



Versuchsaufbau *Rats are able to navigate in virtual environments*, Universität Tübingen, 2002

Lasse Scherffig

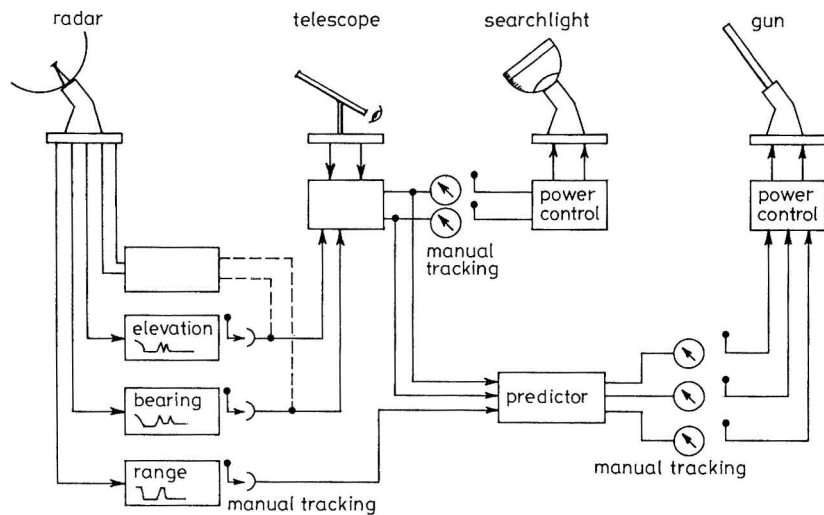
Feedback

Vom Unding zur Sache

Ein Spiel

Im Winter des Jahres 1941 spielen Norbert Wiener und Jonathan Bigelow ein frühes Videospiel: "Auf eine Laborwand wurde mittels eines Scheinwerfers ein intensiver weißer Lichtstrahl geworfen, der eine leichte, jedoch unregelmäßige Vor- und Rückbewegung ausführte und alle 15 Sekunden von einer Wand zur anderen schwenkte."¹ Der Spieler lenkt einen zweiten, farbigen Lichtstrahl und hat die Aufgabe, damit den weißen zu treffen. Der Joystick, der dazu benutzt wird, ist ein Kontrollhebel, der sich mit Absicht nur schwer bedienen lässt und eine mechanische Verzögerung der Umsetzung zwischen Kontrollhebel und Licht erhöht den Schwierigkeitsgrad zusätzlich.

Es geht in diesem Spiel nicht etwa darum zu gewinnen: Die Wand, auf die projiziert wird, befindet sich nicht im heimischen Wohnzimmer - sie ist eine Laborwand. Folgerichtig ist das Ziel des Spiels, Daten zu produzieren.



Flugabwehrtechnologie zur Zeit Wieners

Wiener, ein Mathematiker der heute vor allem als Erfinder der Kybernetik bekannt ist, und der Ingenieur Bigelow benötigen diese Daten, um eine neue elektronische Steuerung für Flugabwehrgeschütze zu entwickeln. Sie soll das Geschütz und seine Bediener in die Lage versetzen, Granaten dorthin zu schießen, wo sich ein anvisiertes Flugzeug in der Zukunft befinden wird. Denn feindliche Flugzeuge sind zu dieser Zeit in der Regel so schnell und so weit entfernt, dass zwischen Abschuss der Granate und dem Treffen ihres Ziels 20 bis 30 Sekunden vergehen: "Accordingly, it is extremely important to shoot the missile [was hier eher Geschoss als Rakete bedeutet] not at the target, but in such a way that missile and target may come together in space at some time in the future."² Wiener und Bigelow arbeiten also an einem Instrument, das die Bewegungen eines Flugzeugs vorhersagen kann. Wiener nennt dieses Instrument *Anti-Aircraft Predictor*.

Die Rückkopplung, die durch Projektion und Steuerhebel zwischen Spieler und Spiel errichtet wird, soll ein Verhalten erzeugen, das, als Samples abgetastet und als statische Zeitreihe aufgefasst, den Daten ähnelt, die aus der automatischen Erfassung des Verhaltens eines Flugzeugs stammen, das ein Ziel anfliegt und dabei der Flugabwehr ausweicht. Um dieses komplexe Zusammenspiel aus zielgerichtetem Angriff und Ausweichbewegung zu simulieren, übernimmt der Spieler die Rolle des feindlichen Piloten, das Spielgerät die seines Flugzeugs. Daten echter Flugzeuge haben die Wissenschaftler zunächst nicht.

Um das Verhalten eines feindlichen Flugzeugs vorherzusagen, wollen Wiener und Bigelow sich also nicht auf eine reine Simulation von Flugphysik und Aerodynamik stützen, denn sie halten es für wichtig, dass das Flugzeug am Himmel nicht nur eine Maschine ist, sondern ein System, das neben dem Flugzeug eben auch dessen Piloten umfasst. Sie sind daher der Überzeugung, dass das Verhalten des Piloten in die Vorhersage einbezogen werden muss und weiter, dass es sich dabei um eine besondere Art Verhalten handelt: Es ist Verhalten mit einem Ziel. Als solches, glauben Wiener und Bigelow, basiert es auf dem kontinuierlichen In-Beziehung-Setzen von Handlungen und den daraus resultierenden Umweltveränderungen - und damit auf Rückkopplung bzw. Feedback. Ihre Lösung stützt sich daher erstens darauf, das System zu beobachten und sein bisheriges Verhalten mit dem gegenwärtigen und dem für die Zukunft erwarteten zu korrelieren.³ Zweitens kommen sie im Verlauf der Arbeit zu der Lösung, keinen Mechanismus zu entwerfen, der direkt versucht, optimale Lösungen zu berechnen und der so das Verhalten von Flugzeug und Piloten auf eine allgemeingültige Formel bringt. Stattdessen konstruieren sie ein System, das schrittweise seine eigenen Vorhersagefehler minimiert und damit selber mit Feedback arbeitet.

Wiener schlägt mit diesem Ansatz einen Weg ein, der sich von anderen Ansätzen seiner Zeit abhebt: Nicht die Simulation und Voraussage dessen, was ein Flugzeug physikalisch ausmacht, stehen im Vordergrund, sondern das Verhalten seines Piloten.⁴ Dieser Ansatz stellt sich als unbrauchbar heraus: Im Vergleichstest mit Daten, die jetzt von tatsächlichen Flugzeugen stammen, liefert der *Anti-Aircraft Predictor* 1942 kaum bessere Ergebnisse als eine andere Steuerung, die keinen Wert auf das Verhalten der Piloten legt. Damit ist das Projekt gescheitert.

Im Kontext Wieners weiterer Forschung wird der *Anti-Aircraft Predictor* aber dennoch sehr wichtig: Er illustriert überzeugend die Mächtigkeit von Kontrolle durch Feedback. Er zeigt weiter, dass diese Form der Kontrolle Grundlage einer allgemeinen Wissenschaft des zielgerichteten Verhaltens sein kann, für die es keine Rolle spielt, ob das beschriebene Verhalten das eines Lebewesens oder einer Maschine ist. Für Wiener ist das Prinzip des Feedback dabei so fundamental, dass er für die Wissenschaft des Steuerns und Regeln durch Feedback eigens den Neologismus *Kybernetik* einführt.⁵ Der *Anti-Aircraft Predictor* verleiht dieser Kybernetik ihre Glaubwürdigkeit und wird ihre Rezeptionsgeschichte nachhaltig prägen.

Während die Arbeit am *Anti-Aircraft Predictor* also eine eindrucksvolle Erzählung liefert, die das Potential dieser neuen Wissenschaft andeutet, hat Feedbacksteuerung in der Praxis der Ingenieure bereits zu Kriegsbeginn eine lange Geschichte. Am berühmtesten ist hier wohl die automatische Regelung der Drehzahl von Dampfmaschinen durch Fliehkraftregler, die bereits von James Watt eingesetzt und von Clerk Maxwell 1868 unter dem Titel *On Governors* dokumentiert wurde. Der Ausdruck Kybernetik greift diese Tradition auf, indem er auf die griechische Wurzel des Wortes *governor* zurückgreift. Zugleich radikalisiert Wiener in der Kybernetik den Einsatz von Feedback, indem er ihn zu einem allgemeinen Prinzip erklärt und ins Zentrum einer wissenschaftlichen Disziplin stellt.

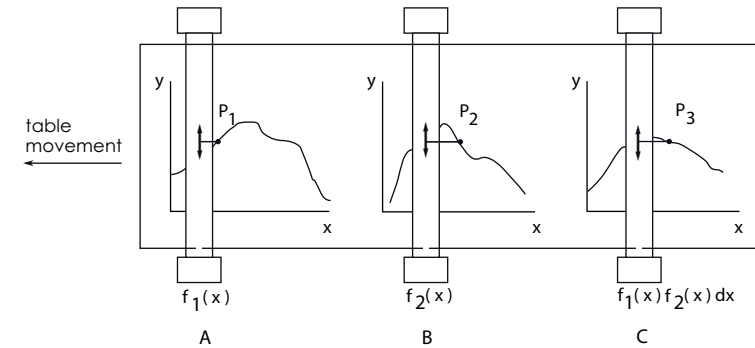
Regelungstechnik: Feedback takes control

Die unmittelbare Vorgeschichte dieser Idee liegt in den 1920er Jahren, in denen *feedback control* in der Regelungstechnik zeitgleich als Lösung verschiedener elektrotechnischer Probleme auftaucht - Probleme, die immer im Zusammenhang mit dem Widerstand des Materials stehen.

Um Telefongespräche transkontinental von einer Küste der Vereinigten Staaten zur anderen zu übertragen, benötigt man effiziente Verstärker für gesprochene Sprache. Diese Verstärkung wurde lange Zeit von Vakuumröhren übernommen, die als *repeater amplifier* in die Telefonleitungen geschaltet wurden. Die Röhren hatten aber den Nachteil, Signale nichtlinear zu verstärken und dadurch die übertragene Sprache zu verwaschen - eine Eigenschaft, die in der Materialität der Vakuumröhren begründet ist und die nicht ohne weiteres umgangen werden kann. In den *Bell Laboratories* des amerikanischen Telefonmonopolisten *AT&T* arbeiten Ingenieure wie Harold Stephen Black während der gesamten 1920er Jahre an dem Problem, die nichtlineare Verstärkung der Vakuumröhren in den Griff zu bekommen.⁶

Black kommt früh zu einer einfachen Lösung: Er baut eine Schaltung, in der Ein- und Ausgangssignal eines Verstärkers miteinander verglichen werden, um dessen nichtlineare Verzerrung zu isolieren. Diese wird von einem zweiten Verstärker verstärkt und dann vom Ausgangssignal abgezogen. Ergebnis ist eine saubere Verstärkung ohne die unerwünschten nichtlinearen Komponenten. Diese einfache Lösung markiert bereits eine Vorgehensweise, die die Regelungstechnik in den folgenden Jahren bestimmen soll: Die Ausgabe eines technischen Systems, etwa das verstärkte und verwaschene Signal eines Verstärkers, wird wieder in das System hineingegeben. Dieses *feeding back* schließt einen Feedback-Loop, eine Rückkopplungsschleife, weshalb die Regelungstechnik bei solchen Schaltungen bis heute von *closed loop control* spricht. Schaltungen wie der *repeater amplifier*, die als reine *feed forward* Schaltungen blind gegenüber den Ergebnissen der eigenen Arbeit sind, arbeiten dagegen im *open loop*. Blacks einfache feedbackbasierte Lösung ist theoretisch optimal, praktisch funktioniert sie aber nur bedingt. In der Schaltung müssen zwei Verstärker präzise und ohne Schwankungen ihrer Leistung zusammenarbeiten. Das funktioniert nur so lange, wie die materiellen Bedingungen beider Verstärker sich nicht ändern. Ändern sich zum Beispiel der Heizstrom oder die Batteriespannung einer der Vakuumröhren, versagt die Schaltung.

Erst Jahre später löst Black dieses Problem allgemein, indem er den *electronic negative feedback amplifier* entwirft. Dieser besteht nur aus einem einzigen Röhrenverstärker und einer Feedbackschaltung. Diese fügt einen Teil des verstärkten und verwaschten Signals dem Eingangssignal in umgekehrter Phase wieder hinzu. Zwar ist dadurch die Verstärkerleistung insgesamt geringer als die des verwendeten *feed forward* Röhrenverstärkers, dafür lässt sich aber mathematisch zeigen, dass diese geringere Leistung jetzt ausschließlich von der Feedbackschaltung abhängig ist. Verändert sich die Verstärkung der Vakuumröhre, wird dies automatisch durch die Schaltung kompensiert. Black entkoppelt so durch den Einsatz negativen Feedbacks die Funktion des Verstär-



Der *Product Integrator*: Während der Tisch sich nach links bewegt, werden zwei Funktionen (A und B) jeweils mittels eines Potentiometers nachvollzogen. Ein Wattstundenmeter ermittelt das Integral ihres Produktes, ein Plotter zeichnet die resultierende Kurve (C).

kers von seiner Implementierung. War Feedback in der Elektrotechnik bisher vor allem als verstärkendes, positives Feedback und damit als mögliche Fehlerquelle aufgetaucht, setzt Black nun negatives Feedback als Kontrollmechanismus ein. Damit ist er zwar nicht der erste - auch Watts Fliehkraftregler arbeitete mit negativem Feedback - und, wie wir sehen werden, auch nicht der einzige, er gehört aber zu den ersten, die Wert darauf legen, Feedback als eigenständige Methode einzusetzen und mathematisch zu reflektieren. Als Methode ermöglicht es den Ingenieuren ganz allgemein die Widerstände ihres Materials - wie etwa die nichtlineare Verstärkung einer Vakuumröhre - in den Griff zu bekommen: Black erlaubt es konkret eine geringere Leistung eines Verstärkers zu Gunsten einer linearen Verstärkung in Kauf zu nehmen. So wird die Kopplung zwischen der Signalverstärkung in den Telefonleitungen und ihrer materiellen Basis gelockert.

Zur gleichen Zeit versucht man am *Electrical Engineering Department* des MIT ganz ähnliche Probleme in den Griff zu bekommen.⁷ Unter der Leitung von Vannevar Bush und eben Norbert Wiener arbeitet ein Team von Ingenieuren wie Harold Hazen daran, einzelne Stromquellen zu Stromnetzen zu verschalten - und die Dynamik dieser Netze dabei unter Kontrolle zu halten.

Feedback taucht hier zunächst nicht direkt als Lösung auf, denn statt Netze zu bauen verlegt man sich schnell darauf, sie als Differentialgleichungen zu simulieren. Diese Forschung führt in die Entwicklung von Analogrechnern, wie dem berühmten

Differential Analyzer, und steht bald vor Problemen, die zunächst nichts mit denen der Signalverstärkung in Telefonleitungen zu tun zu haben scheinen: Die Differentialgleichungen tauchen hier als Kurven auf, die von Hand nachgezeichnet, elektrisch oder mechanisch verrechnet und ebenso mechanisch von einem Plotter als Kurve wieder ausgegeben werden. Dieses "kinetically acting out"⁸ der Berechnung hängt immer wieder vom akkuraten Verfolgen von Signalen ab. Während sich etwa im Analogrechner *Product Integrator* ein Tisch, auf dem sich die Ein- und Ausgabekurven befinden, motorgetrieben horizontal bewegt, müssen zwei Bediener die y-Position ihrer jeweiligen Eingabekurve (siehe Abbildung) an einem Potentiometer, das als vertikaler Regler dient, einstellen. Ein einfacher Wattstundenmeter misst den Stromverbrauch, der sich durch die Veränderung der Potentiometer ständig ändert. Seine Rotation entspricht daraufhin dem Integral des Produktes der verfolgten Funktionen. Diese Rotation muss nun akkurat auf die Bewegung eines Motors umgesetzt werden, der das Ergebnis zeichnet. Damit wird beim *Product Integrator* vor allem der automatische Abgleich zwischen der Drehung des Wattstundenmeters und dem zeichnenden Motor zum Problem.

Obwohl also am *Electrical Engineering Department* an Energietechnik und nicht Kommunikationselektronik geforscht wird, stößt die Arbeit hiermit an das selbe Problem, das schon Black beschäftigte - nur gilt es hier statt der Kurve der übertragenen Sprache, mathematische Funktionen als mechanische Bewegung zu verfolgen: "The problem is, of course, directly analogous to the amplifier problem solved by Black. In Black's case the rapidly varying signal to be followed was derived from speech or other sounds, in Hazen's case from the position of mechanical components."⁹ Und auch hier fällt zwar einerseits die Berechnung von Integralen mit ihrer sehr materiellen elektronischen oder mechanischen Realisierung zusammen - der vom Wattstundenmeter gemessene Verbrauch ist im *Product Integrator* das Integral des Produktes zweier Funktionen - andererseits gilt es auch hier eben dieses Material in den Griff zu bekommen. In einem mechanischen Integrator der Universität Manchester können die Oszillationen, die durch positives Feedback in der Mechanik des Gerätes entstehen, noch durch den Einsatz von Vaseline behoben bzw. gedämpft werden.¹⁰ Generelle Lösungen basieren wenn es um die Verfolgung der Position mechanischer Teile geht, genau wie in Blacks Verstärkern für übertragene Sprache, auf Feedback. Auch die Motoren in Analogrechnern werden gesteuert, indem der Fehler ihrer Ausgabe in ihre Eingabe einbezogen wird, und damit Aktivität und Umweltveränderung miteinander in Beziehung gesetzt werden - solche feedback-gesteuerten Motoren werden von nun an als Servomechanismen bezeichnet. Der Arbeitsgruppe um Bush und Wiener ist Blacks Arbeit dabei nicht direkt bekannt, findet sie doch hinter den verschlossenen Türen einer Privatfirma statt. Trotzdem entstehen hier, wie auch an anderen Stellen, sehr ähnliche Lösungen für Probleme, die erst auf sehr abstrakter Ebene ähnlich scheinen. Kommunikationselektronik und Hochenergietechnik bereiten so, zunächst unabhängig voneinander, mit dem Einsatz von Feedback eine allgemeine Methode vor, die es Schritt für Schritt erlaubt Funktionalität von Materialität zu entkoppeln. Dabei erlaubt es Feedback den Ingenieuren, so könnte man sagen, sich vom Material zu entfernen, um es aus dem Abstand in den Griff zu bekommen. Klimax

dieser Entwicklung ist die Konstruktion von Maschinen, die als symbolische Maschinen vollständig unabhängig von ihrem Material beschrieben werden können und die damit die Entkopplung von Funktion und Material radikalisieren. Die heutigen Computer sind solche Maschinen. Zu ihren Voraussetzungen gehört also nicht nur die Entwicklung einer mathematisch motivierten theoretischen Informatik durch Forscher wie Alan Turing, sondern auch die Schaffung von ingenieurwissenschaftlichen Methoden, wie den gezielten Einsatz von Feedback.

Die Strategie, durch Rückkopplung Abstand von den materiellen Bedingungen einer Schaltung zu gewinnen, entsteht sowohl am *MIT* als auch in den *Bell Laboratories*, gewissermaßen im Dialog mit dem Material. Obwohl die Forschung an beiden Orten rückblickend vor allem der Entwicklung einer mathematischen Informationstheorie diene, ist persönliche Erfahrung mit Technologie deshalb Voraussetzung für die Mitarbeit in der Entwicklung von Analogrechnern und später auch dem *Anti-Aircraft Predictor*: "Keiner, der nicht bereits ein Gefühl für Technik hatte, und sei es nur, daß er in seiner Freizeit Rundfunkgeräte baute, konnte auf ein Engagement [bei Wiener] hoffen", schreibt Peter Galison dazu.¹¹ Die Arbeit mit Feedback in technischen Systemen setzt also voraus, dass man sich auf ihr Material einzulassen bereit ist. Die Maschinen, die in dieser Arbeit entstehen, setzen daher weder ein bekanntes und mathematisch beschriebenes Wissen als implementierte Theorie im Material um, noch entstehen sie als reine Ingenieurleistung unabhängig von mathematischen Beschreibungen. Hazen selbst beschreibt, wie er durch das "Herumspielen" mit Schaltkreisen überraschend zu Lösungen kommt, deren allgemeine Anwendbarkeit von Bush mathematisch gezeigt wird und die schließlich zum Bau des *Product Integrator* führen.¹²

Black und Hazen reflektieren die so entstehenden Lösungen anschließend theoretisch und sorgen mit ihren Veröffentlichungen dafür, dass der Einsatz von Feedback eine eigenständige Methode wird. Bereits Black legt in der Patentanmeldung des *electronic negative feedback amplifier* Wert auf die klare Unterscheidung von positivem und negativem Feedback und den Einsatz des letzteren zu Regelungszwecken. Und 1934, im gleichen Jahr, in dem Harold Hazen seine Forschung schließlich öffentlich macht, veröffentlicht er auch zwei Texte, die die vergangenen zehn Jahre Arbeit des *Electrical Engineering Department* an Servomechanismen zusammenfassen. Sie systematisieren die langjährige Auseinandersetzung mit rechnendem Material und den Strategien es in den Griff zu bekommen und spielen eine entscheidende Rolle für die Errichtung eines theoretischen Bezugsrahmens für die Arbeit mit Rückkopplung in der Regelungstechnik.

Hazen kann sich bei der Einrichtung dieses Rahmens zwar auf zahlreiche bereits veröffentlichte Anwendungen von Feedbacksteuerung für Schiff- und Luftfahrt stützen, die Terminologie der Regelungstechnik ist hier aber noch keineswegs gefestigt und Begriffe wie *open* und *closed loop* müssen genauso wie das Konzept der Fehlerkorrektur durch Feedback erst eingeführt werden: "Hazen still felt it necessary to explain in detail in the introduction the difference between open and closed loop control

systems, and also to give a definition of a servomechanism which he described as *a power-amplifying device in which the amplifier element driving the output is actuated by the difference between the input to the servo and its output.*¹³ Im Folgenden setzt sich diese Definition durch und Peter Galison kann über die 1940er Jahre schreiben: "Für die meisten Wissenschaftler der Zeit [...] war ein Servomechanismus durch die Einbeziehung von Feedback definiert."¹⁴

In diesem Klima, in dem aus dem "Herumspielen" der Ingenieure und dessen mathematischer Reflektion Feedback zur zentralen Methode der Regelungstechnik wird, liegt auch dessen militärische Anwendung für Feuerleitung und Flugabwehr auf der Hand. Bereits 1939 schickt die Navy Offiziere zur Schulung an das *Electrical Engineering Department* und es wundert wenig, dass Wiener und Bigelow den *Anti-Aircraft Predictor* ganz selbstverständlich als Servomechanismus entwerfen. Es wundert ebenso wenig, dass Wiener beginnt, das Prinzip Feedback auch im zielgerichteten Verhalten von Lebewesen am Werk zu sehen. Während der 1930er Jahre ist er regelmäßig bei dem Physiologen und Mediziner Arturo Rosenblueth zu Gast und beide werden gute Freunde. Zusammen spekulieren sie über Feedback und Verhalten und Rosenblueth liefert Wiener die Beispiele, die auf Feedback im menschlichen Handeln hinweisen. Oszillationen, wie sie in Manchester mittels Vaseline unterdrückt wurden, sind ein häufiges Problem in Feedbackmechanismen, in denen sie oft durch *hunting* verursacht werden:¹⁵ Beim *hunting* schießt der Servomechanismus in einer Richtung über sein Ziel hinaus, reagiert in die Gegenrichtung und verfehlt das Ziel erneut, wieder und wieder. Auf der Suche nach einer physiologischen Entsprechung für das *hunting* fragt Wiener Rosenblueth nach einem Krankheitsbild "in which the patient, in trying to perform some voluntary act like picking up a pencil, overshoots the mark, and goes into an uncontrollable oscillation." Das Krankheitsbild existiert. Es ist Folge einer Schädigung des Kleinhirns und trägt den Namen *purpose tremor*. Für Wiener ist der generelle Zusammenhang von *purpose* als zielgerichtetem Verhalten und Feedback damit eindeutig. Der Entwurf einer Feedbackschaltung, die nicht nur das Material des Luftkriegs, sondern auch die beteiligten Piloten in den Griff kriegen soll, ist die logische Konsequenz dieses Zusammenhangs.

Folgerichtig bezeichnet Wiener den *Anti-Aircraft Predictor* und das Spiel, das ihn mit Testdaten versorgen soll, als eine der "genauesten mechanischen Vorrichtungen, die im Hinblick auf physiologisches Verhalten je entwickelt wurde."¹⁶ Warren Weaver spricht nach einer Demonstration des Apparats gar von einem Wunder, wenn auch einem, das vielleicht unbrauchbar ist: "Weaver thought it was a *miracle* but *was it a useful miracle?*"¹⁷ Obwohl sich diese Wundermaschine wirklich als nicht *useful* genug für den Krieg herausstellen wird, sind ihre Vorhersagen für kurze Intervalle tatsächlich sehr genau: "Im Bereich einer Sekunde ist das Verhalten ihres Instruments wirklich unheimlich" kommentiert George Robert Stibitz von den *Bell Laboratories*.¹⁸

Undinge

Fünzig Jahre nach dieser unheimlichen Maschine von Wiener und Bigelow stellt Vilém Flusser ein allgemeines Misstrauen fest: Wir misstrauen den alternativen

Welten, die aus den Computern aufzutauchen beginnen, schreibt er 1991, zur Zeit des Hypes um die virtuelle Realität. Wir halten diese Welten für "digitalen Schein".¹⁹ Den Grund für dieses Misstrauen macht er im Ursprung dieser Welten aus: Sie sind von uns gemacht. Obwohl wir von Datenräumen sprechen, sind sie keineswegs als Daten im Wortsinne zu verstehen, denn *dare* heißt geben. Als Gemachtes sind sie aber nicht gegeben, sondern Fakten, nach dem lateinischen *facere*. Diese Umkehrung der Begrifflichkeiten von Daten und Fakten geht in einer weiteren Umkehrung Flussers auf: der Umkehrung von abstrakt und konkret.

Abstraktion, argumentiert Flusser, bedeutete lange, etwas von den gegebenen Dingen der Welt - also den Daten - abzuziehen. Waren diese Dinge der Ausgangspunkt der Abstraktion, so war ihr Ziel, zu deren Formen oder Information - zu den "Undingen" - zu gelangen. Abstraktion war, so Flusser, eine Bewegung weg vom Ding und hin zum Uding.²⁰ "Die Absicht der Abstraktion war, die Dinge der Umwelt aus dem Abstand in den Griff zu bekommen."

Unter Verweis auf Hard- und Software prophezeit Flusser nun, die Umwelt der harten Dinge würde von einer "weichen, gespenstisch werdenden Umwelt der Undinge" verdrängt. In Folge dessen ginge es nicht länger darum, die Dinge in den Griff zu bekommen. "Wir können und wollen uns im Leben nicht mehr an die Dinge halten: sie sind nicht mehr das *Konkrete*. Daher kann *Abstrahieren* nicht mehr *weg vom Ding* bedeuten." Der Grund dafür liegt für Flusser sozusagen auf der Hand: "Informationen [...] lassen sich nicht mit Fingern greifen. Im buchstäblichen Sinn dieses Wortes sind sie *unbegreiflich*. [...] An die Dinge können wir uns nicht mehr halten, und bei den Informationen wissen wir nicht, wie uns an sie halten. Wir sind haltlos geworden."

Abstraktion wird vor diesem Hintergrund zu ihrem Gegenteil: Weil nicht mehr Daten, sondern Fakten, nicht mehr die gegebenen Dinge, sondern die gemachten Undinge das Konkrete unserer Lebenswelt bestimmen, bedeutet Abstraktion in Zukunft nicht mehr "weg vom Ding" und hin zu den Informationen oder Undingen, sie muss stattdessen vom Uding ausgehen und "zurück zur Sache". Die "Sache", die Ergebnis dieser umgekehrten Abstraktion sein soll, ist dabei etwas anderes als Dinge oder Undinge: Sachen im Sinne Flussers sind soziale Entitäten und Teil einer gesellschaftlichen Übereinkunft. Sie existieren nur, weil wir uns mit anderen darüber geeinigt haben.

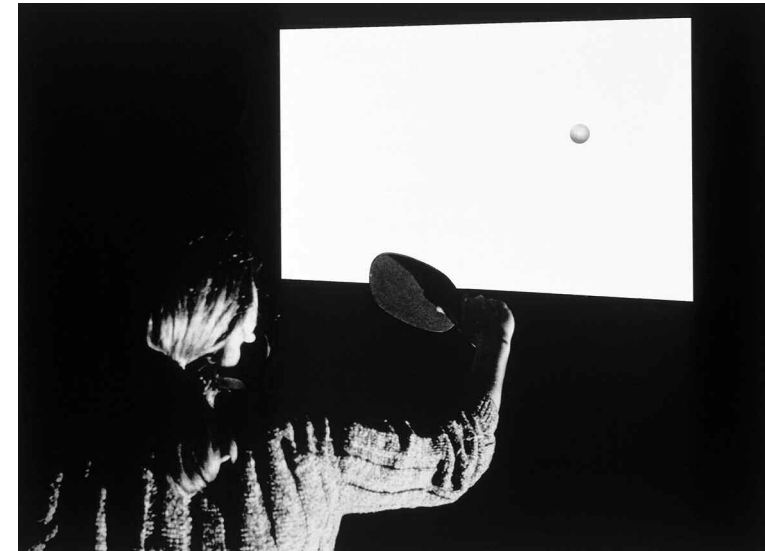
Die neue Umwelt der Undinge, von der die umgekehrte Abstraktion auszugehen hat, ist nach Flussers Vorstellung ganz der Idee eines körperlosen *Cyberspace* verhaftet: "An diesem neuen Leben ist die Atrophie der Hände bemerkenswert. Der an Dingen uninteressierte künftige Mensch wird keine Hände mehr benötigen, denn er wird nicht mehr behandeln müssen. [...] Übrig bleiben von den Händen die Fingerspitzen." Ganz ähnlich hatte bereits 1964 der Anthropologe André Leroi-Gourhan argumentiert. Sein Buch "Hand und Wort"²¹ rekonstruiert den modernen Menschen als Folge der Befreiung der Hand im aufrechten Gang und der damit einhergehenden Veränderung von Skelett, Gebiss und Kortex. Am Ende dieser Entwicklung steht der

Mensch, so Leroi-Gourhan, ohne die Möglichkeit da, "sich zu befreien, ohne zugleich einen Artwechsel durchzumachen."²² In jedem Fall würde eine weitere Veränderung voraussetzen, dass Hand, Gebiss und aufrechter Gang in ihrer heutigen Form verloren gingen: "Eine zahnlose Menschheit, die in liegender Stellung lebte, und das, was von ihrem vorderen Glied geblieben ist, dazu benützte, auf Knöpfe zu drücken, ist nicht völlig unvorstellbar", schreibt er. Der Mensch in der Welt der Udinge ist nach diesem Bild ein Mensch, der nicht handelt, sondern schaltet.

Dieser körperlose, schaltende Mensch ist keine Erfindung von Flusser oder Leroi-Gourhan. Er ist ein Bild, das sich aufdrängt, wenn man einem Computernutzer bei der Computernutzung zusieht. Genau dieses Bild sehen Allen Newell und Herbert A. Simon bereits in den frühen 1950er Jahren - als sie die ersten Computernutzer auf die ersten Computer vorbereiten. Während des Trainings des Personals für das erste interaktive Rechnersystem, das die Forschungslabore verlässt und zur Luftüberwachung eingesetzt wird, stellen sie fest, dass das Personal am Rechner sich verhält wie der Rechner: Die *operator* des SAGE nehmen Informationen auf und fällen Entscheidungen. Rechner und Mensch werden daher von Newell und Simon zu gemeinsamen Vertretern einer Spezies erklärt: Beide sind informationsverarbeitende Systeme.²³ Mit dieser "Informationsverarbeitungshypothese" ist die Kognitionswissenschaft als Wissenschaft solcher Systeme geboren. Mit ihr wird der schaltende Mensch nachhaltig festgeschrieben und später zur nichthintergehbaren Voraussetzung einer neuen Wissenschaft der Computernutzung - der *Human-Computer Interaction*. Newell selber führt diesen Menschen als "neuen Menschen" in die Informatik ein: "There is emerging a psychology of cognitive behavior that will permit calculation of behavior in new situations and with new humans" schreibt er in einem Memo für das berühmte Xerox PARC Forschungszentrum, an dem die Computermaus erfunden wurde.²⁴ Die *Human-Computer Interaction* fasst von nun an die Benutzer von Computern als an diese Computer angeschlossene Kontrollregler auf: Es sind *feed forward* Schaltungen, die im *open loop* Informationen durch die Augen aufnehmen, verarbeiten und über die Fingerspitzen ausgeben.

Von Ping Pong zur Legible City

Wahrscheinlich ohne etwas davon zu ahnen, wiederholt die Künstlerin Valie Export 1968 das Experiment von Wiener und Bigelow. Es ist das Jahr in dem Ralph H. Baer das weltweit erste Patent für ein Videospiele anmeldet. Grundlage des Patents ist die *Brown Box*, ein Prototyp des Videospieleklassikers *Pong*.²⁵ Und auch Exports Arbeit ist ein Tischtennispiel: Sie heißt "Ping Pong. Ein Spielfilm, ein Film zum Spielen", (siehe Abbildung). In ihr wird ein Lichtpunkt von einem Filmprojektor auf eine Leinwand geworfen. Vor der Leinwand steht eine Tischtennisplatte mit Schläger und Ball. Aufgabe des Betrachters ist es, den Lichtpunkt mit dem Ball zu treffen. Obwohl hier eine Leinwand die Laborwand ersetzt, der Joystick zum Schläger und der farbige Lichtstrahl zum Tischtennisball wird, entsteht dennoch eine Installation, die verblüffend an das erinnert, was fast 30 Jahre zuvor als Datenquelle für den *Anti-Aircraft Predictor* konstruiert worden war. Passend dazu stellt auch Export ihre Arbeit in den Kontext von Physiologie und Verhaltensforschung: "reiz und reaktion. die ästhetik des konven-



Valie Export, *Ping Pong*, 1968

tionellen films ist eine physiologie des verhaltens, seine kommunikationsweise ein ereignis der perzeption. *ping pong* expliziert das herrschaftsverhältnis zwischen produzent (regisseur, leinwand) und konsument (zuschauer). was hier das auge dem hirn erzählt, ist anlass zu motorischen reflexen und reaktionen. *ping pong* macht die ideologischen verhältnisse sichtbar. zuschauer und leinwand sind partner eines spiels, dessen regeln der regisseur diktiert".²⁶

Während ihre Arbeit also parallel zur Entwicklung der ersten kommerziellen Computerspiele entsteht - Baers Arbeit an der *Brown Box* beginnt in den frühen 1960er Jahren, wird aber erst 1972 durch den Automaten *Pong* und die Heimvideospiele-Konsole *Odyssey* öffentlich - und während sie die Entwicklung der interaktiven Medienkunst in den 1980er und 1990er Jahren zu antizipieren scheint, nimmt Exports Kritik an den Herrschaftsverhältnissen der Filmproduktion zugleich die Kritik an dieser Medienkunst vorweg: Dieter Daniels etwa verortet den Beginn dieser Medienkunst im Aufkommen von *Closed-Circuit*-Installationen.²⁷ Mit ihnen wird, so sein Argument, ein Paradigmenwechsel eingeleitet: War für Intermedia und Fluxus noch das "Ideal einer Kunst ohne Hierarchie von Betrachter und Schöpfer" entscheidend, wenden sich *Closed-Circuit*-Installationen und die spätere Medienkunst von diesem Ideal wieder ab. In Installationen wie Bruce Naumans *Live Taped Video Corridor* wird der Betrachter, so Daniels, "durch die Irritation über seine An- oder Abwesenheit im Videobild eher zum Versuchsobjekt anstatt zum Mitspieler." Die Arbeit steht damit paradigmatisch für eine Medienkunst, "die statt zur kreativen Partizipation genau

zum Gegenteil führt: einer radikalen Konditionierung des Betrachters durch das Werk, das ihn auf seine eigene Körper-Bild-Erfahrung zurückwirft." - eine Medienkunst der Verhaltensforschung.

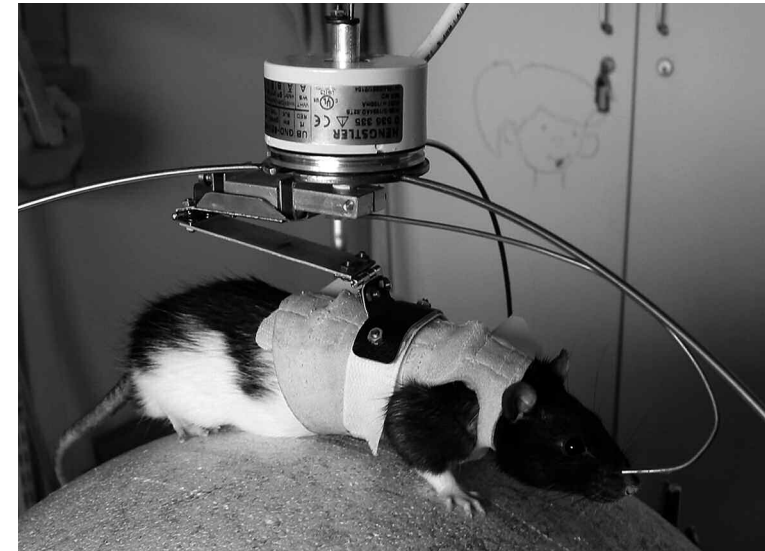
Ein mittlerweile als kanonisch geltendes Werk dieser Medienkunst ist *The Legible City* von Jeffrey Shaw: Der Betrachter sitzt auf einem Home-Trainer und kann durch Treten der realen Pedale eine Fahrt durch eine simulierte und projizierte Stadt aus Buchstaben unternehmen. Die Installation erinnert nicht nur oberflächlich an Versuchsaufbauten der psychologischen Forschung, wie dem Fahrradsimulator des Max-Planck-Instituts für biologische Kybernetik in Tübingen²⁸ - Versuchsaufbauten, von denen ebenfalls in Tübingen gezeigt wurde, dass sie auch als "Tretmühle" für Experimente mit Ratten in virtuellen Labyrinthen verwendbar sind.²⁹ Vor diesem Hintergrund wundert es wenig, wenn die Kritik an solcher Medienkunst als Kritik an den Experimentalsystemen der Verhaltensforschung erscheint. So schreibt Florian Cramer über *The Legible City*: "Shaw erkennt weder den Illusionscharakter seiner Arbeit, noch ihre Struktur eines künstlichen behavioristischen Systems, in dem Körper und Technik in ein prekäres Verhältnis wechselseitiger Kontrolle treten. Es ist die Maschine, die hierbei gewinnt, weil sie den Aktionsrahmen vorgibt und vom Fahrradfahrer nicht umprogrammieren werden kann."³⁰ Cramer misstraut *The Legible City*, so scheint es, aus zwei Gründen: Weil sie erstens eine gemachte Illusion liefert, ist sie Fakt und "digitaler Schein" in Flussers Sinne. Weil sie zweitens einen Aktionsrahmen vorgibt, ist sie - obwohl eingebettet in "ein System wechselseitiger Kontrolle" - letztlich unkontrollierbar. So wie Export Zuschauer und Leinwand als Partner eines Spiels sieht, dessen Regeln der Regisseur bestimmt, sieht Cramer Fahrradfahrer und Projektion hier als Teil eines Spiels, dessen Regeln der Programmierer diktiert.

Diese Kritik trifft im Kern genauso auf *The Legible City* wie auch auf *Pong*, *Ping Pong* oder den *Anti-Aircraft Predictor* zu. Sie ist als generelle Kritik des Ortes zu verstehen, an dem die Udinge in Erscheinung und Aktion treten: Sie ist eine Kritik am *Interface* oder der Schnittstelle.

Udinge in Aktion: Schnittstellen

Tatsächlich sind wir, wenn wir es mit Udingen zu tun haben, weit weniger haltlos, als Flusser das beschreibt. Informationen, obwohl ihrem Wesen nach immateriell und unbegreiflich, treten uns schon immer in der materiellen und ganz buchstäblich greifbaren Form ihrer Schnittstelle entgegen.

Klassisch geschieht dies, wenn die Hardware eines Computers Informationen als Spuren im Material hinterlässt - sie in Lochkarten stanzt oder auf Papier druckt, sie mittels Elektronenstrahl auf Braunsche Röhren zeichnet oder in die Vibration eines Lautsprechers übersetzt. Nötig wurden solche Schnittstellen, als durch die Radikalisierung der Entkopplung von Funktion und Material in den heutigen Computern, die digitalen Informationen fast vollständig von ihrer materiellen Basis gelöst wurden. Diese Entkopplung macht die ständige Rücktransformation von Information ins Materielle und damit Wahrnehmbare notwendig. Obwohl diese Transformation traditio-



Versuchsaufbau Rats are able to navigate in virtual environments

nell mittels Druckern, Monitoren oder Lautsprechern erfolgt, ist die Zahl der Möglichkeiten Spuren zu hinterlassen mittlerweile explodiert und man sollte vielleicht allgemeiner formulieren: Schnittstellen lassen Informationen kausal wirksam werden, Udinge treten also an der Schnittstelle in Aktion. Diese Wirksamkeit kann sich von Spuren auf Papier bis hin zum Verhalten eigenaktiver Dinge erstrecken. Der Umgang mit Informationen findet daher immer in zwei Materialdimensionen statt: Einerseits befinden sie sich immateriell und unsichtbar innerhalb von Computern, andererseits existieren sie immer in Verschränkung mit den Teilen der Computer, die sie materialisieren und wirksam werden lassen.³¹ Die Form der Materialisation an Schnittstellen ist dabei aber nicht im Wesen der Informationen selber begründet, dem semiotischen Konzept des *Symbols* entsprechend ist sie beliebig: Es besteht kein natürlicher Zusammenhang zwischen Udingen und der Form, in der sie in Erscheinung treten. Jede Darstellung von Information ist *zwangsläufig* illusionistischer, digitaler Schein.

Dieser Schein ist allerdings auch manipulierbar - weil Schnittstellen nicht nur re-materialisieren, was an flüchtiger Information im Inneren symbolischer Maschinen vorliegt, sondern auch Nutzereingaben (oder Umwelt) de-materialisieren. Sie verwandeln Handlungen in Entscheidungen und damit Informationen - und erfordern daher zumindest das Drücken von Knöpfen.

Zwar waren und sind diese Schnittstellen oft so, dass sie das Bild einer "zahnlose[n] Menschheit, die in liegender Stellung lebte, und das, was von ihrem vorderen Glied

geblieben ist, dazu benützte, auf Knöpfe zu drücken” nahe legen. Dieses Bild ignoriert aber zum einen, dass “greifbare” Schnittstellen³² zwar erst seit den späten 1990er Jahren unter diesem Begriff verhandelt werden, tatsächlich aber keine Erfindung der 1990er Jahre sind, sondern dass vielmehr die erste grafische Schnittstelle eines Digitalrechners überhaupt über eine *Light-Gun* verfügte. Am *SAGE* System ließen sich bereits um 1950 Undinge in ihrer symbolischen - also zwangsläufig illusionistischen - Darstellung mit einem Lichtgriffel greifen und begreifen.³³

Zum anderen ignoriert dieses Bild, dass auch die klassischen Schnittstellen, die das Bild einer zahnlosen Menschheit heraufbeschwören, durchaus *behandelt* wurden und werden. Die Hände und der gesamte Körper verschwinden also vorerst nicht in einem körperlosen *Cyberspace*. Grund dafür sind aber weniger die neuen *verkörperten* Interaktionen von Schnittstellen wie der *Wii*, sondern die Tatsache, dass er nie im Verschwinden begriffen war. Durch Denkmodelle wie dem der Kognitionswissenschaften ist er lediglich übersehen worden. Das oft übersehene Behandeln der Schnittstellen, wird sich hier aber als Schlüssel zu den Fragen danach erweisen, was die Undinge gespenstisch und den *Anti-Aircraft Predictor* unheimlich macht und wie Flussers umgekehrte Abstraktion verlaufen könnte, dank der die Undinge wieder in den Griff zu bekommen sind.

(Eigen-)Verhalten: Wie Objekte und Sachen entstehen

Wiener selbst liefert einen wertvollen Hinweis darauf, was das Unheimliche am *Anti-Aircraft Predictor* ausmacht: “Der halb scherzhafte Aberglaube an den bösen Geist unter den Fliegern stammte wahrscheinlich, wie alles andere auch, daher, daß sie eine Maschine mit vielen eingebauten Rückkopplungsschleifen bedienten, die als freundlich oder feindlich interpretiert werden konnten. Die Flügel eines Flugzeugs sind zum Beispiel absichtlich so gebaut, daß sie das Flugzeug stabilisieren, und diese Stabilisierung, die ja eine Rückkopplung ist, kann leicht als eine Persönlichkeit empfunden werden, gegen die man sich stemmen muß, wenn das Flugzeug zu ungewöhnlichen Manövern gezwungen ist.”³⁴

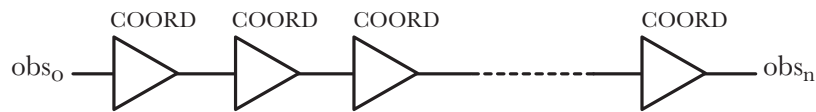
Das Unheimliche am *Anti-Aircraft Predictor* wäre damit, fasst man es als einen solchen bösen Geist auf, nicht, wie etwa Peter Galison vermutet, dessen Fähigkeit der Vorhersage, sondern vielmehr die Feedbackschleife, die er zwischen Pilot und Mechanismus aufbaut. Das gleiche träfe auf *The Legible City* und im Kern auf jede Schnittstelle zu. Nach Cramer gewinnen solche Mechanismen das Spiel, weil sie in einer Schleife wechselseitig ausgeübter Kontrolle stattfinden. Genau diese Schleife ist es, die die Kybernetik definiert: Die berühmten *Macy*-Konferenzen, bei denen die wichtigsten Vertreter von Kybernetik und früher Informatik (aber auch von Sozialwissenschaften und Biologie) zusammen kamen, wurden erst spät in *Cybernetics* umbenannt, nachdem sie jahrelang den Namen *Circular Causal and Feedback Mechanisms in Biological and Social Systems* trugen. In rückgekoppelten Systemen wird Kausalität grundsätzlich zirkulär, da sich innerhalb einer Schleife der *closed loop control* keine Ursache dingfest machen lässt. So lässt sich zum Beispiel nicht sagen, ob ein ausweichendes Flugzeug im Zielanflug das Verhalten eines Flugabwehrgeschützes verursacht, oder

ob seine Flugbahn durch dessen Feuer erst erzeugt wird. In solchen Fällen ist lediglich dann von außen eine Wirkung sichtbar, wenn sich innerhalb der Schleife stabile Gleichgewichtszustände bilden - etwa wenn der *Electronic Negative Feedback Amplifier* die Nichtlinearitäten und Schwankungen einer Vakuumröhre ausgleicht und dadurch eine stabile lineare Verstärkung erzeugt.

Während bereits Wiener und Bigelow der Überzeugung sind, dass Feedback und zirkuläre Kausalität Grundlage einer neuen Verhaltensforschung sein müssen, sollen diese Konzepte in der Nachkriegszeit noch einmal an Bedeutung gewinnen - und schließlich nicht nur in der modernen Regelungstechnik sondern auch im philosophischen Konstruktivismus und der Systemtheorie aufgehen. Für Heinz von Foerster markiert der Blick auf zirkuläre Organisation gar den Übergang zu einer neuen Epistemologie: von einer im Sinne der *open loop control* offenen Epistemologie externer Beobachter hin zu einer geschlossenen der *closed loops*, die den Beobachter in die Beobachtung einbezieht. Diese Idee ist als “Kybernetik zweiter Ordnung” berühmt geworden.

Vor dem Hintergrund einer solchen geschlossenen Epistemologie verschiebt sich das Konzept der Kognition entscheidend: Nach der Informationsverarbeitungshypothese von Newell und Simon besteht Kognition im wesentlichen aus zwei Prozessen, die in linearer Folge hintereinander geschaltet sind: Erstens nehmen wir wahr. Mit Hilfe der Sinne gelangen wir von den Dingen der Umwelt, dem *Input*, zu ihren Formen. Mit anderen Worten: Durch herkömmliche Abstraktion im Sinne Flussers entnehmen wir der Umwelt Informationen und verarbeiten sie. Zweitens handeln wir. Wir treffen auf Grund dieser Wahlmöglichkeiten Entscheidungen, die sich als *Output* manifestieren, wenn wir beispielsweise einen Knopf drücken. Ein zirkuläres Modell verknüpft Wahrnehmen und Handeln dagegen rekursiv mit sich selbst: Der Mathematiker Henri Poincaré hatte bereits um 1900 gezeigt, dass Bewegung notwendige und hinreichende Voraussetzung für die Wahrnehmung von Raum ist und dass damit “die Konstruktion von Wahrnehmung vom Prozeß der Veränderung der eigenen Sinneswahrnehmungen durch die Bewegung des Körpers und von der Korrelierung dieser Veränderung der Sinneswahrnehmung mit den willkürlichen Bewegungen abhängig ist.”³⁵ Wenn Handlungen so unmittelbar am Wahrnehmungsprozess beteiligt sind, lassen sich beide nicht mehr vernünftig voneinander trennen und fallen in einen einzigen Akt sensomotorischer Koordination zusammen. Auf den Punkt gebracht bedeutet das: “Wahrnehmen ist Handeln”³⁶. Und wird so unter dem scheinbaren Oxymoron *active perception* seit kurzer Zeit auch innerhalb der Kognitionswissenschaft diskutiert.³⁷

Was einem Beobachter von außen als Handlungen eines Subjektes erscheint, ist also untrennbar mit dessen nicht beobachtbarer sensomotorischer Koordination verknüpft. In Anlehnung an eine Arbeit des Psychologen Jean Piaget, fasst von Foerster diesen Zusammenhang aus objektivem Verhalten und subjektiver Koordination als rekursive Funktion in einem mathematischen Kalkül zusammen.³⁸ Dieses Kalkül formalisiert die Idee, dass jede beobachtbare Handlung Folge der vorangegangenen Koordination

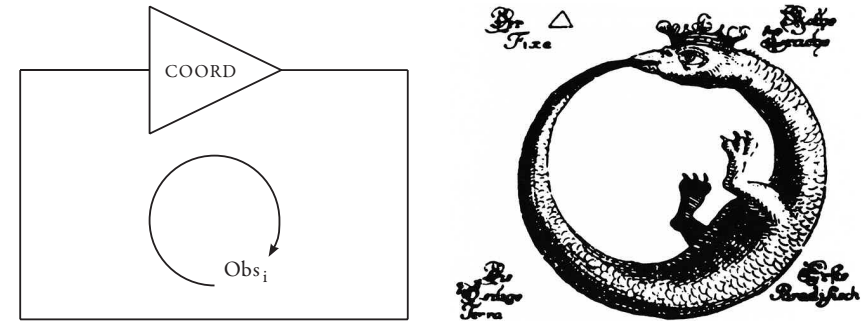


Wahrnehmbare Handlung (obs) und sensomotorische Koordination (COORD) miteinander verkettet.

ist - und die wiederum Folge der vorangegangenen Handlung (siehe Abbildung links). Durch die Verwendung eines mathematischen Formalismus kann von Foerster nun aber allgemeine Aussagen über die Dynamik der Abfolge von Handlungen und Koordinationen machen: Wird die Berechnung einer rekursiven Folge unendlich lang fortgesetzt, können stabilen Werte entstehen. Errechnet ein rekursiver Ausdruck so zunächst nur jeden Wert als Folge des vorherigen, errechnet er im Fall eines solchen stabilen Werts diesen als Folge seiner selbst - und ist damit selbstreferentiell oder selbstdefinierend geworden.

Werte die in diesem Sinn selbstdefinierend sind, nennt von Foerster Eigenwerte (andere Ausdrücke sind dynamisches Gleichgewicht, Grenzyklus oder Attraktor) und zeigt unter anderem, dass Eigenwerte diskret sind, sich in einem zirkulären Prozess selbst bestimmen oder hervorbringen und dabei Geschlossenheit erzeugen (siehe Abbildung rechts). Ein griffiges Beispiel für solche Selbstreferentialität ist der Satz "This sentence has ... letters." Zwei Eigenwerte machen ihn zu einer wahren Aussage: "thirty-one" und "thirty-three." Dabei ist egal, welches Zahlwort man anfangs in den Satz einsetzt. Zählt man, wie viele Buchstaben der Satz enthält und setzt man diese Zahl rekursiv in den Satz ein, landet man unweigerlich irgendwann bei einem dieser beiden Eigenwerte - die sich somit selbst hervorbringen.³⁹

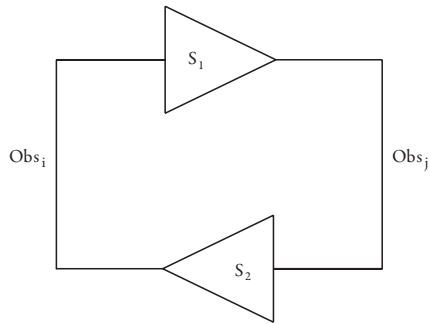
Die Eigenwerte eines rekursiven Kalküls der Mathematik lassen sich nun wieder auf das ursprüngliche Problem von Handlung und Koordination übertragen: Als Teil



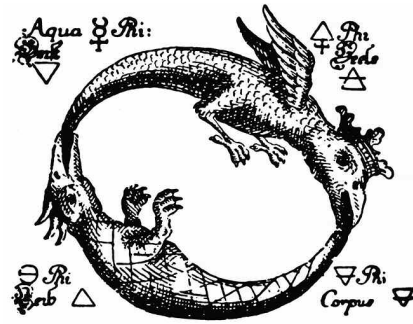
Eigenwerte erzeugen topologisch Geschlossenheit. "Und dies ist gleichbedeutend mit der Schlange, die sich in den Schwanz beißt."

einer Umwelt, die ein Stück weit bestimmt, was in ihr machbar ist, wird ein Subjekt seine Handlungen immer wieder neu auf diese Umwelt einrichten, bis es irgendwann stabiles Verhalten erzeugen kann. Dieser Prozess wird einem Beobachter so erscheinen, als ob das Subjekt lerne "ein Objekt erfolgreich zu handhaben", argumentiert von Foerster. Paradoxerweise ist dieses Objekt aber nur als Verhalten des Subjektes zu beobachten. Objekte entsprechen damit den sich in ihrer Behandlung selbstbestimmenden Eigenwerten der wiederholten sensomotorischen Koordination. Sie werden, so von Foerster, zu "greifbaren Symbolen für (Eigen-)Verhalten" und verlieren ihre Objektivität: "Ontologisch können *Eigenwerte* und *Objekte* nicht unterschieden werden; und so ist es auch unmöglich, vom ontogenetischen Standpunkt zwischen stabilem Verhalten eines Subjektes und der Manifestation des *Begreifens* eines Objekts durch dieses Subjekt zu unterscheiden. In beiden Fällen sind *Objekte* ausschließlich in die Erfahrung der eigenen sensomotorischen Koordinationen eines Subjektes eingeschlossen, d. h. *Objekte* sind durchweg subjektiv!"⁴⁰

Wenn Flussler eine neue Abstraktion von den Dingen zu den Sachen fordert, meint er damit explizit, dass es nicht darum gehen kann zu irgendwelchen gegebenen, ursprünglichen Dingen zurückzukehren. Die Sachen, die Ziel der Abstraktion sein sollen, versteht er, wie erwähnt, als Teil einer Übereinkunft: "Gibt das Ding vor, objektiv da zu sein, so gibt die Sache zu, daß sie eine Stelle ist, wo menschliche Absichten zusammenstossen."⁴¹ Flusslers Sachen erhalten ihre Objektivität also erst durch einen kommunikativen Kontext, und nur die Übereinkunft mit anderen bestimmt, dass und



Ein atomarer sozialer Kontext in dem "eine Schlange in den Schwanz der anderen Schlange beißt, so als ob es ihr eigener wäre."



wie diese Sachen existieren. Dementsprechend muss die Abstraktion vom Unding zur Sache die Undinge in einen sozialen Kontext einbetten: "Der Weg der neuen Abstraktion führt weg von der Information und hin zum anderen."

Ganz ähnlich geht auch von Foerster mit dem Problem um, dass in seinem Modell Objekte in die Erfahrung von Subjekten eingeschlossen sind: Verknüpft man zwei Subjekte so, dass ihre Handlungen Eingang in die Wahrnehmung des jeweils anderen finden, erhält man einen "atomaren sozialen Kontext", in dem wiederum Eigenwerte entstehen können, "wenn das Eigenverhalten eines Beteiligten (rekursiv) das Eigenverhalten eines anderen generiert [...]; wenn Kognition ihre eigene Kognition durch die Kognition eines anderen errechnet".⁴² Wenn zwei Subjekte durch ihre Aktivität also stabile sensomotorische Koordination im jeweils anderen erzeugen, können die in die Handlung eingeschlossenen Objekte intersubjektiv existieren und erhalten eine gewisse Objektivität. Die so objektivierten Objekte bei von Foerster entsprechen damit den Sachen im Sinne Flussers. Es sind Objekte in Übereinkunft mit dem anderen.

Sieht man hinter dem Unheimlichen am *Anti-Aircraft Predictor* Wieners bösen Geist der Rückkopplung am Werk, erscheint die Kritik an der Schnittstelle, wie sie von Export, Daniels oder Cramer geäußert wurde, in einem neuen Licht. Für diese Kritik sind Schnittstellen vor allem eines: Systeme, die einen Rahmen für Handlungen errichten, für den Handelnden letztlich aber unkontrollierbar bleiben. Wie der *Anti-Aircraft Predictor*, der das eingangs beschriebene Spiel zumindest im Bereich einer

Sekunde gewinnt, scheinen sie generell das Spiel innerhalb dieses Handlungsrahmens zu gewinnen. Als böse Geister, gegen die man sich stemmen muss, sind sie ebenso unheimlich. Auch Flussers Misstrauen gegenüber den gespenstischen Undingen hängt vielleicht weniger stark mit dem Illusionscharakter des digitalen Scheins zusammen, als mit der Angst auf der Seite derer zu stehen, die von den Undingen kontrolliert werden: Flusser spricht hier von einer "Spaltung der Gesellschaft in wenige Programmierer [...] und viele Programmierte."⁴³ Schnittstellen sind dann weniger unheimlich, weil sie die gemachten und gespenstischen Informationen wirksam werden lassen, sondern vielmehr, weil sie uns in einer Feedback-Schleife zirkulärer Kausalität die Kontrolle zu nehmen scheinen - und uns zum Partner eines Spiels machen, dessen Regeln ein Programmierer bestimmt.

Gleichzeitig ist zirkuläre Kausalität aber Voraussetzung für die neue Abstraktion zurück zur Sache, die Flusser verlangt. Wenn wir uns an Schnittstellen halten können, dann, weil sie uns etwas entgegensetzen. Der Feedback-Loop, den sie errichten und der durch ihre Benutzung aufrecht erhalten wird, entspricht der rekursiven Behandlung der Umwelt, die Objekte erst hervorbringt. An Schnittstellen treten die flüchtigen und immateriellen Informationen also nicht nur in Aktion, sie werden sozusagen auch in Aktion getreten. Dass die virtuellen Welten gemacht sind, bedeutet dann nicht so sehr, dass hinter ihnen ein Programmierer als Hersteller zu finden ist, vor allem bedeutet es, dass sie sich subjektiv in ihrer Behandlung, also im Machen, erst manifestieren. Gerade dass hier ein konditionierender Handlungsrahmen aufgespannt wird, ist dann Voraussetzung dafür, dass Undinge über das Eigenverhalten, das am Ort ihrer ständigen Re- und Dematerialisierung entsteht, zu Objekten und schließlich Sachen werden können.

Tatsächlich sind für von Foerster die Eigenwerte eines rekursiven Kalküls nichts anderes als Abstraktionen: "Da gewöhnlich eine große Menge von Ausgangsbedingungen auf einen einzigen Gleichgewichtszustand [also: Eigenwert] abgebildet wird, läßt sich dieser Gleichgewichtszustand als eine dynamische Repräsentation einer Menge von Ereignissen auffassen, und in einem multistabilen System kann daher jeder Zyklus als eine *Abstraktion* dieser Ereignisse gesehen werden."⁴⁴ Flussers umgekehrte Abstraktion, die ja von den Undingen ausgeht und zurück zur Sache führt, läßt sich so im Handeln verankern: Sie beginnt mit der rückgekoppelten Behandlung von Undingen an der Schnittstelle. So wie Feedback es den Ingenieuren erlaubt, Abstand vom Material zu gewinnen, erlaubt hier die Rückkopplung zwischen Undingen und ihren Benutzern die neue Abstraktion: die Undinge aus dem Abstand in den Griff bekommen.

Als Ivan Sutherland 1968 das erste *Head-Mounted Display* konstruiert und testet, bemerkt er, dass die Benutzer des Systems ganz von alleine die Positionen im Raum einnehmen, die für das *richtige* Sehen der simulierten 3D-Umgebung notwendig sind: "Users naturally moved to positions appropriate for the particular views they desired."⁴⁵ Das Gerät stellt eine simulierte Welt dreidimensional auf einer Datenbrille dar. Der Benutzer kann sich mit der Brille bewegen und so verschiedene Positionen

und Blickrichtungen einnehmen, wobei sich die Darstellung der virtuellen Umgebung an die Bewegung anpasst. Der Realismus dieser so rückgekoppelten Darstellungsform ist augenscheinlich nicht nur eine Frage der korrekten stereoskopischen Darstellung, sondern Folge des entstehenden Verhaltens - ein Verhalten, bei dem Seh- und Handlungsgewohnheiten operativ in die Bilderzeugung einfließen. Dies wird auch dann deutlich, wenn man in der Installation *Sensobotanics* einer Pflanze beim Spielen von *Far Cry* zusieht. Ist der *First-Person Shooter Far Cry* eigentlich berühmt für die fotorealistische Darstellung der Spielwelt - insbesondere ihrer Flora, so bricht dieser Realismus zusammen, sobald die elektrische Aktivität der Pflanze das Spielgeschehen kontrolliert. Ohne dass menschliche Seh- und Handlungsgewohnheiten wirksam werden, erzeugt die Rückkopplung von Spiel und Pflanze Eingaben in das Spiel, die repetitiv und wenig *appropriate* sind, und die dessen Ausgaben ins Unrealistische kippen lassen.

Undinge werden demzufolge durch ihre Behandlung an Schnittstellen zu Objekten - und das auch dann, wenn es um so etwas Konkretes wie die realistische Darstellung virtuellen Raumes geht. Da Rückkopplung Voraussetzung für das Begreifen der Undinge ist, denen wir ansonsten haltlos gegenüber stünden, wundert es nicht, dass das oben genannte erste interaktive Rechnersystem von den ebenfalls oben genannten Experten für Feedback konstruiert wurde: Der Prototyp des *SAGE* entstammt dem *Servo-mechanics Lab* des *MIT*, dessen Arbeit in der des *Electrical Engineering Department* begründet liegt. Wir informieren Maschinen also nicht nur, damit sie, wie Flusser es beschreibt, als produzierende Maschinen eine Flut von Dingen ausspeien - eine Flut, die die Dinge schließlich zugunsten der Undinge entwertet -, wir informieren Maschinen auch, damit sie uns als eigenaktive Dinge etwas entgegensetzen. Deshalb erst können wir uns an die Undinge halten. Schnittstellen bringen folglich nicht nur Handlungen hervor, die sie letztlich kontrollieren. Im Sinne zirkulärer Kausalität sind diese Handlungen auch Ursache der Schnittstellen.

Die Handlungen, die wir mit Undingen ausführen, werden durch die Informatik traditionell mit dem Fachausdruck "Interaktion" bezeichnet. Im Verständnis der Informatik ermöglichen Schnittstellen Interaktion. Im Verständnis einer Kritik der Schnittstelle als konditionierender Handlungsrahmen erzeugen sie diese. Vor dem Hintergrund einer Kybernetik der Schnittstelle gilt davon auch die Umkehrung: Interaktion erzeugt Schnittstellen. Von den Undingen zurück zur Sache kommt man also ganz ähnlich, wie die Ingenieure der *Bell Laboratories* und des *MIT* ihr Material in den Griff bekommen konnten: Man muss sich auf sie einlassen und mit beiden Materialdimensionen symbolischer Maschinen in den Dialog treten: damit herumspielen, sie reflektieren und das kommunizieren.

1 Peter Galison, *Die Ontologie des Feindes: Norbert Wiener und die Vision der Kybernetik*, in: *Räume des Wissens: Repräsentation, Codierung, Spur*, Hans-Jörg Rheinberger, Michael Hagner, Bettina Wahrig-Schmidt (Hrsg.), Akademie Verlag, Berlin 1997, S. 291 **2** Norbert Wiener, *Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine*, 2nd edition, MIT Press, Cambridge 1961, S. 5 **3** Zu den mathematischen Details des Systems vergl. Stuart Bennett, *A History of Control Engineering 1930-1955*, Peter Peregrinus Ltd, Hitchin 1993, S. 170-181 **4** Vergleiche der Ansätze von Wiener und einem Team der *Bell Laboratories* finden sich in Axel Roch und Bernhard Siegert, *Maschinen, die Maschinen verfolgen: Über Claude E. Shannons und Norbert Wiensers Flugabwehrsysteme*, in: *Konfigurationen: Zwischen Kunst und Medien*, Sigrid Schade, G C. Tholen (Hrsg.), Fink, München 1999, S. 219-230 **5** Wiener a.a.O., S. 11 **6** Zu Blacks Arbeit in den *Bell Laboratories* vergl. Bennett a.a.O., S. 70-96 **7** Zur Arbeit am *Electrical Engineering Department* vergl. Bennett a.a.O., S. 97-114 **8** Claus Pias zitiert hier Larry Owen: "Und seine Berechnungen bestehen, wie Owen so treffend schreibt, genauer gesagt darin (to) *kinetically act out the mathematical equation*", Claus Pias, *Computer Spiel Welten*, Dissertation, Bauhaus-Universität, Weimar 2000, S. 45 **9** Benett a.a.O., S. 101 **10** Benett a.a.O., S. 103 **11** Galison a.a.O., S. 288 **12** Vergl. hierzu Bennett a.a.O., S. 100 **13** Bennett a.a.O., S. 108 **14** Galison a.a.O. S. 289, Hervorhebung im Original **15** Zum *Hunting* vergl. Wiener a.a.O., S. 7-8 **16** Zitiert nach Galison a.a.O., S. 297 **17** Bennett a.a.O., S. 179 **18** Galison a.a.O., S. 296 **19** Zum digitalen Schein vergl. Vilém Flusser, *Medienkultur*, Fischer, Frankfurt am Main 2002, S. 202-215 **20** Zu Dingen, Undingen und Sachen vergl. Flusser a.a.O., S. 185-189 **21** André Leroi-Gourhan, *Hand und Wort: Die Evolution von Technik, Sprache und Kunst*, Suhrkamp, Frankfurt am Main 2000 **22** Vergl. hierzu Leroi-Gourhan a.a.O., S. 167-168 **23** Vergleiche zum Beispiel: Allen Newell, *Information Processing: A new Technique for the Behavioral Sciences*, Dissertation, Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh 1956 **24** Zitiert nach Stuart Card und Thomas Moran, *User Technology: From Pointing to Pondering*, in: *Proceedings of the ACM Conference on the History of Personal Workstations*, 1986, S. 183 **25** Zu *Pong* und *Ping Pong* vergl. Andreas Lange: *Pong Mythos*, Förderverein für Jugend und Sozialarbeit e.V., Berlin 2006 **26** Zitiert nach Lange a.a.O., S. 24, konsequente Kleinschreibung im Original **27** Vergl. hierzu Dieter Daniels, *Strategien der Interaktivität*, in: *Medien Kunst Interaktion. Die 80er und 90er Jahre in Deutschland*, Rudolf Frieling und Dieter Daniels (Hrsg.), Springer, Wien, New York 2000, S. 142-170 **28** Vergl. Max-Planck-Institut für für biologische Kybernetik <http://www.kyb.tuebingen.mpg.de/projects.html?prj=101> **29** Christian Hölscher et al., *Rats are able to navigate in virtual environments*, *Journal of Experimental Biology*, Vol. 208, 2005, S. 561-569 **30** Zitat Cramer in einem Auszug seiner Dissertation auf der Mailingliste *Rohrpost*. Siehe *Rohrpost-Archiv* unter: <http://osdir.com/ml/culture.internet.rohrpost/2006-07/msg00039.html> **31** Vergl. hierzu Georg Trogemann und Jochen Viehoff, *Code@Art: Eine elementare Einführung in die Programmierung als künstlerische Praktik*, Springer, Wien 2005, S. 484-485 **32** Die Informatik spricht hier von *Tangible* oder *Graspable User Interfaces* **33** Für Details vergl. Robert Everett, *Whirlwind*, in: *A History of Computing in the Twentieth Century*, J. Howlett, Gian Carlo Rota und Nicholas Metropolis (Hrsg.), Orlando, Academic Press, 1980 **34** Zitiert nach Galison a.a.O., S. 300 **35** Heinz von Foerster, *Wissen und Gewissen, Versuch einer Brücke*, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1993, S. 275-276 **36** von Foerster a.a.O., S. 28 **37** Vergl. hierzu J. Kevin O'Regan, Alva Noe, *A Sensorimotor Account of Vision and Visual Consciousness, Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 24, 2001, S. 939-1031 **38** Vergl. hierzu und zum Folgenden vor allem von Foerster a.a.O., S. 103-115 **39** Weitere Beispiele siehe von Foerster a.a.O., S. 111-114 und 276-281 **40** von Foerster a.a.O., S. 109-110 **41** Flusser a.a.O., S. 189 **42** von Foerster a.a.O., S. 110 **43** Flusser a.a.O., S. 207 **44** von Foerster a.a.O., S. 167 **45** Ivan E. Sutherland, *A Head-Mounted Three-Dimensional Display*, ACM, New York 1968

Abbildungen

S. 64 Versuchsaufbau *Rats are able to navigate in virtual environments*, Lehrstuhl für kognitive Neurowissenschaften, Universität Tübingen, 2002 **S. 66** *Flugabwehrtechnologie zur Zeit Wieners*, aus Stuart Bennett, *A History of Control Engineering 1930-1955*, Peter Peregrinus Ltd, Hitchin 1993, S. 118 **S. 69** *Product Integraph*, adaptiert von Stuart Bennett a.a.O., S. 100 **S. 75** Valie Export, *Ping Pong, Ein Film zum Spielen - Ein Spielfilm*, 1968, Foto (s/w), © VALIE EXPORT, Courtesy Charim Galerie, Wien **S. 77** Versuchsaufbau *Rats are able to navigate in virtual environments* **S. 80** *Wahrnehmbare Handlung (obs) und sensomotorische Koordination (COORD)*, adaptiert von Heinz von Foerster, *Wissen und Gewissen, Versuch einer Brücke*, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1993, S. 106 **S. 81** Diagramm adaptiert von Heinz von Foerster a.a.O., S. 108 **S. 82** Diagramm adaptiert von Heinz von Foerster a.a.O., S. 110-111

Dank an Dr. Hansjuergen Dahmen, Lehrstuhl für Kognitive Neurowissenschaften, Universität Tübingen, für die Bereitstellung der Fotografien des Versuchsaufbaus *Rats are able to navigate in virtual environments*
und an Generali Foundation Wien und Valie Export.

Exzerpt aus Code und Material: Exkursionen ins Undingliche,
herausgegeben von Georg Trogemann, Springer WienNewYork 2010.
© 2010 Springer-Verlag/Wien. Alle Rechte vorbehalten.