Thermostat, Produktfoto, Nest Labs (kein Datum) *Press*, einsehbar im [www](#)

Das Nest Thermostat ist somit ein weiterer Schritt in der Idee des "Internets der Dinge"²⁵ oder Mark Weisers Vorstellung des "Ubiquitous Computing"²⁶. Das „Internet der Dinge“ beschreibt die Idee, dass alle physischen Objekte mit der digitalen Welt verbunden sind und zielt somit auf die Vernetzung all dieser Objekte. „Ubiquitous Computing“ (vom lat. *ubique* "allgegenwärtig") versteht die jederzeitige Verfügbarkeit von Computern, wobei auch ein Tablet oder Handy als

²⁵ vgl. Mattern & Flörkemeier (2010) *Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge* in *Informatik Spektrum*, 33(2), S. 107-121

²⁶ vgl. Weiser (1991) *The Computer for the 21st Century* in *Scientific American*, 265(3), S. 94

Computer gesehen werden. Laut Mark Weisers Definition sollen "mehrere Computer jeweils eine Person bedienen". ("many computers serve each person"²⁷)

²⁷ Weiser (1996) *Presentation Slides : Ubiquitous Computing*, einsehbar im www

2.1.3 Bewegungsbegriff in Physik, Mathematik und Architektur

Die Physik kennt grundsätzliche zwei Kategorien von Bewegungen:

- gleichmäßige Bewegung
- beschleunigte Bewegung

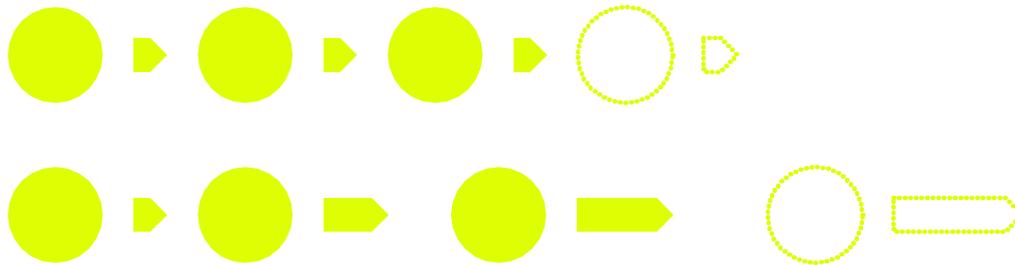


Abbildung 8: Skizze gleichmäßige Bewegung (oben) und beschleunigte Bewegung (unten), eigene Darstellung

Der Unterschied ist, wie die Benennung vermuten lässt, dass bei der gleichmäßigen Bewegung keine Beschleunigung wirkt und somit die Geschwindigkeit konstant bleibt. Dabei spielt es jedoch keine Rolle, ob die Geschwindigkeit 0, sprich das Objekt ruht, ist. Bei der beschleunigten Bewegung ändert sich die Geschwindigkeit um einen Faktor, der durch die Beschleunigung ausgedrückt wird, wobei eine negative Beschleunigung eine Verzögerung ausgedrückt wird.

Eine weitere Unterteilungsmöglichkeit der Bewegungsarten in der Kinematik sind Translation und Rotation. Während bei der Rotation alle Punkte eines Körpers oder Systems sich um eine Rotationsachse bewegen, werden bei der Translation alle Punkte eines Körpers oder Systems

durch dieselbe Verschiebung bewegt. Bei der Rotation haben zwar manche Punkte dieselbe Geschwindigkeit, jedoch richtungsmäßig nicht die gleiche Beschleunigung. Bei der Translation hingegen haben zu einem bestimmten Zeitpunkt alle Punkte eines Körpers oder Systems die gleiche Geschwindigkeit und Beschleunigung.

Bei der Verknüpfung von Translation und Rotation ist es von Bedeutung, welche der beiden Bewegungen, bezogen auf ein globales Koordinatensystem, zuerst durchgeführt wird. In den folgenden Absätzen soll das anhand eines Beispiels erörtert werden. So wird ein Quadrat mittels einer Translation um eine Raumeinheit in X-Richtung verschoben und im Anschluss um den globalen Ursprung gedreht. Im Gegensatz dazu wird bei dem zweiten Beispiel zuerst gedreht und erst nach der Drehung verschoben. Beide Male wird der Ursprung um den die Bewegungen ausgeführt werden nicht verschoben. Die folgende Skizze zeigt, dass bei beiden Varianten unterschiedliche Ergebnisse präsentiert werden können.

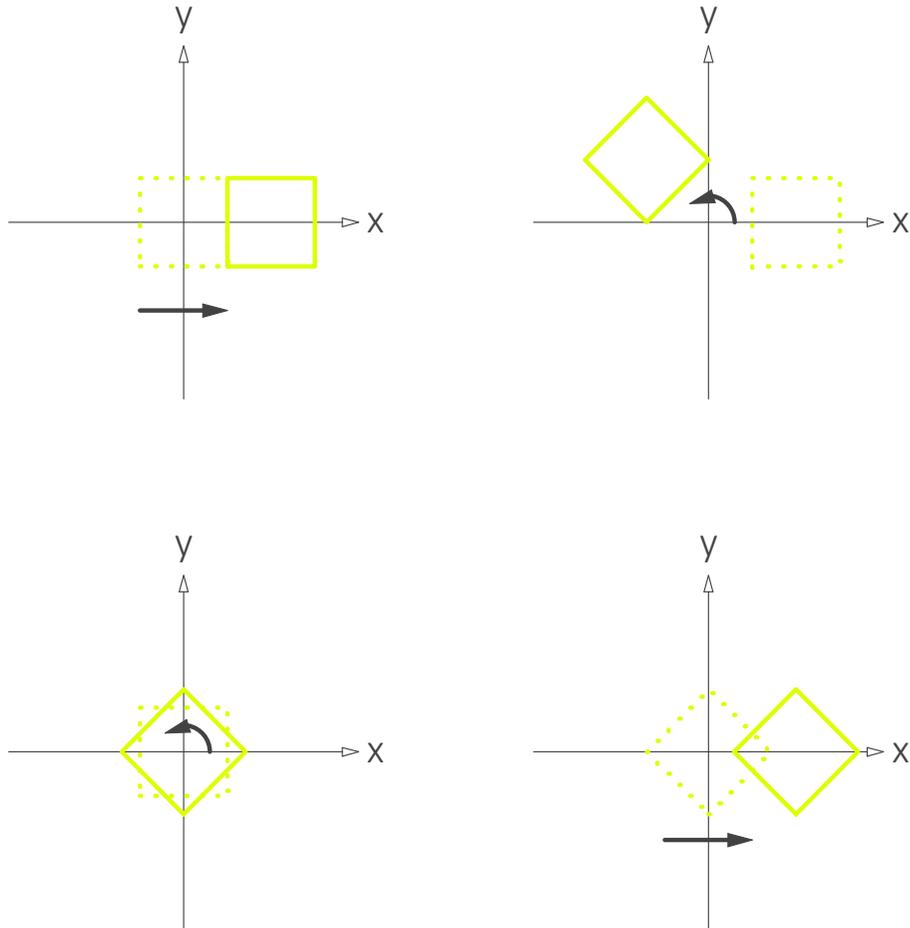


Abbildung 9: Rotation und Translation, Was kommt zuerst?, eigene Darstellung

In der oberen Bewegungsabfolge (zuerst verschoben, dann gedreht) präsentiert sich das Quadrat als verdrehtes Quadrat im oberen linken Quadranten. In der unteren

Bewegungsabfolge (zuerst gedreht, dann verschoben) ist das verdrehte Quadrat entlang der X-Achse verschoben.

Die folgende Abbildung zeigt dieselben Bewegungsregeln, jedoch wurde zusätzlich der globale Nullpunkt immer mitgeschoben. Dabei ist es nicht von Bedeutung ob nun zuerst gedreht oder zuerst verschoben wird, da der globale Nullpunkt mitgeschoben wird. Grundsätzlich sind bei einer Verschiebung des Nullpunkts Translationen von Objekten nur von Bedeutung, wenn deren Positionen zueinander verändert werden.

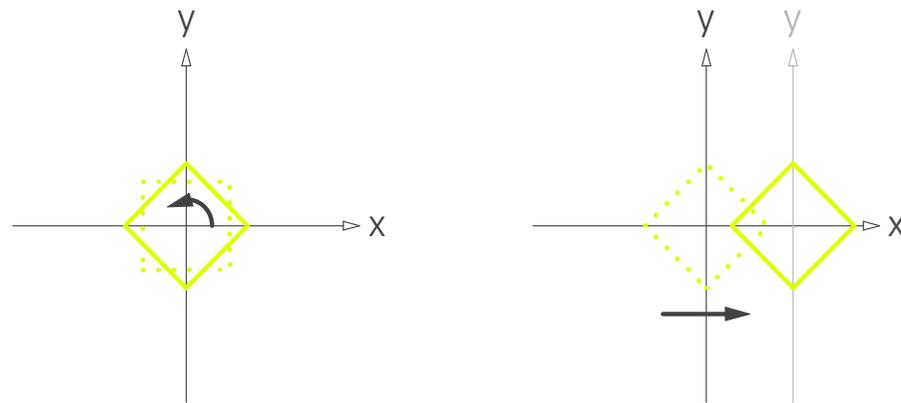


Abbildung 10: Rotation und Translation mit Nullpunktverschiebung, eigene Darstellung

In der Geometrie wie auch in der Computergrafik werden mitunter Transformationsmatrizen benutzt, um eine Bewegung zu beschreiben. Als Beispiel werden jeweils eine Translation sowie eine Rotation (um die Z-Achse) im dreidimensionalen Raum angeführt.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & 0 & t_y \\ 0 & 0 & 1 & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

Abbildung 11: Transformationsmatrizen, Translation (links), Rotation (rechts), eigene Darstellung

Die Kombination von Transformation in Matrixdarstellung wird durch die Matrixmultiplikation dargestellt. Um auf die vorher skizzierte Kombination einer Translation und einer Rotation einzugehen, wird hier beispielhaft eine Verschiebung um „X“ Einheiten in X-Richtung und eine Rotation um die Z-Achse um „ φ “ angenommen. Werden diese beiden Matrizen in jeweils unterschiedlichen Reihenfolgen multipliziert, ergeben sich folgende Ergebnisse:

$$\begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 & X \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 & X \cdot \cos \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 & X \cdot \sin \varphi \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Abbildung 12: Unterschiede bei der Kombination von Transformationen, zuerst Translation dann Rotation (links), zuerst Rotation dann Translation (rechts), eigene Darstellung

Es fällt sofort auf, dass beide Matrizen nicht gleich sind, was die These untermauert, dass es von Bedeutung ist, welche Transformation zuerst durchgeführt wird.

Doch was hat jetzt Matrixtransformation mit dem Thema dieser Arbeit zu tun? Mit diesem Exkurs über Matrixtransformation wird gezeigt, dass es mehrere Arten gibt um über Bewegung

nachzudenken. Einerseits ist die Art der Bewegungskombination von Bedeutung und andererseits gibt es zwei Arten der Auffassung von Bewegung. Die Erste ist, dass sich ein Objekt in einem Koordinatensystem bewegt und die zweite Variante dass sich das Koordinatensystem um das Objekt bewegt. Um diesen Unterschied genauer zu erklären wird hier als Beispiel eine digitale Kamerafahrt durch ein Gebäude angeführt. Die Kamera wird in dem Kontext als Beispiel für ein Koordinatensystem angenommen. Einerseits ist es nun denkbar, dass die Kamera durch das Gebäude fährt, andererseits könnte jedoch auch das Gebäude um die stillstehende Kamera herumbewegt werden ohne, dass es für die Betrachtung am Bildschirm einen merkbaren Unterschied gibt.

Als letzte Einteilung der Bewegungsarten²⁸ von Bauteilen wird an dieser Stelle jene von Michael Schumacher, Oliver Schäffer und Michael-Marcus Vogt übernommen.

²⁸ vgl. Schumacher, Schäffer, & Vogt (2010) *move : Architektur in Bewegung – Dynamische Komponenten und Bauteile*, S. 45-47

Bewegungen aus starren Bauteilen

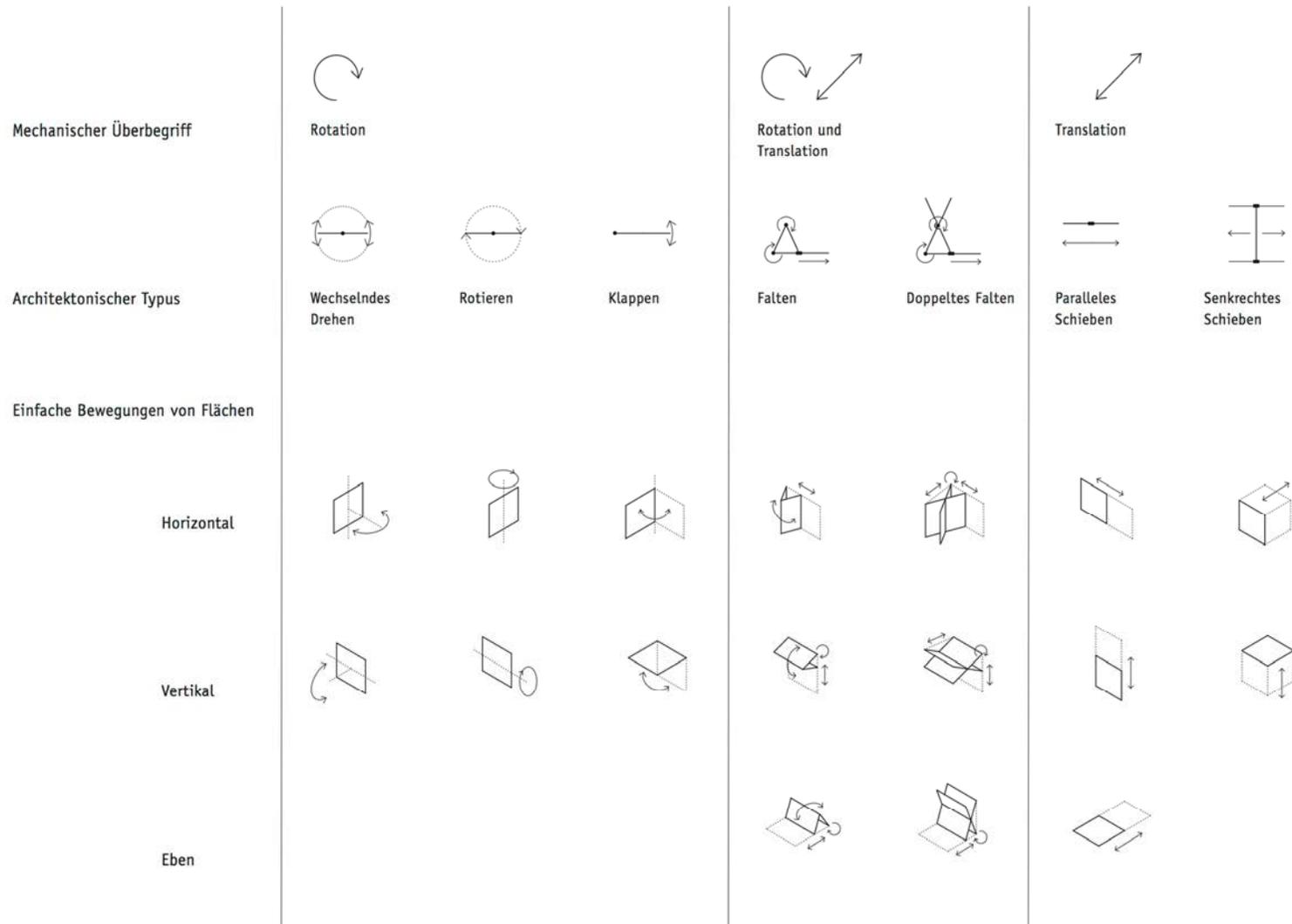


Abbildung 13: Bewegungen aus starren Bauteilen, Schumacher, Schäffer, & Vogt (2010) *move : Architektur in Bewegung – Dynamische Komponenten und Bauteile*, S. 45

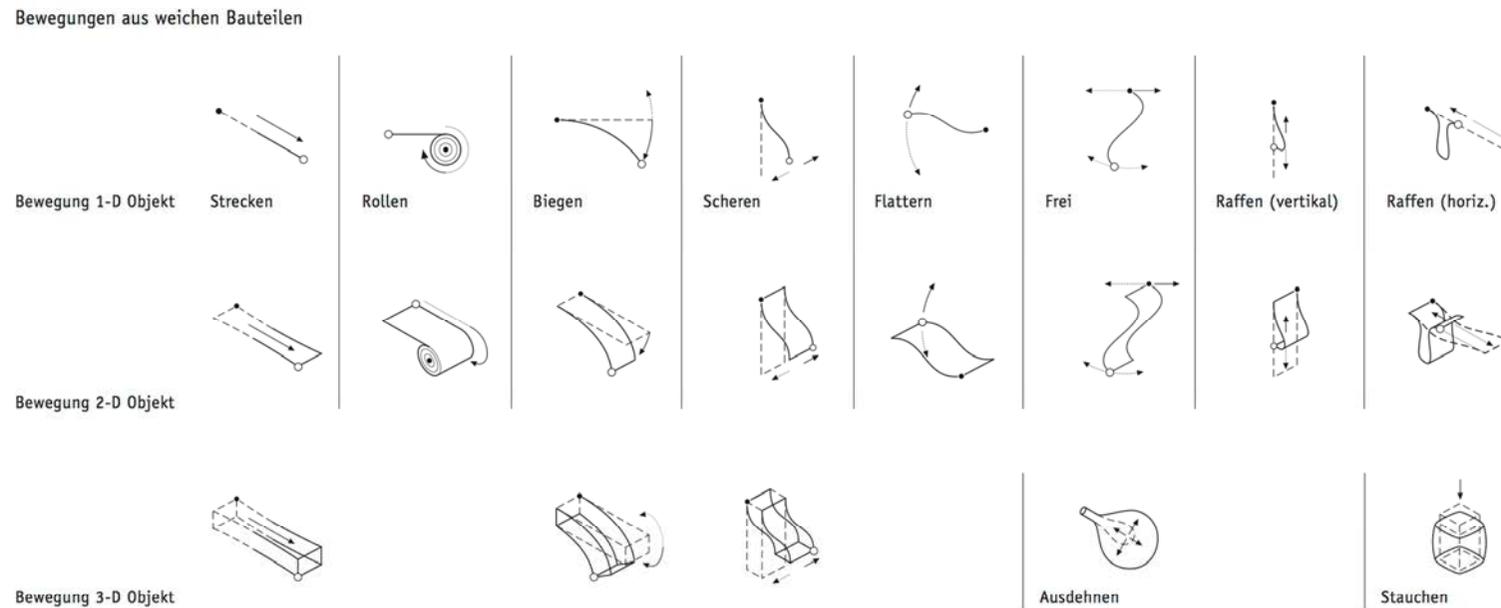


Abbildung 14: Bewegungen aus weichen Bauteilen, Schumacher, Schäffer, & Vogt (2010) *move : Architektur in Bewegung – Dynamische Komponenten und Bauteile*, S. 47

Bei den starren Bauteilen fällt auf, dass sich Schumacher, Schäffer und Vogt an die Kategorisierung in Translation und Rotation halten, während sie bei den weichen Bauteilen eine eigene Benennung einführen. So sind das „Strecken“ und das „Raffen“ beispielsweise ebenfalls translatorische Bewegungen eines Punktes oder einer Flächenkante zu einem verharrenden Punkt bzw. zu einer verharrenden Flächenkante.

Es gilt diese prinzipielle Einteilung nach weichen und starren Bauteilen aus wissenschaftlicher Sicht zu hinterfragen, da es keine absolut starren, also „nicht elastischen“, Bauelemente gibt. Alle Materialien lassen sich verformen, manche einfacher als andere. Dennoch wird niemand

eine Wandscheibe aus Stahlbeton als weiches Bauteil ansehen, obwohl sie in gewissem Maße geringfügig verformbar ist.

Der Aufwand, der für eine Verformung benötigt wird, kann mittels des Elastizitätsmoduls beschrieben werden. Dieser Wert existiert jedoch nicht für Bauteile im Sinne von Verbundbauteilen, wie zum Beispiel eine Stahlbetonwand, sondern ist eine Stoffeigenschaft.

Ein weiterer Begriff, den es zu diskutieren gilt, ist die Steifigkeit. Während der Elastizitätsmodul wie beschrieben eine Stoffeigenschaft ist, hängt die Steifigkeit auch von der Geometrie eines Bauteils und der Art der angreifenden Belastung ab (Dehnsteifigkeit, Biegesteifigkeit und Torsionssteifigkeit).

2.2 Recherche

In der Recherche wird auf reale und konzeptuelle Beispiele aus der Architektur eingegangen. Die Beispiele sind alphabetisch geordnet, können aber mit Hilfe der folgenden Einteilungen voneinander abgegrenzt und durchsucht werden. Das Ordnungssystem kategorisiert, wenn möglich, die Projekte nach funktionellen, geometrischen und bewegungstechnischen Eigenschaften.

Die angeführten historischen Beispiele werden zum Vergleich herangezogen um den Paradigmenwechsel zu verdeutlichen.

Sortierung nach dem Alphabet

Seite

39	D*Dynamic
43	Drehplattentüre
49	Galerie für Zeitgenössische Kunst Leipzig
53	LifeEdited 1
59	Markise
61	Naked House
63	Responsive Architecture
69	Rotor-Modulhaus
77	Shoji und Fusuma
83	Sliding House
87	Sonnensegel Raumschiff
91	Türtreppentreppentür
93	Velum
97	Villa Girasole
99	Walking City
103	Yokohama
109	Zugbrücke



Sortierung nach Jahreszahl

	Seite
Velum	93
Zugbrücke	109
Shoji und Fusuma	77
Markise	59
Sonnensegel Raumschiff	87
Villa Girasole	97
Responsive Architecture	63
Walking City	99
Türtreppentreppentür	91
Yokohama	103
Drehplattentüre	43
Naked House	61
Galerie für Zeitgenössische Kunst Leipzig	49
Rotor-Modulhaus	69
Sliding House	83
LifeEdited 1	53
D*Dynamic	39

Sortierung nach der Größe

Seite

43	Drehplattentüre
91	Türtreppentreppentür
77	Shoji und Fusuma
109	Zugbrücke
87	Sonnensegel Raumschiff
69	Rotor-Modulhaus
53	LifeEdited 1
59	Markise
61	Naked House
83	Sliding House
39	D*Dynamic
97	Villa Girasole
49	Galerie für Zeitgenössische Kunst Leipzig
63	Responsive Architecture
93	Velum
103	Yokohama
99	Walking City

kleiner

größer

Sortierung nach Innen und Außen

		Seite
Außen	Markise	59
	Sliding House	83
	Sonnensegel Raumschiff	87
	Velum	93
	Villa Girasole	97
	Walking City	99
	Zugbrücke	109
Innen	Drehplattentüre	43
	Galerie für Zeitgenössische Kunst Leipzig	49
	LifeEdited 1	53
	Rotor-Modulhaus	69
	Yokohama	103
Außen und Innen	D*Dynamic	39
	Naked House	61
	Responsive Architecture	63
	Shoji und Fusuma	77
	Türtreppentreppentür	91

Sortierung nach der Bewegungsart

Seite

39	D*Dynamic	Rotation
43	Drehplattentüre	
69	Rotor-Modulhaus	
91	Türtreppentreppentür	
97	Villa Girasole	
109	Zugbrücke	
49	Galerie für Zeitgenössische Kunst Leipzig	Translation
53	LifeEdited 1	
59	Markise	
77	Shoji und Fusuma	
83	Sliding House	
87	Sonnensegel Raumschiff	
93	Velum	Rotation und Translation
61	Naked House	
63	Responsive Architecture	
99	Walking City	
103	Yokohama	

Sortierung nach der Antriebstechnik

		Seite
Manuell	Drehplattentüre	43
	Galerie für Zeitgenössische Kunst Leipzig	49
	LifeEdited 1	53
	Naked House	61
	Shoji und Fusuma	77
	Velum	93
	Zugbrücke	109
Motor	D*Dynamic	39
	Responsive Architecture	63
	Rotor-Modulhaus	69
	Sliding House	83
	Sonnensegel Raumschiff	87
	Türtreppentreppentür	91
	Villa Girasole	97
	Walking City	99
Manuell oder Motor	Markise	59
Nicht angegeben	Yokohama	103

Sortierung nach der Funktion des beweglichen Bauteils

Seite

49	Galerie für Zeitgenössische Kunst Leipzig	Bessere Raumnutzung
53	LifeEdited 1	
61	Naked House	
69	Rotor-Modulhaus	
103	Yokohama	
63	Responsive Architecture	Konzept
99	Walking City	Nutzung der Sonne
39	D*Dynamic	
87	Sonnensegel Raumschiff	
97	Villa Girasole	Sonnenschutz
59	Markise	
83	Sliding House	
93	Velum	Trennen - Verbinden
43	Drehplattentüre	
77	Shoji und Fusuma	
91	Türtreppentreppe	
109	Zugbrücke	

D*Dynamic – The D*Haus Company

Das Konzept dieses Gebäudes geht auf den Mathematiker Henry Ernest Dudeney und sein „Haberdasher’s Puzzle“²⁹ zurück. Die Fragestellung seines geometrischen Puzzles ist, wie man ein gleichseitiges Dreieck in vier Teile schneiden kann um aus ihnen wiederum ein Quadrat zu formen. Seine Lösung ist insofern elegant, da alle Teile über drei Scharniere verbunden werden können und sich somit in einer einzigen kontinuierlichen Bewegung der Übergang vom Dreieck zum Quadrat erfolgt.

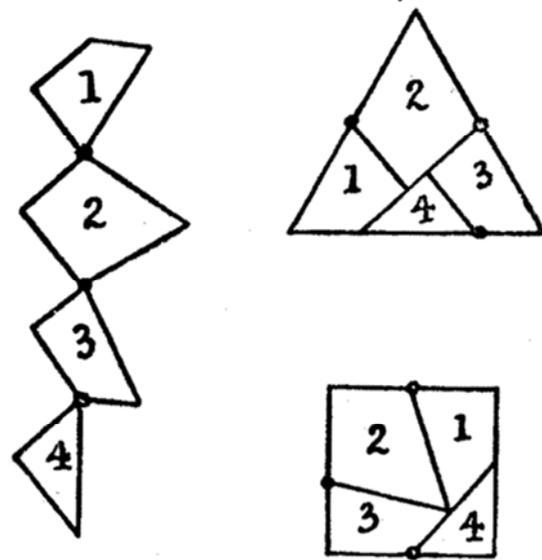


Abbildung 15: „Haberdasher’s Puzzle“ und Lösung, Dudeney (1907) *The Canterbury Puzzles*, S. 180

²⁹ vgl. Dudeney (1907) *The Canterbury Puzzles*, S. 50

Das in London ansässige Büro „The D*Haus Company“ haben dieses Konzept auf ein Haus übertragen. Interessanter Aspekt ist dabei, dass durch dieses Umarrangieren der Einzelteile die Aussenwände zu Innenwänden werden und umgekehrt. Die Idee dahinter ist, dass das Dreieck als Konfiguration für den Winter, da es introvertiert ist und sich von der Umwelt abtrennt, gedacht ist und das Quadrat als Sommerkonfiguration sich nach außen hin öffnet.

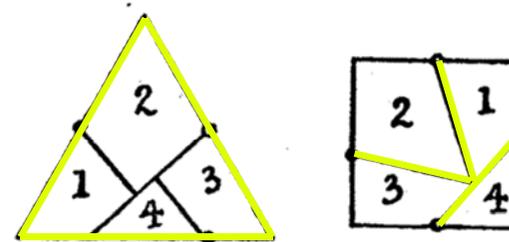


Abbildung 16: Aussenwände werden zu Innenwänden und umgekehrt, in Anlehnung an Dudeney (1907) *The Canterbury Puzzles*, S. 180, Transformation der Aussenwände zu Innenwänden hervorgehoben

„Für die rauen, klimatischen Extreme zwischen ‚Lapland und Kap Hoorn und den Aleuten und Auckland‘ gedacht, kann das D*Haus Konzept dynamisch, durch kontrollierte Anpassung an saisonale, meteorologische und astronomische Bedingungen, auf seine Umwelt reagieren.“ („Conceived for the harsh, climatic extremes from ‚Lapland to Cape Horn and Aleutians to Auckland‘ The D*Haus concept can respond dynamically to its environment by controlled adaptation to seasonal, meteorological and astronomical conditions.“³⁰)

³⁰ vgl. The D*Haus Company (kein Datum) *D*Dynamic*, einsehbar im www, Übersetzung durch den Autor



Abbildung 17: D*Dynamic-Haus, The D*Haus Company (kein Datum) *D*Dynamic*, einsehbar im [www](#)

Beim „Haberdasher’s Puzzle“ gibt es 8 fixe Positionen bei dem sich immer mindestens eine Seite jeder Einzelfläche mit einer anderen Seite berührt. Die „The D*Haus Company“ wirbt daher mit „Acht Häuser in Einem“ („8 Houses in 1“³¹).

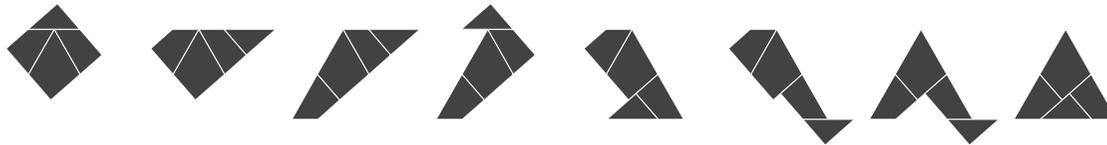


Abbildung 18: Die acht fixen Positionen beim "Haberdasher's Puzzle", eigene Darstellung

³¹ vgl. The D*Haus Company (kein Datum) *D*Dynamic*, einsehbar im [www](#), Übersetzung durch den Autor

„The D*Haus Company“ haben mittlerweile mehrere Umsetzungsmöglichkeiten in verschiedenen Maßstäben erdacht und so gibt es neben dem „D*Dynamic“-Haus auch einen „D*Table“, welcher auf dem exakt gleichen Prinzip beruht und über Kickstarter³² im September 2013 erfolgreich finanziert wurde.



Abbildung 19: The D*Table, The D*Haus Company (kein Datum) *D*Table*, einsehbar im [www](#)

³² vgl. The D*Haus Company (2013) *The D*Table – Dynamic Living*, einsehbar im [www](#)

Drehplattentür - Klemens Torggler

Der Wiener Künstler Klemens Torggler hat für den Umbau seiner Wohnung nach einer neuen Möglichkeit gesucht, eine Öffnung mit gewölbtem Sturz mit einer Tür zu versehen.

„Eine Schiebetür schien die einzige Möglichkeit zu sein, allerdings konnte ich mich nicht so recht mit der dazugehörigen Türschiene anfreunden – sie hätte immer mein ästhetisches Empfinden gestört.“³³

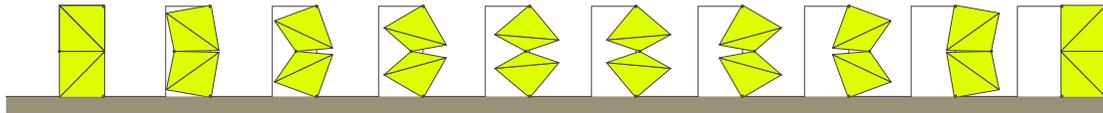


Abbildung 20: Skizze Bewegungsablauf Drehplattentür, Frontalansicht, eigene Darstellung

Die Tür hat jedoch keine Scharniere im herkömmlichen Sinn und auch keine Laufschiene in denen das Türblatt läuft. Vielmehr bewegen sich dreieckige Platten, die mit Gelenken miteinander verbunden sind, mittels Dreh- und Knickbewegungen durch den Raum. Torggler selbst nennt sein entwickeltes Türsystem eine „Drehplattentür“.³⁴

³³ vgl. Torggler (kein Datum) *Presseunterlage „Sesam öffne dich!“ Eine Tür zum Staunen*, einsehbar im [www](#)

³⁴ vgl. Jobson (2014) *Ingenious Door Opens and Closes Like Folded Paper*, einsehbar im [www](#)



Abbildung 21: Drehplattentür von Klemens Torggler, Vincze (kein Datum) *Fotografie Drehplattentüre*, einsehbar im [www](http://www.klemens-torggler.com)

Auch andere Objekte von Klemens Torggler sind wegen ihres speziellen Zugangs zur Bewegung interessant. Neben der schon erwähnten Drehplattentür hat der Künstler mehrere Möglichkeiten entwickelt, durch welche ein Türblatt von der offenen Position zur geschlossenen bewegt werden. Ebenso wie bei der Drehplattentür arbeiten diese Portale auch nicht mit Scharnieren oder Schienen, sondern ebenfalls mit Drehpunkten in den Ecken. Anders als bei der Drehplattentür sind die Platten bei den anderen Systemen jedoch keine Dreiecke, sondern Quadrate. Der grundsätzliche Bewegungsablauf wird in der folgenden Skizze erklärt:

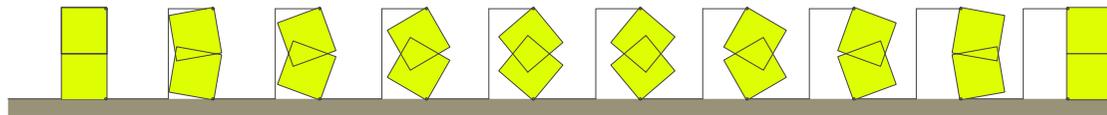


Abbildung 22: Skizze Bewegungsablauf, Frontalansicht, eigene Darstellung

Es fällt auf, dass es in der geometrischen horizontalen Mittelachse immer zu einer Überschneidung kommt, welche nur beim ersten Design durch die Triangulation der Flächen in eine Bewegung aus der Türebene heraus umgelenkt wird. Bei allen weiteren Designs wird diese Überschneidung genutzt, um die gegengleichen Bewegungen der Drehplatten zu führen.

Die unterschiedlichen Arten, wie mit den Überschneidungen umgegangen wird, geben den Designs den jeweiligen Namen („Design with rods“ und „Design with epitrochoid curve“). Ein weiteres Modell wurde mittels Skalierung von „Design with rods“ gestaltet („8 panels“).

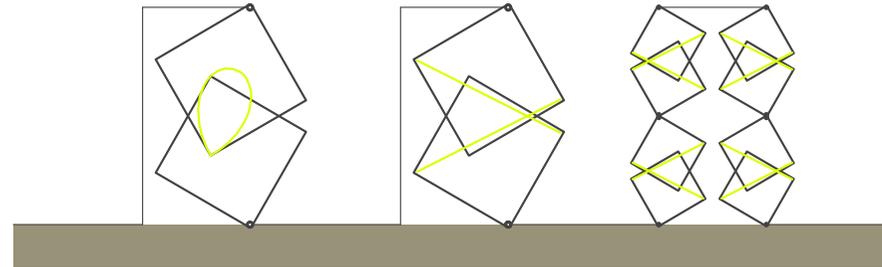


Abbildung 23: Unterschiedliche Modelle von Klemens Torggler, "Design with epitrochoid curve" (links), "Design with rods" (mitte), "8 panels" (rechts), eigene Darstellung

Die Trochoide („epitrochoid curve“), auch Zykloide oder Radkurve genannt, bedarf einer genaueren Beschreibung. Sie ergibt sich, wenn ein Kreis auf oder in einem anderen zweiten Kreis abgerollt und ein fixer Punkt des Kreises, welcher nicht auf der Kreiskurve liegen muss, dabei aufgezeichnet wird.

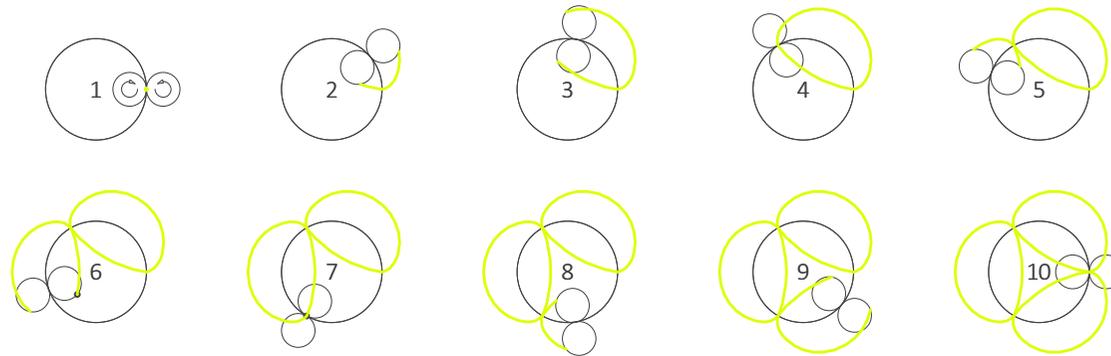


Abbildung 24: Hypotrochoide (abrollender Kreis innen) und Epitrochoide (abrollender Kreis außen), eigene Darstellung

Je nachdem ob sich der abrollende Kreis innen oder außen befindet wird sie Hypotrochoide (abrollender Kreis innen) oder Epitrochoide (abrollender Kreis außen) genannt.³⁵ Diese Art der Kreiskurven ist durch das geometrische Spielzeug „Spirograph“ bekannt.³⁶

Im Vergleich dazu folgt jetzt eine Skizze der Zykloide bei Torgglers Tür „Design with epitrochoid curve“, welche als Führungsschiene wirkt.

³⁵ Die Brockhaus Enzyklopädie Online, Titel: *Trochoide*, einsehbar im [www](http://www.brockhaus.de)

³⁶ vgl. Rich (2005) *Warman's 101 Great Baby Boomer Toys*, S. 85

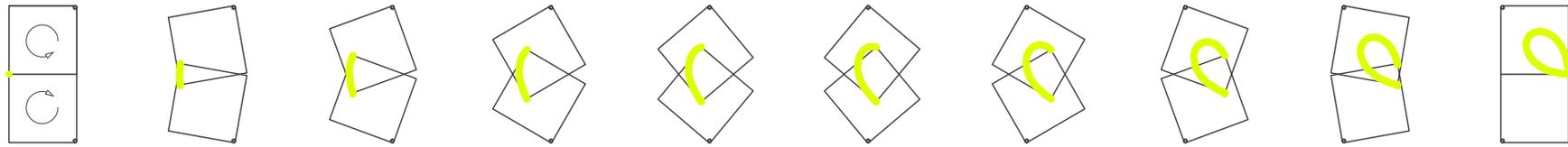


Abbildung 25: Trochoide bei Torgglers Tür "Design with epitrochoid curve", eigene Darstellung

Weiters findet sich in Klemens Torgglers Portfolio neben den Türobjekten auch ein „Screen“, also ein Raumteiler. Dieser Raumteiler ist in der Mittellinie auf einer vertikalen Achse gelagert und hat, anhand eines Mechanismus, die Fähigkeit seine Breite, mittels drehbarer Platten, zu verändern.

Galerie für Zeitgenössische Kunst Leipzig - AS-IF Architekten Grundei Kaindl Teckert

Die Galerie für Zeitgenössische Kunst Leipzig wurde ab dem Jahr 2002 von dem in Wien und Berlin ansässigen Architekturbüro AS-IF Architekten geplant. Gebaut wurde die Galerie innerhalb von zwei Jahren und wurde 2004 fertiggestellt.

Auffallend bei diesem Entwurf sind die verschiebbaren Wände im Inneren des Gebäudes. So war es der Wunsch des Architekturbüros während des Entwurfsprozesses "sehr viele Reibungsflächen zu entwickeln zwischen verschiedenen Nutzungen nebeneinander, oder auch, dass die Räume ihre Bedeutungsebenen wechseln können"³⁷. Es lässt sich eine funktionale Verbindung zu den japanischen Schiebeelementen³⁸ herstellen, es wurde allerdings von diesem starren Raster der Shoji und Fusuma Elemente in eine mehr polygonale Form übergeführt. Insgesamt handelt es sich um neun raumhohe Schiebeelemente die den Raum in unterschiedliche Konfigurationen einteilen.

³⁷ Steiner, Grundei, Kaindl, & Teckert (2005) „...Architektur als Akteur im Prozeß der Verhandlung“ Interview mit A. Bartetzky, einsehbar im [www](http://www.steiner-architektur.at)

³⁸ siehe S. 77ff

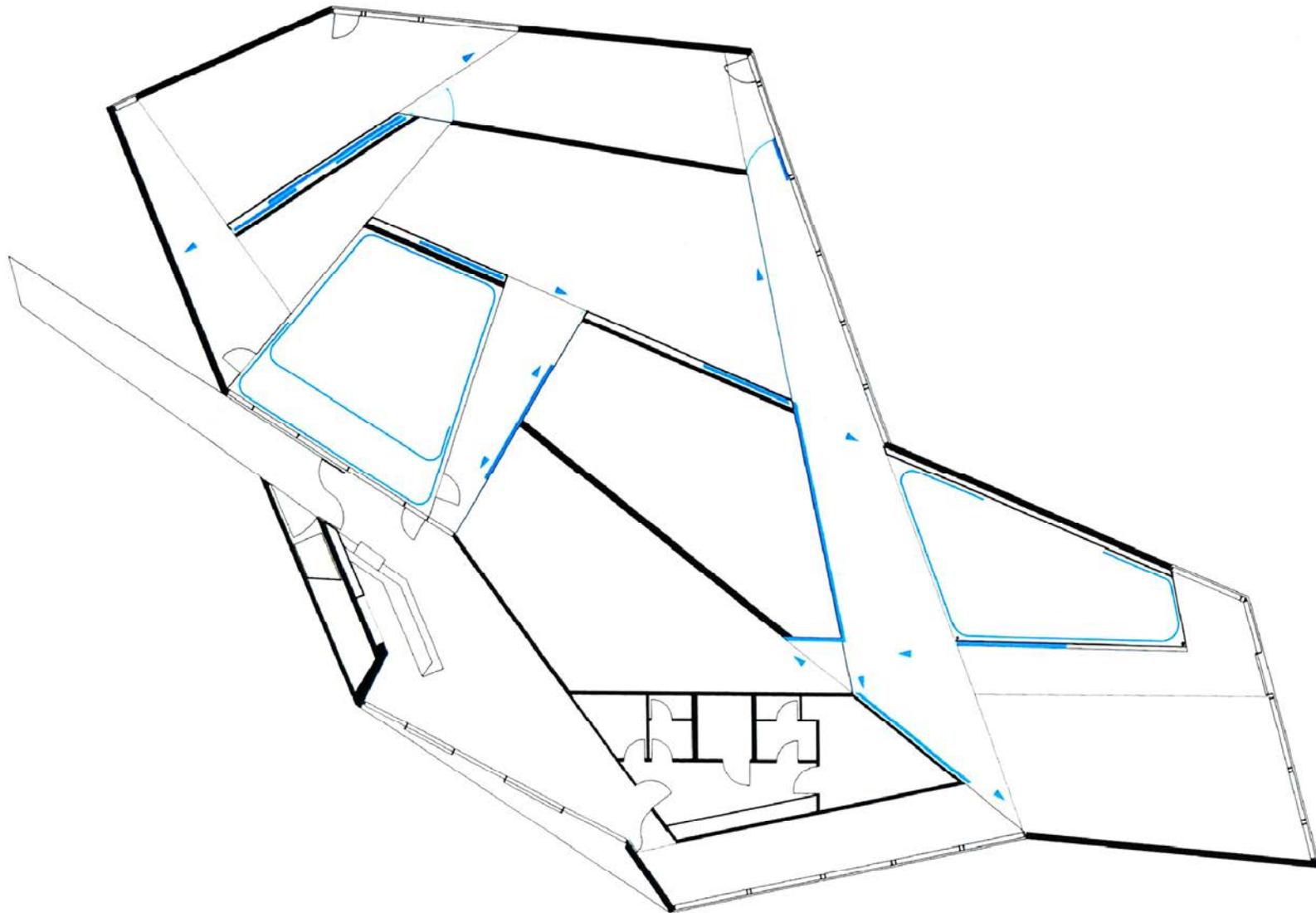


Abbildung 26: Grundriss Galerie der Zeitgenössischen Kunst, Grundeis, Kaindl, Teckert, & Steiner (2010) *Negotiating spaces : the new exhibition building of the Museum of Contemporary Art in Leipzig* by as-if berlinwien, S. 17

Dieses System der veränderlichen Schiebeelemente kann nun auf eine Veränderung der Ausstellung reagieren und die Wegeführung darauf anpassen. Durch die Möglichkeit verschiedener Raumkonfigurationen kann die Notwendigkeit jeweils neu eingebrachter Rauminstallationen vermieden werden.³⁹

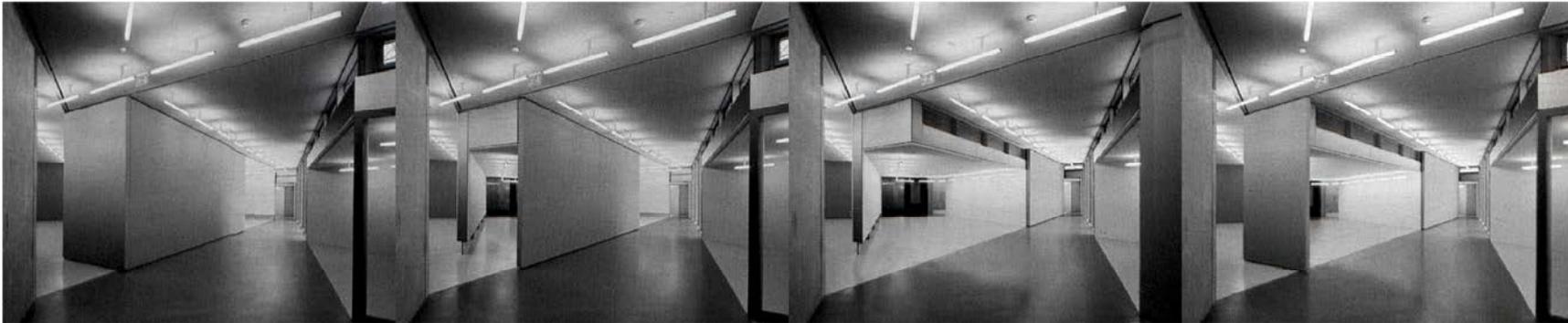


Abbildung 27: verschiedene Raumkonfigurationen, Grundei, Kaindl, Teckert, & Steiner (2010) *Negotiating spaces : the new exhibition building of the Museum of Contemporary Art in Leipzig by as-if berlinwien*, S. 92f

Das Konzept der Galerie für Zeitgenössische Kunst Leipzig kann als direkte Weiterentwicklung der Ideen für die Ausstellungsarchitektur für den Kunstverein Wolfsburg gesehen werden. Die Verbindung zwischen beiden Projekten ist Christian Teckert (Architekt) und Barbara Steiner (beide Male Direktorin des Museums). Auch beim Kunstverein Wolfsburg war die Forderung nach einer ökonomischen und zugleich flexibel bespielbaren räumlichen Struktur.⁴⁰

³⁹ vgl. Grundei, Kaindl, & Teckert (2011) *GFZK-2 - Agenda und Rahmenbedingungen*, einsehbar im [www](http://www.kunstverein-wolfsburg.de)

⁴⁰ vgl. Spiegl & Teckert (2003) *Prospekt : Büro für kognitiven Urbanismus*, S. 90

LifeEdited 1 – Graham Hill

Im Jahr 2009 kaufte Graham Hill zwei Apartments in New York City mit dem Ziel den Leuten zu zeigen, wie man mit minimalen Einsatz den größtmöglichen Nutzen erreichen kann.⁴¹

Wie das, in der Autobranche übliche, Präsentieren von Concept-Cars sieht es Graham Hill mit seinem Apartment und versteht „LifeEdited 1“ als ein Concept-Apartment für die Zukunft um Möglichkeiten aufzuzeigen, wie man durch bewegliche Möbel bzw. Architektur einen Mehrwert für den Benutzer generieren kann.

Es wird die Funktionalität eines 1000 sqft Apartments (entspricht 92,90 m²) in die Fläche eines Apartments mit der Fläche von 420 sqft (entspricht 39,02 m²) gebracht. Dies würde bedeuten, dass die Nutzfläche mehr als doppelt soviel beträgt, als die Fläche für die Miete bezahlt wird. Werden die Mieten in New York City bedacht, macht das einen beträchtlichen Geldbetrag aus.

Der Besitzer Graham Hill hat die Möglichkeit unter anderem ein Dinner für zwölf Personen zu geben, zwei Gästen (neben zwei grundsätzlichen Bewohnern) jeweils ein Bett zur Übernachtung anzubieten und das Apartment als Heimbüro zu nutzen.

Das wird möglich, da es neben raumeffizienten Detaillösungen in Küche und Bad auch eine verschiebbare Wand gibt, welche auf Schienen läuft und gleichzeitig viel Stauraum bietet.

⁴¹ vgl. LifeEdited Inc. (kein Datum) *About : How we got started*, einsehbar im [www](http://www.lifeedited.com)

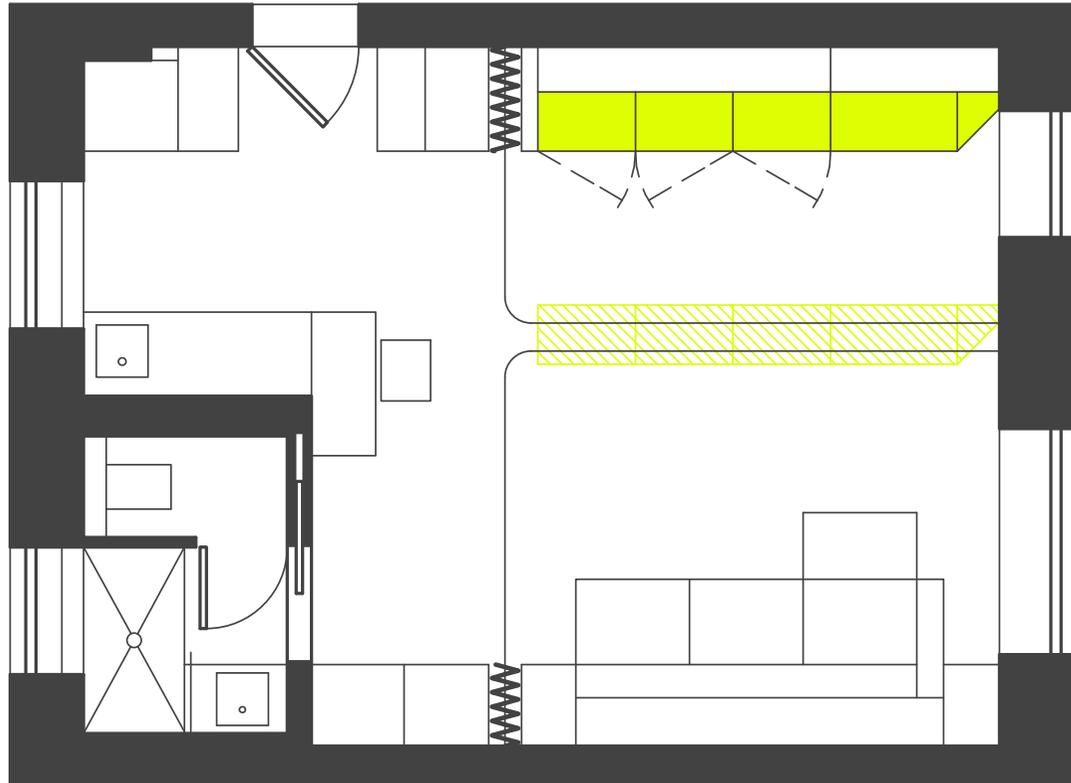


Abbildung 28: Grundriss von „LifeEdited 1“, eigene Darstellung

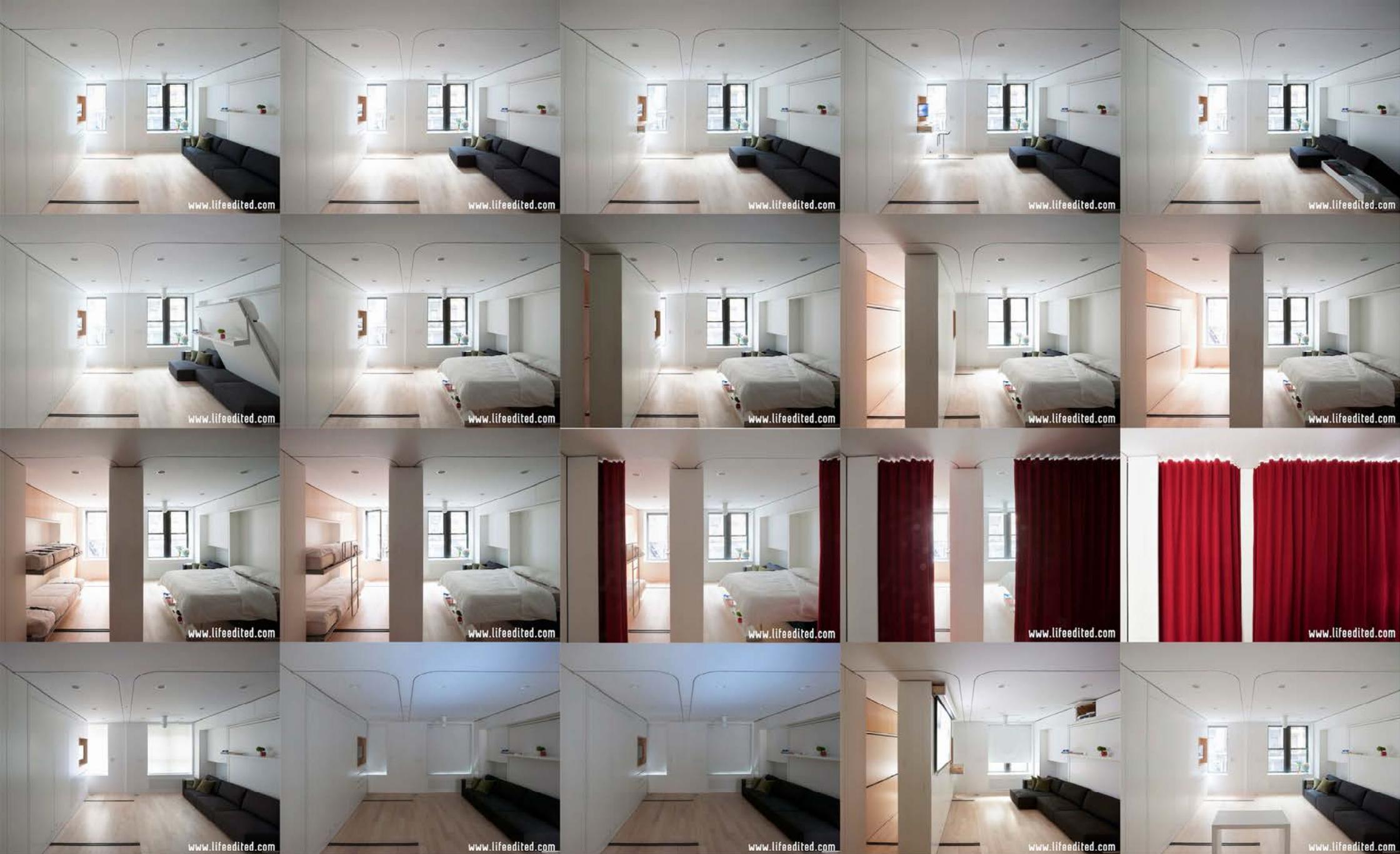


Abbildung 29: Fotos von Grundrissvarianten des LifeEdited 1, Friedlander (2013) See Full Set Of Official LifeEdited Apartment Photos, einsehbar im [www](http://www.lifeedited.com)



Ein wichtiger Teil des Entwurfs, welcher von dem in Brooklyn (New York) ansässigen Architektur- und Designbüro „Guerin Glass Architecture“ stammt, sind die Möbel. Diese haben alle einen Mehrwert im Hinblick auf Beweglichkeit und Multifunktionalität. So ist die Schiebewand auch gleichzeitig ein Kasten oder das Bett wird am Morgen hochgeklappt und darunter findet sich eine Couch für den Tag. Grundsätzlich wurde der Entwurf für das Apartment über einen Wettbewerb⁴², welcher über das Internet ausgeschrieben war, gefunden. Gewinner dieses Wettbewerbs waren die rumänischen Architekturstudenten Catalin Sandu und Adrian Iancu mit ihrem Beitrag „One Size Fits All“.⁴³

Ähnlich funktioniert auch der Entwurf „Domestic Transformer“ vom chinesischen Architekten Gary Chang. Auch seine Wohnung, gelegen in Hong Kong, ist durch verschiebbare Möbel flexibel nutzbar. Jedoch ist sie durch eine andere Entstehungsgeschichte geprägt. Während Graham Hill sein Apartment mit dem Gedanken kaufte um ein wandelbares Apartment zu bauen, wohnt Gary Chang seit mittlerweile fast 40 Jahren in diesem Apartment, genau seit 1976 bzw. seinem 14. Lebensjahr. Damals lebte er gemeinsam mit seinen beiden Eltern, seinen Schwestern und einem weiteren weiblichen Bewohner in dem Apartment.⁴⁴ 30 Jahre nach seinem Einzug, im Jahr 2006, baute er das letzte Mal um. Hier wurden dann auch die verschiebbaren Möbelstücke eingebaut. Man könnte die Umplanungen als eine Art Optimierungsprozess von Abläufen und Raumanforderungen in seiner Wohnung beschreiben.

⁴² vgl. LifeEdited Inc. (kein Datum) *LifeEdited Competition Brief*, einsehbar im [www](#)

⁴³ vgl. Li (2013) *One Size Fits All By Catalin Sandu and Adrian Iancu*, einsehbar im [www](#)

⁴⁴ vgl. Peck (2010) *Hong Kong Architect Crams 24 ,Rooms‘ into 344 Square Feet*, einsehbar im [www](#)



Abbildung 30: Grundrisse „Domestic Transformer“ 1976 (links) und 1987 (rechts), eigene Darstellung

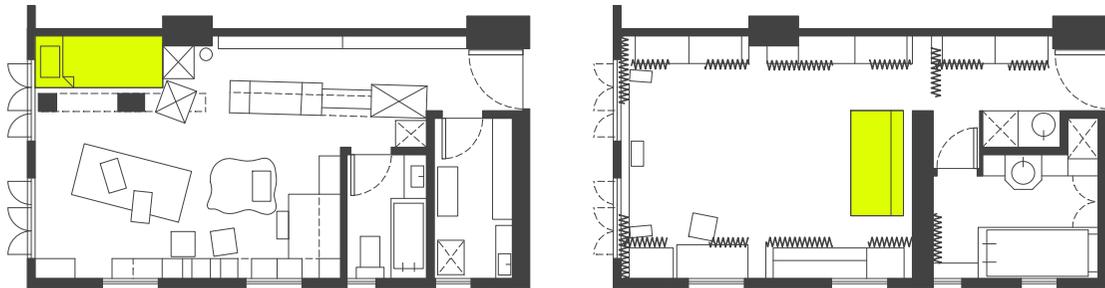


Abbildung 31: Grundrisse „Domestic Transformer“ 1989 (links) und 1998 (rechts), eigene Darstellung

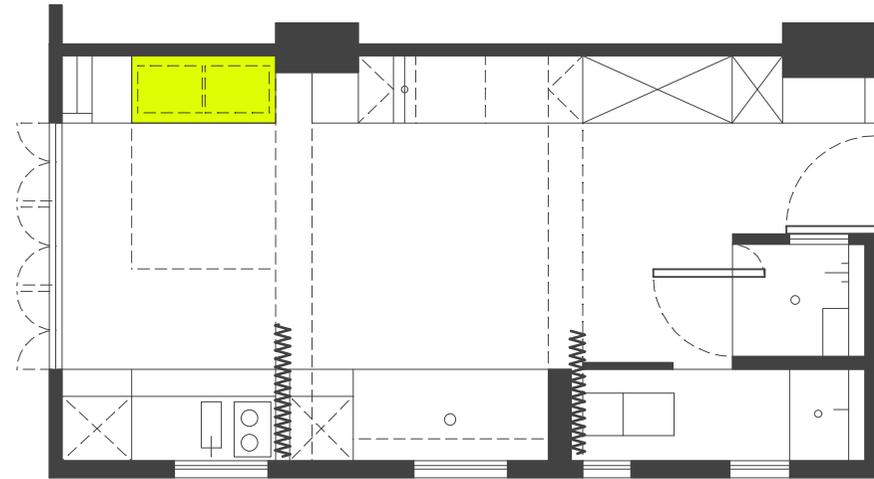


Abbildung 32: Grundriss „Domestic Transformer“ 2006, eigene Darstellung

Die Wohnung wird am besten als neutrale Fläche beschrieben, deren Teilbereiche durch herauschieben, -klappen oder -drehen von beweglichen Objekten aktiviert werden. So wird ein Teilbereich entweder als Küche oder Schlafzimmer beschrieben, je nachdem ob das Schrankbett ausgeklappt ist oder nicht.⁴⁵

⁴⁵ vgl. Gardiner (2009) *24 Rooms Tucked Into One*, einsehbar im www

Markise

Popularität erreichte die Markise im 18. Jahrhundert in Frankreich, als sie als Verballhornung für eine Stoffbahn, welche vor Regen und Sonne schützend, über dem Zelt des Offiziers gespannt, herangezogen wurde. Das leinene Tuch wurde mit dem Begriff „Marquise“ bezeichnet, welcher die weibliche Form des Adelstitels „Marquis“ (zu Deutsch „Markgraf“) ist. Während sich die Bezeichnung für die Stoffbahn gehalten hat, ist der Titel schon in Vergessenheit geraten.⁴⁶

Im Brockhaus wird die Markise als „aufrollbares oder faltbares Sonnenschutzdach“⁴⁷ definiert. In dieser Arbeit wird noch die feststehende Markise hinzugenommen, was zu folgender grundlegenden Einteilung der Markisen führt:

- Aufrollbare Markise
- Faltbare Markise
- Feststehende Markise

Um einen Einteilungspunkt genauer zu beschreiben, wird auf die faltbare Markise eingegangen – hier auf das Stadiondach des Wimbledon Center Courts. Die Wimbledon Championships sind eines der vier größten Tennisturniere der Welt. Da es sich bei den Plätzen um Rasenplätze handelt, ist eine Beispielbarkeit bei Nässe nicht gegeben. Deshalb wurde im März 1993 mit dem

⁴⁶ vgl. Proft (2000) *Die Markise : komfortable Lösungen für den Sonnenschutz an Haus und Wohnung*, S. 7

⁴⁷ Die Brockhaus Enzyklopädie Online, Titel: *Markise*, einsehbar im [www](http://www.brockhaus.de)

dreiteiligen "Long Term Plan" unter anderem der Entschluss gefasst, den Center Court zu überdachen.⁴⁸ In der zweiten Stufe dieses Plans zwischen 1997 und 2009 wurde dann ein bewegliches Dach über den Center Court gebaut. Zum ersten Mal eingesetzt wurde das Dach nach dreijähriger Bauzeit am 17.März 2009.⁴⁹ Bei diesem Dach handelt es sich um eine Faltkonstruktion, deren Querträger mittels Elektromotoren mit einer Geschwindigkeit von 214 Millimeter pro Sekunde bewegt werden können⁵⁰.

Im Sinne der Kybernetik ist zu erwähnen, dass Wind- und Sonnensensoren als Steuerungselemente (nur lineare Steuerung – keine Regelung) für Markisen herangezogen werden können. So wird beispielsweise bei zu hohen Windgeschwindigkeiten die Markise eingefahren, um sie vor Schäden zu schützen. Dies ist auch in Wimbledon der Fall, wobei diese bis zu einer Windgeschwindigkeit von ca. 70 Kilometer pro Stunde bewegt werden darf.

⁴⁸ vgl. Willis A. (kein Datum) *History of Wimbledon : 1993, The Long Term Plan*, einsehbar im [www](#)

⁴⁹ vgl. Atkin (kein Datum) *History of Wimbledon : 2009, The unveiling of the Center Court roof*, einsehbar im [www](#)

⁵⁰ vgl. The All England Lawn Tennis Club (Championships) Limited (kein Datum) *FAQ: Facts and Figures : Center Court Roof stats*, einsehbar im [www](#)

Naked House – Shigeru Ban

Im Jahr 2000 plante Shigeru Ban das Gebäude „Naked House“. Darin wohnen drei Generationen in einem ebenerdigen 150 m² großen offenen Grundriss.⁵¹ In diesem Entwurf können vier auf Rollen gelagerte Raummodule frei bewegt werden und somit dort positioniert werden wo sie gerade benötigt werden. Es kann selbst bestimmt werden in welchem Maße Privatheit oder Kommunikation herrscht.

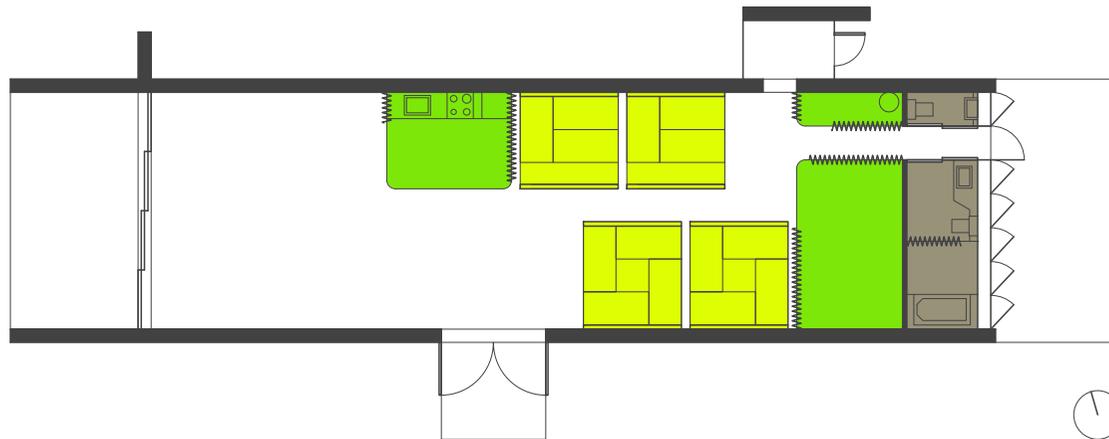


Abbildung 33: Grundriss „Naked House“, eigene Darstellung

„Das Experimentieren mit Räumen und Plänen, deren Beweglichkeit, Flexibilität und Abgrenzung zieht sich wie ein roter Faden durch seine Arbeit. Oftmals beinhaltet die Neuinterpretation dieser Themen eine neue Definition von Bauteilen und Bauelementen.“

⁵¹ vgl. Meyer (2002) *Naked House* in *Bauwelt* 29, S. 24)

(„The experimentation with spaces and layouts, their movability, flexibility and delimitation runs like a thread through his work. Very often, the re-interpretation of these themes involves a new definition of building components and elements.“⁵²) Er fügt also zu den Ausdrücken „Beweglichkeit“ und „Flexibilität“ einen weiteren Begriff hinzu, die „Abgrenzung“. Diese wird in den Raummodulen in diesem Projekt mittels Shoji⁵³ erreicht.

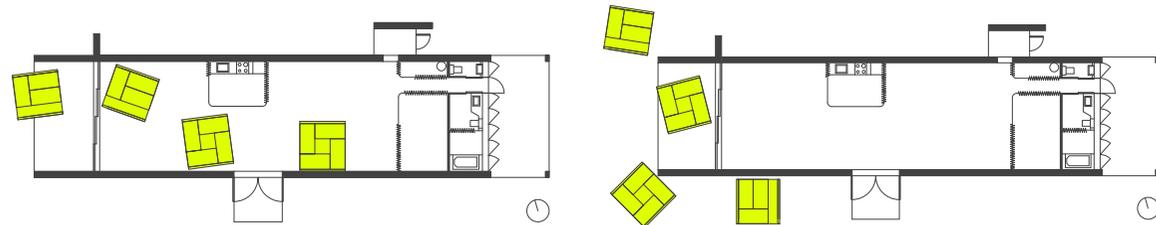


Abbildung 34: Grundrisse „Naked House“ mit ausschwärmenden Raumboxen, eigene Darstellung

Einzig das Badezimmer ist mit Türen und Lamellenfenster fest umschlossen. Der Waschraum und die dazugehörige Ankleide können mittels weißen Vorhängen abgegrenzt werden. Ansonsten wird in einem offenen Grundriss gelebt der nur durch die beweglichen Boxen unterteilt ist. An der Wand gibt es Anschlüsse an denen diese Boxen angedockt werden können und geheizt, gekühlt oder grundsätzlich mit Strom versorgt werden.

⁵² vgl. Ban (2008) *Naked House in Transparent Plastics: Design and Technology*, S. 74, Übersetzung durch den Autor

⁵³ siehe S. 77ff

Responsive Architecture

Der Begriff „Responsive Architecture“ bedeutet reagierende Architektur. Bei dieser handelt es sich, ganz im Sinne des kybernetischen Gedankens, um Architektur die auf verschiedene Einwirkungen reagiert. Wobei mit Einwirkungen nicht unbedingt der Mensch gemeint ist.

„Die manipulative Umgebung ist eine passive, eine die bewegt wird, ganz im Gegensatz zu einer die sich selbst bewegt. Demgegenüber meint eine reagierende Architektur, dass die Umgebung eine aktive Rolle spielt und Änderungen in stärkerem oder geringerem Ausmaß als Ergebnis und Funktion komplexer oder einfacher Berechnungen einleitet.“ („The manipulative environment is a passive one, one that is moved as opposed to one that moves. In contrast, responsive [...] means the environment is taking an active role, initiating to a greater or lesser degree changes as a result and function of complex or simple computations.“⁵⁴)

Ein weiterer Begriff, den es im Zusammenhang mit "Reagierender Architektur" genauer zu betrachten gilt, ist "Interaktive Architektur". An diesen beiden Bezeichnungen ist vor allem ein Schritt in der Kommunikation auszumachen. Man nehme als Beispiel die Kommunikation zwischen Personen und der Architektur. Die "Reagierende Architektur" wartet auf bestimmte Reize, ehe sie darauf, wie der Name schon sagt, reagiert. Jedoch gilt es zu hinterfragen ob eine rein reagierende Architektur überhaupt möglich ist, da per se jegliche Änderung in der Architektur von Räumen zu unterschiedlichen Aktionen veranlassen soll. Als jedoch einfachste

⁵⁴ Negroponte (1975) *Soft Architecture Machines*, S. 132, Übersetzung durch den Autor

Art einer rein reagierenden Architektur könnte die Medienfassade gesehen werden, die je nach Inputparameter eine andere Fassadengestaltung auslöst. Hierbei geht es rein um das Aussehen.



Abbildung 35: Reagierende Architektur, eigene Darstellung

Die "Interaktive Architektur" hingegen kann mit den Personen in wechselseitige Interaktion treten. Hier werden von der Architektur Aktionen gesetzt welche wiederum ein Handeln auslösen, sozusagen Veränderungen der Architektur mit Rückkopplungen.



Abbildung 36: Interaktive Architektur, eigene Darstellung

Betrachtet man die Architekturgeschichte vom Standpunkt der interaktiven Architektur so stößt man rasch auf Cedric Price und dessen Konzepte. Eines, welches an dieser Stelle bearbeitet wird, ist seine Planung zum Projekt "Fun Palace". In der Zeit ab 1961 arbeitet Cedric

Price gemeinsam mit der Theaterregisseurin Joan Littlewood an einem Entwurf, in welchem durch modulare Bauteile und Kräne ein einfaches Auf- und Umbauen durch die BenutzerInnen ermöglicht werden soll. Es war nur eine Rahmenstruktur vorgegeben, in welcher dieser Veränderungsprozess ablaufen kann. Im Jahre 1963 begannen Joan Littlewood und Cedric Price Mitarbeiter für das Projekt zu rekrutieren, unter denen unter anderem auch Gordon Pask, ein britischer Kybernetiker, zu finden war. Gordon Pask gründete das "Fun Palace Cybernetics Subcommittee" und er wurde zur dritten großen Persönlichkeit im Projekt "Fun Palace". Auch er sah die Kybernetik, ähnlich wie Norbert Wiener, nicht als Einbahnsystem an, sondern als Zwei-Wege-Unterhaltung zwischen Wesen. Durch Parks Enthusiasmus driftete das Projekt jedoch ab und wurde zu einem "großen Soziale-Kontrolle-System". Die BenutzerInnen wurden wie Daten behandelt und ihre Interessen und Aktivitätsinteressen sollten über Sensoren und Eingaben abgefragt werden. Ein Computer sollte die Daten verarbeiten und dann eine Konstellation der modularen Bauteile gestalten, welche die Bedürfnisse der BenutzerInnen stillt. Dieser Prozess wird ständig wiederholt, da durch das Kommen und Gehen von Personen die Daten verändert werden.⁵⁵

⁵⁵ vgl. Mathews (2006) *The Fun Palace as Virtual Architecture : Cedric Price and the Practices of Indeterminacy* in Journal of Architectural Education, 59(3), S. 43ff

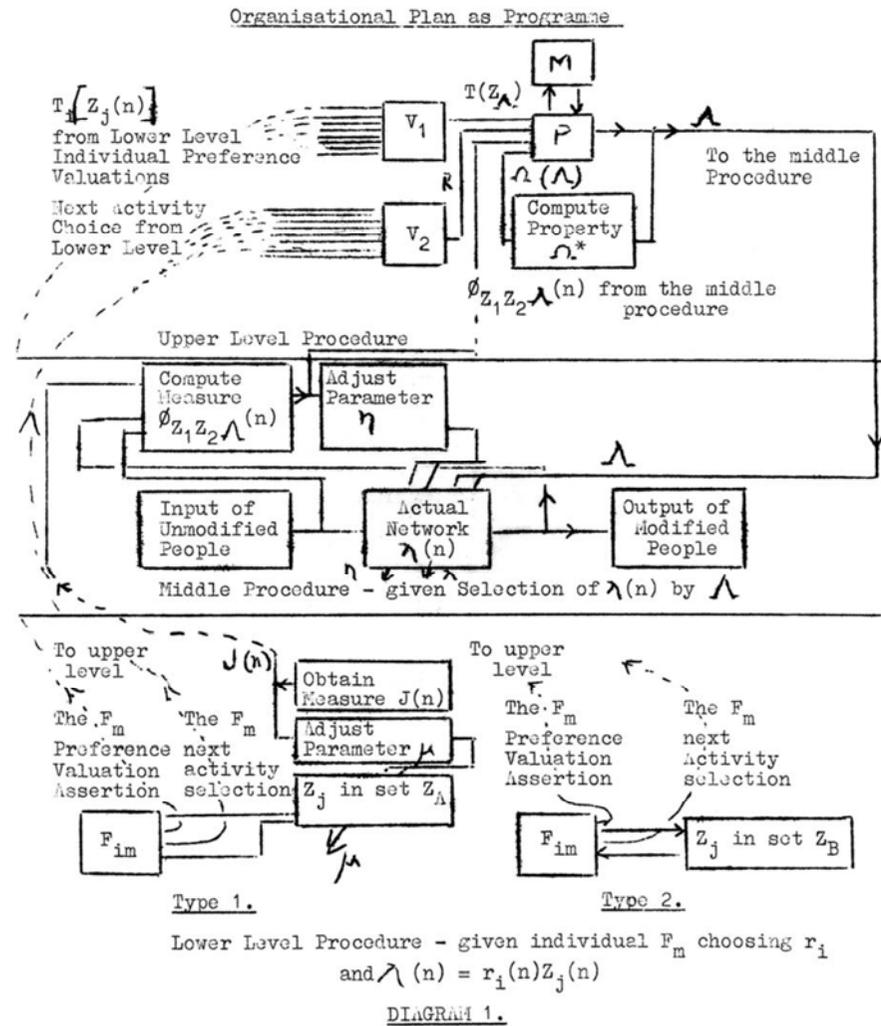


Abbildung 37: Gordon Pask Steuerung Fun Palace, Mathews (2006) *The Fun Palace as Virtual Architecture* : Cedric Price and the Practices of Indeterminacy in Journal of Architectural Education, 59(3), S. 45

Im Jahr 1975 erklärte Cedric Price das Projekt für obsolet ohne jemals etwas davon zu bauen. Realisiert wurde es jedoch in verkleinerter Form als "Inter-Action Centre" in den Jahren 1971 bis 1977. Da die Lebensdauer dieser Struktur von Anfang an begrenzt war, wurde sie 2001 demontiert⁵⁶.

Beide Male handelt es sich um Konzepte, in denen die Architektur nur eine statische Struktur bereitstellt, welche dann von Einzelpersonen oder von Gruppen benutzt und mit Funktionen befüllt wird.

⁵⁶ vgl. Heinich & Eidner (2009) *Sensing Space : Technologien für Architekturen der Zukunft*, S. 117

Rotor-Modulhaus – Luigi Colani

Es gibt viele Beispiele für frühe rotierende Plattformen innerhalb von Gebäuden und eine Auswahl wird in diesem Kapitel aufgezeigt und mit dem „Rotor-Modulhaus“ von Luigi Colani abgeschlossen.

Glaut man Sueton, einem römischen Schriftgelehrten, der bekannt für die Kaiserbiographien ist, hatte schon Nero zu seiner Kaiserzeit (54 - 68 n.Chr.) einen runden Speisesaal, dessen Decke sich ständig drehte.⁵⁷

Eine Gebäudetypologie in welcher eine rotierende Plattform schon früh eine Rolle spielte, ist das Theater. Im „Kabuki“-Theater, einer japanisch bürgerlichen Theatergattung, wurde im Jahr 1758 eine Vorform der Drehbühne erstmal eingesetzt.⁵⁸ So konnten auf einer großen runde Bühnen zwei bis drei Szenen aufgebaut werden und nahezu nahtlos auf die jeweils benötigte Szene rotiert werden. Erfunden wurde sie von Namiki Shôzô, welcher auch mit den Einführungen von Hebe- und Versenkungsapparaturen die Bühnentechnik zu dieser Zeit entscheidend verbessert hat.⁵⁹

⁵⁷ vgl. Sueton (2001) *Cäsarenleben*, S. 355

⁵⁸ Die Brockhaus Enzyklopädie Online, Titel: *Kabuki*, einsehbar im [www](http://www.brockhaus.de)

⁵⁹ vgl Brauneck (2007) *Theaterlexikon. 1. Begriffe und Epochen, Bühnen und Ensembles*, S. 524

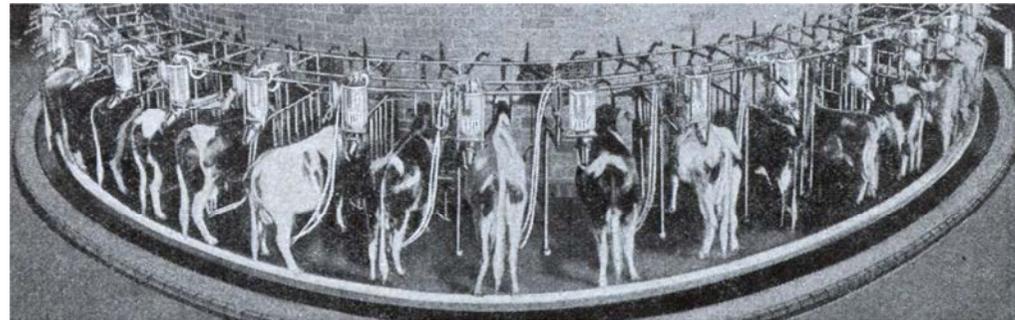


Abbildung 38: Rotolactor, Fawcett Publications (1931) „Rotolactor“ Milks 50 Cows in 12 Minutes in Modern Mechanics and Inventions, S. 51

Aufzeichnungen belegen, dass Cyrus Howard Hapgood schon im Jahr 1928 (Patenteintragung 1928, Patentveröffentlichung 1930) eine Melkmaschinerie erfunden hatte bei welcher sich die Kühe auf einer sich drehenden Plattform befinden und an fixen Punkten ans Gerät angekoppelt und vom Gerät abgekoppelt werden.⁶⁰ In mancher Literatur wird die Erfindung des „Rotolactors“ genannten Gerätes auch Henry William Jeffers zugeschrieben.⁶¹ Mit Hilfe des „Rotolactors“ konnten 1.680 Kühe dreimal täglich gemolken werden. Die Plattform, mit einem Durchmesser von sechs Metern, dreht sich einmal alle 12,5 Minuten. In dieser Zeit tritt die Kuh auf die Plattform, erhält ihr Bad, wird gemolken und tritt abschließend selbstständig wieder den Heimweg zum Stall an.⁶² Sie verweilen somit an ihrem Standort und werden zum jeweiligen Prozessablauf weitergedreht.

⁶⁰ vgl. Hapgood (1930) *Patentnr. US1787152 A*

⁶¹ vgl. Patton (2004) *Milk : Its Remarkable Contribution to Human Health and Well-Being*, S. 172

⁶² vgl. Fawcett Publications (1931) *“Rotolactor“ Milks 50 Cows in 12 Minutes* in *Modern Mechanics and Inventions*, S. 51

Ein frühes Beispiel für eine drehbare Plattform in einem Wohngebäude ist die von Norman Bel Geddes geplante Garage bei seinem „House Number 3“ welches er 1930 entwarf.⁶³ Bei dieser konnte man mit zwei Autos vorwärts einfahren, diese wurden dann auf dieser drehbaren Plattform abgestellt und mit dieser umgedreht, sodass man die Autos auch wieder vorwärts aus dieser Garage ausfahren konnte.

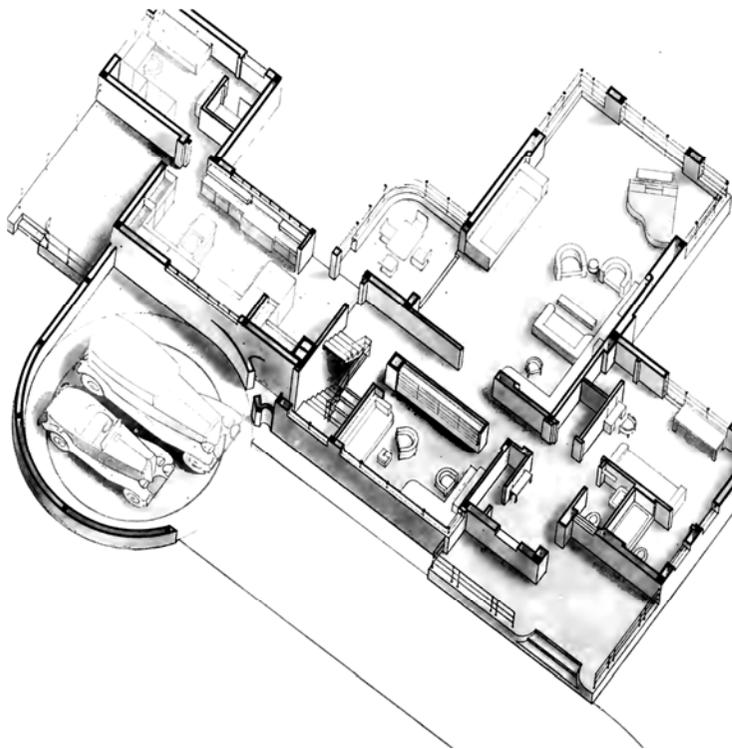


Abbildung 39: House Number 3, Bel Geddes (1932) *Horizons*, S. 132

⁶³ vgl. Bel Geddes (1932) *Horizons*, S. 129ff

Auch im „Rainbow Room“, einem Restaurant und Veranstaltungsraum im 65. Stockwerk des Gebäudes 30 Rockefeller Plaza wurde eine rotierende Plattform installiert.

30 Rockefeller Plaza wurde von einer Gruppe von Architekten unter dem Namen „Rockefeller Center Associated Architects“ geplant. Federführend war der amerikanische Architekt Raymond M. Hood.

„Der runde Tanzboden des Rainbow Rooms war unüblich, weil er drehbar war und deshalb der Raum einer konstanten Änderung unterworfen war.“ („In the Rainbow Room, the circular dance floor was unusual because it revolved, allowing the room [...] to constantly change.“⁶⁴)

Die Tanzfläche hatte einen Durchmesser von ungefähr zehn Metern und konnte sich im Uhrzeigersinn innerhalb von drei bis fünf Minuten drehen.⁶⁵

Der Rainbow Room wurde am 3.10.1934 eröffnet.⁶⁶ Im Jahr 2009 wegen eines Vermieter-Mieter-Streits geschlossen, jedoch soll er im Herbst 2014 wiedereröffnet werden.⁶⁷

⁶⁴ vgl. Postal (2012) *Report of NYC Landmarks Preservation Commission: The Rainbow Room*, S. 5, einsehbar im [www](#)

⁶⁵ vgl. Postal (2012) *Report of NYC Landmarks Preservation Commission: The Rainbow Room*, S. 6, einsehbar im [www](#)

⁶⁶ vgl. Postal (2012) *Report of NYC Landmarks Preservation Commission: The Rainbow Room*, S. 1, einsehbar im [www](#)

⁶⁷ vgl. Associated Press (2013) *Rainbow Room At Rockefeller Center To Reopen Next Year*, einsehbar im [www](#)

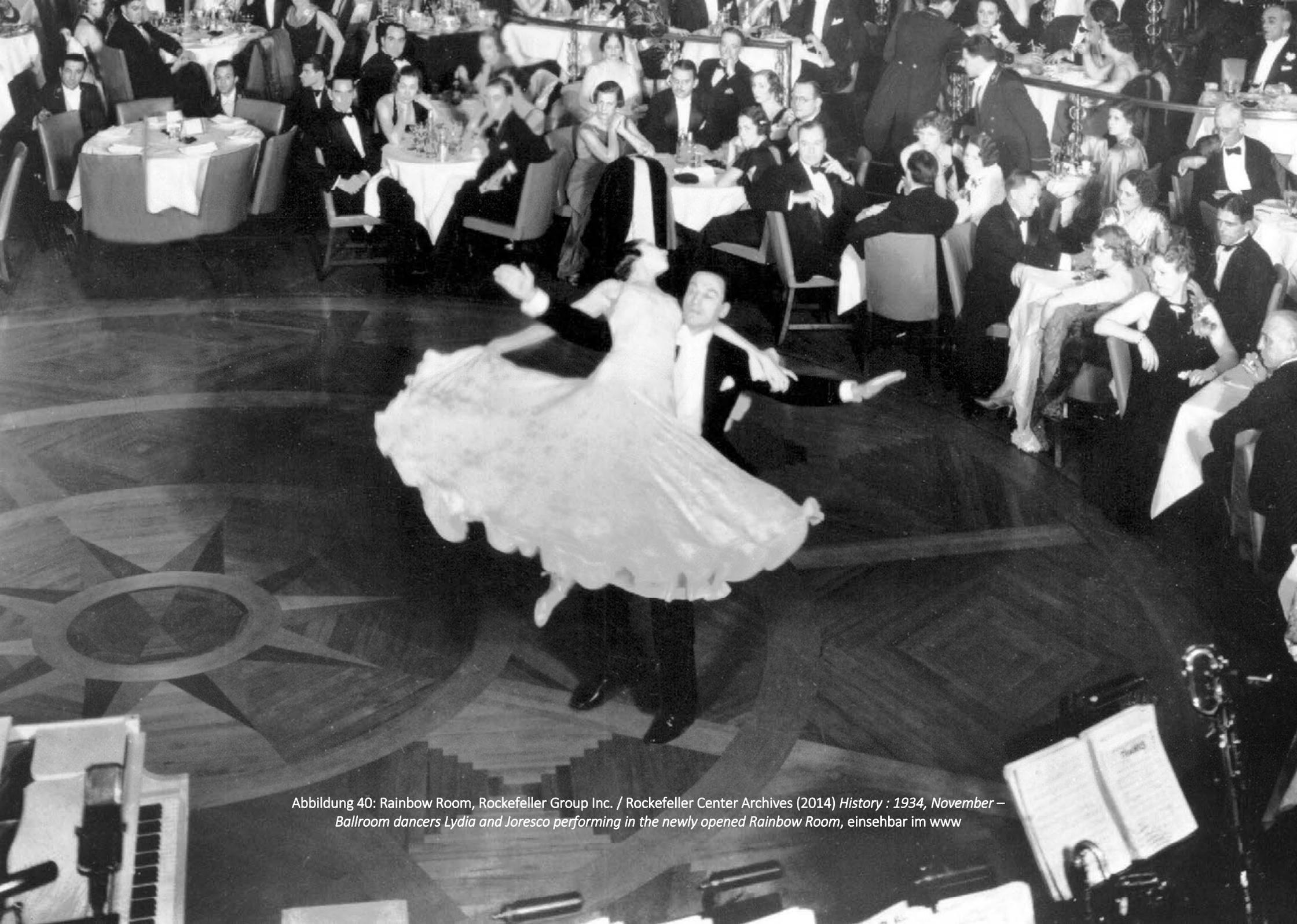


Abbildung 40: Rainbow Room, Rockefeller Group Inc. / Rockefeller Center Archives (2014) *History* : 1934, November –
Ballroom dancers Lydia and Joresco performing in the newly opened Rainbow Room, einsehbar im [www](http://www.rockefellercenter.com)

Die Firma Hanse-Haus beauftragte 2004 den deutschen Designer Luigi Colani ein möglichst flexibles und kleines Fertighaus zu planen – daraus entstand das „Rotor-Modulhaus“. Unüblich ist die Idee insofern, da das Projekt laut Jan Behrmann, Mitarbeiter bei Hanse Haus, „immer nur als Architekturstudie geplant“⁶⁸ gewesen war und Musterhäuser einer Fertighausfirma doch eher an Massenproduktion denken lassen. So ist das Konzept eher als Promotion denn als ausführbares Fertighaus zu betrachten, kamen doch bei seiner zweitägigen Eröffnung 3,000 Besucher und gingen durch das Haus.⁶⁹



Abbildung 41: Rotor-Modulhaus, Randl (2008) *Revolving architecture : a history of buildings that rotate, swivel and pivot*, S. 149

⁶⁸ Hoenig (2006) *Ein glänzend Häuslein*, einsehbar im www

⁶⁹ vgl. Randl (2008) *Revolving architecture : a history of buildings that rotate, swivel and pivot*, S. 153

Grundsätzlich ist das Projekt eine quadratische Grundfläche, welche in einen Wohnraum und ein abgetrenntes WC geteilt ist. Im Innenraum sind die organischen Formen von Colani vorherrschend. Im Wohnraum befindet sich das drehbare Modul, welche an eine Trommel eines Revolvers erinnert. Darin enthalten sind die Funktionen Schlafen, Baden und Kochen. Je nach Tages- oder Nachtzeit wird die Trommel ausgerichtet und gibt dem Hauptraum seine Bedeutung. In dem gebauten Prototyp wird das drehbare Modul von einem Elektromotor angetrieben und diese Drehungen über Fernbedienungen und Steuerungseinheiten an der Wand gesteuert. Colani selbst bezeichnet im Nachhinein die drehbare Trommel als „Zugabe“ („gimmick“) und „blödes Ding“ („stupid thing“)⁷⁰.

⁷⁰ Randl (2008) *Revolving architecture : a history of buildings that rotate, swivel and pivot*, S. 154, Übersetzung durch den Autor

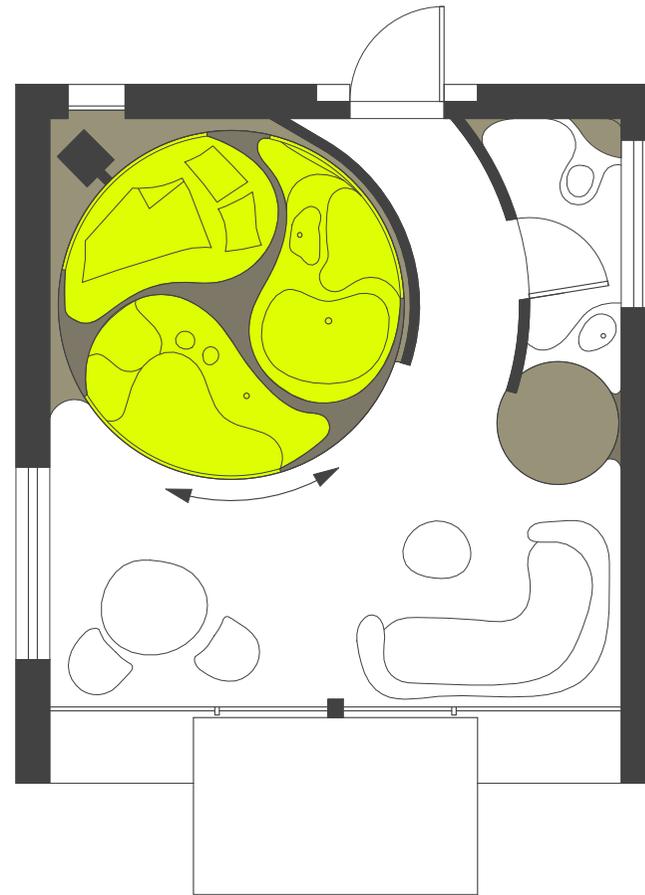


Abbildung 42: Grundriss Rotor-Modulhaus, eigene Darstellung

Shoji und Fusuma

Mit „Shoji“ und „Fusuma“ werden die beweglichen Schiebetüren in der traditionellen japanischen Architektur bezeichnet.

Unter traditioneller japanischer Architektur wird hier der im 10. bis 12. Jahrhundert aufkommende japanische Wohnungsstil verstanden, auch „Shinden-Zukuri“⁷¹ genannt. Dieser „entwickelte sich aus dem traditionellen Haus des Adels – unter teilweise Einfluß festländisch-asiatischer Architektur und mit dem Kaisersitz als unmittelbarem Muster“⁷². Die Haupthalle, oder auch Shinden genannt, befand sich im Zentrum des Grundstücks und um diese Halle herum gruppierten sich, symmetrisch angeordnet, weitere Hallen. Die Haupthalle war ein einziger Raum, welcher „Moya“ genannt wurde und von einer umlaufenden Veranda umschlossen war.

Dieser große leere Raum wurde mittels beweglicher Zwischenwände unterteilt. Erwähnt seien „Faltschirme (Byôbu), einfache Schirme (Tsuitate) oder tragbare Ständer mit hängenden Seidenvorhängen (Kichô). Aus den Wandschirmen entwickelten sich verschiebbare und entfernbare Türen“.⁷³

⁷¹ Yoshida (1954) *Das japanische Wohnhaus*, S. 20

⁷² ebda. S. 20

⁷³ ebda. S. 20

Bei den verschiebbaren Elementen handelt es sich um vertikale scheibenförmige Bauteile, welche in horizontaler Richtung in einer Schiene oder auf Rädern verschoben werden können. In der Online Enzyklopädie des Brockhaus finden sich zwei Namen für diese Schiebewände⁷⁴ - „Fusuma“ und „Shoji“. Auch in anderer Literatur, wie z.B. in Toshio Odates „Shoji: Schiebetüren, Trennwände selbst gemacht“, wird diese zweifache Namensgebung⁷⁵ erwähnt. Was ist oder was sind jedoch die Unterschiede der beiden Bezeichnungen? Die Differenzierung erfolgt durch die Materialität der Schiebewand. Somit auch in weiterer Folge in seiner Nutzbarkeit zum Abtrennen von anderen Individuen. Während „Fusuma“ als undurchsichtige Schiebewand definiert ist, haben „Shoji“-Elemente lichtdurchlässige Flächen. Diese transparenteren Flächen wurden früher ausschließlich durch Papierbahnen hergestellt und erst neuerdings teilweise durch Glas ersetzt.⁷⁶

Grundsätzlich gehen die verschiedenen Quellen jedoch von einem ersten Auftreten der „Fusuma“ und „Shoji“-Panele zwischen dem 12. Jahrhundert⁷⁷ und der Muromachi Periode (1392-1565)⁷⁸ aus.

⁷⁴ Die Brockhaus Enzyklopädie Online, Titel: *Fusuma*, einsehbar im [www](#)

⁷⁵ vgl. Odate (2003) *Shoji : Schiebetüren, Trennwände selbst gemacht*, S. 10

⁷⁶ vgl. Yoshida (1954) *Das japanische Wohnhaus*, S. 152ff

⁷⁷ vgl. Uy (2014) *What Is a Fusuma?*, einsehbar im [www](#)

⁷⁸ vgl. van Ooijen (kein Datum) *Things Japanese : Fusuma*, einsehbar im [www](#)

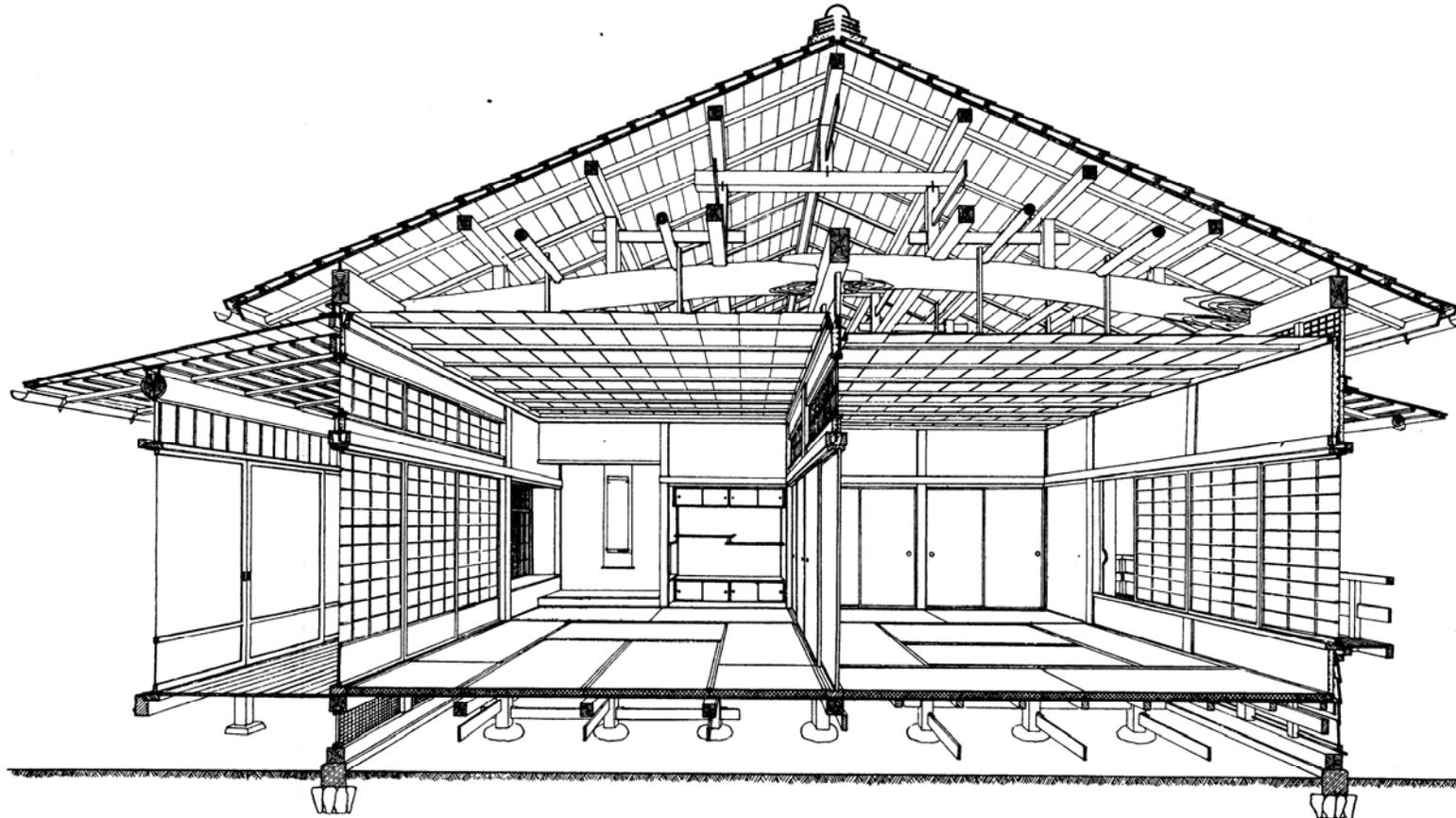


Abbildung 43: Perspektivischer Durchschnitt eines typischen eingeschossigen Wohnhauses, Yoshida (1954) *Das japanische Wohnhaus*, S. 131

Somit ergeben sich dadurch nicht nur Tür- sondern auch Fensteröffnungen. Zum europäischen Baustil gibt es jedoch einen Unterschied was das Format betrifft. Während in Europa eher die notwendige Belichtung zu betrachten ist, ist es in Japan eine ausreichende Belüftung die eine andere Form notwendig macht.⁷⁹ Deshalb sind japanische Fenster niedrig und breit, wohingegen europäische Fenster hoch und schmal sind.

Der Abstand der Führungsschienen ist genormt und beträgt in etwa 1 Ken, wobei normalerweise jeweils zwei Führungsnuten pro Führungsholz eingearbeitet sind. Diese Zahl kann sich jedoch erhöhen, falls mehrere Fusuma oder Shoji Panele benötigt werden.⁸⁰

$$1 \text{ Ken} = 1,81 \text{ m} = 6 \text{ Shaku}$$

$$1 \text{ Shaku} = 3,03 \text{ dm}$$

Bei der Länge des Ken, gibt es geographische Unterschiede.

Die Größe von Fusuma und Shoji orientiert sich an den, in der japanischen Architektur sehr verbreiteten, Tatami-Matten. Eine Tatami-Matte ist die traditionelle Bodenverkleidung für das japanische Wohnhaus. Hierbei handelt es sich um eine Matte aus Reisstroh, welche eine straff anliegende Aussenhaut aus geflochtenen Binsen hat.⁸¹ Eine Tatami-Matte ist üblicherweise einen halben Ken breit und einen Ken lang. Die Tatami-Matten dienen auch als Flächenmaß für japanische Raumgrößen. So gibt es etwa den 6 Tatami-room oder einen 12 Tatami-room.

⁷⁹ vgl. Yoshida (1954) *Das japanische Wohnhaus*, S. 152

⁸⁰ vgl. ebda. S. 146

⁸¹ Die Brockhaus Enzyklopädie Online, Titel: *Tatami*, einsehbar im [www](http://www.brockhaus.de)

Eine normalbreite Schiebetür wird mit drei Shaku (etwa 91cm)⁸² angegeben, womit bei einer Pfostenentfernung von beispielsweise einem Ken zwei „Fusuma“ bzw. „Shoji“-Panele benötigt werden würden.

⁸² vgl. Yoshida (1954) *Das japanische Wohnhaus*, S. 146

Sliding House - dRMM

Das Haus von Ross und Sally Russel sieht auf den ersten Blick aus wie ein konventionelles Haus mit Satteldach. Jedoch ist nur die Form, auf Grund von Vorgaben der Baubehörde, konventionell. Verantwortlich für dieses Gebäude mit all seinen fixen und beweglichen Teilen zeichnet sich der Architekt Alex de Rijke mit seinem, in London ansässigen, Architekturbüro dRMM.⁸³ Auch zukünftige Entwicklungen wurden in diesem Entwurf bereits mitgedacht. So hat de Rijke einen noch nicht direkt beim Bau zur Ausführung gebrachten Pool in sein Design miteinbezogen, welcher in einen überdachten Pool verändert werden kann.⁸⁴

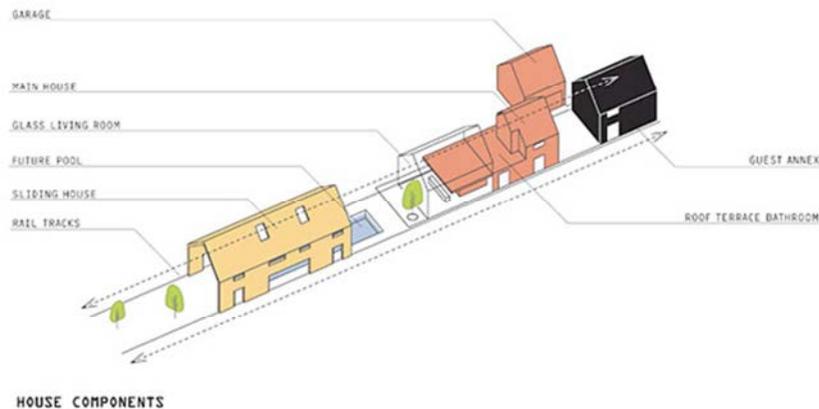


Abbildung 44: Axonometrie des "Sliding House", dRMM Architects (kein Datum) *Sliding House*, einsehbar im [www](#)

⁸³ vgl. dRMM Architects (kein Datum) *Sliding House*, einsehbar im [www](#)

⁸⁴ vgl. Spencer (2010) *Sliding House* : dRMM Architects, einsehbar im [www](#)

Die Holzfassade inklusive dem Dach ist auf Schienen beweglich gelagert und lässt sich über das Grundstück fahren. Die drei Gebäudeteile sind jedoch fix und können durch die flexible Hülle variabel genutzt werden. So wird das Gebäude durch die Hülle im Sommer vor zu starker Sonnenbestrahlung geschützt und im Winter wiederum warm gehalten. Letzteres geschieht indem das Eintreten der Sonne unter Tags ermöglicht und gleichzeitig aber das Abkühlen über Nacht vermindert wird.

„Ich denke das Haus ist einerseits schön und andererseits praktisch.“ („I think the house is both beautiful and practical.“⁸⁵).

Die vier elektrischen Motoren, welche das Dach-Fassaden-Objekt bewegen, werden jeweils mittels einem Paar Autobatterien angetrieben, welche entweder direkt über das Stromnetz oder über die installierte Photovoltaikanlage geladen werden können.⁸⁶ Laut Ross Russel dauert das Öffnen etwa sechs Minuten.⁸⁷

⁸⁵ vgl. Russel (2009) *Zitat des Eigentümers*, einsehbar im [www](#), Übersetzung durch den Autor

⁸⁶ vgl. Etherington (2009) *Sliding House by dRMM*, einsehbar im [www](#)

⁸⁷ vgl. mattdollings (2009) *Wallpaper* ‚Sliding House‘*, einsehbar im [www](#)



Abbildung 45: Bewegungsablauf beim Sliding House von dRMM, Etherington (2009) *Sliding House by dRMM*, einsehbar im [www](#)

Alex de Rijke und auch das Architekturbüro dRMM bezeichnet das von ihnen geplante Gebäude und diesen Baustil als „dynamische Architektur“ („dynamic architecture“⁸⁸).

Der bewegliche Gebäudeteil besteht aus einer Stahl-Holz-Wärmedämmung-Konstruktion, welche mit ungefärbter Lärche verkleidet ist.⁸⁹ Sie hat eine Gesamtlänge von 28 Metern. Das angegebene Gewicht schwankt je nach Quelle zwischen 20 Tonnen⁹⁰ und 50 Tonnen.⁹¹

⁸⁸ vgl. Stephen (2009) *A roof over your head? So last year*, einsehbar im [www](#)

⁸⁹ vgl. Spencer (2010) *Sliding House : dRMM Architects*, einsehbar im [www](#)

⁹⁰ vgl. Schumacher, Schäffer, & Vogt (2010) *move : Architektur in Bewegung – Dynamische Komponenten und Bauteile*, S. 198

⁹¹ vgl. Etherington (2009) *Sliding House by dRMM*, einsehbar im [www](#)



Interessant im Bezug auf dieses Projekt wären Gedanken zu einer kybernetischen, also steuerungstechnischen, Herangehensweise.

In den Quellen wird, bis auf die sechs Minuten, die die Dachkonstruktion für eine komplette Öffnung bzw. Schließung benötigt, sowie die technische Ausstattung (Motoren und deren Energielieferanten), nichts über die Herangehensweise an die Steuerung erwähnt. Es hätte beispielsweise angedacht werden können die Photovoltaikmodule gleichzeitig als Sonnenstandmessgeräte zu nutzen und diese Daten mit einer Uhr zu koppeln um die Daten zu referenzieren. So könnte man den Sonnenstand welcher herrschen sollte mit dem derzeitigen vergleichen. Es könnten Temperaturfühler und Lichtmessgeräte innerhalb des Gebäudes bzw. auf Flächen auf denen sich Personen aufhalten dafür sorgen, dass das Dach so positioniert wird, dass ein optimales Klima erzeugt wird. Es müsste nur mehr über Handysignale oder sonstige Positionierungssysteme abgefragt werden, in welchem Bereich sich Personen aufhalten.

Sonnensegel in der Raumfahrt

Gegenwärtige Entwicklungen zeigen, dass Sonnensegel nicht mehr nur für den Schutz vor der Sonneneinstrahlung sondern zur Energiegewinnung eingesetzt werden können. So wird hier, als vorläufig letzter Entwicklungsschritt, das Sonnensegel in der Raumfahrt angeführt.

So dient das Sonnensegel in der Raumfahrt zum Antrieb. Diese Idee ist schon in den 20er Jahren von Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski (1921) und Friedrich Arturowitsch Zander (1924)⁹², zwei russischen Raumfahrtpionieren, formuliert worden. So gilt vor allem F. A. Zanders Aussage: „For flights in interplanetary space, I am working on the idea of flying using tremendous mirrors of very thin sheets, capable of achieving favorable results“⁹³ als Startpunkt der Ingenieurtechnischen Betrachtung von Sonnensegel für die Raumfahrt.

Auch der Deutsche Ingenieur Hermann Oberth führte im Jahr 1923 ein Konzept über Reflektoren („Spiegelrakete“) im Erdorbit aus.⁹⁴ Diese Spiegel sollen die dunklen nördlichen Teile der Welt beleuchten und das Wetter beeinflussen. Hier wurde jedoch nicht direkt an eine Bewegung mit der Sonnenenergie gedacht.

Am Ende des zweiten Weltkrieges fand die U.S. Army Pläne der Deutschen Streitmacht eine sogenannte „Sonnenkanone“ zu bauen. „Die Deutschen,[...], hofften einen solchen Spiegel

⁹² vgl. Leipold, et al. (1999) ODISEE – A Proposal for Demonstration for a Solar Sail in Earth Orbit, S. 245

⁹³ vgl. Zander (1924) *From a Scientific Heritage, Nasa Technical Translation TTF-541, 1967, a translation of Iz Nauchnogo Naslediya*, S. 29

⁹⁴ vgl. Oberth (1923) *Die Rakete zu den Planetenräumen*

benutzen zu können um eine Stadt in Asche zu legen oder einen Teil des Ozeans zu verdampfen.“ („The Germans, [..], hoped to use such a mirror to burn an enemy city to ashes or to boil part of an ocean.“⁹⁵)

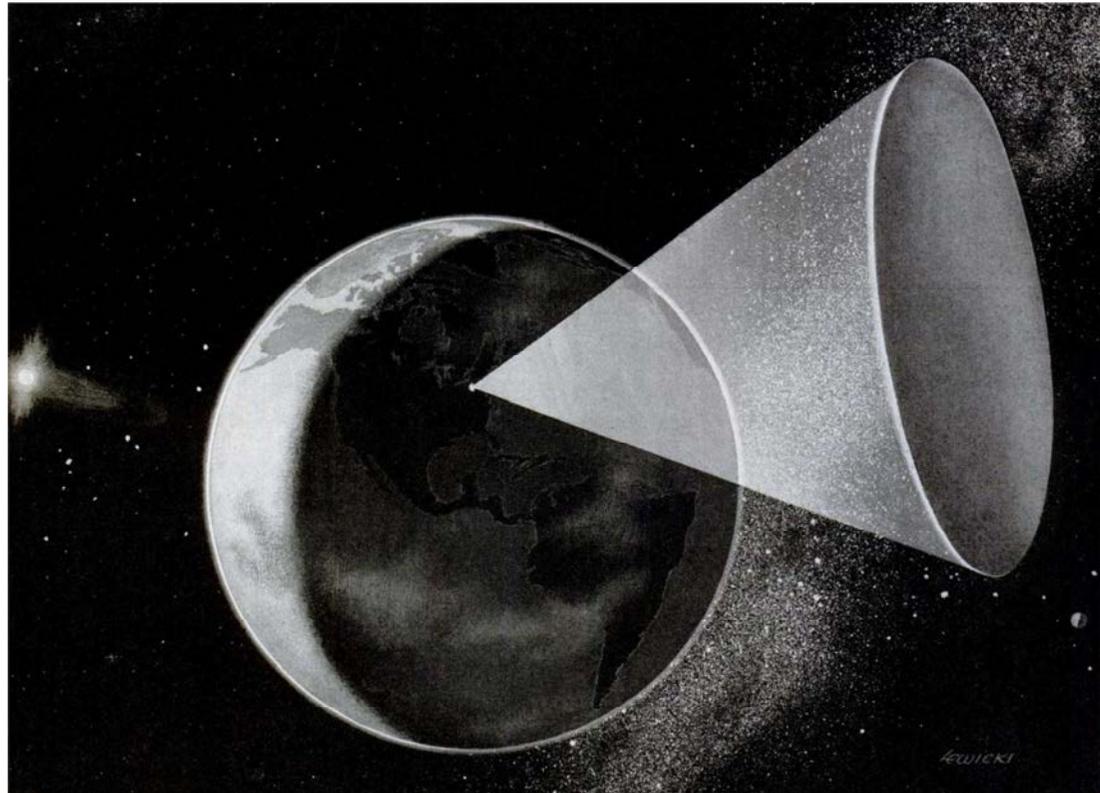


Abbildung 46: „The German Space Mirror“, Lewicki (1945) Zeichnung : *The German Space Mirror* in Life Magazin

⁹⁵ vgl. Luce (1945) *The German Space Mirror* in Life Magazin, S. 78, Übersetzung des Autors

Eine Serie von Sonnenspiegelsystemen wurde unter dem Namen „Znamya“ getestet. Das erste Demonstrationsexperiment mit dem Namen „Znamya-2“ wurde im Jahr 1993 abgehalten. Der Reflektor hatte einen Durchmesser von 20 m und wurde von der russischen Raumstation MIR aus platziert. Das Folgeexperiment, „Znamya 2.5“, sechs Jahre später, hatte neben einem um fünf Meter größeren Reflektor auch kleinere um eine Lagesteuerung zu ermöglichen, jedoch verhedderte sich der Schirm an einer hervorstehenden Antenne und konnte nicht aufgespannt werden. Das eigentlich geplante Experiment „Znamya-3“, für welches ein Reflektor mit 60-70 m Durchmesser geplant gewesen wäre, wurde darauf annulliert.⁹⁶

Ein weiteres Projekt ist „IKAROS“ das von der japanischen Weltraumerforschungsbehörde (JAXA) im Mai 2010 gestartet wurde und welches zwei Ziele verfolgte. So soll nicht nur Energie über dünn aufgetragene Photovoltaik-Zellen generiert werden, sondern auch mit dem Sonnensegel beschleunigt und navigiert werden.⁹⁷ Im Dezember 2010 waren alle Experimente abgeschlossen, jedoch wird das Projekt weitergeführt um die Manövrierung von Flügen mittels Sonnensegeln weiter zu verbessern.⁹⁸

Da Nachhaltigkeit wie in der Architektur auch in der Raumfahrt ein wichtiger Begriff ist, wird hier noch auf ein zukünftiges Projekt mit Sonnensegeln eingegangen. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt arbeitet gemeinsam mit der ESA am sogenannten „DLR-ESA

⁹⁶ Levin (2007) *Dynamic Analysis of Space Tether Missions*, S. 406

⁹⁷ vgl. Jaxa (kein Datum) *Small Solar Power Sail Demonstrator „IKAROS“*, einsehbar im [www](#)

⁹⁸ vgl. Jaxa (kein Datum) *Solar Power Sail Demonstrator „IKAROS“*, einsehbar im [www](#)

Gossamer“, welches den Nachweis der Funktionsfähigkeit von Solar Sailing zum Ziel hat. Für das „Gossamer“-Segel gibt es einen dreistufigen Plan, der in den nächsten drei Jahren durchgeführt werden soll (2014-2016), bei dem jeweils die Segelgröße erhöht werden soll (2014: 5m x 5m; 2015: 20m x 20m; 2016: 50m x 50m).⁹⁹



Abbildung 47: ESA & DLR Projekt Gossamer, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) (kein Datum)
Gossamer, einsehbar im [www](#)

⁹⁹ vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) (kein Datum) *Gossamer*, einsehbar im [www](#)

Türtreppentreppentür – Manfred Wolff-Plottegg

Für die Landesausstellung 1992 wurde das Schloss Trautenfels renoviert. Unter anderem gibt es ein „Hybridobjekt“ – die Türtreppentreppentür.



Abbildung 48: Türtreppentreppentür, Wolff-Plottegg (kein Datum) *Türtreppentreppentür*, einsehbar im www

Es handelt sich um eine Verbindung von architektonisch gegensätzlichen Funktionen. Die Türe ist funktionell zum Trennen von Räumen gedacht und die Treppe wird zum Verbinden von Ebenen verwendet. Weiters werden beide Einheiten in noch unbekannter Weise bewegt. Die Treppe (=der Türflügel) bewegt sich um eine horizontale Achse, was noch am ehesten von alten Dachbodentreppen, welche ebenfalls herunterkippen, bekannt ist. Bei einem Türflügel ist diese Art der Bewegung jedoch unüblich. Im geschlossenen Zustand kann es als dreidimensionales Objekt erfahren werden.

Die normalen Türregeln können wie folgt beschrieben werden:

- sie sind meist rechteckig, einflügelig, zweiflügelig, dünne Platten (aus Holz, Glas, Metall o.dgl.)
- sie haben vertikale Drehachsen (rechts, links)
- wenn sie offen sind, stehen sie unnützlich in den Raum hinein

Die Umkehrung der normalen Türregeln ergibt die Türtreppentreppentürregeln¹⁰⁰:

- eine Türe ist ein stereometrischer Körper
- sie hat z.B. unterschiedliche horizontale Drehachsen
- und wenn sie offen ist, ist sie eine Treppe (nun ist es keine Türe, sondern eine Treppe auch wenn sie nirgendwo hinführt)

¹⁰⁰ vgl. Wolff-Plottegg (2007) *Hybrid Architektur & Hyper Funktion*, S. 101)

Velum

Was für die heutige Zeit Formel 1-Rennen oder Boxkämpfe sind, waren im römischen Reich Wagenrennen oder Gladiatorenkämpfe. Diese wurden zumeist in einem Circus oder in einem Amphitheater ausgetragen. Da es zu damaligen Zeiten noch keine Klimaanlage gab, hatten die Zuseher und Akteure keine Möglichkeiten sich vor den Sonnenstrahlen und der damit verbundenen Hitze zu schützen. Deshalb verfügten die Veranstaltungsorte über Konstruktionen, durch welche ein sogenanntes „Velum“ (lat. für Segel, Tuch, Gardine oder Vorhang) über dem Zuschauerbereich aufgespannt werden konnte. Schon alleine die Kennzeichnung einer Veranstaltung mit den Worten „Vela erunt“ (bedeutet soviel wie „es werden Sonnensegel gesetzt sein“) in Pompeji ließ den Luxus des Events erahnen.¹⁰¹

Ein weiteres interessantes Detail ist, dass diese Bekanntmachung wie eine Art Graffiti auf Hausmauern aufgetragen und somit die Information der Bevölkerung zugänglich gemacht wurde. Dies geschah aus dem einfachen Grund, weil es zur damaligen Zeit noch keine Plakate gab.

¹⁰¹ vgl. Büsing (1981) *Rainer Graefe : Vela erunt. Die Zeltdächer der römischen Theater und ähnlicher Anlagen* in *Gnomon*, 53(4), S. 363

D·LVCRETII·
 SCR
 CELER
 SCR
 AEMILIVS
 SATRI·VALENTIS·FLAMINIS·NERONIS·CAESARIS·AVG·FILI·CELER·SING
 PERPETVI·CLADIATORVM·PARI·XX·ET·D·LVCRETIO·VALENTIS·FILI·AD·LVNA
 GLAD·PARI·X·PVG·POMPEIS·VI·V·IV·III·PR·IDVS·APR·VENATIO·LEGITIMA·
 ET·VELA·ERVNT

Abbildung 49: "Werbeplakat" für einen Gladiatorenkampf in Pompei, Gogräfe (kein Datum) *Pompeji IX 8*, vor der *Casa del Centenario*, einsehbar im www, „et vela erunt“ hervorgehoben

Übersetzt bedeutet es: Es werden von Decimus Lucretis Satrius Valens, dem ewigen Flamen Neros, Sohn von Caesar Augustus, zwanzig Gladiatorenpaare und von Decimus Lucretius Valens, seinem Sohn, zehn Gladiatorenpaare in Pompei am 8., 9., 10., 11. und 12. April kämpfen; es wird eine regelkonforme Hetzjagd und ein Sonnensegel geben. Dies hat Aemilius Celer allein beim Mondschein geschrieben.¹⁰²

Vor allem die unterste Zeile ist im Hinblick auf den vorherigen Absatz zu betrachten („et vela erunt“ = „es werden Sonnensegel gesetzt sein“).

¹⁰² vgl. Kaiser & Gloss (2009) *Munera Gladiatoria – eine Unterrichtsreihe für die Martial-Lektüre*, einsehbar im www

Die Bewegung eines Sonnensegels ist eine einfache Raffung eines horizontalen textilen Bauteils. Eines der ersten wurde am Amphitheater in Pompeij angebracht.

David Lee Bomgardner meint, dass die Sonnensegel höchstwahrscheinlich in der Zeit zwischen der Herrschaft des ersten römischen Kaisers Augustus (27 v.Chr. – 14 n.Chr.) und der Julisch-Claudischen Dynastie (jedoch vor 59 n.Chr.) erstmals verwendet wurden.¹⁰³ Sie können somit als eine der ersten kinetisch funktionalen Elemente in der Architektur betrachtet werden. Sie hatten einen eindeutigen Zweck. Manche Quellen sprechen sogar davon, dass nicht nur die Zuschauerreihen mit diesen Segeln überspannt waren, sondern gar das ganze Amphitheater durch sie beschattet werden konnte.

Wie Hermann Büsing in seiner Buchrezension zu „Vela erunt. Die Zeltdächer der römischen Theater und ähnlicher Anlagen“ von Rainer Graefe schreibt, ist das Problem des „Velums“, dass trotz Auswahl hochwertiger Hölzer für die Tragkonstruktion „bei hohem Sonnenstand schätzungsweise ein Drittel der Sitzplätze, bei tiefem Sonnenstand vielleicht sogar die Hälfte der Sitzplätze von Schatten nicht erreicht wurden. Darüber hinaus fiel den meisten Besuchern, die nicht im Schatten saßen die Sonne blendend ins Gesicht: nur auf den obersten billigen Rängen hielt dann das Velumdach das Gegenlicht ab.“¹⁰⁴

¹⁰³ vgl. Bomgardner (2000) *The Story of the Roman Amphitheater*, S. 49

¹⁰⁴ vgl. Büsing (1981) *Rainer Graefe : Vela erunt. Die Zeltdächer der römischen Theater und ähnlicher Anlagen* in *Gnomon*, 53(4), S. 370

Villa Girasole – Angelo Invernizzi

„Villa Girasole“ (was ins Deutsche übersetzt soviel bedeutet wie „Villa Sonnenblume“) ist ein drehbares Haus in der italienischen Ortschaft Marcellise und wurde im Jahre 1935 fertiggestellt. Geplant wurde es vom italienischen Ingenieur Angelo Invernizzi.

Der markanteste Teil ist der Turm, der einem Leuchtturm ähnelt, der den Eckpunkt eines rechteckigen Baukörpers markiert. Das Gebäude dreht sich als Ganzes rund um die vertikale Achse des Turms. Angelo Invernizzis Tochter Lidia Invernizzi-Viacri beschreibt das Gebäude mit den Worten: „‘Il Girasole‘ bewegt sich unmerklich, wie eine Uhr.“ („‘Il Girasole‘ moves imperceptibly, like a watch.“¹⁰⁵)

Die Drehung mit der Sonne ist gegeben, da eine ganze Umdrehung innerhalb von neun Stunden und 20 Minuten durchgeführt werden kann, was deutlich unter 24 Stunden liegt. Die Umfangsgeschwindigkeit beträgt 4 mm/sec was insofern erstaunlich ist, da die Bewegung der Konstruktion mit einem Gewicht von 1.500 t nur mithilfe von zwei Motoren mit einer Gesamtenergieaufnahme von 2,2 kW bewerkstelligt wird.¹⁰⁶ Dieser Wert ist in etwa mit einem herkömmlichen Benzinrasenmäher vergleichbar.

¹⁰⁵ vgl. Schaub & Meili (1995) *Il Girasole : A House near Verona* [Film], Übersetzung des Autors

¹⁰⁶ vgl. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein (1936) *Villa Girasole in Marcellise (Verona)* in Schweizerische Bauzeitung, S. 274



Abbildung 50: Villa Girasole, Loftenberg.com (2011) *Revolving House in Italy*, einsehbar im [www](http://www.loftenberg.com)

Walking City – Ron Herron

Ron Herron, der Planer und Denker der „Walking City“¹⁰⁷, sah sie als ein „Objekt, daß sich langsam über die Erde bewegt wie ein riesiges Luftkissenfahrzeug, und seine Beine nur zum Höhenausgleich benutzt, wenn es sich niederläßt. Für mich [Ron Herron Anm.d.Autors dieser Arbeit] war es eine durchaus friedlich wirkende Maschine.“¹⁰⁸ Von vielen wurde es jedoch gänzlich anders aufgenommen. So kam Constantinos Doxiadis beispielsweise zu dem Schluss, dass es gar das schlechteste Beispiel einer Zukunftsstadt sei und diese Städte wie Panzer durch die Gegend fahren und jegliches Leben der Menschen und Pflanzen außerhalb dieser „Walking City“ zerstören würden („The worst example of all, however, appeared at a 1963 London exhibition where a walking city was shown, with all buildings conceived as steel tanks moving mechanically and certainly crushing, as tanks do, nature and any person outside them.“¹⁰⁹).

¹⁰⁷ vgl. Banham (1995) *Die Visionen des Ron Herron*, S. 73

¹⁰⁸ vgl. ebda. S. 75

¹⁰⁹ vgl. Doxiadis (kein Datum) *Ecumenopolis: Tomorrow's City*, S. 7, einsehbar im www

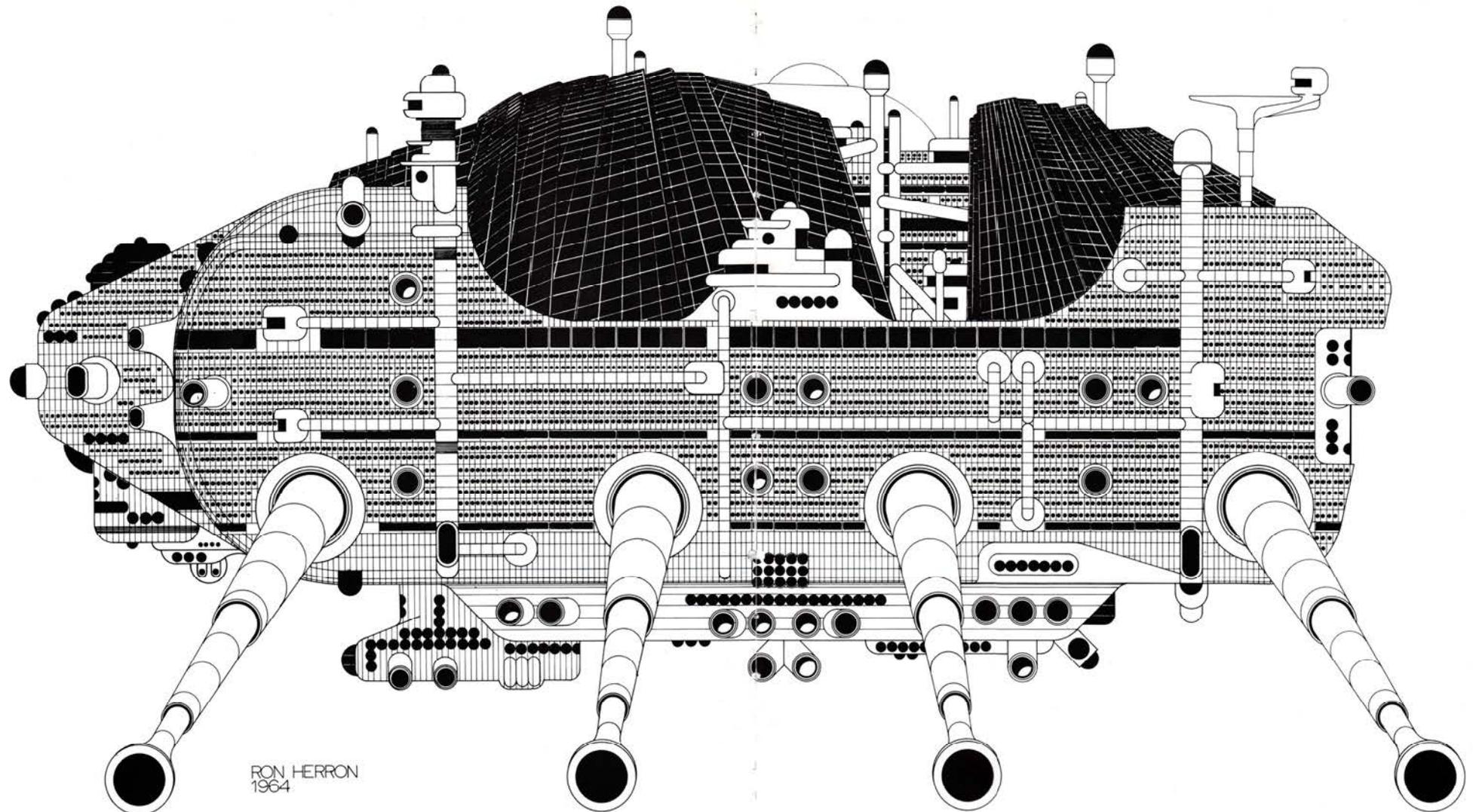


Abbildung 51: Cities Walking, Banham (1995) *Die Visionen des Ron Herron*, S. 72-73

Jedoch verbinden viele das Projekt mit der Gruppierung Archigram. Der Name Archigram (Architecture+Telegram) stand am Anfang eigentlich für eine gemeinsam produzierte Zeitschrift. Sie wurde 1961, von den jungen Architekten Peter Cook, David Greene und Mike Webb, ins Leben gerufen. Für die Zweite Ausgabe, welche 1962 veröffentlicht wurde, wurden noch zusätzlich Ron Herron, Dennis Crompton und Warren Chalk von den drei Gründungsmitgliedern eingeladen. 1963 kam es dann, am Institute of Contemporary Art, zu der von Constantinos Doxiadis erwähnten Ausstellung „Living City“. Vor allem die Vorstellung des Zukünftigen Lebens waren Interessen der Gruppe, die schon bald nur mehr unter dem Namen ihrer Zeitschrift bekannt war.

In ihrer Denkweise über Großstrukturen sind sich Archigram mit den, in Japan ansässigen, Metabolisten, welche auch Konzepte für eine zukünftige Massengesellschaft entwickeln, einig.¹¹⁰ Auch die Verbindung von Technologie, Gesellschaft und Architektur war ein Thema bei Archigram. Ebenfalls angedacht war die Möglichkeit über „ausfahrbare Arme“¹¹¹ Verbindungen zwischen den einzelnen beweglichen Objekten zu schaffen, um auch zwischen diesen einen Austausch an Menschen und Waren zu ermöglichen.

Zu dieser Zeit war es allerdings noch absolut undenkbar, dieses Projekt auch wirklich bis zur Ausführung zu bringen.

¹¹⁰ Die Brockhaus Enzyklopädie Online, Titel: *Metabolismus (Architektur)*, einsehbar im [www](http://www.brockhaus.de)

¹¹¹ vgl. Banham (1995) *Die Visionen des Ron Herron*, S. 73

Die Idee von beweglichen Großstrukturen wird auch in der gegenwärtigen (theoretischen) Architekturproduktion oft aufgegriffen. Als Beispiel sei hier das Projekt „Very Large Structure“ von Manuel Dominguez (von der Escuela técnica superior de arquitectura de Madrid) erwähnt.¹¹²



Abbildung 52: VLS von Manuel Dominguez, Peters (2013) *A 600-Foot-Tall City On Wheels, For When It's Time To Get Away From It All*, einsehbar im [www](#)

¹¹² vgl. Lobe (2014) *Eine Stadt, die durch die Gegend fährt*, einsehbar im [www](#)

Yokohama – OMA

Rem Koolhaas, Pritzker-Preisträger vom Jahr 2000, und sein Büro OMA (Office for Metropolitan Architecture) sind bekannt für ihren konzeptuellen Zugang zur Architektur.

Der Wettbewerb für den Masterplan war ein Projekt von OMA 1992. Yokohama ist eines von fünf Arealen, die für die Entwicklung rund um den Hafen Yokohamas, welcher direkt angrenzend an „Minato Mirai 21“ liegt, angedacht sind.¹¹³

„Minato Mirai 21“ bedeutet übersetzt „Hafen Zukunft 21“¹¹⁴ und ist ein Entwicklungsgebiet der Stadt Yokohama. Es wird vor dem alten Hafen ins Wasser gebaut und soll das alte Stadtzentrum mit dem neuen, das in den 1960er Jahren am Hauptbahnhof entstanden ist, verbinden.¹¹⁵

„Der Entwurf unterscheidet also zwischen zwei Arten von Architektur: zum einen eine ‘lite architecture’, die im eigentlichen Sinne keine Architektur mehr ist, sondern flexibel, variabel, mannigfaltig, und innerhalb weniger Tage wieder abgebaut werden kann, zum anderen eine Architektur dauerhafter, massiver Behälter.“¹¹⁶ Rem Koolhaas unterscheidet in seiner Beschreibung in fixe und temporäre Architektur.

¹¹³ vgl. OMA (1992) *Yokohama Masterplan, Japan, Yokohama*, einsehbar im [www](#)

¹¹⁴ Yokohama Minato Mirai 21 (kein Datum) *What is Minato Mirai 21?*, einsehbar im [www](#)

¹¹⁵ vgl. Koolhaas & OMA (1993) *Yokohama* in Arch+, 117, S. 64)

¹¹⁶ ebda. S.66

Interessant ist vor allem das Diagramm, welches den programmatischen Ansatz dieses Projektes zeigt. Darin zu erkennen ist die zeitliche Nutzung der Fläche für verschiedene Nutzungsarten wie Markt, Kino oder Unterhaltung über eine Tagesperiode aufgliedert.

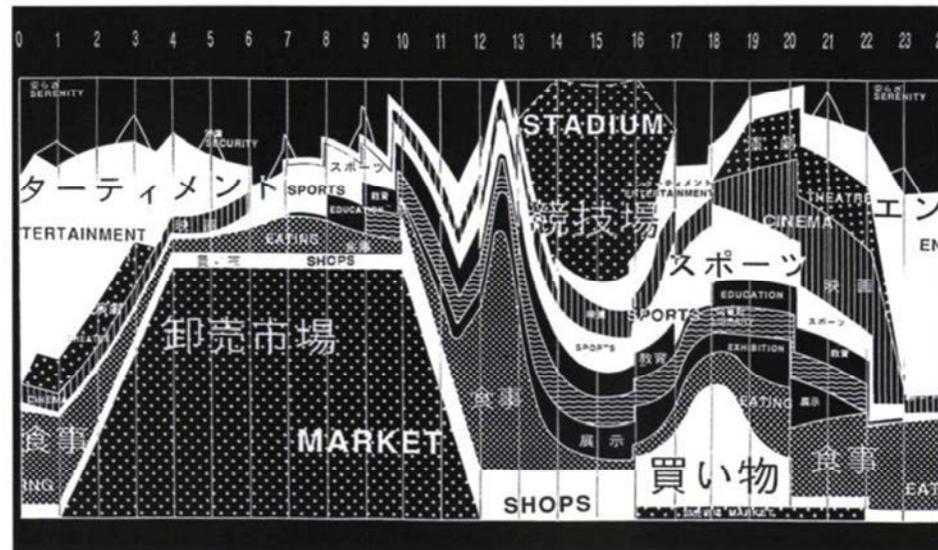


Abbildung 53: Nutzung des Areal nach Aktivitäten, Koolhaas & OMA (1993) *Yokohama* in Arch+, 117, S. 64

Es kann argumentiert werden, dass jede Änderung ein potentieller Angriffspunkt für die Idee von beweglicher Architektur wäre und zu Koolhaas' Beschreibung von „lite architecture“ eine noch schnellere Ebene hinzufügen würde.

Ein weiterer Protagonist welcher bei diesem Thema nicht unerwähnt bleiben sollte ist Jos P. Weber, vor allem, da er einige Jahre vor Rem Koolhaas erschien. Er unterteilt die unterschiedlichen Methoden der Planung in die lineare Planung und die Streubereichsplanung. Dies führt uns zum Begriff "Entwicklungszustandsplanung". Er geht davon aus, dass es beim Entwurf niemals die eine fertige, „richtige“ Lösung gibt, sondern die Planung an den Bereich der möglichen Entwicklungswege angepasst werden sollte um somit die zukünftigen Ausbaustufen uneingeschränkt zu ermöglichen.¹¹⁷

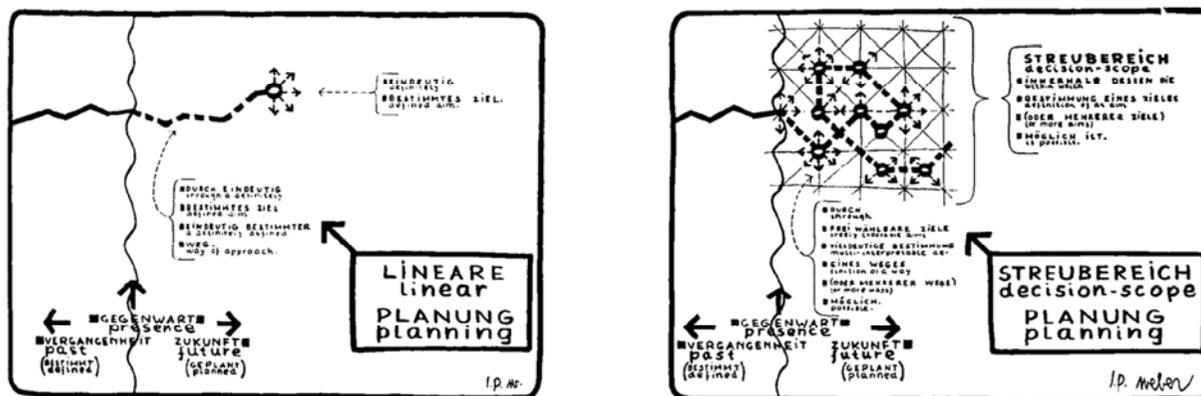


Abbildung 54: Jos P. Webers Vergleich Lineare Planung – Streubereichs Planung, Huber & Huber (1970) *Von der Endzustandsplanung zur Entwicklungszustandsplanung von Bildungseinrichtungen* in (Das) Werk, 57(2), S. 125

Ein Beispiel dieser Idee ist die Wohnanlage "Wohnen Morgen" in Hollabrunn, welche in Kooperation mit Ottokahr Uhl entstand. Ausgangspunkt war eine Wettbewerbsserie im Jahr

¹¹⁷ vgl. Huber & Huber (1970) *Von der Endzustandsplanung zur Entwicklungszustandsplanung von Bildungseinrichtungen* in (Das) Werk, 57(2), S. 125

1971, die in jedem österreichischen Bundesland ein innovatives Wohnprojekt vorsah. Grundgedanke des Projektes war, innerhalb eines vorgegebenen Rohbaus den BewohnerInnen die Möglichkeit zu geben, den Ausbau der Wohnungen nach ihren Wünschen zu fertigen. Es konnten anhand eines Regelungssystems mit einem einheitlichen Raster (Achismaß 5,10m x 9,60m)¹¹⁸ unterschiedliche Gebäude- und Wohnungstypen realisiert werden. Diese Unterteilung in vorgegebene Primärstruktur und selbstentwickelte Sekundärstruktur ist Grundgedanke der sogenannten, in diesem Projekt als Leitidee angeführten, S.A.R.-Methode.¹¹⁹ Diese Methode beruht auf John Habrakens Gedanken von „Wohnträgern“ und wurde im S.A.R. (Stichting Architectural Research, holländisch für Stiftung Architektur Forschung), auf Grund von seinem Buch „Die Träger und die Menschen“ (veröffentlicht 1961), ausgearbeitet. Darunter verstehen Habraken und sein Team „ein Gebäude, in dem ein Bewohner sich sein eigenes Heim mit Hilfe von industriell vorgefertigten Einbauelementen nach seinen eigenen Bedürfnissen einrichten kann“¹²⁰.

Obwohl dieser partizipatorische Ansatz für die Benutzer und Benutzerinnen als gut zu erachten ist, fand er in Hollabrunn nur Anfangs großen Zuspruch. Die Zahl der InteressentInnen sank,

¹¹⁸ vgl. Steger (2005) *Vom Bauen : Zu Leben und Werk von Ottokar Uhl* [Dissertation], S. 78

¹¹⁹ vgl. Steger (2005) *Vom Bauen*, S. 55

¹²⁰ vgl. Habraken (1968) *Wohnstrukturen* in *Werk*, 55(2), S. 122

nach der ersten Präsentation im Stadtsaal Ende Juni 1973 [sic!], von 60 auf 20 im Jänner 1974 als konkret Wohnungen reserviert werden konnten.¹²¹

Auch laut Manfred Wolff-Plottegg versteht die Entwicklungszustandsplanung "einen Bau nie als fertiges Produkt, sondern als ein Gebilde, welches in sich wandlungsfähig und anpassungsfähig ist, dessen Teile von unterschiedlicher Lebensdauer sein können."¹²²

Der Gedanke der Entwicklungszustandsplanung ist ein großer Vorteil für alle ArchitektInnen die im Wohnbau tätig sind. Lucius Burckhardt stellt den Vergleich einer Familie mit deren Raumanforderungen und deren Einkommen auf. So gibt es am Anfang und am Ende dieses Zykluses jeweils geringe Raumanforderungen, da man ohnehin erst oder schon wieder zu zweit ist. Dazwischen, also in der Zeit der Kindererziehung ist die Raumanforderung jedoch höher. Die Entwicklung des Einkommens hingegen steigt im Normalfall stetig an. Zusammenfassend spricht Burckhardt zwei zueinander völlig konträren Zeiten, wobei die erste mit hohem Raumbedarf und wenig Einkommen gekennzeichnet ist und die zweite Periode durch wenig Raumbedarf und hohem Einkommen beschrieben werden kann.¹²³

¹²¹ vgl. Freisitzer, Koch, & Uhl (1987) *Mitbestimmung im Wohnbau : Ein Handbuch*, S. 147

¹²² vgl. Wolff-Plottegg (1996) *Architektur Algorithmen*, S. 251

¹²³ vgl. Burckhardt (2004) *Wer plant die Planung? : Architektur, Politik und Mensch*, S. 306f

Zugbrücken

Baute man am Anfang noch Burganlagen aus Holz auf einem eigens aufgeschütteten Erdhügel, wurde ab dem 9./10. Jahrhundert damit begonnen Burganlagen ausschließlich aus Stein zu errichten.¹²⁴ Jedoch waren schon immer die Eingänge zu Burgen die große Schwachstelle und wurden deshalb mittels dem Burggraben und Brücken, welche bei einem Angriff einfach in den Graben geworfen oder gestoßen wurden, gesichert. Um nicht nach jedem Angriff eine neue Brücke bauen zu müssen, wurden bald unterschiedliche Mechanismen erprobt um mittels beweglichen Bauteilen einen sicheren Zugang zur Burg zu gewähren und gleichzeitig vor unbetenen Gästen geschützt zu sein.

Für die Zugbrücke werden auch die Bezeichnungen Schwippbrücke, Wippbrücke, Klappbrücke oder Kippbrücke benutzt.¹²⁵ Grundsätzlich handelt es sich bei allen genannten Möglichkeiten um eine Drehung eines steifen Bauteils um eine Achse von einer horizontalen Ebene in eine vertikale Ebene.

In der Literatur findet sich eine Einteilung der Zugbrücken in drei Kategorien¹²⁶, wobei die grundsätzliche Unterscheidung die Konzepte betrifft wie die Brückenplatte angehoben bzw. in dieser Position gehalten wird betrifft:

¹²⁴ vgl. Kohlbecher (kein Datum) *Entwicklung einer Burg*, einsehbar im [www](#)

¹²⁵ vgl. Comité International d'Historie de l'Art (1996) *Glossarium artis : Dreisprachiges Wörterbuch der Kunst. Band 1. Burgen und feste Plätze*, S. 96

¹²⁶ vgl. ebda. S. 98

- Gegengewichtsbrücke
- Kettenbrücke (auch Kettenzugbrücke)
- Schwungrutenbrücke

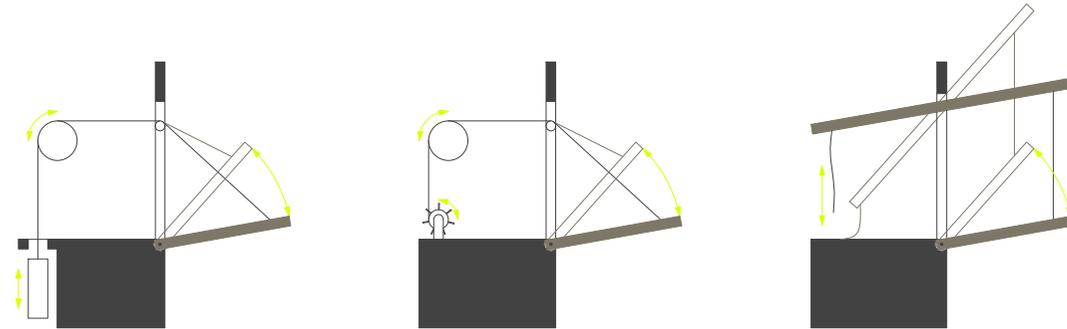


Abbildung 55:Gegenüberstellung der Prinzipien einer Gegengewichtsbrücke (links), einer Kettenzugbrücke (mitte) und einer Schwungrutenbrücke (rechts) im Schnitt, eigene Darstellung

Gegengewichtsbrücke: Hier führt eine an der Brückenplatte angebrachte Kette ins Torinnere. Die Brückenplatte wird mittels absenkbarer Gewichte im Torinneren angehoben und gehalten.

Kettenzugbrücke: Wie bei der Gegengewichtsbrücke führt auch hier eine Kette von der Brückenplatte ins Torinnere. Über einen Wellbaum wird Zug auf diese Kette gebracht und die Brückenplatte angehoben. Um die Platte in einer gewissen Höhe zu halten wird der Wellbaum blockiert.

Schwungrutenbrücke: Zwei parallele, sich über der Brücke befindliche, Balken (die sogenannten „Schwungruten“), werden im Torinneren mittels Querbalken verbunden und es entsteht ein starres Gefüge. Um bei diesem Typus die Brückenplatte anzuheben müssen die Schwungruten abgesenkt werden. Falls die Brückenplatte in einer Position verharren soll muss sichergestellt werden, dass die Schwungrute in einer Position gehalten wird.

Es fällt somit auf, dass die ersten beiden Beispiele (Gegengewichtsbrücke und Kettenzugbrücke) im Sinne eines Zugbrückenkonzepts gleich zu behandeln sind. Die einzige Unterscheidung ist, wie die Positionshaltung der Brückenplatte gewährleistet wird. Die Kraftumlenkung ist bei beiden Varianten gleich. Einzig die Schwungrutenbrücke hat hier ein anderes Grundkonzept.

Die Zugbrücke bei Burgen wurde in der Periode des Mittelalters in der Zeit der Rolloniden und Plantagenêten Herrschaft des Königreichs England zwischen 1066 und 1485 eingeführt.¹²⁷

¹²⁷ vgl. Alchin (kein Datum) *Castle Drawbridge*, einsehbar im [www](#)

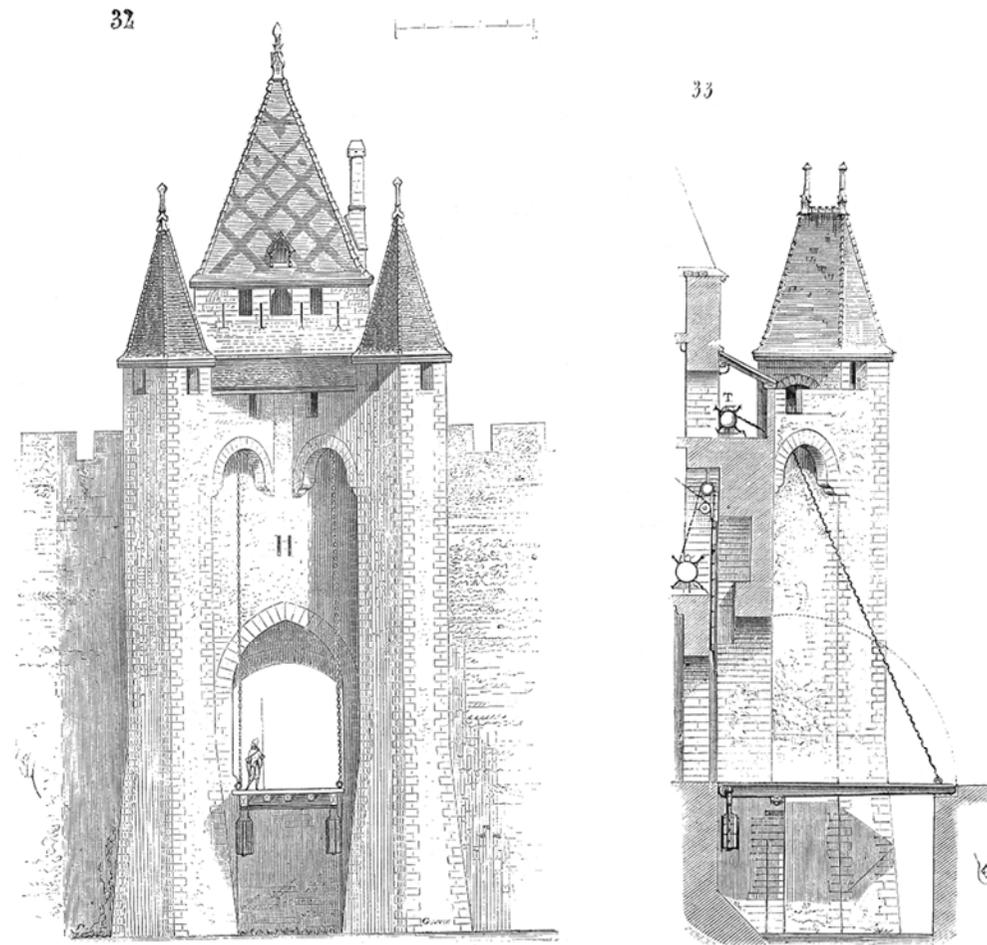


Abbildung 56: Stadttor Villeneuve-sur-Yonne, Bild 32 Viollet-le-Duc (1864) *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI. au XVI. siècle. Tome 7 : Palais - Puits*, S. 356, Bild 33 ebda. S. 358



Abbildung 57: ÜberschriftenZeichner "3 Design", Screenshot, eigene Darstellung

3 Design

3.1 Konzeption

Im Grunde basiert das Programm „Moving Architecture“ konzeptuell auf drei Bausteinen. Der Eingabe, den Regeln und Algorithmen, die „Moving Architecture“ verwendet, um die Bauteile zu generieren und sie zu bewegen und der Analyse. Da jedoch keine gebauten Strukturen bestehen, mit denen das Programm benutzt werden kann, gibt es als vierten Teil ein Simulationsprogramm, welches nur den Zweck der Darstellung erfüllt. Das Herzstück sind jedoch die Algorithmen und Regeln.

Für die Programmierung des Computerprogramms wird die Programmiersprache und Entwicklungsumgebung „Processing“ verwendet.

Im Folgenden wird das Programm „Moving Architecture“ in vier (lineare) Teilsysteme untergliedert, welche sich aus den vorhin beschriebenen Programmbausteinen ableiten lassen.

- Teilsystem „Eingaben“
- Teilsystem „Regeln und Algorithmen“
- Teilsystem „Analyse“
- Teilsystem „Simulation“

Diese Teilsysteme haben nichts mit der grafischen Umsetzung des Computerprogramms zu tun. Dies ist ein eigener Abschnitt, welcher im Unterkapitel „Grafik“ behandelt wird.

In den folgenden Unterkapiteln werden die eben aufgelisteten Teilsysteme beschrieben und deren Beziehungen untereinander erklärt. So sind beispielsweise die Teilsysteme „Regeln und Algorithmen“ und „Analyse“ voneinander abhängig. Die Regeln greifen auf Daten der Analyse zu und die daraus abgeleiteten Aktionen verändern die Analysedaten wieder. Es entsteht eine Rückkopplung innerhalb des Systems.

3.1.1 Teilsystem „Eingaben“

Bei der Planung durch Programmierung wird der Entwurfsprozess und im Falle dieser Arbeit auch der Steuerungsprozess auf den Computer verlagert und nur durch Regeln steuerbar. Diese Regeln können fixiert sein wie beispielsweise „Zähle zwei und drei zusammen“ oder aber auch eine Eingabe erfordern wie „Zähle X und Y zusammen“.

Ein Punkt, welcher beschrieben werden muss, ist die Kommunikation zwischen Mensch und Computer. So gilt es zu beachten, dass diese Kommunikation niemals eine gleichmäßige sein kann, da beide Kommunikationswege nur bedingt über dieselben Kanäle laufen können. Wie auch beim Menschen läuft die Aufnahme und Ausgabe von Ton am Computer über andere „Hardware“. Beim Computer sind es beispielsweise Mikrophon und Lautsprecher, beim Menschen sind es Ohren und Mund.

Kommunikation vom Mensch zum Computer läuft meist über Tastatur und Maus ab und nur bedingt über Bild (Webcam) oder Ton (Mikrofon). Auf der anderen Seite kommuniziert der Computer jedoch meist über Bild (Bildschirm) und Ton (Lautsprecher). Demnach ist es viel einfacher eine auf gleicher Ebene stattfindende Kommunikation zwischen Objekten zu realisieren, da diese die gleichen Kommunikationswege nutzen können. Dies ändert sich erst dann wieder, sobald der Mensch in den Kommunikations- und Interaktionsprozess eingreifen möchte.

Schon die ersten höheren Programmiersprachen wie FORTRAN, ALGOL oder LISP, hatten die Möglichkeiten der benutzerseitigen Dateneingabe und computerseitigen Datenausgabe.¹²⁸

FORTRAN wurde zwischen 1954 und 1957 bei IBM entwickelt und ist auch heute noch gebräuchlich, wobei der letzte FORTRAN-Standard aus dem Jahr 2010 stammt.¹²⁹ Seit Beginn hat FORTRAN die codierten Befehle READ() und WRITE(), die für die Eingabe und Ausgabe von Daten zuständig sind.

Auch der „Duden Informatik“ führt die Eingabe als essentiell für die Verarbeitung an.

Mit EVA (Eingabe – Verarbeitung – Ausgabe) wird ein „Grundprinzip“¹³⁰ oder „Grundschema“¹³¹ der Datenverarbeitung bezeichnet. Diese Untergliederung ist auch beim

¹²⁸ Die Brockhaus Enzyklopädie Online, Titel: *Programmiersprachen*, einsehbar im [www](http://www.brockhaus-encyklopaedie.de)

¹²⁹ vgl. Redinger (2011) *Fortran Forever?* in ZIDline, 23, S. 8ff)

¹³⁰ vgl. Fischer & Hofer (2011) *Lexikon der Informatik*, S. 307)

Menschen erkennbar. Man denke beispielsweise an eine einfache Kopfrechnung wie „Fünf minus Zwei“. Die Angabe wird vom Auge erfasst und an das Gehirn weitergeleitet. Dort findet die Verarbeitung (als digitale Neuronensignale) statt und das Ergebnis können wir durch den Mund ausgeben oder über einen Stift, der in unserer Hand liegt, niederschreiben. Somit wird die Digitalisierung und Analogisierung von unserem Gehirn (meistens unbewusst) durchgeführt. Wird die Verarbeitung jedoch mit einem Computer durchgeführt und die Eingabedaten liegen in analoger Form vor, müssen sie vor der Verarbeitung digitalisiert werden.

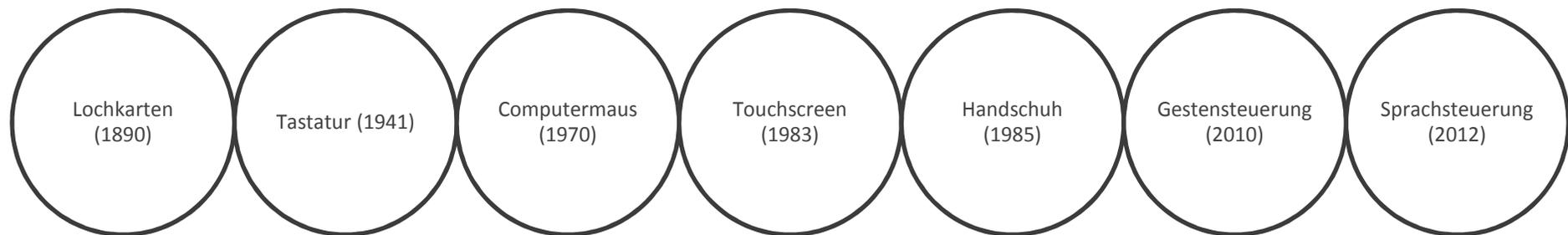


Abbildung 58: Entwicklung der Eingabemethoden bei Computersystemen, eigene Darstellung

Wird die Entwicklung der Kommunikation zwischen Mensch und Computer betrachtet, so fällt auf, dass die benötigten Hilfsmittel für die Eingabe immer weniger werden. So waren am Anfang für eine Interaktion Lochkarten notwendig. Durch Einstanzungen in eine analoge Karte blieben die Eingabedaten auch gespeichert. Bei diesem analogen Arbeitsschritt findet auch

¹³¹ Die Brockhaus Enzyklopädie Online, Titel: *EVA-Prinzip*, einsehbar im [www](http://www.brockhaus.de)

schon die Digitalisierung statt. Erstmals verwendet wurde dieses, von Herman Hollerith entwickelte, System 1890 bei der Amerikanischen Volkszählung.¹³²

Im Mai 1941 wurde der, von Konrad Zuse entwickelte Rechner, "Z3" öffentlich vorgestellt und mit ihm die erste numerische Tastatur zur Eingabe. Die heute bekannte QWERTZ Tastatur wurde jedoch schon früher bei Schreibmaschinen eingesetzt. So gibt es ein Patent von Christopher Latham Sholes vom Jahre 1878 in dem die am meisten genutzten Tasten einer Schreibmaschine räumlich getrennt waren, um ein Verkeilen dieser zu vermeiden.¹³³ Auch die leichte Versetzung der Tasten beruht auf der Vermeidung einer Verkeilung bei der Schreibmaschine.¹³⁴

Die Computermouse basiert auf einem im Jahr 1970 eingereichten Patent vom Erfinder Douglas Engelbart. Sie bestand aus zwei Metallrädern, jeweils eines für die X- und eines für die Y-Achse, und einer hölzernen Ummantelung.¹³⁵

Der erste berührungsempfindliche und kommerziell erhältliche Monitor war Teil des HP-150 und wurde 1983 vorgestellt.¹³⁶ Die heute bekannte Multi-Touch-Technologie, also die

¹³² Die Brockhaus Enzyklopädie Online, Titel: *Lochkarte (Datenverarbeitung)*, einsehbar im [www](#)

¹³³ vgl. Sholes (1878) *Patentnr. 207,559 USA*

¹³⁴ vgl. Schneider (2012) *Die Tastatur – Eine kleine Geschichte des Computer-Eingabegeräts Nr.1*, einsehbar im [www](#)

¹³⁵ vgl. Engelbart (1970) *Patentnr. 3,541,541 USA*

¹³⁶ vgl. da Cruz (2001) *The HP-150*, einsehbar im [www](#)

Berührung an mehreren Punkten und daraus resultierende Multi-Touch-Gesten, wie das Zoomen mit zwei Fingern, wurde 2004 von der Firma Apple zum Patent angemeldet.¹³⁷

Heutzutage gebräuchlich sind auch Hybridsysteme zwischen Maus- und Toucheingabe wie die seit 2009 erhältliche Apple Magic Mouse.¹³⁸

Im 1985 veröffentlichten Patent von Thomas Zimmermann wird ein Handschuh mit Sensoren¹³⁹ gezeigt, was somit als ein Vorläufer der Gestensteuerung gesehen werden kann. 1989 startete dann der japanische Spielekonsolenhersteller Nintendo den Verkauf seines "Power Glove", dieser Datenhandschuh blieb jedoch wegen seiner schlechten Sensorik unbeliebt.¹⁴⁰

Wichtiger im Sinne der Gestensteuerung ist das von Microsoft im Jänner 2009 vorgestellte "Project Natal". Im November 2010 wurde der in "Kinect" umbenannte Bewegungssensor für die Spielkonsole XBOX 360 auf dem Markt eingeführt.¹⁴¹ Im Juni 2011 wurde dann auch ein Software Development Kit für das Computerbetriebssystem Windows herausgegeben, um auch eine Entwicklung für Computerprogramme mit Gestensteuerung zu lancieren.¹⁴²

¹³⁷ vgl. Hotteling, Strickson, & Huppi (2010) *Patentnr. US1787152 A*

¹³⁸ vgl. Topolsky (2009) *Apple's Magic Mouse: one button, multitouch gestures, Bluetooth, four-month battery life*, einsehbar im [www](#)

¹³⁹ vgl. Zimmermann (1985) *Patentnr. 4,542,291 USA*

¹⁴⁰ vgl. Matulef (2013) *The Power Glove gets its own feature-length documentary : The Power of Glove*, einsehbar im [www](#)

¹⁴¹ vgl. Lowensohn (2011) *Timeline: A look back at Kinect's history*, einsehbar im [www](#)

¹⁴² vgl. Olivarez-Giles (2011) *Microsoft releases Kinect for Windows SDK*, einsehbar im [www](#)

Aufgrund des Erfolges (24 Millionen verkaufte Geräte bis Februar 2013¹⁴³) wurde 2014 eine mit besseren Sensoren ausgestattete zweite Version veröffentlicht.

Ein weiterer Schritt zu besserem Informationsaustausch stellt die Spracheingabe dar. Dabei handelt es sich nicht um das biometrische Verfahren der Stimmerkennung, sondern um das Verständlichmachen gesprochener Sprache für den Computer.

Bei der Weltausstellung 1962 in Seattle präsentierte IBM seinen Rechencomputer "Shoebbox", der die Ziffern "Null" bis "Neun" und einfache Rechenaufgaben wie "Plus" oder "Minus" verstand und das Ergebnis dann mittels Lampen ausgab.¹⁴⁴ Ende der 1960er und Anfang der 1970er Jahre gelang dann der nächste Meilenstein mit der Entwicklung des "Hidden Markov Model" genannten stochastischen Verfahrens zur Spracherkennung.¹⁴⁵ Hierbei wird eine statistische Methode bezeichnet in der gewisse Satzkonstruktionen eine Wahrscheinlichkeit zugeschrieben wird. So ist es wahrscheinlicher, dass auf "Ich putze mir die" eher "Nase" als "Vase" folgt. Dieses Wissen kann genutzt werden um schlecht verstandene Wörter zu rekonstruieren.

In den letzten Jahren haben die größten Computerentwickler Google, Microsoft und Apple jeweils einen Sprachassistenten vorgestellt. Vor allem genutzt werden diese für einfache Kommandos wie „Stelle meinen Wecker auf XX:XX.“ oder „Wann habe ich meinen nächsten

¹⁴³ vgl. Epstein (2013) *Microsoft says XBOX 360 sales have surpassed 76 million units, Kinect sales top 24 million*, einsehbar im [www](#)

¹⁴⁴ vgl. IBM (kein Datum) *IBM Shoebbox*, einsehbar im [www](#)

¹⁴⁵ vgl. Rabiner (1989) *A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications on Speech Recognition* in *Proceedings of the IEEE*, 77(2)

Termin?" genutzt. Da die Abfragen jeweils aufgenommen, an die Firmenserver übertragen und dann die Ergebnisse wieder zurückgesendet werden, können durch die gewonnenen Erfahrungen am Server die Abfragen weiter verbessert werden.

Die letzte Eingabeart stellt das, für die Zukunft interessante, Brain-Computer-Interface dar. Hierbei wird die elektrische oder hämodynamische, den Blutfluss betreffende, Aktivität von Hirnregionen gemessen und anhand von vorhin erlernten Mustern ein Eingabewille abgeleitet. Jedes Brain-Computer-Interface-System besteht aus vier Bausteinen¹⁴⁶:

- Signalbeschaffung („signal acquisition“)
- Signalbearbeitung („signal processing“)
- Geräte und Anwendungen („devices and applications“)
- Interface oder Betriebssystem („interface or operating system“)

Die Signalbeschaffung wird zumeist mit einer Sensorenhaube bewerkstelligt, die die elektrische Aktivität des Gehirns misst. Die Verarbeitung und die Anwendung der somit ermittelten Daten wird über ein Interface oder ein Betriebssystem zum Nutzer über eine ausgeführte Aktion oder eine Visualisierung dargestellt. Es kommt somit zu einer direkten Rückkopplung der Eingabe. Man spricht von einem "Closed-loop System"¹⁴⁷. Das Brain-Computer-Interface soll vor allem verletzte oder beeinträchtigte Menschen helfen zurück zur Normalität zu finden und am Alltag

¹⁴⁶ vgl. future bnci (2012) *Future BNCI : A Roadmap for Future Directions in Brain / Neuronal Computer Interactions*, S. 21, einsehbar in www.futurebnci.com

¹⁴⁷ vgl. future bnci (2012) *Future BNCI : A Roadmap for Future Directions in Brain / Neuronal Computer Interactions*, S. 21, einsehbar in www.futurebnci.com

teilnehmen zu können. Aber auch Menschen ohne Verletzung oder Beeinträchtigung können durch ein Brain-Computer-System mit virtuellen Systemen natürlicher interagieren, als durch Maus und Tastatur.

Grundsätzlich erheben Mensch und Maschine ihre Daten aufgrund von den ihnen zur Verfügung stehenden Sensoren. Während beim Menschen alle Sinnesorgane, also Ohren, Nase, Hände, usw. als Sensoren bezeichnet werden können, haben moderne handelsübliche Computer meist nur Maus, Tastatur, Kamera und Mikrofon zur Verfügung. Sie sind somit auf Eingaben von außen angewiesen, um an Daten zu kommen. Der Mensch kann sich seine Daten selbst beschaffen und ist somit autonomer.

Allgemein betrachtet soll das Programm "Moving Architecture" nur am Anfang mit Daten versorgt werden um dann den Regeln entsprechende Entscheidungen zu treffen und sich selbst mit den benötigten Daten versorgen.

3.1.2 Teilsystem „Regeln und Algorithmen“

Zuerst müssen die drei unterschiedlichen Objekte des Computerprogrammes erklärt werden. Bei diesen handelt es sich um „Cell“, „Agent“ und „Wall“. Es wurde bewusst der Name „Wall“ und nicht die deutsche Bezeichnung „Wände“ gewählt, da somit ein Abstraktionslevel zwischengeschaltet wird, was im Zusammenhang mit der Arbeit erwünscht ist.

Die „Cell“ kann wie ein Rasterelement, welches zählt wie oft und wie lange ein „Agent“ oder eine „Wall“ auf ihr verweilt, betrachtet werden. Sie bleibt vom Start bis zum Beenden des Computerprogramms an der gleichen Position und ist dazu bestimmt Daten zu sammeln und diese dann an das Teilsystem „Analyse“ abzugeben. Ein „Agent“ ist ein Objekt, welches zu teilweise autonomem Verhalten, im Rahmen seiner programmierten Regeln, fähig ist. Der „Agent“ bewegt sich zufällig über eine Ansammlung von „Cell“-Objekten und kann auch an bestimmten Orten verweilen, hat aber nicht das Bedürfnis zur Schwarmbildung, wie beispielsweise die bekannte Spezialform „Boids“¹⁴⁸ von Craig Reynolds. Das Objekt „Wall“ ist dem „Agent“ ähnlich, bezieht aber viele ihrer Informationen vom Objekt „Agent“.

¹⁴⁸ vgl. Reynolds (2001) *Boids : Background and Update*, einsehbar im [www](http://www.craigreynolds.com/)

„Cell“

Eine „Cell“ hat die Aufgabe der Datengewinnung für die Analyse. Diese Objekte sind über eine zweidimensionale Liste (Array2D) angeordnet, sodass sich ein Schachbrettmuster ergibt. In jedem Feld dieser zweidimensionalen Liste sitzt eine „Cell“, welches mit Daten gefüllt werden kann und somit auch gezielt auf Daten von bestimmten „Cell“-Objekten zugegriffen werden kann, um sie für die Analyse aufzubereiten.

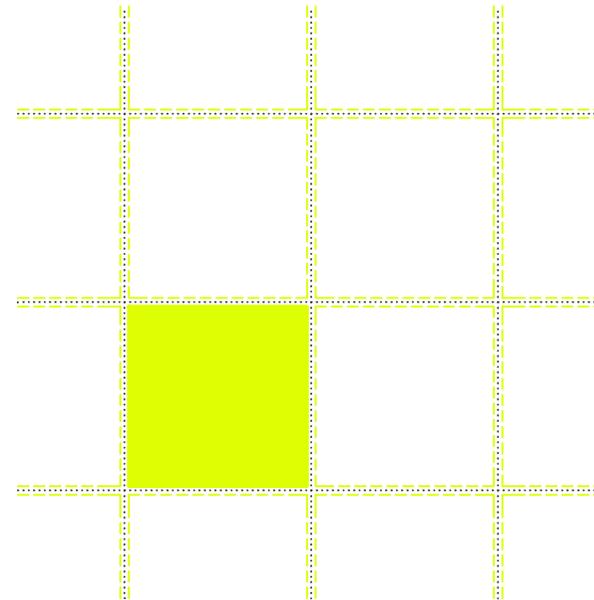


Abbildung 59: "Cell"-Objekt im Raster, eigene Darstellung

„Agent“

Der „Agent“ ist ein abstrahiertes Objekt, welches sich auf dem zweidimensionalen Raster zufällig bewegt. Er bewegt sich zwischen beliebig ausgewählten Orten und kann auch an diesen Stellen verweilen. Die einzige Eigenschaft, die er anhand des, global vergebenen, Parameters „Privatheit“ gegeben bekommt, bestimmt, ob er mit anderen „Agent“-Objekten, falls welche vorhanden, in Kontakt treten möchte oder ob er von ihnen abgeschirmt sein möchte. Diese beiden Parameter (die Anzahl der derzeitigen „Agent“-Objekte auf dem Raster und der Prozentsatz an „Agent“-Objekte welche die Privatheit bevorzugen) sind die beiden einzigen numerischen Werte, welche eingegeben werden.

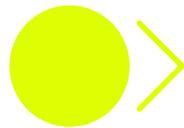


Abbildung 60: "Agent"-Objekt mit Bewegungspfeil, eigene Darstellung

„Wall“

Die „Wall“ ist ein dem „Agent“ ähnliches Objekt, das jeweils einem Punkt folgt, welcher genau in der Mitte auf einer gedachten Verbindungslinie zwischen zwei „Agent“-Objekten berechnet wird.

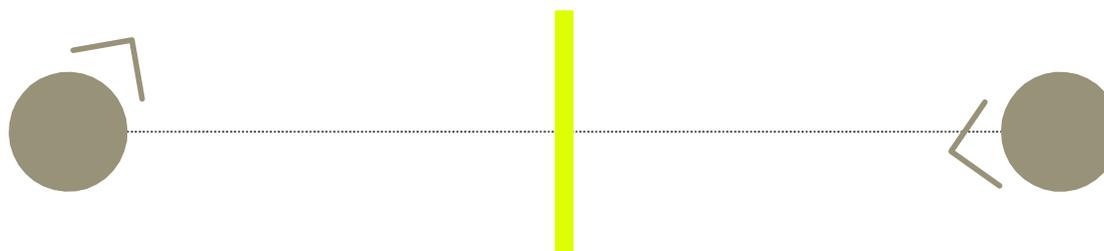


Abbildung 61: "Wall"-Objekt mit den beiden dazugehörigen "Agent"-Objekten, eigene Darstellung

Die Ausrichtung dieser "Wall" ergibt sich durch die Positionierung der beiden, für diese "Wall" verantwortlichen, "Agent"-Objekte zueinander. Jedoch ist die "Wall" nur dort erwünscht, wo mindestens einer der beiden "Agent"-Objekte Privatheit verlangt. Durch dieses Verfolgen eines Zielpunktes, kommt es im Vergleich zu den "Agent"-Objekten zu einer verzögerten Bewegung bei den "Wall"-Objekten. Das soll folgende Skizze eines zeitlichen Ablaufes erläutern.

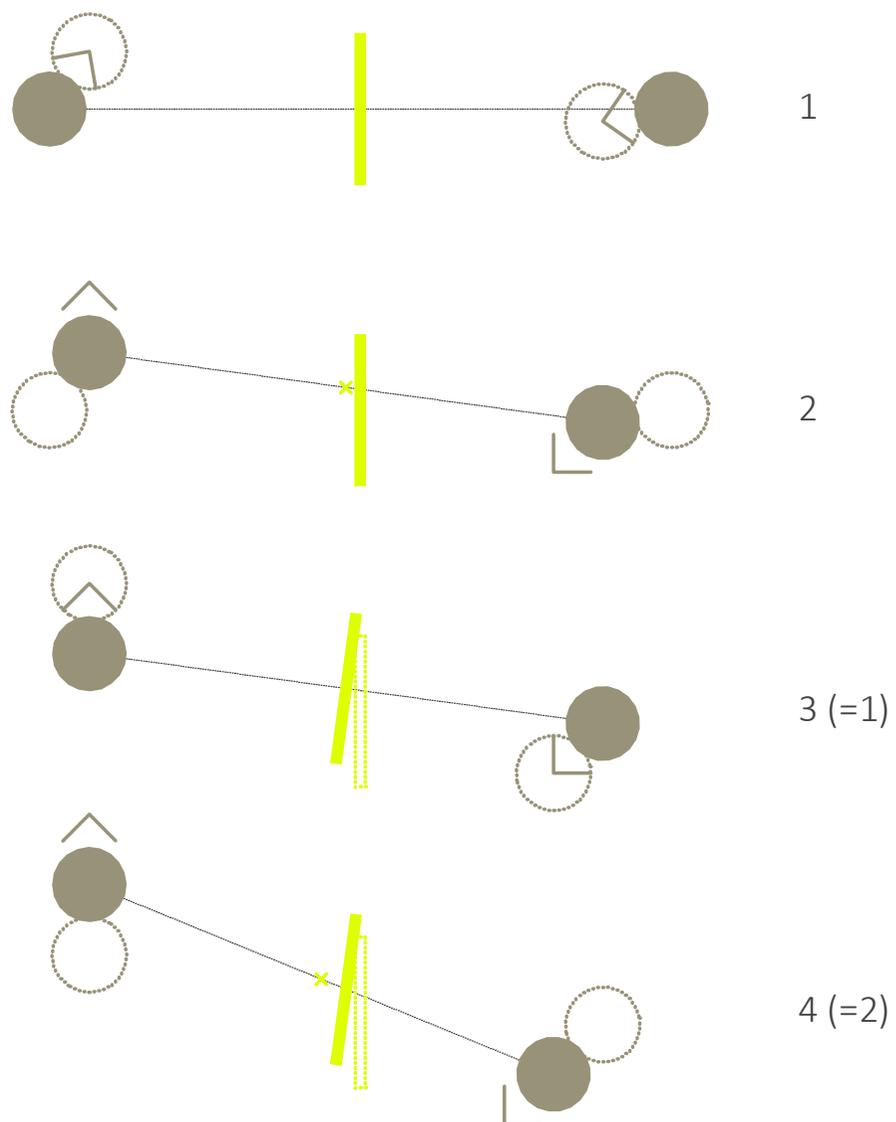


Abbildung 62: vier Phasen der Bewegung von "Agent" und "Wall", eigene Darstellung

Die Abbildung zeigt die vier Phasen welche mit den Ziffern Eins bis Vier auf der rechten Seite durchnummeriert sind. In Phase Eins bewegen sich die Agenten in unterschiedliche Richtungen. In Phase Zwei werden die neuen Positionen miteinander verglichen und der Mittelpunkt dieser beiden Punkte berechnet. In Phase Drei folgt nun die, diesen beiden "Agent"-Objekten zugeordnete, "Wall" dem vorhin berechneten Mittelpunkt. Gleichzeitig bewegen sich die beiden "Agent"-Objekte weiter, womit wieder Phase Eins erreicht wäre und die Berechnungen für den Zielpunkt der "Wall" von vorne beginnen. Der in der Abbildung als Phase Vier bezeichnete Zustand gleicht Phase Zwei.

Angenommen alle "Agent"-Objekte besitzen die Eigenschaft Privatheit, so nimmt die Zahl der „Wall“-Objekte demnach mit der Zahl der „Agent“-Objekte zu. So gibt es beispielsweise bei nur einem „Agent“ gar keinen Platzierungspunkt für eine „Wall“. Bei drei „Agent“-Objekten ergeben sich ebenfalls drei Punkte zur Platzierung von „Wall“-Objekten und bei fünf „Agent“-Objekten würde das zehn Platzierungspunkte ergeben.

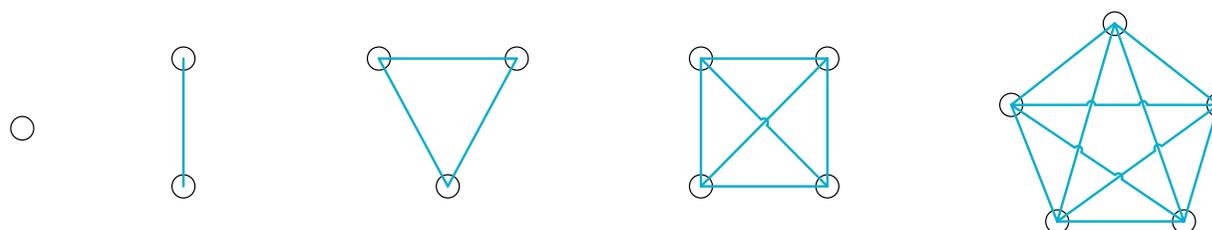


Abbildung 63: Verbindungslinien zwischen "Agent"-Objekten, eigene Darstellung

Die allgemeine Formel für die maximalen Verbindungen bei einer bestimmten Anzahl an Beteiligten, wenn „V“ die Anzahl an Verbindungen und „n“ die Anzahl der Beteiligten ist, lautet:

$$V = \frac{n \cdot (n - 1)}{2}$$

Es kommt somit bei einer Anzahl von drei Beteiligten zu einem spannenden Phänomen. Bei einer Anzahl von weniger als drei gibt es weniger Verbindungen und somit auch weniger „Wall“-Objekte als „Agent“-Objekte. Wenn eine Anzahl von drei „Agent“-Objekten erreicht ist, sind genau gleich viele „Wall“-Objekte vorhanden und sobald die Anzahl an „Agent“-Objekten diesen Wert von drei übersteigt, gibt es mehr „Wall“-Objekte als „Agent“-Objekte.

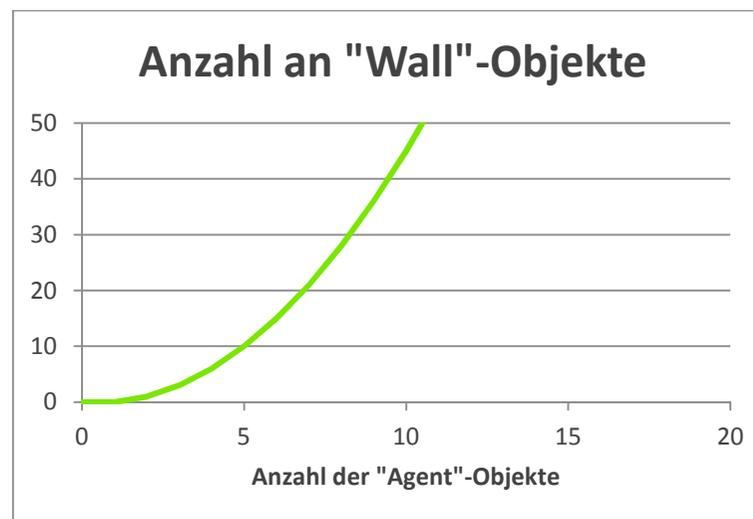


Abbildung 64: Diagramm "Wall"-Strukturen in Abhängigkeit von der Anzahl der "Agent"-Strukturen, eigene Darstellung

Das führt soweit, dass bei einer Anzahl von fünf „Agent“-Objekten genau doppelt so viele „Wall“-Objekte berechnet werden und bei einer Anzahl von 21 „Agent“-Objekten gibt es zehnmal so viele „Wall“-Objekte.

Diese "Wall"-Objekte folgen einem Zielpunkt, welcher sich durch den virtuellen Raum bewegt. Jede „Wall“ besitzt, wie auch jeder "Agent", einen Routine, um nicht ineinander zulaufen.

Die Bewegungen der einzelnen Strukturen werden nun in der "Cell" gespeichert, um sie für die Analyse zur Verfügung zu stellen. Zusammenfassend wird mit einem Diagramm erläutert,

welche Strukturen aufeinander einen Einfluss haben und wie die einzelnen Regeln der Strukturen aussehen.

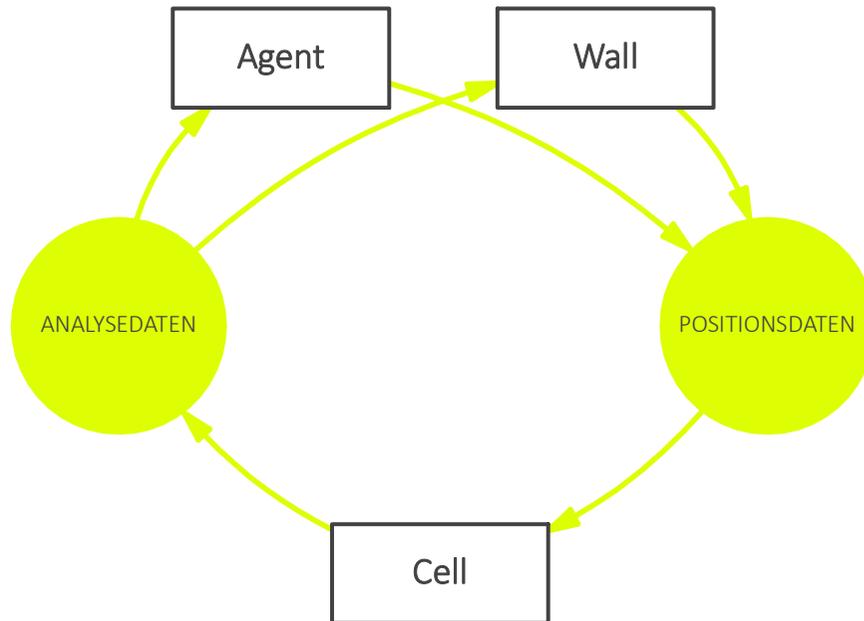


Abbildung 65: Diagramm der Abhängigkeiten der Objekte in "Moving Architecture", eigene Darstellung

Die Regeln werden jetzt ähnlich einem Pseudocode angeführt.

```
void Agent {  
  // Farbe laut Privatheit  
  // Bewege dich zufällig  
  // Vermeide eine Kollision  
}
```

```
void Wall {  
    // Finde deinen Zielpunkt  
    // Folge deinem Zielpunkt  
    // Vermeide eine Kollision  
}  
  
void Cell {  
    // Analysiere die Bewegung auf deinem Feld  
}
```

Code 1: Pseudocode Aufgaben der Objekte "Agent", "Wall" und "Cell"

3.1.3 Teilsystem „Analyse“

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit dem Teilsystem "Analyse", welches als eine Art System der Datenakquirierung und -auswertung verstanden werden kann. Da die Daten von anderen Programmstrukturen wieder aufgegriffen werden, kann auch die Datenbereitstellung als Aufgabe des Teilsystems "Analyse" gesehen werden. Es handelt sich somit um ein Monitoring- oder Überwachungssystem¹⁴⁹.

Grundsätzlich basiert dieses Teilsystem auf den Funktionen einer "Cell". Die Bewegungen der "Agent" und der "Wall"-Objekte werden in einer "Cell" gespeichert und ausgewertet. Die Zuteilung der Daten kann, da die "Cell"-Gesamtstruktur auf einem zweidimensionalen Array basiert, einfach erfolgen.

Ein jedes "Cell"-Element ist einem Rasterfeld zugeordnet und überwacht es sozusagen. Wenn nun eine "Agent"-Position oder eine "Wall"-Zielposition darauf landet, werden die dafür im

¹⁴⁹ Die Brockhaus Enzyklopädie Online, Titel: *Monitoring*, einsehbar im [www](http://www.brockhaus.de)

"Cell"-Objekt vorgesehenen Zähler erhöht. Vor allem der Zähler für die "Wall"-Zielpositionen ist wichtig, da damit Felder gefunden werden können, welche oft einer "Wall" bedürfen und man dieses Wissen als eine einfache Art von „selbstständigem Lernen“ betrachtet werden könnte. So ist es möglich auf Felder, welche oft von einer "Wall"-Zielposition angesprochen werden, eine "Wall" hinzuschicken um das Bedürfnis schon im Voraus zu decken.

Im Folgenden wird der Code eines "Cell"-Objektes genauer beschrieben, um die Analyseschritte verständlicher zu machen. Zu Beginn wird hier der Pseudocode der Struktur "Cell" dargestellt. Die Startüberlegung einer jeden Objektprogrammierung sind die Aufgaben, die dieses Objekt zu erledigen hat.

In erster Linie wird eine "Cell" zur Akquirierung der Daten für die Analyse genutzt. Sie wird auch im Simulationsbereich dargestellt und enthält deshalb zwei Methoden zur Abdeckung dieser beiden Aufgaben. Desweiteren werden vorher Objektvariablen definiert sowie der Objektkonstruktor eingefügt.

```
class Cell {  
    // Objektvariablen definieren  
    // Objektkonstruktor  
    // Methode Cell Analysewerte aktualisieren  
    // Methode Cell im Simulationsbereich darstellen  
}
```

Code 2: Pseudocode Methoden des Objektes "Cell"

Die Definition der Objektvariablen und der Objektkonstruktor werden in diesem Abschnitt nicht näher beschrieben. Es werden lediglich die Funktionen der beiden Methoden einer „Cell“ genauer im Pseudocode erläutert.

```
class Cell {
    // Objektvariablen definieren
    // Objektkonstruktor
    // Methode Cell Analysewerte aktualisieren
    void update() {
        // Erster Analysewert berechnet wie häufig derzeitig
        // WallPoints innerhalb einer Cell befindet
        for i=0 to WallPointArray.length()-1 {
            WallPoint = WallPointArray.get(i);
            if (WallPoint is inside of Cell) {
                Analysewert++;
            }
            else {
                Analysewert--;
            }
        }
        // Zweiter Analysewert summiert den derzeitigen Analysewert
        // alle 100 Frames auf und ihn im Vergleich mit allen
        // anderen Instanzen von Cell normieren
        if (frameCount%100 == 0) {
            SummeAnalysewerte += Analysewert;
            Normiere(SummeAnalysewerte);
        }
    }
    // Methode Cell im Simulationsbereich darstellen
    void display() {
        // Ein Rechteck an der Position und mit der Größe der
        // Cell Struktur wird gezeichnet
        rect(position.x, position.y, breite, höhe);
    }
}
```

Code 3: Pseudocode "Cell"

Im folgenden Absatz wird der Pseudocode kurz erklärt. Es gibt zwei Methoden in dieser Klasse. Die erste Methode (update()) ist dafür zuständig den Analysewert, den eine "Cell" berechnet, zu aktualisieren und somit zur Verfügung zu stellen. Es werden zwei Werte berechnet, bei denen der erste kalkuliert, wie häufig eine "Wall"-Position auf diesem Element auftritt. Dieser Wert wird im weiteren als Analysewert bezeichnet. Der Zweite summiert, in periodischen Abständen, diese Häufigkeiten auf und normiert sie im Verhältnis zu allen "Cell"-Instanzen die in der derzeitigen Simulationsumgebung vorkommen. Somit ist der Erste der ausschlaggebende und wichtigere Wert. Die einzige Möglichkeit den Analysewert von außen zu verändern ist, die Geschwindigkeit des Hoch- und Herunterzählens zu verändern. Es macht keinen Unterschied ob jetzt schneller hochgezählt oder heruntergezählt wird. Die vergangenen Zustände werden jedoch beim Verhältnis Eins am stärksten eingebunden. Die folgenden Beispiele zeigen die normale Anpassung des Analysewertes und die Möglichkeiten den Wert entweder doppelt so schnell hochzuzählen oder fünfmal so schnell herunterzuzählen.

```
void normalesHochzählen {
  for i=0 to WallPointArray.length()-1 {
    WallPoint = WallPointArray.get(i);
    if (WallPoint is inside of Cell) {
      Analysewert++;
    }
    else {
      Analysewert--;
    }
  }
}
```

Code 4: Pseudocode für normales Hochzählen

```
void schnellesHochzählen {
  for i=0 to WallPointArray.length()-1 {
    WallPoint = WallPointArray.get(i);
    if (WallPoint is inside of Cell) {
      Analysewert += 2;
    }
    else {
      Analysewert--;
    }
  }
}
```

Code 5: Pseudocode für schnelles Hochzählen

```
void schnellesHerunterzählen {
  for i=0 to WallPointArray.length()-1 {
    WallPoint = WallPointArray.get(i);
    if (WallPoint is inside of Cell) {
      Analysewert++;
    }
    else {
      Analysewert -= 5;
    }
  }
}
```

Code 6: Pseudocode für schnelles Herunterzählen

Der zweite Wert ist eine Art des Umgangs mit dem ersten Analysewert. Auch andere Möglichkeiten sind denkbar. Es könnten auch beispielsweise die Mittelwerte aus den acht oder vier - also die von Conways „Game of Life“ oder Zellularen Automaten bekannten, "von

Neumann" oder "Moore"-Nachbarschaften¹⁵⁰ bezeichneten - benachbarten Zellen berechnet werden.

Grundsätzlich lässt sich behaupten, dass der Analysewert, je nachdem wie schnell hoch- oder heruntergezählt wird, stärker bzw. schwächer den gegenwärtigen Zustand in sein Ergebnis einbezieht. Der Zweite kann nun einer, wie im vorherigen Beispiel, sein, der die Vergangenheit einschließt und auf alle anderen Instanzen von "Cell" normiert wird.

Die zweite Methode (`display()`) wird benötigt, um eine "Cell" im Simulationsbereich des Programms darzustellen.

Ein weiterer Wert der Analyse, neben den Bewegungswerten in den "Cell"-Objekten, ist die Zufriedenheit der "Agent"-Objekte. Jeder "Agent" besitzt die Eigenschaft Privatheit. Diese wurde beim Programm „Moving Architecture“ so interpretiert, dass ein "Agent" die Privatheit fordert oder ablehnt. Ist nun durch die Eigenschaft Privatheit ebendiese gefordert und dieser "Agent" taucht trotzdem im Blickfeld von anderen "Agent"-Objekten auf, verringert sich seine Zufriedenheit. Das Gleiche passiert bei der gegenteiligen Lage, also Privatheit wird abgelehnt, ist jedoch vorhanden. Werden aber die Anforderungen durch die Umgebung erfüllt, so steigt die Zufriedenheit. Diese Eigenschaft ist somit von mehreren Faktoren abhängig: Es kommt darauf an, ob erstens die Privatheit gefordert oder abgelehnt wird und zweitens inwiefern die Bedürfnisse durch die derzeitige Positionierung der "Wall"-Objekte gedeckt sind.

¹⁵⁰ vgl. Berto & Tagliabue (2012) *Cellular Automata*, einsehbar im www

3.1.4 Teilsystem „Simulation“

Es gibt keine real gebauten Räume, welche mit den beschriebenen Funktionen ausgestattet sind. Darum wurde ebenfalls in der Entwicklungsumgebung Processing eine Simulation programmiert, in der sich die verwendeten Strukturen, in einem virtuellen Rahmen bewegen. Es werden somit die drei Elemente "Grid", "Agent" und "Wall" in dieser virtuellen Umgebung angezeigt und anhand von Regeln verändert. Durch die Verwendung des Rendermodus "P3D" in Processing ist es möglich die Programmstrukturen auch in 3D darzustellen. Es handelt sich somit um eine Visualisierung der Daten des Programms "Moving Architecture".

Grundsätzlich ist eine Simulation "die modellhafte Darstellung oder Nachbildung bestimmter Aspekte eines vorhandenen oder zu entwickelnden kybernetischen Systems oder Prozesses (Kybernetik), insbesondere auch seines Zeitverhaltens."¹⁵¹

Weiters lässt sich die Simulation in deterministische oder stochastische und in zeitdiskrete oder zeitkontinuierliche einteilen. Der Unterschied zwischen deterministischen und stochastischen Simulationen ist ihre Vorhersehbarkeit. Bei deterministischen Abläufen lassen sich die Ausgaben direkt aus den Eingaben ableiten, wohingegen ein stochastischer Prozess sich nur durch seine statistischen Kenngrößen wie Mittelwert, Streuung, usw. vorhersagen lässt. Als Beispiel werden hier zwei Codeblöcke angegeben.

¹⁵¹ Die Brockhaus Enzyklopädie Online, Titel: *Simulation (Wissenschaft)*, einsehbar im [www](http://www.brockhaus.de)

```
void deterministisch() {  
  for i=0 to 10 {  
    x = 10 + i;  
    println(x);  
    // Gibt immer die gleiche Folge an Werten aus  
  }  
}
```

Code 7: Pseudocode deterministische Zahlenreihe

```
void stochastisch() {  
  for i=0 to 10 {  
    x = 10 + random(i);  
    println(x);  
    // Gibt immer eine zufällige Folge an Werten aus  
  }  
}
```

Code 8: Pseudocode stochastische Zahlenreihe

Da die Zufallsfunktion in Processing, wie in anderen Computerprogrammen auch, durch eine mathematische Funktion berechnet wird, und es sich somit um eine Pseudo-Zufallszahl handelt, kann dieser durch den `randomSeed()`-Wert determinisiert werden. Er bestimmt zu welchem Zeitpunkt in die Funktion eingestiegen werden soll. Dadurch ist es möglich auch bei der Verwendung der `random()`-Funktion in Processing reproduzierbare Ausgaben zu erstellen. Ist kein solcher Wert angegeben, wird dieser bei jedem Programmstart verändert.

```
void pseudostochastisch() {
    randomSeed(0);
    for i=0 to 10 {
        x = 10 + random(i);
        println(x);
        // Gibt bei gleichem randomSeed die gleiche
        // pseudozufällige Wertefolge aus
    }
}
```

Code 9: Pseudocode pseudostochastische Zahlenreihe

Werden die Ausgaben der dargestellten Codes verglichen, ist ersichtlich, dass bei wiederholtem Ausführen bei ersterem nach jedem Start eine unterschiedliche Zahlenfolge erscheint und bei dem Code, bei welchem der randomSeed()-Wert fixiert wurde, immer die gleiche Zahlenfolge ausgegeben wird.

Für die Unterscheidung in zeitdiskrete und zeitkontinuierliche Simulation ist die Betrachtung der Berechnungsart entscheidend. So wird bei der zeitdiskreten Simulationen bestimmte Werte zu bestimmten Zeitpunkten berechnet und bei zeitkontinuierlichen zu jeder Zeit ein jeder Wert.

Ein Beispiel für die Unterscheidung zwischen zeitdiskret und zeitkontinuierlich ist ein Audiosignal. So ist ein analoges Audiosignal zeitkontinuierlich, wohingegen ein digitales zeitdiskret ist. So kann ein analoges Signal einen jeden Wert annehmen und theoretisch einen unendlich schnellen Wechsel im Signal gewährleisten, wobei ein digitales Signal in seiner Dynamik an seine Abtastrate gebunden ist.

3.2 Grafik

In diesem Unterpunkt wird erklärt, wie die grafische Oberfläche des Programms „Moving Architecture“ aufgebaut ist. Grundsätzlich besteht es aus drei Fenstern, wobei eines für die Eingabe reserviert ist. Bei den anderen beiden handelt es sich um Anzeigefenster.

Diesen drei Fenstern wird im nächsten Schritt jeweils ein Name gegeben um eine einfachere Erklärung zu bewerkstelligen.

- Eingabefenster
- Simulationsfenster
- Analysefenster

Die Kommunikation der einzelnen Fenster untereinander wurde mittels einem Interaktionsobjekt geschaffen, welches globale Variablen zwischen den einzelnen Programmstrukturen kommuniziert.

Der folgende Screenshot zeigt eine Übersicht dieser drei Fenster.

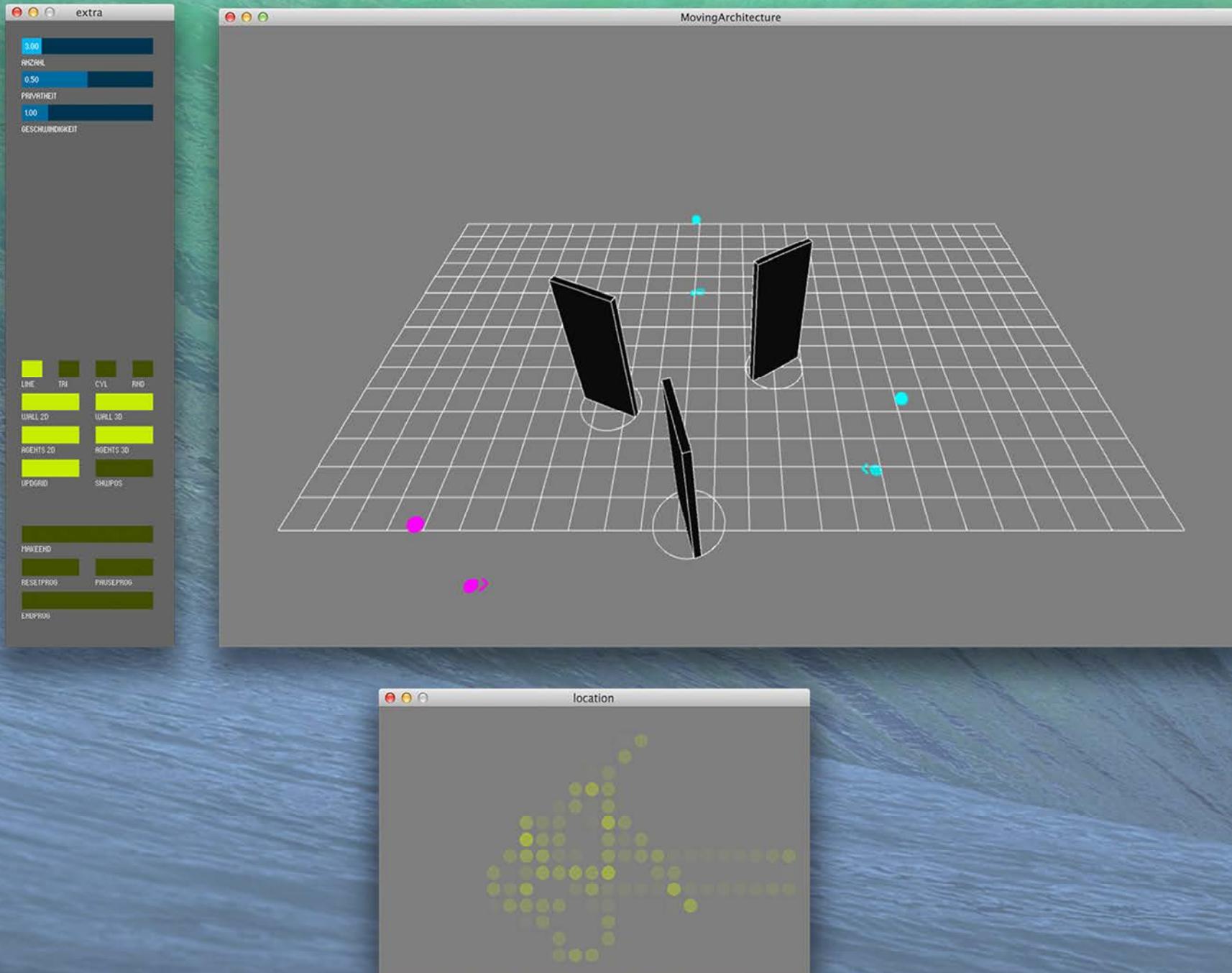


Abbildung 66: Abbildung der drei Fenster Eingabefenster (links oben), Simulationsfenster (rechts oben) und Analysefenster (unten), Screenshot, eigene Darstellung

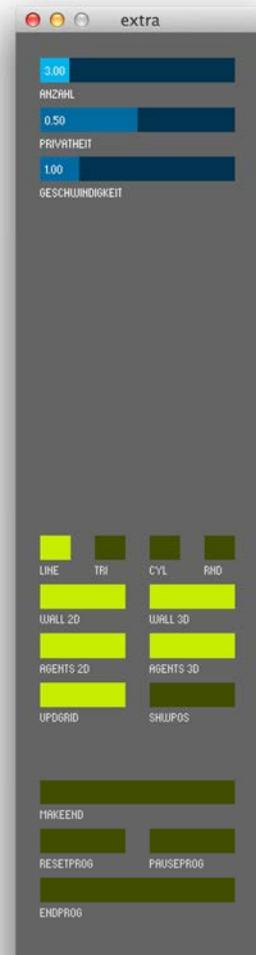


Abbildung 67: Eingabefenster, Screenshot, eigene Darstellung

Eingabefenster

Die vorangehende Abbildung zeigt das Eingabefenster. Bei diesem handelt es sich um das vorrangige Kommunikationsfenster zwischen BenutzerIn und dem Programm. Bei der Benutzung können in ihm Daten verändert und die gewünschte Anzeigoption ausgewählt werden.

Der obere Abschnitt des Eingabefensters ist für die Parameterveränderungen reserviert. Hier werden Anzahl der Agenten sowie die prozentuelle Privatheitverteilung unter ihnen eingestellt. Der untere Sektor ist den grundlegenden Steuerungselementen vorbehalten (Stopp, Pause, Reset). Dazwischen befinden sich Steuerungselemente, die die Anzeige im Simulationsfenster beeinflussen.

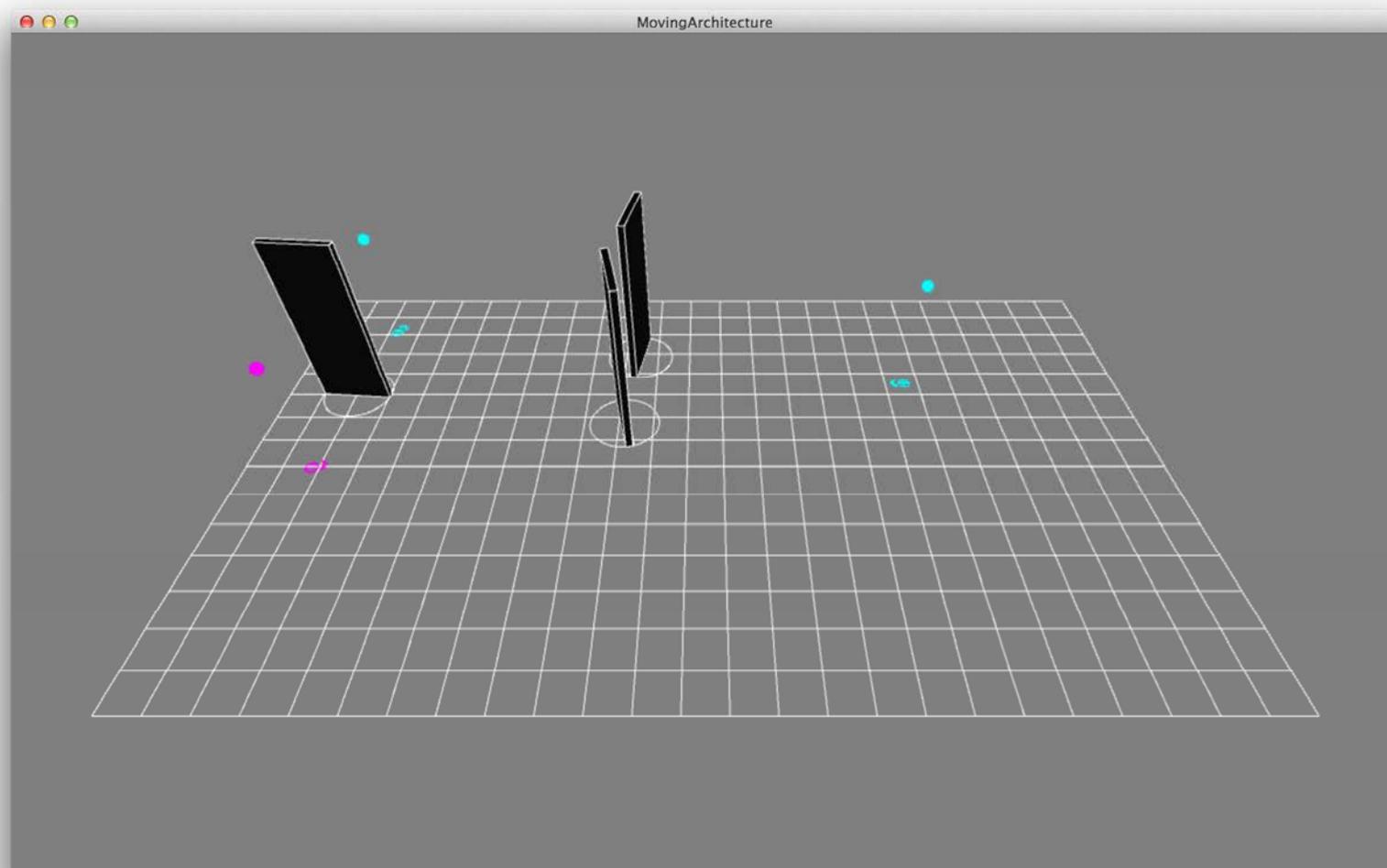


Abbildung 68: Simulationsfenster, Screenshot, eigene Darstellung

Simulationsfenster

Im Simulationsfenster werden die Datenobjekten des Programms „Moving Architecture“ angezeigt und visualisiert. Das Fenster zeigt einen virtuellen Raum in dem die Strukturen „Cell“, „Agent“ und „Wall“ anhand ihrer Eigenschaften angeordnet werden. Die Ansicht kann mit der Maus verändert (Drehen, Zoomen und Verschieben) werden. Es ist nicht möglich die Daten in diesem Fenster direkt zu verändern, weil das nur über das Eingabefenster möglich ist.

Beim angeführten Beispiel sind drei „Agent“-Objekte zu sehen, welche insgesamt zwei unterschiedliche Farben aufweisen. Die hellblaue Farbe signalisiert, dass diese „Agent“-Objekte Privatheit wünschen. Ist der „Agent“ jedoch in der Farbe Magenta eingefärbt, gilt für ihn das Gegenteil. Da jedoch bei allen gedachten Verbindungslinien, immer ein „Agent“ dabei ist, der Privatheit wünscht, gibt es zwischen allen drei „Agent“-Objekten immer eine „Wall“.

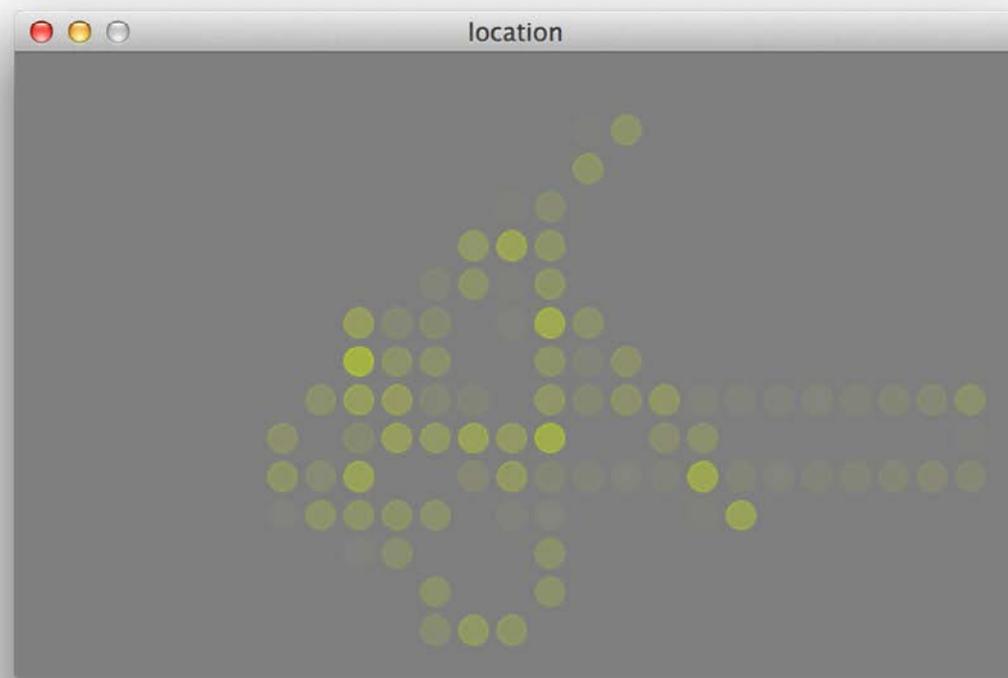


Abbildung 69: Analysefenster, Screenshot, eigene Darstellung

Analysefenster

Das Analysefenster ist wie das Simulationsfenster ein reines Ausgabefenster. Es kommuniziert somit nur in eine Richtung. Während das Simulationsfenster die Daten der Programmstrukturen anzeigt, visualisiert das Analysefenster die Daten der Analyse auf verschiedene Weise und gibt somit einen Einblick in den derzeitigen Stand der Analysedaten.

Je nachdem welche Einstellung im Eingabefenster getroffen wurde, zeigt das Analysefenster die gewählte Datenausgabe. Der Raster der „Cell“-Objekte wird durch ausgefüllte Kreise im Analysefenster abstrahiert dargestellt. Je höher der Analysewert ist umso intransparenter ist der gelbe Kreis, der für dieses „Cell“-Objekt steht.

3.3 Beschreibung der verwendeten Programmierstrukturen

Dieses Unterkapitel wird kurz auf die, durch die Konzeption des Programms, zu erwartenden Strukturen in der Programmierung eingegangen. Dabei handelt es sich um Listenstrukturen und wie diese optimal für das Programm „Moving Architecture“ genutzt werden, sowie um die Softwareagenten. An dieser Stelle werden keine Programmierparadigmen, wie Objektorientiertheit oder Vererbung, beschrieben und auch keine Datentypen wie Integer oder String behandelt.

3.3.1 Array , Two-Dimensional Array und ArrayList

Eine der Strukturen, die erläutert werden, ist das Array. Das Array ist im Grunde eine Liste von Daten. Je nachdem wie tief die Verschachtelung der Daten sein soll benötigt man ein eindimensionales, zweidimensionales oder mehrdimensionales Array.

In diesem Abschnitt wird die alltägliche Nahrungsaufnahme als eine Nutzungsmöglichkeit für ein- und mehrdimensionale Arrays herangezogen. So lässt sich in einem ersten Schritt, quasi als eindimensionale Liste, eine exemplarische Unterteilung in Frühstück, Mittagessen und Abendessen durchführen. Betrachtet man es nun als zweidimensionales Array so würde jede Mahlzeit in seine grundsätzlichen Bestandteile unterteilt. Beim Frühstück könnten das der morgendliche Kaffee und ein Müsli sein. In der nächsten Stufe, also der dritten Ebene, würde man beispielsweise das Müsli in seine Zutaten auftrennen, was dann etwa Haferflocken,

Rosinen und Milch wären. So lässt es sich immer weiter und tiefer eindringen. Es könnte jedoch auch immer eine Stufe höher gegangen werden. So liegt die Liste mit der Unterteilung in Frühstück, Mittagessen und Abendessen in einer anderen Liste die nach Wochentagen sortiert ist, die dann wieder in einer nächsten Liste mit Wochen liegt. Dies lässt sich bei Bedarf auf Jahre oder Jahrzehnte erweitern. Die nächste Abbildung soll ein Beispiel dieses „Listen in Listen“-Konzepts zeigen.

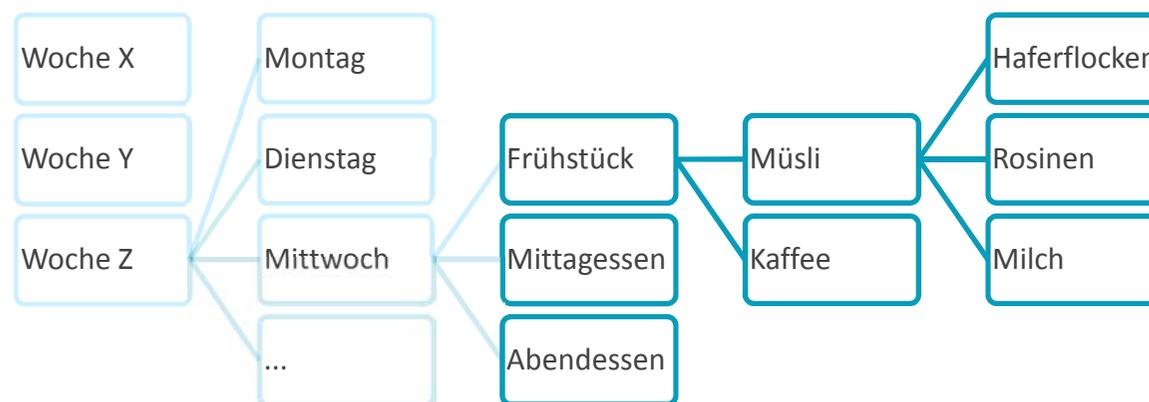


Abbildung 70: Listen-in-Listen-Konzept, eigene Darstellung

Für das Durchsuchen und Durchwandern von Arrays sind Schleifen eine notwendige Programmierstruktur. Je nach Aufgabe kann ein Array von vorne nach hinten und umgekehrt durchsucht werden. So gibt es auch drei Arten von Schleifen, jeweils mit unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten, je nachdem ob bekannt ist, wie oft etwas gemacht werden soll, oder ob

vor bzw. nach der Aufgabe geprüft werden soll, ob die Schleife ein weiteres Mal durchlaufen wird:

- Zählschleife
- kopfgesteuerte Schleife
- fußgesteuerte Schleife

Für das schachbrettartige Raster der „Cell“-Objekte wurde ein zweidimensionales Array verwendet. Dieses nimmt in der ersten Dimension die Anzahl der Spalten auf und in der zweiten die Anzahl der Reihen. Ein jedes der Listenfelder wird nun mit eine "Cell" gefüllt und somit sind diese genau zuordenbar. Da die Anzahl der „Cell“-Objekte im Voraus bestimmt ist, werden verschachtelte Zählschleifen verwendet. In der ersten Zählschleife werden die Spalten durchgezählt und in der darin enthaltenen zweiten Zählschleife die Reihen. Die Daten einer jeden „Cell“ werden somit genau einmal abgefragt.

In Processing wird neben dem normalen Array auch eine ArrayList zum Programmieren angeboten. Dies wird für Objekte verwendet, da Objekte einfach hinzugefügt und entfernt werden können und die ArrayList dynamisch an die Größe anpasst. So wäre es jedoch auch möglich ein zweidimensionales Array mittels ArrayList zu lösen. Ist jedoch eine sich nicht ändernde Anzahl an Daten vorhanden ist das Array der ArrayList vorzuziehen und das ist im Fall des Programms "Moving Architecture" beispielsweise beim schachbrettartigen Raster der Fall. Wenn vorher die Größe der Liste nicht abgeschätzt werden kann, ist die dynamischere Variante

ArrayList vorzuziehen. Es gibt zwar die Möglichkeit mittels dem Befehl `append(x)` ein Array um ein Element `x` zu erweitern, jedoch wird das gesamte Array an eine neue Stelle kopiert, was mehr Rechenzeit in Anspruch nimmt. Beim Befehl `add()`, welcher für ein ArrayList gilt, wird das neue Element samt Datenposition gespeichert und die vorhergehenden Daten bleiben an ihrem Platz. Der Code für das Erstellen und Füllen von Array bzw. ArrayList ist von der Länge und Lesekomplexität her identisch.

```
void Array {
    int[] MeinArray = new int[5]; // Array mit fünf Feldern wird erzeugt
    MeinArray[0] = 12; // Fülle das Array mit Elementen
    MeinArray[1] = 5;
    MeinArray[2] = 1;
    MeinArray[3] = 17;
    MeinArray[4] = 9;

    int Element = MeinArray[2]; // Lese das 3te Element aus
}
```

Code 10: Pseudocode Array füllen und einen Wert abfragen

```
void ArrayList {
    ArrayList MeinArrayList = new ArrayList(); // Generiere eine dynamische
ArrayList
    MeinArrayList.add(12); // Hänge Elemente an die dynamische ArrayList an
    MeinArrayList.add(5);
    MeinArrayList.add(1);
    MeinArrayList.add(17);
    MeinArrayList.add(9);

    int Element = MeinArrayList.get(2); // Lese das 3te Element aus
}
```

Code 11: Pseudocode ArrayList füllen und einen Wert abfragen

3.3.2 Agenten

“Ein Agent ist ein Computersystem, das in einer bestimmten Umgebung angesiedelt ist und darin autonome Aktionen durchführen kann um seine Ziele zu erreichen.” („An agent is a computer system that is situated in some environment, and that is capable of autonomous action in this environment in order to meet its design objectives.“¹⁵²)

Ein einfacher Agent wäre beispielsweise ein Thermostat am Heizkörper, welcher mit seinen Sensoren die Grundlage für seine Entscheidungen erhält, ob die Heizung wärmer oder kälter geschaltet werden soll. Sein Ziel wäre die Temperatur in einem gewissen Bereich zu halten, seine Umgebung der Raum und seine autonomen Aktionen das Auf- oder Abdrehen der Heizung.

Ein Beispiel für den Einsatz von Agenten in der Computerbranche wäre das im Jahr 1980 veröffentlichte Computerspiel Pac-Man¹⁵³. Die Aufgabe ist, innerhalb eines Labyrinths Punkte abzufahren. Ziel des Spiels ist es alle Punkte abzufahren, bevor Pac-Man von einem der vier Monster, die sich ebenfalls in diesem Labyrinth aufhalten, erwischt wird. Es gibt jedoch die Möglichkeit, dass Pac-Man eine "Powerkugel" aufnimmt und somit das Spiel umgekehrt wird und die Monster vor ihm fliehen und von ihm aufgefressen werden können. Würden nun die

¹⁵² vgl. Wooldridge (2002) *Intelligent Agents: The Key Concepts*, S. 5, Übersetzung durch den Autor

¹⁵³ Die Brockhaus Enzyklopädie Online, Titel: *Computerspiel*, einsehbar im [www](http://www.brockhaus.de)

Monster als Softwareagenten generiert werden, so würde ein Verhaltensdiagramm folgendermaßen aussehen.

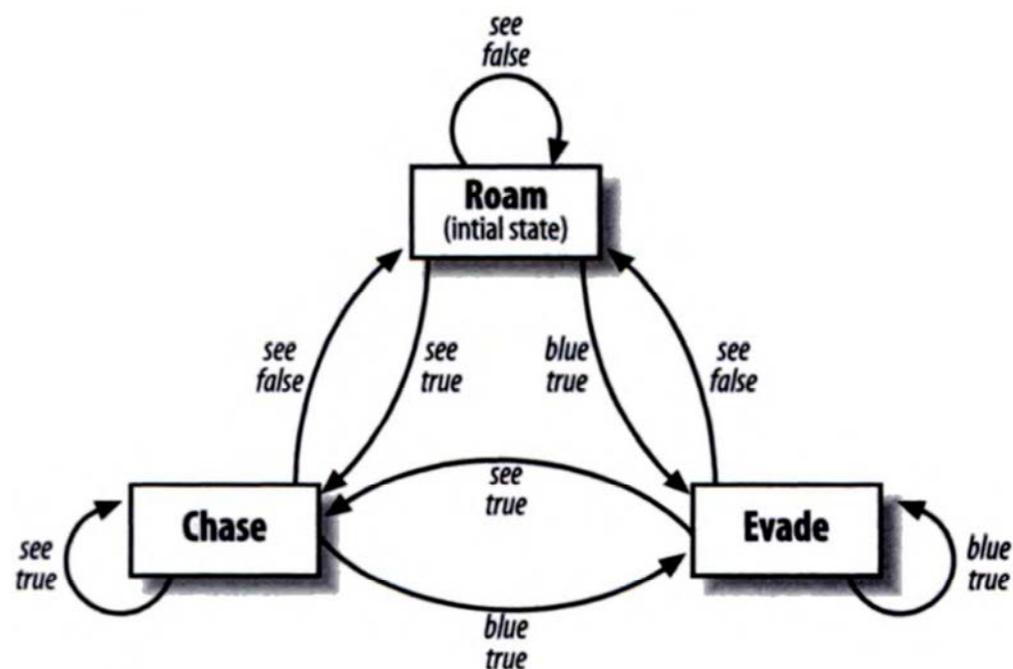


Abbildung 71: Verhaltensdiagramm der Pac-Man Monster, Bourgh & Seemann (2004) *AI for game developers : creating intelligent behavior in games*, S. 166

Auch in der Baubranche sind Softwareagenten spätestens seit Fluchtsimulationen bekannt.

Grundsätzlich lassen sich Agentensysteme in Hardware- und Softwareagentensystem einteilen. Jedoch ist in jedem Hardwareagent ein Softwareagent sozusagen als Hauptsystem integriert und wird über Eingaben aus den Sensoren des Hardwareagenten gefüttert und regelt dadurch

die Aktuatoren¹⁵⁴. Als Beispiel für einen Hardwareagent wird hier Lego Mindstorms angeführt. Diesem liegt die grafische Programmiersprache NXT-G bei durch die auf die Daten der verbauten Sensoren und Aktionen für die Aktuatoren zugegriffen werden kann.

Walter Brenner, Rüdiger Zarnekow und Hartmut Wittig teilen die Softwareagentensysteme in die Bereiche Informationsagenten, Kooperationsagenten und Transaktionsagenten ein¹⁵⁵. So würde beispielsweise der Softwareassistent von Microsoft Office 1997, die Büroklammer Clippit, in den Bereich Informationsagent fallen. Sein Designer Kevan J. Atteberry bezeichnet ihn als "wahrscheinlich einen der nervigsten Charaktere in der Geschichte" ("probably one of the most annoying characters in history"¹⁵⁶). Wohingegen Bill Gates dem Berater (seine Bezeichnung für Agent) ein paar seiner wiederkehrenden Aufgaben übertragen möchte und von "einem Dialog mit einem Programm, das sich bis zu einem gewissen Grad wie ein Mensch verhält"¹⁵⁷ spricht. Dieser würde daher definitionsbedingt eher in den Bereich Kooperationsagent fallen. Brenner, Zarnekow und Wittig geben im Buch "Intelligente Softwareagenten" an, dass es möglich ist, einen Agenten in allen drei Bereichen anzusiedeln oder auch jeden der Bereiche im Sinne der Fuzzy-Logic zu einem gewissen Prozentsatz anzuschneiden.

¹⁵⁴ vgl. Ertel (2008) *Grundkurs Künstliche Intelligenz : Eine praxisorientierte Einführung*, S. 13

¹⁵⁵ vgl. Brenner, Zarnekow, & Wittig (1998) *Intelligente Softwareagenten : Grundlagen und Anwendungen*, S. 21

¹⁵⁶ Atteberry (2012) *Clippy*, einsehbar im www

¹⁵⁷ Gates (1995) *Der Weg nach vorn*, S.129

Laut Wolfgang Ertel gilt es weiters eine Unterscheidung zwischen Reflex-Agenten und Agenten mit Gedächtnis vorzunehmen. Während erstere nur auf die derzeitige Eingabe reagieren, können zweitgenannte auch die Vergangenheit miteinbeziehen, da ihnen ein Zustandsspeicher zur Verfügung steht.¹⁵⁸ Dies ist insofern wichtig, als dass es bei lernfähigen Agenten zweifelsfrei notwendig ist, dass ihnen Speicherstrukturen fürs Lernen zugänglich gemacht werden.

Im Programm "Moving Architecture" werden die Strukturen "Wall" und "Agent" als Agenten ausgeführt. Sie sind jeweils Objekte denen Bewegung anhand von Regeln einprogrammiert wurde. Sie fallen beide in die Kategorie der Kooperationsagenten, da sie miteinander kommunizieren.

¹⁵⁸ vgl. Ertel (2008) *Grundkurs Künstliche Intelligenz : Eine praxisorientierte Einführung*, S. 13



Abbildung 72: ÜberschriftenZeichner "4 Umsetzung", Screenshot, eigene Darstellung

4 Umsetzung

Im diesem Kapitel wird auf die programmiertechnische Realisierung des Programmes "Moving Architecture" eingegangen. So wird kurz die Entwicklungsumgebung Processing beschrieben, sowie die weiters notwendigen und zusätzlich installierten Programmbibliotheken erwähnt. Im Anschluss werden die Codes der einzelnen Programmstrukturen dargestellt sowie weitere zusätzliche Entwicklungen für diese Arbeit aufgezeigt.

4.1 Processing

Für die Programmierung und Entwicklung des Programms "Moving Architecture" wurde die Entwicklungsumgebung Processing verwendet. Die Programmiersprache wird hier nicht näher erklärt, da sie ausführlich unter www.processing.org beschrieben ist. Ein wichtiges Statement von der Homepage sollte jedoch schon extra erwähnt werden.

"Das Projekt konzentriert sich auf den "Prozess" der Schöpfung anstatt auf Endergebniss."
("The project also focuses on the "process" of creation rather than end results".¹⁵⁹)

Es handelt sich also hier ebenfalls wie bei der Hybriden Architektur um ein Produktionssystem, welches weniger auf den Output achtet, als vielmehr auf die Entwicklung oder Produktion.

¹⁵⁹ Rea (2014) FAQ : *Why is it called "Processing"?*, einsehbar im www

Es wird hier nur kurz auf die Geschichte und Entwicklung von Processing eingegangen. Processing wird seit dem Frühling im Jahr 2001 von Ben Fry und Casey Reas entwickelt. Sie waren beide damals Studenten am MIT Media Lab bei John Maedas "Aesthetic and Computation research group". Processing ist laut den beiden direkt aus John Maedas "Design by Numbers"-Projekt entstanden.¹⁶⁰

John Maeda, geboren 1966¹⁶¹ in Seattle, entwickelte zwischen 1999 und 2001 das "Design by Numbers"-Projekt. Dabei handelt es sich um eine einfache Sprache mit der die grundsätzlichen Ideen der Computerprogrammierung einem Laienpublikum (Designer) beigebracht werden konnten. Die Größe des Ausgabefensters ist fix auf 100 mal 100 Pixel eingestellt und auch alle weiteren Parameter sind zwischen 0 und 100 gelegen. So können beispielsweise nur Hintergrundfarben zwischen White (0) und Schwarz (100) dargestellt werden und auch andere Striche oder Punkte werden nur in diesem Schwarz-Weiß-Bereich angezeigt. Eine jede Zeile in einem "Design by Numbers"-Code enthält ein Kommando und einen Parameter. Der folgende Code soll das Konzept anhand eines einfachen Beispiels erläutern.

¹⁶⁰ vgl. Processing Foundation (kein Datum) *Overview : History*, einsehbar im [www](#)

¹⁶¹ vgl. Willis H. (2010) *John Maeda*, einsehbar im [www](#)

```
Paper 0 // Weisses Papier  
Pen 100 // Schwarzer Stift  
Line 0 0 100 100 // Linie vom Punkt(0,0) zum Punkt(100,100)
```

Code 12: Beispielcode in DBN, Maeda (2001) *An Introduction to DBN*, einsehbar im [www](#)

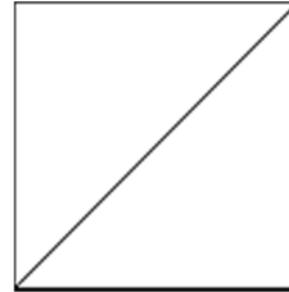


Abbildung 73: Ausgabe des Beispielcodes in DBN, Maeda (2001) *An Introduction to DBN*, einsehbar im [www](#)

Ben Fry und Casey Rea waren an der Entwicklung und Wartung der "Design by Numbers"-Software integriert und Ben Fry entwickelte während dieser Zeit auch experimentelle Versionen der Software für andere Programmiersprachen und mit mehr Möglichkeiten. So konnten seine Versionen die Fenstergröße ändern, Farben darstellen und sogar die Bildschirmausgabe als Film aufzeichnen. Da sich diese Ideen jedoch mit John Maedas Bestreben einer absolut simplifizierten Programmiersprache nicht in Einklang befanden war es klar, dass diese Entwicklungen nichts für das "Design by Numbers"-Projekt waren. Ben Fry und Casey Rea haben dann die pädagogischen Aspekte von "Design by Numbers" und das Potential

von schwierigeren Programmiersprachen verschmolzen und 2001 die ersten Processing Versionen programmiert.¹⁶²

4.2 Plug-Ins

Da Processing nicht alle notwendigen Strukturen unterstützt ist die Implementierung von weiteren Programmierbibliotheken notwendig. Dabei handelt es sich um die beiden Bibliotheken ControlP5 und PeasyCam.

ControlP5 (von Andreas Schlegel)

Bei ControlP5 handelt es sich um eine Bibliothek für die Gestaltung der grafischen Benutzeroberfläche. Sie enthält folgende einbaubare Elemente:

- Sliders
- Buttons
- Toggles
- Knobs
- Textfields
- Radiobuttons
- Checkboxes

¹⁶² vgl. Rea (2014) *FAQ : Where does this project come from? Is this DBN?*, einsehbar im [www](http://www.processing.org)

Die Elemente dieser Bibliothek werden im Eingabefenster verwendet. Die Eingaben dieser Elemente werden in ein globales Interaktionsobjekt gespeichert, auf welches "Moving Architecture" dann zugreift. Dadurch wird sichergestellt, dass alle Programmstrukturen Zugriff auf die Daten haben.

Die Homepage der Bibliothek mit weiteren Details und Beispielen, sowie der Referenzdatei findet sich unter <http://www.sojamo.de/libraries/controlP5/>.

PeasyCam (von Jonathan Feinberg)

Da die Steuerung der Perspektive in Processing kompliziert und schwierig ist, bei der Betrachtung des Simulationsfensters von "Moving Architecture" jedoch eine einfache Veränderung des Blickwinkels gewünscht ist wurde die Bibliothek PeasyCam integriert. Dadurch ist eine ähnliche Bedienung wie in einem 3D-Fenster einer CAD-Software gewährleistet. Mittels der gleichzeitigen Benutzung von linker Maustaste und Mausbewegung kann die Ansicht um einen definierten Mittelpunkt rotiert werden. Drückt man die rechte Maustaste und bewegt die Maus nach vorne oder zurück wird gezoomt und mittels der mittleren Maustaste wird die Pan-Funktion gesteuert. Mittels einem Doppelklick der linken Maustaste wird die Kamera wieder auf seine Originalposition zurückgesetzt.

Die Homepage der Bibliothek mit unter anderem Democodes und Referenzdatei findet sich unter <http://mrfeinberg.com/peasycam/>.

4.3 Code

Der Code von „Moving Architecture“ wird nun im Sinne eines Pseudocodes dargestellt.

```
void setup() {
  // Initialisiere alle Variablen und Einstellungen
  // Initialisiere die drei Fenster (Eingabe-, Simulations- und
  Analysefenster

  for i=0 to Cells.length()-1 {
    Cell = Cells.get(i);
    Cell.display();          // "Cell" - Strukturen im Raster anzeigen
  }
}

void draw() {
  // Abfrage ob sich irgendwelche Eingaben geändert haben

  for j=0 to Agents.length()-1 {
    Agent = Agents.get(j);
    Agent.move();           // Agenten bewegen
    Agent.avoidCollision(); // Agenten vermeide Kollision
    Agent.display();        // Agenten anzeigen
  }

  for k=0 to Walls.length()-1 {
    Wall = Walls.get(k);
    Wall.findTarget();      // Zielpunkte für die "Wall"-Strukturen
    berechnen
    Wall.followTarget();    // "Wall"-Strukturen in die Richtung ihrer
    Zielpunkte bewegen
    Wall.avoidCollision();  // "Wall"-Strukturen vermeide Kollision
    Wall.display();         // "Wall"-Strukturen anzeigen
  }

  for l=0 to Cells.length()-1 {
    Cell = Cells.get(l);
    Cell.update();          // Daten in den "Cell" - Strukturen
    aktualisieren
  }
}
```

```
class Cell {
    // Objektvariablen definieren
    // Objektkonstruktor
    void update() {
        // Methode Cell Analysewerte aktualisieren
    }
    void display() {
        // Methode Cell im Simulationsbereich darstellen
    }
}

class Agent {
    // Objektvariablen definieren
    // Objektkonstruktor
    void move() {
        // Methode Agent bewegen
    }
    void avoidCollision() {
        // Methode Agent vermeide Kollisionen
    }
    void display() {
        // Methode Agent im Simulationsbereich darstellen
    }
}

class Wall {
    // Objektvariablen definieren
    // Objektkonstruktor
    void findTarget() {
        // Methode Wall finde deinen Zielpunkt
    }
    void followTarget() {
        // Methode Wall folge deinem Zielpunkt
    }
    void avoidCollision() {
        // Methode Wall vermeide Kollisionen
    }
    void display() {
        // Methode Wall im Simulationsbereich darstellen
    }
}
```

Code 13: Pseudocode Moving Architecture



Abbildung 74: ÜberschriftenZeichner "5 Resümee (Rückkopplung)", Screenshot, eigene Darstellung

5 Resümee (Rückkopplung)

Um die Gedanken dieser Arbeit zu resümieren, möchte ich auf die Frage des Mehrwerts von beweglichen Bauteilen zurückgreifen (sozusagen eine Rückkopplung herstellen). Meiner Meinung nach haben bewegliche Bauteile einen großen Einfluss auf Gebäude. Betrachtet man nur die Tür oder das Fenster, sieht man sehr deutlich was dieser Mehrwert bedeutet - sie sind unsere Verknüpfungen zur Außenwelt.

Manche der gezeigten Beispiele treiben das Konzept der beweglichen Bauteile auf die Spitze und zeigen mit welchem Zugang zu diesem Thema eine andere Architektur entstehen kann. Und genau darauf zielt diese Arbeit ab - eine andere Architektur entsteht. Der Output soll nicht so aussehen wie bei Zaha Hadid oder Herzog & de Meuron. Die digitale Planung bzw. die Planung mittels Algorithmen oder Regeln ist für die Herangehensweise Bestens geeignet. Es kann allerdings auch die Regel sein genau (oder eben genau nicht) wie Zaha Hadid auszusehen, dies wäre nach meiner Ansicht nach interessant um herauszufinden nach welchen Regeln die bekannten Architekten planen. Diese Arbeit hat allerdings eigene einfache Regeln eingeführt um zu einem anderen Output zu gelangen. Dieser Output bleibt immer dynamisch und der Entwicklungsprozess könnte in Endlosschleife immer weiterlaufen. Die dargestellten Bilder von "Moving Architecture" zeigen immer nur Schritte im Prozess und somit nur Zwischenstände.

Durch das neu entwickelte Programm wird gezeigt, dass mit Hilfe des Computers eine neue Raumkonfiguration aus neuen variablen und flexiblen Bauteilen entstehen kann. Diese so generierte Architektur ist baubar. Im Unterschied zu anderen Programmen, welche eine Optimierung für bestimmte Zwecke behaupten zu liefern, zeigt das vorgestellte Programm eine Architektur die lernfähig ist und als solche generative Eigenschaften hat. Auf Grund der Eigenschaften ist vor der Umsetzung in die Realität keine weitere Kontrolle des Outputs erforderlich, weil durch die einprogrammierte Lernfähigkeit und die eingeplante Flexibilität und Variabilität ohnehin die Anpassungsfähigkeit an alle beliebigen Eventualitäten gegeben ist.



Abbildung 75: ÜberschriftZeichner "6 Anhang", Screenshot, eigene Darstellung

6 Anhang

6.1 Zusätzliche Entwicklung „ÜberschriftZeichner“

Vor jeder Überschrift befindet sich ein Bild. Dieses Bild wird aus den Buchstaben und Zeichen der jeweiligen Überschrift gebildet und entwickelte sich aus den ersten Gehversuchen des Autors mit der Entwicklungsumgebung „Processing“. Der Titel wird eingelesen und es wird die gesamte Häufigkeit der jeweiligen Zeichen im Titel erfasst und ermittelt um welche Art (Vokale werden in Grün dargestellt, Konsonanten in Blau, sonstige Zeichen in Gelb, Leerzeichen bleiben Leerzeichen) es sich handelt. Die Höhe des Balkens zeigt die Häufigkeit des Zeichens im Titel. So ist beim Beispiel „6 Anhang“ der dritte und der sechste Balken der Indikator für den Buchstaben ‚A‘. Der „ÜberschriftZeichner“ macht keinen Unterschied ob es sich um einen kleinen oder einen großen Buchstaben handelt sondern geht nur von seiner Bedeutung aus. Die Zeichen ‚A‘ und ‚N‘ kommen im Beispiel „6 Anhang“ zweimal vor, somit haben die Balken an den Positionen Drei, Vier, Sechs und Sieben eine Höhe von zwei Einheiten.

```
String alphabet = " ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ1234567890()ÄÖÜ";
int blocksize = 60;
String satz = "6 Anhang";
import processing.pdf.*;
void setup() {
    String filename = satz + ".pdf";
    size (3508, 2480, PDF, filename);
    background(127,127,127);
}
```

```

void draw() {
  background(127,127,127);
  int[] char_anz = new int[alphabet.length()];
  color[] char_color = new int[satz.length()];
  boolean[] up_down = new boolean[satz.length()];
  String satz_toUpper = satz.toUpperCase();
  int satz_laenge = satz_toUpper.length()*blocksize;
  int startpunkt = width/2 - satz_laenge;
  //Farbe und Anzahl eines jeden Buchstaben ermitteln
  for (int i=0 ; i< satz_toUpper.length() ; i++) {
    char c = satz_toUpper.charAt(i);
    noStroke();
    int x = alphabet.indexOf(c);
    color col = color(0,0,0);
    char_anz[x]++;
    if (x == 0) { }

    else{
      if ((c == ,A') || (c == ,E') || (c == ,I') || (c == ,O') || (c == ,U')
|| (c == ,Ä') || (c == ,Ö') || (c == ,Ü')) { col = color(125,231,9); }
      else if ((c==,0') || (c==,1') || (c==,2') || (c==,3') || (c==,4') ||
(c==,5') || (c==,6') || (c==,7') || (c==,8') || (c==,9') || (c==',' ) ||
(c==')')) { col = color(222,254,3); }
      }
      else { col = color(10,173,205); }
      char_color[i] = col;
    }
  }
  for (int i=0 ; i< satz_toUpper.length() ; i++) {
    int x = alphabet.indexOf(satz_toUpper.charAt(i));
    if (x!=0) {
      fill (char_color[i]);
      rect((startpunkt + (i*blocksize*2) -blocksize/2), height/2-blocksize/2,
blocksize,blocksize*char_anz[x]);
    }
  }
  println("FINISHED.");
  exit();
}

```

Code 14: Processingcode ÜberschriftZeichner

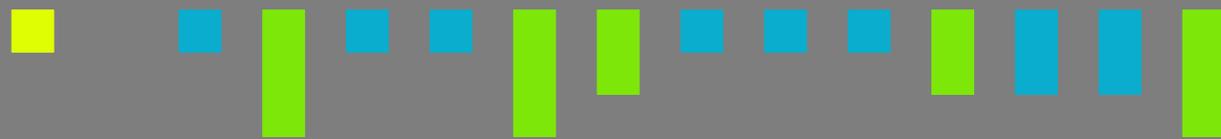


Abbildung 76: ÜberschriftenZeichner "7 Verzeichnisse", Screenshot, eigene Darstellung

7 Verzeichnisse

7.1 Literaturverzeichnis

Ban, S. (2008). Naked House. In S. Jeska, *Transparent Plastics: Design and Technology* (S. 70-75). Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.

Banham, R. (1995). *Die Visionen des Ron Herron*. Berlin: Ernst & Sohn.

Bel Geddes, N. (1932). *Horizons*. Boston: Little, Brown, and Company.

Bomgardner, D. L. (2000). *The Story of the Roman Amphitheater*. London: Routledge.

Bourgh, D. M., & Seemann, G. (2004). *AI for game developers : creating intelligent behavior in games*. Sebastopol (California): O'Reilly.

Brauneck, M. (Hrsg.). (2007). *Theaterlexikon. 1. Begriffe und Epochen, Bühnen und Ensembles*. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt.

Brenner, W., Zarnekow, R., & Wittig, H. (1998). *Intelligente Softwareagenten : Grundlagen und Anwendungen*. Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Budapest, Hong Kong, London, Mailand, Paris, Santa Clara, Singapur, Tokio: Springer Verlag.

Burckhardt, L. (2004). *Wer plant die Planung? : Architektur, Politik und Mensch*. (J. Frezer, Hrsg.) Berlin: Martin Schmitz Verlag.

Büsing, H. (1981). Rainer Graefe : Vela erunt. Die Zeltdächer der römischen Theater und ähnlicher Anlagen. *Gnomon*, 53(4), S. 363-371.

Comité International d'Historie de l'Art. (1996). *Glossarium artis : Dreisprachiges Wörterbuch der Kunst. Band 1. Burgen und feste Plätze. Europäischer Wehrbau vor Einführung der Feuerwaffen. systematisches Fachwörterbuch*. München: Saur.

Dreyer, H.-J., Eller, C., Holzmann, G., Meyer, H., & Schumpich, G. (2012). *Technische Mechanik : Kinematik und Kinetik*. Wiesbaden: Springer.

Dudeney, H. E. (1907). *The Canterbury Puzzles*. London: Nelson.

Engelbart, D. (1970). *Patentnr. 3,541,541*. USA.

Ertel, W. (2008). *Grundkurs Künstliche Intelligenz : Eine praxisorientierte Einführung*. Wiesbaden: Vieweg Verlag.

Fawcett Publications. (Februar 1931). "Rotolactor" Milks 50 Cows in 12 Minutes. *Modern Mechanics and Inventions*, S. 51.

Fischer, P., & Hofer, P. (2011). *Lexikon der Informatik*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Flechtner, H.-J. (1969). *Grundbegriffe der Kybernetik*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.

Freisitzer, K., Koch, R., & Uhl, O. (1987). *Mitbestimmung im Wohnbau : Ein Handbuch*. Wien: Picus Verlag.

Gates, B. (1995). *Der Weg nach vorn*. Hamburg: Hoffmann und Campe.

Grundej, P., Kaindl, S., Teckert, C., & Steiner, B. (2010). *Negotiating spaces : the new exhibition building of the Museum of Contemporary Art in Leipzig by as-if berlinwien*. Berlin: Jovis Verlag.

Habraken, J. (1968). Wohnstrukturen : Vortrag vor dem I.F.I.-Kongreß in Amsterdam. *Werk*, 55(2), S. 122-125.

Hagner, M. (2008). Vom Aufstieg und Fall der Kybernetik als Universalwissenschaft. In M. Hagner, & E. Hörl, *Die Transformation des Humanen : Beiträge zur Kulturgeschichte der Kybernetik* (S. 38-71). Frankfurt am Main: suhrkamp taschenbuch wissenschaft.

Hapgood, C. H. (1930). *Patentnr. US1787152 A*. USA.

Heinich, N., & Eidner, F. (2009). *Sensing Space : Technologien für Architekturen der Zukunft*. Berlin: jovis Verlag GmbH.

Hempel, L. O. (2014). "Ein hybrides Gebäude ist schön" : Interview mit Wiel Arets. (B.-J. E. GmbH, Hrsg.) *puls : Magazin für Bewegung in der Architektur*(1), S. 32-36.

Hotteling, S., Strickson, J. A., & Huppi, B. Q. (2010). *Patentnr. 7,663,607*. USA.

- Huber, H., & Huber, M. (1970). Von der Endzustandsplanung zur Entwicklungszustandsplanung von Bildungseinrichtungen : Bericht zum Symposium der Hamburger Bautage. (*Das Werk*, 57(2), S. 125-127.
- Koolhaas, R., & OMA. (1. Juni 1993). Yokohama. *Arch+*(117), S. 64-67.
- Leipold, M., Seboldt, W., Herrmann, A., Pagel, G., Unckenbold, W., & Garner, C. (1999). ODISSEE - A Proposal for Demonstration for a Solar Sail in Earth Orbit. *Spacecraft Structures, materials and mechanical testing, Proceedings of a European Conference held at Braunschweig, Germany, 4-6 November 1998*, 245-255.
- Levin, E. M. (2007). *Dynamic Analysis of Space Tether Missions*. San Diego: American Astronautical Society.
- Lewicki, J. (23. Juli 1945). Zeichnung : The German Space Mirror. *Life Magazin*, S. 78-80.
- Luce, H. R. (23. Juli 1945). The German Space Mirror. *Life Magazin*, S. 78-80.
- Mathews, S. (Februar 2006). The Fun Palace as Virtual Architecture : Cedric Price and the Practices of Indeterminacy. *Journal of Architectural Education*, 59(3), S. 39-48.
- Mattern, F., & Flörkemeier, C. (2010). Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge. *Informatik Spektrum*, 33(2), S. 107-121.
- Meyer, U. (2002). Naked House. *Bauwelt* 29, 24-27.
- Negroponte, N. (1975). *Soft Architecture Machines*. Cambridge, Massachusetts, London: The MIT Press.
- Oberth, H. (1923). *Die Rakete zu den Planetenräumen*. München und Berlin: R. Oldenbourg.
- Odate, T. (2003). *Shoji : Schiebetüren, Trennwände selbst gemacht*. Hannover: Th. Schäfer in Vencentz Network.
- Pask, G. (1961). *An Approach to Cybernetics*. London: Hutchinson & Co Ltd.
- Patton, S. (2004). *Milk : Its Remarkable Contribution to Human Health and Well-Being*. New Brunswick, New Jersey: Transaction Publishers.
- Proft, G. (2000). *Die Markise : komfortable Lösungen für den Sonnenschutz an Haus und Wohnung*. Landsberg/Lech: Verlag Moderne Industrie.

- Rabiner, L. R. (Februar 1989). A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications on Speech Recognition. *Proceedings of the IEEE*, 77(2), S. 257-286.
- Randl, C. (2008). *Revolving architecture : a history of buildings that rotate, swivel and pivot*. New York: Princeton Architectural Press.
- Redinger, J. (April 2011). Fortran Forever? (Z. I. Wien, Hrsg.) *ZIDline*(23), S. 8-10.
- Rich, M. (2005). *Warman's 101 Great Baby Boomer Toys*. Iola: kp books.
- Schaub, C., & Meili, M. (Regisseure). (1995). *Il Girasole : A House near Verona* [Film].
- Schumacher, M., Schäffer, O., & Vogt, M.-M. (2010). *move : Architektur in Bewegung - Dynamische Komponenten und Bauteile*. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.
- Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. (1936). Villa Girasole in Mercellise (Verona). *Schweizerische Bauzeitung*, 273-274.
- Sholes, C. L. (1878). *Patentnr. 207,559*. USA.
- Spiegel, A., & Teckert, C. (Hrsg.). (2003). *Prospekt : Büro für kognitiven Urbanismus*. Köln: König Verlag.
- Steger, B. (2005). Vom Bauen. In Architekturzentrum Wien (Hrsg.), *Ottokar Uhl* (S. 41-68). Wien: Verlag Anton Pustet.
- Steger, B. (Februar 2005). Vom Bauen : Zu Leben und Werk von Ottokar Uhl. *Dissertation*. Technische Universität Wien.
- Stöckmann, J. (2014). Hybrid - die Kunst der wilden Mischung. (B.-J. E. GmbH, Hrsg.) *puls : Magazin für Bewegung in der Architektur*(1), S. 4-8.
- Sueton. (2001). *Cäsarenleben*. (M. Heinemann, Übers.) Stuttgart: Alfred Körner Verlag.
- Uphaus, J. (2011). *Regelungstechnik : Projekte für den Lernfeldunterricht, Aufgaben, Anwendungen, Simulationen*. Köln: Bildungsverlag EINS GmbH.
- Viollet-le-Duc, E. (1864). *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI. au XVI. siècle, Tome 7: Palais - Puits*. Paris: Morel.
- Weiser, M. (September 1991). The Computer for the 21st Century. *Scientific American*, 265(3), S. 94-104.

Wiener, N. (1962). *Mathematik : Mein Leben*. Düsseldorf, Wien: Econ-Verlag.

Wiener, N. (1992). *Kybernetik : Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine*. Düsseldorf, Wien, New York, Moskau: ECON Verlag.

Wiener, N. (2002). Kybernetik. In N. Wiener, & B. Dotzler (Hrsg.), *Futurum Exactum. Ausgewählte Schriften zur Kybernetik und Kommunikationstheorie* (S. 13-30). Wien, New York: Springer.

Wolff-Plottegg, M. (1996). *Architektur Algorithmen*. Wien: Passagen Verlag.

Wolff-Plottegg, M. (2007). *Hybrid Architektur & Hyper Funktion*. Wien: Passagen Verlag.

Wooldridge, M. (2002). Intelligent Agents: The Key Concepts. In V. Marík, O. Stepánková, H. Krautwurmová, & M. Luck, *Multi-Agent Systems and Applications II* (S. 3-43). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Yoshida, T. (1954). *Das japanische Wohnhaus*. Tübingen: Verlag Ernst Wasmuth.

Zander, F. A. (1924). *From a Scientific Heritage, Nasa Technical Translation TTF-541, 1967, a translation of Iz Nauchnogo Naslediya*. Moskau: Nauca Press.

Zimmermann, T. G. (1985). *Patentnr. 4,542,291*. USA.

7.2 Internetquellen

Die Brockhaus Enzyklopädie Online, F.A. Brockhaus / wissenmedia in der inmedia ONE] GmbH, Gütersloh/München

Titel: *Computerspiel*, Versionsdatum: 31.8.2014, Abgerufen am 31. August 2014

Titel: *EVA-Prinzip*, Versionsdatum: 5.5.2014, Abgerufen am 5. Mai 2014

Titel: *Fusuma*, Versionsdatum: 7.4.2014, Abgerufen am 7. April 2014

Titel: *Kabuki*, Versionsdatum: 15.8.2014, Abgerufen am 15. August 2014

Titel: *Kybernetik*, Versionsdatum: 4.8.2014, Abgerufen am 4. August 2014

Titel: *Lochkarte (Datenverarbeitung)*, Versionsdatum: 8.9.2014, Abgerufen am 8. September 2014

Titel: *Markise*, Versionsdatum: 7.7.2014, Abgerufen am 7. Juli 2014

Titel: *Metabolismus (Architektur)*, Versionsdatum: 26.4.2014, Abgerufen am 26. April 2014

Titel: *Monitoring*, Versionsdatum: 9.9.2014, Abgerufen am 9. September 2014

Titel: *Programmiersprachen*, Versionsdatum: 8.9.2014, Abgerufen am 8. September 2014

Titel: *Simulation (Wissenschaft)*, Versionsdatum: 30.8.2014, Abgerufen am 30. August 2014

Titel: *Tatami*, Versionsdatum: 24.4.2014, Abgerufen am 24. April 2014

Titel: *Trochoide*, Versionsdatum: 18.8.2014, Abgerufen am 18. August 2014

Online-Duden

Begriff „*Flexibilität*“, Abgerufen am 18. März 2014 von Duden-Online: <http://www.duden.de/node/682705/visions/1300518/view>

Begriff „*flexibel*“, Abgerufen am 18. März 2014 von Duden-Online: <http://www.duden.de/node/644033/visions/1323640/view>

Begriff „*Variabilität*“, Abgerufen am 11. April 2014 von Duden-Online: <http://www.duden.de/node/680706/visions/1198284/view>

Begriff „*variabel*“, Abgerufen am 11. April 2014 von Duden-Online: <http://www.duden.de/node/644019/visions/1208312/view>

Begriff „*Kinetik*“, Abgerufen am 18. März 2014 von Duden-Online: <http://www.duden.de/node/655355/visions/1109844/view>

Begriff „*Kinematik*“, Abgerufen am 18. März 2014 von Duden-Online: <http://www.duden.de/node/683443/visions/1113872/view>

Begriff „*Kybernetik*“, Abgerufen am 18. März 2014 von Duden-Online: <http://www.duden.de/node/663480/visions/1079885/view>

Alchin, L. (kein Datum). *Castle Drawbridge*. Abgerufen am 22. April 2014 von Ancient Fortresses: <http://www.ancientfortresses.org/castle-drawbridge.htm>

Associated Press. (17. September 2013). *Rainbow Room At Rockefeller Center To Reopen Next Year*. Abgerufen am 5. Juni 2014 von CBS New York: <http://newyork.cbslocal.com/2013/09/17/rainbow-room-at-rockefeller-center-to-reopen-next-year/>

Atkin, R. (kein Datum). *History of Wimbledon : 2009, The unveiling of the Center Court roof*. Abgerufen am 12. August 2014 von Wimbledon: http://www.wimbledon.com/en_GB/history/index.html

Atteberry, K. J. (2012). *Clippy*. Abgerufen am 5. September 2014 von Kevan J. Atteberry: <http://oddisgood.com/pages/cd-clippy.html>

Berto, F., & Tagliabue, J. (26. März 2012). *Cellular Automata*. Abgerufen am 9. September 2014 von Stanford Encyclopedia of Philosophy: <http://plato.stanford.edu/entries/cellular-automata/>

da Cruz, F. (Jänner 2001). *The HP-150*. Abgerufen am 26. August 2014 von Columbia University Computing History: <http://www.columbia.edu/cu/computinghistory/hp150.html>

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR). (kein Datum). *Gossamer*. Abgerufen am 20. Mai 2014 von Institut für Raumfahrtssysteme: http://www.dlr.de/irs/desktopdefault.aspx/tabid-6931/11365_read-26354/

Doxiadis, C. (kein Datum). *Ecumenopolis: Tomorrow's City*. Abgerufen am 26. April 2014 von Doxiadis: <http://www.doxiadis.org/Downloads/ecumenopolis%20tomorrow's%20city.pdf>

dRMM Architects. (kein Datum). *Sliding House*. Abgerufen am 26. April 2014 von dRMM: <http://drmm.co.uk/projects/view.php?p=sliding-house>

Epstein, Z. (12. Februar 2013). *Microsoft says XBOX 360 sales have surpassed 76 million units, Kinect sales top 24 million*. Abgerufen am 26. August 2014 von BGR: <http://bgr.com/2013/02/12/microsoft-xbox-360-sales-2013-325481/>

Etherington, R. (19. Jänner 2009). *Sliding House by dRMM*. Abgerufen am 26. April 2014 von dezeen magazine: <http://www.dezeen.com/2009/01/19/sliding-house-by-drmm-2/>

- Friedlander, D. (22. Jänner 2013). *See Full Set of Official LifeEdited Apartment Photos*. Abgerufen am 12. August 2014 von LifeEdited: <http://www.lifeedited.com/see-full-set-of-official-lifeedited-apartment-photos/>
- future bnci. (2012). *Future BNCI : A Roadmap for Future Directions in Brain / Neuronal Computer Interactions*. Abgerufen am 26. August 2014 von BNCI Horizon 2020: http://bnci-horizon-2020.eu/images/bncih2020/FBNCI_Roadmap.pdf
- Gardiner, V. (14. Jänner 2009). *24 Rooms Tucked Into One*. Abgerufen am 11. August 2014 von The New York Times: <http://www.nytimes.com/2009/01/15/garden/15hongkong.html?pagewanted=1>
- Gogräfe, R. (kein Datum). *Pompeji IX 8, vor der Casa del Centenario*. Abgerufen am 22. April 2014 von Direktion Landesarchäologie Mainz : Amphitheatrum: <http://www.amphi-theatrum.de/1636.html>
- Grundeis, P., Kaindl, S., & Teckert, C. (März 2011). *GFZK-2 - Agenda und Rahmenbedingungen, Text von AS-IF*. Abgerufen am 18. September 2014 von Galerie für Zeitgenössische Kunst Leipzig: http://www.gfzk-leipzig.de/gfzkhome/wp-content/uploads/2011/03/GFZK2-Agenda-und-Rahmenbedingungen_Text-von-as-if1.doc
- Heller, K. (2000). *Lexikon der Neurowissenschaft : Kybernetik*. Abgerufen am 4. August 2014 von Spektrum.de: <http://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/kybernetik/6831>
- Hoenig, S. (23. März 2006). *Ein glänzend Häuslein*. Abgerufen am 16. August 2014 von manager magazin online: <http://www.manager-magazin.de/lifestyle/wohnen/a-406856-3.html>
- IBM. (kein Datum). *IBM Shoebox*. Abgerufen am 26. August 2014 von IBM Archives: http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/specialprod1/specialprod1_7.html
- Jaxa. (kein Datum). *Small Solar Power Sail Demonstrator "IKAROS"*. Abgerufen am 20. Mai 2014 von Jaxa : Explore to Realize: <http://global.jaxa.jp/activity/pr/brochure/files/sat28.pdf>
- Jaxa. (kein Datum). *Solar Power Sail Demonstrator "IKAROS"*. Abgerufen am 20. Mai 2014 von Jaxa Space Exploration Center: <http://www.jspec.jaxa.jp/e/activity/ikaros.html>

Jobson, C. (10. Februar 2014). *Ingenious Door Opens and Closes Like Folded Paper*. Abgerufen am 23. Juni 2014 von Colossal: <http://www.thisiscolossal.com/2014/02/ingenious-kinetic-doors-by-klemens-torggler-fold-open-and-closed-like-origami/>

Kaiser, R., & Gloss, M. (Jänner 2009). *Munera Gladiatoria - eine Unterrichtsreihe für die Martial-Lektüre*. Abgerufen am 22. April 2014 von Pegasus-Onlinezeitschrift: http://www.pegasus-onlinezeitschrift.de/2009_1/agora_1_2009_kaisergloss.html

Kohlbecher, B. (kein Datum). *Entwicklung einer Burg*. Abgerufen am 22. April 2014 von Benburgen.de: <http://www.benburgen.de/geschichte/ritter-burgen-und-mittelalter/entwicklung-der-burgen/>

Li, K. (26. März 2013). *One Size Fits All By Catalin Sandu and Adrian Iancu*. Abgerufen am 12. August 2014 von gBlog: <http://blog.gessato.com/2013/03/26/one-size-fits-all-by-catalin-sandu-and-adrian-iancu/>

LifeEdited Inc. (kein Datum). *About : How we got started*. Abgerufen am 10. August 2014 von LifeEdited: <http://www.lifeedited.com/about/>

LifeEdited Inc. (kein Datum). *LifeEdited Competition Brief*. Abgerufen am 12. August 2014 von jovoto: <https://lifeedited.jovoto.com/briefing>

Lobe, A. (25. April 2014). *Eine Stadt, die durch die Gegend fährt*. Abgerufen am 26. April 2014 von derStandard.at: <http://derstandard.at/1397521498093/Eine-Stadt-die-durch-die-Gegend-faehrt>

Loftenberg.com. (28. Jänner 2011). *Revolving house in Italy*. Abgerufen am 10. April 2014 von Loftenberg.com: <http://www.loftenberg.com/revolving-house-in-italy/>

Lowensohn, J. (23. Februar 2011). *Timeline: A look back at Kinect's history*. Abgerufen am 26. August 2014 von cnet: <http://www.cnet.com/news/timeline-a-look-back-at-kinects-history/>

Maeda, J. (2001). *An Introduction to DBN*. Abgerufen am 1. September 2014 von Design By Numbers: <http://dbn.media.mit.edu/introduction.html>

mattdollings. (23. Februar 2009). *Wallpaper* 'Sliding House'*. Abgerufen am 26. April 2014 von YouTube: <http://www.youtube.com/watch?v=ZxmvRDTEly8>

- Matulef, J. (13. Juli 2013). *The Power Glove gets its own feature-length documentary : The Power of Glove*. Abgerufen am 26. August 2014 von Eurogamer.net: <http://www.eurogamer.net/articles/2013-07-13-the-power-glove-gets-its-own-feature-length-documentary>
- Nest Labs. (kein Datum). *Fact Sheet : Nest Learning Thermostat*. Abgerufen am 8. August 2014 von Nest Labs: <https://nest.com/downloads/press/documents/nest-thermostat-fact-sheet.pdf>
- Nest Labs. (kein Datum). *Press*. Abgerufen am 12. September 2014 von Nest Labs: <https://nest.com/press/>
- Olivarez-Giles, N. (16. Juni 2011). *Microsoft releases Kinect for Windows SDK*. Abgerufen am 26. August 2014 von Los Angeles Times: <http://latimesblogs.latimes.com/technology/2011/06/microsoft-releases-kinect-for-windows-sdk.html>
- OMA. (1992). *Yokohama Masterplan, Japan, Yokohama*. Abgerufen am 28. April 2014 von OMA: <http://www.oma.eu/projects/1992/yokohama-masterplan/>
- Peck, E. (28. April 2010). *Hong Kong Architect Crams 24 'Rooms' into 344 Square Feet*. Abgerufen am 11. August 2014 von The Wall Street Journal: <http://blogs.wsj.com/developments/2010/04/28/hong-kong-architect-crams-24-rooms-into-344-square-feet/>
- Peters, A. (12. November 2013). *A 600-Foot-Tall City On Wheels, For When It's Time To Get Away From It All*. Abgerufen am 2. August 2014 von Co.EXIST: <http://www.fastcoexist.com/3021415/futurist-forum/a-600-foot-tall-city-on-wheels-for-when-its-time-to-get-away-from-it-all/>
- Postal, M. A. (2012). *Report of NYC Landmarks Preservation Commission: The Rainbow Room*. Abgerufen am 5. Juni 2014 von <http://www.nyc.gov/html/lpc/downloads/pdf/reports/2505.pdf>
- Processing Foundation. (kein Datum). *Overview : History*. Abgerufen am 7. September 2014 von Processing: <http://processing.org/overview/>
- Rea, C. (2. August 2014). *FAQ : Where does this project come from? Is this DBN?* Abgerufen am 16. September 2014 von GitHub "Processing" Repository: <https://github.com/processing/processing/wiki/FAQ>
- Rea, C. (2. August 2014). *FAQ : Why is it called "Processing"?* Abgerufen am 16. September 2014 von GitHub "Processing" Repository: <https://github.com/processing/processing/wiki/FAQ>

- Reynolds, C. (6. September 2001). *Boids : Background and Update*. Abgerufen am 1. Mai 2014 von Reynolds engineering & design: <http://www.red3d.com/cwr/boids/>
- Rockefeller Group Inc. / Rockefeller Center Archives. (2014). *History : 1934, November - Ballroom dancers Lydia and Joresco performing in the newly opened Rainbow Room*. Abgerufen am 10. August 2014 von Rainbow Room: <http://www.rainbowroom.com/gallery/Timeline/23/>
- Russel, R. (2009). *Zitat des Eigentümers*. Abgerufen am 26. April 2014 von dRMM: <http://drmm.co.uk/projects/view.php?p=sliding-house>
- Schneider, D. (15. Juni 2012). *Die Tastatur - Eine kleine Geschichte des Computer-Eingabegeräts Nr.1*. Abgerufen am 26. August 2014 von Knetfeder Magazin: <http://www.knetfeder.de/magazin/2012/zeiten/tastatur/>
- Spencer, I. (Dezember 2010). *Sliding House : dRMM Architects*. Abgerufen am 27. April 2014 von Architectural Record: http://archrecord.construction.com/residential/hotm/2010/12/sliding_house.asp
- Steiner, B., Grundei, P., Kaindl, S., & Teckert, C. (28. Februar 2005). "...Architektur als Akteur im Prozeß der Verhandlung...". (A. Bartetzky, Interviewer) Leipzig. Abgerufen am 18. September 2014 von as-if: http://www.as-if.info/projekte/01_GFZK/projekt_gfzk_inter_02.html
- Stephen, B. (1. Februar 2009). *A roof over your head? So last year*. Abgerufen am 26. April 2014 von The Observer: <http://www.theguardian.com/artanddesign/2009/feb/01/sliding-house-architecture-drmm>
- The All England Lawn Tennis Club (Championships) Limited. (kein Datum). *FAQ: Facts and Figures : Center Court Roof stats*. Abgerufen am 12. August 2014 von Wimbledon: http://www.wimbledon.com/en_GB/about_aeltc/201205091336574376496.html
- The D*Haus Company. (2013). *The D*Table - Dynamic Living*. Abgerufen am 15. Mai 2014 von Kickstarter: <https://www.kickstarter.com/projects/1381379474/dynamic-living>
- The D*Haus Company. (kein Datum). *D*Dynamic*. Abgerufen am 20. Mai 2014 von D*Haus: <http://www.thedhaus.com/architecture/dhaus/dynamic/>
- The D*Haus Company. (kein Datum). *D*Table*. Abgerufen am 20. Mai 2014 von D*Haus: <http://www.thedhaus.com/products/table/>

- Topolsky, J. (20. Oktober 2009). *Apple's Magic Mouse: one button, multitouch gestures, Bluetooth, four-month battery life*. Abgerufen am 26. August 2014 von engadget:
<http://www.engadget.com/2009/10/20/apples-magic-mouse-multitouch-gestures-bluetooth-four-month/>
- Torggler, K. (kein Datum). *Presseunterlage "Sesam öffne dich!" Eine Tür zum Staunen*. Abgerufen am 23. Juni 2014 von Klemens Torgglers doors and paintings:
http://www.torggler.co.at/main/Presseunterlage%20Klemens%20Torggler%20Doors_2014.pdf
- Uy, K. (25. August 2014). *What Is a Fusuma?* Abgerufen am 10. September 2014 von wiseGEEK: <http://www.wisegeek.com/what-is-a-fusuma.htm>
- van Ooijen, D. (kein Datum). *Things Japanese : Fusuma*. Abgerufen am 10. Mai 2014 von Sashimisen:
http://home.kpn.nl/ooije006/sashimisen/things_japanese/fusuma_f.html
- Vincze, A. (kein Datum). *Fotografie Drehplattentür*. Abgerufen am 18. August 2014 von Klemens Torggler's Doors and Paintings: http://torggler.co.at/main/copyright-akos_vincze-torggler.jpg
- Weiser, M. (1996). *Presentation Slides : Ubiquitous Computing*. Abgerufen am 8. August 2014 von Nomadic Issues in Ubiquitous Computing:
<http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/NomadicInteractive/Slid002.htm>
- Willis, A. (kein Datum). *History of Wimbledon : 1993, The Long Term Plan*. Abgerufen am 12. August 2014 von Wimbledon:
http://www.wimbledon.com/en_GB/history/index.html
- Willis, H. (2010). *John Maeda*. Abgerufen am 7. September 2014 von AIGA: <http://www.aiga.org/medalist-johnmaeda/>
- Wolf-Plottegg, M. (kein Datum). *Türtreppentreppentür*. Abgerufen am 23. September 2014 von Welcome Manfred Wolff-Plottegg: <http://plottegg.tuwien.ac.at>
- Yokohama Minato Mirai 21. (kein Datum). *What is Minato Mirai 21?* Abgerufen am 28. April 2014 von Yokohama Minato Mirai 21 Official Website:
<http://www.minatomirai21.com/eng/>

7.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: ÜberschriftZeichner "1 Read me 1st", Screenshot, eigene Darstellung	3
Abbildung 2: Ablauf Analyse-Design-Umsetzung, eigene Darstellung.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 3: ÜberschriftZeichner "2 Analyse", Screenshot, eigene Darstellung	7
Abbildung 4: Konkretisierung der Idee der black box, in Anlehnung an Heller (2000) <i>Lexikon der Neurowissenschaft : Kybernetik</i> , einsehbar im www, eigene Darstellung	17
Abbildung 5: Grundstruktur des Regelkreises, in Anlehnung an Uphaus (2011) <i>Regelungstechnik : Projekte für den Lernfeldunterricht, Aufgaben, Anwendungen, Simulationen</i> , S. 17, eigene Darstellung	18
Abbildung 6: Entwicklung von Entscheidungsstrukturen, Wolff-Plottegg (2007) <i>Hybrid Architektur & Hyper Funktion</i> , S. 20)	18
Abbildung 7: Raumtemperaturregler, in Anlehnung an Uphaus (2011) <i>Regelungstechnik : Projekte für den Lernfeldunterricht, Aufgaben, Anwendungen, Simulationen</i> , S. 27, eigene Darstellung	19
Abbildung 8: Nest Thermostat, Produktfoto, Nest Labs (kein Datum) <i>Press</i> , einsehbar im www	21
Abbildung 9: Skizze gleichmäßige Bewegung (oben) und beschleunigte Bewegung (unten), eigene Darstellung	23
Abbildung 10: Rotation und Translation, Was kommt zuerst?, eigene Darstellung	25
Abbildung 11: Rotation und Translation mit Nullpunktverschiebung, eigene Darstellung	26
Abbildung 12: Transformationsmatrizen, Translation (links), Rotation (rechts), eigene Darstellung.....	27
Abbildung 13: Unterschiede bei der Kombination von Transformationen, zuerst Translation dann Rotation (links), zuerst Rotation dann Translation (rechts), eigene Darstellung.....	27
Abbildung 14: Bewegungen aus starren Bauteilen, Schumacher, Schäffer, & Vogt (2010) <i>move : Architektur in Bewegung – Dynamische Komponenten und Bauteile</i> , S. 45.....	29
Abbildung 15: Bewegungen aus weichen Bauteilen, Schumacher, Schäffer, & Vogt (2010) <i>move : Architektur in Bewegung – Dynamische Komponenten und Bauteile</i> , S. 47.....	30
Abbildung 16: „Haberdasher’s Puzzle“ und Lösung, Dudeney (1907) <i>The Canterbury Puzzles</i> , S. 180	39

Abbildung 17: Aussenwände werden zu Innenwände und umgekehrt, in Anlehnung an Dudeney (1907) <i>The Canterbury Puzzles</i> , S. 180, eigene Darstellung.....	40
Abbildung 18: D*Dynamic-Haus, The D*Haus Company (kein Datum) <i>D*Dynamic</i> , einsehbar im www	41
Abbildung 19: Die acht fixen Positionen beim "Haberdasher's Puzzle", eigene Darstellung.....	41
Abbildung 20: The D*Table, The D*Haus Company (kein Datum) <i>D*Table</i> , einsehbar im www	42
Abbildung 21: Skizze Bewegungsablauf Drehplattentür, Frontalansicht, eigene Darstellung.....	43
Abbildung 22: Drehplattentür von Klemens Torggler, Vincze (kein Datum) <i>Fotografie Drehplattentüre</i> , einsehbar im www.....	44
Abbildung 23: Skizze Bewegungsablauf, Frontalansicht, eigene Darstellung.....	45
Abbildung 24: Unterschiedliche Modelle von Klemens Torggler, "Design with epitrochoid curve" (links), "Design with rods" (mitte), "8 panels" (rechts), eigene Darstellung.....	46
Abbildung 25: Hypotrochoide (abrollender Kreis innen) und Epitrochoide (abrollender Kreis außen), eigene Darstellung	47
Abbildung 26: Trochoide bei Torgglers Tür "Design with epitrochoid curve", eigene Darstellung.....	48
Abbildung 27: Grundriss Galerie der Zeitgenössischen Kunst, Grundei, Kaindl, Teckert, & Steiner (2010) <i>Negotiating spaces : the new exhibition building of the Museum of Contemporary Art in Leipzig by as-if berlinwien</i> , S. 17)	50
Abbildung 28: verschiedene Raumkonfigurationen, Grundei, Kaindl, Teckert, & Steiner (2010) <i>Negotiating spaces : the new exhibition building of the Museum of Contemporary Art in Leipzig by as-if berlinwien</i> , S. 92f)	51
Abbildung 29: Grundriss von „LifeEdited 1“, eigene Darstellung.....	54
Abbildung 30: Fotos von Grundrissvarianten des LifeEdited 1, Friedlander (2013) <i>See Full Set Of Official LifeEdited Apartment Photos</i> , einsehbar im www.....	55
Abbildung 31: Grundrisse „Domestic Transformer“ 1976 (links) und 1987 (rechts), eigene Darstellung	57
Abbildung 32: Grundrisse „Domestic Transformer“ 1989 (links) und 1998 (rechts), eigene Darstellung	57

Abbildung 33: Grundriss „Domestic Transformer“ 2006, eigene Darstellung	58
Abbildung 34: Grundriss „Naked House“, eigene Darstellung	61
Abbildung 35: Grundrisse „Naked House“ mit ausschwärmenden Raumboxen, eigene Darstellung	62
Abbildung 36: Reagierende Architektur, eigene Darstellung	64
Abbildung 37: Interaktive Architektur, eigene Darstellung	64
Abbildung 38: Gordon Pask Steuerung Fun Palace, Mathews (2006) <i>The Fun Palace as Virtual Architecture : Cedric Price and the Practices of Indeterminacy</i> in Journal of Architectural Education, 59(3), S. 45).....	66
Abbildung 39: Rotolactor, Fawcett Publications (1931) „Rotolactor“ <i>Milks 50 Cows in 12 Minutes</i> in Modern Mechanics and Inventions, S. 51.....	70
Abbildung 40: House Number 3, Bel Geddes (1932) <i>Horizons</i> , S. 132	71
Abbildung 41: Rainbow Room, Rockefeller Group Inc. / Rockefeller Center Archives (2014) <i>History : 1934, November – Ballroom dancers Lydia and Joresco performing in the newly opened Rainbow Room</i> , einsehbar im www	73
Abbildung 42: Rotor-Modulhaus, Randl (2008) <i>Revolving architecture : a history of buildings that rotate, swivel and pivot</i> , S. 149.....	74
Abbildung 43: Grundriss Rotor-Modulhaus, eigene Darstellung	76
Abbildung 44: Perspektivischer Durchschnitt eines typischen eingeschossigen Wohnhauses, Yoshida (1954) <i>Das japanische Wohnhaus</i> , S. 131	79
Abbildung 45: Axonometrie des "Sliding House", dRMM Architects (kein Datum) <i>Sliding House</i> , einsehbar im www	83
Abbildung 46: Bewegungsablauf beim Sliding House von dRMM, Etherington (2009) <i>Sliding House by dRMM</i> , einsehbar im www	85
Abbildung 47: „The German Space Mirror“, Lewicki (1945) <i>Zeichnung : The German Space Mirror</i> in Life Magazin88	

Abbildung 48: ESA & DLR Projekt Gossamer, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) (kein Datum) <i>Gossamer</i> , einsehbar im www.....	90
Abbildung 49: Türtreppentreppentür, Wolff-Plottegg (kein Datum) <i>Türtreppentreppentür</i> , einsehbar im www	91
Abbildung 50: "Werbeplakat" für einen Gladiatorenkampf in Pompei, Gogräfe (kein Datum) <i>Pompeji IX 8, vor der Casa del Centenario</i> , einsehbar im www, „et vela erunt“ hervorgehoben.....	94
Abbildung 51: Villa Girasole, Loftenberg.com (2011) <i>Revolving House in Italy</i> , einsehbar im www.....	98
Abbildung 52: Cities Walking, Banham (1995) <i>Die Visionen des Ron Herron, S. 72-73</i>	100
Abbildung 53: VLS von Manuel Dominguez, Peters (2013) <i>A 600-Foot-Tall City On Wheels, For When It's Time To Get Away From It All</i> , einsehbar im www	102
Abbildung 54: Nutzung des Areals nach Aktivitäten, Koolhaas & OMA (1993) <i>Yokohama</i> in Arch+, 117, S. 64	104
Abbildung 55: Jos P. Webers Vergleich Lineare Planung – Streubereichs Planung, Huber & Huber (1970) <i>Von der Endzustandsplanung zur Entwicklungszustandsplanung von Bildungseinrichtungen</i> in (Das Werk, 57(2), S. 125	105
Abbildung 56:Gegenüberstellung der Prinzipien einer Gegengewichtsbrücke (links), einer Kettenzugbrücke (mitte) und einer Schwungrutenbrücke (rechts) im Schnitt, eigene Darstellung	110
Abbildung 57: Stadttor Villeneuve-sur-Yonne, Bild 32 Viollet-le-Duc (1864) <i>Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI. au XVI. siècle. Tome 7 : Palais - Puits</i> , S. 356, Bild 33 ebda. S. 358	112
Abbildung 58: ÜberschriftenZeichner "3 Design", Screenshot, eigene Darstellung.....	113
Abbildung 59: Entwicklung der Eingabemethoden bei Computersystemen, eigene Darstellung.....	117
Abbildung 60: "Cell"-Objekt im Raster, eigene Darstellung.....	124
Abbildung 61: "Agent"-Objekt mit Bewegungspfeil, eigene Darstellung.....	125
Abbildung 62: "Wall"-Objekt mit den beiden dazugehörigen "Agent"-Objekten, eigene Darstellung	126
Abbildung 63: vier Phasen der Bewegung von "Agent" und "Wall", eigene Darstellung.....	127
Abbildung 64: Verbindungslinien zwischen "Agent"-Objekten, eigene Darstellung	128

Abbildung 65: Diagramm "Wall"-Strukturen in Abhängigkeit von der Anzahl der "Agent"-Strukturen, eigene Darstellung	130
Abbildung 66: Diagramm der Abhängigkeiten der Objekte in "Moving Architecture", eigene Darstellung.....	131
Abbildung 67: Abbildung der drei Fenster Eingabefenster (links oben), Simulationsfenster (rechts oben) und Analysefenster (unten), Screenshot, eigene Darstellung	142
Abbildung 68: Eingabefenster, Screenshot, eigene Darstellung	143
Abbildung 69: Simulationsfenster, Screenshot, eigene Darstellung	145
Abbildung 70: Analysefenster, Screenshot, eigene Darstellung	147
Abbildung 71: Listen-in-Listen-Konzept, eigene Darstellung.....	150
Abbildung 72: Verhaltensdiagramm der Pac-Man Monster, Bourgh & Seemann (2004) <i>AI for game developers : creating intelligent behavior in games</i> , S. 166	154
Abbildung 73: ÜberschriftenZeichner "4 Umsetzung", Screenshot, eigene Darstellung.....	157
Abbildung 74: Ausgabe des Beispielcodes in DBN, Maeda (2001) <i>An Introduction to DBN</i> , einsehbar im www.....	160
Abbildung 75: ÜberschriftenZeichner "5 Resüme (Rückkopplung)", Screenshot, eigene Darstellung	165
Abbildung 76: ÜberschriftZeichner "6 Anhang", Screenshot, eigene Darstellung	169
Abbildung 77: ÜberschriftenZeichner "7 Verzeichnisse", Screenshot, eigene Darstellung	173

7.4 Codeverzeichnis

Code 1: Pseudocode Aufgaben der Objekte "Agent", "Wall" und "Cell"	132
Code 2: Pseudocode Methoden des Objektes "Cell"	133
Code 3: Pseudocode "Cell"	134
Code 4: Pseudocode für normales Hochzählen	135
Code 5: Pseudocode für schnelles Hochzählen	136
Code 6: Pseudocode für schnelles Herunterzählen	136
Code 7: Pseudocode deterministische Zahlenreihe	139
Code 8: Pseudocode stochastische Zahlenreihe	139
Code 9: Pseudocode pseudostochastische Zahlenreihe	140
Code 10: Pseudocode Array füllen und einen Wert abfragen	152
Code 11: Pseudocode ArrayList füllen und einen Wert abfragen	152
Code 12: Beispielcode in DBN, (Maeda, 2001)	160
Code 13: Pseudocode Moving Architecture	164
Code 14: Processingcode ÜberschriftZeichner	171