



Bachelorarbeit

Studiengang Technische Redaktion und E-Learning Systeme

Konzept bionischer Anwendungen im Lernen

Application of bionicle concepts in learning

Eingereicht von: **Claudia Bergmann**

Matrikel: BTREL

Matrikelnummer: 16868

Erstbetreuer: Prof. Dr. -Ing. Karsten Hartmann

Zweitbetreuer: Prof. Dr. -Ing Monika Trundt

eingereicht am:

Inhaltsverzeichnis

Eigenständigkeitserklärung	1
1 Einleitung	2
2 Was ist Bionik?	3
2.1 Der Begriff Bionik	3
2.2 Wie lernt man von der Natur?	5
2.3 Wieso nutzen wir die Bionik?	7
3 Teilgebiete der Bionik	9
3.1 Strukturbionik	10
3.2 Konstruktionsbionik	11
3.3 Baubionik	12
3.4 Klimabionik	14
3.5 Bewegungsbionik	16
3.6 Sensorbionik	21
3.6.1 Sensorideen aus der Natur	22
3.6.2 Einige Sensorarten	24
3.6.3 Auf Reize reagieren	26
3.7 Anthropobionik	27
3.8 Neurobionik	30
3.8.1 Implantate und Prothesen	31
3.8.2 Hybridtechnologien	34
3.8.3 Natürliche Algorithmen	34
3.9 Gerätebionik	38
3.10 Verfahrensbionik	39
3.11 Evolutionsbionik	41
4 E-Learning Systeme	42
4.1 Regulärer Aufbau eines E-Learning Systems	44
4.2 Arten von E-Learning Systemen	46
4.2.1 Web-based-Training	46
4.2.2 Computer-based-Training	47
4.2.3 Blended - Learning	47
5 Maschinelles Lernen	48
6 Bionische Konzepte im Lernen	50
6.1 Bionik im E-Learning	51
6.1.1 Bionik - Grundlagen im E-Learning	51
6.1.2 Baubionik im E-Learning	53
6.1.3 Bionische Roboter bauen	56

6.1.4 Ergonomisches Gestalten von Maschinen	58
6.1.5 Informationsverarbeitung nach dem Vorbild Mensch	60
6.1.6 Verfahren der Natur	61
6.2 Bionik im maschinellen Lernen	63
7 Fazit	64
Literaturverzeichnis	65
Abbildungsverzeichnis & Bildquellen	68
Tabellenverzeichnis	70

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Thema:

„Konzept bionischer Anwendungen im Lernen“

eigenständig und unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Alle aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form weder einer Prüfungsbehörde vorgelegt noch veröffentlicht.

Claudia Bergmann

Merseburg, den

1 Einleitung

Ich weiß, dass ich nichts weiß.

- Sokrates -

Bionik ist sowohl eine umfangreiche wie auch neue Wissenschaft. Seit gerade einmal einem halben Jahrhundert ist diese junge Wissenschaft genauer beschrieben. Dennoch können wir viel von ihr lernen. Bionik kann eine Lebenseinstellung sein, sie kann ein ethisches Umdenken bewirken und vor allem kann sie die Augen für die Natur öffnen. Dabei ist die Natur das höchste und schützenswerteste Gut, welches der Mensch hat. Sie ist nicht nur Lebensraum und Nahrungsquelle, sondern weist auch einen unerschöpflichen Ideenreichtum auf. Die Bionik ist eine interdisziplinäre Wissenschaft, dass bedeutet, dass viele Wissenschaften ihre Ergebnisse einbringen und damit sehr komplexe Lösungen für viele unserer Probleme gefunden werden können.

Für mich ist dieses Themengebiet nicht nur interessant, sondern auch zukunftsweisend. Die Zerstörung unseres Planeten durch den Menschen ist sehr weit vorgeschritten, auch in diesem Augenblick werden etliche Bäume gefällt und der Lebensraum für viele Mitbewohner dieses Planeten verkleinert. Bionik bedeutet für mich in erster Linie umdenken. Umdenken in eine Zukunft des Planeten die auf gewisse Weise grüner ist. Damit ist nicht gemeint, dass New York voller Bäume stehen soll, viel mehr einige Ideen der Natur aufzunehmen und mit unseren Mitteln, für unsere Bedürfnisse anzupassen. Für mich spricht nichts dagegen, die Idee des totalen Recyclings aufzunehmen, um Mülldeponien zu verkleinern. Ebenso wenig wie Solarenergie nach dem Vorbild von Algen zu gestalten.

Um solche Denkansätze herbeizuführen, muss aber gelernt werden, wie man mit dieser Wissenschaft und ihren Grundsätzen umgeht. Bionik ist keine Naturkopie, sie ist Ideengeber. Dieser Fakt sollte im Bezug auf das Kennenlernen der Bionik mit berücksichtigt werden.

Diese Arbeit teilt sich daher in zwei große Bereiche auf, einerseits werde ich die Bionik in ihren Grundsätzen und Teilgebieten vorstellen, andererseits werde ich Einblicke in das Lernen, mit und über Bionik, geben.

2 Was ist Bionik?

2.1 Der Begriff Bionik

Wo die Natur aufhörte ihre Abbilder zu schaffen, dort beginnt der Mensch aus natürlichen Dingen mit Hilfe der Natur unendliche Bilder zu schaffen

- Leonardo da Vinci -

Der Begriff „Bionik“ wird von dem englischen Wort „bionics“ abgeleitet. Im deutschsprachigen Raum wird häufig vermutet, dass es sich um einen Zusammenschluss der Wörter Biologie und Technik handelt. Diesen Zusammenschluss verhindert allerdings der englische Begriff. Technik wird dort nicht mit dem Wort „technics“ sondern mit „technical science“ übersetzt. Die Endung „-nics“ kann man daher eher mit den Worten „Dinge, die mit belebten Systemen zu tun haben“ ([Nac98]/ S6) übersetzen.

Die Definition ist unabhängig von diesen Wortzusammensetzungen. Bionik ist unumstritten ein Zusammenschluss aus beiden Disziplinen: Biologie und Technischen Wissenschaften.

Eine der ersten Definitionen, die man zu dem Thema Bionik findet, kommt von J.E.Steel. Vom 13. bis 15. September 1960 fand in Dayton/Ohio ein Symposium unter dem Thema „Bionics-Symposium: Living prototypes – the key to new technology“ statt. Auf diesem Symposium sagte der Luftwaffenmajor:

„Wissenschaft von Systemen, deren Funktion auf lebenden Systemen basieren, oder die charakteristischen Eigenschaften lebender Systeme haben, oder diesen ähnlich sind“ ([Jor08]/ S9).

Er zählt damit als Urvater dieses Begriffes. Allerdings geht aus dem Reportsband zu dieser Versammlung nicht hervor, ob Steel das Wort „bionics“ direkt verwendet hat [Nac98].

Wie in Tabelle 1 zu erkennen, sind die Definitionen über die Bionik seitdem sehr vielfältig. Die Meinungen, was genau Bionik ist, unterscheiden sich. Für einige ist Bionik lediglich die Kopie der Natur in die Technik, für andere ist es die Adaption um Neues zu entwickeln.

Daher stellt sich die Frage, welche Entwicklungen tatsächlich zur Bionik gehören. Für einige gehören solche wie z. B. eine elektrische Handprothese, die sich nicht mit Hilfe von Nerven steuern lässt, nicht zum Gebiet der Bionik. Diese Prothesen sollen das genaue Abbild eines vorhandenen biologischen Systems darstellen. Werner Nachtigall sagte dazu: „Die Bionik durchforstet das Reservoir an Konstruktionen und Verfahrensweisen der Natur in Hinblick auf Anregungen für eigenständig-technisches Gestalten. [...] Sie sieht und überträgt zwar die Vorbilder der Natur, kopiert sie aber nicht“ ([Nac98]/ S5). Werner Nachtigall verwendet für exakte Kopien aus der Natur, den Begriff „technische Biologie“. Armin von Gleich definiert Bionik ebenfalls auf diese Weise. „Bionik ist eine Strategie zur Entwicklung technischer Neuerungen nach dem Vorbild der Natur“ ([Gle01]/ S28). Damit sagt

auch er, dass Bionik nicht das exakte Kopieren der Natur oder biologischer Vorgänge ist.

Robert Allen hingegen behauptet, dass Bionik eher für die direkte Nachahmung der Natur steht [All10]. Er widerspricht damit den Herren Nachtigall und von Gleich. Aber auch die erste Definition, die zum Thema Bionik getroffen wurde, stimmt nicht mit ihren Aussagen überein. Denn auch J. E. Steel hat das unveränderte Übernehmen nicht aus der Bionik ausgeschlossen.

Trotz all dieser unterschiedlichen Meinungen, in einem Punkt sind sich alle Forscher einig, Bionik heißt von der Natur lernen.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die verschiedenen Definitionen zum Thema Bionik.

Tabelle 2.1: Definitionen zur Bionik

Urheber	Definitionen	Quellen
J.E.Steel	Wissenschaft von Systemen, deren Funktion auf lebenden Systemen basieren, oder die charakteristischen Eigenschaften lebender Systeme haben, oder diesen ähnlich sind.	[Jor08]/ S9 1960
L.P. Krajzmer	Bionik ist die Wissenschaft, die biologische Prozesse und Methoden mit dem Ziel untersucht, die sich ergebenden Erkenntnisse bei der Vervollkommnung alter und der Schaffung neuer Maschinen und Systeme anzuwenden.	1967 „Bionik eine neue Wissenschaft“ S12
Neumann	Bionik als Wissenschaftsdisziplin befasst sich systematisch mit der technischen Umsetzung und Anwendung von Konstruktionen, Verfahren und Entwicklungsprinzipien biologischer Systeme.	[TAB06]/ S24 1993
Nachtigall	Die Definition von Neumann et al. ergänzt um: Dazu gehören auch Aspekte des Zusammenwirkens belebter und unbelebter Teile und Systeme sowie die wirtschaftlich-technische Anwendung von Organisationskriterien. Bionik betreiben bedeutet Lernen von den Konstruktionen, Verfahren und Entwicklungsprinzipien der Natur für eine positivere Vernetzung von Mensch, Umwelt und Technik.	[TAB06]/ S24 2002
BIOKON e.V.	Entschlüsselung von »Erfindungen der belebten Natur« und ihre innovative Umsetzung in die Technik	Biokon 2013
VDI (Verein deutscher Ingenieure)	Bionik verbindet in interdisziplinärer Zusammenarbeit Biologie und Technik mit dem Ziel durch Abstraktion, Übertragung und Anwendung von Erkenntnissen, die an biologischen Vorbildern gewonnen werden, technische Fragestellungen zu lösen. Biologische Vorbilder im Sinne dieser Definition sind biologische Prozesse, Materialien, Strukturen, Funktionen, Organismen und Erfolgsprinzipien sowie der Prozess der Evolution.	Richtlinie VDI 6220

2.2 Wie lernt man von der Natur?

*Die Hummel hat $0,7\text{ cm}^2$ Flügelfläche und wiegt 1,2 Gramm.
Nach den Gesetzen der Aerodynamik ist es unmöglich, bei diesem Verhältnis zu fliegen.*

- Unbekannt -

Der wichtigste Punkt, um von der Natur zu lernen, heißt verstehen.

Der Traum vom Fliegen war für die Menschheit lange Zeit nur ein Traum. Das exakte Kopieren des Vogelfluges war nicht ausreichend. Erst als der Mensch verstand, wie der Vogel fliegt bzw. wieso er fliegt, war es möglich Flugkörper zu bauen, die nicht nur fliegen konnten, sondern die sich auch steuern ließen.

Dabei beobachtete Leonardo da Vinci bereits den Vogelflug. 1505 veröffentlichte er ein Buch unter dem Namen „Kodex über den Vogelflug“. In diesem Buch beschreibt Leonardo da Vinci nicht nur den Vogelflug, sondern er bringt auch Beispiele dafür, wie man diesen in Nachbauten umsetzen kann. Leonardo da Vinci gilt damit als erster Bioniker überhaupt. Seine Flugmaschinen, die er skizzierte, konnten zwar nicht fliegen, aber die Grundidee war richtig.

Leonardo da Vinci hat damit eine der am meisten benutzten Methoden der Bionik angewandt. Er hat von den *Ergebnissen der Evolution* (Einteilung nach Armin von Gleich) gelernt. In der heutigen Zeit kann man diese Methode wesentlich besser anwenden. Mithilfe von Rasterelektronenmikroskopen oder auch High Speed Kameras sind uns Einblicke in die Natur möglich, die bis vor einigen Jahrzehnten noch nicht möglich waren [Gle07]. Erst durch diese Möglichkeiten wurde dem Menschen z. B. die Chance gegeben, den Lotuseffekt zu verstehen. Aber auch die Haifischhaut oder den Geckofuß haben wir erst mit Hilfe solcher hochauflösenden Geräte verstanden. Während sich Leonardo da Vinci mit dem Vogelflug befasste und versuchte, diesen zu verstehen, hat die High Speed Aufnahme den Wissenschaftlern gezeigt, wie der Insektenflug funktioniert.

Erst dadurch wurde den Wissenschaftlern bewusst, wieso Hummeln überhaupt fliegen können.

Das Abgucken von der Natur ist verhältnismäßig einfach. Auch ist das „Abgucken“ von der Natur mit relativ wenig Zeit verbunden. Diese Punkte sorgen dafür, dass das Lernen von Evolutionsergebnissen am häufigsten angewandt werden. Auch historisch betrachtet, wird diese Methode bereits seit alters her von den Menschen benutzt.

Aber auch das *Lernen vom Evolutionsprozess* ist eine Methode der Bionik. Dieser Schritt ist allerdings wesentlich aufwendiger und schwerer zu verstehen als das „Nachschauen“ der Ergebnisse. Evolutions- und Entwicklungsbiologie, spielen bei dieser Methode eine große Rolle [TAB06]. Häufig werden hierbei Computersimulationen verwendet. Die Abschätzung solcher evolutionären Algorithmen nach ihrer Effizienz und damit ihrer zukünftigen Bedeutung ist allerdings sehr schwierig. Bioanaloge Verfahren lassen sich nicht nur untereinander schwer vergleichen, auch der Vergleich

mit nicht bioanalogen Simulationen ist schwer [Gle07]. Die Frage, wie Strukturen und Funktionen in der Natur entstanden sind, ist trotz dieser Schwierigkeit allerdings von großer Bedeutung [TAB06]. So ist z. B. die Möglichkeit der Entstehung von Knochenstrukturen oder Sinnesorganen sehr reizvoll. Statt nur zu verstehen, wie Sinnesorgane funktionieren, könnte man so auch heraus finden, wieso diese so und nicht anders entstanden sind. Dies wiederum könnte die Neuentwicklung von Materialien auf eine völlig neue Art revolutionieren.

Die dritte und letzte Methode ist das Lernen aus den *Prinzipien der Evolution*. Hier versucht man Erfolgsprinzipien abstrakt darzustellen und umzusetzen. Das bionische Versprechen, Technik ökologischer und risikoärmer zu gestalten, kann hier besonders gut verwirklicht werden. Gerade wenn die neuen Techniken von Leitprinzipien wie Multifunktionalität oder Ressourcenschonung geprägt sind, ist dieses Prinzip versprechend. Aber auch hierarchische Strukturen und Modularität helfen das bionische Versprechen einzuhalten [Gle07].

Ebenso sind Impulse für Verhaltensforschungen möglich [TAB06]. Solche Themen wie Schwarminelligenz oder Schwarmverhalten sind hier besonders interessant.

Immer wieder auftretende Phänomene wie die Robustheit biologischer Systeme oder auch die Resilienz, die die Natur aufweist, sind besonders anstrebenswert. Systeme, die nicht nur lange halten und dazu auch noch störunanfällig sind, sollten für die Schaffung aller künftigen Systeme ein erstrebenswert sein.

Diese drei Methoden treten in einer Forschungsarbeit selten einzeln auf. Häufig werden zwei oder sogar alle drei Methoden miteinander verknüpft, um so das beste Ergebnis zu erzielen. Von der Natur zu lernen, egal auf welche Art und Weise, ist vor allem deshalb so attraktiv, weil die Natur bereits seit Jahrtausenden bzw. Jahr Millionen Erfahrungen sammeln konnte. Der Fakt der evolutionären Erprobtheit ist der ausschlaggebende Punkt um zu sagen: wir wollen aus der Natur lernen. Denn eines steht fest, ineffiziente oder verschwenderische Systeme haben auf Dauer (in der Natur) keinen Bestand.

2.3 Wieso nutzen wir die Bionik?

Alles, was gegen die Natur ist, hat auf die Dauer keinen Bestand.

- Charles Darwin -

Die Vergangenheit hat uns gelehrt, dass naturfremde Technik zur Zerstörung derselben beitragen kann. Beispiele wie Tschernobyl oder auch die Zerstörung der Ozonschicht durch FCKW sind hierfür nur zwei Beispiele. Außer zur Zerstörung unseres Planeten kann die Technik auch zu seinen Gunsten genutzt werden.

Die Bionik zeigt uns dafür einige Wege. Neben der Effizienz, die die Natur aufbringt, ist das Thema Ressourcenschonung zu beachten. Gerade die Energienutzung oder auch der Umgang mit vorhandenen Stoffen und Materialien ist besonders anregend [Gle01]. Um diese Wege umzusetzen, hilft uns die Tatsache, dass in Natur und Technik die gleichen physikalischen Gesetzmäßigkeiten gegeben sind [Lut11].

Aber gleiche Gesetzmäßigkeiten allein sind kein ausreichender Grund, weshalb man aus der Natur lernen sollte. Heutige technische Entwicklungen werden immer komplexer. In einem Entwicklungsteam findet man mittlerweile mehrere Forscher verschiedener Fachrichtungen. Besonders die Gebiete Biologie, Nanotechnologie und Informationstechnik spielen eine immer größere Rolle [Lut11]. Aber auch die Themen Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung werden immer wichtiger bei Neuentwicklungen. Ein weiteres wichtiges Betätigungsfeld ist die Optimierung bereits vorhandener Technik. So ist die bisherige Energiegewinnung durch die Menschheit nicht die Effektivste. Dabei hat doch der Mensch ein hoch effizientes Beispiel stets vor Augen. Er muss gar nicht lange suchen: er selbst ist ein ausgesprochen gutes Kraftwerk. Aus organischem Material elektrische Energie zu gewinnen, ist für uns zwar noch sehr schwer und die Fortschritte auf diesem Gebiet sind sehr gering, dennoch sind wir bereits in der Lage, Roboter zu bauen, die genau dies tun. Der Ecobot, der im Bristol Robotics Laboratory England ([BRL13]/ 18.07.2013) gebaut wird, ist zwar nicht so effektiv wie der Mensch oder aber die meisten anderen Lebewesen auf unserem Planeten. Doch er zeigt einen völlig neuen Weg der Energiegewinnung außerhalb von Verbrennung. Denn dieser Roboter zersetzt mit Hilfe von biochemischen Prozessen und einer Brennstoffzelle Insekten wie Fliegen. Bei diesem Prozess entsteht elektrische Energie [Vid2].

Auch aus Sonnenlicht Energie zu gewinnen, ist keine Erfindung des Menschen mit der Solarzelle. Die Natur gewinnt seit Millionen von Jahren aus Sonnenlicht Energie. Zwar benötigt die Natur keine elektrische Energie und erzeugt daher chemische, aber die Idee ist die gleiche, nämlich aus Sonnenlicht Energie zu gewinnen. Auch wenn die Solarzelle nicht direkt mit einem Blatt vergleichbar ist, kann man dennoch sagen, dass die heutigen Solarzellen effektiver arbeiten als ein Blatt. Allerdings ist ein Blatt auch weniger kompliziert gebaut als eine Solarzelle. Aus diesem Grund ist die Natur in

der Lage sich etwas zu leisten, was der Mensch versucht zu vermeiden [Vid2].

Sie setzt auf Quantität.

Und so stellt sich die Frage, weshalb wir nicht aus der viele Millionen Jahre langen Evolutionsgeschichte der Natur lernen sollten. Der Evolutionsprozess ist teilweise zurück verfolgbar und so zeigt uns die Natur, an welchen Stellen sie verbessert hat. Dabei können die Tricks der Natur von uns aufgenommen werden und sogar effizienter gestaltet werden, als es das Vorbild Natur vermag. Denn wir können eine Vielzahl von Kleinigkeiten aufnehmen und beliebig miteinander kombinieren. Auf diese Weise erhalten wir ein für uns optimales System.

Aber was heißt optimieren? Wenn Forscher von optimieren reden, haben sie im Normalfall ein bestimmtes Ziel im Kopf. Betrachtet man das Beispiel, ein System auf seinen Energieverbrauch hin zu optimieren, hat man das klare Ziel vor Augen, das System soll bei mehr Leistung weniger Energie aufnehmen. Wenn man aber davon redet, dass die Natur etwas optimiert hat, sind solche Ziele nicht gegeben. Es wird nach den Naturgesetzen optimiert. Bisher ist kein Fall bekannt, bei dem man sagen kann, dass nach einer Zielfunktion hin verbessert wurde [Nac10]. Dabei heißt optimieren im Sinne der Natur, Mutation, Rekombination und Selektion. Den Begriff eines optimierten Systems hat demnach der Mensch eingeführt. Nach den von uns gesetzten Rahmenbedingungen und unserem Verständnis sehen wir die Strukturen und Verfahren der Natur häufig als optimiert an. Doch von einem bewussten Optimierungsverfahren sollte man dabei nicht sprechen.

Aber auch im Bereich Marketing und Management ist das Thema Bionik interessant. Denn ein Produkt, das mittels bekannter Prinzipien erklärt wird, wird eher angenommen als etwas völlig Neues und damit Fremdes [Lut11]. Die Verbindung zwischen Neuem und Bekanntem ist für das Marketing eines Produktes sehr wichtig. Wenn man die Wirkungsweise eines Produktes mit Hilfe von Bekanntem erklären kann, fällt es dem Endnutzer leichter dies anzunehmen. Er hat eine stärkere emotionale Bindung zu dem Produkt und genau das ist für erfolgreiche Produkte wichtig [Jor08].

Im Management werden häufig „top-down“ oder „bottom-up“ Lösungen eingesetzt. Für die Zukunft wäre es allerdings sinnvoll, dass auch das Management sich von solchen Strukturen und Methoden löst.

Aber welche Methode sollten stattdessen angewandt werden? Auf diese Frage gibt die Bionik einige Antworten. So ist das Management eines Betriebes dafür verantwortlich, dass bestimmte Ziele und Abläufe einwandfrei funktionieren. Bionik, Kybernetik, Steuerung und Regelung komplexer Systeme (aber auch innerhalb einzelner Körper) geben direkte Vorbilder für die Leitung betrieblicher Abläufe an. Gerade bei der Entwicklung von neuen Strategien kann ein Blick auf die Bionik hilfreich sein [Nac08].

3 Teilgebiete der Bionik

Die Schwärmerei für die Natur kommt von der Unbewohnbarkeit der Städte.

- Berthold Brecht -

Trotz aller Definitionsschwierigkeiten ist Bionik nur ein Oberbegriff. Wie viele Wissenschaften teilt sich auch die Bionik in kleinere Bereiche auf. So nutzen das Bauwesen, die Chemie und Medizin die Bionik gleichermaßen, um für ihren Wirkungsbereich die beste Lösung eigener Probleme zu finden. Aber auch Wirtschaftswissenschaften wie z. B. das Management bedienen sich der Bionik.

Es gibt viele mögliche Unterteilungen für die Bionik. Dieter Neumann gliedert die Bionik in drei Gebiete: Konstruktions-, Verfahrens- und Informationsbionik. Aber auch Bernd Hill und Ekkehard W. Zerbst haben die Bionik aufgeteilt [Jor08]. In dieser Arbeit wird die Unterteilung der Bionik nach Werner Nachtigall betrachtet. Seine Einteilung ist sehr detailliert und für den Zweck dieser Arbeit angemessen.

Im Folgenden werden elf Unterteilungen vorgestellt: Strukturbionik, Konstruktionsbionik, Baubionik, Klimabionik, Bewegungsbionik, Sensorbionik, Anthropobionik, Neurobionik, Gerätebionik, Verfahrensbionik und Evolutionsbionik.

3.1 Strukturbionik

Die Natur braucht sich nicht anzustrengen, bedeutend zu sein. Sie ist es.

- Robert Walser -

Wie der Name dieses Teilgebietes schon sagt, beschäftigt es sich mit Strukturen aus der Natur. Diese werden auf ihre Wirkungsweise hin untersucht, um sie dann in der Technik nutzbar zu machen. Die meisten Strukturen, die man bereits entschlüsselt hat, finden in der Architektur Anwendung. Häufig werden kostengünstige und effektive Primärtragwerke für Bauten gesucht. So wurde das Prinzip der Diatomeenschalen als ideale Dachkonstruktion entdeckt. Diese Schalen erlauben nicht nur eine Einsparung an Gewicht, sondern auch an Material. Aber Einsparungen allein sind nicht alles. So wird auf diese Weise auch versucht, die Steifigkeit von solchen Konstruktionen zu verbessern. Auch die Interaktion zwischen Tragwerk und Belastung soll verbessert werden [Tro05]. So war der Kristallpalast in London ein bionischer Bau gewesen. Der Konstruktion aus Stahl und Glas diente die Victoria Amazonica, eine Riesenseerose, als Vorbild [Tro05].

Aber nicht nur bei großen Bauten wird die Strukturbionik genutzt, auch in ganz kleinen Bereichen. Jahrelang ging man in der Physik davon aus, dass eine glatte Oberfläche automatisch auch sauber bedeutet. Aber der Botaniker Wilhelm Bartholtt zeigte in den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts, dass die Oberfläche des nahezu immer sauberen Lotusblattes, alles andere als glatt ist [Rüt08]. Selbst die Funktion des Gecko - Fußes überraschte die Wissenschaftler. Ging man lange Zeit davon aus, dass der Gecko bzw. andere Echsen das Prinzip von Saugnäpfen nutzen, so stellte man mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskop fest, dass dem ganz und gar nicht so ist. Man fand hierbei heraus, dass unter dem Gecko - Fuß Billionen von Härchen, sogenannten Spatulae, sitzen. Mit Hilfe dieser Härchen und den Van-der-Waals Kräften hält sich der Gecko an der Wand, oder auch unter der Decke [Rüt08].

Die Strukturbionik beschäftigt sich also nicht nur mit sehr großen Strukturen, sondern auch mit Strukturen aus dem Nanobereich.

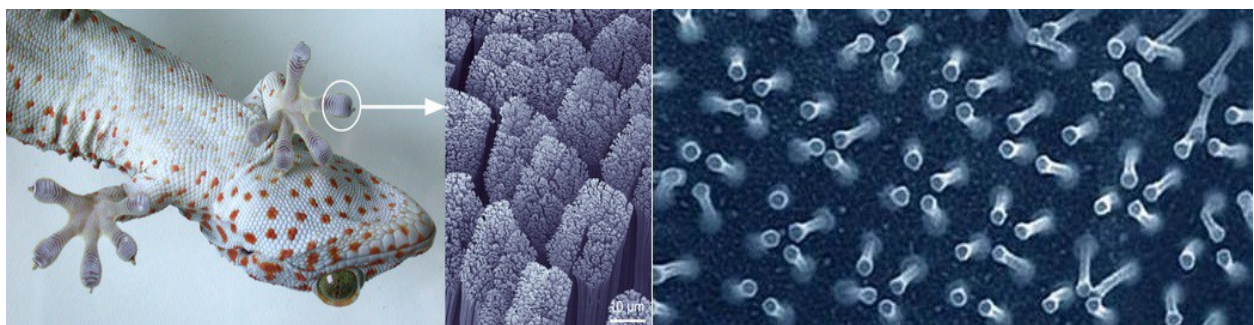


Abbildung 3.1: Vergleich Gecko - Fuß und das "Geckotape"

3.2 Konstruktionsbionik

In der ganzen Natur ist kein Lehrplatz, lauter Meisterstücke.

- Johann Peter Hebel -

Bei diesem Teilgebiet der Bionik werden Konstruktionselemente auf biologische Lösungen hin untersucht. Dies bedeutet, dass sowohl ganze Konstruktionen wie auch Teilkonstruktionen begutachtet und auf ihre Funktionalität überprüft werden. Dabei beschäftigt sich die Konstruktionsbionik mit der Interaktion von Elementen. Viele Bauteile in der Natur unterliegen einem hohen Grad an Integration [Jor08]. Das bedeutet, dass die wenigsten Bauteile in der Natur nur einer Funktion unterliegen. Schaut man sich das Beispiel „Baum“ an, so kann man erkennen, dass das Holz für einen Baum mehrere Funktionen übernimmt. Neben der allgemeinen Tragefunktion dient es auch dem Wassertransport. Die Äste, die ebenso stabil wie elastisch sind, tragen nicht nur das Blattwerk, sondern auch die Samen, und sind gegen Wind weitgehend widerstandsfähig.

Aber nicht nur von den Bäumen kann man lernen, auch von den einzelnen Teilen eines Gesamtstruktes. So wurde die Idee für den ersten Fallschirm von den Pflanzensamen des Wiesenbockbarts abgeschaut [Nac08]. Derartige Beispiele findet man in der Geschichte der Erfindungen der Menschheit sehr häufig, der Klettverschluss z. B. ist ebenso eine bionische Entwicklung wie der Stacheldrahtzaun.



Abbildung 3.2: Vergleich Osagedorn und Stacheldraht

Der Farmer Henry Rose stellte fest, dass sich Weidetiere durch das Pflanzen des Osagedorns davon abhalten lassen, die Weide zu verlassen. Nach dieser Erkenntnis entstand die Idee einer transportablen Hecke. Anfangs war es nur ein Holzzaun, der mit Drahtspitzen versehen war. Das Patent zu dieser Erfindung wurde jedoch Joseph Glidden zugesprochen, welcher mit seiner Frau erfolgreich an einer leichteren Variante dieses Holzzaunes arbeitete [Rüt08].

3.3 Baubionik

Unendlich spät haben wir an eine technische Umsetzung gedacht.

- Wilhelm Bartholt -

In die Baubionik fließen Entdeckungen aus der Struktur- und Konstruktionsbionik ein. Vorrangig versucht man in der Baubionik sich auf natürliche Materialien zu besinnen. Materialien wie Holz, Ton und Lehm werden nicht nur in der Natur genutzt, sondern auch vom Menschen seit Jahrhunderten verwendet. Gerade für den Leichtbau ist die Baubionik äußerst interessant [Nac98].

Durch die Zusammenarbeit von Struktur-, Konstruktions- und Baubionik entstehen nicht nur Bauten die ökologisch oder in ihrer Strukturfunktionalität sehr hochwertig sind, sondern auch von einem hohen ästhetischen Wert sind. Bauwerke, die mit Hilfe von Struktur- und Konstruktionsbionik entstanden sind, zeichnen sich durch minimalen Materialaufwand, hohe Energieeffizienz und hohe Stabilität aus. Auch versucht man durch die Vermischung einzelner Teilgebiete möglichst effiziente Verbundmaterialien herzustellen und zur Anwendung zu bringen. Verbundmaterialien haben verschiedene Eigenschaften. Perlmutter z. B. ist sehr fest, aber im Vergleich zu Stahl auch sehr leicht. Es besteht hauptsächlich aus Kalk, zusätzlich lassen sich Eiweiß und Chitin finden. Das Material allein ist aber kein Garant für Stabilität, die Struktur, welche sich aus vielen kleinen Kalkplättchen zusammensetzt, gibt diesem Stoff seine enorme Widerstandsfähigkeit.

Ein weiteres Beispiel für die Anwendung der Baubionik zeigte eine Zeltkonstruktion von Otto Frei bereits im Jahr 1967. Der deutsche Pavillon auf der Expo in Montreal wurde nach dem Vorbild des Spinnennetzes entworfen. Er verwendete dabei Vorspanneffekte und mehrdimensional verformte Flächen, wodurch eine enorme Stabilität entstand [Tro05]. Aber nicht nur für Zeltkonstruktionen, auch für leichte Flächentragwerke entwickelte Frei verzweigte Stützen. Diese Stützen wurden den Bäumen abgeschaut. Dabei hat Frei nicht die Funktion des Baumes übernommen, sondern lediglich seine Struktur. Otto Frei stellte fest, dass die auslagernde Konstruktion des Baumes sich sehr gut eignet, um leichte Tragflächen zu halten. Nach diesem Prinzip konstruierte er dann unter anderem die Umsteigehaltestelle „Münchner Freiheit“.



Abbildung 3.3: Vergleich Spinnennetz und Zeltkonstruktion auf der Expo 1967

a Nationalstadion Peking

Betrachtet man das Nationalstadion Peking, könnte man vermuten, dass dieser Bau ein bionischer Bau ist. Zwar trägt das Stadion den Beinamen „Vogelnest“ und sieht auf den ersten Blick auch aus wie ein Vogelnest, aber genau da liegt das Problem. Es sieht nur so aus.



Abbildung 3.4: Vergleich ein Vogelnest und das Nationalstadion Peking

Betrachtet man die bisher erwähnten Fakten, fallen gleich mehrere Dinge auf. Erstens wurde das Prinzip eines Vogelnestes nicht übernommen. Vogelnester müssen vor allem sehr leicht sein, und sie bestehen aus kleinen Zweigen, Erde, Speichel und kleineren Blättern. Das Konstruktionsprinzip wurde also weder erfasst noch umgesetzt.

Zweitens ist das Stadion ein massiver Stahlkollos, von Leichtbau kann hier also nicht die Rede sein. Die Möglichkeit, Verbundmaterialien einzusetzen, ist hier ebenfalls nicht gegeben.

In den Bau des Nationalstadions Peking sind keinerlei bionische Aspekte eingeflossen. Der Bau zielt lediglich auf die Ästhetik und nicht auf die Umsetzung vorhandener bionischer Erkenntnisse.

3.4 Klimabionik

Prüfet und behaltet das Beste.

- Hermann Gruson -

In der heutigen Gesellschaft bauen wir Häuser, die immer größer und immer spektakulärer werden. Aber gerade beim Punkt „Klima“ bringt uns das immer wieder an unsere Grenzen. Ein Haus im Winter zu beheizen und im Sommer zu kühlen, bedeutet einen enormen Energieaufwand.

Für dieses Problem bietet uns die Klimabionik einige Lösungen. Schwerpunkte dieses Gebietes sind also vor allem Heizung und Kühlung, aber auch die passive Belüftung solcher Bauten. Dabei werden nicht nur Naturbauten untersucht, sondern auch einfache menschliche Behausungen. So wurde Lehm schon vor hunderten von Jahren aufgrund seiner wärme- und feuchtigkeitsspeichernden Eigenschaften verwendet. Auch Kalkstein hat eine ähnliche Wirkung wie Lehm. Außerdem wurden Bauten schon vor langer Zeit in das Erdreich versenkt [Rüt08].

Mit Hilfe der Klimabionik lässt sich dabei einiges an Energie und Kosten sparen. Das bedeutet, dass die Nutzung von teuren Klimaanlage reduziert werden kann. Werner Nachtigall gibt dabei an, dass im Sommer bis zu 80 Prozent für Kühlung und im Winter zwischen 40 – 60 Prozent für Heizung an Energie eingespart werden können [Nac98].

Eine Möglichkeit, solche Einsparungen zu erreichen, geschieht mit Hilfe der Sonne. Einige Termiten z. B. bauen ihre Hügel von Nord nach Süd. Von Ost nach West sind diese Bauten sehr schmal und wirken daher wie eine Mauer. Für diese Bauweise gibt es eine einfache Erklärung, wenn die Sonne im Osten aufgeht, wird der Bau aufgewärmt. Tagsüber wird nur ein kleiner Teil des Hügels bestrahlt, erst wieder abends, wenn die Sonne im Westen untergeht, „tankt“ der Bau erneut Wärme. Übernimmt man diese Bauvariante, so bringt das besonders in den warmen Regionen unseres Planeten erhebliche Vorteile. Die Bauten werden tagsüber kaum erwärmt und müssen demnach nicht stark gekühlt werden. Setzt man dann auch noch Lehm als Dämmmaterial oder gar für den gesamten Bau ein, herrscht den gesamten Tag über eine angenehme Temperatur im Gebäude [Rüt08].

Neben den Faktoren Heizung bzw. Kühlung hilft auch eine effiziente Belüftung Energiekosten zu sparen und ein angenehmes Klima zu schaffen. In der iranischen Architektur findet man häufig sogenannte Windtürme, den Badgir. Diese Türme arbeiten nach dem einfachen Prinzip des Druckausgleichs. Wenn am oberen Ende des Turmes ein Windstoß entsteht, setzt eine Sogwirkung ein. Mittels Sog wird die wärmere Luft aus dem Gebäude gezogen. Auch eine Belüftung über poröse oder faserige Materialien ist möglich. Beim Bau des „Arabian Tower“ (Burj Al Arab) wurde auf genau so eine Variante zurückgegriffen. Ein Teil der Fassade besteht aus Glasfasergewebe, welches nicht nur licht- sondern auch luftdurchlässig ist. Dadurch herrscht stets ein angenehmes Klima.



Abbildung 3.5: ein Termitenhügel und der Burj Al Arab

Die Klimabionik ist sehr eng mit der Baubionik verknüpfbar. Ein Gebäude, das nach bionischen Prinzipien gebaut wurde, sollte ebenso die Klimabionik mit einbeziehen. Der Grundsatz der Bionik sollte mithelfen, die Ingenieurwissenschaften ökologischer zu gestalten und vor allem beim Bau unserer Häuser mit einbezogen werden.

3.5 Bewegungsbionik

Die Körper wären nicht schön, wenn sie sich nicht bewegten.

- Johannes Kepler -

Laufen, fliegen, schwimmen: das sind die drei Grundbewegungen, mit denen sich die Bewegungsbionik beschäftigt. Dabei spielen Biologie und Medizin eine wichtige Rolle für den Erkenntnisprozess, der hauptsächlich in der Robotik zum Einsatz kommt. Natürlich geht es der Biologie bzw. der Medizin nicht um den Bau von Robotern, sondern viel mehr um die Diagnose und Heilung von Erkrankungen der Bewegungsapparate. Dennoch kann die Bionik sich diese Erkenntnisse zu nutze machen [Tro05].

Für das Schwimmen und Fliegen gelten ähnliche Gesetzmäßigkeiten. Sowohl beim Fliegen als auch beim Schwimmen muss Auftrieb erzeugt werden. Hierbei gibt es zwei verschiedene Varianten. Dabei ist der Auftrieb eine Kraft, die entgegen der Schwerkraft wirkt. Der statische Auftrieb wird durch Verdrängung erzeugt. In Gasen und Flüssigkeiten werden dafür Stoffe verwendet, die eine geringere Dichte aufweisen. So fliegen Heißluftballons mit wärmerer Luft als die, der Umgebung, und Schiffe schwimmen ebenfalls mit Hilfe von Luft. Entgegen des statischen Auftriebs, in dem sich hauptsächlich starre Körper bewegen, bewegt sich bei dem dynamischen Auftrieb das Objekt relativ zum Gas oder der Flüssigkeit.

Ebenfalls darf die Reynoldszahl nicht vergessen werden. Diese gibt das Verhalten zwischen Körper und Strömung an, ist dabei aber einheitslos. Es gilt die Regel, je kleiner ein Objekt desto zäher ist das Medium, welches es umgibt, allerdings, je größer ein Objekt ist, um so intensiver gelten die Gesetze der Strömungsmechanik. Daher verhält sich Luft für eine Fruchtfliege wie Öl, während ein Vogel sie wie der Mensch wahrnehmen kann [Vid2].

Für viele Tiere unseres Planeten ist Schwimmen die einzige Möglichkeit sich fortzubewegen. Dabei muss sowohl ein Auftrieb wie auch ein Vortrieb erzeugt werden. Aber auch der Strömungswiderstand muss so gering wie möglich sein, um bei geringem Energieaufwand die möglichst beste Leistung zu erreichen. Dabei ist der Strömungswiderstandskoeffizient (cw-Wert) nicht von der Größe eines Objektes abhängig, sondern lediglich von seiner Form. Wissenschaftler fanden heraus, dass eine Spindel einen idealen cw-Wert besitzt [Rüt08].



Abbildung 3.6: Spindelform mit Stromlinien

Viele im Wasser lebende Tiere besitzen annähernd solch eine Form, aber es gibt auch Ausnahmen. So ist der Kofferfisch eher kantig und erscheint auf den ersten Blick sehr unbeholfen. Allerdings beweist er genau das Gegenteil, er ist schnell und wendig. Die Frage nach dem Warum, konnten Forscher hier sehr schnell beantworten. An den Kanten des Kofferfisches entstehen kleine Wirbel, diese sorgen für Stabilität und dafür, dass der Kofferfisch auf einen unglaublichen cw-Wert von ca. 0.06 kommt. Da dieser kleine Fisch eine ähnliche Form hat, wie die meisten Kraftfahrzeuge, wurde er auch als Vorbild für ein „Bionnicar“ verwendet. Dieses Bionnicar hat einen um 65 Prozent reduzierten Luftwiderstand (verglichen mit anderen KFZ seiner Klasse). Weniger Luftwiderstand bedeutet weniger Spritverbrauch [Vid2].



Abbildung 3.7: Konzeptfahrzeug "Bionnicar"

Der Strömungswiderstand ist dabei allerdings nur ein Faktor. Eine wichtige Rolle spielt auch der Reibungswiderstand. Einige Tiere haben sich dafür etwas besonderes einfallen lassen. So besteht die Haut eines Haies aus einzigartigen Schuppen, die in ihrer Mittellinie eine erhöhte Kerbe besitzen, womit sie eine Verwirblung erzeugen. Dadurch wird der Reibungswiderstand verringert und der Hai kann sehr hohe Geschwindigkeiten erreichen [Rüt08]. Das Prinzip der Haihaut wurde auf eine Folie übertragen. Diese Folie verringert, aufgetragen auf den Flugzeugrumpf, den Kerosinverbrauch um 2 Prozent. Allerdings ist der enorme Zeitaufwand für das Auftragen ein riesiger Nachteil. Auch, dass die Folie bei jeder Wartung abgezogen und anschließend neu aufgetragen werden muss, ist nachteilig und macht ihren Einsatz unrentabel. Dennoch versucht man die Haihaut auf den Flugzeugrumpf zu übertragen, offen ist nur die Frage nach welcher Methode. So wäre das Einfräsen oder Einritzen eine Möglichkeit.

Diese Erkenntnisse finden in vielen Bereichen ihren Einsatz. Die Bundeswehr nutzt sie z. B. für Über- und Unterwasserfahrzeuge, bei der Räumung von Minen [TAB11].

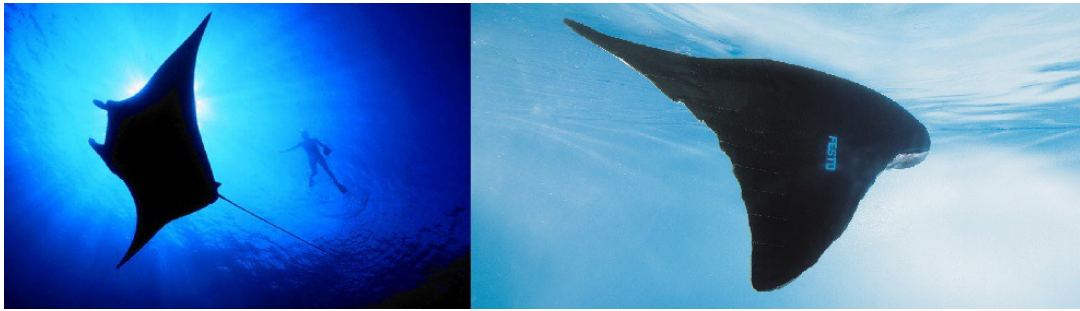


Abbildung 3.8: Ein Rochen und seine technische Umsetzung Namens "Aqua Ray"

In den letzten Jahren entstanden aber auch etliche Nachbildungen von Tieren. Die jedoch keine Kopien sind, sie verwenden verschiedene Antriebe und Sensoren, die das Original nicht besitzt [Fes13a].

Fliegen ist nicht nur ein Traum der Menschheit, sondern für viele Tiere ihre alltägliche Fortbewegungsart. Ein Vogel erzeugt seinen Auftrieb mit Hilfe von Druckunterschieden. Durch seine Bewegung erzeugt er einen Luftwirbel um seine Flügel herum. Die Luft über dem Flügel bewegt sich langsamer als die Luft unter ihm, wodurch ein Auftrieb entsteht. Schon Otto Lilienthal stellte fest, dass die Form der Flügel ausschlaggebend für den Flug an sich ist. Die Tiere steuern ihren Flug durch das Verdrehen ihrer Flügel. Dieses Prinzip wollten auch die Gebrüder Wright übernehmen, allerdings mussten sie feststellen, dass ihre Flugkörper für sie nicht steuerbar sind. Letztendlich legten sie sich auf starre Flügel fest. Heute existieren wieder einige Flugmodelle mit beweglichen Flügeln, sogenannte Ornithopter.

Die Steuerung erweist sich allerdings nach wie vor als sehr schwierig. Nicht die Bewegung der Flügel ist das Problem, viel mehr die so erreichte Geschwindigkeit. Hohe Geschwindigkeiten aber verlangen auch eine kurze Reaktionszeit, die für den Menschen nur mit viel Übung machbar ist.

Im Unterschied zu Vögeln, die ihre Flügel nur für eine auf und ab Bewegung nutzen, verwenden Insekten die Form einer acht. Damit müssen sie ihren Auftrieb ein wenig anders erzeugen als die Vögel. Erst durch aufwendige Tests wurde den Wissenschaftlern klar, wie Insekten fliegen. Durch ihren Flügelschlag erzeugen sie ebenfalls einen Auftrieb, allerdings nicht mit Windwirbeln um ihre Flügel, sondern mit Wirbeln an und unter ihren Flügeln. Der Großteil des Auftriebs wird allerdings von einer Verwirblung an der Flügelvorderkante erzeugt. Dieser Wirbel haftet regelrecht am Flügel.

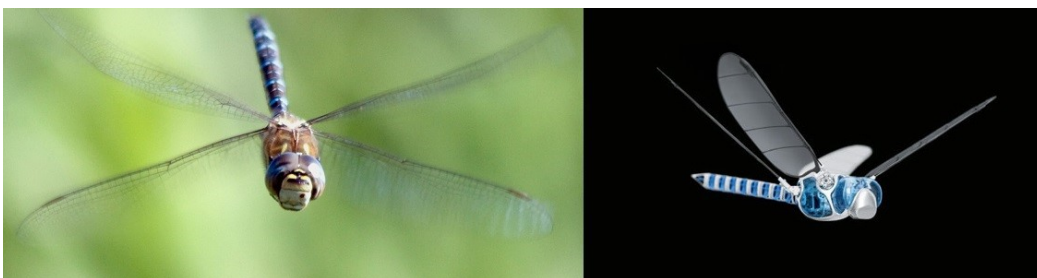


Abbildung 3.9: Eine Libelle und ihr Flugtechnisches Ebenbild

Die ersten fliegenden Sonden wurden bereits nach dem Vorbild der Insekten gestaltet. Diese Flugkörper sind zwar noch ferngesteuert, eignen sich aber aufgrund ihrer Größe und ihrer Wendigkeit zum Einsatz in engen Räumen, die für den Menschen nicht begehbar sind [Vid2].

Die Hauptbewegungsart für viele Tiere und den Menschen ist jedoch das Laufen. Dabei gibt es zwei Gangarten, den statisch stabilen und den dynamisch stabilen Gang. Der statisch stabile Gang zeichnet sich dadurch aus, dass immer mindestens drei Füße den Boden berühren. Diese Gangart kommt demnach bei Tieren vor, die mindestens vier oder sechs Beine besitzen. Der dynamisch stabile Gang hingegen setzt voraus, dass weniger als drei Füße den Boden berühren. Diese Gangart kommt also bei allen Lebewesen vor, die auf zwei Beinen laufen.

Schaut man sich Roboter an, sieht ihre Bewegung häufig ruckartig aus. Einen Gang, egal ob auf zwei, vier oder sechs Beinen, nachzuahmen, ist äußerst umständlich. Allein ein einziger Schritt ist das Zusammenspiel von Muskeln, Gelenken, Knochen, Nerven, Sehnen und Sinnesorganen. Während ein künstlicher Schritt mit sehr genauen Stellgliedern und Positionierungen vonstattengeht, werden bei Tieren und Menschen die Muskeln beim Auftreffen auf den Kontaktpunkt nachgestellt. Funktioniert diese Nachstellung temporär nicht, äußert sich dies häufig als stolpern. ([BIZ13]/01.07.2013)

Viele Roboter laufen nicht, sie bewegen sich mit Hilfe von Rollen oder Rädern. Gründe für die Benutzung von Rädern sind die wesentlich einfachere Ansteuerung und der geringere Energieaufwand. Das ist ein Grund, weshalb einige behaupten, die Natur wäre nicht intelligent genug, um auf diese Idee zu kommen. Räder sind jedoch nicht für jeden Untergrund geschaffen. In unwegsamem Gelände erreichen Roboter auf Rädern schnell ihre Grenzen [Rüt08].

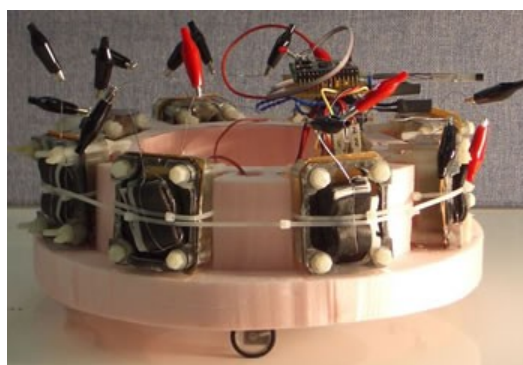


Abbildung 3.10: Ecobot II auf Rädern

Um diese Grenzen zu überwinden, haben Wissenschaftler sich die Stabheuschrecke zum Vorbild genommen. Anders als beim Menschen werden die Beine der Schrecke nicht von einem zentralen Nervensystem gesteuert, sondern sie haben einen Informationsfluss untereinander. So wird die Information von einem Hindernis nicht durch das Gehirn weitergegeben, sondern vom vorhergehenden Bein. Diese dezentrale Steuerung haben sich Wissenschaftler für die Erschaffung des klei-

nen Roboters namens „Lauron“ zunutze gemacht ([Lau13]/15.08.2013). Der sechsbeinige Gang, wie ihn „Lauron“ nutzt, ist im Vergleich zum zweibeinigen Gang des Menschen, relativ einfach zu gestalten.



Abbildung 3.11: Eine Stabheuschrecke und der Laufroboter "Lauron"

Schaut man sich den Gang des Menschen an, so ist dieser sehr komplex. Der Schwerpunkt des Menschen liegt etwa in seiner Körpermitte, wodurch er bei jedem Schritt aus dem Gleichgewicht gerät und regelrecht nach vorne fällt. Dies zu imitieren ist äußerst schwer. Der Laufroboter „Asimo“, welcher der bekannteste humanoide Roboter der Welt ist, hat eine Entstehungsgeschichte von über 25 Jahren. In dieser Zeit analysierte man, probierte aus, aber er fiel immer wieder hin. Der erste halbwegs stabile Gang konnte erst 1996 gezeigt werden.



Abbildung 3.12: Asimo mit seiner Vorgängerfamilie

Zu dieser Zeit stellte man den „P2“ vor. Der „P2“ ist einer der Vorgänger des berühmten „Asimo“ und hatte seinerseits bereits acht Vorgänger verteilt auf zehn Jahre ([Asi13]/ 15.08.2013).

3.6 Sensorbionik

Kaum verloren wir das Ziel aus den Augen, verdoppelten wir unsere Anstrengungen.

- Mark Twain-

Sensoren sind nicht nur für den Menschen überlebenswichtig, sondern ebenfalls für Roboter. Besonders für autonome Roboter, die sich in ihrer Umwelt selbstständig zurechtfinden müssen, sind Sensoren unersetzlich.

Dabei gibt es sehr einfache Sensoren, aber auch ebenso komplizierte. Dennoch haben Sensoren alle ein und dieselbe Aufgabe: Veränderungen in der Umgebung wahrzunehmen. Dabei untersucht die Sensorbionik Mechanismen zur Aufnahme, Speicherung und Verarbeitung von Informationen. Die meisten Sensoren haben dabei ein natürliches Vorbild. Alles, was in der Natur wahrgenommen werden muss, wird mehr oder weniger von Tieren aufgenommen und verarbeitet. Dabei unterscheidet sich nicht nur die Intensität der Sensoren, sondern auch die Art. In der nachfolgenden Tabelle werden einige natürliche Sensoren vorgestellt [Rüt08].

Tabelle 3.1: natürliche Sensoren und ihre Eigenschaften

Sensor	Mensch	Tier	Zweck
Auge	Wahrnehmung zwischen 400 – 750 Nanometern (entspricht den Regenbogenfarben)	Wahrnehmung von UV-Licht (unter 400nm) und Wärme-Strahlung (über 750nm)	Wahrnehmung von reflektiertem Licht oder Wärme
Ohr	Hörbarer Bereich zwischen 20 – 20000 Hz	Fledermäuse: 1000 – 12000Hz Elefanten hören im Infraschall, Frequenzen unter 16Hz	Wahrnehmung von Geräuschen und Kommunikation
Tasthaare	Beim Menschen nicht vorhanden	z. B. bei Seehunden: nehmen durch ca. 15000 Nervenzellen kleinste Vibrationen wahr	Orientierung, Wahrnehmung von Feinden oder Beutetieren

Die Technik ist heute in der Lage fast jeden natürlichen Sensor äquivalent oder exakt nachzubilden. In der Robotik nutzen wir heute drei Sensorkategorien: interne, externe und Oberflächen Sensoren. Dabei messen interne Sensoren die Zustandsgrößen des Roboters. Dazu zählen z. B. Batteriezustand, Temperatur des Roboters, Motorstrom. Das Erfassen von Umwelteigenschaften unterliegt externen Sensoren, das heißt, dass Licht, Schall, Kollision und Ähnliches über Sensoren gemessen werden. Dabei gilt, dass die gemessenen Werte in einem sinnvollen Zusammenhang zu den vorliegenden Umweltfaktoren passen müssen. Nimmt ein Sensor in seiner Umgebung eine Kollision wahr,

während der Ultraschallsensor keine Gegenstände registriert, muss von einer Fehlmessung einer der Sensoren ausgegangen werden. Zu den Oberflächensensoren zählen z. B. die Tastsensoren [Hau07].

3.6.1 Sensorideen aus der Natur

Der Mensch ist bestrebt, immer wieder Neues zu entdecken, zu verstehen und umzusetzen. Einige Hochleistungssensoren innerhalb der Natur sind aus Sicht der Technik bis heute noch unerreichbar.

So kann ein Seehund sich im trüben Wasser nicht nur zurechtfinden, sondern hier auch jagen. Er verlässt sich dabei nicht auf seine Augen, sondern auf die Tasthaare. Dabei nimmt er mit seinen rund 100 Barthaaren, auch Vibrissen genannt, kleinste Vibrationen im Wasser wahr. Natürlich besitzen die Haare selbst keine Nerven, sie bestehen wie alle Haare von Säugetieren aus Keratin. Die eigentliche Arbeit übernimmt hier der Haarbalg. In einem Haarbalg, welcher mit Blut gefüllt ist, befinden sich ca. 1500 Nervenenden. Schon der kleinste Wirbel versetzt die Vibrisse in Bewegung, welche wiederum das Blut im Haarbalg bewegt, was nun von den Nervenenden registriert wird. Das bedeutet, der Seehund nimmt jede hydrodynamische Spur in seiner Umgebung auf. Damit er dabei nicht die eigenen Bewegungen irrtümlich registriert, sind seine Vibrissen nicht rund, sondern abgeflacht und wellenförmig. Diese Art von Sensorik wollen Wissenschaftler nun für den Bau eines künstlichen Sensors nutzen. Für die Erforschung fremder Gebiete, egal ob Tiefsee oder fremder Planet, könnte ein Sensor nach dem Vorbild der Vibrissen des Seehundes eine gute Ergänzung zu herkömmlichen Sensoren sein. Ein solcher Sensor kann dann z. B. bei der Wartung von Pipelines effektiv eingesetzt werden [Rüt08].



Abbildung 3.13: Vibrissen des Seehundes

Die Nutzung des Feuers bedeutete für die Menschheit Entwicklung, Herauslösung aus dem Tierreich und dennoch stellt es bis heute eine große Gefahr dar. Immer wieder zerstören riesige Flächen- oder Waldbrände menschliches Leben und seine Errungenschaften. Um so wichtiger ist es, einen Brand schnell zu erkennen und zu bekämpfen. Der schwarze Feuerprachtkäfer zeigt in dieser Hinsicht Erstaunliches. 1924 flog ein ganzer Schwarm dieser Käfer zu einem brennenden Öltanklager und das, obwohl der nächst gelegende Wald rund 80 Kilometer entfernt war ([Cae13]/21.08.2013).

Aber warum fliegt der Käfer überhaupt zum Feuer, wie nimmt er es auf so eine enorme Distanz wahr? Die Suche nach der Antwort auf diese Frage beschäftigt die Forscher bereits seit Jahren. Weshalb der schwarze Kiefernprachtkäfer in Richtung Feuer fliegt, war dabei die einfachste Frage. Er sucht Futter für seine Larven, denn diese haben eine Vorliebe für verbranntes Holz [Vid1]. Die Frage nach dem „Wie?“ war allerdings nicht so einfach und blieb lange Zeit verborgen. Allein das Auffinden des Wärmesensors erwies sich als schwieriger als angenommen. Schließlich fand man einen kleinen IR- Sensor rechts und links unterhalb der Flügel. Hier fand man 70 kuppelförmige IR-Rezeptoren, die allesamt Druckveränderungen wahrnehmen.

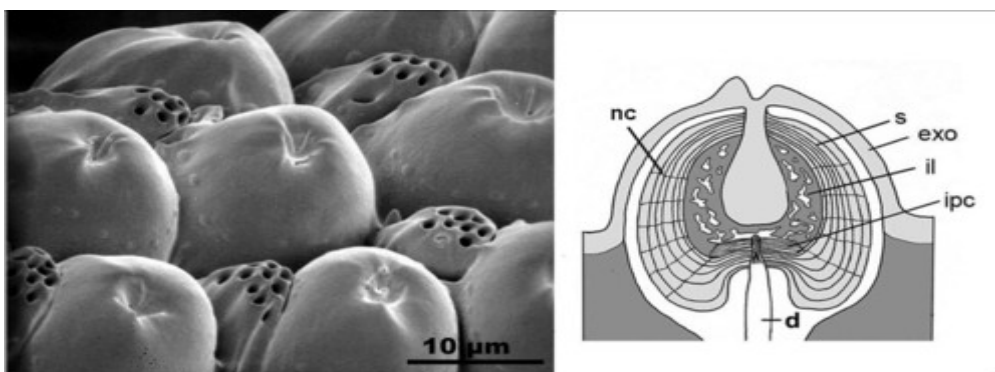


Abbildung 3.14: Druckkapseln des schwarzen Kiefernprachtkäfers

Warum der Kiefernprachtkäfer nicht sofort bei der kleinsten Temperaturschwankung los fliegt, konnte bis heute noch nicht vollständig geklärt werden. Man vermutet allerdings, dass der Druck, der dabei entsteht, nicht ausreicht, um den inneren Drucksensor (d, Abbildung 3.14) zu verformen. Hingegen bewirkt ein relativ hoher Temperaturanstieg, dass die Flüssigkeit in der inneren Druckkammer (ipc, Abbildung 3.14) sich ausdehnt und damit auf den Drucksensor drückt ([Cae13]/21.08.2013). Dieses Prinzip in die Silizium-Mikro-Technologie umzusetzen, erwies sich als schwierig. Die Druckkammern müssen auch in der Nachbildung blasenfrei befüllt werden, was nicht ganz einfach ist. Es stellt ein Problem dar, das Wissenschaftler und Techniker bis heute noch immer nicht vollständig gelöst haben [Vid1].

3.6.2 Einige Sensorarten

Die meisten Sensoren senden ein Signal aus und erhalten ein Echo. Die Zeitdifferenz zwischen Aus-sendung des Signals und Empfang des Echos wird für die Berechnung der Distanz verwendet ($\text{Distanz} = \frac{1}{2} \text{Signalgeschwindigkeit} * \text{Zeitdifferenz}$). Die folgende Tabelle, stellt einige Sensoren vor.

Tabelle 3.2: ausgewählte Sensoren

Sensor	Eigenschaften
Wärmesensoren	Aufnahme von Temperaturunterschieden
haptische Sensoren	Aufnahme von Berührungspunkten (Kollisionssensoren)
Infrarotsensoren	Wahrnehmung von Objekten
Sonarsensoren	Wahrnehmung von Objekten
Lasersensoren	Messung von Geschwindigkeit, Entfernung und Beschleunigung eines Objektes
Bewegungssensoren	Wahrnehmung von Bewegungen

Wie aus Tabelle 3.2 ersichtlich, können mehrere Sensoren für die gleiche Aufgabe verwendet werden.

a Haptische Sensoren

Eine Möglichkeit einen haptischen Sensor zu realisieren, ist die Schließung eines Stromkreises. Hierbei wird der Sensor angestoßen wodurch sich ein Stromkreis schließt. Dies wird als Kollision wahrgenommen. Diese Art, einen Berührungspunkt aufzunehmen, ist sehr einfach, jedoch auch ungenau. Dehnungsmeßstreifen sind um einiges genauer, allerdings auch aufwendiger. Auf diese Streifen wird eine dünne Widerstandsschicht aufgebracht. Wird der Streifen gestaucht, erhöht sich sein Widerstand, wodurch sich nicht nur messen lässt, ob ein Objekt berührt wurde, sondern auch wie intensiv die Kollision war [Hau07].

b Infrarotsensoren

Die Infrarotsensoren zählen zu den einfachsten kontaktlosen Sensoren, die zur Hinderniserkennung verwendet werden. Sie senden ein Lichtsignal im 100Hz Bereich aus, um nicht von anderen Lichtquellen gestört zu werden und erkennen mit Hilfe der Reflexion die Hindernisse. Da schwarze Flächen wenig Licht reflektieren, sind solche Flächen für Infrarotsensoren fast unsichtbar. Aus diesem Grund werden Infrarotsensoren selten als alleinige eingesetzt [Hau07].

c Sonarsensoren

Sonarsensoren funktionieren ähnlich wie Infrarotsensoren. Bei ihnen wird allerdings kein Licht ausgesendet, sondern ein Schall. In ca. 1.2 Millisekunden langen Impulsen mit unterschiedlichen Frequenzen, wird der Schall ausgesendet, der dann von den Objekten reflektiert wird. Die Reflexion ermöglicht Entfernungsbestimmungen eines Objektes. Da Sonarsensoren ihre Signale keulenförmig aussenden, ist eine genaue Ortung des Objektes unmöglich. Hinzu kommt, tritt ein Signal sehr steil auf ein Objekt auf, kann es zu Fehlmessungen bzw. zu überhaupt keinen Messungen kommen [Hau07].

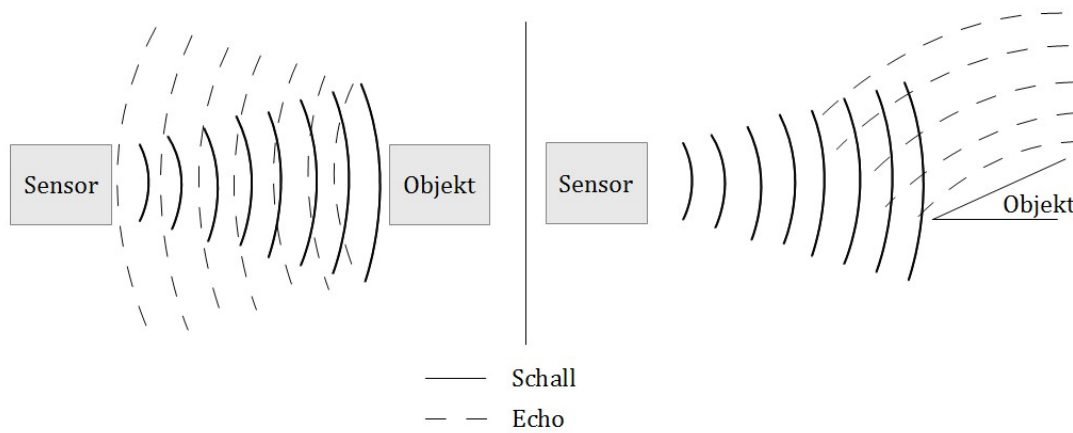


Abbildung 3.15: Reflexion des Signals an einem Objekt und steiler Auftreffswinkel

d Lasersensoren

Mit Hilfe von Lasersensoren kann man nicht nur die Entfernung eines Objektes messen, auch die Geschwindigkeit und Beschleunigung lassen sich ermitteln. Wie bei einem Infrarotsensor ist auch hier das Licht der Signalträger, das Funktionsprinzip ähnelt aber dem der Sonarsensoren. Da bei ihnen mit der gleichen Frequenz wie bei einem Infrarotsensor gearbeitet wird, ist der Lasersensor weniger für Spiegelreflexionen empfänglich. Auch ist der Lasersensor genauer, die Genauigkeit liegt zwischen 16mm und 50mm, je nach dem, ob es sich um eine Einzel- oder Durchschnittsabtastung handelt. Diese Sensoren können eine Reichweite von über 100 Metern erreichen, allerdings ist diese Reichweite in Gebäuden wenig zweckmäßig. Innerhalb von Gebäuden und/oder geschlossenen Räumen sollte eine kürzere Reichweite gewählt werden [Hau07].

e Bewegungssensoren

Eine Möglichkeit Bewegungen zu registrieren, ist die Nutzung des Hall-Effektes. Die Erzeugung eines elektrischen Feldes durch das Einführen eines stromführenden Leiters in ein magnetisches Feld, wird Hall-Effekt genannt. Das so erzeugte elektrische Feld steht orthogonal zum magnetischen Feld und zum Strom. Mit solchen Sensoren kann man beispielsweise die Geschwindigkeit messen. Bringt man einen Dauermagneten an einem Rad an und misst die Veränderung des Magnetfeldes an einem festen Punkt, kann man anhand der Anzahl der Änderungen die Geschwindigkeit bestimmen [Hau07].

3.6.3 Auf Reize reagieren

Das erste Glied einer Reaktionskette ist die Wahrnehmung eines Reizes, der verarbeitet und ausgewertet werden muss. Bei Lebewesen wird der Reiz über die Nerven aufgenommen und vom Nervensystem oder dem Gehirn verarbeitet. Dabei werden elektrische Impulse von den Nervenzellen an die Synapsen weitergeleitet. Die Synapsen wiederum schütten, je nach Intensität des Impulses, chemische Botenstoffe aus [Rüt08].

Ein Roboter besitzt keine Nervenzellen, er nimmt die Reize über Sensoren auf. Die gemessenen Daten werden von einer Recheneinheit ausgewertet. Ob und wie ein Roboter auf einen Reiz reagiert, entscheidet gleichfalls die Recheneinheit, dabei können Auswertung und Reaktionsanweisung durchaus von ein und derselben Einheit kommen. Der Laufroboter „Asimo“ besitzt eine zentrale Recheneinheit ähnlich einem Gehirn. In ihr laufen alle Informationen zusammen und werden verarbeitet. „Asimo“ entscheidet selbstständig, wie er auf bestimmte Reize reagiert. Allerdings ist er so programmiert, dass er dabei niemals einem Menschen schadet. Läuft man direkt auf diesen Roboter zu, weicht er aus. Welche Richtung er dabei einschlägt, entscheidet er selbst ([Asi13]/ 15.08.2013).

Das Zusammenspiel von Sensoren, Elektronik, Software und Aktoren muss bei natürlichen Systemen ebenso funktionieren wie bei technischen. Um einen Reiz zu verarbeiten, muss der Informationsfluss zwischen allen beteiligten Einzelsystemen reibungslos funktionieren.

3.7 Anthropobionik

Der Mensch ist ein Teil der Natur und nicht etwas, das zu ihr im Widerspruch steht.

- Bertrand Russell -

Der Mensch in seiner Gesamtheit betrachtet, ist überaus komplex. Seit 200.000 Jahren wurde der Homo Sapiens von der Natur immer wieder weiter entwickelt. Diese Entwicklung hält nach wie vor an. Dennoch ist der Mensch für die Bionik eines der interessantesten Geschöpfe. Sein Aufbau und seine Wahrnehmung sind für die Technik und für ihre Weiterentwicklung von entscheidender Bedeutung. Die Anthropobionik untersucht genau diesen Aspekt. Dabei lassen sich drei Richtungen erkennen [Rüt08].

- Maschinen, die nach der Wahrnehmung des Menschen gestaltet werden (Ergonomie)
- Maschinen, welche nach dem Vorbild des Menschen Arbeit verrichten (Robotik)
- Technische Gestaltung im und am Menschen (Prothetik und Biomaterialien)

Das ergonomische Gestalten von Maschinen sorgt für eine einfachere Handhabung und bessere Wahrnehmung der Technik. So wurden moderne Flugzeugcockpits nach dem Wahrnehmungs- und Reaktionsvermögen von Piloten ausgerichtet. Dazu gehört, dass in einem Instrument mehrere Informationen dargestellt werden. Höhe und Geschwindigkeit in einer Anzeige unterzubringen, hilft den Piloten bei einem Landeanflug enorm. So muss nicht der Blick ständig zwischen Landebahn und zwei Instrumenten hin und her schweifen [Nac98].

Um Roboter ruhig und gleichförmig zu bewegen, ist es nicht nur von Bedeutung, die Bewegungen zu verstehen, sondern auch die Abläufe ähnlich zu gestalten. Stellmotoren z. B. finden keine Anwendungsmöglichkeiten, sie können nur ruckartig bewegt werden. Die Steuerung über pneumatische Stellglieder nach dem Vorbild von Muskeln erfüllen dieses Kriterium [Nac98]. Diese pneumatischen Muskeln können ohne Übergang gesteuert werden, ganz so wie die Muskeln von Tieren und Menschen. Pneumatische Muskeln arbeiten wie natürliche Muskeln mit Zugkräften [Fes13b]. Mit Hilfe von Druckluft wird ein abgedichteter Gummischlauch gefüllt, die rautenförmige Faserstruktur sorgt dabei für eine Muskelkontraktion und der Muskel bewegt sich. Pneumatische Muskeln zeichnen sich in der Regel durch Nichtlinearität in Bezug auf Kraft und Volumen aus. Dies muss bei der Ansteuerung beachtet werden [Fra06].

Im vergangenen Jahr wurde im Rahmen einer intensiven Bionik-Forschung die sogenannte Exo-Hand vorgestellt. Die Einsatzgebiete einer solchen Hand sind dabei äußerst vielfältig. Sie reichen von der Kraftunterstützung für den Menschen bis hin zur Steuerung von Robotern, sie ist also vielseitig einsetzbar. Arbeiten, die körperlich sehr anstrengend sind und mit hoher Ermüdung einher-

gehen, können von der ExoHand unterstützt werden. Aber nicht nur das, auch bei der Rehabilitation nach einem Unfall oder einer sonstigen Beschädigung der Hand kann die ExoHand helfen. Da sie ähnlich wie ein Handschuh angezogen wird, kann sie genau so gut eine mechanische Hand steuern. Der Aufbau wird dabei mit Hilfe von pneumatischen Elementen und Sensoren gestaltet. Durch die Messung des Drucks einzelner Zylinder können Rückschlüsse auf die aufgebrachte Kraft gemacht werden. Sind zwei ExoHände miteinander gekoppelt, kann somit die eine Hand genau die gleiche Kraft aufwenden wie die andere. Dies ist vor allem dann wichtig, wenn ein Mensch eine Roboterhand steuert.

Durch eine Schnittstelle zwischen Mensch-Computer und Computer-ExoHand ist es möglich, einen Patienten bei der Rehabilitation zu unterstützen. In diesem Fall wird die ExoHand als aktive Orthese eingesetzt. Durch die Messungen mittels Elektroenzephalografen wird der Bewegungswunsch über die Handsteuerung wahrgenommen. Der auswertende Computer sendet die Information über Öffnen oder Schließen der Hand dann an die ExoHand weiter. Verloren gegangene oder beschädigte Verbindungen zwischen Gehirn und Hand können so wieder erlernt werden [Fes12].

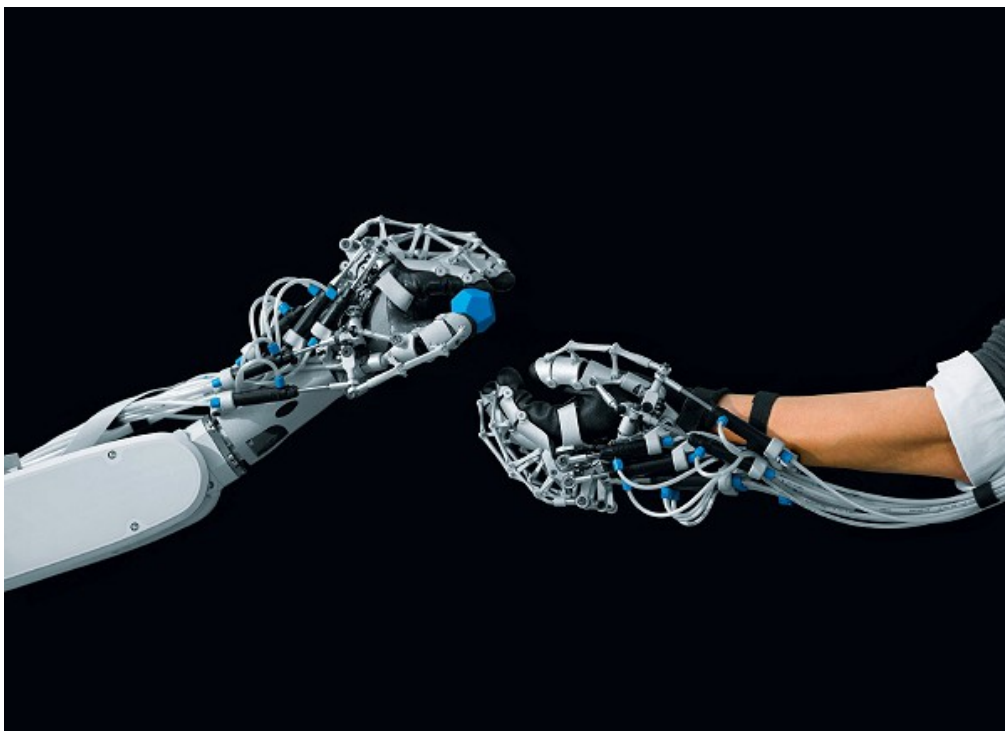


Abbildung 3.16: ExoHand an einer Roboterhand und einer menschlichen Hand

Die Entwicklung von biologischen Materialien und Prothesen ist ein weiterer Punkt der Anthropobionik. Der Mensch ist bestrebt, Organe künstlich herzustellen, das ist bisher allerdings noch nicht in jedem Fall erreicht. Sogenannte Endoprothesen hingegen sind durchaus machbar. Das künstliche Hüftgelenk ist dabei die bekannteste Endoprothese. Dabei war der Weg bis dahin sehr schwer und langwierig. Die Frage nach einem idealen Material, welches sowohl widerstandsfähig als auch anpassungsfähig ist, wurde mit Titan sehr schnell beantwortet. Im Unterschied zu vielen anderen

Metallen wie z. B. Nickel, wird Titan vom Körper nicht als Fremdmaterial erkannt. Dadurch kann man bei einer Endoprothese, die im Körper verbleiben soll, davon ausgehen, dass keine Abstoßung vom Körper erfolgt.

Das Fraunhofer Institut stellte 2011 die ersten künstlichen Blutgefäße vor. Sie wurden im wahrsten Sinne gedruckt. Durch die 3D-Druck Technik im Zusammenspiel mit einem Kunststoff entsteht ein dreidimensionales Konstrukt, welches gezielt ausgehärtet wird ([Fra11]/ 26.08.2013). Künstliche Blutgefäße sind ein großer Schritt in Richtung künstlicher Organe, denn diese müssen mit Nährstoffen und Blut versorgt werden. Der Anschluss an natürliche Blutgefäße erwies sich bisher als unmöglich.

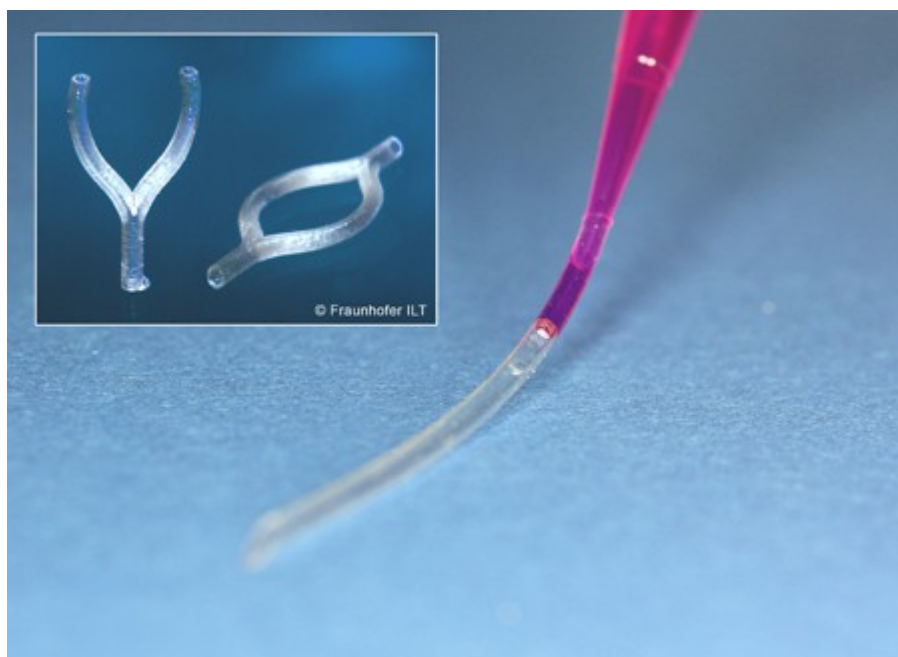


Abbildung 3.17: künstliche Blutgefäße des Fraunhofer Instituts

Im vergangenen Jahr stellte das Fraunhofer eine weitere bedeutende Entwicklung vor: die künstliche Hornhaut des Auges. Diese besteht aus einem Polymer, welches Wasser aufnimmt, außerdem verwächst dieses Implantat mit dem umliegenden Gewebe. Für Patienten mit einer beschädigten oder gar völlig zerstörter Hornhaut kann dieses Implantat das Sehen wieder ermöglichen. Erste Tests ergaben, dass diese Hornhaut nur in den seltensten Fällen vom Körper abgestoßen wird ([Fra12]/ 26.08.2013).

Aber weshalb brauchen wir künstliche Organe? Jedes Jahr warten Millionen von Menschen auf Spenderzellen oder gar neue Organe. Der Bedarf ist höher als die Spenderbereitschaft. Jedes Jahr fehlen tausende Organe und Zellen. Um diesen Engpass zu vermindern oder irgendwann gar gänzlich zu eliminieren, wird seit Jahrzehnten an künstlichen Organen und Zellen geforscht und getestet.

Die Anthropobionik gibt den Menschen die Chance, ihre Lebensqualität zu erhalten oder nach Unfall oder Krankheit wieder herzustellen.

3.8 Neurobionik

Das Schönste, was wir erleben können, ist das Geheimnisvolle.

- Albert Einstein -

Unsere Gesellschaft hat immer mehr Daten zu analysieren und zu verarbeiten. Um dies in Zukunft schneller und effektiver zu bewerkstelligen, untersuchen Forscher auf dem Gebiet der Neurobionik, unser Gehirn und Nervensystem. Die Geschwindigkeit, mit der der Mensch und viele Tiere Informationen verarbeiten und einschätzen, ist mit keiner Technik zu vergleichen. Schätzungen zufolge kann unser Gehirn etwa 10^{13} Rechenschritte pro Sekunde bei einer Leistungsaufnahme von 15-20 Watt ausführen. Der Supercomputer BlueGeneL von IBM ist zwar um einiges schneller als unser Gehirn, hat aber eine Leistungsaufnahme von 1.2 Megawatt und ist außerdem so groß wie ein Lagerraum ([Wik13]/ 29.08.2013). Er ist also kaum mit unserem Gehirn zu vergleichen.



Abbildung 3.18: Der Supercomputer BlueGeneL von IBM

Außerdem ist das direkte kopieren ja auch nicht Sinn und Zweck der Bionik. Selbst wenn die Neurobionik noch keine klare Definition hat, wird sie von vielen in drei Teilgebiete aufgeteilt. Das Forschungsgebiet der Neuroprothetik gehört für viele unumstritten dazu. Aber auch Hybridtechnologien und natürliche Algorithmen gehören zum Gebiet der Neurobionik [Tro05].

Das Gebiet der Neuroprothetik ist hierbei bereits am weitesten fortgeschritten. Von Hand- und Beinprothesen bis hin zu Implantaten, die in das Innenohr eingreifen, gibt es sehr viele verschiedene Entwicklungen, die in den letzten Jahrzehnten immer weiter ausgebaut wurden. Ziel ist es dabei immer, neuronale Störungen auszugleichen und die natürlichen Funktionen wiederherzustellen [Rüt08].

Im Verlauf dieser Arbeit werden jeweils eine Prothese und ein Implantat vorgestellt.

3.8.1 Implantate und Prothesen

a Cochlea Implantate

Allein in Deutschland gibt es etwa drei Millionen Menschen mit einer Innenohrschwerhörigkeit [Tro05]. Um einigen dieser Menschen das Hören im begrenztem Maße wieder zu ermöglichen wurden bereits Anfang der 1970er Jahre Cochlea Implantate verwendet [ECI04]. Die Verwendung eines Cochlea Implantates setzt voraus das der Hörnerv unbeschädigt und intakt ist. Dies ist z. B. der Fall, wenn die Haarzellen beschädigt wurden. Haarzellen sind irreparabel und können demnach bei Beschädigung oder Verlust nicht wieder hergestellt werden. Da Haarzellen allerdings unverzichtbar sind, um Geräusche in elektrische Impulse umzuwandeln, führt ein Verlust unabdingbar zur Taubheit. Genau an dieser Stelle setzt das Cochlea Implantat an. Es imitiert den elektrischen Impulse und reizt so den Hörnerv [Rüt08]. Dieser Eingriff stellt jedoch nicht das vollständige Gehör wieder her. Das Hören mit einem Cochlea Implantat unterscheidet sich gravierend vom natürlichen Hören. Die Aufnahme der umgebenden Geräusche und ihre Umsetzung in wahrnehmbare Impulse ist äußerst komplex. Ein Cochlea Implantat ermöglicht in erster Linie die Wahrnehmung von Sprache. Je nachdem wie gut das Sprachverständnis der gesprochenen Sprache eines Patienten ist, erzielt der Einsatz des Implantates Erfolge. Konnte ein Patient lange Zeit gesprochene Sprache hören, ist die Eingewöhnungsphase an ein Implantat geringer. Je länger ein Patient allerdings taub wahr, je weniger gesprochene Sprache er wahrgenommen hat, um so schwieriger ist die Gewöhnungsphase. Das Hören kann mit der Zeit verlernt werden; je länger die Umwelt für uns still war, um so länger dauert es, bis wir das Hören wieder erlernen [Hei04].

Einige Situationen sind allerdings nach wie vor für Träger dieses Implantates ein Problem. Sprechen viele Menschen gleichzeitig, fällt es diesen Menschen sehr schwer sich auf eine bestimmte Person zu konzentrieren. Eine Ursache für dieses Problems liegt daran, dass man bis heute nicht genau weiß, wie unsere Sprache genau kodiert wird. Um dies herauszufinden, arbeiten Forscher und ein Hersteller von Cochlea Implantaten eng zusammen. Ein virtuelles Experiment im Zusammenspiel mit einem theoretischen Modell soll Aufschluss über die Verarbeitung von Sprache geben. Hierbei wird ein normal funktionierendes Ohr und ein durch ein Implantat versorgtes Ohr simuliert. Dieser Aufbau ermöglicht es, die Algorithmen im Audioprozessor des Implantates so lange zu verändern, bis beide Simulationen ein identisches Bild ergeben. Durch diesen Prozess könnten die Implantate entscheidend verbessert werden ([Fre12]/ 29.08.2013).

Weiterhin wird auch an einer Änderung der Reizung gearbeitet. Bisher wird der Hörnerv über elektrische Impulse gereizt. Diese Impulse können sich allerdings im Gewebe in alle Richtungen ausbreiten, wodurch es zu einer Verwischung des Höreindrucks kommen kann. Die Reizung durch Licht könnte hier Abhilfe schaffen, denn Licht kann präzise auf einen Punkt fokussiert werden. Allerdings reagieren die Nervenzellen im Ohr normalerweise nicht auf Licht. Um diesem Problem entgegenzu-

wirken, möchte man sich die Optogenetik zu Nutze machen. Hierbei werden Moleküle gereizt, die bei Lichteinfall ihre Eigenschaften verändern. Ionenkanäle, die sich bei Lichteinfall öffnen, könnten dadurch Nervenzellen elektrisch reizen. Erste Versuche dazu sind vielversprechend. Diese neue Methode könnte dem Cochlea Implantat ganz neue Möglichkeiten eröffnen ([Fre12]/ 29.08.2013).

Dies ist nur der rein technische Aspekt des Implantats. Es gibt einige weitere, unter anderem psychologische Aspekte, wonach entschieden wird, ob ein Cochlea Implantat eingesetzt werden kann. Auf diese Aspekte soll im Zuge dieser Arbeit aber nicht weiter eingegangen werden [Hei04].

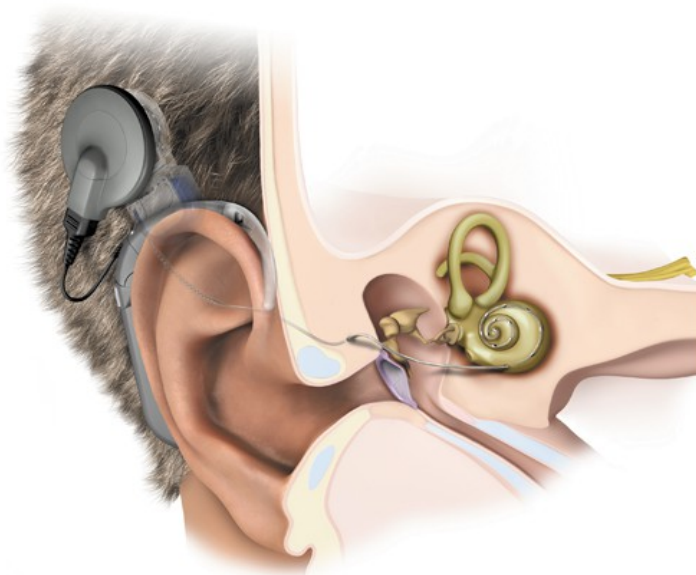


Abbildung 3.19: Schematische Darstellung des Cochlea Implantates

b Handprothesen

Der Verlust der Hand ist für einen Menschen nur schwer zu verkraften. Aus diesem Grund versuchte man schon vor unserer Zeitrechnung Handprothesen zu erstellen. Diese sind mit unseren heutigen natürlich nicht zu vergleichbar, die wenigen Fundstücke, die uns zur Verfügung stehen, bestehen aus Eisen oder Holz und dienten lediglich der Ästhetik ([Myh11]/ 02.09.13). Heute haben Handprothesen vielfältige funktionelle Aufgaben.

Moderne Handprothesen sind nicht mehr starr, sie verfügen über einen opponierbaren Daumen, wodurch das Greifen ermöglicht wird. Neuste Handprothesen können darüber hinaus auch jeden Finger einzeln bewegen. Die Steuerung dieser Handprothesen erfolgt über die Muskeln. Diese Prothesen erlauben nicht nur den Griff zwischen Daumen und Zeigefinger (Pinzettengriff), sondern ermöglichen nahezu alle typischen Bewegungen einer natürlichen Hand. Die Steuerung wird dabei von den verbliebenen Muskeln im Armstumpf übernommen. Sensoren messen die Bewegung der Muskeln, je nachdem welche Muskeln angespannt werden, werden die Finger und der Daumen

bewegt. Die vor kurzem vorgestellte „i-limb ultra revolution“ zeigt dabei 24 Griffmuster. Damit ist selbst das Schuhe zubinden kein Problem mehr. Die Steuerung über Muskeln ist zwar nicht neu; sie wurde bereits vor dem zweiten Weltkrieg angewandt, jedoch auf eine ziemlich einfache Art und Weise. Durch einen Stift der durch die oberen Hautschichten im Unterarm gesteckt wurde, bewerkstelligte man das Öffnen und Schließen der Hand. Heutige Handprothesen verlangen keine zusätzlichen Verletzungen der Haut. Die Sensoren sitzen auf der Haut und messen von hier aus die Muskelbewegungen, welche dann von den Motoren in der Prothese umgesetzt werden. Auch können heutige Prothesen so gestaltet werden, dass sie von einer echten Hand kaum noch zu unterscheiden sind. Die künstliche Haut der Prothese besteht aus Silikon und ist nicht nur aus ästhetischen Gründen wichtig. Sie soll die Hand vor Schmutz und Wasser schützen. Die technischen Bauteile sind gegenüber Wasser und Schmutz sehr anfällig und können dadurch beschädigt oder sogar zerstört werden ([Tou13]/ 02.09.2013).

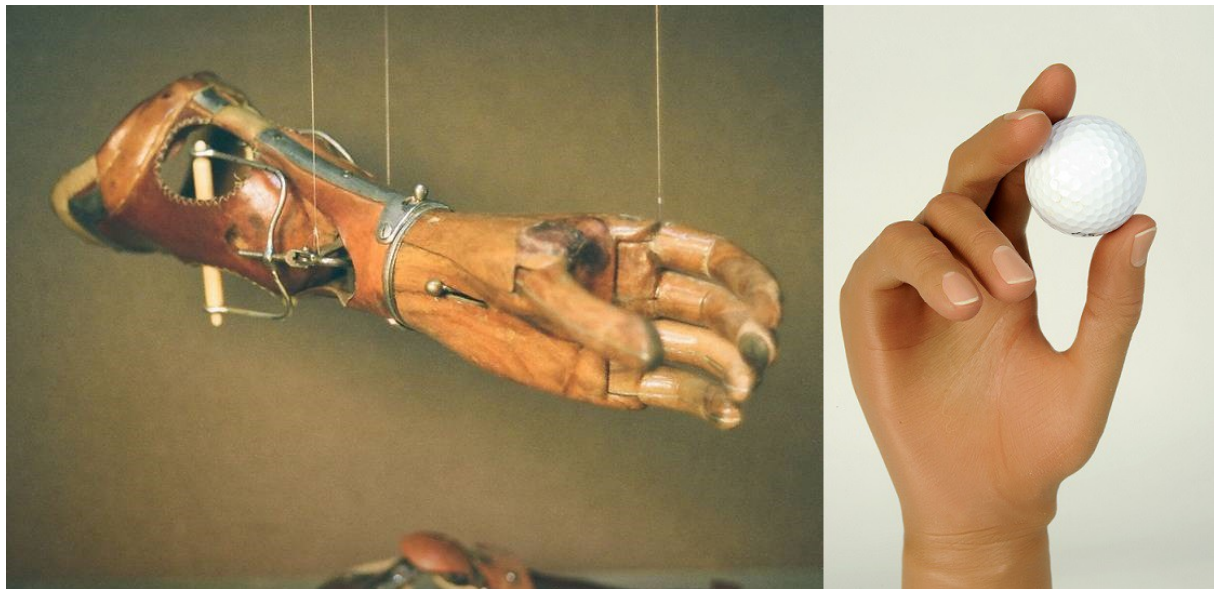


Abbildung 3.20: Handprothese vor dem zweiten Weltkrieg und moderne Handprothese

Selbst eine erste fühlende Hand wurde bereits vorgestellt, diese überträgt ihre von Sensoren aufgenommenen Daten an den Menschen. Wie genau diese Schnittstelle funktioniert und auf welche Art und Weise die Daten verarbeitet werden, ist ein streng gehütetes Geheimnis der Hersteller ([Han13]/ 02.09.2013).

3.8.2 Hybridtechnologien

Die direkte Kopplung technisch hergestellter Elemente (Halbleiter) mit biologischen Elementen (Neuronen) bezeichnet man als Hybridtechnologie. Hybridsysteme dieser Art sind bisher allerdings noch nicht einsatzfähig. Dafür gibt es mehrere Gründe, zum einem ist die Arbeitsweise von Neuronen nach wie vor nicht richtig geklärt, zum anderen sind die technischen Probleme gravierend. Nervenzellen auf Silizium-Chips wachsen und interagieren zu lassen ist vor allem deshalb nicht möglich, da die Korrosion der Chips die Nervenzellen beschädigt. Diese Technologie ist also tatsächlich noch Zukunft [Tro05].

Neben Recheneinheiten werden auch vermehrt neue Speicher Methoden gesucht. Herkömmliche Speicher erreichen in naher Zukunft ihre Grenzen, um diese Grenzen zu erweitern, versuchen Wissenschaftler biologische Speicher zu entwickeln. Diese Speicher sollen ähnlich wie biologische Systeme sowohl parallel wie auch assoziativ arbeiten. Eine Möglichkeit biologische Speicher zu realisieren stellen dabei Proteine dar. Proteine reagieren 1000 mal schneller auf Licht, als ein herkömmlicher RAM seinen binären Zustand ändern kann ([Rüt08]/ S124). Allerdings sind wir bisher nicht in der Lage dazu Laser schnell genug anzusteuern, um diese Geschwindigkeit zu nutzen. Der Reiz dieses Problem zu lösen ist allerdings sehr groß, denn die Produktion solcher Speicher wäre verhältnismäßig günstig [Rüt08].

3.8.3 Natürliche Algorithmen

Der Grund für die Informationsverarbeitung in der Technik und der Natur ist ein komplett anderer. In der Technik werden Informationen sehr präzise und nach vorgegebenen Algorithmen ausgewertet, während in der Natur die Auswertung von Informationen das Überleben sichert. Diese Ziele können sich trotz ihrer Gegensätzlichkeit decken. So muss eine Schleiereule akustische Signale sehr präzise auswerten, um an Nahrung zu gelangen. Dennoch ist die präzise Auswertung nur ein Aspekt für die Natur, im Fall der Schleiereule muss sie auch entscheiden, ob der Energieaufwand für die Jagd lohnenswert ist.

Ebenso ist die Natur in der Lage, mit beschränkten Systemen sehr genau zu arbeiten. Versucht man ein akustisches Signal mit Mikrofonen zu lokalisieren, so verwendet man mehrere Richtmikrofone, die möglichst einen weiten Bereich abdecken. Tiere, wie auch der Mensch, haben dafür nur zwei Mikrofone, dennoch sind sie in der Lage, akustische Signale präzise zu orten.

Die direkte Übertragung von natürlichen Algorithmen in die Technik ist dabei allerdings weder sinnvoll noch machbar. Ein technisches System hat die Möglichkeit der „Offline-Datenverarbeitung“, welche es ermöglicht die Datenaufnahme zu stoppen um die vorhandenen Daten zu verarbeiten. Ein biologisches System, wie etwa der Mensch, nimmt permanent Daten auf. Um diese riesige Menge an Daten zu verarbeiten, bedient er sich mehrerer kleiner Tricks. Vor allem die Datenreduktion ist dabei wichtig, visuell nimmt der Mensch nicht alles um sich herum präzise wahr. Er hat lediglich

einen Punkt auf den er sich fokussiert und der dann in hoher Qualität aufgelöst wird. Das übrige Blickfeld um ihn herum, zeichnet sich durch weniger intensive Farben sowie auch Kontraste aus. Sie werden also anders als der fokussierte Bereich wahrgenommen.

Auch die flexiblen Verhaltensmuster unterscheiden die natürlichen Systeme von den technischen. Der Mensch kann auf einen mehr oder weniger reichen Erfahrungsschatz zurückgreifen, was ihm hilft auch unbekannte Situationen zu meistern. Die Reaktionszeit auf unbekannte Situationen ist zwar minimal länger, aber im Unterschied zu technischen Systemen kann der Mensch reagieren. Technische Systeme besitzen starre Verhaltensmuster, die nicht erlauben, auf Unbekanntes zu reagieren. Das System reagiert also gar nicht und gibt dem Anwender einen Fehler aus [Tro05].

Auch die Reflexe, die der Mensch besitzt, sind schneller als erlernte Verhaltensmuster und vor allem müssen sie nicht erlernt werden. Das Öffnen und Schließen unserer Pupillen ist ein angeborener Reflex. Je heller unsere Umgebung umso kleiner ist die Pupille, ist es sehr dunkel, ist sie sehr groß, um das wenige einfallende Licht aufzunehmen [Due08].

Um die Geschwindigkeit eines technischen Systems zu beschleunigen, erhöhen wir z. B. seine Taktrate. Diese erlaubt mehr Rechenschritte pro Sekunde und das System wird insgesamt leistungsfähiger. Der Mensch macht vom Prinzip her Ähnliches, er erhöht seine Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Situation oder einen Punkt und erhöht damit seine Reaktionsgeschwindigkeit [Tro05].

Aber wie kann die Technik aus diesen Fakten lernen? Ein technisches System muss genau unterscheiden was In- und Output ist. Wenn wir es schaffen, Algorithmen zur Datenreduktion zu entwickeln, wären wir in der Lage unsere Technik effizienter zu gestalten. Die Auswahl zu treffen, welche Daten relevant sind und welche demnach unwichtig, ist allerdings für einen Algorithmus nicht so einfach wie für unser Gehirn. Auch das Verknüpfen von Ereignissen, um auf eine neue Situation reagieren zu können, ist für einen Algorithmus unmöglich [Tro05]. Um dies zu bewerkstelligen und die Systeme flexibler zu gestalten, fehlen ihm neuronale Netze. Forscher arbeiten bereits seit den 1980er Jahren an diesem Schwerpunkt [Nac98].

Das Problem ist, erst einmal zu verstehen wie natürliche neuronale Netze funktionieren. Erst nachdem man in groben Zügen verstanden hatte, wie der Informationsfluss und die Verarbeitung von Informationen funktionieren, konnte man beginnen, diese Netze künstlich nachzubilden. Dabei erkannte man, dass es nicht wichtig ist, einzelne komplizierte und rechenstarke Komponenten (Neuronen) zu haben, sondern dass die Verknüpfung der Komponenten von Bedeutung ist. Auch sind die Verbindungen gewichtet. Das bedeutet, dass nicht jeder Knoten gleich stark miteinander verbunden sein muss. Man unterscheidet drei Verbindungstypen:

- ein positives Gewicht der Verbindung bedeutet, dass ein Neuron auf ein anderes Neuron einen erregenden Einfluss hat

- ein negatives Gewicht der Verbindung hat eine hemmende Wirkung zwischen zwei Neuronen
- ein Gewicht von Null bedeutet dabei, dass die Neuronen keinen Einfluss aufeinander haben

Das Wissen, das ein neuronales Netz beinhaltet, ist in den Verbindungen gespeichert nicht in den Neuronen. Lernen innerhalb eines neuronalen Netzes bedeutet dabei nichts weiter, als die Verbindungen zu ändern. Dies gilt für natürliche, wie auch künstliche neuronale Netze. Natürlich gibt es dafür auch Regeln, die der Natur entnommen sind. Ihr Einbezug in die künstlichen neuronalen Netze ist allerdings elementar. In dieser Arbeit werden die folgenden zwei Regeln betrachtet: die Hebb- Regel und Delta- Regel ([Neu13]/ 03.09.2013).

a Hebb- Regel

Die Hebb- Regel basiert auf dem Lernen von aktiven Knoten. Dabei wird die Gewichtung der Knoten dann geändert, wenn zwei Knoten gleichzeitig aktiv sind. Die Gewichtsveränderung wird dabei nur von drei Parametern bestimmt (nach [Neu13]/ 03.09.2013)) :

- Aktivitätslevel des sendenden Knoten
- Aktivitätslevel des empfangenden Knoten
- positiver Lernparameter der vorher festgelegt wurde

b Delta- Regel

Im Unterschied zur Hebb- Regel beruht das Lernen bei dieser Regel auf Wunschgrößen sowie beobachteten Größen. Auch hier gibt es drei Möglichkeiten, nach denen die Gewichtung verändert wird (nach [Neu13]/ 03.09.2013)):

- Die beobachtete Aktivität zwischen zwei Knoten ist zu gering
 - Gewichte zwischen sendenden und empfangenden Knoten wird erhöht, sofern vom dem sendenden Knoten ein positiver Input ausgeht. Gewichte der Knoten mit negativem Input werden gesenkt
- Die beobachtete Aktivität zwischen zwei Knoten ist zu groß
 - Gewichte zwischen Knoten mit positiven Input werden geschwächt, Verbindungen zwischen Knoten mit negativen Input werden gestärkt
- Ist die beobachtete Aktivität genauso groß wie die gewünschte Aktivität, wird keine Änderung vorgenommen

Grundsätzlich kann man bei künstlichen neuronalen Netzen davon ausgehen, dass der Lerneffekt hoch ist. Gerade die Fähigkeit Ereignisse zu assoziieren ist ein enormer Vorteil. Auch zukünftige Entwicklungen lassen sich mit künstlichen neuronalen Netzen bestimmen. Dabei ist die Güte der Aussage abhängig von den Eingangsdaten, denn je höher die Qualität der zu analysierenden Daten desto eher entsprechen die Aussagen der Realität. Dabei sind diese Verfahren rein mathematischen überlegen. Der Datenaufwand kann jedoch größer sein als bei mathematischen Methoden, aber der theoretische Aufwand ist kleiner. Allerdings fehlen für die Ergebnisse die Begründungen, ganz so wie es bei den eigenen Entscheidungen der Fall sein kann. Dennoch ist die Genauigkeit der Analysen höher, da von bereits Gelerntem schneller auf neue Probleme übertragen werden kann. Künstliche neuronale Netze werden häufig für wirtschaftliche Prognosen von Aktienkursen eingesetzt, aber auch eine Preis – Aufwandskalkulation ist möglich. Gerade in de Bereichen wie Datenanalyse und Qualitätssicherung können die Systeme eine erhebliche Verbesserung zu bisherigen Methoden sein.

3.9 Gerätebionik

*Neue Leute dürfen nicht Bäume ausreissen,
nur um zu sehen, ob die Wurzeln noch dran sind.*

- Henry Kissinger -

Die Gerätebionik ist das kleinste Teilgebiet der Bionik, zwar fließen hier Ergebnisse aus den Bereichen Struktur- und Konstruktionsbionik ein, aber im Gegensatz zu anderen Teilgebieten sucht man hier Gesamtkonstruktionen nach dem Vorbild der Natur. Hauptsächlich Pumpen und Fördertechniken, ebenso wie Hydraulik und Pneumatik sind die Schwerpunkte der Gerätebionik.

In der Technik sind die einzelnen Bauteile additiv, dies bedeutet, dass einzelne Teile auch nur einzelne Aufgaben übernehmen. In der Natur hingegen sind die meisten Einzelelemente multifunktional. Dabei können Pflanzen Erstaunliches. Für Bäume ist ihr Stamm nicht nur ihr Lastenträger, sondern auch ihr Wasserlieferant. Dabei ist der Wassertransport von der Höhe der Pflanze unabhängig. Dabei ist für Forscher immer noch ungeklärt, wie Pflanzen in der Lage dazu sind, Wasser entgegen der Schwerkraft in 100 Meter Höhe zu transportieren. Es existieren einige Theorien dazu, wobei keine davon nachgewiesen werden kann. Eine Theorie ist bezieht die Kohäsion mit ein. Hier wird die Anziehung zwischen den Molekülen beschrieben. Kleine Röhrchen im Baumstamm selber haben eine Wechselwirkung mit den Wassermolekülen. Dabei spielt der Aufbau dieser Röhren eine entscheidende Rolle. Sobald sie sich vollständig aufgebaut haben, sterben die Zellen ab. Sie hinterlassen lediglich eine Zellulosewand, durch die das Wasser ungehindert aufsteigen kann. Dennoch müssen diese Hohlräume stabil genug sein, um dem Wasserdruck standzuhalten [Har13].

Nach diesem Prinzip versucht man Pumpen herzustellen. Gerade in wasserärmeren Gegenden der Welt ist die Wassergewinnung schwierig. Eine Pumpe die Wasser wie eine Baumwurzel aufnimmt, und in Höhen transportiert wie Holz, hätte in Wüsten einen unbezahlbaren Wert. An der TU-Berlin hat ein Entwicklungsteam rund um Prof. Dr.-Ing. I. Rechenberg eine solche Pumpe entwickelt.

3.10 Verfahrensbionik

Der Kopf ist rund, damit das Denken die Richtung ändern kann.

- Francis Picabia -

Die Natur hat ihrer Evolutionsgeschichte einige Verfahren entwickelt, die uns nicht nur Anregungen und Ideengrundsätze bringt, sondern auch die Möglichkeit eröffnet Neues zu entwickeln.

Eine dieser Ideen bezieht sich auf die Energiegewinnung. Kein Organismus unseres Planeten kann ohne Energie überleben. Diese Energiegewinnung ist äußerst effizient, ein Grund mehr für den Menschen genauer hinzuschauen. Die LMU München hat genau dies getan. Die Fotosynthese ist zur Energiegewinnung für Pflanzen unersetzlich. Dennoch würde viel Sonnenlicht verloren gehen, wenn sich die Natur nicht weiterentwickelt und Lösungen für dieses Problem gefunden hätte. Auf einem Blatt befinden sich Reaktionszentren. Diese Zentren nehmen Licht auf um Moleküle in Kohlenhydrate (Zucker) umzuwandeln. Um möglichst viel Licht aufzunehmen, wurden Lichtsammelkomplexe zu den Reaktionszentren hinzugefügt. Diese nehmen Licht lediglich auf, und leiten es an die Reaktionszentren weiter. Die Forscher der LMU München haben sich vorgenommen, diesen Effekt zu verbessern. Als Vorbild dafür haben sie sich Algen genommen. Da Algen in Regionen leben, an denen weniger Licht als an Land gelangt, sind sie die Meister dieses Prinzips. Allerdings gaben sich die Forscher nicht damit zufrieden, das Prinzip einfach nur zu übernehmen, sie versuchten es besser zu machen. Ihr Hilfsmittel war dabei die Nanotechnologie. Sie verstärkten die Lichtkomplexe mit Spiegeln, als Spiegel dienten dabei Silberpartikel. Nach den ersten Tests war klar, dieses System nimmt 18 mal mehr Licht auf, als das Original. Allerdings ist noch die Fragen zustellen, wie lang der Aufbau stabil bleibt und wie lange er so effizient arbeiten kann. Auch ist die Frage zu klären, wie diese Methode z. B. in Solarzellen eingebaut werden kann [Vid1].

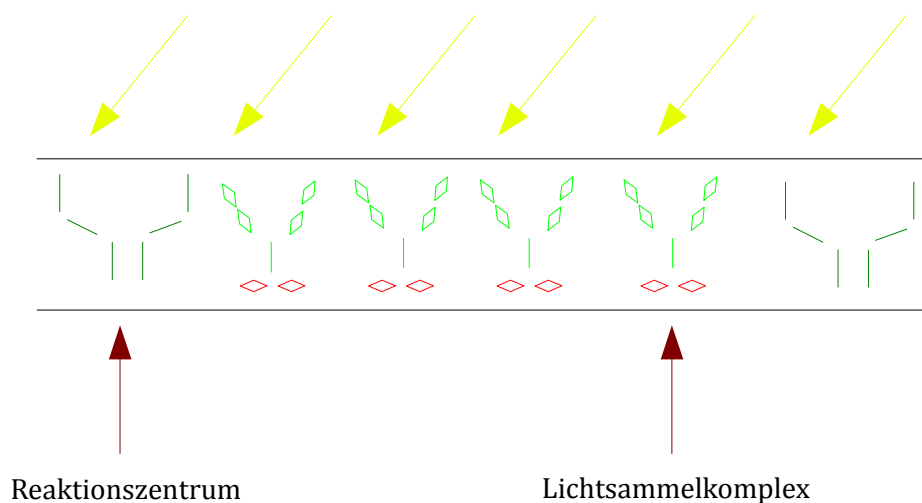


Abbildung 3.21: Prinzip der Lichtsammlung

Ein weiteres Phänomen in der die Natur uns voraus ist, ist die Möglichkeit alles zu recyceln. Jedes System, das in der Natur lebt, kann von der Natur auch zersetzt werden. Natürlich spielen dabei viele Faktoren eine Rolle und bei manchen Materialien braucht die Natur länger für diesen Prozess, aber dennoch wird über kurz oder lang alles zersetzt.

Wieso also nicht dieses Prinzip übernehmen? Jedes Jahr produziert der Mensch weltweit Milliarden Tonnen Müll. Die Folge daraus ist bekannt: Mülldeponien. Sie sind nicht nur ein riesiger Ort an denen der angefallene Müll gesammelt wird, ebenso sind die eine große Umweltbelastung. Die größte Mülldeponie der Welt liegt in New York, sie umfasst eine Fläche von 12 Quadratkilometern und wurde 1948 eröffnet ([Wik13a]/ 06.09.2013). Vollständig recycelbare Materialien könnten hier zumindest eine Teilentlastung sein. Dabei hat ein Hersteller von Essensverpackungen einen großen Schritt gemacht. Er stellte die PolarDuo-Schale vor. Das Material dieser Schalen ist bedruckbar, wodurch weitere Verpackungen entfallen können, aber das wichtigste daran ist, sie ist bis zu 95 Prozent recycelbar. Die restlichen fünf Prozent sind eine PET-Beschichtung, die nötig ist, da sich in diesen Verpackungen z. B. Tiefkühlkost befindet, welche gebacken werden muss, oder in der Mikrowelle erwärmt wird ([Pro13]/ 06.09.2013). Solche Produkte sollten in Zukunft keine Seltenheit sein. Die Verfahrensbionik gibt uns die Möglichkeit, einfach Prozesse in unser Leben zu integrieren, ohne einen Zusatzaufwand in Kauf nehmen zu müssen.

3.11 Evolutionsbionik

Falls Gott die Welt geschaffen hat, war seine Hauptsorge sicher nicht, sie so zu machen, dass wir sie verstehen können.

- Albert Einstein-

In der Evolution wird immer wieder verändert (Mutation), neu angeordnet (Rekombination) und verworfen (Selektion). Diese Prozesse finden in erster Linie statt, um Organismen zu optimieren. Dabei können diese Verfahren von uns Menschen nachgeahmt werden. Versuche nach der Evolutionsstrategie verlaufen nach dem „Versuch – Irrtum – Entwicklung“ Prinzip. Vor allem dann, wenn mathematische Algorithmen für ein Problem fehlen. Dabei arbeitet man wie in der Natur mit kleinen Veränderungen, welche nach ihrem Wirkungsgrad beurteilt werden. Ist der Wirkungsgrad geringer als vor der Veränderung, wird diese wieder zurückgesetzt, man selektiert diese Mutation. Stellt sie sich allerdings als besser heraus, wird sie beibehalten, also man rekombiniert. Erstaunlich dabei ist, stellt man die Ergebnisse einer Computersimulation, den Ergebnissen eines „Versuch – Irrtum – Entwicklung“ Prinzips gegenüber, sind die Ergebnisse annähernd oder exakt gleich, obwohl das Ergebnis nach der Evolutionsstrategie offen ist [Nac08].

Ein Beispiel für die Optimierung durch die Evolutionsstrategie ist die Verminderung von Kerbspannungen. An einem exakt rechtwinkligen Element treten hohe Spannungen auf, diese zu vermindern ist vor allem deshalb wichtig, weil an diesen Stellen Risse entstehen, welche Brüche verursachen. Um diese Kerbspannung zu minimieren, schaute man sich den Aufbau von Bäumen an. Ein Baum wächst nicht rechtwinklig aus dem Boden, seine Wurzeln sind eher an Zugdreiecke angegliedert. Dies hat zur Folge, dass der Baum an dieser Stelle höheren Belastungen standhält. Materialforscher haben sich dieses Prinzip genauer angeschaut und festgestellt, dass es sich auf viele andere Bereiche übertragen lässt. So wären die meisten Werkstücke, welche Winkel enthalten, in der Lage dazu, mehr Belastungen auszuhalten und das nur mit geringem Aufwand [Bio09].

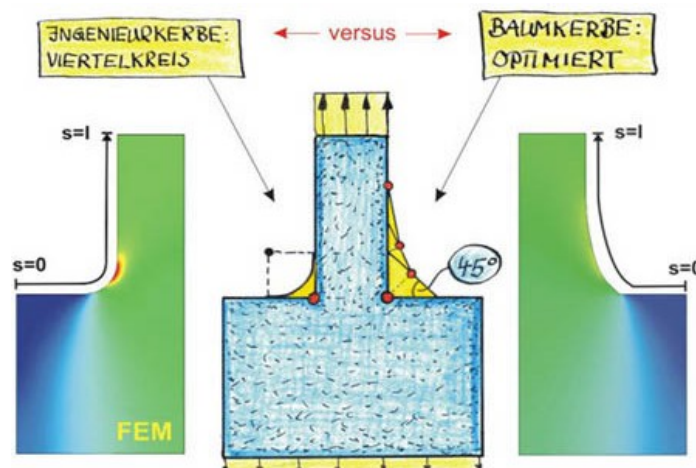


Abbildung 3.22: Optimierung Kerbspannung

4 E-Learning Systeme

*Lernen ist wie Rudern gegen den Strom.
Hört man damit auf, treibt man zurück.*

- Laozi -

Beinahe jeden Tag gewinnt der Mensch neue Erkenntnisse. Dabei ist es uns heute schon nicht mehr möglich, alles zu wissen. Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646 - 1714) zählt als das letztes Universalgenie unserer Zeit. Heutige Wissenschaftler konzentrieren sich auf ein Teilgebiet unseres Wissensschatzes. In Deutschland wird versucht, bis zur zehnten Klasse möglichst viele natur- und geisteswissenschaftliche Bereiche abzudecken. Bereits in der elften Klasse ist es den Schülern möglich einzelne Fächer abzuwählen und sich damit auf spezielle Bereiche zu konzentrieren. Spätestens mit der Berufsausbildung oder dem Studium entscheidet man sich dann für ein spezielles Themengebiet.

E-Learning Systeme können helfen den Unterricht interaktiver zu machen, aber auch die Weiterbildung auf einem anderen Gebiet ist mit einem solchen System möglich. Besonders der Aufbau und die Gestaltung spielen bei E-Learning Systemen eine wichtige Rolle. Je nach Zielgruppe und Verwendungszweck müssen diese Systeme unterschiedlich aufgebaut werden.

Wird ein E-Learning System konzipiert, das beispielsweise unterstützend für einen Schulunterricht verwendet werden soll, muss als Erstes das Alter der Zielgruppe bestimmt werden. Wird ein E-Learning System z. B. für das Fach Englisch der fünften Klasse erstellt, kann man davon ausgehen, dass die Zielgruppe zwischen neun und elf Jahren ist. Auch kann man davon ausgehen, dass die Vorkenntnisse nur bedingt bis gar nicht vorhanden sind. Ebenso muss die Motivation und die Aufmerksamkeit dieser Altersgruppe mit einbezogen werden. Man sollte von Kindern in diesem Alter nicht verlangen, dass sie 45 Minuten am Stück sich auf ein System konzentrieren können, eine Lerneinheit sollte also nicht länger als etwa zehn Minuten gehen. Diese Faktoren können sich natürlich ändern, besonders dann, wenn die Zielgruppe älter wird [Hes04].

Nicht zu vergessen ist die Motivation, Kinder müssen ganz anders motiviert werden als Erwachsene. Während Kinder die Arbeit an Computern noch sehr spannend finden, ist es für viele Erwachsene eine nervige Zusatzbelastung zur regulären Arbeit. Demnach muss darauf geachtet werden, wie und in welchem Umfang man Feedback an den Lernenden gibt. Ebenfalls muss man unterscheiden zwischen intrinsischer und extrinsischer Motivation. Der Drang etwas Neues zu lernen, sich weiterzubilden oder auch etwas tiefer in ein Themengebiet zu gehen, zählen zu intrinsischer Motivation. Diese Zielgruppe braucht häufig weniger Anreize ein E-Learning System durch zu arbeiten. Der Anreiz das Thema zu erarbeiten ist von inneren Trieben geleitet und braucht weniger Feedback als Lernende die von einer extrinsischer Motivation geleitet werden. Zu extrinsischer Motivation

zählen dabei Pflichtweiterbildungen häufig mit Themen, die als uninteressant eingestuft werden, also der Zwang etwas zu lernen. In diesem Fall muss der Lernende durch positive Bestätigung anders motiviert werden. Eine Lehrsoftware wird aber nur selten auf jemanden Spezielles angepasst. Man muss also versuchen, ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen den beiden Typen zu finden. Wird ein intrinsisch motivierter Mensch permanent für seine Leistung gelobt und bestätigt, hat das für ihn etwas Negatives und er verliert das Interesse. Lobt man einen extrinsisch Motivierten zu wenig, verliert er noch mehr das Interesse und der Lernerfolg fällt völlig aus. Es muss also ein Mittelweg gefunden werden, der beide Seiten ausreichend motiviert.

Motivation kann viele verschiedene Einflussfaktoren haben. So können sozialer Stand, Kultur, Vorwissen oder Herkunft, sowohl positiv wie auch negative Auswirkungen haben. Dies ist ebenfalls zu berücksichtigen, so setzt die Konzeption eines E-Learning Systems eine genaue Zielgruppen Analyse voraus [Rus04].

Ebenso darf der bei der Erstellung nicht vergessen werden welche kognitiven Voraussetzungen erfüllt werden müssen. Für Kinder und Erwachsene ist ein überfüllter Bildschirm nicht Aufnahme fähig. Bei der Konzeption muss also darauf geachtet werden, welche Fähigkeiten die Zielgruppe im Durchschnitt hat. Dabei kann auch die Herkunft der jeweiligen Zielrichtungen andere Voraussetzungen schaffen. Im mitteleuropäischen Raum, besteht die Leserichtung von links nach rechts. Demnach empfindet eine Person aus dem mitteleuropäischen Gebiet, eine Bildschirmaufteilung, die sich dem links nach rechts Lesen anpasst, auch als angenehmer. Im arabischen Raum hingegen wird von rechts nach links geschrieben und gelesen. Eine Bildschirmaufteilung, die sich diesem Schema anpasst, wird im arabischen Raum auch als dementsprechend angenehm wahrgenommen. Auch darf nicht vergessen werden, dass Bilder eine andere Wirkung haben als Text. Bilder haben einen höheren Kontrast als Text, demnach nimmt das Auge diese als Erstes wahr. Auch Gestaltungsgesetze dürfen nicht ignoriert werden. Nähe und Ähnlichkeit erzielen dabei eine ähnliche Wirkung. Werden Objekte nah zueinander gestellt, wird eine zusammenhängende Wirkung erzielt, ebenso bei Objekten, die ähnlich gestaltet wurden [Muc10].

Solche gestalterischen Tricks müssen bei der Erstellung von E-Learning Systemen ebenso mit beachtet werden.

4.1 Regulärer Aufbau eines E-Learning Systems

Persönlich bin ich immer bereit zu lernen, obwohl ich nicht immer belehrt werden möchte.

- Winson Churchill -

Ein E-Learning System besteht im Wesentlichen aus Lehrinhalten und Tests. Dabei können Lehrinhalte und Tests sich abwechseln wodurch eine Abfolge, ähnlich wie im regulären Unterricht, entsteht. In vielen Systemen wird der nächste Lehrinhalt erst zur Bearbeitung freigeben, wenn dafür bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind. Dazu zählen z. B. Tests oder die vollständige Abarbeitung eines vorherigen Themas. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass Lehrziele ohne weitere vorherige Voraussetzungen begonnen werden können. In diesem Fall können die Lehrziele theoretisch alle gleichzeitig angefangen und mit einem Test abgeschlossen werden. Ebenfalls ist es möglich, dass erst am Ende des kompletten E-Learning Systems ein Abschlusstest verlangt wird.

Ein *Lehrziel* kann mit verschiedenen Medien aufgebaut werden. In allen sind allerdings Texte zu finden. Ebenso können Bilder, Videos, Animationen und Audiopassagen mit einbezogen werden. Um ein E-Learning System für alle Lerntypen möglichst effektiv zu halten, sollten alle Medien mit einbezogen werden. Dies erhöht die Chance, dass das eben Wahrgenommene auch haften bleibt, wodurch der Lerneffekt erhöht wird. Dabei erfüllen *Videos* eine Modularität, da sie nicht nur visuell, sondern auch auditiv ansprechen. *Animationen* sind hingegen für gewöhnlich tonlos, dennoch kann man mit ihnen Bewegungsabläufe erklären. Einen Herzschlag mit wenigen Sätzen zu erklären ist relativ schwer, mit einer Animation unterstützt sind die wenigen Sätze, wiederum verständlicher und besser aufzufassen. Das Medium *Bild*, kann von dem Lernenden besser und schneller aufgenommen werden. Können Bilder oberflächlicher sein als Text und lassen vor allem Mehrdeutigkeit zu. Dennoch sollten Bilder in E-Learning Systemen unbedingt verwendet werden. Eine Lehreinheit wird positiver wahrgenommen, wenn sie nicht nur aus Texten besteht. Dabei gibt es mehrere Arten von Bildern, die je nach Ziel eingesetzt werden sollten. Während Abbilder die Realität im eigentlichen widerspiegeln und demnach eher wie eine Fotografie in all ihren Möglichkeiten und Variationen darstellt, ist ein logisches Bild eher eine schematische Darstellung. Dazu zählen allerdings auch Tabellen und Diagramme. Obwohl Tabellen und Diagramme Text enthalten, werden sie von uns, auf den ersten Blick, wie ein Bild wahrgenommen. *Text* ist die Grundlage eines jeden Lehrzieles. Hierbei ist zu beachten, dass Texte einen gewissen Grundsatz unterliegen. Um diesen Grundsatz zu beachten, muss erst einmal verstanden werden, wie Text wahrgenommen wird. Dabei liest der Mensch, nicht jeden Buchstaben einzeln, sondern liest ein ganzes Wort, dies hat eine englische Universität nachgewiesen. Ebenso lesen wir während der basalen Verarbeitung in Sprüngen. Dabei wird bei einem Sprung ein Block von etwa acht Buchstaben aufgenommen, kommt es zu Verständnisproblemen machen wir einen Rückwärtssprung und lesen das Wort noch einmal. Rückwärtssprünge tre-

ten dabei häufig auf, wenn der Text viele unbekannte Wörter verwendet. Für den Leser werden diese Texte dann als schwer oder unverständlich eingestuft. Ebenso muss der Lernende die Texte semantisch und syntaktisch miteinander verknüpfen könne. Dabei ist nicht nur der Sinn eines Wortes, sondern auch der Zusammenhang eines Satzes wichtig. Um einen Text gut zu verstehen, muss der Zusammenhang zwischen allen Wörtern und Sätzen plausibel sein. Der wohl wichtigste Schritt beim Lesen ist aber das Assoziieren. In diesem Schritt können die meisten Missverständnisse auftreten. Da beim elaborativen Verarbeiten von Texten an Vorwissen angeknüpft wird, werden hier falsche Verknüpfungen gezogen oder das Gelesene falsch interpretiert, kann es zu einer falschen Wissensaufnahme kommen. Um diesem vorzubeugen bzw. Missverständnissen vorzubeugen, sollte versucht werden immer einen Bezug aufzubauen. Dies kann man mit Beispielen erreichen [Hes04].

Ein weiterer wichtiger Aspekt in einem Lehrsystem ist der *Test*. Hierfür gibt es viele verschiedene Möglichkeiten um diese Sequenz zu gestalten. Grundsätzlich sind Tests alle nach dem Prinzip „Frage – Antwort“ aufgebaut. Allerdings kann man auch dieses einfache Prinzip auf viele verschiedene Arten realisieren. Dabei reichen die Möglichkeiten von Multiple Choice bis hin zu Volltextantworten. Die Multiple Choice ist dabei für den Anwender eine sehr einfache Fragemethode, die Volltextantwort für Anwender und System eine Herausforderung. Bei Multiple Choice Fragen, werden verschiedene Antworten gestellt die beispielsweise in eine korrekte Reihenfolge gebracht werden müssen. Zuordnungsfragen gerufen sich darauf, dass beispielsweise ein Text zu einem Bild zugeordnet werden muss. Ebenso besteht die Möglichkeit eines Lückentextes, hier werden einzelne Wörter in einem Text ausgelassen, die dann eingefügt werden müssen. Ähnlich dazu sind auch Fehlertexte, hier müssen Fehler in einem Text gefunden und markiert werden. Volltextantworten sind äußerst selten, es besteht zwar die Möglichkeit Schlagworte zu hinterlegen, allerdings kann man aufgrund der sehr komplexen Sprache, auf Sachverhalte ohne diese Schlagworte erklären, was eine Auswertung für einen automatischen Algorithmus sehr schwer macht.

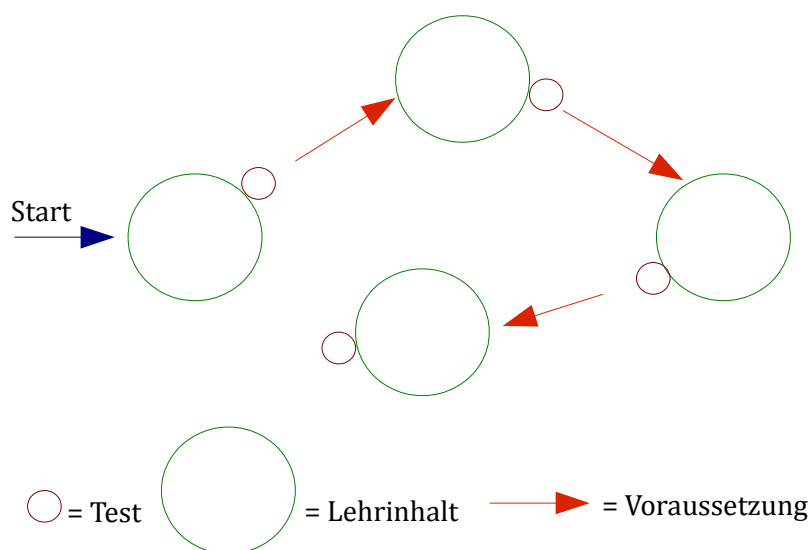


Abbildung 4.1: Schematischer Aufbau eines E-Learning Systems

4.2 Arten von E-Learning Systemen

Der Mensch soll lernen, nur die Ochsen büffeln.

- Erich Kästner -

4.2.1 Web-based-Training

E-Learning Systeme die eine Anwendung als Internetseite darstellen, werden Web-based-Training genannt. Diese Methode des E-Learning ermöglicht eine hohe Flexibilität, verlangt jedoch einen Internet fähigen Browser. Überall wo man die Möglichkeit besteht, Internet zu empfangen (egal ob als LAN oder WLAN) kann man auf diese Systeme zugreifen. In einer Gesellschaft, die beinahe an jedem Ort diese Möglichkeit einräumt, erfreuen sich diese Systeme einer immer höheren Beliebtheit.

Ein Web-based-Training ist für die Entwicklung aber gerade aus diesem Grund eine große Herausforderung. Zu beachten sind dabei unterschiedliche Betriebssysteme, Bildschirmauflösungen und Hardware Voraussetzungen. Dennoch soll die Lehrplattform überall gleich aussehen und vor allem immer die gleichen Funktionalitäten aufweisen. Um dies zu bewerkstelligen, kann man diese Systeme Plattform unabhängig und prozentual aufbauen. Die Entwicklersprache Java lässt so eine Gestaltung zu. Sie ist sowohl Plattform unabhängig, was bedeutet, dass sie jedes Betriebssystem als Grundlage zulässt, und kann Bildschirmausgaben prozentual wiedergeben. Die gleiche Möglichkeit ist bei der Entwicklung von Flash – Anwendungen möglich.

Bei einer prozentualen Angabe, werden keine festen Größen des Bildschirms angegebenen, sondern die Aussage getroffen, die Oberfläche soll 100 Prozent des zur Verfügung stehenden Raumes einnehmen. Nachteil daran ist natürlich, die fehlende Lesbarkeit, sollte der zur Verfügung stehende Raum zu klein sein.

Um diese Systeme effizient einzusetzen, müssen sie über eine Anmeldung verfügen. Jeder Nutzer muss also ein eigenes Passwort und einen Nutzernamen besitzen, um sich anzumelden. Nur auf diese Weise ist gewährleistet, dass der Lernende seine Lernerfolge abspeichern kann und dadurch nicht gezwungen ist, immer wieder von vorn anzufangen.

Ein weiterer Vorteil ist, dass die Systeme jederzeit aktualisiert werden können. Auch die Nutzung von weiterführenden Internetseiten kann von Vorteil sein. Dies kann allerdings auch gleichzeitig eine hohe Ablenkung darstellen, weshalb weiterführende Internetseiten mit bedacht genutzt werden sollten ([WBT12]/ 11.09.2013).

4.2.2 Computer-based-Training

Lehrprogramme, die als CD vorliegen und/oder auf einem Computer installiert werden können, nennt man Computer-based-Training. Diese Anwendungen sind meist nicht Plattform unabhängig und haben daher eine gewisse Voraussetzung, um genutzt werden zu können. Diese Voraussetzungen sind für gewöhnlich auf dem Datenträger zu finden. Die Möglichkeiten zur Entwicklung eines solchen Programms sind also an keine Sprache gebunden, da sie lediglich für ein bis zwei Laufzeitumgebungen entwickelt werden. Der Nachteil daran ist die nicht ganz so hohe Flexibilität, wie es ein Web-based-Training vorweisen kann. Die Systeme sind abgeschlossen und Änderungen dadurch relativ schwer ([WBT12]/ 11.09.2013).

4.2.3 Blended - Learning

Wird ein E-Learning System im Zusammenhang in einem regulären Unterricht mit einbezogen, wird dies Blended – Learning genannt. E-Learning Systeme und Präsenzunterricht haben ihre ganz eigenen Methoden und damit aufkommende Probleme. Für Studenten ist es zeitlich nicht immer möglich an einer Vorlesung teilzunehmen, allerdings ist das selbst organisierte Lernen, mit Hilfe eines E-Learning Systems auch nicht für jeden Studenten umzusetzen. Die Mischung beider Methoden kann hier durchaus Abhilfe verschaffen. Videoaufzeichnungen einer Vorlesung haben nicht nur den Vorteil, dass sie später angeschaut werden können, als der Präsenzunterricht stattfand, sondern sie können so oft angeschaut werden, wie es der Lernende für nötig hält. Ebenso ist eine Live - Verfolgung des Präsenzunterrichtes möglich, besonders dann, wenn ein Lernender wegen Krankheit zu Hause bleiben muss, kann dies von Vorteil sein. Auch die Fehlenden sozial Kontakte, die bei E-Learning Systemen auftreten können, können im Präsenzunterricht aufgeholt werden. Eine Kombination beider Lehrmethoden ist dahin gehend also sinnvoll, dass man die Schwächen die beide Methoden aufweisen, ein wenig abmindern kann ([Bel12]/ 11.09.2013).

5 Maschinelles Lernen

*Eines Tages werden Maschinen vielleicht denken können,
aber sie werden niemals Phantasie haben.*

- Theodor Heuss -

Beim online Shoppen ein Vorschlag, was man noch kaufen könnte. Die Auswertung eines riesigen Datenpools, ein gefundener Fehler im getippten Text, ein erkanntes Gesicht in einer Menge. All das ist maschinelles Lernen. Aber wie macht der Computer dies? Das Wichtigste um die erwähnten Situationen zu erkennen und zu nutzen, ist Mathematik. Vor allem die Statistik hilft Maschinen die eingehenden Daten zu verarbeiten [Alp08].

Bei der *Warenkorbanalyse* sind Assoziationsregeln von elementarer Bedeutung. Vor allem der Support (relative Häufigkeit von zwei, oder mehr Objekten in einer Transaktion), die Konfidenz (relative Häufigkeit, mit der die Regel über Objekten korrekt ist) und das Interessantheitsmaß (Verhältnis zwischen Konfidenz und Support) [Sch10]. Mit Hilfe dieser drei Faktoren können nicht nur Regeln wie: Wenn Kunden ein Buch kaufen, kaufen sie auch Lesezeichen, aufgestellt werden, sondern diese Regeln auch nach ihrer Güte unterteilt werden. Wenn von 1000 Kunden zwei Bücher und dazu Bier gekauft wurde, kann davon ausgegangen werden, dass dies eine Ausnahme im Kaufverhalten war und dies keine relevante Regel darstellt. Die Warenkorbanalyse zählt durch die Auswertung von riesigen Datenbanken den Verfahren des *Data Minings* an.

Zu den Data Mining Verfahren zählen dabei alle Algorithmen, die die in Daten enthaltenen Muster ausgeben. Wichtig hierfür ist, dass die Daten nicht redundant sind, dabei wird das Data Mining in vielen Bereichen angewandt. Neben den bereits erwähnten Warenkorbanalysen, ist auch die Erkennung von Kreditkartenmissbrauch und der automatischen Bereinigung von Datenträgern machbar. Auch alltägliche Anwendungen wie z. B. der Spamfilter in E-Mail Programmen und die Einstufung der Kreditunwürdigkeit, zählt mit zu den Verfahren des Data Mining [Rah09].

Maschinelles Lernen ist ebenso wichtig für die *Spracherkennung*. Situationen, die den Menschen alltäglich sind und meist kein Problem darstellen, können für die heutige Technik eine große Herausforderung sein. Auch wenn es Algorithmen gibt, ist es wohl jedem bekannt, dass automatische Spracherkennung sowohl in Text als auch in Sprache immer wieder Fehler hervorrufen. Eine Methode Sätze zu erkennen sind Parsing – Verfahren [Sche11].

Mustererkennung ist die Grundvoraussetzung für die Gesichtserkennung. Dafür gibt es unterschiedliche Probleme, eines dafür ist z. B. Variable Beleuchtung, oder auch unterschiedliche Auflösungen und Größen. Dies sind nur einige Probleme, allerdings gibt es Eigenschaften im Gesichter von Menschen die sich nicht verändern. Unter anderem kann man Gesichter in Rastern anordnen. Diese sind symmetrisch, so ist alles in einem menschlichen Gesicht an bestimmten Stellen angeord-

net. Unsere Augen, befinden sich immer im Oberen drittel ebenso wie unsere Nase etwa in Gesichtsmitte. Diese Raster kann man auf jedes Gesicht legen. Allerdings hat jedes Gesicht bestimmte Merkmale, welche es einzigartig machen. Diese Eigenschaften ermöglichen einen Abgleich, so kann man die gleiche Person aus einer Videoaufzeichnung einem bestimmten Bild zu ordnen.

6 Bionische Konzepte im Lernen

Es ist des Lernens kein Ende.

- Robert Schumann -

Bionik ist eine Wissenschaft, die durch aus einen Platz im Lernen erhalten sollte. Die meisten Wissenschaften sind heutzutage bereits im Lehrplan von Schulen, Universitäten und E-Learning Systemen fest verankert. Die Bionik hingegen ist den meisten Schulfächern und Universitäten kaum oder gar nicht zu finden. Dabei wäre eine Integration in den Schulunterricht aus mehreren Gründen nur sinnvoll. Die Bionik ist keine Einzeldisziplin, sie beinhaltet viele Wissenschaften. Biologie, Physik und Mathematik, sind Fächer, die auch in der Schule gelehrt werden. Dennoch fehlt vielen Schülern ein Zusammenhang zwischen diesen Fächern. Lösungsansätze der Bionik können die Verbindungen zwischen den Fächern aber durchaus bewusst machen. In verschiedenen Projekten, die z. B. in Projektwochen dargestellt werden können, kann auch einen jahrgangsübergreifenden Punkt finden. Gruppenarbeiten, die mit Hilfe von älteren Schülern in Form von Mentoren, betreut werden, können nicht nur das Verständnis für den Zusammenhang unter den Fächern erhöhen, sondern auch das Verhalten in Gruppen schulen [Nac08].

Die folgenden Seiten werden sich damit befassen, wie man Bionik speziell im E-Learning aufnehmen kann. Die Entwürfe werden sich auf Grobkonzepte konzentrieren und damit keine fertigen Gesamtkonzepte darstellen. Aber auch das maschinelle Lernen soll mit einbezogen und einige Ideen erfasst werden.

6.1 Bionik im E-Learning

6.1.1 Bionik - Grundlagen im E-Learning

Die ersten Fragen, die beantwortet werden müssen, wenn ein Konzept zu einem E-Learning System entsteht, ist der Sinn beziehungsweise das Ziel, welches das System erreichen soll und die Zielgruppe.

Das folgende Konzept soll hauptsächlich für Studienanfänger beziehungsweise für interessierte Schüler der elften und zwölften Klassen sein. Diesen Personen soll ein Gefühl für die Bionik vermittelt und ihr Interesse geweckt werden. Besonders soll auf die Interdisziplinarität, auf die Grundsätze und die Vielschichtigkeit der Wissenschaft Bionik eingegangen werden.

Um einen guten Lerneffekt zu erzielen, sollte der Inhalt in mehrere Kapitel unterteilt werden.

a Der Start

In diesem Teil des Lehrsystems wird der Lernende, nach einer kurzen Begrüßung, in die Funktionalitäten des Systems eingeführt. Neben der Kapitelübersicht wird auch der Abschlusstests angesprochen. Ebenso wird die Steuerung des Programms als Wunschoption aufgenommen.

b Erste Kapitel - Einleitung

Die Bionik ist zwar eine recht neue Wissenschaft, hat dennoch einige historische Fakten, auf die eingegangen werden muss. So sollte das erste Bionik – Symposium von 1960 erwähnt werden. Auch die Herkunft des Wortes Bionik muss erklärt werden. Neben diesen Punkten ist natürlich die Definition der Bionik von elementarer Bedeutung. Hier kann man auf Differenzen und Gemeinsamkeiten der Definitionen eingehen. Ebenfalls kann man in diesem Kapitel auf einige Bioniker eingehen. Neben den bekannten und in der Arbeit erwähnten Professoren können auch Personen wie Leonardo da Vinci oder Otto Lilienthal als erste Bioniker vorgestellt werden.

Wichtig ist die Abgrenzung, Bionik ist keine Kopie. Um dies zu verinnerlichen müssen bestimmte Grundlagen der Bionik erklärt werden. Technik soll mit Hilfe der Bionik zwar hauptsächlich neu entstehen, aber auch die Verbesserung vorhandener Technik darf nicht missachtet werden. Erst wenn das grundlegende Ziel der Bionik bekannt ist, kann die Abgrenzung verstanden werden.

Unterstützt werden diese Ausführungen mit Hilfe von Bildern und Audiopassagen. So können einige Entwicklungen bekannter Bioniker mit Hilfe von Audio erklärt werden.

c Zweite Kapitel – Wie Lernt man von der Natur

Neben der Erklärung, dass Bionik von der Natur lernen bedeutet, muss auch erklärt werden, wie man von der Natur lernt. Hierfür müssen die bereits erklärten Methoden vorgestellt und erläutert werden. Um das Verständnis zu erhöhen, sollten dafür auch Beispiele aus unterschiedlichsten

Bereichen eingebracht werden. Die Beispiele sollten anhand von Bildern und mit Hilfe von Audio-spuren erklärt werden. Damit kann erreicht werden, dass selbst schwierige Methoden verständlich gemacht werden.

d Dritte Kapitel – Der Nutzen der Bionik

Um den Nutzen der Bionik für die Wirtschaft und damit für jeden Einzelnen zu verdeutlichen, sollte hier als Erstes auf die Interdisziplinarität der Wissenschaft eingegangen werden. Um zu verdeutlichen, in welchen Bereichen die Bionik bereits bedeutende Vorteile bringt, können herkömmliche und Bionik Produkte gegenübergestellt werden. Dabei soll in diesem Kapitel der Text erklärend zum Bild dargestellt werden. Durch eine direkte Gegenüberstellung kann man Vor – und Nachteile beider Seiten verdeutlichen.

Ebenso sollten die ähnlichen physikalischen Gesetze mit aufgenommen werden, welche in Natur und Technik vorhanden sind. Auch das Bionik z. B. in Bereichen wie Management und Verhaltenspsychologie eingesetzt wird, sollte in diesem Kapitel mit einbezogen werden.

e Vierte Kapitel - Bionik in der Zukunft

In diesem Kapitel können sowohl die Möglichkeiten für Schule und Studium aufgezählt werden, aber auch die Chancen für die moderne Technik. Das Bionik kein Allheilmittel ist, sollte nicht nur erwähnt, sondern auch erklärt werden. Dennoch ist Bionik eine Möglichkeit die Zukunft etwas Umweltfreundlicher zu gestalten. Einer der wichtigsten Punkte der Bionik ist die effiziente ressourcenschonende Anwendung für die Technik. Darauf sollte verstärkt auch bei Zukunftsperspektiven geachtet werden. Bild beziehungsweise Animationen können helfen, dies zu verdeutlichen.

f Der Abschlusstest

Für dieses System soll es einen Abschlusstest geben. Dieser soll nicht, wie im klassischen eine Bewertung geben, sondern einen Anreiz zum Weiterdenken geben. Um dies zu erreichen, sollen die Fragen nicht im Sinne von „Welche Definition ist richtig?“ gestellt werden, sondern viel mehr als Anreiz gelten. Deshalb müssen die Fragen eher auf den Anwender eingehen. Eine Möglichkeit hierfür wäre den Lernenden zu Fragen, was für ihn Bionik ist.

g Funktionalitäten

Das Programm soll die Möglichkeit besitzen, Seiten zu überblättern aber auch auf die vorhergehende Seite zurück zu gehen. Einfache Pfeilsymbole können diese Funktionen übernehmen. Auch soll die Kapitelübersicht jederzeit über einen Button erreichbar sein. Eine Suchfunktion würde in diesem kurzen System entfallen. Scrollen innerhalb von Seiten wird ebenfalls nicht möglich sein, da

die einzelnen Seiten eines Kapitels kurz genug sein müssen, um genau diese Funktion überflüssig zu machen. Die eingebundenen Bilder können über eine Zoom - Funktion verfügen, um Details sichtbar zu machen.

h Zusammenfassend

Dieses E-Learning System soll eine Gesamtdauer von 45 Minuten aufweisen. Damit besteht die Möglichkeit es auch in dem normalen Schulunterricht mit einzubringen. Gerade für Abiturienten die sich unsicher sind, für welchen Studiengang sie sich einschreiben beziehungsweise bewerben sollen, soll dieses System eine Vorstellung einer jungen und interessanten Wissenschaft sein. Aber auch als Einführung für die erste Vorlesung in einem Bionik Studiengang wäre möglich.

Das System soll als ein Web-based-Training realisiert werden.

6.1.2 Baubionik im E-Learning

Ein System, welches sich der Baubionik widmet, muss ebenso die Grundlagen der Struktur- und Konstruktionsbionik beinhalten. Aber auch die Klimabionik sollte für einen bionischen Bau beachtet werden. Die Zielgruppe soll dabei Personen darstellen, die ihre Ausbildung als Architekt abgeschlossen haben und neue Ideen verfolgen wollen, welche sich näher an der Natur orientieren.

a Der Start

Neben einer kleinen Einführung in das Lernen mit E-Learning Systemen soll ein Überblick über die Inhalte geben werden. Als Wunschoption steht ein Video zur Steuerung des Systems, zur Verfügung. Auch eine Einführung in die unterschiedlichen Testvarianten soll geben sein.

b Erstes Kapitel - Strukturbionik

Einige Strukturen der Natur sind für den Bau von Gebäuden sinnvoll, einige weniger geeignet. Diese sollen vorgestellt und erklärt werden. Ebenso sollen die statischen und physikalischen Eigenschaften erklärt werden. Mit Hilfe von Bildmaterial und Animationen soll verdeutlicht werden, wieso die Natur ihre Strukturen so aufgebaut hat, und wie der Mensch sich diese zunutze machen kann. Da dieses Kapitel lediglich als eine kurze Einführung gedacht ist, wird sich die Gesamtdauer auf fünf bis zehn Minuten beschränken.

c Zweites Kapitel – Konstruktionsbionik

In diesem Kapitel sollen die Grundlagen des Teilgebietes Konstruktionsbionik erläutert werden. Da es sich hier um Gesamtstrukturen und das Zusammenspiel zwischen Teilstrukturen han-

delt, soll dem Lernenden bewusst gemacht werden, auf was genau geachtet werden muss. Es soll ein Gefühl für dieses Gebiet vermittelt werden, welches unmittelbar mit der Baubionik zusammenhängen kann. Ebenso soll ein Gefühl für die Multifunktionalität der Konstruktionen vermittelt werden. Physikalische Grundlagen sollen auch hier mit eingebracht werden. Unterstützt werden soll dies durch Beispiele und Bilder. Auch dieses Kapitel soll eine Gesamtlänge von fünf bis zehn Minuten nicht übersteigen.

d Drittes Kapitel – Bestehende bionische Bauten

Um ein Gefühl für bionisches Bauen zu vermitteln, sollen in diesem Kapitel einige bisher entstandene Bauten gezeigt und erklärt werden. Die Konstruktionen sollen auf ihre Eigenschaften hin untersucht werden. Auch die Auseinandersetzung mit verschiedenen Materialien soll hier bereits erreicht werden. Ebenso soll gezeigt werden, was den Unterschied macht zwischen optisch anmutenden Bauten und tatsächlichen bionischen Bauten. Animationen und Bilder sollen dies unterstützen. Dieses ist das letzte vorbereitende Kapitel und soll von daher die Länge der vorhergehenden nicht übersteigen.

e Viertes Kapitel – Natürliche Materialien

Die Baubionik, versucht sich auf natürliche Materialien zu besinnen. Diese sollen hier vorgestellt werden. Die Eigenschaften dieser Materialien sollen erklärt und ihre Vorteile benannt werden. Mit Hilfe der Struktur- und Konstruktionsbionik soll verdeutlicht werden, wieso in der Natur zwar leicht aber dennoch sehr robust gebaut werden kann. Die physikalischen und statischen Eigenschaften einiger Materialien sollen verdeutlicht und auch mit Hilfe der mathematischen Grundlagen erklärt werden. Auch neue Verbundmaterialien, die nach dem Naturvorbild hergestellt werden, sollen vorgestellt und erklärt werden. Für das einfachere Verständnis sollen, sowohl Bilder wie auch Animationen und Videos in dieses Kapitel mit eingebracht werden. Am Ende dieses Kapitels soll ein zwischen Test eingebracht werden, der die bisher genannten Fakten überprüft. Bei einer zu hohen Fehlerquote soll eine Empfehlung zur Wiederholung ausgesprochen werden. Die Gesamtdauer des Kapitels kann dabei bis zu einer Stunde betragen.

f Fünftes Kapitel – Baubionik

Dieses Kapitel versucht, die Ideenfindung für einen bionischen Bau darzustellen. Die vorgestellten Strukturen und Konstruktionen müssen hierfür mit eingebracht werden. Natürlich muss auf die Aspekte Leichtbau, energieeffizient und Stabilität im Vordergrund. Auch das Thema ökologisch Bauen sollte mit eingebracht werden. Dies bezieht sich nicht nur auf die Materialien, sondern auch auf deren Bauweise. Einige Bauweisen der Natur sollen dafür vorgestellt werden und ihre Eigen-

schaften erklärt werden. Dazu zählen vor allem die Effekte der Statik, diese müssen für Gebäude beachtet werden.

Das Thema Leichtbau wird bei immer teureren Materialien immer wichtiger, der Lernende soll sich diesem Kriterium bewusst werden. Ökologisches Bauen heißt nicht nur, wenig Baumaterial zu verarbeiten, sondern auch weitestgehend verschleißfreie Materialien zu verbauen.

Auch auf die Heizung und Lüftung, wie auch auf die Belüftung kann in diesem Kapitel eingegangen werden. Die Klimabionik gibt weitere Möglichkeiten dem Architekten zu zeigen, wie er energieeffizient bauen kann.

Um dies zu verinnerlichen, sollen dem Lernenden Bilder und Audiopassagen zur Verfügung stehen. Am Ende der Lehreinheit soll ein Test absolviert werden. Neben einfachen Auswahlfragen könnte hier auch eine Simulation eines Baues in Frage kommen. Diese Anwendung gibt dann eventuell Einzellemente vor, die stabil zusammengesetzt werden müssen. Dabei gibt es keine fest vorgeschriebenen Lösungen, lediglich das Ziel ein stabiles Konstrukt zu bauen ist die Aufgabe.

Das gesamte Kapitel soll ohne Simulation etwa 60 – 90 Minuten dauern.

g Funktionalität

Das Programm soll die Möglichkeit besitzen, Seiten zu überblättern aber auch auf die vorhergehende Seite zurück zu gehen. Einfache Pfeilsymbole können diese Funktionen übernehmen. Auch soll die Kapitelübersicht jederzeit über einen Button erreichbar sein. Eine Suchfunktion würde sich in diesem System anbieten. Scrollen innerhalb von Seiten wird nicht möglich sein, da die einzelnen Seiten eines Kapitels kurz genug sein müssen, um genau diese Funktion überflüssig zu machen. Aufgrund der Länge des Systems würde sich die Möglichkeit zum „Status speichern“ als sinnvoll und effektiv erweisen.

h Zusammenfassend

Um Architekten einen neuen Blickwinkel zu eröffnen kann dieses System einen Einstieg bedeuten. Es darf nicht vergessen werden, dass bei dem Thema „Baubionik“ viele Wissenschaften mit einbezogen sind. Architekten müssen hier mit Botanikern, Biologen und Ingenieuren zusammenarbeiten. Dennoch ist die Möglichkeit gegeben einen Einblick in das Gebiet zu erhalten und das Wissen als Grundlage zu verwenden.

Das vollständige E-Learning System soll als Computer-based-Training zur Installation ausgelegt sein.

6.1.3 Bionische Roboter bauen

Die Zielgruppe dieses Systems sollen Studenten der höheren Semester in Bachelorstudiengängen sein. Grundlegende Kenntnisse in Elektronik, Elektrotechnik und Informatik sind also vorausgesetzt. Ziel des Lernprogramms ist die Begleitung eines Projektes, welches sich mit dem Bau von Robotern beschäftigt. Dabei soll es vor allem um die Grundbewegungen laufen, schwimmen und fliegen gehen. Demnach soll das Projekt eine Zusammenarbeit mehrerer Studiengänge darstellen. Ziel des Projektes soll sein, einen fertigen Roboter gebaut zu haben.

a Start

Dem Studenten soll das Ziel, einen fertigen Roboter bauen, verdeutlicht werden. Er erhält einen Überblick über die bevorstehenden Kapitel. Eine Einführung in die Steuerung wird es nicht geben, da davon ausgegangen wird, dass Studenten regelmäßig mit E-Learning Systemen arbeiten (ILIAS, MOODLE usw.).

b Erstes Kapitel – Grundbewegungsarten

Damit die Lernenden eine Möglichkeit haben, sich für ihr Projektziel auf eine Bewegungsart zu reduzieren, werden in diesem Kapitel die Bewegungen laufen, schwimmen und fliegen vorgestellt. Dazu zählen natürlich die physikalischen genauso wie die biologischen Grundlagen. Hier werden also nicht nur Auftrieb und Strömungswiderstand erklärt, sondern auch mit welchen Mitteln eine Bewegung erzeugt wird.

Unterstützt werden diese Ausführungen mit Hilfe von Bildern ebenso wie Animationen und Videos. Nach dieser Einführung sollen die Studenten sich auf eine Fortbewegungsmethode für ihr Projekt auswählen. Je nachdem ob dies Fliegen, Laufen oder Schwimmen ist, werden die nachfolgenden Kapitel sich darauf auslegt. Für diese Grundlagen sollen etwa 30 Minuten eingeplant werden.

c Zweites Kapitel – Der Antrieb

Je nachdem, wie sich die Gruppe entschieden hat, werden in diesem Kapitel die verschiedenen Möglichkeiten für die Fortbewegung angegeben. Rotoren/Flügel, Flossen und Beine haben alle ihre eigenen Eigenschaften, diese werden jetzt speziell erklärt. Außerdem soll darauf eingegangen werden, wie diese Antriebe gebaut werden können. Dazu zählt auch, wie die Antriebe möglichst effizient mit Strom versorgt werden können. Ebenso welche Materialien man verwenden kann. Besonders auf die bionischen Punkte, Leichtbau und energieeffizient soll hier eingegangen werden. Auch die Gerätekombi soll bei dem Thema Pneumatik mit einbezogen werden. All dies soll mit Animationen gezeigt werden. Um die möglichen Antriebe zu erklären, wären pro Teil etwa 30 Minuten sinnvoll.

d Drittes Kapitel – Sensoren

Hier werden Sensoren für die Orientierung und die inneren Status behandelt. Dazu zählen sowohlangaben über Geschwindigkeit und Ort des Roboters, aber auch über seinen Lade- und Stromzustand. Die verschiedenen Sensorarten werden nicht nur vorgestellt, auch ihr Nachbau soll erläutert werden. Dies bedeutet, dass sowohl das theoretische Wissen unterstützt wird, sondern auch anhand von Videos der praktische Teil gezeigt werden soll.

Auch soll ein Bewusstsein dafür aufgebaut werden, dass fast alle bekannten Sensoren ein natürliches Vorbild besitzen. Da nicht nur die wichtigsten Eigenschaften vieler Sensoren erklärt werden, sonder auch gezeigt werden soll wie diese gebaut werden, wären etwa 45 – 60 Minuten für dieses Gebiet einzuplanen.

e Viertes Kapitel – Die Steuerung

Ein Roboter ist in der Regel steuerbar. Mögliche Steuerungen für einen Roboter müssen erklärt werden. Hierbei ist vor allem wichtig, dass Hard- und Software auf einander abgestimmt werden. Mögliche Abläufe und einige mögliche Programmabschnitte können in diesem System sowohl als Bild, wie auch als Animation gezeigt werden. Die Abstimmung zwischen Hard- und Software soll in etwa 30 Minuten erklärt werden.

f Fünftes Kapitel – Die Softwareentwicklung

Sensoren allein machen keinen funktionierenden Roboter. Natürlich müssen die Daten, die Sensoren aufnehmen, verarbeitet werden. Auch muss die verarbeitete Information an die Aktoren weitergegeben werden. In der Softwareentwicklung müssen alle möglichen Zustände des Roboters und seine Reaktionen darauf bekannt gemacht werden. Um möglichst viele Zustände aufzunehmen, werden in diesem Kapitel einige wichtigen Situationen erklärt. Da das gesamte Lehrprogramm begleitend sein soll, werden hier keine Programmabschnitte gezeigt, lediglich bestimmte Situationen werden mit Videos und Bildern gezeigt.

Die möglichen Situationen die berücksichtigt werden müssen und ihre Umsetzung in eine Computersprache wird mindestens 45 Minuten in Anspruch nehmen.

g Funktionalität

Das Programm soll die Möglichkeit besitzen, Seiten zu überblättern aber auch auf die vorhergehende Seite zurück zu gehen. Einfache Pfeilsymbole können diese Funktionen übernehmen. Auch soll die Kapitelübersicht jederzeit über einen Button erreichbar sein. Eine Suchfunktion würde sich in diesem System anbieten. Scrollen innerhalb von Seiten wird nicht möglich sein, da die einzelnen Seiten eines Kapitels kurz genug sein müssen, um genau diese Funktion überflüssig zu machen. Auf-

grund der Länge des Systems würde sich die Möglichkeit zum „Status speichern“ als sinnvoll und effektiv erweisen.

h Zusammenfassend

Da das Lehrprogramm begleitend zu einem Projekt angeboten werden soll, werden hier nicht alle wichtigen Punkte aufgenommen. Die Länge des Programms soll dennoch bei etwa 3 ½ Stunden liegen. Den Studenten soll nicht nur eine Unterstützung geliefert werden, sondern auch ihr Verständnis für Fächerübergreifende Themen soll gefördert werden. Ebenso soll ihnen bewusst werden, dass Bionik bereits in kleinen Anwendungen unseres Lebens vorkommen kann.

Das System soll zwar auf einem Computer installiert werden, dennoch verlangt es einen begleitenden Unterricht, weshalb das Lehrprogramm zu den Blended - Learning Systemen zählt.

6.1.4 Ergonomisches Gestalten von Maschinen

Maschinen begleiten uns den gesamten Tag. Ob wir morgens mit dem Auto zur Arbeit fahren, oder auf der Arbeit mit Pressen und Kränen arbeiten. All diese Maschinen sollten bei ihrem Design bestimmten Kriterien unterliegen, damit sie vom Menschen einfach und gut bedient werden können. Das folgende Konzept richtet sich an Maschinendesigner_innen. Es soll begleitend zum regulären Unterricht angewandt werden.

a Start

Damit die Lernenden einen Überblick über ihre Lehrziele erhalten, sollen diese als Übersicht gezeigt werden. Auf Wunsch wird der Lernende in die Steuerung des Programms eingewiesen.

b Erstes Kapitel – Wozu Design?

Im ersten Kapitel soll den Lernenden bewusst werden, dass Design nicht nur eine Kaufentscheidung ist. Hier soll verdeutlicht werden, an welchen Stellen falsches oder fehlendes ergonomisches Design zu Schäden am Menschen führen kann. Um dies sinnvoll zu zeigen soll Bildmaterial unterstützend zum Text eingeführt werden. Diese Einführung kann eine Gesamtlänge von 20 Minuten haben.

c Zweites Kapitel – Körpermaße

Um ergonomisch zu gestalten muss gezeigt werden, auf was es ankommt. Dabei sind Körperhaltungen von entscheidender Bedeutung. Dem Lernenden soll ein Gefühl für die Körperstellen gegeben werden, die besonders zu schützen sind. Dazu zählen sowohl Gelenke wie auch die Wirbelsäule.

Ihm sollen positiv Beispiele, wie auch negativ Beispiele für Maschinendesign gezeigt werden. Diese Beispiele können sowohl mit Videos wie auch mit Bildern gezeigt werden. Da das System begleitend zum Unterricht sein soll, ist eine Länge von etwa 30 Minuten ausreichend.

d Drittes Kapitel – Kognitive Fähigkeiten

Die ergonomische Gestaltung von Körpermaßen ist heute nicht mehr ausreichend. Um die Anwendung benutzerfreundlich und nach Möglichkeit auch intuitiv zu gestalten, müssen kognitive Fähigkeiten mit einbezogen werden. Diese Fähigkeiten sollen anhand von Beispielen und auch anhand von Selbstversuchen im Präsenzunterricht, gezeigt werden. Bildmaterial ist zur Verdeutlichung des Themas unersetzlich. Bei einer Dauer von 30 Minuten, wäre dieses Thema als begleitend ausgeschöpft.

e Viertes Kapitel – Schönes Gestalten

Ergonomisches Design muss heutzutage auch so gestaltet sein, dass die Interessenten an einer Maschine diese auch für ästhetisch halten. Dies sollte mit beachtet werden. Ein Weg zwischen Ästhetik und Ergonomie bedeutet dabei aber nicht, dass Abstriche an einer Stelle gemacht werden müssen. Den Lernenden soll gezeigt werden, wie man dies vereint. Dafür soll dieses Kapitel nur 20 Minuten lang sein.

f Funktionalität

Das Programm soll die Möglichkeit besitzen, Seiten zu überblättern aber auch auf die vorhergehende Seite zurück zu gehen. Einfache Pfeilsymbole können diese Funktionen übernehmen. Auch soll die Kapitelübersicht jederzeit über einen Button erreichbar sein. Eine Suchfunktion würde sich in diesem System anbieten. Scrollen innerhalb von Seiten wird nicht möglich sein, da die einzelnen Seiten eines Kapitels kurz genug sein müssen, um genau diese Funktion überflüssig zu machen. Trotz der Länge ist die Funktion „Speichern“ hier nicht sinnvoll. Da das System die Abarbeitung der Kapitel unabhängig voneinander zu lässt und im Lehrsystem kein Test angestrebt sind.

g Zusammenfassend

Begleitend zu einem Unterricht, bedeutet immer, dass das System nicht alle Fakten zum Thema beinhaltet. Dies ist auch hier der Fall. Die Kapitel sollen in der Länge so gewählt werden, dass sie in einem 90 - Minuten - Unterrichtsblock als Einleitung genutzt werden können.

Das System ist so konzipiert dass es zu den Blended – Learning Systemen gehört.

6.1.5 Informationsverarbeitung nach dem Vorbild Mensch

Das nachfolgende Konzept soll für Studenten der Fachrichtungen Mathematik und Informatik in Masterstudiengängen sein. Die Datenverarbeitung des menschlichen Gehirns soll vorgestellt werden. Vor allem soll der Schwerpunkt auf der Datenreduktion und dem Lernen von „wichtigen“ und „unwichtigen“ Daten liegen. Ziel ist es, den Studenten zu zeigen, wieso die Übertragung von natürlichen Algorithmen nur schwer bis gar nicht zu realisieren ist. Den Studenten soll weiterhin erklärt werden, was neuronale Netze sind und wieso diese für die Zukunft immer wichtiger werden.

a Start

Hier soll den Studenten das Lehrziel nahe gebracht werden. Die Kapitelübersicht ist dabei ein wichtiger Punkt. Auf eine Einführung in die Steuerung wird verzichtet, da man davon ausgehen kann, dass Studenten die Arbeit mit E-Learning Systemen vertraut ist.

b Erstes Kapitel – Natürliche Datenverarbeitung

Dieses Kapitel soll einen groben Überblick darüber geben, wie der Mensch Daten aufnimmt und verarbeitet. Anhand von Alltagssituationen soll mit Hilfe von Animationen, der Datenverlauf innerhalb des menschlichen Körpers gezeigt werden. Dies sollte aufgrund des Umfangs, auf die Sinnesorgane Auge, Ohr, Nase und Mund beschränkt werden.

c Zweites Kapitel – Datenreduktion

Eine elementare Funktion der natürlichen Daten- und Informationsverarbeitung ist die Datenreduktion. Den Studenten soll erklärt werden, wie der Mensch Daten nach ihrer Relevanz sortiert, und wieso es für ein technisches System unmöglich ist, dies auf die gleiche Art zu gestalten. Unterstützt werden die Ausführungen mit Hilfe von Alltagssituation und Bildern.

d Drittes Kapitel – Flexible Verhaltensmuster

Der Mensch passt sich unbekannten Situationen mehr oder minder gut an. Dies kann ein technisches System auf die Art nicht. Den Lernenden soll ein Gefühl für die natürlichen Verhaltensmuster bekommen und in Lage dazu sein, dies auch zu verstehen.

e Viertes Kapitel – Künstliche neuronale Netze

Im Gegensatz zu herkömmlichen Computertechniken haben künstliche neuronale Netze andere Möglichkeiten. Dies soll den Studenten erklärt werden. Sie sollen nicht nur ein Verständnis dafür bekommen, sondern ihnen soll ebenfalls bewusst werden, wieso künstliche neuronale Netze in der Lage wären, die angesprochenen Punkte zu realisieren. Sie sollen ein Verständnis für das Lernen

von künstlichen neuronalen Netzen erhalten. Hierfür sollen ihnen Algorithmen vorgestellt werden, die sowohl in der Lage dazu sind, „wichtig“ von „unwichtig“ zu unterscheiden, wie auch einen Lerneffekt hervor zu rufen.

f Funktionalität

Das Programm soll die Möglichkeit besitzen, Seiten zu überblättern aber auch auf die vorhergehende Seite zurück zu gehen. Einfache Pfeilsymbole können diese Funktionen übernehmen. Auch soll die Kapitelübersicht jederzeit über einen Button erreichbar sein. Eine Suchfunktion würde sich in diesem System anbieten. Scrollen innerhalb von Seiten wird nicht möglich sein, da die einzelnen Seiten eines Kapitels kurz genug sein müssen, um genau diese Funktion überflüssig zu machen.

g Zusammenfassend

Am Ende des Systems sollen die Studenten eine Einleitung in das Thema „natürliche Datenverarbeitung“ erhalten haben. Darauf aufbauend können dann Vorlesungen folgen. Das Gesamtsystem, soll nicht länger als 90 Minuten gehen, und als Web-based-Training angeboten werden.

6.1.6 Verfahren der Natur

Dieses Konzept soll für Erwachsene zur Verfügung stehen, die sich für das Thema „Verfahrensbionik“ interessieren. Es soll demnach rein informativ sein und lediglich einen weiterbildenden Effekt haben. Test werden in diesem System nicht vorkommen.

a Start

Nach einer Begrüßung wird eine Einführung in die Steuerung von E-Learning Systemen stattfinden. Ebenso wird eine Kapitelübersicht zu finden sein.

b Erstes Kapitel – Erfolgsverfahren der Natur

Es sollen einige Verfahren der Natur vorgestellt werden. Dazu zählen nicht nur Energiegewinnung, sondern auch Führungsmethoden und Recyclingmethoden der Natur. Diese sollen kurz erläutert werden. Anhand von Bildmaterial sollen kurze aber prägende Beispiele angeführt werden.

c Zweites Kapitel – Energiegewinnung nach dem Vorbild der Natur

Die Natur bedient sich mehrerer Möglichkeiten, Energie zu gewinnen. Dabei geht es immer um die Gewinnung von chemischer Energie. Dies soll dem Nutzer bewusst gemacht werden. Die Übertragung dieser Energiegewinnung auf unseren Bedarf von elektrischer Energie, ist demnach nicht so

einfach wie es sich im ersten Moment den Anschein hat. Unterstützt werden sollen die Beispiele anhand von Videos und Animationen.

d Drittes Kapitel – Führungsmethoden von Organismen

In der Natur kann man viele Beispiele für Verhalten erkennen. Dies soll dem Nutzer aufgezeigt und Bewusst gemacht werden. Viele Erkenntnisse, die wir aus der Natur lernen werden bereits angewandt. Besonders die Verhaltenspsychologie hat sich einiges aus der Natur abgeguckt. Die bereits aus der Natur entwickelten Methoden, sollen vorgestellt und mit Hilfe von Alltagssituationen erklärt werden.

e Viertes Kapitel – Totales Recycling

Im Gegensatz zum Menschen zersetzt die Natur alles. Für diesen Fakt soll ein Bewusstsein hervorgerufen werden. Die Nachteile des nicht recyclingfähigen Mülls, soll auf den gesamten Planeten bezogen werden. Dabei kann man sich der Methode des „Schocks“ durch aus bedienen. Allerdings sollen auch positiv Beispiele gezeigt werden. Den auch der Menschheit wird bewusst, dass wir recyceln müssen. Die soll dem Anwender bewusst gemacht werden.

f Funktionalität

Das Programm soll die Möglichkeit besitzen, Seiten zu überblättern aber auch auf die vorhergehende Seite zurück zu gehen. Einfache Pfeilsymbole können diese Funktionen übernehmen. Auch soll die Kapitelübersicht jederzeit über einen Button erreichbar sein. Eine Suchfunktion würde sich in diesem System anbieten. Scrollen innerhalb von Seiten wird nicht möglich sein, da die einzelnen Seiten eines Kapitels kurz genug sein müssen, um genau diese Funktion überflüssig zu machen. Eine Speicherfunktion wird es nicht geben.

g Zusammenfassend

Das Lehrprogramm soll lediglich ein Bewusstsein für die Effizienz der Natur hervorrufen. Es geht nicht darum den Lernenden zu befragen, was er gelernt hat, weshalb Tests auch vollkommen wegfallen. Das gesamte System soll als Web-based-Training angeboten werden, und freiwillig von jedem Interessierten bearbeitbar sein.

6.2 Bionik im maschinellen Lernen

Serversysteme stehen heutzutage unter enormen Leistungsdruck. Sie müssen nicht nur möglichst energiearm arbeiten, sondern müssen auch einen enormen Anteil an Daten verarbeiten. Dabei hilft ihnen unter anderem das Data Mining.

Aber was wäre, wenn wir einen Serverkomplex so programmieren, dass er wie ein Ameisen-schwarm fungiert? Ameisen sind in der Lage ihre Aufgaben so zu unterteilen, dass jede Ameise einen gewissen Anteil an Arbeit hat. Ist eine Ameise überlastet, wird sie von anderen unterstützt. Diese Unterstützung findet aber nur dann statt, wenn eine andere gerade nicht selber ausgelastet ist. Überträgt man dieses Prinzip auf ein Serversystem, kann man eine enorme Leistung, bei der gleichen Energieaufnahme erzeugen. Bisher sind Server so programmiert, dass jeder seine eigene Aufgabe hat. Der Web-Server übernimmt die Weiterleitung der Anfragen auf das Internet, der E-Mail Server übernimmt Anfragen innerhalb des Intranets und Internet und so weiter. Wenn einer der Server gerade einmal zur Hälfte ausgelastet ist, während ein anderer bei einer Auslastung von 90 Prozent arbeitet, wird die Verteilung der Arbeit durch einen Serveradministrator variiert. Wenn das System in der Lage ist, diese Umlagerung selbstständig zu verarbeiten wäre es eine Entlastung des Administrators.

Natürlich muss darauf geachtet werden, dass die Systeme nicht selbstständig auf Reserveressourcen zurückgreifen. Dem Server muss also bekannt sein, dass die Reserve nur von außen freigegeben wird. Auch muss eine Grenze für die Übernahme von anderen Arbeiten existieren. Wenn ein Server auf einer Auslastung von 80 Prozent arbeitet, während ein anderer zu 75 Prozent ausgelastet ist, sollte keine Arbeitsabnahme erfolgen. Es ist wichtig, dass ein Server nicht auf 100 Prozent läuft, damit es nicht zu Leistungseinbusen kommt.

Arbeitsabnahme kann z. B. in Form von Rechenleistung stattfinden. So kann ein intelligenter Server seine Rechenleistung für einen anderen Server kurzzeitig zur Verfügung stellen. Auch die Möglichkeit temporäre Daten kurzzeitig zu speichern kann eine Arbeitsabnahme darstellen.

Inwieweit so ein intelligentes System eine erhöhte Rechenleistung bringt kann nicht ohne Weiteres gesagt werden. Auch der Einsatz müsste genau überdacht werden. Ob diese Systeme in einem kleinen Arbeitsumfeld tatsächlich einen Leistungszuwachs garantiert, müsste geprüft werden. Ebenso ob dies in großen Systemen der Fall ist.

7 Fazit

*Falls Gott die Welt geschaffen hat, war seine Hauptsorge sicher nicht,
Sie so zu machen, dass wir sie verstehen können.*

- Albert Einstein -

Bionik kann sich in vielen Bereichen unseres Lebens wiederfinden. Um die Lösungen die uns die Natur präsentiert nutzen zu können, müssen wir lernen aus ihr zu lernen. Fakt ist, dass die Bionik ein Gefühl für die Natur vermitteln kann, aber kein Allheilmittel für unsere Probleme darstellt. Wir können viele Lösungen finden, können uns aber auch bei dem krampfhaften Versuch eine bionische Lösung zu finden, verirren.

Bionik sollte in Zukunft bereits in der Schule angewandt werden. Einerseits um das natürliche Verständnis zu erhöhen, andererseits um zu zeigen, dass man Wissenschaften nicht streng voneinander trennen sollte. Mathematik wird von vielen Schülern als unangenehm empfunden, häufig auch weil die Frage „Wozu brauch ich das?“ gestellt und unter Umständen falsch beantwortet wird. So erging es mir und einigen Freunden zumindest sehr häufig. Unser Planet ist nun mal keine Einzelwissenschaft. Von einer Pflanze kann nicht nur die Biologie etwas lernen, sondern auch die Physik, Automatisierungstechnik, Informatik und viele anderen Fachrichtungen.

Diese Arbeit hat versucht die verschiedenen Einflüsse der Bionik zu beleuchten. Nicht nur in den offensichtlichen Bereichen sondern auch in Teilen in denen man sie vielleicht nicht erwarten würde. In Zukunft sollten der Mensch versuchen sich nicht krampfhaft nur an einen Informationsgeber zu klammern, sondern auch einmal nach rechts und links zu schauen und zu prüfen welche Lösungen es noch zu finden gibt.

Ich für meinen Teil habe aus der Bionik gelernt nicht immer alles nur schwarz und weiß zu sehen, sondern bei der Lösungsfindung auch ruhig einmal die Schnittstelle, das Grau in der Mitte zu betrachten.

Literaturverzeichnis

- [All10] Allen, Robert ; Kamphuis, Andrea; Das kugelsichere Federkleid: Wie die Natur uns Technologie lehrt, 1.Aufl., Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2010
- [Alp08] Alpaydin, Ethem; Maschinelles Lernen: Maschinelles Lernen, 1.Aufl., München: Oldenbourg Verlag, 2008
- [Asi13] <http://asimo.honda.com/asimo-history/>
- [Bel12] http://www.e-teaching.org/lehrszenarien/blended_learning
- [Bio09] Einheit in der Vielfalt!, http://www.biokon.de/biokon/download/Proj_Denkwerkzeuge_Mattheck.pdf, 2009
- [BIZ13] <http://www.bionikzentrum.de/default.asp?navA=home&navID=1&editable=1>
- [BRL13] <http://www.brl.ac.uk/researchthemes/bioenergysustainable/ecobotii.aspx>
- [Cae13] <http://www.caesar.de/infrarotsensor0.html>
- [Due08] <http://www.uni-due.de/edit/lp/behavior/klakond.htm>
- [ECI04] Die geschichtliche Entwicklung des Cochlear-Implants, <http://www.ohrenseite.de/DiegeschichtlicheEntwicklungdesCI.pdf>, 2004
- [Fes12] ExoHand, http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/156733/Brosch_FC_Exo-Hand_DE_lo_L.pdf, 2012
- [Fes13a] Biomechatronic Footprint, http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/42075/Festo_Biomechatronic_Footprint_de.pdf, 2013
- [Fes13b] Fluidic Muscle DMSP/MAS, http://www.festo.com/cat/de_de/data/doc_de/PDF/DE/DMSP-MAS_DE.PDF, 2013
- [Fra06] Modellbasierte Kompensation der Hysterese in der Kraftcharakteristik von pneumatischen Muskeln, http://www.iosb.fraunhofer.de/servlet/is/3725/06_Gr24_Schindele_Aschemann.pdf, 2006
- [Fra11] <http://www.iap.fraunhofer.de/de/Pressemitteilungen/2011/2011-blutgefasse.html>
- [Fra12] <http://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2012/oktober/kuenstliche-hornhaut-schenkt-auge-nlicht.html>
- [Fre12] <http://www.nncn.uni-freiburg.de/Aktuelles/Forschungsergebnisse/cochleaimplantation/>
- [Gle01] Gleich, Arnim von ; Nachtigall, Werner ; Kursawe, Frank ; Bionik: ökologische Technik nach dem Vorbild der Natur?, 2.Aufl., Berlin: Teubner B.G. GmbH, 2001
- [Gle07] Gleich, Arnim von ; Pade, Christian ; Petschow, Ulrich ; Pissarskoi, Eugen; Bionik: Aktuelle Trends und zukünftige Potenziale, 1.Aufl., Berlin: Univ, Fachbereich 4 Produktionstechnik, 2007

-
- [Han13] <http://handprothese.de/evolution2/>
- [Har13] <http://harunyahya.de/de/Bucher/4125/das-wunder-der-schopfung-in/chapter/8995>
- [Hau07] Haun, Matthias; Handbuch Robotik: Programmieren und Einsatz intelligenter Roboter, 1.Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer, 2007
- [Hei04] Das Cochlea-Implantat, <http://www.klinikum.uni-heidelberg.de/fileadmin/hno/pdf/CInfoPat.pdf>, 2004
- [Hes04] Hessel, Silvia ; Hochscheid-Mauel, Dirk ; Aslanski, Kristina ; Kreuzberger, Gunthe; Kompendium: E-Learning, 1.Aufl., Berlin: Springer DE, 2004
- [Jor08] Jordan, André; Integrierte Produktentwicklung: Methoden und Werkzeuge für den Wissenstransfer in der Bionik, 1. Aufl., Magdeburg: Universitätsverlag, 2008
- [Lau13] <http://www.fzi.de/forschung/projekte/lauron/>
- [Lut11] Bionik im Betrieb, http://www.nanotruck.de/fileadmin/user_upload/Berichte%20und%20Druckschriften/Literaturliste/NanoBionik_web.pdf, 2011
- [Muc10] Screendesign - Visuelle Gestaltung für den Bildschirm, http://www.muc.kobis.de/fileadmin/muc_kobis_images/startseite/pdf/screendesign-1209.pdf,
- [Myh11] <http://www.myhandicap.de/dossiere-amputation-geschichte.html>
- [Nac08] Nachtigall, Werner; Bionik: Lernen von der Natur, 1. Aufl., München: C.H. Beck, 2008
- [Nac10] Nachtigall, Werner; Bionik Als Wissenschaft: Erkennen - Abstrahieren - Umsetzen, 1.Aufl., Berlin: Springer DE, 2010
- [Nac98] Nachtigall, Werner; Bionik: Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler, 1.Aufl., Berlin: Springer DE, 1998
- [Neu13] <http://www.neuronaalesnetz.de/index.html>
- [Pro13] http://www.prozesstechnik-online.de/food/-/article/5829531/25688820/Attraktiv,-nachhaltig-und-recyclebar/art_co_INSTANCE_0000/maximized/
- [Rah09] Überblick zu Data Mining-Verfahren, <http://dbs.uni-leipzig.de/file/dw-kap6.pdf>, 2009
- [Rus04] Rustemeyer, Ruth; Erziehungswissenschaften: Einführung in die Unterrichtspsychologie, 1.Aufl., Darmstadt: Wiss. Buchges., 2004
- [Rüt08] Rüter, Martina; Bionik: , 1.Aufl., München: Compact, 2008
- [Sch10] Assoziationsregeln, http://fstolzenburg.hs-harz.de/datam/slides/Association_Rules-print.pdf, 2010
- [Sche11] Sprachtechnologie, <http://www.cs.uni-potsdam.de/ml/teaching/ss11/st/Einleitung.pdf>, 2011

- [TAB06] Potenziale und Anwendungsperspektiven der Bionik, <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab108.pdf>, 2006
- [TAB11] Stand und Perspektiven der militärischen Nutzung unbemannter Systeme, <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab144.pdf>, 2011
- [Tou13] <http://www.touchbionics.com/products/active-protheses/i-limb-ultra-revolution/>
- [Tro05] Rossmann, Torsten ; Tropea, Cameron; Bionik: Aktuelle Forschungsergebnisse in Natur-, Ingenieur- und Geisteswissenschaft, 1.Aufl., Berlin: Springer DE, 2005
- [Vid1] Thomas Hildebrandt, Abenteuer Wissen, ZDF , 2010, Siehe DVD 1
- [Vid2] MR Film, NatureTech, ORF in Kooperation mit ARTE und BM:BWK , 2006, Siehe DVD 1
- [WBT12] http://www.e-teaching.org/technik/aufbereitung/cbt_wbt/
- [Wik13] <http://de.wikipedia.org/wiki/Gehirn>
- [Wik13a] http://de.wikipedia.org/wiki/Fresh_Kills_Landfill

Abbildungsverzeichnis & Bildquellen

Abbildung 3.1: Vergleich Gecko - Fuß und das "Geckotape"	10
http://www.bio-pro.de/magazin/thema/00172/index.html?artikelid=%2Fartikel%2F03049%2Findex.html&lang=de&image=NHZLpZeg7t,lnp6l0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpn02Yuq2Z6gpJCDdYF5gGym162bpYbqjKbNpKCYlq7p - Gecko und Fuß https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/9/94/Micro_view_of_Gecko_Tape.jpg – Geckotape	
Abbildung 3.2: Vergleich Osagedorn und Stacheldraht.....	11
http://green-24.de/forum/userpix/473_osagedorn_0308_1.jpg – Osagedorn http://www.rechtsanwalt-louis.de/Stacheldraht980hu87.jpg – Stacheldraht	
Abbildung 3.3: Vergleich Spinnennetz und Zeltkonstruktion auf der Expo 1967.....	12
http://www.fotos.sc/img2/u/schnepper/h/Morgentau_Spinnengewebe_Spinnennetz_Nebel_Spinnen.jpg - Spinnennetz http://farm4.static.flickr.com/3420/3239580065_b50195c44c.jpg - Expo 1967 Zelt	
Abbildung 3.4: Vergleich ein Vogelnest und das Nationalstadion Peking.....	13
http://blog.bild-in-sicht.de/wp-content/uploads/2010/06/amselnest.jpg – Vogelnest http://images.china.cn/attachement/jpg/site1003/20120214/001372ac9cf210a46a0c58.jpg – Nationalstadion Peking	
Abbildung 3.5: ein Termitenhügel und der Burj Al Arab.....	15
http://www.photographieblog.de/wordpress/wp-content/uploads/2009/07/termitenhaufen_kakadu.jpg – Termitenhügel http://www.sightsofdubai.com/images/burj-al-arab-dubai-1.jpg – Burj Al Arab	
Abbildung 3.6: Spindelform mit Stromlinien.....	16
OpenOffice Draw Zeichung	
Abbildung 3.7: Konzeptfahrzeug "Bionicar"	17
http://media.daimler.com/dcmmedia/0-921-885913-49-885921-1-0-0-0-0-1-12638-1549054-0-3842-0-0-0-0.html	
Abbildung 3.8: Ein Rochen und seine technische Umsetzung Namens "Aqua Ray"	18
http://home.arcor.de/markusepping1/wallpaper/1024/bild-33.jpg – Rochen http://www.pressebox.de/presscorner/firma/festo-ag-co-	

kg/meldung/boxid/101585/iframe/1437 – Aqua Ray

Abbildung 3.9: Eine Libelle und ihr Flugtechnisches Ebenbild..... 18

<http://www.heise.de/Imagine/4QmmpJf4nQqigel2R07PrDiVi1E/gallery/Libelle.jpg> – Libelle

http://www.festo.com/rep/de_corp/assets/01_BionicOpter00001_500px.jpg - BionicOpter

Abbildung 3.10: Ecobot II auf Rädern..... 19

<http://www.technovelgy.com/graphics/content08/ecobot-II.jpg>

Abbildung 3.11: Eine Stabheuschrecke und der Laufroboter "Lauron" 20

<http://www.eerikas-bilder.de/insekten/schrecken/baculum1.jpg> - Stabheuschrecke

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/LAURON_V_-_2013_FZI_Karlsruhe.jpg –
Lauron

Abbildung 3.12: Asimo mit seiner Vorgängerfamilie..... 20

http://world.honda.com/ASIMO/history/image/bnr/bnrL_history.jpg

Abbildung 3.13: Vibrissen des Seehundes..... 22

http://www.wdr.de/tv/kopfball/sendungsbeitraege/2010/1024/bilder/101024_b_stream.jpg

Abbildung 3.14: Druckkapseln des schwarzen Kiefernprachtkäfers..... 23

<http://www.caesar.de/typo3temp/pics/fd0b905434.jpg>

Abbildung 3.15: Reflektion des Signals an einem Objekt und steiler Auftrittswinkel..... 25

OpenOffice Draw Zeichnung

Abbildung 3.16: ExoHand an einer Roboterhand und einer menschlichen Hand..... 28

http://www.zwomp.de/wp-content/uploads/2012/04/Festo_ExoHand_2.jpg

Abbildung 3.17: künstliche Blutgefäße des Fraunhofer Instituts..... 29

http://www.iap.fraunhofer.de/content/dam/iap/de/images/Institut/Presse/2011-8-24_gross.jpg

Abbildung 3.18: Der Supercomputer BlueGeneL von IBM..... 30

https://www.llnl.gov/news/newsreleases/2006/images/BlueGene_big.jpg

Abbildung 3.19: Schematische Darstellung des Cochlea Implantates.....	32
http://www.nncn.uni-freiburg.de/bilder/cochleaimplantateimage	
Abbildung 3.20: Handprothese vor dem zweiten Weltkrieg und moderne Handprothese.....	33
http://www.historisches-museum.org/typo3temp/pics/5a5d769476.jpg – 2te Weltkrieg Prothese	
http://www.touchbionics.com/media/2338/i-limb%20skin%20natural1.jpg – moderne Prothese	
Abbildung 3.21: Prinzip der Lichtsammlung.....	39
OpenOffice Draw Zeichnung	
Abbildung 3.22: Optimierung Kerbspannung.....	41
http://www.mattheck.de/images/wschulter.jpg	
Abbildung 4.1: Schematischer Aufbau eines E-Learning Systems.....	45
OpenOffice Draw Zeichnung	

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Definitionen zur Bionik.....	4
Tabelle 3.1: natürliche Sensoren und ihre Eigenschaften.....	21
Tabelle 3.2: ausgewählte Sensoren.....	24