

DBU SCHLUSSBERICHT mit Anlagen



Jugend filmt Bionik – Innovationen aus der Natur
bundesweiter Medienwettbewerb

AZ: 26976-42

Referat: 42

Bearbeiter: Felix Gruber

Bewilligungsempfänger:

futurevision 

futurevision gemeinnützige GmbH
Knorrstr. 27, 80 807 München

Projektleitung: Silke Kraus (M.A.)

Inhaltsverzeichnis

1. Rahmen des Projektes	5
2. Struktur des Projektes	5
2.1. Gesamtorganisation	5
2.2. Arbeitsmaterialien	7
2.3. Fortbildungen für Multiplikatoren	7
2.4. Intensiv-Filmworkshops	8
2.5. öffentliche Präsentation und Preisverleihung	9
2.6. Evaluation und Vertriebsorganisation	9
3. Öffentlichkeitsarbeit	10
4. Chronologie	10
5. Kritische Reflexion des Gesamtvorhabens	11
5.1. Auszeichnung	11
5.2. Evaluation	11
5.3. Hemmende Faktoren	12
6. Anlagen	15
A.1. Auflistung der gedrehten Filme	16
A.2. Ablaufplan eines 5-tägigen Filmworkshops	20
A.3. Jurybegründung zu den Filmen	23
A.4. Übersicht der Lehrerfortbildungen	30
A.5. Evaluation der LMU München	32
A.6. Präsentation für Lehrer- und Multiplikatorenfortbildung	92
A.7. Präsentation für Jugend-Filmworkshops	134
A.8. Klassenfahrtkonzept	166
A.9. Presseresonanz: Jugend filmt Bionik in Forum Nachhaltig Wirtschaften	171
A.10. Begleitbuch	176

1. Rahmen des Projektes

Das Projekt „Jugend filmt Bionik – Innovationen aus der Natur“ leistet einen Beitrag, um Jugendliche und junge Erwachsene über das anschauliche Medium Film auf die naturorientierte Querschnittsdisziplin Bionik aufmerksam zu machen. Neben praxisorientierten Fortbildungen für Multiplikatoren erhalten Jugendliche eine Einführung in die Bionik von jungen Forschern aus dem Bionik-Kompetenznetzwerk BLOKON und realisieren anschließend einen eigenen Kurzfilm zu einem vorgegebenen Bionikthema. Drehorte sind die freie Natur, Forschungseinrichtungen und Wirtschaftsunternehmen. Während die naturwissenschaftliche Grundbildung im konventionellen Schulunterricht oft trocken und praxisfern ist, setzt das Medienprojekt auf interessante thematische und methodische Kontexte, die die Schüler herausfordern, selbst aktiv zu werden, ihr systematisches Denken fördern und auch Bezüge zur praktischen Anwendung im Alltag herstellen. Bei der visuellen Umsetzung des Filmthemas ist Neugier, Originalität und das Maß an Kreativität gefragt, das auch die Forschung in Naturwissenschaft und Technik prägt.



Mit dem bundesweiten Jugend-Filmwettbewerb sollen Jugendliche - und damit mögliche High-Potentials von morgen - angeregt werden, sich mit der filmischen Darstellung von anwendungsnahen Innovationen und aktuellen Forschungsergebnissen zu beschäftigen. Wenn es gelingt, Jugendliche auf diese kreative Weise für naturwissenschaftlich- technische Berufsperspektiven zu begeistern, kann über das Projekt ein Beitrag geleistet werden, um die bevorstehende Fachkräftelücke und in den MINT-Ingenieurstudiengängen zu verringern. Damit schafft das Projekt einerseits eine außergewöhnliche Schnittstelle zwischen Bildung, Forschung und Wirtschaft und leistet außerdem einen medienwirksamen öffentlichen Kommunikationstransfer von Ergebnissen der Hightech-Strategie der Bundesregierung in Bildung und Wirtschaft.

2. Struktur des Projektes

- 2.1. Gesamtorganisation
- 2.2. Arbeitsmaterialien
- 2.3. Fortbildungen für Multiplikatoren
- 2.4. Intensiv-Filmworkshops
- 2.5 öffentliche Präsentation und Preisverleihung
- 2.6. Evaluation und Vertriebsorganisation

2.1. Gesamtorganisation

Dieser Baustein umfasst die Vorbereitung, Koordination und Organisation des Gesamtprojekts.

Projektträger und Antragsteller ist futurevision gemeinnützige GmbH mit Silke Kraus (M.A. und BLOKON-Mitglied) als verantwortlicher Projektleitung und Ansprechpartnerin.

Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit folgenden Kooperationspartnern realisiert: Bionik-Kompetenznetzwerk Biokon e.V., Bavaria Film GmbH, Internationales Bionik Zentrum. Neben der DBU wurde die Bildungsmaßnahme vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Fördermaßnahme BIONA als Hauptfördergeber unterstützt.

Wissenschaftlicher Fachbeirat:

Dr. Rainer Erb | Geschäftsführer BLOKON e.V.

Prof. Dr. Bernd Wagner | Wissenschaftszentrum Umwelt der Universität Augsburg und BIONA Begleitkreis

Dr. Olga Speck | Kompetenznetz Biomimetik Freiburg, Leiterin Fachgruppe Bildung bei Biokon e.V.

Knut Braun | Internationales Bionik Zentrum & Malik Stiftung

Thomas Loeser | ex CFO ESBAtech AG, Serial Entrepreneur

Walter Hölzl | Leiter der Ausbildung / Medienpädagogik Bavaria Film GmbH

Insbesondere die Zusammenarbeit mit Biokon verlief sehr gut und konstruktiv: Gemeinsam mit der Biokon-Geschäftsführung wurden die Filmthemen abgestimmt und geeignete Wissenschaftler adressiert. Biokon-Mitglieder übernahmen die Bionik-Einführung bei den Multiplikatorenfortbildungen und den Jugendworkshops. Die Bavaria Film GmbH unterstützte sehr aktiv die Bekanntmachung des Projekts unter den Pädagogen und stellte bei einigen Filmworkshops die Filmprofessionals. Dr. Rainer Erb (GF Biokon) und Walter Hölzl (medienpädagogischer Leiter bei der Bavaria) waren darüber hinaus auch Mitglied der Filmjury.



Bewertungskriterien für die Filme

Originalität des Filmthemas

Sachliche Richtigkeit der wissenschaftlichen Inhalte

Originalität der Filmidee

Bildsprache und Filmdramaturgie

Potentiale von Bionik und Umwelttechnologien:

nachhaltiger Nutzen für Gesellschaft und Umwelt

Die Erstellung der Arbeitsmaterialien erfolgte in inhaltlicher Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern aus dem BIOKON e.V., ansprechende graphische Gestaltung durch Futurevision und eine Graphikagentur. Die gewählten Filmthemen bilden das vielseitige Spektrum der Bionik ab. Durch die enge Zusammenarbeit mit BIOKON bietet „Jugend filmt Bionik“ den Forschern umgekehrt auch eine gute Möglichkeit, ihre aktuelle Forschungsprojekte und deren marktorientierten Anwendungsmöglichkeiten filmisch darzustellen. Dabei galt es, bestehende Kontakte zu intensivieren und ein tragfähiges Netzwerk mit weiteren Kooperationspartnern aus der Wirtschaft aufzubauen. Dies ist durch die Zusammenarbeit mit Unternehmen wie Festo, Tetra und Erlus auch gut gelungen.

Die bundesweite Ansprache von Schulen zur Gewinnung der Teilnehmer für die Jugend-Filmworkshops erfolgte u.a. über das Internet und Schullisten, die uns von den Kultusministerien der Länder zur Verfügung gestellt wurden, sowie über unseren Kooperationspartner Bavaria Film GmbH und das Filminstitut der Länder FWU. Darüber hinaus wurden auch außerschulische Einrichtungen und interessierten Jugendgruppen adressiert. Die entstehenden Filme sollen nach Abschluss des Projekts in den Vertrieb des FWU aufgenommen und über die Landesmediendienste verteilt werden, um auch langfristig in der mediengestützten naturwissenschaftlichen Bildung von Jugendlichen in Schule und Universität Einsatz zu finden. Außerdem sollen die Filme in den Social Media verbreitet werden.

2.2. Arbeitsmaterialien (Booklet und Homepage)

Zu dem Projekt wurden in fachlicher Zusammenarbeit mit dem Biokon e.V., der Bavaria und der Hochschule für Film und Fernsehen München Arbeitsmaterialien erstellt, die einen „konkreten Leitfadens“ für eine gut strukturierte Herangehensweise zur Umsetzung des eigenen Films an die Hand geben. Die Arbeitsmaterialien wurden den Teilnehmern bei den Workshops ausgehändigt. Weitere Informationen, Adressen, Buchempfehlungen und wertvolle Links für die eigene Recherche wurden auf der Homepage www.jugendfilmtbionik.de veröffentlicht.

Das Booklet umfasst allgemeine Informationen zur Bionik sowie breit gefächerte Themenvorschläge, die sich für eine filmische Umsetzung eignen. Adressen, Buchempfehlungen und Links zur weiteren Information und Recherche. Während der Intensiv-Workshops und Multiplikatorenfortbildungen haben wir eine Einführung in die Bionik und in Medienkompetenz über Powerpointpräsentationen gegeben, die sehr gut angenommen wurden.

Die Homepage dient als breitenwirksame öffentliche Plattform für das Gesamtprojekt und beantwortet FAQ's (frequent asked questions) der Jugendlichen zu deren aktuellen Filmdreh's. Im Projektzeitraum haben wir au-

ßerdem die Möglichkeit geboten, über die Homepage Fragen zu konkreten Schwierigkeiten zu stellen, die besprochen und durch kompetente Empfehlungen gelöst werden konnten. Außerdem wurden auf Nachfrage Hinweise zu den Anforderungen an technisches Equipment für die praktische Umsetzung der Filmproduktion gegeben, bzw. unser technisches Equipment leihweise für einen Filmdreh in einer Naturschutzeinrichtung zur Verfügung gestellt.

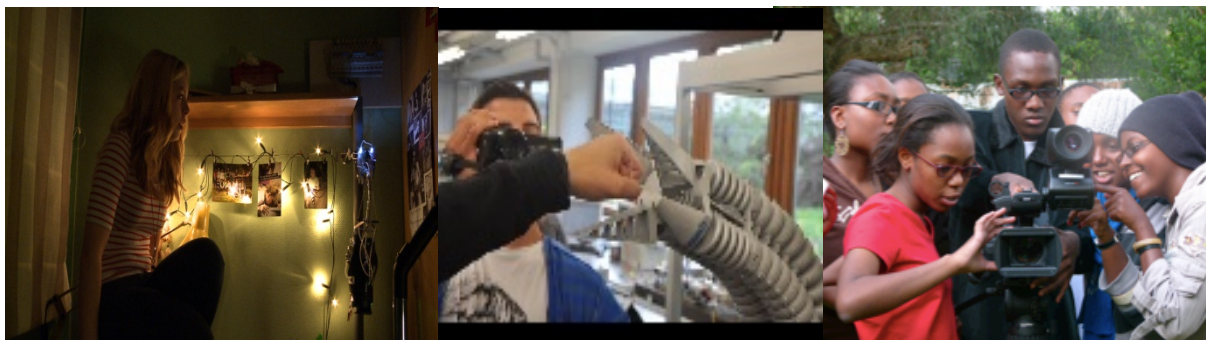
2.3. Fortbildungen für Multiplikatoren

Nach dem Motto: „Train the trainer“ sollen Pädagogen, Lehrer und weitere Multiplikatoren zukünftig als „Botschafter der Bionik“ zur breitenwirksamen Verbreitung dieser Querschnittswissenschaft unter der nachwachsenden Generation beitragen. Ansprechpartner für die Fortbildungen sind hier beispielsweise Lehrerakademien, Jugendherbergen, Umweltbildungseinrichtungen, Technikmuseen, Science Labs.

Insgesamt wurden 9 zweitägige Fortbildungen bundesweit durchgeführt. Zusätzlich erfolgte die Entwicklung eines Klassenfahrtkonzepts „Bionik und Film“ in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Jugendherbergswerk im Rahmen eines Multiplikatorenworkshops mit Jugendherbergsleitern aus dem gesamten Bundesgebiet

Die Einführung in die Bionik und Möglichkeiten ihrer didaktischen Vermittlung erfolgte durch Biokon-Mitglieder, die auch praktische Bionik-Experimente vorstellten, die anschließend von den Lehrern problemlos im Unterricht eingebunden werden können. Die Einweisung und praktische Übungen in die Abläufe einer Filmproduktion wurde durch professionelle Filmschaffende erbracht. Außerdem erfolgte eine Beratung der Lehrer zu Themenfindung, dramaturgischer Herangehensweise und filmischer Umsetzung anhand konkreter Handlungs-Leitfäden, die später selbständig variiert werden können.

Die Übersicht zu den Multiplikatorenfortbildungen wird als Anlage 1 angefügt.



2.4. Intensiv-Filmworkshops

Es wurden insgesamt 12 5-tägige Intensiv-Filmworkshops durchgeführt, bei denen eine gemeinsame Unterbringung der „Filmteams“ in Jugendherbergen erfolgte, was den Teamgeist wie auch den Erlebnis-Aspekt verstärkte. Die Filmdrehs fanden in der freien Natur, Forschungseinrichtungen und Universitäten sowie in Technologieunternehmen statt. Die Drehorte wurden von der Projektleitung vorrecherchiert und ein grober Ablaufplan bereits im Vorfeld mit den beteiligten Projektpartnern abgestimmt. Bei der Auswahl der Veranstaltungsorte wurde neben einer geeigneten Infrastruktur auch eine gute Erreichbarkeit für die Teilnehmer berücksichtigt.

Die Einführung in die Bionik erfolgte durch Biokon-Mitglieder. So erläuterte zum Beispiel Prof. Barthlott Schülern aus Oldenburg sein aktuelles Forschungsprojekt zum *Salviniafarn* im Botanischen Garten in Bonn und der Geschäftsführer der Tetra GmbH in Ilmenau stellte Schülern aus Gotha „Ratnic“, einen Wartungsroboter nach dem Vorbild der Ratte, persönlich vor. Die Schüler erhielten so einen sehr lebendigen Eindruck vom Alltag in der Forschung und konnten zum Teil selbst praktische Bionik-Experimente durchführen.

Das Filmthema wurde mit ausreichend Gestaltungsfreiraum vorgegeben und es war den Schülern freigestellt, ob sie ein dokumentarisches oder fiktionales Genre wählten. Bei der Entwicklung der Filmidee gab es dann dramaturgische Unterstützung. Das Filmequipment wurde komplett gestellt und es erfolgte eine intensive Betreuung bei der praktischen Umsetzung des Films durch professionelle Regisseure, Kameraleute und Cutter.

Die Übersicht zu den Filmen der Intensiv-Filmworkshops wird als Anlage 2 angefügt.

2.5. Wettbewerb mit feierlicher Preisverleihung

Einreichfrist für die Bionikfilme war der 15. Juli 2011.

Die Jurysitzung fand am 16.08.2011 in München statt. Die Bewertungskriterien für die Filme waren:

- Originalität der Idee
- Sachliche Richtigkeit der wissenschaftlichen Inhalte
- Originelle Darstellung des Bionikthemas
- Bildsprache und Filmdramaturgie
- Vermittlung des nachhaltigen Nutzens der dargestellten Innovation für Gesellschaft und Umwelt

Mitglieder der Fachjury:

Dr. Rainer Erb, Geschäftsführer Biokon Berlin

Dr. Heike Beismann, VDI Düsseldorf

Dr. Eike Meyer, Rat für Nachhaltigkeit, Berlin

Walter Hölzl, medienpädagogischer Leiter der Bavaria Film GmbH, München

Sabrina Unterstell, Internationales Zentralinstitut für Jugend- und Bildungsfernsehen (IZI), München

Die Begründung der Jury zu den einzelnen Filmen wird als Anlage 3 angefügt.



Höhepunkt des Projekts bildete die feierliche Preisverleihung im Zentrum für neue Technologien des Deutschen Museum München am 30.09.2011, bei der 3 Filmteams vor rund 350 Gästen ihre Auszeichnung erhielten. Die Preise wurden vom Bayerischen Staatsminister für Forschung, Wissenschaft und Kunst, Dr. W. Heubisch übergeben, der in seiner Ansprache lobte: „Ich halte das Projekt für eine außergewöhnliche und sehr wirksame Idee, um junge Menschen für ein naturwissenschaftliches oder technologieorientiertes Studium zu gewinnen und ihnen zugleich einen Eindruck von den kreativen Berufen zu vermitteln. Der Wettbewerb zeigt das innovative Potenzial, das gerade aus der Verbindung verschiedener Disziplinen und Kompetenzen entstehen kann“.

Durch die begleitende Öffentlichkeitsarbeit erhielten die beteiligten Forschungseinrichtungen und Wirtschaftsunternehmen eine außergewöhnliche Möglichkeit zu einer medienwirksamen Darstellung.

2.6 Evaluation und Vertriebsorganisation

Das Projekt wurde durch prozessbegleitende Evaluation der LMU München betreut und erzielte sehr gute bis hervorragende Ergebnisse, die auf rund 140 Seiten festgehalten wurden. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse findet sich unter Punkt 5.2. des Abschlußberichts.

Geplant: Vertriebsorganisation der entstandenen Filme für eine möglichst breite Nachnutzung im Bereich Social Media, TV, Landesmediendienste, FWU und freien Bildungsträgern.

Der Vertrieb der Filme musste aufgrund unvorhergesehener Ereignisse vorerst zurückgestellt werden und kann nach Bewilligung einer Nachstockung zeitnah durchgeführt werden. Eine Ausstrahlung im TV kann über den BR und ggfs. weitere Sender erfolgen.

3. Öffentlichkeitsarbeit



Die projektbegleitende Pressearbeit erzielte im Bereich Print und Online sehr gute Resonanz. Die Pressespiegel wurden bereits vorgelegt.

Die Bionik-Kurzfilme sowie ein Trailer wurden am BLOKON-Stand auf der Hannover-Messe einem breiten Fachpublikum präsentiert und sollen zukünftig auf weiteren Messen vorgestellt werden.

Die Zeitschrift „Forum nachhaltig Wirtschaften“ hat als Medienpartner zwei dreiseitige Artikel über das Projekt veröffentlicht (Auflage 35.000). Belegexemplare wurden bereits vorgelegt.

FNW-Chefredakteur Fritz Lietsch hat gemeinsam mit Silke Kraus die Preisverleihung am 30.09.2011 im Deutschen Museum München moderiert.

Die beiden Fördergeber BMBF und DBU sowie unser Kooperationspartner BLOKON erhalten Nutzungsrechte an den entstandenen Filmen. Einzelne Filme gewannen auf Jugendfilmfestivals bereits weitere Preise.

4. Chronologie

03-2007: Antrag bei DBU und BMBF

03-2009: Bewilligung bei DBU

09-2009: Bewilligung bei BMBF/ DLR

04-2010: „Jugend filmt Bionik“- Homepage geht online

04-2010: Hannover-Messe

05-2010: bundesweiter Wettbewerbsaufruf

10-2010 – 06-2011: Durchführung der Intensiv-Filmworkshops

10-2010 – 03-2011: Durchführung der Multiplikatorenfortbildungen

01-2011: DJH-Workshop: „Bionik und Film“ - Klassenfahrtkonzept

09-2011: Auszeichnung durch den Rat für Nachhaltigkeit, Berlin

04-2011: 1. Artikel in „Forum nachhaltig Wirtschaften“

04-2011: Hannover-Messe

07-2011: Einreichfrist für Filme

08-2011: Jurysitzung

09-2011: Preisverleihung im Deutschen Museum München

01-2012: 2. Artikel in „Forum nachhaltig Wirtschaften“

04-2012: Hannover-Messe

n.n.: Vertrieb und Verbreitung der Filme (zurückgestellt)

5. Kritische Reflexion des Gesamtvorhabens

5.1. Auszeichnung:



Ausgezeichnet durch den NACHHALTIGKEITSRAT

„jugend filmt bionik“ wurde vom Rat für Nachhaltigkeit ausgezeichnet als „Impuls für ein nachhaltigeres Deutschland.“

„jugend filmt bionik“ wurde im Rahmen eines Projekts des Auswärtigen Amtes zu globalen Bindungspartnerschaften vom Goethe-Institut im Juni 2011 nach Nairobi, Kenia eingeladen und hat dort zwei Filmworkshops sowie eine Lehrerfortbildung erfolgreich durchgeführt. Das Goethe-Institut hat bereits Interesse an der weiteren Zusammenarbeit signalisiert.

5.2. Evaluation

Das Projekt wurde am Lehrstuhl für Pädagogik und Bildungsforschung der Ludwig-Maximilian-Universität München als Semester-Gruppenarbeit und im Rahmen einer Magisterarbeit evaluiert und erzielte hinsichtlich der Zielerreichung und in der Gesamtbewertung sehr gute bis hervorragende Ergebnisse:

- bei den Teilnehmern kam es zu einem signifikanten Zuwachs hinsichtlich ihres Bionikwissens und ihrer Medienkompetenz
- die Teilnehmer haben den Workshop in ihre weitere Berufsplanung mit einbezogen und diverse Zukunftsperspektiven darin erkennen können
- das Interesse, ein MINT-Studium zu beginnen ist signifikant angestiegen
- Alle Interviewten betonten, dass das Projekt sehr viel Spaß gemacht hat, sie viel dazu gelernt haben, es zum Nachdenken angeregt hat und es eine interessante Erfahrung war, daran teilnehmen zu dürfen
- Die Teilnehmer waren von der Preisverleihung in München im Deutschen Museum sehr begeistert. Besonders wurde deren Gestaltung gelobt und der Aufwand bezüglich der organisatorischen und finanziellen Seite wertgeschätzt
- 83,7% der Teilnehmer beurteilen den Nutzen des Projekts für ihre persönliche Entwicklung als sehr groß
- 98,3% der Teilnehmer beurteilen die Veranstaltung als gut bis hervorragend
- Insgesamt waren die befragten Teilnehmer mit den Workshops sehr zufrieden und das Projekt wurde sehr positiv beurteilt.

Das Thema MINT-Fachkräftemangel ist während der Projektlaufzeit in Politik und Wirtschaft sehr viel mehr in den Focus der gesellschaftlichen Aufmerksamkeit gerückt. Unternehmen suchen händeringend nach geeignetem ausbildungsfähigem Nachwuchs. Unser erfolgreiches Projekt bietet für Forschung und Wirtschaft daher nicht nur eine öffentlichkeitswirksame Kommunikationsplattform für ihre technologischen Innovationen, sondern auch eine außergewöhnliche Recruiting-Maßnahme mit hoher Zielgruppenaffinität.

Um auf den gesellschaftlichen Bedarf nach MINT-Fachkräften vorausschauend zu reagieren, hat futurevision bereits ein Nachfolgeprojekt mit dem Titel „jugend filmt zukunfft“ konzipiert, das inhaltlich auf nachhaltige Zukunftstechnologien erweitert und als zweijähriger Forschungskommunikationswettbewerb mittelfristig etabliert werden soll. Hochkarätige Kooperationspartner konnten bereits gewonnen werden. Das projekt passt sehr gut zum neuen DBU-Förderschwerpunkt „Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung und -Kommunikation zur Förderung des Fachkräftenachwuchses in den Umwelttechnikbranchen“ und wir würden dabei gerne die gute Zusammenarbeit mit dem DBU fortsetzen.

5.3. Hemmende Faktoren

Organisatorisches

Für die Durchführung des Projekts war es sehr problematisch, dass die Bewilligung beim Hauptfördergeber BMBF nicht zeitgleich mit der DBU im März 2009 erfolgte, sondern erst 6 Monate später. Da wir uns zwingend am Rhythmus des Schuljahres orientieren müssen, hatte dies zur Folge, dass wir die Projektlaufzeit von zunächst 19 auf 28 Monate verlängern mussten. Dies konnte allein aufgrund fortlaufender Personalkosten und Miete, usw. nicht kostenneutral ausfallen.

Zudem kamen weitere formale Auflagen und Anforderungen beim Projektträger DLR hinzu, die uns zuvor nicht kommuniziert wurden (siehe unser Schreiben vom 25.05.2012). Diese konnten daher weder von den Arbeitskapazitäten noch finanziell eingeplant werden und wirkten sich kontraproduktiv aus. Wir haben uns bestmöglich um Einsparungen bemüht, konnten den finanziellen Mehrbedarf aber nur anteilig kompensieren.

Eine weitere Unwägbarkeit bildet die Umsatzsteuersonderprüfung des Finanzamts München für Körperschaften, die unsere Kapazitäten in den Monaten, die ursprünglich für den Vertrieb der Filme vorgesehen war, über Gebühr beansprucht hat. Mittlerweile haben wir zunächst eine Absage über die Erstattung des erwarteten Vorsteuerguthabens von rund 40.000 € erhalten, das in Absprache mit dem Hauptfördergeber BMBF/ DLR bereits fest als Aufstockung in das Budget eingeplant war, um anteilig den finanziellen Mehrbedarf zu decken. Durch den mit diesen drei – nicht von futurevision zu vertretenden - Punkten verbundenen Mehraufwand wurde ein Aufstockungsantrag der Projektmittel erforderlich. Der Vertrieb und damit die nachhaltige Verbreitung der Filme kann nur nach Bewilligung der beantragten Nachstockungsmittel erfolgen.

Multiplikatorenfortbildungen

Bei den Multiplikatorenfortbildungen erfuhren wir, dass Lehrer ihre Fortbildungsmaßnahmen in der Regel bereits ein Jahr im voraus planen. Dies führte dazu, dass unsere Veranstaltungen bei den Lehrern zwar großes Interesse hervorriefen und eine sehr gute Bewertung erhielten, faktisch aber nicht im erwünschtem Umfang ausgelastet waren, da die Disposition der Lehrer für das laufende Schuljahr bereits abgeschlossen waren. Hier benötigt es bei einer etwaigen nächsten Wettbewerbsrunde einen längeren zeitlichen Vorlauf.

Auch die Terminierung erwies sich aufgrund der Heterogenität der Zielgruppe der Multiplikatoren als schwierig: Wir wählten zumeist Freitag und Samstag als Veranstaltungstage, um auch ehrenamtlichen, aber berufstätigen Jugendgruppenleitern aus Umwelt- und Naturschutzverbänden die Teilnahme zu ermöglichen, mussten dann aber erfahren, dass dies für einige Lehrer eher ungünstig sei, da hier ein hoher Freizeiteinsatz gefordert war. Wochentage werden überwiegend für besser geeignet gehalten, da hier eine Freistellung vom Unterricht durch die Schulleitung erfolgt. Da Lehrer in der Regel die Kosten für ihre Fortbildung privat tragen müssen, wurden wir positiv bestätigt, dass wir die Workshops kostenfrei angeboten hatten und auch die Übernachtungskosten übernommen haben.

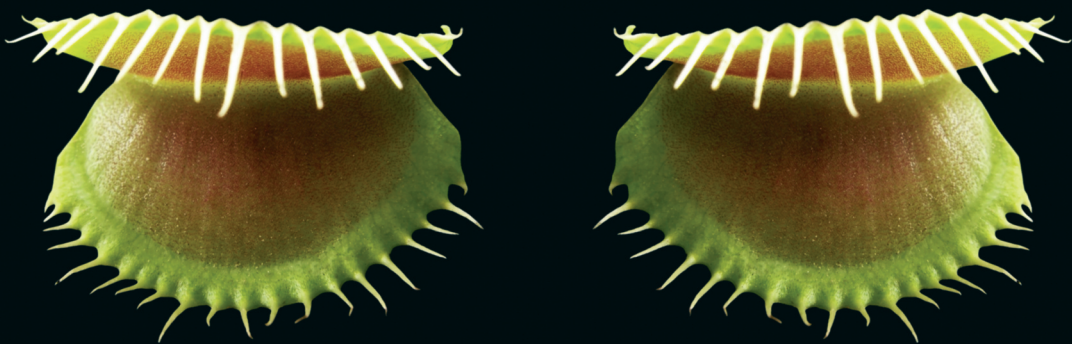
Fächerübergreifende Strukturen und kompakter Stundenplan beim G 8

Obwohl der transdisziplinäre und fächerübergreifende Ansatz des Projekts von den Lehrern außerordentlich begrüßt und für pädagogisch wertvoll erachtet wird, wurde deutlich, dass hierzu in den Schulen noch keine gefestigten Strukturen bestehen und dies ein besonderes Engagement der einzelnen Lehrer voraussetzt. Projekte wie „Jugend filmt Bionik“ bieten daher willkommenen Anlass, um diese längst überfälligen Strukturen schulintern zu entwickeln, die ja auch für das geforderte ganzheitliche Denken im Sinne einer „Bildung zur Nachhaltigkeit“ dringend aufgebaut werden müssen.

Durch die Umstellung auf das G 8 ist der Stundenplan der Schüler sehr kompakt verdichtet, so dass Projekttag bei Lehrern und Schülern zwar sehr beliebt sind, aber zum Teil nur in von der Schulleitung ein Jahr im voraus festgelegten Zeitfenstern stattfinden können, so dass mit längeren Vorlaufzeiten für die Planung zu rechnen gerechnet werden muß.

6. Anlagen

A.1. Auflistung der gedrehten Wettbewerbsfilme

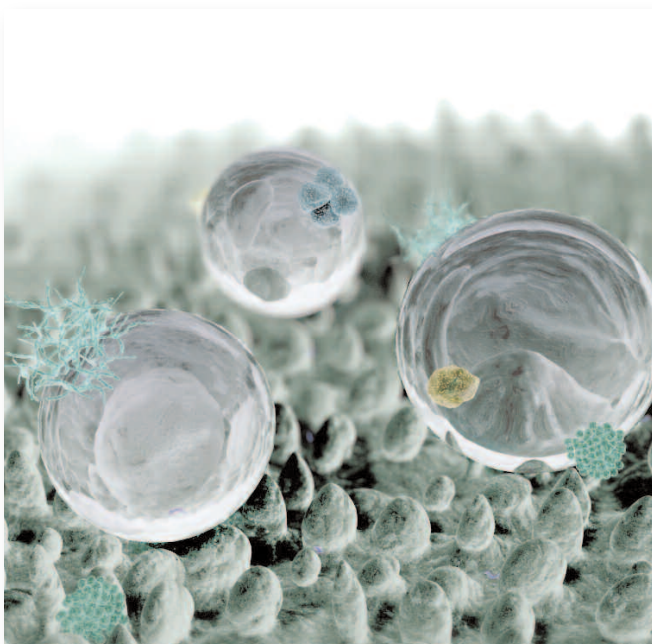


+ jugend filmt bionik
der kreative
medienwettbewerb

begleitbuch

Was ist Bionik?

1. Ressourcen intelligent nutzen	2
Beispiel 1: Der Nebelkäfer – Topstar der Wassergewinnung	4
Beispiel 2: Vogelflug – Eleganz auf leisen Schwingen	6
2. Energie geschickt umwandeln	8
Beispiel 1: Energiequelle – Solarzellen aus den Farben der Natur	10
Beispiel 2: Eisbärfell – damit die Wärme drinnen bleibt	12
3. Haften, Kleben und Greifen	14
Beispiel 1: Die Klette hält, was sie verspricht	16
Beispiel 2: Fin Ray – mit der Fischflosse alles fein im Griff	18
4. Falten und Verpacken	20
Beispiel 1: Bienenwaben – Stabilität ist Trumpf	22
Beispiel 2: Insektenflügel – besser falten geht nicht	24
5. Tragen und Stützen	26
Beispiel 1: Bäume und Knochen haut so schnell nichts um	28
Beispiel 2: Technischer Pflanzenhalm – Stärke durch Nachgiebigkeit	30



6. Oberflächen: Reinigen und Lösen	32
Beispiel 1: Die Lotuspflanze – sauber aus dem Sumpf	34
Beispiel 2: Antifouling. Saubere Haie, saubere Schiffe – Antifouling ohne Gift	36
7. Bewegen	38
Beispiel 1: Bewegen an Land – Bionische Roboter – im Laufschrift in die Zukunft	40
Beispiel 2: Bewegen im Wasser – zauberhaft schwebende Quallen	42
Beispiel 3: Bewegen in der Luft Vogelflug – oft kopiert, nie erreicht	44
8. Biomaterialien	46
Beispiel 1: Liane, heile dich selbst	48
Beispiel 2: Spinnennetze – Beutefang mit der Wunderfaser	50
Beispiel 3: Verbundmaterialien Gemeinsam sind wir stark	52
9. Steuern, Organisieren und Ordnen	54
Beispiel: Ameisen als Staukiller	56
10. Sensoren	58
Beispiel: Kiefernprachtkäfer mit Wärmesensor – manche mögen's heiß	60

1. RESSOURCEN INTELLIGENT NUTZEN

Ist es nicht faszinierend, wie vielseitig das Leben ist? Einerseits prachtvoll, bunt und verschwenderisch, andererseits minimalistisch, funktional und super sparsam.

Zu den natürlichen Ressourcen gehören sowohl die für die meisten menschlichen Tätigkeiten nötigen Rohstoffe als auch die verschiedenen Umweltmedien wie Luft, Wasser und Boden, durch die das Leben auf unserem Planeten erhalten wird.

Knapper werdende Ressourcen und die mit ihrer Nutzung verbundenen ökologischen und sozialen Probleme, wachsende Importabhängigkeit sowie die dadurch ausgelösten internationalen Konflikte und Verteilungsfragen zwischen den Generationen sind nur einige der Gründe, warum das Thema von zentraler Bedeutung ist.

Ressourcen intelligent zu nutzen, ist eine der großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Doch kann eine Wirtschaft, die weniger Ressourcen verbraucht, noch wachsen? Vielleicht durch innovative Technologien, Produkte und Dienstleistungen – den Ressourcenverbrauch minimieren ohne dabei Lebensqualität und Wohlstand zu senken?

Einfach mal hinschauen, wie erfindungsreich die Natur ist und welche Lösungen sie zu bieten hat ...



BEISPIEL 1: DER NEBELKÄFER TOPSTAR DER WASSERGEWINNUNG

In der Wüste ist das Wasser so knapp wie nirgends sonst auf der Erde. Ausgerechnet dort lebt ein Käfer, der wie alle Lebewesen Trinkwasser zum Überleben braucht. Doch woher nehmen, wenn offensichtlich nichts da ist?



Auch in der trockensten Wüste gibt es Wasser, und zwar in Form von feinem Nebel, der am frühen Morgen in Bodennähe zu finden ist. Nebel besteht aus feinsten Wassertröpfchen, die in der Luft schweben. Im Prinzip ist der Käfer also morgens von Wasser geradezu umhüllt. Nur – wie bekommt er die winzig kleinen Tröpfchen dorthin, wo er sie braucht: in den Mund?

Die Entwicklungslabors der Natur haben sich hierfür etwas einfallen lassen, das den Käfer zu einer besonderen Art von Frühsport zwingt, für den er aber mit einem guten Schluck Wasser belohnt wird: Um an seinen Morgenbrunnen zu kommen, krabbelt der Nebelkäfer – so der Name des Sportsfreunds – aus dem Sand und beginnt sein Frühstücksritual mit einem Handstand.

Die Vorderbeine sind dabei auf den Boden gestemmt, das Hinterteil ragt in die Höhe. Das allein würde nicht viel helfen, wäre nicht seine Körperoberfläche entsprechend ausgestattet. Sein Panzer ist nämlich so beschichtet, dass auf seiner Oberfläche die winzigen Nebeltröpfchen zu größeren Tröpfchen kondensieren, bis schließlich dicke Tropfen entstehen, die nun nach unten Richtung Mund laufen. Auf diese Weise kommen an einem guten Tag einige opulente Tropfen zustande, die dem genügsamen Nebelkäfer viele Tage lang reichen. Bis zu mehreren Wochen kommt er mit einem kräftigen Schluck aus dem Nebelbad aus, und das muss er auch, denn oft gibt es lange Phasen ohne Bodennebel. Wenn das nicht Intelligenz in Aktion ist!



Weitere Informationen:

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf, <http://www.itvd.uni-stuttgart.de>

Warum ist das für die Technik interessant?

Das Trinkwasser in vielen Regionen der Welt knapp ist, weiß heute jeder. Umso wichtiger ist es dort, wo wenig Wasser zu finden ist, die vorhandene Menge möglichst effizient zu gewinnen und zu speichern. Genau hierbei kann die akrobatische Leistung des Nebelkäfers ein Vorbild sein – wenn es gelingt, das Patent wirksam auf eine technische Anwendung zu übertragen und Oberflächen nach Art der Käferflügelpanzer zu schaffen, um das im Nebel vorhandene Wasser nutzbar zu machen.

Anwendungen

Wissenschaftler um Prof. Thomas Stegmaier haben inzwischen große Nebel-Fangnetze entwickelt, an deren Oberflächen Wassertröpfchen nach dem Vorbild des Nebelkäfers kondensieren und sich zu dicken Tropfen sammeln. Es handelt sich um große, dreidimensionale Netze, die sehr feinmaschig geflochten sind und senkrecht zur Windrichtung aufgestellt werden. Das an den einzelnen Fasern aufgefangene Wasser lässt sich in Rinnen zu großen Sammelbehältern leiten.

Die Fasern der Nebel-Fangnetze müssen aus einem Material sein, das einerseits das „Nebelkäfer-Patent“ nutzt, andererseits biegsam und stabil ist. Denn nicht selten fegen mächtige Sandstürme durch die Wüstengebiete, die Netze aus konventionellen Fasern leicht zerreißen würden. Und außerdem sollte die Faser-oberfläche selbstreinigend sein, um möglichst reines Trinkwasser zu liefern.



In einigen Wüstengegenden sind bereits zweidimensionale Netze als Wasserfänger im Einsatz. Pro Tag können sie mit jedem Quadratmeter Fläche bis zu 4,5 Liter Wasser aus dem Nebel ziehen. Sechs Liter Wasser täglich pro Quadratmeter Netzfläche glauben Forscher bei optimaler Nutzung des „Nebelkäferprinzips“ gewinnen zu können. Für Wüstenbewohner eine bedeutende Verbesserung ihrer Wasserversorgung!

BEISPIEL 2: VOGELFLUG ELEGANZ AUF LEISEN SCHWINGEN

An warmen Tagen sieht man oft große Greifvögel am Himmel kreisen, die sich fast ohne einen Flügelschlag fortbewegen. Sie nutzen dabei die warme, aufsteigende Luft und lassen sich von ihr wie in einem unsichtbaren Fahrstuhl in die Höhe tragen. Ein in der Thermik kreisender Vogel gleitet zwar ständig abwärts, wenn sich die aufsteigende Luft jedoch schneller nach oben bewegt als der Vogel abwärts, gewinnt er dennoch an Höhe.



Verlässt der Vogel eine Warmluftssäule, geht er so lange in den Gleitflug über, bis er auf die nächste Warmluftssäule trifft, die ihn wieder nach oben trägt. Dabei muß der Vogel ein guter Gleiter sein um pro Meter Höhenverlust eine möglichst lange Strecke zurückzulegen. So sparen zum Beispiel Störche auf ihrem Zug nach Afrika viel Energie ein. Auch Segelflieger können durch geschickte Nutzung der Thermik mit geringem Energieverbrauch lange Strecken zurücklegen.

Um einen möglichst hohen Auftrieb bei möglichst geringem Luftwiderstand zu erzeugen, spielen die Form des Rumpfes und der Flügel eine wichtige Rolle. Auftrieb entsteht, weil auf der Flügeloberseite Unterdruck und auf der Flügelunterseite Überdruck herrscht. Deshalb entsteht am Flügelende zusätzlicher Luftwiderstand, denn wenn die unter Druck stehende Luft mit Luft geringeren Drucks in Kontakt kommt, so strömt sie vom höheren zum niedrigeren

Druck. Im Falle der Flügelenden strömt sie also von der Unterseite des Flügels an die Oberseite. Da der Flügel die beiden Druckfelder wie eine Wand abschirmt, kann die Vereinigung der beiden Luftströmungen erst hinter dem Flügel erfolgen. So entsteht am Flügelende ein Luftwirbel, der so genannte Randwirbel.

Der Randwirbel löst sich beim Fliegen vom Flügel ab, er verliert also den Kontakt zum Flügel. Solche Wirbel, die sich von einem Körper ablösen, erzeugen Widerstand und bremsen den Flug. Größere gleitende Vögel wie Störche oder Kondore können diesen Widerstand durch abgespreizte Schwungfedern am Flügelende verringern. Um die einzelnen Schwungfedern bildet sich jeweils ein kleiner Wirbel. Der Widerstand dieser vielen kleinen Wirbel zusammengenommen ist geringer als der des großen Randwirbels. Dadurch wird der Luftwiderstand reduziert, der Vogel spart Energie und kann weiter gleiten.



Warum ist das für die Technik interessant?

Die Randwirbel sind in der Luftfahrt ein lange bekanntes Problem. Die Energie, die das Flugzeug als Nebenprodukt des Auftriebes in die Randwirbel „steckt“, geht für den Vortrieb verloren. Neben dem erhöhten Energieverbrauch verursachen die Randwirbel, auch Wirbelschleppen genannt, auch ein Sicherheitsproblem für nachfolgende Flugzeuge. Bei zunehmendem Luftverkehr und vor allem wenn kleinere Flugzeuge in der Start- oder Landephase in die Wirbelschleppe eines voraus fliegenden großen Flugzeugs geraten, kann das bedrohliche Folgen haben.

Anwendungen

Die abgespreizten Schwungfedern von Störchen wurden am Institut für Bionik und Evolutionstechnik der TU Berlin erforscht und technisch nachgebaut. Die Wissenschaftler um Dr. Rudolph Bannasch haben festgestellt, dass die Stellung der Schwungfedern sich den Strömungsverhältnissen anpasst, so dass der Luftwiderstand möglichst gering ist. Technisch kann man diese Funktionsweise kaum nachahmen, weil die

Vogelfedern flexibler sind als jedes Material, das zurzeit im Flugzeugbau verwendet wird. Daher entwickelten Bioniker eine Lösung, die sich optisch von Schwungfedern völlig unterscheidet: die einzelnen kleinen Flügelenden (Multiwinglets) werden durch eine einzige große Schlaufe ersetzt. Solche Schlaufenflügel können den Luftwiderstand am Flugzeug, aber auch an kleinen Windrädern und Propellern erheblich reduzieren.

Außerdem tragen Schlaufenflügel zur Lärmreduktion bei, denn man hat festgestellt, dass bei Windrädern und Propellern die Geräuschentwicklung vor allem durch die Randwirbel an den Enden der Rotorblätter verursacht wird. Die Firma Evologics, eine Ausgründung aus der TU Berlin, hat ein Schlaufenwindrad entwickelt, das Abhilfe schaffen kann. Kleinere Windräder können auf diese Weise zukünftig mehr Energie bei weniger Lärm erzeugen als übliche Windräder mit freien Flügelenden. Und auch die kleinen Lüfter, die Computer kühlen, könnten durch die bionischen Schlaufen zukünftig leiser laufen.

2. ENERGIE GESCHICKT UMWANDELN

Energie ist der Ur-Rohstoff des Lebens. Das Prinzip von der Erhaltung der Kraft sagt aus, dass Energie im Universum weder erzeugt noch vernichtet werden kann. Es gibt nur Umwandlungen von einer Energieform in eine andere, wobei die Summe der Energie immer die gleiche bleibt.

Der Mensch nutzt diese Umwandlungsprozesse zu unterschiedlichsten Zwecken. So wird beispielsweise die bei der chemischen Umwandlung von Nahrung entstehende Wärme zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur, für konzentriertes Denken oder die Betätigung der Muskulatur verwendet.

Energieversorgung und -verbrauch bezeichnet die Nutzung von verschiedenen Energien in für Menschen gut verwendbaren Formen. Die am häufigsten benutzten Formen sind Wärmeenergie und Elektrizität, die für Heizung, Nahrungszubereitung sowie den Betrieb von Maschinen und Fahrzeugen eingesetzt werden. Der Anteil der Ausgangsenergie, der dabei nutzlos, bzw. als Abwärme an die Umwelt verloren geht, lässt sich nach den Naturgesetzen zwar nicht auf Null reduzieren, aber durch kluge Strategien minimieren. Effiziente Nutzung der zur Verfügung stehenden Energie ist daher ein besonders wichtiges Ziel unserer Zeit.

Energiesparen kann dabei einerseits bedeuten, technisch effizientere Prozesse zu entwickeln, die für denselben Zweck weniger Primärenergie benötigen, andererseits tragen auch eigene Verhaltensänderungen dazu bei, den Primärenergieeinsatz zu reduzieren, indem man zum Beispiel im Nahverkehr das Fahrrad dem Auto vorzieht.



Der Energieverbrauch ist weltweit sehr unterschiedlich und in den Industrieländern um ein vielfaches höher als in der Dritten Welt. Mit dem weltweit wachsenden Wohlstand bekommt das Thema Energieeffizienz für Wirtschaft und Technologie global eine enorm wachsende Bedeutung. Darunter versteht man, dass ein gewünschter maximaler Nutzen mit einem möglichst geringen Energieeinsatz erreicht wird. Auch bei dieser Zukunftsherausforderung liefert uns die Natur faszinierende Anregungen ...

BEISPIEL 1: ENERGIEQUELLE

SOLARZELLEN AUS DEN FARBEN DER NATUR

Die Sonne ist unser größter Energielieferant. Sie liefert nicht nur Wärme, sondern auch das Licht, das unzählige Pflanzen für die Fotosynthese nutzen. Bei der Fotosynthese werden aus Wasser und Kohlendioxid Zucker hergestellt, die für das Wachstum der Pflanze notwendig sind. Als Nebenprodukt entsteht der für uns lebenswichtige Sauerstoff. Die Energie des Lichts wird durch Farbstoffe eingefangen und an die Reaktionszentren im Blatt weitergeleitet, wo die eigentliche Arbeit der Naturfabrik beginnt. Kein Wunder also, dass Pflanzen sich immer nach dem Sonnenstand orientieren und möglichst senkrecht zum Licht ausrichten.



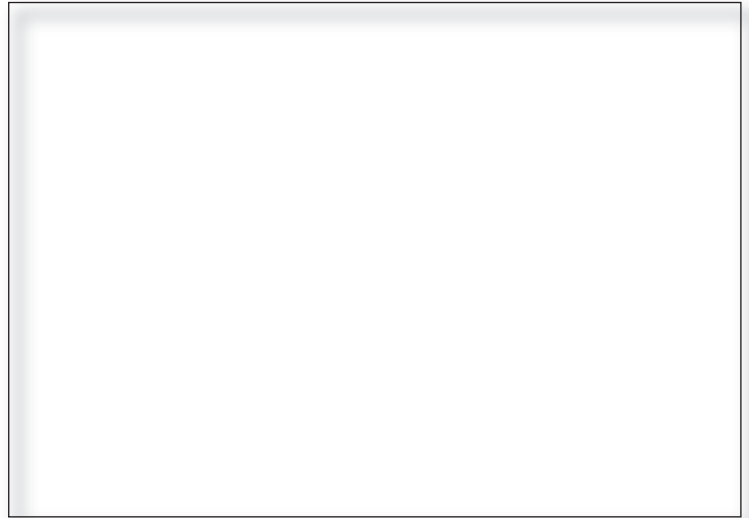
Anwendungen

Schon im Physikunterricht lässt sich eine solche Zelle bauen. Wichtigster Bestandteil ist das so genannte TCO-Glas (Transparent Conducting Oxide), das mit einer stromleitenden Schicht bedampft ist. Zwei dieser Glasplatten, etwa in der Größe von Objektträgern, bilden die Basis für die Solarzelle. Eine der beiden Platten ist zusätzlich mit einer dünnen Schicht von Nanopartikeln aus Titandioxid versehen, das auch in Zahn- und Sonnencremes als weißer Grundstoff verwendet wird. Weitere notwendige Komponenten sind Graphit und als Elektrolyt die „Lugol’sche Lösung“. Die weiße Titandioxidschicht wird mit einem natürlichen Farbstoff eingefärbt, zum Beispiel Tee, Saft oder wässrigen Lösungen von zerriebenen Blättern, Früchten oder Blüten. Die zusammengebaute Zelle erzielt eine Leistung im Bereich von unter einem Milliwatt; mit 4 bis 5 Zellen kann man schon einen kleinen Soundchip betreiben.

Die Solarzellen, die im Handel für anspruchsvollere Anwendungen erhältlich sind, müssen natürlich eine

deutlich höhere Leistung bringen. Und sie müssen auch länger haltbar sein als die Zellen aus den Schulversuchen, deren Farbstoff oft schon nach wenigen Tagen verblasst.

In der industriellen Herstellung nutzt man daher stabilere Farbstoffe, die chemisch hergestellt werden. Die Elektrolytlösung wird durch ein Salz ersetzt, das nicht wie die Lugol’sche Lösung verdunstet, aber die gleiche Wirkung hat. Die so hergestellten Zellen könnten zum Beispiel als getönte Fensterscheiben dienen, die zusätzlich Strom produzieren. Die flexiblen Kunststofffolien können noch vielfältiger genutzt werden, weil man sie in Textilien einarbeiten kann, zum Beispiel in Zelten oder Kleidung. Eine Umhängetasche mit einer integrierten Solarzellenschicht kann den Akku von MP3-Player oder Handy einfach durch Sonnenenergie aufladen. Solche Zellen werden bisher in den USA, Großbritannien und Australien angeboten und sind noch recht neu auf dem Markt. Somit kann vielleicht jeder zukünftig seine eigene regenerative Energie immer in der Tasche tragen...



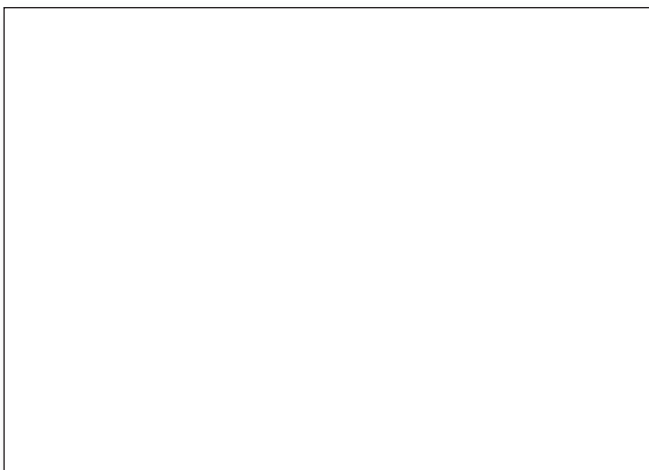
Warum ist das für die Technik interessant?

Verantwortlich für den ersten Schritt der Fotosynthese sind lichtabsorbierende Farbstoffe in der Pflanze. Sie werden durch das Licht angeregt und geben diese Energie an den grünen Pflanzenfarbstoff Chlorophyll weiter, der dann Elektronen abgibt.

Es ist möglich, diese Lichtreaktion in stark vereinfachter Form technisch nachzubilden, denn pflanzliche Farbstoffe können auch außerhalb von Pflanzen angeregt werden. Und durch den Elektronenfluss entsteht dann Strom, der sich nutzen lässt.

Dieses Phänomen nutzen Bioniker in der so genannten Grätzelzelle, die nach ihrem Erfinder Michael Grätzel benannt ist. Seine Solarzellen funktionieren mit Hilfe von Farbstoffen, die auf transparente, leitfähige Glasplatten oder Kunststofffolien aufgebracht werden, und heißen deshalb auch Farbstoffsolarzellen.

Die Herstellung bisheriger Solarzellen, die ursprünglich mit großem Etat für die Raumfahrt entwickelt wurden, verlangte reines Silizium, das nur sehr aufwändig und teuer zu gewinnen ist. Farbstoffsolarzellen bringen zwar weniger Leistung als die bisherigen Siliziumzellen und ihre Haltbarkeit ist geringer, aber sie werden aus Rohstoffen hergestellt, die leichter und günstiger zu bekommen sind. Außerdem absorbieren sie Licht in einem breiteren Spektrum und funktionieren auch bei diffusem Licht und flachen Einfallswinkeln der Sonnenstrahlen. Daher werden sie zukünftig voraussichtlich eine große Rolle bei der Nutzung regenerativer Energien spielen.



BEISPIEL 2: EISBÄRFELL DAMIT DIE WÄRME DRINNEN BLEIBT

Der Eisbär lebt in den nördlichen Polarregionen. Durch sein weißes Fell ist er in Schnee und Eis perfekt getarnt. Doch weiße Oberflächen reflektieren das Sonnenlicht stärker als dunkle, sie nehmen also weniger Licht- und Wärmestrahlung auf. Deshalb schwitzen wir in einem schwarzen T-Shirt in der Sonne viel schneller als in weißer Kleidung. Dabei könnte der Eisbär jegliche Wärme gut vertragen in seinem eiskalten Lebensraum. Warum ist er dann nicht schwarz? Die Tarnung durch das weiße Fell ist für den Eisbär aber überlebensnotwendig. Der Eisbär hat dennoch eine Methode gefunden, das Sonnenlicht zur Wärmeaufnahme zu nutzen.



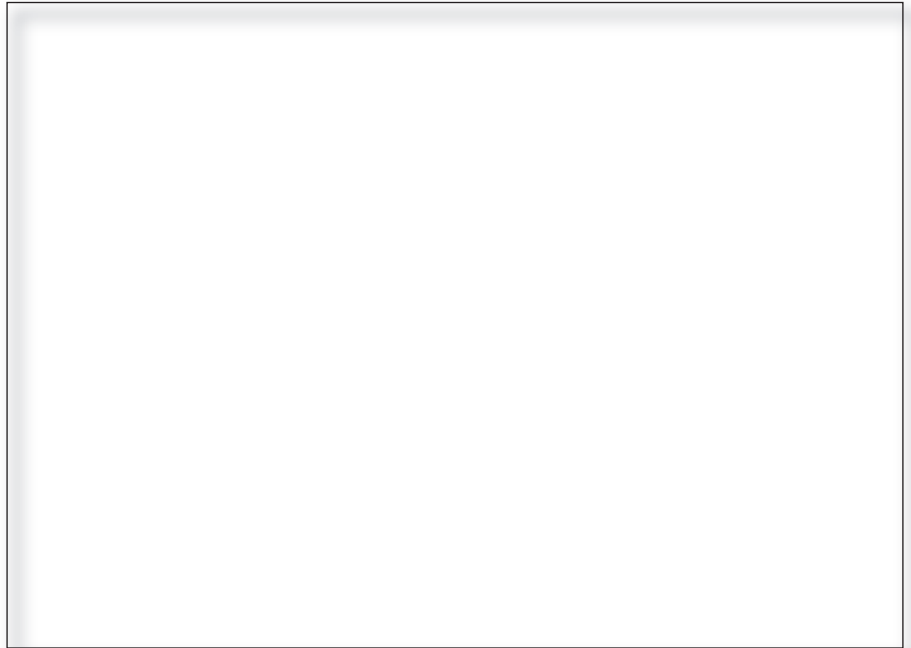
Das Eisbärfell ist genau genommen nicht weiß, sondern besteht aus transparenten, farblosen Haaren, die Sonnenstrahlen auf die schwarze Haut leiten, wo sie in Wärme umgewandelt werden. Die Wärme speichert

der Eisbär in seiner dicken Speckschicht unter der Haut. Sein kuscheliges Fell hält ihn durch Luftpolster zwischen den Haaren zusätzlich warm.

Warum ist das für die Technik interessant?

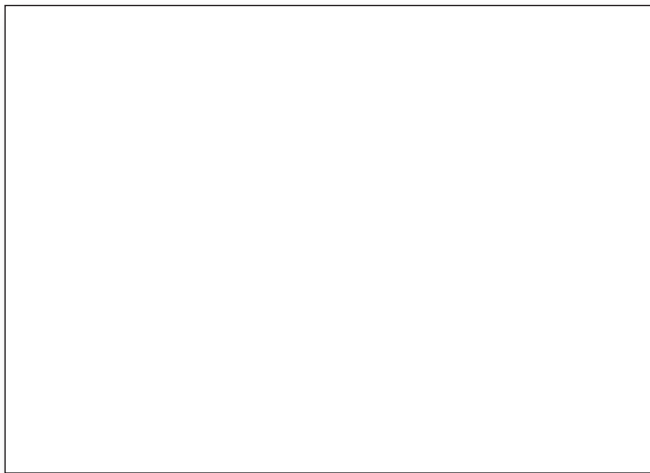
Das Funktionsprinzip ist die so genannte transparente Wärmedämmung. Übliche Wärmedämmungen an Gebäuden blockieren den Wärmeaustausch in beide Richtungen, also sowohl die Wärmeaufnahme als auch die -abgabe. Das hat den Vorteil, dass im Winter die Wärme der Heizung im Gebäude gehalten wird, im Sommer aber nicht so leicht Wärme von außen aufgenommen wird, so dass die Räume länger kühl bleiben.

Bei der transparenten Wärmedämmung wird Wärme aufgenommen, die Wärmeabgabe wird jedoch reduziert. Das funktioniert folgendermaßen: Licht gelangt durch eine transparente Dämmschicht auf eine dunkle Oberfläche, wo es in Wärme umgewandelt wird. Die Dämmschicht hält dann die Wärme zurück. Dieses Prinzip ist besonders für Gebäude in kalten Regionen interessant, weil dabei selbst bei niedrigen Temperaturen Wärme aufgenommen wird, sobald die Sonne scheint.



Anwendungen

Transparente Wärmedämmungen funktionieren nach dem gleichen Prinzip wie das Eisbärfell. Im Hausbau werden Platten eingesetzt, die aus aufrecht stehenden, lichtdurchlässigen Röhrrchen oder Waben beste-



hen. Die Platten werden an der Hauswand angebracht und leiten das Sonnenlicht auf eine darunter liegende schwarze Oberfläche weiter. Das sorgt für zusätzliche Wärme an der Hauswand.

Flexible transparente Wärmedämmungen werden zurzeit am Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf entwickelt. Bei ihnen liegt zwischen einer schwarzen und einer transparenten Kunststoffschicht ein Gewirke aus lichtdurchlässigen Fasern. So gelangt zwar etwas weniger Sonnenlicht auf die schwarze Schicht, aber das entstehende Luftpolster hält die Wärme länger fest als eine einfache schwarze Abdeckung es könnte. Solche biegsamen Wärmedämmungen sollen eingesetzt werden, um beispielsweise Sonnenkollektoren zu bedecken. Sie sammeln die Wärme der Sonne und geben sie meist über Schlauchsysteme weiter, die mit zirkulierendem Wasser gefüllt sind. Üblicherweise sind Sonnenkollektoren flach, doch zukünftig sind auch halbkugelförmige Sonnenkollektoren geplant, in denen Schläuche liegen, die wie eine Schlange geringelt sind. Der Vorteil solcher halbrunden Sonnenkollektoren besteht darin, dass sie immer mit einer Seite dem Sonnenlicht zugewandt sind. Sie könnten auf Häusern, aber auch auf Fahrzeugen angebracht werden.



Internet Schlagworte
Transparente Wärmedämmung, Stefanakis

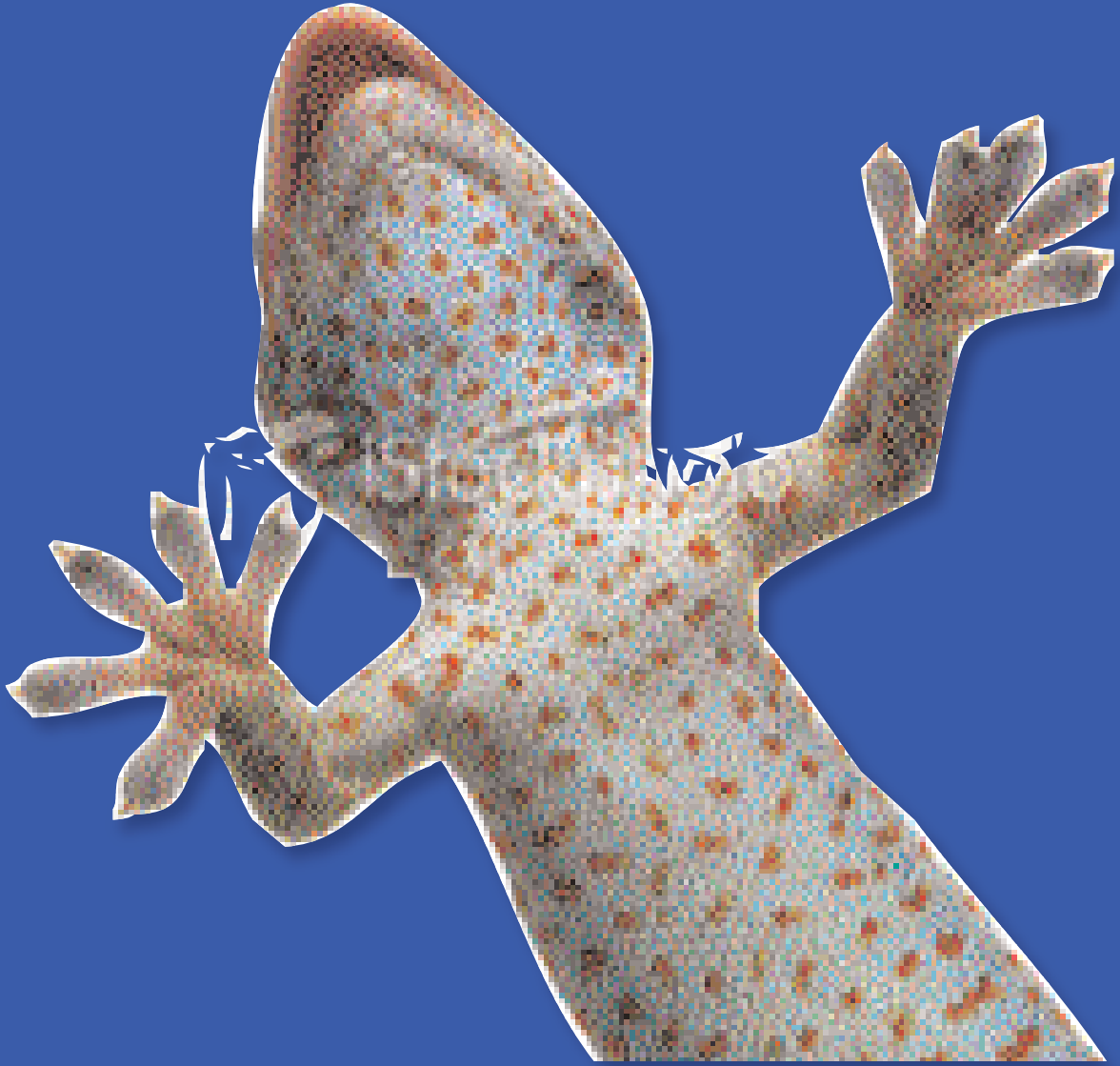
3. HAFTEN, KLEBEN UND GREIFEN

Für die meisten Lebewesen ist es aus den verschiedensten Gründen notwendig, sich kurzfristig oder dauerhaft an Gegenstände oder andere Lebewesen zu binden oder – Beute festzuhalten. So kleben sich etwa Muscheln und Seepocken mittels eines enorm stark haftenden Klebstoffs unlösbar an Schiffsrümpfe an. Miesmuscheln hingegen sind in der Lage, den Klebstoff wieder zu lösen und sich an anderer Stelle festzuheften. Schnecken gleiten auf ihrem „Klebstoff“ gemächlich durch die Landschaft.

So absurd es klingt – vorübergehend haften muss auch alles, was weiter transportiert werden soll: Blütensamen wird von Bienen weitergetragen, das Chamäleon fängt mit klebriger Zunge seine Beute. Der Gecko läuft selbst an senkrechten, glatten Wänden flink entlang, denn durch zahlreiche Haftläppchen an seinem Fuß, die zusammen eine große Fläche ergeben, werden durch die Anziehung von Oberflächen die Van-der-Waals-Kräfte geschickt genutzt. Die Evolution hat faszinierende Werkzeuge entwickelt.

Bestes Beispiel für erstaunliche Greiffähigkeiten ist unsere eigene Hand, die mit höchster Präzision über ein großes Kraftspektrum hinweg Gegenstände greifen, halten und bewegen kann.

Diese evolutionären Erfolgsgeschichten bilden Anregungen für unsere moderne Technik. Vom Klebstoff bis zum Robotergreifarm profitieren Ingenieure von Methoden, die seit Millionen von Jahren erprobt und ständig optimiert werden ...



BEISPIEL 1: DIE KLETTE HÄLT, WAS SIE VERSPRICHT

Wenn sie ihren Samen in die weitere Umgebung tragen wollen, haben viele Pflanzen ein Problem: Wie sollen ihre Samenbehälter größere Entfernungen überbrücken, wenn sich die Pflanzen selbst doch nicht von der Stelle bewegen können? Einige Pflanzenarten benutzen bewegliche Lebewesen als kostenfreie Transportmittel, etwa vorbeistreifende Tiere – und vorbeistreifende Menschen.



Eine besonders raffinierte Transportmethode hat sich die Klette ausgedacht. Sie hat ihre Früchte als kugelförmige, Stachelbewehrte Gebilde gestaltet. Unter dem Mikroskop zeigt sich die Feinstruktur der stacheligen Auswüchse der Klettenbällchen: Es handelt sich um sehr kleine elastische Widerhaken, die sich in alles verhaken können, was Fäden, Fasern oder Haare hat – besonders gut im Fell von Tieren oder an der Kleidung von Menschen. Die kleinen Häkchen klinken sich in die feinen Haare von Fell oder Stoff ein, und die große Zahl von „Haltegurten“ verstärkt die vielen

kleinen Verbindungen zu einem sehr wirksamen Haltemechanismus, der die Samenbällchen von der Pflanze abreißen und an dem unbedarften Passanten „kleben“ lässt. Wie stark diese Haftwirkung ist, kennt jeder Spaziergänger aus leidvoller Erfahrung: Er transportiert die Klettenfrucht bis er sie entdeckt und mühsam ablöst – damit hat er die Absicht der Klette erfüllt: Der Samenbehälter hat seine Reise in ein anderes Gebiet beendet und kann nun seine Funktion erfüllen.



Warum ist das für die Technik interessant?

Was die Klettenfrucht vormacht – schnell und leicht an rauen Flächen haften, sich relativ mühelos wieder von den Flächen ablösen – kommt vielen Vorgaben von Zivilisationsprodukten entgegen, bei denen es darum geht, schnell und unkompliziert zwei Gegenstände fest zu verbinden und diese Verbindung später ebenso mühelos wieder zu öffnen. Besonders wichtig sind solche Verschlüsse dort, wo nur eine Hand frei ist, um zuzufassen und wo keine Verbindungsmechanismen wie Nägel, Schrauben oder Klebstoffe benutzt werden sollen oder können.

Anwendungen

Ausgehend vom intensiven Studium der Klettenfrucht durch den Schweizer Ingenieur George de Mestral hat das Klettenprinzip inzwischen unter dem Namen Klettverschluss den Weltmarkt erobert. Ob als leicht zu betätigender Verschluss für Turnschuhe und Taschen

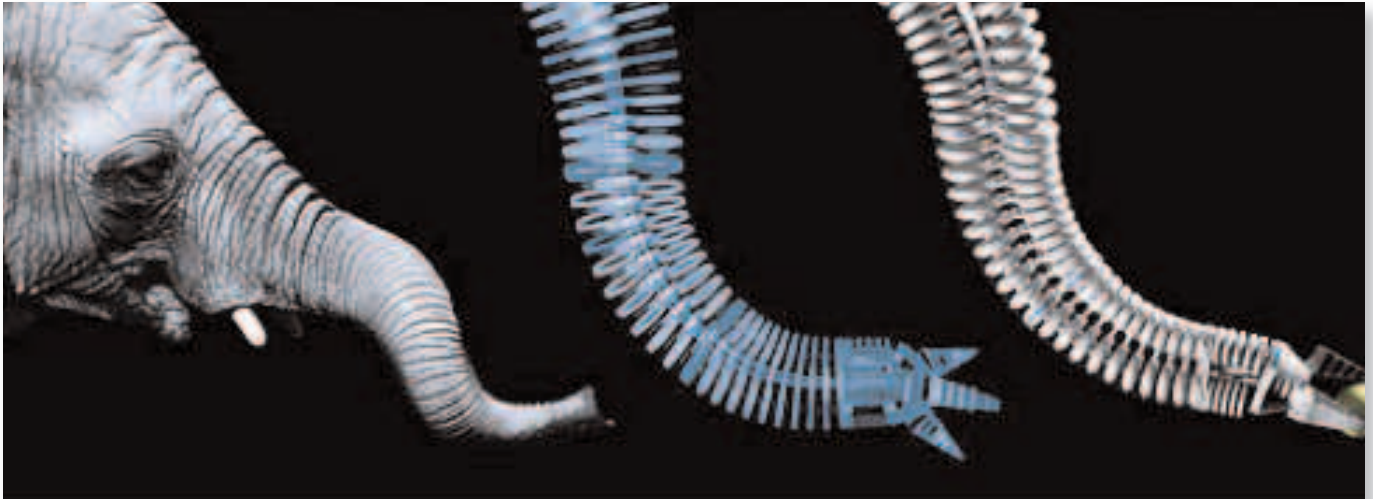
oder als Mechanismus zum rutschfesten Verankern von Fußmatten im Auto: der patentierte Klettverschluss dient heute in unzähligen Versionen als praktische „Verschlussache“.

Die beiden „Partner“ des Klettverschlusses sind nach dem Vorbild Fell und Hafthäkchen der Klette konstruiert: Die eine Seite ist rau und entspricht der Klettenfrucht: Sie ist mit unzähligen kleinen Widerhaken besetzt. Der Gegenpart besteht aus einem flauschigen Material, das die Eigenschaften von Fellhaaren und Stofffasern widerspiegelt. Bringt man beide Teile zusammen, so verhaken sich die kleinen Widerhaken in dem flauschigen Gewebe und halten fest zusammen, bis sie mit etwas Kraftaufwand wieder voneinander gelöst werden.

Klettverschlüsse sind einfach und erstaunlich stabil. Sie lassen sich tausende Male verschließen und wieder öffnen.

BEISPIEL 2: FIN RAY MIT DER FISCHFLOSSE ALLES FEIN IM GRIFF

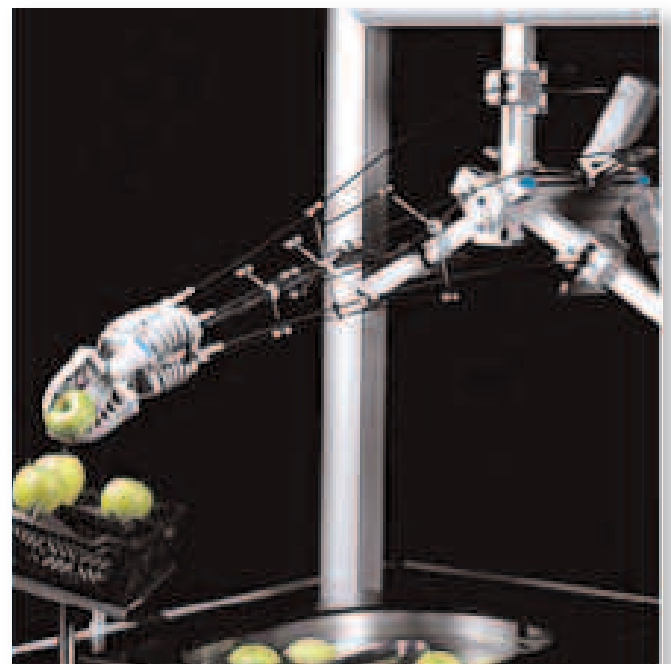
Die menschliche Hand ist extrem vielseitig. Mit unserer sprichwörtlichen Fingerfertigkeit können wir die unterschiedlichsten Gegenstände greifen, bewegen und wieder ablegen. Auch komplizierte Bewegungen, wie Schreiben oder Gemüse schneiden gelingen uns nach einiger Übung sehr präzise. Unsere Hand kann sich an unterschiedlichste Formen anpassen und ist trotzdem stabil genug, um kräftig zuzupacken.



In der Natur gibt es viele Materialien und Strukturen, die sich von selbst an bestimmte Bedingungen anpassen. Für Bioniker sind besonders jene sogenannten adaptiven Strukturen interessant, die sich mechanisch an Formen anpassen und dennoch ihre ursprünglichen Eigenschaften beibehalten. Das sind zum Beispiel Gräser, die sich in einer Windböe biegen und danach wieder aufrichten oder die Flossenstrahlen von Fischen.

Flossenstrahlen sind schmale lange Stützelemente, die fächerförmig in der Fischflosse angeordnet sind. Besonders gut sind sie bei Feuerfischen zu sehen, deren Ränder oft gezackt und ein wenig ausgefranst aussehen, weil die Flossenstrahlen hervorstecken. Diese Strahlen sorgen dafür, dass die Fischflosse steif und dennoch beweglich ist. Ein Flossenstrahl besteht aus zwei Streben, die aus Knochen oder Horn aufgebaut sind. Sie sind an der Spitze fest miteinander verwachsen, so dass sie wie ein spitzwinkliges Dreieck aussehen. Da die Streben durch ein elastisches Gewebe miteinander verbunden sind, brechen sie nicht, wenn der Fisch in turbulente Wasserströmungen kommt, sondern stabilisieren die Flosse. Diese Entdeckung machte der Bioniker Leif Kniese zufällig beim Angeln. Er bemerkte, wie die Flosse einer

Forelle auf Druck reagiert. Drückt man nämlich von der Seite auf die Flossenstrahlen, so biegen sie sich nicht von der Hand weg, sondern die Spitze wölbt sich überraschenderweise in Richtung des Drucks. Dadurch schmiegen sich die Flossenstrahlen an die Hand an, lässt man sie los, nehmen sie sofort wieder ihre ursprüngliche Form an.



Warum ist das für die Technik interessant?

Der Flossenstrahl-Effekt bietet Möglichkeiten für ungewöhnliche Anwendungen. Adaptive Greifer nach Vorbild der menschlichen Hand können unterschiedlichste Gegenstände greifen. Das kommt dem Umstand entgegen, dass in Fabriken der Trend immer häufiger zur Anfertigung von Einzelstücken geht. Herkömmliche Greifer in Produktionsstraßen müssen für jedes zu greifende Produkt speziell eingestellt werden, da jeder hergestellte Gegenstand ein wenig anders aussieht, ein anderes Gewicht hat oder aus unterschiedlichen Materialien hergestellt ist. Mit Maschinen, die sich auf die jeweiligen Produkte einstellen, könnte der Produktionsprozess verkürzt werden. Adaptive Greifer an flexibel steuerbaren Roboterarmen könnten solche Aufgaben erfüllen.



Anwendungen

Bioniker der Firma Evologics GmbH haben das Flossenstrahlprinzip technisch nachgebildet, indem sie zwei elastische Streifen an der Spitze miteinander verbunden haben. Die beiden Bänder werden durch feste, gelenkig gelagerte Querstreben auf Abstand gehalten und stabilisiert. Das patentierte Prinzip trägt nach dem englischen Begriff für Flossenstrahlen den Namen Fin Ray Effect ®.

Die Idee, aus zwei künstlichen Flossenstrahlen eine Zange zu bauen, die empfindliche Gegenstände schonend umgreifen kann, wurde bei der Festo AG weiterentwickelt. Die Ingenieure haben das Flossenstrahl-Prinzip sogar in 3D gebaut. Sie entwickelten den BionicTripod, bei dem drei lange Streben an der Spitze miteinander verbunden und mit sternförmigen Querstreben stabilisiert sind, so werden räumliche Bewegungen der Spitze ermöglicht.

Ein gelenkiges Handgelenk verbindet den BionicTripod mit dem FinGripper. Das ist ein Greifer, bei dem

sich drei Flossenstrahlen um ein Objekt schmiegen und es sanft erfassen. Selbst zerbrechliche Gegenstände, wie beliebig geformte Glühbirnen oder sensible Waren wie Tomaten und Eier lassen sich so schonend aufgreifen.

Beim Bionischen Handling-Assistent der Festo AG sitzt dieser FinGripper an einem dem Elefantenrüssel nachempfundenen Schlauch mit geschickt angeordneten innen liegenden Kammern. Diese werden je nach gewünschter Bewegung des Rüssels mit Druckluft aufgepumpt, um den an der Spitze sitzenden Greifer in jede beliebige Position innerhalb des Handlungsspielraums zu bringen. Das war bisher nur mit schweren Geräten aus Metall möglich.

So entsteht ein sehr leichtes System, das unterschiedliche Gegenstände nacheinander greifen kann. Der besondere Clou ist die Möglichkeit, den Greifarm mit der Hand zu führen, um ihm einen Bewegungsablauf zu zeigen, den er aufzeichnet und wiederholen kann. Bei Kollision mit unvorhergesehenen Hindernissen reagiert er nachgiebig. So wird sichergestellt, dass Mensch und Maschine in direktem Kontakt und ohne Schutzgitter zusammen arbeiten können.

Der Bionische Handling-Assistent könnte als „dritte Hand“ ein Werkstück in die Position bringen, in der ein Mensch es bearbeitet, und es danach wieder ablegen. Er könnte Schraubenzieher reichen, Obst und Eier nach Größe sortieren und sogar Melkmaschinen an Kühe anbringen.

Das Prinzip des Fin Ray Effects ® wird zurzeit in der Architektur, aber auch in Autositzen getestet, die sich bei einem Unfall an die Wirbelsäule anschmiegen, um sie zu stützen.



Internet Schlagworte

Fin Ray Effect, Festo Bionic Learning Network, Robotergreifarm

4. FALTEN UND VERPACKEN

Wenn Empfindliches vor Bruch oder dem Zugriff von Feinden bewahrt werden soll, wird es – im weitesten Sinne – verpackt. Ein Küken wächst geschützt in einer Eihülle heran, die Schildkröte trägt ihren Panzer, eine Schnecke „verpackt sich“ bei Gefahr in ihr Haus. Pflanzensamen finden wir in harte Schalen verpackt, Muscheln leben in Schalen anderer Art. Kängurus stecken ihre Jungen in die Tasche.

Form und Materialeigenschaften sorgen dafür, dass der jeweilige Zweck optimal erreicht wird. So benötigt die Kokosnuss eine besonders harte Schale, da sie den Sturz aus großer Höhe überstehen muss. Ein Ei wiederum darf nicht zu fest verpackt sein, da es sich sonst von innen nicht öffnen ließe.

Vor allem, weil die Kugelform wegen ihrer - verglichen mit eckigen Formen - geringen Oberfläche weniger Material erfordert, finden sich in der Natur viele runde Verpackungen. Sobald der Inhalt aber gestapelt werden soll, sind andere Formen günstiger, etwa die sechseckige Wabenstruktur der Bienenstöcke. Besonders stabile Verpackungen ergeben sich, wenn deren Oberflächen gefaltet werden. Gefaltete Oberflächen lassen sich sehr viel schwerer zusammendrücken als glatte.

Sowohl was Formgebung als auch die Materialien angeht, lehnen sich viele unserer technischen Verpackungen an natürliche Vorbilder an, von der durch Riffelung stabilisierten Konservendose bis zu wabenförmigen Strukturen aus Pappe, Kunststoff oder Metall. Doch viele evolutionäre Lösungen warten noch auf ihre technische Umsetzung ...



BEISPIEL 1: BIENENWABEN

STABILITÄT IST TRUMPF

Bienen und andere Staatenbildende Insekten stehen vor der Herausforderung, stabile Bauten für Aufzucht und Pflege des Nachwuchses, die Lagerung von Nahrung und den Aufenthalt der einzelnen Mitglieder der Völker zu errichten. Dabei soll naturgemäß möglichst wenig Aufwand für die Beschaffung von Material anfallen. Die erstaunlichste Lösung für optimale Raumnutzung haben die Bienen entwickelt: die Wabenstruktur.



Beim Bau der Waben nutzen die Bienen ein Prinzip, das die Physik als „Selbstorganisation“ bezeichnet: Zunächst erzeugen die Bienen den Baustoff Wachs mittels vier Paaren von speziellen Drüsen, die sich an ihrer hinteren Bauchseite befinden. Das Wachs verteilen die eng beieinander sitzenden Bienen dann jeweils um sich herum in Form von extrem dünnen Hohlzylindern. Durch die infolge der starken Aktivität erzeugte Wärme wird das Wachs zähflüssig und verformt sich so lange, bis es die nach den physikali-

schen Energiegesetzen optimale Form einnimmt: ein Gebilde aus regelmäßigen Sechsecken mit leicht abgerundeten Ecken und Kanten. Nach der Anstrengung ruhen die Bienen und die Temperatur sinkt auf unter 30 Grad ab, so dass sich das Wachs verfestigt. Und fertig ist der sechseckige Wabenverbund, der äußerst stabil und belastbar ist, denn: Je günstiger der Energiezustand einer Struktur ist, desto größere Kräfte müssen ausgeübt werden, um diese Struktur aufzubrechen.



Warum ist das für die Technik interessant?

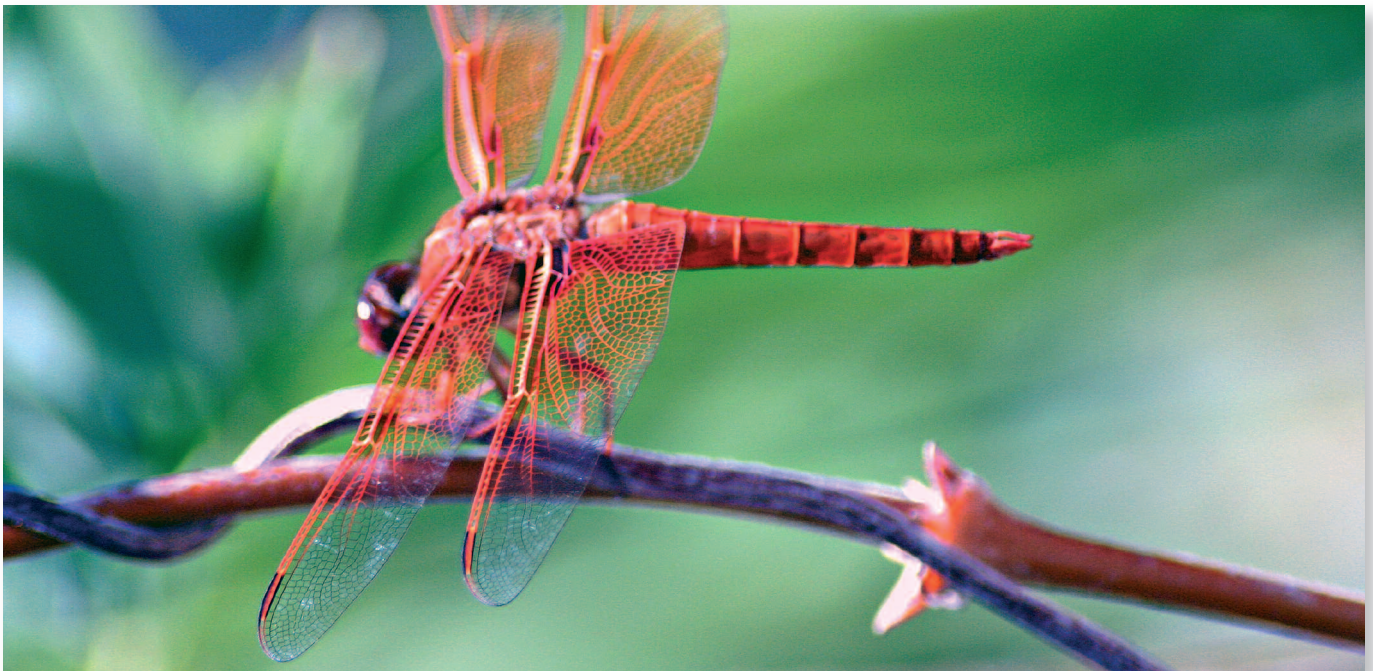
Insbesondere in der Verpackungsindustrie haben wir sehr ähnliche Aufgabenstellungen wie die Bienen: Es müssen Gegenstände umhüllt werden, so dass sie in der Verpackung unbeschädigt bleiben, wobei die Verpackungen platzsparend stapelbar sein und möglichst wenig Materialaufwand erfordern sollen. Hochkant angeordnete sechseckige Bienenwabenstrukturen aus Papier oder Kunststoff eignen sich hierfür besonders gut, denn die Wabenstruktur bietet ein optimales Verhältnis von Stabilität, Materialbedarf und Raumausnutzung. Generell sind sie daher eine wichtige Grundlage für alle Aspekte des Leichtbaus.

Anwendungen

Mehrere übereinander geschichtete Waben - so genannte Sandwichstrukturen - sorgen für außergewöhnliche Stabilität und werden in der Technik vielfach verwendet. Neben der Verpackungsindustrie findet die Erfindung der Bienenvölker Eingang in die verschiedensten Leichtbaubranchen, etwa in der Luft- und Raumfahrtindustrie. Hierbei werden jedoch nicht Wachsstrukturen verwendet, sondern für die jeweils vorgesehenen Zwecke optimierte Werkstoffe. In der Regel handelt es sich dabei um mehrere verschiedene Materialien, die zu einer Wabenstruktur verbunden werden, so genannte „Verbundmaterialien“.

BEISPIEL 2: INSEKTENFLÜGEL BESSER FALTEN GEHT NICHT

Insekten faszinieren mit einer Vielzahl von Eigenschaften, die für unsere Technik als Vorbild dienen können. Ein eher weniger bekanntes, aber nicht weniger erstaunliches, evolutionäres Entwicklungsprodukt ist die „Verpackung“ der Insektenflügel am Körper. Bei vielen Insekten sind die Flügel erheblich größer als der Körper, dennoch können sie nach dem Landen an diesen angelegt werden, um eine freie Bewegung zu ermöglichen. Dass dies gelingt, ist ein geradezu atemberaubendes Wunder der Faltkunst, das die Evolution erst im Laufe der Zeit entwickelt hat.



Die Insektenflügel bestehen aus dem sehr leichtem Material Chitin und verbinden hohe Tragfähigkeit und Belastbarkeit mit einfacher faltbarkeit. Hohe Stabilität gewähren versteifende Längsfalten, für das Einfalten der Flügel sind eine Reihe von Querstreifen zuständig. Von der Entwicklung her betrachtet, sind die Flügel Ausstülpungen der Körperwand. Die gut sichtbaren Adern dienen der Versorgung und stabilisierenden Versteifung. Die Flügelmembran selbst ist ebenfalls zur Stabilisierung gewellt statt glatt ausgelegt.

Die jeweilige Ausgestaltung der Flügel ist von Insektenart zu Insektenart verschieden, wie etwa ein Vergleich zwischen Käfern und Stubenfliege zeigt. Der Käferflügel verfügt über einen wesentlich stärkeren, lederartigen Vorderflügel, was den Flügelapparat zunächst schwerfälliger aussehen lässt. In der Tat lässt sich der Vorderflügel nicht mehr zum schnellen Schlagflug verwenden, hat aber nun den Vorteil, dass er als „Schutzhülle“ für den wesentlich zarteren Hin-

terflügel dienen kann: Der Hinterflügel schiebt sich dazu unter den Vorderflügel, dessen Spannweite außerdem etwas verkürzt ist, um eine bessere Beweglichkeit bei der Landung auf Boden oder Blättern zu gestatten.

Damit jedoch die Hinter- unter die Vorderflügel passen, ist es notwendig, sie zu falten. Hierfür verfügen die Käferarten über eine ausgeklügelte Mechanik, die - technisch ausgedrückt - eine Spreizbewegung in eine Entfaltungsbewegung umwandelt: Die Brustmuskulatur sorgt dafür, dass zwei Flügeladern wie eine Schere ausgespreizt werden, was die Queradern zur Ausbreitung der Flügel veranlasst - ein sekunden-schneller Vorgang, der mit höchster Präzision abläuft.

Wesentlich komplizierter ist jedoch das Einfalten der Flügel nach der Landung. Zum Falten wird der Hinterflügel von den Vorderflügeln an den Käferkörper gedrückt und mit kräftigen Pumpbewegungen stufenweise zusammen- und unter den Vorderflügel gescho-

ben. Um den Flügel geschmeidig zu machen, wird an bestimmten Stellen der sehr elastische Stoff Resilin gebildet, der hilft, den Flügel längs des von den Adern vorgegebenen Musters einzufalten.

Alle Faltprozesse, so kompliziert sie in der Ausführung sind, beruhen auf einem relativ einfachen Muster, das in zahlreichen Kombinationen eingesetzt wird: Zwischen vier sich in einem Knotenpunkt treffenden Faltlinien liegen vier bewegliche Flächen. Es zeigt sich, dass die Evolution mit dieser Zahl vier von Linien und Flächen die günstigste Struktur entwickelt hat,

mit der sich Flügel zuverlässig aus- und einfallen lassen.

Eine andere Faltechnik verwenden Heuschrecken und andere Insekten. Sie verfügen über fächerartig gestaltete Hinterflügel. Zum Flug werden die Flügel nach vorne geschwenkt. Nach dem Landen werden sie zurückgelegt, was durch die elastische Struktur der Flügelmembran und die Anordnung der Adern ermöglicht wird. Hier sind Falten und Entfalten also direkt an das Schwenken des Flügels gekoppelt.

Warum ist das für die Technik interessant?

Auf vielen technischen Gebieten geht es darum, Flächen zu falten und wieder zu entfalten. Dies gilt nicht nur für die im Handel üblichen Verpackungen, die flächige Gegenstände platz- und materialsparend unterbringen sollen. Es gilt auch für spezielle Verfahren zum Transport oder der Unterbringung von empfindlicher Technik auf kleinem Raum. So müssen sich etwa die Rotorblätter von Hubschraubern einfallen lassen, wenn sie in Großraumtransportern oder auf Flugzeugträgern auf engstem Raum untergebracht werden müssen. Entfalten durch Spreizen ist auch das Mittel der Wahl beim Aufbau von Sonnenschirmen.

Anwendungen

Von den Faltungskünsten der Insekten versuchen Ingenieure auf vielfache Weise zu profitieren. Dazu gehört auch das Ausbreiten sehr komplizierter technischer Systeme: Die großen Satelliten in der Raumfahrt werden von viele Quadratmeter großen Segeln aus Solarzellen mit Sonnenenergie versorgt. Diese Segel sind rechteckige dünne Flächen, die seitlich vom Satelliten abstehen. Zum Start müssen sie jedoch in die sehr beengten Verhältnisse in der Raketenverkleidung eingepasst werden – das funktioniert nur durch komplexe Faltungstechnik, die sich an Vorbilder aus der Natur anlehnt.



Studenten aus dem österreichischen Villach haben die Käferfalttechnik für einen besonders originellen Zweck benutzt: Sie haben einen Stuhl entwickelt, der sich nach dem Vorbild des Marienkäferflügels falten lässt. Was zusammengefaltet wie ein Brett aussieht, ergibt nach dem Entfalten einen Stuhl, der durch die Faltung besonders stabil ist. So lassen sich sehr viele Stühle auf kleinem Raum unterbringen: 250 Stühle ergeben nur eine Höhe von nur zwei Metern. Das Möbelstück ist zudem besonders materialsparend ausgelegt.



5. TRAGEN UND STÜTZEN

Zu den kniffligsten Herausforderungen für Architekten und Bauingenieure gehört die Entwicklung von stabilen Strukturen zum Tragen und Stützen. Hier kommt es auf die exakt richtige Mischung aus Stabilität und Biegsamkeit an: Einerseits müssen tragende Strukturen fest genug sein, damit sie nicht unter hohem Gewicht einknicken, andererseits ist meist eine gewisse Nachgiebigkeit erforderlich, etwa um der Energie eines Sturms geschmeidig zu begegnen.

Ein weiterer entscheidender Faktor bei der Entwicklung von Tragestrukturen ist das verwendete Material. Selbstverständlich geht es auch hier um Effizienz: möglichst wenig Material und möglichst geringes Eigengewicht – wobei wiederum ein gewisses Eigengewicht zur Stabilität beiträgt. Materialdichte und -eigenschaften, Dicke, Höhe und Form der Struktur – all diese sehr unterschiedlichen Bestimmungsfaktoren müssen gemeinsam optimiert werden - eine Aufgabe, die in der Evolution schon für die unterschiedlichsten Zwecke und Wesen gelöst wurden.

Ein beeindruckendes Beispiel sind Riesenbäume wie der Mammutbaum, der seine Krone majestätisch in schwindelerregender Höhe hält und dem auch ein schwerer Sturm nichts anhaben kann.

Wie nahe diese Lösungen an Perfektion heranreichen, wird deutlich, wenn man bedenkt, dass Mammutbäume bei einer Höhe von über 100 Metern, einer Stammdicke von über 10 Metern und einem Gewicht von über 2.000 Tonnen Jahrtausende lang überlebt haben, und zwar in einer Zone, in der schwere Erdbeben und Stürme durchaus häufig sind. Andererseits beobachten wir täglich,



wie Gräser und Büsche sich unter Sturmböen biegen und sich anschließend wieder zu voller Größe aufrichten als ob nichts gewesen wäre.

Diese erstaunlichen Fähigkeiten sind für die verschiedensten Bereiche unserer modernen Technologie von höchstem Interesse: dem Bau von Gebäuden, Türmen und Brücken, der Konstruktion von Schiffs- Flugzeug- und Raketenrümpfen, aber auch zur Entwicklung von Kabel- und Antennenstrukturen und vielen anderen Einzellösungen.

BEISPIEL 1: BÄUME UND KNOCHEN HAUT SO SCHNELL NICHTS UM

Ein Baum muss im Laufe seines Lebens so einiges aushalten. Der Stamm muss die Äste und Krone tragen können, ohne zu zerbrechen. In Stürmen fährt der Wind in die Krone wie in ein Segel und vervielfacht die Kräfte. Auch wenn bei starken Stürmen der eine oder andere Baum auf der Strecke bleibt, so sind Bäume sehr stabile Konstruktionen. Das liegt zum einen am Holz, einem stabilen und dennoch relativ leichten Faserverbundmaterial. Vor allem aber passt sich der Baum durch Formveränderung an die mechanischen Belastungen an.



Kräfte, die auf einen Körper einwirken, verteilen sich dort nämlich in der Regel nicht gleichmäßig. An einem seitlich abstehenden Ast, der durch sein Eigengewicht nach unten gebogen wird, verteilen sich die Spannungen folgendermaßen: Das Holz auf der Astoberseite wird auseinander gezogen, es entsteht eine Zugspan-

nung. Auf der Unterseite wird es zusammengedrückt, es entsteht eine Druckspannung. An Stellen, wo hohe Spannungen herrschen, besteht eine besonders große Gefahr, dass das Holz zerbricht.

Der Baum reagiert auf eine solche Kraftverteilung nach einer einfachen Regel: Er lagert im Laufe der Zeit dort mehr Holz an, wo hohe Spannungen herrschen. Auf diese Weise verteilen sich die Spannungen gleichmäßig an der Oberfläche des Baumes, so dass es keine Spannungsspitzen gibt. Bei einem abstehenden Ast lagert sich also an der Ober- und der Unterseite mehr Holz an als an den Seiten, so dass er im Querschnitt oval wird.

Damit erzielt der Baum gleich zwei Vorteile: Erstens spart er Energie, indem er nur so viel Holz bildet, wie aus Stabilitätsgründen erforderlich ist. Zweitens vermeidet er durch die gleichmäßige Spannungsverteilung potenzielle Bruchstellen. Er erzielt also mit möglichst wenig Material eine hohe Stabilität.

Während Bäume jedoch das zusätzlich gebildete Holz nicht mehr abbauen können, sind Wirbeltierknochen wahre Meister des Leichtbaus. Sie können je nach Belastung Knochenmaterial auf- oder abbauen. Nur die äußere Schicht des Knochens ist massiv, im Inneren befindet sich häufig ein Gewebe aus Knochenbälkchen mit dazwischen liegenden Hohlräumen. Die Knochenbälkchen sind so angeordnet, dass sie die beim Stehen oder der Fortbewegung auftretenden Kräfte mit möglichst wenig Materialaufwand auffangen können.

Für Tiere, die sich auf dem Land oder gar in der Luft fortbewegen, ist es noch mehr als für Bäume von großer Bedeutung, Gewicht zu reduzieren. Deshalb sind Knochen so leicht wie möglich, gleichzeitig aber so stabil wie nötig. Denn schließlich dürfen sie ja auch bei höheren Belastungen wie Sprüngen oder Zusammenstößen nicht brechen.

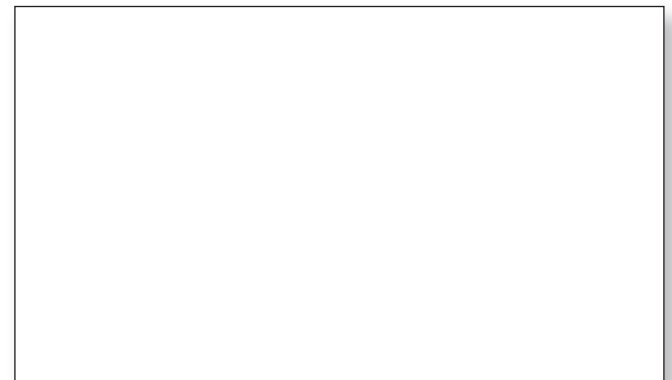
Warum ist das für die Technik interessant?

Die Leichtbauprinzipien von Bäumen und Knochen sind für technische Anwendungen hoch interessant. Bauteile, die nach diesen Vorbildern konzipiert werden, haben zum einen ein geringeres Gewicht, da sie die nötige Stabilität mit weniger Material erreichen. Werden diese Bauteile bewegt, etwa in einer Maschine, einem Auto oder Flugzeug, so trägt das geringere Gewicht zur Energieersparnis bei. Zusätzlich kann die Haltbarkeit des Bauteils durch geringe Formveränderungen nach dem Vorbild von Bäumen und Knochen deutlich verbessert werden. Allerdings wachsen Bäume und Knochen von selbst nach Größe und Richtung der Belastung. Kann auch ein technisches Bauteil in eine optimierte Form „hineinwachsen“?



Anwendungen

Zwar wachsen Bauteile nicht von selbst, jedoch werden sie in der Regel vorher im Computer entworfen. Durch die von Prof. Claus Mattheck am Forschungszentrum Karlsruhe entwickelte Methode haben Ingenieure die Möglichkeit, die Wachstumsregeln der Bäume und Knochen beim Entwurf von Bauteilen mit entsprechenden Computerprogrammen zu simulieren. Dabei wird zunächst gemessen, welche Kräfte auf ein Bauteil wirken, denn danach richtet sich dessen spätere Form. Anschließend gibt man einen ungefähren Entwurf vor, an dem die zuvor gemessenen Kräfte simuliert werden. Im späteren Betrieb werden Bereiche



mit hoher und geringer Belastung auftreten. Im darauffolgenden so genannten SKO-Programm (SKO = Soft Kill Option) werden nach dem Vorbild der Knochen in mehreren Schritten wenig belastete Bereiche entfernt. Dabei entsteht eine gewichtsreduzierte Form des Bauteils, bei der die Spannungen aber noch große Unterschiede aufweisen. Nun wird die Wachstumsregel der Bäume angewandt, bei der an stark belasteten Stellen Material aufgelagert wird, bis eine weitgehend gleichmäßige Spannungsverteilung an der Oberfläche erreicht wird. Das dazugehörige Programm nennt man CAO (Computer Aided Optimization). Dadurch kann die Haltbarkeit eines Bauteils bei geringerem Materialaufwand deutlich erhöht werden. Entsprechende Programme werden in vielen Automobilunternehmen und ihren Zulieferern bereits erfolgreich eingesetzt.

BEISPIEL 2: TECHNISCHER PFLANZENHALM STÄRKE DURCH NACHGIEBIGKEIT

In der japanischen Kampfkunst „Jiu-Jitsu“ heißt die Maxime „Siegen durch Nachgiebigkeit“. Mit diesem Begriff könnte man auch die Lebensweise hoher Gräser wie Schilf oder das im Mittelmeerraum wachsende Pfahlrohr (*Arundo donax*) beschreiben. Gräser können mit Längen von 6 m durchaus die Höhe kleiner Bäume erreichen. Im Unterschied zu diesem sind sie jedoch viel leichter gebaut, denn sie kommen mit einem Bruchteil der Materialmenge eines Baumes aus und sind trotzdem sehr stabil. Durch ihre Flexibilität überstehen sie starke Stürme sogar meist besser, denn im starken Wind beugen und richten sie sich unbeschadet auf, sobald der Wind wieder nachlässt.



Mehrere Anpassungen ermöglichen es dem Pfahlrohr, mit den Windkräften bestmöglich umzugehen. Die Außenwände sind verholzt, das Gras ähnelt vom Aufbau her also tatsächlich einem Rohr. Die steifen Außenwände verhindern, dass der Halm sich schon beim kleinsten Windstoß biegt. Stärkerer Wind versetzt die Pflanze in Schwingungen, im Extremfall kann das zum Bruch des Halmes führen. Zum Glück verfügt das Pfahlrohr aber über ein ausgeklügeltes System zur Schwingungsdämpfung:

1. Reibung: Das Pfahlrohr wächst in dichten Beständen. Durch Reibung zwischen den Pflanzen wird ein Teil der Schwingung gedämpft.
2. Luftwiderstand: Die Blätter erzeugen bei der Bewegung Luftwiderstand. Das bremst die Bewegung.
3. Halm und Blätter schwingen in einem unterschiedlichen Rhythmus, so dass sie sich gegenseitig abbremsen.
4. Der innere Aufbau des Halmes trägt ebenfalls zur Schwingungsdämpfung bei.

Das Innere des Pfahlrohrs besteht aus einem Zellgewebe, dem Parenchym, das von Leitbündeln durchzogen ist, die dem Wasser- und Nährstofftransport der

Pflanze dienen. Sie sind relativ fest und steif, denn sie enthalten neben langen röhrenförmigen Zellen zum Wassertransport auch verholzte Fasern. Das die Leitbündel umgebende Gewebe besteht dagegen aus eher weichen Zellen mit dünnen Zellwänden, die sich leicht verformen. Die Kombination aus steifen Fasern, die in eine weiche Umgebung eingebettet sind, bezeichnet man als Faserverbundmaterial.

Wird der Pflanzenhalm gebogen, so verformt sich das weiche Parenchymgewebe stärker als die steifen Leitbündel, was bei zunehmender Biegung zum Zerreißen des Gewebes führen würde. Aber: In direkter Umgebung der Leitbündel sind die Parenchymzellen klein und damit weniger verformbar. Mit zunehmender Entfernung vom Leitbündel werden die Zellen größer und weicher. Dadurch entsteht ein allmählicher Übergang – Gradient - zwischen steifen Leitbündeln und dem weichen umgebenden Gewebe. Die graduelle Veränderung der Steifigkeit innerhalb des Halms sorgt dafür, dass sich in der Regel keine Risse zwischen Leitbündel und der umgebenden Matrix bilden, wenn das Pfahlrohr gebogen wird. Auch die Schwingungen des Pflanzenhalms werden durch diesen besonderen Aufbau gebremst.



Anwendungen

Der innere Aufbau und die mechanischen Eigenschaften des Pfahlrohrs wurden an der Universität Freiburg näher untersucht. Die Freiburger Wissenschaftler um Professor Thomas Speck entwickelten gemeinsam mit Dr. Thomas Stegmaier und Markus Milwich vom Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV) Denkendorf den „Technischen Pflanzenhalm“. In diese Konstruktion flossen neben den Untersuchungsergebnissen über das Pfahlrohr auch Erkenntnisse über weitere Pflanzenhalme (z.B. Winterschachtelhalm) ein.

Der Technische Pflanzenhalm ist ein röhrenförmiges Faserverbundmaterial. Er besteht aus Textilfasern, die bei der Herstellung mit Kunstharz getränkt wurden. In die Wände des Prototyps wurden feine Kanäle eingefügt, die als Versorgungsleitungen dienen können. Der Technische Pflanzenhalm verbindet wie seine natürlichen Vorbilder Leichtbau mit hoher Stabilität und Schwingungsdämpfung. Mögliche Anwendungen liegen im Sport, etwa als bionische Skistöcke, aber auch in Fahrzeugbau, Luft- und Raumfahrt.

Warum ist das für die Technik interessant?

Der Aufbau des Pfahlrohrs kann Anregungen zur Lösung mehrerer technischer Probleme liefern. Da ist zum einen die Schwingungsdämpfung. Gerade in technischen Geräten oder auch bei Bauwerken kommt es oft zu Schwingungen. Wenn diese außer Kontrolle geraten, können sie schweren Schaden anrichten. Zum anderen bietet der Steifigkeitsgradient im Pfahlrohr ein vielversprechendes Vorbild zur Verbesserung von Faserverbundmaterialien. Schließlich ist das Pfahlrohr ein hervorragendes Beispiel für hoch effizienten Leichtbau. Durch den raffinierten inneren Aufbau erreicht selbst ein relativ dünner, leichter Halm ein hohes Maß an Bruchfestigkeit.



Internetschlagworte:

Technischer Pflanzenhalm, Pfahlrohr, Winterschachtelhalm, Biegespannungen, Scherspannungen, Schwingungen, Tacoma Narrows Bridge

Internetlinks:

<http://www.textilforschung.de/content2.asp?area=hauptmenue&site=fkarchiv&cls=01&id=54>

http://www.fmf.uni-freiburg.de/ueber_uns/zeittafel/kuratorium-5/kuratorium-5-speck

<http://www.kompetenznetz-biomimetik.de/images/pdf/pressemappen/D-Pressmappe%2002%20Technischer%20Pflanzenhalm.pdf>

6. OBERFLÄCHEN: REINIGEN UND LÖSEN

Die Oberflächen von Lebewesen werden von der Natur vor besondere Herausforderungen gestellt. Durch sie grenzt sich ein Organismus zur Außenwelt ab. Aus der Umgebung wirken viele Faktoren auf die Oberfläche ein: Sonne und Regen, Wärme und Kälte, Parasiten und Krankheitserreger. An der Oberfläche entscheidet sich, in welcher Weise ein Körper mit seiner Umgebung in Kontakt tritt - damit ist sie wesentlich für seine Überlebensfähigkeit.

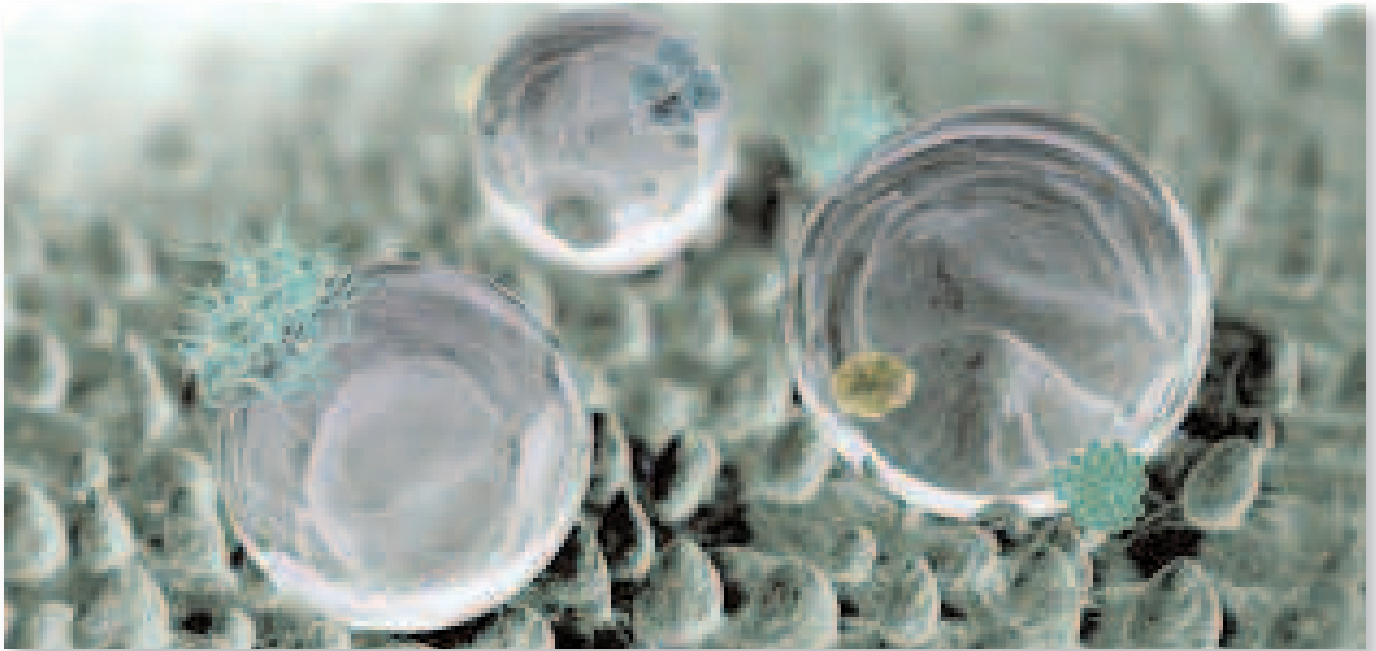
Da Tiere und Pflanzen mit einer Vielzahl von Einflüssen konfrontiert werden, haben sie eine große Vielfalt von Anpassungen mit den unterschiedlichsten Eigenschaften entwickelt – es bietet sich eine wahre Wunderwelt der Oberflächen. Beispiele für gelungene Anpassungen können schmutz- und wasserabweisende Oberflächen sein, oder solche, die eine Ansiedlung von Parasiten verhindern oder den Reibungswiderstand bei der Fortbewegung verringern.

Damit diese Eigenschaften zukünftig für ein breites Spektrum technischer Anwendungen genutzt werden können – von der optimierten Oberflächengestaltung bei Autolacken und Badezimmerarmaturen bis hin durch Treibstoffreduktion bei Schiffen – untersuchen Forscher intensiv die mikroskopischen Details der natürlichen Vorbilder.



BEISPIEL 1: DIE LOTUSPFLANZE SAUBER AUS DEM SUMPF

Die Lotuspflanze gilt im asiatischen Raum als Symbol der Reinheit. Sie wächst in schlammigen Sümpfen, dennoch sind ihre Blätter immer trocken und sauber. Es wirkt fast so, als könne ihr die nasse und „schmutzige“ Umgebung nichts anhaben.



Fällt ein Wassertropfen auf das Lotusblatt, so nimmt dieser Kugelform an und rollt von dem Blatt herunter. Doch damit nicht genug: Schmutz, der auf dem Blatt liegt, wird vom abperlenden Tropfen gleich mitgenommen. Nur wenig Wasser ist erforderlich, um das Blatt sauber zu halten – und trocken bleibt es obendrein. Selbst wasserlösliche Klebstoffe und Honig laufen am Lotusblatt ab.

Warum das so ist, haben Wissenschaftler um Prof. Wilhelm Barthlott von der Uni Bonn und Prof. Christoph Neinhuis schon vor etwa 20 Jahren mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops herausgefunden. Die Blattoberfläche besteht aus vielen kleinen Noppen, die mit einer weißlichen, fein strukturierten Substanz überzogen sind, die aus winzigen Wachskristallen besteht. Wachs wirkt Wasser abstoßend, das bedeutet, es wird von Wasser kaum benetzt. Die kleinen Wachskristalle sind also ein Teil des Geheimnisses. Die Noppen verstärken den Wasser abstoßenden oder superhydrophoben Effekt: Der Tropfen kann die Oberfläche nur an den Noppenspitzen berühren, da das Wachs ein Eindringen des Wassers in die Zwischenräume verhindert. Unter den Tropfen verbleibt somit eine Luft-

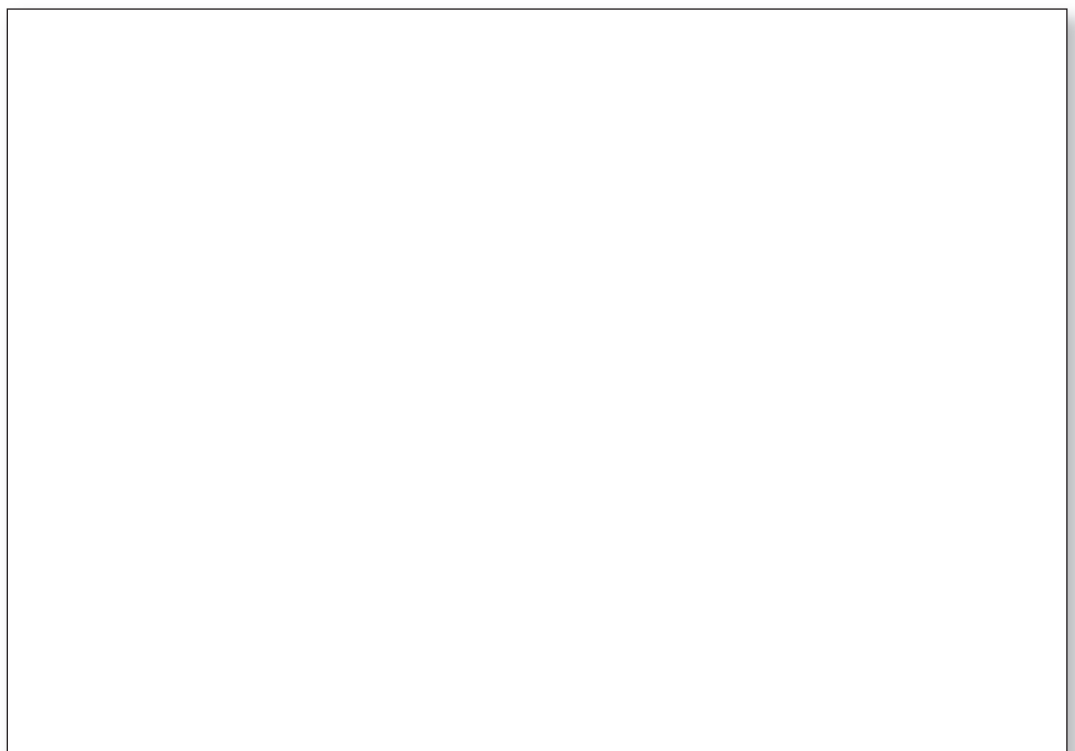
schicht. Aufgrund der Oberflächenspannung des Wassers zieht sich der Tropfen zu einer Kugel zusammen und perlt leicht vom Blatt ab.

Warum wird das Blatt dabei gleichzeitig gereinigt? Die Schmutzteilchen berühren die Blattoberfläche ebenfalls nur an wenigen Stellen – wie ein Fakir auf dem Nagelbett. Sie haften daher schlecht an der Blattoberfläche. Kommen sie dagegen mit der großen, glatten Oberfläche des Wassertropfens in Kontakt, so werden sie von diesem aufgenommen und abtransportiert.



Warum ist das für die Technik interessant?

Für Oberflächen, die nicht nass und nicht schmutzig werden sollen, sind sehr viele Anwendungen denkbar. So etwa bei Bekleidung, Zelten, Geschirr, Fahrzeugen, Fenstern oder Hauswänden. Große Mengen umweltbelastender Reinigungsmittel könnten eingespart werden, wenn Oberflächen einfach durch Wasser gesäubert werden könnten. Statt Autowaschanlagen genügte eine Fahrt durch den Regen und selbst bei stärkstem Regen und schlammigen Wegen bliebe die Kleidung trocken und sauber. Das ist zumindest die Wunschvorstellung. Das Funktionsprinzip der Lotus-Oberfläche ist bereits bekannt und beruht auf einem physikalischen Effekt. Ziel der Bionik ist es daher, solche rauen, wasserabstoßenden Oberflächen künstlich herzustellen.



Anwendungen

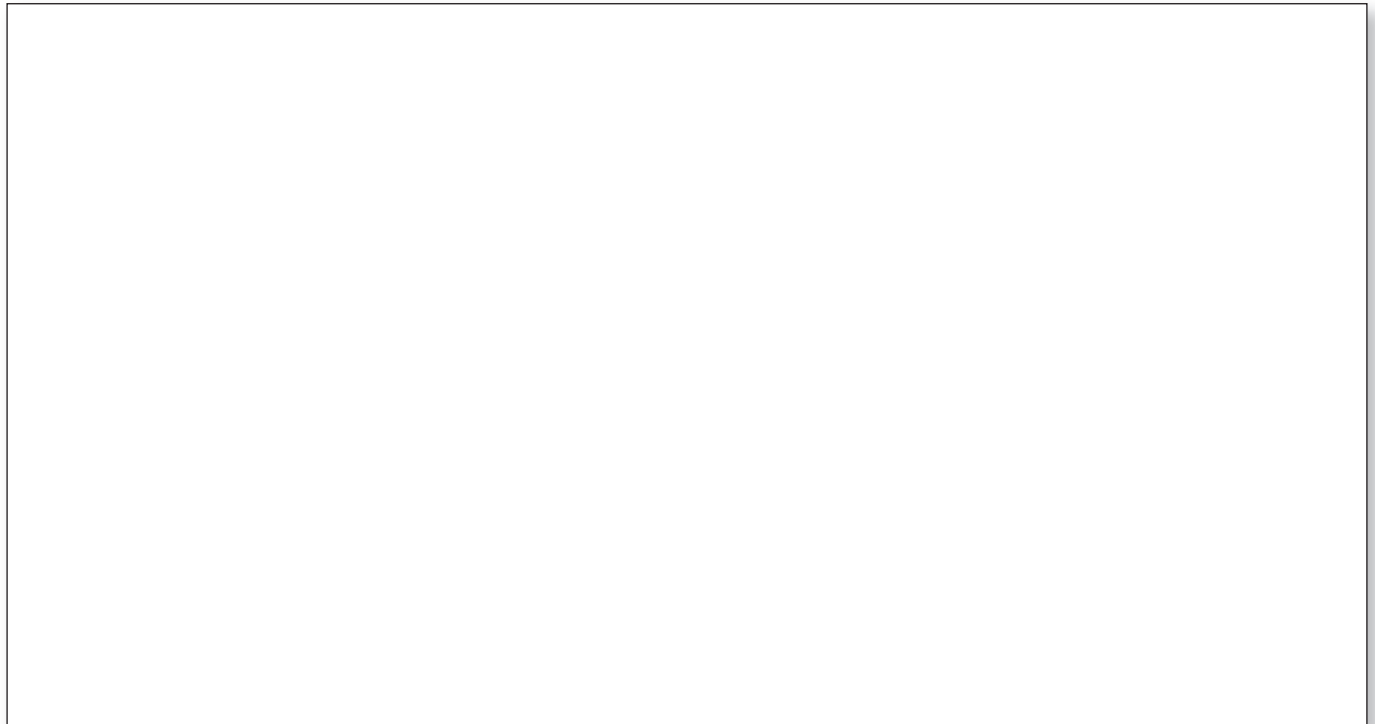
Selbstreinigende Oberflächen nach dem Vorbild der Lotusblume wurden in den 90er Jahren an der Universität Bonn entwickelt und sind unter dem Begriff „Lotus-Effect®“ patentrechtlich geschützt. Künstliche Oberflächen mit Lotus-Effect® haben den Nachteil, dass sie relativ empfindlich gegenüber mechanischer Belastung sind. Die rauen Strukturen bestehen aus

weichem Material, das sich unter Druck leicht verformt. Für Kleidung, Geschirr oder Fußböden ist der Lotus-Effect® daher nicht geeignet.

Das bekannteste Produkt, das diesen Effekt nutzt, ist eine selbstreinigende Fassadenfarbe für Hauswände. Auch Glasscheiben und Kunststoffe mit Lotus-Effect® werden derzeit entwickelt.

BEISPIEL 2: ANTIFOULING. SAUBERE HAIE, SAUBERE SCHIFFE – ANTIFOULING OHNE GIFT

Wer kennt sie nicht, die beeindruckenden Bilder von auftauchenden Walen, deren massiger Kopf mit Inseln von Seepocken bewachsen ist. Seepocken können sich als blinde Passagiere im ganzen Gewässer verbreiten. Die Nahrung schwimmt ihnen während der Fahrt quasi direkt in den Mund. Sie heften sich so stark an die Oberfläche an, dass Bioniker zukünftig sogar Klebstoffe nach ihrem Vorbild entwickeln wollen.



Delfine sind hingegen immer blitzblank. Ihre Haut ist von einem Gel bedeckt, auf dem weder Schmutz noch Lebewesen Halt finden. Wenn der Delfin seine Luftsprünge macht, werden Schmutz und kleine Schalentiere einfach abgewaschen. Praktischer Nebeneffekt: Durch die elastische Gelschicht werden kleine turbulente Wasserwirbel ausgeglichen, und der Delfin gleitet leicht durchs Wasser.

Auch an schnellen Haien kleben niemals Muscheln und Seepocken, denn das verhindert ihre besondere Oberfläche. Haifisch-Schuppen sind wie unsere Zähne

aus Zahnbein und einer darüber liegenden Schicht aus Zahnschmelz aufgebaut. Die Schuppen sind in einem elastischen Gewebe verankert und daher nachgiebig gelagert, außerdem verlaufen an ihrer Oberfläche feine Rillen. Die Seepocken finden auf dem wackeligen Untergrund keinen Halt und die vielen Rillen bieten kaum Fläche für die Anhaftung.

Die Oberflächenstruktur der Haifischhaut sorgt wie bei den Delfinen für eine Verringerung des Wasserwiderstandes, was den Energieaufwand beim Schwimmen verringert.

Warum ist das für die Technik interessant?

In der Schifffahrt wird der Bewuchs mit Seepocken und Muscheln als „Fouling“ bezeichnet und stellt ein großes Problem dar. Die Tiere bilden stark haftende Krusten an Propeller oder Schiffsrumpf, und das erhöht den Wasserwiderstand und damit den Treibstoffverbrauch. Es gibt Antifouling-Beschichtungen, die Schiffsbesitzer gegen Algen- und Muschelbewuchs auf ihre Schiffe aufbringen können, doch diese enthalten meistens Giftstoffe, um die Lebewesen abzutöten.

Die Schäden, die ein chinesischer Frachter im Frühjahr 2010 anrichtete, als er ins Great Barrier Reef geriet, entstanden nicht nur, weil er eine 250 Meter breite Schneise ins Korallenriff brach. Ein weiteres Problem stellte nämlich die giftige Antifouling-Beschichtung dar, die die Tiere dort tötete, wo das Schiff an den Korallen rieb.

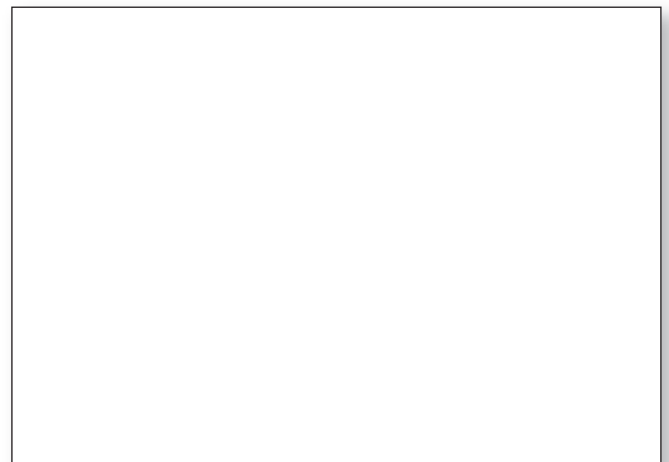
Seit 2003 ist der Zusatz des hochgiftigen chemischen Antifoulingmittels TBT (Tributylzinn) in Schiffsanstrichen verboten. Dadurch entstand ein wirtschaftlicher Anreiz, nach ungiftigen Alternativen zu suchen. Beschichtungen nach Haihaut können also dazu beitragen, den Einsatz giftiger Chemikalien zu vermeiden.

Abgesehen von der Antifouling-Wirkung kann eine Rillenstruktur nach Vorbild der Haihaut den Luftwiderstand bei Flugzeugen oder den Wasserwiderstand bei schnellen und großen Schiffen verringern und auf diese Weise den Treibstoffbedarf senken.

Anwendungen

Bemühungen, den Haihaut-Effekt auf Flugzeuge und Schiffe zu übertragen, gibt es schon seit vielen Jahren. So wurden Flugzeuge mit Rillenfolien beklebt, die für einen geringeren Luftwiderstand sorgte, aber auch die Wartung erschwerte. Zukünftig sollen daher Rillenlacke an bestimmten Teilen der Maschinen verwendet werden.

Aktuell haben die Bioniker der Hochschule Bremen eine Beschichtung für den Einsatz an Sportbooten entwickelt, die die drei Eigenschaften vereint, die auch den Bewuchs auf der Haihaut verhindern: Sie besteht aus einem Material, das ein Anheften sehr erschwert: Der dazu erforderliche Oberflächenkontakt ist nämlich sehr klein, da die Schicht strukturiert ist. Außerdem sind die Kontaktpunkte elastisch gelagert. Im Gegensatz zu herkömmlichen Antifouling-Mitteln funktionieren diese bionischen Beschichtungen ohne Giftstoffe. Die Anhaftung wird durch die besondere Struktur verhindert, nicht aber durch den Einsatz von Bioziden.



Tests ergaben, dass an Booten mit der künstlichen Haihaut der Bewuchs mit Algen und Schalentieren um bis zu 70 % zurückgeht. Allerdings muss dafür das Boot häufig bewegt werden. Liegt es sehr lange im Hafen, so wird der Rumpf trotzdem besiedelt. Jedoch sind die blinden Passagiere von der künstlichen Haihaut relativ leicht zu entfernen und fallen spätestens bei einer längeren Seefahrt wieder ab.



Internet Schlagworte
Haihaut, Muschelbewuchs, Antifouling

7. BEWEGEN

Lebewesen bewegen sich sowohl passiv (Pflanzen biegen sich im Wind) als auch aktiv, beispielsweise zur Nahrungssuche oder zum Jagen und Greifen der Beute. Je nach Umwelt fallen die hinsichtlich der Aufgaben optimierten evolutionären Lösungen für Bewegungen höchst unterschiedlich aus. Für Bewegungen an Land steht der Laufapparat im Vordergrund, wobei es dabei sowohl um gemächliches Schreiten von Futterpflanze zu Futterpflanze gehen kann wie bei Elefant oder Giraffe, aber auch um Sprints oder weite Sprünge bei der Beutejagd wie bei Geparden oder Springspinnen. Im Wasser kommt es sowohl auf Schnelligkeit als auch auf Geschmeidigkeit und Reaktionsgeschwindigkeit an. Und in der Luft müssen die Tragflächen der Tiere sowohl langes, möglichst unangestregtes Segeln als auch blitzschnelle Wendungen und Herabstoßen aus großen Höhen ermöglichen.

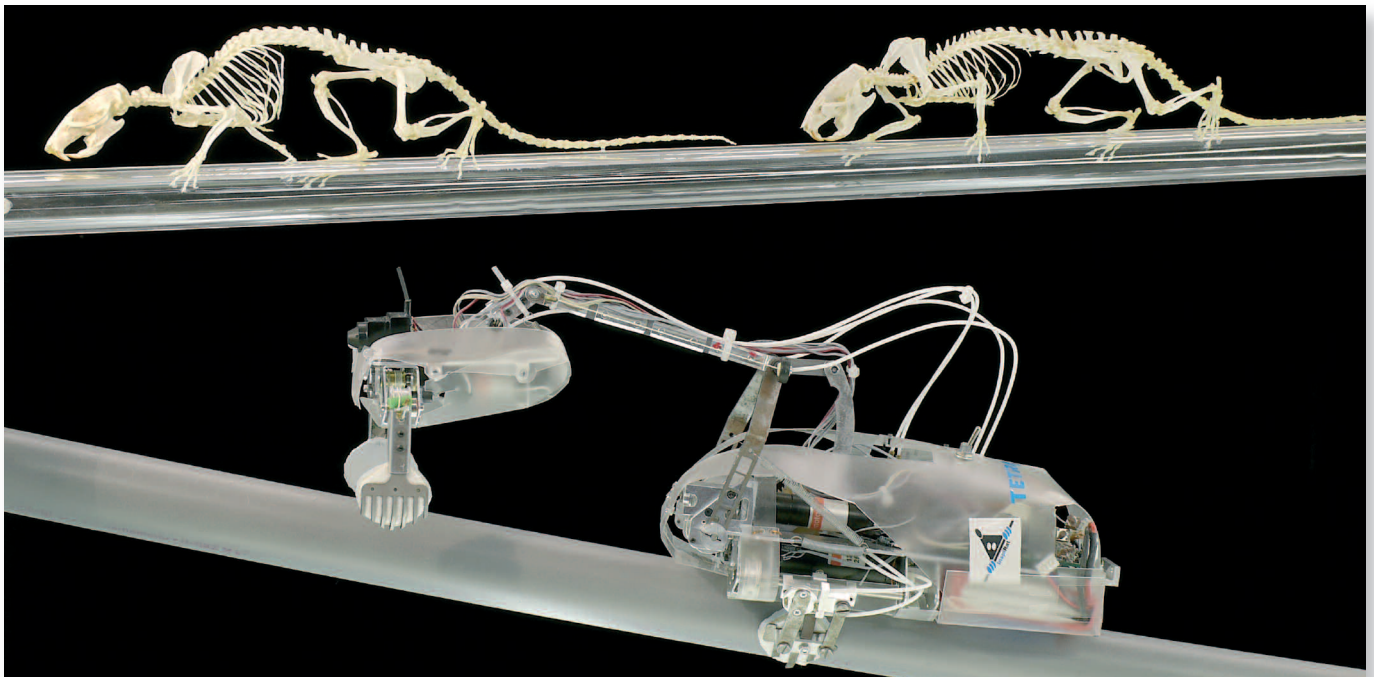
Im Laufe der Evolution haben sich Körperbau und Bewegungsweisen der Tiere an die jeweiligen Anforderungen angepasst, die ihre Umgebung an sie stellt. Gut sichtbar sind zum Beispiel die Anpassungen von Landtieren an den Untergrund, auf dem sie sich fortbewegen. So laufen Pferde auf festen Hufen durch die Steppe, Eichhörnchen klettern mit Hilfe ihrer Krallen geschickt an Bäumen entlang und manche Insekten haben Haftorgane an ihren Füßen, mittels derer sie sogar kopfüber an der Decke laufen können.

Für unsere technischen Transportsysteme und Systeme zur „Handhabung“ von Gegenständen (Roboter etc.) sind sämtliche Lösungen der Natur für diese Anforderungen eine wichtige Inspirationsquelle.



BEISPIEL 1: BEWEGEN AN LAND. BIONISCHE ROBOTER – IM LAUSCHRITT IN DIE ZUKUNFT

Tiere und Menschen sind so konstruiert und an ihre Lebenswelt angepasst, dass sie bei der Fortbewegung möglichst wenig Energie benötigen. Geparden sind leicht gebaut, um kurze, schnelle Sprints hinzulegen, wohingegen Hunde echte Langstreckenläufer sind. Das wird durch einen leichten Knochenbau, aber auch durch die paarig angelegten Muskeln begünstigt, die den Körper von innen wie Zugseile bewegen.

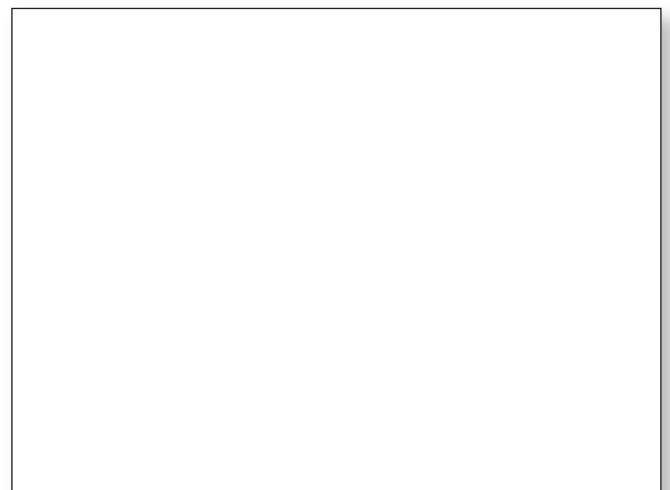


Anwendungen

RatNic ist ein Roboter nach Vorbild einer Ratte und soll in für uns schwer zugänglichen Schächten und Rohren für Wartungs- und Reparaturaufgaben eingesetzt werden. Der kleine Roboter kann sich durch Klammern, die er wie Krallen einsetzt, an Schläuchen und Stangen entlang bewegen. Er hat eine bewegliche Wirbelsäule, aus der, wie bei den Nagern auch, die Kraft für die Bewegung kommt. Dadurch ist sein Antriebssystem sehr leicht. Um die Bewegungsweise der Ratte untersuchen zu können, haben die Bioniker die Skelettbewegung während des Kletterns mit Hilfe schwacher Röntgenstrahlen sichtbar gemacht und gefilmt.

Bei den bionischen Robotern geht der Trend zu Leichtbau und Nachgiebigkeit, wie bei BioRob, einem flexibel einsetzbaren Roboterarm, der bereits zur Marktreife gelangt ist. Über künstliche Muskeln (Festo Fluidic Muscle) werden die Gliedmaßen des Humani-

den Muskelroboters bewegt. Diese elastischen Schläuche verkürzen sich wie echte Muskeln, wenn sie mittels Druckluft aufgepumpt werden. Der einem menschlichen Oberkörper nachempfundene Huma-



Warum ist das für die Technik interessant?

Die meisten Roboter in unserer technisierten Welt sind Industrieroboter, die nur aus einem Roboterarm bestehen. Die großen und schweren Maschinen stehen fest an einem Ort und können im Verhältnis zu ihrem eigenen Gewicht nur eine relativ kleine Last bewegen. Daher ist es ein Ziel, flexibel einsetzbare, leichte Roboter zu entwickeln, die verhältnismäßig wenig Energie benötigen, aber im Vergleich zu ihrem Eigengewicht mehr Leistung bringen können.

Herkömmliche Roboter machen stereotyp immer die gleichen Bewegungen, nämlich jene Bewegungen, auf die sie von Menschenhand programmiert wurden. Geschehen unvorhergesehene Dinge, kann das gefährlich werden, beispielsweise, wenn ein Mensch versehentlich in den Arbeitsbereich des Roboters gerät und verletzt wird. Nachgiebige Konstruktionen schaffen hier Abhilfe, wie Roboterarme, die stoppen, sobald man sie mit der Hand festhält, und ihre Arbeit fortsetzen, wenn sie losgelassen werden.

Sie können die Arbeit der Menschen sinnvoll ergänzen und in Fabriken oder Laboren quasi Hand in Hand mit ihnen zusammenarbeiten.

Immer häufiger werden auch Roboter eingesetzt, die sich selbständig durch Räume bewegen, um Materialien zu transportieren oder Daten zu sammeln. Die Bewegung auf Rollen schränkt die Tätigkeitsfelder allerdings ein, denn unebene Flächen können so kaum überwunden werden.

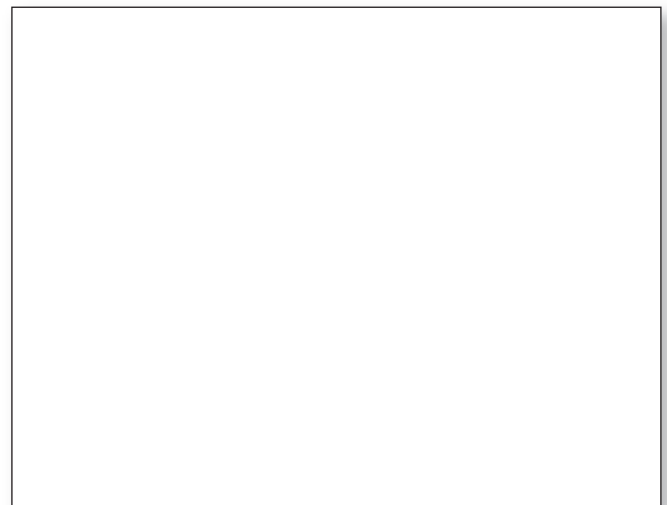
Bioniker schauen sich von unterschiedlichsten Lebewesen Ideen für Roboter ab, die besonders leicht und gelenkig sind oder sich auf Beinen statt auf Rollen fortbewegen.

noide Muskelroboter kann über einen Datenhandschuh gesteuert werden und auf diese Weise nach Gegenständen greifen.

In der Entwicklung der Laufroboter sind die sechsbeinigen Roboter bisher am weitesten voran geschritten. Sie ähneln äußerlich Insekten, sind relativ schnell und können auch unebenes Gelände überwinden, wie Scorpion, Lauron oder Tarry. Reduziert sich die Anzahl der Beine, wird es schon schwieriger, sie stabil laufen zu lassen.

BigDog heißt ein für das Militär entwickelter vierbeiniger Roboter, dem es besonders gut gelingt, das Gleichgewicht zu halten. Er bewegt sich wie ein großer Hund und kann sehr schnell auf unvorhergesehene Kippbewegungen reagieren. Deshalb läuft er sicher über jeglichen festen Untergrund und transportiert dabei mühelos schweres Gepäck.

Noch komplizierter wird es, wenn sich Roboter wie wir Menschen auf zwei Beinen bewegen sollen. Solche „humanoiden Roboter“ müssen schnell reagieren oder ihre Bewegungen vorausplanen, um das Gleich-



gewicht während des Laufens zu halten, wie JOHNNIE oder LOLA von der Technischen Universität München.

Ebenso wie wir Menschen das Laufen als Kind erlernen, bringen Ingenieure und Wissenschaftler den zweibeinigen Robotern nach und nach das Laufen bei – und der Einfachheit halber auch manchmal das Aufstehen nach einem Sturz.

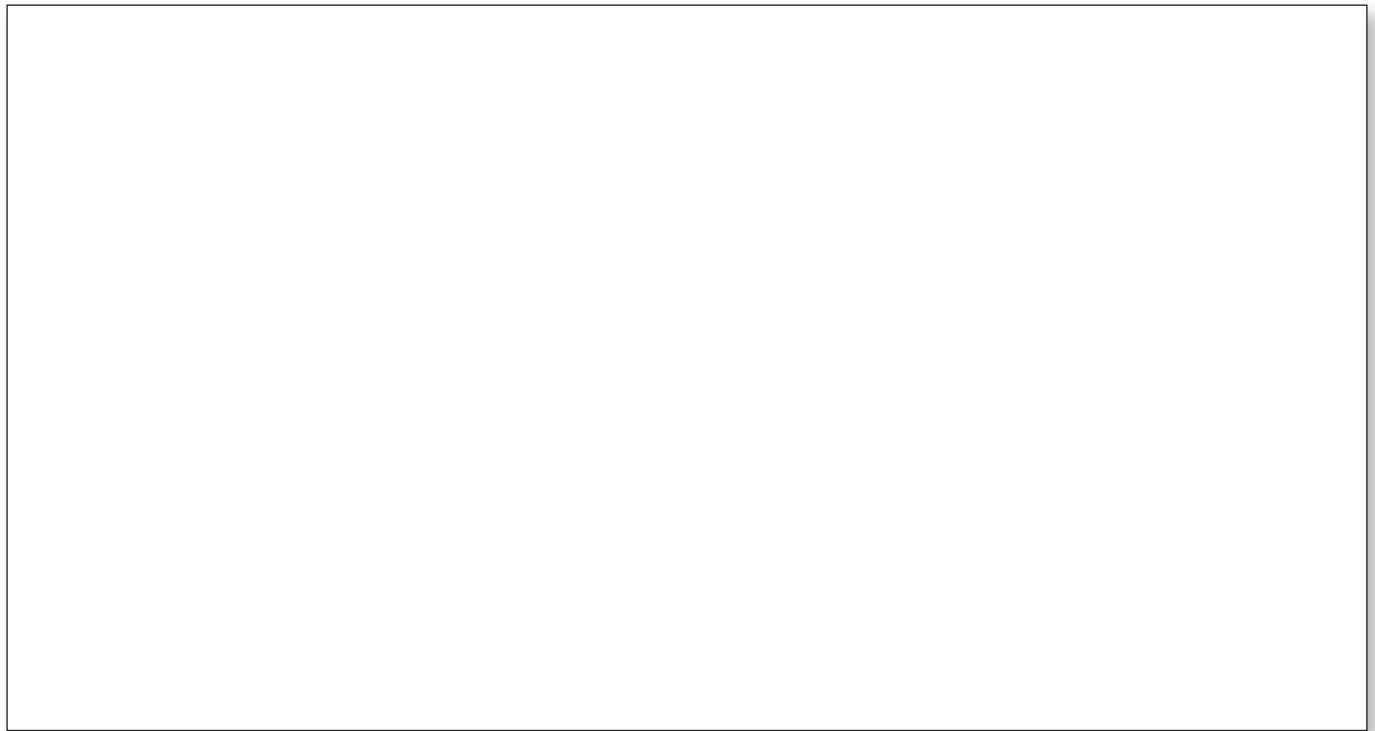


Internet Schlagworte

RatNic, Scorpion Roboter, Laufroboter Video, BigDog, BioRob, Johnnie TUM, Lola TUM

BEISPIEL 2: BEWEGEN IM WASSER ZAUBERHAFT SCHWEBENDE QUALLEN

Quallen haben im Laufe der Evolution eine recht ungewöhnliche Art der Fortbewegung entwickelt. Sie bewegen sich per Rückstoßprinzip fort, indem sie ihren gallertartigen Körper, der oft wie ein Schirm aussieht, rhythmisch zusammenziehen. Oft lassen sie sich aber auch einfach nur im Wasser treiben.



Die meisten Arten wechseln von Generation zu Generation zwischen zwei Formen hin und her, nämlich einem auf dem Boden verankerten Polypen und einer frei beweglichen Meduse. Als Qualle bezeichnen wir die Meduse, also jene schwebenden Wesen, die zu 99% aus Wasser bestehen und solche Faszination auf uns ausüben. Sie sind Nesseltiere, die an ihren oft meterlangen Tentakeln giftgefüllte Nesselzellen tragen, mit denen sie ihr Opfer schmerzvoll lähmen können. Einige Quallenarten sind deshalb von jeher sehr gefürchtet.

Die berühmte Australische Seewespe zählt zu den Würfelquallen. Ihre Nesselzellen schießen bei Berührung ein starkes Nervengift ab, das innerhalb kurzer Zeit tödlich wirken kann. Sie kann mit ungefähr 9 Stundenkilometern schneller schwimmen als jeder

Mensch. Wegen ihrer 24 Sehorgane, bestehend aus Sehgruben und 8 hoch entwickelten Linsen, verfügt sie über ein extrem gutes Sehvermögen. Interessanterweise fehlt jedoch ein Gehirn, das die visuellen Informationen zentral verarbeiten könnte. Die empfangenen Signale werden offenbar direkt in die Nervengewebe weitergeleitet und lösen dort Reaktionen und Bewegungen aus.

Die ebenfalls hochgiftige Portugiesische Galeere besteht aus einer großen Anzahl unterschiedlicher, aneinander hängender Polypen. Diese haben sich im Laufe der Evolution zusammengefunden und immer stärker spezialisiert, so dass sie unterschiedliche Aufgaben übernehmen konnten. Die einzelnen Polypen wären alleine nicht mehr lebensfähig, sie funktionieren nur als Gemeinschaft.

Warum ist das für die Technik interessant?

Die Fortbewegungsweise der Quallen könnte für die Entwicklung von energiesparenden Unterwasserrobotern interessant sein, die die Unterwasserwelt nicht stören, da sie leise angetrieben werden und ihre Bewegungsweise natürlichen Organismen ähnelt.

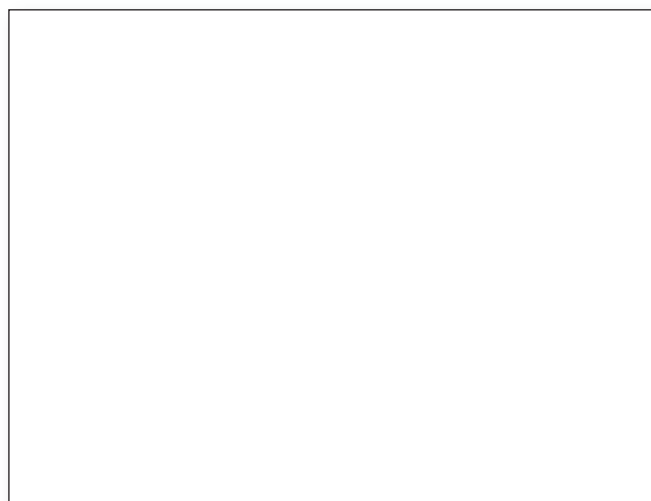
Kommunizierende Roboter, die sich selbständig fortbewegen und Entscheidungen treffen, könnten für den Menschen unzugängliche oder gefährliche Gebiete erkunden, zum Beispiel im Meer als bewegliche Messsonden.

Anwendungen

AquaJelly heißt der von der Firma Festo AG für Demonstrationzwecke gebaute Unterwasserroboter in Form einer Qualle. Der autonom handelnde Roboter besteht aus einer durchscheinenden Halbkugel, einem zentralen Druckkörper und 8 künstlichen Tentakeln, die nach dem Bewegungsprinzip von Fischflossen konstruiert wurden und mit einem niedrigen Energieaufwand sehr fließende Bewegungen zeigen. Auf diese Weise bewegt sich die elektrisch angetriebene künstliche Qualle verblüffend ähnlich wie ihr natürliches Vorbild. Das Prinzip funktioniert übrigens auch in der Luft, wie das Projekt AirJelly des gleichen Herstellers zeigt.

Mehrere der im Wasser schwebenden künstlichen Quallen bilden einen Schwarm. Sie kommunizieren über Leuchtdioden miteinander und teilen sich Informationen über Position oder verbleibende Akkuladezeit der einzelnen Schwarmmitglieder mit. So entscheidet das Kollektiv ganz ohne Einfluss von außen, welcher Roboter als nächstes zur Ladestation schwimmt.

Auf ähnliche Weise könnten zukünftig mehrere Roboter, ebenso wie kooperierende Organismen, gemeinsam komplexe Aufgabe übernehmen. Sie sollen zum Beispiel als Bioindikator für Messungen von Wasser, Salzgehalt oder Populationen im Meer, für Kartierungen und Rohstoffsuche nutzbar sein.



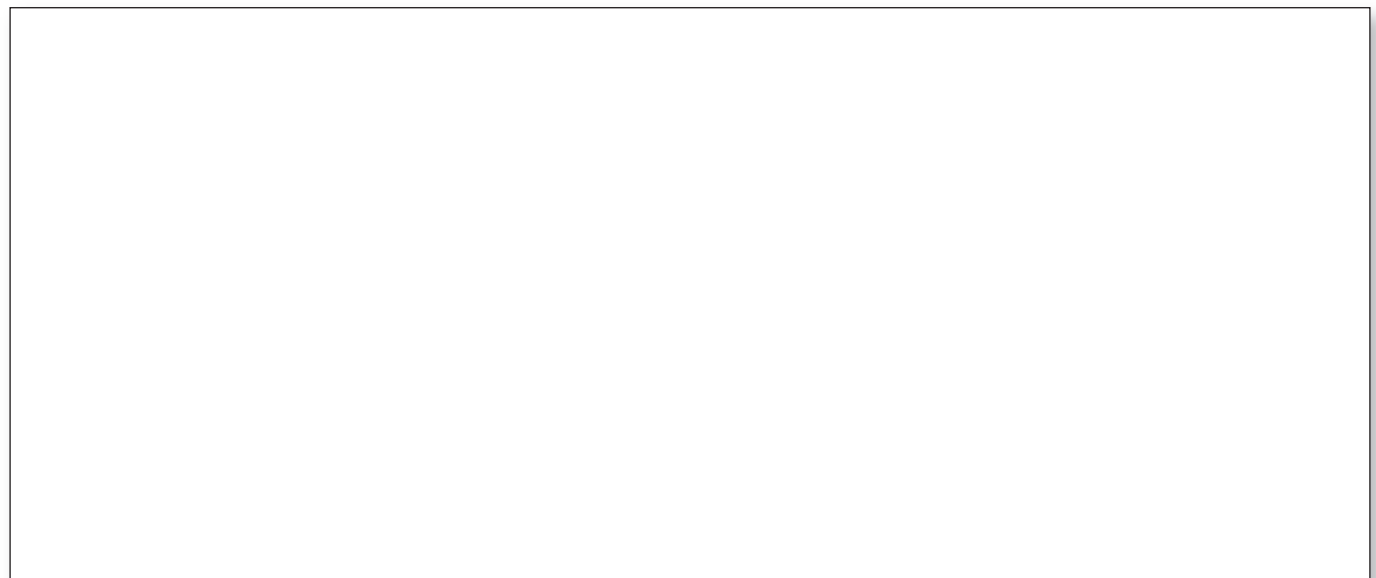
Ein weiter gestecktes Ziel ist die Übertragung des kollektiven Verhaltens auf die Produktion von Waren. Ein gemeinschaftlich handelndes „Team“ aus Industrierobotern könnte automatisch den Ausfall einzelner Maschinenelemente ausgleichen. Die Trends in der Produktentwicklung zeigen, dass die herkömmliche Produktionsweise von Massenartikeln quasi überholt ist, da immer häufiger Produkte gefordert werden, die Unikate sind, wie Handys mit Gravur oder vom Kunden individuell zusammengestellte Turnschuhe. Solche Produkte lassen sich mit üblichen Produktionslinien nicht mehr herstellen. Es sind Systeme mit Intelligenz gefordert. Auch bei den Robotern ist also Teamarbeit gefragt.



BEISPIEL 3: BEWEGEN IN DER LUFT

VOGELFLUG – OFT KOPIERT, NIE ERREICHT

Vögel weisen eine Vielzahl von Anpassungen an die fliegende Lebensweise auf. Durch hohle Knochen und Luftsäcke spart der Vogel Gewicht ein. Die Luftsäcke sorgen vor allem für eine ständige Versorgung der Lunge mit Sauerstoff sowohl beim Ein- als auch beim Ausatmen. Erst dadurch werden Leistungen wie eine Non-Stop-Überquerung des Mittelmeers oder der Sahara möglich. Die wichtigste Anpassung sind natürlich die Flügel. Sie werden von der stark ausgeprägten Flugmuskulatur bewegt, die etwa ein Viertel der Gesamtmasse des Vogels ausmacht.



Die Vogelflügel sind im Profil gesehen leicht nach oben gewölbt. Wird dieser gewölbte Flügel von der Luft angeströmt, so entsteht eine Kraft, die den Flügel nach oben bewegt (Auftrieb). Zum Fliegen muss der Auftrieb größer als das Gewicht des Tieres sein, andernfalls kann es nicht abheben oder geht in den Sinkflug über. Die Geschwindigkeit der anströmenden Luft ist für die Erzeugung des Auftriebs besonders wichtig. Doppelte Geschwindigkeit erzeugt den vierfachen Auftrieb!

Das Flügelschlagen dient vor allem der Vorwärtsbewegung, also zur Erzeugung der zum Abheben nötigen Geschwindigkeit. Ein Vogel schlägt nicht einfach mit den Flügeln auf und ab. Der Abschlag erfolgt nach vorne unten, der Aufschlag nach hinten oben. Gleichzeitig wird der Flügel noch gedreht und die beiden Flügelabschnitte, also die Arm- und Handschwinge, gegeneinander verschoben. Es handelt sich dabei um eine ziemlich komplizierte Bewegung.

Schlägt ein Tier sehr schnell mit den Flügeln, so kann es dabei kurzlebige Luftwirbel erzeugen, die für

zusätzlichen Auftrieb sorgen. Die schnellen Flügelschläge kennen wir von Insekten und kleinen Vögeln, wie dem Kolibri. Nur auf diese Weise kann etwa die Hummel trotz ihres schweren Körpers und der kleinen Flügel fliegen.

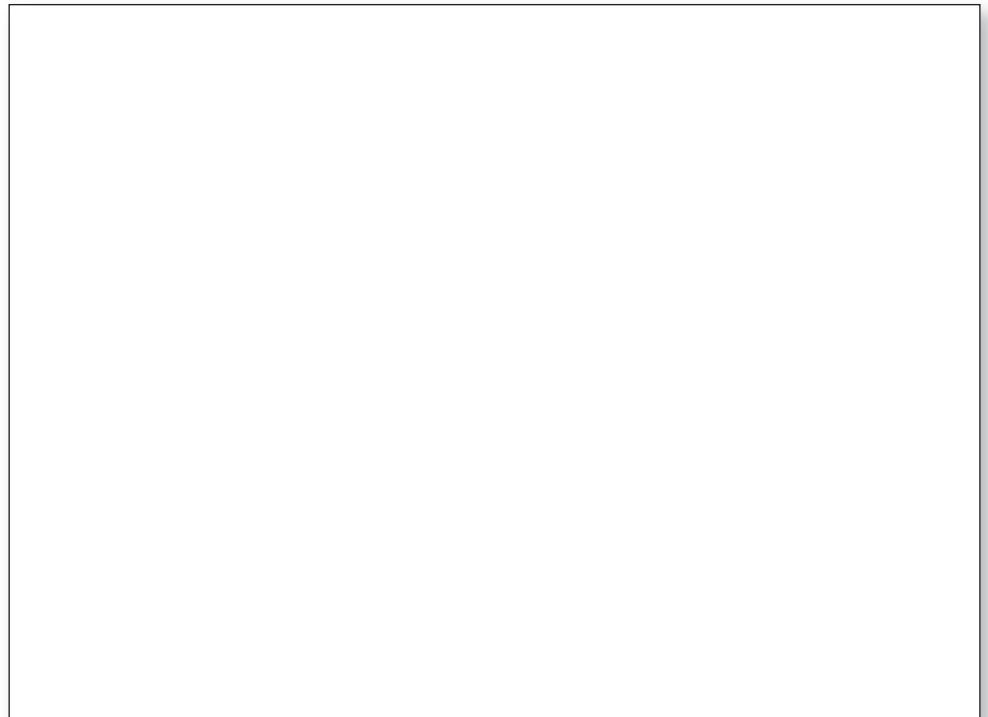
Sehr große Vögel wie Adler, Kondore oder Störche schlagen nur selten mit den Flügeln und nutzen eher aufsteigende, warme Luftströmungen zum Segelflug.



Warum ist das für die Technik interessant?

Eine genauere Untersuchung der unterschiedlichen Flugweisen der Vögel könnte die Grundlage für die Konstruktion wendiger und gleichzeitig energiesparender Flugobjekte werden.

Interessant für die Technik ist auch die Flugweise von Zugvögeln, die auf ihren tausende Kilometer langen Reisen äußerst sparsam mit ihrer durch die Nahrung aufgenommenen Energie umgehen müssen.



Anwendungen

Das gewölbte Flügelprofil der Vögel war das Vorbild für die Form der Flugzeugflügel, wie wir sie heute von jedem Passagierflugzeug kennen. Diese Entdeckung verdanken wir dem deutschen Flugpionier Otto Lilienthal. Er erforschte Ende des 19. Jahrhunderts systematisch den Vogelflug und löste sich dabei von der bisher vorherrschenden Annahme, dass im Flügelschlagen das Geheimnis des Fliegens läge. Das Vorbild für seine späteren Gleitflugzeuge war der Storch, der längere Strecken im Gleitflug zurücklegen kann. Der Gleitflug zeigt nämlich, dass es nicht unbedingt nötig ist, zu flattern, um in der Luft zu bleiben.

Otto Lilienthal entdeckte, dass bei großen Vögeln die Flügelform eine entscheidende Rolle für den Flug spielt. Er erforschte die Form des Storchflügels und übertrug sie auf seine Gleitflugzeuge. Spätere Flugpioniere statteten ihre Flugzeuge mit Motoren aus, die das Starten vom Boden aus ermöglichten.

Der Schlagflug ist hingegen nur für sehr kleine Flugobjekte, so genannte MAVs (Micro Aerial Vehicles) geeignet. Das zeigt schon der Blick in die Natur: Je kleiner das Tier, desto schneller schlägt es in der Regel mit den Flügeln. MAVs sind kleinere Flugobjekte, die z.B. für Überwachungsaufgaben eingesetzt werden können. noch Zukünftig könnten sie vielleicht als bionische Ornithopter konstruiert werden. Ornithopter sind Fluggeräte, die nach Art des Vogelfluges mit den Flügeln schlagen. Flatternde Flugobjekte gibt es zum einen bereits als Spielzeuge (TimBird, I-Bird) auf dem Markt. Weiterhin forschen viele Arbeitsgruppen verschiedener Universitäten an der Erforschung des Schlagfluges und der Entwicklung größerer Ornithopter. Beispiele hierfür sind das flügelschlagende Sportflugzeug des Kanadiers James de Laurier von der Universität Toronto, das allerdings nicht wirklich flugfähig war oder Dellfly, ein libellenartiges Flugobjekt der Universität Delft.

8. BIOMATERIALIEN

Zu den grundlegenden Planungsvoraussetzungen bei der Entwicklung eines technischen Produkts gehört die Wahl des zu verwendenden Materials. Bei dieser Abwägung ist es entscheidend, dass der Zweck, dem das geplante Produkt dienen soll, klar festgelegt ist. Erst die Klarheit über den Zweck legt die Rahmenbedingungen und Anforderungen für die notwendigen oder wünschenswerten Materialeigenschaften fest.

Die Evolution macht diesen Prozess bereits seit Jahrmillionen vor. In Wechselwirkung mit ihrer Umgebung und Anpassung an deren Bedingungen hat die Natur eine Fülle von unterschiedlichen Materialien hervorgebracht, die für ihren jeweiligen Zweck optimiert sind. Dazu gehören Materialien, die wasserabweisend sind, die möglichst stabil, elastisch, flexibel, steif, leicht, dauerhaft, witterungsunabhängig, schmutz- und erregabweisend sind, die Hitze oder Kälte widerstehen, die hohen Drücken standhalten, die lichtempfindlich sind usw.

Die meisten Anforderungen an Materialeigenschaften, die die Natur des Lebendigen kennt, finden auch unsere Ingenieure vor. Welche Materialien eignen sich zum Brückenbau? Wie muss der Rumpf einer Großrakete gestaltet sein? Welche Materialien verschließen Wunden und fördern den Heilungsprozess? Womit lassen sich Pipelinelecks abdichten? Wie komme ich mit möglichst geringen Materialmengen aus? Welches Material ist besonders energiesparend? Dies sind nur wenige Fragen, bei deren Beantwortung sich ein Blick auf die Evolutionsprodukte lohnt.



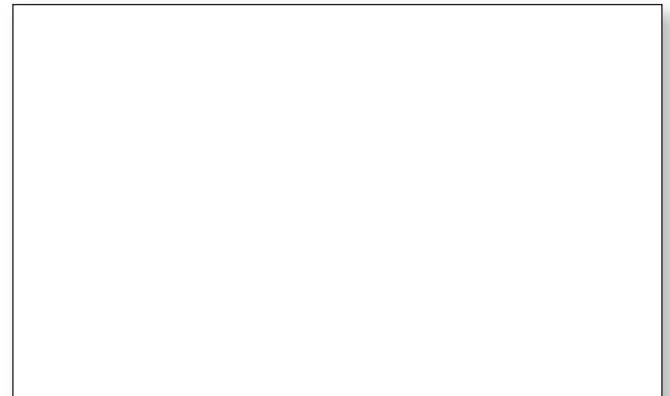
BEISPIEL 1: LIANE, HEILE DICH SELBST

Für Lebewesen ist eine große Fähigkeit zur eigenständigen Heilung von Wunden überlebensnotwendig. Entsprechend weit hat die Evolution diese Selbstheilungsmechanismen perfektioniert. Am Beispiel der Liane lässt sich dies eindrucksvoll studieren. Woher kommt bei ihr der Anlass, für eine ausgeklügelte „Wundheilung“ zu sorgen?



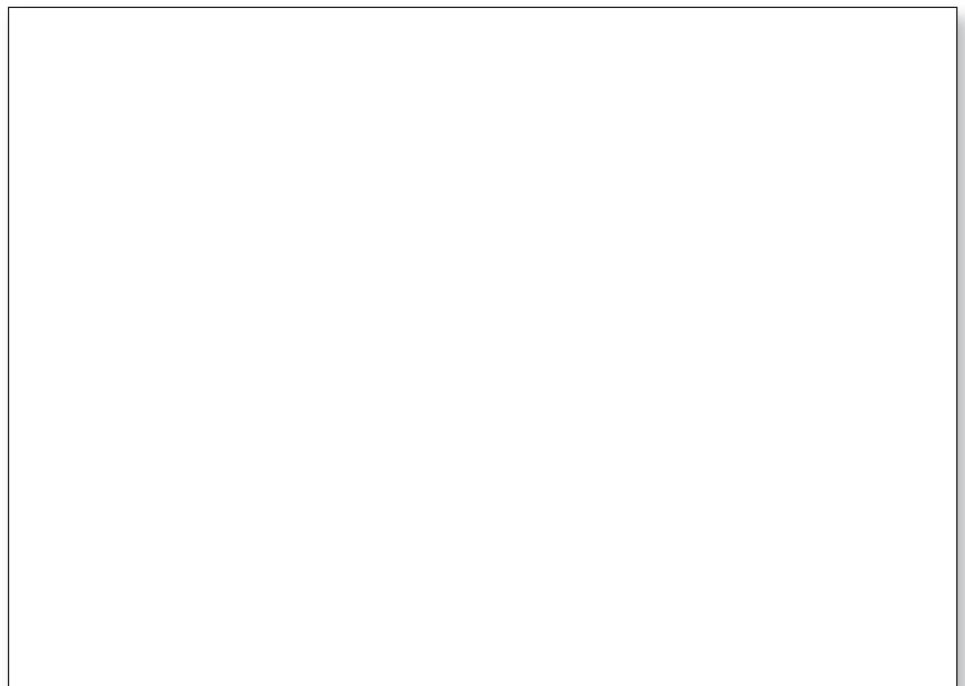
Dies hängt mit ihrer Natur als Kletterpflanze zusammen. In den verschiedenen Lebensphasen der Pflanze ändert sich ihre Steifigkeit. Anfangs besteht die Liane aus Holz, das von einem dünnen Festigungsgewebe umhüllt ist. Sie wächst zunächst selbsttragend wie andere Pflanzen auch, entwickelt sich später aber zu einer Kletterpflanze, die sich an anderen Bäumen empor windet. Während dieses Wachstums entsteht im Inneren der Pflanze immer mehr Holz, das nach einiger Zeit die Hülle aus Festigungsgewebe durchbricht. Die dabei entstehenden Risse sind durchaus mit Wunden in der Haut vergleichbar. Hier kommt nun die Selbstreparaturfähigkeit der Liane zum Tragen: Sobald die „Haut“ aufgerissen ist, machen sich spezielle Reparaturzellen auf den Weg, lagern sich an den Rissstellen an und versiegeln sie wirksam.

Dabei gibt es steife und flexible Reparaturzellen, die sich nach vollbrachter Arbeit entweder in feste, stützende Teile des Ringsegments oder in flexible Strukturen verwandeln, die Biegsamkeit der Pflanze erhöhen.



Warum ist das für die Technik interessant?

In unseren technischen Systemen gibt es unzählige Fälle, in denen Risse und Löcher schnell und sicher abgedichtet werden müssen. Das einleuchtendste Beispiel sind hier sicher Ballone oder Schläuche aller Art, etwa in Auto- und Fahrradreifen, aber auch Schlauchboote und Luftmatratzen. Selbstreparierende Pneus sind daher ein Ziel intensiver Forschungen, die sich an die Technologie der Lianen anlehnen.



Anwendungen

Olga und Thomas Speck, Bionikforscher an der Universität Freiburg, haben das Lianen-Selbstheilungsprinzip genau untersucht und in technische Lösungen, nämlich eine selbstheilende Membran für luftgefüllte Körper, übertragen. Dabei wird die Innenseite eines Pneus mit einem speziellen Schaummaterial ausgekleidet, das viele Eigenschaften der Reparaturzellen der Liane auf sich vereinigt. Entstehen an der Außenhülle des Schlauchs Risse oder Löcher, so dringen die Schaumteilchen der bionischen Beschichtung genau

wie die Reparaturzellen in die entstandenen Öffnungen ein und sorgen für einen schnellen, wirksamen und dauerhaften Verschluss der „Wunde“.

Diese Methode funktioniert allerdings momentan nur bei relativ kleinen Löchern. Immerhin: Bei Verletzungen mit Nägeln bis zu einem Durchmesser von fünf Millimetern verringerte das Forschungsteam bei Versuchen mit Hilfe seines bionischen Reparaturschaums die Geschwindigkeit des Druckabfalls im Schlauch verglichen mit unbehandelten Membranen und stellte einen wirksamen Selbstreparatureffekt unter Beweis.

BEISPIEL 2: SPINNENNETZE BEUTEFANG MIT DER WUNDERFASER

Spinnen haben etwas geschafft, was für die moderne Ingenieurskunst immer noch weitgehend unerreichbar ist: einen Stoff herzustellen, der sowohl extrem reißfest als auch extrem elastisch und extrem dünn ist (also mit möglichst geringem Materialaufwand auskommt). Das Ergebnis ist geradezu verblüffend: Spinnwebfäden sind zehnmal dünner als menschliches Haar, gleichzeitig aber fünfmal so reißfest wie Stahl, dreimal so fest wie die besten synthetischen Fasern, die wir kennen (etwa Kevlar oder Nylon), und äußerst dehnbar und elastisch wie ein Gummiseil. Kunstfasern können immer nur einen Aspekt optimieren: entweder sie sind reißfest und stabil, dann schwächen sie beim Faktor Elastizität, oder sie sind elastisch, dann sind sie meist nicht besonders reißfest.



Allerdings ist die optimale Konstruktion der Spinnennetze nicht nur auf ein einziges Wundermaterial zurückzuführen, sondern ein Ergebnis des Zusammenspiels von überlegenen Materialien und genialer Netzkonstruktionstechnik. Die hohe Reißfestigkeit und Stabilität ergibt sich aus der Kombination von starren und elastischen Segmenten im Netz. Hierfür verwendet die Spinne Fäden aus bis zu sieben unterschiedlichen Materialien, die jeweils in einer eigenen Drüse erzeugt werden.

Verschiedene Bereiche von Spinnennetzen sind häufig unterschiedlich ausgelegt. So kann etwa der äußere Rahmen aus sehr stabilen, wenig elastischen Fäden gebaut sein, während der innere, zum Fang der

Beute dienende Teil aus besonders elastischen Fäden besteht, die das Insekt im Flug abfangen und die Aufprallwucht auf das gesamte Netz übertragen, um in Zerreißen des Netzes zu verhindern.



Warum ist das für die Technik interessant?

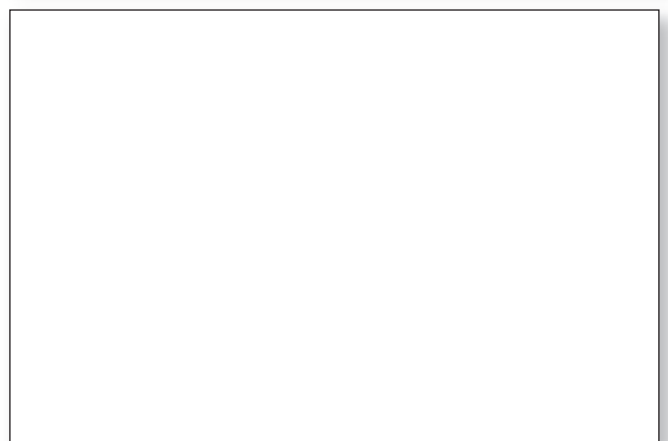
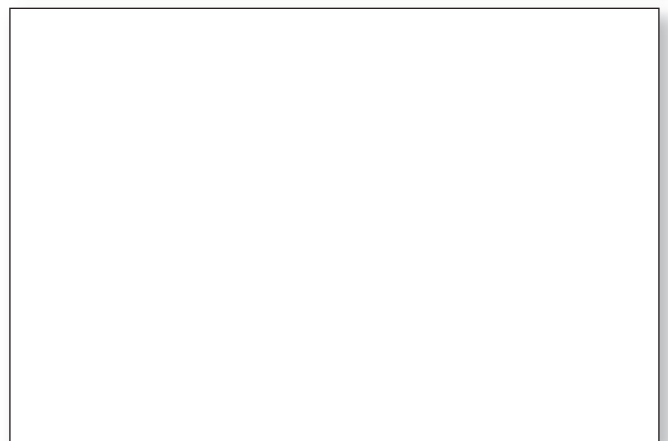
Auf unzähligen Gebieten, in denen Fasern verarbeitet werden, sehen Forscher ein Potenzial für den Einsatz von – technisch erzeugten – Spinnenfäden. Denn meistens geht es dabei um maximale Festigkeit, besondere Elastizität oder Gewichtseinsparung, und sehr häufig um die optimale Kombination aus diesen Anforderungen. Das beginnt bei Textilien für höchste Ansprüche (beispielsweise Schutzkleidung bis hin zu feuer- oder schusssicheren Westen), erstreckt sich auf medizinischen Bedarf (wie chirurgische Nähfäden und Wundverbände, künstliche Sehnen oder Ersatz für Gips) bis hin zu speziell, besonders reißfesten Seilen (etwa Fallschirmschnüre) oder Airbags.

Anwendungen

Die industrielle Herstellung von Spinnenseide ist außerordentlich schwierig. Nicht nur dass es völlig unzureichend wäre, die Gewebe von tatsächlichen Zuchtspinnen produzieren zu lassen, die Qualität der Fäden von gefangenen Spinnen ist zudem geringer und die Tiere lassen sich nicht in großer Zahl auf engem Raum halten, weil sie sich gegenseitig verspeisen.

Schon den Herstellungsprozess im Spinnenkörper selbst aufzuklären, war nicht einfach. Thomas Scheibel und seinen Kollegen von der Universität Bayreuth und der Technischen Universität München ist es zu verdanken, dass der Gewinnungsprozess der Seide verstanden ist und dass heute erfolgversprechende Ansätze für ihre künstliche Erzeugung vorliegen. Die Spinnenfäden bestehen aus Eiweißketten, die erst flüssig sind, dann sich langsam verfestigen und schließlich von den Spinnen sekundenschnell mit ihrem komplexen Spinnmechanismus zu einem langen Faden ausgezogen werden.

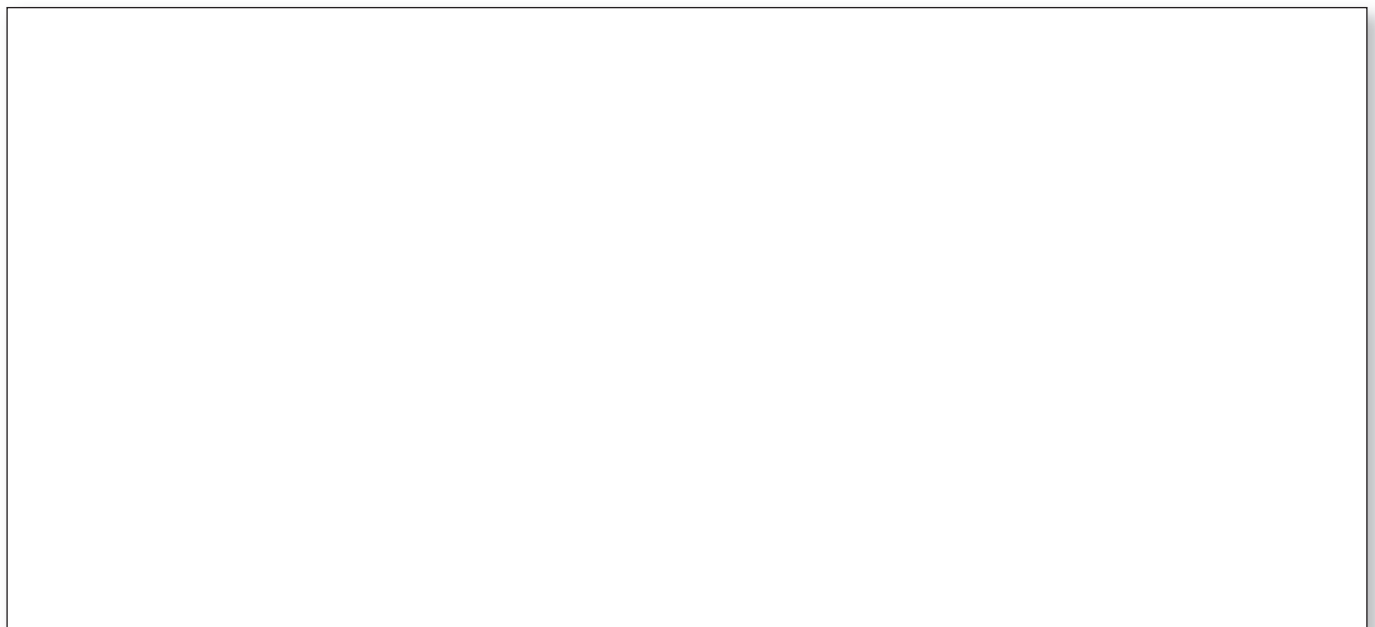
Der Forschergruppe um Thomas Scheibel ist es gelungen, einen künstlichen Spinnrüsenapparat zu entwickeln. Der so erzeugte Spinnfaden erreicht fast die Qualität des Originals. Mit der Apparatur können rund 40 Zentimeter Seide pro Sekunde hergestellt werden. Je schneller das Ziehen des Fadens geschieht, desto steifer wird der Faden. Langsames Ziehen ergibt demnach hohe Elastizität. Durch Mischung der so gewonnenen Fäden erzielt man die für den jeweiligen Zweck optimalen Eigenschaften.



Weitere Informationen
<http://www.fiberlab.de>

BEISPIEL 3: VERBUNDMATERIALIEN GEMEINSAM SIND WIR STARK

Die meisten Lebewesen besitzen tragende Strukturen, welche die Kräfte auffangen, die durch äußere Einflüsse, Fortbewegung oder auch ihr eigenes Gewicht auf sie einwirken. Diese Stützstrukturen können innen liegen wie das Skelett der Wirbeltiere oder das Holz der Bäume. Manche Tiere schützen und stützen sich hingegen durch äußere Stützstrukturen, wie die Panzer von Insekten oder die Schalen von Muscheln und Schnecken. Dabei stehen sie vor der Herausforderung, eine möglichst hohe Stabilität mit möglichst geringem Gewicht zu erreichen. Zu viel Gewicht würde die meisten Tiere bei der Fortbewegung behindern, außerdem kostet der Aufbau dicker Wände oder Stützelemente viel Energie.



Eine Lösung für dieses Problem bietet eine Kombination von Materialien mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften, so genannten Verbundmaterialien. Beispiele hierfür sind schillerndes Perlmutter, unser Baumaterial Holz oder auch Chitin, der Grundstoff für Insekten- und Krebspanzer. Perlmutter ist fast ausschließlich aus Kalk aufgebaut. Trotzdem ist ein Perlmutterstück etwa 300mal bruchfester als ein gleich großes Plättchen aus reinem Kalk.

Ein großer Vorteil von Verbundmaterialien ist, dass sich Risse nur schlecht darin ausbreiten können. Bricht beispielsweise ein Trinkglas an einer Stelle, so durchzieht der Riss in kürzester Zeit die Glaswand und es zerbricht. In einheitlichen Materialien gibt es nämlich keine Begrenzungen, die die Ausbreitung des Risses stoppen könnten.

Perlmutter dagegen besteht aus vielen kleinen, gegeneinander versetzt angeordneten Kalkplättchen, die

in einer Matrix aus Proteinen und Chitin liegen. Die Kalkplättchen sind sehr hart, die Protein-Chitin-Matrix dagegen eher nachgiebig. Die Plättchen sind zudem so klein, dass sie praktisch nicht zerbrechen können – wie bei einem kleinen Ast, den man immer wieder in der Mitte durchbricht: je kleiner die Aststücke, desto schwerer lassen sie sich brechen.

Im Perlmutter weichen die Kalkplättchen unter Druck lediglich ein wenig auseinander und drücken sich in die Matrix. Diese wird verformt und fängt auf diese Weise den Druck auf.

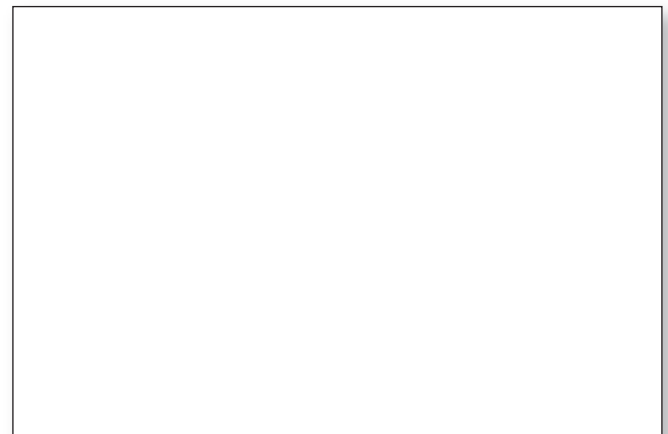
Besonders vorteilhaft ist die Kombination von zug- und druckstabilen Elementen. Holz ist ein Verbundmaterial, das beide Eigenschaften vereint. Zugfeste Fasern aus Cellulose sind in eine druckfeste Matrix aus Lignin eingebunden. In diesem Fall spricht man von einem Faserverbundmaterial.

Warum ist das für die Technik interessant?

Verbundmaterialien ermöglichen eine Vielzahl von technischen Anwendungen. So werden Materialien mit ganz neuen Eigenschaften geschaffen, die die Vorteile der Einzelkomponenten miteinander verbinden. Vor allem die Kombination von zug- und druckstabilen Elementen ist bedeutsam, da ein solches Material nicht nur höhere Belastungen aushält, sondern auch toleranter gegenüber Biegungen oder Kräften aus unterschiedlichen Richtungen ist. Verbundmaterialien spielen auch eine wichtige Rolle beim Leichtbau, weil die notwendige Stabilität mit einer geringen Materialmenge erreicht wird.

Anwendungen

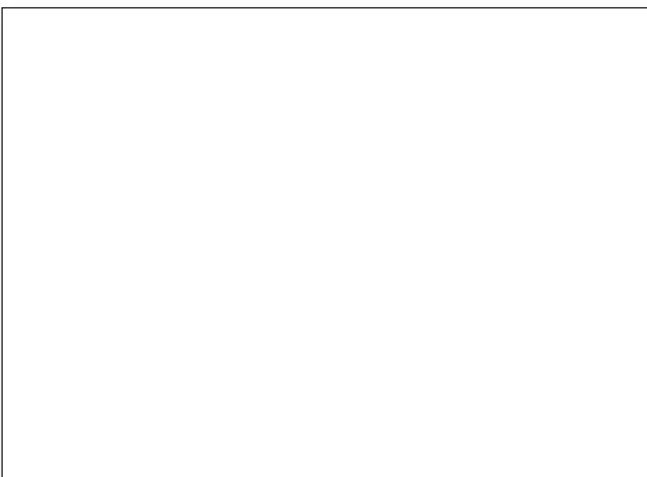
In der Architektur sind relativ einfache Verbundmaterialien schon lange im Einsatz, etwa im Stahlbeton. Beton ist zwar druckstabil, bei Zugbelastung bilden sich aber leicht Risse. Stahlmatten im Beton fangen diese Zugkräfte auf. Die Erfindung des Stahlbetons verdanken wir übrigens einer Beobachtung aus der Natur. Im 19. Jahrhundert ärgerte sich der Pariser Gärtner Joseph Monier darüber, dass seine tönernen Blumentöpfe so leicht zerbrachen. Das netzartige Festigungsgewebe seiner Kakteen brachte ihn auf die Idee, ein Drahtgitter in die Gussform seiner Blumentöpfe einzulegen. Aus dieser Erfindung wurde später der Stahlbeton entwickelt, die darin befindlichen Stahlmatten nennt man noch heute Moniereisen.



Moderne Faserverbundmaterialien sind Glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK), das so genannte Fiberglas, und Kohlefaserverstärkte Kunststoffe (CFK). Bei der Herstellung werden zugstabile Glas- oder Kohlefasern in flüssigen Kunststoff eingebettet. Beide Materialien werden im Sportbereich sowie in der Luft- und Raumfahrt genutzt.

Sowohl amerikanische als auch europäische Wissenschaftler haben bereits verschiedene Materialien aus Nanopartikeln hergestellt, die zumindest von der Struktur her dem Perlmutter schon recht nahe kommen.

Anwendungsmöglichkeiten bestehen vor allem in der Medizin, etwa als Knochen- oder Zahnersatz. Aber auch ganz neue technische Anwendungen sind denkbar, in denen Kunststoffe oder Metalle durch künstliches Perlmutter ersetzt werden könnten.



Internetstichworte: Künstliches Perlmutter, Perlmutter Universität Bremen

Links

http://www.vistaverde.de/news/Wissenschaft/0503/17_perlmutter.php

<http://www.pro-physik.de/Phy/leadArticle.do?laid=10188>

<http://www.organische-chemie.ch/chemie/2009/dez/perlmutter.shtm>

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,346959,00.html>

9. STEUERN, ORGANISIEREN UND ORDNEN

Unsere Zivilisation beruht auf unserer Fähigkeit, Abläufe zu steuern, Aktivitäten zu organisieren und Vorgänge zu ordnen. Doch ist der Eindruck, dass solche „geistigen“ Fähigkeiten allein uns Menschen vorbehalten sind, keineswegs richtig. Denn in der Natur wird permanent gesteuert, geordnet und organisiert, was das Zeug hält. Und es wäre vermessen, zu behaupten, die Wissenschaft habe alle Einzelheiten hierzu aufgeklärt.

Beispiele für Ordnungs- und Organisationsprozesse gibt es viele. Dazu gehören das gemeinsame Jagen von Rudeltieren wie den Wölfen, das Verhalten von Insekten-, Vogel- oder Fischeschwärmen, das gesellschaftliche Leben von Affengruppen und vieles andere mehr.

Letztendlich basieren alle diese Phänomene darauf, dass mehrere Lebewesen sich gegenseitig informieren (über Signale wie Laute oder die Tanzbewegungen der Bienen), als Gemeinschaft entscheiden und ihre Handlungen dann koordinieren.

Inzwischen haben Forscher eine ganze Reihe von Phänomenen in diesem Zusammenhang entschlüsselt und für Steuerungs- und Organisationsprozesse technisch nutzbar gemacht. Besonders bekannt ist hierbei das Phänomen der „Schwarmintelligenz“, das heute viele Anwendungen findet, beispielsweise für die Preisbestimmung für zukünftige Ernten an der Börse von Chicago, für die Gestaltung von Flugplänen und die Planung von Fahrtrouten, für die Lieferlogistik und Frachtabwicklung auf Flughäfen, für die Gesprächsvermittlung in Telefonnetzen und nicht zuletzt für die Steuerung von Robotern.



BEISPIEL: AMEISEN ALS STAUKILLER

Einige Insekten bilden Staaten, die Tausende von Einzeltieren umfassen können. Ihr Gewimmel erscheint zunächst ziemlich planlos. Der genauere Blick zeigt, dass diese wuselnden Massen erstaunliche Aufgaben lösen können. Termiten errichten Bauten mit einem raffinierten Belüftungssystem. Blattschneiderameisen betreiben „Landwirtschaft“, indem sie Pilzkulturen züchten.



In Insektenstaaten findet man häufig Arbeitsteilung: Die Königinnen und die Männchen dienen der Fortpflanzung, sie unterscheiden sich auch anatomisch von den restlichen Tieren. Alle anderen Mitglieder des Insektenstaates sind in der Regel unfruchtbare, nahe miteinander verwandte Tiere. Sie widmen sich der Nahrungsbeschaffung, der Brutpflege, dem Nestbau oder der Verteidigung. Oftmals sind die Aufgaben fest verteilt. Während bei Bienen eine Arbeiterin im Laufe ihres Lebens nacheinander unterschiedliche Aufgaben übernimmt, spezialisieren sich im Termitenstaat ganze Gruppen auf bestimmte Aufgaben, es entstehen also echte Spezialeinheiten.

Das Erstaunliche an dieser Arbeitsteilung ist, dass kein einzelnes Tier die Übersicht über die Abläufe im Staat hat. Jedes einzelne Tier ist für sich genommen völlig hilflos. Dennoch arbeitet die Gemeinschaft erstaunlich effektiv und löst selbst komplexe Aufgaben. Wie kann das sein?

Der Insektenstaat organisiert sich selbst, indem die einzelnen Tiere durch Duftstoffe, so genannte Pheromone, sowie durch Berührungen miteinander kommunizieren. Die Pheromone wirken als Signale, die das Verhalten der einzelnen Tiere steuern. Überlagern sich verschiedene Signale, so wird das Verhalten entweder durch die Intensität der Duftstoffe gesteuert oder durch eine Prioritätenliste, welches chemische Signal am wichtigsten ist.

Ein Beispiel für diese Art von Kommunikation ist das Finden des günstigsten Weges zu einer Nahrungsquelle. Tut sich eine neue Nahrungsquelle auf, die auf verschiedenen Wegen erreichbar ist, so sind die Ameisen, die zufällig den günstigsten Weg gefunden haben, am schnellsten zurück am Nest. Dadurch kommen im Durchschnitt mehr Ameisen auf dem schnellsten Weg zurück als auf einem weniger geeigneten. Die Duftspur des günstigeren Weges bildet sich damit schneller und stärker aus, so dass immer mehr Ameisen dem besseren Weg folgen. Auf diese Weise wird eine Entscheidung getroffen, die der Gemeinschaft nutzt, ohne dass die einzelnen Tiere die Gesamtsituation überblickt hätten.

Ein zweiter Faktor, der die Entscheidungsfindung beeinflusst, ist eine innere Prioritätenliste. Je wichtiger die Aufgabe ist, desto stärker setzt sie sich gegen andere Aufgaben durch.

Eine solche Prioritätenliste tritt natürlich auch bei menschlichen Gemeinschaften auf. So hätte in einer Gruppe feiernder Menschen die Mitteilung „Das Buffet ist eröffnet“ oder gar „Es brennt!“ eine höhere Priorität als die Mitteilung „Die fünfte Lampe von rechts ist ausgefallen.“

Warum ist das für die Technik interessant?

Die „unscharfe“ Lösungsfindung im Insektenstaat ist besonders in Systemen interessant, die sehr flexibel reagieren müssen, weil sie von einer Vielzahl von Faktoren abhängig sind, die sich häufig ändern. Ein klassisches Anwendungsprinzip ist die Logistik, also der Transport von Waren, sowie Computernetzwerke, Telefonnetze oder auch komplexe Produktionsprozesse in Fabriken. Eine Anwendung, die mehr in der Zukunft liegt, sind Schwärme autonom und damit flexibel agierender Roboter, die mit einer einfachen Programmierung und durch Kommunikation komplizierte Aufgaben lösen können.



Anwendungen

Die Organisationsprinzipien der Insektenstaaten wurden zum Beispiel bei der Firma Siemens auf Computerprogramme übertragen, um die Auslieferung von Waren, die aus mehreren Einzelteilen zusammen gesetzt werden, zu steuern. Dabei sind alle Einzelteile einer speziellen Lieferung zugeordnet. Wenn eines der Teile zu spät oder beschädigt angeliefert wird, dann kommt normalerweise die ganze Lieferung ins Stocken.

Die Computerprogramme nach Vorbild der Insektenstaaten reagieren dagegen sehr flexibel, sie ordnen in einem solchen Fall alle Aufträge je nach Priorität der Lieferungen komplett neu. So werden beispielsweise bereits verspätete Lieferungen mit sehr hoher Priorität behandelt. Das Computerprogramm nach Vorbild von Ameisen und Wespen wurde bereits

erfolgreich getestet: Die Zahl der pünktlichen Lieferungen konnte annähernd verdoppelt werden.

Forscher haben weiterhin festgestellt, dass auf Ameisenstraßen niemals ein Stau auftritt. In Forschungsprojekten an verschiedenen Universitäten wird aktuell untersucht, ob sich auch Verkehrsflüsse nach dem Vorbild von Ameisen optimieren lassen. Eine weitere Anwendung von Ameisenalgorithmen, also Rechenoperationen nach dem Vorbild von Ameisen, ist die Optimierung von Transportwegen. Ein bekanntes Beispiel für eine solche Optimierung ist das „Problem des Handlungsreisenden“. Der Handlungsreisende will mehrere Städte besuchen, in denen er sein Produkt vorstellt und sucht dafür den kürzesten Weg. Bei sehr vielen Städten gibt es eine fast unendliche Anzahl von Möglichkeiten, der Ameisenalgorithmus findet dennoch einen sehr günstigen Wegverlauf.



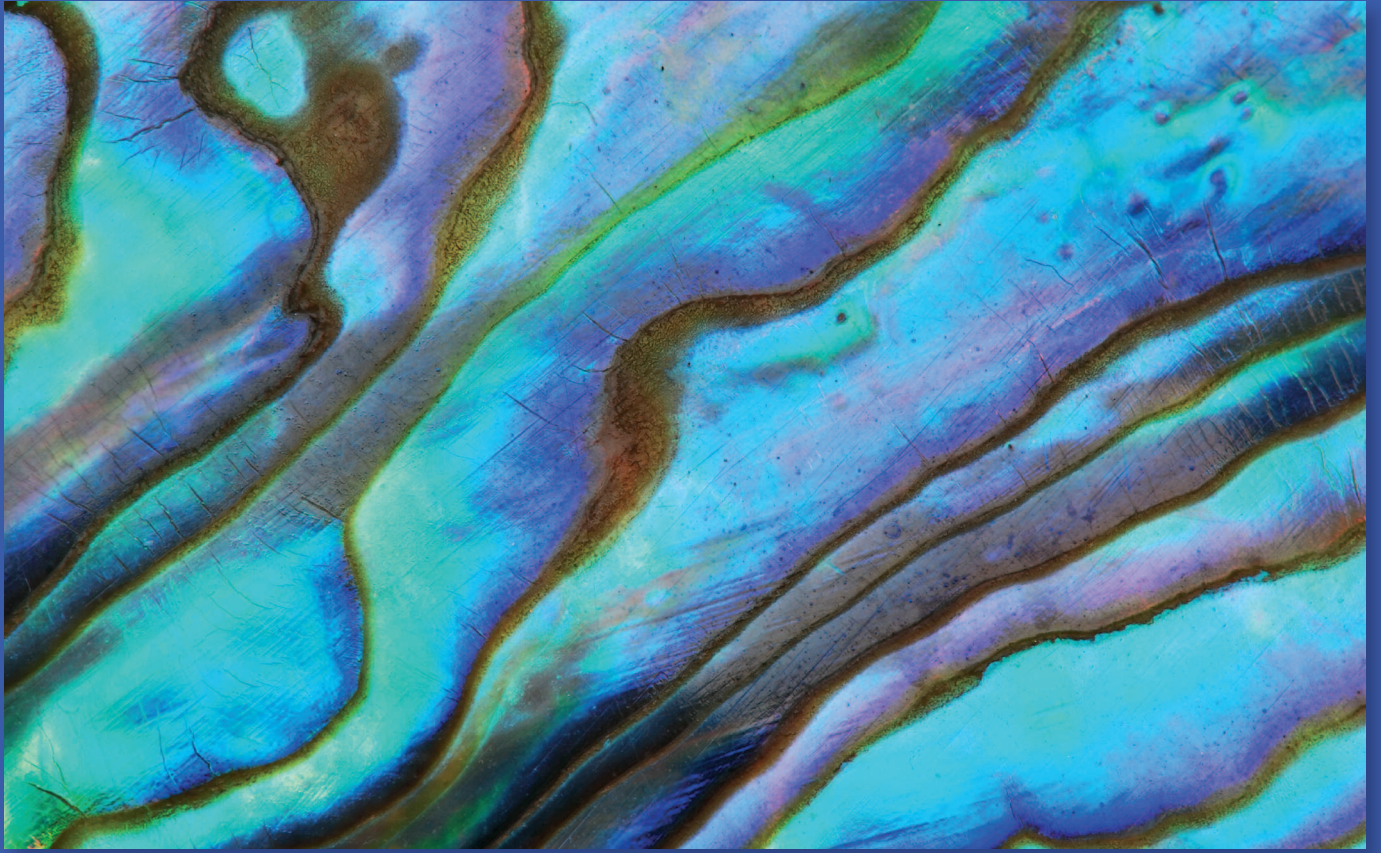
Internet-Schlagworte
Ameisenalgorithmus, Logistik

10. SENSOREN

Ohne Sensoren wäre Leben nicht möglich. Sensoren, die wir meist als Sinnesorgane bezeichnen, informieren das Gehirn der Lebewesen über Vorgänge in der Umwelt, aber auch über Zustände des eigenen Körpers.

Sensoren sind biologische Systeme, die für bestimmte physikalische Wirkungen sensibel sind. So gibt es etwa Sensoren, die auf mechanischen Druck reagieren, was den Tastsinn und den Gleichgewichtssinn ermöglicht. Es gibt Systeme, die empfindlich für Schwingungen von Luft- und Wassermolekülen sind und das Gehör möglich machen. Chemische Prozesse erzeugen über feine Sensoren den Geruchs- und den Geschmackssinn. Und schließlich gibt es eine große Vielfalt von „Messgeräten“ für elektromagnetische Strahlung, zu der auch das sichtbare Licht und die Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung) gehören.

All diese und weitere Sensoren hat die Evolution bei den verschiedensten Wesen in alle denkbaren Richtungen hin optimiert. So reicht der Geruchssinn von Hunden bis zu 8 Meter unter eine geschlossene Schneedecke und bis zu 3,5 Meter unter die Erde, und Adler erkennen kleine Nagetiere aus mehreren Kilometern Höhe. Kein Wunder, dass die Ingenieure diese Höchstleistungen studieren und technisch nachahmen wollen.



BEISPIEL: KIEFERNPRACHTKÄFER MIT WÄRMESENSOR – MANCHE MÖGEN'S HEISS

Wenn es darum geht, eine Nische zu finden, in der Nachwuchs sich ernähren und möglichst unbehelligt heranwachsen kann, entwickelt das Leben eine erstaunliche Kreativität. Ein verblüffendes Beispiel hierfür ist der etwa 1 cm lange Schwarze Kiefernprachtkäfer (*Melanophila acuminata*). Seine Brut wächst in einer sehr unwirtlichen Gegend auf: in verbranntem Holz. Das noch rauchende Überbleibsel von Waldbränden ist für die Holz-fressenden Larven des Käfers besonders nahr- und schmackhaft. Lebende Bäume würden sie mit verschiedenen Abwehrmitteln wie erstickendem Harz, zerquetschenden Holzwucherungen und giftigen Stoffabsonderungen vernichten.



Während also bei einem Waldbrand alle Tiere so schnell wie möglich vor dem Feuer fliehen, schlagen die Schwarzen Kiefernprachtkäfer wie die Geisterfahrer gerade den entgegengesetzten Weg ein: Männchen und Weibchen fliegen so nah wie möglich an das Feuer heran, zeugen dort Nachwuchs und legen die Brut unter Rinde der noch warmen Baumleichen ab. Dort können sich die Larven von Feinden unbehelligt und von den Bäumen ungestört entwickeln.

Wie aber erfahren die Tiere rechtzeitig von einem Waldbrand? Schließlich gibt es Berichte, dass sie aus bis zu 80 km Entfernung einen brennenden Wald orten können. Wissenschaftler um den Bonner Zoologen Helmut Schmitz haben herausgefunden, dass die Käfer über einen Wärmesensor verfügen, der nicht unähnlich zu unserem Gehör funktioniert: Auf beiden Körperseiten findet sich auf der Höhe des mittleren Beinpaars je ein entsprechendes Organ, das aus 60

bis 70 zu Bündeln angeordneten Sensoren besteht. Sie wiederum stellen winzige Druckbehälter aus Chitin dar (Dicke: weniger als ein Drittel des Durchmessers eines Menschenhaares), die mit einer winzigen Menge Wasser gefüllt sind. Trifft die bei einem Waldbrand abgestrahlte Wärme auf diese Flüssigkeit, steigt die Temperatur und das Wasser dehnt sich schnell aus, wodurch es einen erhöhten Druck auf die Wände der Druckkammer ausübt. An einer Stelle der Wände ragt eine Sinneszelle in den Behälter hinein, die durch den erhöhten Druck zusammengepresst wird und dann das Gehirn des Käfers über elektrische Signale informiert, dass in einer gewissen Entfernung eine Hitzequelle vorhanden ist – in der Erfahrungswelt des Käfers aller Wahrscheinlichkeit nach ein Waldbrand. Dem Aufbruch zum Hochzeitsflug steht nun nichts mehr im Weg.

Warum ist das für die Technik interessant?

Der Schaden, den Waldbrände Jahr für Jahr anrichten, beläuft sich weltweit auf viele Milliarden, ganz abgesehen von den vielen Tieren und häufig auch Menschen, die dabei ihr Leben verlieren. Je früher die Brandbekämpfung einsetzen kann, desto höher sind die Chancen, zu verhindern, dass die Brände außer Kontrolle geraten und desto besser lassen sie sich eindämmen und den Schaden begrenzen. Gesucht sind also wirksame Frühwarnsysteme, die eine automatische Überwachung von gefährdeten Waldgebieten erlauben. Die „Frühwarntechnik“ des Schwarzen Kiefernprachtkäfers bietet ein erfolgreiches Vorbild für ein solches System.



Anwendungen

Einen bionischen Wärmesensor nach dem Prinzip der „Käfersensorik“ versuchen deutsche Wissenschaftler zu realisieren. Statt Chitin verwenden die Forscher Silizium als Wandmaterial des Sensorbehälters. Die Wärmestrahlung wird durch ein Fenster in die Kammer geleitet, die mit einer Flüssigkeit gefüllt ist. Die Sinneszelle des Käfers wird durch einen winzigen Plattenkondensator nachgeahmt, dessen eine Elektrode als biegsame Membran ausgelegt ist. Bewirkt eintretende Hitze eine Ausdehnung der Flüssigkeit, so verbiegt sich die Membran und die Kapazität des Kondensators verändert sich, was direkt als Wärmesignal genutzt werden kann.

So einfach wie dies klingt, ist der Sensor allerdings in Wahrheit nicht. Denn er würde in dieser Form ja auch bei langsamen Temperaturveränderungen (etwa zwischen Tag und Nacht) Alarm schlagen. Die Bonner Forscher haben dieses Problem mit Hilfe einer raffi-

nierten Druckausgleichskammer gelöst und arbeiten nun daran, den bionischen Wärmesensor einsatzreif zu machen.

Das Projekt wird von Prof. Dr. Helmut Schmitz vom Zoologischen Institut der Universität Bonn koordiniert.

Provisorische Arbeitsfassung vom 1.10.2010
Nicht zur Veröffentlichung bestimmt.

Bionik.
Grundwissen Audiovisueller Mediengestaltung

Inhaltsverzeichnis

Einführung

- 1. Kurze Filmgeschichte**
 - 2. Entstehungsphasen eines Films**
 - 3. Dramaturgie**
 - 4. Der Dokumentarfilm**
 - 5. Bildgestaltung**
 - 6. Grundlagen der Lichtführung**
 - 7. Filmische Einheiten**
 - 8. Die Sequenzbildung**
 - 9. Filmschnitt**
 - 10. Raumgestaltung in der Sequenz**
 - 11. Zeitgestaltung in der Sequenz**
 - 12. Tongestaltung**
 - 13. Musik im Film**
 - 14. Zusammenwirken Bild und Ton**
- Literaturnachweis / Quellen**

Einführung

Aus kultureller Sicht war das Kino das bestimmende Medium des 20. Jahrhunderts. Erst in den 50er Jahren bekam es mit dem Aufkommen des Fernsehens einen ernst zu nehmenden Konkurrenten. Mittlerweile ist fast jeder europäische Haushalt mit mindestens einem Fernseher ausgestattet. Eine Studie in England hat ergeben, dass im Jahr 2005 in englischen Kinderzimmern eher ein Fernseher als ein Buch zu finden war.

Auf Grund der enormen Medienvielfalt, durch Satelliten- und Kabelfernsehen oder DVD und BluRay, kann dem Zuschauer von heute alles von Western, Krimi, Thriller, Science Fiction, Fantasy bis hin zum Animationsfilm geboten werden. Neben Fernsehen und DVD gibt es nun noch zusätzlich die Möglichkeit für den Zuschauer seine Lieblings Filme und Fernsehserien im Internet abzurufen. Durch Videodownloads auf Plattformen wie iTunes, Maxdome und Videoload werden die Möglichkeiten für den Nutzer immer umfangreicher.

Das Kino konnte aber dieser großen Konkurrenz standhalten. Im Jahr 2009 fanden immerhin 146,4 Millionen Besucher ihren Weg in die deutschen Kinos. Damit stiegen die Besucherzahlen im Vergleich zu den vorigen Jahren wieder an.

Da Film und Fernsehen einen hohen Stellenwert in der Gesellschaft bekommen hat, ist es umso wichtiger, die Wirkung von Audiovisuellen Medien zu hinterfragen und zu verstehen.

Der wichtigste Aspekt hierbei ist: „Film ist kein Zufall“.

Hinter jedem Film steht zuerst immer eine Idee und eine Person oder eine Gruppe die diese Idee umsetzen will. Desto besser man sich mit dem Stoff des Films auseinander gesetzt hat umso besser kann man seine Ziele und Aussagen im Film fokussiert verfolgen.

Dafür gibt es unzählige Darstellungsformen und Formate innerhalb der AV- Medien, doch sollte man im Vorfeld die Möglichkeiten durch Bild-, Schnitt- und Tongestaltung kennen.

Auf den folgenden Seiten finden Sie die wichtigsten Gestaltungsgrundlagen.

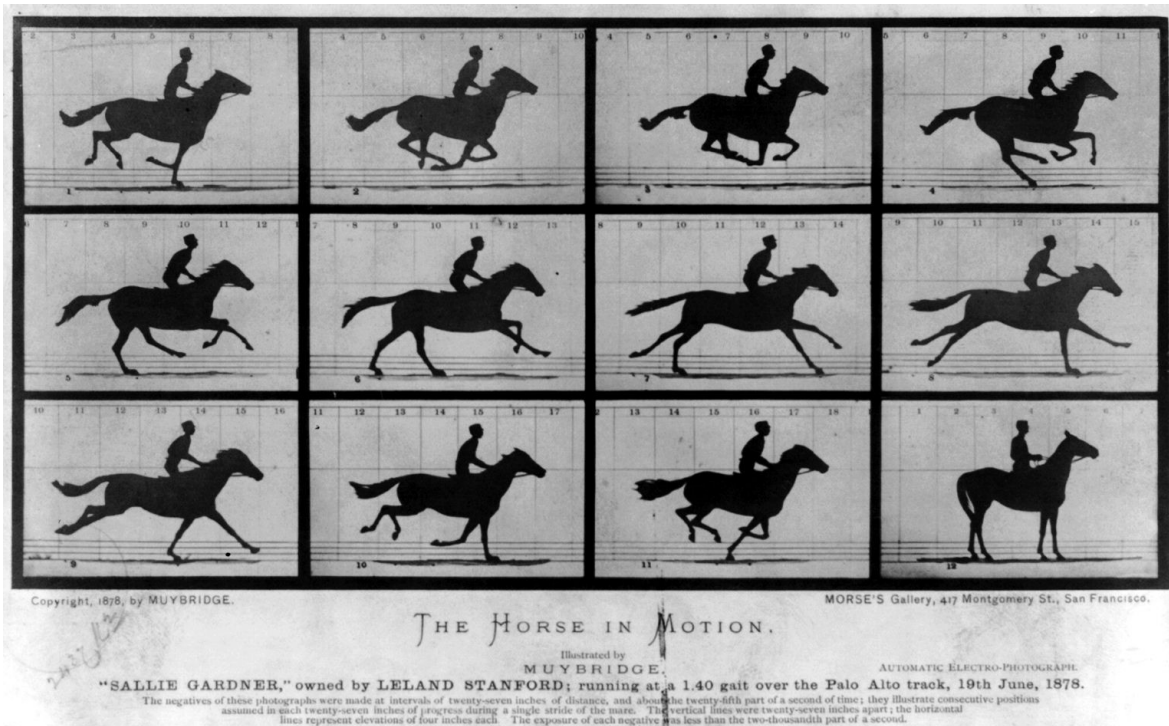
1. Kurze Filmgeschichte

Wegweisend für die Erfindung des Films ist der Versuch, Bewegungen in Form von Reihen fotografieren aufzuzeichnen.

Im Jahre 1878 war der Engländer Eadweard Muybridge (1830 - 1904) der Erste, der von einem galoppierenden Pferd so genannte Reihenfotos machte. Das heißt, er fotografierte 12 Bewegungsschritte des galoppierenden Tieres mit 12 in Folge aufgestellten Kameras.

Zeigt man diese einzelnen Fotos von Muybridge nun ganz schnell hintereinander, so nimmt der Mensch die unterschiedlichen Bilder als eine Bewegung wahr.

Dieses Phänomen ergibt sich aus der Funktionsweise unserer Augen. Da das menschliche Auge nur punktuell scharf sehen kann, muss es, um ein Objekt in seiner Gänze scharf erkennen zu können viele kleine Bewegungen machen und das Objekt Punkt für Punkt mit kleinen Bewegungen abtasten. Diese Bewegungen nennt man „Sakkaden“. Eine dieser Bewegungen dauert in der Regel nur 1/20 Sekunde und wird halb unbewusst von uns gemacht. Ein Filmprojektor transportiert zum Beispiel in einer Sekunde 24 einzelne Bilder. Jedes einzelne Bild erscheint daher nur so kurz auf der Leinwand, dass das menschliche Auge nicht mehr die einzelnen Bilder erkennen kann sondern all diese Bilder zu einer Bewegung vereint.



Ausschnitt der Geschichte der Medien - Ein zeitlicher Überblick

1839 Fotografie (Daguerreotypie)

1878 Reihenfotografie – Eadweard Muybridge

1888 Fotoapparat (Eastman-Kodak)

1893 Kinetoscop – Guckkasten; T.A.Edison, W.K.Laurie Dickson

1895 Cinématographe - öffentliche Filmvorstellung; Brüder Lumière

1925 Fernsehetechnik

1952 Öffentl. Rechtl. Fernsehen in der BRD

1969 Videorecorder

1989 World Wide Web

1996 DVD (Digital Versatile Disc)

2002 HDTV mit Blu-Ray Disc und HD DVD

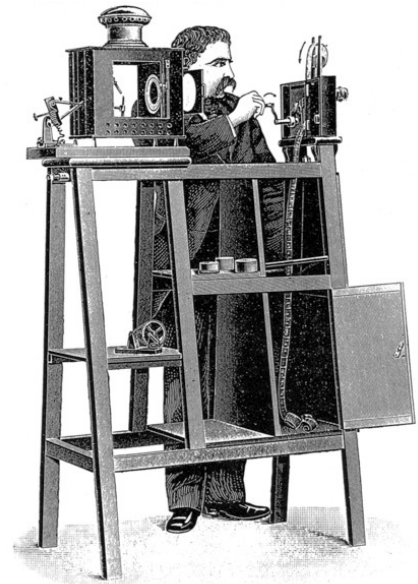
2009 3D Kinofilm „Avatar“

Einer dieser Versuche, den sich T.A. Edison und W.K.Laurie Dickson im Jahr 1893 patentieren ließen, trug den Namen „Kinetoscop“. Das „Kinetoscop“ war ein Guckkasten für eine Person, in dem man, nach Einwurf einer Münze, einen kurzen Film in Endlosschleife betrachten konnte.

Zur selben Zeit, als das „Kinetoscop“ auf Jahrmärkten für Begeisterung sorgte, arbeiteten bereits zahlreiche Techniker an Möglichkeiten, wie man vor einer größeren Anzahl von Personen eine Filmvorführung möglich machen könnte.

Im Jahre 1892 bauten die französischen Brüder Louis und Auguste Lumière schließlich den ersten funktionierenden Filmapparat. Diesen nannten sie „**Cinématographe**“ (Kinematograph). Mit seiner Hilfe konnten sie sowohl einzelne Bilder nacheinander aufnehmen als auch später wieder abspielen. Das damals von ihnen entwickelte Grundprinzip der Aufnahme und Wiedergabe von bewegten Bildern hat sich bis heute kaum verändert.

Eine erste öffentliche Filmvorführung gab es jedoch erst am **28. Dezember 1895**. Der Tag an dem die Brüder Lumière vor 35 Parisern ihr mechanisches Wunder präsentierten. Sie zeigten einen Film von Arbeitern, die durch das Tor einer Fabrik eilten. Ein Film, der weder besonders unterhaltend noch kunstvoll war, aber dessen Vorführung dennoch als die Geburtsstunde des Kinos gilt.



Le cinématographe Lumière: projection.

Film und Ton

Von nun an wurden zahlreiche Vorführapparate verschiedener Art gebaut. Die ersten Filme konnten in Reisekinos auf Jahrmärkten oder in Cafés bewundert werden.

Die zunächst in schwarz-weiß gezeigten Sach- und später auch Unterhaltungsfilm waren noch ohne Ton produziert. Als Untermalung begleitete man die Stummfilme musikalisch mit dem Klavier oder einem kleinen Orchester. Einer der großen Stars des Stummfilms war Charlie Chaplin.

Es dauerte ungefähr 30 Jahre bis eine synchrone Aufzeichnung und Wiedergabe der Bilder mit entsprechendem Ton möglich wurde.

Der erste Tonfilm „The Jazz Singer“ wurde im Jahr 1927 von der Firma Warner Brothers im Nadeltonverfahren herausgebracht. Der bei diesem Verfahren parallel zum Filmbild mit Schallplatte aufgezeichnete Ton, sollte dann während der Vorführung ebenso parallel abgespielt werden. Doch eben jene Synchronisation von Bild und Ton war das Schwierige an dieser Methode. Ein besser geeignetes Verfahren, welches auch noch heute Verwendung findet, war das Lichttonverfahren. Bei dieser Variante wird der Ton als akustisches Signal in ein elektrisches und nachfolgend in ein optisches Signal umgewandelt. Diese Toninformation ist auf dem Zelluloidstreifen neben den Filmbildern als Lichtspur zu finden.

Film und Farbe

1922 kam der erste abendfüllende, im Zweifarbenverfahren hergestellte Spielfilm in die Kinos. Der eigentliche Durchbruch zum Farbfilm erfolgte erst 1935 mit dem Film „Becky Sharp“ von Rouben Mamoulin, dieser Film wurde mit dem Drei-Streifen-Verfahren von Technicolor produziert. Das neue Verfahren konnte nur mit Spezialkameras angewendet werden. Auf voneinander getrennten Negativstreifen wurden die Lichtanteile der drei Grundfarben entsprechend der Aufnahmen aufgebracht und letztendlich in einer Art Farbdruckverfahren über einander kopiert; eine sehr komplizierte und teure Methode.

Erst mit dem Eastman-Color-Verfahren verlor der Farbfilm seine kostspielige Prestigerolle, die er bis dahin inne hatte. Bei dieser neuen Methode wurden die drei Grundfarben in Schichten gleich auf dem Negativfilm aufgetragen, man benötigte somit keine speziellen Kameras mehr. Dieses bis heute angewendete Grundprinzip wurde über Jahrzehnte weiterentwickelt und verbessert.

2. Entstehungsphasen eines Films

Eine Filmproduktion gliedert sich in drei wichtige Phasen:

- die Vorproduktion (Pre-Production)
- die Produktion
- die Nachbereitung (Post-Production)

Vorproduktion (Pre-Production)

Die Vorproduktion wird auch als die **Planungsphase** eines Films bezeichnet. Sie beinhaltet die zeitliche und finanzielle Organisation, das Schreiben des Drehbuchs, die Besetzung der Rollen, das Produktions- und Kostümdesign, das Ausfindigmachen der Drehorte, den Kulissenbau usw..

Produktion

Die Produktion ist die Drehphase eines Filmprojektes.

„**Kamera?**“ „**Läuft!**“ „**Und Bitte!**“

Das sind die Worte, die für eine Vielzahl von Mitarbeitern das Signal sind, in voller Konzentration ihrer Arbeit nachzugehen und ihr Bestes zu leisten.

Die Produktion ist die teuerste und damit auch riskanteste Phase eines Filmprojektes, da in dieser Zeit im Vergleich zur Vor- und Nachbereitung die meisten Mitarbeiter aktiv am Projekt beteiligt sind. Von der Regie, Kamera, Ton, Licht, Maske, Requisite, Kostüm, Ausstattung, Bühne bis hin zu den Mitarbeitern, die für einen organisierten Ablauf am Set zuständig sind, wie z. B. Aufnahmeleitung, Produktionsleitung, Script und Kontinuität, Verpflegung usw..

Hohe Gagen der Schauspieler, Mietkosten für die Technik, Lizenz- und Drehgenehmigungsgebühren treiben die Kosten für die Produktion in dieser Phase immens in die Höhe.

Nachbereitung (Post-Production)

In der letzten Phase der Filmproduktion, der Nachbereitung oder Post-Production, wird das gedrehte Material geschnitten, der Ton angepasst und bearbeitet, Ton- sowie Spezialeffekte und Animationen werden eingefügt und eine entsprechende Filmmusik wird ausgewählt oder eigens komponiert.

Der Weg von der Idee bis zum Drehbuch

Jeder große Kinofilm hat einmal ganz klein angefangen – mit einer Idee!

Eine **Filmidee** entsteht aus der Phantasie eines Einzelnen oder wird gemeinschaftlich innerhalb einer Gruppe entwickelt.

Die überzeugendsten Geschichten sind im übrigen jene, für die man aus dem eigenen Erfahrungsschatz schöpfen kann und die dadurch besonders authentisch sind. Filme erzählen Geschichten und Probleme von Personen und sollte die Neugier des Zuschauers wecken. Hat man erstmal eine gute Idee muss man alles nur noch in einen sinnvollen Dramaturgischen Zusammenhang bringen.

3. Dramaturgie

Ursprünglich bezeichnet der Begriff Dramaturgie die Gestaltung eines Dramas. Zum einen beinhaltet dies die praktische Arbeit an einem Bühnenstück für das Theater, zum anderen bezieht sich das Begriff auf die allgemein theoretische Auseinandersetzung mit Drama als Teil der Poetik. Unter Poetik versteht man die Theorie und Lehre von Formen der Dichtung.

In vielen Bereichen audiovisueller Medienproduktionen ist Dramaturgie ebenfalls ein etablierter Begriff. Er wird allerdings in einem viel weiteren Sinne verwendet als in seinem ursprünglichen Theater-Kontext und kann sehr unterschiedliche Aspekte beinhalten.

3.1 Standardsituationen

Dramaturgie für Film und Fernsehen folgt in der Regel genormten Abläufen. Neben den wiederkehrenden Themen wie z.B. Tod/Überleben, Ruhm/ Erfolg, Macht/Politik, Wirtschaft/Geld, Rache, Selbstkenntnis und Liebe/Erotik gibt es eine große Anzahl von Standardsituationen, aus denen sich erfolgreiche Geschichten immer wieder zusammensetzen. Der amerikanische Mythenforscher Joseph Campbell hat in den vierziger Jahren in seinem Buch „The Hero with a Thousand Faces“ ein Erzählmuster von Märchen, Sagen und Mythen veröffentlicht, das eine ganze Reihe solcher Standardsituationen enthält.

Der Regisseur und Produzent Georg Lucas hat sich die Erkenntnis Campbells für seine Star Wars Filme zu Nutze gemacht. Die Filme entstammen nicht der naiven Phantasie des Filmemachers, der eine interessante und spannende Geschichte erfunden hat, sondern sie basiert auf wissenschaftlichen Erkenntnissen, welche Art Geschichten, mit welchen typischen Handlungsmustern immer wieder funktionieren und ein Publikum finden.

Die Ursprünge des Erzählens

Joseph Campbell beruft sich bei seinen Forschungen auf die Psychoanalyse. Nach C.G. Jung findet die menschliche Psyche, bzw. das menschliche Unbewusste, seinen Ausdruck in Archetypen oder archetypischen Vorstellungen. Darunter versteht man Urbilder oder Urvorstellungen, die alle Menschen teilen und die immer wieder reproduziert werden. Sie äußern sich in Träumen, Kunst und Mythos.

Aus der Erforschung zahlreicher Mythen und Märchen erstellte Campbell eine Art Urgeschichte. Es ist die Geschichte des Helden der aus seiner gesicherten Existenz herausgerufen wird, Abenteuer erlebt und besteht. Er kehrt wieder in die Zivilisation zurück, bereichert um den Lohn seiner Heldenfahrt. Der errungene Schatz kommt weniger ihm selbst, als vielmehr seiner Umwelt zugute. Der amerikanische Drehbuchautor Christopher Vogeler hat als erster die Erkenntnisse Campbells systematisch auf die Arbeit an Filmstoffen und Drehbüchern übertragen. Er war unter anderem als Berater für König der Löwen tätig, einem Film, bei dem sich Campbells Urgeschichte deutlich erkennen lässt.

3.2 Der einfache Dramatische Bogen

Viele Inhalte in Filmen werden oft als Geschichte präsentiert. Eine erzählte Geschichte weist zumeist die Struktur eines einfachen dramatischen Bogens auf. Dieser Bogen besteht grundsätzlich aus fünf Stationen.

Die fünf Stationen des einfachen dramatischen Bogens sind:

1. Exposition

Die Exposition führt in das Geschehen ein und definiert die Rahmenbedingungen der Geschichte: Wo spielt sie, zu welcher Zeit, welche Personen spielen eine Rolle? Die Exposition schildert die Ausgangssituation der Geschichte und definiert deren fiktive Voraussetzungen, die gegebenenfalls auch sehr unrealistisch sein können. Eine Exposition ist dann gelungen, wenn sie schafft, dass der Zuschauer sich orientiert fühlt und sich auf die geschaffenen Prämissen einlässt.

Bei den in der Exposition vorgestellten Figuren handelt es sich um die Protagonisten. Es sind die Charaktere, an denen die Geschichte „aufgehängt“ wird. Durch die Vorstellung der Protagonisten soll üblicherweise ein hohes Maß an Identifikation geschaffen werden, wodurch der Zuschauer in den folgenden Situationen die Reaktionen und Gefühle nachvollziehen kann.

2. Aufbau des Konflikts

In der geschilderten Ausgangssituation ergibt sich ein Konflikt. Das (meist) harmonische, im Gleichgewicht befindliche Leben wird gestört. Solche Konflikte können vielfältig sein. Häufig stellt sich dem Protagonisten ein Antagonist entgegen. Dieser arbeitet den Zielen und Wünschen der Identifikationsfiguren entgegen. Ist die Störung nicht an einer Person festzumachen, so spricht

man von einer antagonistischen Kraft. Hiermit können gesellschaftliche Umstände (z.B. das Romeo und Julia-Motiv einer „verbotenen Liebe“) oder es können auch äußere Umstände gemeint sein (z.B. eine Naturkatastrophe). Um den Konflikt zu lösen, sieht sich der Protagonist zum Handeln gezwungen.

3. Höhepunkt (Klimax)

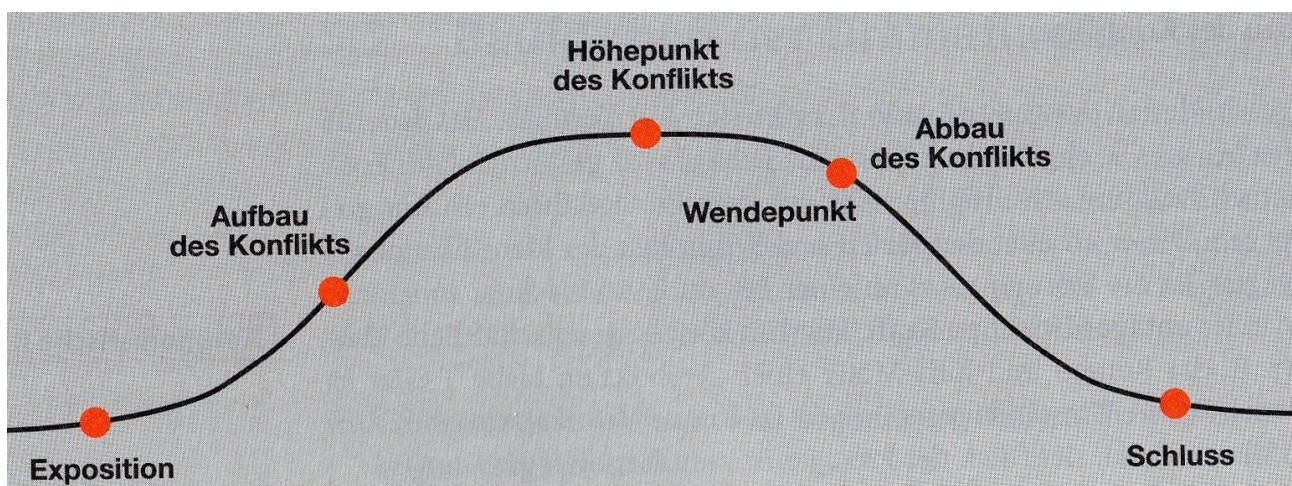
Der Konflikt befindet sich auf dem Höhepunkt, er wird in seinen Konsequenzen geschildert und ausgetragen. Alle Vorbedingungen des Konflikts und dessen Entstehung sind geklärt, jetzt wird die eigentliche Auseinandersetzung geschildert. Die Schilderung des Konflikthöhepunktes ist üblicherweise auch der dramatische Höhepunkt der Geschichte. Typisch für diese dramatische Station sind Duelle und Kämpfe aller Art oder auch Gerichtsverhandlungen. Protagonist und Antagonist stehen sich gegenüber, der Protagonist kämpft für seine Ziele, die vielfältig sein können. Er kämpft für sich (sein Überleben, seine Ehre, seine Liebe, sein Geld usw.) er kämpft für sein Land, für die Welt oder sogar wie in den Matrix Filmen, für die Wiederherstellung der Realität.

4. Abbau des Konflikts (Peripetie)

Im Laufe der Auseinandersetzung bahnen sich Auswege, Lösungsmöglichkeiten oder auch eine unausweichliche Katastrophe an. Je nach Art der Geschichte wendet sich das Schicksal des Protagonisten zum Guten oder zum Schlechten. Der Moment, in dem sich erstmals ein Ausweg andeutet, gilt als wichtiges Element in der Dramaturgie. Es ist der Wendepunkt der Geschichte, der *Plot Point*. Generell gilt eine Lösung, die sich aus den bislang bereits vermittelten Informationen ergibt, als besser bzw. eleganter als eine Lösung die urplötzlich „aus heiterem Himmel“ erscheint. Eine solche überraschende Wendung wird in Anlehnung an die Theatersprache auch *Deus ex machina* genannt.

5. Schluss

Der Konflikt findet sein glückliches oder unglückliches Ende. Die Ausgangssituation wird wieder hergestellt, verbessert sich oder hat sich dauerhaft verschlechtert. Beim einfachen dramatischen Bogen sind mit dem Schluss alle wesentlichen offenen Fragen geklärt und der Zuschauer empfindet erzählte Geschichte als abgeschlossen. Der der klassischen aufgebauten Fernsehserie mit abgeschlossenen Einzelepisoden weist der Schluss wieder nahezu alle Elemente der Exposition („vor dem Konflikt“) auf. Eine Störung ist behoben und alles ist wieder wie zuvor.



4. Der Dokumentarfilm

Der Dokumentarfilm ist fast immer das Ergebnis einer Recherche. Der Vorgang der Recherche selbst wird zunehmend innerhalb des Films reflektiert und geschildert. Dabei ergibt sich ein oft vielschichtiges Bild von den dokumentierten Vorgängen. *Novembertage* von Marcel Ophüls ist eine Collage aus dokumentarischen Bildern aus der Zeit des Mauerfalls und späterer Reflexionen über die Ereignisse durch beteiligte Bürger und Politiker. Das Einbringen der eigenen Person in den Film und ein zum Teil ironischer Unterton kennzeichnen den Stil. Ähnlich arbeitet auch Michael Moor in seinen Recherche-Filmen. *Bowling for Columbine* beschäftigt sich auf polemische Weise mit der Waffenlobby in den USA. Er arbeitet dabei ebenfalls mit Ironie und eindeutigem Engagement ein zeitgeschichtliches Thema auf.

4.1 Ein Fernsehbericht und der dramatische Verlauf

Das vorab geschilderte Muster des einfachen dramatischen Bogens gilt ganz allgemein und ist zunächst nicht auf Spielfilme oder fiktionale Programme beschränkt. Nahezu jedes Ereignis oder jeder Vorgang lässt sich in einer ähnlichen 5-schrittigen Abfolge beschreiben.

Um das zu verdeutlichen, soll hier ein Beispiel für den Informationsablauf eines „bunten“ dreiminütigen Berichts in einem Boulevardmagazin geschildert werden. Es geht um einen, zwar rein erfundenen, aber so oder so ähnliche sicher schon vorgekommen Sachverhalt: berichtet wird von den Bemühungen eines Tierparks, die ansässigen Koala-Bären zum Zeugen von Nachwuchs zu animieren. In diesem Fall signalisiert der Sprechertext jeweils die fünf Stationen des dramaturgischen Ablaufs:

1. Exposition

Sprechertext: „Der Duisburger Zoo... Jung und Alt verbringen hier gerne ihre freie Zeit, um exotischen Tieren zu zuschauen. Hier ist immer etwas los. Besonders die niedlichen Koala-Bären haben es den Besuchern angetan, vor allem die Kinder drängeln sich am Gehege, um die Turnübungen und Streiche der Pelztiere zu beobachten.“

2. Aufbau Konflikt

„Doch.. in letzter Zeit ist diese Idylle bedroht. Denn die Koalas plagen Nachwuchssorgen.“ Jetzt können Zahlen folgen, seit wann es keinen Nachwuchs mehr gegeben hat und die Schilderung eines Experten, der erklärt, wie schwer sich die Tiere in Gefangenschaft mit Nachwuchs tun.

3. Höhepunkt

Schilderungen de Tierpfleger und des Zoodirektors, was man schon alles unternommen hat um die Fortpflanzungsfreudigkeit der Koalas zu steigern. Düstere Aussichten werden prognostiziert: Es wird immer schwieriger, neue Koalas im Zoo anzusiedeln, die alten sterben bald aus, sie überschreiten die Geschlechtsreife. „Bange Frage aller Tierfreunde: Muss das Gehege bald schließen?“

4. Abbau Konflikt

„Jetzt aber scheint doch Hilfe in Sicht: Befreundete Zoos aus dem europäischen Ausland haben sich gemeldet, sie haben Tipps gegeben und Hilfe angeboten. Eine spezielle Diät und Beethovens „Neunte“ sollen bei der Fortpflanzung in anderen Tierparks schon große Dienste geleistet haben“ (Kurze Interviewpassage zu den Erfolgen in anderen Tierparks.)

5. Schluss

Text: „Und so werden wohl auch in Zukunft Groß und Klein am Koalagehege ihre helle Freude haben.“

4.2 Genres und Formate

Film und Fernsehproduktionen werden bezüglich ihrer Produktionsweisen, ihres Inhalts, ihres Anspruchs sowie ihres Publikums differenziert. Das wichtigste Unterscheidungskriterium für Produktionen bezieht sich auf die Inhalte, die entweder fiktional oder nicht-fiktional sind. Wenn von Fiktion die Rede ist, dann sind erfundenen Personen, Sachverhalte und Ereignisse gemeint, die dargestellt werden. Fiktionale Programme sind in der Regel szenische Produktionen. Nicht-fiktionale Inhalte haben häufig einen dokumentierenden Charakter und erfassen, zumindest im weitesten Sinne, die Wirklichkeit. Diese Klassifizierung ist natürlich äußerst grob und ungenau, dennoch hilft sie, eine erste Orientierung in den immer unübersichtlicher werdenden Programm Kategorisierungen zu schaffen.

5. Bildgestaltung

Vereinfacht gesehen ist eine Kamera ein Aufzeichnungsgerät für Photographie, Film oder Fernsehen. Der Kammeramann kontrolliert die Technik der Kamera, er ist aber auch für die Gestaltung der entstehenden Bilder verantwortlich. Die technischen Möglichkeiten, die eine Kamera bietet, sind vom gestalterischen Standpunkt aus immer auch als Ausdrucksmittel zu verstehen.

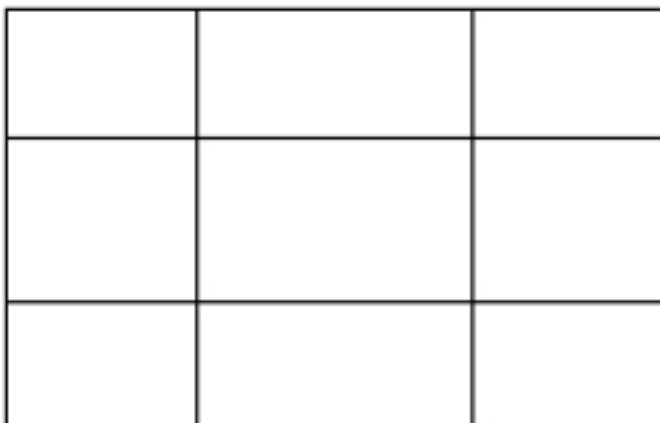
Ein Grundbegriff für die Arbeit mit der Kamera ist die Einstellung. Darunter versteht man ein kontinuierlich aufgenommenes Stück Film, das durch einen Schnitt begrenzt wird. Bezogen auf die Gestaltung müssen viele Aspekte bedacht werden, die Aussage und Wirkung der entstehenden Einstellung beeinflussen. In diesem Kapitel geht es um die Rolle der Kamera, ihren durchdachten, sinnvollen Einsatz und ihre Ausdrucksmittel.

Beim Aufbau und der Komposition eines Bildes reicht es nicht aus, die Bildelemente lediglich geschmackvoll anzuordnen. Jede Einstellung muss auch die für die Handlung wichtigen Informationen vermitteln. Es ist also sinnvoll, bei der Darstellung eines schussbereiten Revolverhelden auch dessen Hand am Abzug mit im Bild zu haben.

Die Komposition der Bildelemente nach ästhetischen und informativen Gesichtspunkten wird bei Profis „Kadrage“ (Einrahmung) genannt. Eines der ästhetischen Prinzipien der Bildkomposition ist der goldene Schnitt.

Goldener Schnitt

Das Prinzip des goldenen Schnitts ist ein auch in der Natur häufig vorkommendes ideales Seitenverhältnis.



Das Bild wird unterteilt in neun gleich große Rechtecke. Die Punkte, an denen sich die Linien der Rechtecke überschneiden (Kreuze), sind im Sinne einer harmonischen Bildkomposition besonders gut geeignet, um dort wichtige Bildelemente zu platzieren d.h. Eine zentrale Anordnung der Objekte ist eher langweilig. Das Bild wird interessanter, wenn die Inhalte an den Schnittpunkten der Linien ausgerichtet sind. Da der Film von Bewegung lebt, ist es allerdings fast nicht möglich, jedes einzelne Bild eines Films perfekt gestalten. Versucht man dennoch, das Prinzip des goldenen Schnitts bei der



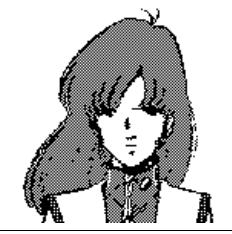
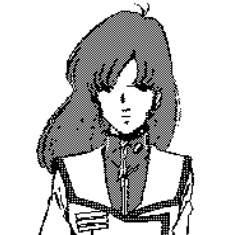

Bildkomposition so weit wie möglich zu beachten, wird der endgültige Film an Qualität gewinnen.




5.1 Einstellungsgrößen

Die Einstellungen werden definiert durch das, was im Bild vom Objekt zu sehen ist. Je mehr in den Einstellungen sichtbar ist, um so größer ist die Orientierung und Übersicht über die Handlung. Einzelne Details können hingegen mit enger gefassten Einstellungsgrößen hervorgehoben werden.

Die Einstellungsgröße ist ein Hinweis für die Wichtigkeit der im Bild dargestellten Personen und Objekte. Sie gibt zudem Aufschluss über die Nähe bzw. Distanz zum Geschehen. Zur besseren Verständigung innerhalb von Drehteams hat man versucht, für die unterschiedlichen Einstellungstypen Bezeichnungen zu finden, die das Arbeiten im Rahmen einer Filmproduktion erleichtern. Bis heute gibt es noch keine einheitlichen Definitionen der verschiedenen Einstellungsgrößen jedoch einige weit verbreitete Begrifflichkeiten.

Als Orientierungsmaßstab für die Definition der einzelnen Einstellungsgrößen dient immer ein stehender, erwachsener Mensch.

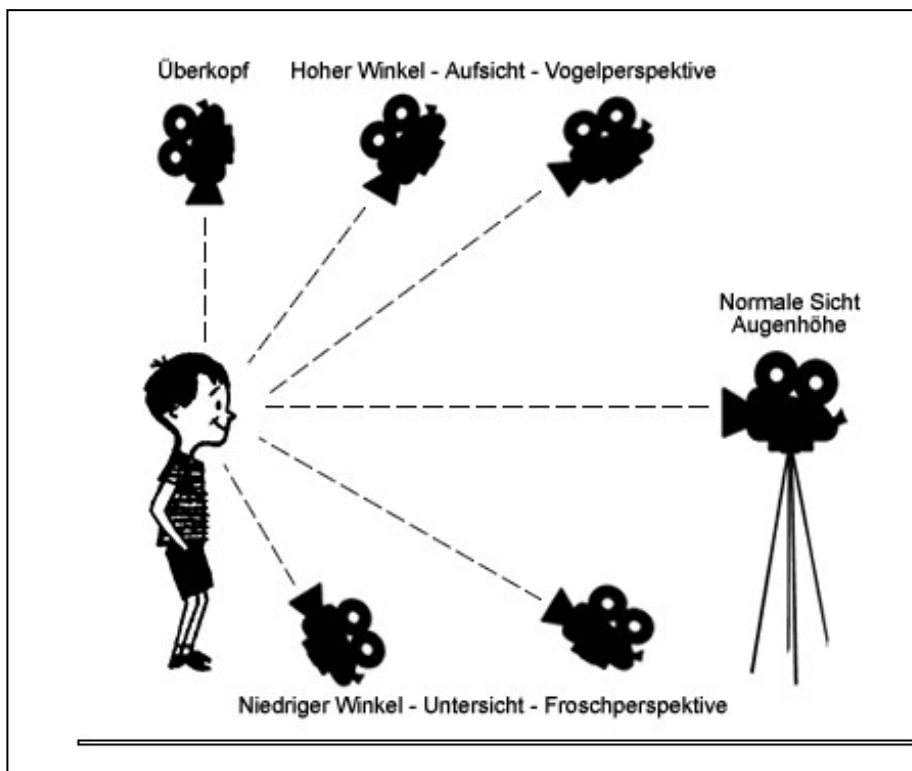
	<p>Detail Große, bildfüllende Aufnahme z.B. eines Teils des Gesichts wie Mund oder Augen. Der Bildausschnitt bekommt dadurch eine besonders starke Aussagekraft.</p>
	<p>Groß Hier wird beispielsweise der Kopf eines Menschen bildfüllend dargestellt. Bei dieser Einstellung fehlt der Hintergrund, dafür werden Gestik und Mimik hervorgehoben. Die Gefühle der Schauspieler werden hier besonders deutlich und können vom Zuschauer nicht übersehen werden.</p>
	<p>Nah Eine Person ist von Kopf bis Brust im Bildausschnitt. Die Konzentration liegt auf dieser Person und weniger auf dem Hintergrund. Auch bei dieser Einstellung können die Gefühle der Darsteller gut nachvollzogen werden.</p>
	<p>Halbnah Die Personen werden von Kopf bis zur Gürtellinie gezeigt und stehen eindeutig noch im Vordergrund des Geschehens. Der Hintergrund ist nur bedingt erkennbar. Thematische Einführung – Kameraeinstellungen und Perspektiven</p>
	<p>Amerikanisch Darstellung eines Menschen von oberhalb des Kopfes bis oberhalb der Knie. Die Umgebung ist bereits deutlich erkennbar, aber der Focus liegt noch auf der dargestellten Person.</p>

	<p>Halbtotale Die handelnde Person ist vollständig im Bild und der sie umgebende Hintergrund wird wichtiger.</p>
	<p>Total Bei dieser Einstellung ist der ganze Mensch im Bild mit deutlich sichtbarem Hintergrund. Der Zuschauer bekommt so eine bessere Orientierung vom Umfeld.</p>
	<p>Weite Totale Der Raum dominiert die Einstellung. Der Zuschauer erhält Informationen über die Umgebung und die aktuellen Bedingungen. Menschen sind im Bild nur sehr klein vorhanden</p>

5.2 Kameraperspektiven

Vertikalperspektive

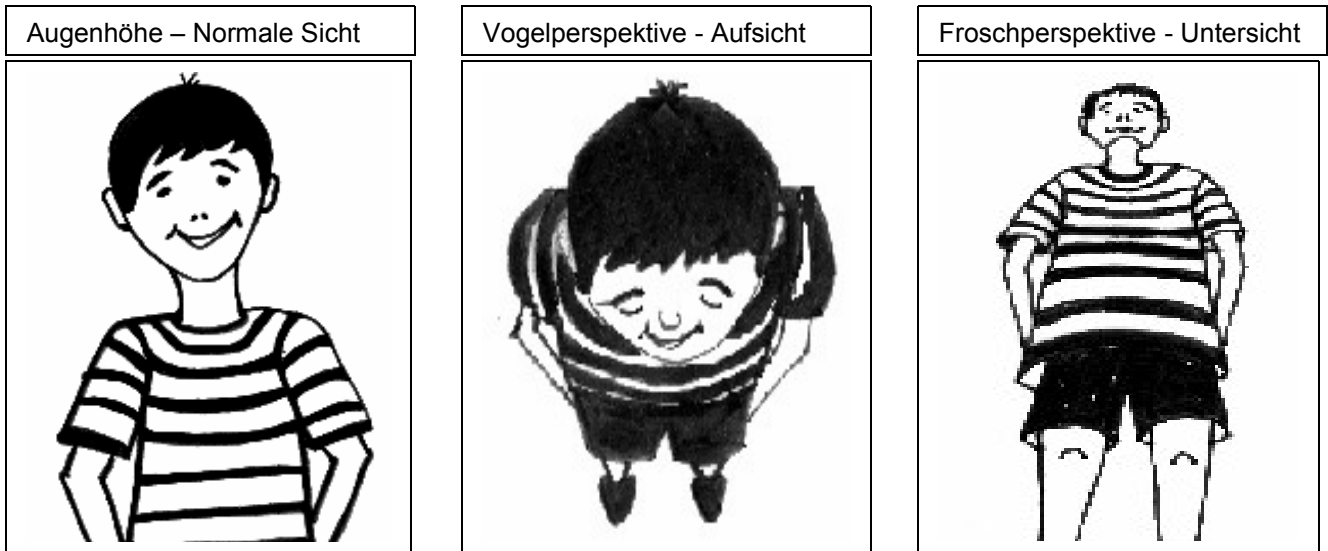
Der Standpunkt und die Perspektive der Kamera sind besonders wichtig für den räumlichen Bezug zu den Objekten und zum Handlungsgeschehen. Die Kameraperspektive entspricht immer dem gedachten Standpunkt des Zuschauers (seinem Blickwinkel). In Verbindung mit den verschiedenen Einstellungsgrößen wird so die Beziehung zwischen dem Zuschauer und dem dargestellten Objekt definiert.



Die meist verwendete Kameraperspektive ist jene, die der normalen Sehweise einer stehenden Person entspricht, die Perspektive aus Augenhöhe.

Kameraeinstellungen aus der Vogelperspektive ermöglichen einen guten Überblick über den Schauplatz. In Kombination mit der Einstellungsgröße „Weite Totale“ wird diese Kameraperspektive gerne bei Landschaftsdarstellungen verwendet. Die Aufsicht kann die Wichtigkeit des gezeigten Objektes verringern.

Als Kontrast hierzu gilt die Froschperspektive, welche durch ihren ungewöhnlichen Blickwinkel die dargestellten Objekte sehr groß und wuchtig erscheinen lässt. Diese Untersicht betont in der Regel die Bedeutung des Objektes.



Horizontalperspektive

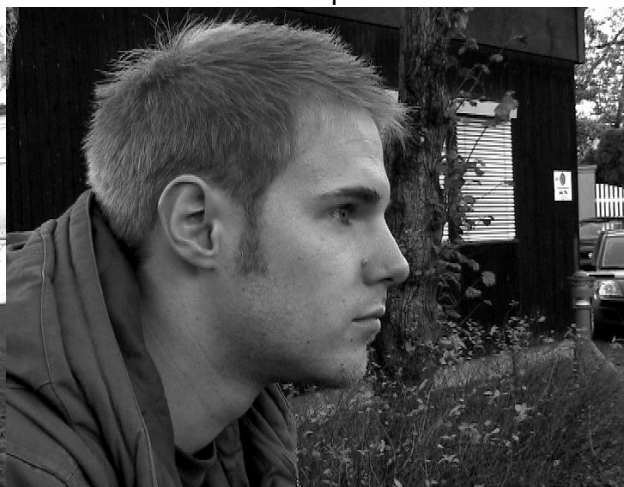
Die Horizontalperspektive beschreibt die Richtung in die eine dargestellte Person blickt. Hier wird durch eine frontale Perspektive im Normalfall eine höhere Wahrnehmung der Emotionalität der abgefilmten Person erreicht. Die Emotionalität des Betrachters hingegen bleibt dabei meist unbehelligt. Hier kommen noch verschiedene andere Bildparameter zum tragen. Eine stark von der Kameraachse abgewandte Blickrichtung ermöglicht zudem eine offene Bilderzählung, d.h. die Aufmerksamkeit führt aus dem Bildkader heraus.

Beispielbilder für Horizontalperspektive

Frontalperspektive



seitliche Perspektive



Entfernungsperspektive

Die Entfernungsperspektive beschreibt die räumliche Distanz zwischen Kamera und beobachteter Szenerie. Die tatsächliche Entfernung steht dabei in Zusammenhang mit der gewählten Brennweite (Weitwinkel-Tele)

Beispielbilder

Nahperspektive (hohe Tiefenschärfe)



Fernperspektive (geringe Tiefenschärfe)



5.3 Die Tiefenschärfe

Aus der Entfernungsperspektive lassen sich gute Beobachtungen der Tiefenschärfe machen.

Definition:

Mit Tiefenschärfe (alias Schärfentiefe) ist der Entfernungsbereich von der Kamera gemeint, in welchem ein abgebildetes Objekt scharf abgebildet wird. Beeinflusst wird die Tiefenschärfe von drei Parametern:

Blende, Brennweite, Entfernung des Objektes

Mittelbare Parameter sind die Größe des Bildfensters (Einfluss auf die Brennweite) und die Lichtsituation (Einfluss auf die Blende).

Grundsätzlich gilt, dass ein kurzer Tiefenschärfenbereich eher den Sehgewohnheiten des menschlichen Auges entspricht und daher emotionalisierender wirkt. Es findet eine große Fokussierung und Hinführung auf bestimmte (scharfe) Bildbereiche statt. Unscharfe Bildbereiche werden eben nur bedingt wahrgenommen.

Ein Hauptproblem in der Generierung eines „Filmlooks“ mit einer Videokamera ist der zu große Tiefenschärfenbereich, in dem eine Videokamera abbildet. Eine Filmkamera entspricht mit ihrem großen Bildfenster und den daraus resultierenden „langen“ Brennweiten viel eher den Anforderungen der Emotionalisierung in Filmen mit Spielhandlung.

5.4 Kamerabewegungen

Die Bewegung ist ein wichtiges Charakteristikum des Films. Durch Bewegungen entstehen Handlungen, es wird ein Gefühl für Zeit geschaffen und der bespielte Raum wird gestaltet.

Man kann auf drei verschiedene Arten Bewegung in einen Film bringen:

Erstens durch die Bewegungen der Objekte, also von Schauspielern oder Gegenständen; zweitens durch die Bewegung der Kamera und drittens durch trickreiche Montagevarianten.

Die Möglichkeiten der Kamerabewegungen sind sehr zahlreich und werden oft miteinander kombiniert. Im Vergleich zu den Bewegungen der Objekte im Bild haben Kamerabewegungen jedoch eine geringere Wirkungskraft.

Im Folgenden werden einige wichtige Kamerabewegungen näher erläutert.

Kamerafahrt

Bei Fahrten und Gängen der Kamera verändert sich der Kamerastandpunkt d.h. die Kamera bewegt sich von einem Ort zum nächsten.

Die Zu- und Wegfahrt der Kamera verlegt den Fokus von einer Totalen auf ein für die Handlung wichtiges Detail oder umgekehrt. Neben der Abbildungsgröße des Objektes wird hierbei auch die Perspektive des Hintergrundes und der Umgebung verändert. Dies verstärkt besonders den Eindruck der Bildtiefe der Einstellung.

Eine wesentlich einfachere und billigere Variante hierfür wäre die Zoomfahrt bei der sich die Distanz zum Objekt durch andere Brennweiten verändert. Eine perspektivische Veränderung des Hintergrundes findet bei dieser vermeintlichen Kamerabewegung jedoch nicht statt.

Eine Parallelfahrt begleitet beispielsweise das sich fortbewegende Objekt. Dies kann per Auto, Kamerawagen oder zu Fuß geschehen. Da die Kamera immer auf gleicher Höhe mit dem Geschehen ist, bleibt der Abstand zum Objekt als auch dessen Abbildungsgröße in der Regel immer gleich.



Kameraschwenk

Bei einem Schwenk wird der Standpunkt der Kamera beibehalten und ein neuer Bildinhalt fokussiert. Die Kamera "schwenkt" also dem sich fortbewegenden Objekt hinterher. Dies ist ähnlich wie die Bewegung unseres Kopfes, wenn wir jemandem hinterher sehen.

Ein Schwenk hat informierenden oder auch suchenden Charakter. Er vermittelt den Eindruck eines intensiven Beobachtens und Schauens. Dementsprechend sollte die Schwenkgeschwindigkeit an die Menge der zu erfassenden Bildinhalte angepasst sein. Wichtig beim Schwenken ist eine ruhige Kameraführung möglichst mit einem Stativ mit gutem Schwenkkopf.

Die verschiedenen Arten von Schwenks unterscheiden sich vor allem durch ihre Geschwindigkeit. Der Begleitschwenk zum Beispiel folgt dem sich bewegenden Objekt exakt in dessen Tempo. Die Aufmerksamkeit der Zuschauer wird somit auf das Objekt gelenkt. Der Hintergrund erscheint bei dieser Einstellung unruhig und unklar. Da die Kamera an einem Punkt stehen bleibt und nur mit dem Objekt mitschwenkt, verändert sich sowohl der Abstand zum Objekt als auch dessen Abbildungsgröße.

Beim Reißschwenk hingegen wird die Kamera so schnell herumgerissen, dass die Bildinhalte zwischen der Anfangs- und Endeinstellung nicht zu erkennen sind.

Diese Sonderform des Schwenks zielt darauf ab, Einstellungen einen hektischen und nervösen Charakter zu verleihen.

Sonderfall „subjektive Kamera“

Die Verwendung einer subjektiven Kamera zieht den Zuschauer in die Sicht der handelnden Person. Es scheint so, als sei der Zuschauer unmittelbar am Geschehen beteiligt.

Der Kameramann läuft beispielsweise mit der Kamera in der Hand durch den Wald, genauso als

hätte er keine vor Augen. Ohne auf Bildausschnitte und Einstellungen zu achten nimmt er ungefiltert genau das auf, worauf sein Blick beim Gehen fällt.
Die Einstellungen werden hektisch und sind daher besonders geeignet für spannende Szenen oder Einstellungen mit vielen Menschen (Demonstration).

5.5 Achsen

Bewegungsrichtungen und Handlungsachsen

Bewegt sich nun das Objekt im Bild und nicht mehr die Kamera, gibt es einiges zu beachten.

Bei der Filmarbeit werden Szenen bzw. Handlungen für die Dreharbeiten in der Regel immer in einzelne Einstellungen zerlegt bzw. aufgelöst. All diese Einstellungen werden später beim Schneiden zusammengesetzt und lassen ein ganz neues Gefühl für Raum und Zeit im Film entstehen.

Die tatsächliche Bewegung wie sie für die Dreharbeiten stattgefunden hat, kann im Film durch die abwechselnden Kameraperspektiven, Einstellungen und den Schnitt völlig neu und anders wirken. Da der Zuschauer die Geschichte des Films nicht kennt, ist es für das Verständnis der Handlung sehr wichtig, dass die Kontinuität der Bewegungen und Handlungen in allen Einstellungen übereinstimmt. Das heißt wenn sich eine Bewegung von einer Einstellung in die andere fortsetzt ...

1. Einstellung: Eine laufende Person von vorne
2. Einstellung: Dieselbe Person immer noch laufend, von der Seite

...so ist es unabdingbar, die Bewegungsrichtung dieser Person in beiden Einstellungen beizubehalten. Ansonsten verliert der Zuschauer die Orientierung und die Handlung wird unverständlich!

Man spricht in diesem Fall von der Beachtung der Kontinuität der Bewegungen!

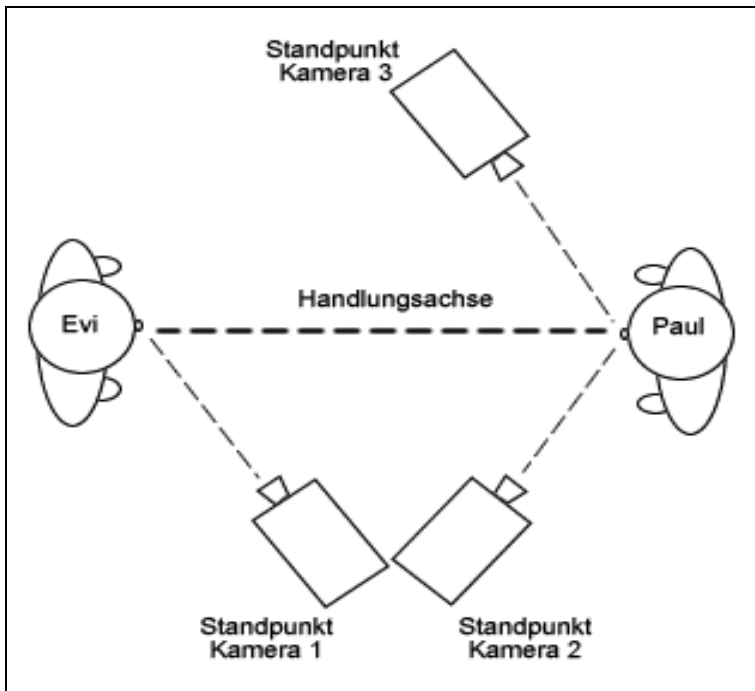
Bewegungs- und Handlungsachse

Wenn man die Bewegungsrichtung in jeder Einstellung beibehalten möchte, muss man sich unbedingt an der Bewegungs- bzw. Handlungsachse orientieren.

Diese Achse ist die gedachte Linie/Richtung der Bewegung des Objektes!
Die Achse trennt den Handlungsort in zwei Hälften. Wichtig ist nun, dass alle Einstellungen einer Bewegung konstant von einer Seite der Achse aus gedreht werden. Welche Seite als Orientierungspunkt gewählt wird, hängt von der ersten Kameraeinstellung der Bewegung ab.

Erläuterungen und Fallbeispiele

Mit der ersten Kameraeinstellung ist der Blickpunkt des Zuschauers auf das Geschehen festgelegt d.h. wenn die Handlung verständlich und logisch sein soll, muss man sich auch in den folgenden Einstellungen an dieser Achsenseite/Position des Zuschauers orientieren und die Geschichte von dort aus weitererzählen!



Handlungsachse

Die Handlungsachse zwischen Evi und Paul teilt den Raum in zwei Hälften (Oben und Unten).

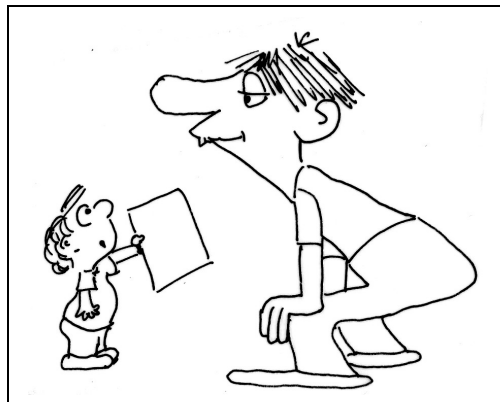
Von **Kamera 1** wurde beispielsweise die erste Einstellung gemacht \Rightarrow alle weiteren Einstellungen sollten nun von der selben Seite der Achse aus gedreht werden d.h. von Kamera 1 u. Kamera 2.

Kamera 3 steht auf der anderen Seite der Achse (Oben). Würde man eine Einstellung von ihr zwischen die Einstellungen von Kamera 1 u. 2 schneiden, gäbe es einen Achsensprung!

Von einem so genannten Achsensprung spricht man, wenn die Kamera die gedachte Linie also die Bewegungs- und Handlungsachse überspringt und dieselbe Handlung von der anderen Seite erzählt. Die Handlung wird für den Betrachter unverständlich, er verliert die Orientierung!

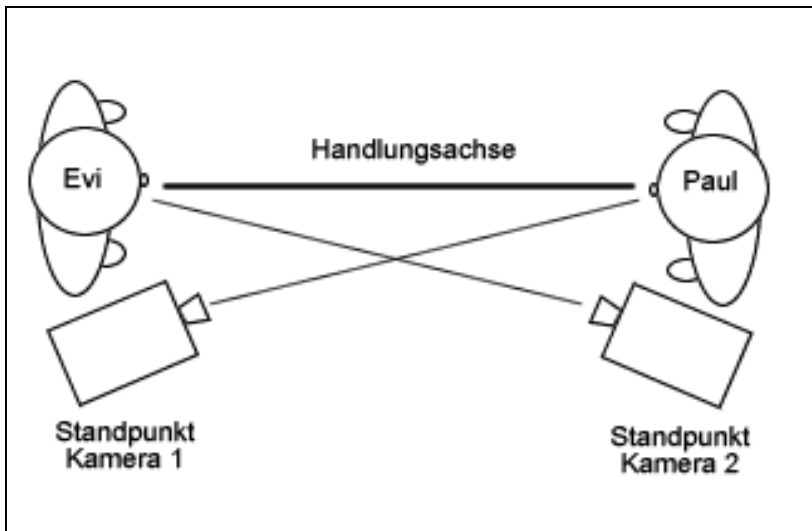
Durch Blickrichtungen können Handlungsachsen entstehen - Verdeutlichung der Wichtigkeit der Blickrichtung an einem Beispiel.

Zwei Personen sprechen miteinander und sind beide im Bildausschnitt sichtbar. Mit dieser Einstellung ist der filmische Raum für diese Handlung festgelegt. Die Personen blicken sich beim Sprechen an. Die eine Person steht links und die andere rechts im Bild.



Zwischen den zwei Gesprächspartnern ergibt sich eine Blickachse d.h. eine gedachte Augenlinie. Mit der ersten Kameraeinstellung wird entschieden, von welcher Seite dieser Achse das Geschehen weiterhin verfolgt wird.

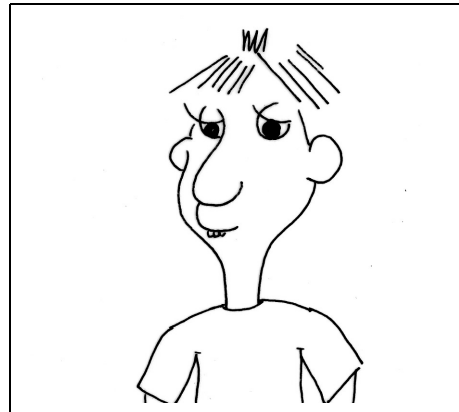
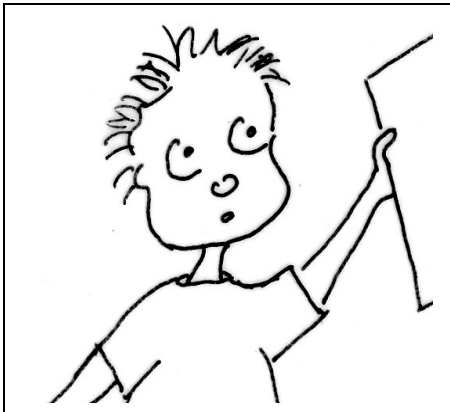
Klassische Darstellungsweise für diese Dialogsituation ist die Schuß-Gegenschuß-Methode. Das heißt die Kamera sieht abwechselnd der einen und dann wieder der anderen Person ins Gesicht.



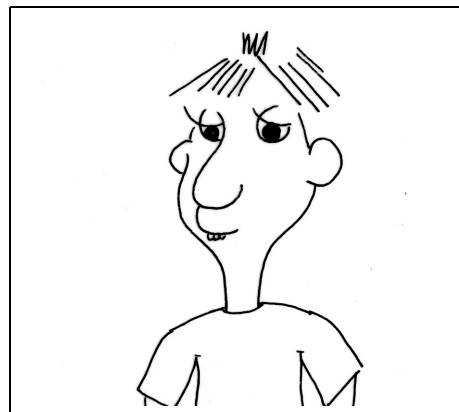
Schuß - Gegenschuß

Kamera 1 zeigt das Gesicht von Paul. Paul stellt Evi gerade eine Frage. Evis Antwort wird wiederum von Kamera 2 gezeigt.

Für eine korrekte filmische Darstellungsweise dieser Gesprächssituation muss die links stehende Person in ihrer Einstellung nach rechts und die rechts stehende Person nach links blicken, wie im folgenden Beispiel dargestellt.



Achsenverhältnisse wurden hier korrekt beachtet! Diese zwei Personen sehen sich an.



In diesem Fall wurde die Achse übersprungen und es scheint nicht so, als wenn sich diese Personen ansehen. Sie scheinen viel eher beide etwas auf der linken Seite zu betrachten.

6. Grundlagen der Lichtführung

Tages- und Kunstlicht, das sind die zwei grundlegenden Lichtquellen, mit denen bei Dreharbeiten gearbeitet wird. Sie unterscheiden sich voneinander in ihren Farbtemperaturen. So hat das Tageslicht je nach Wetterlage (Sonne, Wolken) viele bläuliche und das Kunstlicht eher orangefarbene Farbanteile. Ausnahme beim Kunstlicht bildet das eher grünlige Neonlicht. Fallen das Tages- und Kunstlicht in einer Einstellung zusammen, nennt man dies Mischlicht.

Beleuchtung ist ein sehr wichtiges Gestaltungsmittel für den Film und kann entscheidenden Einfluss auf die gesamte Bildgestaltung haben.

Problematisch ist vor allem, dass die Kamera Kontraste nicht so gut wahrnehmen kann wie das menschliche Auge. Bei Schattenpartien bedeutet das, dass die Kamera im Gegensatz zum Auge kaum noch die Feinheiten in den dunkleren Bereichen erkennen kann. Um dem entgegenzuwirken werden so genannte Aufhellungsschirme verwendet. Sie müssen so positioniert werden, dass sie Licht reflektieren und die Schattenpartien etwas aufhellen können. Die Größe eines Aufhellungsschirms umfasst ungefähr einen Quadratmeter und kann entweder eine Platte aus silberglänzender Folie (ähnlich Aluminiumfolie), aus Styropor oder aus weißem Karton sein.

Hat man eine anspruchsvollere Ausleuchtung einer Szene im Kopf und benötigt man dafür mehrere Lampen gleichzeitig, sollte man mit System vorgehen und jeder Lampe jeweils eine Funktion zuordnen.

Führungslicht (Lampe 1)

Das Führungslicht entspricht dem Licht, welches in der Szene die dominierende Lichtquelle darstellt z.B. Kerzenschein, Straßenlaterne, Mond, Sonne, Stehlampe im Raum usw..

Logischerweise muss das Führungslicht dementsprechend die Richtung, die Stärke und die Lichtqualität der Hauptlichtquelle nachahmen.

Aufhellung bzw. Füll-Licht (Lampe 2)

Das Füll-Licht hat die Aufgabe, indirekt die vom Führungslicht verursachten Schattenbereiche wieder aufzuhellen. Seine Beleuchtungsstärke muss jedoch immer geringer sein als die des Führungslichts, da es diesem untergeordnet ist.

Kann man für die Aufhellung nur auf die selben lichtstarken Lampen zurückgreifen, welche bereits für das Führungslicht verwendet wurden, empfiehlt es sich, für die notwendige Abschwächung des Lichts den Abstand zum Motiv zu vergrößern.

Damit durch das Licht von der Aufhellung nicht wieder ungewollte Schatten entstehen, sollte die Aufhellung hinter der Kamera positioniert sein, also in Aufnahme-Richtung.



Abb. 1 Starker Kontrast zwischen Führung und Aufhellung



Abb. 2 Schwacher Kontrast zwischen Führung und Aufhellung

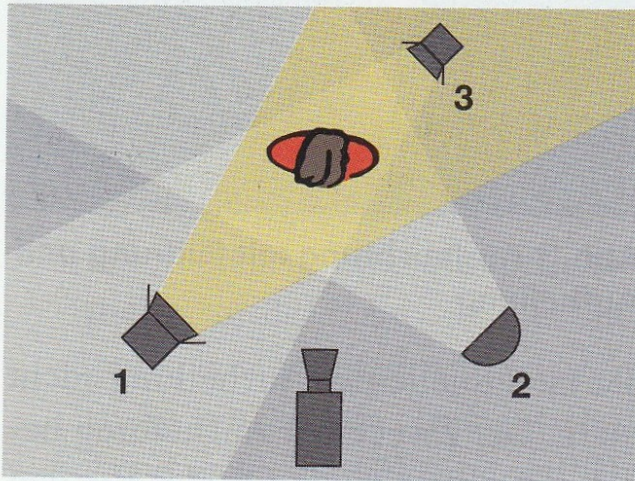


Abb. 3 Positionen von Führung, Aufhellung und Spitze



Abb. 4 Portraitausleuchtung mit Führung, Aufhellung und Spitze

Hinterlicht (Lampe 3)

Das Hinterlicht ist in der Regel ein hinter den Objekten positioniertes Gegenlicht zur Kamera. Es hat die Aufgabe, die Objekte vom Hintergrund deutlicher abzuheben.

Es gibt zwei grundlegende Lichtquellen, auf deren unterschiedliche Farbtöne beim Drehen Rücksicht genommen und die Kamera entsprechend eingestellt werden muss (z.B. mit Weißabgleich oder Filter).

Tageslicht ⇒ bläulich 5600K

Kunstlicht ⇒ orange-rötliche 3200K

Neonlicht ⇒ grünlich (Ausnahme)

7. Filmische Einheiten

Film ist ein Medium, das seinen Produzenten eine enorme Vielfalt an Möglichkeiten bietet. Doch obwohl es beim Film keine feste Grammatik gibt, der es unbedingt zu folgen gilt, lassen sich doch einige Regeln für den Gebrauch der Filmsprache definieren.

Die Syntax eines Films hat nun die Aufgabe, diese vagen Regeln systematisch zu ordnen und ihre Beziehungen zueinander aufzuzeigen.

Die Syntax der gesprochenen oder geschriebenen Sprache beschäftigt sich nur mit den linearen Aspekten des Sprachaufbaus d.h. mit der Art, wie Worte zum Satzbau aneinander gereiht werden. Die Filmsyntax geht darüber hinaus und umfasst auch räumliche Kompositionen. Das bedeutet im Gegensatz zur geschriebenen oder gesprochenen Sprache kann der Film mehrere Dinge gleichzeitig sagen, indem er sowohl die Entwicklung in der Zeit (Montage) als auch die im Raum (mise en scène) behandelt.

(mise en scène= franz.: in Szene setzen; Montage= franz.: Zusammensetzen)

Sowohl die Montage als auch die mise en scène sind Organisationsprinzipien und die „Montage macht nur das in der Zeit, was die Mise en Scène im Raum macht“ (Jean-Luc Godard). Beider Ziel ist es, die physische Realität zu überschreiten und dem Film eine weiterführende psychologische Realität hinzuzufügen. Der dabei entstehende Film ist mehr als die Summe seiner Teile.

Die filmische Einheiten im einzelnen

Ebenso wie ein Roman aufgeteilt werden kann in Kapitel, Absätze, Sätze und einzelne Wörter, kann auch ein Film in seine Bestandteile zerlegt werden. Diese Erzähleinheiten des Films nennt man „filmische Einheiten“.

Einzelbild

Die kleinste Einheit eines Films ist das Einzelbild d.h. ein einzelnes Bild (ein Frame) der dargestellten Bewegungsphase.

Einstellung

Eine Einstellung ist eine ohne Unterbrechung aufgenommene Folge von Einzelbildern. Das heißt jedes gedrehte Material vom Ein- bis zum Ausschalten der Kamera. Beim fertigen Film sind die Einstellungen zusätzlich durch die Schnitte definiert d.h. aus einer Einstellung beim Dreh können später durch das Zerteilen dieses Stück Films mehrere Einstellungen innerhalb des fertigen Films werden.

Sequenz (Szene)

Nächst größere Erzähleinheit des Films ist die Sequenz. Eine Sequenz besteht aus mehreren Einstellungen.

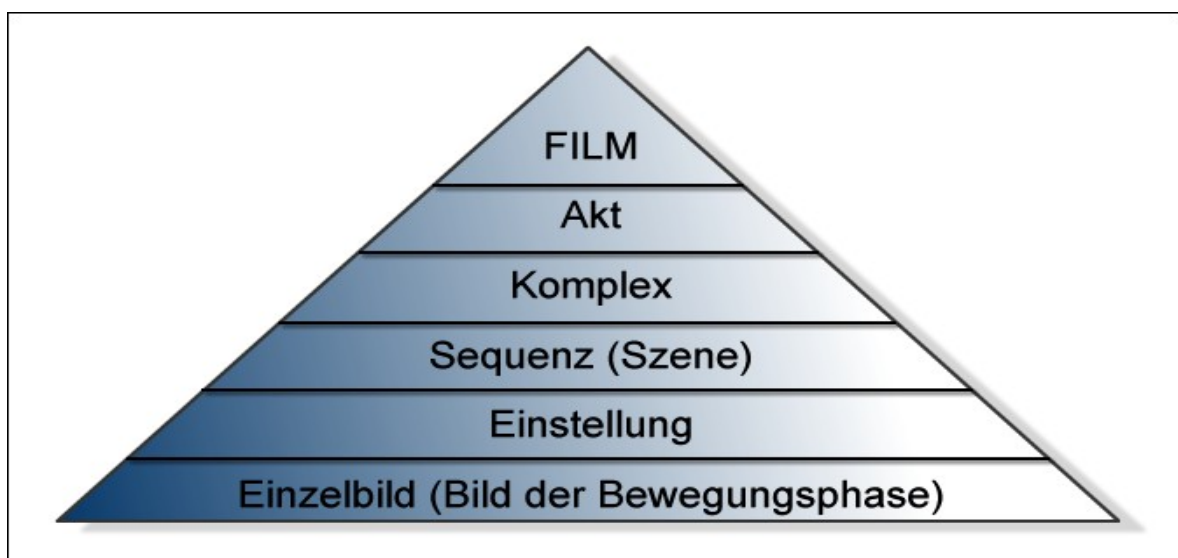
Vorsicht: Der Begriff „Sequenz“ ist nicht gleichzusetzen mit dem der „Szene“!

Eine Szene ist eine Sonderform einer Sequenz, bei der die Einstellungen keine Unterbrechungen in der Handlung, dem Zeitablauf oder dem Schauplatz haben.

Oft begründet sich die Definition einer „Szene“ auch im organisatorischen Ablauf eines Drehs, da auch hier meist eine Einheit von Ort, Zeit und Handlung gegeben ist.

Komplex, Akt und Film

Ein Komplex fasst mehrere Sequenzen zusammen. Ein Akt wiederum besteht aus mehreren Komplexen und ein Film gliedert sich in der Regel in drei bis fünf Akte.



8. Die Sequenzbildung

Es lassen sich fünf Grundprinzipien des Sequenzbaus für Schnittsequenzen bestimmen. Durch die wird eine Sequenz auf einer Ebene strukturiert, was zur Überschaubarkeit und Einprägsamkeit der Sequenz beiträgt. Die Grundprinzipien treten allerdings nicht immer in reiner Form auf und können sich besonders bei längeren Sequenzen auch vermischen.

Die fünf Grundprinzipien sind:

- Anschluss-Prinzip
- Master Shot-Prinzip
- Wechsel-Prinzip
- Klammer-Prinzip
- Reihungs-Prinzip

An einer Abfolge von fünf aneinander geschnittenen Einstellungen lassen sich diese Grundprinzipien beispielhaft verdeutlichen.

Anschluss-Prinzip

A1	A2	A3	A4	A5
----	----	----	----	----

Im Anschluss-Prinzip nach einem A1/A2/A3 Muster werden verschiedene Einzelphasen einer Handlung, unterschiedliche Aspekte eines Vorgangs oder verschiedene Einstellungen mit dem gleichen Handlungsträger nacheinander in der Sequenz zu einer Einheit zusammengesetzt.

Master Shot-Prinzip

A1	B	A2	C	A3
----	---	----	---	----

Das Master Shot-Prinzip besagt: Einzelphasen von gleiche oder eine sehr ähnliche Einstellung, in der Gesamtheit oder das Wesentliche der Handlung sichtbar ist, wird mehrmals in der Sequenz benutzt (A1/A2/A3). Dazwischen werden gelegentlich Einstellungen als Zwischenschnitte (B/C) eingeschoben, die keine eigenständige Handlungsebene darstellen, sondern lediglich als Ergänzung des Master-Shots dienen, z.B. um Details zu zeigen.

Wechsel-Prinzip

A1	B1	A2	B2	A3
----	----	----	----	----

Das Wechsel-Prinzip wird oft auch alternierende Montage oder „cross cutting“ genannt. Zwei gleiche oder sehr ähnliche Einstellungen A und B werden immer wieder abwechselnd (A1-B1-A2-B2-A3) gezeigt. Das ist z.B. bei einer Schuss/Gegenschuss- Auflösung eines Dialoges zweier Gesprächspartner A und B der Fall. Es ist auch mit den Einstellungen von Figur A und Einstellungen ihres subjektiven Blicks B möglich. Das Wechsel-Prinzip ist generell immer beim mehrmaligen Wechsel zwischen Einstellungen von Person/Objekt/Handlungsteil A und Person/Objekt/Handlungsteil B anwendbar. Im Wechsel-Prinzip steckt durch die Konfrontation von A mit B bereits schon in der Struktur ein dramaturgischer Konflikt.

Klammer-Prinzip

A	B	C	D	A
---	---	---	---	---

Im Klammer-Prinzip kehrt die gleiche oder ähnliche Einstellung zu Anfang und Ende der Sequenz wieder. So benutzt z.B. eine Sequenz mit dem Schema A-B-C-D-A die Einstellung A als Klammer. Eine Klammer schafft eine Wiedererkennung und rundet dadurch ab.

Reihungs-Prinzip

A	B	C	D	E
---	---	---	---	---

Das Reihungs-Prinzip setzt unterschiedliche Einstellungen nach einem A-B-C-D-E Muster hintereinander. Die Einstellung ergeben nur durch ihren inhaltlichen Bezug zueinander eine Sequenz. Der Sequenzbau schafft damit keine formale Verbindung der Einstellung untereinander, was die Einprägsamkeit der Sequenz behindert.

9. Filmschnitt

Wichtig für die spätere Orientierung, um mit dem Berg gedrehtem Filmmaterials nicht durcheinander zukommen, ist ein während der Drehphase konsequent geführtes „**Skript**“. Mit Hilfe eines Skripts (eine Art Protokoll oder Liste) wird festgehalten, an welchen Stellen des gedrehten Materials sich welche Szenen befinden und ob diese für den Schnitt brauchbar sind oder nicht.

Da in dieser letzten Phase der Filmproduktion nicht nur einzelne Einstellungen herausgeschnitten, sondern auch verschoben und neuerlich zusammengesetzt werden, spricht man von einer so genannten Montage.

Wichtigste Aufgabe der Montagearbeit beim Filmschnitt ist das ästhetische und künstlerische Zusammenfügen der einzelnen Einstellungen zu einem harmonischen Gesamtwerk.

Im Folgenden sollen einige Montagevarianten vorgestellt werden.

- Aneinanderreihung
- Hervorhebung
- Ursache –Wirkung
- Standortwechsel
- Zwischenschnitt
- Bewegungsschnitt
- Parallelmontage

Aneinanderreihung

Bei der Aneinanderreihung werden einzelne Einstellungen aneinander gereiht. Unterschiedliche Einstellungsgrößen und Bildinhalte machen diese Reihe interessanter. Verwendet wird diese Form der Montage vor allem bei Bildberichten, welche durch einen Off-Sprecher begleitet werden.

Hervorhebung

Durch einen Umschnitt von einer Halbnahen- auf eine Großaufnahme eines Objektes kann die Aufmerksamkeit des Zuschauers auf das bestimmte Objekt gelenkt werden. Diese blitzartige Fokussierung auf ein Detail entspricht, im Gegensatz zu anderen Varianten, der Hervorhebung wie Zufahrt oder Zoom, viel eher der menschlichen Wahrnehmung. Das Interesse für die Umgebung wird durch die schlagartige Konzentration auf ein bestimmtes Detail verdrängt.

Ursache – Wirkung (Kausalmontage)

Zeigt man eine Einstellung, z.B. ein Kind, das einen Schneeball wirft, möchte der Zuschauer die Wirkung dieses Wurfs sehen. In der nächsten Einstellung sollte demnach gezeigt werden, ob das Kind sein Ziel getroffen hat oder nicht.

Dreht man diese Reihenfolge jedoch um und zeigt zuerst das Fenster, das von einem Schneeball getroffen wird, so steigt die Neugier beim Zuschauer, wer wohl der zielsichere Werfer war. Auf eine Dialogszene übertragen funktioniert das Prinzip ähnlich mit Aktion und Reaktion der Gesprächspartner.

Standortwechsel

Die Betrachtung eines Geschehens von verschiedenen Blickpunkten aus wird durch einen Standortwechsel der Kamera ermöglicht. Im Film trägt die Verwendung mehrerer Einstellungen mit verschiedenen Blickpunkten dazu bei, dem Zuschauer einen besseren Eindruck vom Raum und somit mehr Orientierungsmöglichkeiten zu geben.

Klassisches Beispiel hierfür ist die **Schuss-Gegenschuss-Montage** bei einer Dialogsituation. Die Einstellungen zeigen in der Montage abwechselnd die Gesichter zweier sich gegenüberstehender Gesprächspartner. Das Gespräch wird verfolgt und das Zusammenspiel von Frage und Antwort, Aktion und Reaktion der einzelnen Darsteller kann auf diese Weise gut dargestellt werden.

Zwischenschnitt

Ein Zwischenschnitt kann fehlerhafte oder uninteressante Aufnahmen retten. Ein gutes Beispiel hierfür sind gekürzte Varianten von Interviews, bei denen häufig Zwischenschnitte aus Verlegenheit wie z.B. eine Großaufnahme der Hände des Interviewten eingefügt werden, um vom Text abweichende Lippenbewegungen zu vertuschen.

Bewegungsschnitt

Der Bewegungsschnitt entspricht dem Ideal des unauffälligen Schnitts, der unbemerkt den Ablauf der Geschichte strukturiert. Hierbei wird eine Bewegung von einer Einstellung in die Bewegung der nächsten Einstellung weitergeführt und der vorhandene Schnitt ist kaum bemerkbar.

Wichtig für diese Montageart ist das überlappende Drehen d.h., die gezeigte Bewegung sollte in beiden aneinander zu reihenden Einstellungen vollständig ausgeführt sein.

Parallelmontage

Mit Hilfe einer Parallelmontage lassen sich am besten mehrere gleichzeitig ablaufende Handlungsstränge einer Geschichte darstellen. Bestes Beispiel hierfür ist „Die Rettung in letzter Sekunde“, bei der immer abwechselnd der zu Hilfe kommende Held und die gefährdete Person gezeigt werden.

10. Raumgestaltung in der Sequenz

Für die geordnete Einführung in den Schauplatz der Handlung in der Sequenz lassen sich zwei Strategien unterscheiden:

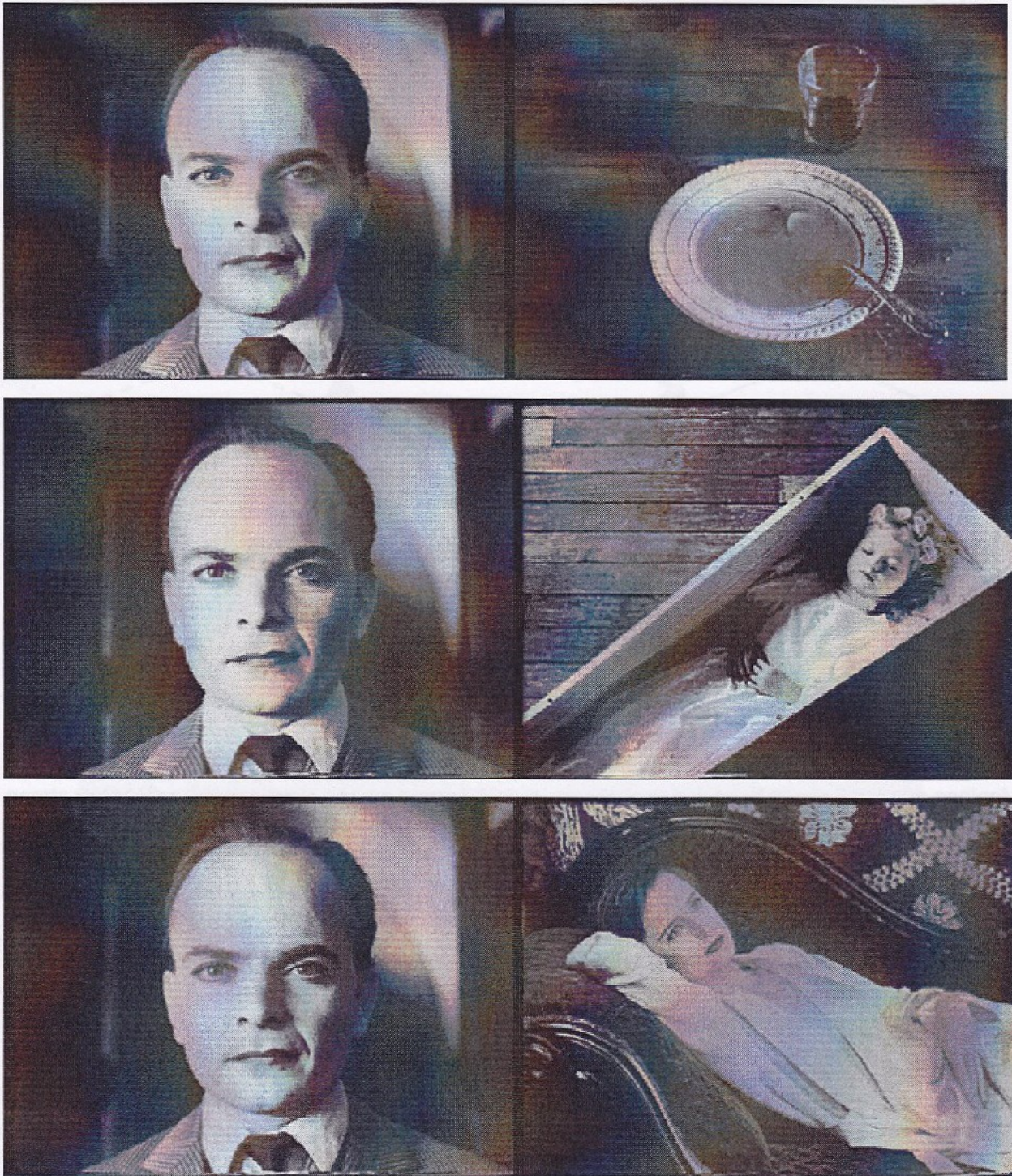
- Induktiver Sequenzaufbau (von der Gesamtheit zu Einzelheiten der Handlung hinführend)
- Deduktiver Sequenzaufbau (aus einer Einzelheit in die Gesamtheit der Handlung hinausführend)

Fast immer lassen sich Einzelheiten und Gesamtheit der Handlung in der Sequenz am Wechsel der Einstellungsgrößen festmachen, der beim Übergang zwischen den verschiedenen Einstellungen in mehreren Schritten erfolgt. Beim induktiven Sequenzaufbau z.B. von der Totalen Einstellung zu enger gefassten Abbildungsgrößen, umgekehrt bei der Deduktion z.B. von der Großaufnahme hin zu weiter gefassten Einstellungsgrößen.

Deduktiver Sequenzaufbau	<div data-bbox="526 663 1031 1025" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="536 1066 1027 1429" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="536 1469 1027 1832" data-label="Image"> </div>	<div data-bbox="1289 797 1315 833" data-label="Text">3.</div> <div data-bbox="1289 1236 1315 1272" data-label="Text">2.</div> <div data-bbox="1289 1608 1315 1644" data-label="Text">1.</div> <div data-bbox="1228 1774 1437 1841" data-label="Text">Induktiver Sequenzaufbau</div>
1.		
2.		
3.		

10.1 Der Kuleshow Effekt

Zu Beginn der 20iger Jahre führte der sowjetische Filmmacher Lew Kuleschow eine Reihe von Experimenten zur Montage durch, von denen besonderes einer unter dem Namen „Kuleschow-Effekt“ bekannt geworden ist. Die Großaufnahme eines populären russischen Stummfilmschauspielers, Iwan Mosschuchin, wurde mit drei verschiedenen Einstellungen kombiniert.



Es entstanden damals (und entstehen heute noch) bei Zuschauenden hauptsächlich zwei Bedeutungsvarianten (a/b) aus der Kombination dieser Einstellungen.

Bildfolge	Bedeutung A	Bedeutung B
Mann + Teller Suppe =	Der Mann ist in einer Küche und blickt hungrig auf den Tisch	Hunger
Mann + Kind im Sarg =	Der Mann ist in einer Leichenhalle und sieht traurig auf das tote Kind	Trauer
Mann + Frau auf Sofa =	Der Mann befindet sich in einem Schlafzimmer und sieht begehrend die Frau an	Begierde

Bemerkenswert: die Zuschauer lobten u.a. die ausdrucksvolle Mimik der Schauspielers, das seine Gefühle so großartig widerspiegelt – dabei war sein Gesichtsausdruck ja in allein drei Kombinationen identisch. Die nachfolgenden Einstellungen verändern also auch die Bedeutung und Wirkung der vorangehenden.

Der Kuleshow Effekt ist zunächst ein deutliches Beispiel für eine elementare Kontexttheorie des Films. Die Schnittmontage setzt nicht einfach Einstellungen in ein nacheinander und Nebeneinander, sie schafft ein Miteinander: einen Sinnkontext. Was in einem Film durch Montage kombiniert wird, geht in einer Gesamtbedeutung oder einer Gesamtwirkung auf. Umgekehrt beeinflusst die Gesamtbedeutung und -wirkung wieder die Bedeutung und Wirkung jeder einzelnen Einstellung.

11. Zeitgestaltung in der Sequenz

Auch bei der Betrachtung der Zeitbehandlung in filmischen Erzählungen ist eine Unterscheidung zwischen Handlungszeit (die Dauer der Handlung in Echtzeit) und Filmzeit (die Dauer der Handlung im Film) wichtig.

Das Mittel, um die Zeitbehandlung im filmischen Erzählen zu organisieren, ist die Montage.

Ununterbrochener Zeitfluss

Die Ablaufzeit einer Handlung ist genau so lang wie die Zeit in ihrer filmischen Abbildung. Es gibt keine Auslassungen oder Sprünge. Das ist z.B. innerhalb einer ununterbrochenen Einstellung (Plansequenz) gegeben, jedoch auch in der Montage durch Schnitt herstellbar.

Einen ununterbrochenen Zeitfluss findet man z.B. bei Mehr-Kamera-Aufzeichnungen einer Ereignisses: z.B. Talkrunde, Sportveranstaltung und Theateraufführung.

Zeitraffung (Ellipsen)

Bei einer Ellipse werden weniger wichtige Bestandteile eines Handlungsablaufs und dadurch größere oder kleiner Zeitstücke ausgelassen.

Ellipsen werden sehr häufig verwendet, mit ihnen erfolgt eine Staffung des Geschehens, eine Beschleunigung und Konzentrierung der Handlung. Dadurch sind kleinere oder größere Zeitsprünge möglich. Häufig verwendetes Montagemittel, um Ellipsen unauffällig zu gestalten, sind Zwischenschnitte und das Wechselprinzip, oft auch die Parallelmontage.

Gleichzeitigkeit (Parallelität, Simultanität)

Ausschnitte aus zwei (oder mehreren) verschiedenen Handlungen werden nacheinander abwechselnd gezeigt. So entsteht der Eindruck der Gleichzeitigkeit der Handlung und eines Bedeutungszusammenhangs zwischen ihnen. Die Parallelmontage ist ein sehr früh entstandenen und sehr häufiges verwendetes Erzählmittel.

Dehnung

Eine Handlung wird in ihrer Dauer durch die Montage verlängert, indem einzelne Handlungsteile in verschiedenen Einstellungen gezeigt werden. Dabei überlappen sich die Handlungsteile in den Einstellungen zeitlich. In der Filmzeit wird die Handlung dadurch länger als sie in der Realzeit dauert, was oft unmerklich geschieht.

Die zeitliche Dehnungsmöglichkeit schafft eine Möglichkeit zur Betonung, hat allerdings ihre Grenzen dort, wo die Handlung dann unnatürlich lang und dadurch unrealistisch oder langweilig wirkt.

Wiederholung

Eine Handlung wird mehrmals nacheinander gezeigt und dadurch ein seiner Wichtigkeit hervorgehoben. Das Mittel der Wiederholung ist auffällig und es hebt den Realismuseindruck der Handlung auf.

Rücksprung (Rückblende)

Die Beibehaltung der Richtung im Zeitfluss (Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft) gehört zu den elementaren Bestandteilen unseres menschlichen Realitätsverständnisses. Wir sind es auch beim Erzählen in Medien gewohnt, obgleich hier eine größere Freiheit herrscht. So arbeitet z.B. Erzählliteratur mit Vorblenden und Rückblenden, auch das Drama. Ein wichtiger Anhaltspunkt ist oft die explizite Zeitangabe und ein Deutlich machen von Zeitsprüngen durch bestimmte formale Mittel.

Es findet sich im filmischen Erzählen eine verbreitete Form des zeitlichen Sprungs zurück im Mittel der Rückblende. Der Übergang zwischen den verschiedenen Zeitebenen von Gegenwart und Vergangenheit ist besonders in älteren Filmen deutlich gekennzeichnet (z.B. mit Überblendungen, Trickblenden). Manchmal werden auch die Einstellungen in den Rückblenden selbst stilistisch deutlich abweichend gestaltet. (z.B. Gegenwart in Farbe, Rückblende monochrom oder schwarz/weiß)

Vorwärtssprung (Vorblende)

Eine Vorblende ist zunächst eine Ellipse, also ein zeitlicher Vorwärtssprung. Allerdings folgt ihm wieder ein zeitlicher Sprung zurück. Auch Vorblenden sind nicht immer einfach zu verstehen und häufig durch stilistische Wechsel in der Schnitttechnik (Überblendung o.Ä.) gekennzeichnet.

12. Tongestaltung

Ein weiteres sehr wichtigstes Gestaltungsmittel des Films ist der Ton. Er kann unterteilt werden in:

- Sprache
- Musik
- Geräusche und Atmosphäre.

Den **Originalton** einer Aufnahme (also Sprache und Nebengeräusche), der bei Videoaufnahmen durch ein internes Kameramikrofon aufgenommen wird, unterstützt man bei größeren Filmprojekten durch ein mit der Kamera extern verbundenes Mikrofon zusätzlich.

Die beim Schnitt hinzugefügte **Musik** verleiht dem Film die gewünschte Stimmung. Je nach Tempo der Szene, Stimmung usw. wird die den Anforderungen entsprechende musikalische Untermalung gewählt oder selbst komponiert.

Durch den Einsatz von **Geräuschen**, deren Quellen im Bild nicht oder noch nicht sichtbar sind, gewinnt der filmische Raum für den Zuschauer an Weite und wird realitätsnäher.

Um eine homogene Geräuschkulisse zu schaffen, werden meist neben den normalen Aufnahmen noch zusätzliche Tonaufnahmen des Raumes und der Umgebung gemacht, um die entsprechende **Atmosphäre** („Atmo“) festzuhalten. Im Nachhinein wäre es schwierig, überzeugende Atmos nachzustellen.

Wenn **Geräusche** richtig eingesetzt werden, können sie Bilder, ja sogar Handlungen ersetzen. Zeigt das Bild beispielsweise eine offene Haustüre und man hört Geräusche von vielen vorbeifahrenden Autos, so ist dem Zuschauer klar, dass das Haus direkt an einer großen Straße gebaut ist. Oder man sieht wiederum nur die Haustüre und hört die Bremsen eines Autos quietschen und einen Aufprall. Damit wird ohne Bilder klar, dass gerade vor der Türe ein Unfall geschehen ist.

Bei einer Dramaturgischen Betrachtung dieser unterschiedlichen Tonquellen spricht man auch von Tonebenen. Zu jeder dieser Tonquelle haben sich im Laufe der Film- und Fernsehgeschichte Konventionen bezüglich ihres Verhältnisses zum Bild herausgebildet. Das einfachste Verhältnis zwischen Bild und Ton kann mit den Begriffen On-Ton und Off-Ton erklärt werden: ist die Herkunft der Tonquelle im Bild zu sehen, so spricht man von On-Ton. Ist die Tonquelle nicht im Bild zu sehen, so spricht man von Off Ton.

13. Musik im Film

Musik ist eine eigenständige Kunstform mit eigenen Gesetzmäßigkeiten. Wenn Musik aber im Zusammenhang mit Film- und Fernsehbildern verwendet wird, wird sie beinahe immer funktionalisiert. Sie übernimmt dann weitere, über ihre eigentliche Bedeutung hinausgehende Aufgaben. Die Ausdrucksmittel der Musik sind dann im Kontext von Bildern und Handlungsverlauf wirksam.

Der Einsatz von Musik beeinflusst die Rezeption von Bildern erheblich. Es lassen sich im allgemeinen drei typische Varianten von Musikeinsatz unterscheiden:

- illustrierender Musikeinsatz
- kontrastierender Musikeinsatz
- polarisierender Musikeinsatz

Illustrierender Musikeinsatz

In den weitaus meisten Fällen unterstützt und verstärkt die eingesetzte Musik den dramaturgischen und bildlichen Inhalt. Dem Zuschauer soll durch einen solchen illustrierenden Musikeinsatz das Verständnis der Darstellung erleichtert werden. Instrumentierung, Tempo, Klangcharakteristik, Melodieführung und Harmonik entsprechen in ihrer Wirkung dem Geschehen im Bild.

Bsp: Tempo reiche und spannende Musik bei einer Verfolgungsjagd und sanfte, langsame Musik bei Liebeszene.

In diesen wie in vielen anderen Fällen bemerkt der Zuschauer oft gar nicht, dass weite Teile des filmischen Geschehens musikalisch untermalt sind. Man empfindet es als selbstverständlich, dass Musik mit der Aussage der Bilder im Einklang steht.

Kontrastierender Musikeinsatz

Beim kontrastierenden Musikeinsatz wird durch die Musik eine zu den Bildern zur dramatischen Situation gegensätzliche Aussage getroffen. Diese Art des Musikeinsatzes kann z.T. sehr krass auf den Zuschauer wirken. Daher werden beim kontrastierenden Musikeinsatz häufig parodistische oder auch zynische Aussagen assoziiert.

Ein beeindruckendes Beispiel bietet der Film *Good Morning, Vietnam*. Zu Bildern des Krieges, der Zerstörung und Unterdrückung ist dort der Song „Wonderful World“, gesungen von Louis Armstrong, zu hören. Textaussage, Instrumentierung und Harmonik der Musik widersprechen den Bildern so auffällig, dass dem Zuschauer der Gegensatz schnell auffällt und die kritische Absicht des Regisseurs deutlich wird.

Polarisierender Musikeinsatz

Wie groß der Einfluss der Musik auf die Wahrnehmung des Geschehens im Film ist, wird bei Bildern mit einem weitgehend neutralen Inhalt besonders deutlich. Die Totale eines Hauses bei Tageslicht kann durch die unterlegte Musik in ihrer Wirkung manipuliert werden: Durch eine freundliche harmonische Untermalung wird die Gesamtstimmung positiv beeinflusst. Unterlegt man die gleiche Einstellung mit schrill, disharmonischen Tönen, so wird das Haus mit negativen, bedrohlichen Assoziationen belegt („da geht etwas Unheimliches vor sich.“)

14. Zusammenwirken Bild und Ton.

Bild und Ton zielen auf unterschiedliche Sinne der Wahrnehmung. Sie werden auf unterschiedliche Weisen verarbeitet: das Bild eher rational der Ton mehr emotional. Trotzdem wirken Bild und Ton zusammen (synästhetisch). Damit sind der Gestaltung im Zusammenwirken von Bild und Ton ungeheure Möglichkeiten eröffnet.

Die Bildaussage und die Tonaussage bzw. ihr Ausdruck können annähernd gleich bzw. ähnlich sein (A_{Bild} und A_{Ton}), sie können aber auch verschieden sein (A_{Bild} und B_{Ton}).

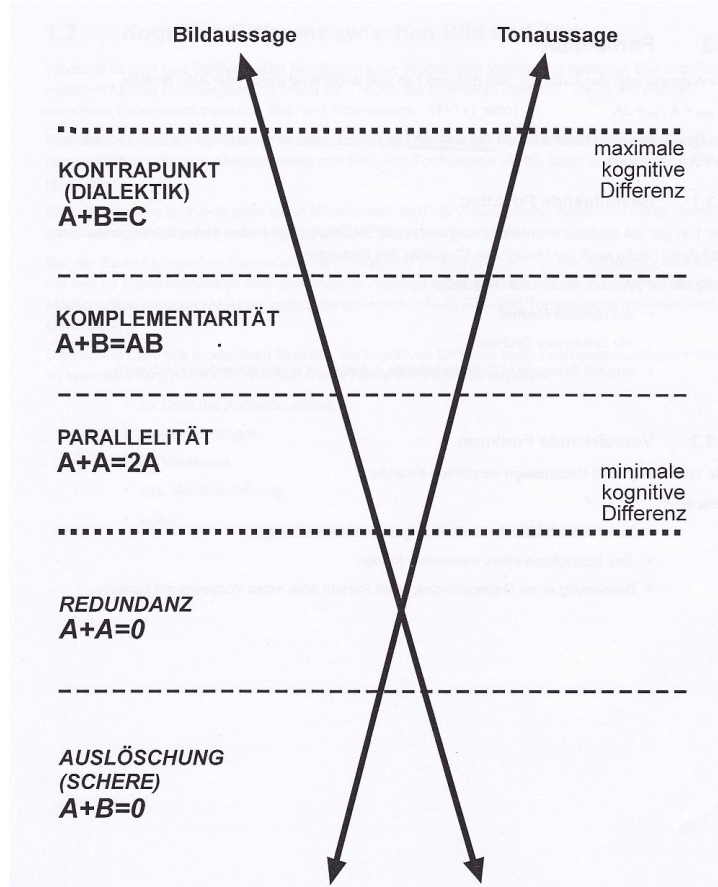
Aus gleichen (A und A) oder verschiedenen (A und B) Bild- und Tonaussagen bildet sich in den allermeisten Fällen eine gemeinsame Aussage. Dieser produktive Prozess beim Zuschauenden/Zuhörenden ist auf drei grundsätzliche Weisen möglich, die sich auch mit zwar nur pseudomathematischen, aber sehr brauchbaren Faustformeln darstellen lassen:

Parallelität: $A_{\text{Bild}} + A_{\text{Ton}} = 2A$	(oder $1+1=1$)
Komplementarität: $A_{\text{Bild}} + B_{\text{Ton}} = AB$	(oder $1+1=2$)
Kontrapunkt: $A_{\text{Bild}} + B_{\text{Ton}} = C$	(oder $1+1=3$)

Dieser Vorgang kann aber auch gestört sein, dann entsteht keine wirkungsvolle gemeinsame Aussage beim Zuschauer/Zuhörenden. Bild und Ton fallen spürbar auseinander und es kommt zu einer Irritation. Das kann in zwei Fällen passieren, für die es wiederum Faustformeln gibt:

Redundanz: $A_{\text{Bild}} + A_{\text{Ton}} = 0$	(oder $1+1=0$)
Schere: $A_{\text{Bild}} + B_{\text{Ton}} = 0$	(oder $1+1=0$)

Die Unterschiede sind graduell und nicht absolut: Im Einzelfall kann es mitunter schwierig zu bestimmen sein, ob sich Bild- und Tonaussage noch ähnlich oder schon verschieben sind und welche gemeinsame Aussage sie ergeben.



Quellen:

- **Anfang**, G.; **Bloech**, M.; **Hültner**, R.: Vom Plot zur Premiere.
- **Kamp**, Werner: AV-Mediengestaltung Grundwissen.
- **Katz**, S.: Die richtige Einstellung.
- **Kramarek**, J.; Pockrandt, R.; Kersten, P.: DuMont's Handbuch für praktische Filmgestaltung.
- **Monaco**, James: Film verstehen.
- **Rabiger**, Michael: Dokumentarfilmregie.