



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

»Schnelles Sehen.

**Intelligente Videoüberwachungstechnologien,
der Wunsch des Zeitvorsprungs und
die Analyse von Körperbewegungen:
eine historische Entwicklung.«**

Verfasserin

Iris Meyer

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Philosophie (Mag. phil.)

Wien, im Februar 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 296

Studienrichtung lt. Studienblatt: Philosophie

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Claus Pias

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	7
Smarte Kameras	8
Gegenstand und Ziel der Arbeit	10
Intelligente Videoüberwachung als Gegenstand der Kulturwissenschaft	11
Der Wunsch des Zeitvorsprungs	14
Übersicht der einzelnen Kapitel	15
1. Zergliederte Bewegung	19
1.1 Wie der Wunsch des Zeitvorsprungs eine Bewegungswissenschaft <i>avant la lettre</i> gebiert	19
Die Schlacht von Jena und Auerstedt	20
Über das Marionettentheater	22
1.2 Der Beginn der wissenschaftlich-experimentellen Bewegungs- wissenschaft im 19. Jahrhundert	26
Die Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge	26
Eine <i>reine</i> Theorie des <i>natürlichen</i> Gehens	29
1.3 Die Entdeckung der <i>temps perdu</i>	32
Ungleichzeitige Sternbeobachtung	33
Zwischen Reiz und Reaktion	34
1.4 <i>Still</i> gestellte Bewegung	42
Auf der Suche nach der »verlorenen Zeit«	42
Serien- und Momentphotographie	46
Chronophotographie	54
2. Optimierte Bewegung	61
2.1 The »one best way to do work«	61
Real-körperliche Interventionen	66

Cyclographie	68
2.2 SchriftTanz	73
Arbeitsrhythmus & Work Performance	78
Antriebsschrift	81
2.3 Biokybernetik	84
Kymocyclographie	85
Rückkopplungsschleifen	90
Dechiffrierbare Bewegung	96
3. (Für-) Wahrgenommene Bewegung	99
3.1 Point Light Displays	99
3.2 Eine Verzögerung von einer halben Sekunde	105
3.3 Adaptives Unbewusstes	111
Thin-Slicing	113
Unbewusster Zeitvorsprung	116
3.4 Maschinelles Unbewusstes	117
Kampf ums Überleben	120
Automatic Gait Recognition	124
3.5 Maschinelles Sehen	125
Motion Segmentation	127
Object Classification	134
Gait Cycle Detection	140
Feature Extraction	140
Recognition	144
3.6 Lässt sich der Zeitvorsprung unbewusster Prozesse in Maschinen realisieren?	145
Reduktion der Komplexität	146
Pattern Recognition als Vor-Urteil	148
Resümee	155

Abbildungsnachweis	159
Literaturverzeichnis	163
Anhang	173
Dank	175
Lebenslauf	177
Abstract	179

Einleitung

»In Lessings *Emilia Galotti* sagt ein Maler, vor der Schönheit seines Modells kapitulierend: »Ha! dass wir nicht unmittelbar mit den Augen malen!« Der Stoßseufzer der Sicherheitstechnologen unserer Tage lautet: Ha! dass wir nicht unmittelbar mit den Augen eingreifen, festhalten, töten!«

(Peter Kuemmel)

Am 11. September 2001 fliegt der *American-Airlines-Flug Nummer 11* in den Nordturm des *World Trade Centers*. Nur kurze Zeit später schlägt ein weiteres Flugzeug in den Südturm ein. Allmählich wird klar: dies ist kein Unfall, sondern ein gezielter Angriff. Es ist 9.03 Uhr (Ortszeit).

Rund drei Stunden vor den schrecklichen Anschlägen, um 5.45 Uhr (Ortszeit), waren zwei der mutmaßlichen Flugzeugentführer bereits bildlich erfasst. Überwachungskameras am Flughafen von Portland hatten die zwei Attentäter, Mohammed Atta und Abdulaziz al-Omari, gefilmt, als sie die dortige Sicherheitschleuse passierten.

Glaubt man Befürwortern von Überwachungstechnologien, so soll Videoüberwachung vor allem der allgemeinen Sicherheit dienen. Sie soll Verbrechen und Straftaten verhindern; Bürgern Schutz und Geborgenheit geben. Das Überwachungsbild vom 11. September führt jedoch eindrücklich vor Augen, dass dieses zentrale Versprechen nicht erfüllt werden konnte. Doch warum?

Wenn Videoüberwachung Verbrechen verhindern soll, so aus dem Grund, dass sie abschreckend wirkt. Sie setzt auf die Angst der Subjekte, bei etwas beobachtet zu werden, wobei man besser nicht gesehen wird. Ununterbrochen zeichnen sie das laufende Geschehen auf. Sollte jemand etwas Verbotenes tun, so kann er davon ausgehen, dass die von ihm aufgenommenen Bilder der Polizei übergeben und zu seiner Identifizierung herangezogen werden. Am Ende, so die Drohung der Kameras, werden wir dich schnappen und deiner gerechten Strafe überführen. Damit dieser Abschreckungseffekt in der Praxis wirksam wird, bedarf es allerdings (mindestens)¹ zweier Voraussetzungen: Erstens muss es die Möglichkeit des Beobachtet-Werdens geben oder - umgekehrt formuliert - es darf nie die Si-

¹ Daneben lassen sich noch weitere Voraussetzungen ins Treffen führen: So geht der Abschreckungseffekt beispielsweise von rationalen Tätern aus, die die Folgen ihres Handelns bereits im Voraus bedenken. Werden Taten hingegen im Affekt begangen, so üben Kameras keinerlei abschreckende Wirkung aus. Vgl. dazu auch: Kammerer (2008), S. 76.

cherheit des Sich-Unbeobachtet-Fühlens entstehen. Ob nun tatsächlich die ganze Zeit über beobachtet wird, oder bloß Warnhinweise wie »Achtung! Videoüberwachung!« oder scheinbar funktionierende Kameras zum Einsatz kommen, ist dabei nebensächlich. Ausschlaggebend ist allein die Vermutung des potentiellen Delinquenten, jederzeit vom elektronischen Auge erfasst werden zu können. Und zweitens muss es die Möglichkeit geben, für verbotenes Verhalten bestraft zu werden. Fehlt eine dieser beiden Prämissen, scheitert der Abschreckungseffekt: wenn also, wie im ersten Fall, bekannt wird, dass die installierten Überwachungskameras bloße Dummies sind, oder man, wie im zweiten Fall, mit Sicherheit davon ausgehen kann, dass einem im Falle des Beobachtet-Werdens keinerlei Konsequenzen drohen.

Am 11. September 2001 konnten die Kameras den Anschlag nicht verhindern, weil sie keine abschreckende Wirkung auf die Täter ausübten. Mohammed Atta und Abdulaziz al-Omari hatten keine Angst vor dem Beobachtet-Werden, denn es war ihnen ohnehin bewusst, dass sie ihre Straftat nicht überleben würden. Die Drohung, für ihre Verbrechen zur Rechenschaft gezogen zu werden, funktionierte nicht, weil es für sie kein Nachher mehr gab. Was versagte, waren also nicht die Kameras, sondern die dem Abschreckungseffekt zugrunde liegende Logik. Die kausale Kette »Beobachtung - Alarmierung der Polizei - Auslösung eines Einsatzes - Bestrafung des Täters“ stellt für jemanden, dessen Ende bereits gewiss ist, keinerlei Bedrohung dar.

Für Amerika, insbesondere die US-Regierung, war diese Einsicht mehr als ernüchternd. Jahrelang hatte man in Überwachungskameras und dem damit verbundenen Sicherheitsversprechen investiert - und auch wenn sich dadurch relativ gute Erfolge bei der Prävention von Delikten wie Sachbeschädigung oder Vandalismus erzielen ließen -, der katastrophale Terroranschlag, vor dem man die Bevölkerung auf alle Fälle hätte beschützen wollen, konnte mittels Videoüberwachung nicht verhindert werden.² Und genau das musste sich nun ändern.

Smarte Kameras

Wollte man ein weiteres 9/11 verhindern, so war sich die US-Regierung einig, mussten die Überwachungskameras den neuen Erfordernissen schnellstens an

² Empirische Studien zur Wirksamkeit von Videoüberwachung scheinen zu bestätigen, dass »sach- oder ortsbezogene Straftaten wie Autodiebstahl oder -aufbruch, Ladendiebstahl, Einbruch, Sachbeschädigung oder Vandalismus mit ihrer Hilfe relativ gut in den Griff zu bekommen« sind. [Kammerer (2008), S. 76].



Abb. 1: Mohammed Atta und Abdulaziz al-Omari beim Durchqueren der Sicherheitsschleuse.

gepasst werden: sie mussten auch auf Selbstmordattentäter eine abschreckende Wirkung ausüben. Nichts schien dazu geeigneter zu sein, als beim Punkt ihres Scheiterns anzusetzen und die dem Abschreckungseffekt zugrundeliegende Logik, bei der die Bestrafung am Ende steht, umzukehren. Handeln, das keinerlei Konsequenzen nach sich zieht, durfte es nicht mehr geben. Anstelle der alten Kameras und ihrer Drohung: »Überlege dir gut, was du tust, denn *später* werden wir dich doch dafür bestrafen!« sollte nun eine neue Generation von Überwachungskameras treten, deren adaptierte Botschaft lautete: »Denk erst gar nicht daran, etwas Verbotenes zu tun, denn *früher* werden wir dich doch schnappen! Und das heißt: noch bevor du Gelegenheit hast, dein gefährliches Vorhaben in die Tat umzusetzen.«

Zu diesem Zweck war es erforderlich, die Videoüberwachung »intelligenter« zu machen und die bisher »blinden« Augen der Kameras mit Sehfunktionen auszustatten. Bilder sollten nicht mehr bloß *auf-genommen* und für einen späteren Gebrauch abgespeichert, sondern *wahr-genommen* werden - der Feind und die drohende Gefahr nicht mehr erst im Nachhinein, sondern »augenblicklich« erkannt und gesehen werden. Denn damit würde die Videoüberwachung in dem Moment wirksam werden, wo es noch eine Möglichkeit zum Handeln gibt; wo man den Täter aufhalten und zur Rechenschaft ziehen kann. Maschinelle Bildinterpretation, so war man überzeugt, würde genau dies ermöglichen: sie würde das bisher Unvorhersehbare vorhersehbar machen, so dass sich gleichsam dem von Philip K. Dick entworfenen fiktionalen Überwachungsszenario *Minority Report* aus dem Jahr 1954 von nun an Verbrechen und Gewalttaten verhindern ließen, noch bevor sie überhaupt stattgefunden haben.

Gegenstand und Ziel der Arbeit

Videoüberwachung, die im Zeichen dieser neuen Logik steht, ist unter dem Namen der *smart surveillance* bekannt. Im Unterschied zu herkömmlichen Überwachungskameras verspricht dieser neue Typus von Kameras »intelligenter« zu sein, weil sie das Geschehen nicht mehr bloß aufzeichnen und für eine mögliche spätere Strafverfolgung dokumentieren, sondern in Echtzeit analysieren und interpretieren. Sie stehen ihrer Umwelt nicht mehr als »blinde« und »passive« Registriergeräte gegenüber, sondern als »sehende« Akteure, die - so zumindest der Wunsch - »aktiv« werden und Alarm schlagen, sobald ein Täter die Bildfläche betritt. Dazu werden die vom Kameraauge eingefangenen Bildsignale zunächst auf Festplatten oder andere Speichermedien geschrieben, wo sie dann von spezi-

ellen Algorithmen, die für die »intelligente« Deutung der Bildinhalte zuständig sind, ausgelesen und verarbeitet werden. Nachdem die Zahl der automatischen Bilderkennungsverfahren in den letzten Jahren rasant gestiegen ist, werde ich in meiner Arbeit exemplarisch zwei Programme heranziehen und näher beleuchten: Zum einen die *Automatic Gait Recognition* oder *Automatische Gangerkennung* und zum anderen die sogenannten *pro-aktiven* oder *vorhersagenden* Softwaremodelle.

Die *Automatic Gait Recognition* ist ein biometrisches Identifizierungsverfahren, das darauf zielt, Menschen anhand ihrer je spezifischen und einzigartigen Art und Weise des Gehens zu identifizieren. Dazu werten ihre Algorithmen die Körperbewegungen der Passanten aus: sie erheben Schritt- und Beinlängen, Hüftrotationen, Anzahl der Arm- und Beinschwünge, etc. und erstellen daraus ein Profil, das ebenso zuverlässig wie ein Fingerabdruck die Identität der jeweiligen Person widerspiegeln und als biometrisches Erkennungsmerkmal funktionieren soll. Auch die *vorhersagenden Softwaremodelle* analysieren die Bewegungen von Personen, allerdings nicht um individuelle Unterschiede festzustellen, sondern um typische von atypischen Bewegungen zu unterscheiden. Die *pro-aktiven Verfahren* sind am Verhalten der aufgezeichneten Personen interessiert. Sie rechnen aus den aktuellen und unmittelbar vergangenen Körperbewegungen einer Person, die darauf folgenden, zukünftigen Bewegungen hoch und schlagen Alarm, sobald sich jemand vom vorgegebenen, »normalen« Bewegungsmuster entfernt. Ihr Ziel ist es, »gefährliche« und »terroristische« Bewegungen zu entdecken.

Ich habe diese Verfahren gewählt, weil sie beide als *die* Lösung auf das strategische Sicherheitsproblem nach 9/11 erachtet wurden. Denn sie versprachen den Feind zu identifizieren (*Automatic Gait Recognition*) und seine feindliche Absichten aufzudecken (*pro-aktive Softwaremodelle*) - und das nicht erst im Nachhinein, sondern bereits im Vorhinein, also noch, bevor der Feind sich durch seine feindliche Tat als solcher zu erkennen gibt. Was sie versprachen, war also nichts anderes, als die Zukunft berechenbar und voraussehbar zu machen. Sie versprachen einen *Zeitvorsprung*.

Intelligente Videoüberwachung als Gegenstand der Kulturwissenschaft

Das wissenschaftliche Interesse an Videoüberwachung ist in den letzten Jahren stark gestiegen. Angefangen von der Medien- und Kulturwissenschaft, über die Kriminologie und Psychologie, bis hin zur Politik- und Rechtswissenschaft, ist momentan kaum eine Disziplin zu finden, in der das Thema nicht zur Debatte steht. Mit den *Surveillance Studies* hat sich jüngst sogar eine eigene Forschungs-

richtung etabliert, die ähnlich zu den *Gender Studies* die Ansätze aus den verschiedenen Fachbereichen zu vereinen versucht.³ Trotz des breiten wissenschaftlichen Interesses wird die Thematik aber meist unter ähnlichen Gesichtspunkten behandelt. Vor allem was die Auseinandersetzung in den Kulturwissenschaften betrifft, so wird das Thema fast ausschließlich unter dem Aspekt der »Überwachung« diskutiert. Meist geht es in Anlehnung an die Studien Foucaults um die disziplinierenden Effekte von Überwachungstechnologien, wo Fragen nach Macht und Herrschaft im Mittelpunkt stehen und Videoüberwachung nicht selten als urbane oder globale Verwirklichung des Panopticons gesehen wird. Dass es neben herkömmlicher Videoüberwachung auch smarte Überwachungstechnologien gibt, dieser Unterschied wird dabei nicht oder höchstens am Rande zur Kenntnis genommen. Und selbst in den wenigen kulturwissenschaftlichen Studien, die sich explizit mit dieser neuen Generation von Kameras auseinandersetzen, bleibt der enge Horizont der Debatte spürbar: entweder wird auf die physiognomische Dimension intelligenter Videoüberwachung verwiesen und gezeigt, wie rassistisch und diskriminierend beispielsweise biometrische Identifizierungsverfahren sind, wenn sie - ähnlich dem System Lombrosos - Kriminelle an bestimmten Körpermerkmalen erkennen wollen;⁴ Oder aber es wird versucht, diesen scheinbar »allmächtigen« Technologien ihren Schrecken zu nehmen, indem ihr Nicht-Funktionieren und praktisches Versagen demonstrativ zur Schau gestellt wird.⁵

Was aber den zeitlichen Aspekt dieser neuen Technologien betrifft, also jenen angestrebten Zugriff auf die Zukunft, so wird dieser zwar erwähnt, aber kaum eingehender untersucht. Dabei ist es gerade der Zeitvorsprung, der den entscheidenden Unterschied zwischen »old« und »new surveillance« markiert. Denn anstatt bloß Aufzeichnungen des aktuellen Geschehens zu liefern und damit ausschließlich Einblicke in die Vergangenheit zu gewähren, steht jetzt die noch nicht eingetretene Zukunft im Fokus der Kamera, die es mittels antizipierenden Blickes einzufangen und vorherzusehen gilt. Einmütig stellt man sich in der Kulturwissenschaft allerdings auf den Standpunkt, dass dieser Aspekt dennoch keiner näheren Auseinandersetzung bedarf. Schließlich sei das Bestreben, in die Zukunft zu blicken und zu wissen, was im nächsten Augenblick passiert, offensichtlich »phantasmatisch«⁶. Eine Illusion, die gemessen an der Wirklichkeit sowieso

³ Einen guten Überblick über die *Surveillance Studies* im deutschsprachigen Raum gibt Zurawski (2007).

⁴ So beispielsweise Andrejevic (2010), Gates (2006), Gates (2011) und Lyon (2003).

⁵ Vgl. dazu vor allem Kammerer (2008).

⁶ Kammerer (2008), S. 322

zum Scheitern verurteilt sei - oder wie es Peter McOwan, Informatiker an der Queen Mary Universität in London, mit verächtlichem Blick auf seine Kollegen, die sich um die Realisierung derartiger Sehmaschinen bemühen, auf den Punkt bringt:

«It's just like something from *Minority Report*. They have been watching too many Tom Cruise movies.»⁷

Das Lächerlichmachen verfehlt dabei aber nicht nur das zentrale Charakteristikum dieser neuen Überwachungstechnologien, sondern vergisst auch, dass die Entwicklung derartiger Systeme nicht von einzelnen, Sciencefiction-beseelten »Freaks« oder »Spinnern«, sondern Großteils von Professoren namhafter Universitäten vorangetrieben wird. Und auch die Ansicht, man habe es hier mit einem »kollektiven Irrsinn« zu tun, der die USA in ihrer verzweifelten Suche nach einem Ausweg aus den traumatischen Ereignissen des 11. September 2001 ergriff, ist von der Hand zu weisen. Denn erstens sind »intelligente« Videoüberwachungstechnologien alles andere als neu: sie sind zwar - zugegebenermaßen - erst im Zuge des »war on terror« und den seither zur Verfügung gestellten Forschungsgeldern in einem massiven Umfang gefördert und verbreitet worden, doch ihre Entwicklung setzte bereits in den 1990er Jahre ein. Und zweitens sind es nicht nur die USA, sondern eine Vielzahl von Ländern, die dem prophetischen Blick elektronischer Augen verfallen sind und jährlich Millionenbeträge in die Entwicklung und Erforschung derartiger Systeme investieren.⁸ Eine ernst gemeinte Auseinandersetzung mit smarten Überwachungstechnologien kann den Wunsch des Zeitvorsprungs nicht einfach seiner Lächerlichkeit überführen und ihn damit als Untersuchungsgegenstand obsolet machen, sondern muss ihn als fundamentales Charakteristikum dieser neuen Kamerasysteme anerkennen und als solchen thematisieren. Und genau das will die vorliegende Arbeit tun.

⁷ Peter McOwan zit. n. Paul Marks: »Can a government remotely detect a terrorist's thought?«. In: New Scientist Magazin, 2616, 11. 8. 2007, S. 24 - 25, hier: S. 25.

⁸ Darunter auch viele EU-Staaten: VANAHEIM (kurz für Video/Audio Networked surveillance system Enhancement through Human-centered adaptive Monitoring) und INDECT sind beispielsweise zwei laufende EU-Projekte in dieser Richtung. Während VANAHEIM, so die Projektbeschreibung, »...stream content, in terms of usual and unusual activities...« charakterisiert und hierfür »...behavioral cues for human-centered monitoring and reporting« untersucht (vgl. <http://cordis.europe.eu>), zielt INDECT auf die Entwicklung eines »intelligent information system for automatic detection of terroristic threats and recognition of serious criminal (>abnormal<) behavior or violence« (vgl. <http://www.indect.project.eu>). Die Fördersummen belaufen sich auf 3,72 bzw. 10,91 Millionen Euro, die Laufzeit beider Projekte geht noch bis Mitte bzw. Ende 2013. Andere Projekte sind u.a. SAMURAI, ADABTS oder SEARISE - Smart Eyes. Für eine genaue Auflistung siehe <http://cordis.europe.eu>.

Der Wunsch des Zeitvorsprungs

Dem Anderen einen Schritt voraus zu sein, zu wissen, was jemand im Schilde führt, dieser Wunsch ist nicht neu, sondern wahrscheinlich so alt wie die Menschheit selbst. Die Römer befragten die Auguren, die Griechen das Orakel von Delphi und heute soll ein Verbund aus Kameras und Algorithmen das Unmögliche möglich machen und Einblick in die unmittelbare Zukunft gewähren. Bedenkt man, dass wir (zumindest wissenschaftlich) weder an magischen Hokusfokus, noch an schicksalhafte Vorsehung glauben, so ist das aktuelle Auftreten dieses Wunsches doch verwunderlich. Noch verwunderlicher allerdings ist, dass wir es hier nicht bloß mit einem Wunsch oder einer Idee zu tun haben, sondern mit dem Glauben oder der tiefen Überzeugung, dass sich dieser Blick in die Zukunft auch tatsächlich verwirklichen lässt - denn anders lassen sich die Unsummen an Geldern, die bis dato in die Entwicklung dieser maschinellen Orakel geflossen sind, sowie der Aufwand, mit dem man sich seit Jahren um dessen Realisierung bemüht, wohl kaum erklären.

Doch warum glaubt man, dass gerade Computerprogramme einen Zeitvorsprung ermöglichen können? Und warum ist es dazu notwendig, die Bewegungen des Körpers zu analysieren?

Schaut man sich die Fragen genauer an, so scheinen zwei Aspekte von Bedeutung zu sein: erstens »der Wunsch des Zeitvorsprungs« - jener angestrebte Zugriff auf die Zukunft also, von dem bereits vorher die Rede war - und zweitens »die Analyse von Körperbewegungen«, die von den *smart surveillance* Technologien vorgenommen wird, indem sie beispielsweise die Bewegungsspuren der Passanten auswerten, um damit vorherzusehen, ob jemand gleich eine Bombe zündet, das Teppichmesser zückt oder sonst irgendetwas Gefährliches im Schilde führt. Wenn das Ziel intelligenter Videoüberwachung ein »Zeitvorsprung« ist, so ist das Mittel, dies zu erreichen, die Interpretation von Körperbewegungen. Das legt die Ansicht nahe, dass es zwischen dem aktuellen Wunsch des Zeitvorsprungs und der Analyse von Körperbewegungen anscheinend einen Zusammenhang gibt. Ziel der vorliegenden Arbeit ist daher, zu überprüfen, ob dieser Zusammenhang tatsächlich existiert und ihn in seiner historischen Ent- oder Verwicklung nachzuzeichnen.

Obwohl der Verweis auf die Analyse und Interpretation von Körperbewegungen zunächst auf eine physiognomische Herleitung zu drängen scheint, möchte ich in dieser Arbeit den Versuch unternehmen, mich diesem Zusammenhang aus einer anderen Blickrichtung zu nähern. Und das nicht nur, weil der Versuch einer

Rückführung smarter Überwachungstechnologien auf eine physiognomische Tradition bereits mehrfach unternommen wurde, sondern vor allem, weil diese Herangehensweise den Wunsch des Zeitvorsprungs und den Glauben an seine tatsächliche Realisierbarkeit nur unzureichend erklärt. Auch verstehen sich die Informatiker, die sich um die Umsetzung dieses Wunsches mühen, nicht als moderne Physiognomen, sondern eher als Anhänger einer »exakten« Wissenschaft. Aus diesen Gründen setzt die vorliegende Untersuchung beim Beginn der wissenschaftlich-experimentellen Bewegungsanalyse zu Beginn des 19. Jahrhunderts an und versucht von hier aus - indem sie der historischen Entwicklung von ihren Anfängen bis zu den automatischen Bewegungsauswertungen der *smart surveillance* Technologien folgt - dem Zusammenhang zwischen dem modernen Wunsch des Zeitvorsprungs und der Analyse von Körperbewegungen auf die Spur zu kommen. Dadurch soll vor allem geklärt werden, warum man heute die Überzeugung vertritt, dass es tatsächlich möglich sei, mittels Computerprogrammen und Kameraaugen einen Einblick in die Zukunft zu erhaschen.

Dabei geht die vorliegende Arbeit von der These aus, dass mit der Möglichkeit, Bewegung zu analysieren, sie in ihrem kontinuierlichen Fluss aufzuzeichnen und »still« zu stellen, gleichzeitig auch die Möglichkeit entstand, manipulierend ins zeitliche Geschehen einzugreifen. Denn je tiefer man ins körperliche Bewegungsgeschehen eindrang, desto deutlicher traten auch zeitliche Strukturen hervor. Und je weniger die Bewegung dabei als »kontingent« und »fließend«, sondern immer mehr als »fragmentarisiert« und »zusammengesetzt«, als »bestimm-« und »berechenbar« begriffen wurde, desto stärker schien auch die Zeit, in der sich die Bewegung vollzieht, eine »vorhersehbare« und »im Voraus berechenbare« zu sein.

Übersicht der einzelnen Kapitel

Wenn in dieser Arbeit der Versuch einer geschichtlichen Rückschau unternommen werden soll, die sich von den Anfängen der wissenschaftlich-experimentellen Bewegungswissenschaft bis hin zu den Bewegungsanalysen smarter Überwachungstechnologien erstreckt, so muss gleich zu Beginn festgehalten werden, dass es sich hierbei um keine vollständige und lückenlose Darstellung der historischen Entwicklung handelt. Das wäre im Rahmen der vorliegenden Untersuchung auch gar nicht möglich. Stattdessen werden Einzelbeispiele aufgegriffen, deren Auswahl so gestaltet ist, dass sie einerseits die maßgeblichen Errungenschaften in der Bewegungsanalyse repräsentieren und andererseits für den Wunsch des Zeitvorsprungs von Relevanz sind. Dabei sollen auch jene Ereignisse

und Protagonisten zu Wort kommen dürfen, die auf den ersten Blick nicht unbedingt dem Feld der *Bewegungswissenschaft* zugerechnet werden, aber für deren Entwicklung bis hin zu den »smarten« Überwachungstechnologien von Bedeutung sind.

Das *erste Kapitel* beginnt mit Heinrich von Kleist's Aufsatz *Über das Marionettentheater*, das aus einem ähnlichen militärisch-politischen Grund wie nach den Anschlägen vom 11. September 2001 den Wunsch des Zeitvorsprungs aufgreift und damit den Gründungstext einer Bewegungswissenschaft *avant la lettre* liefert. Danach werden mit Wilhelm und Eduard Webers *Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge*, Hermann von Helmholtz Untersuchungen zur Nervenleitungsgeschwindigkeit, Eadweard Muybridges und Étienne-Jules Mareys Serien- und Momentphotographie die ersten Ansätze dieser neu entstehenden wissenschaftlichen Bewegungsanalyse im 19. Jahrhundert nachgezeichnet. Ziel dieses Kapitels ist es, zu zeigen, wie sie alle getrieben vom Wunsch des Zeitvorsprungs, immer tiefer in das körperliche Unbewusste vorzudringen beginnen und dabei Bewegungsphänomene zugänglich machen, die den menschlichen Sinnen aufgrund ihrer Schnelligkeit bislang entzogen waren. Einmal ins Bewusstsein transferiert, steht ihrer präzisen Vermessung und Analyse, aber auch ihrer zeitsparenden Optimierung allerdings nichts mehr im Wege.

Von diesen manipulierenden Eingriffen ins zeitliche Bewegungsgeschehen berichtet das *zweite Kapitel*. Anhand der choreographischen Bewegungsstudien Rudolph von Labans sowie der arbeitswissenschaftlichen Bewegungsanalysen Frank B. Gilbreth's und Nikolai A. Bernsteins wird exemplifiziert, wie der Zeitvorsprung praktisch und real wirksam am menschlichen Körper zu implementieren versucht wird, indem Leerstellen ausgemerzt und ineffiziente in effiziente Bewegungsabläufe umgewandelt werden. Dabei vollzieht sich ein Wandel der Bewegungswissenschaft von der Physiologie zur Psychologie: eine optimale Bewegung, so wird nämlich festgestellt, ist nicht allein mittels physiologischer Vorgaben zu erreichen, sondern muss auch die Bewegungssteuerung im menschlichen Gehirn berücksichtigen - und für diese ist das »Lesen« der Umwelt-Bewegungen von größter Bedeutung.

Das *dritte Kapitel* steht im Zeichen der »psychologischen« Bewegungswissenschaft. Es werden Studien aus den 1970er Jahren herangezogen, die sich mit der menschlichen Bewegungswahrnehmung beschäftigen, aber auch die neurophysiologischen Untersuchungen Benjamin Libets. Beide bestätigen dem sogenannten *adaptiven Unbewussten* gegenüber dem menschlichen Bewusstsein einen Zeitvorsprung. Es ist unglaublich schnell, verarbeitet eine Unmenge an Informatio-

nen und kann darüber hinaus anhand weniger Informationen zu korrekten Wahrnehmungsurteilen gelangen - ein ungeheures Potential, das nun von »smarten« Kameras genutzt werden soll. Was Kameras allerdings tatsächlich »sehen« oder überhaupt »sehen« können, wird anhand der beiden Verfahren der *Automatic Gait Recognition* und der *pro-aktiven Softwaremodelle* näher beleuchtet. Dabei wird sich herausstellen, dass Wahrnehmen und Für-Wahrnehmen nicht dasselbe sind.

1. Zergliederte Bewegung

Wenn *intelligente Videoüberwachung* verspricht, schneller zu sein, Verbrechen und katastrophale Ereignisse zu entdecken, noch bevor sie überhaupt stattgefunden haben, so klingt das futuristisch und erinnert an Sciencefiction-Szenarios wie *Minority Report*. Doch dieselbe Fiktion lässt sich bereits früher ausmachen: 1810 veröffentlicht Heinrich von Kleist seinen Aufsatz *Über das Marionettentheater* und greift darin den Wunsch des Zeitvorsprungs auf, den er allerdings nicht in Maschinen und Kameras, dafür aber in Gestalt eines Bären verkörpert sieht. Was diesen Text so interessant macht, ist erstens, dass er aus einem ähnlichen politisch-militärischen Grund wie nach den Anschlägen vom 11. September 2001 entstanden ist, und zweitens, dass er mit dem Wunsch des Zeitvorsprungs eine Bewegungswissenschaft initiiert, deren Entwicklung erst ein Vierteljahrhundert später einsetzen, sich aber bis zu den *smarten Überwachungskameras* und ihren automatischen Bewegungsauswertungen fortsetzen wird.

Das vorliegende Kapitel greift zunächst Heinrich von Kleist's Marionettentheater auf und zeichnet davon ausgehend die Anfänge einer neu entstehenden Bewegungswissenschaft nach. Beginnend bei Wilhelm und Eduard Weber mit ihrer *Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge* über Hermann von Helmholtz' Studien zur Nervenleitungsgeschwindigkeit bis hin zur Erfindung der Serien- und Chronophotographie durch Eadweard Muybridge und Étienne-Jules Marey wird dabei gezeigt, wie der Wunsch des Zeitvorsprungs in der Entwicklung komplizierter technischer Verfahren und Geräte resultiert, mit denen dem bislang verborgenen Bewegungsgeschehen auf den Leib gerückt und sichtbar wird, was kein menschliches Auge zuvor gesehen hat.

1.1 Wie der Wunsch des Zeitvorsprungs eine Bewegungswissenschaft *avant la lettre* gebiert

Die USA ist eine Supermacht, mit einer Militärorganisation, die als die schlagkräftigste weltweit gilt - ein Land, an dessen Macht und Stärke kaum jemand zweifelt. Doch dann kommt der 11. September 2001 und mit ihm eine Hand voll »kleiner Kämpfer« - auch »Terroristen« genannt - die plötzlich und unvorhersehbar »wie aus dem Nichts« auftauchen und der bis dato geltenden Unverwundbarkeit ein jähes Ende bereiten. Man ist schockiert. Wie, um alles in der Welt, hat-

te so etwas bloß passieren können? Eine Frage, die man sich nicht nur in den USA, sondern zweihundert Jahre zuvor auch in Preußen stellte.

Die Schlacht von Jena und Auerstedt

Als 1806 der Krieg gegen das napoleonische Frankreich ausbrach, gab man sich in Preußen siegessicher. Was hatte man von französischen Soldaten, die ihr Haar, anstatt zu einem ordentlichen Zopf geflochten, zerzaust und wirr am Kopfe trugen, auch zu befürchten? Gegen die glanzvolle, preußische Armee mit ihren disziplinierten und im Gleichschritt perfektionierten Soldaten konnte dieser Haufen nachlässig uniformierter Franzosen, deren Generäle oft nicht einmal adeliger Abstammung waren, schließlich unmöglich ankommen. Doch der 14. Oktober 1806 setzte dieser Zuversicht ein jähes Ende. Gleich zweimal gelang es Napoleons Truppen in der Doppelschlacht von Jena und Auerstedt das preußische Heer vernichtend zu schlagen. Dabei war in Auerstedt die preußische Armee der französischen sogar zahlenmäßig überlegen.⁹

In Preußen reagierte man auf diese Niederlage zutiefst schockiert: Wie konnte es passieren, dass das Deutsch-Preußische Heer, die berühmteste und vorbildlichste Militärorganisation des damaligen Europas, sich von einer Truppe besiegen hat lassen, die nach Angabe preußischer Offiziere wie eine wilde »Horde von Heckenschützen«¹⁰ agierte? Und wie, so die weit dringlichere Frage, würde es ihnen jetzt gelingen, sich von der Besatzung dieses fremden Eroberers wieder zu befreien?

Die Schlagkraft der preußischen Armee war zwar bisher unbestritten, das Problem allerdings war, dass sie nur innerhalb des klassischen Kriegsrechts zu funktionieren schien, das Carl Schmitt zufolge,

»...klare Unterscheidungen [kennt], vor allem die von Krieg und Frieden, von Kombattanten und Nicht-Kombattanten, und von Feind und Verbrecher. Der Krieg wird von Staat zu Staat als ein Krieg regulärer, staatlicher Armeen geführt, zwischen souveränen Träger eines *jus belli*, die sich auch im Kriege als Feinde respektieren und nicht gegenseitig als Verbrecher diskriminieren, so daß ein Friedensschluß möglich ist und sogar das normale, selbstverständliche Ende des Krieges bleibt.«¹¹

⁹ Eine genaue Beschreibung der Schlacht von Jena und Auerstedt ist unter <http://www.preussenweb.de/jena.htm> abrufbar.

¹⁰ Kittler (1987), S. 345.

¹¹ Schmitt (1995), S. 16.

Doch der reguläre, zwischenstaatliche Krieg war im Untergehen begriffen. Dies zeichnete sich zuerst im amerikanischen Unabhängigkeitskrieg ab, wo die Riflemen, ein militärisch nicht ausgebildeter Haufen von Siedlern, die regulären englischen Armeen in einen »kleinen« oder Partisanenkrieg verwickelten. 1808 folgte der spanische Guerilla-Krieg und 1809 der Aufstand Andreas Hofers in Tirol.¹² Im Gegensatz zum Krieg der regulären, staatlichen Armeen, erwartet...

»der moderne Partisan ... vom Feind weder Recht noch Gnade. Er hat sich von der konventionellen Feindschaft des gezähmten und gehegten Krieges abgewandt und in den Bereich einer anderen, der wirklichen Feindschaft begeben, die sich durch Terror und Gegen-Terror bis zur Vernichtung steigert.«¹³

Was in den irregulären Partisanenkämpfen dabei entsteht, ist

»...ein kompliziert strukturierter neuer Aktionsraum, weil der Partisan nicht auf dem offenen Schlachtfeld und nicht auf gleicher Ebene des offenen Frontenkrieges kämpft. Er zwingt vielmehr seinen Feind in einen anderen Raum hinein. So fügt er der Fläche des regulären, herkömmlichen Kriegsschauplatzes eine andere, dunklere Dimension hinzu, eine Dimension der Tiefe.«¹⁴

Im Schutz der Dunkelheit verborgen, bleiben die Partisanen für ihre Gegner unsichtbar. Doch dann, überraschend und unvorhersehbar, tauchen sie aus ihrem Untergrund hervor und greifen »...das konventionelle, reguläre Spiel auf offener Bühne«¹⁵ an. Obwohl sie weder ausgebildete Soldaten noch Meister der Kriegsführung sind, stellen sie für ihre Gegner eine äußerst ernstzunehmende Bedrohung dar. Denn es ist nicht Gehorsam, der sie ihre Ziele verfolgen lässt, sondern tiefste Überzeugung und Leidenschaft. Sie »brennen« für ihre Ideen und schrecken nicht davor zurück, auch ihr eigenes Leben für die Verwirklichung ihrer Ziele zu opfern. Anstatt sich damit aufzuhalten, langwierige Pläne zu schmieden und ausgeklügelte Strategien zu entwerfen, vertrauen sie in ihren kriegerischen Aktionen lieber auf die ungebremste Kraft ihrer Leidenschaft. Dieses chaotische und planlose Vorgehen ist es, das die Partisanen zu einem gefährlichen und im wahrsten Sinne des Wortes »unberechenbaren« Gegner macht. Denn es ist unmöglich, vorherzusehen, wo sie als Nächstes auftauchen, unmöglich vorherzusagen, wann man ihre geballte Wut wieder zu spüren bekommt. Sie sind, so stellte der General von Clausewitz später fest, wie ein »...nebel- und wolkenartiges Wesen...«, das danach trachtet, »...sich nirgends zu einem kompakten Körper [zu]

¹² Vgl. Herrmann (2005), S. 148ff.

¹³ Schmitt (1995), S. 17.

¹⁴ Schmitt (1995), S. 72.

¹⁵ Schmitt (1995), S. 73.

verdichten...«¹⁶. Doch dann, plötzlich, zieht »...sich dieser Nebel an gewissen Punkten zu dichteren Massen zusammen ... und [bildet] drohende Wolken ..., aus denen einmal ein kräftiger Blitzstrahl herausfahren kann.«¹⁷

In ähnlicher Weise, wie mit den Terror-Angriffen vom 11. September 2001 dieser Blitz in Amerika eingeschlagen und die Türme des World Trade Centers zum Fall gebracht hatte, so bekamen zweihundert Jahre zuvor auch die Preußen in der Doppelschlacht von Jena und Auerstedt, die zerstörerische Kraft dieses Gewitters deutlich zu spüren. Zwar wurden sie nicht von Partisanen oder Terroristen, sondern von regulären französischen Truppen angegriffen, doch diese hatten ihre ungeheure Durchschlagkraft nur der Genialität Napoleons zu verdanken, der als erster die Vorteile dieser vorkonventionellen, revolutionären Kampfweise der Partisanen erkannte und sie sich in seiner eigenen Armee zunutze machte. Der alten preußischen Schlachtordnung, war diese neue, überraschend flexible Kriegskunst weit voraus. Denn das preußische Heer hatte sich, wie Clausewitz später feststellte, im Laufe der Zeit »...durch Formation und Schlachtordnung zu einem Automat[en]...« verwandelt, der »...durch das bloße Kommandowort angestoßen, seine Tätigkeit wie ein Uhrwerk abwickel[te]...«¹⁸. Es war zwar präzise, doch in seiner mechanischen und linearen Vorgehensweise starr und unbeweglich. Einmal in Gang gesetzt, folgte es stupide der zuvor festgelegten Logik, unfähig, sich auf neue Erfordernisse einzustellen oder gar auf plötzliche Wendungen zu reagieren.

Wollte man sich aus der französischen Besatzung befreien, so wurde in den militärnahen Kreisen Preußens schnell erkannt, war eine Reform der Deutsch-Preußischen Armee unumgänglich. Das Heer musste wieder beweglicher sein, um den Kampf mit dem ebenfalls wendigen Gegner aufzunehmen; es musste flexibler sein, um auf die Bewegungen des Anderen zu reagieren; mit anderen Worten: es musste schneller sein.

Über das Marionettentheater

Vor diesem Hintergrund veröffentlichte Heinrich von Kleist seinen Aufsatz *Über das Marionettentheater* - einen kurzen Text, der vom 12. bis zum 15. Dezember 1810 als vierteilige Fortsetzung in den von ihm selbst herausgegebenen *Berliner Abendblättern* erschien und nach der verheerenden Niederlage von Jena und Au-

¹⁶ Clausewitz (1905), S. 496.

¹⁷ Clausewitz (1905), S. 496.

¹⁸ Clausewitz (1905), S. 76.

erstedt vor allem der Befreiung Preußens aus der französischen Besatzung dienen sollte. Dazu griff Kleist, genau wie zweihundert Jahre später in Amerika, den Gedanken des Zeitvorsprungs auf, der diesmal zwar nicht von Kameras und automatischen Bildauswertungsverfahren, dafür aber in der Gestalt eines Bären verkörpert wurde:

»Ich befand mich, auf meiner Reise nach Rußland, auf einem Landgut des Herrn v. G . . .,«¹⁹

so berichtet Herr C. in Kleists *Marionettentheater*, wo er eines Tages von dessen Sohn zu einem Fechtkampf herausgefordert wurde. Doch Herr C., der ein erfahrener Fechter war, bereitete es nicht viel Mühe, den Kampf für sich zu entscheiden:

»fast jeder Stoß, den ich führte, traf, und sein Rapier flog zuletzt in den Winkel. Halb scherzend, halb empfindlich, sagte er, indem er das Rapier aufhob, daß er seinen Meister gefunden habe: doch alles auf der Welt finde den seinen, und fortan wolle er mich zu dem meinen führen.«²⁰

Herr C. wurde in einen Holzstall hinabgeführt. Dort stand, zu seinem großen Erstaunen, ein Bär.

»Ich wußte nicht, ob ich träumte, da ich mich einem solchen Gegner gegenüber sah; doch: stoßen Sie! stoßen Sie! sagte Herr v. G . . ., und versuchen Sie, ob Sie ihm eins beibringen können!«²¹

Aber auf welche Art auch immer Herr C. ihn zu erreichen versuchte, immer war ihm der Bär bereits einen Schritt voraus. Nicht nur, dass er jeden Angriff geschickt parierte, auf Finten und Täuschungsmanöver ging er gar nicht erst ein. »Aug in Auge«²² las der Bär in seiner Seele wie in einem offenen Buch. Kein Zug blieb vor ihm verborgen, keine Absicht unerkannt. Mit einem Höchstmaß an situativem Geschick, handelte der Bär aus einem leiblichen Unbewussten heraus, das jeder noch so hohen menschlichen Fechtkunst überlegen war.

Hält man sich den Produktionshintergrund des *Marionettentheater*-Aufsatzes vor Augen, so sind die Parallelen zur politischen Situation Preußens deutlich erkennbar: Herrn C., der symbolhaft das Deutsch-Preußische Herr verkörpert, bereitet es keine Schwierigkeiten sich im »regulären« Kampf gegen den jungen Fechter zu behaupten, doch dann wird er in den »dunklen« Holzstall hinabge-

¹⁹ Kleist (1810a), S. 14.

²⁰ Kleist (1810a), S. 14.

²¹ Kleist (1810a), S. 14f.

²² Kleist (1810a), S. 15.

führt, wo er sich auf einmal einem »irregulären« Gefechtspartner gegenüber sieht, mit dem er in dieser Form nicht nur nicht gerechnet, sondern gegen den er sich auch in keiner erdenklichen Weise durchsetzen kann. Analog zu den Partisanen handelt auch der Bär nach keinem vorgefassten und wohl überlegten Plan, sondern schöpft seine ganze Kraft aus der momentanen Leidenschaft, die seinem leiblichen Unbewussten entspringt. »Man rühmt...«, so Kleist in dem wenige Tage vor dem *Marionettentheater* veröffentlichten Aufsatz *Von der Überlegung*, »...den Nutzen der Überlegung in alle Himmel; besonders die kaltblütigen und langwierigen vor der Tat.«²³ Doch wenn die Überlegung

»...vorher, oder in dem Augenblick der Entscheidung selbst, ins Spiel tritt: so scheint sie nur die zum Handeln nötige Kraft, die aus dem herrlichen Gefühl quillt, zu verwirren, zu hemmen und zu unterdrücken.«²⁴

Das zeige sich schon beim Athleten, der

»... in dem Augenblick, da er seinen Gegner umfaßt hält, schlechthin nach keiner anderen Rücksicht, als nach bloßen, augenblicklichen Eingebungen verfahren [kann]; und derjenige, der berechnen wollte, welche Muskeln er anstrengen, und welche Glieder er in Bewegung setzen soll, um zu überwinden, würde unfehlbar den kürzeren ziehen, und unterliegen.«²⁵

Eben darum geht der Bär im *Marionettentheater*-Aufsatz als eindeutiger Sieger hervor. Es ist sein entscheidender Vorteil, dass er als Tier gerade über keine bewusste Reflexion und Überlegung verfügt, sondern allein aus seinem natürlichen Instinkt heraus operiert. Der Mensch hingegen bleibt notwendigerweise im Bewusstsein verhaftet. Er muss mit Scheinbewegungen und Finten arbeiten, auf die das Tier allerdings gar nicht erst einzugehen gedenkt. Im unmittelbaren Einklang mit der Natur agiert der Bär aus einem höchst effizienten Unbewussten heraus, das dem menschlichen Gegner nicht nur verschlossen, sondern auch der »normalen« Ordnung der Zeit enthoben ist: denn wie auch immer er ihn zu erreichen versucht, immer schon ist ihm der Bär einen Schritt voraus und lässt ihn mit seinen Attacken buchstäblich ins Leere laufen. Der tierische Kämpfer siegt, weil er einen Zeitvorsprung besitzt; weil er, im Gegensatz zum Menschen, im Moment des Augenblicks zu handeln vermag.²⁶

²³ Kleist (1810b), S. 40.

²⁴ Kleist (1810b), S. 40.

²⁵ Kleist (1810b), S. 40.

²⁶ Vgl. dazu auch Rieger (2006a), S. 35f.

Doch Kleist ging es nicht um eine bloße Charakterisierung der politischen Lage Preußens, was er als »...eigentliche[r] Dichter des nationalen Widerstandes...«²⁷, so Carl Schmitt, im *Marionettentheater*-Aufsatz forderte, war vielmehr eine Lösung dieses dringlichen Problems und das heißt - mit Blick auf die Erzählung - es in Zukunft dem Bären und seiner Bewegungsfertigkeit gleichzutun; den Feind mit seinen eigenen Waffen zu schlagen und sich so aus der Besatzung des fremden Eroberers zu befreien.

Wie die Erzählung berichtet, so könne dies nun aber nicht in dem Sinne geschehen, dass der Mensch seine Natur negiere und gleichsam der unbewussten Körpermaschine des Tiers ohne Verstand und Vernunft zu agieren versuche, denn das sei dem Menschen, so Herr C.,

»...seitdem [er] von dem Baum der Erkenntnis gegessen [hat] [...] schlechthin unmöglich...«²⁸.

»Das Paradies ist verriegelt«²⁹ - jeder Versuch, sich seiner bewussten geistigen Überlegungen zu widersetzen und damit »in den Stand der Unschuld«³⁰ sowie der »natürliche[n] Grazie«³¹ zurückzufallen, ein Ding der Unmöglichkeit.

»Doch so, wie sich der Durchschnitt zweier Linien, auf der einen Seite eines Punkts, nach dem Durchgang durch das Unendliche, plötzlich wieder auf der anderen Seite einfindet, oder das Bild des Hohlspiegels, nachdem es sich in das Unendliche entfernt hat, plötzlich wieder dicht vor uns tritt: so findet sich auch, wenn die Erkenntnis gleichsam durch ein Unendliches gegangen ist die Grazie wieder ein; so, daß sie, zu gleicher Zeit, in demjenigen menschlichen Körperbau am reinsten erscheint, der entweder gar keins, oder ein unendliches Bewußtsein hat, d. h. in dem Gliedermann, oder in dem Gott.«³²

Was Kleist mit anderen Worten vorschlägt, ist also eine bewusste Erkundung des Unbewussten. Denn gelänge es, die Gesetzmäßigkeiten der Bewegung, die im Dunkeln des Körpers verborgen liegen und von Kleist deshalb zurecht als »etwas sehr Geheimnisvolles«³³ bezeichnet werden, durch den klaren Verstand zu erhelten, dann könnte man sich diese unglaubliche Effizienz des Unbewussten zunutze machen und damit jene Zeitdifferenz zum verschwinden bringen, die bislang

²⁷ Schmitt (1995), S. 15.

²⁸ Kleist (1810a), S. 11f.

²⁹ Kleist (1810a), S. 11.

³⁰ Kleist (1810a), S. 16.

³¹ Kleist (1810a), S. 12.

³² Kleist (1810a), S.15f.

³³ Kleist (1810a), S. 9.

zwischen dem bewusstlosem Tier und dem kopflastigen Menschen, dem wendigen Partisanen und dem trägen preußischen Soldaten auseinander klafft.

1.2 Der Beginn der wissenschaftlich-experimentellen Bewegungswissenschaft im 19. Jahrhundert

Wenn Heinrich von Kleist in seinem *Marionettentheater* anklingen lässt, dass die Mechanismen, denen die Bewegung folgt, nicht von außen vorgegeben sind, sondern immer nur in ihr selbst »...gefunden werden könne[n]...«³⁴, so schwebt ihm eine Erkundung des lebendigen Körpers vor, die 1810 noch ihres Gleichen sucht. Denn eine Bewegungsphysiologie gab es damals noch nicht. Erst ein Vierteljahrhundert später wurde sie begründet. Und zwar 1836 mit Wilhelm und Eduard Webers Werk *Die Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Eine anatomisch-physiologische Untersuchung*. Sie waren die ersten, die Kleist's Forderung nach einer bewussten Erkundung des körperlichen Unbewussten aufgriffen und begannen, die menschliche Bewegung experimentell zu erforschen.

Die Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge

Wilhelm Weber war seit 1831 Professor für Physik in Göttingen, während sein Bruder Eduard Weber soeben zum Medizinprofessor an der Universität Leipzig berufen worden war, (das übrigens vom dritten der Brüder, Ernst Heinrich Weber, Professor für Anatomie und Physiologie, geleitet wurde).³⁵ Mit einer Reihe an Messungen, die von der Bestimmung der Länge des Schritts über die Ermittlung der Neigung des Rumpfes bis hin zur Feststellung der Schwingungsdauer der Beine reichten und sowohl an Lebenden wie auch an Toten durchgeführt wurden, versuchten die Brüder Weber dem lebendigen Körperverhalten auf den Leib zu rücken und damit jene Mechanismen und Gesetze aufzudecken, denen die menschliche Bewegung folgt. Ebenso wie Kleist, gingen auch sie davon aus, dass...

»der Mensch seine Bewegungen an bestimmte Regeln [bindet] (wenn er auch diese Regeln nicht in Worten auszusprechen weiss), und diese Regeln sind ganz auf den Bau seines Kör-

³⁴ Kleist (1810a), S. 9.

³⁵ Vgl. Kittler (2003), S.33 sowie von Herrmann (2005), S. 160.

pers und auf die gegebenen äußeren Verhältnisse begründet, und lassen sich daher hieraus wieder herleiten.«³⁶

Was Wilhelm und Eduard Weber aus der lebendigen Körperbewegung zu folgern versuchten, war dabei nichts weniger als eine allgemeine, mathematische Theorie des Gehens und Laufens - eine vollständige Formalisierung der Bewegung also, mit der das zuvor unberechenbare Unbewusste in Berechenbarkeit überführt und das »dunkle« Geheimnis seiner Effizienz aufgedeckt werden sollte. »Man könnte vielleicht daran zweifeln,...« räumten die Brüder Weber im Vorwort ihrer rund dreihundert Seiten umfassenden Monographie ein,

»...dass es überhaupt möglich sei, vom Gehen und Laufen eine Theorie zu geben, da wir keine Gehmaschinen sind, und also diese Bewegungen durch die Freiheit unseres Willens sehr mannigfaltig abgeändert werden.«³⁷

Wir können schließlich mit Riesenschritten einher schreiten, uns leise auf Zehenspitzen fortbewegen, genauso gut aber auch laut stampfend durch die Gegend trampeln - ja, überhaupt eine Menge »silly walks« ausführen. Und vielleicht würde »...ein erwachsener Mensch ..., der früher nie seine Beine gebraucht hätte und zum ersten Male zu gehen versuchte,...«, so Wilhelm und Eduard Weber, »..von der Freiheit im Gebrauche seiner Muskeln...« auch tatsächlich »...die willkürlichste und regelloseste Anwendung machen...«³⁸, doch wenn er »ganz unbefangen [zu] gehen...« gelernt, wenn er endlich zu einem *natürlichen* Gang gefunden hätte, dann würde selbst er »...so viel wie möglich alle Willkür ausschließen«³⁹ und »durch die Gewohnheit genöthigt werden...« nur solche Bewegungen auszuführen, die sich durch den »vorteilhaftesten [Gebrauch] der Glieder...«⁴⁰ auszeichneten. Was die Brüder Weber mit anderen Worten also im Blick hatten, war nicht die vom menschlichen Willen hergestellte *individuelle* Bewegung, sondern die von der Natur gegebene unbewusste Bewegung - ein Gehen ohne Nachzudenken, bei dem wir trotzdem - oder vielmehr: gerade deswegen - nicht über die eigenen Füße stolpern, sondern in einer eleganten und effizienten Weise über den Boden schreiten. »Der Zweck der Schönheit...« brauchte von ihnen deshalb

»...gar nicht besonders in Betracht gezogen zu werden, weil die Schönheit der Bewegungen eine nothwendige Folge von der verhältnismässigen Ruhe des Körpers und der verhält-

³⁶ Weber / Weber (1836), S. X.

³⁷ Weber / Weber (1836), S. X.

³⁸ Weber / Weber (1836), S. X.

³⁹ Weber / Weber (1836), S. 184.

⁴⁰ Weber / Weber (1836), S. X.

nissmässig geringen Anstrengung desselben bei diesen Bewegungen ist, und der Sicherheit, mit der sie allmählig und ordnungsmässig ausgeführt werden.«⁴¹

Ganz im Sinne Kleist's, der das unbewusste Bewegungsgeschick des Bären bereits als »Grazie« bezeichnet hatte, erhoben auch die Brüder Weber das automatisierte Gehen zu einem ästhetischen Ideal, das schön war, weil es zweckmässig war; perfekt war, weil seine Funktionsweise präzise und folgerichtige war. Weil aber die Steuerung des natürlichen Gangs gänzlich einem unbewussten Bewegungsprogramm obliegt, »...können wir das, was beim Gehen und Laufen geschieht,...« so die Brüder Weber,...

»...nicht dadurch kennen lernen, dass wir uns das, was in unserem Bewusstsein liegt, blos klar zu machen suchen; wir müssen uns vielmehr durch Beobachtungen und Versuche, die wir an uns und an Anderen machen, eine genaue Kenntniss vom Gehen und Laufen verschaffen.«⁴²

Zwei Arten von Untersuchungen schlugen die Brüder Weber demgemäß vor: erstens, eine *anatomisch-physikalische* Untersuchung, die auf Versuche an toten Körpern in Leipzig zielte und sich demgemäß vor allem der Zergliederung und Zersägung des Knochengerüsts widmete - »denn schon aus der Einrichtung einer Maschine kann man oft ihren Zweck und ihre Wirkungsart erkennen.«⁴³ Und zweitens, eine *physiologisch-physikalische* Untersuchung, bei der mittels Experimenten an lebendigen Körpern in Göttingen, die *natürliche* Bewegung selbst erfasst und durch möglichst exakte Messungen festgehalten werden sollte. Insgesamt fünfzehn sächsische Soldaten ließen die Brüder Weber aufmarschieren. Was sie dabei in den Blick bekommen wollten, war »...die Aufeinanderfolge der Bewegungen, durch welche das Gehen zu Stande kommt...«⁴⁴. Da aber »...die Lagen der verschiedenen Theile des Körpers ... beim Gehen und Laufen zu schnell [wechseln], als dass sie sich in einem einzelnen Augenblicke den Sinnen und dem Gedächtnisse vollständig einprägen könnten...«⁴⁵, mussten sich die Brüder Weber mit Fernrohren und Tertienuhren behelfen, um so die Abfolge der Körperpositionen in den Blick zu bekommen und einer zahlenmäßigen Registrierung zu überführen. Dabei stellten sie fest,

⁴¹ Weber / Weber (1836), S. X – XI.

⁴² Weber / Weber (1836), S. 9.

⁴³ Weber / Weber (1836), S. 9.

⁴⁴ Weber / Weber (1836), S. 9.

⁴⁵ Weber / Weber (1836), S. 6.

»...dass der natürliche Gang der Menschen nach ihrer Individualität sehr verschieden ist, und dass man nur sehr selten zwei Menschen findet, bei deren natürlichem Gange die Grösse und Dauer der Schritte vollkommen übereinstimmen...«⁴⁶.

Obwohl sie peinlich darauf achteten, ihre Versuche »...unabhängig vom Wetter und allen störenden Einflüssen, zu jeder Zeit unter stets gleichen Verhältnissen...«⁴⁷ durchzuführen, außerdem Soldaten als Beobachtungsobjekte heranzogen, deren Marsch- und Schritttechniken bereits aneinander angeglichen waren, war es ihnen unmöglich, die individuellen Abweichungen aus den Beobachtungen des *natürlichen* Ganges bereits im Vorhinein auszuschließen, so dass sie am Ende zugeben mussten, dass »...eine vollkommen übereinstimmende Wiederholung der Versuche und Messungen unter den in und ausser dem Körper stets wechselnden Verhältnissen...« einfach nicht zu erzielen sei und es somit »...unmöglich...« war, »...auf dem Wege des Experiments allein zu den Gesetzen dieser Bewegungen zu gelangen.«⁴⁸. Was heutzutage im Zeichen smarter Überwachungstechnologien zum erkennungsdienlichen Vorteil wird, nämlich dass jeder Mensch über eine eigene, je spezifische Gangart verfügt, resultierte für die Gebrüder Weber in einem »...Chaos der verschiedenen Beobachtungen...«. Um bei all den erhobenen Messdaten dennoch nicht den Überblick zu verlieren, führten sie ihre »Data«⁴⁹ deshalb »...auf einen Normalfall...«⁵⁰ zurück und schreiben die Bewegungen des Gehens und Laufens von nun an als allgemein gültige Differentialgleichungen an.

Eine *reine* Theorie des *natürlichen* Gehens

Unter dem Strich ergaben die so gewonnenen mathematischen Gleichungen die Weber'sche Theorie des Gehens und Laufens, die insofern als *ideal* zu bezeichnen ist, als dass sie von jeglichen individuellen Abweichungen abstrahiert und damit tatsächlich nichts anderes als eine *reine* Formalisierung der *natürlichen* und solcherart optimalen, unbewussten Bewegung zu sein versprach. Was die Korrektheit dieser *idealen* Theorie anbelangte, so konnte sie nun freilich nicht mehr am individuellen Menschen überprüft werden - denn dieser wird immer nur »näherungsweise mit den nämlichen Werthen ... übereinkommen« - doch wenn

⁴⁶ Weber / Weber (1836), S. 184.

⁴⁷ Weber / Weber (1836), S. 156.

⁴⁸ Weber / Weber (1836), S. 292.

⁴⁹ Weber / Weber (1836), S. 6.

⁵⁰ Weber / Weber (1836), S. 239.

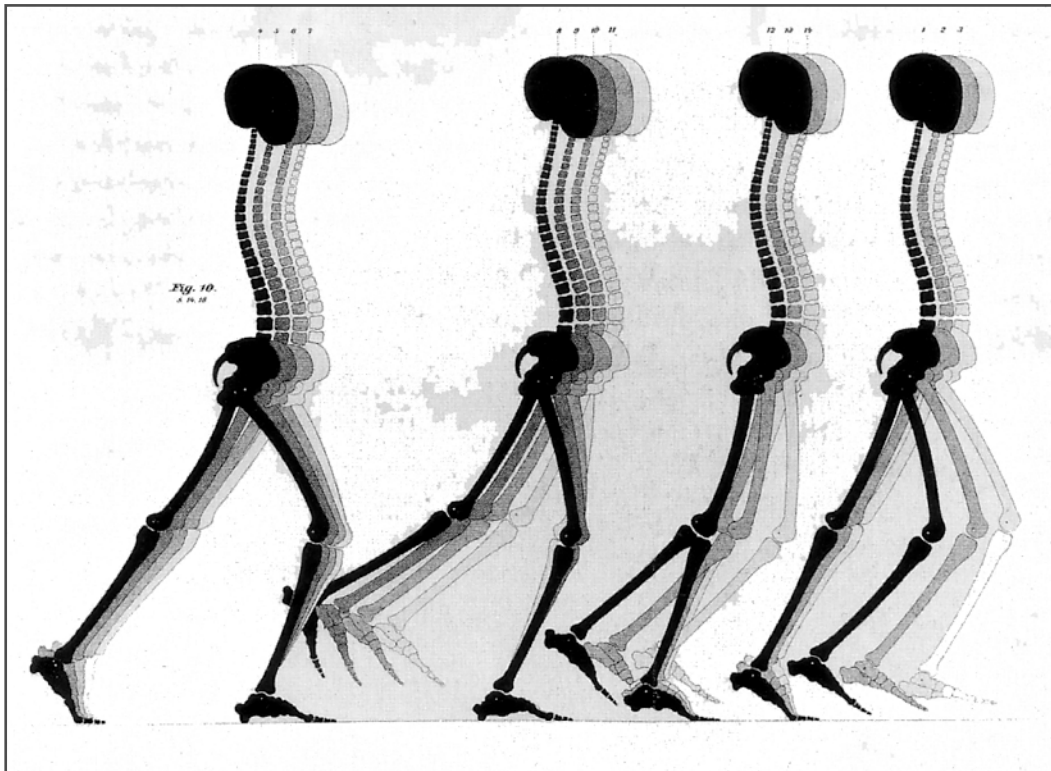


Abb. 2: Eduard und Wilhelm Weber. Konstruierte Bewegung (1).

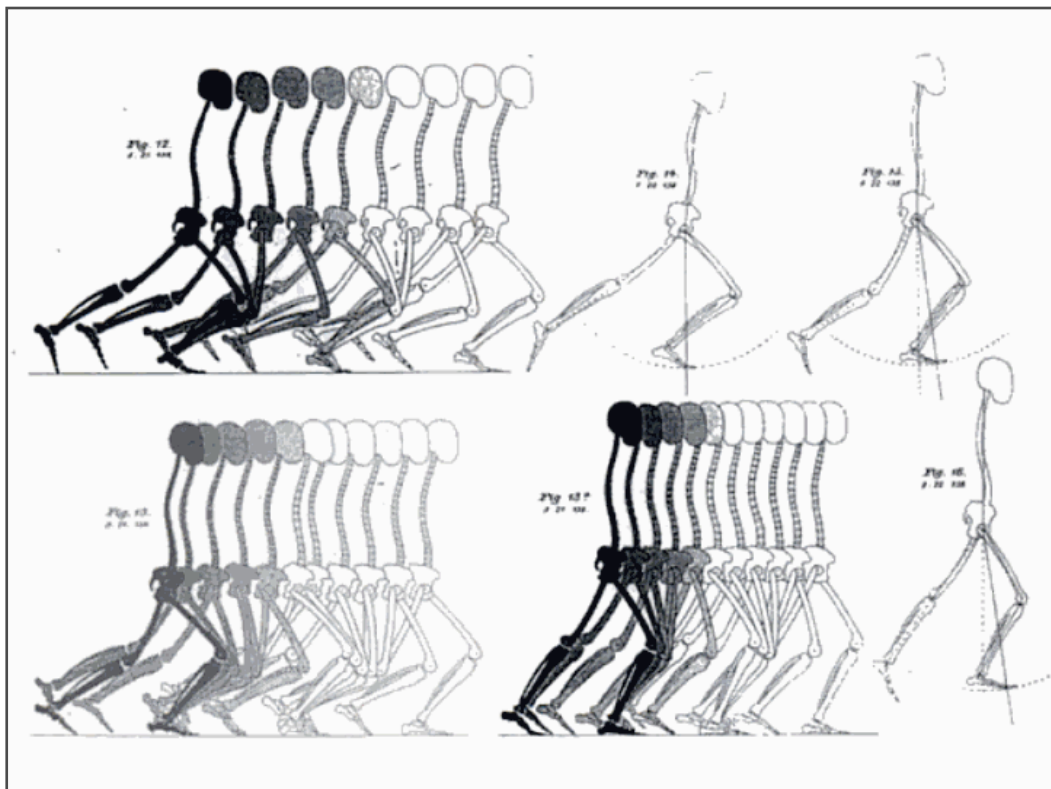


Abb. 3: Eduard und Wilhelm Weber. Konstruierte Bewegung (2).

»...man die Lage der Glieder beim Gehen und Laufen für jeden Zeitmoment nach gesetzlicher Vorschrift konstruiert und demgemäss zeichnet...«, so der Vorschlag der Brüder Weber, und sie dann in die Innenenseite des gerade erfundenen Zoetrops⁵¹ klebe, einer Trommel mit Sehschlitzen an den Außenseiten, und diese dann in Bewegung versetze, so könne man die Richtigkeit ihrer Theorie dennoch »ein-sehen«: denn sie rufen »...alle zusammen im Auge einen täuschen den Eindruck...« hervor, »...nämlich, als wenn man eine Figur gehen oder laufen sähe, und zwar auf eine der Natur ganz entsprechende Weise.«⁵² »Hätte man daher...« so schrieben sie am Ende ihres Buches,

»...niemals einen Menschen gehen und laufen gesehen und wüsste nur das Verhältniss seiner Glieder, so könnte man sich mit Hilfe der Theorie eine mit der Erfahrung sehr wohl übereinstimmende Vorstellung von diesen Bewegungen verschaffen, und das, was dabei geschähe, voraussagen.«⁵³

Die prophetische Kraft der Weber'schen Theorie hielt sich allerdings in Grenzen, denn stets sagte sie nur das bereits Bekannte voraus: weil die ideale Bewegung keine (individuellen) Abweichungen kennt, ist sie eine zyklische und kann - Schritt für Schritt - immer nur dieselben Bewegungsfolgen repetieren. Sie ist zwar perfekt, aber gerade deswegen starr und »unbeweglich«. In ihrer idealen Verlaufsform gibt es keinen Platz für Änderungen. Wie oft man auch das Zoetrop in Bewegung versetzt, wie oft man auch den Menschen nach den konstruierten Bildern gehen sieht, immer bewegt er sich nach dem gleichen Muster.

Damit gelang es den Brüdern Weber zwar die Bewegungssteuerung des *natürlichen* Unbewussten erstmals fassbar zu machen und damit das Geheimnis des höchst effizienten Kleist'schen Bären in eine mathematische Berechenbarkeit zu überführen, doch da sie in ihren Untersuchungen von jeglichen individuellen Differenzen absahen - sie als störende und fehlerhafte Abweichungen von einem natürlichen und idealen Bewegungsverlauf wieder heraus rechneten - konnte die brisante Frage, was denn den Menschen nun vom Bären trenne, vor allem aber, wie er in Zukunft diese Unterschiede überbrücken könne, mit ihrer Theorie gerade nicht gelöst werden.

Das mag aber vielleicht auch daran liegen, dass es den Brüdern Weber gar nicht so sehr um die Optimierung des Menschen ging. Angesichts ihrer eher trocken formulierten Abhandlung und der fast pedantisch peniblen Vorgehensweise hätte man ihnen diesen Imaginationsreichtum ja kaum zugetraut - aber das eigentli-

⁵¹ Vgl. Herrmann (2005), S. 162.

⁵² Weber / Weber (1836), S. 210.

⁵³ Weber / Weber (1836), S. 295.

che Ziel ihrer Theorie, sahen die Brüder Weber vielmehr im Bau einer »...z. B. durch Dampf bewegten, auf zwei, vier, sechs oder mehreren Beinen gehenden Maschine...«⁵⁴, deren größter Vorteil gerade darin bestehe, über kein Bewusstsein zu verfügen, so dass weder »Wüsten«⁵⁵ noch »Flüsse«⁵⁶ sie in ihrem Fortkommen hindere, man könnte auch sagen: aus dem *idealen* Takt fallen lässt.⁵⁷

1.3 Die Entdeckung der *temps perdu*

Dass Wilhelm und Eduard Weber ihre allgemeine Theorie des Gehens und Laufens in einer perfekt getakteten Gehmaschine verwirklicht sahen, mag zwar folgerichtig und plausibel erscheinen, praktikabel war diese Vorgehensweise allerdings nicht. 1836, als die *Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge* erstmals erschien, war man von der Entwicklung gehender Roboter schließlich noch weit entfernt.⁵⁸ Anstatt den »gestörten« Menschen also gleich zu überspringen und zum Bau fehlerfreier Automaten überzugehen, wäre es vielleicht doch sinnvoller, vorerst die »defekte« menschliche Maschine selbst in den Blick zu nehmen, ihre Fehltritte und Störungen zu identifizieren und sie dann einer Reparatur und Korrektur zu unterziehen. Denn gelänge es die individuellen Differenzen, von denen die Brüder Weber noch abstrahierten, genauer zu bestimmen und damit jene Lücken in den Blick zu bekommen, die im *Marionettentheater*-Aufsatz zwischen dem Menschen und der ungeheuren, tierischen Effizienz aufklafften, dann könnte man sie auch wieder beseitigen, die Löcher schließen und den unglaublich schnellen Bären einholen.

Ungefähr zehn Jahre sollten vergehen, ehe sich der Physiker und Physiologe Hermann von Helmholtz genau dieser Art von Untersuchungen widmete. Seine Ergebnisse präsentierte er am 13. Dezember 1850 vor der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg, wo er unter dem Titel *Über die Methoden, kleinste Zeittheile zu messen, und ihre Anwendung für physiologische Zwecke* einen Vortrag hielt, der genau jene zeitliche Differenz zum Thema hatte, die in der poetischen

⁵⁴ Weber / Weber (1836), S. 4.

⁵⁵ Weber / Weber (1836), S. 5.

⁵⁶ Weber / Weber (1836), S. 5.

⁵⁷ Vgl. dazu auch Rieger (2002b).

⁵⁸ Wikipedia zufolge ist *Walking Truck* der erste Laufroboter. Er zeichnet sich durch eine pferdeartige Gangart aus und wurde 1970 von *General Electric*s entwickelt. Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Laufroboter [Stand: 03. 11. 2011].

Fiktion Kleists den Menschen vom Bären trennten und bei Helmholtz nun zwischen Reiz und Reaktion zum Vorschein kamen. Wie er zu Beginn seines Vortrags festhielt, war sein Interesse dabei vor allem auf »...die Dauer...« dieser »...schnell vorübergehende[n] Vorgänge des lebenden Körpers...«⁵⁹ gerichtet, also auf die präzise Bestimmung und Vermessung jener Zeitspanne, die den lebendigen Organismus von der Unmittelbarkeit des Augenblicks entfernt.

Ungleichzeitige Sternbeobachtung

Was Helmholtz zu diesen Untersuchungen veranlasste, war ein vermeintlicher Beobachtungsfehler in der Astronomie, der dem Assistenten am *Royal Observatory* zu Greenwich, David Kinnebrook, bei der zeitlichen Bestimmung der Sterndurchgänge zwischen 1795 und 1796 unterlaufen war. Wie es damals üblich war, wurde der Zeitpunkt eines Sterndurchgangs mit der sogenannten *Aug-und-Ohr-Methode* ermittelt: dazu wurde im Teleskop ein sehr dünner Faden aufgespannt und der Astronom hatte die Aufgabe, genau jenen Moment festzuhalten, an dem der Stern den Faden im Fernrohr kreuzte. Das Problem dabei war, dass dem Beobachter zwar ein Chronometer zur Verfügung stand, dieses aber nur zu jeder vollen Sekunde einen hörbaren Pendelschlag von sich gab. Da der Stern nun selten genau in jenem Moment den Faden durchkreuzte, in dem auch der Pendelschlag ertönte, musste der Astronom für den tatsächlichen Zeitpunkt des Sterndurchgangs eine Schätzung abgeben. Dazu merkte er sich zwei Positionen des Sternes: und zwar einmal die, die der Stern beim letzten Pendelschlag kurz vor der Kreuzung des Fadens innehatte, und dann die, an der sich der Stern beim nächsten Pendelschlag, gleich nach der Durchkreuzung des Fadens befand. Im Geist schloss er dann auf jenen Sekundenbruchteil, in dem der Stern den Faden wirklich gekreuzt haben musste.

Nach dieser Methode gelangte auch der Assistent der Sternwarte von Greenwich, David Kinnebrook, zu seinen Ergebnissen. Dabei hatte er allerdings das Pech, dass seine eigenen Messungen im Vergleich zu denjenigen seines Chefs Nevil Maskelyne permanent um 0,8 Sekunden abwichen. Maskelyne nun glaubte, dass Kinnebrook die Sterndurchgänge jedes Mal aus Nachlässigkeit zu spät notierte, und war über die ständig abweichenden und in seinen Augen »fehlerhaften« Messergebnisse dermaßen verärgert, dass er ihn deswegen kündigte.

Erst zwanzig Jahre nach diesem Vorfall gelang es dem Königsberger Astronomen Friedrich Wilhelm Bessel nachzuweisen, dass Kinnebrooks vermeintlich falsche

⁵⁹ Helmholtz (1850b), S. 169.

Messdaten kein Einzelfall, sondern vielmehr eine allgemeine Erscheinung darstellten. Mit der *Aug-und-Ohr-Methode* war es zwar möglich, zu durchaus reproduzierbaren Ergebnissen zu gelangen, die bei geübten Beobachtern sogar eine Messgenauigkeit von bis zu einer zehntel Sekunde hinab aufweisen konnten, doch nur solange, als man sich auf seine eigenen Daten stützte. Vergleich man die Ergebnisse mit denen eines anderen Astronomen, so waren Abweichungen von mehr als einer ganzen Sekunde möglich. Die Unterschiede in den Messergebnissen waren dabei aber nicht zufällig, sondern für jede Person spezifisch. Jeder Astronom, so fand Bessel heraus, hatte einen konstanten individuellen Schätzfehler, die sogenannte *persönliche Gleichung*, und diese ließ auch durch noch so gute Schulung des Beobachters nicht einfach beseitigen.⁶⁰

Zwischen Reiz und Reaktion

Für Hermann von Helmholtz war dieses Beispiel hoch interessant, denn die unterschiedlichen Messergebnisse zeigten nicht bloß die subjektiven Beobachtungsdifferenzen, die sich zwischen den einzelnen Astronomen auftaten, sondern legten auch die Ansicht nahe, dass die erfassten Momente permanent von den wirklichen, physikalischen Zeitpunkten der Sterndurchgänge abwichen. Anscheinend war es keinem Astronomen möglich, den Augenblick des Sterndurchgangs auch tatsächlich im Moment des Augenblicks festzuhalten - immer schien dazwischen eine mehr oder weniger große, individuell verschiedene Zeitspanne zu vergehen. Helmholtz vermutete, dass diese Ungleichzeitigkeit daher komme, dass die Astronomen Eindrücke zweier verschiedener Sinnesorgane, nämlich einmal die vom Auge und einmal die vom Ohr, miteinander in Beziehung setzen mussten, diese aber - auch wenn sie sich in der realen Welt simultan ereigneten - niemals gleichzeitig, sondern bloß nacheinander empfunden werden konnten:

»Die Unvollkommenheit in der zeitlichen Vergleichung von Wahrnehmungen verschiedener empfindender Fasern scheint darauf zu beruhen, daß zwischen ihnen der Gedanke zum Bewußtsein kommen muß: ›Jetzt habe ich das erste empfunden, aber noch nicht das zweite. - Jetzt auch das zweite.«⁶¹

Was die Reize voneinander trennte, ist mit anderen Worten also die Zeit, die der menschliche Körper zum Empfinden brauchte, und »die Schnelligkeit des Besinnens ist...«, so mutmaßte Helmholtz, »...keineswegs eine so große, wie es das

⁶⁰ Vgl. Helmholtz (1850b), S. 170; Piccolino (2003), S. 261f; Pircher (2002), S. 53.

⁶¹ Helmholtz (1850b), S. 171.

Sprichwort: ›Schnell wie der Gedanke‹ vorauszusetzen scheint.«⁶² Bis dato war man zwar allgemein der Ansicht, dass die Erfahrung eines Reizes praktisch gleichzeitig mit dessen Einsätzen stattfände, doch anders, als den Glauben an die Simultanität in Zweifel zu ziehen, konnte sich Helmholtz die astronomischen Beobachtungsdifferenzen nicht erklären. »Im lebenden Körper...«, erklärt Helmholtz,

»...empfängt der Muskel die Anregung zu seiner Thätigkeit von den in ihm verbreiteten Nervenfäden, diese wieder die ihrige vom Gehirn; hier ertheilt ihnen der geheimnißvolle Einfluß des Willens einen Anstoß unbekannter Art, welcher längs der ganzen Länge der Faser sich fortpflanzt, und im Muskel angekommen, seine Thätigkeit erregt. Modernisieren wir das Bild des Menenius Agrippa, der die hungernden Plebejer durch eine kluge Vergleichung des Staates mit dem menschlichen Körper zu beschwichtigen wußte, so dürfen wir die Nervenfäden nicht unpassend mit den electrischen Telegraphendräthen vergleichen, welche einmal augenblicklich jede Nachricht von den äußersten Grenzen her dem regierenden Centrum zuführen, und dann ebenso dessen Willensmeinung nach jedem einzelnen Theile des Ganzen zurückbringen, um daselbst in Ausführung zu kommen. Die Hauptfrage, welche ich zu entscheiden bemüht gewesen bin, ist die: Vergeht eine angebbare Zeit bei der Beförderung einer solchen Nachricht, welche von den entfernten Enden der empfindenden Hautnerven oder den Nerven ausbreitungen in den Sinnesorganen nach dem Gehirne hineilt, oder einer solchen, welche der Wille vom Gehirn durch die motorischen Nervenfäden zu den Muskeln hinsendet?«⁶³

Um dies zu beantworten, begann Helmholtz die Muskelaktivität zu studieren; genauer gesagt versuchte er Muskelpräparate mittels Strom zu reizen und zu prüfen, ob eine messbare Zeit vergeht, bis diese darauf reagierten. Das war kein leichtes Unterfangen: denn sobald man willkürliche Muskeln reizte, begannen sie auch schon zu zucken. Eine zeitliche Verzögerung konnte vom menschlichen Auge aufgrund der Schnelligkeit jedenfalls nicht wahrgenommen werden. Zu seinem Glück waren aber gerade in jüngster Vergangenheit »verfeinerte Zeitmessungsmethoden«⁶⁴ entwickelt worden,

»...durch welche es möglich geworden ist, ebenso kleine Theile einer Zeitsecunde nicht bloß bemerkbar zu machen, sondern sogar zu messen.«⁶⁵

1847 waren Carl Ludwigs *Beiträge zur Kenntniss des Einflusses der Respirationsbewegungen auf den Blutlauf im Aortensysteme* erschienen, worin er ein Manometer beschrieb, das aus einer U-förmig gebogenen, mit Quecksilber gefüllten Glasröhre bestand und zur Messung des arteriellen Blutdrucks im Tierversuch diente.

⁶² Helmholtz (1850b), S. 171.

⁶³ Helmholtz (1850b), S. 181.

⁶⁴ Helmholtz (1850b), S. 169.

⁶⁵ Helmholtz (1850b), S. 169.

Während ein Schenkel dieses U-Rohr-Manometers über einen Verbindungsschlauch mit einer an dem Versuchstier angelegten Kanüle verbunden war, wurde im zweiten Schenkel ein stabförmiger Schwimmer auf das Quecksilber gesetzt. Am oberen Ende des Schwimmers war ein Schreibhebel befestigt, dessen Spitze die rußgeschwärzte Oberfläche einer Trommel berührte und dort das momentane Niveau des Quecksilbers verzeichnete. Indem sich die Trommel, durch ein fallendes Gewicht angetrieben, gleichmäßig um eine senkrechte Achse drehte, und sich der Schwimmer dem Blutdruck gemäß auf und ab bewegte, gelang es Ludwig solcherart erstmals, graphische Kurven zu erhalten, die den Blutdruck in seinem zeitlichen Verlauf registrierten.

Basierend auf Ludwigs neu erfundenem Registriergerät, dem Kymographion, begann Helmholtz 1848, einen »...einfachen [Apparat]...« für die Aufzeichnung von Muskelzuckungen zu entwerfen⁶⁶ Dazu hängte er an den präparierten Wadenmuskel eines soeben getöteten Frosches ein Gewicht und montierte auf diesem einen Schreibhebel, dessen Spitze - analog zu Ludwigs Gerät - entweder auf eine rotierende Trommel oder eine horizontal fortbewegte, leicht angerußte Glasplatte zeichnete. Dann versetzte er den Muskel mittels eines galvanischen Stroms in Reizung, so dass dieser, ganz als hätte er einen Impuls vom Gehirn empfangen, zu kontrahieren begann und das an ihm befestigte Gewicht samt Schreibhebel nach oben zog.

Mit dieser selbstschreibenden Apparatur, die Helmholtz zunächst als »Froschzeichenmaschine«, später als »Myographion« bezeichnete, gelang es ihm, die nach einer kurzen elektrischen Reizung eintretende Muskelkontraktion in ihrem zeitlichen Verlauf zu registrieren. Die so entstanden Kurven gaben den Anstieg, den Höhepunkt und den Abfall der Zuckungsbewegungen des Muskels wieder, waren allerdings so klein, dass Helmholtz sie nur durch ein Mikroskop betrachten konnte und sogar vergrößerte Freihandkopien derselben herstellen musste. Trotzdem gelang es Helmholtz, mit den »Froschcurven« seine anfängliche Vermutung zu bestätigen und »...die bisher unbekannte Thatsache...«⁶⁷ aufzudecken, dass es eine zeitliche Verzögerung zwischen Stimulation und Kontraktion des Muskels gibt - dass Reiz und Reaktion also nicht, wie allgemein angenommen, gleichzeitig sind. Wir konnten das bisher...«, so Helmholtz, »...an den Muskeln, welche den willkürlichen Bewegungen dienen, wegen der Schnelligkeit der Zuckung nicht erkennen.«⁶⁸

⁶⁶ Helmholtz (1850a), S.279.

⁶⁷ Helmholtz (1850a), S.282f.

⁶⁸ Helmholtz (1850b), S.183.

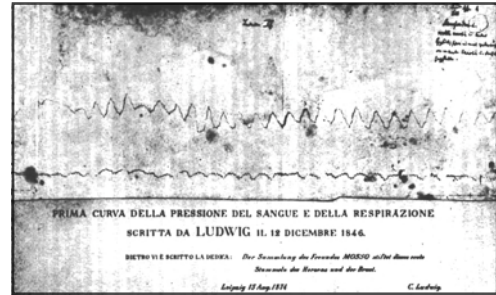
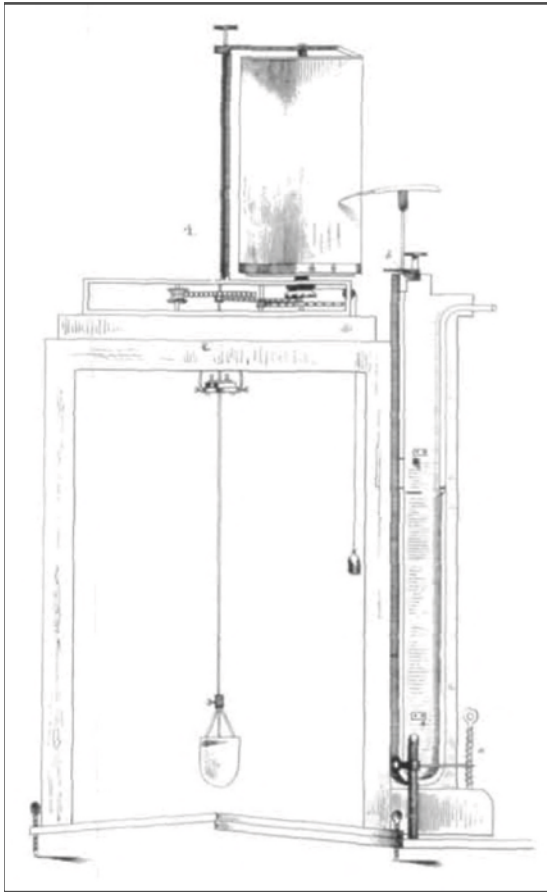
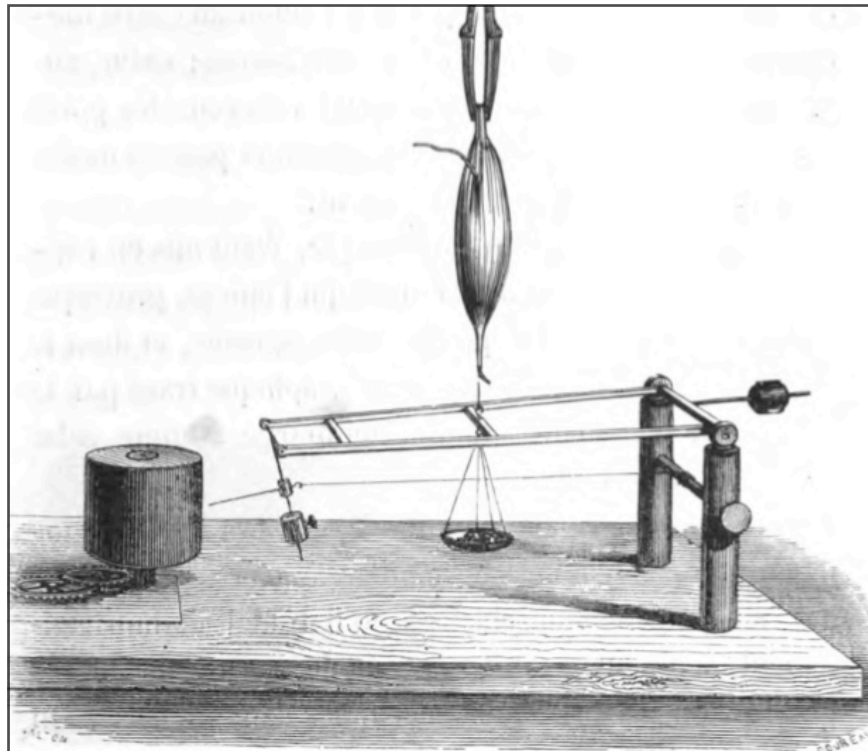


Abb. 4: Carl Ludwig's Kymographion (links) und erste damit registrierte Kurvenbewegungen (rechts).

Abb. 5:
Helmholtz'
»Froschzeichen-
maschine« nach
Étienne-Jules
Marey



Um allerdings auszuschließen, dass auch er selbst keinem Irrtum aufgesessen war, begann er die Genauigkeit seiner eigenen Messungen noch weiter zu erhöhen. 1849 ging Helmholtz dazu über, die von Claude Pouillet ursprünglich für artilleristische Zwecke vorgeschlagene Methode zur Messung kleinster Zeiträume zu verwenden.⁶⁹ Das Prinzip dieser Methode bestand darin, dass die Zeit, in der ein galvanischer Strom auf einen Magneten wirkte, aus dessen veränderter Bewegung berechnet werden konnte. Mit dieser neuen Messmethode, mit der sich »...genaue Bestimmungen bis zu 1/10.000 Secunde ausführen«⁷⁰ ließen, gelang es Helmholtz nicht bloß das durch seine graphische Methode beobachtete Phänomen der Zeitverzögerung zwischen elektrischer Muskelreizung und Muskelkontraktion zu bestätigen, sondern er entdeckte darüber hinaus, dass die Dauer dieser Zeitverzögerung davon abhing, *wo* er die Nerven stimulierte. »Wenn man Messungen über die Zeit anstellt,...«, so Helmholtz,

»...welche zwischen der Reizung der Nerven und der Erhebung der Ueberlastung durch den Muskel vergeht, stellt sich heraus, dass sie von der Stelle der Nerven abhängig ist, auf welche man den elektrischen Schlag einwirken lässt, und zwar desto grösser, ein je grösseres Stück des Nerven sich zwischen der gereizten Stelle und dem Muskel befindet.«⁷¹

Indem Helmholtz in mehreren Versuchsreihen, bei denen er die Nerven an verschiedenen Stellen reizte, den Zeitraum maß, der zwischen elektrischer Reizung und Beginn der Muskelkontraktion verstrich, konnte er aus den Differenzen der so erhaltenen Ergebnisse auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Nerven, die sog. Nervenleitungsgeschwindigkeit schließen. Diese betrug beim Frosch »...26,4 Mt. d.h. etwa 80 Fuß in der Secunde.«⁷² Neben seinen Experimenten am Frosch, begann Helmholtz wenig später auch Versuche an lebendigen Personen durchzuführen. Obwohl »wir am Menschen unter sehr viel complicirteren Verhältnissen experimentiren [müssen] als am Froschpräparat...«⁷³, so Helmholtz, werden »die Messungen ... ähnlich ausgeführt wie die an Fröschen...«:

»Es wird einem Menschen ein ganz leichter elektrischer Schlag an irgend einer beschränkten Hautstelle beigebracht, und derselbe ist angewiesen, wenn er den Schlag fühlt, so schnell es ihm möglich ist, eine bestimmte Bewegung mit der Hand oder den Zähnen auszuführen, durch welche der zeitmessende Strom unterbrochen wird.«⁷⁴

⁶⁹ Vgl. Olesko / Holmes (1993), S.83f.

⁷⁰ Helmholtz (1850b), S.180.

⁷¹ Helmholtz (1850a), S.328.

⁷² Helmholtz (1850b), S.185.

⁷³ Helmholtz (1850b), S.186.

⁷⁴ Helmholtz (1850b), S.186f.

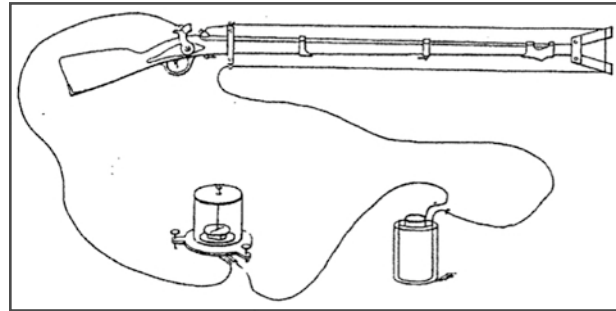


Abb. 6: Claude Pouillet's elektromagnetische Zeitmessung, bei der ein Stromkreis durch Abfeuern des Gewehrs geschlossen und sogleich wieder unterbrochen wurde, sobald die abgefeuerte Kugel den über die Gewehrmündung gespannten Draht durchriss. Der Ausschlag der Galvanometernadel erlaubte es, auf die dafür benötigte Zeit zurück zu schließen.

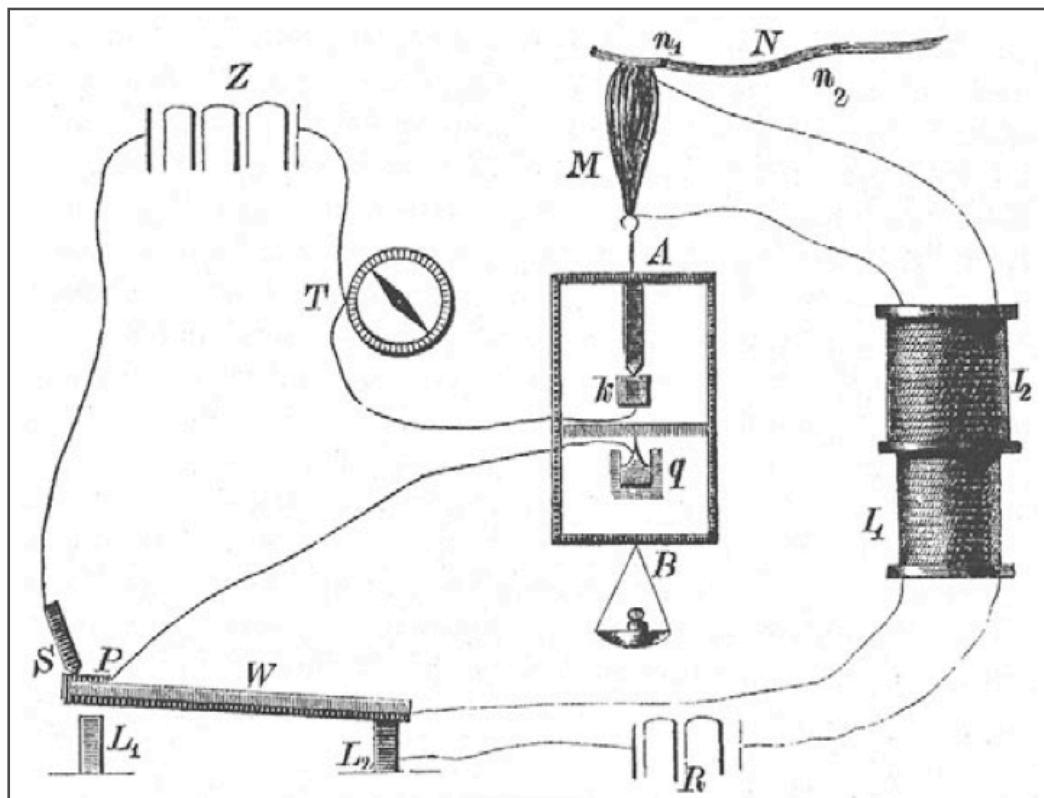


Abb. 7: Helmholtz' Adaption der elektromagnetischen Methode Claude Pouillet's zur Messung der Nervenleitungs geschwindigkeit. Die Hauptschwierigkeit bestand dabei darin, dass der Anfang und das Ende des galvanischen Stroms, der auf den Magneten wirkt, genau mit dem Anfang und dem Ende des Vorgangs zusammenfallen musste, dessen Zeitdauer gemessen werden sollte. Helmholtz erreichte dies, indem er zwei miteinander verbundene Stromkreise einrichtete: einen zur Reizung des Froschmuskelpreparats (N/M) und einen, den Helmholtz als »zeitmessenden Strom« bezeichnete und der den Magneten (T) in Bewegung setzte. Die beiden Stromkreise konnten (mittels des Schalters S/P) nun so geschlossen werden, dass »...der zeitmessende Strom in dem Augenblicke an[fi]ng, wo ein instantaner elektrischer Schlag durch den Muskel oder seinen Nerven ging...« [Helmholtz (1850a), S.285]. Begann der Muskel daraufhin zu kontrahieren, so wurde der zeitmessende Strom dauerhaft durch das nach oben gezogene Gewicht, das an der Unterseite des Muskels befestigt wurde, unterbrochen (A/B). Aus dem Ausschlag der Nadel konnte Helmholtz dann die Zeit erschließen, die der Muskel für die Zuckung benötigte. [Vgl. Schmidgen (2008), S.112f].

Helmholtz misst, was Psychologen später als »einfache Reaktionszeiten« bezeichnen sollten. Wie erwartet, führte die Reizung unterschiedlicher Hautstellen zu unterschiedlichen Reaktionszeiten. »Es ergibt sich z.B.,« so Helmholtz, »...daß eine Nachricht vom großen Zehen etwa 1/30 Secunde später ankommt, als eine vom Ohr oder Gesichte.«⁷⁵ Durch Vergleichen der so erhaltenen Zeitdifferenzen schloss Helmholtz schließlich auf die Geschwindigkeit der menschlichen Reizfortpflanzung zurück, die er mit 60 Meter pro Sekunde bezifferte.

Zuvor war man noch allgemein der Ansicht, dass die Erfahrung eines Reizes praktisch gleichzeitig mit dessen Einsetzen stattfände. Man glaubte, dass die Geschwindigkeit, mit der sich ein Reiz über die Nervenbahnen bis zum Gehirn fortpflanzte, vergleichbar sei mit der des Lichtes und hegte Zweifel darüber, ob es überhaupt jemals gelingen würde, diese verschwindend kleine Übertragungszeit der Messung zugänglich zu machen. Nicht nur hatte »Helmholtz...«, wie Étienne-Jules Marey später bemerken sollte, »...the boldness to undertake this measurement...«⁷⁶, sondern er konnte darüber hinaus auch zeigen, dass die ermittelte Geschwindigkeit, mit der ein Reiz die menschlichen Nerven durchläuft, so überraschend gering war, dass sie nicht nur hinter der Lichtgeschwindigkeit lag, sondern sogar weitaus langsamer als die Schallgeschwindigkeit mit 343 Meter pro Sekunde war. »Die Erkenntnis, daß die von uns als gegenwärtig erfahrene Welt in Wirklichkeit die ist, die einen kleinen Sekundenbruchteil vorher da war – daß das scheinbar Gegenwärtige eigentlich das Vergangene ist«⁷⁷, war schwierig zu akzeptieren. 1850 schreibt Helmholtz' Vater an seinen Sohn:

»Was nun Deine Untersuchungen betrifft, so schien mir anfangs deren Resultat etwas wunderbarlich, da ich Gedanken und körperlichen Affect nicht als ein Nacheinander, sondern als ein Zugleich ansehe, als eine Einheit des lebendigen Actes, der erst in der Reflexion zu einem körperlichen und geistigen wird.«⁷⁸

»Das erscheint vielleicht unwahrscheinlich«⁷⁹, so Helmholtz beipflichtend. »Wir haben nie etwas der Art an uns selbst wahrgenommen. Wenn wir aber bedenken, ... daß wir natürlich nicht schneller wahrnehmen können, als unsere Empfindungsnerven, die nothwendigen Vermittler aller unsrer Wahrnehmungen, sie uns

⁷⁵ Helmholtz (1850b), S.187.

⁷⁶ Marey (1879), S.42.

⁷⁷ Crary (2002), S.247f.

⁷⁸ Zit. n. Koenigsberger (1902), S. 122.

⁷⁹ Helmholtz (1850b), S.181.

zukommen lassen, so...« lässt sich »...leicht einsehen, daß uns die Aussagen unserer eigenen Erfahrung keine Richtschnur abgeben können.«⁸⁰

Mit seinen Untersuchungen zur Nervenleitungsgeschwindigkeit erteilte Helmholtz dem Traum eines unmittelbaren Seins eine klare Absage. Niemals würde es dem Menschen möglich sein, im Einklang mit den realen, physikalischen Ereignissen zu existieren - immer würde er diesen einen Schritt hinterdrein hinken. Und da die Nervenleitungsgeschwindigkeit für den Menschen eine unvermeidbare, natürliche Konstante war, konnten an der zeitlichen Verzögerung weder Schulung noch Übung je etwas ändern.

Man könnte meinen, dass Helmholtz' Untersuchungen nun das Ende für die Kleist'sche Idee des Zeitvorsprungs bedeuteten - einer Idee, die den Menschen schneller machen und der ungeheuren Effizienz des Bären annähern wollte - doch das Gegenteil war der Fall. Erst mit Helmholtz, so könnte man sagen, gewann diese Idee überhaupt erst an Konturen. Denn das wirklich Verblüffende an seinen Studien zur Nervenleitungsgeschwindigkeit war, dass er dabei auf Zeiten stieß, die der lebendige Organismus gerade nicht für den Transport von Reizen verwendete, sondern, wie es schien, einfach ungenutzt verstreichen ließ. Als er seine Versuchsergebnisse am Menschen zusammenfasste, schrieb er:

»Die Nachricht von einem Eindruck, der auf das Hautende empfindender Nerven gemacht ist, pflanzt sich mit einer zu verschiedenen Zeiten und bei verschiedenen Individuen nicht merklich variirenden Geschwindigkeit von 60 Mt. (180 Fuß) nach dem Gehirn zu fort. Im Gehirn angekommen, vergeht eine Zeit von etwa 1/10 Secunde, ehe der Wille auch bei der angespanntesten Aufmerksamkeit die Botschaft an die Muskelnerven abzugeben im Stande ist, vermöge welcher gewisse Muskeln eine bestimmte Bewegung ausführen sollen. [...] Nun läuft die Botschaft wahrscheinlich mit derselben Geschwindigkeit nach den Muskeln hin, und endlich vergeht noch etwa 1/100 Secunde, ehe der Muskel sich nach ihrer Empfangnahme in Thätigkeit setzt. Im Ganzen vergehen also von der Reizung der sensiblen Nervenenden bis zur Bewegung des Muskels $1\frac{1}{4}$ bis 2 Zehnteltheile einer Secunde.«⁸¹

Was Helmholtz entdeckte, waren zwei Lücken: einmal eine in den Muskeln, die auf einen erhaltenen Reiz nicht augenblicklich reagierten, sondern erst nach einer gewissen Zeit zu kontrahieren begannen, und einmal eine im Gehirn, wo eine Zeit von ungefähr einer zehntel Sekunde verging, bevor es dem Willen gelang, eine Botschaft an die entfernten Muskeln abzuschicken. Damit traten zu der Zeit, die der Organismus bereits für den Transport eines Reizes benötigte, nun also noch zwei weitere Zeiten hinzu. Doch im Gegensatz zur Reizfortpflanzung schienen sie keine notwendigen und produktiven Zeiten zu sein, sondern, wie

⁸⁰ Helmholtz (1850b), S.181f.

⁸¹ Helmholtz (1850b), S.186.

Helmholtz in einem Brief an die Pariser *Académie des Sciences* schrieb, bloße *temps perdu*, verlorene Zeiten, die der Organismus ungenutzt verstreichen ließ und die die bereits bestehenden und unvermeidbaren Verzögerungen des Menschen nur noch zusätzlich vergrößerten.⁸² Gelänge es allerdings, diese *temps perdu* in den Griff zu bekommen, sie nicht mehr verstreichen, sondern produktiv nutzbar zu machen, dann könnte auch die Kleist'sche Idee umgesetzt, die Effizienz gesteigert und der Mensch schneller gemacht werden.

1.4 Still gestellte Bewegung

Der Begriff der *temps perdu* wird von Helmholtz nur in seiner Korrespondenz mit der Pariser *Académie des Sciences* verwendet. Auch wenn dieser Ausdruck vielleicht gar nicht ihm selbst, sondern eher seinem Freund und Kollegen Du Bois-Reymond zuzuschreiben ist, der ihm bei der Übersetzung ins Französische behilflich gewesen war,⁸³ so ist es doch eine sehr treffende Bezeichnung, die den Produktivitätsverlust des Organismus im Sinne einer vergeudeten und ungenutzten Zeit sehr klar zum Ausdruck bringt, gleichzeitig aber auch auf den Verlust der Beobachtung verweist, da diese Abschnitte zwar messbar, aber nicht näher bestimmbar waren. Auf eine fast geheimnisvolle Art und Weise schienen sie sich dem äußeren Zugriff zu entziehen und verbargen, was sich währenddessen im lebendigen Organismus selbst ereignete.

Im deutschen Ausdruck »Zeitraum der latenten Reizung«, so die selbstgewählte Bezeichnung Helmholtz' für die zeitliche Verzögerung, mit der ein Muskel auf einen Reiz reagierte, war von diesen beiden Ideen allerdings nichts mehr zu spüren. Und so wundert es wenig, dass es kein deutscher Forscher, sondern der französische Physiologe Étienne-Jules Marey war, der sich für Helmholtz' verlorene Zeit interessierte, sie erkunden und sichtbar machen wollte.

Auf der Suche nach der »verlorenen Zeit«

In seinem 1873 erschienen Werk *La Machine Animale* verweist Marey explizit auf Helmholtz' Studien zur Bestimmung der Nervenleitungsgeschwindigkeit, wobei er dessen Untersuchungen mit dem Problem vergleicht, die Geschwindigkeit eines Zuges zu bestimmen, der einen Brief von Paris nach Marseilles befördert:

⁸² Vgl. Helmholtz (1851).

⁸³ Vgl. Piccolino (2003), S. 264.

»Let us suppose that a letter is dispatched from Paris to go to Marseilles, and that, being resident in the latter town, we should be informed of the precise instant at which the postal train leaves Paris, while we have nothing to warn us of its arrival at Marseilles except the knowledge of the moment at which the letter is delivered there. How can we, according to these data, estimate the speed of the mail train?«⁸⁴

Das ist natürlich unmöglich, schließlich ist der Zustellzeitpunkt des Briefes von der Ankunftszeit des Zuges verschieden. Wir haben keinerlei Ahnung davon, wie viel Zeit, zwischen der Ankunft des Zuges und der tatsächlichen Zustellung an unsere imaginäre Wohnadresse in Marseilles vergeht. Wüssten wir diese Zeit, so wäre es ein Leichtes, die Geschwindigkeit des Zuges zu bestimmen. Weil das aber nicht der Fall ist, müssen wir, so schlägt Marey vor, »...a signal of the passage of that train through an intermediate station between Paris and Marseilles...« erhalten – »...Dijon, for instance.«⁸⁵ Und wenn wir jetzt noch einmal davon ausgehen, dass uns die Distanzen Paris – Dijon, Dijon – Marseilles bekannt sind und sich der Zug über die gesamte Strecke mit immer konstanter Geschwindigkeit bewegt, dann haben wir am Ende eine relativ einfache Rechnung, dessen Lösung *Nervenleitungsgeschwindigkeit* heißt und die von Helmholtz unter Anwendung einer ähnlichen Methode (er hatte die Muskeln an unterschiedlichen Stellen gereizt) bereits präzise bestimmt wurde.

Doch Mareys Interesse galt weniger der Geschwindigkeit des Zuges, als vielmehr dem ersten Element von Helmholtz' verlorener Zeit - also jenem Phänomen, dass ein Muskel, nachdem er einen durch die Nerven übertragenen Reiz erhalten hatte, sich nicht augenblicklich zu kontrahieren begann, sondern erst eine gewisse Zeit verging, bis er auf den soeben erhaltenen Reiz reagierte. »Now it results from the experiments of Helmholtz,...« so Marey,

»...that all the time which elapses between the excitement and the motion is not occupied by the transference of the nervous agent; but that the muscle, when it has received the order carried by the nerve, remains an instant before acting. This is what Helmholtz calls *lost time*.«⁸⁶

Diese Dauer, in der der Muskel in Untätigkeit verweilt, ist für Marey mit der Zeit vergleichbar, die in seinem metaphorischen Beispiel zwischen der Ankunft des Zuges und der Zustellung des Briefes in Marseilles vergeht und in der eine Vielzahl verschiedenster Tätigkeiten, wie beispielsweise das Sortieren, Abstempeln und Austragen der Briefe, ausgeführt werden. Es macht nur den Anschein, so die These Mareys, als würde in dieser Zeit nichts passieren, denn im Vergleich zum

⁸⁴ Marey (1879), S. 42.

⁸⁵ Marey (1879), S. 42.

⁸⁶ Marey (1879), S. 43.

»langen« Transport mit dem Zug sind die verschiedensten Arbeitsschritte von verschwindend geringer Dauer und haben sich bisher einer genauen Aufzeichnung entzogen. Gelänge es allerdings diese winzigsten Bewegungen einzufangen, sie ins Bewusstsein zu transferieren und zu analysieren, so war Marey überzeugt, dann könnte die gesamte körperliche Effizienz gesteigert werden. Denn so wie Postangestellte, die müde oder krank, gerade neu eingestellt oder unaufmerksam sind, ihre Arbeit nicht optimal verrichten und damit eine Verzögerung verursachen, - die einzeln betrachtet zwar vernachlässigbar, in Summe aber zu einer merkbaren Verspätung führen -, so könne auch im Körper davon ausgegangen werden,

»...that this variability of duration belongs almost exclusively to those still unknown phenomena which are produced in the muscle during the *lost time* of Helmholtz.«⁸⁷

Um die kleinsten und minutiösesten Phänomene zu erkunden, begann Marey alle möglichen Arten menschlicher wie tierischer Bewegung zu studieren. Wo auch immer sich die verlorenen Zeiten versteckten, in welchen Winkeln des Körpers sie sich verborgen hatten, er würde sie finden und sichtbar machen. Die menschliche Wahrnehmung war für diese Aufgabe denkbar ungeeignet, denn was sich im Bruchteil einer Sekunde ereignete, war den Sinnen aufgrund seiner Schnelligkeit entzogen und konnte auch durch noch so angestregtes Beobachten nicht erkennbar gemacht werden. Dem Vorbild Helmholtz' folgend, griff Marey daher zur *graphischen Methode*, begann allerdings, die lebendige Bewegung direkt zu messen und damit sowohl auf Vivisektion als auch auf die von außen herbeigeführte Bewegungsreizung mittels elektrischem Strom zu verzichten. So hatte er 1860 beispielsweise den *Sphymographen* entwickelt - ein Gerät, das den menschlichen Pulsschlag in einer ähnlichen Weise wie der Arzt durch das Aufpressen zweier Finger maß. Der Apparat bestand aus einem frei beweglichen Hebel, dessen eines Ende am Pulspunkt am Handgelenk ruhte und an dessen anderem Ende ein Stahlstift angebracht wurde, dessen Spitze auf einem rauchgeschwärzten Papierstreifen auflag. Durch das Auf- und Abschwellen des Durchmessers der Arterie, begann sich auch der Hebel am Handgelenk zu bewegen, und zwar so, dass sich beim Anschwellen der Arterie der Stift auf dem Papier nach oben und beim Abschwellen nach unten bewegte. Da das Papier mittels eines Uhrwerk-Mechanismus in einem gleich bleibenden Tempo kontinuierlich verschoben wurde, war das Resultat ein Graph, eine Reihe auf- und absteigender Linien, die das An- und Abschwellen des arteriellen Blutes im zeitlichen Verlauf repräsentierten.⁸⁸

⁸⁷ Marey (1879), S. 44.

⁸⁸ Vgl. Corbett (2008), S. 110f sowie Snyder (2002), S. 151.

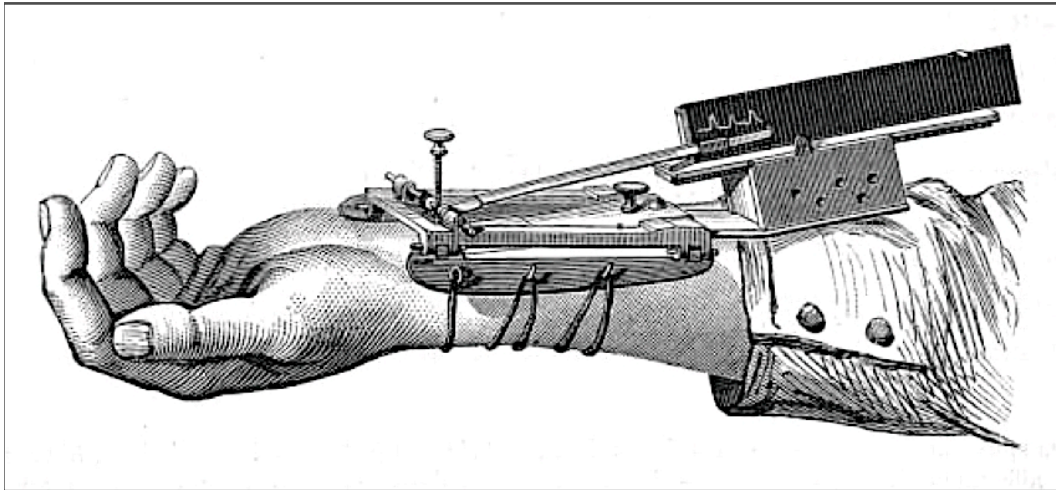


Abb. 8: Mareys Sphygmograph

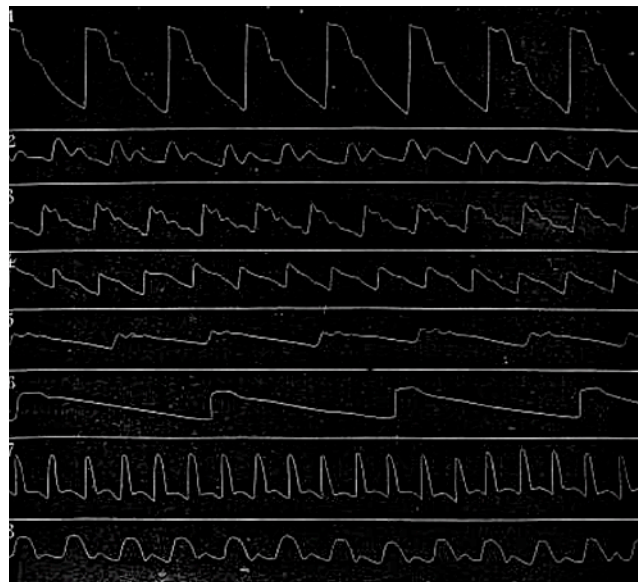


Abb. 9: Graphische Pulskurven

Für Marey war die *graphische Methode* »...allen anderen Arten des Ausdrucks überlegen...«⁸⁹, da sie mit einer Präzision und Genauigkeit »...les infiniment petits du temps...«⁹⁰, also jene unendlich kleinen Zeitspannen, die schnellsten und die schwächsten körperlichen Bewegungen einzufangen erlaubte und damit eine »unbekannte Welt«⁹¹ zu Tage förderte, die der menschlichen Wahrnehmung bislang verschlossen war. Das funktionierte beim menschlichen Pulsschlag recht gut, da sich die Bewegung im menschlichen Körper selbst entfaltete und mit einem Hebel direkt »abnehmbar« war. Doch Bewegungen, die sich nicht auf den Körperraum beschränkten, sondern über diesen hinausgingen, wie das Gehen, Laufen oder Fliegen beispielsweise, entzogen sich dieser Mitschrift. »...Such movements have to be observed at a distance...« erklärt Marey und müssen daher an die Aufzeichnungsnadel erst übertragen werden. Aus diesem Grund begann er 1871 die *graphische Methode* um pneumatische Techniken zu erweitern und die Schrittfolgen sowohl bei Menschen als auch bei Tieren zu verzeichnen. Dabei entdeckte er die bisher unbekannte Tatsache, dass es einen Moment im schnellen Trab des Pferdes gab, an dem keines der vier Hufe den Boden berührte.⁹²

Serien- und Momentphotographie

Schenkt man der Legende Glauben, so soll Mareys Befund über die Stellung der Pferdefüße den reichen amerikanischen Reitstall-Besitzer Leland Stanford, Ex-Gouverneur von Kalifornien und Eisenbahntycoon, dazu veranlasst haben mit seinem Freund Frederick McCrelly, ebenfalls Millionär und Rennstallbesitzer, eine 25.000-Dollar-Wette darüber abzuschließen, ob es tatsächlich einen Moment im schnellen Trab des Pferdes gab, an dem keines der vier Hufe den Boden berührte. Während sich Stanford sicher war, dass dies der Fall sei, vertrat McCrelly die gegenteilige Meinung. Zur Lösung des Rätsels engagierte Stanford 1872 den damals gerade hoch im Kurs stehenden englischen Landschaftsfotografen Eadweard Muybridge. Er sollte den fotografischen Beweis über die genaue Bein-stellung des galoppierenden Pferdes erbringen.

Ein Unterfangen, das zunächst aussichtslos erschien, immerhin erlaubte das zu dieser Zeit in der Fotografie verwendete nasse Kollodiumverfahren keine genügend schnellen Aufnahmen, um bewegte Bilder einzufangen. Muybridges erste

⁸⁹ Étienne-Jules MAREY: *La Méthode graphique dans les sciences expérimentales et particulièrement en physiologie et en médecine*. Paris 1878- Zit. n. Daston / Galison (2002), S. 84f.

⁹⁰ Marey (1885), S. ii.

⁹¹ Marey (1885), S. iii.

⁹² Vgl. Marey (1879), S. 138 - 179.

Versuche, die er 1872 auf der Union Park Rennbahn in Sacramento unternahm, um Stanfords Pferd Occident im Trab zu fotografieren, waren folglich zunächst vom Misserfolg gekennzeichnet.⁹³ Bereits 1873 gelang es ihm aber, ein extrem rasches Verschlusssystem zu entwickeln: zwei sich anschließende, vertikal angebrachte Plättchen, die während einer 1/500 Sekunde eine Öffnung von einem achtel Zoll frei ließen und es ihm erlaubten Occident mit allen vier Hufen vom Boden gelöst zu fotografieren. Doch das sehr grobkörnige Bild zeigte bloß die Silhouette des Pferdes und taugte als Beweis nicht viel. Wie Muybridge später bemerkte, war es nicht einmal möglich, den linken vom rechten Fuß des Pferdes zu unterscheiden.⁹⁴

Erst fünf Jahre später gelang des Rätsels Lösung: Anstatt auf händisch ausgelöste Einzelbilder zu vertrauen, stellte Muybridge 1878 auf Stanfords Pferdegestüt in Palo Alto zwölf Fotoapparate nebeneinander auf, deren Objektive mittels des oben genannten, von Elektromagneten ausgelösten Verschlusssystems nacheinander jeweils eine 1/2000 Sekunde geöffnet waren. Nicht der menschliche Beobachter, sondern das Pferd selbst löste jetzt die Verschlüsse aus, indem es beim Vorübergaloppieren die quer über die Versuchsstrecke gespannten, galvanisierten Drähte zerriss. Das Ergebnis: zwölf sukzessive Momentfotografien eines galoppierenden Pferdes – und damit die sichtbare Lösung des Rätsels um die exakte Beinstellung des im Trab befindlichen Pferdes.⁹⁵

Während das menschliche Auge Bewegung kontinuierlich wahrnimmt, gelang es der Momentfotografie nun erstmals den zeitlichen Fluss an beliebiger Stelle zu stoppen. An die Stelle eines kontinuierlichen Bewegungsflusses traten einzeln voneinander abgrenzbare Bewegungsphasen und förderten damit eine neue Wirklichkeit zu Tage, die – nach einer Formulierung Walter Benjamins und in Anlehnung an die Psychoanalyse Sigmund Freuds – nicht weniger als ein Reich des Optisch-Unbewussten Wissens aufspannten:

»Und so wenig es bei der Vergrößerung sich um eine bloße Verdeutlichung dessen handelt, was man ‚ohnehin‘ undeutlich sieht, sondern vielmehr völlig neue Strukturbildungen der Materie zum Vorschein kommen, so wenig bringt die Zeitlupe nur bekannte Bewegungsmotive zum Vorschein, sondern sie entdeckt in diesen bekannten ganz unbekannte... So wird handgreiflich, daß es eine andere Natur ist, die zu der Kamera, als die zum Auge spricht. Anders vor allem dadurch, daß an die Stelle eines vom Menschen mit Bewußtsein durchwirkten Raums ein unbewußt durchwirkter tritt. Ist es schon üblich, daß einer vom Gang der Leute, sei es auch nur im Groben, sich Rechenschaft ablegt, so weiß er bestimmt nichts

⁹³ Vgl. Corbett (2008), S. 111 sowie Frizot (1998).

⁹⁴ Vgl. Muybridge (1893), S. 5.

⁹⁵ Vgl. Frizot (1998) sowie Manonni (2002), S. 364.

Abb. 10:
Die Kameraverschlüsse Muiy-
bridges (oben)
und der Kamera-Unterstand in
Palo Alto, Kalifornien.
1877-1879 (unten)

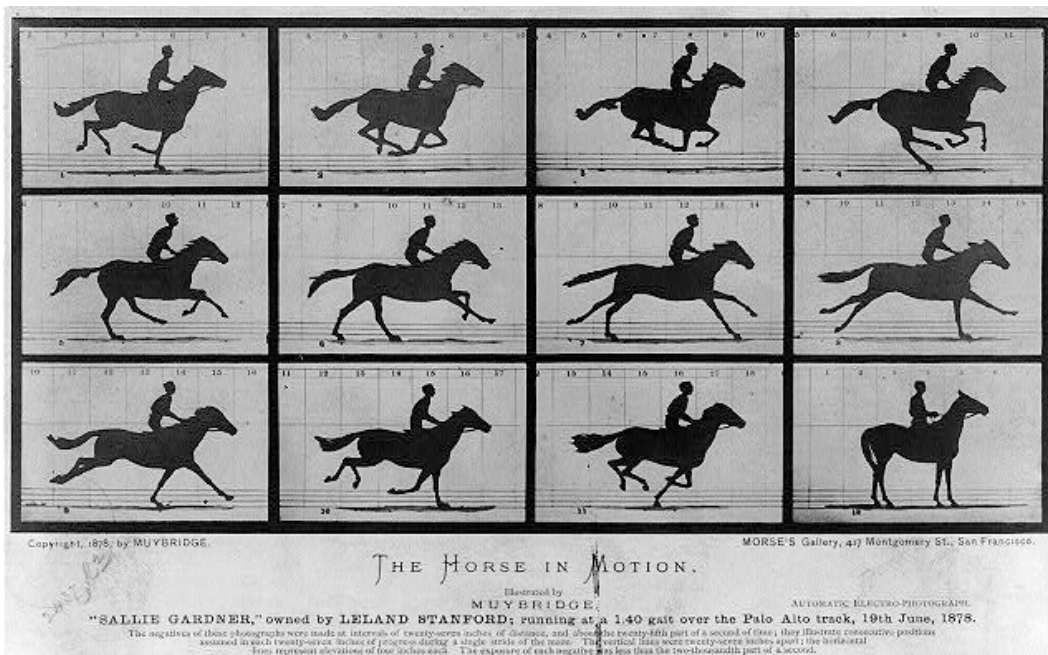
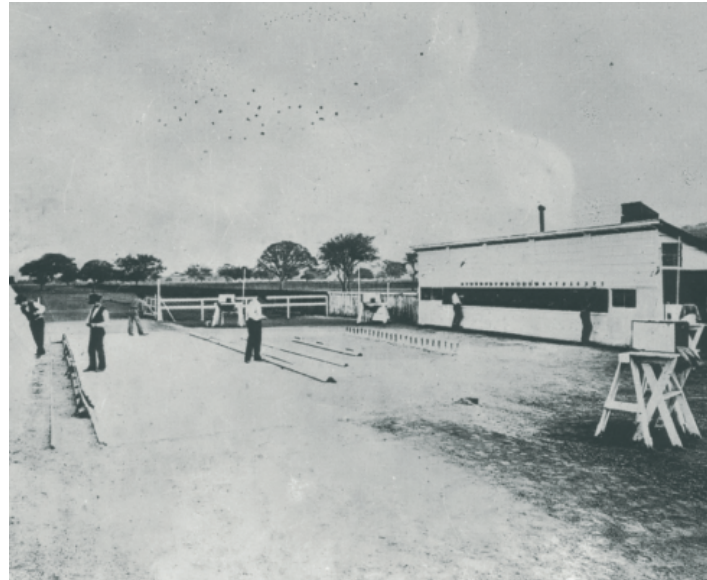
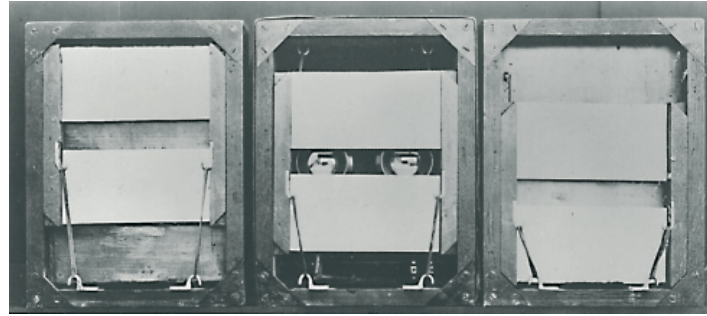


Abb. 11: Sallie Gardner, galoppierend, Palo Alto, Kalifornien, 1878

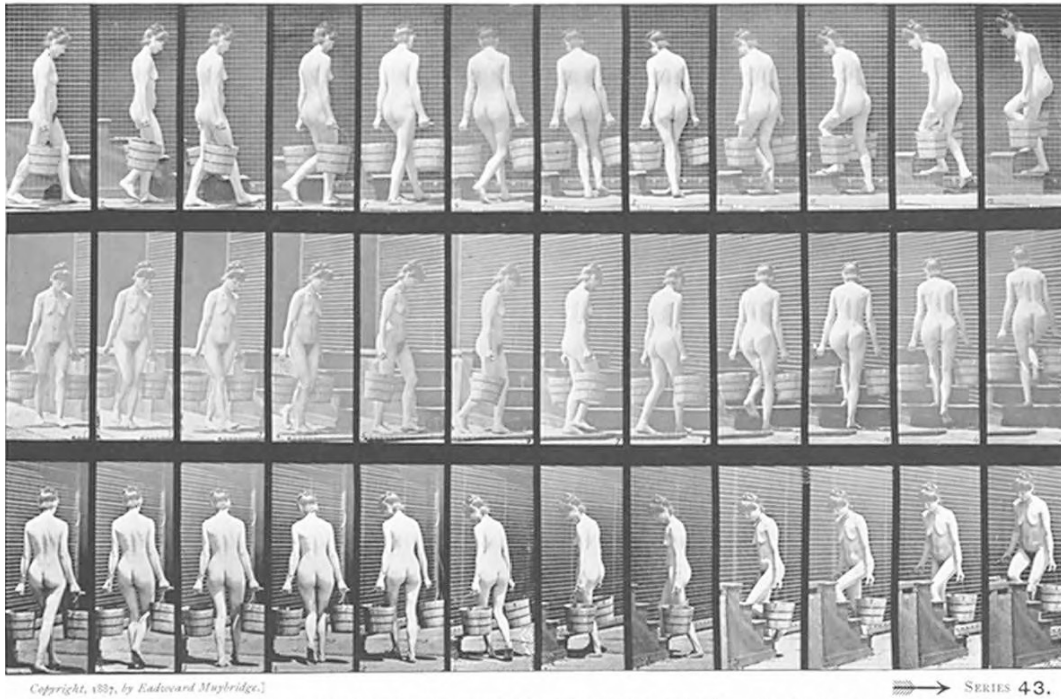


Abb. 13: Eadweard Muybridge, »Woman. With a bucket of water in each hand, ascending stairs« (1887). Von drei Blickwinkeln aus synchron photographiert. Das Zeitintervall beträgt 266 Sekunden.



Abb. 12: Muybridges Zoopraxiscop.

von ihrer Haltung im Sekundenbruchteil des Ausschreitens. Ist uns schon im Groben der Griff geläufig, den wir nach dem Feuerzeug oder dem Löffel tun, so wissen wir doch kaum von dem, was sich zwischen Hand und Metall dabei eigentlich abspielt, geschweige wie das mit den verschiedenen Verfassungen schwankt, in denen wir uns befinden. Hier greift die Kamera mit ihren Hilfsmitteln, ihren Stützen und Steigen ihrem Unterbrechen und Isolieren, ihrem Dehnen und Rafften des Ablaufs, ihrem Vergrößern und ihrem Verkleinern ein. Vom Optisch-Unbewußten erfahren wir erst durch sie, wie von dem Triebhaft-Unbewußten durch die Psychoanalyse.«⁹⁶

Étienne-Jules Marey wurde auf Muybridges Arbeit durch einen Artikel in der französischen Zeitschrift *La Nature* vom 14. Dezember 1878 aufmerksam, in der dessen Momentfotografien des galoppierenden Pferdes abgedruckt waren. »I am lost in admiration over the instantaneous photographs of Mr Muybridge, which you published in your last number of *La Nature*«, schrieb Marey an den Herausgeber.

»Can you put me in correspondence with the author? I want to beg his aid and support to solve certain physiological problems so difficult to solve by other methods; for instance, the question connected with the flight of birds. I was dreaming of a kind of photographic gun, seizing and portraying the bird in an attitude, or better still, a series of attitudes, displaying the successive different motions of the wing. Cailletet informed me that he formerly essayed something similar, with encouraging results. It is evident this would be an easy matter for Mr Muybridge to accomplish, and what beautiful zoetropes he could give us, and we could perfectly see the true movements of all imaginable animals. It would be animated zoology.«⁹⁷

Marey sollte Recht behalten. 1879 entwickelte Muybridge das *Zoopraxiscop*, mit dem ihm die Re-Synthese der zuvor in Momentfotografien fragmentarisierten Bewegung gelang. Die einzelnen Fotografien wurden dabei auf den Rand einer Scheibe angebracht und ergaben, abgespielt, eine Bewegung von etwa einer Sekunde Dauer. »To this instrument I gave the name of Zoopraxiscope« erklärt Muybridge -

»it is the first apparatus used, or constructed, for synthetically demonstrating movements analytically photographed from life, and in its resulting effects is the prototype of all the various instruments which under a variety of names, are used for a similar purpose at the present day.«⁹⁸

⁹⁶ Benjamin (1977), S. 36.

⁹⁷ Étienne-Jules MAREY: »Letter to the editor«. In: *La Nature* vom 9. Dezember 1878, S. 29. Zit. n. Corbett (2008), S. 112.

⁹⁸ Eadweard MUYBRIDGE: *The Attitudes of Animals in Motion: A Series of Photographs Illustrating the Consecutive Positions Assumed by Animals in Performing Various Movements*. New York: Dover Publications, 1881, S. 14. Zit. n. Corbett (2008), S. 113.

Als Marey erfuhr, dass Muybridge zur Präsentation seiner Momentfotografien eine Vortragstournee durch Europa plante, schrieb er an ihn und lud ihn zu einer Vorführung nach Paris ein. Marey hoffte, die neu entwickelten photographischen Techniken auch für seine eigene Arbeit verwenden zu können. Denn die *graphische Methode*, von der er anfänglich so begeistert war, stieß in ihrer Anwendbarkeit immer mehr an ihre Grenzen. Das hatte sich schon beim Studium des Gehens und Laufens gezeigt, wo sie nur die Muster des Fußabtritts, nicht aber den kontinuierlichen Bewegungsverlauf in seiner Raum-Zeitlichen Ausdehnung aufzeichnen konnte. Noch deutlicher trat ihre Unzulänglichkeit allerdings beim Studium des Vogelflugs hervor. Marey hatte versucht, den Flügelschlag mittels pneumatischer und elektrischer Kontakte zu verzeichnen, was aber zur Folge hatte, dass der Vogel über Drähte und Schläuche fest mit dem Registrierapparat verbunden und dadurch in seiner natürlichen Bewegung eingeschränkt, wenn nicht sogar gestört wurde. »...In comparing the locomotion of various species of animals,...« erklärt Marey,

»...it is essential that each should be studied under natural conditions: fish in fresh water or marine aquariums; insects in the open air; and man, quadrupeds, and birds in wide spaces which their movements are unfettered.«⁹⁹

Mit der Photographie sollte dies nun aber möglich werden. Und Marey hatte Glück: Muybridge nahm die Einladung an. 1881 kam er nach Paris und präsentierte sein eben erfundenes *Zoopraxiscop*, indem er seine Fotografien publikumswirksam auf Leinwand projizierte.¹⁰⁰ Doch Marey zeigte sich gegenüber dem *Zoopraxiscop* unbeeindruckt, konnte es doch nur das reproduzieren, was das unbeholfene, menschliche Auge immer schon sah. Was Marey hingegen interessierte, waren die einzelnen Momentaufnahmen, die es erlaubten, zeitliche Prozesse – Augenblick für Augenblick – zu fixieren und damit Phänomene sichtbar zu machen, die bis dato dem menschlichen Auge verborgen waren.

Auch die Fotografien von fliegenden Vögeln, um die Marey Muybridge gebeten hatte und die er ihm bei diesem Treffen überreichte, waren für Marey eine große Enttäuschung. Auf den Bildern, die mit einer 1/500 Sekunde aufgenommen wurden, waren Tauben in verschiedenen Positionen während des Fluges sichtbar, zeigten aber nur einzelne, unzusammenhängende Momente und eben keine sukzessiven Bewegungspositionen wie es Muybridge beim galoppierenden Pferd gelungen war. Das war darauf zurückzuführen, dass Muybridges Methode, nämlich seine zwölf oder mehr nebeneinander aufgestellten Fotokameras, deren Ver-

⁹⁹ Marey (1895), S. vii.

¹⁰⁰ Vgl. Corbett (2008), S. 113 sowie Manonni (2002), S. 366.

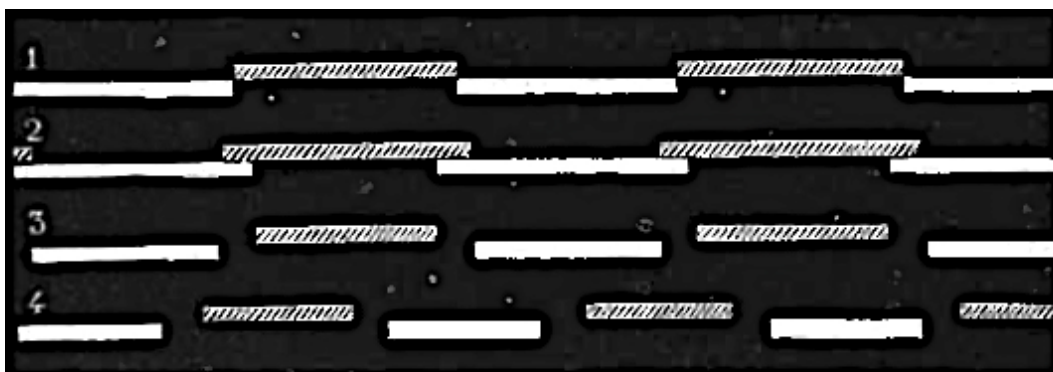


Abb. 14: Graphische Repräsentation menschlichen Gehens und Laufens

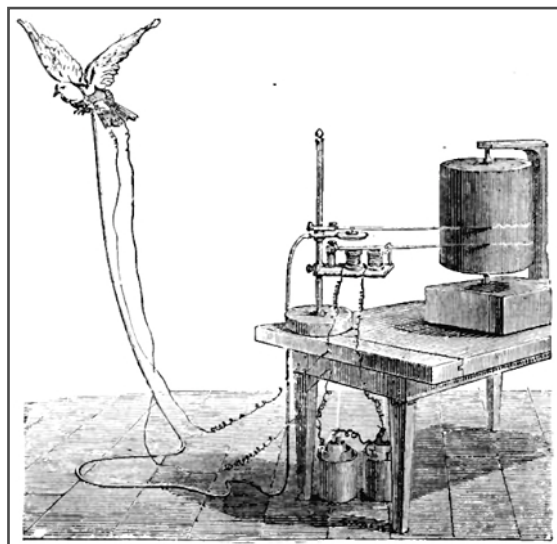


Abb. 15: Mareys Apparatur zum Studium des Vogelflugs

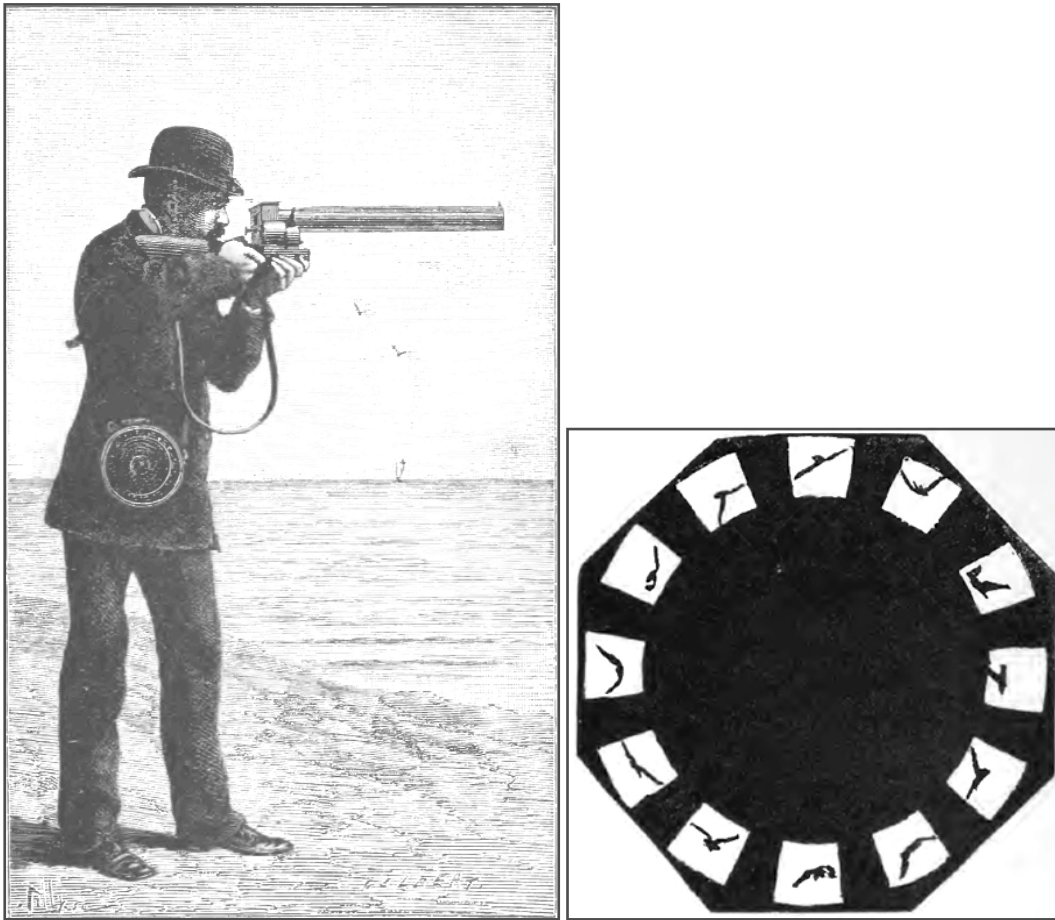


Abb. 16: Mareys photographische Flinte (links) und die damit gemachten Aufnahmen des Flügelschlags einer Möwe (rechts)

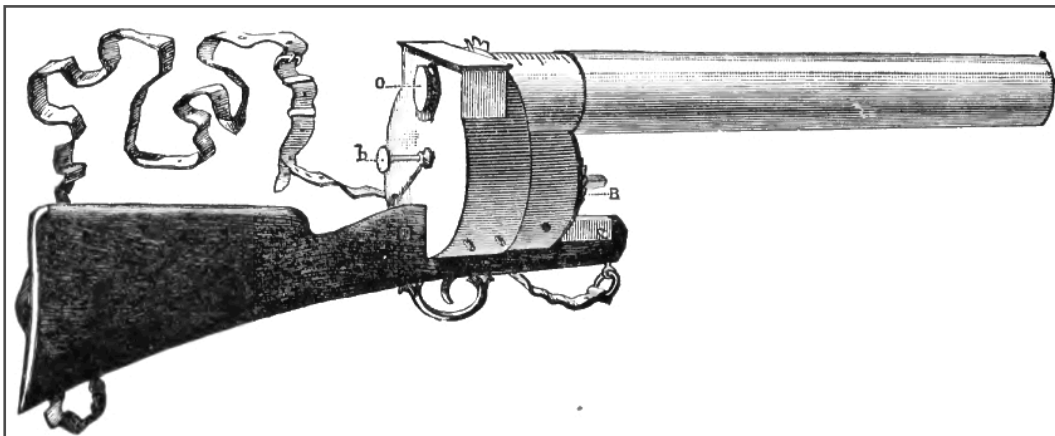


Abb. 17: Die photographische Flinte.

schlüsse durch das vorüber galoppierende Pferd selbst ausgelöst wurden, auf Vögel im freien Flug schlichtweg nicht anwendbar war.

Chronophotographie

Mareys Adaptierung der Methode Muybridges resultierte 1882 daher in der Erfindung der fotografischen Flinte. In Anlehnung an die Konstruktion des astronomischen Revolvers von Jules Janssens (1824 – 1907), mit dem jener die Venuspassage 1874 in Reihenfotografie festhielt, entwickelte Marey eine tragbare Kamera, die tatsächlich wie ein Gewehr ein Visier, ein Objektiv im Lauf und einen Zylinderverschluss besaß. Löste man den Abzug aus, so hielt die lichtempfindliche, mit Bromsilber-Gelatine beschichtete Platte, die im Zylinderverschluss rotierte, zwölfmal hinter dem Objektiv an, wo sie mit einer 1/720 Sekunde belichtet wurde. Derart entstanden zwölf aufeinander folgende, mit präzisen Zeitintervallen und Distanzen aufgezeichnete Aufnahmen, die es Marey u.a. erlaubten, den Zyklus des Flügelschlags einer Möwe einzufangen.¹⁰¹

Die fotografische Flinte sollte aber nur ein vorläufiges Konzept in der wissenschaftlichen Forschung Mareys darstellen: das Format der Bilder war zu klein, das Visier zu ungenau und die Bildzahl zu begrenzt. Ab 1882 arbeitete Marey deshalb an einer wesentlich zufriedenstellenderen Methode, die im Mai/Juni 1883 schließlich in der Entwicklung des Chronophographen gipfelte. Eine Kamera, die mit 13 mal 18 cm großen fotografischen Platten bestückt wurde und eine rotierende Opakscheibe von rund einem Meter Durchmesser besaß, in die ein oder mehrere Schlitzöffnungen geschnitten waren und die die Belichtung der Platte in den von der Rotationsgeschwindigkeit bestimmten Intervallen regelte.¹⁰² Auf diese Weise entstanden keine Serien von Fotografien wie bei Muybridge mehr, sondern auf nur einer einzigen Fotografie wurden zwölf oder mehrere einander überlappende Bilder repräsentiert. Dies hatte den entscheidenden Vorteil, dass die einzelnen Bewegungsphasen auf einen Blick erfasst und miteinander verglichen werden konnten. Anstelle unübersichtlicher und unüberschaubarer Einzeldaten, trat eine Verdichtung der Anschauung, die es dem Betrachter erlaubten, auf einen Blick die Gesamtheit der Daten zu erfassen.

¹⁰¹ Vgl. Burrichter (1986), S. 97; Corbett (2008), S. 114; Frizot (1998); Hick (1999), S. 318; Manonni (2002), S. 367.

¹⁰² Vgl. Corbett (2008), S. 114; Frizot (1998); Manonni (2002), S. 367.

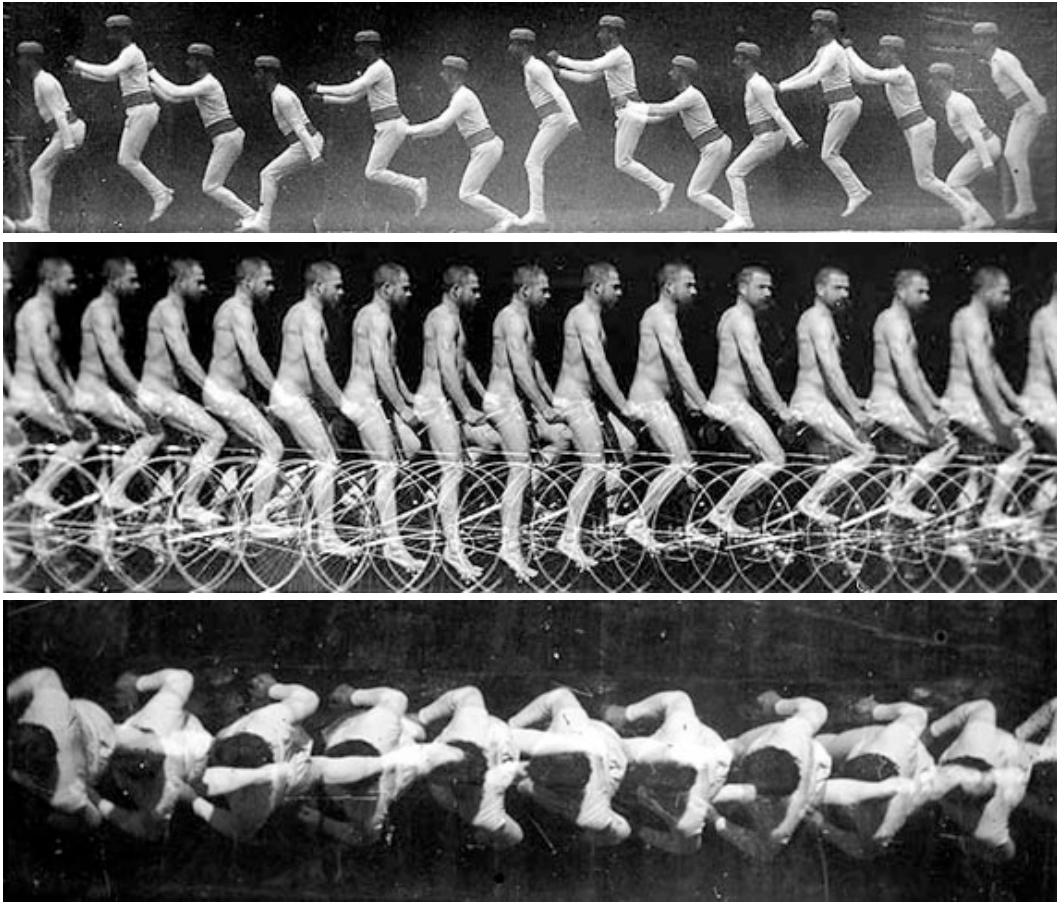


Abb. 18: Chronophotographische Bewegungsstudien Mareys.



Abb. 19: »Verschwommene«
Chronophotographie Mareys mit
zu vielen Bewegungsdetails

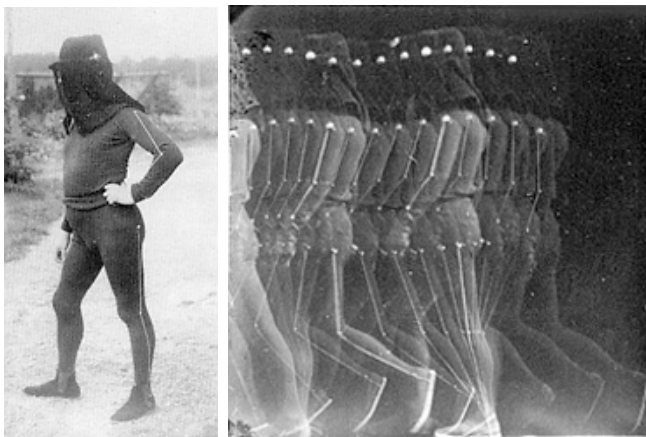


Abb. 20: Mann in schwarzem Anzug mit hellen Streifen und Punkten gekleidet (links) für die partielle Chronophotographie (rechts), 1883

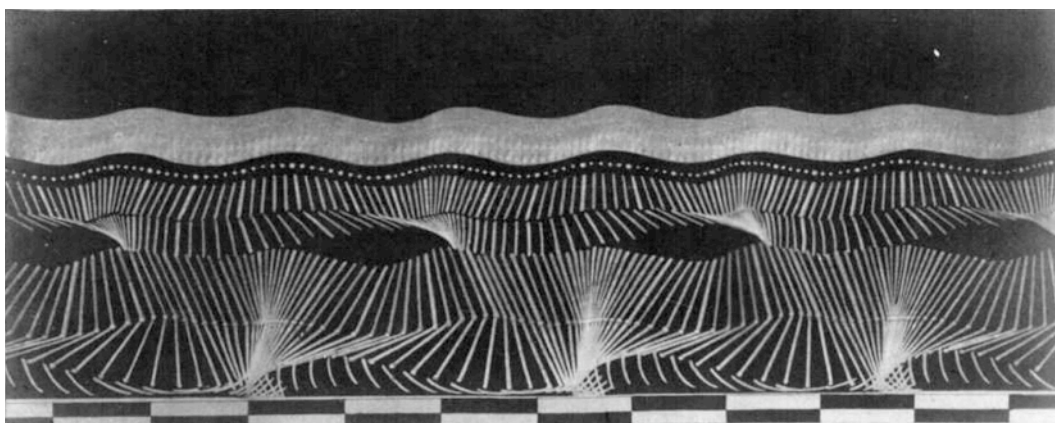


Abb. 21: Geometrische Chronophotographie Mareys zur Analyse des Ganges

Aber Marey hatte ein Problem: je tiefer er versuchte ins Optisch-Unbewusste vorzudringen, je mehr Bewegungsdetails er sichtbar machen wollte, je genauer er die verlorenen körperlichen Zeiten durch eine immer größere Anzahl von Bildern pro Sekunde einzufangen versuchte, desto unleserlicher und verschwommener wurden seine Chronophotographien. Sie enthielten zu viele Informationen, zu viele einander überlappende Einzelbilder.¹⁰³ 1883 erklärte er:

»In this method of photographic analysis the two elements of movement, time and space, cannot both be estimated in a perfect manner. Knowledge of the positions the body occupies in space presumes that complete and distinct images are possessed; yet to have such images, a relatively long temporal interval must be had between two successive photographs. But if it is the notion of time one desires to bring to perfection, the only way of doing so is to greatly augment the frequency of images, and this forces each of them to be reduced to lines.«¹⁰⁴

Um also die zeitlichen Strukturen zum Vorschein zu bringen und die »infiniment petits du temps«¹⁰⁵ sichtbar zu machen, war eine gezielte Reduktion der räumlichen Informationen vonnöten. Dazu entwickelte Marey die *geometrische* bzw. *partielle Chronophotographie*:

»A man dressed completely black, and consequently invisible upon the dead-black background, wears bright points and lines, strips of silver lace attached to his clothes along the axis of his limbs. When the man, so rigged, passes in front of the apparatus, photographs will result that will be accurate diagrams to scale, showing without confusion the posture of upper and lower arms, thighs and lower legs, and feet at each instant, as well as the oscillations of the head and the hips.«¹⁰⁶

Während der schwarz gekleidete Körper mit dem Hintergrund verschmolz und für die Kamera »unsichtbar« wurde, reflektierten die an den Gelenken und Gliedern angebrachten weißen Streifen das Licht und zeichneten sich als abstrakte Bewegungsspuren, als Linien- und Strichmuster in die photographische Platte ein. Weil er alle unnötigen Bildelemente ausblendete und die räumlichen Informationen auf ein Minimum reduzierte, gelang es Marey, immer tiefer in die zeitlichen Strukturen des Körpers vorzudringen und eine weitaus größere Anzahl an sukzessiven Bewegungsmomenten als bisher einzufangen, ohne dass die Bilder dadurch unlesbar oder verschwommen wurden. Endlich hatte Marey einen Weg

¹⁰³ Vgl. Corbett (2008), S. 114 sowie Doane (1999), S. 71.

¹⁰⁴ Étienne-Jules MAREY: »Emploi des photographies partielles pour étudier la locomotion de l'homme et des animaux«, CRAS 96, 1883, S. 1829. Zit. n. Braun (1992), S. 83.

¹⁰⁵ Marey (1885), S. ii.

¹⁰⁶ Étienne-Jules MAREY: »The history of chronophotography«. In: Smithsonian Institute Annual Report 1901. Washington, DC: Smithsonian Institute Publications, 1902, S. 323. Zit. n. Corbett (2008), S. 114f.

gefunden, das körperliche Bewegungsverhalten minutiös aufzuzeichnen und damit die verlorene Zeit zu enthüllen, die zwischen den Augen-Blicken lag. Sie trat als verschwendete und vergeudete körperliche Energie, als Ineffizienzen des Bewegungsgeschehen zutage. Doch einmal ins Bewusstsein gebracht, stand ihrer präzisen Vermessung und Analyse, ihrer Korrektur und Optimierung nichts mehr im Wege: jetzt konnte die »verlorene« körperliche Zeit eingespart und einer »sinnvollen« Nutzung unterzogen werden. »Just as machines are regulated to obtain a useful effect with the least expenditure of energy,...« erklärte Marey,

»...men can regulate their movements to produce the desired effects with the least expenditure of energy, and consequently the least fatigue possible.«¹⁰⁷

Nun war es möglich »objektive« Regeln anzugeben, nach denen der Mensch sich zu bewegen, Soldaten zu marschieren, Pferde zu galoppieren hätten. Denn wie die geometrische Chronophotographie nahe legte, war die kontinuierliche Bewegung aus einzelnen Bewegungselementen zusammengesetzt und ließ sich hieraus auch wieder annähern. Dazu mussten die Menschen nur die optimierten Bewegungsabläufe kopieren: die Chronophotographien mussten studiert und ein Bewegungselement nach dem anderen – Schritt für Schritt – umgesetzt werden. Schenkt man der Ansicht Mareys Glauben, ein nahezu kinderleichtes Unterfangen:

»Guided by photographs of this sort, it is easy to imitate the style of walking or running set by the person who serves as a model, and to reproduce his method of extending or flexing the limbs, of swinging the arms, and of bringing the feet to the ground or removing them from it. It would be much more difficult to imitate these movements by merely watching the instructor, because, especially in rapid movements, the motions are so transitory as to escape observation..«¹⁰⁸

Auf diese Weise konnten sich nun nicht nur weniger begabte Sportler die Bewegungsgeheimnisse erfolgreicher Hochleistungssportler aneignen, sondern und die Lehrlinge eines Schmiedes dazu gebracht werden, den perfekten Hammer Schlag ihres Meisters zu erlernen:¹⁰⁹

»The same method could equally well be applied to the teaching of movements necessary for the execution of various skilled industries. It would show how the stroke of a skillful

¹⁰⁷ Étienne-Jules MAREY: »Etude de la locomotion animale par la chronophotographie«. In: *Comptes Rendu de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences*, Paris: Congrès de Nancy, 1886, S. 66 - 67. Zit. n. Braun (1992), S. 93.

¹⁰⁸ Marey (1895), S. 135.

¹⁰⁹ Vgl. Corbett (2008), S. 115.

blacksmith differed from that of a novice. It would be the same in all manual performances and in all kind of sports.«¹¹⁰

Was dieser Ankündigung folgte, war eine Rationalisierung und Ökonomisierung der Körperbewegungen: Leerstellen wurden ausgemerzt, ineffiziente Bewegungsabläufe in effiziente transferiert. Marey, der um 1890 eine größere Untersuchung vom Militär finanziert bekam mit dem Ziel, geeignete Tempovorgaben für Soldaten zu ermitteln, die marschierten, rannten oder liefen und mit jeweils unterschiedlich viel Gepäck belastet waren, machte selbst bereits die ersten praktische Optimierungsversuche.¹¹¹ Doch die große Rationalisierungswelle folgte erst.

¹¹⁰ Marey (1895), S. 139.

¹¹¹ Vgl. Burrichter (1986), S. 104 sowie Braun (1992), S. 104 - 109.

2. Optimierte Bewegung

Die Brüder Weber hatten als erste den Versuch unternommen, ins unbewusste Bewegungsgeschehen vorzudringen; Hermann von Helmholtz begann, die kleinsten körperlichen Bewegungsphänomene zu registrieren; und Étienne-Jules Marey war es schließlich gelungen, das bislang unsichtbare Bewegungsverhalten in Sichtbarkeit zu überführen. Die verlorene und vergeudete Zeit, die den Menschen bislang vom Optimum entfernte, war keine unbekannte, geheimnisvolle Größe mehr, sondern ein zugängliches, für jedermann sichtbares Phänomen. Sie war aus den Tiefen des menschlichen Körpers geborgen und ins Bewusstsein transferiert. Nun musste sie nur mehr genutzt und korrigiert, kurz: *rationalisiert* werden. Denn dann könnte der Menschen endlich schneller gemacht werden und seine Perfektion erreichen.

Wie der Zeitvorsprung nun tatsächlich praktisch und real wirksam am lebendigen Körper zu implementieren versucht wird, davon berichtet das vorliegende Kapitel. Ausgehend von den arbeitswissenschaftlichen Bewegungsanalysen Frank B. Gilbreths über die choreographischen Bewegungsstudien Rudolph von Labans bis hin zu den biomechanischen Untersuchungen Nikolai A. Bernsteins wird der Frage nachgegangen, wie vergeudete in genutzte körperliche Zeit, ineffiziente in optimale Bewegungsabläufe umgewandelt werden - vor allem aber, welche (neuen) Probleme und Schwierigkeiten dadurch entstehen.

2.1 The »one best way to do work«

Mit dem Ziel der Verschwendung von Arbeitskraft zu begegnen und Industriearbeit effizient zu gestalten, ging es rund zwanzig Jahre nach den Bewegungsstudien Mareys einmal mehr darum, ins Innere der menschlichen Bewegungen vorzudringen - diesmal allerdings im Kontext der Arbeitswissenschaft von Frederick Winslow Taylor und insbesondere dessen Schüler Frank Bunker Gilbreth. Weil Zeit und Geld dasselbe waren, sollten der ökonomischen Maxime gemäß verschwenderische und ineffiziente Arbeitsmethoden identifiziert, verlorene Zeiten in der industriellen Tätigkeit entdeckt und durch optimierte und rationellere ersetzt oder am besten gleich eliminiert werden können. Während Taylor zu diesem Zweck seine berüchtigten Zeitstudien entwarf, bei denen er jeden Arbeitsvorgang in seine kleinsten Elemente zerlegte und anschließend – unter Verwendung einer Stoppuhr – die Zeiten maß, die für die Verrichtung dieser Elemente notwendig waren, wendete sich Gilbreth gegen das grundlegende Prinzip Tay-

lors der »Zeit per Einheit« und ersetzte es durch das Prinzip der »Bewegung per Verrichtung«; legte also nicht wie Taylor optimale Zeiteinheiten für Arbeitsverrichtungen fest, sondern begann, die Bewegungen selbst in ihren Einzelheiten zu studieren.¹¹² »There is no waste of any kind in the world that equals the waste from needless, ill-directed, and ineffective motions, and their resulting unnecessary fatigue«, erklärte Gilbreth in seinem 1917 erschienen Buch *Applied Motion Study*. Und weiter:

»Because this is true, there is no industrial opportunity that offers a richer return than the elimination of needless motions, and the transformation of ill-directed and ineffective motions into efficient activity.«¹¹³

Ging es nach Gilbreth, so sollten alle überflüssigen und unzweckmäßigen Bewegungen entfernt und durch einen »one best way to do work«¹¹⁴ ersetzt werden. Zu diesem Zweck führte Gilbreth Bewegungsstudien durch, die es ihm erlaubten, diesen »einen besten Weg« mithilfe sowohl kinematographischer, als auch photographischer Verfahren zu erkennen, festzulegen und hiernach allen anderen Arbeitern beizubringen. Er selbst beschrieb sein Studien als...

»...dividing work into the most fundamental elements possible; studying these elements separately and in relation to one another; and from these studied elements, when timed, building methods of least waste.«¹¹⁵

In einem eigens konstruierten »Filmstudio«, dem sogenannten *betterment room*, baute Gilbreth die jeweiligen Arbeitsstätten nach, stellte Maschinen auf, legt e-Werkzeuge bereit und begann, die Arbeiter beim Ausführen ihrer gewohnten Arbeitstätigkeiten zu filmen. Zwei Elemente, die im normalen Fabrik-Setting nicht zum Einsatz kamen, fügte Gilbreth den Aufnahmen dabei hinzu: erstens einen weiß gerasterten Hintergrund, um die aufgezeichneten Bewegungen später korrekt lokalisieren und räumlich vermessen zu können, und zweitens zwei Uhren: den Mikrochronometer, auch *Gilbreth-Uhr* genannt, mit dem sich Zeiten bis zu einer 1/10.000 Sekunde herab messen ließen und die der zeitlichen Vermessung der Bewegungen dienen sollten, sowie eine ganz gewöhnliche Uhr, die das Funktionieren der Präzisionsuhr sicherstellte und zudem die aktuelle Uhrzeit der Aufnahme zeigte. Die so gewonnen Arbeitsfilme wurden dann einer *Micro-Motion-Study* unterzogen: Bild für Bild, Frame by Frame wurden sie analysiert,

¹¹² Vgl. Erdélyi (1955), S. 69f.

¹¹³ Gilbreth / Gilbreth (1917), S. 41.

¹¹⁴ Frank B. GILBRETH / Lillian M. GILBRETH: »The Egeiner, the Cripple, and the New Education«. In: *Motion Study for the Handicapped*. London, 1920, S. 96 - 97. Zit. n. Price (1992), S. 65.

¹¹⁵ Gilbreth / Gilbreth (1917), S. 43.

Abb. 22: Typisches Beispiel eines Micro-Motion-Films. Gilbreth filmt die Bewegungen einer Arbeiterin beim Einpacken von Seife. Die Gilbreth-Uhr und der gerasterte Hintergrund sind in den Aufnahmen deutlich erkennbar. (Leserichtung: von oben nach unten, von links nach rechts)



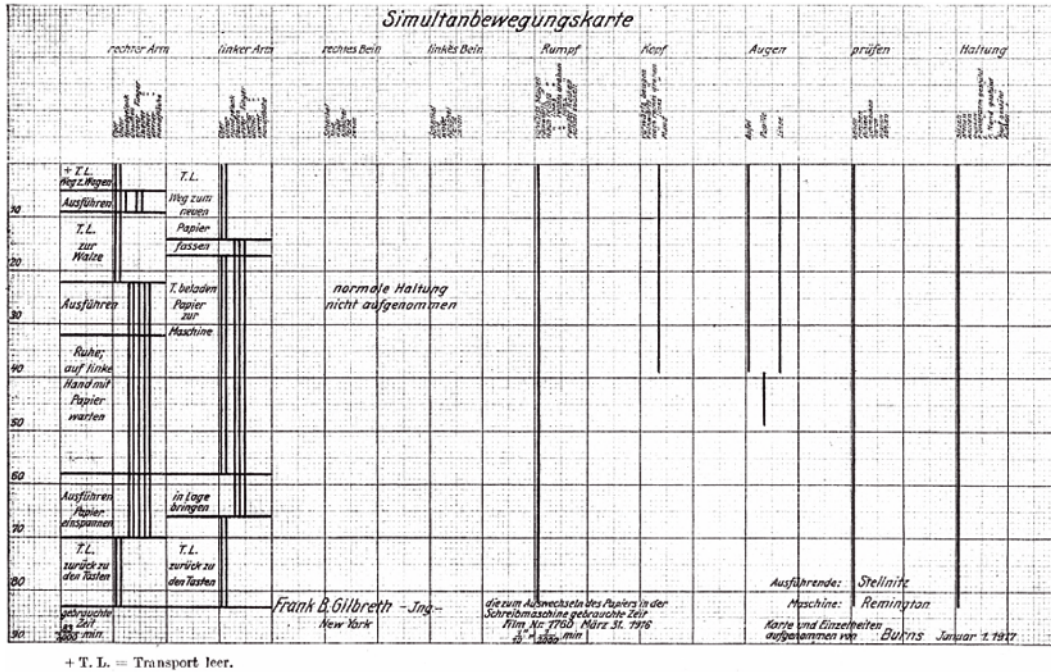


Abb. 23: Simultanbewegungskarte für das Einspannen eines Blattes Papier in eine Schreibmaschine

STANDARD COLORS FOR THERBLIGS				
SYMBOL	NAME OF SYMBOL	SYMBOL COLOR	NAME OF COLOR	NAME AND NUMBER OF PENCIL
⊖	SEARCH	Black	BLACK	DIXON'S BLACK #331
⊕	FIND	Gray	GRAY	GRAY # 352 1/2
→	SELECT	Light Gray	LIGHT GRAY	# 352 1/2 APPLIED LIGHTLY
∩	GRASP	Lake Red	LAKE RED	LAKE RED # 321 1/2
∪	TRANSPORT LOADED	Green	GREEN	GREEN # 354
9	POSITION	Blue	BLUE	BLUE # 350
#	ASSEMBLE	Violet	VIOLET	VIOLET # 323
U	USE	Purple	PURPLE	PURPLE # 323 1/2
#	DISASSEMBLE	Light Violet	LIGHT VIOLET	VIOLET # 323 APPLIED LIGHTLY
0	INSPECT	Burnt Ochre	BURNT OCHRE	BURNT OCHRE # 335 1/2
∅	PRE-POSITION	Sky Blue	SKY BLUE	SKY BLUE # 320
∪	RELEASE LOAD	Carmine Red	CARMINE RED	CARMINE RED # 321
∩	TRANSPORT EMPTY	Olive Green	OLIVE GREEN	OLIVE GREEN # 325
⌒	REST FOR OVER COMING FATIGUE	Orange	RUBEN'S CRAYOLA ORANGE DIXON ORANGE	# 324
∪	UNAVOIDABLE DELAY	Yellow Ochre	YELLOW OCHRE	YELLOW OCHRE # 324 1/2
∩	AVOIDABLE DELAY	Lemon Yellow	LEMON YELLOW	LEMON YELLOW # 353 1/2
⊖	PLAN	Brown	BROWN	BROWN # 343

Abb. 24: Liste der siebzehn verschiedenen Therbligs mit Symbol, Bezeichnung und der jeweiligen Farbkodierung

wobei die Bewegungen jedes einzelnen Körperteils - angefangen von den Armen und Beinen bis herab zu den einzelnen Fingern und Zehen - auf sogenannten *Simultanbewegungskarten* verzeichnet wurden. Mit einer Auflösung von 1/1000 Minute hielt Gilbreth fest, was beispielsweise der Daumen der rechten Hand wann und wie lange tat. So konnte er zeigen, »..which members of the human body are doing the work...«¹¹⁶ und welche Teile kaum oder gar nicht an der Arbeitstätigkeit beteiligt waren. Das lieferte ihm einen guten Ansatzpunkt für seine Korrekturen: wenn bisher beispielsweise bloß die rechte Hand die Arbeitstätigkeit verrichtete, während die linke Hand untätig war, so konnte er jetzt die gesamte Arbeit gleichmäßig auf beide Hände verteilen. Das sparte Zeit und damit auch Geld. Auch solche Bewegungen, die gar nicht notwendig für das Verrichten einer Arbeit waren, ließen sich relativ leicht identifizieren.

Doch es waren nicht bloß die verlorenen und ungenutzten Bewegungen, die sich von den *Simultanbewegungskarten* ablesen ließen, auch wiederkehrende, immer gleiche Bewegungsmuster konnten jetzt isoliert und als »...irreduzible Elemente zusammengesetzter Bewegung...«¹¹⁷ angeschrieben werden. Gilbreth identifizierte insgesamt siebzehn verschiedene dieser »elements of motions«, darunter solche wie »Suchen«, »Greifen«, »Montieren« oder »in Lage bringen«. Sie wurden als *Therbligs* bezeichnet, was – mit Ausnahme des »th« – den Namen »Gilbreth« umgekehrt geschrieben bedeutet und stellten die Buchstaben eines Basialphabets dar, aus denen fortan jede beliebige Arbeitstätigkeit zusammengesetzt sein soll:

»Through a comparison of the motions used in different lines of work, in the industries, in surgery and in other kinds of activity, it can be shown that the same identical motions are used in doing what are usually considered widely different types of work.«¹¹⁸

Damit gelang es Gilbreth nicht nur, jegliche Art von Arbeitsbewegung, auf dasselbe Set von Grundbewegungselementen zu reduzieren und in einer quasi »universalen Bewegungssprache« entzifferbar zu machen, sondern nun konnten sowohl unerwünschte und vermeidliche *Therbligs* augenblicklich identifiziert und eliminiert werden, als auch neue Bewegungsfolgen buchstabiert und entworfen werden:

»Through this analysis we are able to work out new sequences, cycles and methods of doing any type of work.«¹¹⁹

¹¹⁶ Gilbreth / Gilbreth (1917), S. 140.

¹¹⁷ Pias (2000a), S. 28.

¹¹⁸ Gilbreth / Gilbreth (1917), S. 92.

¹¹⁹ Gilbreth / Gilbreth (1917), S.139f.

Real-körperliche Interventionen

Gilbreth konnte den »one best way to do work« am Papier skizzieren - nun musste er nur mehr in den Arbeitskörper rückgeschrieben werden. Doch das war gar nicht so leicht. Die Änderungen, die Gilbreth vorschlug, waren meist minimal. Wenn er eine Tätigkeit wie beispielsweise das Zusammenfalten eines Taschentuchs optimierte, so dauerte der Arbeitsvorgang auch vor der Korrektur nicht besonders lange. Es war schwierig, den Arbeitern die Unterschiede zu ihrer alten Bewegungsordnung zu vermitteln, noch schwieriger allerdings, sie davon zu überzeugen, dass die neu zusammengesetzte Bewegungsfolgen im Vergleich zu den *ihrigen* tatsächlich die besseren waren. Gilbreth beschrieb dieses Problem am Beispiel des Taschentuch-Faltens:

»One fold is to make a large handkerchief fit a small box. Another is to show you the initial in the corner. These are the principle folds. Most of the forty five girls work on these two folds. How would you tackle the problem of showing girls who had worked anywhere from three months to twenty five years folding handkerchiefs how to do it? Everybody is looking at you. You never bought a handkerchief in your life. Your wife bought them for you. You did not know how handkerchiefs should be folded. It really seems almost impossible that a person from outside could come in and show them how to do it.«¹²⁰

Um die Arbeiter, aber auch das Management vom Potential seiner Bewegungsstudien zu überzeugen, vertraute Gilbreth auf die Evidenzkraft seiner filmischen Aufnahmen. Bei gemeinsamen »Kinovorstellungen« spielte er sie den Arbeitern und Betriebsführern vor. Das wirkte sich nicht nur positiv auf die Motivation der Arbeiter aus, die sich als Hauptdarsteller der kurzen Filmepisoden sahen, sondern »bewies« auch die Wissenschaftlichkeit der Gilbreth'schen Methode. Vor allem die zwei Uhren und das Gitternetz, die Gilbreth dem normalen Arbeits-Setting hinzugefügt hatte, ließen augenscheinlich auf die Richtigkeit und Objektivität seiner Bewegungsstudien schließen. Gilbreth gab zwar vor, beide Elemente für eine Raum-Zeitliche Vermessung zu benötigen, doch weder die Uhr, noch der gerasterte Hintergrund waren im Grunde genommen dazu geeignet: Da die einzelnen Filmbilder sowieso mit einem konstanten zeitlichen Abstand aufgenommen wurden, brauchte es keine Uhr, um auf die konkrete Zeit der Einzelbilder zu schließen, und wenn die Gilbreth-Uhr eine zeitliche Vermessung der Arbeitsbewegung von bis zu einer 1/10.000 Sekunde versprach, so macht dies zwar den Anschein höchster Präzision, konnte aber mit Filmkameras, die nur zwanzig Bilder pro Sekunde aufzunehmen erlaubten, nicht einmal annähernd erreicht werden. Ähnliches lässt sich auch für das Gitternetz konstatieren: meist waren die Kameras so schlecht positioniert, dass sich die räumlichen Koordinaten und

¹²⁰ Gilbreth Archives, Box 41, 0265-1, NAPTM, 30. August 1915, zit. n. Cresswell (2006), S. 110.

Bewegungsdistanzen überhaupt nicht oder bestenfalls grob abschätzen ließen.¹²¹ Die beiden Elemente dienten Gilbreth also weniger zum Zweck der Vermessung, als vielmehr, um seinen Aufnahmen einen Touch von Wissenschaftlichkeit zu verleihen. Arbeiter wie Management galt es von der Sinnhaftigkeit seiner Bewegungsinterventionen zu überzeugen - und Gilbreth hatte damit Erfolg. Sie alle wollten die neuen Bewegungen - zumindest ausprobieren.¹²²

Doch wie den »one best way« nun tatsächlich am Arbeitskörper implementieren? Gilbreth folgte zunächst Marey, der bereits die optimalen Bewegungen von Hochleistungssportlern oder auch den perfekten Hammerschlag eines Schmiedemeisters aufgenommen hatte, und zeichnete demgemäß die Arbeitsbewegungen der besten Industriearbeiter auf. Sie sollten als *Vor-Bilder* fungieren und von den weniger begabten Arbeitern nachgemacht werden. Doch das bloße Betrachten reichte nicht aus, um die optimalen Bewegungsabläufe zu reproduzieren - sie mussten auch begriffen werden. Mit den Filmaufnahmen der *Micro-Motion-Studies* war dies aber kaum möglich: sie boten zwar sukzessive Einzelbilder, erlaubten es dem Arbeiter allerdings nicht, die für ihn notwendigen Bewegungsinformationen in einer verständlichen und übersichtlichen Form zu erfassen. »...We realised that there was a lack in the records...«, so Gilbreth, »...as there was no summary or recapitulation of all the motions of a cycle or operation in any one picture.«¹²³

¹²¹ Der gerasterte Bildhintergrund wurde bereits von Eadweard Muybridge verwendet: in den photographischen Bewegungsstudien der *Animal Locomotion*, die er zwischen 1884 und 1885 an der University of Pennsylvania durchführte, zeichnete er Menschen wie Tiere vor einem horizontal und vertikal in jeweils 5 x 5 cm große Quadrate unterteilten Hintergrund auf. Das Gitter sollte der Vermessung der aufgenommenen Bewegungen dienen, war dazu aber aus denselben Gründen wie bei Gilbreth vollkommen ungeeignet. Auch bei Muybridge hatte es eher die Funktion, seinen Bildern den Anschein einer »Wissenschaftlichkeit« zu geben. [Vgl. Muybridge (1907)]. Die ersten, die ein aufgezeichnetes Koordinatennetz tatsächlich für Vermessungszwecke verwendeten, waren die beiden deutschen Forscher Wilhelm Braune und Otto Fischer. Sie führten ab 1884 ganganalytische Untersuchungen auf Basis der Chronophotographie durch, wobei sie die photographischen Platten, auf denen sich die Bewegungen einzeichneten, zusätzlich mit einem Quadratzentimeternetz versahen. Zur Rekonstruktion der Beschleunigungen und Geschwindigkeiten beim Gehen und Laufen führten sie anschließende Koordinatenberechnungen durch. Dazu maßen sie die Photoplatten mit einer eigens hierfür konstruierten mikroskopischen Einrichtung aus und konnten damit eine Genauigkeit in der Koordinatenmessung von 1/1000 Millimetern erreichen. Die Auswertungen waren allerdings äußerst kompliziert und nahmen mehrere (!) Monate Zeit in Anspruch. Für Gilbreth, der dem Motto »Zeit ist Geld« anhing, konnte dies von keinem praktischen Interesse sein. [Vgl. Wilhelm BRAUNE / Otto FISCHER: »Der Gang des Menschen. I. Theil: Versuche an unbelasteten und belasteten Menschen«. In: Abhandlungen der Mathematisch-Physischen Classe der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Band XXXV, Leipzig: Teubner, 1895, S. 151-322].

¹²² Vgl. Curtis (2009), S. 89f.

¹²³ Gilbreth / Gilbreth (1917), S. 67.

Cyclographie

Analog zu Marey begann auch Gilbreth, die Bildinformationen gezielt zu reduzieren. Sein Verfahren hierfür nannte er die *cyclographische Methode*. Dabei brachte er kleine, elektrische Lämpchen an den Gelenken der Arbeiter an und zeichnete deren Bewegungen anstelle des Films, nun mittels Standphotographien auf. Die so gewonnenen *Cyclographen*, auf denen die Personen wie in der *geometrischen Chronophotographie* Mareys je nach Belichtung gut bis überhaupt nicht sichtbar waren, zeigten die für Gilbreth »wichtigen« Informationen: nämlich die Bewegungspfade, die sich als weiße Linien in die photographische Platte einzeichneten (*Tafel 14*). Mittels stereoskopischer Aufnahmen gelang es Gilbreth außerdem, diese Bewegungspfade dreidimensional zu betrachten, und indem er den Stromkreis zur Glühbirne mit einer Stimmgabel unterbrach, konnte er die zuvor durchgehenden weißen Linien in eine Reihe von Punkten und Strichen zerlegen, so dass sich der *Cyclograph* nun zu einem *Chronocyclographen* umwandeln ließ.¹²⁴ Damit konnten nicht mehr bloß die räumlichen, sondern auch die zeitlichen Verhältnisse der Arbeitsbewegungen wiedergegeben werden. Und auch die Bewegungsrichtung konnte festgehalten werden:

»To do this it was necessary to find the right combination of volts and amperes for the light circuit and the thickness of filament for the lamp, to cause quick lighting and slow extinguishing of the lamp. This right combination makes the light spots pointed on their latest, or forward, ends. The points, thus, like the usual symbol of arrow heads, show the direction.«¹²⁵

Mit den *Cyclographen* konnte Gilbreth die optimalen Bewegungsbahnen den Arbeitern in einer überschaubaren, kompakten Form präsentieren. Was aber noch wichtiger war, er konnte ihnen nun auch die Differenzen zwischen »falschen« und »richtigen« Bewegungsverläufen zeigen. Während sich die ineffizienten, verschwenderischen Bewegungen mit vielen Schlingen, Schlaufen und Windungen in die photographischen Platten einzeichneten und solcherart eher an »Kritz-kratzel« Zeichnungen von Kleinkindern als an »vernünftige« Arbeitsbewegungen erinnerten, hoben sich die optimierten Bewegungen durch glatte und sparsame Verläufe ab.

»We find that the cyclographs of experts in all lines show smooth curves. These indicate well established habits, ease and the grace that comes from perfect control.«¹²⁶

¹²⁴ Vgl. Gilbreth / Gilbreth (1917), S. 84.

¹²⁵ Gilbreth / Gilbreth (1917), S. 68.

¹²⁶ Frank B. GILBRETH: »Likenesses as Demonstrated by Motion Study«. Gilbreth Archives, Box 42, 0265-4 NAPTM, Jan. 1917, zit. n. Cresswell (2006), S. 108.

Die Grazie der effizienten Bewegung, die Heinrich von Kleist bereits dem Bären attestierte, tauchte nun auch bei Gilbreth auf. Sie war das ideale Optimum, das er, ebenso wie Marey oder die Brüder Weber, zu erreichen versuchte. Doch im Gegensatz zu diesen, war die Anmut für Gilbreth nicht bloß auf die äußeren Bewegung beschränkt, sondern spiegelte sich auch in den geistigen Einstellungen wider. Nur »gute« Gewohnheiten konnten zu einem effizienten Arbeiter führen. Aus diesem Grund war es notwendig, die »schlechten« inneren Gewohnheiten durch »bessere« zu ersetzen, die äußeren ineffizienten in effiziente Bewegungen zu transformieren. Auf was die Gilbreth'schen Bewegungsstudien also zielten, war die Internalisierung der vorgegebenen körperlichen Bewegungen.¹²⁷ Durch Übung und Wiederholung, waren die Bewegungsabläufe möglichst zu automatisieren, denn, so bemerkte 1927 Edgar Atzler, Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Arbeitsphysiologie in Berlin:

»Durch feinere Bewegungsstudien hat man erkannt, daß ein maximal Geübter eine auffallende Stetigkeit seiner Bewegungskurven zeigt. Ruckweise Unterbrechungen und andere Diskontinuitäten der Bewegungsbahn, wie wir sie beim Ungeübten sehen, sind unzweckmäßig, weil sie mehr Muskelarbeit und stärkere Willensimpulse verlangen als die stetige Bewegung. Diese Korrekturimpulse des Ungeübten erfolgen unter kortikaler Kontrolle. Je eingeübter die Arbeit aber ist, und je harmonischer die Bewegungsvorgänge verlaufen, um so weniger ist der Wille an ihr beteiligt, und um so mehr verlaufen die Impulse auf den Instinktivbahnen. Man spricht von der automatisierten Bewegung. Es folgt hieraus, daß man die körperliche Arbeit im Fabrikbetriebe möglichst automatisieren soll, da sie weniger ermüdet.«¹²⁸

Mit dem Ziel Energie zu sparen, damit sie später in Form von Arbeit zurückgewonnen werden konnte, mussten nach Möglichkeit alle geistigen Willensanstrengungen aus dem Arbeitsprozess ausgeschaltet werden – und das nicht nur, weil »geistige Aktivität« mit »Kraftanwendung« und »Muskelarbeit« verbunden war und damit ein Einsparungspotential im Hinblick auf die energetische Arbeitsbilanz eröffnete, sondern auch, weil die »kortikale Kontrolle« den Arbeiter an der Ausführung der als optimal und effizient festgelegten Bewegungskurven hinderte und zu »ruckweisen Unterbrechungen führt[e]«. Weil sich Gilbreth damit »...wissenschaftshistorisch auf das auf Iwan Pawlow zurückgehende Konzept des neuronalen Reflexbogens [bezog], das die Entstehung von Gewohnheiten gleichfalls als ›Bahnung(en)‹ [beschrieb]«¹²⁹, war es nur konsequent, dass er die nach Maßgabe der Effizienz optimierten Bewegungspfade der *Stereo-Cyclographi-*

¹²⁷ Vgl. Cresswell (2006), S. 107 - 109.

¹²⁸ Edgar ATZLER (Hg.): *Körper und Arbeit. Handbuch der Arbeitsphysiologie*. Leipzig: 1927, S. 191. Zit. n. Herrmann (1996), S. 151f.

¹²⁹ Herrmann (2002), S. 141.

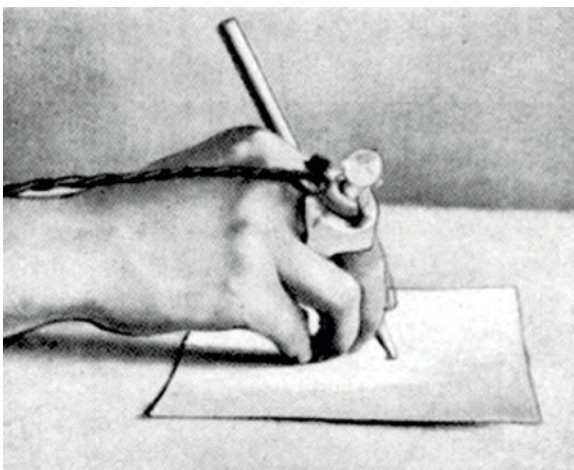


Abb. 25: Befestigung von Glühbirnen an den bewegten Gliedern der Versuchsperson

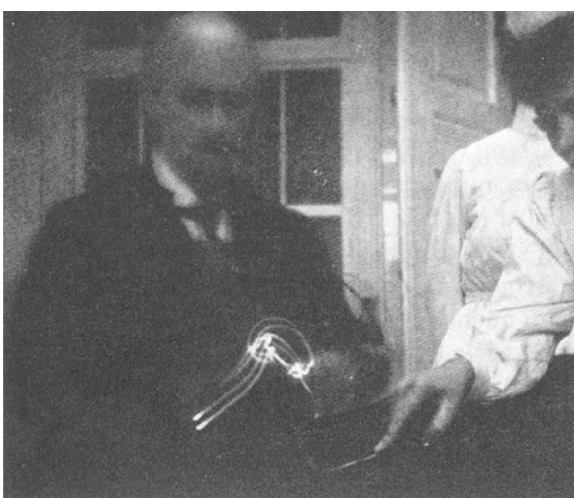


Abb. 26: Cyclographische Aufnahme eines Chirurgen

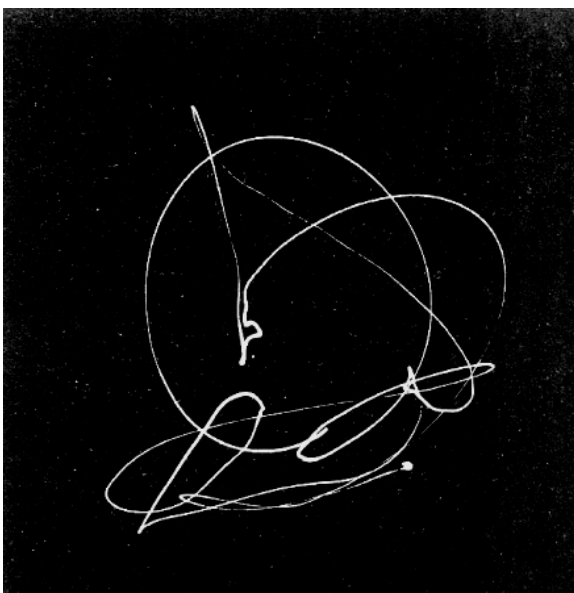


Abb. 27: Cyclograph eines Fechters

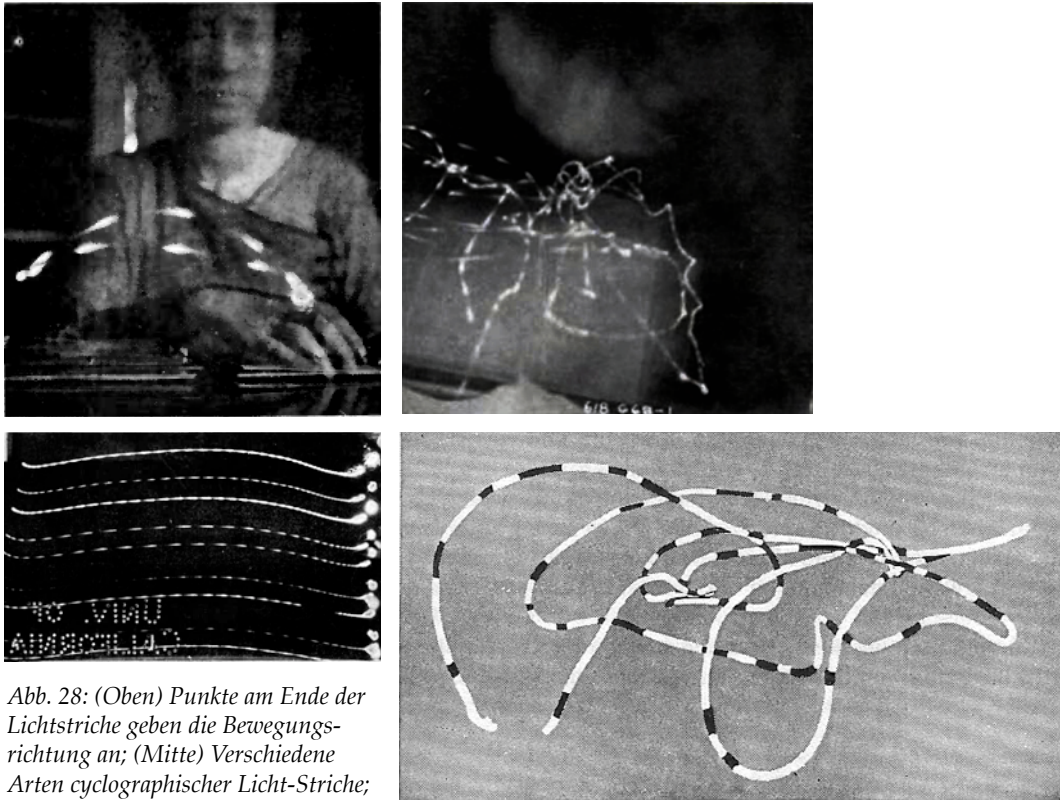


Abb. 28: (Oben) Punkte am Ende der Lichtstriche geben die Bewegungsrichtung an; (Mitte) Verschiedene Arten cyclographischer Licht-Striche;

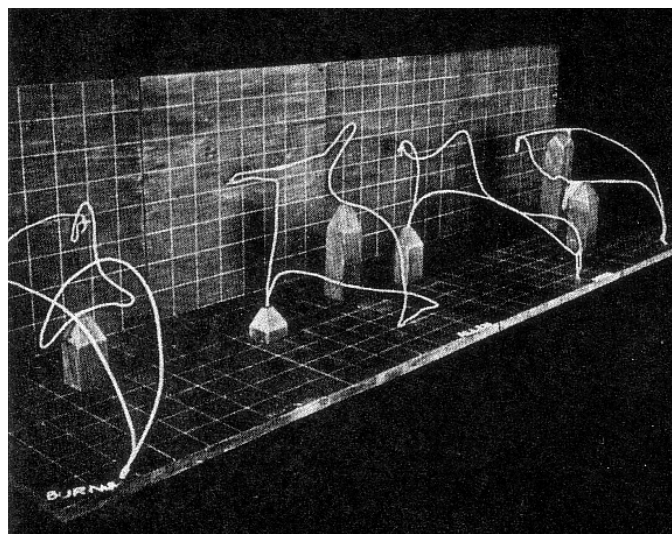


Abb. 29: (Oben) Chronocyclographie einer Taschentuchfalterin, mit »falschen«, ruckartigen Bewegungen; (Mitte) Modell für das »richtige« Taschentuchfalten mit glatten Bewegungsverläufen; (Unten) In Drahtmodelle übertragene Bewegungen

en schließlich in Drahtmodelle transformierte und zur »Neu-Bahnung« der Arbeiter einsetzte:

»The motion model is also of use in that it enables one to teach the path of the motion. It makes it tangible. It makes the learner realise the problem of transportation involved.«¹³⁰

»Through its use he can see what he is to do, learn about it through his eye, follow the wire with his fingers, and thus accustom his muscles to the activity that they are expected to perform.«¹³¹ »This has the byproduct of impressing the user with the value of motions. It is extremely difficult to demonstrate to the average person the reality and value, and especially the money value, of an intangible thing. The motion model makes, this value apparent and impressive. It *makes tangible the fact that time is money, and that an unnecessary motion is money lost forever.*«¹³²

Bewegungen, so versuchte Gilbreth den Arbeitern zu vermitteln, waren wertvoll - nicht nur für den Industriebetrieb, sondern vor allem für jeden einzelnen selbst. Sie spiegelten die innersten Einstellungen und Gewohnheiten wider und zeigten letztendlich den eigenen Selbstwert an. Eine Bewegungsoptimierung, wie er sie vorschlug, war damit für jeden Angestellten eine Chance nicht nur seine Arbeitstätigkeit, sondern auch sich selbst zu verbessern; seinen persönlichen Wert zu steigern, der ihm in alle Lebensbereiche zugute kam. »What we hope when we get through,...« so fasste Gilbreths Ehefrau Lillian Moller diese Vision zusammen,

»...is that we have developed people who are »motion-minded«, as Frank called it; people you could put in any job and in any situation who will carry their motion-mindedness with them. That is what we are hoping for as we try to put this work in the five areas of our lives: (1) what we do with ourselves, (2) what we do with our home and family, (3) what we do on our citizen job, (4) what we do on our volunteer job, and (5) what we do on our pay job.«

Ob die Rede vom »besseren« Menschen bei Gilbreth dabei bloße Rhetorik war, die nur dazu diente, die Arbeiter zu den ökonomisch gewinnbringenden Bewegungsinterventionen zu animieren, oder ob er selbst von der Schaffung eines »neuen« Menschen überzeugt war, der mittels effizienter Bewegungen seine eigene Imperfektheit überwinden konnte, muss an dieser Stelle offen bleiben. Eines stand aber in beiden Fällen fest: um Perfektion zu erlangen, musste der Mensch seine alten, »schlechten« Gewohnheiten verlassen und sich einer Neu-Bahnung unterziehen. Das bedeutete aber gleichzeitig, dass jede Form der Bewegungskorrektur nicht bloß die menschliche Physiologie, sondern auch gegeben psychologischen Muster veränderte; die Interventionen nicht mehr bloß auf die äußeren, sondern auch die inneren, mentalen Bewegungen gerichtet waren.

¹³⁰ Gilbreth / Gilbreth (1917), S. 125.

¹³¹ Gilbreth / Gilbreth (1917), S. 127f.

¹³² Gilbreth / Gilbreth (1917), S. 125.

2.2 SchriftTanz

Der Wandel von einer Bewegungsphysiologie hin zu einer Bewegungspsychologie war auch in einem anderen Kontext zu beobachten: 1928 und damit ungefähr zeitgleich den Gilbreth'schen Bewegungsstudien, veröffentlichte der Choreograph und Pionier des modernen Ausdruckstanzes Rudolph von Laban seinen *Schrifttanz*, eine Notationsform für Tanzbewegungen, die im europäischen Raum heute unter dem Begriff der *Kinetografie Laban* bzw. im amerikanischen Raum als *Labanotation* bekannt ist, und von Laban selbst beschrieben wurde als...

»eine Schrift, die auf der Kombination von Bewegungskennzeichen beruht, [und es] möglich [macht], alle Stile des Tanzes, einschließlich des klassischen Balletts, aufzuschreiben. [...] So wie die Poesie in jeder Sprache phonetisch aufgeschrieben kann, so kann jede stilisierte Bewegung ‚motorisch‘ aufgeschrieben werden. Die motorische Bewegungsschrift ist das Gegenstück zum Wort-Alphabet.«¹³³

Sie bestand aus nicht mehr als vierzig Zeichen und wurde von Laban – ähnlich wie in der musikalischen Notenschrift – in einem System von parallelen Linien verzeichnet, die allerdings nicht horizontal, sondern vertikal gestellt waren und solcherart auch nicht mehr von links nach rechts, sondern von unten nach oben gelesen werden mussten. Laban notierte in ihnen die sich bewegenden Körperteile – und zwar angefangen vom Kopf über die Arme und Beine bis hin zu den einzelnen Fingern und Zehen –, wobei die Teile der rechten Körperhälfte rechts, die der linken Seite links von der Mittellinie in den entsprechenden Spalten verzeichnet wurden. Außerdem konnten Angaben zu Richtung und Weg, Höhe und Weite, aber auch Geschwindigkeit und Kraftaufwand der einzelnen Bewegungen gemacht werden.¹³⁴ Bis ins kleinste Detail ließen sich mit der *Kinetografie* alle möglichen Arten körperlicher Bewegungen erfassen und – was nicht minder wichtig ist – dauerhaft fixieren, denn »wir können uns«, so Laban,

»nicht allein auf das menschliche Bewegungsgedächtnis verlassen, auch kann ein Choreograph sich nicht auf sein Gedächtnis verlassen.«¹³⁵

Neu war dieses Ansinnen freilich nicht, immerhin ließen sich bereits bis ins 16. Jahrhundert zurück unterschiedlichste Notationsweisen für Tanzbewegungen ausmachen.¹³⁶ Was Laban allerdings von früheren Methoden unterschied, war,

¹³³ Laban (1995), S. 18.

¹³⁴ Vgl. Laban (1995) sowie Laban (2003).

¹³⁵ Laban (1995), S. 16.

¹³⁶ Vgl. dazu v.a. Jeschke (1999).

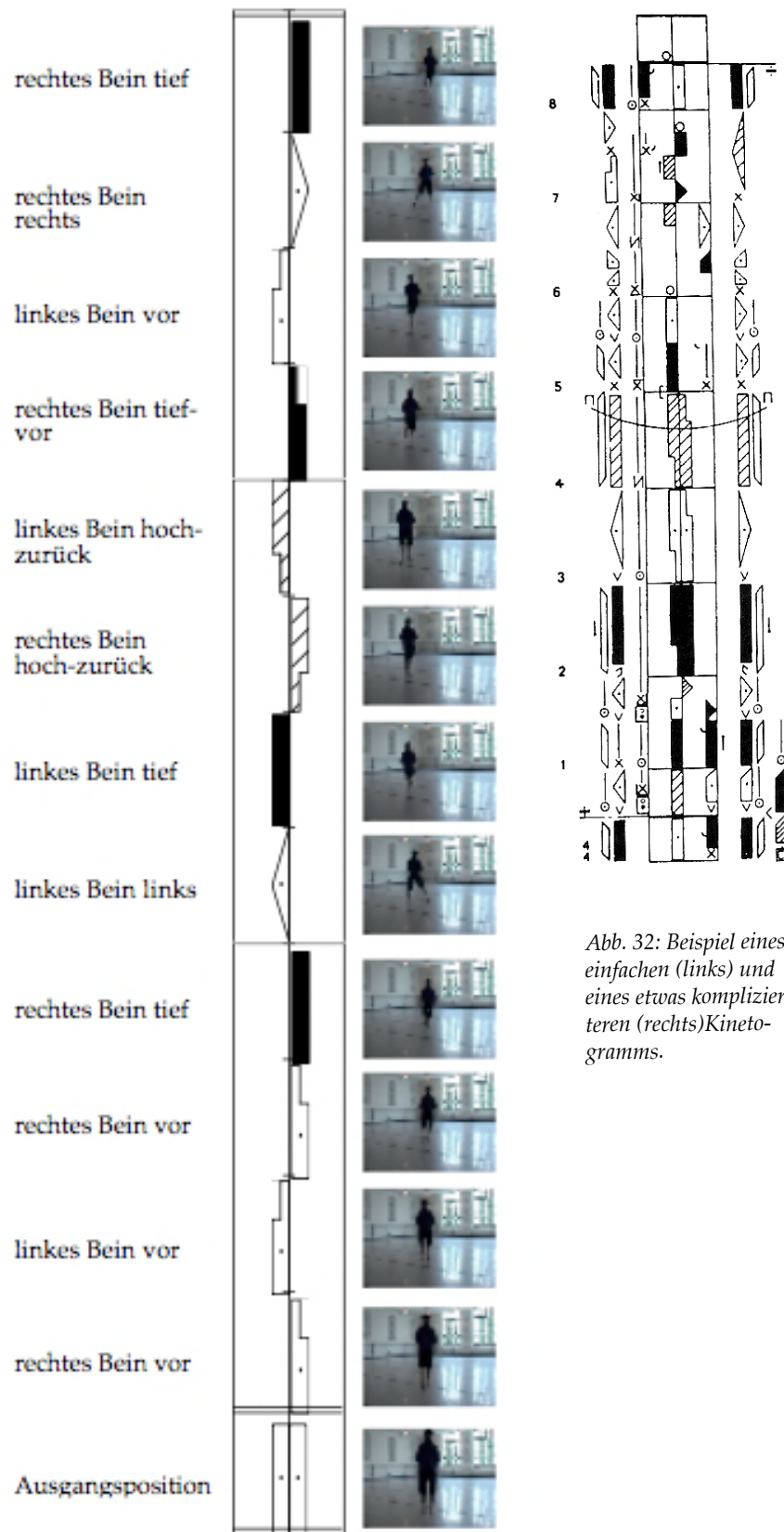


Abb. 32: Beispiel eines einfachen (links) und eines etwas komplizierteren (rechts) Kineto-gramms.

dass er erstmals den Fokus auf den Bewegungsvorgang selbst, anstatt auf das Bewegungsergebnis legte. Damit war Laban, genauso wie die anderen Bewegungsanalytiker seiner Zeit - wie Marey und Gilbreth - an der Spur der Bewegung interessiert, an den Wegen und Bahnen, die eine Bewegung im Raum zurücklegte. Sichtbar gemacht wurden sie in den sogenannten *Kinetogrammen* – und zwar in abstrakter Form, losgelöst von jeder Körpergestalt als analytisch zerlegte Einzel- oder Elementarbewegungen. Weil in ihnen die Bewegung am Ende nur mehr als abstrakte Bewegungsspur – gleichsam in ihrer Essenz – übrig und sichtbar blieb, stellten sie für den Choreographen Laban ein willkommenes Analyseinstrument dar, mit dem sich auf einen Blick und in übersichtlicher Form alle möglichen Arten von Tanzbewegungen – und zwar »sowohl im Detail wie im Gesamtstil...«¹³⁷ – erfassen und miteinander vergleichen ließen. Sie waren mehr als ein bloßes Konzept der Archivierung und sollten, wie Laban 1928 bei der Erstveröffentlichung seiner Notation offenlegte, vor allem dazu verwendet werden, »...den Bewegungsvorgang durch Analyse zu präzisieren und von jener Verschwommenheit zu befreien, die die Tanzsprache einerseits undeutlich und andererseits eintönig erscheinen lässt.«¹³⁸ »Unklarheit[en]«, »Stilwidrigkeit[en]« oder »Störungen der Linie« sollten in den *Kinetogrammen* erkannt, durch die »Präzisionsarbeit« des »Tanzerfinders« in ästhetisch optimierte Bewegungsabläufe transformiert und schließlich in den Tanzkörper rückgeschrieben werden. Weil aber, wie Laban betonte, »das letzte künstlerische Ziel der Kinetografie ... nicht die Tanzschrift, sondern der Schrifftanz [ist]«¹³⁹, sollte sich die choreographische Arbeit nicht mehr im Raum und am tanzenden Körper entwickeln, sondern am Papier durch bloße Kombinatorik der Bewegungselemente geleistet werden. In der Schrift sollten die ästhetisch optimierten, korrigierten oder gänzlich neuen Bewegungssequenzen entworfen und danach in den Tanzkörper rückgeschrieben werden, der »...wenn das richtige Maß und die richtige Form ... gefunden ist, solange trainiert werden [muß], bis er dieser Form genügt.«¹⁴⁰ Nun wird offensichtlich, was Laban unter seiner »Tanzschrift« verstand – nämlich: »...eine Anleitung zur Ausführung bestimmter Bewegungen.«¹⁴¹

¹³⁷ Rudolf von LABAN: »Tanzkomposition und Schrifftanz«. In: *Schrifftanz, Eine Vierteljahresschrift*, 1/1/1928, S. 19 - 20, hier S. 20 (Ndr. Hildesheim u.a., 1991). Zit. n. Kogge (2005), S. 159.

¹³⁸ Rudolf von LABAN: »Grundprinzipien einer Bewegungsschrift«. In: *Schrifftanz, Eine Vierteljahresschrift*, 1/1/1928, S. 4 (Ndr. Hildesheim u.a., 1991). Zit. n. Kogge (2005), S. 158.

¹³⁹ Rudolf von LABAN: »Grundprinzipien einer Bewegungsschrift«. In: *Schrifftanz, Eine Vierteljahresschrift*, 1/1/1928, S. 5 (Ndr. Hildesheim u.a., 1991). Zit. n. Schrägle (2003), S. 12.

¹⁴⁰ Rudolf von LABAN: »Tanzkomposition und Schrifftanz«. In: *Schrifftanz, Eine Vierteljahresschrift*, 1/1/1928, S. 19 - 20, hier S. 20 (Ndr. Hildesheim u.a., 1991). Zit. n. Kogge (2005), S. 159.

¹⁴¹ Laban (1995), S. 25.

Um sicherzustellen, dass die Übertragung der Bewegung und ihre Reproduktion durch den Tänzer dabei möglichst exakt und störungsfrei funktionierte, forderte Laban seine Tänzer auf, »...in Bewegungsbegriffen zu denken.«¹⁴² Denn nur durch »...eine genaue Kenntnis der Zeichen...«, die »...die Einzelheiten des Bewegungsablaufs im Körper angeben«, konnte »das Lesen der Schrift (...) automatisch werden, sodaß der ganze Komplex eines Motivs fast augenblicklich aufgenommen und in die Tat umgesetzt werden kann.«¹⁴³ »Automatisch« – und das heißt ohne bewusste geistige Überlegungen – sollten die Bewegungszeichen ins Innere der Tänzer vordringen und hier als Stimulus zur unmittelbaren Ausführung der entsprechenden Bewegung fungieren. Streng mechanisch, analog zur unbewussten Körpermaschine des Gliedermanns, fiel dabei Labans Erklärung der menschlichen Bewegung aus:

»Das *Gewicht* des Körpers folgt dem Gravitationsgesetz. Das Skelett läßt sich mit einem System von Hebeln vergleichen, durch welche räumliche Entfernungen überwunden und Richtungspunkte im Raum erreicht werden können. In Bewegung gesetzt werden diese Hebel durch Nerven und Muskeln, die die zur Überwindung der Gewichte der bewegten Körperteile notwendige Kraft liefern. Der Fluß der Motion wird durch Nervenzentren reguliert, die auf einen äußeren oder inneren Stimulus reagieren. Bewegungen brauchen eine bestimmte *Zeit*, die exakt meßbar ist. Die treibende Kraft der Bewegung ist die *Energie*, die durch einen Verbrennungsprozeß im Inneren der Körperorgane produziert wird. Der in diesem Prozeß verbrauchte Brennstoff ist die Nahrung. Über den rein physikalischen Charakter dieser Energiegewinnung und ihre Umwandlung in Bewegung besteht kein Zweifel.«¹⁴⁴

Die motorischen Schriftzeichen setzten die Körpermaschine in Gang, ließen sie automatisch jene Bewegungen vollziehen, die als Steuerungsprogramme vom Choreographen zuvor am Papier entworfen wurden. Dass die Bewegungsinstruktionen dabei nur über Zeichen, keinesfalls aber über Worterklärungen funktionierten, war für Laban offensichtlich: denn alle sprachlichen Beschreibungen von Bewegungen waren viel zu langatmig, als dass sie augenblicklich und automatisch erfasst werden konnten; vielmehr setzten sie eine geistige Reflexion und ein bewusstes Nachdenken voraus:

»Wenn wir uns vergegenwärtigen, daß in einem Schriftbild all dies *durch ein einziges Zeichen* ausgedrückt werden kann, verstehen wir, daß Auge und Geist dieses Bild nicht nur viel schneller, sondern auch als einen Anreiz aufnehmen können, um die ganze Bewegung ohne jene geistige Überlegung auszuführen, die eine spontane Aktion verunmöglicht.«¹⁴⁵

¹⁴² Laban (1995), S. 26.

¹⁴³ Laban (1995), S. 25.

¹⁴⁴ Laban (2003), S. 28.

¹⁴⁵ Laban (1995), S. 25f.

Arbeitsrhythmus & Work Performance

Vieles von dem, was Laban entwarf, ähnelte der Gilbreth'schen Vorgehensweise: beide gingen in ihrer Bewegungsschrift analytisch vor, zerlegten die kontinuierlichen und flüchtigen Bewegungen in ihre Einzelbausteine, notierten sie tabellarisch in *Kinetogrammen* oder *Simultanbewegungskarten*, korrigierten, optimierten oder entwarfen neue Bewegungssequenzen und schrieben sie dann in den Tanz- oder Arbeitskörper zurück, wo sie möglichst automatisch ausgeführt werden sollten. Laban selbst bemerkte, dass »die Trainingsmethoden, mit denen man in der Industrie Geschicklichkeit und Arbeitseffizienz zu verbessern sucht, ... manche Parallele zu den neuen Trainingsmethoden des Bühnenkünstlers von heute auf[weisen]«¹⁴⁶, und gab zu, dass es vor allem »...die neugewonnenen Einsichten in das Bewegungsverhalten des Industriearbeiters...« waren, die ihn »...zu einer Erneuerung der Bewegungskunst [führten].«¹⁴⁷ Denn...

»ob eine Bewegung Arbeit oder Kunst zum Inhalt hat, ist einerlei; die Elemente bleiben die gleichen.«¹⁴⁸

Als Laban im Zweiten Weltkrieg dem Nazi-Regime den Rücken kehrte und nach Großbritannien emigrierte, kam es auch tatsächlich zum Einsatz der *Kinetografie* im Industriebetrieb. 1941 lernte er Frederick C. Lawrence kennen, der sich als einer der ersten Unternehmensberater gerade mit der Optimierung und Effizienzsteigerung der kriegswichtigen Industrie beschäftigte. Bewegungsstudien nach dem Vorbild Gilbreths waren mittlerweile in ganz Europa verbreitet, konnten aber aufgrund der Knappheit an Filmmaterial derzeit kaum durchgeführt werden.¹⁴⁹ Umso erfreuter war Lawrence, als er von Labans Kinetografie erfuhr, mit der sich ohne teures Equipment anscheinend genauso detailliert die verschiedensten Bewegungen aufzeichnen ließen. Lawrence engagierte Laban. Er sollte anstatt der Bewegungen der Tänzer, nun die der Arbeiter optimieren.

Labans erstes Betätigungsfeld war bei *Tyresoles Ltd.*, einer Firma die alte Reifen sammelte und weiterverkaufte. Bisher hatten hier vorwiegend Männer gearbeitet, doch diese waren als Soldaten in den Krieg eingezogen worden und an ihrer Stelle hatten nun ungelernte Arbeitskräfte, vornehmlich Frauen die Tätigkeiten auszuführen. Viele Arbeitsbewegungen, die den Männern keine Schwierigkeiten

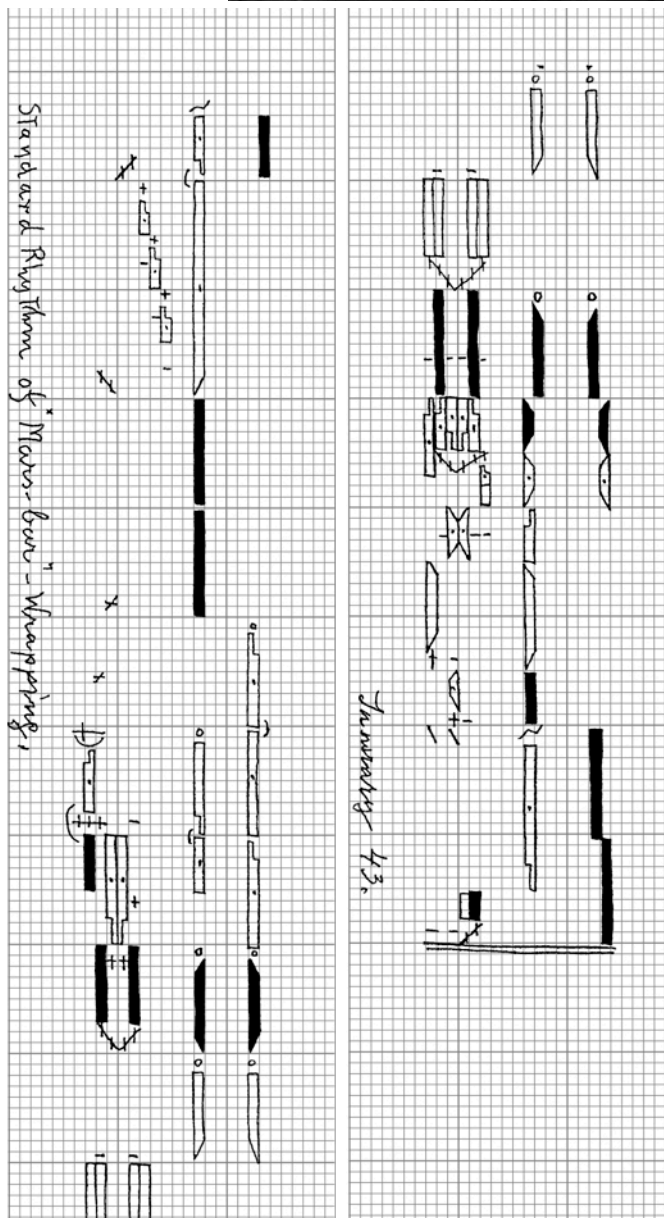
¹⁴⁶ Laban (2003), S. 100.

¹⁴⁷ Laban (2003), S. 100.

¹⁴⁸ Laban (2003), S. 100.

¹⁴⁹ Vgl. Herrmann (2005), S. 212.

Abb. 33: Trainingseinheit zu Labans »industrial rhythm« mit speziell angefertigten hölzernen Hämmern. Manchester, 1947.



"AND DID THOSE MARS BARS TASTE GOOD!"
Sgt. John Brown Home Guard Section Leader

"Field operations with the Home Guard can be pretty exhausting, take it from me. After a three or four hours' spell, one's energy may well begin to flag. The other Sunday, for instance, the men in my Section were all a bit whacked, when a little mobile canteen drew up outside the post selling MARS bars. In a flash the fellows had just swarmed around it. And did those MARS bars taste good! But it was the effect that was so extraordinary. Every man jack of us seemed to take on a new lease of energy and cheerfulness."

Each bar of MARS still contains just those vital calories—the fuel element of food—we need; still possess that unique flavour and delicious malted centre, but Mars Bars are now rationed. Therefore when you come across any, ask yourself: am I one of the people who needs the energy they supply? . . . and act accordingly.

COMPARE THE FOOD VALUE YOU GET FOR 2½d.	
FOOD	CALORIES FOR 2½d.
EGGS	64
MILK	190
BEER	131
MARS	270

Mars
 GRAND FOOD. GRAND FLAVOUR! 2½d

Abb. 34: (links) Von Laban erstellte Kinetogramme für das Einpacken eines Mars-Riegels (oben) Werbung für Mars im II. Weltkrieg.

bereiteten, wie beispielsweise einen Reifen auf einen Lastwagen zu heben, konnten von den Frauen aber nur sehr mühsam und entsprechend langsam durchgeführt werden. Der Grund lag darin, dass ihnen dazu schlichtweg die erforderliche Kraft fehlte. Laban begann zunächst detaillierte *kinetografische* Aufzeichnungen zu machen und führte dann tägliche Trainingseinheiten durch, bei denen der weibliche Körper gekräftigt und die Frauen angewiesen wurden, sich bei schweren Arbeiten, die Kraft des Schwungs - oder wie Laban es nannte: *lilt*¹⁵⁰ - zu nutze zu machen.¹⁵¹ Seine rhythmischen Bewegungsoptimierungen hatten Erfolg. 1942 hieß es in einem Artikel im *News Chronicle* dazu:

»Factory workers are to be taught rhythmic movements by which maximum results can be achieved from the minimum physical effort ... [this] will increase efficiency. and pleasure in work, and lessen fatigue.«¹⁵²

1943 wurde Laban für *Mars* tätig. Der Schokolade-Riegel, der aufgrund seiner schnellen Energiezufuhr Teil der militärischen Notration war, wurde damals noch händisch verpackt und - wie könnte es auch anders sein - natürlich von Frauen. Im Gegensatz zu *Tyresoles Ltd.* waren die Arbeiterinnen aber bereits vor Kriegsbeginn in dieser Fabrik beschäftigt, waren also keine ungelerten Arbeitskräfte, sondern bestens geübt und sogar arbeitswissenschaftlich optimiert. Es gab bereits rationalisierte und normierte Bewegungsabläufe, die vorgaben, wie der Mars-Riegel am effizientesten einzupacken sei, und die von allen Frauen angewandt wurden. Dennoch war der Produktivitätsgewinn nicht so hoch wie erhofft. Im Gegenteil: die Arbeiterinnen klagten über Verspannungen und mussten zwischendurch immer wieder längere Pausen einlegen. Auch hier begann Laban die Bewegungen wieder genauestens zu analysieren. Das Problem, so erkannte er, war diesmal nicht, dass die Frauen über zu wenig Muskelkraft verfügten, sondern lag vielmehr in der vorgegebenen Bewegungsnorm selbst begründet. Alle hatten sie den einen »one best way to do work« zu befolgen, doch dieser war bei genauerer Prüfung gar nicht für alle Arbeiterinnen optimal.¹⁵³

Bei *Tyresoles Ltd.* hatte Laban bereits erfahren, dass die von den Männern ausgeführten Bewegungen von Frauen nicht einfach übernommen werden konnten. Zwischen ihnen gab es eine körperliche Differenz, so dass bestimmte Bewegun-

¹⁵⁰ Die Bezeichnung »Schwung« war für den industriellen Bereich aufgrund seiner Nähe zu der modernen Pop-Musik anscheinend nicht geeignet. Deswegen bezeichnete Laban ihn als *lilt*. Vgl. Knortz (2008), S. 124.

¹⁵¹ Vgl. Davies (2001), S. 23f sowie Knortz (2008), S. 124f.

¹⁵² Zit. n. Davies (2001), S. 23.

¹⁵³ Vgl. Davies (2001), S. 25 - 30 sowie Knortz (2008), S. 127 - 130.

gen zwar für Männer funktionierten, für Frauen aber nicht. Doch wenn es zwischen den Geschlechtern bereits offensichtliche Differenzen gab, warum nicht auch zwischen den einzelnen Individuen? Schließlich waren auch sie nicht alle gleich: es gab große und kleine, dicke und dünne, kräftige und schwache Fabrikarbeiterinnen. Alle hatten eine gewisse Disposition - Gilbreth hätte wohl gesagt eine »Gewohnheit«, mit der sie die Arbeit verrichteten. Und wenn sie dem optimal von außen vorgezeichneten Weg nicht optimal folgten, so war das allein darauf zurückzuführen, dass er für sie gerade nicht der optimale Weg sein konnte: It is »the disturbance of *inner* rhythm...« erklärte Laban

»...which disturbs in its turn the *outer* production. [...] No absolute standard form can be fixed, no individual should be forced to do a job in a pedantically described way.«¹⁵⁴

Anstatt also eine einzige *allgemeine* Art der Bewegungsausführung vorzugeben, musste es den Arbeiterinnen vielmehr ermöglicht werden, ihrem eigenen, *individuellen* Weg zu folgen. Sie sollten also nicht, wie Gilbreth vorschlug, neu gebahnt, sondern in ihren bereits festgelegten und von außen nur schwer veränderlichen, inneren Einstellungen belassen werden. Um dabei den größtmöglichen Nutzen aus jedem einzelnen Individuum zu ziehen, so meinte Laban, müsse man bloß dafür sorgen, dass sich das individuelle Potential auch uneingeschränkt entfalten könne. Nicht die inneren Bewegungen waren also den äußeren Arbeitsbewegungen, sondern gerade umgekehrt, die äußeren den inneren anzugleichen - oder anders formuliert: für jedes Individuum musste der für ihn passende Arbeitsplatz gefunden werden, der mit seinen inneren Einstellungen korrespondierte. Wo der erforderliche Arbeitsrhythmus mit dem inneren Rhythmus in Einklang zu bringen war, so dass sie sich in der Bewegungsausführung nicht mehr wechselseitig behinderten, sondern im Gegenteil befruchteten und damit die Arbeits-*Performance* erhöhten.

Antriebsschrift

Doch das machte ein Lesen der inneren Bewegungen erforderlich: Um Persönlichkeit zu erschließen durften nicht mehr bloß kleine und minutiöse Bewegungen einer Person verzeichnet werden, sondern es musste das Bewegungsverhalten im Großen und Ganzen beobachtet werden. Zu diesem Zweck entwarf Laban die Antriebsschrift, die er 1947 erstmals publizierte. Der Grundidee dieser Lehre zufolge, ist jede menschliche Bewegung seelisch vorbereitet und »...unauflöslich mit einem Antrieb verbunden, der ihr eigentlicher Ursprung und innerer Aspekt

¹⁵⁴ Rudolf von LABAN / Frederick C. LAWRENCE: *Industrial Rhythm and Lilt in Labour*. Manchester, 1942, hier S. 11ff. Zit. n. Knortz (2008), S. 127.

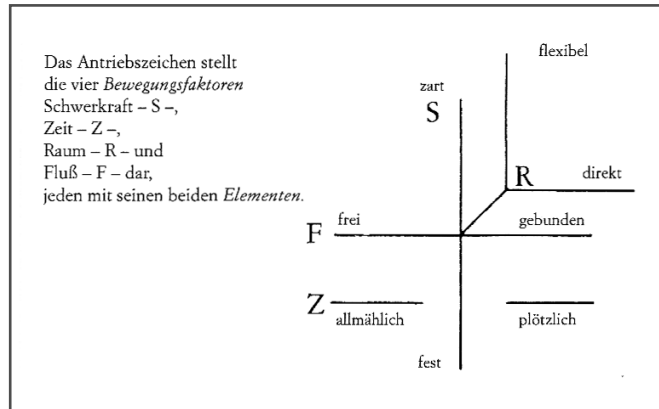


Abb. 35: Labans Effort-Graph.

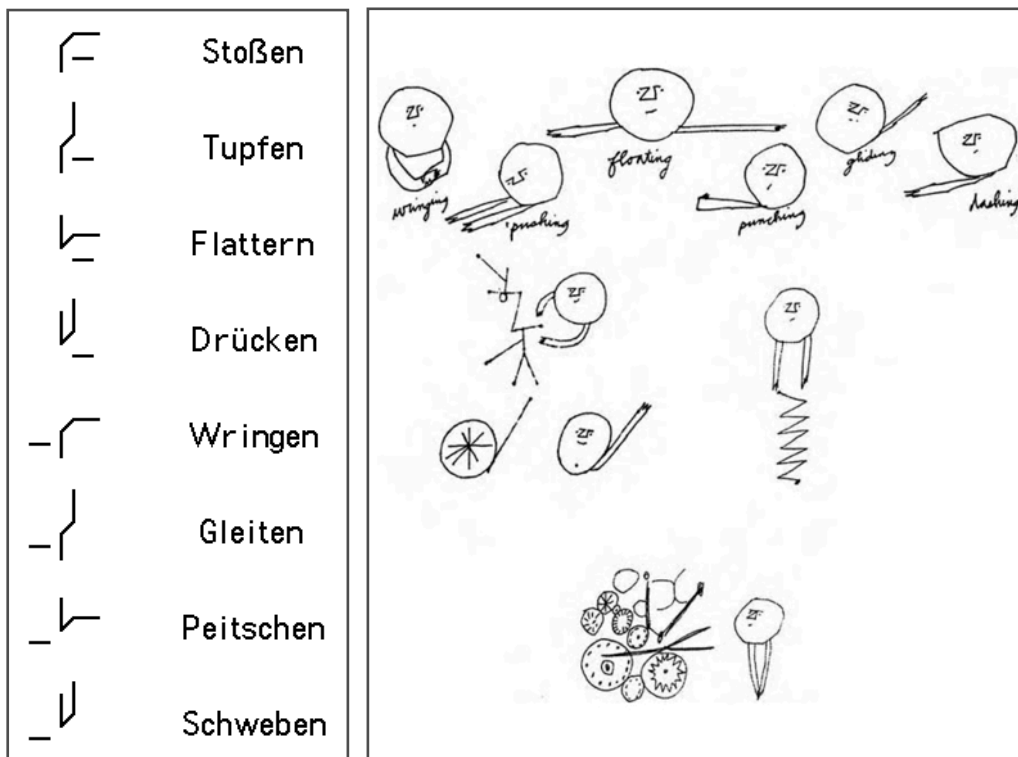


Abb. 36: Die acht elementaren Antriebsaktionen des Aktionstriebes (links) in der von Laban entwickelten Industrieschrift und (rechts) in einer Darstellung vom damals noch unbekanntem Andy Warhol im Jahr 1962.

ist.«¹⁵⁵ Dieser Antrieb (engl. *effort*) ist sozusagen der Bewegungsimpuls, »...der unseren Nerven und Muskeln gegeben wird, welche die Gelenke unserer Gliedmaßen bewegen...«¹⁵⁶. Er ist auf die innere Einstellung der sich bewegenden Person zu den vier Bewegungsfaktoren der »Schwerkraft«, des »Raums«, der »Zeit« und des »Flusses« zurückzuführen und kann entweder »annehmend und erspürend« oder »dagegen ankämpfend« sein. In Bezug auf den Faktor der »Schwerkraft« bedeutet dies beispielsweise, dass die Bewegung entweder eine kräftige, schwere Qualität oder eine leichte, feine Qualität besitzt. Die Antriebselemente, die hinter diesen Bewegungsäußerungen stehen, sind also entweder »fest«, wenn gegen die »Schwerkraft« »angekämpft« wird, oder eben »zart«, wenn die »Schwerkraft« »angenommen und erspürt« wird. Analog dazu, ist innere Einstellung zum Bewegungsfaktor der »Zeit« entweder »plötzlich« oder »allmählich«, zu dem des »Raums«, »direkt« oder »flexibel« und zu dem des »Flusses«, »gebunden« oder »frei«.¹⁵⁷ Alle vier Bewegungsfaktoren und ihre Kombinationen drücken den Charakter oder die Qualität einer Bewegung aus und lassen solcherart Rückschlüsse auf den psychischen Zustand und die emotionale Einstellung einer sich bewegenden Person zu. So kann der Bewegungsfaktor des Raums mit »Denken«, der Schwerkraft mit »Spüren«, der Zeit mit »Schauen« (engl. *intuiting*) und des Flusses mit »Fühlen« in Zusammenhang gebracht werden.¹⁵⁸

Laban zufolge waren für den Industriebetrieb allerdings nur drei Bewegungsfaktoren von Bedeutung, nämlich »Raum«, »Zeit« und »Schwerkraft«. Sie ließen sich zu insgesamt acht elementaren Antriebsaktionen kombinieren und wurden analog zu den Gilbreth'schen Therbligs dazu verwendet, alle möglichen »...Hantierungen, [die] in der Industrie vorkommen...«¹⁵⁹ zu verzeichnen - mit dem Unterschied allerdings, dass sie nicht mehr für Handlungen wie »Suchen« oder »Montieren«, sondern für »innere« Impulse standen, die zu diesen expressiven Handlungen überhaupt erst führten. Weil die Bewegung damit »...viel mehr als die reine physische Handlung offenbart[e]«¹⁶⁰, konnten »...die gewohnheitsmäßigen Bewegungsnormen...« einer Person, wie sie sich anhand der elementaren Antriebsaktionen beobachten ließen,...

¹⁵⁵ Laban (2003), S. 29f.

¹⁵⁶ Laban (2001), S. 41.

¹⁵⁷ Vgl. Laban (1995), S. 59 sowie Laban (2003), S. 77 - 84.

¹⁵⁸ Vgl. Laban (2003), S. 122ff.

¹⁵⁹ Laban (1995), S. 58.

¹⁶⁰ Laban (1995), S. 13.

»in der Beurteilung der physischen und geistigen Fähigkeiten ... inbezug auf eine spezifische Arbeit ... klaren Aufschluß über ihre Eignung oder Nicht-Eignung geben und, zusammen mit anderen Tests, ein vollständiges Bild ihrer Persönlichkeit ergeben.«¹⁶¹

Damit war die Antriebsschrift für »...die Verbesserung von Arbeitsmethoden, die Ausbildung von Lehrlingen...« genauso wie für »...die Auswahl von Arbeitern und Vormännern«¹⁶² geeignet. Für jeden Arbeitsplatz und für jede Tätigkeit ließ sich ein adäquater Arbeiter mit dazu passender innerer Einstellung finden, der keiner langwierigen Neu-Bahnung mehr unterworfen werden musste, sondern bereits mit den für diese Arbeit optimalen Bewegungen ausgestattet war. Obwohl Laban eingestand, dass jeder Mensch seine Einstellung gegenüber den vier Bewegungsfaktoren prinzipiell frei wählen könne und auch »...über die Fähigkeit [verfüge], sich der von seinen Bewegungsimpulsen geschaffenen Muster bewußt zu werden und zu lernen, diese Impulse zu entwickeln, umzuformen und zu gebrauchen«¹⁶³, glaubte er dennoch, dass jedes Individuum von »...ererbten oder erworbenen Gewohnheiten im Bewegungsausdruck beeinflusst...« sei, die seine »...geistige und seelische Veranlagung...«¹⁶⁴ widerspiegeln und »...so sehr eingefleischt sein [können], daß es äußerst schwierig ist, sie abzuändern.«¹⁶⁵ »Durch Antriebsbeobachtung...« sei es daher möglich, so Laban,

»...nicht nur von vergangenen Geschehnissen und Motiven [zu erfahren], sondern ... auch einen Blick in die Zukunft, auf mögliche Folgen unseres Handelns [zu] werfen.«¹⁶⁶

2.3 Biokybernetik

Die Frage, inwiefern in jeder Bewegung bereits ihre Zukunft enthalten ist, wurde etwa zeitgleich zu den Laban'schen Bewegungsstudien auch in der wissenschaftlich-exakten Bewegungsforschung formuliert: 1920 gründete der Gewerkschaftsaktivist und Dichter Aleksei K. Gastev das »Zentral-Institut für Arbeit« in Moskau, das die arbeitswissenschaftlichen Lehren Taylors im nachrevolutionären Russland umsetzen und wenn möglich sogar übertreffen sollte. »We begin with

¹⁶¹ Laban (1995), S. 21.

¹⁶² Laban (1995), S. 13.

¹⁶³ Laban (2003), S. 77.

¹⁶⁴ Laban (2003), S. 137.

¹⁶⁵ Laban (2003), S. 114.

¹⁶⁶ Laban (2003), S. 117.

the simplest, the most elementary movements,...« erklärte Gastev die prinzipielle Vorgehensweise,

»...and proceed to the *mechanization of man himself*. This mechanization we understand thus: the less perfect a movement is, the greater are the elements of inhibition in it, and the less its automatization. Complete mastery of a given movement implies *maximum automatization*... The principle of mechanization of biological automatization must go very far, all the way to man's so-called mental activity... We recognize no difference between so-called physical work and so-called mental work.«¹⁶⁷

Um den lebendigen Körper einer vollständigen Mechanisierung zu unterziehen, musste die Funktionsweise der menschlichen Körpermaschine allerdings erst einmal verstanden werden. Zu diesem Zweck errichtete Gastev 1922 das Laboratorium für Biomechanik, mit dessen Leitung er den damals 26-jährigen Mediziner und Physiologen Nikolai Alexandrowitsch Bernstein betraute.¹⁶⁸ Er sollte die körperlichen Bewegungen erforschen, sie bis ins kleinste Detail erfassen und so die Regeln und Gesetzmäßigkeiten erschließen, denen die Mensch-Maschine folgt. Bernsteins Studien können damit als direkte Fortsetzung der biomechanischen Experimente von Wilhelm und Eduard Weber gesehen werden - mit dem Unterschied allerdings, dass es diesmal nicht die Mechanismen der Gang-, sondern der Arbeitsbewegung waren, die es zu entschlüsseln galt.¹⁶⁹

Kymocyclographie

Bernstein begann seine wissenschaftlichen Studien mit der Untersuchung der Bewegungen beim Hammerschlag. Dem Vorbild Gilbreth's folgend zeichnete er die Arbeitsbewegungen zunächst cyclographisch auf. Schon bald stellte er aber fest, dass diese Methode für eine nachträgliche Vermessung der Bewegung »...vollkommen unbrauchbar...«¹⁷⁰ war, da sich damit im Grunde genommen immer nur ein einziger Bewegungszyklus präzise aufzeichnen ließ. Das mochte für Gilbreth, der sowieso nicht mehr als den einen »one best way to do work« zu erfassen versuchte, vollkommen ausreichend sein, für Bernstein hingegen, der auf eine mathematische Formalisierung der Bewegung zielte, war es dies nicht: um auf die dahinter liegenden Gesetzmäßigkeiten zu schließen, benötigte er eine große Zahl exakter Daten - und zwar nicht nur eines, sondern vieler Bewegungszyklen. Doch sobald sich die Tätigkeit wiederholte, der Hammerschlag nicht bloß ein-

¹⁶⁷ Alexei K. GASTEV zit. n. Schultz / McFarland (1935), S. 269.

¹⁶⁸ Vgl. Kursell (2006), S. 246f.

¹⁶⁹ Siehe Kap. 3.1 für die biomechanischen Experimente Wilhelm und Eduard Weber's.

¹⁷⁰ Bernstein (1928), S. 629.

mal, sondern öfters ausgeführt wurde, zeichneten sich die Bewegungen an immer denselben Stellen der photographischen Platte ein, »..was nach ein bis zwei Bewegungsperioden...«, so Bernstein, »...einen ... gänzlich unlesbaren Knäuel von Lichtspuren ergibt.«¹⁷¹ Um auch die repetitiven Tätigkeiten detailliert zu erfassen, erweiterte Bernstein die cyclographische Methode Gilbreths dahingehend, dass er die Bewegungsspuren anstatt auf einer einzigen photographischen Platte nun auf einem sich kontinuierlich bewegenden Filmstreifen registrierte. Dieser »Kunstgriff«¹⁷² bewirkte, dass sich das Knäuel überlagernder Lichtspuren entlang der zeitliche Achse entwirrte, so dass sich die vormals geschlossenen Bewegungszyklen nun als wellenförmigen Kurven anschrieben. Dergestalt ähnelten die so gewonnen Aufzeichnungen den Kurvenbildern der graphischen Methode, wie sie erstmals mit Ludwigs *Kymographion* hergestellt wurden.¹⁷³ Weil das neue Aufzeichnungsverfahren damit die cyclographische Methode Gilbreths mit der graphischen Methode Ludwigs vereinte, wurde es von Bernstein entsprechend als *Kymocyclographie* bezeichnet.¹⁷⁴ Mit ihr ließen sich nun alle möglichen repetitiven Tätigkeiten präzise festhalten und auch exakt vermessen, da es zu keinerlei Überlagerungen der Lichtspuren mehr kam.

Um die Genauigkeit seiner Messungen noch weiter zu erhöhen, erweiterte Bernstein die *Kymocyclographie* zur *Spiegel-Kymocyclographie* und begann, die Bewegungen auch dreidimensional zu erfassen. Zuvor hatte es Bernstein bereits mit stereoskopische Aufnahmen versucht, lehnte diese aber aufgrund ihrer merklichen Ungenauigkeit in Bezug auf die Messung der Tiefenkoordinaten schon bald wieder ab. »Als die wissenschaftliche Photographie das Stereoskop für dreidimensionale Aufnahmen auswählte,...« so Bernstein,

»...hat sie denselben Fehler gemacht, der auch bei der Auswahl des Kinos für das Bewegungsstudium überhaupt gemacht worden ist. Wie das Kino, erlaubt das Stereoskop die aufgenommenen Gegenstände anschaulich zu sehen, im ersten Fall die Bewegung, im zweiten die plastische Form; aber beide Male wird diesem Vorrang der Anschaulichkeit die Genauigkeit der Messungen und die Einfachheit der Bearbeitung geopfert.«¹⁷⁵

Anstatt also stereoskopische Kameras zu verwenden, stellte Bernstein einen ebenen Spiegel auf, den er in einem bestimmten Winkel zur optischen Hauptachse der Kamera positionierte. Damit gelang es ihm, mit nur einer einzigen Kamera

¹⁷¹ Bernstein (1928), S. 630.

¹⁷² Bernstein (1928), S. 630.

¹⁷³ Siehe Kap. 3.2 für Ludwigs *Kymographion*.

¹⁷⁴ Vgl. Bernstein (1928), Herrmann (2002), S. 143 sowie Medved (2001), S. 12.

¹⁷⁵ Bernstein (1930), S. 181.

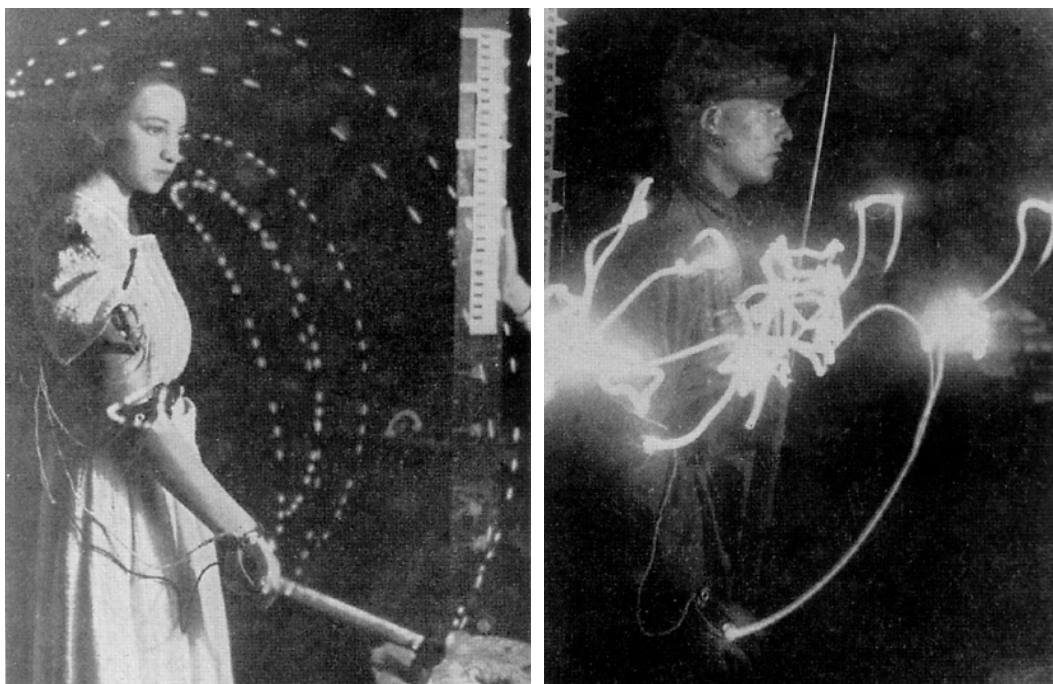


Abb. 37: (Chrono-) Cyclographische Aufnahmen des arbeitsphysiologischen Instituts A. K. Gastevs

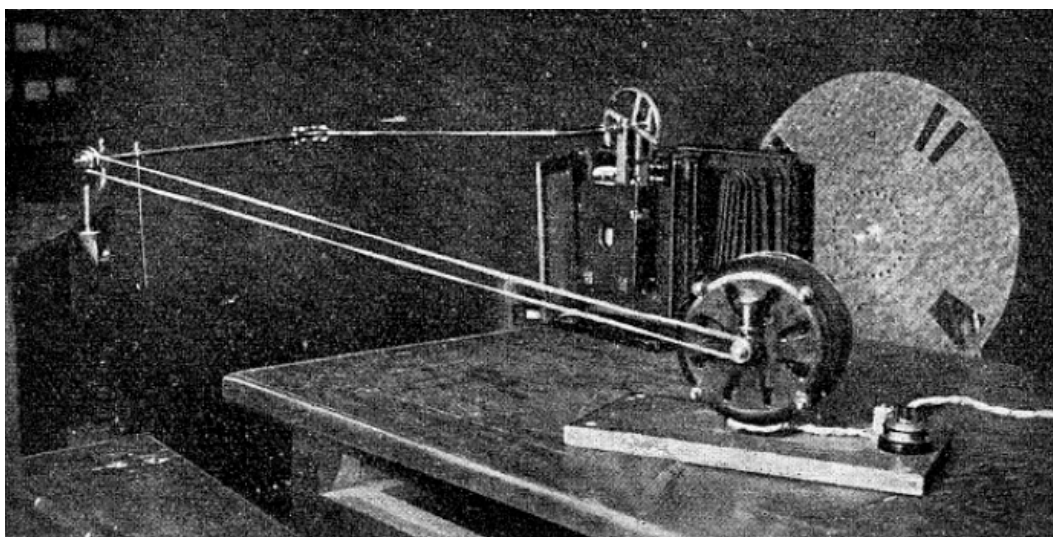


Abb. 38: Gesamtansicht der kymocyclographischen Einrichtung Bernsteins.

Abb. 39: Kymocyclogramm des
Durchsägens eines Brettes.
Bernstein, 1928.

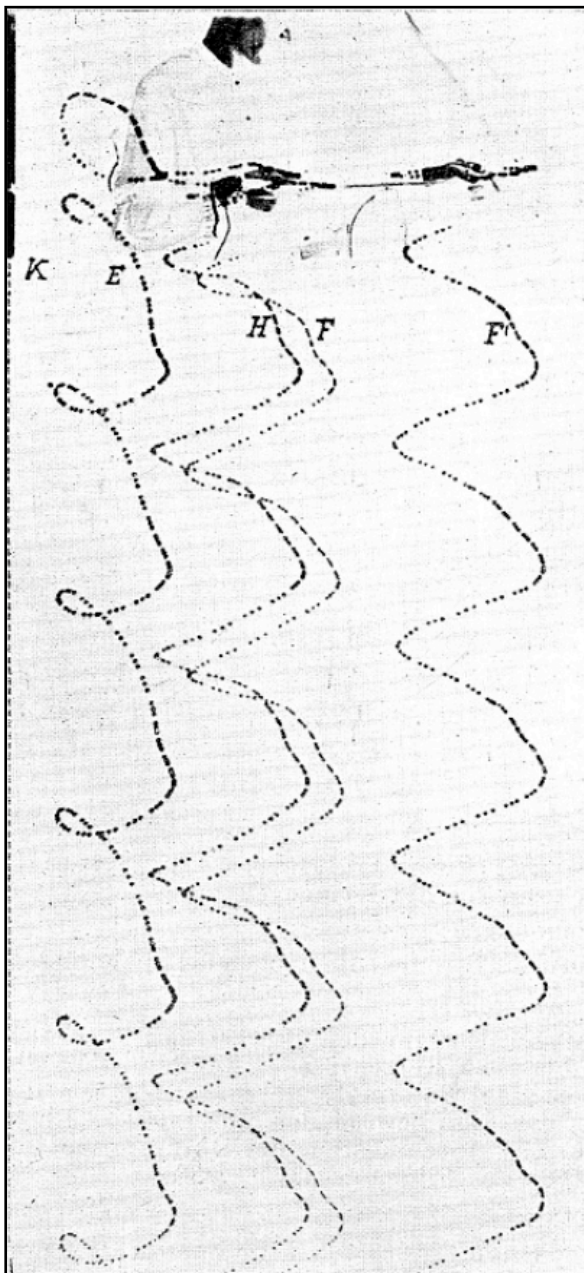
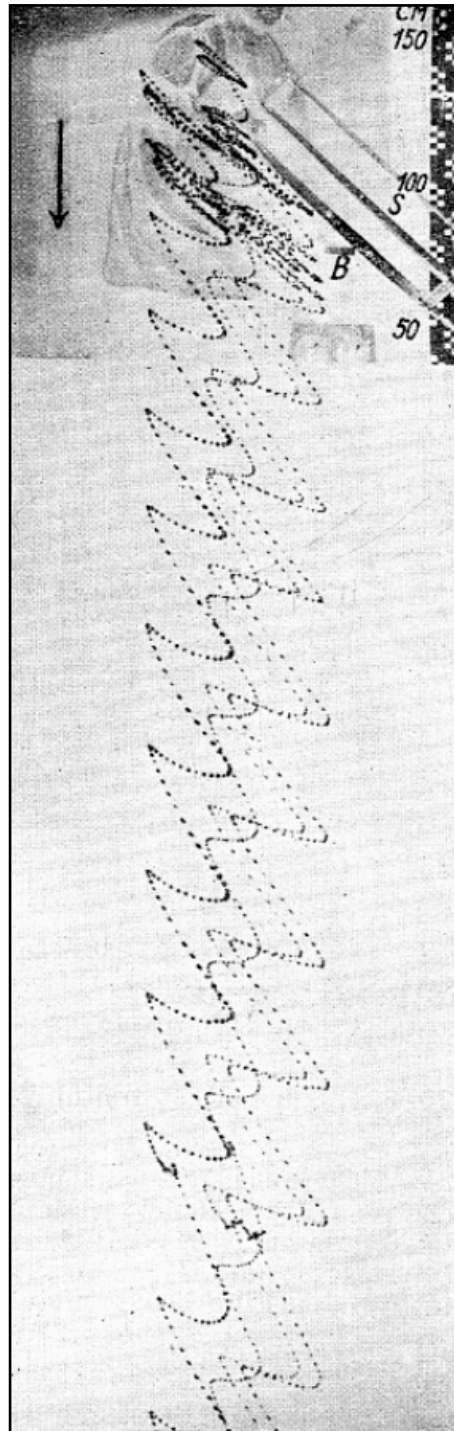


Abb. 40: Kymocyclogramm des Feilens. Bernstein, 1928.

Abb. 41: Spiegel-Kymocyclo-
graphie zum Zweck der dreidi-
mensionalen Bewegungsregist-
rierung. Bernstein, 1929.

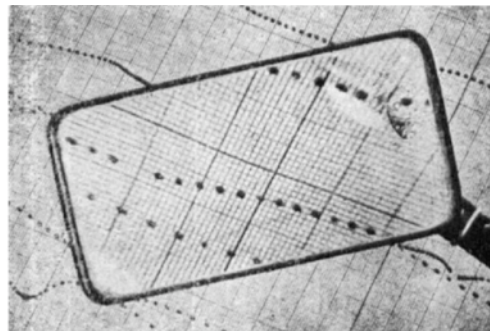
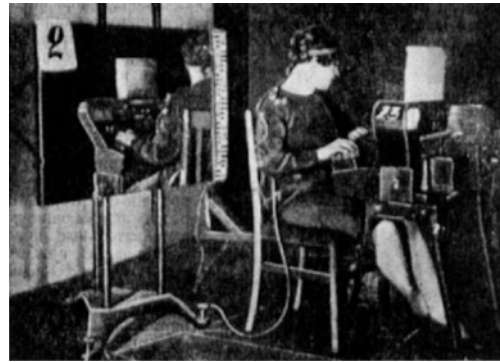


Abb. 42: Ausschnitt eines Ky-
mocyclogramms mit hinzuge-
fügtem Vermessungsraster. Die
einzelnen Koordinaten wurden
mit einer Lupe abgelesen.
Bernstein, 1929.

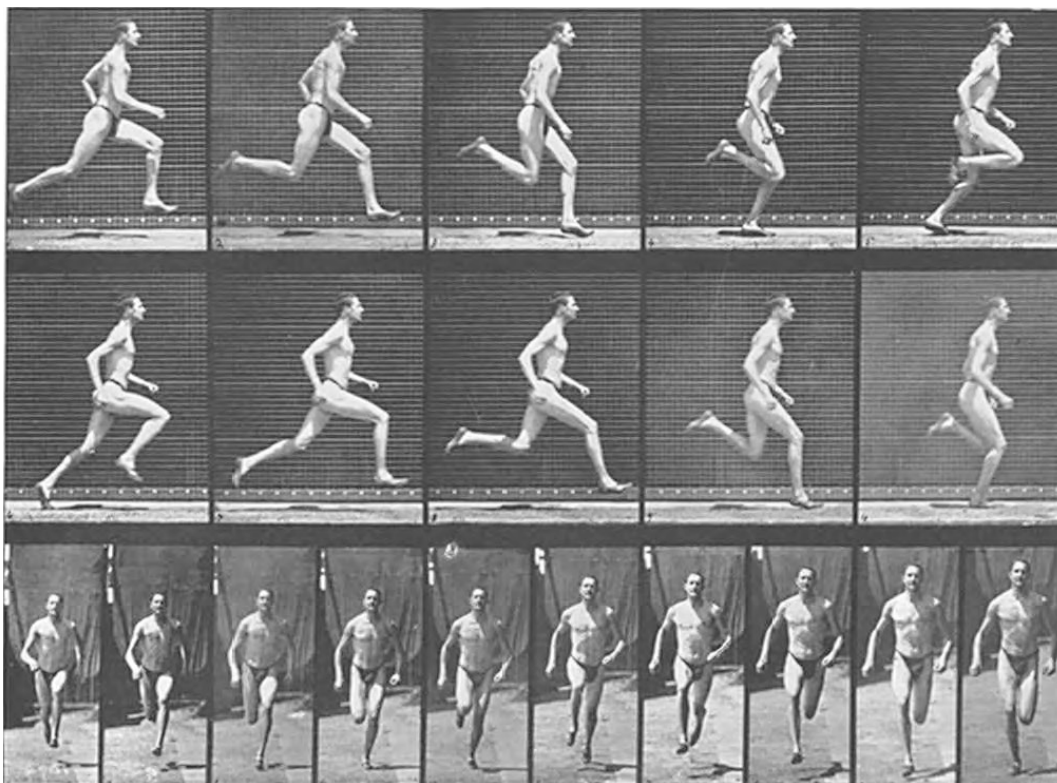


Abb. 43: Serienphotographie eines rennenden Athleten, von zwei Standpunkten aus aufgenommen. Eadwe-
ard Muybridge, 1907.

sowohl die sich bewegende Person als auch ihr Spiegelbild aufzunehmen, was »...offenbar identisch [ist] mit einer gleichzeitigen Aufnahme des Objektes von zwei verschiedenen Ansichtspunkten durch zwei vollkommen gleiche Kameras.«¹⁷⁶ Mit dieser Lösung umging Bernstein nicht nur das zeitliche Synchronisationsproblem, das bei der Verwendung von zwei Kameras bestand, sondern konnte damit auch »...10-20mal genauere [Resultate] als eine normale Stereoaufnahme...«¹⁷⁷ erzielen. Für die Abmessung der Koordinaten ließ Bernstein die kymocyclographischen Negative stark vergrößern und mit einem äußerst feinen Raster versehen. Die Fehler der Rekonstruktion der räumlichen Koordinaten betragen pro Koordinatenachse weniger als einen halben Millimeter und, indem Bernstein zudem die Aufnahmefrequenz von 26 – 50 Bilder auf zunächst 150 Bilder, später sogar auf bis zu 1500 Bilder pro Sekunde erhöhte, ließ sich nicht nur die Genauigkeit der Koordinatenabmessung noch weiter steigern, sondern auch die aufgezeichneten lebendigen Bewegungen in immer feinere Einheiten zerlegen.¹⁷⁸

Rückkopplungsschleifen

Bernstein hatte genug Daten gesammelt. Jetzt konnte er zu einer mathematischen Formalisierung der Bewegung voranschreiten: »Bei einer ganzen Reihe rhythmischer Bewegungen des Menschen (Gehen, Schlagen mit dem Hammer, Feilen, Klavieranschlag usw.)...« stellte er dabei fest,

»...daß sie alle mit einer Genauigkeit bis zu einigen Millimetern als Summen von drei oder vier harmonischen Schwingungen, sog. Fourier-Reihen, interpretiert werden können. [...] Wenn ein vollständiger Bewegungszyklus eine Sekunde dauert und sich dabei mit einer Genauigkeit von 1 bis 3 mm als die Summe von drei Gliedern der Fourier-Reihe erweist, dann bedeutet dies, dass alle Details dieser Bewegung mit dem angeführten Genauigkeitsgrad um eine ganze Sekunde im voraus bestimmt sind. Weiter kann bei bekannter Periodizität ein Glied durch zwei Parameter bestimmt werden, d.h., es ist durch zwei Punkte festgelegt. Die Summe von vier Gliedern ist deshalb theoretisch durch acht Punkte bestimmbar. Anders ausgedrückt, an Hand eines kleinen Abschnittes dieser Bewegung, die wir mit einer Genauigkeit von weniger als einem Prozent als Summe von vier Gliedern einer Fourier-Reihe darstellen, können wir die Gesamtbewegung mit einer Genauigkeit gleicher Größenordnung rekonstruieren.«¹⁷⁹

¹⁷⁶ Bernstein (1930), S. 181.

¹⁷⁷ Bernstein (1930), S. 184.

¹⁷⁸ Vgl. Bernstein (1934), S. 7f sowie Medved (2001), S. 12.

¹⁷⁹ Bernstein (1935), S. 72.

Hatte Gilbreth die einzelnen Bewegungszyklen einander auf einer einzigen photographischen Platte überlagern lassen und sich damit - seiner eigenen Metaphorik gemäß - ans Heck eines Schiffes gestellt, um von dort aus die im Wasser hinterlassenen Spuren zu beobachten, so bewirkte das neue Verfahren der Kymocyclographie, dass die Bewegungen sich in gleicher Weise wie in Labans endlosem Register der Notenlinien jetzt auf einem nie endenden Filmstreifen in die zeitliche Dimension hinein entfalteten und Bernstein damit den Weg nach vorne an den Rumpf eröffneten, von wo aus er – zumindest stückweise – in die Zukunft blicken konnte.¹⁸⁰ Doch das Glück über die festgestellte Abbildbarkeit einer jeden rhythmischen Bewegungen in Form einer drei- bis viergliedrigen trigonometrischen Summe und ihrer mathematischen Vorher-Bestimmtheit in jedem Punkt währte nicht lange. Bernstein, der bisher davon ausgegangen war, dass ein und dasselbe Bewegungsergebnis auch immer durch dieselben Bewegungen hervorgerufen wurde, erkannte, dass dies nicht stimmte. So zeigten seine Untersuchungsergebnisse zum Hammerschlag beispielsweise, dass die Trajektorien des Hammers in jedem beobachteten Bewegungszyklus immer dieselben waren, sich aber die Armbewegungen, die zu diesem immer gleichen Hammerschlag führten, von Zyklus zu Zyklus voneinander unterschieden.¹⁸¹ Dasselbe konnte er auch beim menschlichen Gang beobachten: obwohl ein Schritt dem anderen gleich, war doch die Bewegung, die diese Schritte hervorbrachte, jedes Mal eine etwas andere. Bernstein nannte dies »...ein eigenartiges Wiederholen ohne Wiederholung«¹⁸². War Laban bereits davon ausgegangen, dass es einen »one best way to do work«, wie Gilbreth ihn forderte, nicht geben konnte, so lieferte Bernstein nun die wissenschaftliche Bestätigung dafür: Seine Messergebnisse zeigten, dass der Hammerschlag stets »optimal« ausgeführt wurde, die Trajektorien von Schlag zu Schlag dieselben waren, aber die Bewegungen, die zu diesem »perfekten« Ergebnis führten, jedes Mal verschieden waren. Diese Entdeckung veranlasste Bernstein, sich ebenso wie Laban mit den dahinter liegenden Steuermechanismen der Bewegung auseinanderzusetzen. Nicht mehr die physiologischen, sondern die psychologischen Gesetzmäßigkeiten galt es nun zu entdecken - die geistigen Programme, die zu diesen optimalen Bewegungen führten. Dabei ging Bernstein von Annahme aus, dass »...im höchsten Zentralorgan notwendigerwei-

¹⁸⁰ Vgl. Herrmann (2002), S. 143ff.

¹⁸¹ Vgl. Kursell (2006), S. 248.

¹⁸² Nikolai A. BERNSTEIN: *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Barth, 1988 (2. Auflage), S. 187. Zit. n. Günter SCHNABEL / Hans-Dietrich HARRE / Jürgen KRUG (Hg.): *Trainingslehre - Trainingswissenschaft. Leistung - Training - Wettkampf*. Aachen: Meyer & Meyer, 2008, S. 132.

se ein genaues Abbild dessen existieren [muß], was im weiteren Verlauf in der Peripherie stattfinden wird.«¹⁸³ »Wir können..«, so Bernstein,

»...mit vollem Recht behaupten, daß in dem Augenblick, in dem eine Bewegung beginnt, im Zentralnervensystem bereits die Gesamtheit all jener Programme vorliegt, die für die vollständige Ausführung dieser Bewegung erforderlich sind. Die Existenz derartiger Bewegungsprogramme wird übrigens allein schon dadurch bewiesen, daß es Bewegungsfertigkeiten und automatisierte Bewegungen gibt.«¹⁸⁴

Dieses »motorische Bewegungsbild«¹⁸⁵, das Bernstein auch als »Engramm«¹⁸⁶ bezeichnete, ist also nichts anderes als der gewünschte Bewegungsverlauf - sozusagen die mentale Repräsentation der Gilbreth'schen Drahtmodelle -, den der Organismus in Folge umzusetzen versucht. Was die Verwirklichung dieser optimalen Verlaufsform betrifft, so muss der Organismus nun...

1. den *Ist-Zustand* erheben oder, wie Bernstein sagt, ein »Modell des Gegenwärtigen« bilden, das eine »...Widerspiegelung der realen Umwelt ... d.h. der tatsächlichen Situation, des gegenwärtigen Augenblicks...«¹⁸⁷ ist.
2. muss er für die gesamte Dauer, die der gewünschte Bewegungsverlauf benötigt, ein »Modell des Künftigen« erstellen, d.h. er muss »... die noch nicht Wirklichkeit gewordene, unmittelbar bevorstehende Situation ‚[widerspiegeln]‘«¹⁸⁸, also die möglichen *Wird-Zustände* vorhersehen. Im Gegensatz zum Modell des Gegenwärtigen, das einen »eindeutig bestimmten«¹⁸⁹ Charakter besitzt, ist das »Modell des Künftigen« dabei niemals eindeutig fixiert, sondern besitzt immer nur Wahrscheinlichkeitscharakter. Es wird auf Basis der Erfahrungen des Individuums aus der Vergangenheit und Gegenwart extrapoliert, wobei »...das Gehirn für den bevorstehenden Augenblick...«, so Bernstein, »...eine Art Tabelle für die Wahrscheinlichkeiten möglicher Ausgänge aufzustellen [vermag].«¹⁹⁰ Oder anders formuliert: es werden im Gehirn alle möglichen Zukünfte konstruiert und mit einem Wert versehen, der angibt, wie

¹⁸³ Bernstein (1935), S. 84.

¹⁸⁴ Bernstein (1935), S. 82.

¹⁸⁵ Bernstein (1935), S. 84.

¹⁸⁶ Bernstein (1935), S. 84.

¹⁸⁷ Bernstein (1961), S.182.

¹⁸⁸ Bernstein (1961), S.182.

¹⁸⁹ Bernstein (1961), S.182.

¹⁹⁰ Bernstein (1961), S.190.

wahrscheinlich diese auch tatsächlich eintreten werden. Eines dieser Zukunfts-Modelle entspricht dabei dem erwünschten Bewegungsverlauf oder *Soll-Zustand* und wird von Bernstein daher »Modell der angestrebten Zukunft« genannt.¹⁹¹ Weil es das Ziel des Organismus' ist, genau dieses eine von ihm gewählte Modell zu verwirklichen - und zwar unabhängig davon, wie hoch dessen ursprüngliche tabellarische Ausgangswahrscheinlichkeit ist, findet...

3. ein Vergleich zwischen dem Modell des Gegenwärtigen und dem Modell der angestrebten Zukunft statt. Dabei wird im Gehirn anhand der Gegenüberstellung von Ist- und Soll-Zustand jene Differenz bestimmt, die den Organismus bislang vom angestrebten Optimum entfernt, und gleichzeitig festgelegt, welche Bewegungen erforderlich sind, um den vorhandenen Ist- in den gewünschten Soll-Zustand zu transformieren:

»Somit bildet die Aktivität, die auf dem Vergleich des Wahrscheinlichkeitsmodells des Künftigen mit der festgelegten Aufgabe gerichtet ist, die Dynamik des Kampfes des Individuums um die Umwandlung der Wahrscheinlichkeit des für den Organismus erforderlichen Ausgangs in die Wahrscheinlichkeit Eins bzw. in ein abgeschlossenes Ereignis unter Annullierung aller übrigen tabellarischen Wahrscheinlichkeiten.«¹⁹²

Es findet also, so Bernstein, »...eine Art von Interpolation zwischen der vorhanden Situation und jener...« statt, »...die im Interesse des betreffenden Individuums zustande kommen soll.«¹⁹³

4. werden schließlich alle notwendigen Bewegungsbefehle in einem zentralen Impuls an die entsprechenden Muskeln versendet, die diese ausführen und den Organismus damit in den gewünschten Soll-Zustand bewegen.

Mit dem »Modell der angestrebten Zukunft« wendet sich Bernstein gegen die von Iwan Pawlow aufgestellt Reflextheorie, bei der sich der »Organismus«, wie er ironisch bemerkt, »in der Lage eines Systems« befindet, »das ständig von der Umwelt ›an der Leine gehalten‹ wird, eines Systems, dessen Handlungen eine ununterbrochene Kette von Antwortreaktionen auf den Strom von Umweltereignissen darstellen.«¹⁹⁴ Demgegenüber geht Bernstein von einer »...ringförmige[n]

¹⁹¹ Vgl. Feigenberg (2000), S. 9.

¹⁹² Bernstein (1961), S. 190.

¹⁹³ Bernstein (1963), S. 205.

¹⁹⁴ Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: *Bewegungsphysiologie*. Hrsg. v. Lothar PICKENHAIN / Günter SCHNABEL. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, (Anm. 27), S.225. Zit. n. Herrmann (2002), S. 147.

Ausgänge	A	B	C	...	M	...	X	Y
Wahrscheinlichkeiten	P_a	P_b	P_c	...	P_m	...	P_x	P_y
Bewegungsaufgabe	0	0	0	...	1	...	0	0

} $\Sigma P = 1$

Abb. 44: Extrapolation des »Modell des Künftigen«, bei dem alle möglichen Zukünfte A, B, ..., Y mit der jeweils prognostizierten Wahrscheinlichkeit P_a, P_b, \dots, P_y in einer »Art Tabelle« im Gehirn vorliegen. Ziel des Organismus' ist, das vom ihm angestrebte Zukunftsmodell M Wirklichkeit werden zu lassen, also seine anfängliche tabellarische Wahrscheinlichkeit P_m in 1 zu transformieren und damit alle anderen Zukünfte zu annullieren.

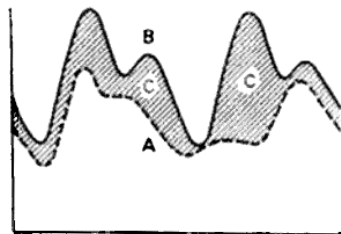


Abb. 45: Halbschematische Darstellung des Verlaufs eines zentralen Einzelimpulses bei rhythmischer Bewegung, wobei Kurve B dem angestrebten Bewegungsverlauf entspricht, Kurve A die sich laufend verändernden äußeren Kräfte darstellt und die gestrichelte Kurve C für den zentralen Impuls steht, der die Kurve A bis zum Ergebnis B ergänzt.



Abb. 46: Selbst-lernender, dynamischer Roboter, der auf Basis der Theorien N. A. Bernsteins am Bernstein Center for Computational Neuroscience Göttingen 2006 entwickelt wurde. Der »Runbot« gilt im Verhältnis zu seiner Körpergröße von 23 cm als schnellster zweibeiniger Roboter der Welt.(3,5 Beinlängen pro Sekunde, was mehr als doppelt so schnell wie ein durchschnittlicher Spaziergänger ist).

Kette von Ursachen und Folgen...«¹⁹⁵ aus, bei der jeder Bewegungsverlauf durch eine ununterbrochene Ringsteuerung und –korrektur der Bewegung bestimmt ist. Denn nachdem sich die Bewegungen, die zu einem gewünschten Bewegungsergebnis führen, ständig verändern, kann auch der zentrale Impuls nicht immer derselbe sein, sondern muss laufend an die »...äußeren, sich verändernden Kräfte...«¹⁹⁶ der Umwelt angepasst werden und das ist aber »...nur möglich...«, so Bernstein,

»...wenn eine ganz subtile, kontinuierliche, zuvor nicht vorhersehbare Abstimmung der zentralen Impulse mit den in der Körperperipherie ablaufenden Erscheinungen stattfindet...«¹⁹⁷

Mit der Erweiterung des Pawlo'wsche Reflexbogens zum geschlossenen Regelkreis, gelingt es Bernstein die Biomechanik auf eine Biokybernetik hin zu überschreiten: fortan fungiert die Bewegung als Regelgröße, die über Nervenbahnen mit dem Gehirn rückgekoppelt ist. Das Gehirn, das damit fortlaufend Informationen über den erreichten Zwischenzustand der Bewegung erhält, vergleicht diese Ist-Werte mit dem tabellarisch aufgestellten Wahrscheinlichkeitsmodell der Zukunft und der für sich festgelegten, angestrebten Bewegungsaufgabe als Soll-Wert, und reguliert bzw. korrigiert entsprechend die Bewegungsbefehle, so dass der Ist-Wert den Soll-Wert erreicht. Anders als in »...der alten, gewohnten Vorstellung...«¹⁹⁸, bei der »...das Skelettglied dem zentralen Impuls vollständig unterworfen [war] und ... ihm eindeutig [folgte]«¹⁹⁹, so dass »nach dieser Vorstellung ... der zentrale Impuls a immer die Bewegung A , der zentrale Impuls b immer die Bewegung B [hervorrief]...«²⁰⁰, wird der an die Muskeln gesendete Steuerimpuls nun also laufend den äußeren Erfordernissen angepasst. Das erklärt, warum die dadurch hervorgerufenen Bewegungen niemals dieselben sein können, auch wenn das Bewegungsergebnis (im Falle zyklischer Bewegungen beispielsweise) jedes Mal gleich sein kann. Dies hat nun aber eine Verkehrung des Verhältnisses von Ursache und Wirkung zur Folge: denn die Bewegung, die als (summarisches) Ergebnis des zentralen Impulses erst in der Zukunft existiert, wird selbst zur Ursache dieses Impulses, indem sie als Modell oder Engramm im Gehirn vorweggenommen wird. Dabei...

¹⁹⁵ Bernstein (1935), S. 67.

¹⁹⁶ Bernstein (1935), S. 69.

¹⁹⁷ Bernstein (1935), S. 70.

¹⁹⁸ Bernstein (1935), S. 69.

¹⁹⁹ Bernstein (1935), S. 69.

²⁰⁰ Bernstein (1935), S. 69.

»[entspricht] dieses Bewegungsbild der tatsächlichen Bewegungsform, d.h. der Kurve B ..., und in keiner Weise der Kurve des Impulses C. Und gerade durch sein Vorhandensein entsteht die Möglichkeit, den Verlauf des Impulses C so anzupassen, daß im Ergebnis die planmäßige Ausführung der Bewegungsfertigkeit B erfolgt. Somit muß im höchsten Zentralorgan notwendigerweise ein genaues Abbild dessen existieren, was im weiteren Verlauf in der Peripherie stattfinden wird. Zugleich läuft in den operativen Zwischeninstanzen die Tätigkeit zur Realisierung des Impulses C ab, der ... dem peripheren Effekt nicht ähnlich ist und der ... auch dem Inhalt des leitenden Engramms nicht ähnlich ist. Bildlich gesprochen, wird der vom höchsten Zentrum ausgehende Befehl vor seiner Absendung in die Peripherie bis zur völligen Unkenntlichkeit *verschlüsselt* und dort erneut einer automatischen Entzifferung unterzogen.«²⁰¹

War bis ins 19. Jahrhundert, wie Bernstein bemerkte, »der einzig bekannte und vorstellbare Kode die menschliche *Sprache*, das nur dem Menschen eigene, Widerspiegelungsfunktion besitzende, hochorganisierte Denken«²⁰², so wurde nun auf dem Feld des Lebendigen eine Vielfalt an nicht-sprachlichen Codes entdeckt, die das Individuum in seinen Bewegungsabläufen programmierten.²⁰³

Damit war eine Arbeitswissenschaft im bisherigen Sinne obsolet geworden, schließlich waren all ihre Optimierungs-Bemühungen bereits im menschlichen Gehirn realisiert: anstelle des »one best way« traten nun »Engramme«, die den idealen Bewegungsverlauf vorgaben; Anstelle einer *detaillierten Bewegungsaufzeichnung* mittels technischer Medien trat nun eine fortlaufende Registrierung rückgekoppelter Bewegungswerte, um so die Differenzen zwischen dem gegenwärtigen unerwünschten oder »falschen« und dem angestrebten, »richtigen« Zustand feststellen zu können; Und schließlich trat das Gehirn selbst an die Stelle des *Arbeits-Optimierers*, legte die erforderlichen Bewegungen fest, korrigierte und änderte sie, so dass am Ende das erwünschte, optimale Bewegungsergebnis erzielt werden konnte.

Dechiffrierbare Bewegung

Auch wenn Bernstein den bisherigen arbeitswissenschaftlichen Methoden mit ihrem Bestreben, optimale Bewegungen am Körper zu implementieren, eine Absage erteilte, hieß das doch nicht, dass keine Effizienzsteigerung des Menschen mehr möglich war. Der Hammerschlag eines Schmied-Meisters entschied sich nach wie vor von demjenigen eines Lehrlings. Um ihn zu verbessern, durfte man sich nun bloß nicht mehr auf die rein physiologischen Bewegungen konzentrie-

²⁰¹ Bernstein (1935), S. 84.

²⁰² Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: *Bewegungsphysiologie*. Hrsg. v. Lothar PICKENHAIN / Günter SCHNABEL. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, S. 221. Zit. n. Herrmann (2002), S. 151.

²⁰³ Vgl. Herrmann (2002), S. 151.

ren, sondern musste auf die psychologischen Steuermechanismen der Bewegung zielen. Denn der Grad der Optimierung, so versuchte Bernstein zu zeigen, hing entscheidend von der Modellbildung des Künftigen ab. Je besser diese funktionierte und je treffsicherer ihre Vorhersagen waren, desto besser konnte auch das angestrebte Handlungsresultat erreicht und der optimale Bewegungsverlauf umgesetzt werden.

Ob ein Adler beispielsweise das angestrebte Bewegungsziel, eine am Feld laufende Maus zu fangen, tatsächlich erreichte, war davon abhängig, an welcher Position er die Maus nach seinem Sturzflug vermutete. Auch wenn der Adler noch so schnell aus der Höhe herabstürzte, immer würde es einen Moment dauern, bis er bei der aktuellen Position der Maus angelangt wäre. In dieser Zeit aber hätte sich die Maus schon wieder ein Stückchen weit fortbewegt. Wenn der Adler also nach seinem Sturzflug die Maus erreichen wollte, so musste er auf jenen Punkt zu steuern, an dem die Maus erst einen Moment später sein würde. Und je besser er diesen »vorhersehen« konnte, je zuverlässiger also seine Modellbildung des Künftigen wäre, desto wahrscheinlicher würde er die Maus auch fangen.²⁰⁴

Und auch wenn das erwünschte Bewegungsergebnis nicht ursächlich von der Bewegung eines anderen abhängt, so »...[befindet sich] das Individuum...«, so Bernstein, »...faktisch ständig in einer Art Konfliktsituation mit seiner Umgebung«²⁰⁵ und seine Fähigkeit, »...die Züge, die dem Gegner »einfallen« werden,...«²⁰⁶ vorherzusehen, wird dabei entscheidend für den Ausgang »...diese[s] Kampf[es]...«²⁰⁷ sein. Was also mit anderen Worten über Erfolg oder Nicht-Erfolg einer Bewegung bestimmt, ist die Fähigkeit des Organismus', die Veränderungen der Umwelt richtig einzuschätzen und die äußeren Bewegungen auf ihren zukünftigen Verlauf hin zu lesen.

Für die Bewegungswissenschaft hat dies zur Folge, dass Bernstein den Fokus von der physiologischen Steuerung der Bewegung auf die psychologische Wahrnehmung der Bewegung verschiebt, womit die Bewegung, wie von Herrmann richtig bemerkt, »aus dem Zeitalter graphisch-technischer Reproduzierbarkeit ins Zeitalter graphisch-technischer Informierbarkeit eintritt.«²⁰⁸ Welche Informationen sich dabei aus den äußeren Bewegungen entschlüsseln lassen, soll Gegenstand des nächsten Kapitels sein.

²⁰⁴ Vgl. Feigenberg (2000), S. 20.

²⁰⁵ Bernstein (1961), S. 190f.

²⁰⁶ Bernstein (1963), S. 207.

²⁰⁷ Bernstein (1961), S. 190.

²⁰⁸ Herrmann (2002), S. 151.

3. (Für-) Wahrgenommene Bewegung

In seinen Studien zur Nervenleitungsgeschwindigkeit hatte Hermann von Helmholtz zwei »verlorene Zeiten« entdeckt: eine »physiologische«, bei der der Muskel auf einen Reiz nicht augenblicklich, sondern erst nach einer gewissen Zeit zu kontrahieren begann, und eine »psychologische«, wo mindestens eine zehntel Sekunde verging, bis das Gehirn auf einen eben erhaltenen Reiz reagierte. Die wissenschaftliche Bewegungsforschung war zunächst ausschließlich am ersten Element der *temps perdu* interessiert. Weil sie den menschlichen Körper als Maschine konzipierten, sahen sie in der Nutzbarmachung der körperlich verlorenen Zeit eine Möglichkeit, die Leistung des menschlichen Motors zu erhöhen, ihn schneller und effizienter zu machen. Dabei wurde der Geist so gut als möglich von der Körpermaschine zu separieren versucht. Doch wie die arbeitswissenschaftlichen Optimierungen zeigten, war ein intervenierender Zugriff auf die Physiologie allein - unabhängig von den dahinter liegenden, mentalen Bewegungsprogrammen - nicht durchführbar. Während Gilbreth die geistigen Prozesse dabei als fehlerhafte Bahnungen begriff, die es durch neue Programme zu überschreiben galt, sah Laban in ihnen individuelle Einstellungen, die sich schwer ersetzen, dafür aber umso gewinnbringend entfalten ließen. Bernstein schließlich bestimmte sie als höchst effiziente, natürliche Steuermechanismen, die die gesamte arbeitswissenschaftliche Optimierungsleistung bereits realisierten - mit dem Unterschied allerdings, dass sich die perfekten Bewegungen nicht über eine Vor-Schreibung inner-körperlicher Bewegungsmuster, sondern über das Lesen außer-körperlichen Bewegungsmuster erzielen ließen.

Dieses Kapitel zeigt, wie es durch die zunehmende Fokussierung auf die geistigen Prozesse, zu einer Wieder-Entdeckung von Helmholtz' zweitem Element der »verlorenen Zeit« kommt und wie diese »psychologisch« vergeudeteten Zeiten, die von den Bewegungswissenschaften zunächst gänzlich ignoriert worden waren, nun im Zeichen intelligenter Videoüberwachungstechnologien genutzt werden sollen, aber auch, welche (neuen) Probleme dadurch entstehen.

3.1 Point Light Displays

Ausgehend von Bernsteins Befund, demzufolge das »Lesen« von Umwelt-Bewegungen für jeden Organismus eine evolutionäre Notwendigkeit darstelle, begann sich in den 1970er Jahren die experimentelle Psychologie für die Wahrnehmung

lebendiger Bewegung zu interessieren. »It seems evident...« so der schwedische Psychologe Gunnar Johansson, »...that, throughout animal evolution, valid information about other animals' motion has achieved a very high survival value.«²⁰⁹ Umso erstaunlicher war es für ihn, dass sich bisher noch niemand mit der Frage beschäftigt hatte, wie biologische Bewegung denn tatsächlich wahrgenommen wurde und vor allem welche Informationen sich dabei aus tierischer wie menschlicher Bewegung extrahieren ließen.

»With a very few exceptions, research on visual motion perception has dealt with simple patterns of mechanical motions. As a rule, rigid objects in rotary or translatory motion have been chosen as the distal stimuli, and the proximal stimulus patterns investigated have been projections of such objects in motion.«²¹⁰

Dass sich die bisherigen psychologischen Studien hauptsächlich auf die Erforschung der Wahrnehmung mechanischer Bewegung konzentrierten, hatte aber seinen Grund: denn im Gegensatz zur biologischen Bewegung ließ sie sich die mechanische Bewegung sehr einfach kontrollieren. Es war möglich, genau jene Art von Bewegungsmustern zu produzieren, die man experimentell zu untersuchen versuchte - sie konnten also isoliert und unabhängig von anderen Informationen, quasi als Einzelementen den Versuchspersonen präsentiert werden. Demgegenüber war die biologische Bewegung immer schon komplexer. Sie konnte nicht einfach in einzelne zu studierende Muster oder Elemente zerlegt werden, sondern immer nur in der bereits gegebenen Art und Weise respektive in ihrer Gesamtbewegung untersucht werden. Außerdem war sie gewöhnlich nie in »Reinform« beobachtbar, sondern trat immer nur vermischt mit anderen visuellen Hinweisen, wie beispielsweise der Form und Kontur des Körpers, auf.

Um die Frage zu beantworten, welche Informationen sich allein aus der Bewegung eines anderen ablesen ließen, war es für Johansson aber erforderlich, »...the motion pattern per se...« zu studieren, »...without interference with the form aspect...«²¹¹. Denn nur so konnte er ausschließen, dass die Wahrnehmungsschlüsse nicht aus anderen Quellen herrührten. Glücklicherweise hatte die vermessende Bewegungswissenschaft bereits gute Methoden zur Ablösung der Bewegung vom menschlichen Körper entwickelt. Johansson griff darauf zurück und stattete seine schwarz gekleideten Versuchspersonen in analoger Weise zur partiellen Chronophotographie Mareys bzw. der cyclographischen Methode Gilbreths und Bernsteins mit kleinen Blitzlichtlämpchen aus, die er an den Hauptgelenken des

²⁰⁹ Johansson (1973), S. 201.

²¹⁰ Johansson (1973), S. 201.

²¹¹ Johansson (1973), S. 201.

Körpers positionierte. Dann wies er die Personen an, »...in a normal style...« von links nach rechts, sowie von hinten nach vorne durch das unbeleuchtete Studio zu gehen, und nahm ihre Bewegungen mit einer 16 mm Filmkamera auf. »This method gives a very good recording of the motion tracks of the different joints without revealing any traces of the background or the body contours«²¹², erklärt Johansson zufrieden. Doch das Verfahren hatte auch seine Nachteile:

»The arrangement with lamps on the body and their wire connection to a transformer is rather inconvenient and clumsy, and the problems were serious when other than rectilinear motion directions were introduced.«²¹³

Johansson ersetzte daher die Blitzlichtlampen durch reflektierende Flecken und strahlte die Person mittels ein oder zwei, nahe an der Kameralinse positionierten Scheinwerfern an, so dass auf diese Weise praktisch das gesamte Licht, das auf die Flecken traf, in die Kamera zurück reflektiert wurde. Das Ergebnis war ein extrem hoher Helligkeitskontrast zwischen den Reflektorpunkten und dem Hintergrund. Bei der Wiedergabe der Videobänder, die diesmal zur Aufzeichnung der Bewegungen verwendet wurden, ließ sich durch Maximierung des Kontrasts und gleichzeitiger Minimierung der Helligkeitswerte auf diese Art derselbe Effekt, wie durch Verwendung der Blitzlichtlampen, erzielen: »...bright spots with sharp contours against a totally dark screen.«²¹⁴ Je nach Bewegungsrichtung waren auf den so entstandenen Aufnahmen zehn oder zwölf einzelne Lichtpunkte zu sehen: zwölf, wenn sich die Person frontal zur Kamera bewegte, und zehn, wenn sie sich parallel dazu bewegte, da die zwei zusätzlichen Lichtpunkte für die andere, in diesem Fall sowieso nicht sichtbare Schulter- und Hüftseite entfielen.

Anstatt nun aber die aufgezeichneten Bewegungen zu vermessen, ging Johansson dazu über, die fragmentierten Bewegungen zu re-synthetisieren und sie den Versuchspersonen vorzuspielen. Welche Informationen, so lautete die entscheidende Frage, würden sie aus diesen »reinen Bewegungspunkte«, den sogenannten *Point Light Display* ablesen können? Ein einzelnes, statisches Punktebild, so stellte Johansson fest, wurde bloß als inhaltslose Punktwolke wahrgenommen oder kreativ als Konstellation von Sternen oder Lichter am Weihnachtsbaum interpretiert. Sobald er aber die Einzelbilder in Bewegung versetzte und sie als

²¹² Johansson (1973), S. 202.

²¹³ Johansson (1973), S. 202.

²¹⁴ Johansson (1973), S. 203.

Filmsequenz abspielte, kam es zu einer stabilen und eindeutigen Wahrnehmung menschlicher Bewegung:²¹⁵

»This motion pattern has been shown in many class demonstrations as well as under more strict experimental conditions. It always evokes the same spontaneous response after the first one or two steps: this is a walking human being! This perceptual effect has been observed without exception. Perceiving a walking person in the motions of these ... spots seems to be equally as self-evident and naturally as seeing a real man walking in a motion picture. The O has the freedom neither to combine the moving points in other groupings by an act of concentration nor to see these elements just as a series of unrelated points in motion.«²¹⁶

Ob sich die aufgenommenen Person frontal auf die Kamera zu- oder wegbewegte oder parallel dazu ging, hatte auf die Erkennung menschlicher Bewegung dabei keinerlei Einfluss. Johansson war von den Ergebnissen sichtlich beeindruckt und führte weitere Experimente durch. Die erste Frage, die er sich stellte, betraf den wahrnehmbaren Informationsgehalt der Bilder: Wenn es möglich war, zehn bis zwölf voneinander isolierte, bewegte Lichtpunkte als menschliche Bewegung zu erkennen, war es dann nicht möglich, auch weitere Informationen aus den Bewegungsmustern abzulesen? Um dies zu beantworten, nahm Johansson verschiedene Bewegungen auf. Er filmte die Personen beim Rennen, Klettern und Tanzen, ließ sie Radfahren und Liegestütze machen und präsentierte diese *Point Light Displays* wieder einer Reihe von Versuchspersonen. »In all these cases,...« so stellte Johansson fest,

»...spontaneous and correct identification of the types of activity has been made without exception.«²¹⁷

Die zweite Frage konzentrierte sich auf die Menge und Dauer der präsentierten Bewegungsstimuli: Wie viele Informationen oder Lichtpunkte waren für eine Erkennung menschlicher Bewegung mindestens erforderlich und wie lange mussten die lebendigen Bewegungsmuster den Versuchspersonen auf jeden Fall vorgespielt werden, damit sie sie als solche wahrnehmen konnten? Was die Menge der notwendigen Bewegungsinformation betraf, so stellte Johansson fest, dass bereits fünf einzelne Lichtpunkte ausreichten, um menschliche Beine beim Gehen zu identifizieren, und was die erforderliche Zeit anbelangte, so wies er nach, dass schon ein kurzes Abspielen von 100 bis 200 Millisekunden zu einer stabilen und

²¹⁵ Für etwaige Selbstversuche bietet sich folgende Website an:
<http://www.biomotionlab.ca/Demos/BMLwalker.html> [Stand: 02.06.2009].

²¹⁶ Johansson (1973), S. 203.

²¹⁷ Johansson (1973), S. 204.

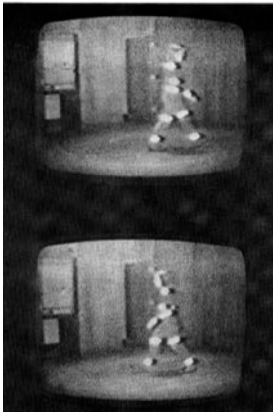


Abb. 48: Johanssons Aufnahmen einer gehenden Person mit Reflektorstreifen

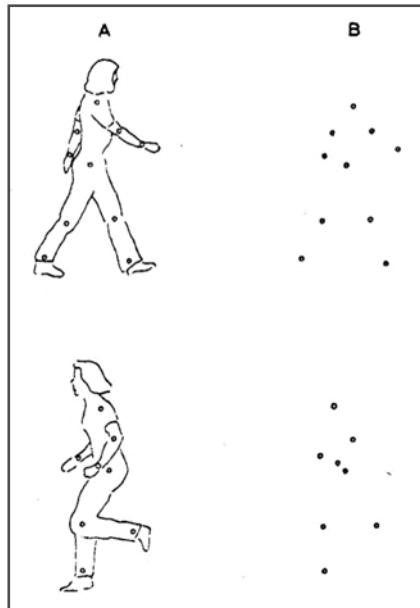


Abb. 47: Außenkontur einer gehenden und rennenden Person (A) und zugehörige Punktekonfiguration (B) wie sie in den experimentellen Wahrnehmungsstudien Gunnar Johanssons verwendet wurden.

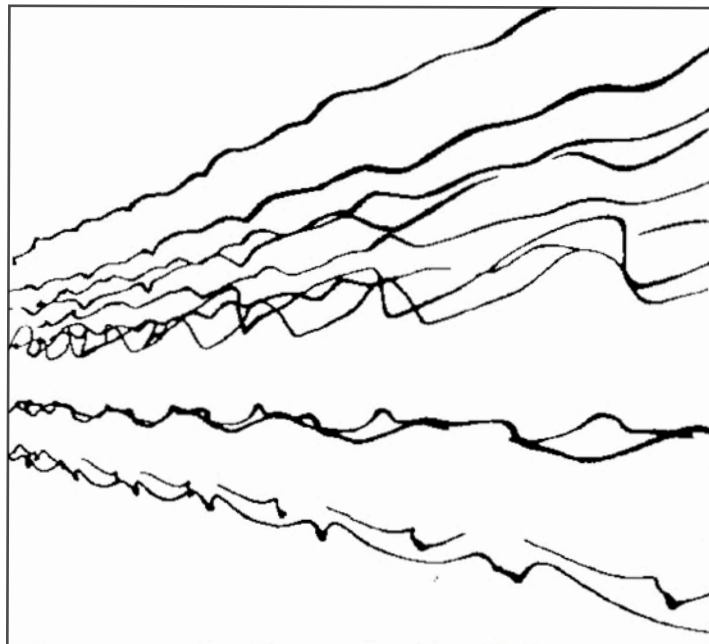


Abb. 49: Projektion der Bewegungsspuren, die von den an Kopf und Hauptgelenken befestigten Leuchtpunkten einer gehenden Person im Raum »gezeichnet« werden. »When the dots are seen in motion, the viewer perceives a walking person approaching.« Johansson / Hofsten / Jansson (1980), S. 42.

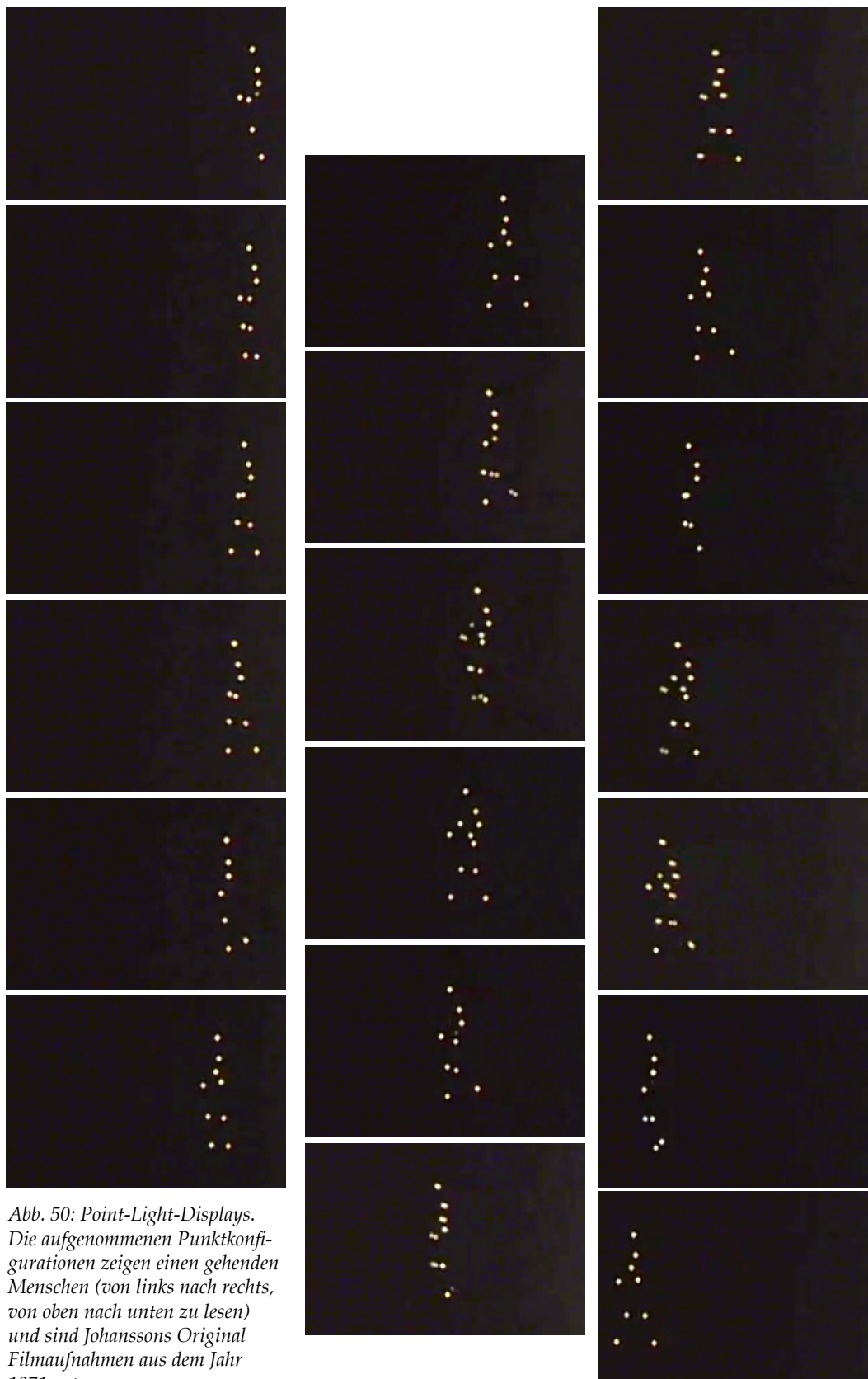


Abb. 50: Point-Light-Displays. Die aufgenommenen Punktkonfigurationen zeigen einen gehenden Menschen (von links nach rechts, von oben nach unten zu lesen) und sind Johanssons Original Filmaufnahmen aus dem Jahr 1971 entnommen.

eindeutigen Wahrnehmung menschlicher Bewegung führte.²¹⁸ Das hieß bei einer Aufnahmefrequenz von 25 Bildern pro Sekunde also, dass bereits drei bis fünf Einzelbilder genügten, um zu erkennen, dass sich da ein Mensch bewegte.²¹⁹ »The demonstrations described have in a conclusive way made clear...«, so die Schlussfolgerung Johanssons,

»...that the ... motion patterns presented ... carry all the essential information needed for immediate visual identification of such human motions. [...] We can, with a high degree of confidence, conclude that it was not previous learning of motion patterns which determined the perception of walking ... Instead, we have found that it seems to be a highly mechanical, automatic type of visual data treatment that is most important.«²²⁰

3.2 Eine Verzögerung von einer halben Sekunde

Etwa zeitgleich zu den Untersuchungen Johanssons begann sich auch der US-amerikanische Physiologe und Neurowissenschaftler Benjamin Libet für die zeitlichen Aspekte menschlicher Wahrnehmung zu interessieren. Wie lange, so lautete dessen Frage, dauerte es, bis ein Reiz bewusst empfunden werden konnte? Um dies zu beantworten, ging Libet nun allerdings nicht mehr den Weg über die Wahrnehmungsstimuli äußerer Bewegungen, sondern versetzte das Gehirn selbst in Bewegung. Dazu platzierte er Kontaktelektroden auf der Oberfläche des primären somatosensorischen Kortex seiner Versuchspersonen, also auf jenem Areal der Hirnrinde, das die sensorischen Reize von allen Gebieten des Körpers und der Haut direkt empfängt, und stimulierte es mit kurzen, ungefähr 0,1 bis 0,5 Millisekunden langen elektrischen Stromstößen. Die Reizimpulse wurden zwanzig bis sechzig mal pro Sekunde wiederholt und Libet stellte fest, dass eine Reizfolge von mindestens einer halben Sekunde notwendig war, bis die Versuchspersonen die elektrische Reizung bewusst wahrnehmen konnten.²²¹ Weder die Frequenz der Wiederholung, noch die Anzahl der Impulse änderten etwas daran. Auch ein einzelner elektrischer Impuls, wie stark er auch immer sein

²¹⁸ Vgl. Johansson (1973), S. 210 sowie Johansson (1976), S. 379.

²¹⁹ Die von Gunnar Johansson und James Maas 1971 an der Cornell Universität hergestellten Filmaufnahmen sind auf YouTube unter der URL: <http://www.youtube.com/watch?v=1F5ICP9SYLU> und <http://www.youtube.com/watch?v=KT89CQ2nRpo> [Stand: 15. 12. 2011] verfügbar.

²²⁰ Johansson (1973), S. 210.

²²¹ Vgl. Libet (2007), S. 59 - 64.

mochte, zeigte keinerlei Effekt.²²² Erst wenn der Reiz über einen Zeitraum von mindestens einer halben Sekunde andauerte, konnte er von den Versuchspersonen bewusst wahrgenommen werden.²²³ Doch dieser Befund galt zunächst nur für die direkte Stimulation des Gehirns. Wurde die Haut oder der dazugehörige Sinnesnerv gereizt, so reichte bereits ein einzelner, nicht einmal besonders starker Impuls, um eine bewusste Empfindung auszulösen.²²⁴ Beobachtete man dabei allerdings die Gehirnaktivität - und genau das tat Libet - so war ersichtlich, dass, selbst wenn an der Peripherie nur ein einzelner Impuls verabreicht wurde, dieser innerhalb des Gehirns eine zerebrale Aktivierung verursachte, die länger als eine halbe Sekunde andauerte.²²⁵

Damit gelang es Libet mehr als hundert Jahre nach Helmholtz' bahnbrechenden Untersuchungen zur Nervenleitungsgeschwindigkeit, experimentell nachzuweisen, dass es bei der Reizwahrnehmung im menschlichen Gehirn tatsächlich zu einer zeitlichen Verzögerung kommt. Das »...*Bewusstsein unserer Sinneswelt...*«, so Libet, ist

»...im Verhältnis zu dem tatsächlichen Auftreten sinnlicher Ereignisse [*wesentlich verzögert*]. Wessen wir uns bewusst sind, hat schon eine halbe Sekunde vorher stattgefunden. Wir sind uns nicht des wirklichen Moments der Gegenwart bewusst. Wir kommen immer ein wenig zu spät.«²²⁶

Doch die »verlorene Zeit«, die Helmholtz im Gehirn entdeckte, betrug bloß 1/10 Sekunde. Libet's zeitliche Verzögerung war hingegen fünfmal so hoch. Konnte es sein, dass sich einer der beiden vermessen hatte? Nicht notwendigerweise, denn wie Libet klarstellte, »sprechen [wir]...« bei seinen Experimenten »über das *wirkliche Bewusstsein* eines Signals, das deutlich von der *Detektion* eines Signals unterschieden werden muss.«²²⁷ Eine Dauer von einer halben Sekunde war nur notwendig, um eine *bewusste* Empfindung auszulösen. Eine *unbewusste* Detektion des Reizes, die auch zu bestimmten Reaktionen führen konnte, war hingegen bereits nach 100 ms möglich. Zur Bestätigung führte Libet das folgende Experiment durch:

²²² Vgl. Libet (2007), S. 67f.

²²³ Vgl. Libet (2007), S. 67f.

²²⁴ Vgl. Libet (2007), S. 72.

²²⁵ Vgl. Libet (2007), S. 73f.

²²⁶ Libet (2007), S. 99.

²²⁷ Libet (2007), S. 57.

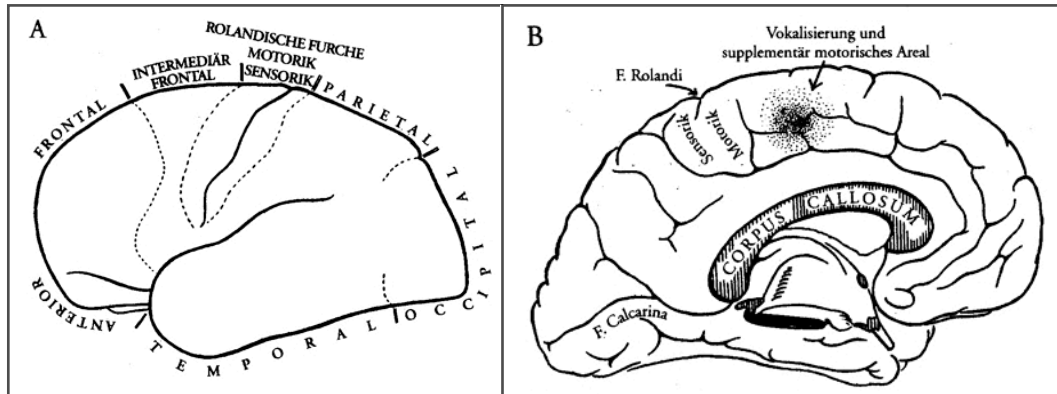


Abb. 51: Karten der menschlichen Hirnrinde.

(A) Seitenansicht der linken Hemisphäre. Die rolandische Furche trennt die Frontal- und Parietallappen. Die untere und vordere Seite der rolandischen Furche enthält das primäre motorische Areal (MI); Nervenzellen in diesem Gebiet senden motorische Nervenfasern direkt zu den zuletzt kommenden Motorneuronen, die unmittelbar die Skelettmuskeln aktivieren. Das Gebiet hinter der Furche enthält das primäre somatosensorische Areal (SI). Nervenzellen in diesem Gebiet empfangen die schnellsten Nervenfasern, die ihren Ursprung in der Haut, den Sehnen und den Muskeln haben.

(B) Mediale (innere) Seite der linken Hemisphäre. Diese Seite ist in der Mitte und liegt der medialen Seite der rechten Hemisphäre gegenüber. Die frontale Region ist hier auf der rechten Seite und um 180° gegenüber der Situation in (A) gedreht. Das obere Ende der Rolandischen Furche ist sichtbar, da sie sich ein Stück weit in die mediale Seite hinein fortsetzt.

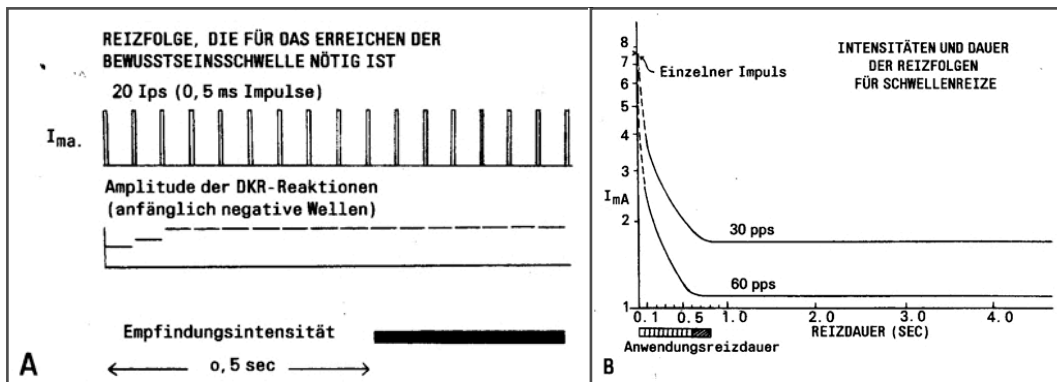


Abb. 52: Dauer von Reizimpulsen in Beziehung zur Erzeugung von bewussten Körperempfindungen.

(A) Diagramm einer Folge von elektrischen Impulsen von 0,5 ms Dauer und der Mindestintensität für die Erzeugung einer Empfindung, die auf die Rindenregion SI angewendet wurde. Die zweite Linie bildet die Amplitude der direkten kortikalen Reaktionen (DKR) ab, die bei jedem Impuls gemessen werden können. Die dritte Linie zeigt an, dass keine berichtbare bewusste Empfindung während der ersten 0,5 sec der Verabreichung der Impulse ausgelöst wird. Die schwache Empfindung, die nach der Dauer von 0,5 sec anfängt, setzt sich mit derselben subjektiven Intensität fort, während die Reizfolge andauert.

(B) Dauer der Reizfolgen mit Intensitäten, die für das Erscheinen einer minimalen Empfindung erforderlich sind. Man beachte, dass es eine Mindestreizdauer von etwa 0,5 sec gibt (die effektive Reizdauer), die dafür nötig ist, dass die Mindestintensität eine Empfindung auslöst. Der einzelne Impuls löste gewöhnlich ein motorisches Zucken in dem entsprechenden Körperteil (wie etwa in der Hand oder im Unterarm) aus.

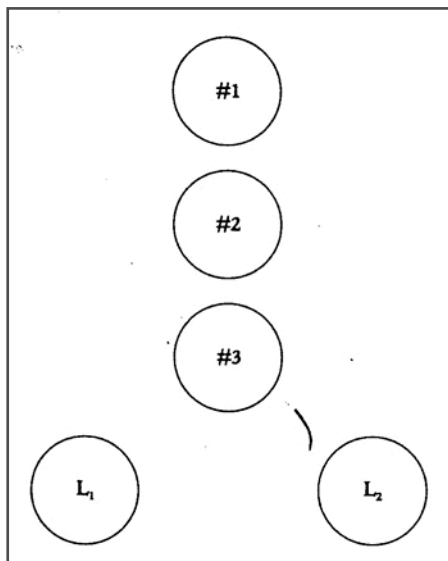


Abb. 53:
Schematische Darstellung
der Oberfläche einer Kiste,
auf die die Versuchspersonen
in Libets Experiment
schauten.

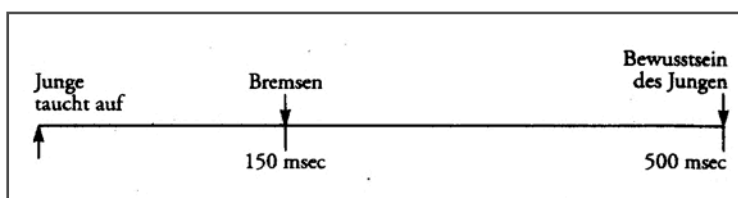


Abb. 54: Abfolge von Ereignissen, wenn ein Junge vor ein fahrendes Auto
läuft.

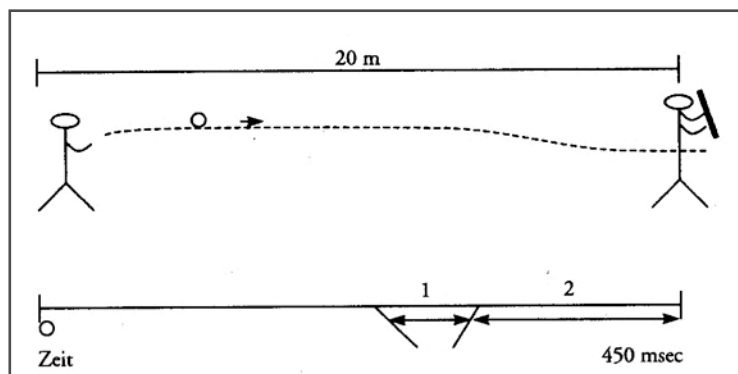


Abb. 55: Zeiten für die Reaktion eines Baseballschlagers auf einen ge-
worfenen Ball. Angenommen, der Werfer wirft den Ball mit 145 km/h auf
einer gekrümmten Bahn. Der Ball erreicht den Schlagmann in 450 ms. Der
Schlagmann mag bis zu den letzten 200 ms warten (während der mit »1«
bezeichneten Zeitspanne), um zu versuchen, der Verlauf der Bewegung des
Balles zu bestimmen. Der Schlagmann muss vor den letzten 150 ms ent-
scheiden, ob er den Ball schlägt (die mit »2« bezeichnete Zeitspanne); die
150 ms sind die Mindestzeit, die erforderlich ist, um den motorischen Kor-
tex zu aktivieren, der eine neuronale Botschaft zu den Motorneuronen im
Rückenmark hinunterschickt, die die entsprechenden Muskeln in etwas 50
ms aktivieren; die tatsächliche Muskelkontraktionen, die zum Schwingen
des Schlägers führen, treten etwa 100 ms später auf.

Die Versuchspersonen saßen vor einer Tafel mit insgesamt fünf Knöpfen, wobei zwei dieser Knöpfe L1 und L2 zum Leuchten gebracht werden konnten. Bei jedem Versuch leuchtete zunächst der Knopf L1 eine Sekunde lang und dann leuchtete der Knopf L2 für eine Sekunde. Während der Zeit, in der L1 oder L2 leuchteten, wurde der Versuchsperson ein Reiz auf den sensorischen Thalamus verabreicht, der zufällig zwischen 0 und 750 ms lang andauerte. Danach erlosch das Licht und die Versuchsperson *musste* angeben, in welcher der beiden Leuchtperioden die Reizung stattgefunden hatte, d.h. sie musste sich entweder für L1 oder für L2 entscheiden. Und dann hatte sie einen der drei anderen Knöpfe #1, #2, #3 zu drücken: und zwar Knopf #1, wenn sie den Reiz gespürt hatte, wenn auch nur schwach; Knopf #2, wenn sie sich nicht sicher war, ob sie den Reiz gespürt hatte, oder wenn sie etwas anderes empfunden hatte; und Knopf #3, wenn sie gar nichts gespürt hatte und bei der Wahl von L1 oder L2 bloß raten konnte.²²⁸

Für Libet waren die Resultate dieses Experiments »...sehr aufschlussreich«²²⁹: Wenn der Reiz 0 ms dauerte, also überhaupt keine Reizung stattfand, lag die richtige Wahl von L1 und L2 bei ungefähr fünfzig Prozent und damit genau so, »...wie man es erwarten würde, wenn ausschließlich der Zufall eine Rolle spielt.«²³⁰ Alle Reize, die über 500 ms dauerten, konnten bewusst wahrgenommen werden und resultierten entsprechend in der korrekten Auswahl von L1 oder L2. Interessant waren die Ergebnisse für jene Reize, die unter 500 ms lagen und keine bewusste Empfindung auslösten: die Versuchspersonen hatten Knopf #3 gedrückt und damit angegeben, dass sie bei der Wahl von L1 oder L2 ausschließlich geraten hatten. Trotzdem lagen die richtigen Antworten weit über dem statistischen Zufallsniveau von fünfzig Prozent, was für Libet nichts anderes bedeutete, als dass sie »...den Reiz [detektierten] und ... die richtige Antwort *ohne ein Bewusstsein* irgendeiner Wirkung des Reizes [gaben].«²³¹

Die von Helmholtz veranschlagten 100 ms, die notwendig waren, bis das menschliche Gehirn auf einen Reiz reagierte, waren also keineswegs fehlerhaft, gaben aber im Gegensatz zu Libet's halber Sekunde nicht die erforderliche Zeit bewusster, sondern unbewusster Reaktionen an. »Wir haben festgestellt,...« so Libet,

²²⁸ Vgl. Libet (2007), S. 135ff.

²²⁹ Libet (2007), S. 137.

²³⁰ Libet (2007), S. 137.

²³¹ Libet (2007), S. 137.

»...dass das Gehirn eine beträchtliche Zeit (etwa 0,5 sec) braucht, um das Bewusstsein eines sensorischen Signals ›hervorzubringen‹, während unbewusste Funktionen viel weniger Zeit zu erfordern scheinen (etwa 100 ms).«²³²

Wenn die Bewusstwerdung aber dermaßen lang dauerte, hieß das nun gleichzeitig, dass eine Menge von Handlungen unbewusst ausgeführt werden: So ist beispielsweise bekannt, dass ein Autofahrer, dem ein Kind vor das fahrende Fahrzeug springt, »...binnen 150 ms nach dem Auftauchen des Jungen auf die Bremse ... treten«²³³ kann. Die meisten schnellen Verhaltensreaktionen im Sport, wie beispielsweise das Schlagen eines Baseballs, werden ebenfalls unbewusst ausgeführt.²³⁴ Aber auch das Sprechen funktioniert zu einem Großteil unbewusst. Denn würde man versuchen, »...sich jedes Wortes bewusst zu werden, bevor man es ausspricht,...« erklärt Libet, so würde »...der Redefluss...« ins Stocken geraten, »...langsam und zögerlich«²³⁵ sein. Dasselbe gelte auch für das Spielen von Musikinstrumenten, wie etwa Klavier, wo die Tasten oft so schnell angeschlagen werden, dass es unmöglich ist, sich der Bewegung jedes einzelnen Fingers bewusst zu werden - außer man nimmt eine merkliche Verzögerung in Kauf.²³⁶ All »diese Handlung[en]...«, so Libet, sind aber »...kein[e] einfache[n] Rückenmarksreflex[e]...«, sondern stellen »...ziemlich komplexe geistige Funktion[en]...« dar: sie »...setz[en] das Erkennen der Art des Signals voraus ... und eine Entscheidung zum Handeln...«²³⁷. Man könne »...die unbewusste[n] Prozesse...« daher durchwegs »...als ›geistige Funktionen‹ betrachte[n], als Phänomene, die mit den bewussten geistigen Funktionen verwandt sind, denen jedoch das zusätzliche Phänomen der Bewusstheit fehlt.«²³⁸ Oder anders ausgedrückt: qualitativ sind bewusstes und unbewusstes Denken dasselbe und »...unterscheiden sich...« nur »...durch die Gegenwart von Bewusstsein bei ... Erstere[m] und die Abwesenheit von Bewusstsein bei ... Letzere[m]«²³⁹; quantitativ können unbewusste geistige Funktionen hingegen fünfmal so schnell wie bewusste Denkprozesse realisiert werden. »Das bedeutet,..« so Libet,

²³² Libet (2007), S. 134.

²³³ Libet (2007), S. 122.

²³⁴ Vgl. Libet (2007), S. 144ff.

²³⁵ Libet (2007), S. 142.

²³⁶ Vgl. Libet (2007), S. 143.

²³⁷ Libet (2007), S. 123.

²³⁸ Libet (2007), S. 133.

²³⁹ Libet (2007), S. 133f.

»...dass die Folge unbewusster Prozesse, die an der Lösung eines Problems beteiligt sind, rasch ablaufen kann, so dass ein kurzer Prozess auf einen anderen folgt. Diese Schnelligkeit macht offenbar das unbewusste Denken sehr effektiv. Es besteht aus kurz dauernden Elementen unbewussten Denkens, die dahinsausen, um eine Reihe schwieriger Schritte bei einem komplexen Problem zu vollziehen. Wenn im Gegensatz dazu eine Person erst dann den nächsten Schritt tun würde, wenn das Bewusstsein dieses Schrittes in einer Gedankenfolge erscheint, würde der ganze Prozess um etwa den Faktor fünf verlangsamt werden, und bewusste Gedanken und resultierende Handlungsentscheidungen würden zu einer schwerfälligen Angelegenheit werden.«²⁴⁰

Waren geistige Tätigkeiten bisher an das bewusste Denken geknüpft, so werden sie nun von unbewussten Prozessen realisiert, deren großer Vorteil es ist, komplexe Probleme nicht nur viel schneller, sondern häufig auch »...auf kreativer Weise als bei bewussten Funktionen...«²⁴¹ zu lösen. Libet verweist auf den Mathematiker Henri Poincaré: von seinen Aufzeichnungen wissen wir, dass er sich des Längeren mit einem schwierigen mathematischen Problem herumgeschlagen hatte. Wie sehr er darüber aber auch nachdachte, er konnte zu keiner Lösung kommen. Später allerdings, als er die Suche danach schon längst aufgegeben hatte, tauchte die vollständige Lösung plötzlich auf. Für Libet ein Beweis, dass »eine Menge unbewusstes, aber doch kreatives Denken ... vor sich [gegangen war], um diese Lösung hervorzubringen.«²⁴² »Man könnte sogar hinzufügen,...« so Libet, dass im Allgemeinen »...alle kreativen Prozesse in Kunst, Wissenschaft und Mathematik...« von denjenigen vollbracht werden, »...die ihrem unbewussten Geist die Handlungskontrolle überlassen können, ohne dass der bewusste Geist interferiert.«²⁴³

3.3 Adaptives Unbewusstes

Die unbewusste Intelligenz, von der Libet spricht, wird heute als *adaptives Unbewusstes* bezeichnet. Mit diesem Begriff soll deutlich gemacht werden, dass sich die unbewussten geistigen Prozesse im Zuge der Evolution herausgebildet und den Erfordernissen der Umwelt angepasst haben. »Die Fähigkeit, unser Umfeld zu prüfen, ihm Eindeutigkeit zu verleihen, es zu interpretieren und rasche, unbewusste Verhaltensweisen einzuleiten, bietet einen Überlebensvorteil und wur-

²⁴⁰ Libet (2007), S. 146.

²⁴¹ Libet (2007), S. 133.

²⁴² Libet (2007), S. 128.

²⁴³ Libet (2007), S. 146.

de deshalb selektiert«²⁴⁴, erklärt Timothy D. Wilson, Professor für Psychologie an der Universität von Virginia. »Ständen uns diese unbewussten Prozesse nicht zur Verfügung, hätten wir große Schwierigkeiten, uns in der Welt zu orientieren.«²⁴⁵ Denn jede Sekunde liefern die Sinnesorgane 11 000 000 Bits an Informationen an das menschliche Gehirn, wovon aber nur rund 40 Bits das Bewusstsein erreichen.²⁴⁶

»In der Technik wäre es entsetzliche Verschwendung, ein System zu entwickeln, das über ein so unglaubliches Maß an sensorischer Genauigkeit verfügte, aber über eine derartig geringe Kapazität zur Nutzung der eintreffenden Informationen«²⁴⁷,

so Wilson. Wir können deshalb von »Glück« sprechen, dass ein »...Großteil dieser Informationen außerhalb unseres Bewusstseins«²⁴⁸ verarbeitet wird, so dass das *adaptive Unbewusste*, auch wenn der bewusste Geist gerade mit etwas anderem beschäftigt ist, auf drohende Gefahren beispielsweise dennoch rasch reagieren - im Falle eines vor das Auto rennenden Kindes also unverzüglich auf das Bremspedal treten kann. »Häufig ist die Intelligenz ohne bewusstes Denken am Werk«²⁴⁹, schreibt in diesem Sinne auch der Psychologe Gerd Gigerenzer, Direktor am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung in Berlin:

»Tatsächlich ist die Großhirnrinde, in der die Flamme des Bewusstseins leuchtet, ebenso angefüllt mit unbewussten Prozessen wie die älteren Teile unseres Gehirns. Es ist ein Irrtum anzunehmen, Intelligenz hänge nur mit Überlegung zusammen.«²⁵⁰

Das *adaptive Unbewusste* ist mittlerweile zu einem zentralen Untersuchungsgegenstand der modernen (Neuro-)Psychologie geworden und die Zahl der Publikationen auf diesem Gebiet in den letzten Jahren geradezu explosionsartig gestiegen. Dennoch ist die Frage, *wie* diese unbewussten Prozesse funktionieren, welche Mechanismen und Regeln bei der »intelligenten« Informationsverarbeitung und der Entscheidungsfindung zum Tragen kommen bis dato weitgehend ungeklärt. So sind beispielsweise die Prinzipien, durch die ein hoch fliegender

²⁴⁴ Wilson (2007), S. 42.

²⁴⁵ Wilson (2007), S. 42f.

²⁴⁶ Diese Zahl ergibt sich aus der Anzahl der Rezeptorzellen jedes Sinnesorgans sowie der Anzahl der Nervenfasern, die von jeder dieser Zellen zum Gehirn führt. Allein das menschliche Auge soll pro Sekunde mehr als 10 Millionen Signale empfangen und an das Gehirn weiterleiten. Vgl. Kast (2007), S. 74f sowie Wilson (2007), S. 43.

²⁴⁷ Wilson (2007), S. 43.

²⁴⁸ Wilson (2007), S. 43.

²⁴⁹ Gigerenzer (2008), S. 24f.

²⁵⁰ Gigerenzer (2008), S. 25.

Ball tatsächlich gefangen werden kann, nicht nur Profi-Baseballspielern ein Rätsel, sondern auch in der wissenschaftlichen Forschung umstritten: während der Biologe Richard Dawkins davon ausgeht, dass das Unbewusste eine Reihe von Differentialgleichungen löst, um die Flugbahn des Balles vorauszuberechnen, vertritt Gigerenzer die Auffassung, dass sich das adaptive Unbewusste dabei ausschließlich auf Heuristiken oder Faustregeln stützt.²⁵¹ Worüber sich die unterschiedlichen Theorien aber einig sind, ist folgendes:

1. dass unbewusste Prozesse *evolvierte Fähigkeiten* darstellen, die dem Menschen in seiner Entwicklungsgeschichte das Überleben gesichert haben.
2. dass das Unbewusste viel schneller als das Bewusstsein arbeitet und innerhalb *kürzester Zeit* (100 - 200 ms) komplexe Entscheidungen und Handlungen vollzieht.
3. dass die »intelligenten« Entscheidungen des Unbewussten dabei auf erstaunlich *wenig Informationen* beruhen oder anders formuliert: es dem adaptiven Unbewussten möglich ist, anhand eines kleinen Ausschnitts der Wirklichkeit - einer *Thin Slice of Time* - zu komplexen Einschätzungen und Handlungen zu gelangen.

Thin-Slicing

Der Begriff der *Thin Slice* wurde Anfang der 1990er von Ambady und Rosenthal in die psychologische Forschung eingeführt. In ihren Experimenten spielten sie Studenten drei Videoclips eines Dozenten vor, jeweils zehn Sekunden lang und ohne Ton. Anhand dieser kleinen Ausschnitte der Wirklichkeit sollten die Studenten beurteilen, wie kompetent, selbstbewusst, aktiv und nachsichtig der Professor ihrer Meinung nach war. Danach verglichen Ambady und Rosenthal die Schnelleinschätzungen mit den Bewertungen, die Studenten den Professoren am Ende eines Semesters gaben, und stellten fest, dass die Beurteilungen weitgehend übereinstimmten. Selbst als sie die Dauer der Clips auf fünf, später sogar auf nur zwei Sekunden reduzierten, wurden nahezu die gleichen Bewertungsergebnisse erzielt. Das heißt, dass ein Student, der ein Semester lang eine Lehrveranstaltung bei einem Dozenten besuchte, zu denselben Schlüssen kam wie ein Student, der den Professor nicht kannte und seine Einschätzung nur auf Basis einer *Thin Slice*

²⁵¹ Vgl. Gigerenzer (2008), S. 17 - 21.

of Time, also zwei Sekunden langen Videoclips fällt.²⁵² Ambady und Rosenthal sahen darin eine Bestätigung für die Zuverlässigkeit des unbewussten Urteilsprozess: nicht nur war es dem Unbewussten möglich, auf Basis weniger Informationen zu schnellen Spontan-Entscheidungen zu kommen, sondern seine Urteile waren auch zutreffend und korrekt - »...the findings...«, so die beiden Forscher, »...provide ... striking evidence for the accuracy of person perception.«²⁵³ Damit schienen die experimentellen Ergebnisse Ambadys und Rosenthals auch den evolutionären Ansatz zu bestätigen. Denn »natürlich müssen unbewusste Prozesse, um adaptive zu sein, die Welt zutreffend bewerten« so Wilson.

»Ein früher Primat, der Tiger für Streicheltiere und essbare Pflanzen für scheußlich und eklig gehalten hätte, wäre nicht lange am Leben geblieben. Organismen, die Gefahren und Chancen am raschesten wahrnehmen können, haben einen enormen Vorteil.«²⁵⁴

Kritiker warfen Ambady und Rosenthal allerdings vor, dass ihre Studie in Wirklichkeit gar kein Nachweis dafür war, dass das Unbewusste auf Basis weniger Informationen zu »richtigen« Urteilen kam. In ihren Experimente hatten sie schließlich bloß nachgewiesen, dass es eine Übereinstimmung der »subjektiven« Meinungen der Studenten über die Professoren gab. Die Frage, ob ein Dozent, der beispielsweise als »kompetent« eingeschätzt wurde, im Vergleich zu den anderen Professoren auch tatsächlich »kompetenter« war, ob also das unbewusst gefällte Urteil tatsächlich eine »korrekte« und »objektive« Beurteilung der Wirklichkeit war, konnte durch ihr Experiment gerade nicht geklärt werden.²⁵⁵

Doch die Lösung sollte nicht lange auf sich warten lassen: geraume Zeit später setzte sich der portugiesische Neurowissenschaftler Antonio Damasio mit derselben Frage erneut auseinander. In seinem mittlerweile berühmten Glücksspiel-Experiment, auch als *Iowa-Gambling-Task* bekannt, gab er jedem Teilnehmer ein Startkapital von 2000 Dollar und die Aufgabe, dieses durch geschicktes Ziehen von Karten im Laufe des Spiels zu vermehren. Dafür standen ihm insgesamt vier verschiedene Stapel von Karten zur Auswahl: zwei rote und zwei blaue. Mit jeder Karte, die er zog, konnte er entweder eine bestimmte Summe an Geld gewinnen oder verlieren. Was die Spieler dabei nicht wussten: die roten Karten waren äußerst riskant. Sie wiesen zwar hohe Gewinne aus (100 Dollar), doch im Fall eines Verlusts mussten die Teilnehmer eine extrem hohe Summe bezahlen (1.250 Dollar). Bei den blauen Karten waren die Gewinne hingegen nur halb so hoch (50

²⁵² Vgl. Ambady / Rosenthal (1993), Gladwell (2008), S. 18f sowie Traufetter (2009), S. 145f.

²⁵³ Ambady / Rosenthal (1993), S. 432.

²⁵⁴ Wilson (2007), S. 58f.

²⁵⁵ Vgl. Traufetter (2009), S. 146.

Dollar), dafür hielten sich aber auch die Verluste in Grenzen (250 Dollar). Langfristig gesehen, war es nur möglich Erfolg zu haben, indem man sich an die Karten des blauen Stapels hielt. Doch zu Beginn des Experiments hatten die Teilnehmer davon keine Ahnung und die Frage lautete: wie viele Karten waren nötig, bis sie dahinter kamen und das Spiel durchschauten?

Wie Damasio zeigen konnte, bemerkte ein Großteil der Teilnehmer ungefähr ab der fünfzigsten Karte, dass mit dem roten Stapel etwas nicht stimmte. Was genau mit dem roten Stapel nicht in Ordnung war, konnten sie sich zu diesem Zeitpunkt allerdings nicht erklären. Sie hatten nur eine gewisse Vermutung und begannen, den blauen Stapel zu favorisieren. Dann, nach weiteren dreißig Karten, hatten sie das Spiel durchschaut und konnten angeben, warum der blaue Stapel der einträglichere war. Das Interessante an Damasio's Experiment nun war, dass er Elektroden an die Handflächen der Teilnehmer angebracht hatte, die während des gesamten Spielverlaufs die Hautleitfähigkeit maßen. Diese war umso höher, je stärker die Schweißsekretion war. Weil die Schweißdrüsen an den Händen nicht nur auf steigende Außentemperaturen, sondern auch auf psychische Belastung reagierten, wurden sie von Damasio als Indikator für Stress und Nervosität gewertet. Dabei zeigten die Messergebnisse, dass die Teilnehmer bereits nach der zehnten Karte eine erhöhte Schweißbildung aufwiesen - also vierzig Karten bevor sie ahnten, dass mit den roten Karten etwas nicht stimmte, und siebzig Karten, bevor sie das Spiel bewusst durchschauten. Und wichtiger noch: dass die Spieler ab dem Zeitpunkt, als die ersten Stresssymptome gemessen wurden, auch tatsächlich begannen, ihr Verhalten zu ändern. Intuitiv vermieden die den roten Stapel und griffen immer häufiger zu den Karten des blauen Stapels.²⁵⁶

Nun schien kein Zweifel mehr zu bestehen: anhand eines kleinen Ausschnitts der Wirklichkeit, einer minimalen Informationsmenge von nur zehn Karten war es dem menschlichen Unbewussten tatsächlich möglich, zu einer »korrekten« Einschätzung der Wirklichkeit zu gelangen. Lange bevor das Bewusstsein das Spiel verstand oder auch nur eine Ahnung davon entwickelte, hatte das Unbewusste die Situation durchschaut und die Gefahr des roten Kartenstapels zutreffend erkannt. Wie viele Spieler Damasio auch an diesem Experiment teilnehmen ließ, ob Männer oder Frauen, Jugendliche oder Erwachsene, immer war der Befund derselbe: unbewusst hatten sie das Spiel bereits nach der zehnten Karte verstanden. Das Bewusstsein hingegen hinkte dieser Einschätzung immer hinterdrein und

²⁵⁶ Vgl. Bechara / Damasio / Damasio (2000), Gladwell (2008), S. 14ff, Kast (2007), S. 67 - 71 sowie Traufetter (2009), S. 63f.

benötigte achtmal soviel Informationen, also achtzig Karten, um den Mechanismus zu durchschauen.²⁵⁷

Unbewusster Zeitvorsprung

War das Unbewusste bei Sigmund Freud noch ein düsterer, mysteriöser Ort wilder Begierden und Erinnerungen, der »an die Titanen der Sage...« erinnerten, »...auf denen seit Urzeiten die schweren Gebirgsmassen lasten, die einst von den siegreichen Göttern auf sie gewälzt wurden...«²⁵⁸ und vor dem sich der bewusste Mensch so gut als möglich durch unzählige Abwehrmechanismen zu schützen hatte, so kehrte mit den neusten neuropsychologischen Forschungen das Unbewusste nun immer glanzvoller seine Vorteile hervor: es war unglaublich schnell - fünfmal so schnell als das Bewusstsein - und es konnte bereits auf Basis einer *Thin Slice of Time* zu diesen schnellen und korrekten Einschätzungen der Wirklichkeit gelangen. Dem Bewusstsein war es damit immer schon einen Schritt voraus. Was immer der Mensch tat, wie angestrengt er auch nachdachte, bewusst konnte er das Unbewusste doch niemals einholen. »The drama of the human condition...«, so resümiert Damasio dementsprechend,

»...comes solely from consciousness. Of course, consciousness and its revelations allow us to create a better life for self and others, but the price we pay for that better life is high. It is not just the price of risk and danger and pain. It is the price of *knowing* risk, danger, and pain.«²⁵⁹

Denn obwohl die unbewusst ablaufenden Prozesse im Menschen bereits nach der zehnten Karte zu dem Schluss gelangen, dass der rote Stapel »gefährlich« sei, so kann der Mensch diese Information in seinen bewussten Handeln dennoch nicht nutzen. »Wir [haben] keinen direkten Zugang zum adaptiven Unbewussten...«, so Wilson,

»...ganz gleich, wie sehr wir uns auch bemühen. Da die Evolution unseren Geist so eingerichtet hat, dass er weitgehend außerhalb des Bewusstseins operiert, und da unbewusste Verarbeitung untrennbar zur Architektur des Gehirns gehört, ist es ... nicht möglich, Zugang zu unbewussten Prozessen zu gewinnen.«²⁶⁰

²⁵⁷ Dieser Befund gilt für Teilnehmer, die keinerlei Schädigungen des Gehirns aufweisen. Vgl. Bechara / Damasio / Damasio (2000).

²⁵⁸ Freud (1925), S. 474.

²⁵⁹ Damasio (1999), S. 316.

²⁶⁰ Wilson (2007), S. 32.

Die einzige Möglichkeit für den Menschen, schneller als die bewusste Schlussfolgerung zu agieren, besteht darin, seinen Ahnungen oder seinen Bauchgefühlen zu vertrauen, die, wie Libet bereits wusste,

»...auf unbewussten und nicht auf bewussten geistigen Hintergründen oder Wahrnehmungen [beruhen].«²⁶¹

Und tatsächlich wird genau das von Wissenschaftlern, wie Journalisten in den unzähligen Ratgebern, die in den letzten fünf Jahren erschienen sind, empfohlen: denn dadurch soll der Mensch zumindest von der 80. Karte zu der 50. Karte »vorspringen« können und sich so seinen (monetären) Vorteil sichern.²⁶² Damit sind aber gleichzeitig die Grenzen des Bewusstseins erreicht. Ein weiterer Vorsprung bis zur zehnten Karte bleibt dem bewusst handelnden Menschen verwehrt. Doch wo die Fähigkeiten des Menschen enden, da setzen bekannterweise Medien an, da spannt sich das Reich der Maschinen auf, deren großer Vorteil es ist, gerade über kein Bewusstsein zu verfügen, so dass sie im Gegensatz zum Menschen immer schon darüber hinaus gehen können und nutzbar machen, was dem bewussten Geist notwendigerweise verschlossen bleibt.

3.4 Maschinelles Unbewusstes

Damit sind wir mit den Ausflug über die Neuropsychologie wieder bei der Bewegungswissenschaft und endlich auch den *smart surveillance* Technologien angelangt - bei der Realisierung der unbewussten Bewegungswahrnehmung in Maschinen. Denn dass das Erkennen menschlicher Bewegung keine bewusste, sondern eine unbewusste Fähigkeit des Menschen war, daran konnte nach den Arbeiten Johanssons und den neueren neuropsychologischen Befunden kein Zweifel mehr bestehen: erstens reichte bereits eine kleine Menge an Informationen, nämlich fünf einzelne voneinander isolierte Lichtpunkte aus, um zu einer korrekten Wahrnehmung menschlicher Bewegung zu gelangen. Zweitens war das Erkennen innerhalb von 100 bis 200 Millisekunde möglich - einer Zeitspanne, die wie Libet nachgewiesen hatte, definitiv unter der Bewusstseinschwelle von einer halben Sekunde lag. Und drittens schien sich auch die Annahme, dass es sich

²⁶¹ Libet (2007), S. 126.

²⁶² Vgl. dazu u.a.: Gladwell (2008); Gigerenzer (2008); Kast (2007); Jonah LEHRER: *Wie wir entscheiden. Das erfolgreiche Zusammenspiel von Kopf und Bauch*. München: Piper, 2009; Maja STORCH: *Das Geheimnis kluger Entscheidungen. Vom Bauchgefühl und Körpersignalen*. München: Piper, 2011; sowie Traufetter (2009).

bei der Wahrnehmung menschlicher Bewegung um eine evolvierte Fähigkeit handelte, zu bestätigen:

»Through evolution animals have been designed to be able to detect properties of the environment that are relevant to them. After all, their survival depends on doing that. [...] Perceiving something is always a question of perceiving what that something means to the animal.«²⁶³,

ist Johansson überzeugt. Und auch die aktuelle psychologische Wahrnehmungsforschung ist sich einig, dass

»die Fähigkeit, biologische Bewegung und damit andere Lebewesen schnell zu erkennen und adäquat auf sie zu reagieren, ... in hohem Grade überlebenswichtig [ist]. Auf andere Lebewesen muss unter Umständen mit Flucht oder Angriff reagiert werden. In beiden Fällen kommt es darauf an, dies so schnell wie möglich zu tun. Wenn es sich bei dem anderen Tier um einen Artgenossen handelt, sind oft komplexe soziale Verhaltensweisen gefragt. Dafür müssen Geschlecht, Alter, Gesundheit, sozialer Status und viele andere biologisch und sozial relevante Merkmale des Artgenossen richtig eingeschätzt werden. Die Bewegungen eines Lebewesens informieren nicht nur über dessen Handlungen, sondern auch über seine Identität.«²⁶⁴

So konnten James Cutting und Lynn Kozlowski im Anschluss an die Arbeiten Johanssons 1977 zeigen, dass Menschen auf Basis kurzer Filmsequenzen ein paar wenige sich bewegende Punkte nicht bloß als menschliche Bewegung identifizieren konnten, sondern darüber hinaus auch in der Lage waren (wenn auch nicht perfekt, so doch merklich über der statistischen Zufallswahrscheinlichkeit), das Geschlecht sowie die Identität der individuellen Personen festzustellen.²⁶⁵ Kurze Zeit später fanden Runeson und Frykholm heraus, dass es außerdem möglich war, anhand der *Point Light Displays* abzuschätzen, wie viel Gewicht von einer Person aufgehoben wurde, wobei sich die Beobachter nicht täuschen ließen, wenn jemand bloß vorgab, eine schwere Kiste zu heben, diese in Wirklichkeit aber leer war.²⁶⁶ Mather und West zeigten 1993, dass nicht nur menschliche, sondern auch tierische Bewegungen erkannt werden konnten; dass sich also anhand der Punktmuster Elefanten, Kamele, Hunde, Katzen, usw. identifizieren ließen.²⁶⁷ Und Dittrich wies nach, dass nicht nur einfache Gangbe-

²⁶³ Johansson / Hofsten / Jansson (1980), S. 40.

²⁶⁴ Troje (2003), S. 51.

²⁶⁵ Vgl. Cutting / Kozlowski (1977).

²⁶⁶ Vgl. Runeson / Frykholm (1981) sowie Runeson / Frykholm (1983).

²⁶⁷ Vgl. Mather / West (1993).

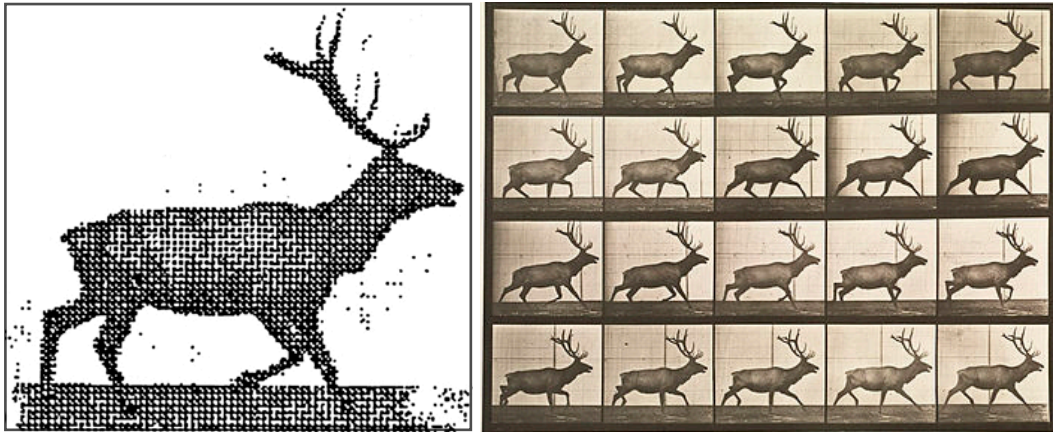


Abb. 56: Der Elch (links) wurde in dem Experiment von Mather und West verwendet. Das Bild ist Muybridges photographischen Aufnahmen (rechts) entnommen. Zu beachten ist, dass im Point-Light-Display nur mehr helle Punkte an den Hauptgelenken des Tieres sichtbar sind.

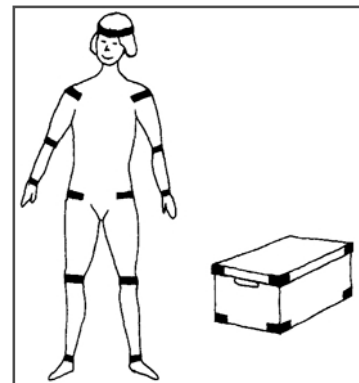


Abb. 57: Psychologische Wahrnehmungsstudie von Runeson und Frykholm zur Gewichtserkennung.

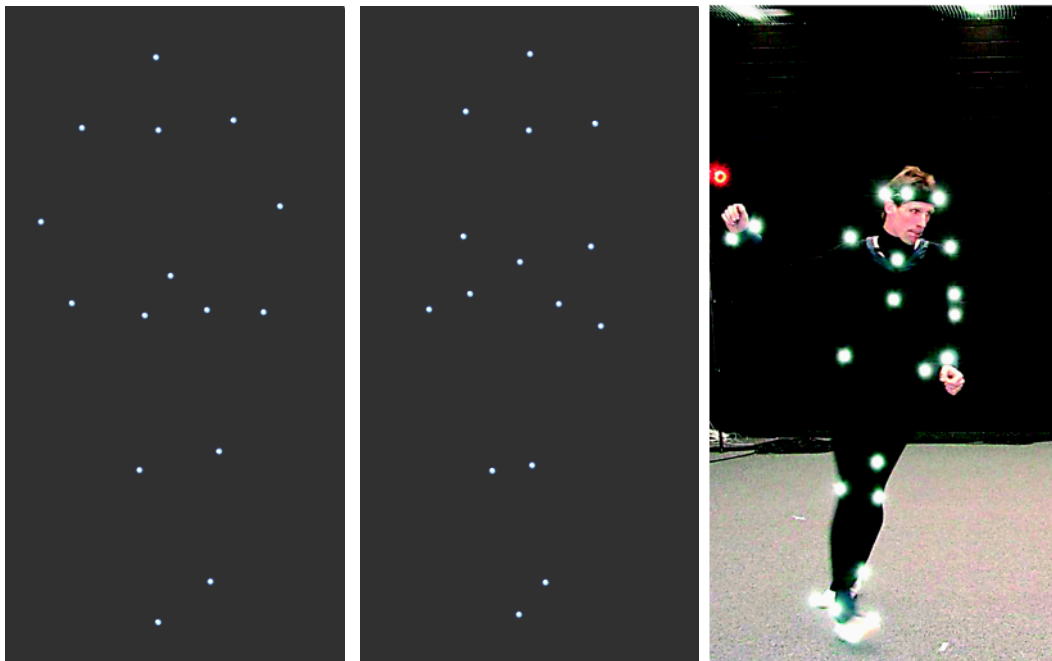


Abb. 58: Point-Light-Display eines »typischen« Mannes (links) und einer »typischen« Frau (Mitte). Die Bewegungspunkte werden auch heute noch über reflektierende Marker (rechts) gewonnen.

wegungen, sondern auch komplexere Aktionen wie Tanzen, Boxen oder das Schlagen mit einem Hammer korrekt wahrgenommen wurden.²⁶⁸

Alle drei Kriterien, die die Forscher dem adaptiven Unbewussten zusprachen, ließen sich also auch für die Wahrnehmung menschlicher Bewegung ausmachen: Auf einen Blick und auf Basis einer *Thin Slice of Time* war es den Beobachtern möglich, unbewusst eine Menge an überlebensnotwendigen Informationen allein aus den Bewegungsmustern zu extrahieren: Sexualpartner konnten erkannt, Artgenossen von gefährlichen Tieren, Freunde von Fremden und echte von vorgetäuschten Handlungen unterschieden werden.

Kampf ums Überleben

Dass die spontanen Wahrnehmungsurteile nicht nur einen evolutionären Vorteil, sondern vor allem auch einen polizeilich-militärischen Sicherheitsnutzen bringen würden, wurde rasch erkannt: Schon in den 1990er Jahren sah die *Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)*, die Forschungsabteilung des Verteidigungsministeriums der USA, darin ein geeignete Möglichkeit, um den neuen »asymmetrischen Bedrohungen«, mit denen man sich nach Ende des Kalten Krieges auf einmal konfrontiert sah, zu begegnen.

»During the cold war, the enemy was predictable, identifiable, and consistent. We knew the threats, the targets were clear«,

heißt es in einem Werbevideo der DARPA. Es werden Bilder vom Kalten Krieg und sowjetischen Soldaten gezeigt. Dann sieht man den Fall der Berliner Mauer und dazu hört man:

»But times change. Today, with the demise of the other superpower, America is in a different position: a position of vulnerability. When the enemy strikes, it isn't predictable. It isn't identifiable. It is anything but consistent.«

Es folgen Bilder von arabischen Männern und den zerstörten Khobar-Türmen in Saudi-Arabien.

»Times change. We are in a world of ›asymmetrics‹, and we need transformational solutions. The asymmetric threat is now reality of global life. How do we detect it? How do we predict it? How do we prevent it?«²⁶⁹

²⁶⁸ Vgl. Dittrich (1993).

²⁶⁹ zit. n. Gates (2004), S. 11.

Vorbei waren die Zeiten des Kalten Krieges, wo die Grenzen klar definiert waren und man wusste, wer Freund und wer Feind war. Das hatte der Bombenanschlag auf den amerikanischen Stützpunkt in Khobar am 25. Juni 1996, bei dem neunzehn Piloten der U.S. Air Force getötet wurden, eindrücklich gezeigt. Vollkommen überraschend hatten Mitglieder der saudischen Hezbollah einen Tanklastwagen mit 1500 - 2500 Kilogramm Sprengstoff bestückt vor dem Wohnkomplex in die Luft gejagt. Einen großen und eindeutig festgelegte Feind gab es nicht mehr. Er hatte sich in einen losen und unbestimmten Haufen nicht oder nur schwer identifizierbarer Einzelindividuen aufgelöst - in eine Menge kleiner Feinde, die plötzlich und unvorhersehbar, wie aus dem Nichts auftauchten und von nun an eines der höchsten sicherheitspolitischen Gefahren für die USA darstellten. Wollte man sie bekämpfen und sich aus der »Position der Verwundbarkeit« befreien, so war man sich im Pentagon einig, musste vor allem eins gelingen: der Feind musste wieder als solcher erkenn- und identifizierbar gemacht und damit in jene Eindeutigkeit wie zu Zeiten des Kalten Krieges transferiert werden. Denn nur so könne man in Zukunft derartige Anschläge verhindern.²⁷⁰

Zu diesem Zweck begann die DARPA 1999 ein Programm namens *Image Understanding for Force Protection (IUFP)* zu errichten²⁷¹ - »an aggressive research and development effort«²⁷², das auf die Entwicklung automatischer Überwachungstechnologien zielte, mit dem sich Individuen auf eine große Distanz von bis zu 150 Metern entdecken und identifizieren lassen sollten, und zwar:

»...at any time day or night, during all weather conditions, even with non-cooperative subjects, possibly disguised and amidst a group.«²⁷³

Mit einer Laufzeit von vier Jahren und einem Budget von rund fünfzig Millionen US-Dollar wurde das Programm im Jahr 2000 offiziell gestartet, wobei der Name nun in *Human Identification at a Distance* oder kurz: *HumanID* umbenannt wurde. Universitäten wie private Forschungseinrichtungen waren aufgerufen, sich an der Entwicklung dieser »smarten« Überwachungstechnologien zu beteiligen und die »...advanced human recognition capabilities...«²⁷⁴, also jene unbewussten Fähigkeiten der menschlichen Wahrnehmung in Maschinen zu realisieren. Denn

²⁷⁰ Vgl. Gates (2004), S. 11.

²⁷¹ Vgl. Gates (2006), S. 432.

²⁷² Dupont (1999).

²⁷³ Armour (2000).

²⁷⁴ URL: <http://web.archive.org/web/20020817002159/http://www.darpa.mil/IAO/HID.htm> [Stand: 30.12.2011].

gelänge es, die Intelligenz des Unbewussten automatisch verfügbar zu machen, dann könnten drohende Gefahren auf einen Blick erkannt, Freund und Feind voneinander unterschieden, kurz: das bisher Unvorhersehbare vorhersehbar gemacht werden. Man würde schneller sein, Zeit gewinnen und könnte in Zukunft an dem Punkt eingreifen, wo die Würfel noch nicht gefallen und katastrophale Ereignisse noch zu verhindern sind.²⁷⁵ »These technologies...«, so heißt es demgemäß auf der Website des *HumanID*-Programms,

»...will provide critical early warning support for force protection and homeland defense against terrorist, criminal, and other human-based threats, and will prevent or decrease the success rate of such attacks against DoD operational facilities and installations.«²⁷⁶

²⁷⁵ Nach den Anschlägen vom 11. September 2001 wurde das *HumanID*-Projekt in das umstrittene *Total Information Awareness* oder kurz *TIA*-Programm eingegliedert, das von der *DARPA* Anfang 2002 gegründet und von dem ehemaligen US-Admiral John Poindexter geleitet wurde. Ziel dieses Programms war die Entwicklung eines Systems, mit dem möglichst alle verfügbaren Informationen über Menschen im In- und Ausland in einer riesigen, Petabyte großen Datenbank gesammelt, zusammengefügt und mit mächtigen Data-Mining-Programmen nach verdächtigen Mustern durchsucht werden sollten: angefangen von Telefongesprächen, E-Mails oder Kreditkartentransaktionen über ausgestellte Reisepässe und Visas bis hin zu erworbenen Flugtickets, Waffen und Chemikalien. Wie bei einem Orakel sollten im geplanten *TIA*-System Voraussagen und Zukunftsszenarien entwickelt werden, mit denen sich künftig terroristische Aktivitäten vorhersehen und rechtzeitig verhindern ließen. Dazu sollten neben dem *HumanID*-Projekt noch viele weitere Komponenten entwickelt und am Schluss zu einem einzigen, riesigen Überwachungssystem zusammengefügt werden - zum Beispiel das *GENISYS*-Programm zur Errichtung riesiger Datenbestände aus allen möglichen Quellen, das *EELD*-Programm zur automatischen Durchsuchung von Datenquellen, das *TIDES*-Programm zur Entwicklung eines Sprachverarbeitungssystems, mit dem es möglich sein sollte, fremdsprachige Text- und Audiodokumente gezielt und ohne Kenntnis der entsprechenden Sprache auf Informationen zu durchsuchen [für eine detaillierte Beschreibung aller Programme siehe u.a. *DARPA* (2003)]. Dass der Anspruch der *Total Information Awareness* von Anfang an totalitär gedacht war, zeigt nicht nur der Name des Programms, sondern spiegelt sich auch im anfänglichen Logo des mit der Durchführung des Programms betrauten *Information Awareness Office* (*IAO*) wider, das unter dem Motto »scientia est potentia« eine Pyramide zeigt, an deren Spitze sich ein quasi allsehendes, göttliches Auge befindet, dessen Sehstrahlen – in einer globalisierten Version des Bentham'schen Panopticons sozusagen – die Erdkugel abtasten. Nach vielfacher Kritik am Logo, wurde es im Dezember 2002 von der Homepage des *IAO* entfernt. Zudem änderte die *DARPA* im Mai 2003 den Namen des *TIA*-Programms auf »*Terrorist Information Awareness*«, um damit deutlich zu machen, dass dieses Programm nicht zur Bespitzelung unbescholtener amerikanischer Bürger gedacht sei, sondern sich allein auf das Aufspüren von Terroristen konzentriere. Trotzdem wurde die Finanzierung des *TIA*-Programms sowie des *IAOs* Ende 2003 vom US-Kongress eingestellt. Teilweise sollen die einzelnen *TIA*-Programme aber unter anderem Namen und anderer Finanzierung fortgeführt worden sein. (vgl. http://en.wikipedia.org/wiki/Total_Information_Awareness [Stand: 15.05.2009]).

²⁷⁶ URL: <http://web.archive.org/web/20030806200742/http://www.darpa.mil/iao/HID.htm> [Stand: 16.12.2008].

Abb. 59: Asymmetrische Bedrohung nach Ende des Kalten Krieges.



Abb. 60: Überblick über das HumanID-Programm der DARPA.

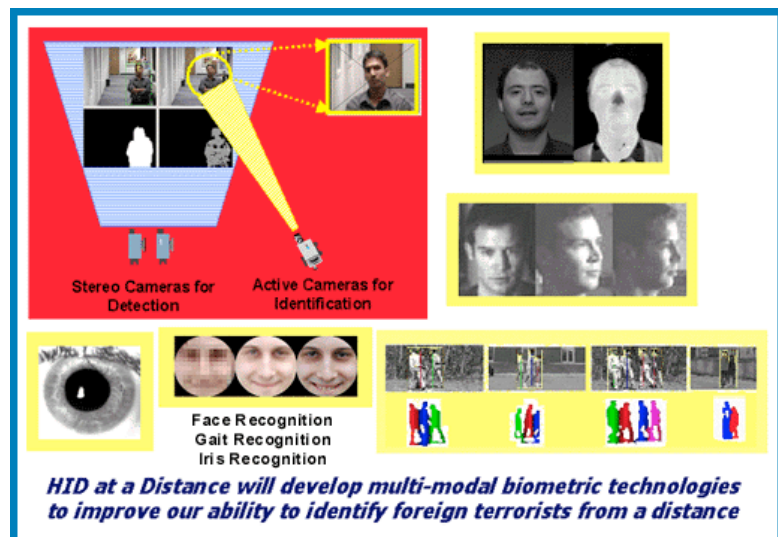


Abb. 61: Offizielles Logo des Information Awareness Office. Es wurde zum Zweck der Durchführung des Total Information Awareness Programms gegründet, das unter anderem auch das HumanID-Projekt beinhaltet.

Automatic Gait Recognition

Ein Verfahren, das im Zuge des *HumanID*-Projekts dabei entwickelt werden sollte, war die *Automatic Gait Recognition* bzw. die *Automatische Gangerkennung* - ein biometrisches Identifizierungsverfahren, das ausgehend von den psychologischen Wahrnehmungsstudien der 1970er Jahre die unbewusste, menschliche Fähigkeit, andere Personen anhand ihres Gangs zu identifizieren, in Computern nachzubilden versuchte, um so feindliche und gefährliche Personen erkennen zu können.²⁷⁷ Zwar hatten bisher nicht mehr als ein oder zwei Universitäten weltweit überhaupt an dieser Art der biometrischen Identifizierung geforscht, doch mit dem Start des *HumanID*-Programms und den zur Verfügung gestellten Forschungsgeldern begannen sich nun gleich mehrere Universitäten für dieses Gebiet zu interessieren - darunter beispielsweise das *Georgia Institute of Technology*, die *University of Maryland*, die *University of South Florida* sowie die *Carnegie Mellon University* in den USA, aber auch die *University of Southampton* in Großbritannien.²⁷⁸ Eine breite und umfassende Forschung im Bereich der *Automatic Gait Recognition* war die Folge - was ganz im Sinne der *DARPA* war, die große Hoffnungen in diese junge Technologie setzte. Schließlich sollte die *Automatische Gangerkennung* im Gegensatz zu anderen biometrischen Identifizierungsverfahren vor allem den Vorteil besitzen, Individuen aus einer großen Distanz und auf gering auflösenden Videobildern, also solchen Bildern, die vornehmlich aus Überwachungskameras stammen, zu erkennen. Dabei ist eine Kooperation seitens der zu identifizierenden Individuen, wie es beispielsweise bei der Abnahme von Fingerabdrücken, Retina- oder Iris-Scans vonnöten ist, nicht erforderlich, da sich der Gang ohne das Wissen der Person aus den Videobildern extrahieren und analysieren lässt. Für eine Identifizierung ist kein direkter Kontakt mit den Menschen notwendig. Das gilt zwar auch für die Gesichtserkennung, doch dieses Verfahren ist nicht immer anwendbar: einerseits liefern Überwachungsvideos oft keine klaren Einstellungen der Gesichter, andererseits können Personen bewusst diese Art der Identifikation umgehen, indem sie beispielsweise Gesichtsmasken oder Motorradhelme tragen. Was aber anscheinend nicht so leicht versteckt und verstellt werden kann, ist der Gang:

²⁷⁷ Daneben sollten auch noch andere biometrische Identifizierungsverfahren wie die Gesichts- oder Iris-Erkennung weiterentwickelt und verbessert werden und zusammen mit der *Automatic Gait Recognition* am Ende zu einem »...24/7 human identification system« zusammengeführt werden. Vgl. URL: <http://web.archive.org/web/20030806200742/http://www.darpa.mil/iao/HID.htm> [Stand: 16.12.2008].

²⁷⁸ Vgl. Nixon / Carter (2004a).

»Consider for example a robbery: the robber will need to make access either quickly, to minimize likelihood of capture, or without being obvious in order not to provoke attention. On escape, again the robber will either exit at speed, or in (apparent) leisure. The motion in both cases is natural, for the subject will either not want to attract attention or to move quickly.«²⁷⁹

Die *Automatic Gait Recognition* schien also wie geschaffen für das *HumanID*-Programm zu sein, versprach sie doch, die zwei von der *DARPA* geforderten Ziele der »real time«- und »at a distance«-Identifizierung zu erfüllen. Dabei bedeutete »real time«, dass die Identifizierung augenblicklich und ohne Zeitverzögerung erfolgen sollte, während »at a distance« die Erkennung des Feindes aus einer sicheren und möglichst großen Entfernung gewährleisten sollte. Interessanterweise war dabei das letztere Ziel, obwohl es sich zunächst als eine bloß räumliche Anforderung präsentierte, ebenso wie das erste zeitlich konzipiert, bedeutete es doch, dass der Feind, der schon von weitem als solcher erkannt wird, noch eine gewisse Zeit braucht, bis er zu nahe kommen und damit gefährlich werden kann. Die Differenz zwischen »real time« und »at a distance« sollte also einen Zeitraum eröffnen, in dem es zukünftig wieder möglich sein würde, rechtzeitig auf feindliche Angriffe zu reagieren. Eine Idee, die bereits im Jahr 2000 relevant war und deren tatsächliche Realisierung mit den Terroranschlägen vom 11. September 2001 umso dringlicher wurde.

Doch was passiert, wenn Bewegung nicht mehr von menschlichen Augen und unbewussten Prozessen, sondern von Kameras und Algorithmen wahrgenommen wird? Was »sehen« *smart surveillance* Technologien? Darauf soll das nächste Kapitel eine Antwort geben.

3.5 Maschinelles Sehen

Die *Automatic Gait Recognition* soll Videoüberwachung »intelligenter« (aus-) sehen lassen, weil sie die bisher »blinden« Kamera-Augen um unbewusste, menschliche Fähigkeiten der Bewegungswahrnehmung zu erweitern verspricht. Doch das ist alles andere als ein einfaches Unterfangen. Zwar haben die psychologischen Wahrnehmungsstudien gezeigt, dass es dem Menschen anhand von Bewegungsmustern möglich ist, menschliche Bewegung zu erkennen und die Identität der Personen festzustellen, doch *wie* diese unbewussten Wahrnehmungsprozesse funktionieren, nach welchen Kriterien und Mustern sie ablaufen, ist vollkommen unbekannt. Deshalb kann die *Automatic Gait Recognition* diese

²⁷⁹ Nixon / Carter / Cunado / Huang / Stevenage (1999), S. 231f.

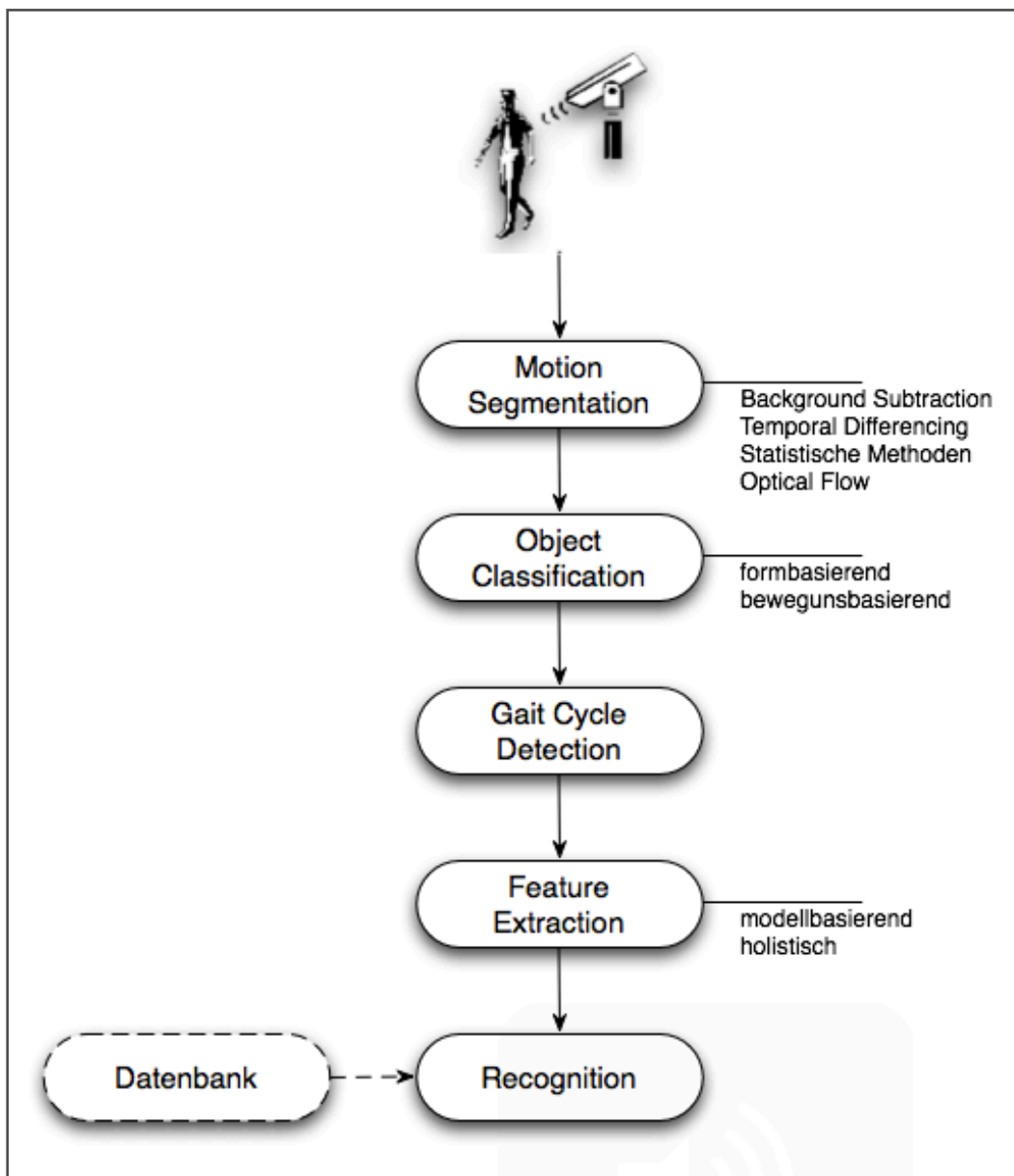


Abb. 62: Schematische Darstellung eines automatischen Gangerkennungssystems.

unbewussten Programme auch nicht einfach in Maschinen übertragen, sondern sie nur in einem *Try-and-Error* Verfahren anzunähern versuchen. Das erklärt, warum auf dem Gebiet der Gangerkennung eine Vielzahl verschiedener Verfahren und Methoden existieren.

Doch so unterschiedlich die entwickelten Algorithmen auch sein mögen: damit Kameras das Geschehen nicht mehr bloß »passiv« registrieren, sondern »aktiv« wahrnehmen können, ist in jedem Fall eine Einschränkung der aufgenommenen Bildinhalte auf »erkennungsdienliche« Informationen vonnöten. Dabei funktioniert der Reduktionsprozess im Allgemeinen nach demselben Prinzip:²⁸⁰ Erstens ist es notwendig, die gehenden Personen vom Rest des Bildes zu separieren. Dazu werden in einem als *Motion Segmentation* bezeichneten Prozess zunächst alle sich bewegenden Bildregionen bestimmt - und zwar unabhängig davon, ob es sich dabei um Menschen, Autos, Hunde oder sonst etwas handelt. Danach erfolgt die *Object Classification*, d.h. es wird entschieden, um welche Objekte es sich bei den bewegten Bildregionen handelt. Idealerweise sind am Ende dieser zwei Verfahrensschritte alle gehenden Menschen vom Rest des Bildes separiert, so dass nun mit der eigentlichen Gangerkennung begonnen werden kann: mit der *Gait Cycle Detection* wird der Gang zunächst in einzelne Zyklen unterteilt; dann folgt die *Feature Extraction*, bei der eine Reihe von gangspezifischen Merkmalen erhoben und zu einem Profil zusammengefügt werden; und schließlich der Prozess der *Recognition* selbst, bei dem die erhobenen Gangprofile mit bereits zuvor gespeicherten Mustern in einer Datenbank verglichen werden und die eigentliche biometrische Identifizierung erfolgt. Zum besseren Verständnis werden die einzelnen Schritte nachfolgend im Detail erklärt.

Motion Segmentation

Um Personen an ihrem Gang zu erkennen, werden üblicherweise zunächst einmal alle sich bewegenden Regionen in einer Videosequenz bestimmt. Dieser Prozess kann dabei auf mehrere Arten erreicht werden, wobei im Folgenden vier der konventionellsten Methoden vorgestellt werden:²⁸¹

(a) Background Subtraction

Eines der am häufigsten eingesetzten Verfahren stellt die sog. *Background Subtraction* dar. Wie es der Name bereits sagt, wird bei dieser Methode von jedem Bild der Hintergrund eliminiert, so dass nur mehr die sich im Vordergrund befindli-

²⁸⁰ Vgl. Boulgouris / Hatzinakos / Plataniotis (2005), S. 80.

²⁸¹ Vgl. Wang / Hu / Tan (2003), S. 588f.

chen (bewegten) Objekte übrig und sichtbar bleiben. Nehmen wir einmal an, uns stünde eine Video, wie es exemplarisch in *Abb. 63* zu sehen ist, zur Verfügung. Betrachten wir es, dann stellen wir fest, dass, egal an welcher Stelle der Videoaufzeichnung wir uns gerade befinden, wir immer denselben Hintergrund sehen. Das einzige, was sich von Bild zu Bild verändert, ist die Position des im Vordergrund vorübergehenden Menschen. Wenn wir nun für einen Augenblick die Wiedergabe anhalten und uns von diesem Standbild den stets gleichbleibenden Hintergrund wegdenken, dann ist es eben genau dieser vorübergehende Mensch, der übrig bleibt.

Nach demselben Prinzip funktioniert die Background Subtraction: Der Hintergrund wird als Referenzbild abgespeichert und nacheinander von jedem einzelnen Bild des Videostroms subtrahiert. Weil sich durch die Bildung der Farbdifferenz zwischen dem aktuellen und dem vorweg gespeicherten Hintergrundbild alle gleichfarbigen Pixel aufheben, bleiben im Ergebnisbild nur mehr jene Pixel übrig, die in beiden Bildern unterschiedlich sind. Oder anders formuliert: alle im Vordergrund befindlichen (bewegten) Objekte werden detektiert und vom Hintergrund segmentiert. Sichtbar bleibt nur die Silhouette des bewegten Objekts, die in ihrer grobkörnigen Pixelstruktur den ersten »unbrauchbaren« Photographien Muybridges ähnelt (*Abb. 64*).

Um zu vermeiden, dass durch kleiner Farbunterschiede, die zwischen Referenz- und aktuellem Bild bestehen können, der Hintergrund nicht fälschlicherweise als Vordergrund markiert wird, definiert man üblicherweise einen Schwellwert, so dass ein Pixel nur dann zum Vordergrund gerechnet wird, wenn er diesen Schwellwert überschreitet, d.h. wenn die Farbdifferenz zwischen den beiden Bildern ausreichend groß ist:

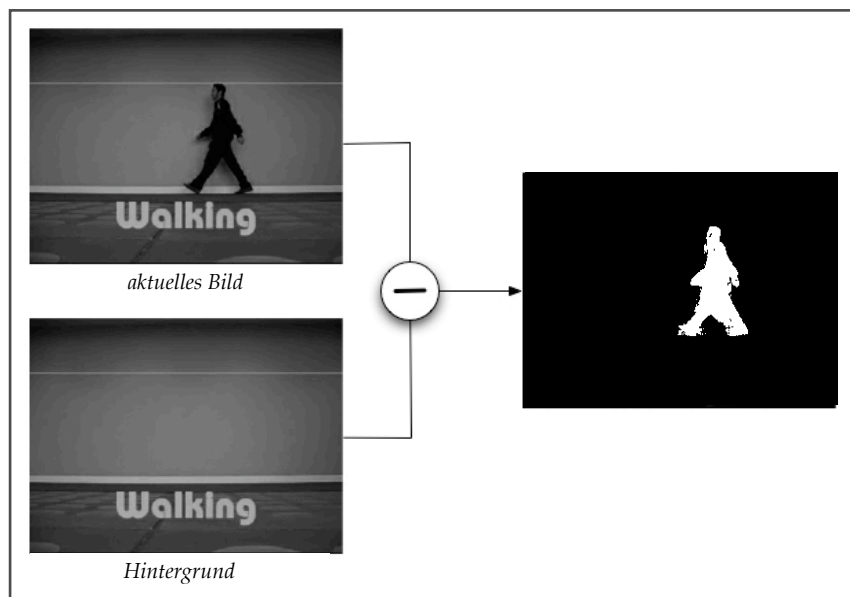
$$| \text{aktuellesBild}_i - \text{Hintergrund}_i | > \text{Schwellwert}$$

Doch während dieser Ansatz in den von Menschen geschaffenen und kontrollierbaren (Innen-)Räumen, wie beispielsweise einer U-Bahn Station, recht gut funktioniert, gestaltet sich dessen Anwendung im Freien ungemein schwieriger. Weil die Natur ihren eigenen Gesetzen folgt, wird der vermeintlich statische Bildhintergrund auf einmal selbst verschiedensten Veränderungen unterworfen: die im Laufe des Tages unterschiedliche Sonneneinstrahlung führt zu allmählichen Veränderungen des Beleuchtungsverhältnisses, eine vorüberziehende Wolke genügt, um den gesamten Bildhintergrund plötzlich zu verdunkeln, Regen, Schnee und Schatten tragen das ihrige dazu bei und die Blätter der Bäume sind - sehr zum Leidwesen der Programmierer - auch nicht statisch an den Ästen fi-

Abb. 63: Einzelbilder aus einer Videosequenz (Leserichtung von oben nach unten, von links nach rechts).



Abb. 64: Background Subtraction



xiert, sondern bewegen sich und fallen herab, sobald der Wind an ihnen rüttelt. Damit die *Background Subtraction* unter diesen Umständen überhaupt anwendbar ist, (damit also beispielsweise im Falle von sich verändernden Beleuchtungsverhältnissen nicht der gesamte Bildhintergrund fälschlicherweise als Vordergrund erkannt wird), muss der abgespeicherte Referenzhintergrund laufend an die sich verändernden Bedingungen angepasst werden. Das ist allerdings einfacher gesagt, als getan und so unterscheiden sich die verschiedenen bis dato entwickelten Algorithmen gerade dadurch voneinander, wie gut sie auf solche dynamischen Veränderungen des Hintergrunds reagieren können.²⁸²

(b) Temporal Differencing

In ähnlicher Weise wie die *Background Subtraction* funktioniert das sog. *Temporal Differencing*, kommt im Gegensatz zu diesem allerdings ohne explizites Hintergrundmodell aus. Anstatt vom aktuell betrachteten Einzelbild einen abgespeicherten Referenzhintergrund zu subtrahieren, wird bei diesem Ansatz das davor liegende Einzelbild des Videostroms abgezogen:

$$| \text{aktuellesBild}_i - \text{vorhergehendesBild}_i | > \text{Schwellwert}$$

Wie bei der *Background Subtraction* wird ein Pixel dann als Vordergrund bzw. bewegt klassifiziert, wenn die berechnete Pixeldifferenz zwischen den aufeinanderfolgenden Einzelbildern einen zuvor definierten Schwellwert übersteigt. Der Vorteil des *Temporal Differencing* liegt darin, dass es sich sehr leicht an Veränderungen anpasst, hat aber den gravierenden Nachteil, dass die Erkennung der gesamten sich bewegenden Vordergrundobjekte relativ schlecht funktioniert, da oft nur die Konturen detektiert werden und Löcher in den Objekten entstehen (*Abb. 65*).²⁸³

(c) Statistische Methoden

Ebenfalls inspiriert von den eben vorgestellten Ansätzen der *Background Subtraction*, sind die sog. *statistischen Methoden*, die sich die Charakteristika von individuellen Pixeln oder Pixelblöcken zunutze machen, um damit statistische Hintergrundmodelle zu konstruieren. Das hat den Vorteil, dass der Hintergrund sich einerseits relativ leicht und dynamisch an verschiedenste Veränderungen anpas-

²⁸² Vgl. Wang / Hu / Tan (2003), S. 588.

²⁸³ Vgl. Wang / Hu / Tan (2003), S. 589.

Abb. 65: Temporal Differencing.

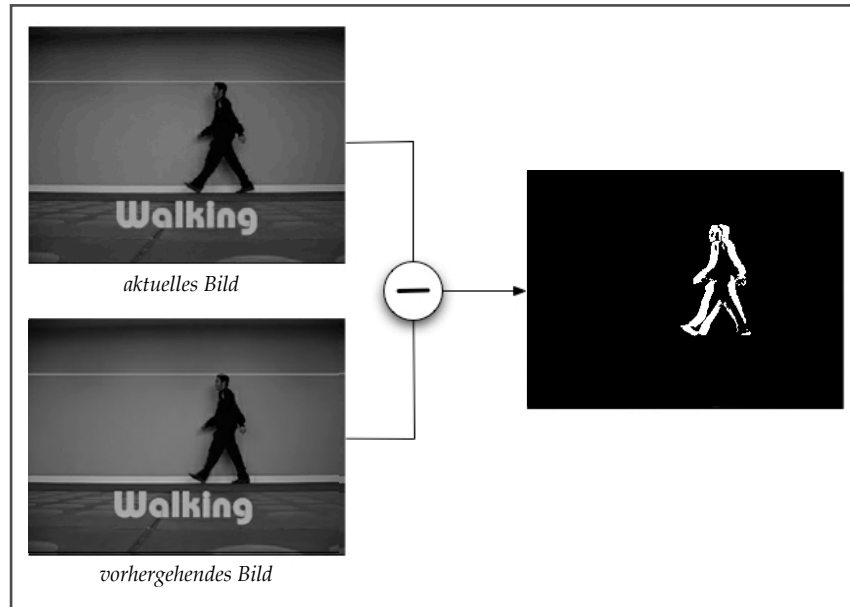


Abb. 66: Illustration des Optischen Flusses.

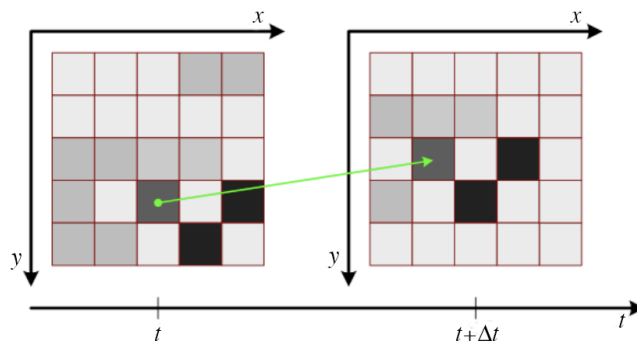
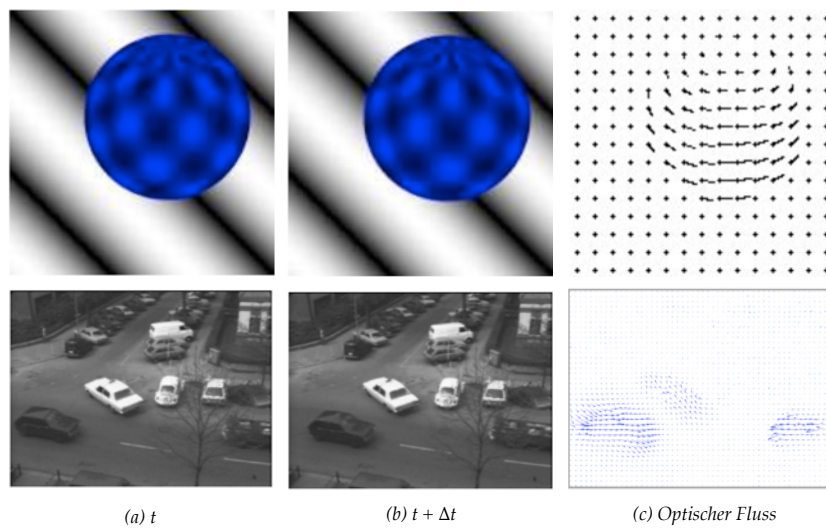


Abb. 67: Berechneter Optischer Fluss.



sen lässt und andererseits relativ robust gegenüber Rauschen, Schatten und sich verändernden Beleuchtungsverhältnisse ist. Genau wie bei der *Background Subtraction* werden die Bilder einer Videosequenz nacheinander, Pixel-für-Pixel verarbeitet, wobei aber die Klassifikation, ob ein Pixel zum Vorder- oder Hintergrund gerechnet wird, jetzt auf dem Vergleich der Statistik des individuellen Pixels mit der des Hintergrundmodells basiert.²⁸⁴

Zum besseren Verständnis möchte ich an dieser Stelle, das von Haritaoglu, Harwood und Davis entwickelte W^4 -System, kurz für »Who? When? Where? What?«²⁸⁵, zur »real-time surveillance of people and activities«²⁸⁶ anführen, bei dem ein statistisches Hintergrundmodell zum Einsatz gelangt, das darin besteht, dass jedes Pixel dieses Referenzhintergrundes durch drei Werte repräsentiert wird, nämlich dem maximalen und minimalen Intensitätswert (M bzw. N) sowie der maximalen Intensitätsdifferenz (D), die zwischen aufeinanderfolgenden Einzelbildern während einer Trainingsphase beobachtet wurde. Jedes Pixel x eines aktuellen Einzelbildes I wird mit dem an derselben Position liegenden Pixel des Referenzhintergrundes verglichen und dann als Vordergrund klassifiziert, wenn

$$|M(x) - I(x)| > D(x) \quad \text{oder} \quad |N(x) - I(x)| > D(x)$$

Oder anders formuliert: wenn die Differenz zwischen dem aktuellen Pixel $I(x)$ und dem zuvor abgespeicherten Maximum $M(x)$ oder Minimum $N(x)$ die berechnete maximale Intensitätsdifferenz $D(x)$ übersteigt.²⁸⁷

(d) Optical Flow

Gänzlich anders als die bis jetzt beschriebenen Verfahren der *Motion Segmentation* funktioniert die Bewegungserkennung mittels dem sog. *Optischen Fluss* (engl. *Optical Flow*). Das Konzept dafür stammt ursprünglich aus der Hydrodynamik, jenem Teilgebiet der Physik, das den Strömungsverlauf von Flüssigkeiten mathematisch zu fassen versucht. Dabei basiert die Modellierung dieses dynamischen Prozesses auf der Annahme, dass sich jede Flüssigkeit aus einer Menge kleinster Partikel zusammensetzt, die im Laufe der Zeit lediglich ihre Position verändern können, in ihrer Gesamtzahl aber immer konstant bleiben. Überträgt man dieses Konzept auf Bildsequenzen, so folgt daraus, dass sich die Bilder aus

²⁸⁴ Vgl. Wang / Hu / Tan (2003), S. 588f.

²⁸⁵ Haritaoglu / Harwood / Davis (1998).

²⁸⁶ Haritaoglu / Harwood / Davis (2000).

²⁸⁷ Vgl. Haritaoglu / Harwood / Davis (1998), S. 2.

einer Menge von Pixeln zusammensetzen, die alle einen bestimmten Intensitätswert besitzen und sich innerhalb der Bildebene mobil bewegen können. Wie bei der Hydrodynamik wird ein »Fluss« von Pixeln angenommen, deren Intensitätswert über die gesamte Zeit immer konstant bleibt, allerdings von Bild zu Bild seine Position verändern kann. Zu jedem Pixel $u = (x, y)^T$ eines Einzelbildes I_t , aufgenommen zum Zeitpunkt t , existiert also im nachfolgenden Bild $I_{t+\Delta t}$ ein korrespondierendes Pixel $u' = (x', y')^T$ mit genau demselben Grauwert, das lediglich um einen kleinen Betrag $\Delta u = (\Delta x, \Delta y)^T$ in der Position verschoben ist, so dass $u' = (x+\Delta x, y+\Delta y)^T$.²⁸⁸

Hierzu ein einfaches Beispiel: *Abb. 66* zeigt zwei Bildausschnitte, einen zum Zeitpunkt t und einen zum Zeitpunkt $t+\Delta t$. Wie man sieht, hat zwischen den beiden Ausschnitten eine Verschiebung der Grauwertstruktur stattgefunden, d.h. die Pixel mit ihren konstanten Intensitätswerten haben im ersten Bild zum Zeitpunkt t eine andere Position als im darauf folgenden Bild zum Zeitpunkt $t+\Delta t$. Um nun den *Optischen Fluss* für das dunkelgraue Pixel im ersten Bild zu bestimmen, muss es mit den Pixeln im zweiten verglichen werden. Sobald ein Pixel mit demselben Grauwert gefunden wird, ist es möglich, den *Verschiebungsvektor* (engl. *displacement vector*), der sich aus der Differenz der beiden Pixelpositionen ergibt, zu bestimmen. In diesem Fall beträgt die Verschiebung in x-Richtung $\Delta x = -1$ und in y-Richtung ebenfalls $\Delta y = -1$; der gesuchte Verschiebungsvektor ist demnach $\Delta u = (-1, -1)^T$. Wenn man nun für jedes einzelne Pixel im Bild zum Zeitpunkt t den Verschiebungsvektor zum korrespondierenden Pixel im nächsten Bild zum Zeitpunkt $t+\Delta t$ bestimmt, so erhält man das sog. *Verschiebungsvektorfeld* (engl. *displacement vector field*) bzw. den *Optischen Fluss*, der eigentlich nichts anderes beschreibt, als wie man ein Bild zum Zeitpunkt t verändern oder besser: pixelweise verschieben muss, um das Bild zum Zeitpunkt $t+\Delta t$ zu erhalten.

In *Abb. 67* sind jeweils zwei Bilder und das dazugehörige *Optische Flussfeld* angezeigt, wobei die Pfeile den Grauwertfluss nach Richtung und Betrag darstellen und nur dann eingezeichnet sind, wenn eine Verschiebung zwischen den Bildern stattgefunden hat.

Idealerweise sollte der *Optische Fluss* der tatsächlichen Bewegung sehr nahe kommen, was aber oft nicht der Fall ist, da unter realen Umständen meist nicht von konstanten Helligkeitsverhältnissen ausgegangen werden kann. Veränderungen der Beleuchtungsverhältnisse und der Richtung der Lichteinstrahlung können leicht zu falschen Ergebnissen führen und selbst wenn sichergestellt ist,

²⁸⁸ Vgl. Bräunl (2001), S. 145f.

dass alle Grauwertveränderungen allein auf Bewegungen (und nicht auf Helligkeitsveränderungen) zurückzuführen sind, muss der *Optische Fluss* nicht unbedingt die real statt gefundene Bewegung widerspiegeln.²⁸⁹ Das kann man sich leicht anhand eines gegen den Uhrzeiger rotierenden Zylinders mit schräg durchlaufenden schwarzen Streifen, wie er in *Abb. 68(a)* dargestellt ist, vor Augen führen: hier ist das eigentliche Bewegungsfeld eine Verschiebung der sichtbaren Oberflächenpunkte nach rechts (*Abb. 68(b)*), wobei der *Optische Fluss* aber eine Bewegung nach oben hin anzeigt (*Abb. 68(c)*). Trotz dieser Schwierigkeiten kann der *Optische Fluss* dennoch eine relativ gute Abschätzung der sich bewegenden Regionen einer Bildsequenz liefern und besitzt im Vergleich zu den drei vorher vorgestellten Verfahren der *Motion Segmentation* den großen Vorteil, dass die Bewegungserkennung nicht nur in Videosequenzen, die von statisch fixierten Kameras aufgenommen werden, möglich ist, sondern auch dann, wenn sich die Aufnahmekameras selbst bewegen. Der große Nachteil allerdings ist, dass die Berechnung des *Optischen Flusses* selbst sehr komplex und schwierig ist, so dass sich der Ansatz für Echtzeit-Anwendungen (ohne eigenes dafür spezialisierte Hardware) meist nicht verwenden lässt.²⁹⁰

Object Classification

Nachdem bei der *Motion Segmentation* im besten Fall alle (sich bewegenden) Regionen des Vordergrunds detektiert werden - und zwar unabhängig davon, ob es sich um Menschen, Autos, Hunde oder Kinderwagen handelt -, ist es notwendig, im nächsten Schritt diese extrahierten *Objekte* zu *klassifizieren* bzw. die Personen von allen anderen bewegten Bildregionen zu unterscheiden. Auch hierfür existieren eine Menge verschiedenster Verfahren, die sich im Groben aber in *form-* und *bewegungsbasierte Ansätze* unterteilen lassen:²⁹¹

(a) formbasierende Methoden

Bei den *formbasierten Methoden* werden, wie der Name bereits verrät, die segmentierten Pixelblöcke anhand ihrer spezifischen Form klassifiziert. Um beispielsweise Menschen von Autos zu unterscheiden, kann jeder Pixelblock mit einer sog. *Bounding Box* versehen werden, i.e. einem Rechteck, dessen Kantenlängen gerade so groß gewählt sind, dass sie den gesamten Pixelblock umfassen. Weil

²⁸⁹ Vgl. Bräunl (2001), S. 146f.

²⁹⁰ Zur genauen Berechnungsweise des *Optischen Flusses* siehe Bräunl (2001), S. 147 - 156 sowie Nixon / Aguado (2008), S. 168 - 177.

²⁹¹ Vgl. Wang / Hu / Tan (2003), S. 589f.

Abb. 68: Barber's Pole.

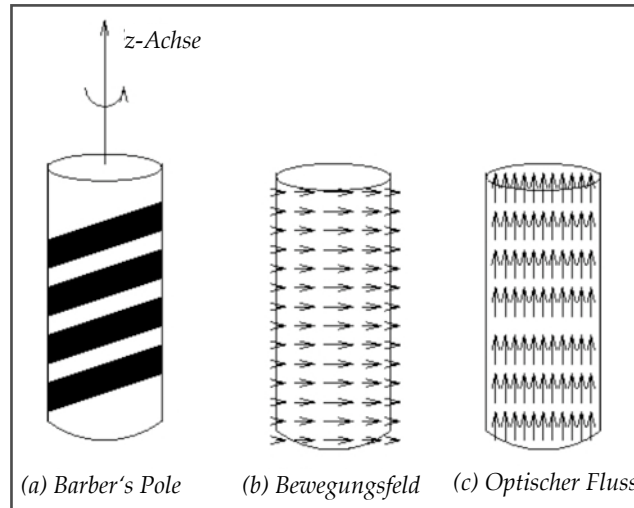


Abb. 69: Bounding Box.

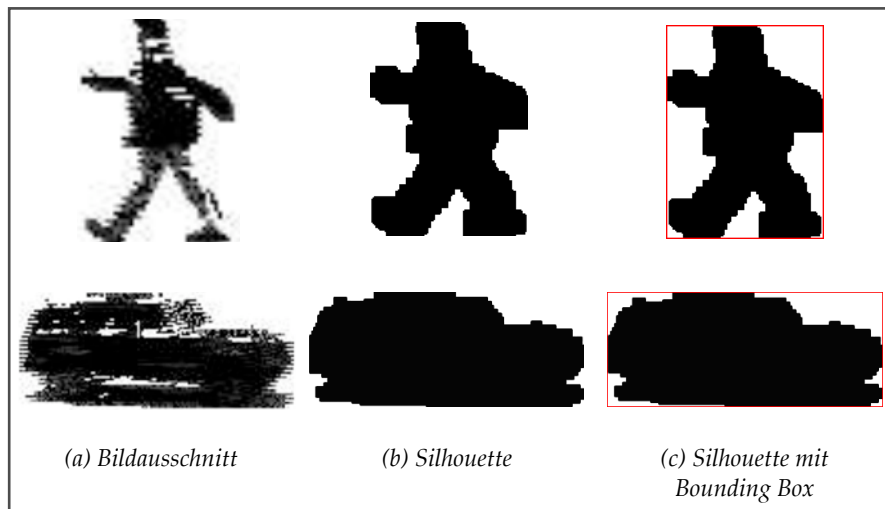
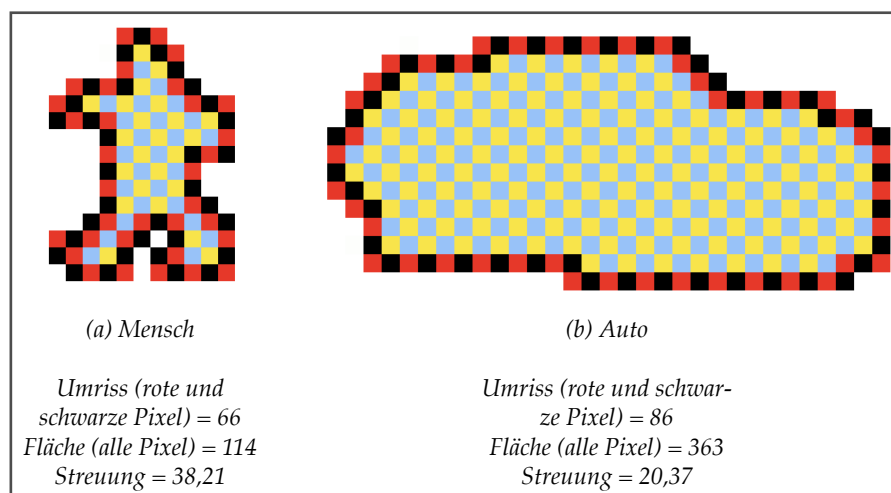


Abb. 70: Berechnung der Streuung.



Menschen generell schmal und hoch, Autos hingegen eher lang und niedrig sind, kann anhand des Seitenverhältnisses der *Bounding Box* entschieden werden, um welches der beiden Objekte es sich bei den segmentierten Pixeln handelt. Das ist, zugegebenermaßen, eine sehr einfache Variante und tatsächlich gelangen meist etwas kompliziertere Verfahren zum Einsatz: so zum Beispiel das von Lipton, Fuiyoshi und Raju entwickelte Klassifikationsschema.²⁹² Hier wird für jeden segmentierten Pixelblock eine Streuung bestimmt, die aus dem Umriss und der Fläche des segmentierten Objektes wie folgt berechnet wird:

$$\text{Streuung} = \text{Umriss}^2 / \text{Fläche}$$

Weil Menschen im Vergleich zu Autos erstens generell kleiner sind und zweitens eine komplexere Form besitzen, haben sie eine höhere Streuung als Autos und können so relativ leicht voneinander unterschieden werden (*Abb. 69 und 70*).

(b) bewegungsbasierende Methoden

Bei den *bewegungsbasierten Ansätzen* erfolgt die Klassifikation der segmentierten Objekte auf Basis ihrer charakteristischen Art der Fortbewegung. Bleiben wir beim Beispiel der Unterscheidung von Menschen und Autos: während sich Lebewesen generell in einer von außen beobachtbaren periodischen Art und Weise fortbewegen - der Mensch setzt beim Gehen abwechselnd einen Fuß vor den anderen und schwingt mit den Armen vor und zurück -, ist dies bei Autos, deren periodische Kolbenbewegungen ja allesamt unter der Karosserie verschwinden, nicht der Fall. Dieser Umstand lässt sich nun gut als Unterscheidungskriterium heranziehen: so beispielsweise in dem ebenfalls von Lipton entwickelten Algorithmus, der unter Verwendung des Optischen Flusses zu einer bewegungsbasierten Klassifikation der segmentierten Bildregionen kommt.²⁹³ Dazu werden die Einzelbilder der Videosequenz nacheinander verarbeitet und Bild für Bild wird für jedes segmentierte Objekt die gesamte Verschiebung v_B zum darauf folgenden, nächsten Einzelbild berechnet. Zudem wird anschließend noch für jedes einzelne Pixel (x), das innerhalb dieser Objekte liegt, der *optische Fluss* $v(x)$ bestimmt. Zieht man nun von jedem Verschiebungsvektor $v(x)$ der einzelnen Pixel die gesamte Verschiebung v_B des dazugehörigen Objektes ab, so erhält man für jedes der Pixel den sog. *Residual Flow* bzw. *Restfluss* $v_R(x)$:

$$v_R(x) = v(x) - v_B$$

²⁹² Vgl. Lipton / Fujiyoshi / Raju (1998), S. 3f.

²⁹³ Vgl. Lipton (1999).

Abb. 71: Beim Gehen folgt der Arm nicht immer der allgemeinen Bewegungsrichtung v_B , sondern schwingt beispielsweise zurück, was in diesem Bild durch den roten Pfeil angezeigt wird.

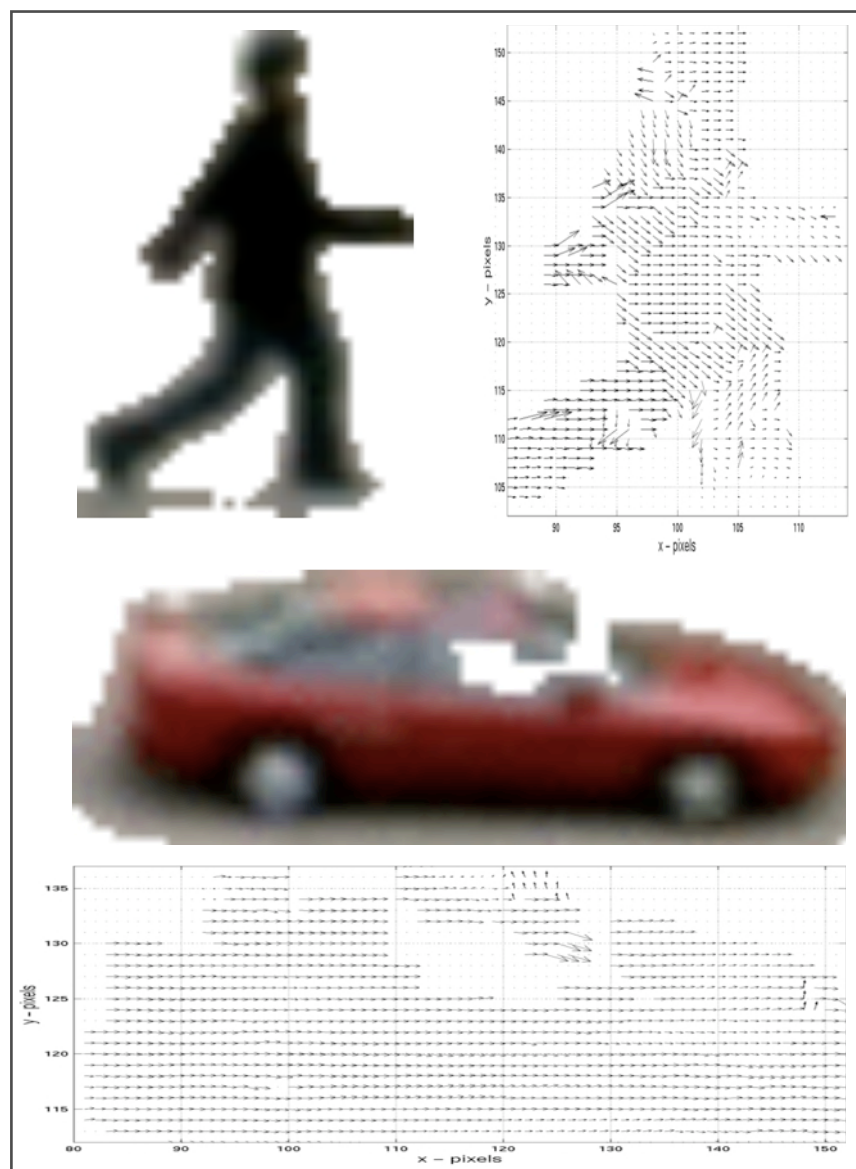
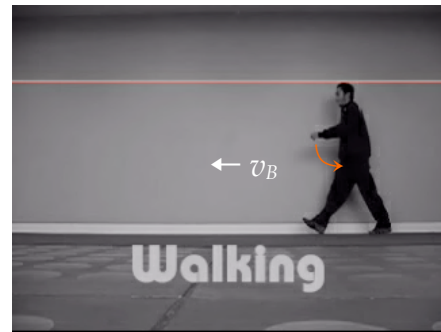


Abb. 72: Zwei segmentierte Objekte und der jeweils dazugehörige Optische Fluss.

Abb. 73: Der berechnete Restfluss und dessen farbliche Visualisierung der beiden segmentierten Objekte aus Tafel 34, Abb. 72.

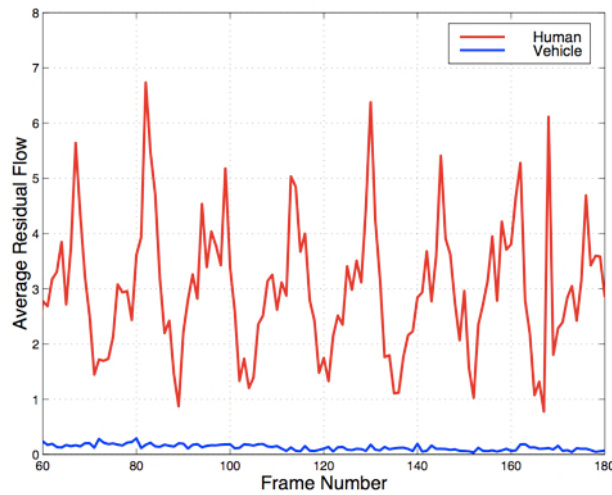
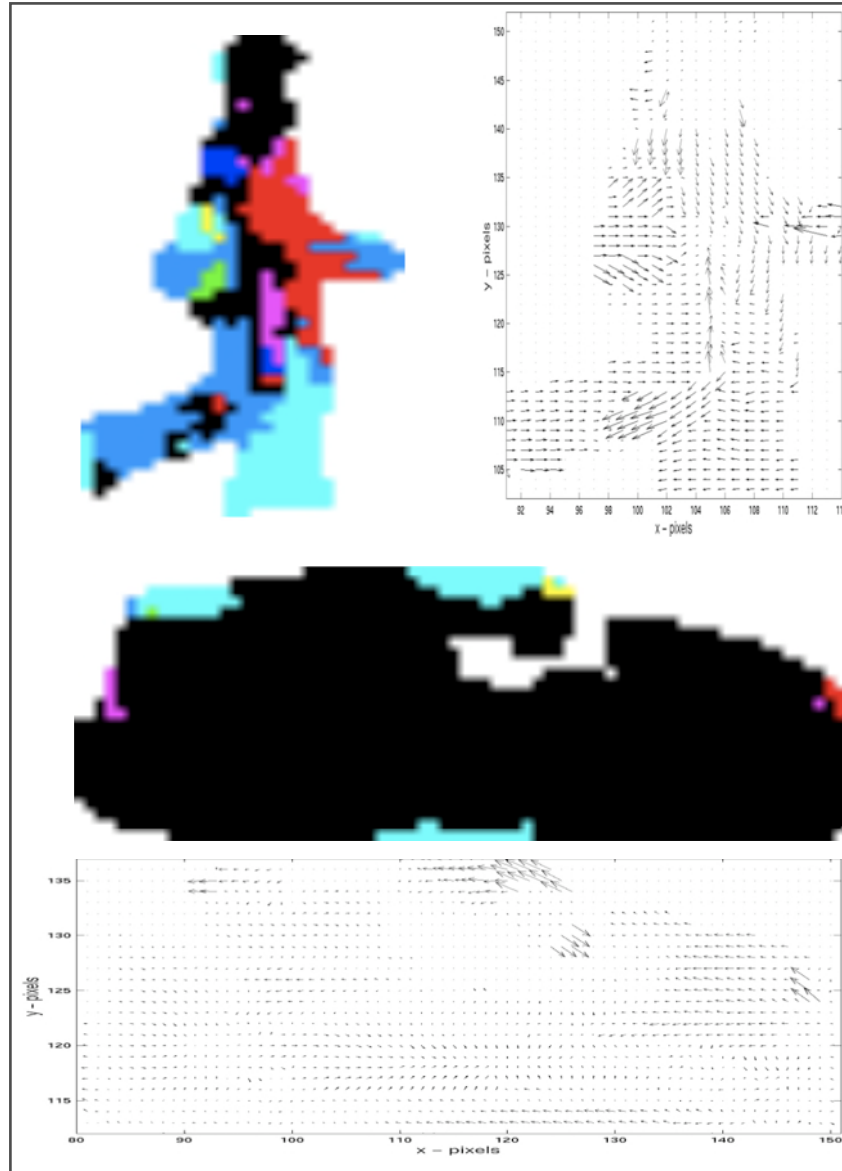


Abb. 74: (Über die Zeit berechneter) Durchschnittlicher Restfluss eines Menschen (rot) und eines Autos (blau).

Um zu verdeutlichen, was dieser Restfluss eigentlich ist, nehmen wir einmal an, wir hätten eine Videosequenz, wie sie in *Abb. 63* gezeigt ist, in der sich ein Mensch von rechts nach links durchs Bild bewegt. Nehmen wir außerdem an, wir hätten bereits die *Motion Segmentation* durchgeführt und den über das Bild spazierenden Menschen erfolgreich als bewegtes Objekt identifiziert. Betrachten wir das Video jetzt, dann sehen wir, dass sich das segmentierte Objekt bzw. der Mensch Bild für Bild immer um ein kleines Stückchen nach links verschiebt. Das wäre also die Verschiebung v_B . Gleichzeitig sehen wir aber auch, dass sich nicht alle Körperteile des Menschen immer um v_B verschieben: Bei einem einzelnen Schritt beispielsweise wird ein Bein relativ rasch nach vorne (bzw., wenn wir die Videobilder betrachten, nach links) gezogen, während das andere Bein eher ruhig verharrt. Noch deutlicher wird es vielleicht, wenn wir die Arme betrachten: hier kann, obwohl sich der Mensch insgesamt nach vorne bewegt, ein Arm gerade zurückschwingen und damit eine gänzlich entgegengesetzte Bewegungsrichtung als v_B beschreiben. Die »tatsächliche« Verschiebung jedes einzelnen Pixels innerhalb unseres Objektes haben wir vorher als $v(x)$ bezeichnet und den Restfluss $v_R(x)$ jedes dieser Pixel aus der Differenz der »tatsächlichen« Verschiebung $v(x)$ an diesem Bildpunkt und der allgemeinen Objektverschiebung v_B gebildet. Bewegt sich ein Körperteil also mit derselben Geschwindigkeit und Richtung wie v_B (das könnte beispielsweise der Kopf sein), dann ist der Restfluss gleich Null; je stärker die Bewegung eines Körperteils aber von der allgemeinen Bewegungsrichtung des Körpers abweicht (z.B. der zurückschwingende Arm), desto größer fällt der Restfluss aus. Der durchschnittlichen Restfluss v_R eines segmentierten Objektes kann ganz einfach berechnet werden, indem die gesamten Restflüsse $v_R(x)$ der zu diesem Objekt gehörigen Pixel addiert werden und diese Summe dann anschließend durch die Gesamtanzahl der dazugehörigen Pixel (X) dividiert wird:

$$v_R = \left[\sum_{i=1}^X v_R(x) \right] / X$$

Je stärker die Bewegungen einzelner Teile des Objektes von der gesamten Verschiebung v_B des Objektes abweichen, desto größer wird der durchschnittliche Restfluss v_R ausfallen. Das ist, wie wir gesehen haben, beim gehenden Menschen der Fall. Bei einem fahrenden Auto allerdings nicht: hier bewegen sich meist nur die Räder in eine andere Richtung und mit einer anderen Geschwindigkeit, während die gesamte Karosserie der allgemeinen Objektverschiebung v_B folgt. Weil der durchschnittliche Restfluss für Menschen höher als beispielsweise für Autos ausfällt und zudem beim Menschen sichtbare Perioden zeigt, kann auf diese Art eine Objektklassifikation erreicht werden.

Gait Cycle Detection

Nachdem alle Menschen in einer Videosequenz erkannt wurden, kann nun mit der eigentlichen *Gangerkennung* begonnen werden. Dazu wird zunächst einmal die gesamte aufgenommene Gangsequenz in einzelne Gangzyklen unterteilt. Wie in *Abb. 75* gezeigt, besteht der *Gangzyklus* aus der Abfolge zweier Schritte. Er wird immer nur für ein Bein beobachtet und beginnt, sobald der Fuß dieses Beines den Boden berührt. Das ist die sog. *Standphase*. In der darauf folgenden *Schwungphase* wird das Bein in die Luft gehoben und nach vorne geschwungen. Der Gangzyklus endet, sobald dieses Bein den Boden berührt, also selbst wieder zum Standbein wird.²⁹⁴

Feature Extraction

Nachdem die Gangzyklen detektiert wurden, werden jetzt eine Reihe von Merkmalen, die für den Gang spezifisch sind, aus den Bildszenen extrahiert. Im Groben lassen sich dabei zwei verschiedene Verfahren voneinander unterscheiden: nämlich *holistische* und *modellbasierende Methoden*.

(a) modellbasierende Methoden

Bei den *modellbasierenden Methoden* gelangen – wie es der Name bereits sagt – explizit Modelle zum Einsatz, die den menschlichen Körper repräsentieren. Das können beispielsweise Strichmännchen sein, die aus miteinander verbundenen Liniensegmenten bestehen und zusätzlich durch sog. *Ribbons* oder *Blobs* umrandet sein können, aber auch 2D-Konturen oder volumetrische Modelle. Wichtig ist, dass diese Modelle mit den Objekten in einer Bildsequenz in Übereinstimmung gebracht werden, so dass dann die verschiedenen Gangmerkmale anhand des verwendeten Modells extrahiert werden können. Das können einerseits statische, formbasierende Merkmale sein, also solche, die während der Bewegung keiner Veränderung unterworfen sind, wie beispielsweise die Körpergröße, die Höhe des Torsos oder die Beinlänge, und andererseits bewegungsbasierende, dynamische Merkmale, also solche, deren Abmessungen sich im Zuge der Bewegung laufend verändern, wie beispielsweise die Größe der Winkel zwischen den verschiedenen Gliedmaßen oder die Schwingung der Arme, Unter- und Oberschenkel.²⁹⁵

²⁹⁴ Vgl. Ermel (2006), S. 31 sowie Nixon et al. (1999), S. 232 - 233.

²⁹⁵ Vgl. Bouchrika / Nixon (2006), Nixon / Carter (2004b), Nixon / Carter (2006), S. 2017 sowie Price (2008).

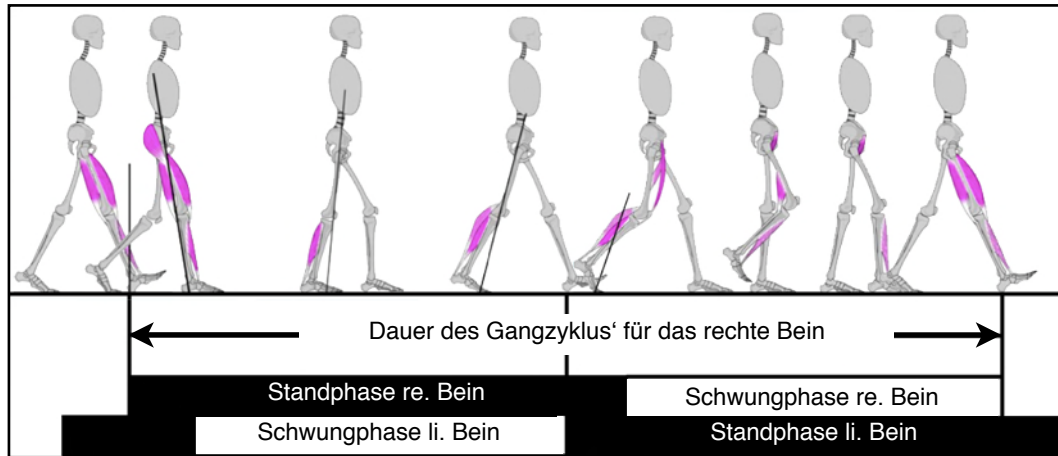


Abb: 75: Gangzyklus.

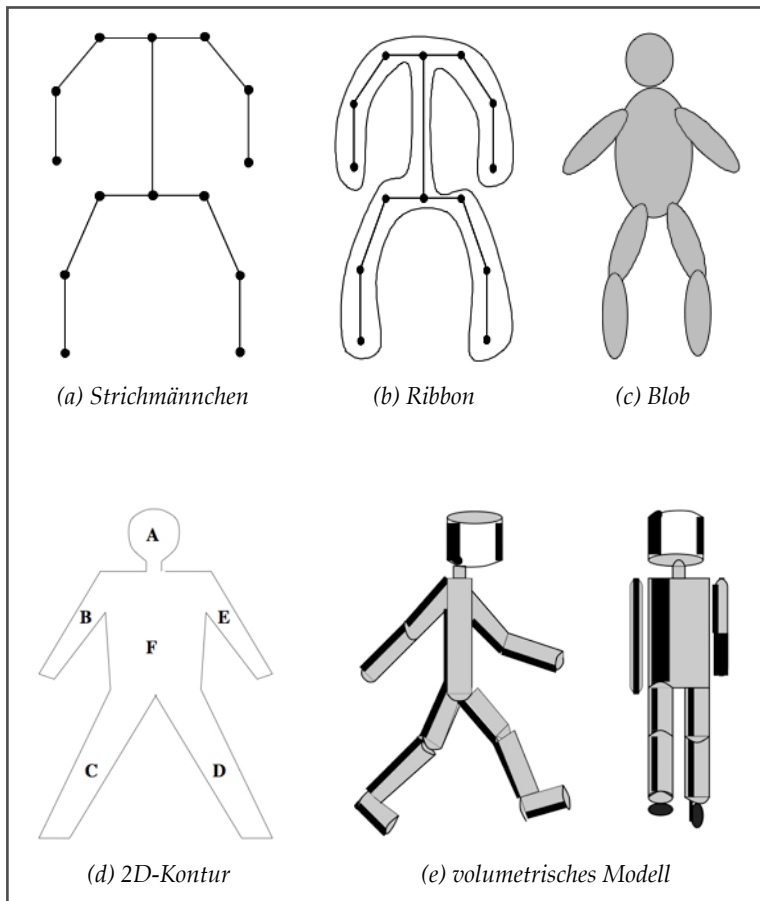


Abb: 76: Unterschiedliche Modellierungstechniken bei der Automatischen Gangerkennung.

(b) holistische Methoden

Die *holistischen Methoden* benötigen im Gegensatz zu den *modellbasierenden Methoden* kein a priori Wissen über das Objekt, nach dem in einer Bildszene gesucht wird, und funktionieren meist so, dass die Gangparameter anhand der Silhouette einer Person extrahiert werden. In einem von Kale et al.²⁹⁶ entwickelten Algorithmus wird beispielsweise für jede horizontale Pixelreihe j einer Silhouette der Abstand zwischen den Außenkonturen bzw. die Breite $w(j)$ der Silhouette bestimmt und als Gangmerkmal gespeichert. Wendet man dieses Verfahren nacheinander auf alle Einzelbilder einer Videosequenz an, so lassen sich damit Breitenprofile, wie sie in *Abb. 78* für die Gangsequenzen zweier unterschiedlicher Personen dargestellt sind, erzielen. Während die einzelnen Bilder der Videosequenz auf der x-Achse, die horizontalen Pixelreihen j der Silhouette auf der y-Achse vermerkt sind, wird die Breite w der Silhouette (und zwar für jedes Einzelbild und für jede horizontale Pixelreihe in diesem Bild) als Grauwertintensität dargestellt, die höher und damit heller ist, je größer der Abstand zwischen den Außenkonturen ist. Genauso wie bei den *modellbasierenden Methoden* können mit den gemessenen Breiten der Silhouette sowohl statische als auch dynamische Gangaspekte erfasst werden. Dies wird besonders deutlich, wenn man die Breitenprofile der beiden Personen aus *Abb. 78* miteinander vergleicht: hier können nämlich sowohl Unterschiede in der physischen Struktur festgestellt werden, wie beispielsweise die verschiedene Körpergröße, als auch in der Bewegungsdynamik, wie beispielsweise die Unterschiede der Arm- und Beinschwünge, die im Breitenprofil als helle Bereiche in der Mitte sowie am unteren Ende zu sehen sind und für die erste Person stärker ausgeprägt sind als für die zweite.²⁹⁷

Auf welche Art die gangspezifischen Merkmale auch erhoben werden - sei es mit den modellbasierenden, sei es mit den holistischen Ansätzen -, in beiden Fällen geht es darum, die einzelnen Abmessungen zu einem Profil zusammenzufügen und dieses ist - zumindest idealerweise - »...different for different people. All you want is a set of numbers describing this difference.«²⁹⁸ Dass die erhobenen Gangmerkmale von Algorithmus zu Algorithmus variieren und beinahe beliebig einmal nur die Breite der Kontur, ein andermal die Winkelabmessungen zwischen den verschiedenen Gliedmaßen oder die Art der Hüftrotation umfassen, scheint dabei keine Rolle zu spielen. Am Ende ist man nur an einem interessiert: der zahlenmäßigen Markierung individueller Gangunterschiede.

²⁹⁶ Vgl. Kale et al. (2004).

²⁹⁷ Vgl. Kale et al. (2004), S. 1164f.

²⁹⁸ Mark S. NIXON, zit. nach Price (2008).

Abb. 77: Unterschiedliche Gangmerkmale.

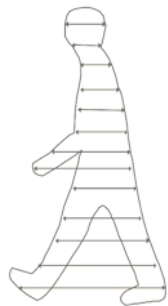
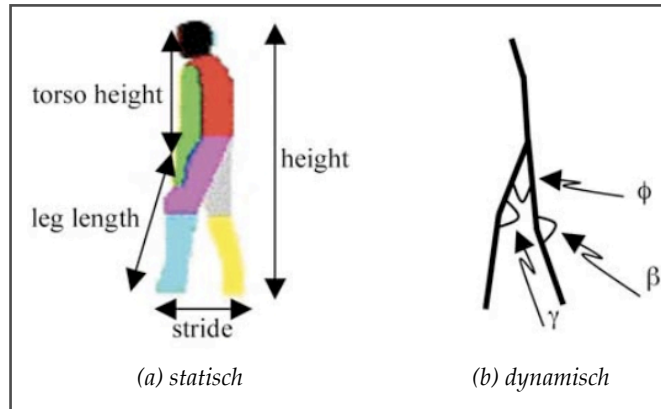
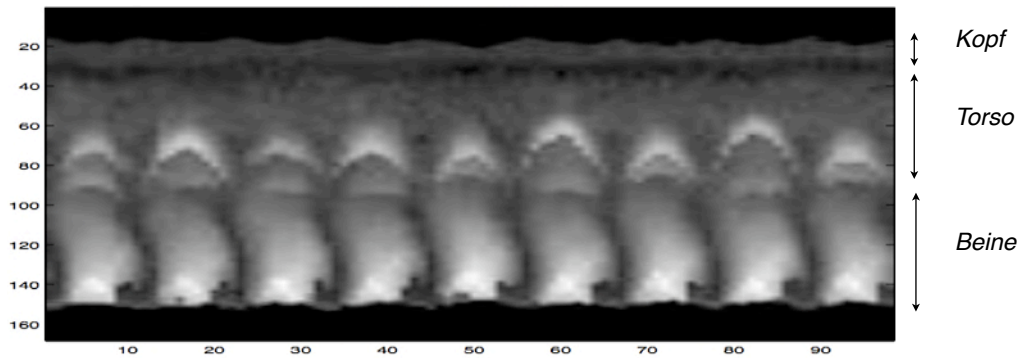
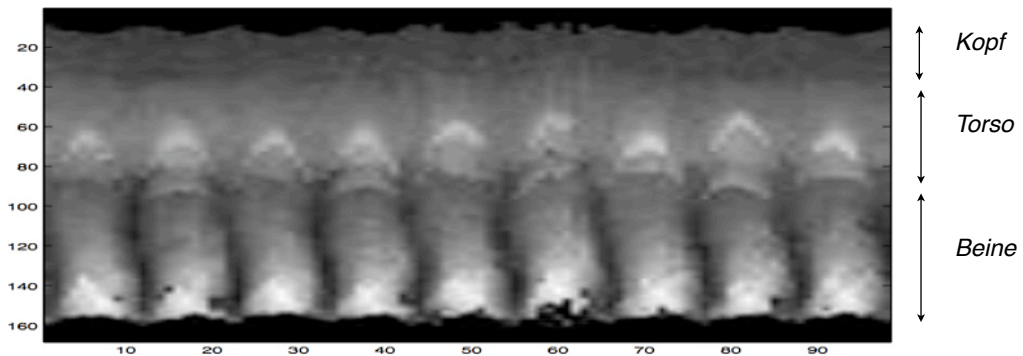


Abb. 78: (rechts) Breite $w(j)$ einer Silhouette und (unten) zwei unterschiedliche Breitenprofile.



(a) Breitenprofil für Person 1



(b) Breitenprofil für Person 2

Recognition

Um Individuen mittels der *Automatic Gait Recognition* zu identifizieren, werden im letzten Schritt die neu extrahierten Merkmalsprofile einer Person mit bereits zuvor gespeicherten Profilen in einer Datenbank verglichen. Dazu ist es erforderlich, dass die einzelnen Gangzyklen zuvor korrekt identifiziert wurden, so dass immer dieselben Gangphasen miteinander verglichen werden - also die Standphase mit der Standphase und die Schwungphase mit der Schwungphase. Beim Vergleich mit dem Referenzdatensatz wird dann typischerweise eine von drei Aufgaben verfolgt: Die *Verifikation* geht der Frage nach, ob eine Person tatsächlich diejenige Person ist, die sie zu sein vorgibt. Hierfür wird das aktuell erhobene Profil mit einem zuvor gespeicherten Referenzprofil der Person verglichen (*one-to-one matching*). Die *Identifikation* fragt, wer die Person ist und gleicht dazu das aktuelle Gangmuster mit sämtlichen in der Datenbank vorhandenen Profilen ab (*one-to-many matching*). Und beim *Screening* wird geschaut, ob eine gesuchte Person X anwesend ist. Dazu wird eine Menge bereits gespeicherter Profile gesuchter Individuen mit den neu erhobenen Gangprofilen ab. In allen drei Fällen gilt: sobald eine Übereinstimmung zwischen den Datensätzen, also den neu erhobenen und den bereits in der Datenbank gespeicherten Zahlenprofilen, erzielt werden kann, gilt eine Person als erkannt. Dabei können die Muster, die miteinander verglichen werden, für einen Übereinstimmung aber niemals hundertprozentig zur Deckung gebracht werden, sondern immer nur ein bestimmter statistischer Wahrscheinlichkeitsgrad festgelegt wird, ab wann ein Vergleich als Treffer zu werten ist. Wird dieser erforderliche Deckungsgrad sehr hoch angesetzt, so müssen die Profile in sehr vielen Details miteinander übereinstimmen. Das birgt die Gefahr in sich, dass eine Person, deren Gangmuster in der Datenbank bereits gespeichert ist, vom System fälschlicherweise nicht erkannt werden kann - man spricht von einer *false rejection*. Wird der Deckungsgrad hingegen zu gering gewählt, so riskiert man umgekehrt, dass das Gangmuster einer Person mit dem gespeicherten Muster ein *anderen* Person in Übereinstimmung gebracht werden kann, so dass also eine falsche Identifizierung, eine *false acceptance*, die Folge ist.²⁹⁹

²⁹⁹ Vgl. Boulgouris / Hatzinakos / Plataniotis (2005), S. 80 sowie Kammerer (2008), S. 194 - 203.

3.6 Lässt sich der Zeitvorsprung unbewusster Prozesse in Maschinen realisieren?

Die *Automatic Gait Recognition* tritt mit dem Versprechen an, die unbewusste, menschliche Fähigkeit der Bewegungswahrnehmung in Maschinen zu realisieren und den Zeitvorsprung der unbewussten Erkenntnisleistung direkt verfügbar zu machen. Wie der Überblick über die Funktions- und Vorgehensweise automatischer Gangerkennungssysteme zeigt, stehen der Realisierung maschinellen Sehens und dem tatsächlichen Einsatz in der Praxis (noch) viele Hindernisse im Wege. Zwar liegt die Gangerkennungsrate, also der Anteil der mit diesen Verfahren korrekt identifizierten Individuen, derzeit bei über neunzig Prozent, doch lässt sich diese Trefferquote meist nur unter Laborbedingungen erzielen und vermindert sich erheblich, sobald es zu Anwendungen in realistischen Umgebungen kommt.³⁰⁰ Einerseits ist man hier mit vielen verschiedenen, unkontrollierbaren Faktoren, wie beispielsweise den sich verändernden Beleuchtungsverhältnissen konfrontiert, so dass oft schon das Erkennen der einzelnen Personen auf den Videobildern misslingt; andererseits sind die meisten Gangerkennungssysteme so aufgebaut, dass sie nur dann korrekt funktionieren, wenn sich die Personen parallel zur Aufnahmekamera bewegen, wovon in realistischen Situationen natürlich nicht immer ausgegangen werden kann. Dazu kommt noch, dass Individuen - anders als im Labor - häufig von ihrem »normalen« Gangmuster abweichen: sie können in Eile sein und rennen oder gemütlich von Schaufenster zu Schaufenster schlendern; einen Koffertrolley hinter sich herziehen oder Einkaufstaschen nach Hause schleppen; Arm in Arm mit ihrem Liebsten gehen oder einen Kinderwagen schieben - in all diesen Fällen kommt es zu einer Veränderung des »idealen« individuellen Gangs und die Erkennung misslingt. Auch das Tragen äußerst enger bzw. sehr weiter Kleidung oder die Art Schuhwerks (man muss bloß an den Unterschied zwischen High Heels und flachen Birkenstock-Sandalen denken) können ebenso wie übermäßiger Alkoholkonsum, Schwangerschaft oder Krankheit den Gang beeinflussen. Völlig unklar ist bisher außerdem, wie sich der individuelle Gang im Laufe des Lebens, also vom Jugendlichen zum Erwachsenen bis hin ins hohe Alter, verändert.³⁰¹

³⁰⁰ Vgl. Nixon / Carter (2006), S. 2013.

³⁰¹ Vgl. Nixon / Carter (2006), S. 2015.

Reduktion der Komplexität

Nachdem die *Automatic Gait Recognition* im Vergleich zu anderen biometrischen Identifizierungsverfahren ein relativ junger Forschungszweig ist, geht man davon aus, dass diese Schwierigkeiten durch künftige Forschungen und technische Innovationen langfristig in den Griff zu bekommen seien. Kurzfristig versucht man die Probleme derweil durch Reduktion der Komplexität zu umgehen:³⁰² einerseits, indem die Systeme nur in solchen Umgebungen zum Einsatz gelangen, die für das automatische Erkennen besonders geeignet sind. Das können einerseits bereits bestehende geschlossene Räume wie U-Bahn-Stationen oder Parkhäuser sein, wo sich Störfaktoren wie Beleuchtung oder dynamische Hintergrundveränderungen relativ gut regulieren lassen, oder aber eigens zu diesem Zweck geschaffene Durchgangsschleusen, sogenannte *Gait Tunnel*, bei denen sich die Umgebungsvariablen nahezu vollständig kontrollieren lassen: Licht und Hintergrund, aber auch die Bewegungsrichtung der Person und ihre Entfernung von den Kameras; außerdem müssen die Individuen den Tunnel einzeln passieren, so dass sie für die Kameras stets vollständig sichtbar sind und einander nicht wechselseitig verdecken.

Eine andere Möglichkeit der Komplexitätsreduktion besteht darin, die Erkennungsleistung nicht auf die Identität, sondern auf das Verhalten von Individuen zu richten. Nicht wer jemand ist, sondern was jemand tut, ist dann von Interesse. Bei diesem Ansatz der sogenannten *pro-aktiven Softwaremodelle* werden ebenfalls Bewegungsmuster von Personen aus den Kamerabildern extrahiert. Diese werden allerdings nicht mehr mit bereits gespeicherten »individuellen« Bewegungsprofilen, sondern mit zuvor festgelegten »typischen« Verhaltensmustern im Computer verglichen. Auf diese Weise sollen gefährlichen und abnormale Aktivitäten erkannt und präventiv verhindert werden: Vandalismus, Diebstähle und Überfälle genauso wie Herumlungern und Prostitution.

»Most people do things in a fairly straight forward way and we're able to gain statistical knowledge of what they do«,

erklärt Sergio Velastin, Direktor des *Digital Image Research Centre* an der *Kingston University* in London und Gründer der Firma *IPSOTEK* (kurz für: *Intelligent Pedestrian Surveillance and Observation Technologies*), eine der Marktführenden Unternehmen in diesem Bereich.

³⁰² Vgl. Kammerer (2008), S. 209ff.

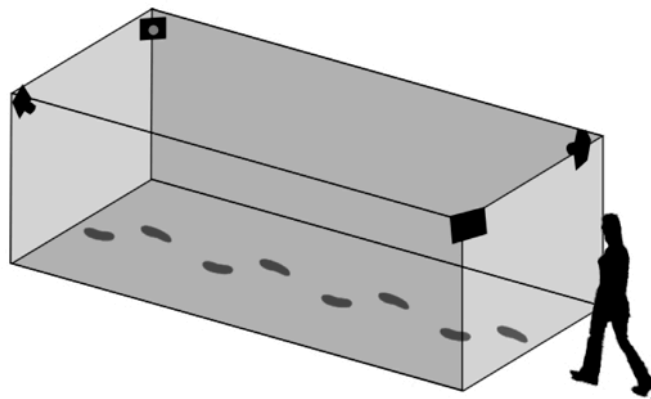


Abb. 79: Schematische Darstellung eines Gait-Tunnels.

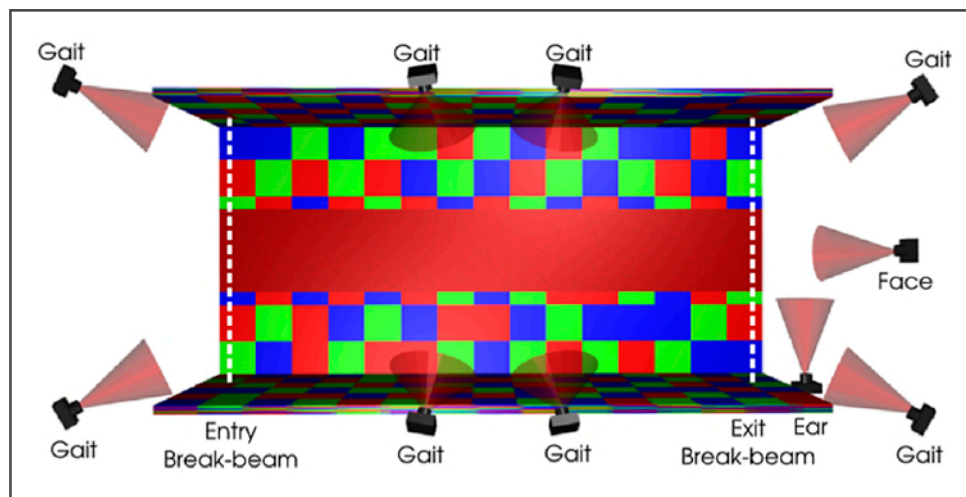


Abb. 80: Multi-Biometrischer Tunnel der Universität Southampton zur automatischen Gang-, Gesichts- und Ohrenerkennung.

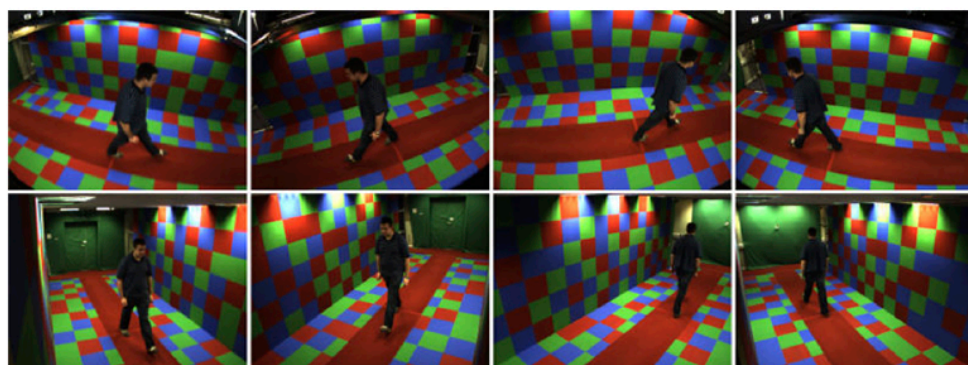


Abb. 81: Simultane Aufnahmen, die die acht Kameras im Multi-Biometrischen Tunnel der Universität Southampton für die Automatischen Gangerkennung liefern.

»From that it follows that you can raise an alarm if something is deemed ›infrequent‹, which usually means abnormal or suspicious.«³⁰³

So springen Menschen, die in U-Bahn-Stationen einen Suizid begehen wollen, offenbar nie vor den erstbesten Zug, sondern neigen dazu, für längere Zeit am Bahnsteig zu verweilen, mehrere Züge vorbeifahren zu lassen und erst dann zu springen. Autodiebe sollen sich hingegen - wie einer Broschüre der Firma *IPSOTEK* zu entnehmen ist - nach folgendem Handlungsskript bewegen: sie gehen von Auto zu Auto, halten kurz an, probieren Autotüren aus, schauen durch Fenster und blicken sich nach Wertgegenständen um. Spätestens an dieser Stelle schlägt die Software dann aber Alarm: wer sich so bewegt, kann kein »normaler« Autobesitzer sein, denn dieser geht geradewegs zu seinem Auto, sperrt auf, steigt ein und fährt los - wer sich so bewegt, der ist mit ziemlicher Sicherheit ein Dieb.³⁰⁴

Pattern Recognition als Vor-Urteil

Was »intelligente« Kameras erkennen, ist also nichts anderes als ein Wieder-Erkennen bereits definierter Muster. Sie nehmen nichts wahr, sondern speichern Bilder bloß ab, reduzieren sie auf Kennzahlen und vergleichen diese mit zuvor festgelegten Kennzahlen im Computer. Sind die aktuellen Kennzahlen nahe genug am Musterbeispiel dran, so gilt das Muster als im Bild erkannt. Das heißt, das Maschinen die Welt niemals »an sich«, also »objektiv« wahrnehmen, sondern immer nur das »sehen«, was sie in einem vorprogrammierten Sinn auch »sehen« sollen. Damit können *smart surveillance* Technologien tatsächlich als Simulationen unbewusster, menschlicher Wahrnehmungs- und Entscheidungsfähigkeiten angesehen werden. Denn diese müssen, um schnell agieren und Gefahren rechtzeitig erkennen zu können, ebenfalls auf vorgegebenen Mustern basieren:

»Das adaptive Unbewusste ist [im Vergleich zum bewussten Geist, der Verf.] ein älteres System, das dazu dient, die Umgebung rasch zu prüfen und Muster zu entdecken, besonders solche, die eine Gefahr für den Organismus darstellen könnten«³⁰⁵,

schreibt beispielsweise der Psychologe Timothy D. Wilson.

³⁰³ Sergio VELASTIN, zit. nach Dean IRVINE: »Smart cameras spot shady behavior«. 26.03.2007, URL: <http://edition.cnn.com/2007/TECH/science/03/26/fs.behaviorcameras/> [Stand: 30.04.2008].

³⁰⁴ IPSOTEK: »Safer Car Parks«. URL: <http://www.ipsotek.com/whitePapers/SaferCarParks3.pdf> [Stand: 28.04.2008].

³⁰⁵ Wilson (2007), S. 97.

»Ein solches System hat offenkundige Vorteile, aber nicht nur: [...] da diese unbewusste Analyse sehr schnell abläuft, ist sie ziemlich grob und weist manchmal Fehler auf.«³⁰⁶

Das lässt sich sehr gut an den sogenannten »Sinnestäuschungen« beobachten, die anders als der Name vermuten lässt, nicht auf eine fehlerhafte Tätigkeit des Sinnes- und Nervenapparats, sondern auf eine falsche, unbewusste Beurteilung des dargebotenen Materials zurückzuführen sind. So erscheinen die Punkte auf der linken Seite der *Abb. 82* konkav, also nach innen gewölbt, während die auf der rechten Seite konvex, also nach außen gewölbt, wahrgenommen werden. Dreht man die Abbildung allerdings um, so verwandeln sich die konkaven Punkte in konvexe und umgekehrt. Automatisch trifft das Gehirn die Entscheidung, in welche Richtung der dritten Dimension sich die Punkte erstrecken. Dass es die Punkte dabei einmal als konvex und einmal als konkav interpretiert, wird dadurch erklärt, dass es sich bei der Beurteilung der Schattierungen auf die Annahme stützt, dass das Licht erstens immer von oben kommt und es zweitens immer nur eine einzige Lichtquelle gibt - ein Wahrnehmungsmuster, das sich im Verlauf der menschlichen Stammesgeschichte herausgebildet hat, weil Sonne und Mond hier lange Zeit die einzigen Lichtquellen waren.³⁰⁷ Unbewusste, »...intuitive Urteile [kommen] genauso zustande ... wie diese Wahrnehmungsvermutungen«, erklärt Gigerenzer, »...das Gehirn [denkt sich] etwas aus, das auf Annahmen über die Welt beruht.«³⁰⁸ Insofern sind unbewusste Mechanismen nichts anderes als Vor-Urteile: schnelle Spontan-Entscheidungen, die *vor* dem Bewusstsein zu *Urteilen* gelangen - zu dem Preis allerdings, dass sie sich dabei auf bereits festgelegte Annahmen oder eben *Vorurteile* stützen. Dabei macht der unbewusste Prozess der Vor-Urteilsbildung auch vor der Wahrnehmung unserer Mitmenschen nicht halt: laut Wilson haben wir

»...die Tendenz, anderen Menschen bestimmte Kategorien und Stereotype zuzuweisen. Wenn wir jemandem zum ersten Mal begegnen, legen wir ihn sehr schnell nach ethnischer Herkunft, Geschlecht oder Alter in der entsprechenden Schublade ab, ohne dass es uns bewusst wird. Dieser Prozess der automatischen Stereotypisierung [...] ist fest verdrahtet«³⁰⁹, so dass »...[sich] mit Fug und Recht ... sagen [lässt], dass die Neigung des adaptiven Unbewussten zu vorschnellen Schlüssen und zum Beharren auf einmal gefasste Meinungen trotz widersprechender Fakten für einige der schlimmsten Probleme unserer Gesellschaft verantwortlich ist, etwa die Verbreitung rassistischer Vorurteile.«³¹⁰

³⁰⁶ Wilson (2007), S. 76.

³⁰⁷ Vgl. Gigerenzer (2008), S. 52ff.

³⁰⁸ Gigerenzer (2008), S. 52.

³⁰⁹ Wilson (2007), S. 80.

³¹⁰ Wilson (2007), S. 83.

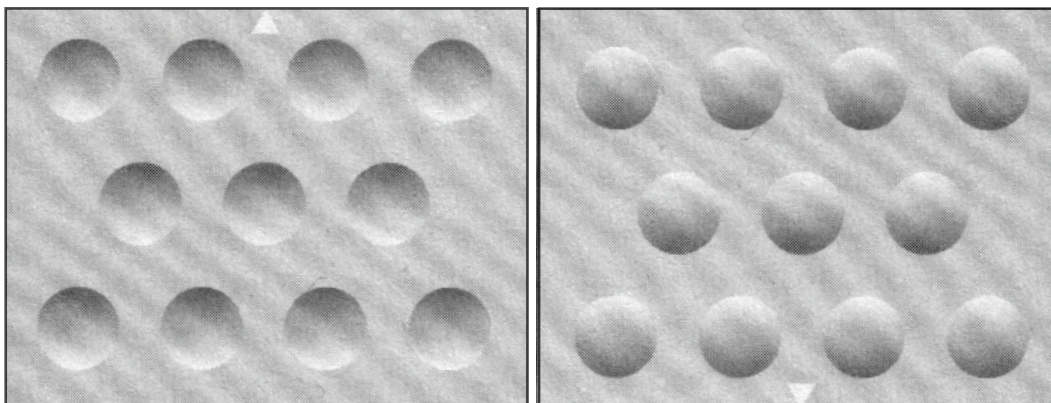


Abb. 82: Optische Täuschung. Das Gehirn schließt automatisch, dass sich die Punkte auf der linken Seite nach innen, also vom Betrachter weg beugen und dass sich die auf der rechten Seite, nach außen, also zum Betrachter hin wölben. Stellt man die Seite auf den Kopf, so verwandeln sich die vorher konvexen Punkte in konkave und umgekehrt.

Um zu einer raschen Einschätzung der Wirklichkeit zu gelangen, muss das adaptive Unbewusste mit Stereotypen, Klischees und Vorurteilen arbeiten. Diese können zutreffen, müssen es aber nicht: denn

»je rascher die Analyse, desto fehleranfälliger ist sie vermutlich.«³¹¹

Genau dasselbe lässt sich auch für die vordefinierten Muster *smarter surveillance* Technologien konstatieren - denn das diese nicht »in den Dingen« liegen und von dort nur mehr ausgelesen werden müssen, sondern spezifische Annahmen und Vermutungen über die Wirklichkeit enthalten, wird am Beispiel der *pro-aktiven Softwaremodelle* klar ersichtlich: es mag sein, dass jemand, der sich umbringen möchte, erst eine gewisse Zeit verstreichen lässt, bevor er den finalen Schritt wagt und sich tatsächlich vor den Zug wirft. Aber denkbar wäre auch, dass er den Suizid sofort begeht. Oder dass jemand, der gar nicht daran denkt, sich umzubringen, trotzdem am Bahnsteig verweilt, um beispielsweise einen in Kürze kommenden Freund in Empfang zu nehmen. Was in den Maschinen gespeichert wird, sind nichts anderes als Stereotype, fest installierte Bilder und kodierte Muster menschlicher Vermutungen. Natürlich ist nicht zu leugnen, dass diese auch zutreffen - der Erfolg der *pro-aktiven Softwaremodelle* im praktischem Einsatz mag dem sogar Recht geben ⁻³¹², aber genauso gut können sie eben auch falsch liegen. Und das trifft nicht nur auf die *pro-aktiven* Verfahren der *smart surveillance* Technologie zu, sondern lässt sich in allen Schritten der Bilderkennung, auch in den biometrischen Identifizierungsverfahren der *Automatic Gait Recognition* ausmachen. Nehmen wir zum Beispiel die *Object Classification*, wo man die Frage zu beantworten versucht, um welches (bewegtes) Objekt es sich handelt. Und gehen wir außerdem davon aus, dass der segmentierte Pixelhaufen, den es zu klassifizieren gilt, eine Person ist, die einen Kinderwagen schiebt. Mit dem Verfahren der Bounding Box, also der Abmessung der Größenverhältnisse würde das Objekt eher einem »Auto« als einem »Menschen« gleichen. Verwenden wir zur Klassifikation allerdings die Streuung, so würden die komplexeren Umrisse durchwegs auf einen »Menschen« deuten. Aber ersetzen wir den Pixelhaufen an dieser Stelle kurz durch ein Hund, dann würde dieser, entsprechend seiner komplexen Umrisse, ebenfalls als »Mensch« interpretiert werden. Was ich damit sagen will, ist, dass die maschinell vorgegebenen Muster spezifische Vorstellungen darüber enthalten, was wir in einer bestimmten Umgebung zu sehen erwarten. Und wenn eine Person, die einen Kinderwagen schiebt, von einem automatischen System nicht erkannt werden kann, so lässt das viel mehr Rückschlüsse auf den Programmierer zu, in dessen Vorstellungswelt Kinderwagen schiebende El-

³¹¹ Wilson (2007), S. 76.

³¹² Vgl. Kammerer (2008), S. 211.

tern anscheinend nicht vorkommen, als dass von einer korrekten »Widerspiegelung« der Wirklichkeit ausgegangen werden kann. *Smart surveillance* Technologien

»...abstrahieren von der Mehrzahl von Informationen, die als unwichtig erachtet werden und werten dadurch andere auf. Sie nehmen notwendigerweise eine Auswahl und Wertung vor: Sie handeln«³¹³

schreibt Dietmar Kammerer in *Bilder der Überwachung*. Das hat zur Konsequenz,

»...dass selbst scheinbar gewöhnliche oder harmlose Entscheidungen in der Konstruktion sehr wohl die Diskriminierung von Ethnien, Geschlechtern oder Altersgruppen zur Folge haben können.«³¹⁴

So haben empirische Untersuchungen gezeigt, dass die biometrischen Identifizierungsverfahren der Automatischen Gesichtserkennung Nicht-Weiße leichter als Weiße, Männer leichter als Frauen und alte Menschen leichter als Jugendliche erkennen.³¹⁵ Systeme der Iris-Erkennung arbeiten nachweislich ähnlich diskriminierend und es ist zu vermuten, dass dies auch auf die Verfahren der *Automatic Gait Recognition* zutrifft.³¹⁶

Muster enthalten spezifische Annahmen und Vermutungen über die Wirklichkeit und können damit niemals »neutral« oder »wertfrei« sein. Sie »...sind keine a priori gegebenen Urbilder, die der Wirklichkeit zugrunde liegen«³¹⁷, sondern strukturieren das Geschehen nach bestimmten Gesichtspunkten immer schon vor. Sie sind in diesem Sinne Vor-Urteile, zuvor festgelegte, wertende Vorstellungen, die dem Erkennungsprozess zugrunde liegen. Das gilt für das maschinelle Sehen *smarter surveillance* Technologien und trifft (nach heutigem Wissenstand) auch auf die Funktionsweise des adaptiven Unbewussten zu. Doch im Gegensatz zu Maschinen verfügt der Mensch glücklicherweise noch über »...ein anderes, langsames System ..., das eine detaillierte Analyse der Umwelt vornehmen und die Fehler entdecken kann, die bei der ersten, schnellen Prüfung [des adaptiven Unbewussten, der Verf.] möglicherweise aufgetreten sind«³¹⁸ - ein System, das Entscheidungen nicht auf Basis bereits festgelegter Muster treffen *muss*, sondern

³¹³ Kammerer (2008), S. 197.

³¹⁴ Kammerer (2008). S. 199f.

³¹⁵ Vgl. Kammerer (2008), S. 200ff.

³¹⁶ Vgl. Magnet (2011), S. 28 - 31.

³¹⁷ Benz (2001), S. 72.

³¹⁸ Wilson (2007), S. 76.

flexibel auf neue, widersprüchliche und unerwartete Informationen reagieren *kann*, das prinzipiell in der Lage ist, zwischen Wahrnehmen und Für-Wahrnehmen zu unterscheiden: nämlich den bewussten Geist.

Maschinen können sich den vorgegebenen Mustern nicht entziehen, niemals etwas anderes erkennen, als was sie in einem vorprogrammierten Sinn auch erkennen sollen. Damit können sie in ähnlicher Weise wie das adaptive Unbewusste auch tatsächlich zu schnellen Wahrnehmungsurteilen gelangen, sich also den erhofften Zeitvorsprung zunutze machen, aber nur zu dem Preis, dass ihre Erkenntnis immer ein Vor-Urteil, ihr Wahrnehmen immer ein Für-Wahrnehmen bleibt. Und daran können weder »bessere« Algorithmen, noch eine »bessere« Technik etwas ändern. Ein Muster kann die Wirklichkeit niemals »objektiv« widerspiegeln, sondern sie immer nur auf bestimmte Merkmale reduzieren. Sie enthält eine Wertung. Diese kann richtig oder falsch sein. Die Maschine allerdings kann immer nur das Muster erkennen, ob es in einem konkreten Fall auch zutrifft, ob also die zuvor vorgenommene Wertung korrekt ist, diesen Unterschied erkennt sie nicht. Und kann ihn auch nicht erkennen. Solange jedenfalls, bis sie nicht über Reflexion und einen bewussten Geist verfügt - doch dann wird man wohl aufhören müssen, von »Maschinen« zu sprechen.

Resümee

In Heinrich von Kleists *Marionettentheater* stehen sich zwei gegenüber, die können sich nicht erreichen: auf der einen Seite der Bär, der aus einem höchst effizienten leiblichen Unbewussten heraus operiert und auf der anderen Seite der Mensch, der im Bewusstsein verhaftet ist, mit Scheinbewegungen und Finten arbeitet. Doch egal was er tut, immer schon ist ihm der Bär einen Schritt voraus: weil jede seiner Bewegungen eine erforderliche ist, verschwendet er keine Zeit; weil er die Situation auf einen Blick erfasst, macht er sich die Zeit zu nutze. Er kennt weder eine »physiologische« noch eine »psychologische« *temps perdu*.

Zwischen Mensch und Tier, Bewusstem und Unbewusstem, Niederlage und Sieg, eröffnet sich ein Raum, dessen Erschließung und Überwindung zum programmatischen Ziel einer jedweden Bewegungswissenschaft erhoben wird, von ihren Anfängen bis hin zu den *smart surveillance* Technologien.

Zunächst war das Interesse dabei auf den »physiologischen« Aspekt einer optimalen Bewegungssteuerung gerichtet. Das hatte zur Folge, dass den kleinsten körperlichen Phänomenen immer mehr Aufmerksamkeit geschenkt wurde: Wilhelm und Eduard Weber drangen als erstes in die unbewusste Körper-Maschine vor; Hermann von Helmholtz gelang es, die minimalsten körperlichen Regungen zu registrieren; Étienne-Jules Marey sie sichtbar zu machen; Frank B. Gilbreth und Rudolph von Laban die unbewussten Körperbewegungen zu notieren, sie zu adressieren und neu zu arrangieren. In nicht mehr als einem Jahrhundert hatte sich eine ganze Wissenschaft auf Basis dieser dünnen Scheibe zwischen Reiz und Reaktion, einer *Thin Slice of Time* formiert.

Doch was die Rückschreibung von Bewegungen in den realen Körper anbelangte, so ließ sich dieser nicht effektiv vom Geist trennen. Und so musste - beginnend bei den arbeitswissenschaftlichen Bewegungsstudien über die psychologischen Wahrnehmungsforschungen bis hin zu den neurophysiologischen Untersuchungen - auf »psychologischer« Ebene fortgesetzt werden, was im Zeichen einer Bewegungs-Physiologie begonnen hatte: die kleinsten geistigen Phänomene und Bewegungen galt es nun zu erkunden, sie registrier- und nutzbar zu machen und damit den Zeit-Raum zu überwinden, der den Menschen bislang von der ungeheuren Effizienz des Unbewussten trennte.

Die epistemische Wende von der Physiologie hin zur Psychologie, vom unbewussten Körper hin zum unbewussten Geist hatte zur Folge, dass sich erstens die

Gestalt des »Feindes« änderte: denn trat dieser zuvor noch als störendes Teilelement körperlicher Bewegung auf, der den Menschen an der Erreichung des Optimums hinderte und den es deswegen so gut als möglich zu eliminieren galt, so trat er mit dem Fokus auf die Psychologie nun als Störgröße innerer Bewegung und geistiger Verfassung auf, der sich in den äußerlich wahrnehmbaren Bewegung verriet und im Kampf ums Überleben schnell genug erkannt werden musste. Der »Feind« war kein »Fremdkörper« mehr, der den Menschen in seinem effizienten Fortkommen behinderte, sondern wurde mit dem »individuellen Körper« gleichgesetzt - was *smart surveillance* Technologien schließlich ermöglichen sollte, den Feind anhand seiner charakteristischen Bewegungsmuster zu erkennen.

Zweitens sollten die Medien und technischen Geräte, die ein Wissen über das Unbewusste in körperlicher wie in geistiger Hinsicht überhaupt erst hervorbrachten, mit den *smart surveillance* Technologien nun selbst an die Stelle des adaptiven Unbewussten treten und dessen Zeitvorsprung damit verfü- und nutzbar machen. Folgt man den aktuellen Befunden, dass das menschliche Unbewusste prinzipiell auch nichts anderes als ein automatischer Musterdetektor sei,³¹⁹ so ist dessen maschineller Ersatz zwar theoretisch möglich, aber nur zu dem Preis, dass ein »schnelles Sehen« oder ein Vor-Urteil immer ein wertendes Vorurteil bleibt.

Sollte sich die Geschichte der »Physiologie« des körperlich Unbewussten im Bereich der »Psychologie« des geistigen Unbewussten allerdings wiederholen, so wird sich die Nutzung der unbewussten Effizienz (vorerst) weniger auf die Entwicklung »intelligenter« Systeme, als vielmehr auf »geistige« Intervention am Menschen stützen: Denn so wie die Brüder Weber, die sich als erst an die Erkundung des körperlichen Unbewussten machten, den »imperfekten« Menschen sogleich durch Maschinen ersetzt sehen wollten, so ist mit der Erkundung des adaptiven Unbewussten sofort dessen Substitution durch Maschinen gefordert worden. Doch wie die Geschichte zeigte, resultierten die Erkenntnisse über die Effizienz des Unbewussten (zunächst) nicht in der Konstruktion von Geh-Maschinen, sondern in den real-körperlichen Implementierungen der Arbeitswissenschaft. Wenn also ein Ersatz unbewusster menschlicher Funktionen durch »intelligente« Maschinen, genau wie damals, an den derzeitigen technischen Möglichkeiten scheitern sollte, so steht uns künftig vielleicht etwas Ähnliches bevor.

³¹⁹ Tatsächlich ist die Konzeption des adaptiven Unbewussten als automatischer »Gefahrendetektor«, der auf Basis von Mustern und Stereotypen operiert, mehr als fraglich. Wie ich in Kapitel 3.3 geschrieben habe, sind die Mechanismen und Regeln nach denen das Unbewusste funktioniert, keineswegs bekannt.

Erste Versuche dazu gibt es jedenfalls schon: so schaltet Allan Snyder, Direktor des Forschungszentrums *Centre for the Mind* an der Universität Sydney, mittels transkranieller Magnetstimulation für kurze Zeit Teile der linken menschlichen Gehirnhälfte ab, um den Menschen dadurch einen Zugang zu ihren Effizienz des Unbewussten zu gewähren - oder wie Snyder sagt: »to enhance the brain by shutting off certain parts of it.«³²⁰

»You can make people see the raw data of the world as it is. As it is actually represented in the unconscious mind of all of us.«³²¹

³²⁰ Allan Snyder, zit. n. Osborne (2003).

³²¹ Allan Snyder, zit. n. Osborne (2003).

Abbildungsnachweis

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

Abb. 1: Quelle: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Atta_in_airport.jpg [Stand: 07.12.2011].

Abb. 2: Weber / Weber (1836), Tafel XIII.

Abb. 3: Weber / Weber (1836), Tafel XV.

Abb. 4: (*links*) Ludwig (1847), Tafel X; (*rechts*) Carl Ludwig. 15.08.1874. Prima Curva della Pressione del Sangue e della Respirazione. Scritta da Ludwig il 12 Dicembre 1846 [graphical recording (pulse, respiration) mounted on print]. 1 item. (Università di Torino, Biblioteca Angelo Mosso). Quelle: <http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/library/data/lit38099?> [Stand: 09.11.2011].

Abb. 5: Marey (1868), S. 133, Fig. 28.

Abb. 6: Schmidgen (2004), S. 102, Abb. 1.

Abb. 7: Kuhn (1866), S. 1193, Fig. 604.

Abb. 8: Marey (1885), S. 560, Abb. 280.

Abb. 9: Marey (1885), S. 282, Abb. 143.

Abb. 10: (*oben*) Frizot (1998); (*unten*) Frizot (1998).

Abb. 11: <http://memory.loc.gov/service/pnp/cph/3a40000/3a45000/3a45800/3a45870r.jpg> [Stand: 08.10.2008].

Abb. 12: Kingston Museum, UK, <http://www.kingston.gov.uk/zoo.pdf> [Stand: 08.10.2008].

Abb. 13: Muybridge (1907), Series 43, S.101.

Abb. 14: Marey (1879), S. 134, Abb. 35.

Abb. 15: Marey (1879), S. 230, Abb. 94.

Abb. 16: (*links*) Marey (1895), S. 109, Abb. 74; (*rechts*) Marey (1895), S. 114, Abb. 78.

Abb. 17: Marey (1895), S. 111, Abb. 75.

Abb. 18: (*oben*) Musée Marey, Beaune, France, http://www.expo-marey.com/images/Fiche/MEDIA_07.jpg [Stand: 12.10.2008]; (*Mitte*) Musée Marey, Beaune, France, http://www.expo-marey.com/images/Fiche/MEDIA_04.jpg [Stand: 12.10.2008]; (*unten*) Musée Marey, Beaune, France, http://www.expo-marey.com/images/Fiche/MEDIA_32.jpg [Stand: 12.10.2008].

Abb. 19: Musée Marey, Beaune, France, http://www.expo-marey.com/images/Fiche/MEDIA_36.jpg [Stand: 12.10.2008].

Abb. 20: (*links*) http://goldberg.berkeley.edu/courses/S06/IEOR-QE-S06/MAREY_SUIT_1.GIF [Stand: 12.10.2008]; (*rechts*) http://www.acmi.net.au/AIC/MAREY_SUIT_2.GIF [Stand: 12.10.2008].

Abb. 21: Étienne-Jules MAREY: »Installations et instruments«. Paris, 1886 (circa). Archives du Collège de France, URL: <http://www.bium.univ-paris5.fr/histmed/medica/cote?extcdf003> [Stand: 12.10.2008].

Abb. 22: Einzelne Frames entnommen aus: »A Complicated Method of Packing Soap«. In: James S. PERKINS: The Original Films of Frank B. Gilbreth. URL: http://www.archive.org/download/OriginalFilm/OriginalFilm_edit.mp4 [Stand: 02.02.2009].

Abb. 23: Frank B. GILBRETH / Lillian GILBRETH: *Angewandte Bewegungsstudien. Neun Vorträge aus der Praxis der wissenschaftlichen Betriebsführung*. Berlin: Verlag des Vereines deutscher Ingenieure, 1920.

Abb. 24: Courtesy of Purdue University Libraries, Archives and Special Collections, Frank Gilbreth Archives, NF Container 45 0265-20, NAPTM.

Abb. 25: Gilbreth / Gilbreth (1919), Abb. 20.

Abb. 26: Giedion (1987), S. 128, Abb. 51.

- Abb. 27: Giedion (1987), S. 40, Abb. 19.
- Abb. 28: (Oben) Gilbreth / Gilbreth (1917), Abb. 15; (Mitte) Gilbreth / Gilbreth (1917), Abb. 12.
- Abb. 29: (Oben) Photo 618-G68-1, »N« file 11/0031-7, Courtesy Frank and Lillian Gilbreth Collection, Purdue University Libraries Special Collections, Purdue University, Lafayette, IN. (Mitte) Giedion (1987), S. 137, Abb. 60; (Unten) Giedion (1987), S. 129, Abb. 52.
- Abb. 30: Laban (2003), Tafel I (1. Teil), S. 33.
- Abb. 31: (links oben) Laban (2003), Tafel I (2. Teil), S. 34; (rechts) selbst erstellte Grafik nach Laban (1995), S. 92, Abb. 12; (links unten): selbst erstellte Grafik nach Laban (1995), S. 35, Abb. 26 a - e.
- Abb. 32: (links) Kinetogramm selbst erstellt nach http://www.dance.osu.edu/5_resources/labanolab/stepfolder/steps_labanolab/steps_notate_1.gif [Stand: 09.12. 2009], Einzelbilder entnommen aus folgender Videosequenz: http://www.dance.osu.edu/5_resources/labanolab/movies/stepsnotate1movie.mov [Stand: 09.12.2009]; (rechts) Jeschke (1999), S. 30, Abb. 12.
- Abb. 33: Knortz (2008), Abb. 4, S. 125 (Fotografie von Roland Watkins).
- Abb. 34: (links) Davies (2001), S. 26; (oben) Davies (2001), S. 28.
- Abb. 35: Laban (2003), Tafel VII, S. 83.
- Abb. 36: Laban (1995), S. 117; (rechts) Davies (2001), S. 47.
- Abb. 37: Mannoni (2002), S. 370, Abb. 6.
- Abb. 38: Bernstein (1928), S. 630, Abb. 308.
- Abb. 39: Bernstein (1928), S. 640, Abb. 314.
- Abb. 40: Bernstein (1928), S. 640, Abb. 313.
- Abb. 41: Bernstein (1934), Abb. 10.
- Abb. 42: Bernstein (1934), Abb. 11.
- Abb. 43: »Athlete. Running«, Muybridge (1907), Series 10, S. 35.
- Abb. 44: nach Bernstein (1961), S. 190, Tabelle 4.
- Abb. 45: Bernstein (1935), S. 70, Abb. 19.
- Abb. 46: Bernstein Center for Computational Neuroscience, Göttingen. URL: http://www.bccn-goettingen.de/Research/Members/CNgroup/manoonpong/runbot_fl.jpg [Stand: 23.10.2009].
- Abb. 47: Johansson (1973), S. 202, Abb. 2.
- Abb. 48: Cutting / Kozlowski (1977), S. 355, Abb. 2.
- Abb. 49: Johansson / Hofsten / Jansson (1980), S. 42, Abb. 3.
- Abb. 50: Einzelbilder entnommen aus James B. MAAS / Gunnar JOHANSSON / Gunnar JANSSON / Sverker RUNESON: *Motion Perception I. 2-Dimensional Motion Perception* [Film]. Boston: Houghton Mifflin, 1971.
- Abb. 51: Libet (2007), S. 61ff, Abb. 2.1.
- Abb. 52: Libet (2007), S. 66f, Abb. 2.2.
- Abb. 53: Libet (2007), S. 140, Abb. 3.2.
- Abb. 54: Libet (2007), S. 123, Abb. 3.1.
- Abb. 55: Libet (2007), S. 145, Abb. 3.3.
- Abb. 56: (links) Mather / West (1993), S. 761, Abb. 1 (a); (rechts) Eadweard MUYBRIDGE: *Animal Locomotion: an electro-photographic investigation of consecutive phases of animal movements, 1872-1885*. Philadelphia : University of Pennsylvania, 1887, Plate 692.
- Abb. 57: Runeson / Frykholm (1981), S. 735, Abb. 1.
- Abb. 58: (links und Mitte) URL: <http://www.biomotionlab.ca/Demos/BMLwalker.html> [Stand: 02.06.2009]; (rechts) Troje (2003), S. 52, Abb. 3.
- Abb. 59: Tom ARMOUR: »Assymmetric Threat Initiative«. Präsentation am DARPAtech 2000 Symposium in Dallas, Texas, USA vom 6. bis 8. September 2000. URL: http://www.darpa.mil/darpattech2000/Presentations/iso_pdf/4ArmourATB&WRev1.pdf [Stand: 04.05.2009].
- Abb. 60: URL: http://theothergeorgew.com/darpa.mil/iao/images/HID_ppt_2.gif [Stand: 04.05.2009].

- Abb. 61: URL: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d1/IAO-logo.png/590px-IAO-logo.png> [Stand: 04.05.2009].
- Abb. 62: selbst erstellte Grafik. Icon von Person und Kamera entnommen aus: Boulgouris / Hatzinakos / Plataniotis (2005), S. 80.
- Abb. 63: Einzelbilder entnommen aus URL: <http://www.youtube.com/watch?v=4XTixFwKT9c> [Stand: 04.05.2009].
- Abb. 64: Einzelbilder entnommen aus URL: <http://www.youtube.com/watch?v=4XTixFwKT9c> [Stand: 04.05.2009].
- Abb. 65: Einzelbilder entnommen aus URL: <http://www.youtube.com/watch?v=4XTixFwKT9c> [Stand: 04.05.2009].
- Abb. 66: eigene Grafik.
- Abb. 67: obere drei Bilder in Stefan MEYER: »Seminar Bildverarbeitung und Mustererkennung. Gait Recognition - Erkennung von Personen am Gang«. Juni, 2004. URL: <http://www.tvk.rwth-aachen.de/~stef/research/gaitDocu.pdf> [Stand: 15. August 2009]; untere drei Bilder in Christoph BRUNE: *Berechnung des Optischen Flusses und Kantenerkennung mit Optimierungsmethoden*. Diplomarbeit an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, 2007, S. 6, Abb. 1.2.
- Abb. 68: Christoph BRUNE: *Berechnung des Optischen Flusses und Kantenerkennung mit Optimierungsmethoden*. Diplomarbeit an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, 2007, S. 12, Abb. 1.11.
- Abb. 69: die beiden Bilder in (a) entnommen aus Lipton / Fujiyoshi / Raju (1998), S. 3, Abb. 4.
- Abb. 70: eigene Grafik.
- Abb. 71: Einzelbild entnommen aus URL: <http://www.youtube.com/watch?v=4XTixFwKT9c> [Stand: 04.05.2009].
- Abb. 72: Lipton (1999), S. 6, Abb. 6.
- Abb. 73: Lipton (1999), S. 7, Abb. 7.
- Abb. 74: Lipton (1999), S. 7, Abb. 7.
- Abb. 75: Johannes ERMEL: »Step by Step. Ganganalyse Teil 1: Die acht Phasen«. In: *Physiopraxis*, 9, 2006, S. 30 - 33, Abb. 1.
- Abb. 76: (a) - (c) in Mark Ruane DAWSON: *Gait Recognition. Final Report*. 2002. URL: <http://www3.imperial.ac.uk/pls/portallive/docs/1/18619755.PDF> [Stand: 20.05.2008], S. 14, Abb. 2.1; (d) Aggarwal / Cai (1997), S. 94, Abb. 6; (e) Aggarwal / Cai (1997), S. 94, Abb. 7.
- Abb. 77: Nixon / Carter (2006), S. 2020, Abb. 8.
- Abb. 78: (links) Boulgouris / Hatzinakos / Plataniotis (2005), S. 83, Abb. 5(a); (unten) Kale et al. (2004), S. 1164, Abb. 1.
- Abb. 79: Seely / Samangoei / Middleton / Carter / Nixon (2008), S. 1, Abb. 1.
- Abb. 80: Seely / Samangoei / Middleton / Carter / Nixon (2008), S. 3, Abb. 2.
- Abb. 81: Seely / Samangoei / Middleton / Carter / Nixon (2008), S. 3, Abb. 3.
- Abb. 82: Gigerenzer (2008), S. 52, Abb. 3.2.

Literaturverzeichnis

J. K. AGGARWAL / Q. CAI: »Human Motion Analysis: A Review«. In: Proc. IEEE Workshop on Non-rigid and Articulated Motion, 1997, S. 90 – 102.

Nalini AMBADY / Robert ROSENTHAL: »Half a minute: Predicting teacher evaluations from thin slices of nonverbal behavior and physical attractiveness«. In: Journal of Personality and Social Psychology, 64/3, 1993, S. 431 - 441.

Mark ANDREJEVIC: »Reading the Surface: Body Language and Surveillance«. In: *Culture Unbound*, 2, 2010, S. 15- 36.

Tom ARMOUR: »Assymetric Threat Initiative«. Rede am DARPAtech 2000 Symposium in Dallas, Texas, USA vom 6. bis 8. September 2000. URL: <http://www.darpa.mil/DARPAtech2000/Speeches/ISOSpeeches/Armour.pdf> [Stand: 04.05.2009].

Antoine BECHARA / Hanna DAMASIO / Antonio R. DAMASIO: »Emotion, Decision Making and the Orbitofrontal Cortex«. In: *Cerebral Cortex*, 10, 2000, S. 295 - 307.

Walter BENJAMIN: *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit. Drei Studien zur Kunstsoziologie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, 1977 (3.Auflage; 1.Auflage: 1963).

Arnold BENZ: »Das Bild als Bühne der Mustererkennung. Ein Beispiel aus der Astrophysik«. In: Bettina HEINTZ / Jörg HUBER (Hg.): *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten*. Zürich, New York: Institut für Theorie der Gestaltung und Kunst, 2001.

Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: »Die kymocyclographische Methode der Bewegungsuntersuchung« [1928]. In: Emil ABDERHALDEN (Hg.): *Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abteilung V: Methoden zum Studium der Funktionen der einzelnen Organe des tierischen Organismus, Teil 5A, Erste Hälfte: Methoden der Muskel- und Nervenphysiologie*. Berlin: Urban & Schwarzenberg, 1936, S. 629 - 680 [zit. 1928].

Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: »Untersuchung der Körperbewegungen und Körperstellungen im Raum mittels Spiegelaufnahmen« [1930]. In: EUROPEAN JOURNAL OF APPLIED PHYSIOLOGY, 3/ 1930, S. 179 – 206. [zit. 1930]

Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: »The Techniques of the Study of Movements« [1934]. In: Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: *The Co-ordination and Regulation of Movements*. Oxford / London / Edinburgh / New York / Toronto / Sydney / Paris / Braunschweig: Pergamon Press, 1967 [zit. 1934].

Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: »Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation« [1935]. In: Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: *Bewegungsphysiologie*. Hrsg. v. Lothar PICKENHAIN / Günter SCHNABEL. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1975, S. 66 – 98 [zit. 1935].

Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: »Biodynamik der Lokomotionen (Genese, Struktur, Veränderungen)« [1940]. In: Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: *Bewegungsphysiologie*. Hrsg. v. Lothar PICKENHAIN / Günter SCHNABEL. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1975, S. 19 - 65 [zit. 1940].

Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: »Die Koordination der Bewegungen in der Ontogenese« [1947]. In: Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: *Bewegungsphysiologie*. Hrsg. v. Lothar PICKENHAIN / Günter SCHNABEL. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1975, S. 99 – 139 [zit. 1947].

Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: »Wege und Aufgaben der Physiologie der Aktivität« [1961]. Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: *Bewegungsphysiologie*. Hrsg. v. Lothar PICKENHAIN / Günter SCHNABEL. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, S. 177 – 197 [zit. 1961].

Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: »Neue Entwicklungslinien in der Physiologie und Biologie der Aktivität« [1963]. In: Nikolai Alexandrowitsch BERNSTEIN: *Bewegungsphysiologie*. Hrsg. v. Lothar PICKENHAIN / Günter SCHNABEL. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1975, S.198 – 217 [zit. 1963].

Rob Bongaardt / Onno G. Meijer: »Bernsteins' Theory of Movement Behavior: Historical Development and Contemporary Relevance«. In: *Journal of Motor Behavior*, 32/1, 2000, S. 57 - 71.

Robert M. BRAIN / M. Norton WISE: »Muscles and Engines: Indicator Diagrams and Helmholtz's Graphical Methods«. In: Lorenz KRÜGER (Hg.): *Universalgenie Helmholtz. Rückblick nach 100 Jahren*. Berlin: Akademie Verlag, 1994, S. 124 - 145.

Nikolaos V. BOULGOURIS / Dimitrios HATZINAKOS / Konstantinos N. PLATANIOTIS: »Gait Recognition: A challenging signal processing technology for biometric identification«. In: *IEEE Signal Processing Magazine*, 22/6, November 2005, S. 78 - 90.

Marta BRAUN: *Picturing Time. The Work of Etienne-Jules Marey (1830 - 1904)*. Chicago, London: The University of Chicago Press, 1992.

Thomas BRÄUNL (Hg.) / Stefan FEYRER / Wolfgang RAPF / Michael REINHARDT: *Parallel Image Processing*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2001.

Imed BOUCHRIKA / Mark S. NIXON: »Detection and Recognition using Gait for Automated Visual Surveillance«. In: *IEEE International Symposium on Imaging for Crime Detection and Prevention*, London, Juni 2006.

Elsbeth H. BROWN: *The Corporate Eye. Photography and the Rationalization of American Commercial Culture. 1884 - 1929*. Baltimore: The John Hopkins University Press, 2005.

Günther BURRICHTER: »Marey und die Folgen für Kunst und Küche«. In: *Neue Gesellschaft für Bildende Kunst (Hg.): absolut modern sein: zwischen Fahrrad und Fließband. Culture technique in Frankreich 1889 – 1937*. Berlin: Elefant-Press-Verlag, 1986, S. 95 – 106.

Carl von CLAUSEWITZ: *Vom Kriege. Hinterlassenes Werk des Generals Carl von Clausewitz*. Fünfte durchgesehene Auflage. Berlin: Ferdinand Dümmlers Verlagsbuchhandlung, 1905.

Martin CORBETT: »Towards neuroscientific management? Geometric chronophotography and the thin-slicing of the labouring body«. In: *Management & Organizational History*, Vol. 3, Nr. 2, 2008, S. 107 - 125.

Jonathan CRARY: *Aufmerksamkeit. Wahrnehmung und moderne Kultur*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, 2002.

Tim CRESSWELL: *On The Move. Mobility in the Modern Western World*. London / New York: Routledge, 2006.

Scott CURTIS: »Images of Efficiency. The Films of Frank B. Gilbreth«. In: Vinzenz HEDIGER / Patrick VONDERAU (Hg.): *Films that Work. Industrial Film and the Productivity of Media*. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2009, S. 85 - 99.

James E. CUTTING / Lynn T. KOZLOWSKI: »Recognizing friends by their walk: Gait perception without familiarity cues«. In: BULLETIN OF THE PSYCHONOMIC SOCIETY, Vol. 9 (5), 1977, S.353-356.

Antonio R. DAMASIO: *The Feeling of What Happens. Body and Emotion in the Making of Consciousness*. New York / San Diego / London: Harcourt Brace & Company, 1999.

Lorraine DASTON / Peter GALISON: »Das Bild der Objektivität«. In: Peter GEIMER (Hg.): *Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, 2002, S. 29 – 99.

Eden DAVIES: *Beyond Dance. Labans Legacy of Movement Analysis*. New York / Abingdon, Oxon: Routledge, 2001.

DEFENSE ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY (DARPA): *Report to Congress regarding the Terrorism Information Awareness Program. In response to Consolidated Appropriations Resolution, 2003, Pub. L. No. 108-7, Division M, § 111(b). Detailed Information*. URL: http://hp.kairaven.de/files/tia_detailed_info.zip/tia_detailed_info.pdf [Stand: 04.05.2009].

Sven DIERIG: *Wissenschaft in der Maschinenstadt. Emil du Bois-Reymond und seine Laboratorien in Berlin*. Göttingen: Wallstein Verlag, 2006.

Winand H. DITTRICH: »Action categories and the perception of biological motion«. In: Perception, 22, 1993, S. 15 - 22.

Mary Ann DOANE: »Temporality, Storage, Legibility: Freud, Marey, and the Cinema«. In: Janet BERGSTROM (Hg.): *Endless Night. Cinema and Psychoanalysis, Parallel Histories*. Berkeley, CA: University of California Press, 1999, S. 57 – 87.

Daniel G. Dupont: »Seen Before. To guard against terrorism, the Pentagon looks to image-recognition technologies«. In: Scientific American, Dezember, 1999, URL: <http://www.rense.com/politics5/advtech.htm> [Stand: 30.12.2011].

Josef FEIGENBERG: *Wahrscheinlichkeitsprognostizierung im System der zielgerichteten Aktivität*. Butzbach-Griedel: AFRA Verlag, 2000.

Dianne FEINSTEIN: Opening Statement at the Hearing »Biometric Identifiers and the Modern Face of Terror: New Technologies in the Global War on Terrorism« before the Subcommittee on Technology, Terrorism, and Government Information of the Committee on the Judiciary United States Senate, 107th Congress, First Session, November 14, 2001, Serial No. J-107-46A. Washington: U.S. Government Printing Office, 2002, S. 1 - 4. URL: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CHRG-107shrg81678/pdf/CHRG-107shrg81678.pdf> [Stand: 05.10.2011].

Michel FOUCAULT: *Überwachen und Strafen. Die Geburt des Gefängnisses*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1994.

Sigmund FREUD: *Gesammelte Schriften. Zweiter Band. Die Traumdeutung*. Leipzig / Wien / Zürich: Internationaler Psychoanalytischer Verlag, 1925.

Michel FRIZOT: »Geschwindigkeit in der Fotografie. Bewegung und Dauer«. In: Ders. (Hg.): *Neue Geschichte der Fotografie*. Köln: Könemann, 1998, S. 243 – 257. URL: www.flg-online.de/faecher/ku/pdf/Fotografie_19.Jh_XL_K13.pdf [Stand: 13.10.2008].

Kelly A. GATES: *The Past Perfect Promise of Facial Recognition Technology*. Illinois: ACDIS, 2004.

Kelly A. GATES: »Identifying the 9/11 ›faces of terror‹. The promise and problem of facial recognition technology«. In: *Cultural Studies*, 20, 2006, S. 417 - 440.

Kelly A. GATES: *Our biometric future. Facial recognition technology and the culture of surveillance*. New York: New York University Press, 2011.

Sigfried GIEDION: *Die Herrschaft der Mechanisierung. Ein Beitrag zur anonymen Geschichte* [1948]. Hg. v. Henning RITTER. Frankfurt am Main: Athenäum, 1987.

Gerd GIGERENZER: *Bauchentscheidungen. Die Intelligenz des Unbewussten und die Macht der Intuition*. München: Goldmann, 2008.

Frank B. GILBRETH / Lillian M. GILBRETH: *Applied Motion Study. A Collection of Papers on The Efficient Method to Industrial Preparedness*. New York: Sturgis & Walton Company, 1917.

Frank B. GILBRETH / Lillian M. GILBRETH: *Fatigue Study. The Elimination of Humanity's Greatest Unnecessary Waste. A First Step in Motion Study*. New York: The Macmillan Company, 1919 (2. Auflage, 1. Auflage 1916).

Malcolm GLADWELL: *Blink! Die Macht des Moments*. München / Zürich: Piper, 2008.

Michela GOFFREDO / John N. CARTER / Mark S. NIXON: »Front-view Gait Recognition«. In: IEEE Second International Conference on Biometrics: Theory, Applications and Systems (BTAS 08). Washington D.C., 29. September - 1. Oktober 2008.

Hermann von HELMHOLTZ: »Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven«. In: Johannes MÜLLER (Hg.): *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin*. Berlin: Verlag von Veit et Comp., 1850, S.276-364 [zit. 1850a].

Hermann von HELMHOLTZ: »Ueber die Methoden, kleinste Zeittheile zu messen, und ihre Anwendung für physiologische Zwecke«. In: KOENIGSBERGER NATURWISSENSCHAFTLICHE UNTERHALTUNGEN 2, 1850, S.169-189 [zit. 1850b].

Hermann von HELMHOLTZ: »Deuxième note sur la vitesse de propagation de l'agent nerveux: Par M. H. Helmholtz à Königsberg«. Brief an die Pariser Académie des Sciences, an François Arago, 1851. URL: <http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/references?id=lit17612> [Stand: 10.03.2010].

Ismail HARITAOGU / David HARWOOD / Larry S. DAVIS: »W⁴: Who? When? Where? What? A Real Time System for Detecting and Tracking People«. In: 3. International Conference on Face and Gesture Recognition, 14. - 16. April 1998, Nara, Japan.

Ismail HARITAOGU / David HARWOOD / Larry S. DAVIS: »W⁴: Real-time surveillance of people and their activities«. In: IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22/8, 2000, S. 809 - 830.

Hans-Christian von HERRMANN: *Sang der Maschinen. Brechts Medienästhetik*. München: Wilhelm Fink Verlag, 1996.

Hans-Christian von HERRMANN: »Bewegungsschriften – Zum wissenschafts- und medienhistorischen Kontext der Kinetographie Rudolf von Labans um 1930«. In: Söke DINKLA / Martina LEEKER (Hg.): *Tanz und Technologie. Auf dem Weg zu medialen Inszenierungen*. Berlin: Alexander Verlag, 2002, S. 134 - 161.

Hans-Christian von HERRMANN: *Das Archiv der Bühne. Eine Archäologie des Theaters und seiner Wissenschaft*. München: Wilhelm Fink Verlag, 2005.

Ulrike HICK: *Geschichte der optischen Medien*. München: Wilhelm Fink Verlag, 1999.

Florian HOOF: »»The One Best Way«. Bildgebende Verfahren der Ökonomie und die Innovation der Managementtheorie nach 1860«. In: montage/av, Zeitschrift für Theorie und Geschichte audiovisueller Kommunikation, 15. 01. 2006.

Claudia JESCHKE: *Tanz als BewegungsText. Analysen zum Verhältnis von Tanztheater und Gesellschaftstanz (1910-1965)*. Tübingen: Niemeyer, 1999.

Gunnar JOHANSSON: »Visual Perception of biological motion and a model for its analysis«. In: Perception & Psychophysics, 14/2, 1973, S. 201 - 211.

Gunnar JOHANSSON: »Spatio-Temporal Differentiation and Integration in Visual Motion Perception. An Experimental and Theoretical Analysis of Calculus-Like Functions in Visual Data Processing«. In: Psychological Research, 38, 1976, S. 379 - 393.

Gunnar JOHANSSON / Claes von HOFSTEN / Gunnar JANSSON: »Event Perception«. In: Annual Review of Psychology, 31, 1980, S. 27 - 63.

Amit KALE / A. N. RAJAGOPALAN / Aravind SUNDARESAN / Naresh P. CUNTOOR / Amit K. ROY-CHOWDHURY / Volker KRÜGER / Rama CHELLAPPA: »Identification of Humans Using Gait«. In: IEEE Transactions on Image Processing, 13/9, September 2004, S. 1163 - 1173.

Dietmar KAMMERER: *Bilder der Überwachung*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 2008.

Bas KAST: *Wie der Bauch dem Kopf beim Denken hilft. Die Kraft der Intuition*. Frankfurt am Main: Fischer, 2007.

Friedrich KITTLER: »Der Mensch, ein betrunkenen Dorfmusikant«. In: Renate LACHMANN / Stefan RIEGER (Hg.): *Text und Wissen. Technologische und anthropologische Aspekte*. Tübingen: Gunter Narr Verlag, 2003, S.29 – 43.

Wolf KITTLER: *Die Geburt des Partisanen aus dem Geist der Poesie. Heinrich von Kleist und die Strategie der Befreiungskriege*. Freiburg im Breisgau: Rombach, 1987.

Heinrich von KLEIST: »Über das Marionettentheater« [1810]. In: Heinrich von KLEIST: *Über das Marionettentheater. Aufsätze und Anekdoten*. Frankfurt am Main: Insel Verlag, 1980, S. 7 – 16 [zit. 1810a].

Heinrich von KLEIST: »Von der Überlegung. Eine Paradoxe« [1810]. In: Heinrich von KLEIST: *Über das Marionettentheater. Aufsätze und Anekdoten*. Frankfurt am Main: Insel Verlag, 1980, S. 40 – 41 [zit. 1810b].

Heike KNORTZ: »Vom Tanz zum ›industrial rhythm‹. Rudolph von Labans System der Bewegungsanalyse«. In: Reinhold BAUER / James WILLIAMS / Wolfhard WEBER (Hg.): *Technik zwischen Artes und Arts. Festschrift für Hans-Joachim Braun*. Münster: Waxmann, 2008, S. 117 - 132.

Leo KOENIGSBERGER: *Hermann von Helmholtz. Erster Band*. Braunschweig: Vieweg, 1902. Reprint: Thoemmes Continuum International Publishing Group, 2001 [zit. 1902].

Werner KOGGE: »Erschriebene Denkräume. Grammatologie in der Perspektive einer Philosophie der Praxis«. In: Gernot GRUBE / Werner KOGGE / Sybille KRÄMER (Hg.): *Schrift. Kulturtechnik zwischen Auge, Hand und Maschine*. München: Wilhelm Fink Verlag, 2005, S.137 – 169.

Peter KUEMMEL: »Attas Weltsekunde. Geisterfahndung, Rasterbeschwörung: Wie das Bild des Mörders vom Morgen des Anschlags unser Denken verändert«. In: *Die Zeit*, 43/2001, URL: http://www.zeit.de/2001/43/Attas_Weltsekunde [Stand: 04.11.2010].

Karl KUHN: *Handbuch der angewandten Electricitätslehre, mit besonderer Berücksichtigung der theoretischen Grundlagen*. Leipzig: Leopold Voss, 1866.

Julia KURSELL: »Piano Mécanique and Piano Biologique: Nikolai Bernstein's Neurophysiological Study of Piano Touch«. In: *Configurations*, 14/2006, S. 245 - 273.

Rudolf von LABAN: *Choreutik. Grundlagen der Raumharmonielehre des Tanzes*. Wilhelmshaven: Florian Noetzel Verlag, 1991.

Rudolf von LABAN: *Kinetografie – Labanotation. Einführung in die Grundbegriffe der Bewegungs- und Tanzschrift*. Hrsg. v. Claude PERROTTET. Wilhelmshaven: Florian Noetzel Verlag, 1995.

Rudolf von LABAN: *Der moderne Ausdruckstanz in der Erziehung. Eine Einführung in die kreative tänzerische Bewegung als Mittel zur Entfaltung der Persönlichkeit*. Wilhelmshaven: Florian Noetzel Verlag, 2001 (5.Auflage, 1.Auflage 1982).

Rudolf von LABAN: *Kunst der Bewegung*. Wilhelmshaven: Florian Noetzel Verlag, 2003 (3.Auflage, 1.Auflage 1988).

Benjamin LIBET: *Mind Time. Wie das Gehirn Bewusstsein produziert*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 2007.

Alan J. LIPTON: »Local Application of Optic Flow to Analyse Rigid versus Non-Rigid Motion«. ICCV Workshop on Frame-Rate Vision, September, 1999.

Alan J. LIPTON / Hironobu FUIYOSHI / Raju S. PATIL: »Moving Target Classification and Tracking from Real-time Video«. In: Proceedings of the Fourth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, 1998, S. 8 - 14.

Carl LUDWIG: »Beiträge zur Kenntniss des Einflusses der Respirationsbewegungen auf den Blutlauf im Aortensysteme«. In: Johannes MÜLLER (Hg.): *Archiv für Anatomie, Physiologie und Wissenschaftliche Medicin*. Berlin: Verlag von Veit et Comp., 1847, S.242-302.

David LYON (Hg.): *Surveillance as Social Sorting. Privacy, Risk and Digital Discrimination*. London, New York: Routledge, 2003.

Shoshana Amielle MAGNET: *When Biometrics Fail. Gender, Race, and the Technology of Identity*. Durham / London: Duke University Press, 2011.

Laurent MANNONI: »Geburt und Kommerzialisierung der Chronophotographie«. In: Bodo von DEWITZ / Werner NEKES (Hg.): *Ich sehe was, was du nicht siehst! Sehmaschinen und Bilderwelten. Die Sammlung Werner Nekes*. Göttingen: Steidl Verlag, 2002, S. 362 – 377.

Étienne-Jules MAREY: *Du mouvement dans les fonctions de la vie. Leçons faites au Collège de France*. Paris: Germer Baillière, 1868.

Étienne-Jules MAREY: *Animal Mechanism: A Treatise on Terrestrial and Aërial Locomotion*. New York: D. Appleton and Company, 1879.

Étienne-Jules MAREY: *La Méthode graphique dans les sciences expérimentales et particulièrement en physiologie et en médecine*. Paris: G. Masson, 1885 (2.Auflage; 1. Auflage 1878).

Étienne-Jules MAREY: *Movement*. New York: D. Appleton and Company, 1895.

George MATHER / Sophie WEST: »Recognition of animal locomotion from dynamic point-light displays«. In: Perception, 22, 1993, S. 759 - 766.

Vladimir MEDVED: *Measurement of Human Locomotion*. Boca Raton: CRC Press, 2001.

Herbert MEHRTENS: »Bilder der Bewegung – Bewegung der Bilder. Frank B. Gilbreth und die Visualisierungstechniken des Bewegungsstudiums«. In: Horst BREDEKAMP / Gabriele WERNER (Hg.): *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik. Band 1,1. Bilder in Prozessen*. Berlin: Akademie Verlag, 2003, S. 44 - 53.

Eadweard MUYBRIDGE: *Descriptive Zoopraxyography or The Science of Animal Locomotion*. Philadelphia: University of Pennsylvania, 1893.

Eadweard MUYBRIDGE: *Horses and Other Animals in Motion. 45 classic photographic sequences*. New York: Dover Publications, Inc., 1985.

Eadweard MUYBRIDGE: *The Human Figure in Motion. An Electro-Photographic Investigation of Consecutive Phases of Muscular Actions*. London: Chapman & Hall, 1907.

Mark S. NIXON / Alberto S. AGUADO: *Feature Extraction & Image Processing*. London: Academic Press, 2008 (2.Auflage, 1.Auflage 2002).

Mark S. NIXON / John N. CARTER: *Automatic Gait Recognition for Human ID at a Distance. Final Technical Report*. United States Army, European Research Office of the U.S. Army. London, 2004 [zit. 2004a].

Mark S. NIXON / John N. CARTER: »On Gait as Biometric: Progress and Prospects«. In: EUSIPCO. Konferenz Nr. 12, Wien, 2004 [zit. 2004b].

Mark S. NIXON / John N. CARTER: »Automatic Recognition by Gait«. In: Proceedings of the IEEE, 94/11, 2006, S. 2013 - 2024.

Mark S. NIXON / John N. CARTER / D. CUNADO / P. S. HUANG / S. V. STEVENAGE: »Automatic Gait Recognition«. In: Anil K. JAIN / Ruud BOLLE / Sharath PANKANTI (Hg.): *Biometrics. Personal Identification in Networked Society*. Norwell / Dordrecht: Kluwer Academic Publishing, 1999, S. 231 - 250.

Kathryn M. OLESKO / Frederic L. HOLMES: »Experiment, Quantification, and Discovery: Helmholtz's Early Physiological Researches, 1843-50«. In: David CAHAN (Hg.): *Hermann Von Helmholtz and the Foundations of Nineteenth-century Science*. Berkeley: University of California Press, 1993, S.50 - 108.

Lawrence OSBORNE: »Savant for a Day«. In: The New York Times, 22. Juni 2003.

Claus PIAS: *Computer Spiel Welten*. Dissertation an der Bauhaus Universität Weimar, 2000 [zit. 2000a].

Claus PIAS: »'noisy, narrow-band devices' – Prolegomena zur Animationsgeschichte des Computerspiel(er)s«. In: Kai-Uwe HEMKEN (Hg.): *Bilder in Bewegung. Traditionen digitaler Ästhetik*. Köln: Dumont, 2000, S. 222 - 236 [zit. 2000b].

Claus PIAS: »Wie die Arbeit zum Spiel wird. Zur informatischen Verwindung des thermodynamischen Pessimismus«. In: Ulrich BRÖCKLING / Eva HORN (Hg.): *Anthropologie der Arbeit*. Tübingen: Gunter Narr Verlag, 2002, S. 209 - 230.

Marco PICCOLINO: »A ‚Lost Time‘ Between Science and Literature: the ‚Temps Perdu‘ from Hermann von Helmholtz to Marcel Proust«. In: *AUDIOLOGICAL MEDICINE*, 1/4, 2003, S.261-270.

Wolfgang PIRCHER: »Gleichzeitigkeit«. In: Erhard CHOVIKA / Andreas SCHWARCZ / Klaus THIEN (Hg.): *Zeit und Geschichte. Kulturgeschichtliche Perspektiven*. Wien, München: Oldenbourg Verlag, 2002, S.44-58.

John POINDEXTER: »Information Awareness Office Overview«. Rede am DARPAtech 2002 Symposium »Transforming Fantasy« in Anaheim, California, USA vom 30. Juli bis 2. August 2002. URL: http://hp.kairaven.de/files/darpatech2002tias.zip/DARPAtech2002_IAOpindexter.pdf [Stand: 04.05.2009].

Brian PRICE: »Frank an Lillian Gilbreth and the Motion Study Controversy, 1907 – 1930«. In: Daniel NELSON: *A Mental Revolution: Scientific Management since Taylor*. Ohio: The Ohio State University Press, 1992, S. 58 – 76.

Michelle PRICE: »Biometric Diversity. Introducing a host of innovations that use unusual human characteristics to confirm identity«. In: *Information Age. News, analysis & insights for IT & business leaders*, 18. 02. 2008.

Anson RABINBACH: *Motor Mensch. Kraft, Ermüdung und die Ursprünge der Moderne*. Wien: Turia + Kant, 2001.

Stefan RIEGER: *Die Ästhetik des Menschen. Über das Technische in Leben und Kunst*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, 2002 [zit. 2002a].

Stefan RIEGER: »Gehen: Eine Verfehlung. Zur Physiologie der menschlichen Motorik bei Thomas Bernhard«. In: Franziska SCHÖSSLER / Ingeborg VILLINGER: *Politik und Medien bei Thomas Bernhard*. Würzburg: Königshausen & Neumann, 2002, S. 30 - 50 [zit. 2002b],

Stefan RIEGER: »Bär«. In: Benjamin BÜHLER / Stefan RIEGER: *Vom Übertier. Ein Bestiarium des Wissens*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 2006, S.35 - 46 [zit. 2006a].

Stefan RIEGER: »Pferd«. In: Benjamin BÜHLER / Stefan RIEGER: *Vom Übertier. Ein Bestiarium des Wissens*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 2006, S. 175 - 186 [zit. 2006b].

Sverker RUNESON / Gunilla FRYKHOLM: »Visual Perception of Lifted Weight«. In: *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7/4, 1981, S. 733 - 740.

Sverker RUNESON / Gunilla FRYKHOLM: »Kinematic Specification of Dynamics as an Informational Basis for Person-and-Action Perception: Expectation, Gender Recognition, and Deceptive Intention«. In: *Journal of Experimental Psychology: General*, 112/4, 1983, S. 585 - 615.

Henning SCHMIDGEN: »Die Geschwindigkeit von Gefühlen und Gedanken. Die Entwicklung psychophysiologischer Zeitmessungen, 1850-1865.« In: *NTM, Internationale Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin*, Nr. 12, 2004, S. 100 - 115.

Henning SCHMIDGEN: »Leerstellen des Denkens. Die Entdeckung der physiologischen Zeit«. In: Bernhard J. DOTZLER / Henning SCHMIDGEN (Hg.): *Parasiten und Sirenen. Zwischenräume als Orte der materiellen Wissensproduktion*. Bielefeld: transcript Verlag, 2008, S.107-124.

Carl SCHMITT: *Theorie des Partisanen. Zwischenbemerkung zum Begriff des Politischen*. Berlin: Drucker und Humblot, 1995 (4. Auflage, 1.Auflage 1963).

Richard S. SCHULTZ / Ross A. MCFARLAND: »Industrial Psychology in the Soviet Union«. In: *Journal of Applied Psychology*, 19, 1935, S. 265 - 308.

Joel SNYDER: »Sichtbarmachung und Sichtbarkeit«. In: Peter GEIMER (Hg.): *Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, 2002, S. 142 - 167.

Ulla SCHRÄGLE: *Das Tanzmotiv bei Gino Severini, Theo van Doesburg und Man Ray. Drei Positionen der Avantgarde*. LMU-Publikationen, Geschichts- und Kunstwissenschaften, Nr. 8, 2003. URL: http://epub.ub.uni-muenchen.de/513/1/Schraegle_textband.pdf [Stand: 25.11.2009].

Richard D. SEELY / Sina SAMANGOOEI / Lee MIDDLETON / John N. CARTER / Mark S. NIXON: »The University of Southampton Multi-Biometric Tunnel and introducing a novel 3D gait dataset«. In: *IEEE Second International Conference on Biometrics: Theory, Applications and Systems (BTAS 08)*. Washington D.C., 29. September - 1. Oktober 2008.

Gerald TRAUFFETTER: *Intuition. Die Weisheit der Gefühle*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt, 2009.

Nikolaus F. TROJE: »Cat Walk« und Westernheld - Was Bewegung ausdrückt«. In: Rubin, 1, 2003, S. 50 - 56.

Liang WANG / Weiming HU / Tieniu TAN: »Recent Developements in Human Motion Analysis«. In: Pattern Recognition, 36/3, 2003, S. 585 - 601.

Wilhelm WEBER / Eduard WEBER: »Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Eine anatomisch-physiologische Untersuchung« [1836]. In: KÖNIGLICHE GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN ZU GÖTTINGEN (Hg.): *Wilhelm Webers Werke*. Sechster Band. Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Besorgt durch Friedrich MERKEL u. Otto FISCHER. Berlin: Verlag von Julius Springer, 1894, S. 1 – 305 [zit. 1836].

Timothy D. WILSON: *Gestatten, mein Name ist Ich. Das adaptive Unbewusste - eine psychologische Entdeckungsreise*. München / Zürich: Pendo, 2007.

Nils ZURAWSKI (Hg.): *Surveillance Studies. Perspektiven eines Forschungsfeldes*. Opladen / Farmington Hills: Barbara Budrich Verlag, 2007.

Anhang

Dank

Mein Dank gebührt Stefan, Monika und Jochen Bitzer, die mich eines Winterabends auf die Idee zu dieser Arbeit brachten - »aus den Videoüberwachungskameras zur Entdeckung von U-Bahn-Selbstmördern ließe sich doch etwas machen...«; Claus Pias, der dieser anfänglich doch recht vagen Idee spontan zu sagte und die Diplomarbeit auch während meiner langen Schreib- und noch längeren Nicht-Schreibphasen mit steten Vertrauen betreute; Annemarie Komosny für die Hilfe in den schwierigen Zeiten; Stefan Konrad, für die witzigen und geistreichen Gespräche; meinem Vater, Roland Meyer, dafür, dass ich ihn im Zuge dieser Arbeit nach vielen Jahren wieder finden durfte; meinen Großeltern, Rolf und Renate Meyer, für die finanzielle Unterstützung; meiner Schwester, Maria Weissensteiner, für die langen Telefongespräche; und meiner Mutter, Maria Meyer, für die Liebe und das Vertrauen in mich.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Hansjörg Mikesch, vor allem für seine endlose Geduld, mit der er mich liebevoll durch all die Höhen und Tiefen des Schreibprozesses begleitet hat und das, von Anbeginn an. Und Jan für die Freude.

Lebenslauf

Iris Meyer

geboren am 22. 10. 1981 in Hanau, Deutschland

ledig, ein Kind: Jan Mikesch, geboren am 22. 05. 2005

Ausbildung

seit 2002 Bakkalaureatsstudium Medieninformatik an der Technischen Universität Wien

seit 2001 Diplomstudium Philosophie an der Universität Wien

seit 2000 Diplomstudium Publizistik und Kommunikationswissenschaft an der Alpen-Adria-Universität Klagenfurt

1992 - 2000 Besuch des Bundesgymnasiums und Bundesrealgymnasiums Villach, Peraustraße; Matura am 26. 6. 2000

1988 - 1992 Besuch der Erich-Kästner Grundschule in Hanau, Deutschland

Wissenschaftliche Tätigkeiten

2007 - 2012 Tutor für die Lehrveranstaltung Formale Modellierung und Datenmodellierung am Institut für Databases and Artificial Intelligence an der Technischen Universität Wien

2010 - 2011 Studienassistent am Institut für Databases and Artificial Intelligence an der Technischen Universität Wien

2008 Vortrag auf der Hyperkult 13 »Ordnungen des Wissens« vom 3. - 5. 7. 2008 an der Leuphana Universität Lüneburg zum Thema »Micro-Expressions«

Abstract

»Intelligente« Videoüberwachungstechnologien versprechen einen Zeitvorsprung. Bilder sollen nicht mehr bloß »passiv« registriert, sondern »aktiv« interpretiert, Feinde und drohende Gefahren »augenblicklich« erkannt und gesehen werden. Glaubt man Befürwortern dieser neuen Technologien, so lassen sich mittels automatischer Auswertungen von Körperbewegungen künftig Verbrechen und Gewalttaten verhindern, noch bevor sie überhaupt stattgefunden haben. Doch warum sollen gerade Computerprogramme einen Zeitvorsprung ermöglichen? Und warum ist es dazu notwendig, die Bewegungen des Körpers zu analysieren? Mit dem Ziel, dem Zusammenhang zwischen dem modernen Wunsch des Zeitvorsprungs und der Analyse von Körperbewegungen auf die Spur zu kommen, zeichnet die vorliegende Arbeit - ausgehend von den ersten wissenschaftlich-experimentellen Bewegungsanalysen zu Beginn des 19. Jahrhunderts, über die Chronophotographie und Arbeitswissenschaft, bis hin zur (Neuro-)Psychologie - die historische Entwicklung der *smart surveillance* Technologien nach. Dabei wird die These vertreten, dass mit der Möglichkeit, Bewegung zu analysieren, sie in ihrem kontinuierlichen Fluss aufzuzeichnen und »still« zu stellen, gleichzeitig auch die Möglichkeit entstand, manipulierend ins zeitliche Geschehen einzugreifen: je mehr die Bewegung als »bestimm-« und »berechenbar« begriffen wurde, desto stärker schien auch die Zeit, in der sich die Bewegung vollzieht, eine »vorhersehbare« und »im Voraus berechenbare« zu sein.

