



*Der Einsatz von Brain-Computer
Interfaces in Kunst und Architektur
und
“Das Wahrnehmungsecho” -
ein Experiment mit Raum und Gefühlen*

*D. Angelova
Graz, 2015*



Denitsa Angelova, BSc

**Der Einsatz von Brain-Computer Interfaces
in Kunst und Architektur
und "Das Wahrnehmungsecho"-
ein Experiment mit Raum und Gefühlen**

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Masterstudium Architektur

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Univ.-Prof. Dipl.-Arch. Dr.sc.ETH Urs Hirschberg

Institut für
Architektur und Medien

Graz, September 2015

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

Datum

Unterschrift

ICH BEDANKE MICH BEI...

Univ.-Prof. Dipl.-Arch. Dr.sc.ETH **Urs Hirschberg** für die Unterstützung als Betreuer sowie bei allen an der Masterprüfung beteiligten Personen und Mitarbeiter der Technischen Universität Graz. Ich möchte mich ebenso bei den Beschäftigten des **Institutes für Semantische Datenanalyse** bedanken für die technische und wissenschaftliche Unterstützung im Bereich der Neurowissenschaften und Neuro-Imaging sowie für die Möglichkeit das institutseigene EEG Gerät bei der Vorführung der Kunstinstallation „Perception Echo/Wahrnehmungsecho“ zu benutzen. Herzlichen Dank und Hochachtung auch an **Lukas Landsgesell**, mit dem alle bisherige Kunstinstallationen glatt gelaufen sind. Seine Kompetenz und Einsatzbereitschaft waren enorm. Ich bedanke mich auch beim **Haus der Architektur** in Graz für die Möglichkeit im Rahmen des Architektursommers die Räumlichkeiten für die für mich so wichtige Kunstinstallation zu benutzen und beim Künstlerverein „**Screaming Bonsai**“ für die Vermittlung. Dank möchte ich persönlich auch an **Anamariya Krasteva** für die hervorragende Leistung als Fotografin während der Eröffnung des Events und dem Team von **Arlene Joobes** für den professionellen Einsatz als Filmemacher aussprechen. Das beeindruckende Ergebnis ist ein Kurzfilm über die Installation, welcher auch hier in diesem Buch als Anhang eingeklebt zu finden wäre. Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinen **Eltern, Verwandten und Freunden** bedanken, die immer an meiner Seite gestanden sind, an mich glauben und mich allgegenwärtig unterstützen.

KURZFASSUNG

Die Masterarbeit *„Der Einsatz von Brain-Computer Interfaces in Kunst und Architektur“* befasst sich mit der Auseinandersetzung von Architektur als ein Medium der Kommunikation zwischen Mensch und Umgebung sowie mit der Verknüpfung neuester Technologien mit dem Entwurfsprozess, um somit geistige Angelegenheiten schneller und deutlicher umzusetzen. Ausgangspunkt ist Hans Holleins Manifest „Alles ist Architektur“ und seine Aussage „Wir müssen Architektur vom Bauen befreien“, das Wesentliche an jener Architektursprache ist ihr Affekt. Die Atmosphäre wird ein Hauptdarstellungselement in der Architektur und die Synästhesie der menschlichen Sinneswahrnehmung wird der gesuchte Parameter für die Gestaltung. Die Gehirn-Computer Schnittstelle könnte bald die herkömmliche Maus und Tastatur ersetzen und das würde voraussetzen, alle wirtschaftlichen und sozio-kulturellen Prozesse neu zu überdenken.

Der Einsatz von Brain-Computer Interfaces in der Architektur würde eine wirtschaftliche Verlangsamung ermöglichen, damit eine effiziente, nachhaltige Stadtplanung stattfinden kann, um bessere, gleichwertige Lebensqualität zu gewährleisten und eine weitere Stufe der globalen Modernisierung zu erlangen.

Als erster Schritt dieser Entwicklung wurde im HDA mit Hilfe des Grazer Projektionskünstlers und Programmierers Lukas Landsgeßell eine interaktive, immersive Installation vorbereitet, die das aktive Ablesen von Gehirnströmen als Steuerungsmethode einsetzte.

ABSTRACT

The Master's thesis „*The Implementation of Brain-Computer Interfaces in Art and Architecture*“ deals with Architecture as a medium of communication between human beings and their environment, as well as with the linking and implementing of the latest neuro- science research and technology into the design process, thus enabling the more efficient translation of the spiritual aspects of life into architecture. The work is based largely on Hans Hollein's manifesto “All is Architecture”(Alles ist Architektur, 1967) and also on his saying “We have to liberate architecture from building”(“Wir müssen Architektur vom Bauen befreien”) because the essence of architecture is supposed to be its effect on the human personality and perception. The created ambience or architectural atmosphere is the main subject matter of environment design and its goal is to create a synesthetic experience for the human senses, enabling an expansion of consciousness to occur.

Brain-computer interfaces could soon be able to replace the traditional mouse and keyboard, which will probably require many economic and socio-cultural topics to be reconsidered. The direct connection between brain and machine will enable the achievement of the next level of sustainable urban planning and modernization, as well as a better and equal quality of life.

An interactive, immersive art-installation took place in June 2015 in HDA(House of Architecture), Graz, in which together with the Graz-based projection-mapping artist and programmer Lukas Landsgesell, the direct implementation of brain waves for the modification of the environment was visualized, which could be pointed out as a probable pace-setter towards the previously mentioned development.

Inhaltsverzeichnis

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	III
ICH BEDANKE MICH BEI...	V
KURZFASSUNG	VI
ABSTRACT	VII
<i>Inhaltsverzeichnis</i>	9
PROLOG	11
-1- ALLES IST ARCHITEKTUR	
/Über das Alles, das Nichts und die subjektive Erlebniswelt der Immersion/	
1.1 Alles ist Architektur.	23
1.2 Architektur als Immersionskunst.	31
1.3 Künstliche Realitäten.	46
1.4 Architektur und Medien.	55
-2- ALLES IST GEHIRN	
/Ein Wunderwerk, das Träumen und das Bauen/	
2.1 Alles ist Gehirn.	63
BCI in der Kunst:	
Lisa Park, "Euonia"	68
Lisa Park, "Euonia II"	72
a rose is, "Brain Study"	74
"Brain-Painting"	80
2.2 Von Computer-Aided Design zu Brain-Computer-Aided Design	87
DAS WAHRNEHMUNGSECHO:	
EIN EXPERIMENT MIT RAUM UND GEFÜHLEN	90
BCAD. DAS INTERVIEW	110
GLOSSAR	119
<i>Literaturverzeichnis</i>	155
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	159
<i>Abkürzungsverzeichnis</i>	162
ANHANG	165

Prolog

*Über das widersprüchliche Potenzial
der Gedanken*

Jänner, 2013. Ich befinde mich inmitten meines Studiums und stelle mir immer wieder die gleichen Fragen: „Wohin geht es weiter? Architektur? Ja, klar! Aber es ist doch alles Architektur!“ Ich bemühe mich ständig, Architektur für mich zu bestimmen. Jedoch nicht Architektur als Gegenstand oder als Objekt eines Entwurfes, sondern Architektur als Prozess, als Lebenseinstellung. Wer bin ich, wenn ich mich mit Architektur beschäftige, wo befinde ich mich dieser Architektur gegenüber - innen, außen, vorne, rechts, links, wo? Lebe ich sie oder will ich sie arbeiten? Bauen? Nein, das Bauen war nie so wirklich meines. Viele fragen mich, warum ich dann Architektur studiere. Um Kunst zu schaffen? Ja, vielleicht! Aber das ist doch nicht alles, was sie kann. Wissenschaft? „Zu genau für mich, ich bin doch anders.“

Seit dem Beginn meines Studiums und sogar früher bin ich hinter der Überzeugung gestanden, dass ich auch ohne Diplom eine Architektin sei. Aber bald dringt sich die Entscheidung durch, eine Richtung zu wählen. Es wird ganz real – um das Studium abzuschließen, muss ich einige freie Wahlfächer absolvieren. Und aus irgendeinem Grund fühle ich mich so, als wäre das für mich und meinen Lebensweg sehr wichtig. Es geht mir nicht nur darum, die 10 ECTS zu bekommen, sondern ich will davon tatsächlich etwas mitnehmen. Und plötzlich erinnere ich

mich an die Worte einer Kollegin, als wir während der Projektübung am IAM das Thema besprochen haben: „Philosophie.“

Philosophie als freies Wahlfach, warum nicht? Professor Hirschberg sagte doch selber, meine Projekte wären sehr philosophisch orientiert. „Der Mensch als Verhältnis-Maßstab eines parametrisch entworfenen Kronleuchters“ lautete das Thema meiner aktuellen Projektübung. Und außerdem versuchte ich schon immer alle in meiner Umgebung davon zu überzeugen, dass etwas mehr dahinter steht. Dass Architektur nicht gleich Häuser bauen bedeutet. Es dreht sich doch um den Menschen.

Die Wahrnehmung – noch ein Stichwort. Einige Gedanken später und ich weiß mehr über meine Richtung, mehr über mich. Ja, „die Suche nach mir selbst“. Wäre doch schön, wenn ich das als Thema meiner Masterarbeit nehmen könnte. Es würde dann leider etwas länger als ein Jahr dauern, aber zumindest hätte ich einen Anhaltspunkt. Und meine umherschweifenden Gedanken weisen darauf hin, er wäre der Richtige.

Philosophie. Ich mache die Homepage der KFU Graz auf und suche „online“ nach zufälligen Lehrveranstaltungen über das Thema. Hunderte Treffer, die das Potenzial in sich tragen, meine Zukunft zu bestimmen. Einige davon klingen ganz

vierversprechend - Philosophische Anthropologie, Klassiker der Philosophie, Einführung in die Sozialphilosophie u.v.m. Die Liste ist lang. Und dann kommt etwas, das meine Aufmerksamkeit ganz auf sich zieht: „Einführung in die Philosophie der Gegenwart: Das Menschenbild in Wissenschaft und Kunst“. Die Worte „Wissenschaft und Kunst“ in einem Satz. Das klingt doch ganz nach Architektur. Dort irgendwo werde ich sie vielleicht finden – diese sogenannte Architektur. Und das Menschenbild noch dazu – das muss wohl ein Volltreffer sein!

Einige Clicks später bin ich für die Vorlesung beim Univ.-Prof.i.R. Dr.phil Johann Götschl angemeldet. Wie einfach das ging und was für Freude diese Konformität des Online-Anmeldens bereitet. „Meine Eltern können es sich gar nicht vorstellen“ – denke ich mir – „Und meine Oma würde gar nicht wissen, was das Wort „Click“ bedeutet.“ Es waren andere Zeiten, als sie jung war, sagt sie immer. Sie ist von einer anderen Zeit bestimmt, denke ich immer dazu, und trotzdem sind es nur weniger als fünfzig Jahre her, als sie genau meines Alters war.

Nun komme ich wieder mit meinen Gedanken zu der Suche, als ich auf ein Lehrveranstaltungstitel stolpere und mein Herz beginnt zu rasen: „Metaphysik.“ Mein Interesse ist nun wirklich geweckt und meine Atemzüge werden kürzer vor

Aufregung. Die vom Institut für Philosophie an der Katholisch-Theologischen Fakultät der KFU angebotene Vorlesung hat zwar auf den ersten Blick noch weniger mit meiner Studienrichtung zu tun, aber umso mehr mit meiner Persönlichkeit und der Suche nach mir selbst. Das Interesse für das Unerklärbare, für das, was wir Menschen nicht angreifen können hat immer schon meinen Geist berührt und in mir besondere Neugier erweckt. Vielleicht, weil ich in einer unreligiösen Familie aufgewachsen bin, mit Eltern, die während eines kommunistischen Regimes in den achtziger Jahren in Bulgarien ihre Ehe geschlossen hatten und solche Themen unausgesprochenes „Tabu“ waren, oder vielleicht, weil ich selbst immer einen etwas mehr revolutionären, verträumten Charakter hatte. Da ich die „Trotz“-Phase so gesehen immer noch nicht überwunden habe, sind für mich die Welten des Unrationellen und physikalisch Unerklärbaren nach wie vor von größtem Interesse.

Allein der Titel dieser Lehrveranstaltung brachte mich zurück in meine Erinnerungen, an die Stelle meines Lebens, als ich vor der Entscheidung stand, was ich überhaupt studieren sollte. Mit ca. sechzehn Jahre war mir schon klar, dass ich mich nicht mehr mit Wirtschaftslehre beschäftigen wollte, obwohl ich ganz dankbar für die Erfahrungen an der Handelsakademie war. Ich merkte mit den Jahren, wie sehr ich mich für Naturwissenschaften interessierte und

wie gern ich mich mit Kunst beschäftigte. Mein gewünschtes Studium war daher für mich ziemlich klar – eine Kunst, die in sich sehr viel Wissen hat, oder eine Wissenschaft, die Kunst schafft – die Architektur. Doch das Wort „Metaphysik“ erinnerte mich in diesem Moment an etwas anderes. Diese Entscheidung, Architektur zu studieren, war in mir schon vorgeprägt. Und zwar hatte ich diese Richtung schon als Kind in einem Traum – ich träumte in einem sehr jungen Alter von einer Version des Geodesic Domes, und hatte diesen Traum nie vergessen. Lange Zeit war ich sogar davon überzeugt, dass ich die architektonische Struktur in dieser hoch-komplexen Form, gefädelt mit diffiziler Technologie, die ich als Kind nur in meinen Träumen gesehen hatte, erfunden hätte, bis ich fünfzehn Jahre später die Arbeiten Buckminster Fullers kennen lernte und davon sprachlos vor Begeisterung war. Architektur war für mich zwar die logische Folge meiner akademischen Entwicklung, aber insgeheim hatte dieses Studium immer einen Konkurrenten – eine andere Möglichkeit, welche meine Gedanken verführte – ein Studium der Traumwissenschaften.

Mit der Zeit hatte sich das Studium der Traumwissenschaften für mich selber etwas unpragmatisch erwiesen, bis zu diesem Punkt meines Lebens, als ich mich für das zweite freie Wahlfach anmeldete – „Metaphysik“, gehalten vom Univ.-Prof.

Dr.phil. Dr.theol. Reinhold Esterbauer, Autor und Herausgeber. Und ohne dass ich es merkte, wurde in mir ein alter Traum zurück ins Leben gerufen.

Die Suche wurde somit um einiges verfeinert und in dieser Suche bekam ich gleichzeitig einige Antworten. Ich weiß mehr und mehr über mich selbst. Auch wenn es unrealistisch sein mag, ich stelle die Richtung fest, in die ich gehen will – der Geist des Menschen, das Ungreifbare, die nicht-physikalische Realitäten, das Denken und das Träumen. Das alles hat viel mehr mit Architektur zu tun, als ich selber ahne. Ein Traum aus meiner Kindheit und die vergessene Aufregung haben gerade mein Leben als erwachsener Mensch definiert. Meine Gedanken haben meine Realität vorprogrammiert!

Juni, 2013. Ich sitze im EDV-Labor des Instituts für Semantische Datenanalyse der TUG. In der Konstruktionsübung „Non-Invasive Brain-Computer Interfaces“ versucht mir der Wiss.-Ass. DI David Steyr beizubringen, wie man ein Matlab-Programm schreibt, um den Rausch und die Artefakte beim Extrahieren von Steady State Visual Evoked Potentials (SSVEP) eines simulierten EEGs zu minimieren. Ich bin ganz ehrlich zu ihm und sage, dass ich Nachhilfe brauche und die Lehrveranstaltung wahrscheinlich gar

nicht absolvieren werde. In dem Raum, voll mit Biomedizintechnik Absolventen, bin ich die Einzige, die nicht weiß, was eine diskrete Fourier-Transformation (DFT) ist und was damit zu transformieren wäre. Und trotzdem gebe ich nicht auf und besuche jede Übungseinheit.

Einige Monate früher habe ich mich bereits für das Thema meiner Masterarbeit entschieden und habe festgestellt, dass ich mich mit der Verbindung zwischen Neurowissenschaften und Architektur auseinandersetzen will. Über fünfzig Pflicht- und Wahlfächer stehen in meinem Terminkalender und nur ein paar Wochen nach dem Semesterbeginn hat sich herauskristallisiert, von welchen ich mich verabschieden soll und welche ich tatsächlich besuchen werde. Bis auf die Vorlesungen von Prof. Götschl am Institut für Philosophie der KFU, der mit seiner inspirierenden Art mich jede Woche auf weitere Gedanken über Mensch, Wissenschaft und Kunst stoßen lässt, und Prof. Esterbauer, der mit seiner Vorlesung mich immer weiter bestätigt, dass es mehr gibt, als das, was die Sinne wahrnehmen können, und bei dem ich das folgende Semester auch Medienphilosophie lerne, bleibe ich mit meiner Wahlfachauswahl auf die Technische Universität konzentriert.

Meine Suche hat mich zum Institut für Semantische Datenanalyse gebracht um meine Masterarbeit- Recherchen auf

das Thema Brain-Computer Interfaces zu konzentrieren. Als „außergewöhnlichen Fall“ stelle ich mich früh genug dem Leiter des Instituts, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gernot Müller-Putz vor und erzähle ihm über meine Vorhaben, die sich in weiterer Folge mehrfach ändern und meine Fähigkeiten anpassen werden. Ich besuche ebenso seine Vorlesungen „Methoden der funktionellen Gehirnforschung“ und „Non-Invasive Brain-Computer Interfaces“ sowie die Vorlesung „Informationsverarbeitung im Menschen“ am gleichen Institut, gehalten von Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Reinhold Scherer.

In den ersten Stunden dieser Lehrveranstaltungen erfahre ich, dass das wissenschaftliche Interesse an BCI erst ungefähr so jung sei wie meine hinter mir gelassene Entscheidung, Traumwissenschaften zu studieren. Prof. Müller-Putz zeigt im Unterricht einige Grafiken, die das Wachstum der Publikationen über BCI seit Mitte neunziger Jahren aufweisen. Ich frage mich ständig, ob es ein Zufall gewesen ist, dass ich genau nach Österreich zu studieren kam, welches den dritten Platz für BCI Publikationen weltweit zu diesem Zeitpunkt aufweist, nach den USA und Deutschland.

Das Institut für Semantische Datenanalyse beschäftigt sich seit über zwanzig Jahren mit Brain-Computer Interfaces, Hybride Brain-Computer Interfaces, Bewegungs-

analyse und Neuroprothesen, funktionales Neuroimaging, Schlaganfall-Rehabilitation sowie Biosignalverarbeitung und hat bereits zahlreiche Publikationen und ausgearbeitete Software und Hardware Projekte in diesen Bereichen. Vorwiegend für Menschen in dem sogenannten Locked-In State oder bei Wirbelsäulenverletzungen werden BCI als eine Möglichkeit für Kommunikation, Prothesen- oder Umweltsteuerung entwickelt, jedoch finden sie auch in Multimedia, Computer Spiele, ja sogar für geräuschlose Kommunikation der Soldaten Einsatz.

In jeder Vorlesung spürt man die Begeisterung und Faszinierung vom Prof. Müller-Putz und seinem Team über das eigene Fachgebiet. In einem Gespräch während der Sprechstunde des Professors erzähle ich ihm genauer über meine ursprüngliche Idee für meine Masterarbeit. Es sollte eine Software entwickelt werden, die eine ständige Verbindung zwischen Mensch und Umgebung schaffen würde. Diese Software würde mein Zuhause intelligenter machen als das „intelligent House“. Es würde wissen, wann ich Hunger habe und für mich alleine kochen, selbstverständlich auch selber aufräumen, und wenn es merkt, dass ich schlecht gelaunt bin, würde es fröhliche Musik abspielen oder die Wände mit farbigen Mustern in warmen Tönen bestrahlen. Meine Umgebung und ich sollten eine Einheit werden, und ich würde die Zeit haben, um zu mei-

nem höchsten wahren „Ich“ durch Meditation zu gelangen. Klingt utopisch. Ist es auch. Meine Imagination hat kein Ende, die Ausführung jedoch stolpert nicht nur an den Grenzen meiner eigenen Programmierfähigkeiten, sondern auch an den tatsächlichen Möglichkeiten eines BCIs.

Es beginnt mit der Qualität des Signals selbst. Der Transport von Informationen im menschlichen Gehirn passiert zwar durch bioelektrische Signale, die auch wirklich an der Hautoberfläche messbar sind, jedoch sind ihre Werte so gering, dass sogar mit Hilfe eines Verstärkers man nur sehr schwer ein klares Signal bekommen kann. Die synaptische Aktivität kann sowohl im Ruhezustand als auch bei Verarbeitung von Informationen gemessen werden. Dadurch, dass bestimmte Regionen des Gehirns für bestimmte Aktivitäten zuständig sind, ist es auch möglich, anhand der absichtlichen Aktivierung dieser Areale ein BCI zu steuern.

Das Endergebnis klingt ganz spannend – man kann Gegenstände mit den Gedanken bewegen und es reicht, sich dafür etwas vorzustellen. In der Realität sieht es jedoch anders aus. Die Ermittlung des Signals erfolgt durch mehrere Versuche und basiert auf Durchschnittswerte. Somit hat das BCI System eine Vorlage und kann über Neurofeedback selber „lernen“. Tausende von Artefakte werden vom EEG mitgelesen und beeinflussen das Signal – jeder Atem-

zug, jedes Blinzeln, externe visuelle, auditive oder haptische Reize, jeder Gedanke oder eine Ablenkung u.v.m. – all das sind störende Gegebenheiten, von denen das gewünschte Signal gereinigt werden muss. Noch dazu kommen die zahlreichen mathematischen Möglichkeiten, um diese Daten zu ermitteln und qualifizieren. Es muss auch ein geeignetes Paradigma entwickelt werden, um sinnvolle Ergebnisse zu bekommen, zahlreiche Wiederholungen werden benötigt, um ein Muster daraus zu bilden und noch stundenlang konzentriert üben, um das BCI zu trainieren, um genau das zu erkennen, was im Paradigma vorgesehen war.

Dieses habe ich auch persönlich ausprobieren dürfen in einigen Studien am gleichen Institut, bei denen ich freiwillig als Probandin mitgemacht habe. Bei einer Studie, die als Thema „das Verhältnis von der Fähigkeit ein BCI zu benutzen zur Gehirnanatomie“ hatte, hatte ich die Möglichkeit ein nicht-kommerzielles BCI zu benutzen und damit Erfahrungen zu machen. Ich war an der Entwicklung dieses BCIs nicht beteiligt, jedoch allein in den drei Stunden, in denen ich am Versuch teilnahm, wurde deutlich klar, wie viel an Mühe und Bedeutung für das Team von DI David Steyr dahinter steht.

Nachdem ich ausführlich darüber informiert worden bin, beginnt das Platzieren der Elektroden. Ungefähr eine

Stunde dauert es, bis alle 52 Elektroden, mithilfe eines Kontaktgels an den richtigen Positionen meine Kopfhaut berühren. Dannach liege ich gemütlich vor einem Monitor, auf welchem die Anweisungen erscheinen werden. Meine Aufgabe für den Versuch lautet, entweder die Bewegung meiner linken Hand mir vorzustellen oder die meines rechten Fußes. Klingt ganz einfach, bis ich kurz vor dem Beginn der Übung stehe und etwas feststelle, woran ich vorher nicht gedacht habe – wenn ich mir vorstelle, meinen Fuß zu bewegen, passiert meistens genau das – der Fuß bewegt sich. Dies soll aber bei dem Versuch nicht sein, gesucht wird nur die Vorstellung allein. Ich versuche mich zu konzentrieren. Beim nächsten Versuch bewegen sich nicht mehr meine Zehen, aber dafür blinzele ich unbewusst beim Erscheinen der Anweisung auf dem Monitor – auch ein Fehler und Artefakt im Signal. So geht es mir in allen fünf Serien (Classes) von mindestens 40 Wiederholungen (Trials) pro Serie vom gleichen Paradigma – linke Hand oder rechter Fuß. Man bekommt auch während des Versuches gleich ein Feedback – mit dem Pfeil, der die Richtung für die Vorstellung vorgibt, erscheint auch ein Balken, der die Stärke der gemessenen Gedanken zeigt. Und obwohl das Programm zeitgleich mit jeder Wiederholung lernt, war ich nach der zweiten Serie schon etwas demütig – die Stärke des Signals bzw. meiner Konzentration hatte abgenommen. Ich wurde müde. Erschöpft sogar – obwohl ich nichts tat als

zu denken. Langsam wurde es auch schwierig, die Bewegungsvorstellung zwischen Hand und Fuß zu unterscheiden. Und noch dazu kam die Augenbewegung, die ich unbewusst machte, um den Pfeil zu verfolgen, sowie das gelegentliche Blinzeln, welches die Anstrengung verursachte. Ich war enttäuscht von meiner Unfähigkeit, meine Gedankenkonzentration lange genug zu lenken. Mir wurde klar, dass ich noch nie meine Gedanken beherrscht hatte – mein „Ich“ war schwächer als die Einflüsse meiner Umgebung.

Nachdem ich mir die Haare so viel wie möglich gewaschen hatte, um mich vom Kontaktgel zu befreien, wurde ich entlassen. Ein durchschnittliches Ergebnis für die Studie, genau das was sie brauchten, aber ganz beunruhigend für mich.

Oktober, 2014. Die Idee der Masterarbeit hat sich schon mehrmals gewandelt und schlussendlich ist daraus ein Kunstprojekt geworden. Die Hauptaussage ist jedoch gleich geblieben – der Mensch definiert mit seinen Gedanken die Realität.

Mittlerweile habe ich einige Prüfungen am Institut für Semantische Datenanalyse abgelegt – „Cognitive Neuroscience“ und „Neuroimaging with fMRI und NIRS“ bei Mag.rer.nat. Dr.phil. Selina Wriesnegger und habe die Möglichkeiten eines BCIs

und die Methoden der Gehirnforschung näher kennen gelernt.

Ein eigenes BCI für die Masterarbeit zu programmieren scheint für mich nicht mehr machbar. Mit dem Fortschritt meiner Beschäftigung mit dem Thema stelle ich fest, dass die praktische Ausführung meiner Idee eine Menge an biomedizinischen und technischen Vorkenntnissen benötigt, die ich nur oberflächlich zu verstehen beginne. Aber meine futuristische Vision gebe ich nicht so leicht auf.

In dem Seminar „Aktuelle Tendenzen in der Kunst“ beim Mag.phil. Dr.phil. Gunther Reisinger habe ich mich mit den philosophischen Aspekten der Immersionsskunst tiefer auseinandergesetzt und mich von verschiedenen Projekten inspirieren lassen. Das Konzept, an dem ich seit einigen Monaten arbeite, hat sich verfeinert und stellt ebenso eine immersive Kunstinstallation dar. Die ursprüngliche Idee für das Projekt hat sich auch als unrealistisch in einem weiteren Gespräch mit Prof. Müller-Putz erwiesen – das Erkennen von Farb- oder Raumwahrnehmung mithilfe eines BCIs ist nicht möglich. Die Verarbeitung visueller Reize kann nicht so genau im Okzipitallappen abgelesen werden, zumindest nicht für den Zweck des Experimentes. Es gibt aber anderen Möglichkeiten – ein einfacheres EEG Gerät kann bestimmte Gedankenmuster „ablesen“ und wiedererkennen – das Gerät EPOC

von der Firma Emotiv, welches mit nur 16 Elektroden ausgestattet ist und am Institut zur Verfügung steht.

April, 2015. Die Vorbereitung der Installation läuft bereits einige Monate. Nachdem ich festgestellt habe, dass ein medizinisches EEG viel zu aufwändig und kompliziert wäre, um damit eine Kunstinstallation zu gestalten, habe ich mich für die vereinfachte Variante entschieden – das Emotiv EPOC. Die Hersteller bieten fertige Softwareprodukte zur Kalibrierung und sogar das Extrahieren von OSC Signale an. Das Gerät ist in der Lage 12 Gedankenmuster sowie Gesichtsmimik und den momentanen geistigen Zustand zu erkennen. Um die vorprogrammierten Befehle wie z.B. „Drücken“, „Ziehen“ oder „Verschwinden“ zu trainieren, genügt es, sich diese Aktivität für einen in der Luft schwebenden Würfel für 8 Sekunden Zeit vorzustellen.

Am Projekt arbeite ich mit dem Grazer Projektionskünstler und Programmierer Lukas Landsgesell, mit dem wir gerade eine gemeinsame Ausstellung in einer Grazer Galerie beendet haben. Wir befinden uns im Lehrsaal des Instituts für Semantische Datenanalyse und haben zum ersten Mal das Emotiv Gerät ausgeborgt. Die Software ist leicht auf der Homepage von Emotiv zu finden und in einigen Minuten werden die wichtigsten Steuer-

ungsprogramme heruntergeladen und installiert. Die Gebrauchsanweisung des Geräts ist ebenso leicht verständlich – die 16 Elektroden werden mit einer Salz-Wasser-Lösung leicht nass gemacht um einen besseren Kontakt mit der Kopfoberfläche herzustellen, dann wird der Helm vorsichtig am Kopf platziert und mit einem Knopfdruck wird er über einen Bluetooth Adapter mit dem Computer verbunden. Im Emotiv Control Panel erscheint gleich ein Dialogfenster, welches nach dem neuen Benutzernamen fragt. Somit werden meine Einstellungen gespeichert und beim nächsten Mal wieder hergestellt. Gleich leuchten dann die Elektrodenindikatoren – manche in Grün, andere in Gelb, Orange oder Rot. Leichtes Berühren, um sie anzupassen, ist notwendig, und in einigen Minuten entsteht das Bild aus 16 grünen Punkten. Das vereinfachte EEG Gerät ist sofort in der Lage meinen Bewusstseinszustand zu erkennen – ob ich gerade ruhig bin, in meditativen Zustand oder geistig aktiv. Die Aufregung verursacht eine kleine Amplitude meiner Gehirnströme und somit einen Beta-Zustand, welcher Aktivität bedeutet. Ein sympatischer Emobot im anderen Fenster kann gleich meine Gesichtsausdrücke nachmachen – er lächelt, wenn ich lächle und runzelt die Stirn, wenn ich versuche ernst zu schauen. Dannach beginne ich die aufgezählten kognitiven Befehle zu trainieren. Ich habe die Wahl jeweils einen der 12 Befehle zu trainieren, kann jedoch immer bis zu 4

Befehle gleichzeitig speichern und ausüben. Bald habe ich die vier Positionen eingestellt – die Befehle „Pull“ (Ziehen), „Up“ (Bewegung nach oben), „Rotate Clockwise“ (Drehen im Uhrzeigersinn) und „Disappear“ (Verschwinden) und versuche sie voneinander zu unterscheiden. Gleich nachdem ein Befehl gespeichert wurde, ist es ganz leicht ihm auszuüben. Jedoch mit jedem weiteren Befehl wird es schwieriger, die früheren wieder auszuführen. Das bringt mich zu dem Beschluss, dass es gar nicht einfach ist, zweimal den gleichen Gedanken zu denken, weil er immer vom momentanen Zustand des Menschen und seiner Umgebung beeinflusst wird. D.h. wenn ich z.B. den Befehl „Pull“ mehrmals ausübe und dann nur einmal den Befehl „Disappear“, ist es dann sehr schwierig, den Befehl „Pull“ wieder auszuüben, weil sich die Art meiner Vorstellung schon geändert hat. Am Anfang reicht es uns jedoch auch, wenn die Befehle nur zufälligerweise erkannt werden, da das Wichtigste die OSC Signale sind, die in der von Lukas Landsgesell programmierten Umgebung eingesetzt werden können. Zum Glück findet man auf der Homepage von Emotiv ein kleines, aber sehr wichtiges Programm - „Mind your OSCs“. Es verfügt über direkte Verbindung mit dem EPOC Control Panel und kann alle abgelesenen Befehle an eine externe IP-Adresse weiter schicken. Lukas benennt die Befehle in seiner Unity3D Umgebung auf die gleiche

Weise wie sie beim EPOC programmiert sind und bald sind die Zahlenwerte von „Mind Your OSCs“ sichtbar. Der Code von der Kunstinstallation ist noch etwas anzupassen und bald ist es möglich, die Bewegung durch den virtuellen Raum nur mit meinen Gedanken zu steuern. Der Befehl „Push“ wird für die Beschleunigung der Vorwärtsbewegung eingesetzt, die Befehle „Left“ und „Right“ navigieren nach links und rechts im Raum und der Befehl „Up“ wechselt die virtuelle Umgebung. Die An eignung dieser Befehle braucht jedoch viel Konzentration und geistige Kraft. Nach wenigen Stunden Übung mit dem Gerät fühle ich mich wieder erschöpft. Kopfschmerzen und Schwindel sind die Folgen der stundenlangen Anstrengung. Das Gerät oder eher diese Art von geistigen Tätigkeiten sind etwas gewöhnungsbedürftig.

Juni, 2015. Wir stehen kurz vor der Eröffnung der Ausstellung in HDA. Der Aufbau der Installation ist bereits beendet. Unter der 3x4m großen Projektionsleinwand befinden sich vier Ultraschall-Sensoren und der Raum ist mit weißen Vorhängen abgetrennt, damit die Nebelmaschine einen möglichst dichten künstlichen Nebel herstellen kann. Der Beamer ist an meinem Laptop angeschlossen und die Funktionalität wurde bereits getestet, der Aufbau sogar gefilmt. Alles funktioniert.

Nach einer kurzen Ansprache vom HDA Geschäftsführer DI Markus Bogensberger, erkläre ich selber die Installation. Im Anschluss benötige ich einige Minuten Zeit, um das EEG Gerät aufzusetzen. Die Nervosität steigt, wenn ich feststelle, dass die vorher gespeicherte Kalibrierung nicht mehr funktioniert – das Gerät erkennt mich nicht mehr aufgrund der extremen Aufregung. Ich bin ein anderer Mensch. Wir reagieren schnell und erstellen ein neues Profil. Ganz schnell trainiere ich die Befehle erneut, während die Besucher in HDA außerhalb des weißen Vorhangs warten. Die Vorführung der Installation kann endlich beginnen.

Es ist keine Überraschung für mich, dass nicht jeder Befehl so funktioniert wie gedacht. Manchmal denke ich „nach links“ und die Bewegung beschleunigt sich stattdessen oder noch öfters passiert einfach gar nichts. Lukas und ich haben jedoch diese Ungenauigkeiten vorhergesehen und einen Plan B und sogar Plan C erstellt. Man kann mit einer Taste am Computer eine alternative Steuerungsreihe einschalten – die Gesichtsmimik. Wenn ich merke, dass es schwierig wird, einen Befehl mit meinen Gedanken auszuführen, reicht es auch nur zu schmunzeln und die Bewegung wird ausgeführt. Im schlimmsten Fall kann man auch die Tastatur verwenden. Wir schummeln. Es ist sowohl mir als auch Lukas klar, dass wir an dieser Kunstinstallation weiter arbeiten

müssen, aber wir sind trotzdem beide zufrieden mit dem Abend. Die Atmosphäre, das Gefühl, die Aussage wurden vermittelt. Wir freuen uns über das Ergebnis und die ausgelöste Diskussion. Die Eröffnung ist für uns ein Erfolg!

Einige Tage später bin ich beruhigt und überzeugt, dass die kognitiven Befehle einfach eine Übungssache sind. Die Installation läuft noch weiter und ich betreue sie jeden Tag mit dem EEG-Gerät. Mittlerweile merke ich, dass die Bewegungen im virtuellen Raum begonnen haben, meinen Gedanken richtig zu folgen. Die Anstrengung ist minimiert und die Steuerung des EPOCs wird sogar angenehm. Ein Gefühl der Zufriedenheit und Ruhe fließt in mir, als ich endlich meine Konzentration richtig lenken kann. Ich fühle selbst die Kraft meiner Gedanken und stelle fest, dass auch die eigenen Gedanken zu beherrschen nur eine Übungssache ist.

Meine These wird bestätigt – die Umgebung folgt meine Gedanken. Aber nur dann, wenn die Gedanken von mir und nicht von der Umgebung geschaffen werden.

-1-

Alles ist Architektur.

*Über das Alles, das Nichts
und die subjektive Erlebniswelt
der Immersion*

[...] Der Mensch hat ein Gehirn. Seine Sinne sind die Grundlage zur Wahrnehmung der Umwelt. Medien der Definition, der Festlegung einer (jeweils gewünschten) Umwelt beruhen auf der Verlängerung dieser Sinne.

Das sind die Medien der Architektur.

Architektur im weitesten Sinne.

Enger gefaßt könnte man für den Begriff Architektur etwa folgende Rollen und Definitionen formulieren:

Architektur ist kultisch, sie ist Mal, Symbol, Zeichen, Expression.

Architektur ist die Kontrolle der Körperwärme - schützende Behausung.

Architektur ist Bestimmung - Festlegung - des Raumes, Umwelt.

Architektur ist Konditionierung eines psychologischen Zustandes. [...]

/Aus Hans Hollein's Manifest "Alles ist Architektur", 1967/



Collage 1-1.
Gehirn, Mensch, Evolution



「 ... alle sind **architekten** ... 」

「 ... alles ist **architektur** ... 」

/Hans Hollein/

1.1 Alles ist Architektur

*Hans Hollein, geboren am 30. März 1934 in Wien/Österreich; verstorben am 24. April 2014 ebenda, war Architekt, Theoretiker, Städteplaner, Designer, freier Künstler und Lehrer.**

**www.hollein.com,
Stand Juni 2015*

„**Alles ist Architektur.**“¹ So äußert sich der österreichische Architekt Hans Hollein in dem gleichnamigen Manifest, welches im Jahr 1967 in „Bau“ (Schrift für Architektur und Städtebau), erschienen ist.

„**Begrenzte Begriffsbestimmungen und traditionelle Definition der Architektur und ihrer Mittel haben heute weitgehend an Gültigkeit verloren. Der Umwelt als Gesamtheit gilt unsere Anstrengung und allen Medien, die sie bestimmen.**“²

„**Architekten müssen aufhören, nur in Materialien zu denken.**“³ Denn Architektur ist nicht nur gebauten dreidimensionalen Gebilden. Sie dient nicht nur der Befriedigung physikalischen oder physiologischen Bedürfnissen. Die Architektur der „Funktion“ ist die Architektur vergangener Epochen. Wir befinden uns im Zeitalter der „**affektiven Architektur**“, Architektur des Gefühls, der Sinne. Architektur ist im weitesten Sinne ein Mittel der Kommunikation, die Sprache und das Medium, das den Mensch mit seinem Umfeld in einer Wechselbeziehung verbindet. „Alles ist Architektur.“⁴

„Wir müssen die Architektur vom Bauen befreien.“

-Hans Hollein

- 1 Hollein 1967.
- 2 Ebda.
- 3 Ebda.
- 4 Ebda.

In diesem Sinne ist eine Umgebung denkbar, auch wenn sie nicht an existierende Räume gefesselt ist. Ihre Wirkung beruht auf dem Informationseffekt. **Der Wissens- und Geisteszustand des Menschen bestimmt auch seine Wahrnehmung.** Man kann die Wirkung der Pyramiden nachvollziehen, auch wenn man sich nicht physisch unmittelbar davor befindet.⁵ Erlebnisse in Traumwelten haben genauso eine Wirkung auf die Psyche wie die Erlebnisse im gebauten Raum. **Der Bezugspunkt der Wahrnehmung ist immer der Wahrnehmende.**

1965 entwickelte **Gordon Moore seine Theorie über das Zusammenwirken von technischen und ökonomischen Faktoren bei der Entwicklung von integrierten Schaltkreisen (bzw. das Verhältnis von Rechenleistung eines Computers und die Zeit für seine Entwicklung). (Siehe Glossar, S.121)*

Architektur war schon immer ein Teil des Menschen. Die Baumaterialien waren vorhanden, jedoch die bewussten oder zufälligen Entscheidungen haben zur Entwicklung der Technologie sowie des Einsatzes dieser Materialien beigetragen. **Die Technologie entwickelt sich zusammen mit den Menschen und die Menschen entwickeln sich nach der Lage der vorhandenen Technologie,** bestimmt durch die immanente und ständig wachsende Wissenslage. Das Lernen als Prozess ähnelt dem Moorischen Gesetz* wie auch die Entwicklung der Technologien selbst.

5 Vgl. Hollein 1967

1.1 Alles ist Architektur

„**Der Mensch schafft künstlich Zustände.** Dies ist die Architektur. Physisch und psychisch wiederholt, transformiert, erweitert er seinen physischen und psychischen Bereich, bestimmt er «Umwelt» im weitesten Sinne.

[...]

Von einem primitiven Wesen hat er sich selbst mittels Medien kontinuierlich erweitert, seinerseits diese Medien kontinuierlich erweiternd.“

/Aus Hans Hollein's Manifest "Alles ist Architektur", 1967/

1.1 “Alles ist Architektur”

¹ Hollein 1967

² Ebda.

³ Ebda.

⁴ Ebda.

⁵ Vgl. Hollein 1967

Glossar S.121: Moorisches Gesetz

1.2 Architektur als Immersionskunst

Peter Sloterdijk (* 26. Juni 1947 in Karlsruhe) ist ein deutscher Philosoph, Kulturwissenschaftler und Buchautor, der mit seinen Beiträgen und Büchern in Deutschland zahlreiche Debatten ausgelöst hat*

*aus Wikipedia,
Stand Juni 2015

Aus dem vorigen Kapitel könnte man ein Phänomen ableiten, welches der deutsche Philosoph Peter Sloterdijk als „**der Raum-Dämon**“⁶ bezeichnet. Der Mensch wählt ständig seine Umgebung und zwar auf mehrere Ebenen – sowohl sein unmittelbares Umfeld als auch die staatliche Struktur, in der man lebt, irrelevant, ob das bewusst geschieht oder nicht. In dem Artikel zum Thema Architektur und Immersionskunst in der Zeitschrift Arch+ aus dem Jahr 1991, bezieht sich Sloterdijk zum großen Teil auf der Annahme, dass **Architektur eine „totalitaristische“ Form der Immersionskunst sei**⁷.

Architektur ist eine Immersionskunst. Der Mensch schafft künstliche Zustände und taucht mit allen Sinnen in sie hinein. Der Mensch ist also die „Synästhesie“* seiner Umgebung.

*Der Begriff „**Synästhesie**“ kommt aus dem Griechischen und bedeutet „Vermischung der Sinne“. (Siehe Glossar S.129)

Laura Bieger beschreibt die Auflösung der Grenzen zwischen „Bildraum und Realraum“ beim Erleben des Stadtbildes Las Vegas. Die Autorin bezieht sich auf Räume, in denen „**die Wirklichkeit der Welt und die Wirklichkeit des Bildes in der unmittelbaren Wirklichkeit des Körpers konsolidieren.**“⁸

6 Sloterdijk 2006 in ARCH+, 58

7 Ebda.

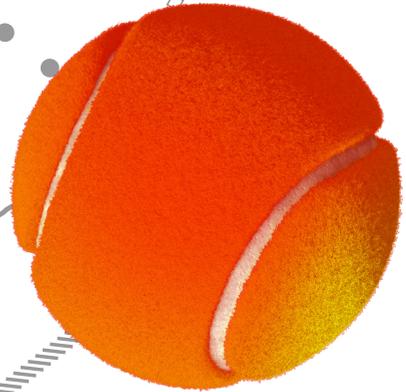
8 Bieger 2007, 9



**„Die Ästhetik der Immersion ist eine Ästhetik
des Eintauchens, ein kalkuliertes Spiel mit der
Auflösung von Distanz.“**

/Laura Bieger, “Ästhetik der Immersion”, 2007/

Die Wahrnehmung
von Architektur als
Immersionskunst ist eine
ästhetische Wahrnehmung
und keine ästhetische Wahrnehmung
ist einzig und allein auf einen
Sinn beschränkt.



“...Auch wenn wir den roten Ball auf grünem Grund nur sehen, können wir uns sinnlich vorstellen, wie seine strapazierte Oberfläche sich anfühlen würde. Wenn wir auf die Prallheit der Kugel achten, können wir sogar mitwahrnehmen, wie der Ball sich anhören würde, würde er auf dem Rasen oder einem anderen Grund zum Aufspringen gebracht.”

/Martin Seel, “Ästhetik des Erscheinens”, 2000/

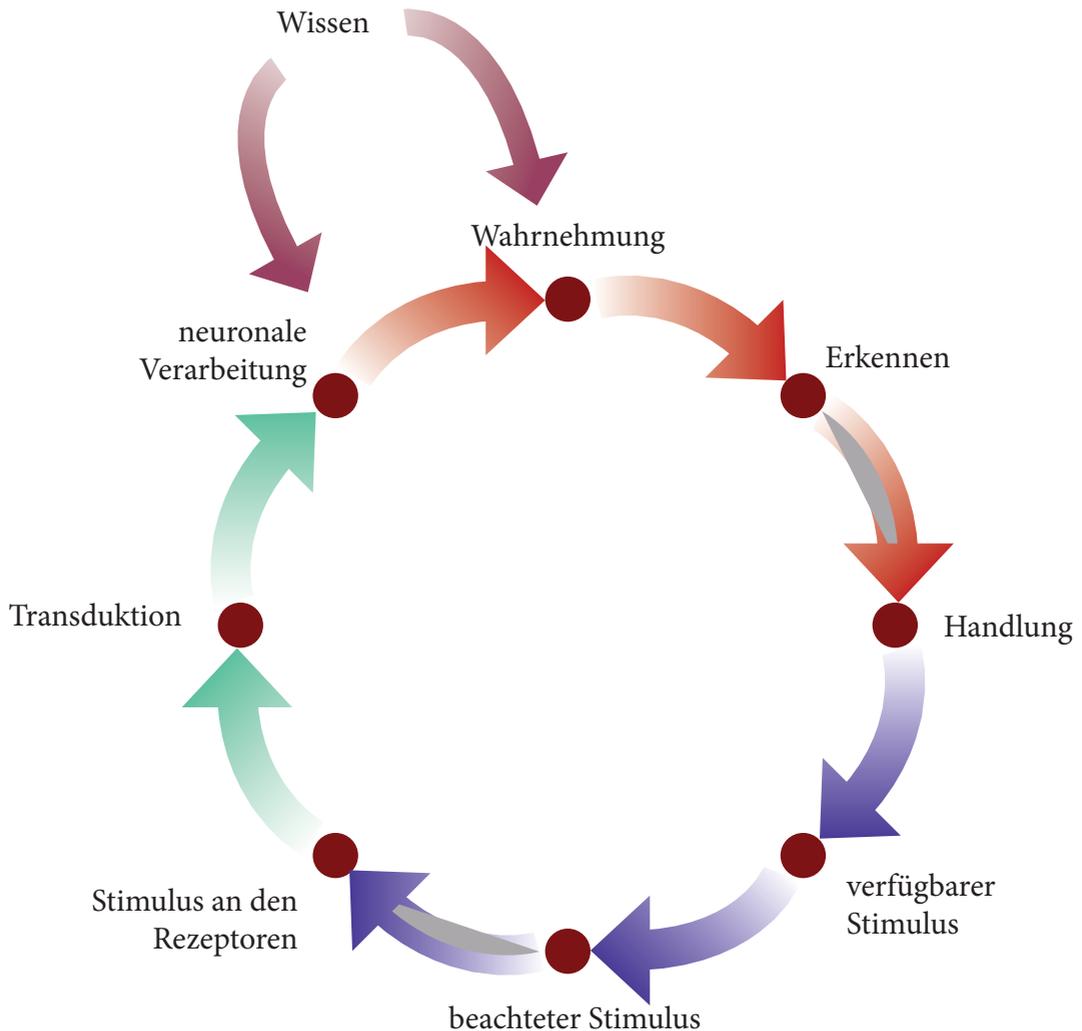
Genauso wie man die Wahrnehmung nicht isoliert über einen Sinn betrachten kann, können auch die Ebenen der Wahrnehmung nicht explizit betrachtet werden. Sogar die **Sinneswahrnehmung** wird in der Wahrnehmungsspsychologie* zusammen mit dem **Erkennen und Handeln** als zusammengebundener Schritt eines Prozesses betrachtet.⁹ Viele Schritte sind erforderlich bis zu einem geschlossenen Kreis der Wahrnehmung sowohl auf der sinnliche als auch auf den weiteren Ebenen der Wahrnehmung.

Die **Wahrnehmungspsychologie untersucht den subjektiven Anteil der Wahrnehmung, der durch die objektive Sinnesphysiologie nicht erklärt werden kann. Die Gegenstände der allgemeinen Sinnesphysiologie unterscheiden sich in objektive (physikalisch - chemische) und subjektive Beziehungen zwischen Reizen und deren Empfindung. Bei physikalisch definierten Reizen spricht man von Psychophysik, bei Reizen, die nicht oder nur sehr schwer physikalisch beschreibbar sind (wie etwa bei der Gesichtserkennung), spricht man von Wahrnehmungspsychologie.*

*-aus Wikipedia,
Stand Juni 2015*

9 Vgl. Goldstein 2007, 4

1.2 Architektur als Immersionskunst



Grafik 1. Der Wahrnehmungsprozess. Die Einzelschritte dieses Prozesses sind kreisförmig angeordnet, um zu betonen, dass der Prozess dynamisch abläuft und dabei ständigen Veränderungen unterworfen ist. Die blauen Pfeile verweisen auf Stimuli, die türkisfarbenen auf Verarbeitungsprozesse, die orangefarbenen auf perzeptuelle Antworten.

(Goldstein 2007, Wahrnehmungspsychologie: Der Grundkurs, S.4)

Wie man bei der Grafik sieht, ist die tatsächliche neuronale Verarbeitung des wahrgenommenen Objektes nur ein Punkt in dem komplexen Prozess der Wahrnehmung.

Wenn es sich um die **Wahrnehmung von Kunst und architektonische Atmosphäre** handelt, spielt natürlich der emotionale Zustand eine enorme Rolle. In der Grafik wäre das der Punkt „Wissen“, das sowohl vorhanden ist als auch ständig neu erworben wird.

In diesem Sinne können weder die Erscheinung der Architektur noch die Immersion auf einer rein physikalischen Ebene erklärt werden. Um die Phänomenologie der Atmosphäre und deren Ästhetik zu beschreiben, benötigt man eine **metaphysische, zeitgebundene Ebene der menschlichen Realität**. Diese Ebene könnte mit der Plastizität* des Gehirns verbunden sein, mit seiner Fähigkeit ständig neue neuronale Netzwerke zu bilden und sich zu entwickeln, beeinflusst sowohl von allem was der Mensch bewusst oder unbewusst wahrnimmt als auch von seiner emotionalen- und Bewusstseinslage.

Anhand der Gehirnforschung, basierend auf den Abläufen bei der Sinneswahrnehmung, kann man versuchen, die Wahrnehmung von Kunst und Architektur zu beschreiben.

* Unter **neuronaler Plastizität** versteht man die Eigenschaft von Synapsen, Nervenzellen oder auch ganzen Hirnarealen, sich in Abhängigkeit von der Verwendung in ihren Eigenschaften zu verändern (anzupassen). (Siehe Glossar S.123)

1.2 Architektur als Immersionskunst

Dr. Manuela Macedonia ist Wissenschaftlerin am Max-Planck-Institut Leipzig für humane Kognitions- und Neurowissenschaften und in der Arbeitsgruppe „Neuronale Mechanismen zwischenmenschlicher Kommunikation“ tätig. Mit einigen KollegInnen hat sie „Neuroscience for you – Institut für Wissenstransfer aus den Neurowissenschaften“ gegründet. Ihr Ziel ist es, dem interessierten Laienpublikum aktuelle Gehirnforschung näherzubringen.

-Ars Electronica Center

Das machte auch die Neurowissenschaftlerin Manuela Macedonia bei ihrem Vortrag in Ars Electronica in Linz, 2013*. Wenn man als Beispiel die visuelle Wahrnehmung nimmt, könnte man den Einfluss der Erinnerungen und Emotionen sehr klar festhalten.

Es gibt zwei Wege der Sinneswahrnehmung: die sogenannten „**top-down**“ und „**bottom-up**“ Pfade¹⁰. Wenn man ein Objekt sieht, bevor überhaupt Form, Farbe, Entfernung usw. festgestellt werden, wird überprüft ob das Objekt bereits bekannt ist und ob es vielleicht eine Gefahr darstellt. Wenn das Objekt erkannt wird, wird der sogenannte „top-down“ Pfad der Wahrnehmung ausgeführt – es wird mit den vorhandenen Erinnerungen und Wissen verglichen, welche automatisch auch die damit verbundenen Emotionen hervorrufen. Das wird natürlich in dem Wahrnehmungskreis aus der Grafik 1 miteingebunden und somit beeinflusst es die weitere Punkte des Prozesses. Wenn das Objekt nicht erkannt wird, wird der „bottom-up“ Pfad ausgeführt – die Information aus den Sinnesorganen gelangt in die

**Die Vortragsreihe „Gehirn für alle“ im Ars Electronica Zentrum, Linz, mit der Neurowissenschaftlerin Dr. Manuela Macedonia widmet sich den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und Methoden der Gehirnforschung.*

-AEC

bestimmten Hirnareale (bei visuellen Reizen in dem visuellen Kortex), wo bestimmt wird, welche Größe, Form, Farbe, Entfernung das Objekt hat und ob es sich bewegt. Die so erlangte Information wird erst dann „gespeichert“ und als vorhandenes Wissen bereitgestellt, um später abgerufen zu werden.

Aber was passiert, wenn man Kunst oder Architektur betrachtet? Können sie überhaupt sinnlich zur Gänze wahrgenommen werden oder müssen sie erlebt und gefühlt werden?

Wie bereits erwähnt, könnte man Architektur als eine Art Immersionskunst behandeln. **Immersion und Immersionskunst stellen eine Form von Interaktion zwischen dem Betrachter und einer künstlich kreierten Umgebung dar und zwar so, dass der Betrachter mit allen Sinnen in diese Umgebung „eintauchen“ kann.**

1.2 Architektur als Immersionskunst

„Die Ausdrücke Immersion und Immersionskunst [...] entspringen dem Diskurs über moderne Computerkunst, wo man seit den späten 1980er und frühen 1990er Jahren über das Eintauchen in künstliche Wahrnehmungswelten spricht. [...] (Das heißt) ...mit Hilfe von technologischen Apparaturen in künstliche Environments einzutauchen, etwa unter dem Datenhelm oder mittels einer elektronischen Brille. [...] Es geht beim Phänomen der artifizialen Immersionen darum, dass sich Umgebungen im Ganzen austauschen lassen [...]. **Immersion ist ein Enttrahmungsverfahren für Bilder und Anblicke, die zur Umgebung entgrenzt werden.**”

/Peter Sloterdijk/

Diese Bedeutung kann jedoch auch auf die physische Welt übertragen werden, da man jede künstlich erschaffene Umgebung als ein Bild betrachten kann, wie schon am Beispiel Las Vegas von Laura Bieger gezeigt wurde. Die Wahrnehmung von Architektur bezieht sich auf Städte, Gebäude, ja sogar Landschaften, in denen man mit allen Sinnen „eintaucht“. Dabei handelt es sich um ein **Zusammenspiel der Sinneswahrnehmung und menschlichen Daseins**, welches über den momentanen Charakter des sinnlich Gegebenen und dessen Simultanität hinausgeht. Diese Synästhesie, die die „Verschmelzung“ von Mensch und Umgebung darstellt, beginnt mit der Haut des Subjekts und alles was sich unmittelbar am Körper des Menschen befindet, und weitet sich über die Ebenen des bewusst und unbewusst Wahrgenommenen aus.

Das wird wohl in der heutigen Architektur auch erzielt und bewusst entworfen, da es sich dabei immer mehr um die „**Produktion von Präsenz**“¹¹ handelt, wie die Autoren im gleichnamigen Artikel in Arch+ schreiben.

11 Kuhnert/Ngo/Becker/Luce 2006 in ARCH+, 22-25

1.2 Architektur als Immersionskunst

„Gegenwärtig kann man wieder eine regelrechte „Konjunktur des Affektiven“ [...] als allgemeinen gesellschaftlichen Trend feststellen: In der Kunst, den Kulturwissenschaften und Medien, selbst in den Wissenschaften spielt die Erforschung der Affekte eine große Rolle. [...] Für die Architektur bedeutet das, dass statt einer reflexiven/kritischen und interpretierenden Praxis **die Wirkung von Architektur wieder in den Vordergrund tritt**, und zwar Wirkung in dem Sinne, dass die Architektur fähig ist, (alternative) Lebensentwürfe zu projizieren. Über die Effekte, die wiederum Affekte produzieren, soll Architektur unmittelbar und nicht über den Umweg der Sinndeutung wirken. Damit ist natürlich ein ganzes Bündel architektonischer Mittel bereits impliziert: Materialität, Performanz, Körperwahrnehmung, Taktilität, Stimmung, Sinnlichkeit, Sensibilität und nicht zuletzt Atmosphäre.“

/Aus “Die Produktion von Präsenz”
in ARCH+ 178, 2006/

Ein Beispiel welches den Aspekt der Immersion bei der Architektur illustriert und die Atmosphäre als Hauptdarstellungselement einsetzt, wäre das **Projekt Blur Building** von Diller und Scofidio.

Der im 2002 erschaffene Expo-Pavilion stellt eine **Nebel-Wolke** dar, **ein künstlich erschaffenes Natur-Phänomen**. „Unsere Architektur handelt von Special Effects“¹² – sagt Liz Diller über das Projekt. Und die „viktorianische Angst gegenüber etwas, was man nicht definieren kann“¹³, ist nur ein Teil der Empfindung, der Widerspruch des technisch Erhabenen beim Blur Building. Das Gebäude reagiert auf die klimatischen Bedingungen und auf regulierter Weise verdampft unter Hochdruck das gefilterte Wasser aus seiner Umgebung – dem Neuchatel See. Beim Betreten werden für den Menschen alle visuellen und akustischen Referenzen eliminiert – es gibt da nichts zu sehen außer die Abhängigkeit des Menschen von seinen eigenen Sinnen. **Das Gebäude sehen, hören und sogar trinken – ein Architekturerebnis, welches eine andere Wahrnehmungswelt anbietet, das Wasser als Baumaterial verwendet und Atmosphäre erzeugt, die nur auf eine „prä-sprachliche“ Ebene kommuniziert werden kann.**

12 Fischer 2006. Zit. n. Elizabeth Diller im Gespräch mit Gerhard Mack, in: NZZ am Sonntag, 05.05.2002

13 Ebda.

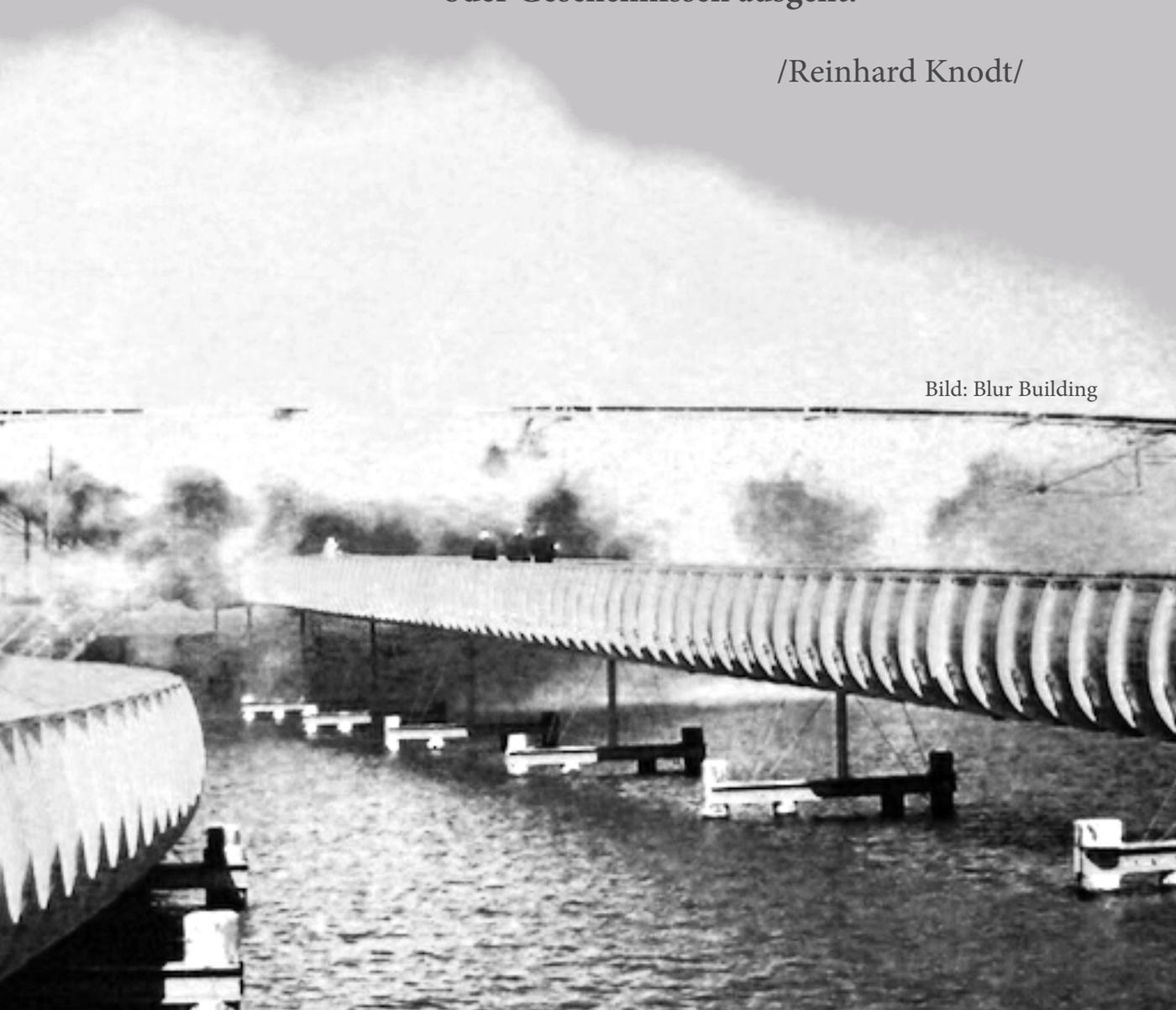


1.2 Architektur als Immersionskunst

Atmosphäre wird nicht wahrgenommen, sie ist vielmehr selber eine Art Wahrnehmung, und sie steht im Zusammenhang mit ästhetischen Entwürfen des Raumes, ob sie nun von Menschen, Dingen oder Geschehnissen ausgeht.

/Reinhard Knodt/

Bild: Blur Building



„Die Ästhetik der **Immersion** ist eine **Ästhetik des Eintauchens**, ein kalkuliertes Spiel mit der **Auflösung von Distanz**. Sie ist eine Ästhetik des emphatischen, körperlichen Erlebens und keine der kühlen Interpretation. Und: sie ist eine **Ästhetik des Raumes**, da sich das Eintaucherleben in einer **Verwischung der Grenze zwischen Bildraum und Realraum** vollzieht. Immersive Räume sind ein markanter Teil der Ästhetisierung von Lebenswelten, die unsere heutige Kultur so nachhaltig prägt. Es sind Räume, in denen Welt und Bild sich überblenden und wir buchstäblich dazu eingeladen sind, uns in die Welt des Bildes zu bewegen.

Und:

es sind **Räume**,
in denen sich **die Wirklichkeit der Welt**
und **die Wirklichkeit des Bildes**
in der unmittelbaren Wirklichkeit des Körpers
konsolidieren.”

/Laura Bieger
in “Ästhetik der Immersion“, 2007/

1.2 Architektur als Immersionskunst

1.2 “Architektur als Immersionskunst”

⁶ Sloterdijk 2006 in ARCH+, 58

⁷ Ebda.

⁸ Bieger 2007, 9

⁹ Vgl. Goldstein 2007, 4

¹⁰ Vgl. Macedonia 2012, 103

¹¹ Kuhnert/Ngo/Becker/Luce 2006 in ARCH+, 22-25

¹² Fischer 2006. Zit. n. Elizabeth Diller im Gespräch mit Gerhard Mack, in: NZZ am Sonntag, 05.05.2002

¹³ Ebda.

Glossar S.129: Synästhesie

Glossar S.123: Neuronale Plastizität

Architektur ist also nicht mehr Baumaterial und dreidimensionales Gebilde, es handelt sich dabei nicht mehr um reine Funktionalität. Architektur ist alles, was uns umgibt, alle **künstliche Welten, in denen wir mit allen Sinnen „eintauchen“**. Architektur ist unter anderem die Atmosphäre, die nur erlebt und gefühlt werden kann, auf einer prä-sprachlichen Ebene. Sie kann nicht wahrgenommen werden, weil sie vielmehr die Wahrnehmung selbst ist. Die künstlichen Realitäten sind eine „**Form des Totalitarismus per se**“¹⁴, wie sie Peter Sloterdijk nennt.

14 Sloterdijk 2006 in ARCH+, 58

1.3 Künstliche Realitäten

„Der Totalitarismus der Architektur ist ein Totalitarismus der Liebe, der Raumliebe, der Hingerissenheit durch das, was uns nicht nur gegenüber ist, sondern uns wie eine Hülle umgibt. Architektur artikuliert das (von Bachelard so genannte) topophile Gefühl, indem sie den Raum herzustellen versucht, an dem man “ganz aufmacht”. Sein Haus bauen - das heißt den Ort und die Hülle erzeugen, wo man sich hingibt.

[...]

Bereits 1921 lässt Valery in Eupalinos Sokrates folgendes sagen: “Es reizt mich, über die Künste zu schwätzen. Eine Malerei, lieber Phaidros, bedeckt nur eine Oberfläche, die einer Bildtafel oder einer Mauer, aber ein Tempel, wenn man an ihn herantritt oder gar das Innere dieses Tempels, bildet für uns eine Art von vollständiger Großheit, in der wir leben. **Wir sind dann, wir bewegen uns, wir leben im Werk eines Menschen. Wir sind ergriffen und gemeistert von den Verhältnissen, die er gewählt hat, wir können ihm nicht entgehen.**”¹⁵ Hier ist das totalitäre Motiv klar ausgesprochen.¹⁶

15 Sloterdijk 2006 in ARCH+, 59. Zit. n. Paul Valery, “Eupalinos“ 1921

16 Sloterdijk 2006 in ARCH+, 59

Weiters beruht Sloterdijk auf eine der Grundaussagen der christlichen Raumphilosophie: **„In ihm leben wir, weben wir und sind wir.“**¹⁷ In diesem Satz findet man einen Bezug zu den Dimensionen der von Menschen erschaffenen Räumen und deren Vergleichbarkeit mit der allgemeinen Existenz der Menschen. **„Das geht so weit, dass man die Menschen oder ihre Seelen der theologisch zugespitzten Aussage gemäß, geradezu in Gott sein und leben lässt, das heißt in einem Gegenraum, einem Überraum, der den profanen und physikalischen Raum durchdringt.“**¹⁸

17 Sloterdijk 2006, Zitat nach Apostelgeschichte 17:28

18 Sloterdijk 2006 in ARCH+, 58-59



1.3 Künstliche Realitäten

Die Konsequenzen daraus und die Bedeutung für die Architektur und die Architekten sind selbstverständlich enorm. Die Räume und Atmosphären, die bewusst entworfen werden, beeinflussen ihren Bewohnern und verschmelzen zu einem „Raum-Dämon“. Dieser überräumliche Einfluss wirkt sich nicht nur auf die körperliche, materielle Ebene aus, sondern auf den „Geist und Seele“ der Menschen, die sich dort aufhalten. Architektur reicht also weit über ihre primitive Funktion hinaus und wird zum Teil des Unfassbaren, **Teil der menschliche Seele**. Architektur ersetzt die Natur für die Menschen, **der Habitat wird zum Habitus**.

Nun wenn Städte, Landschaften und Häuser alle künstliche, menschengemachte Umgebungen sind, bedeutet das nicht, dass unsere Erlebnisse tatsächlich durch diese künstliche Welten programmiert werden? Alles, was bewusst und gezielt gebaut wird, hat auch einen Effekt und kann bestimmte, vorhersehbare Gedanken und Gefühle hervorrufen. Ganz deutlich ist das in der Stadt Las Vegas zu betrachten.

Bild: Architect Robert Venturi in
Las Vegas, 1966.
Photograph: Denise Scott
Brown/VSBA



„[...] der neue Gestaltungsmodus von Las Vegas definiert sich durch das Bestreben, seine Besucher in **eine synthetische Parallelwelt zu transportieren**, eine in sich schlüssige und abgeschlossene Realität neben der des Alltags, **in die man eintauchen kann wie in einen Film oder einen Roman und die im Gegensatz zu diesen auch noch als materielles Konstrukt gegenwärtig ist**. Das Bild der Stadt ist dabei zwar ein aus unterschiedlichen Orten zusammengesetztes, und doch in seiner geographischen und zeitlichen Unwahrscheinlichkeit in sich schlüssiges Bild; eine Schlüssigkeit, die vor allem durch die visuelle Dichte und suggestive Abgeschlossenheit des Bild-Raumes entsteht. Es ist, mit anderen Worten **das Bild einer computersimulierten Super-Stadt, das seine Referenz-Realität mit digitalen Bildbearbeitungstechniken** (z.B. Cut-and-Paste, Säuberungs- und Glättungsverfahren) **manipuliert und dabei eine immense räumliche und zeitliche Verdichtung erreicht.**“¹⁹

1.3 Künstliche Realitäten

Die bildgebende Verfahren der Gehirnforschung registrieren, wie aktiv bestimmte Teile des Gehirns sind. Auf den Abbildungen, die sich aus den Messungen errechnen lassen, leuchten die entsprechenden Hirnregionen bunt auf. So entsteht geradezu der Eindruck, man könne das lebende Gehirn beim Denken beobachten. Einige dieser neurowissenschaftlichen Methoden sind z.B. fMRT, NIRS, EEG und MEG. (Siehe Glossar S. 131)

Wenn man die Gehirnaktivität eines Menschen aufnehmen würde während des Aufenthalts dieser Person in Las Vegas, könnte man die ganze Information aus den Sinnesorganen quantitativ und räumlich im Gehirn feststellen. Diese gleiche Aktivität könnte man unter gewissen Umständen mittels transkranieller Stimulation* gezielt wiederherstellen, während man sich unter einem Datenhelm** befindet, welches zum Beispiel für die visuelle und akustische Wahrnehmung sorgt. Nachdem die Signale aus allen Sinnen „vorgetäuscht“ werden, könnte man annehmen, dass dieser Mensch in seiner subjektiven Realität geistig und für das Nervensystem auch körperlich sich in Las Vegas befinden würde. Jetzt könnte man die Frage stellen, nachdem Las Vegas an sich eine künstliche Realität ist und die Simulation dieser Stadt für diesen Menschen genau das gleiche Erlebnis künstlich kreieren würde, dass er genauso mit allen Sinnen eintauchen könnte: Bedeutet das nicht, dass wir in der Lage sind, gebaute Umgebungen komplett durch virtuelle Welten zu ersetzen und würde uns das nicht einen Schritt näher der Transzendenz von Raum und Zeit bringen?

* Bei der **Transkraniellen Magnetstimulation (TMS)** werden starke pulsierende Magnetfelder über eine geeignet platzierte Magnetspule durch den Schädel hindurch (transkraniell) auf Regionen des Gehirns gerichtet. Als Auswirkungen können sensorische oder motorische Ereignisse auftreten (etwa Lichtblitze oder muskuläres Zucken). (Siehe Glossar S. 133)

** Ein **Head-Mounted Display** ist ein auf dem Kopf getragenes visuelles Ausgabegerät. (Siehe Glossar S. 127)

Wenn unsere **Städte und Landschaften künstliche Realitäten** sind,
und diese künstliche Realitäten wir **Natur** nennen,
ist dann diese **Natur** eine wahre?

Wenn ich **unter dem Datenhelm**
diese **gleiche künstliche Realität** erleben kann,
ist sie dann **weniger wahr**?

Wenn diese **Natur menschengemacht** ist,
ist sie dann **weniger virtuell**?

Wenn meine **Realität virtuell** ist,
warum bleibe ich dann
an die **physikalische Gesetze**
gebunden?

?



Bild:
Toshiba Bubble Helm

1.3 Künstliche Realitäten

1.3 “Künstliche Realitäten”

¹⁴ Sloterdijk 2006 in ARCH+, 58

¹⁵ Sloterdijk 2006. Zit. n. Paul Valery, “Eupalinos“ 1921.

¹⁶ Sloterdijk 2006 in ARCH+, 59

¹⁷ Sloterdijk 2006. Zit. n. Apostelgeschichte 17:28

¹⁸ Sloterdijk 2006 in ARCH+, 58-59

¹⁹ Bieger 2007, 208

Glossar S.131: Methoden der Gehirnforschung

Glossar S.133: Transkranielle Magnetstimulation

Glossar S.127: Head-Mounted Display

1.4 Architektur und Medien

Das im vorherigen Kapitel Erwähnte bringt uns zu dem Diskurs über die Medien in der heutigen Gesellschaft.

Schon im 18. Jahrhundert hat der französische Philosoph und Gesellschaftskritiker Jean Jaques Rousseau in Anlehnung an die auf Thomas Hobbes und Charles de Montesquieu zurückgehende Gewaltenteilung von der Presse als einer „vierten Säule“ im Staat gesprochen und seither werden die Informationsmedien als die „Vierte Gewalt“ begriffen. Die Medien sorgen dafür, dass das Abbild der Welt ständig auf den letzten Stand gebracht wird, welches in gewissen Massen politisch manipuliert werden könnte und somit mit einem gesellschaftlichen Diktator verglichen werden kann, wie Hans Ulrich Reck in seinem Essay „Medien, Macht, Gewalt“ in Kunstforum International im Jahr 1994 schreibt²⁰. Auf natürliche Weise hat sich jedoch das Eindringen der Medien in die Gesellschaft sehr schnell weiter entwickelt und im neuen Millennium zum Verbreitern der sozialen Medien geführt, heutzutage sogar als die „Fünfte Gewalt“²¹ definiert.

Und genau daran kann man beobachten, wie die Verschmelzung der gesellschaftlichen mit der subjektiven Identitätssphären passiert. Aus der weiter entfernten, politisch-gesteuerten „vierten Gewalt“ oder den Massenmedien wie Zeitung, Radio und Fernsehen, auf die man kaum Einfluss hat, bewegt sich die Digitalisierung der Welt immer mehr an den Menschen heran und

20 Vgl. Reck 1994 in Kunstforum International, 82

21 Vgl. Wikipedia, Stand Juni 2015

* In seinem Aufsatz von 1991 *The Computer for the 21st Century* sprach Mark Weiser zum ersten Mal von dieser Vision.

Das **Internet der Dinge** bezeichnet die Verknüpfung eindeutig identifizierbarer physischer Objekte (*things*) mit einer virtuellen Repräsentation in einer Internet-ähnlichen Struktur. (Siehe Glossar S.143)

Überwiegend wird unter dem Begriff der **technologischen Singularität der Zeitpunkt verstanden, ab dem sich Maschinen mittels künstlicher Intelligenz (KI) selbst verbessern können. (Siehe Glossar S.145)

durchdringt die Privatsphäre in allen Bereichen. Smartphone Apps verfügen über Informationen von allen Bereichen des Lebens – beginnend mit Tagesablauf und Bewegungen durch die Stadt bis hin zu Ernährungsplan und Garagentüröffner. Immer öfters kommt die Rede vom „Internet der Dingen“* und die „Verschmelzung“ von Mensch und Maschine vor. Und nachdem die Digitalisierung von Alltagsgegenständen und Umgebungen schon in Sicht ist, dürfen die Entwerfer von Umgebungen, sprich Architekten, nicht hinterher bleiben.

Architektur ist weiterhin das Kommunikationsmedium zwischen Mensch und gebautem Raum, jedoch erhebt sie sich immer mehr auf ein digitales Niveau um mit dem Letztstand der menschlichen Denkweisen mithalten zu können. Intelligente Gebäude sind zwar nichts Neues und obwohl es die Multidisziplinarität beim Bauen und Entwerfen noch immer nicht ganz ermöglicht, die Architektur als eine Art artifizielle Intelligenz ganz wahr zu nehmen, entwickelt sich der Prozess in Richtung technologische Singularität**.

Treten wir jedoch wieder einen Schritt zurück zur Ursprung dieses Prozesses und bedenken wir nochmals was der Grund hinter diesen Entwicklungen überhaupt ist, oder wohin wir uns als Menschheit bewegen wollen.

1.4 Architektur und Medien

Ein Zustand der Freiheit. Die gesuchte Variable seit der Urhütte und dem Beginn der technologischen Entwicklung der Menschheit. Frei von Krankheiten, frei von Hunger, frei von Sorgen über das Überleben. Und die Antworten dazu liegen in der menschlichen Kreativität – das Vermögen des Gehirns sich von bekannten Gedankenstrukturen zu befreien und das bekannte neu zu überlegen. Die Fähigkeit zu lernen und darauf zu bauen. Die ständige Suche nach etwas, was wir noch nicht kennen und nach neuen Einsatzmöglichkeiten dessen, was wir schon kennen.

Und seitdem das erste gebaute Dach die Menschen von Witterungen schützte und das Feuer zum ersten Mal zum Kochen genutzt wurde, hat sich die Anatomie des Menschen nicht viel verändert. In den letzten 28.000 Jahren ist das menschliche Gehirn zwar etwas kleiner geworden, aber das Wissen und die Technologie die er gesammelt hat, ist enorm gewachsen. Ein langer Weg voller Erkenntnisse führte von der ersten Übersetzung einiger Baustämme zu Architektur bis hin zur Übersetzung menschlicher Hirnaktivität zu ablesbaren elektrischen Signalen.



1.4 Architektur und Medien

1.4 “Architektur und Medien”

²⁰ Vgl. Reck 1994 in Kunstforum International, 82

²¹ Vgl. Wikipedia, Stand Juni 2015

Glossar S.143: Internet der Dinge

Glossar S.145: Technologische Singularität

Non-physikalische Umweltplanung und Umweltschaffung wird in verschiedenster Weise durchgeführt. Wenn Wohlbefinden und “Glück” des Individuums als eines der erstrebten Ziele angesehen werden darf, so ist eine der ältesten und einfachsten Manifestationen einer Schaffung solch einer künstlichen Umwelt der Orgasmus, wie es auch der Traum ist. Andere seit Jahrtausenden angewendete Mittel sind etwa Tanz, Trance und verschiedenste Formen der Berauschung und Intoxikation, alles Medien, die Umwelt verändern, erweitern oder neu erzeugen und vielfach in diesem Sinne auch bewusst angewendet werden.

/Hans Hollein/



« ... alles ist **a**rchitektur ... »

aber **a**rchitektur

« ... ist nicht alles ... »



-2-

Alles ist Gehirn.

*Ein Wunderwerk,
das Träumen
und das Bauen.*

2.1 Alles ist Gehirn

*Ein **Brain-Computer-Interface (BCI)** ist eine spezielle Mensch-Maschine-Schnittstelle, die ohne Aktivierung des peripheren Nervensystems, eine Verbindung zwischen dem Gehirn und einem Computer ermöglicht. Dazu wird entweder die elektrische oder die hämodynamische Aktivität des Gehirns gemessen und mit Hilfe von Rechnern analysiert (Mustererkennung) und in Steuersignale umgewandelt. (Siehe Glossar S.147)*

Erst in den letzten Jahrzehnten, mit dem Fortschritt in der Gehirnforschung, wurde es möglich ein genaueres Verständnis über das Gehirn und seine Funktionalität zu bekommen. Das hat enorme Auswirkungen in der Psychologie und Medizin, aber auch in den Bereichen der Kunst- und Kulturwissenschaften und in der Philosophie. Die Suche nach Antworten von Fragen, die früher über Spiritualität und Geist gestellt worden sind, findet langsam ihren wissenschaftlichen Weg. Die Methoden der Hirnforschung ermöglichen ein tiefes Verständnis der kognitiven Prozesse wie Lernen, Gedächtnis, Sprache. Auch Bewegung und Sinneswahrnehmung sind heutzutage wissenschaftlich erklärbar.

*BCI kann entweder **nichtinvasiv** meistens mittels EEG, fMRI oder NIRS, oder **invasiv** mittels implantierter Elektroden gestaltet werden.*

Jedoch wird auch sehr deutlich, dass obwohl die Anatomie des Gehirns bei allen Menschen sehr ähnlich ist, die neuronalen Strukturen die sich darinnen befinden, stark individuell unterschiedlich sind. Daher ist eine Kalibrierung bei jedem BCI* immer notwendig. Natürlich reichen auch die wissenschaftlichen Methoden der Hirnforschung allein nicht aus, um die menschliche Psyche zu erklären, da eben die Beziehungen zu der Außenwelt und die zeitlichen Aspekte die Voraussetzungen sind für die individuelle Entwicklung der neuronalen Strukturen. Wie in der Grafik 1 schon

Eine **Kalibrierung des BCI ist das Trainieren der Software die individuelle Gedankenmuster zu erkennen.*

angedeutet wurde, kann man die Wahrnehmung und kognitiven Prozesse im Gehirn zu einer unendlichen kreisförmigen Schleife von Schritten zusammenfügen, die sich immer gegenseitig beeinflussen.

Diese unendliche Schleife, die selbst der Grund für ihre immanente Veränderung ist, macht es eben unmöglich für die Wissenschaft, Phänomene wie die Psyche im Allgemeinen zu erklären. Wenn man jedoch das subjektiv und einzeln betrachtet, könnte man davon ausgehen, dass das Wachstum der neuronale Verbindungen bei einem Individuum doch nachvollziehbar sichtbar gemacht werden könnte²². Das wäre natürlich ein Schritt voraus des heutigen Stand der BCIs.

Einige Unternehmen beschäftigen sich heute schon mit der Herstellung von EEG BCI Systeme für die kommerzielle Nutzung*. Diese können zum Teil als Ersatz für die herkömmliche Maus und Tastatur verwendet werden, für das sogenannte Neuro-Gaming zum Beispiel, aber auch als Nachweis des momentanen mentalen und körperlichen Zustands des Menschen.

**Einige EEG-basierte BCI Geräte sind bereits auf dem Markt, unter anderem das EPOC von Emotiv oder das Konditionierungsgerät Muse. (Siehe Glossar S.151)*

22 Vgl. Engelhardt 2008

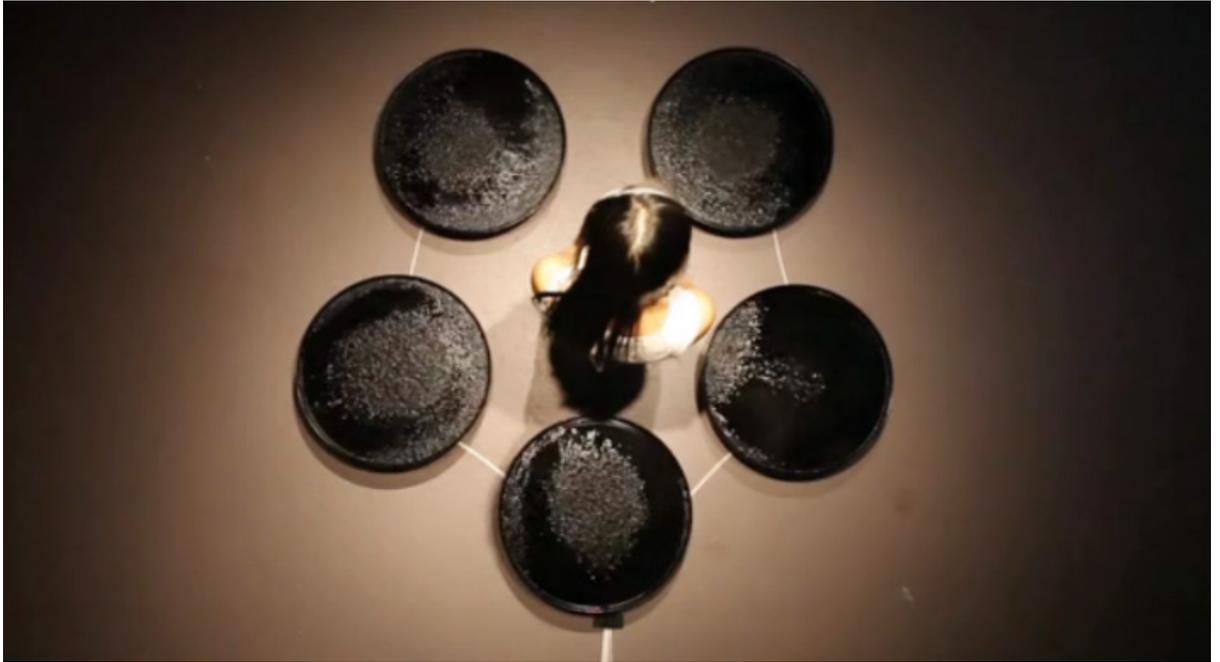
2.1 Alles ist Gehirn

Andererseits gibt es auch schon fMRT oder MEG Anwendungen, die ganze Sätze aus den Gehirnströmen herauslesen können, oder sogar während des Schlafs Bilder aus dem Gedächtnis veranschaulichen oder mit einer gegebenen Video-Datenbank vergleichen²³.

Auch in der Kunst haben BCI ihren Einsatz gefunden. Die Künstlerin Lisa Park beeinflusst die Vibrationen im Wasser mit Hilfe eines EEG-Geräts und die Kraft ihrer Gedanken in den Installationen Euonia und Euonia II. Die Künstler Gruppe „a rose is“ übersetzt Gehirnsignale zu Musik. Es ist sogar möglich die Gedanken zu verwenden, um mit dem Brain-Painting BCI zu malen.

***Der Computer sieht was wir sehen** - ein fMRT-basiertes BCI ermöglicht das Ablesen von Erfahrungen aus den Visuellen Cortex und dessen Rekonstruieren. (Siehe Glossar S.149)*

23 Vgl. Nishimoto et al 2011



Bilder 1-2. Lisa Park während ihrer Performance bei "Euonia"

2.1 Alles ist Gehirn

BCI in der Kunst

Lisa Park, "Euonia"

Die Künstlerin Lisa Park verwendet Gehirnssignale, um Wasserbewegungen zu erzeugen in ihrer Installation „Euonia“. Bei dieser besonders schönen Mischung aus Wissenschaft und Kunst, nutzt die Künstlerin ein NeuroSky EEG-Sensor, um ihre Delta, Theta, Alpha und Beta-Gehirnströme und Augenbewegungen zu verfolgen. Die Daten werden in Schallwellen umgewandelt und zu den fünf Lautsprechern unter die Schüsseln mit Wasser geleitet. Der Klang erzeugt somit Wellen und Spritzer in verschiedenen Mustern nach ihren Gehirnwellen.

Um Bewegungen in einer bestimmten Wasserschale zu erzielen, weist Park jedem Lautsprecher eine der folgenden Emotionen zu: Trauer, Wut, Hass, Sehnsucht und Glück. Dann denkt sie über die Menschen in ihrem Leben, die diese Gefühle auslösen, und angeblich bringen die damit verbundene Lautsprecher die entsprechende Wasserschale zum Schwingen.²⁴



Bilder 3-4. Lisa Park während ihrer Performance bei "Euonia"

Quelle: <http://thecreatorsproject.vice.com/blog/eunoia-seeking-enlightenment-by-tracking-brainwaves> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

2.1 Alles ist Gehirn

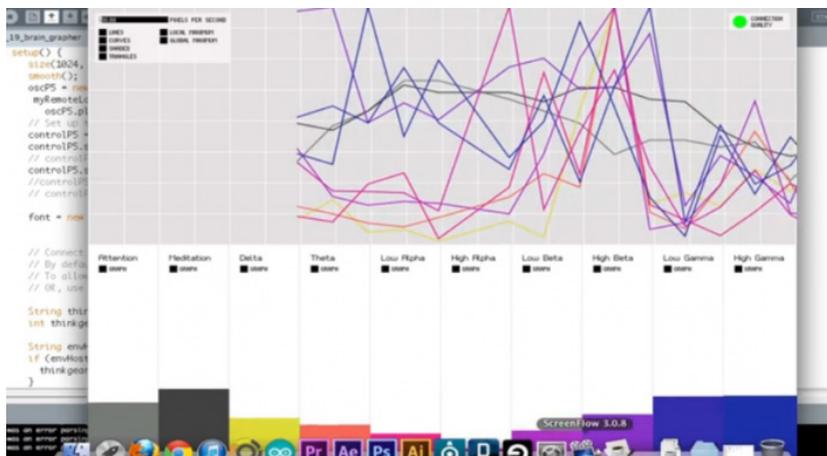
BCI in der Kunst

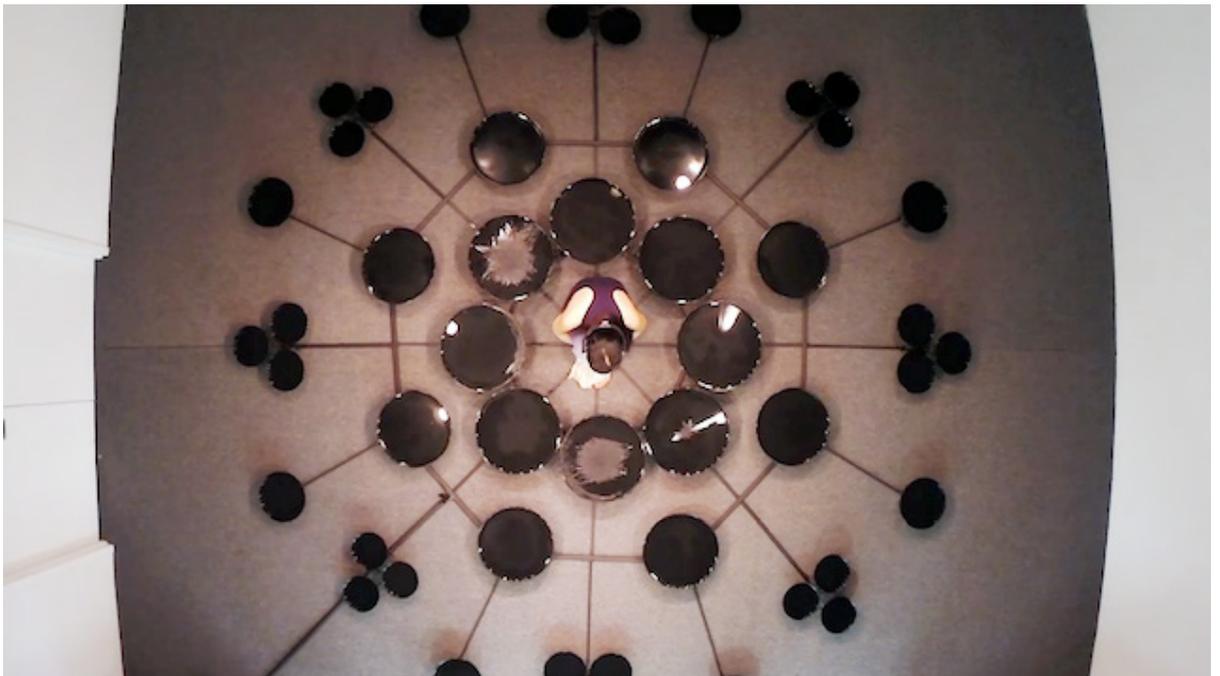
Lisa Park, "Euonia"



Bilder 6-7. Lautsprecher übersetzen die Emotionen zu Klang, der Bewegungen im Wasser kreiert

Bild 5. Die gemessenen Gehirnströme werden von der Software erkannt





Bilder 8-9. Lisa Park “Euonia II”

Quelle: <http://thecreatorsproject.vice.com/blog/artist-manipulates-48-pools-of-water-with-her-mind> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

2.1 Alles ist Gehirn

BCI in der Kunst

Lisa Park, "Euonia II"

In der Weiterentwicklung der Installation arbeitet die Künstlerin mit 48 vibrierenden Wasserschalen, inspiriert durch den Philosophen Baruch Spinoza, der in seinem Buch "Ethica" über 48 verschiedene Emotionen spricht, wie etwa Frustration, Aufregung, Engagement und Meditation. Jeder Lautsprecher vibriert in Abstimmung mit Park's Algorithmus, welcher die Gehirnsignale aus dem EEG Gerät in Vibrationen umwandelt. Die Modulationen vom Klang passieren in Echtzeit in Abhängigkeit vom emotionalen Zustand der Künstlerin. Ihre innere "Kämpfe" werden sichtbar und die ganze Performanz ist davon abhängig, wie sie mit ihren Emotionen umgeht. Je ruhiger Park ist, desto weniger Vibrationen sind im Wasser zu sehen.²⁵

"I started working with biosensors especially EEG headset, because I questioned, 'how can I take this invisible energy and emotions and make it visible?'" Park told The Creators Project. "When I am feeling certain emotions (anger, sadness, happiness), I believe that what's inside me, more than 60% of water in human body, will create vibrations/energy within myself. So, I wanted to create an artwork that represents the inner part of myself."

/Lisa Park/

25 Vgl. Mufson 2014

BCI in der Kunst

a rose is, "Brain Study"

Die Performance-Gruppe *a rose is* verwendet seit 2000 Echtzeit-Transformationen ihrer EEGs in Licht und Klang, die sie über ein akustisches Biofeedback aktiv kontrollieren kann.²⁶

Zu ihrer Installation für vernetzte Gehirnspieler namens „Brain Study“, meinen die Künstler:

„Die Hirnvorgänge, auf denen unsere Wahrnehmung beruht, scheinen völlig verschieden zu sein von der Struktur unseres subjektiven Erlebens und mit unserem Selbstbild eigentümlich unvereinbar. Die Funktionsweise des Gehirns befremdet uns.

Die Klanginstallation Brain study übersetzt diese fremdartigen und doch eigenen Gehirnvorgänge in Klang. Die Wahrnehmung des Hörers trifft auf ihre eigenen neuronalen Strukturen. Sein Bewußtsein begegnet Rhythmen, Schwingungen und räumlichen Impulsmustern, die gleichzeitig unbewußt in seinem Gehirn stattfinden.“

/a rose is/

26 Künstlergruppe Webseite (Stand Juni 2015)

2.1 Alles ist Gehirn

Zeit

Die Hirnaktivität der Gehirndarsteller wird über eine Live-Elektronik in Klang transformiert. Die biologischen Rhythmen bleiben jeweils unverändert. Sie werden akustisch verstärkt und bilden die musikalische Struktur der gesamten Installation.

Das Verhalten des Systems folgt keiner festgelegten Partitur oder Inszenierung, sondern wird allein durch die Funktionsweise seiner Teile bestimmt. Alle Prozesse werden live und unverändert wiedergegeben.



Bild 10. Darsteller der Gruppe “a rose is” während der Vorführung von “Brain Study“. Ihre Gehirne sind sogar im Schlaf vernetzt

Quelle:

<http://aroseis.de/brst/brainstu.htm> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

Netz

Die Gehirne der Darsteller sind über eine akustische und optische Rückkopplung untereinander verbunden: sie hören ihre eigene Aktivität und können über ihre Hirnzustände die akustischen Wahrnehmungen der anderen Spieler beeinflussen.

Diese vernetzte Kommunikation ist nach den Reizverarbeitungen im Gehirn modelliert: jedes Gehirn spielt die Rolle eines bestimmten funktionellen Hirnteils.

Es entsteht ein neuronales Netz aus Gehirnen, das sich selbst wie ein einfaches Gehirn verhält: es kann Wahrnehmungen verarbeiten, Erinnerungen aus seinem Gedächtnis abrufen und besitzt emotionale Zustände wie Angst, Freude, Stress und Euphorie.

Klang

Unter Ausnutzung psychoakustischer Phänomene wird das Hörfeld der Kopfhörer vom üblichen Stereo auf einen dreidimensional wirkenden virtuellen Raum erweitert. Der Hörer hat den Eindruck eines ellipsoidischen Körpers, der sich in seinem Kopf nicht nur nach links und rechts, sondern auch nach hinten, oben und unten erstreckt: das räumliche Modell seines eigenen Gehirns. Die Aktivitäten des Gehirn-Netzes sind für den Hörer jeweils genau dort zu hören, wo sie gleichzeitig und gleichartig auch in seinem eigenen Gehirn stattfinden.

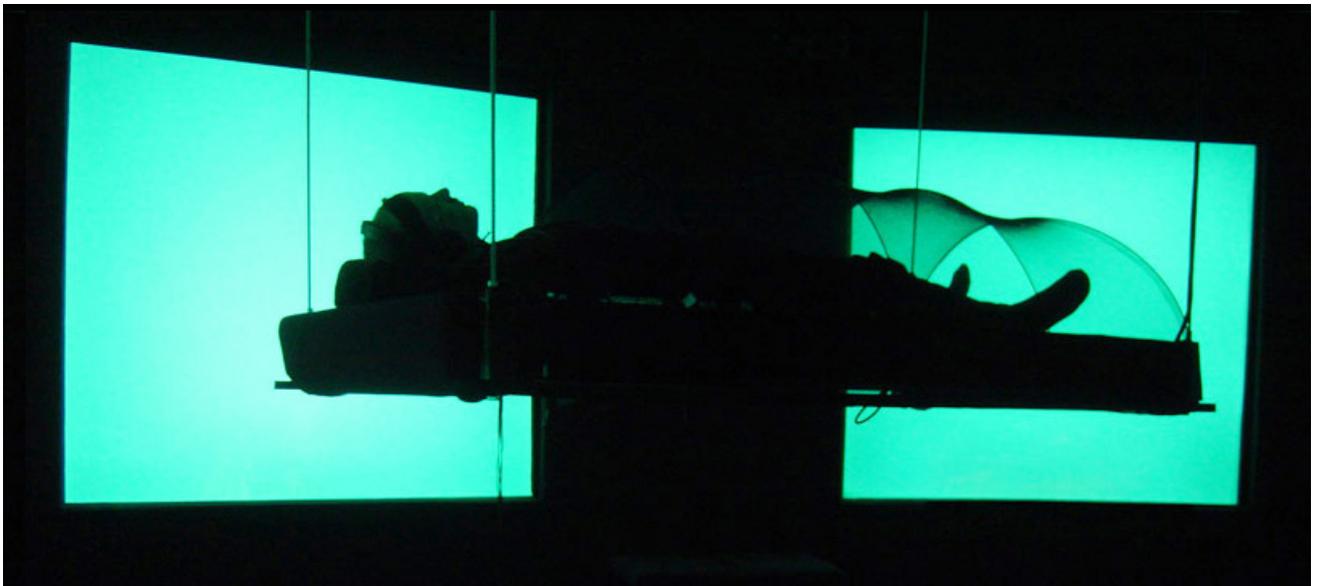


Bild 11. A rose is, "Brain Study"

2.1 Alles ist Gehirn

BCI in der Kunst

a rose is, "Brain Study"

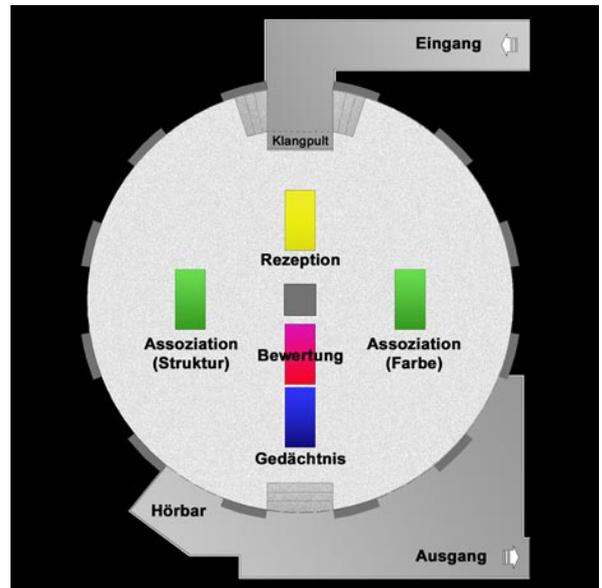
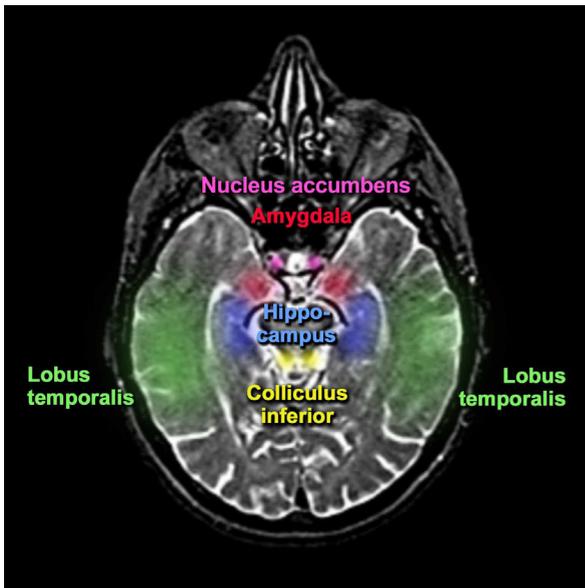


Bild 12. Raum-Modell

Das Modell orientiert sich an Anatomie und Funktion des menschlichen Gehirns: Die Funktionen und Aktivitäten der fünf Gehirnspieler werden analog zu ihren Rollen in den Raum und in die dreidimensionale Kopfhörer-Mischung eingebettet.

Schlaf

In der Nacht schlafen die Gehirn-Spieler ein. Während sie schlafen, hören sie die Hirnklänge ihres Schlafes. Der reale Schlaf der Spieler bildet den Schlaf des vernetzten Systems. Zeitweise, in den Traumphasen der Spieler, sind ihre schnellen Augenbewegungen als rhythmisch sehr aktive Assoziationsklänge im Klangbild zu hören. Die Erinnerungen und Assoziationen der erlebten Wahrnehmungen finden sich im Schlaf als Träume wieder. Einige Assoziationsketten schließen sich zu Kreisen: das System träumt oft eine ganze Weile von einigen bestimmten Ereignissen.

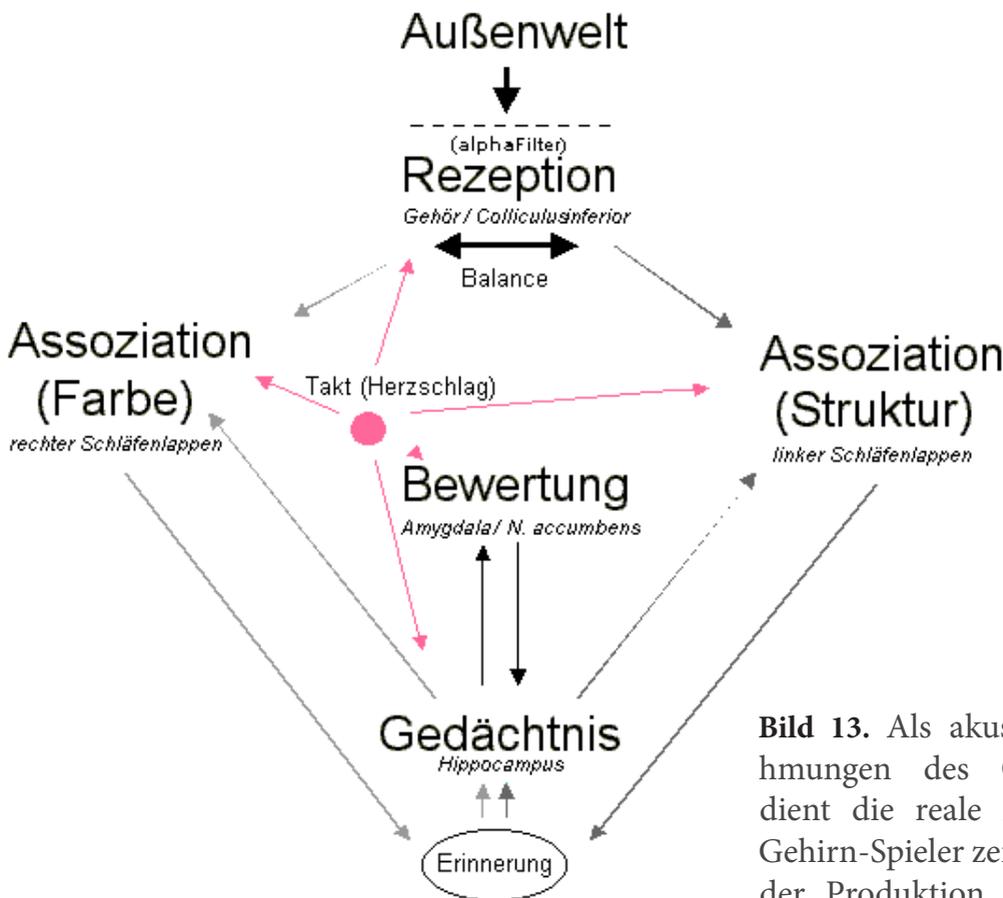
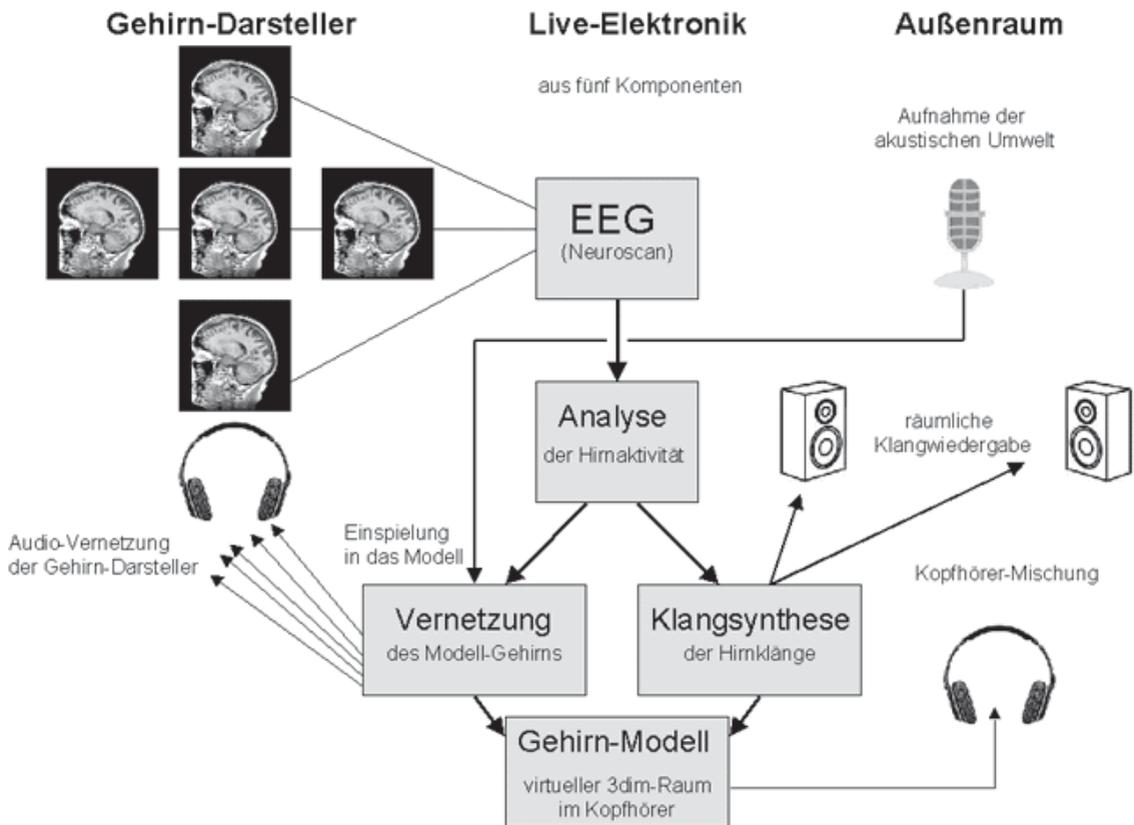


Bild 13. Als akustische Wahrnehmungen des Gehirn-Modells dient die reale Außenwelt: die Gehirn-Spieler zeichnen während der Produktion ihre akustische Umwelt auf. Diese Aufnahmen werden dem System als Wahrnehmungen der Außenwelt eingespielt.

2.1 Alles ist Gehirn

BCI in der Kunst

a rose is, "Brain Study"

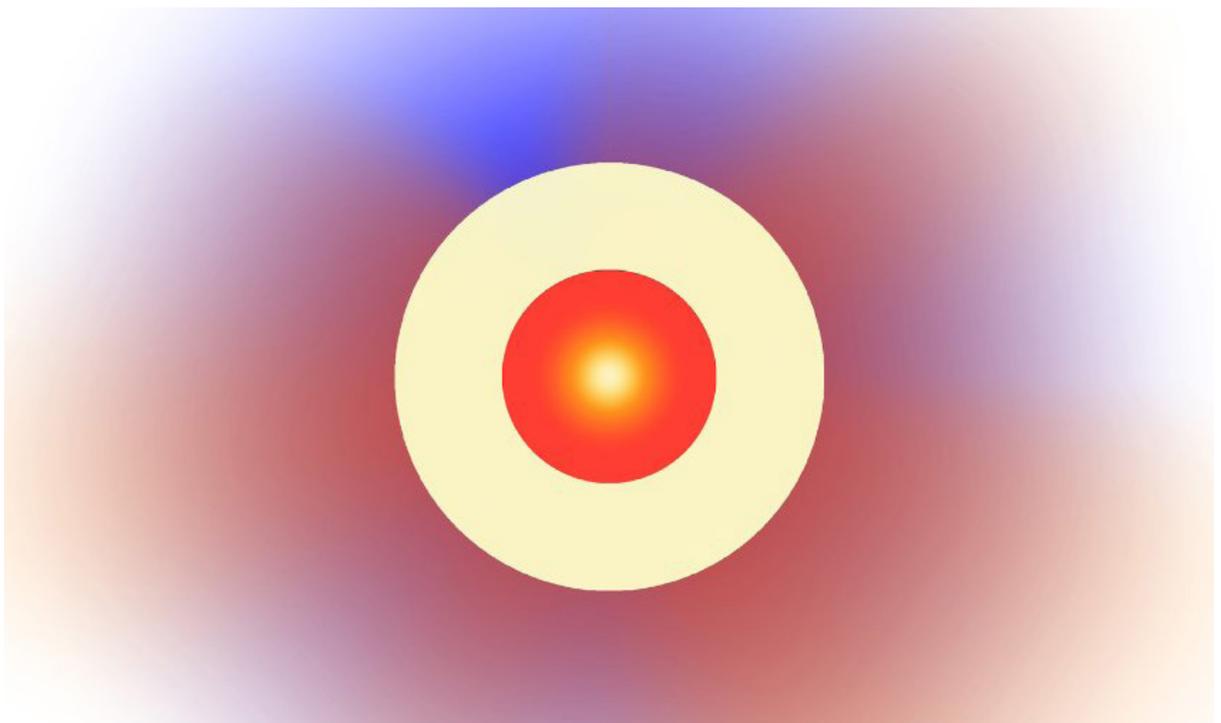
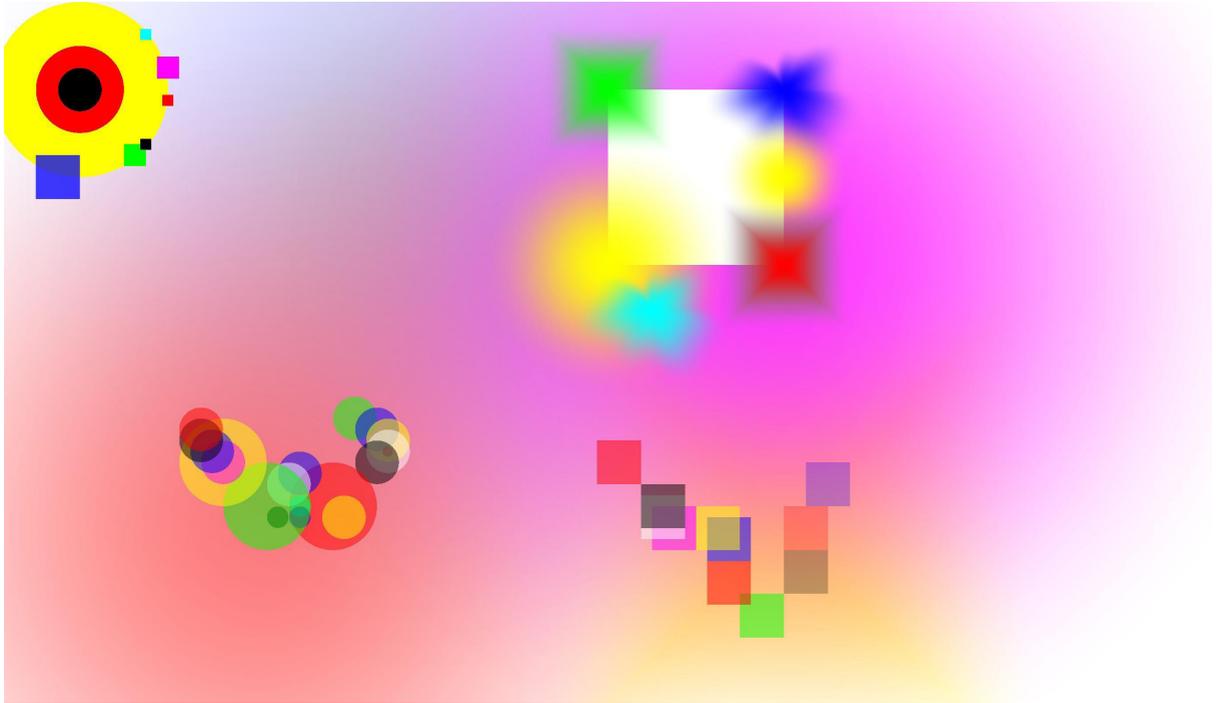


Quellen Bilder und Text:

<http://aroseis.de/brst/brainstu.htm>

Stand Juni 2015 (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

Bild 14. Systemerklärung



Bilder 15-16. Brain-Painting Gemälde

Quelle: <http://www.spiegel.de/fotostrecke/brain-painting-kunst-mit-koepfchen-fotostrecke-61570-4.html> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

2.1 Alles ist Gehirn

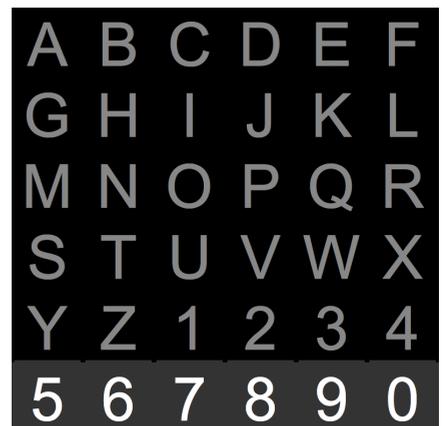
BCI in der Kunst

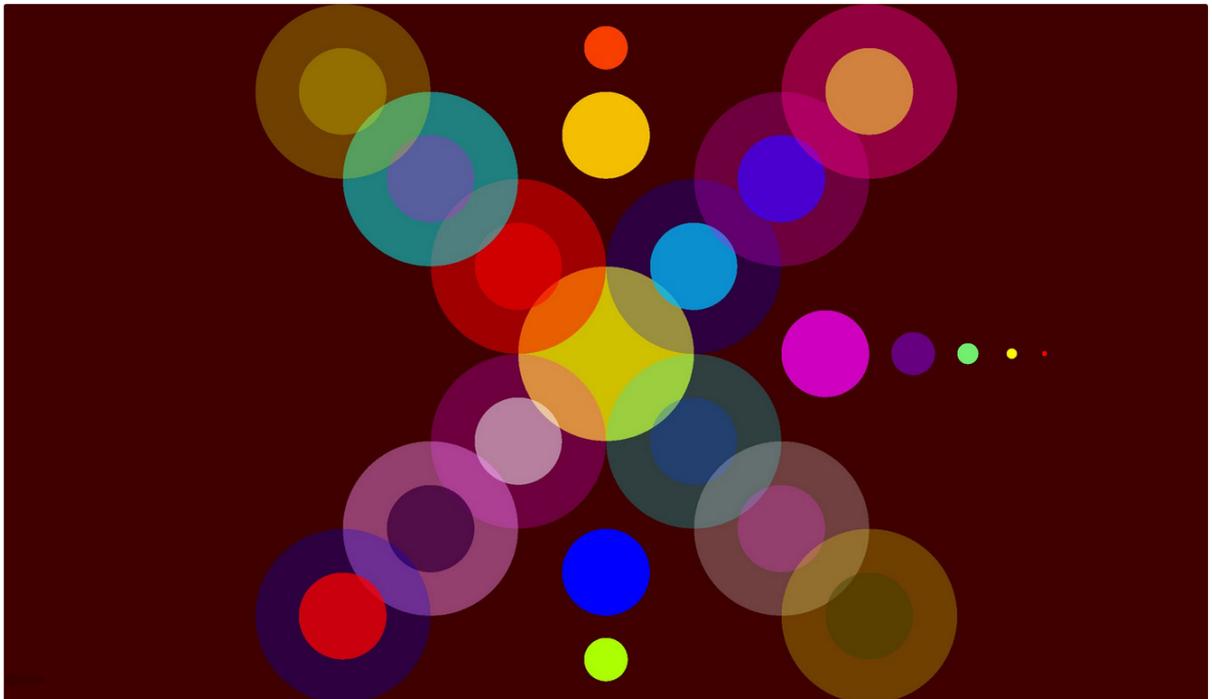
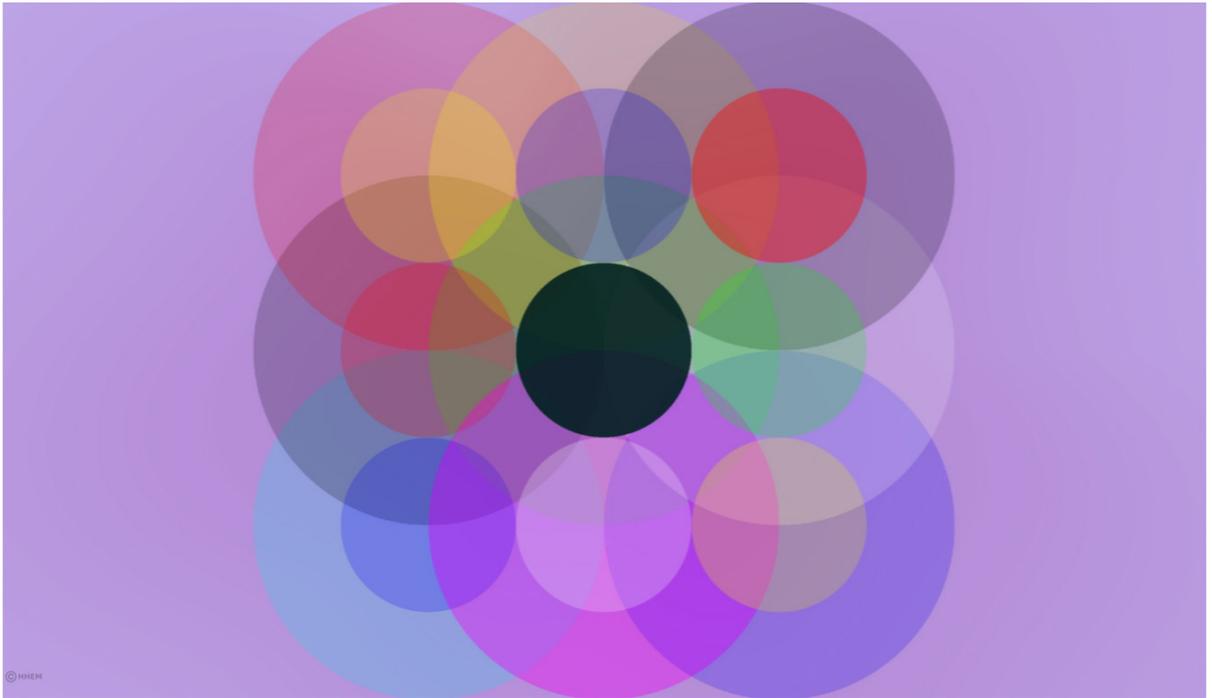
“Brain-Painting“

Die Idee stammt von dem Künstler Adi Hoesle. Im Jahr 2006 wurde bei einem seiner Bekannten, dem Maler Jörg Immendorf, die Krankheit ALS diagnostiziert. Zur gleichen Zeit lernte Hoesle auch Andrea Kübler kennen. Gemeinsam trieben sie die Idee voran, eine Mal-Software für Gehirn-Computer-Schnittstellen zu entwickeln. Hoesles Ziel war es, Immendorf auch weiterhin eine kreative Tätigkeit zu ermöglichen. Doch soweit kam es nie, denn Immendorf starb 2007 an der Krankheit.

Adi Hoesle allerdings begann dann selbst, mit Brain Painting zu arbeiten. Mit ihm und mit Menschen mit ALS entwickelte Andrea Kübler die Mal-Software weiter. „Die Patienten haben es sehr genossen, sich auch kreativ ausdrücken zu können“, erzählt die Professorin. Unter anderem besuchten die Würzburger Psychologen die an ALS erkrankte Schweizer Künstlerin Sonja Balmer in Bern: „Sie war völlig begeistert davon, wieder malen und sich in ihrer Kunst neu ausdrücken zu können.“²⁷

Bild 17. Die Brain-Painting Software ist eine Weiterentwicklung der typischen Speller Matrix





Bilder 18-19. Brain-Painting Gemälde
by Heide Pfützner

Quelle: brainpainting.net
<https://www.brainpainting.net> (zuletzt auf-
gerufen am 29.06.2015)

2.1 Alles ist Gehirn

BCI in der Kunst

“Brain-Painting“

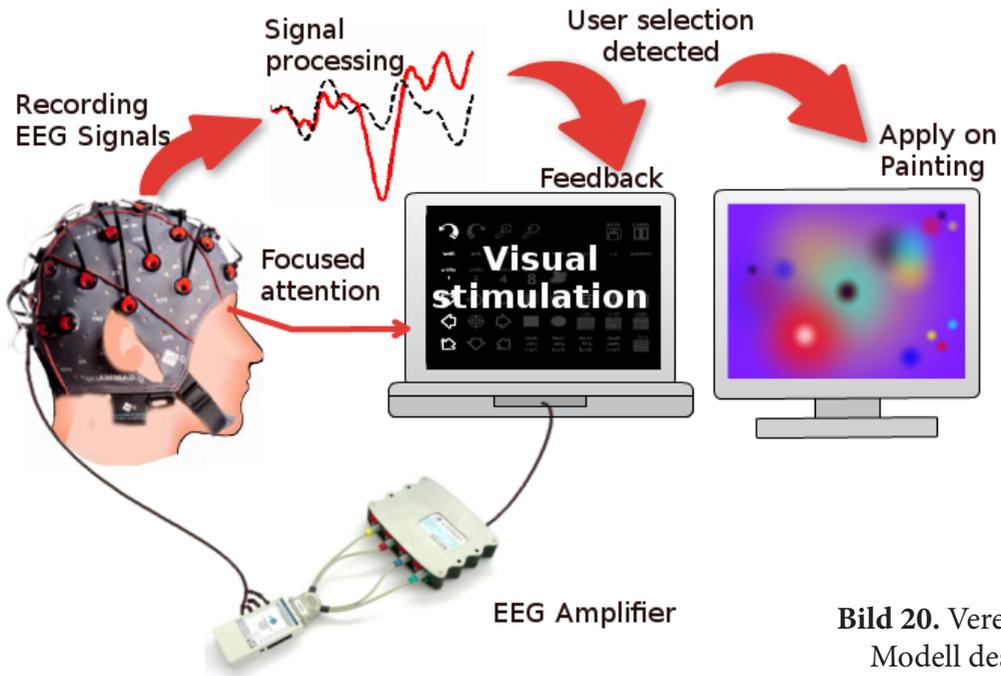
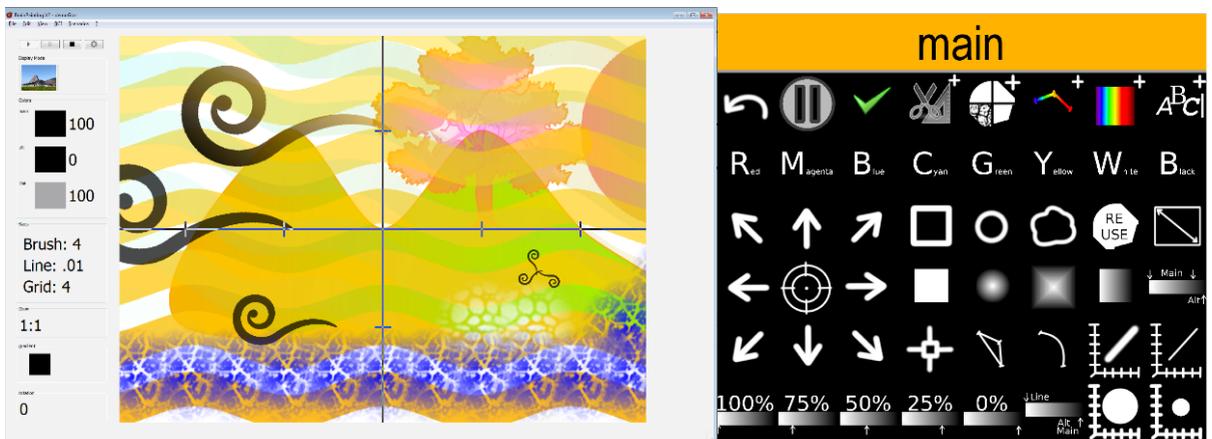
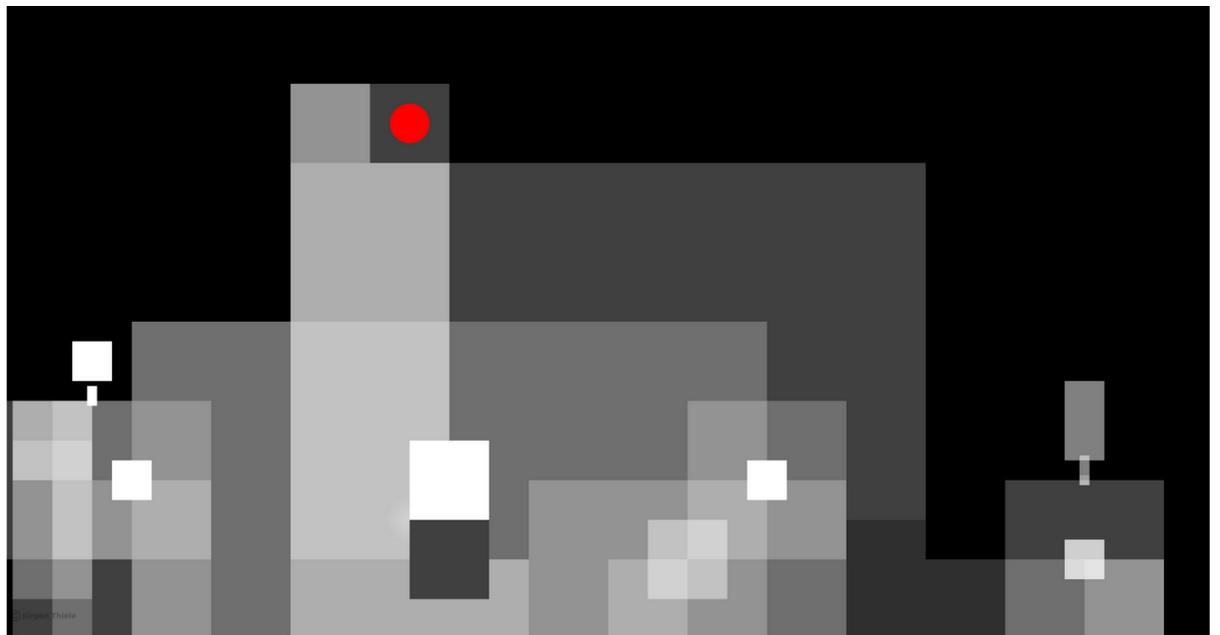


Bild 20. Vereinfachtes Modell des Systems

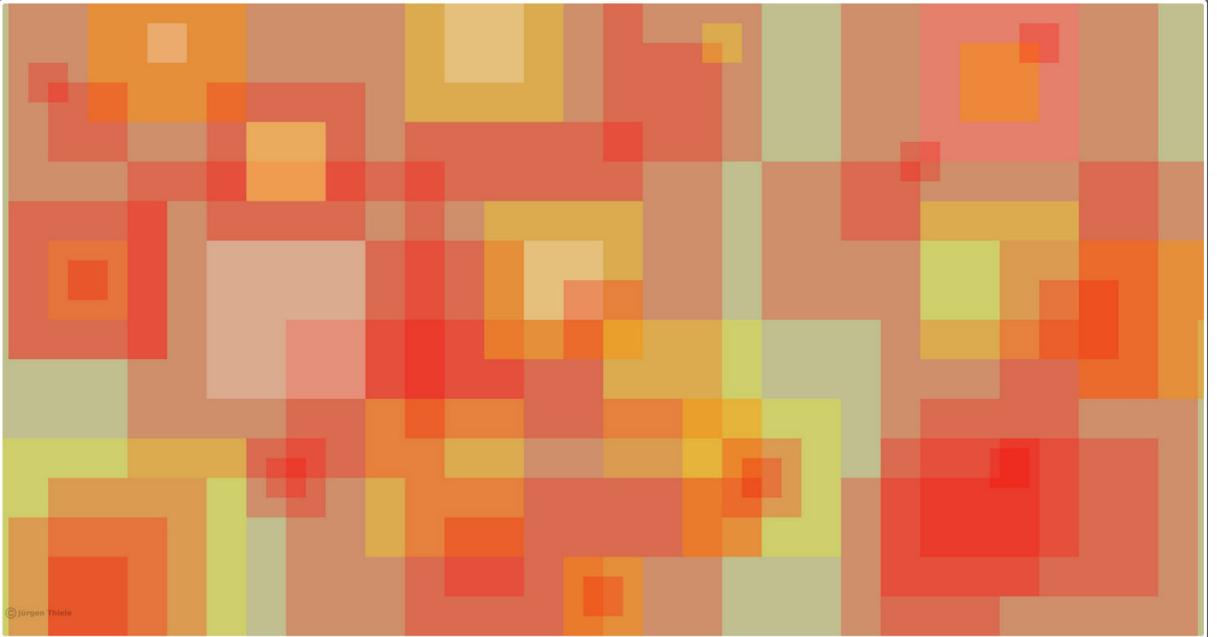
Bild 21. Die Brain-Painting Software





Bilder 22-23. Brain-Painting Gemälde
by Jürgen Thiele

2.1 Alles ist Gehirn



Bilder 24. Brain-Painting Gemälde by Jürgen Thiele

Quelle: brainpainting.net
<https://www.brainpainting.net>
(zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

“Ha! Daß wir nicht unmittelbar mit den Augen malen! Auf dem langen Wege, aus dem Auge durch den Arm in den Pinsel, wieviel geht da verloren!--Aber, wie ich sage, daß ich es weiß, was hier verlorengegangen und wie es verlorengegangen und warum es verlorengehen muss: darauf bin ich ebenso stolz und stolzer, als ich auf alles das bin, was ich nicht verlorengehen lassen. Denn aus jenem erkenne ich, mehr als aus diesem, daß ich wirklich ein großer Maler bin, daß es aber meine Hand nur nicht immer ist.”

/Conti in Emilia Galotti/

2.1 “Alles ist Gehirn”

²² Vgl. Engelhardt 2008

²³ Vgl. Nishimoto et al 2011

²⁴ Vgl. Chow 2013

²⁵ Vgl. Mufson 2014

²⁶ a rose ist Homepage (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

²⁷ Vgl. Kübler 2011

Glossar S.147: Brain-Computer Interface

Glossar S.151: Komerzielle BCI

Glossar S.149: Rekonstruktion visueller Stimuli

2.2 Von Computer-Aided Design zu Brain-Computer-Aided Design

Man braucht sich also nur umschauen um fest zu stellen, dass die technologische Entwicklung nicht nur von den Baumaterialien, sondern im allgemeinen Sinne die Architektur und die Arbeit der Architekten beeinflussen kann. Die Fortschritte vor allem bei den Kommunikationsmedien haben enorme Auswirkungen in jedem Bereich des Lebens.

Die Effizienz bei der Produktion von Architektur ist mit den ersten CAD Anwendungen deutlich gestiegen. Die Arbeit mit Computer simulierten Architekturmodellen hat unzählige Vorteile im Vergleich zu der Arbeit der Architekten davor. Die Entwicklung im Bereich des BIM* (Building Information Modelling) erlaubt einen schnellen und übersichtlichen Austausch zwischen den beteiligten Personen. Die Programme werden immer deutlich intuitiver und leichter zu bedienen. Die Zeiten zur Herstellung eines Gebäudes werden wesentlich kürzer, trotz Interdisziplinarität und Anzahl der Personen, die an einem Projekt zusammen arbeiten.

Jedoch geht noch immer eines verloren auf dem Weg von der Vorstellung über die Maus und Tastatur – die subjektive innere Welt des Architekten. Und das Resultat davon ist ein hoher Grad an Standardisierung und Ähnlichkeit der Gebäude. Der Job des Architekten wird immer mehr als Dienstleistung und nicht als Kunst angenommen. Es werden zahlreiche Projekte entwickelt, die auf reine Funktionalität und Wirtschaftlichkeit Wert legen und dabei geht etwas Wesentliches verloren – die

Der Begriff **Building Information Modeling (kurz: BIM; deutsch: Gebäudedatenmodellierung) beschreibt eine Methode der optimierten Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden mit Hilfe von Software. Das Gebäude ist als virtuelles Gebäudemodell auch geometrisch visualisiert (Computermodell). (Siehe Glossar S.153)*

Fähigkeit des Architekten "Präsenz" zu entwerfen und somit die Psyche der Nutzer zu berühren. Die Architektur blickt nicht nach vorne in die Zukunft, um die geistige Entwicklung der Menschen zu unterstützen, sondern bleibt gefangen in den finanziellen und politischen Fragen von gestern.

Es entsteht eine Kollision zwischen dem Potenziellen und dem bereits Vorhandenen.

Eine mögliche Lösung wäre in der parametrischen Architektur zu sehen. Dabei wird das Rechenpotenzial dem Computer überlassen und das ermöglicht die Realisierung von Formen die der Mensch allein sehr schwer mathematisch und geometrisch beschreiben könnte. Die Bauwerke von Architekten wie z.B. Zaha Hadid stellen einen Nachweis dafür dar, dass die Ressourcen bereits vorhanden sind, um architektonische Formen und Atmosphären zu erschaffen, die sich in ihrer Entwicklungsmethode und Erscheinungsform von der Architektur des 19. Und 20. Jahrhunderts deutlich unterscheiden.

Wenn man die Intuitivität und die Fähigkeit mancher Algorithmen mit der Zeit zu lernen, mit dem Architektur- und BIM Software verbindet, um somit parametrisch zu entwerfen, könnte man die Interdisziplinarität zum großen Teil überwinden. Das Ergebnis daraus könnte sein, dass sich die Städte intelligent entwickeln, ohne das architektonische und städtebauliche Endziel aus den Augen zu verlieren – und zwar eine

2.2 Von Computer-Aided Design zu Brain-Computer-Aided Design

nachhaltige, gesundheitsfördernde Welt aufrecht zu erhalten. Und wenn das Bauen als Prozess auch auf den letzten technologischen Standpunkt gebracht wird, sprich der Einsatz von Robotern am Bau, wäre sogar ein Grad an wirtschaftlicher und geistiger Freiheit denkbar, welcher bisher nie vorhanden war. Bildung, Kunst und Wohlbefinden wären keine Fragen des Geldes mehr, sondern Prioritäten.

Natürlich werden dann viele Bereiche des Lebens neu gestaltet. Auch das Arbeitsfeld des Architekten wird sich wesentlich ändern. Unter der Annahme dass die Software zum Entwerfen von Architektur als ein BCI aufgebaut werden kann, welches in der Lage ist, mit dem Architekten zu kommunizieren und sich somit mit seiner inneren Welt in Verbindung befindet, würde der Weg „von dem Gedanken über den Pinsel bis zur Leinwand“ praktisch verschwinden. **Die innere Welt, die Vorstellungen von Atmosphäre, Farben, Klang, Behaglichkeit, wären in der äußeren Welt direkt übersetzt.** Die Aufgabe des Architekten sich über die Machbarkeit eines Gebäudes Gedanken zu machen würde sich verwandeln in die Aufgabe, seine innere Welt zu kennen. Kreativität und Vorstellungskraft würden gefördert, und die einzige Voraussetzung dafür wäre zu innerer Ruhe zu gelangen.



Fotografie:
Anamariya Krasteva,
HDA Graz, 17. Juni 2015

Das Wahrnehmungsecho: ein Experiment mit Raum und Gefühlen

Um die Verbindung von Gedanken und Realität zu veranschaulichen wurde eine experimentelle Installation im Haus der Architektur in Graz vorbereitet. Im Rahmen des Architektursommers 2015 und in Zusammenarbeit mit dem Grazer Projektionskünstler und Programmierer Lukas Landsgesell wurde die interaktive Immersions- und Performance-Installation „Perception Echo“ veranstaltet.

Auf einer Projektionsleinwand werden Raum, Zeit und Bewegung simuliert. Das Vorhandensein der Gedanken verändert die Umgebung. Durch bewusstes Einsetzen der Vorstellungskraft eines Menschen wird die Veränderung der Atmosphäre im Sinne von Farbnuancen und Geräuschkulissen für alle Anwesenden sichtbar. Ein Nebel macht das Bild spürbar. Die Bewegung der Besucher im Raum ändert ihrerseits auch die Umgebung, auf die die Gedanken einen Einfluss haben und die selbst die Gedanken beeinflusst.

Somit entsteht das Wahrnehmungsecho – meine Gedanken verändern die Umgebung und diese Veränderung beeinflusst meine Gedanken. Ein verschwommenes Realitätsbild entsteht, welches die Grenzen zwischen der inneren und äußeren Welt auflöst. Die Abgrenzung zwischen mir und den anderen verschwindet, die virtuelle Welt fließt in die Realität hinein und umgekehrt.

Die Installation besteht aus **drei Ebenen**. Sie repräsentieren die Ebenen des menschlichen Bewusstseins oder das Weltabbild. Die ganze Installation stellt das Verfließen der inneren zur äußeren Welt dar. Man kann keine fixen Grenzen setzen, der Betrachter wird eins mit dem physikalischen und virtuellen Raum, taucht mit allen Sinnen hinein und verschmilzt mit der Atmosphäre.

Die erste Ebene ist eine Darstellung von den abstrakten Begriffen für Zeit und Raum.

Eine Visualisierung der Unendlichkeit, der "Himmel hinter den Wolken". Das, was der Mensch meistens als Gegebenheit annimmt, etwas, was einfach da ist und nicht verändert werden kann. Das Erlebnis dieser Gegebenheit ist jedoch ein subjektives, daher ist diese Ebene der Unendlichkeit etwas, was eigentlich zutiefst mit der inneren Welt verbunden ist, und jeder von uns nimmt sie anders wahr.

Wir wissen auch aus den Schriften von Albert Einstein, dass das, was wir als Raum-Zeit-Kontinuum bezeichnen, eigentlich durch unsere Bewegungen ständig beeinflusst wird. Wenn man sich schneller oder langsamer bewegt, verändern sich das subjektive Erlebnis und die Wirkung von Raum-Zeit auf uns. Und diese Bewegung im Raum ist nichts anderes als das Resultat unserer Gedanken. Daher könnte man ableiten, dass unsere Gedanken diejenigen sind, die die Fähigkeit besitzen, Raum und Zeit zu „biegen“.

Das bringt uns zu **der zweiten Ebene** der Installation. Eine **ständige Veränderung der Umgebung** bzw. Bewegung durch den Raum wird von unseren Gedanken gesteuert. Das passiert einerseits, wenn die Gedanken direkt als Gehirnaktivität abgelesen werden und als OSC Signale zum Navigieren eingesetzt werden.

Dazu kommt noch die Bewegung der Beobachter, die die Ultraschall-Sensoren aktivieren. Sie können entscheiden, ob sie sich zu den bestimmten Orten hinbewegen und werden feststellen, dass sie ebenso die Umgebung beeinflussen. Und zwar nicht nur ihre eigene, sondern die Umgebung von allen Anwesenden, auch wenn diese nur subjektiv wahrgenommen wird und wir nicht wissen können, wie unser Nachbar den Raum erlebt.

Der Grund dafür ist die **Komplexität und Subjektivität der Wahrnehmung als Prozess**. Dieser Prozess geschieht als eine ständige, kreisförmige Schleife von Schritten, in den immer neue Informationen „gefüttert“ werden. Somit verändert er sich selbst.

Die Sinneswahrnehmung geschieht auch immer nur in Abstimmung mit unserer momentanen Bewusstseinslage, unseren Emotionen, unseren Erinnerungen. Auch allein die Lage unserer Sinnesorgane und unsere Position im Raum in Relation zu dem, was wir gerade wahrnehmen, spricht dafür, dass es nie zwei Mal die gleiche Wahrnehmung geben kann. Und all das sind Faktoren, die eine unendliche Liste an Parameter darstellen - unsere unzählbaren subjektiven Realitäten, die Auswirkung aufeinander haben, auch wenn das für das Auge verborgen bleibt.

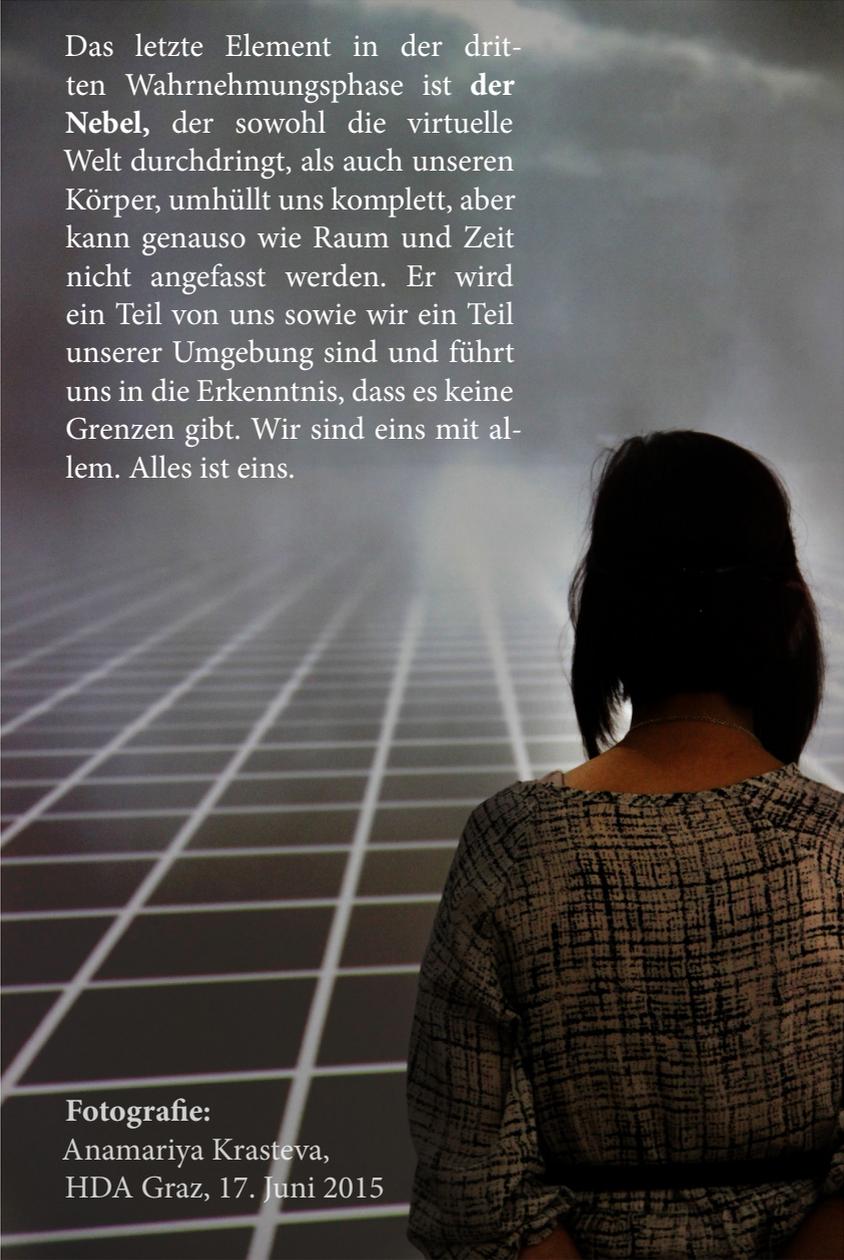
Und somit erweitert sich die Installation zu einer **dritten Ebene – eine Simulation der Veränderung der inneren Welt, unsere Emotionen und Stimmungen**.

Durch verschiedene Farben und Geräuschkulissen werden verschiedene Emotionszustände hervorgerufen. Jeder erlebt sie auf eine eigene Art und Weise und beeinflusst dadurch unbewusst das Erlebnis des anderen.

Das Wahrnehmungsecho: ein Experiment mit Raum und Gefühlen

Auf einer präsprachlichen, intuitiven und unerklärbaren Ebene fühlen wir was der andere fühlt.

Wir sind also eine emotionale Spiegel-Reflexion unserer Umgebung und unsere Umgebung ist eine Reflexion von uns. Und das ist der Effekt, den ich das „Wahrnehmungsecho“ genannt habe und hier dargestellt wurde.

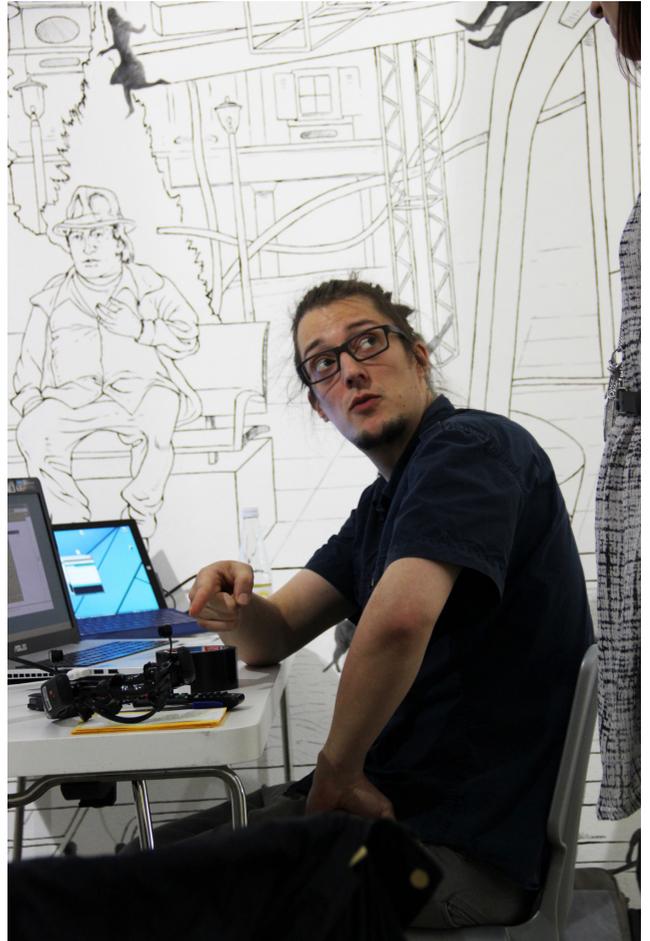


Das letzte Element in der dritten Wahrnehmungsphase ist **der Nebel**, der sowohl die virtuelle Welt durchdringt, als auch unseren Körper, umhüllt uns komplett, aber kann genauso wie Raum und Zeit nicht angefasst werden. Er wird ein Teil von uns sowie wir ein Teil unserer Umgebung sind und führt uns in die Erkenntnis, dass es keine Grenzen gibt. Wir sind eins mit allem. Alles ist eins.

Fotografie:
Anamariya Krasteva,
HDA Graz, 17. Juni 2015



Bild 1-2. Letzte Änderungen im Code werden vom Programmierer Lukas Landsessel kurz vor der Vorführung hinzugefügt.



Das Wahrnehmungsecho: ein Experiment mit Raum und Gefühlen



Bild 3. Kalibrierung
des EEG Geräts

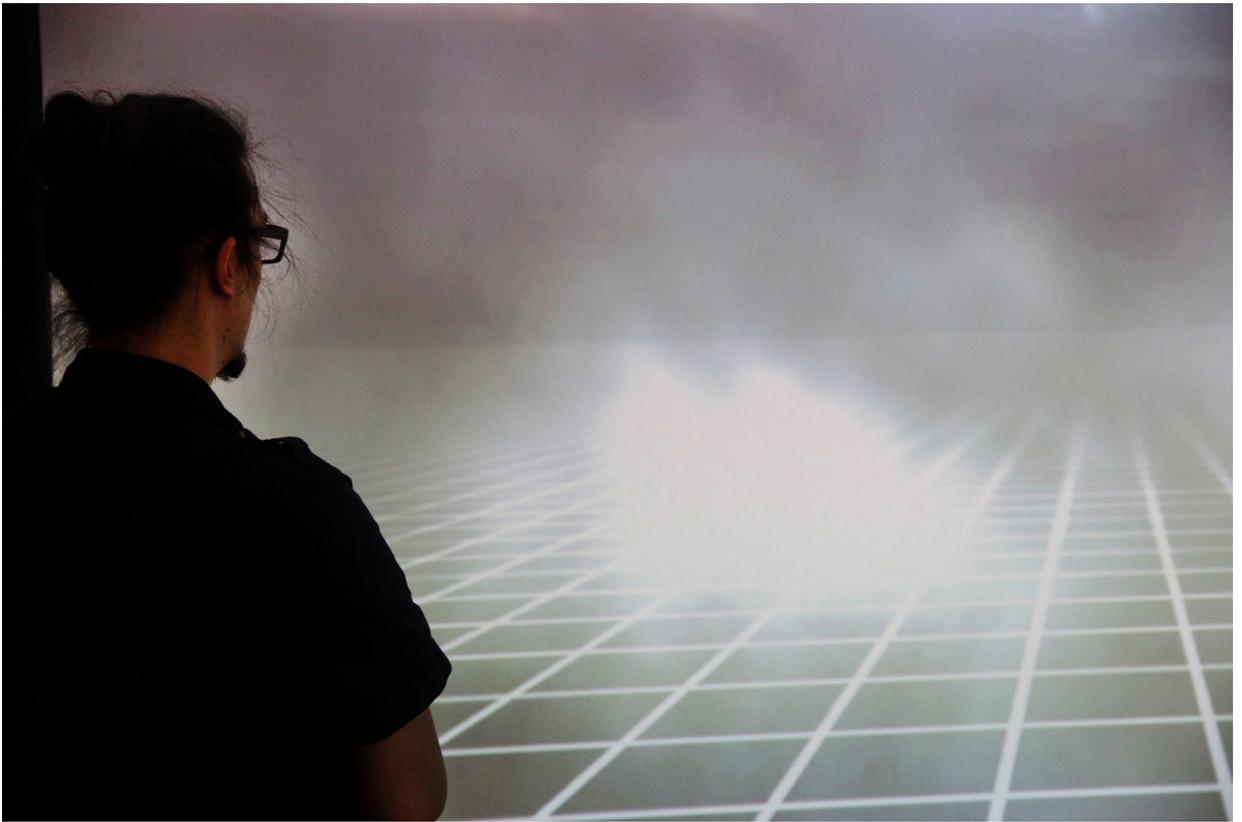


Bild 4. Letzte Ultraschall-Sensoren
Kalibrierung mit Lukas Landsgesell

Das Wahrnehmungsecho: ein Experiment mit Raum und Gefühlen

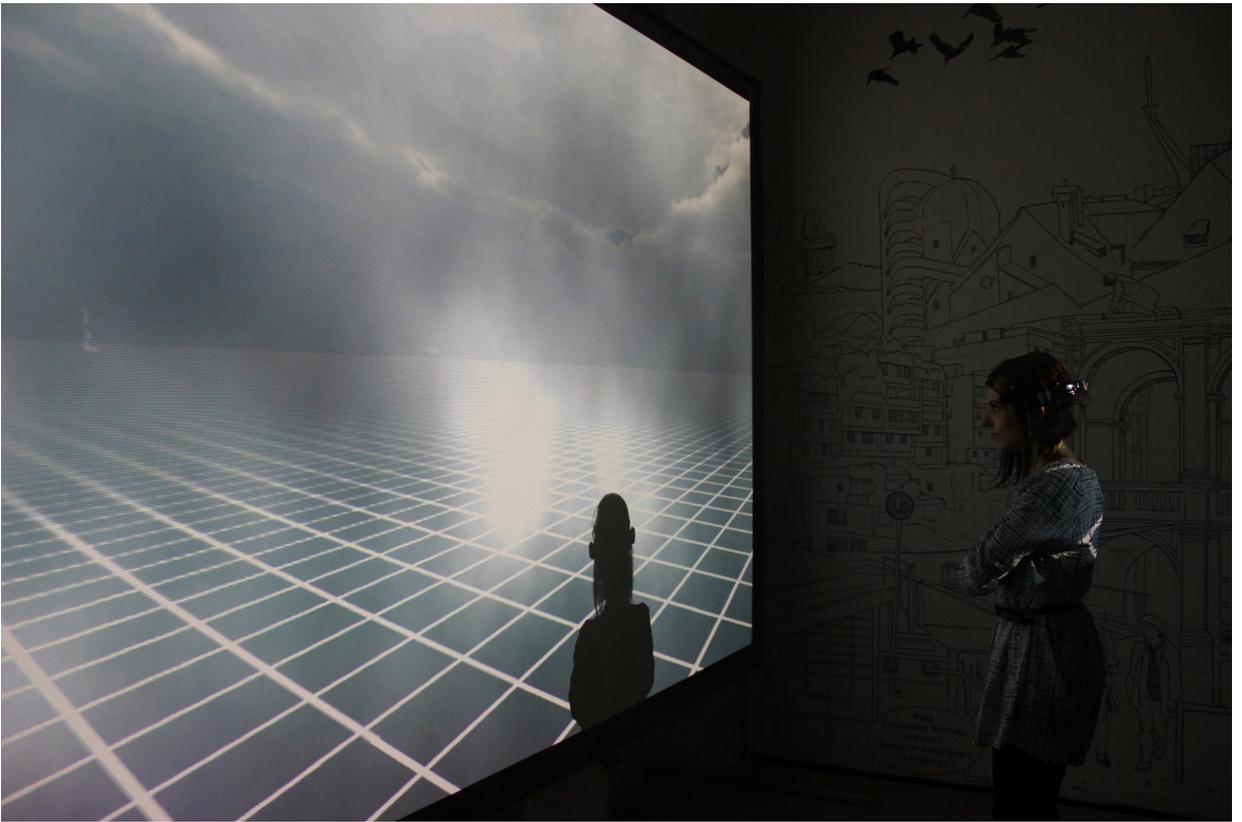


Bild 5. “Generalprobe“ und Testen
der Gesamtfunktionalität



Bild 6-7. Nach der Begrüßungsrede von HDA Geschäftsführer DI Markus Bogensberger wurde die Installation erklärt und eine Danksagung an alle Beteiligten gerichtet.



Das Wahrnehmungsecho: ein Experiment mit Raum und Gefühlen



Bild 8. Zahlreiche interessierte Gäste, Freunde und Kollegen haben die Installation miterlebt



Bild 9. Das immersive Erlebnis wird durch Farben, Klang und Nebel geschaffen. Die Besucher dürfen sich herinnen bewegen und somit die Atmosphärenbilder verändern bzw. in der virtuellen Umgebung navigieren.

Das Wahrnehmungsecho: ein Experiment mit Raum und Gefühlen

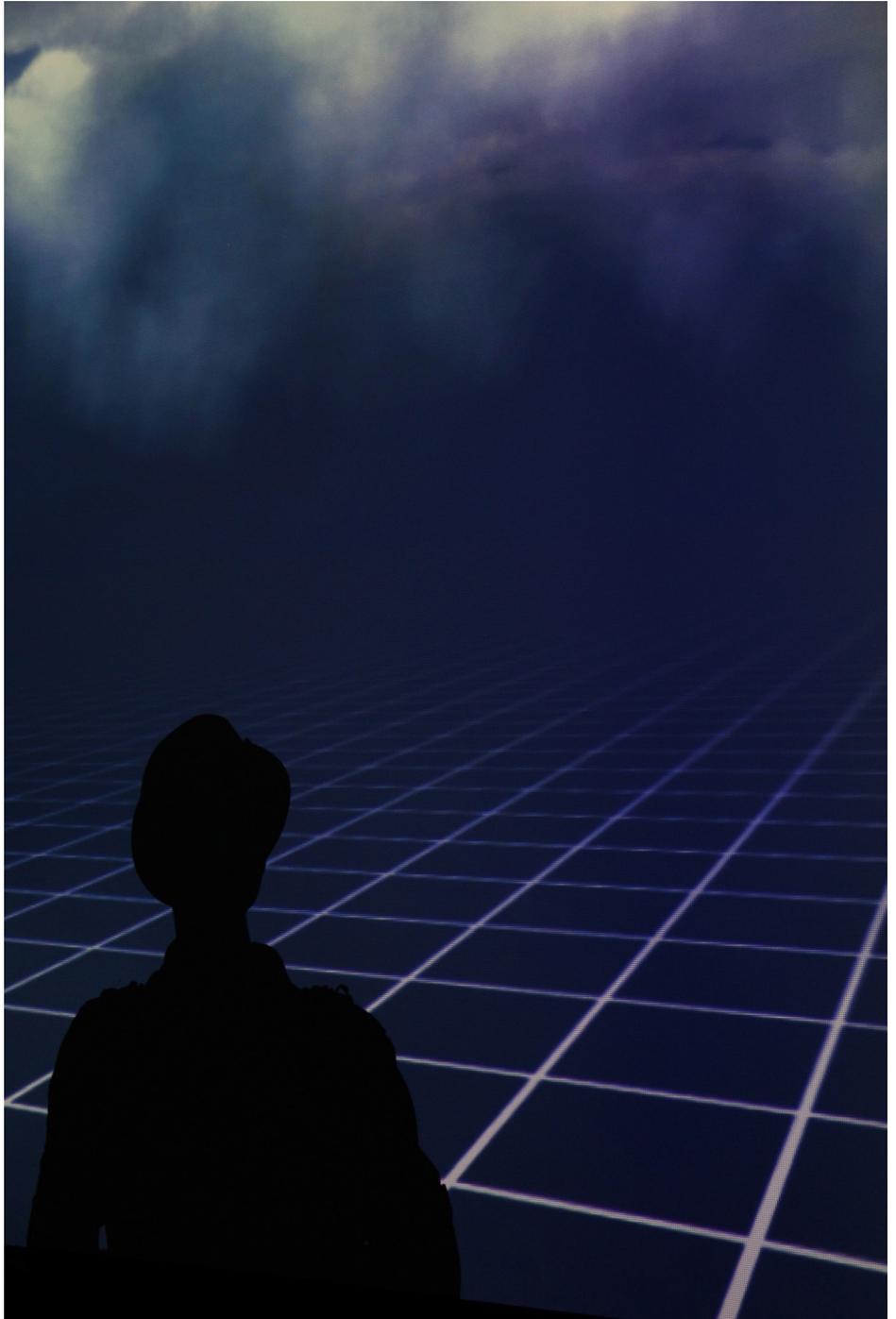


Bild 10. Je näher man sich an der Leinwand befindet, desto intensiver wird das Gefühl des "Eintauchens".



Bild 11. Verschiedene Farben und Geräuschkulissen erschaffen verschiedene Atmosphären und Erlebnisse. Die Bewegung im Raum und die Veränderung der Atmosphären wird einerseits über meine Gehirnströme gesteuert, andererseits über die Bewegungen der Besucher im Raum. Es kann nicht unterschieden werden, wer der Auslöser der Veränderung war, daher befinden wir uns in einer ständigen, sichtbaren Wechselbeziehung von Gedanken und Außenraum.

Das Wahrnehmungsecho: ein Experiment mit Raum und Gefühlen



Bild 12. In gewissen Situationen verliert man sich im Nebel und hat keinen Bezug mehr zu den anwesenden Menschen. Es verbleiben nur das Gefühl des Daseins und die Emotionen, die die Farben und Klänge hervorrufen. In seltenen Fällen sind auch freischwebende Texte im virtuellen Raum zu lesen, die wie ein Echo der Gedanken präsent sind.



Bild 13. Sowie in den früheren Arbeiten und Installationen in Kooperation mit Lukas Landsgesell, hatten hier die Zahlen auch eine symbolische Bedeutung. Sieben verschiedene Atmosphären wurden in dieser virtuellen Repräsentation der Unendlichkeit integriert sowie vier Navigationsmöglichkeiten. Die Zahl sieben sollte dabei das Weltall und das Kosmische im Menschen symbolisieren, während die Zahl vier das Erdige darstellt.

Das Wahrnehmungsecho: ein Experiment mit Raum und Gefühlen



Bild 14. Die Besucher haben schnell festgestellt, dass ihre Bewegungen auf den virtuellen Raum einen Einfluss haben.



Bild 15. Jede Stimmung wurde von jedem Besucher anders erlebt, da unsere Sinneswahrnehmung streng an unsere Erinnerungen und unseren momentanen Emotional- und Bewusstseinszustand geknüpft ist. Daher wurde nicht versucht, bestimmte Gefühle hervorzurufen.

Das Wahrnehmungsecho: ein Experiment mit Raum und Gefühlen



Bild 16. Die Bluetooth-Verbindung zwischen Emotiv EEG Gerät und Computer hat es mir erlaubt, mich durch den Raum zu bewegen und beide Navigationsmöglichkeiten zu kombinieren.



Bild 17. Eine Fragebeantwortung und Diskussion hat sich auf ganz natürliche Weise entwickelt. Einerseits waren die Besucher am technologischen Hintergrund und interessiert, aber vor allem sind Fragen aufgetaucht bezüglich des philosophischen und psychologischen Aufbaus der Installation.

Das Wahrnehmungsecho: ein Experiment mit Raum und Gefühlen



Bild 18. Im Anschluss haben DJs aus dem Künstler-Verein “Screaming Bonsai“ Musik gespielt und uns allen eine Auszeit verschafft, um die Erlebnisse zu verarbeiten und darüber nachzudenken.



WHAT
WHEN
WHERE IS
THE FUTURE



{ BCAD. Das Interview }

Lucio Fontana

»Das Manifest des Movimento Spaziale im Fernsehen«

Wir Vertreter einer raumbezogenen Kunst strahlen zum ersten Mal in der Welt durch das Fernsehen unsere neuen Kunstformen aus, die auf unserer Raumkonzeption und deren doppeltem Aspekt beruhen. Unter Raum verstehen wir einmal jene Räume, die einst als geheimnisvoll galten und jetzt bekannt und erforscht sind und von uns darum wie eine Materie behandelt werden.

Zum zweiten verstehen wir unter Raum die immer noch unbekanntes kosmischen Räume, denen wir als ahnungs- und geheimnisvollen, künstlerischen und seherischen Vorstellungen entsprechenden Gegebenheiten entgegnetreten.

Das Fernsehen ist ein von uns lange erwartetes künstlerisches Mittel, das unsere Konzeption integrieren wird. Wir freuen uns, daß dieses Manifest, das alle Bereiche der Kunst erneuern soll, vom italienischen Fernsehen gesendet wird. Es stimmt, daß die Kunst ewig ist, aber sie war immer an die Materie gebunden. Wir dagegen wollen sie von dieser Fessel befreien, wir wollen, daß sie - selbst bei einer einzigen Minute Sendezeit - im Weltraum tausend Jahre lang dauern soll.

In unserer Kunst vervielfältigen sich die Horizontlinien ins Unendliche, in unendliche Dimensionen. Sie gelten der Bemühung um eine Ästhetik, für die das Bild nicht mehr Bild, die Skulptur nicht mehr Skulptur ist und die geschriebene Seite sich von ihrer typographischen Form löst. Wir Vertreter einer raumbezogenen Kunst fühlen uns als Künstler von heute, denn die Ermengenschaften der Technik stehen nunmehr im Dienst der Kunst, zu der wir uns bekennen.

Mailand, den 17. Mai 1952.

Ambrosini, Burri, Crippa, Deluigi, De Toffoli, Dova, Donati, Fontana, Giancarozzi, Guidi, Joppolo, La Regina, Milena Milani, Morucchio, Peverelli, Tancredi, Vianello.

(Dieses Manifest wurde anlässlich von Lucio Fontanas Fernsehsendung verfasst.)

Quelle: Edith Decker / Peter Weibel, Vom Verschwinden der Ferne, Köln 1990, S. 66.

Wenn wir davon ausgehen, dass unsere Gefühle messbar sind, wie wird sich der Staat verändern? Die Regierung? Justiz? Kriminalität? Wahrheit? Kreativität? Beziehungen? Privat-Sphäre? Innere Ruhe?

Was machen meine Gedanken aus? Wenn sie ein Teil meiner subjektiven Realität sind, sind sie nicht auch Teil meiner Umgebung? Kann man nicht das Glück des anderen fühlen? Gibt es falsch und richtig? Wer und was entscheidet das? Wo liegt die Wahrheit?

////////////////////////////////////

F: Im Jahr 2020 wurde das erste Gedankenlesegerät für kommerzielle Nutzung auf den Markt platziert. Was für einen Einfluss hatte diese Tatsache bei der Arbeit eines Architekten?

A: Es war eine chaotische Zeit für alle. Viele ethische Fragen in Bezug zu Privatsphäre und Identität wurden aufgebracht. Jedoch hat sich die Verwendung der Gehirnströmen schnell im Kreativitätsfluss eingesetzt. Menschen, die früher von sich behauptet haben, sie wären zu wenig talentiert, haben begonnen, sich mit Kunst zu beschäftigen.

F: Wie ist es dazu gekommen?

A: Die Entwicklung von Brain-Computer Aided Architecture (BCAD) hat in Graz, Österreich, 2016 begonnen. Dort wurde zum ersten Mal Architektur-Software in Verbindung mit MEG-BCI gebracht. Es

wurde festgestellt, dass eine Verbindung zwischen räumlicher Umgebung und Bewusstseinszustand existiert. Viele Experimente wurden organisiert, die die Menschen, allein durch simulierte Umgebungen in einen höchst-meditativen Zustand brachten. Erzielt wurde eine absolut harmonische Wirkung der Sinneseindrücke. Eine Wechselbeziehung zwischen räumlichen Elementen und Gefühlen war das gesuchte Ergebnis, um somit eine Datenbank zu kreieren, die es ermöglichte, den emotionalen Zustand des Benutzers in eine räumliche Repräsentation zu übersetzen. In weiterer Folge wurden diese Ergebnisse in einem Algorithmus integriert, der logische städtebauliche Entwicklungen vorschlägt und ihre Auswirkung auf den Menschen überprüft. Das neuronale Feedback und die statistische Auswer-

tung der Daten wurde als Anhaltspunkt für das Programm verwendet und hat eine Weiterentwicklungsrichtung für den Algorithmus gegeben, bis der vorgeschlagene Entwurf allen Benutzern einen meditativen Zustand ermöglichte. Dann wurden die notwendigen Konstruktionen und Materialien berechnet und somit in eine Stadtsimulation der urbanen Gestalt für die nächsten 100 Jahren virtuell aufgebaut, in der ebenso sichtbar war, welche Ressourcen notwendig wären.

F: Wie funktioniert so ein auf einer Magnet-Enzephalografie basiertes Brain-Computer Interface?

A: Das BCAD verwendet sowohl das zuletzt entwickelte MEG-Gerät als auch Nanotechnologien. Um ein Abbild zu erschaffen, welches sowohl in der zeitlichen als auch räumlichen Auflösung des Nervensystems existiert, werden Nanoelektroden im Körper eingesetzt, die Blutzellen ähneln. Sie transportieren die Informationen mit ultraschneller Geschwindigkeit und Genauigkeit zum MEG-Helm am Kopf, und somit entsteht eine absolut akkurate Visualisierung der Gedanken und Vorstellungen.

F: Wie viel kostet so ein Gerät?

A: Nach dem globalen Internet-Shutdown im 2018 wurden alle Daten über Finanzen und Anliegen aus dem Ban-

kensystem gelöscht und das hat den sogenannten Geld-Reboot ausgelöst. Seither wird kein Geld verwendet, sondern ein Austauschsystem welches mit Präsenz-Punkte handelt. Die Menschen sammeln in ihren ID-Armbändern die sogenannten Glückspunkte in der Zeit, wenn der Körper komplett entspannt ist, während des Schlafs oder beim Meditieren. Wenn Leute zusammenarbeiten, werden ihre Punkte summiert und beim Handeln als Austauschware verwendet. Das ist jedoch selten notwendig, da es nach dem Geld-Reboot zu einer technologischen und wissenschaftlichen Weltkooperation kam und alle Ressourcen global verteilt und überwacht werden.

F: Wie schaut der Tagesablauf eines Architekten im Jahr 2034 aus?

A: Seit 2030 wird versucht, einen Ausgleich zwischen Zeit in der Natur und Zeit in MEG zu gewährleisten. Ich verbringe die meiste Zeit mit Wandern in den Bergen oder mit Tieren. Man braucht diese Zeiten der Ruhe, weil die Arbeit im MEG sehr viel Konzentration erfordert. Und die hundert Prozent Gehirnaktivität kann nur erreicht werden, wenn man die restliche Zeit komplett entspannt ist und seine Aufmerksamkeit nur ins Hier-und-Jetzt richtet. Das ist eine der Voraussetzungen für jegliche Jobs im Jahr 2034. Auch ein tiefes

Verständnis für die Programmier-Logik hinter dem BCAD sowie ein starkes Vorstellungsvermögen werden verlangt. Das sind jedoch Sachen, die weltweit in den Schulen unterrichtet werden. In 2040 wird wieder eine Meisterprüfung eingeführt, bei der die Fähigkeiten, die eigenen Gedanken und Aufmerksamkeit zu steuern, geprüft werden.

F: Wie schaut die Architektur im Jahr 2034 aus und was sind die Aussichten für die Zukunft?

A: In den letzten Jahren wurde versucht eine globale Antwort der gesellschaftlichen Fragen der Vergangenheit, mittels Verbindung zwischen Mensch und Maschine, zu finden. Es wurden Simulationen geschaffen, die als Nachhaltigkeitsbeweis dienen sollen. Die bisher gesammelten Ressourcen-Datenbanken werden ab dem Jahr 2050 in Einsatz gebracht und ab diesem Punkt werden die Städte nach den erschaffenen Simulationen und mit Hinblick auf eine „zweihundertjährige Nachhaltigkeit in der Architektur“ von Robotern weitergebaut. In dieser Zeit werden die Algorithmen städtebauliche Lösungen für eine „fünf-hundertjährige Nachhaltigkeit“ entstehen lassen und natürlich von sich selbst lernen und sich an den letzten Stand der Wissenschaft anpassen. Die Bereitschaft der Menschen damit zu arbeiten und die Akzeptanz des eigenen

Zivilisationsgrades ist nach wie vor die Grundlage für Entwicklung und Wachstum. Beim erfolgreichen Einsetzen des zweihundertjährigen Systems könnte in weit entfernter Zukunft auch die Besiedelung anderer Planeten ermöglicht werden. Ein weiteres Szenario wäre das Erlangen eines höheren Bewusstseinsgrades und der wissenschaftliche Beweis, dass das Universum, wie wir es kennen, tatsächlich selbst nur eine Gedanken-simulation ist. In diesem Fall ist selbstverständlich ein Multidimensionalitätsfaktor im Algorithmus einzuberechnen, welcher dann die Bewusstseinsauswanderung überwacht.



INTERNATIONAL WORKING

100

the medium, or process, of our time—electric technology—is reshaping and restructuring patterns of social interdependence and every aspect of our personal life. It is forcing us to reconsider and reevaluate practically every thought, every action, and every institution formerly taken for granted.

Everything is changing—you, your family, your neighborhood, your education, your job, your government, your relation to "the others."

And they're changing dramatically.
Marshall McLuhan

thank you]:
for voting

```
set(202, 200, 373, 255);  
set(168, 0, 255);  
set(239, 104, 241, 280, 120, 280);  
set(155, 255, 255);  
set(1);  
var answer = floor(random(1, 16));  
if (answer > 0) {  
  text("MAKE", 183, 200);  
  text("WORLD", 176, 229);  
  text("BEAUTIFUL", 167, 256);  
}
```


Glossar

Neuronale Plastizität

Unter neuronaler Plastizität versteht man die Eigenschaft von Synapsen, Nervenzellen oder auch ganzen Hirnarealen, sich in Abhängigkeit von der Verwendung in ihren Eigenschaften zu verändern (anzupassen).*

Mit Hilfe der Methoden der Gehirnforschung konnten Wissenschaftler in den letzten Jahren zweifelsfrei nachweisen, dass die Strukturen unseres Gehirns keinesfalls starr und unveränderlich sind, sondern im Gegenteil höchst formbar und anpassungsfähig, auch bei erwachsenen Menschen. Doch welche Vorgänge dieser Plastizität zu Grunde liegen und wie genau sich das menschliche Denkorgan auf Grund von Erfahrungen im Laufe der Zeit verändert, verstehen sie noch nicht. Um hier Fortschritte zu erzielen, gilt es, die bisherigen Methoden weiterzuentwickeln.

[...]

Die Formbarkeit unseres Gehirns zu erforschen ist für sich allein höchst faszinierend. Darüber hinaus dürften sich daraus auch eine Reihe praktischer Anwendungen ergeben, etwa auf dem Gebiet des Lehrens und Lernens. Noch wichtiger erscheint der mögliche medizinische Nutzen: Neue Medikamente und Behandlungsansätze könnten die Anpassungsfähigkeit des Gehirns verbessern und so verloren gegangene Hirnfunktionen wiederherstellen.

Sind einmal die genetischen Grundlagen der neuronalen Plastizität bekannt, können Ärzte maßgeschneiderte, an das individuelle Erbgut eines Menschen angepasste Behandlungen entwickeln. Ein besseres Verständnis der elektrischen Rhythmen im Gehirn dürfte es erlauben, mit Hilfe elektrischer und magnetischer Stimulationen die Aktivitätsmuster in verschiedenen Hirnregionen gezielt zu manipulieren. Dies würde beispielsweise die Lernfähigkeit erhöhen, aber auch Hirnschäden besser heilen lassen. **

Quellen:

* http://de.wikipedia.org/wiki/Neuronale_Plastizit%C3%A4t
(zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

** https://www.mpg.de/100045/HM09_NeuronalePlastizitaet.pdf
(zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

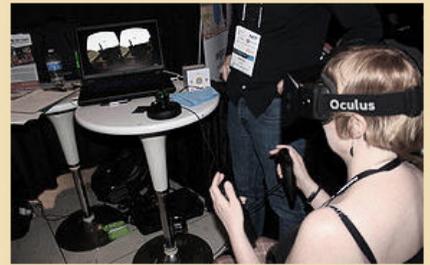
Moments from the 2013 NeuroGaming Conference and Expo



Over 300 attendees



Emotional gaming at it's best



Oculus + Razor Hydra at the expo



Brain controlled MINDO game



Intel, Neurosky, Disney on sensors



The neurogaming convergence



Haptics for ears, hands, body



The neurogaming present in here



Neurodisco playing at the expo

Screenshot Neurogaming Conference 2013

Quelle: <http://www.neurogamingconf.com/#!2013/c13yx>
(zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

Neuro-Gaming

Seit 2013 findet in San Francisco eine jährliche Neuro-Gaming Messe und Konferenz statt. Zack Lynch, der Begründer von Neurotech-Industry Organization und Organisator der Konferenz, beschreibt Neuro-Gaming als ein höchst immersives Ereignis. Alle Sinne des Spielers werden miteinbezogen, als Input und Output werden mit der Software die neuesten Technologien verwendet. Das Input wird geschaffen durch Neurosignale, Bewegung- und Gestikerkennung, Eye-Tracking, Gesichtserkennung. Das Output bzw. Feedback erstreckt sich außerhalb des Audio- und Videoerlebnisses und reicht bis zu haptischen Ereignissen für den Benutzer.*

Quelle:

*Nach Zack Lynch, Neuro-Gaming
Conference and Expo, 2014
<http://www.neurogamingconf.com/>
(zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)



Fallschirmspringer der US-Navy üben mit Head-Mounted Displays virtuell das Fallschirmspringen

Quelle:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:VR-Helm.jpg>
(zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

Astronauten der europäischen Raumfahrtbehörde ESA nutzen Augmented Reality bei medizinischen Notfällen. Ohne Kontakt zur Erde, ohne die Hilfsmittel, die in OP-Sälen auf der Erde in Griffweite sind, sollen sie Untersuchungen und Operationen durchführen. Dabei hilft ein Datenhelm, der Anwendungen für erweiterte Realität (Augmented Reality, AR) bietet und dem Skalpell den Weg weist.

Quelle:
http://business.chip.de/news/Augmented-Reality-Datenhelm-hilft-bei-OPs_54749079.html
(zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)



Head-Mounted Display

Ein Head-Mounted Display (wörtlich „am Kopf befestigte Anzeige“), kurz HMD, ist ein auf dem Kopf getragenes visuelles Ausgabegerät. Es präsentiert Bilder entweder auf einem augennahen Bildschirm oder projiziert sie direkt auf die Netzhaut (siehe virtuelle Netzhautanzeige). Je nach Ausgestaltung nennt man das HMD auch Videobrille, Helmdisplay oder VR-Helm.



Quelle:
http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Head-Mounted_Display&redirect=no
(zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

Microsoft HoloLens implementiert Hologramme in Kommunikation, Design, Lernen, Spielen uvm.



Quelle: <http://www.microsoft.com/microsoft-holens/en-us> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)





Farben-Synästhesie
bei Buchstaben und Ziffern

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Syn%C3%A4sthesie> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Synästhesie

Die Synästhesie bezeichnet hauptsächlich die Kopplung zweier oder mehrerer physisch getrennter Bereiche der Wahrnehmung, etwa Farbe und Temperatur (beispielsweise die Verbindung „warmes Grün“), im engeren Sinne die Wahrnehmung von Sinnesreizen durch Miterregung der Verarbeitungszentren im Gehirn eines Sinnesorgans, wenn ein anderes gereizt wird. Menschen, die Wahrnehmungen derart verknüpft erfahren, werden als Synästhetiker bezeichnet. Synästhesien können auch krankheitsbedingt (zum Beispiel nach einer Erblindung) oder drogeninduziert (beispielsweise durch Halluzinogene) auftreten, sind für sich alleine aber kein Symptom einer Störung.

Synästhesie tritt familiär gehäuft auf. In einer Studie gaben 43 % der befragten Synästhetiker an, dass mindestens ein weiterer Synästhetiker unter den Verwandten ersten Grades sei.

In der Rhetorik steht der Begriff für das Vermischen von Sinnesebenen.

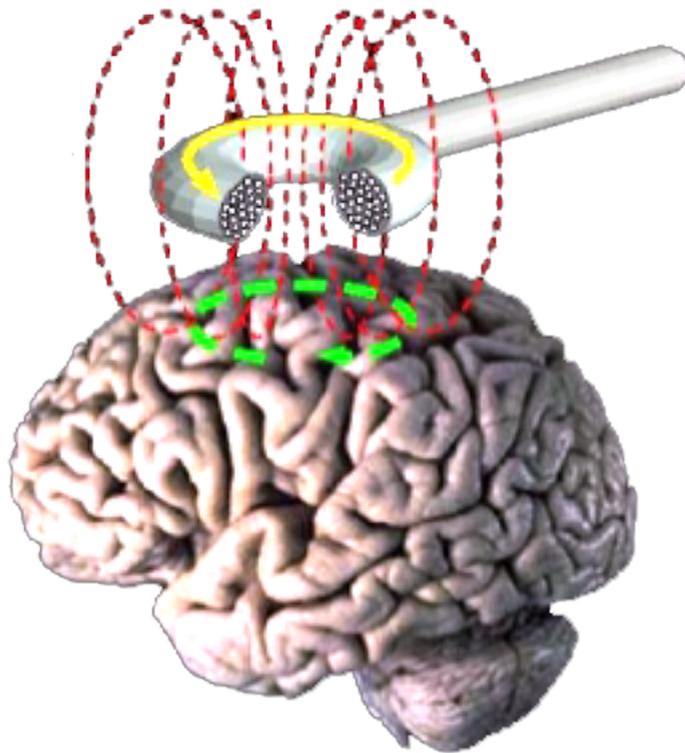
Betrachtet man die Synästhesie im Kontext der abendländischen Geschichte menschlicher Wahrnehmungstheorien, dann wird deutlich, dass die Sinnesbereiche erst durch die Trennung von leiblichem Empfinden und geistigem Erkennen voneinander geschieden wurden. In den antiken Wahrnehmungstheorien wurde die Beziehung der Sinne untereinander noch symbiotisch gedacht und auch im frühen Christentum finden sich zahlreiche synästhetische Beschreibungen, mit denen vor allem die Wahrnehmung Gottes gepriesen wird.

Quelle:
<http://de.wikipedia.org/wiki/Syn%C3%A4sthesie>
(zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Methoden der Gehirnforschung

Mit neurowissenschaftlichen Methoden ist es möglich, die Funktionsweise des Gehirns aufzudecken und diese auch zu beobachtbarem Verhalten in Bezug zu setzen. Durch die Erfassung sogenannter zentral-nervöser Indikatoren lassen sich Aufschlüsse über die zeitliche Abfolge verschiedener Prozesse, wie z. B. Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis oder Emotion sowie der daran beteiligten Gehirnstrukturen gewinnen. Neurowissenschaftliche Methoden erlauben neben der Untersuchung der „normalen“ Funktionsweise auch die Untersuchung von veränderter Funktion oder Struktur des Gehirns bei pathologischen Prozessen und Interventionen bzw. Trainings.

Quelle:
<https://gehirnundverhalten.uni-graz.at/de/forschung/neurowissenschaftliche-methoden/> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

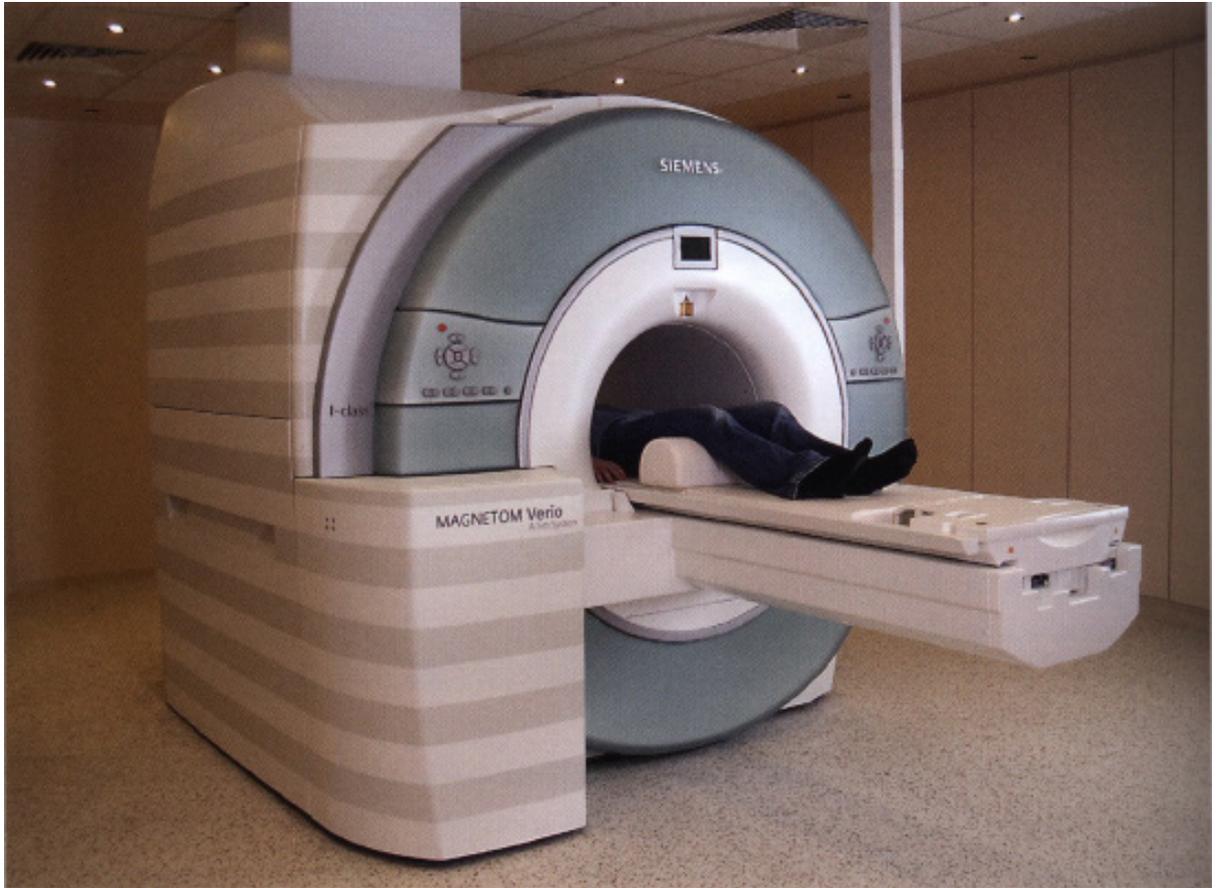


Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Transkranielle_Magnetstimulation
(zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

Transkranielle Magnetstimulation

Bei der Transkraniellen Magnetstimulation (TMS) werden starke pulsierende Magnetfelder über eine geeignet platzierte Magnetspule durch den Schädel hindurch (»transkraniell«) auf Regionen des Gehirns gerichtet. Sie beeinflussen kurzzeitig die neuronale Verarbeitung, weil nach dem elektromagnetischen Prinzip ein Stromfluss in der Zielregion induziert wird. Als Auswirkungen können sensorische oder motorische Ereignisse auftreten (etwa Lichtblitze oder muskuläres Zucken). Neben der Grundlagenforschung (Stimulierung beziehungsweise Störung einzelner Hirnfunktionen und kognitiver Prozesse) gibt es für die TMS auch Verwendungsansätze in der psychiatrischen Therapie (Depression, Schizophrenie).

Quelle:
<http://www.forschung-frankfurt.uni-frankfurt.de/36050428/78-ausgewaehltemethoden.pdf>? (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)



Quelle:
Manuela Macedonia u. Stefanie Höhl,
"Gehirn für Einsteiger", S. 68

Funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT)

Die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT) liefert Informationen zur Funktion des Gehirns mit einer sehr guten räumlichen Auflösung und den Probanden bzw. Patienten werden keine radioaktiven Kontrastmittel injiziert. Der BOLD-Effekt ist jedoch etwas träge: Er tritt zwischen 8 und 10 Sekunden nach einem Ereignis ein, sodass man mittels fMRT sehr schnelle geistige Prozesse, die in Bruchteilen von Sekunden geschehen, nicht erfassen kann.

Quelle:
Manuela Macedonia u. Stefanie Höhl,
"Gehirn für Einsteiger", S. 71-72

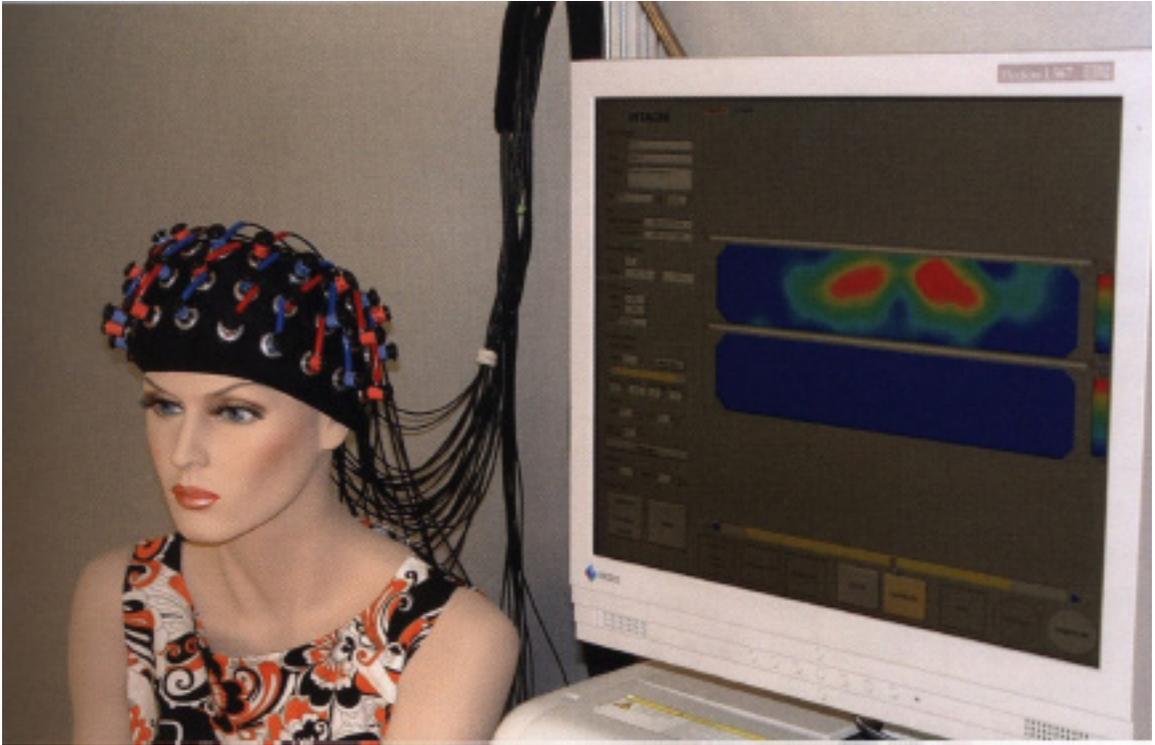
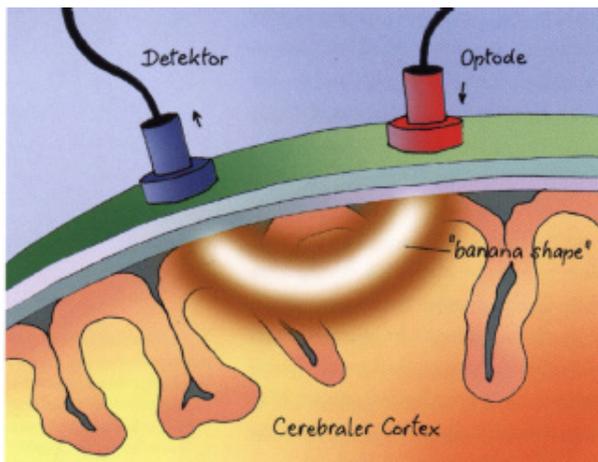


Bild Oben: NIRS Gerät

Bild Links: Funktionsweise



Quelle: Manuela Macedonia u. Stefanie Höhl, "Gehirn für Einsteiger", S. 71-72

Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)

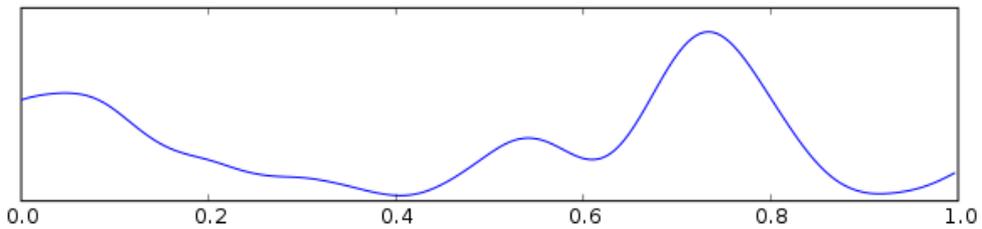
Die Nahinfrarotspektroskopie, NIR-Spektroskopie oder NIRS abgekürzt, ist eine weitere nicht-invasive Methode der Neurowissenschaften. Genauso wie das EEG Verfahren, kann NIRS für Brain-Computer Interfaces eingesetzt werden.

Dieses Verfahren hat jedoch den Vorteil, dass Bewegungen oder Umgebungsablenkungen nicht so leicht zu unerwünschten Artefakten führen.

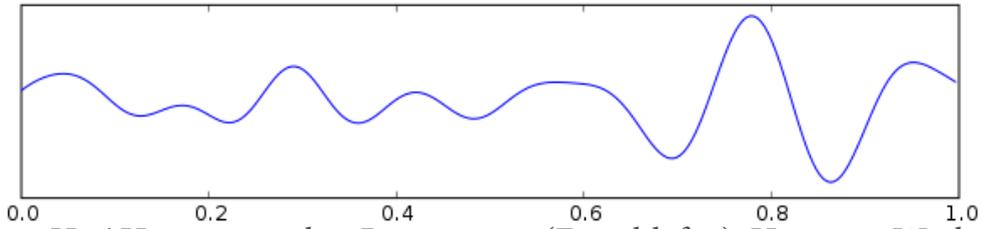
Seit 30 Jahren wird die Nahinfrarotspektroskopie in der Medizin und den Neurowissenschaften als bildgebendes Verfahren zur Messung der Aktivität des Gehirns oder zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes, Blutvolumens und Blutflusses von verschiedenen Geweben wie z. B. Gehirn, Muskeln oder Brust angewandt. Bei Messungen der Hirnaktivität werden dynamische Änderungen des Sauerstoffgehaltes des Blutes durch die Schädeldecke hindurch gemessen.

Die Technologie ist jedoch noch nicht für kommerzielle Nutzung verfügbar.

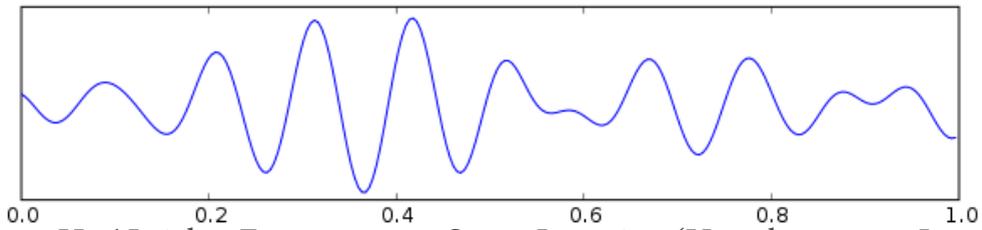
Quelle:
<http://de.wikipedia.org/wiki/Nahinfrarotspektroskopie> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)



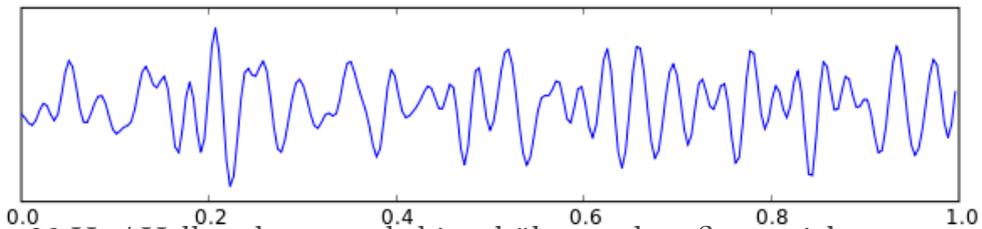
Delta / 0,5 - 4 Hz / Tiefschlaf, Trance



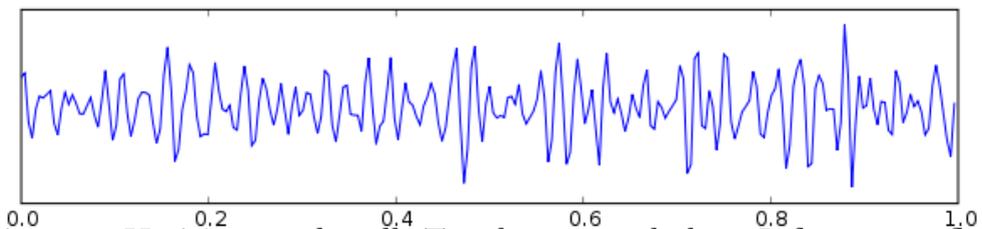
Theta / 4 - 8 Hz / Hypnagogisches Bewusstsein (Einschlafen), Hypnose, Wachträumen, Tiefe Entspannung, Meditation, Hypnose, Wachträumen / Evtl. erhöhte Erinnerungs- und Lernfähigkeit, Konzentration, Kreativität



Alpha / 8-13 Hz / Leichte Entspannung, Super Learning (Unterbewusstes Lernen), nach innen gerichtete Aufmerksamkeit, geschlossene Augen / Evtl. Erhöhte Erinnerungs- und Lernfähigkeit



Beta / 13 - 38 Hz / Hellwach, normale bis erhöhte nach außen gerichtete Aufmerksamkeit und Konzentration bis Hektik / Gute Aufnahmefähigkeit, gute Intelligenzleistung bis sprunghafte Gedankenführung



Gamma / 38 - 70 Hz / Anspruchsvolle Tätigkeiten mit hohem Informationsfluss / Transformation oder neuronale Reorganisation kann geschehen

Elektroenzephalografie (EEG)

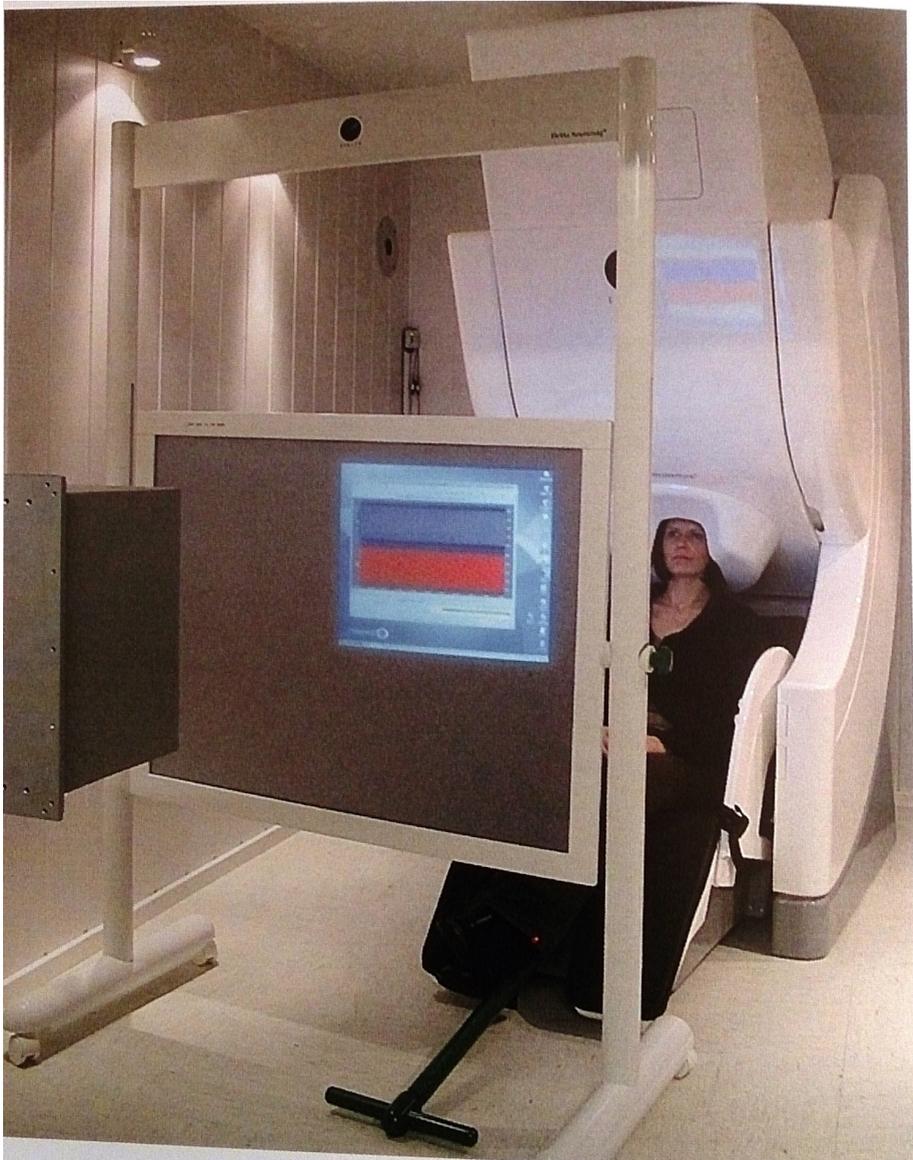
Die Elektroenzephalografie (EEG, von griechisch encephalon Gehirn, gráphein schreiben) ist eine Methode der medizinischen Diagnostik und der neurologischen Forschung zur Messung der summierten elektrischen Aktivität des Gehirns durch Aufzeichnung der Spannungsschwankungen an der Kopfoberfläche. Das Elektroenzephalogramm (ebenfalls EEG abgekürzt) ist die grafische Darstellung dieser Schwankungen. Das EEG ist neben der Elektroneurografie (ENG) und der Elektromyografie (EMG) eine standardmäßige Untersuchungsmethode in der Neurologie.

EEG wird am häufigsten benutzt, um Epilepsie zu diagnostizieren, die sichtbare Anomalien im EEG verursacht. Es wird auch verwendet, um Schlafstörungen, Koma, Enzephalopathien und Hirntod zu diagnostizieren. EEG war früher die Methode, die in erster Linie bei der Diagnose von Tumoren, Schlaganfall und andere Hirnerkrankungen verwendet wurde, aber dieser Einsatz hat sich mit dem Aufkommen des hochauflösenden anatomischen bildgebenden Verfahren wie MRT und CT verringert.

Gehirnwellen lassen sich nicht nur messen, sondern auch beeinflussen: Das kann durch einen visuellen oder akustischen Reiz geschehen, durch Neurofeedback oder durch direkte Manipulation der Gehirnwellen mittels elektrischer Wechselfelder.

Tabelle Links. Je nach Frequenz und Amplitude der Gehirnwellen unterscheidet man Alpha-, Beta-, Gamma-, Theta- und Deltawellen.

Quelle:
<http://de.wikipedia.org/wiki/Elektroenzephalografie>
<http://en.wikipedia.org/wiki/Electroencephalography>
(zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)



Quelle:
Manuela Macedonia u. Stefanie
Höhl, "Gehirn für Einsteiger", S.
70-71

[http://en.wikipedia.org/wiki/
Magnetoencephalography](http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetoencephalography) (zuletzt
aufgerufen am 29.06.2015)

Da die vom Gehirn emittierten magnetischen Signale sehr gering sind (in der Größenordnung von wenigen Femtoteslas), ist eine Abschirmung gegen externe magnetische Signale einschließlich des magnetischen Feldes der Erde, notwendig. Geeignete magnetische Abschirmung kann durch speziell konstruierte Räume aus Aluminium und Mu-metall hergestellt werden, um Hochfrequenz- bzw. Niederfrequenz-Rauschen zu verringern.

Magnetenzephalografie (MEG)

Die Arbeit von Millionen von Neuronen, die gleichzeitig feuern, wenn sie eine Aufgabe verrichten, erzeugt auch schwache magnetische Felder an der Oberfläche des Gehirns. Sie haben eine sehr geringe Flussdichte, ca. ein Hundertmillionstel der magnetischen Flussdichte des Erdmagnetfeldes (1 Femto-Tesla). Dennoch ist es möglich, diese magnetische Aktivität mit Detektoren, sogenannten SQUIDs, einzufangen, die im Magnetenzephalografen eingebaut sind. SQUIDs ermöglichen eine exakte Ortung der neuronalen Aktivität sowie eine sehr hohe zeitliche Präzision. In anderen Worten: Man weiß exakt wann und wo ein Phänomen des Geistes stattfindet.

MEG-Geräte kombinieren MEG- mit EEG-Ableitung. Das EEG misst die Aktivität der Neuronen an der Oberfläche der Gehirnwindungen (Gyri), während das MEG die Aktivität der Neuronen in den Furchen (Sulci) aufzeichnet. Mit einer Kombination beider Verfahren sind die Erfassung der zeitlichen Komponente durch EEG sowie die Lokalisierung durch MEG möglich.

Ein beeindruckendes Beispiel für die Anwendung der Magnetenzephalografie in der Kognitionsforschung lieferten J. Hauelsen und Th. Knösche mit einem Experiment, bei dem sie sowohl Pianisten als auch Menschen, die kein Instrument spielten, Klaviermusik hören ließen. Allein durch das Hören der Musik wurden bei den Pianisten die motorischen Areale so aktiviert, als hätten sie die Musik selbst gespielt. Sogar Aktivitäten an präzisen Stellen des motorischen Streifens, welche die Bewegung des Daumens oder des kleinen Fingers steuern, konnten geortet werden, und dies abhängig von der Note, die die Pianisten gerade hörten! Ein solches Experiment ist nur mit Magnetenzephalografie möglich, denn die Wahrnehmung der Noten liegt im Millisekundenbereich und die Ortung der Aktivität sowie im Fall der motorischen Areale einzelner Finger im Millimeterbereich.

A PROTOTYPE FOR 2025

A TABLE FOR LIVING

The dining table has always been the heart of the kitchen, a place for preparing food, and eating it.

But as the world changes, so will our needs. That means that the table of the future will be designed to do so much more: it's our preparation surface, hob, dining table, work bench and children's play area.

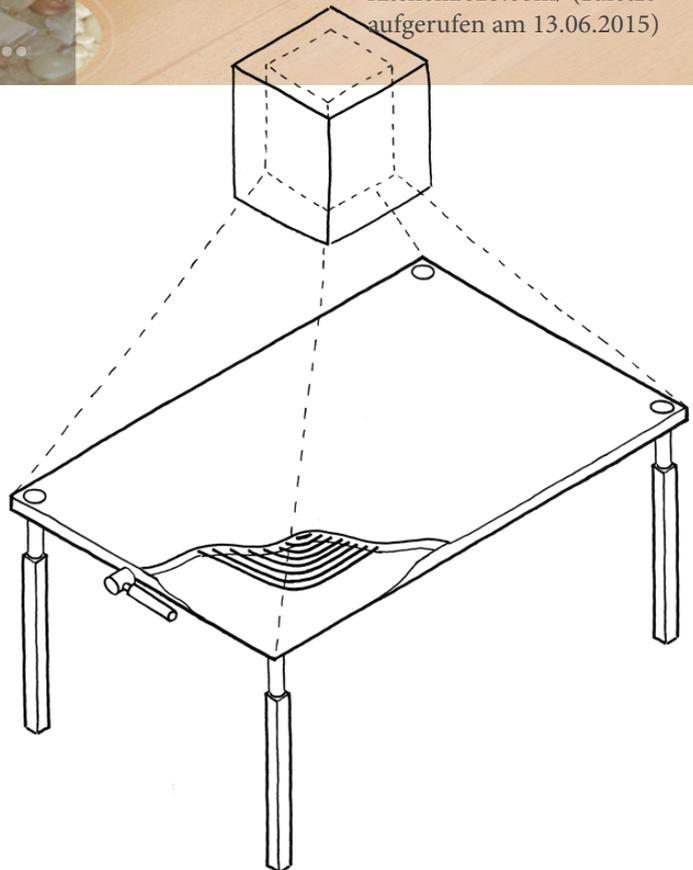
Technology will play its part too, helping to make us more confident cooks, while letting less food go to waste.

Let's explore how we'll be preparing and cooking food in ten years...



Quelle: <http://www.concept-kitchen2025.com/> (zuletzt aufgerufen am 13.06.2015)

Der IKEA Tisch der Zukunft. Eine Kamera nimmt auf, was auf dem Tisch passiert und relevante Informationen werden projiziert. Rezeptvorschläge, Vorbereitungsanweisungen, sogar Spielmöglichkeiten sind im intelligenten Möbelstück integriert.



Internet der Dinge

Der Begriff Internet der Dinge (englisch Internet of Things, Kurzform: IoT) beschreibt, dass der (Personal) Computer zunehmend als Gerät verschwindet und durch „intelligente Gegenstände“ ersetzt wird. Statt – wie derzeit – selbst Gegenstand der menschlichen Aufmerksamkeit zu sein, soll das „Internet der Dinge“ den Menschen bei seinen Tätigkeiten unmerklich unterstützen. Die immer kleineren eingebetteten Computer sollen Menschen unterstützen, ohne abzulenken oder überhaupt aufzufallen. So werden z. B. miniaturisierte Computer, sogenannte Wearables, mit unterschiedlichen Sensoren direkt in Kleidungsstücke eingearbeitet.

In seinem Aufsatz von 1991 *The Computer for the 21st Century* sprach Mark Weiser zum ersten Mal von dieser Vision.

Das Internet der Dinge bezeichnet die Verknüpfung eindeutig identifizierbarer physischer Objekte (things) mit einer virtuellen Repräsentation in einer internetähnlichen Struktur. Es besteht nicht mehr nur aus menschlichen Teilnehmern, sondern auch aus Dingen. Der Begriff geht zurück auf Kevin Ashton, der erstmals 1999 „Internet of Things“ verwendet hat. Bekannt wurde das Internet der Dinge durch die Aktivitäten der Auto-ID Labs.

Quelle:
http://de.wikipedia.org/wiki/Internet_der_Dinge (zuletzt aufgerufen am
03.08.2015)

Technologische Singularität

Unter technologischer Singularität werden verschiedene Theorien in der Zukunftsforschung zusammengefasst. Überwiegend wird darunter der Zeitpunkt verstanden, ab dem sich Maschinen mittels künstlicher Intelligenz (KI) selbst verbessern können. Das würde den technischen Fortschritt so beschleunigen, dass die Zukunft der Menschheit hinter diesem Ereignis nicht mehr vorhersehbar ist.

Neben künstlicher Intelligenz und Nanotechnologie wurden auch andere Technologien mit der Singularität in Zusammenhang gebracht: Direkte Gehirn-Computer-Schnittstellen, die zu dem Bereich Augmented Intelligence gezählt werden, könnten zu verbessertem Gedächtnis, umfangreichem Wissen oder größerer Rechenkapazität unseres Gehirns führen. Auch Sprach- und Handschrifterkennung, leistungssteigernde Medikamente und gentechnische Methoden fallen in diesen Bereich.

Quelle:
http://de.wikipedia.org/wiki/Technologische_Singularit%C3%A4t (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

Brain-Computer-Interface (BCI)

Ein Brain-Computer-Interface (BCI), auch Brain-Machine-Interface (BMI), deutsch Gehirn-Computer-Schnittstelle (manchmal auch Hirn-Maschine-Schnittstelle, Rechner-Hirn-Schnittstelle), ist eine spezielle Mensch-Maschine-Schnittstelle, die ohne Aktivierung des peripheren Nervensystems, wie z. B. die Nutzung der Extremitäten, eine Verbindung zwischen dem Gehirn und einem Computer ermöglicht. Dazu wird entweder die elektrische Aktivität aufgezeichnet (nichtinvasiv meistens mittels EEG oder invasiv mittels implantierter Elektroden) oder die hämodynamische Aktivität des Gehirns gemessen (mittels fMRI oder NIRS) und mit Hilfe von Rechnern analysiert (Mustererkennung) und in Steuersignale umgewandelt. Das BCI stellt eine Anwendung der Neurotechnik dar.

Quelle:
<http://de.wikipedia.org/wiki/Brain-Computer-Interface> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

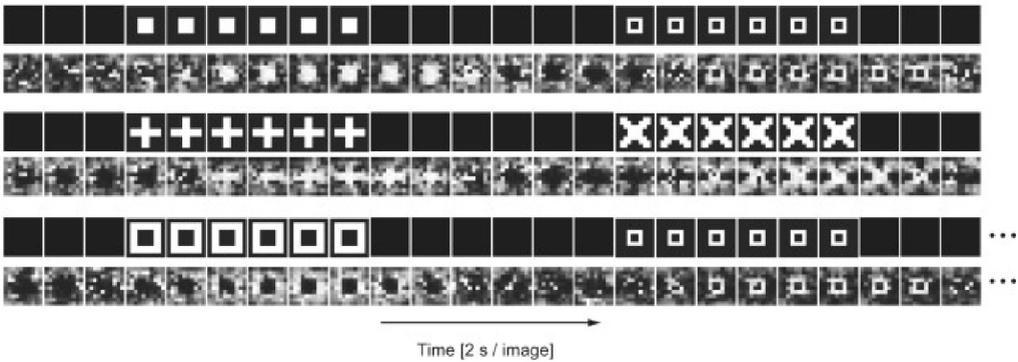
BCI können verschiedene Einsatzbereiche finden:

- Schreibanwendungen
 - Neuroprothese
 - Haushaltsroboter
 - Rollstuhl
 - Telepräsenz-Roboter
 - Internet Browser
 - Computer Games
 - Kreative Anwendungen
- uvm.

NEURON

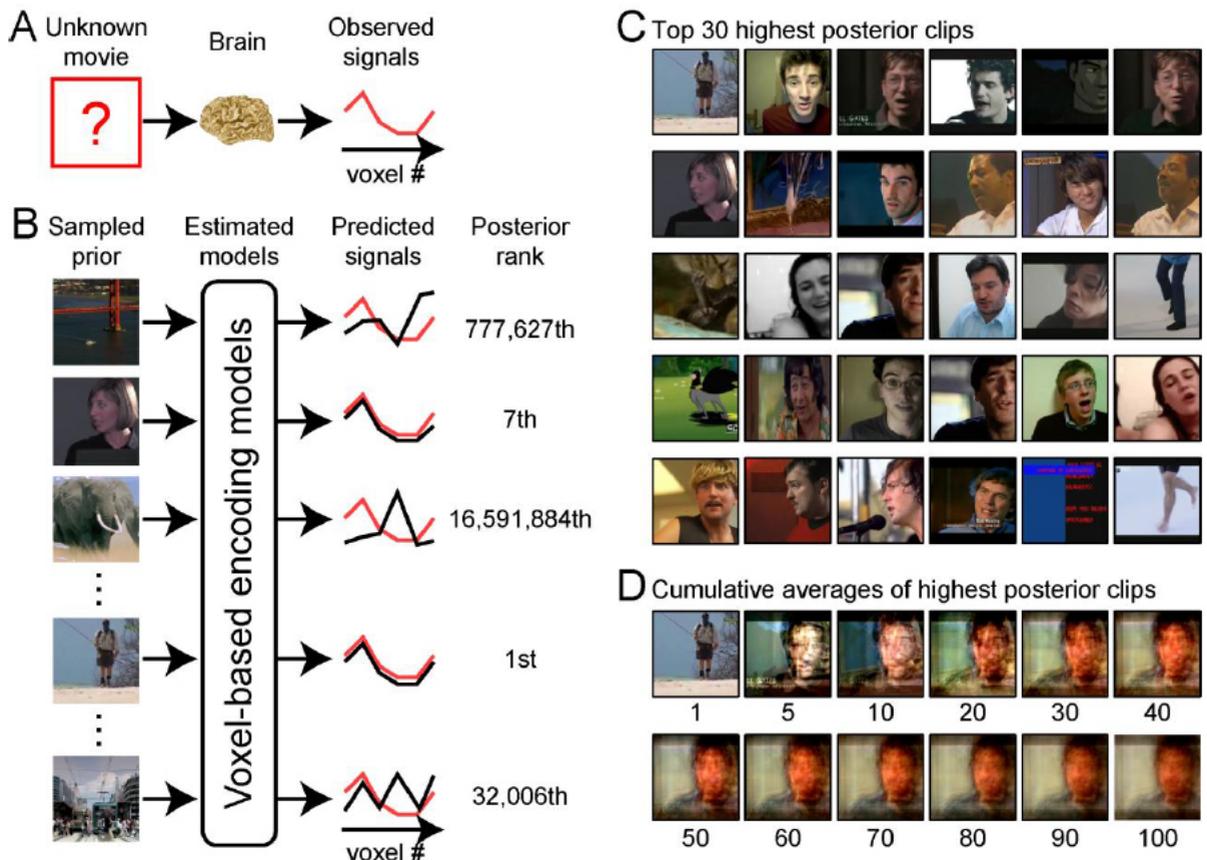


Quelle: Miyawaki et al, 2008
Visual Image Reconstruction from
Human Brain Activity using a Com-
bination of Multiscale Local Image
Decoders

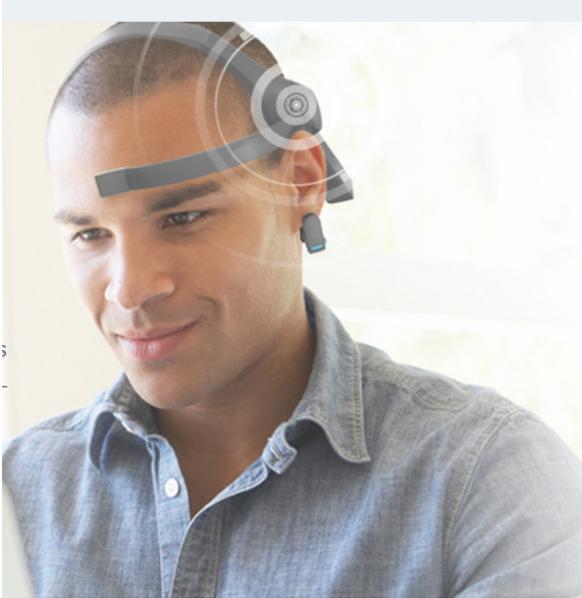


Rekonstruktion visueller Stimuli

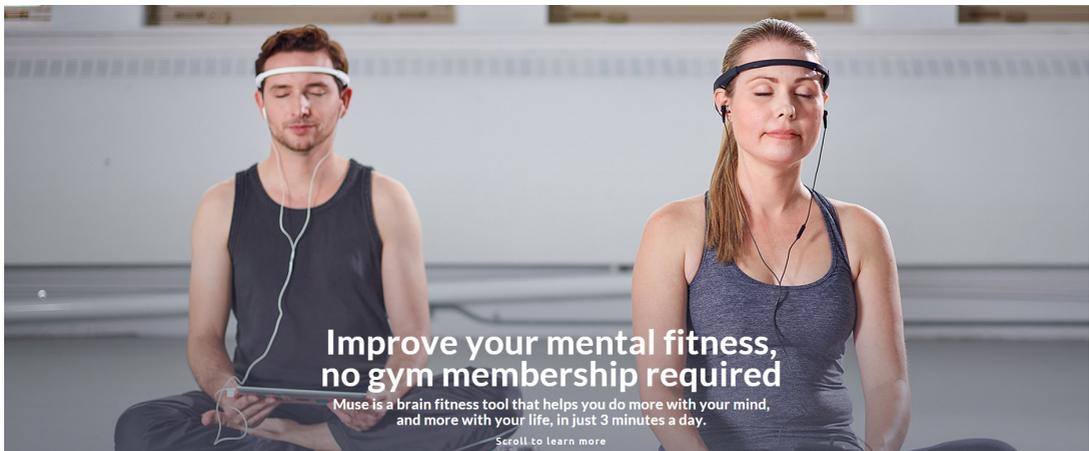
Verschiedene fMRT Studien haben gezeigt dass es möglich ist Bilder aus dem visuellen Cortex zu ermitteln. Dabei werden sie entweder mit bereits gesehenen Videos verglichen oder wie in den Abbildungen links, nach der unterschiedlichen Reaktion bei den schwarzen und weißen Voxels geprüft.



Quelle:
 Nishimoto et al 2011
<http://gallantlab.org/publications/nishimoto-et-al-2011.html>
 (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)



NeuroSky EEG
Quelle:
<http://store.neurosky.com/>
(zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)



MUSE
Quelle:
<http://www.choosemuse.com/>
(zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

BCI für kommerzielle Nutzung

Das Unternehmen Emotiv verkauft seit Dezember 2009 den EEG Videospiel-Controller EPOC. Auch EPOC+ und Emotiv Insight sind bereits auf dem Markt.

Emotiv EPOC ist eine hochauflösende Mehrkanal-, Wireless- Neuroheadset. Der EPOC verwendet einen Satz von 14 Sensoren sowie 2 Referenzen, um elektrische Hirnsignale, Gedanken, Gefühle und Ausdrücke des Benutzers in Echtzeit zu erkennen. Der EPOC verbindet sich drahtlos mit PCs mit Windows oder MAC OS X. Das EPOC Headset könnte man ab \$499 online erwerben.

Eine einfachere Variante, die nur an einer Stelle Gehirnsignale misst, wird von der Firma NeuroSky angeboten. Dieses Gerät kann man bequem sogar auf amazon.de bestellen und für Aufmerksamkeits-, Konzentrations-, Entspannungsübungen verwenden, die als Apps für Windows oder Mac zum Downloaden sind.

Das Gerät Muse wird angeboten als Unterstützung in Meditation und mentalem Training.



Emotiv EPOC und Insight

Quelle:

<http://emotiv.com/>

(zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)



EPOC / EPOC+



Insight

Ein Anliegen des BIM Softwares ARCHICAD zum Beispiel ist die intuitive Benutzeroberfläche.

“ARCHICAD ist Ihr perfekter Planungspartner. Warum? Weil die Software, die seit 1984 exklusiv für Architekten und die Bauindustrie entwickelt wird, genauso „denkt“ wie Sie.

Die intuitive Benutzeroberfläche und große Anwenderfreundlichkeit erlauben Ihnen jederzeit die Konzentration auf das Wesentliche, den kreativen Prozess. Währenddessen nimmt Ihnen ARCHICAD jede Menge lästiger Routinearbeiten ab.“, schreibt Graphisoft's Homepage.

Quelle:
<http://www.graphisoft.at/archicad/>
(zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

Building Information Modeling (BIM)

Der Begriff Building Information Modeling (kurz: BIM; deutsch: Gebäudedatenmodellierung) beschreibt eine Methode der optimierten Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden mit Hilfe von Software. Dabei werden alle relevanten Gebäudedaten digital erfasst, kombiniert und vernetzt. Das Gebäude ist als virtuelles Gebäudemodell auch geometrisch visualisiert (Computermodell). Building Information Modeling findet Anwendung sowohl im Bauwesen zur Bauplanung und Bauausführung (Architektur, Ingenieurwesen, Haustechnik, Architecture, Engineering and Construction) als auch im Facilitymanagement.

Mit BIM nimmt der Architekt oder Fachplaner Änderungen an der Projektdatei, am Modell (engl. model) vor. Diese Änderungen sind für alle Beteiligten, sowohl als Zeichnung als auch als Datenpaket, direkt verfügbar. Massen und Stückzahlen, die zum Beispiel als Grundlage zur Kostenkalkulation dienen, werden automatisch abgeglichen. Beispielsweise kann sich aufgrund von Änderungen im Grundriss die Zahl und Beschreibung der Türen in einem Gebäude ändern. Der Architekt ändert die Türen im virtuellen Gebäudemodell. Damit wird automatisch die Türliste verändert und bei entsprechender Verknüpfung sieht man die unmittelbare Auswirkung auf die Kosten.

Quelle:
http://de.wikipedia.org/wiki/Building_Information_Modeling
(zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Literaturverzeichnis

a rose is: Brain Study, Installation für vernetzte Gehirnspieler. In: <http://aroseis.de/brst/brainstu.htm> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Bieger, Laura: Ästhetik der Immersion: Raum-Erleben zwischen Welt und Bild: Las Vegas, Washington und die White City. Bielefeld 2007

Chow, Olivia: Artist Manipulates Water With The Power Of Her Mind, 2013. In: <http://thecreatorsproject.vice.com/blog/eunoia-seeking-enlightenment-by-tracking-brainwaves> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Decker, Edith/Weibel, Peter: Vom Verschwinden der Ferne, 1990. In: <http://www.medienkunstnetz.de/quellentext/70/> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Engelhardt, Erika: Neurowissenschaften in Kürze, 2008. In: <http://www.spektrum.de/alias/r-hauptkategorie/neurowissenschaften-in-kuerze/949211> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Fischer, Ole: Alle reden vom Wetter, in: ARCH+ 178, 2006

Goldstein, E. Bruce: Wahrnehmungspsychologie: Der Grundkurs. Springer Verlag 2007

Hollein, Hans: Alles ist Architektur, 1967. In: <http://www.hollein.com/ger/Schriften/Texte/Alles-ist-Architektur> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Knodt, Reinhard: Ästhetische Korrespondenzen. Denken im technischen Raum, in: ARCH+ 178, 2006

Kuhnert, Ngo, Becker, Luce: Die Produktion von Präsenz, in; ARCH+ 178, 2006

Kübler, Andrea: Gemälde aus Gedankenkraft, 2011. In: http://www.presse.uni-wuerzburg.de/einblick_archiv/archiv2011/einblick1140/brainpaint/ (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Lessing, Gotthold Ephraim: Emilia Galotti. Berlin 1772

Macedonia, Manuela/ Höhl, Stefanie: Gehirn für Einsteiger. Linz 2012

McLuhan, Marshall/Fiore, Quentin: The Medium Is the Massage: An Inventory of Effects. New York 1967

Miyawaki, Yoichi et al: Visual Image Reconstruction from Human Brain Activity using a Combination of Multiscale Local Image Decoders, Kyoto 2008. In <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19081384> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Mufson, Beckett: Artist Manipulates 48 Pools of Water with Her Mind, 2014. In: <http://thecreatorsproject.vice.com/blog/artist-manipulates-48-pools-of-water-with-her-mind> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Nishimoto, Shinji u.a.: Reconstructing Visual Experiences From Brain Activity Evoked by Natural Movies, 2011. In: <http://gallantlab.org/publications/nishimoto-et-al-2011.html> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Reck, Hans Ulrich: Medien, Macht, Gewalt in: Kunstforum International, 1994

Seel, Martin: Ästhetik des Erscheinens. München 2000

Sloterdijk, Peter: Architektur als Immersionskunst, in: ARCH+ 178, 2006

INTERNETQUELLEN

Ars Electronica Center, “Gehirn für alle” in <http://www.aec.at/center/programm/gehirn-fur-alle/> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

ArchiCAD Beschreibung in <http://www.graphisoft.at/archicad/> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Blur Building Beschreibung in <http://www.dsny.com/projects/blur-building> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Forschungsperspektiven der Max-Planck-Gesellschaft: Artikel über Neuronale Plastizität in https://www.mpg.de/100045/HM09_NeuronalePlastizitaet.pdf (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Hans Hollein biografische Daten in <http://www.hollein.com/ger/ZurPerson/Hans-Hollein> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

Mooresches Gesetz Definition in <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Mooresches-Gesetz-Moores-law.html> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

NeuroGaming Conference and Expo 2015, Screenshots und Text. In <http://www.neurogamingconf.com/#!2013/c13yx> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Uni Frankfurt, Ausgewählte Methoden der Hirnforschung im Überblick in <http://www.forschung-frankfurt.uni-frankfurt.de/36050428/78-ausgewaehlte-methoden.pdf?> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Uni Graz Portal, Forschungsschwerpunkt Gehirn und Verhalten in <http://gehirnundverhalten.uni-graz.at/de/forschung/neurowissenschaftliche-methoden/> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Wikipedia Artikel: Brain-Computer Interface in <http://de.wikipedia.org/wiki/Brain-Computer-Interface> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Wikipedia Artikel: Building Information Modeling in http://de.wikipedia.org/wiki/Building_Information_Modeling (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Wikipedia Artikel: Elektroenzephalografie in <http://de.wikipedia.org/wiki/Elektroenzephalografie> und <http://en.wikipedia.org/wiki/Electroencephalography> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Wikipedia Artikel: Head-Mounted Display in https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Head-Mounted_Display&redirect=no (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Wikipedia Artikel: Internet der Dinge in http://de.wikipedia.org/wiki/Internet_der_Dinge (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Wikipedia Artikel: Magnetoencephalography in <http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetoencephalography> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Wikipedia Artikel: Nahinfrarotspektroskopie in <http://de.wikipedia.org/wiki/Nahinfrarotspektroskopie> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Wikipedia Artikel: Neuronale Plastizität in https://de.wikipedia.org/wiki/Neuronale_Plastizit%C3%A4t (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Wikipedia Artikel: Peter Sloterdijk in https://de.wikipedia.org/wiki/Peter_Sloterdijk (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

Wikipedia Artikel: Synästhesie in <https://de.wikipedia.org/wiki/Syn%C3%A4sthesie> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Wikipedia Artikel: Technologische Singularität in http://de.wikipedia.org/wiki/Technologische_Singularit%C3%A4t (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Wikipedia Artikel: Vierte Gewalt in https://de.wikipedia.org/wiki/Vierte_Gewalt (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)

Wikipedia Artikel: Wahrnehmungspsychologie in <https://de.wikipedia.org/wiki/Wahrnehmungspsychologie> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

Abbildungsverzeichnis

- S. 24** **Gehirn, Mensch, Evolution.** Collage von D. Angelova, unveröffentlicht
- S. 32 - 33** **Zusammenwirken der Sinne.** Grafik-Collage von D. Angelova, unveröffentlicht
- S. 35** **Grafik 1. Der Wahrnehmungsprozess.** In Goldstein 2007, Wahrnehmungspsychologie: Der Grundkurs, S.4
- S. 42 - 43** **Blur Building.** In <http://archinect.com/davefromhialeah/no-2-on-atmosphere> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)
- S. 48 - 49** **Architect Robert Venturi in Las Vegas in 1966.** In Venturi, Robert/Scott Brown, Denise/Izenour, Steven: Learning from Las Vegas. Cambridge 1977
- S. 52** **Toshiba Bubble Helm.** In <http://www.sueddeutsche.de/digital/technik-historie-als-der-touchscreen-floppte-1.2144057-2> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)
- S. 58** **Allegorische Darstellung der Vitruvianischen Urhütte** von Charles Eisen (1720-1778)
- S. 61** **“...aber Architektur ist nicht alles...”.** Collage von D. Angelova, unveröffentlicht
- S. 68, 70 -71** **Euonia.** Kunstinstallation von Lisa Park. In <http://thecreatorsproject.vice.com/blog/euonia-seeking-enlightenment-by-tracking-brainwaves> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)
- S. 72** **Euonia II.** Kunstinstallation von Lisa Park. In <http://thecreatorsproject.vice.com/blog/artist-manipulates-48-pools-of-water-with-her-mind> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)
- S. 75 - 79** **Brain Study.** Kunstinstallation/Performance der Künstlergruppe “a rose is“. In <http://aroseis.de/brst/brainstu.htm> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

S. 80 - 85 Brain-Painting. Gemälde und Funktionsweise. In <http://www.spiegel.de/fotostrecke/brain-painting-kunst-mit-koepfchen-fotostrecke-61570-4.html> und <https://www.brainpainting.net> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

S. 90 - 109 Perception Echo/Wahrnehmungsecho. Kunstinstallation von Denitsa Angelova und Lukas Landsgesell. 17 bis 21 Juni, HDA Graz. Fotografie: Anamariya Krasteva

S. 110 - 111 Where is the future? Rendering-Collage von D. Angelova, unveröffentlicht

S. 116 - 117 Thank you for voting, 2034. Rendering-Collage von D. Angelova, unveröffentlicht

S. 121 Mooresches Gesetz. In <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Mooresches-Gesetz-Moores-law.html> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

S. 124 Screenshot Neurogaming Conference 2013. In <http://www.neurogamingconf.com/#!/2013/c13yx> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

S. 126 Head-mounted Display in der US-Navy. In <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:VR-Helm.jpg> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

Head-mounted Display als ärztliche Unterstützung bei Raumfahrt Notfällen. In http://business.chip.de/news/Augmented-Reality-Datenhelm-hilft-bei-OPs_54749079.html (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

S. 127 Head-mounted Display. In http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Head-Mounted_Display&redirect=no (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

Hololens. In <http://www.microsoft.com/microsoft-holo-lens/en-us> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

S. 128 Farben-Synästhesie bei Buchstaben und Ziffern. In <http://de.wikipedia.org/wiki/Syn%C3%A4sthesie> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)

- S. 132** **Transkranielle Magnetstimulation.** In http://de.wikipedia.org/wiki/Transkranielle_Magnetstimulation (zuletzt aufgerufen am 12.06.2015)
- S. 134** **Funktionelle Magnetresonanztomografie.** In Macedonia, Manuela/ Höhl, Stefanie: Gehirn für Einsteiger. S. 68
- S. 136** **Nahinfrarotspektroskopie. Gerät und Funktionsweise.** In Macedonia, Manuela/ Höhl, Stefanie: Gehirn für Einsteiger. S. 71-72
- S. 138** **Gehirnwellentabelle.** In <http://en.wikipedia.org/wiki/Electroencephalography> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2015)
- S. 140** **Magnetenzephalografie.** In Macedonia, Manuela/ Höhl, Stefanie: Gehirn für Einsteiger. S. 70-71
- S. 142** **Der IKEA Tisch der Zukunft.** In <http://www.conceptkitchen2025.com/> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)
- S. 148** **Rekonstruktion visueller Stimuli aus Gehirnaktivität.** In Miyawaki, Yoichi et al Visual Image Reconstruction from Human Brain Activity using a Combination of Multiscale Local Image Decoders
- S. 149** **Rekonstruktion visueller Stimuli aus Gehirnaktivität nach Vergleich mit vorhandenen Videos.** In Nishimoto, Shinji u.a.: Reconstructing Visual Experiences From Brain Activity Evoked by Natural Movies
- S. 150** **NeuroSky EEG.** In <http://store.neurosky.com/> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)
MUSE. In <http://www.choosemuse.com/> (zuletzt aufgerufen am 29.06.2015)
- S. 151** **Emotiv EPOC und Insight.** In <http://emotiv.com/> (zuletzt aufgerufen am 13.06.2015)

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AEC	Ars Electronica Center
AR	Augmented Reality
BCAD	Brain-Computer Aided Design
BCI	Brain-Computer Interface
BIM	Building Information Modeling
bzw.	beziehungsweise
CAD	Computer-Aided Design
d.h.	das heißt
EEG	Elektroenzephalografie
etc.	et cetera
HDA	Haus der Architektur
KI	Künstliche Intelligenz
MEG	Magnetenzephalografie
(f)MRT	(funktionelle) Magnetresonanztomographie
NIRS	Nahinfrarotspektroskopie
OP	Operation
OSC	Open Sound Control
S.	Seite

TMS	Transkranielle Magnetstimulation
u.a.	unter anderem
uvm.	und vieles mehr
Vgl.	Vergleiche
z.B.	zum Beispiel
Zit. n.	Zitat nach

Anhang

PERCEPTION ECHO | ARCHITEKTURSOMMER 2015

Das „Wahrnehmungsecho“ ist eine interaktive Medienkunst Installation die die direkte Verbindung zwischen Gedanken und physikalischer Umgebung veranschaulicht. Die Vernetzung subjektiver Realitäten wird durch die Interpretation von Gehirnströme und Bewegung im Raum sichtbar gemacht.

The Perception Echo is an interactive media-art installation. Its purpose is to provide visible proof of the connection between thoughts and reality. The interconnectedness of subjective realms becomes obvious after the interpretation of one person's brain waves and the visitors' movement through the exhibition space.

| Artists/Künstler: Denitsa Angelova & Lukas Landsgesell |
| Video/Montage: Arlene Joobes | Sound Design: San Pedro |

