

ANG FOKUS

1 | 2014



AARGAUISCHE
NATURFORSCHENDE
GESELLSCHAFT



LIEBE LESERINNEN, LIEBE LESER

Dieses Jahr stehen neben den langfristig laufenden Aktivitäten vor allem zwei Projekte im Vordergrund. Als erstes sind wir als Folge eines Thementages „Wasser“ mit der Bezirksschule Aarau daran, ein einmaliges Projekt umzusetzen. Dabei wird ein Auenpfad im „Oberen Rohrer Schachen“ bei Aarau realisiert, welcher durch die umliegenden Schulen als Lehrpfad benutzt werden kann und die Wanderer über die Vielfalt und Komplexität des Auengebietes sensibilisieren soll. Unterstützt werden wir neben der Bezirksschule Aarau auch durch das Naturama in Aarau. Ermöglicht wurde dieses Projekt vor

allem durch die grosszügige Spende der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) und der Ortsbürgergemeinde Aarau.

Das zweite Projekt steht im Zusammenhang mit dem zweihundertjährigen Bestehens der SCNAT im Jahre 2015. Die Akademie der Naturwissenschaften plant eine Kampagne um der Bevölkerung naturwissenschaftliche Errungenschaften näher zu bringen. Dabei sind gesamtschweizerisch mobile Ausstellungen geplant. Der Kanton Aargau ist mit drei Ausstellungsschwerpunkten in Aarau, Windisch - Brugg und Zofingen eingeplant.

Die ANG ist dabei eigene Aktivitäten im Raume Aarau zu planen und Institutionen mit naturwissenschaftlichen Angeboten im Aargau zu mobilisieren. Diese können dann jeweils als „Satelliten“ den Schwerpunkten zugeordnet werden.

Fritz Wenzinger
Präsident ANG

Wollen Sie an bester Lage in Aarau Ihre Kunden empfangen und Sitzungen durchführen?



Direkt am Bahnhofplatz 4
in Aarau

Flexibel

Individuell

günstig

topmoderne Infrastruktur

365 Tage im Jahr

06:00 - 24:00

MIETEN SIE BUSINESS ROOMS - SITZUNGS- / KONFERENZZIMMER ODER EINEN TEMPORÄREN ARBEITSPLATZ

Flexibel, individuell und direkt am Bahnhofplatz 4 in Aarau

Räume mit 4 bis maximal 50 Personen (Konferenzsaal) mietbar. Stunden bis Tage oder Domiziladresse/Firmensitz möglich. Weitere Informationen unter:

www.dstgroup.ch/business-rooms





6

DIE BILDUNG VON WOLKEN

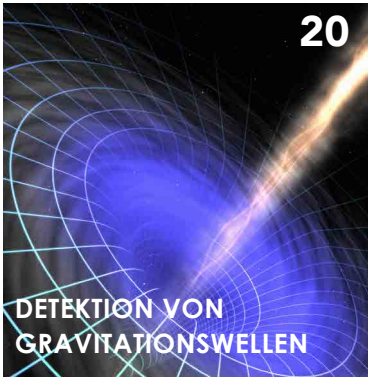


74

BEDROHLICHE RESISTENZEN



DER HEUSCH



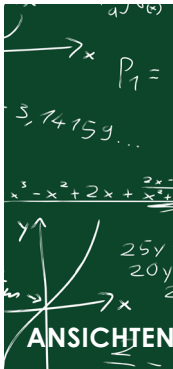
20

DETEKTION VON GRAVITATIONSWELLEN



16

VON BLEISTIFTMINEN UND DIAMANTEN



ANSICHTEN



82

IN VITRO, IN VIVO, IN SILICO

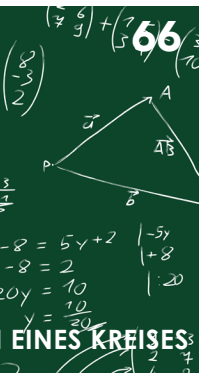


54

KIRGISISTAN - EIN REISEBERICHT



DIE GEOLO



INHALT

DIE BILDUNG VON WOLKEN.....06

Erklärt an fünf Experimenten

WASSERSTROM AUS DER SUHRE..... 14

Die Wasserschnecke - ein Pilotprojekt der IBAarau

DETEKTION VON GRAVITATIONSWELLEN AUS DEM KOSMOS.....20

Gravitationswellen und Ihre Detektion

VON BLEISTIFTMINEN UND DIAMANTEN.....16

Ihre unterschiedlichen Eigenschaften einfach erklärt

DER HEUSCHRECK.....42

oder wie sich Wiesenbewirtschaftung und -mähd auf die Heuschreckendiversität und -dichte auswirken

KIRGISISTAN.....54

Das schöne Land der Berge und Flüsse – Ein Reisebericht

ANSICHTEN EINES KREISES.....66

oder die Macht der Abstraktion

BEDROHLICHE RESISTENZEN.....74

Wenn Antibiotika nicht mehr wirken

IN VITRO, IN VIVO, IN SILICO.....82

Modellbildung und Computersimulation als komplementäre Labormethode

DIE GEOLOGIE DES GOTTHARDS..... 98

Die Vergangenheit in der Gegenwart erleben

NATURAMA NEWS.....108

LANG NEWS.....112



DIE BILDUNG VON WOLKEN

Erklärt an fünf Experimenten

Nach einer langen Bauzeit wurde am Samstag, 26. Oktober 2013 der neu gestaltete Platz vor dem Bahnhof mit dem neuen Bushof eingeweiht. Über dem Bushof schwebt eine markante Foliendecke, welche eine Wolke darstellt.

Die ANG hat es sich zum Auftrag gemacht im Naturama neben dem Bahnhofplatz am Einweihungstag das Leitthema Wolken aufzunehmen und mit Experimenten zu erklären. Spezialisten der ANG erklärten in Experimenten Eigenschaften der Wolke und deren Entstehung.







An dieser Stelle werden die am 26. Oktober 2013 gezeigten Experimente nochmals erwähnt und einige Grundlagen geklärt.

DEFINITIONEN UND ERKLÄRUNGEN ZUM SACHVERHALT WOLKE

Wichtig für das Verständnis dieses Sachverhaltes ist die Sublimation; darunter versteht man den unmittelbaren Übergang eines Stoffes vom festen in den gasförmigen Zustand, ohne sich zuvor zu verflüssigen.

Weiter spielt auch die Kondensation eine wichtige Rolle. Unter Kondensation versteht man den Übergang eines Stoffes vom gasförmigen in den flüssigen Zustand.

Die maximale Luftfeuchtigkeit in g/m^3 gibt an, wieviel Wasserdampf höchstens in einem m^3 Luft passt. Dies ist abhängig von der Temperatur. In warmer Luft kann mehr Wasser aufgenommen werden als in kalter.

Die absolute Luftfeuchtigkeit in g/m^3 gibt an, wieviel Wasser in einem m^3 Luft bei einer bestimmten Temperatur enthalten ist.

Die relative Luftfeuchtigkeit in Pro-

ÜBER DEN AUTOR

Lorenz Caroli,
Pensioniert, freier Mitarbeiter einer
Gratiswochenzeitung

Besuch alte Kantonsschule (Maturität B)

Einstieg in die Welt des Computers. Übernahme des Kassieramtes der ANG im Jahr 1987. Renditen-Hochkonjunktur bei der Anlage der Sponsorengelder des Jubiläumsjahres sowie des Amsler-Legates. Rücktritt als Kassier 2011 und gleichzeitige Wahl zum Revisor.

zent erhält man, indem man die absolute Luftfeuchtigkeit durch die maximale Luftfeuchtigkeit dividiert und mit 100 multipliziert.

Weiter ist anzumerken, dass Warme Luft aufsteigt und sich in Folge des kleiner werdenden Luftdruckes ausdehnt.



Abb. 1 ANG-Mitglied mit Feuchtttermometer und Tabelle zur Berechnung der rel. Luftfeuchtigkeit.

EXPERIMENT 1

In einem ersten Experiment wird die relative Luftfeuchtigkeit ermittelt. Dazu wird ein Feuchttthermometer (Thermometer, das mit einem nassen Tuch umwickelt ist) im Kreis geschwungen. Dadurch verdampft Wasser und kühlt die gemessene Raumlufttemperatur ab. Wenn sich die Temperaturanzeige stabilisiert hat, berechnet man die Differenz zwischen Anfangs- und Schlusstemperatur. Auf einer Tabelle (Abb. 1) kann die relative Luftfeuchtigkeit in Prozent abgelesen werden. Wenn die relative Luftfeuchtigkeit 100% erreicht, bilden sich Wassertropfen (Wolken, Nebel).

EXPERIMENT 2

Im zweiten Experiment wird die Wolkenbildung erklärt. Ein Becherglas wird zu einem Viertel mit heissem Wasser gefüllt und mit einem Eisbeutel abgedeckt. Die warme, mit Wasser gesättigte Luft steigt auf. Im oberen Teil des Becherglases wird sie abgekühlt. Da die kühlere Luft nicht mehr alles Wasser halten kann, werden feine Wassertropfchen aus dem Wasserdampf auskondensiert. Die feinen Tröpfchen formen ein wolkenähnliches Gebilde im Glas. Dieser Effekt zur Wolkenbildung wird verstärkt durch Zugabe von Russpartikeln.

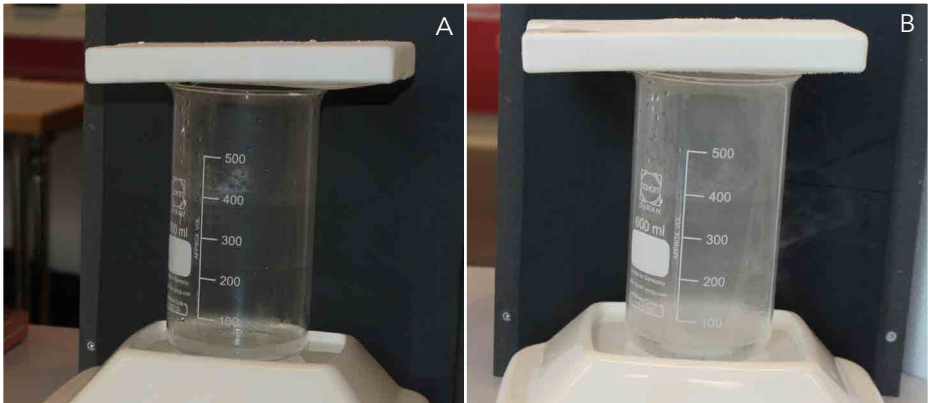


Abb. 2 Becherglas mit warmem Wasser kurz nach dem Auflegen eines Eisbeutels (A) und etwas später (B).

EXPERIMENT 3

Anschaulich wird im dritten Experiment die Wolkenbildung in der Natur imitiert.

In der Atmosphäre entstehen Wolken durch aufsteigende Luft, die sich als Folge des abnehmenden Luftdruckes ausdehnt und sich dabei abkühlt. Sobald die Sättigungstemperatur erreicht ist, kondensiert der in der Luft enthaltene Wasserdampf und es bilden sich Wassertropfen, die an kleinen Partikeln zu Tropfen wachsen. Wir nehmen dies als Nebel oder Wolken wahr.

Der ganze Vorgang wird nachgebildet. Die Luft in einer abgeschlossenen

Mostflasche wird durch Hineinblasen von Luft aus der Lunge komprimiert (Abb. 3). Ein Mensch kann mit seiner Lunge einen Überdruck von 10 bis 15% erzeugen. Die durch die Kompression erwärmte Luft kühlt sich innerhalb von 30 Sekunden ab. Nun kann das Experiment beginnen. Beim Öffnen des Ventils strömt Luft aus und die zurückbleibende Luft dehnt sich so viel aus, wie wenn sie ca. 1000 Meter aufgestiegen wäre. Man sieht eine neblige Luft, die durch zugeblasene Rauchpartikel schneller entsteht und intensiver wird. Dieser Nebel bildet sich, weil die abgekühlte Luft nicht mehr alles Wasser halten kann.

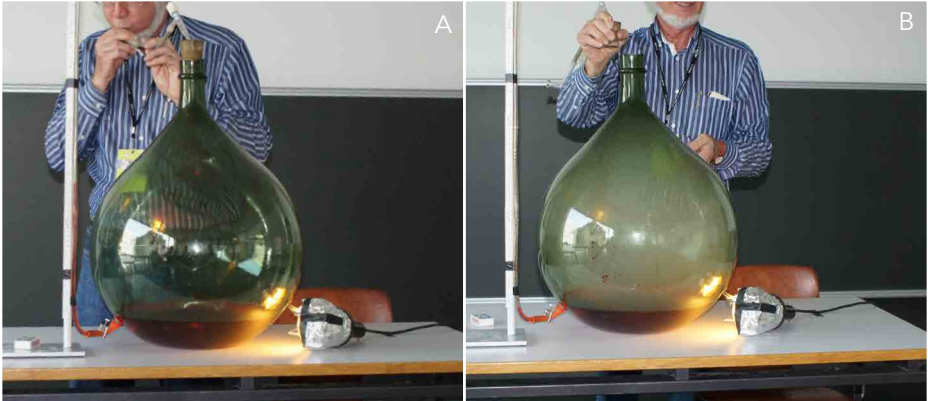


Abb. 3 Nachbildung des Wolkenbildungsprozesses in einer Mostflasche; Bei Erstellung des Überdruckes (A) und nach dem Öffnen der Flasche später (B).

EXPERIMENT 4

In ein Becherglas, das zur Hälfte mit heißem Wasser aufgefüllt ist, werden Trockeneispellets hineingegeben. Beim Erwärmen des Trockeneises (gefrorenes Kohlendioxid) wird durch Sublimation Kohlendioxidgas gebil-

det, das voluminöser ist. Die gebildeten Gasblasen steigen aus dem Glas und reißen feinste Wassertröpfchen mit. Nebelschwaden fließen über den Becherrand (Abb. 4).



Abb. 4 Becherglas mit heißem Wasser, in welches Trockeneis gegeben wurde.



EXPERIMENT 5

In ein mit warmem Wasser gefülltes Glasgefäß, das einen seitlichem Ansatz und Schlauch hat, werden Trockeneispellets gegeben. Die Pellets sublimieren und das Gas strömt in den Schlauch, der am Ende mit einem Trichter versehen ist. Den Trichter taucht man in eine mit Seifenwasser

gefüllte Petrischale. Am Trichter bildet sich eine Kohlendioxid-Seifenblase. Nachdem diese aus der Schale gehoben wird, löst sie sich vom Trichter. Sie fällt langsam zu Boden, weil das Kohlendioxidgas schwerer ist als die Luft (Abb. 5).



Abb. 5 Seifenblase gefüllt mit Kohlendioxid.



Wir suchen

Ingenieur/in Naturwissenschaftler/in

Im Kanton Aargau bearbeitet TBF + Partner AG derzeit u.a. die Projekte Südwestumfahrung Sins, Schulhausplatz Baden, Limmattalbahn, Kantonale Abfallplanung, Ausbau ARA Oberes Surbtal und die Erweiterung der KVA Buchs. Für diese und weitere spannende Projekte suchen wir als Verstärkung unserer Teams in Zürich Ingenieurinnen und Ingenieure sowie Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler.

Ihre Aufgaben

– Details zu den offenen Stellen finden Sie auf www.tbf.ch > Stellenangebote

Ihre Kompetenzen

- Ein abgeschlossenes Studium ETH oder FH
- Motivation, Neugier und Kreativität
- Freude am Ingenieurberuf und an der Darstellung komplexer Zusammenhänge
- Sehr guter mündlicher und schriftlicher Ausdruck (Deutsche Muttersprache oder sehr gut), weitere Sprachen (E, F, I) von Vorteil

TBF auf einen Blick

- Innovative europaweite Grossprojekte
- Marktleader in den Bereichen Abfall + Energie, Abwasser + Klärschlammbehandlung, Bau + Verkehr, Projektentwicklung + Projektmanagement, Naturgefahren + Umweltschutz
- 120 Ingenieure und Spezialisten aus sämtlichen wichtigen Gebieten des Ingenieurwesens in Zürich, Agno TI und Böblingen (D)
- Firma im Besitz der Mitarbeiter
- Projektorientierte Teamarbeit statt Abteilungskonkurrenz

www.tbf.ch

TBF TBF + Partner AG
Planer und Ingenieure



WASSERSTROM AUS DER SUHRE

Die Wasserschnecke - ein Pilotprojekt der IBAarau

Die IBAarau Kraftwerk AG plant an der Suhre sechs Kleinwasserkraftwerke. Als Kraftwerktyp ist die Wasserkraftschnecke vorgesehen, welche sich durch ihre hohe Effizienz und nachhaltige Schonung der Umwelt auszeichnet.





Auf Anregung des Kantons Aargau hat die IBAarau Kraftwerk AG ein Vorprojekt gestartet, um die Realisierbarkeit von Kleinwasserkraftwerken an sechs Standorten zu prüfen und vorzubereiten: Muhen, Zopf in Suhr, Lochergrien, Stampfi, Suhrenmatt und Siebemättli in Buchs.

Suhr und Buchs sind bestehende alte Wehrstandorte, welche heute nicht mehr für die Bewässerung verwendet werden. Alle vorgesehenen Stellen verfügen über rund drei Meter Gefälle und eine mittlere Ausbauwassermenge zwischen 3,4 und 6,2 Kubikmeter pro Sekunde. Das ergibt zwischen 80 bis knapp 200 Kilowatt Leistung pro Standort und eine summierte Jahresproduktion von 4.42 Gigawattstunden, welche den Strombedarf von 980 Haushaltungen abdeckt.

BIS 2015 REALISIEREN

Seit Dezember 2011 führt die IBAarau im Rahmen des Vorprojekts eine Grobplanung durch. Dabei werden mit Beteiligten wie Kanton, Gemeinden, Grundstückbesitzer und ver-

ÜBER DEN AUTOR

Hansjürg Tschannen,
Leiter Kraftwerk und Unterwerke.
IBAarau Kraftwerk AG, Bauherr

Werdegang
Maschinenbau Ing. HTL
Alstom Gasturbinen,
Inbetriebsetzungsingenieur und
Produktsupport

schiedenen Interessentengruppen Gespräche geführt. In der zweiten Hälfte 2012 begann die Detailausarbeitung der Projekte. Ziel ist, nach der Projektgenehmigung durch den Kanton, der Anhörung der Gemeinden und diverser Interessengruppen die sechs Kleinwasserkraftwerke bis 2015 zu realisieren.

ALTES PRINZIP, NEU GENUTZT

Das Grundprinzip der Wasserkraftschnecke wurde im 3. Jahrhundert vor Christus von Archimedes entdeckt. Die archimedische Schraube liess das Wasser aufwärts fließen (wird heute



Abb. 1 Das Kleinwasserkraftwerk Hirschthal ist bereits in Betrieb. Die hier gemachten Erfahrungen sollen bei den Suhre-Projekten einfließen.

immer noch in Abwasserreinigungsanlagen verwendet). Die Wasserkraftschnecke dreht das Prinzip um und nutzt den Lage-Energie-Unterschied fallender Gewässer zur ökologischen Energieerzeugung. Die Kombination der Wasserkraftschnecke und der Fischaufstiegsanlage ermöglicht erstmals die ungehinderte Fischwanderung durch die Kraftwerksanlage. Die Fische können mit der Flussströmung in die langsam drehende Schnecke hinein schwimmen und werden mit dem Wasser schadlos nach unten befördert, wie Studien belegen.

ERFAHRUNG AUS PILOTPROJEKT

Der Stau des Wassers wird mit einem Schlauchwehr realisiert. Dabei wird die Wehrhöhe reguliert, indem mehr oder weniger Wasser in den Schlauch gefüllt wird. Durch die Nutzung der Erfahrung des ersten Kleinwasserkraftwerks Hirschthal mit Wasserkraftschnecke im Kanton Aargau und des Mengeneffektes von sechs Anlagen werden die gesamten Projektkosten bei ungefähr 8 Millionen Franken und die Gestehungskosten bei 15 Rappen pro Kilowattstunde liegen.



WASSERSTROM AUS DER SUHRE

Mit den sechs Kleinwasserkraftwerken wird die Hochwassersicherheit verbessert und als ökologischer Ausgleich die Ufer und die Längsvernetzung aufgewertet.



Abb. 2 Anzeigetafel der Pilotanlage in Hirsthal

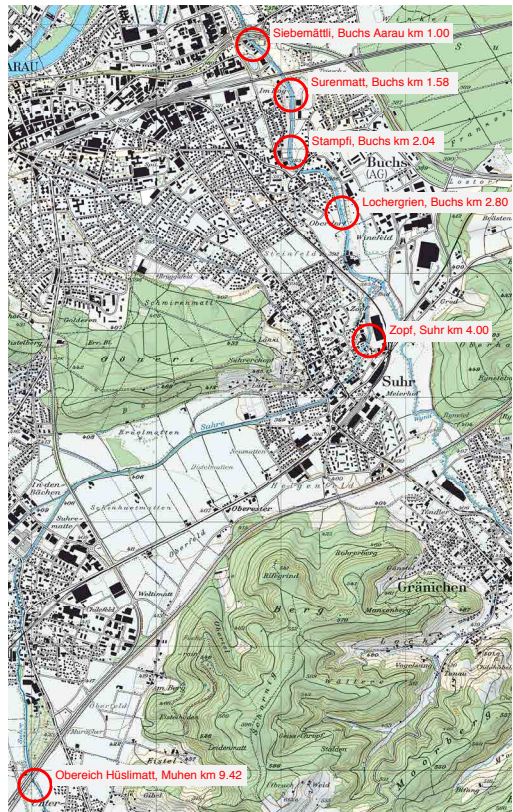


Abb. 3 Standorte der Wasserkraftwerke

**Einloggen.
Strom sparen
und gewinnen!**



www.ibaarau.ch/luca

IBAAarau AG • Energieberatung
5000 Aarau • Telefon 062 835 04 72
energieberatung@ibaarau.ch • www.ibaarau.ch

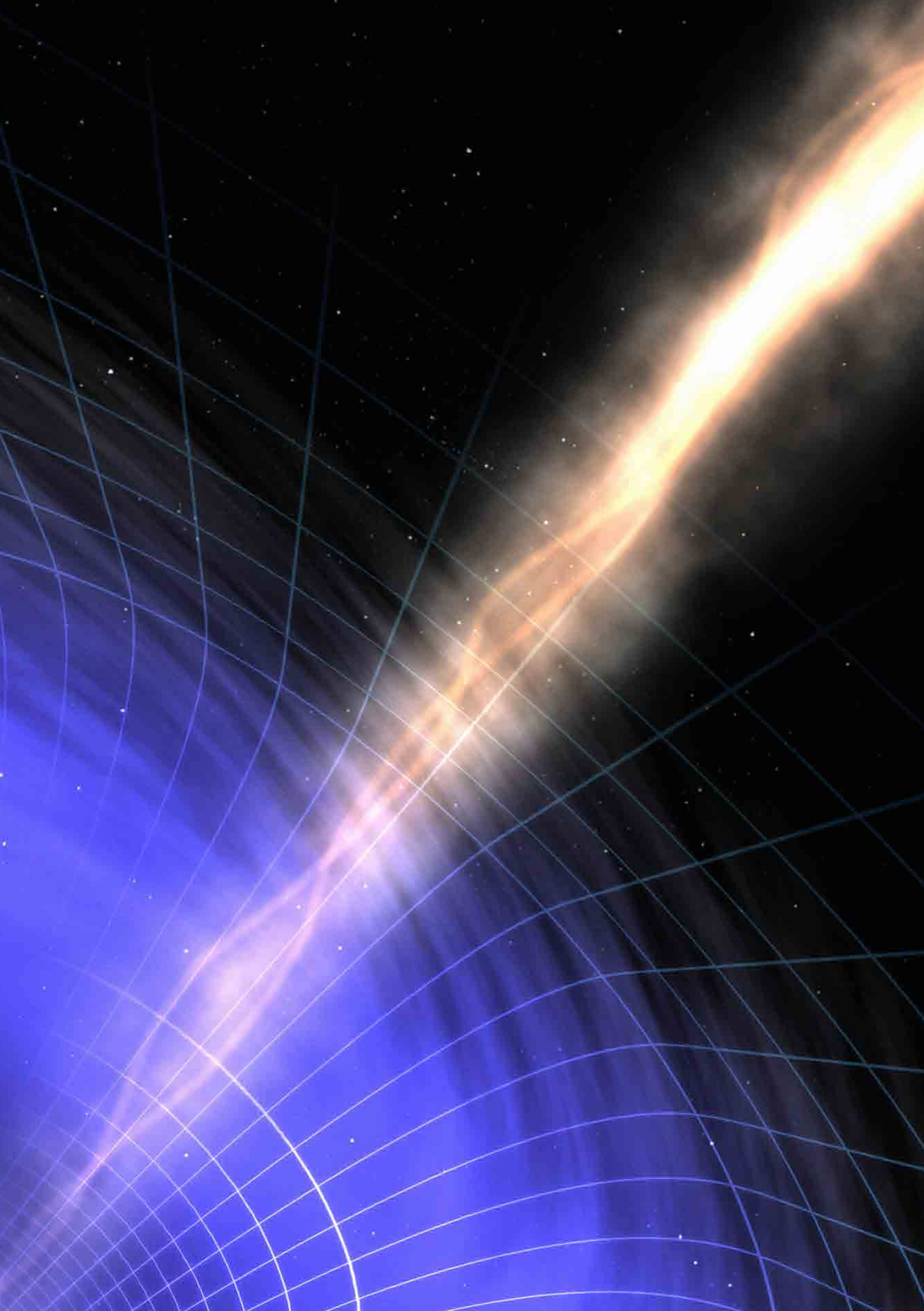




DETEKTION VON GRAVITATIONSWELLEN AUS DEM KOSMOS - TEIL 2

Gravitationswellen und Ihre Detektion

Im zweiten Teil dieses Artikels werden wir uns mit Gravitationswellen befassen. Die stärksten solcher Wellen werden von zwei ineinander fallenden, superschweren schwarzen Löchern produziert und pflanzen sich auf der Raumzeit fort wie Wellen auf einem See. Irgendwann gelangen sie bis zu uns und versorgen uns mit etwas Glück mit Informationen über Art und Wesen der schwarzen Löcher.





Bis jetzt wurde noch keine dieser Wellen gemessen, aber momentan stehen die Chancen gut, dass solche Wellen in etwa 5 Jahren von Detektoren auf der Erde entdeckt werden können. Ebenfalls wird zur Zeit ein grosses, sehr ambitioniertes Observatorium im Weltraum vorbereitet: eLISA – drei per Laser verbundene Satelliten, die Schwingungen in der Raumzeit messen können. Damit sollten wir in den nächsten zwanzig Jahren in der Lage sein, den Weltraum nicht nur sehen, sondern ebenfalls hören zu können.

DIE ENTSTEHUNG VON GRAVITATIONSWELLEN

Im ersten Teil haben wir bei den verschmelzenden schwarzen Löchern aufgehört: Kommen sich zwei schwarze Löcher nahe genug, so fallen sie spiralförmig aufeinander zu, verschmelzen miteinander und hinterlassen ein einziges, grosses schwarzes Loch, das zuerst noch stark schwingt und sich nach und nach beruhigt. Während diesem Naturschauspiel wird die Raumzeit in der Nähe der schwarzen

ÜBER DEN AUTOR

Cédric Huwyler hat 2004 die Maturität an der Neuen Kantonsschule Aarau erreicht und promoviert zurzeit am Institut für theoretische Physik der Universität Zürich. Dort befasst er sich mit der Ausarbeitung der Datenanalyse des geplanten Satellitenprojektes eLISA, speziell im Hinblick auf die Möglichkeit eines Scheiterns der Allgemeinen Relativitätstheorie.

Kontakt: chuwyler@physik.uzh.ch

Löcher richtiggehend ‚aufgewiegelt‘; alles wackelt. Dieses ‚Wackeln‘ breitet sich auf der Raumzeit aus wie Wellen im Wasser (Abb. 1, rechts), wir nennen sie Gravitationswellen (im letzten Teil haben wir gelernt, dass Gravitation durch Deformation der Raumzeit vermittelt wird). Irgendwann erreichen diese Wellen uns. Könnten wir sie messen, so besässen wir die Möglichkeit, ähnlich wie bei einem Radar, genauere Informationen über die zwei schwarzen Löcher zu erfahren: Wo am Himmel sie sind, wie weit entfernt sie

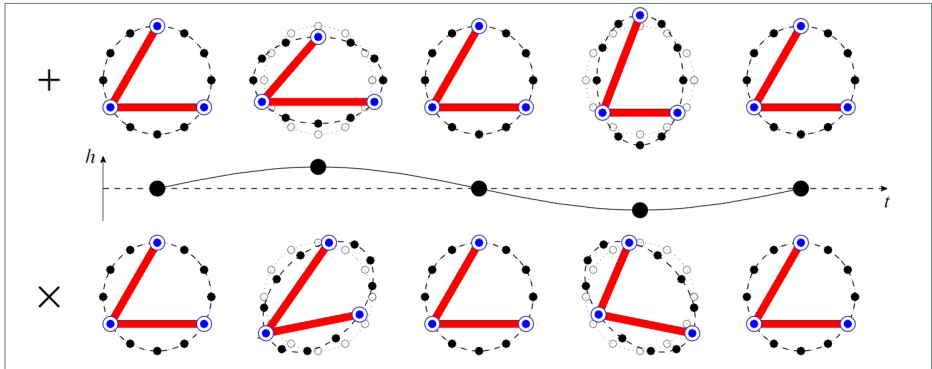


Abb. 2 Wirkung einer Gravitationswelle, die durch die Blatt-Ebene auf uns zukommt, mit einem Laser-Interferometer veranschaulicht. Der Raum in der Blatt-Ebene wird gestreckt und gestaucht. (Quelle: European Southern Observatory)

sind, wie schwer sie sind, ja sogar wie schnell sie sich um sich selbst drehen. Während Wellen im See den Wasserpegel verändern, bewegen Gravitationswellen die Raumzeit: Sie strecken und stauchen sie senkrecht zur Ausbreitungsrichtung (Abb. 2; oben). Wir können diesen Effekt im Prinzip messen, indem wir beobachten, wie sich die Distanz zwischen zwei losen Objekten im Weltraum (oder auch auf der Erde) ändert, wenn eine solche Welle vorbeikommt. Bei genauerer Betrachtung wird das jedoch problematisch: Nehmen wir zum Beispiel die Distanz zwischen Erde und Sonne (150 Mio km), so ändert sich diese beim Durchgang einer Gravitationswelle typischerweise nur um den Durchmesser eines Wasserstoffatoms (!). Aus solchen Überlegungen folgerten die

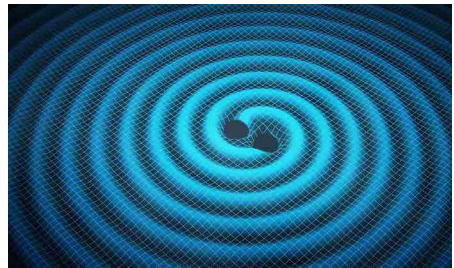


Abb. 1 Schematische Darstellung der Verschmelzung zweier schwarzer Löcher. Infolge der starken involvierten Gravitationsfelder breiten sich Störungen in der Raumzeit aus. (Quelle: Swinburne Astronomy Productions)

frühen Relativisten enttäuscht die Unmessbarkeit von Gravitationswellen: Die Raumzeit ist schlichtweg zu ‚steif‘. Inzwischen haben wir jedoch enorme Fortschritte in der Laseroptik gemacht und sind mit sogenannten Laser-Interferometern kurz davor, die nötige Genauigkeit zu erreichen um Gravitationswellen detektieren zu können.



DETEKTOREN

Wie wohl den meisten Lesern bekannt, eignen sich Laser hervorragend für die präzise Messung von Distanzen. Zur Messung von Gravitationswellen eignet sich ein Laser-Interferometer sehr gut: Es teilt einen Laserstrahl mittels einem halb-durchlässigen Spiegel in zwei ‚Arme‘, an deren Ende der Laser wieder zurück reflektiert wird (siehe Abb. 3). Beim Durchgang einer Gravitationswelle wird üblicherweise ein Laserarm etwas verlängert und der andere etwas verkürzt (vgl. Abb. 2). Dadurch entsteht relativ zur Situation ohne Gravitationswelle eine Phasenverschiebung, die von der am Ende des Detektors installierten Photodiode in ein elektrisches Signal umgewandelt werden kann.

Auf der Erde stehen schon einige dieser Gravitationswellendetektoren: LIGO (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory), das am meisten fortgeschrittene Experiment in den USA, findet an zwei Standorten statt, in Livingston (Luisiana) und Hanford (Washington). LIGO kann mithilfe neuester Technologien bereits

Distanzänderungen besser als $\sim 10^{-17}$ m (!) messen, mit Laserarmen mit einer Länge von jeweils 4km, an deren Enden Spiegel aufgehängt sind, in einem Frequenzbereich von 1-1000 Hz. Die Genauigkeit der Detektoren wird vom Rauschen bestimmt, das oft um einiges stärker als der Effekt der Gravitationswelle selbst ist. Solches Rauschen entsteht zum Beispiel durch das stete Beben der Erde im 1 Hz-Bereich, das die Spiegel leicht schwingen lässt und so ebenfalls die Distanz zwischen den Spiegeln verändert. Durch die hohe Umgebungstemperatur (Raumtemperatur) hat auch thermisches Rauschen einen hohen Einfluss auf die Messung. Diverse weitere Rauschquellen machen die Messung schwierig und damit umzugehen braucht enorm viel technisches Feingefühl.

Momentan wird LIGO ausgebaut und sollte 2015 über ausreichend Messgenauigkeit verfügen, um ca. 2018 die ersten erfolgreichen Resultate vorzuweisen. Weitere, etwas kleinere oder weniger avancierte Detektoren sind ebenfalls bereits im Umbau oder Auf-

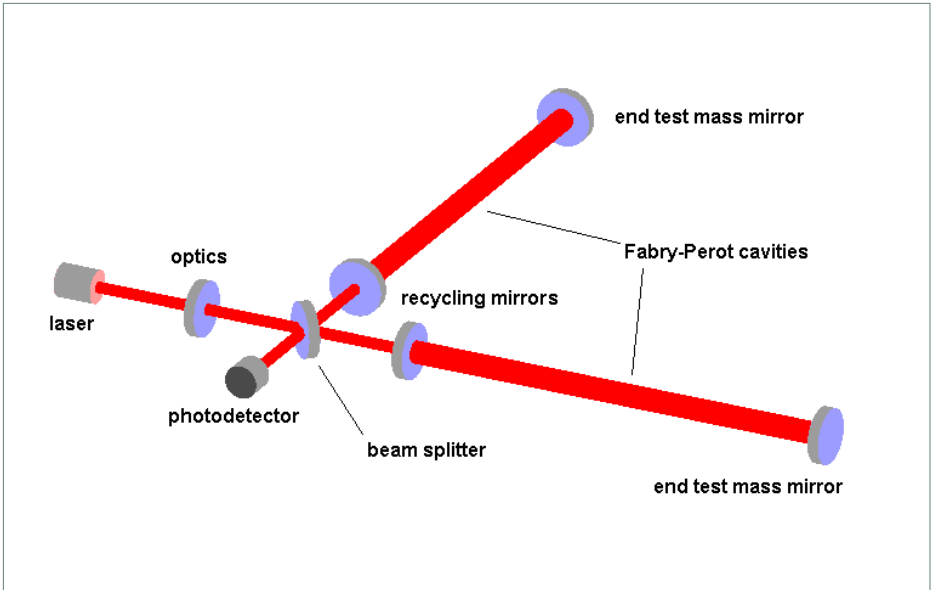


Abb. 3 Künstlerische Nachstellung eines von einem schwarzen Loch zerrissenen Sterns: Die um das schwarze Loch rotierenden Elementarteilchen reiben sich und leuchten mit einer enormen Helligkeit bis zu uns. [Quelle: M. Weiss, NASA/CXC]

bau, wie VIRGO (bei Pisa), GEO600 (bei Hannover) und KAGRA (Kamioka, Japan). Zudem ist geplant, in Indien eine LIGO-Site zu eröffnen.

Die Detektoren auf der Erde sind unter anderem begrenzt durch seismisches und thermisches Rauschen und ebenfalls durch die relativ kurze Armlänge. Im Weltraum haben wir diese Probleme nicht: Es gibt keine Erdbeben, mit 2.7 Kelvin ist es ziemlich kalt und die Armlänge kann relativ gross gewählt werden. Hier kommt das geplante Satellitenprojekt eLISA

(evolved Laser Interferometer Space Antenna) ins Spiel: Dieses soll aus drei Satelliten bestehen, die Laserstrahlen aussenden und empfangen, und so ein gigantisches Laser-Interferometer mit einer Armlänge von einer Million Kilometern bilden, empfindlich für tiefere Frequenzen im Bereich von 10-5-1 Hz. Diese Dreieckskonstellation wird die Sonne auf einer ähnlichen Umlaufbahn wie die Erde umkreisen, etwa 10-30° hinter der Erde (siehe Abb. 4 und 5, nächste Seite). eLISA war ursprünglich als gemeinsames Projekt



der NASA und ESA unter dem Namen ‚LISA‘ geplant, die NASA musste aber 2011 infolge von Budgetproblemen einen Rückzieher machen. Das hat die Timeline ein wenig durcheinander geworfen: Europa musste nun ein Projekt planen, das eigenständig finanziert werden konnte. Ende November dieses Jahres ist dies nun gelungen: Die ESA hat sich entschlossen, 2034 ein Projekt im Stile von eLISA in den Weltraum zu schicken, mit einem eventuellen kleineren Beitrag der NASA oder von China. Erst einmal im Weltraum, wird uns eLISA voraussichtlich mit hunderten von Signalen von verschmelzenden schwarzen Löchern, Neutronensternen und weissen Zwergen versorgen.

Da eLISA ein ziemlich ambitioniertes Projekt ist, ist eine Vormission in Konstruktion, die bereits einen Teil der nötigen Technologie testen soll: LISA Pathfinder. LISA Pathfinder ist kurz vor der Fertigstellung (siehe Abb. 6) und wird ca. Mitte 2015 ins All geschossen.

AUSWERTUNG DER GESAMMELTEN DATEN

Wie eben angesprochen, besteht der grösste Teil der Messdaten aus Rauschen; oft ist dieses Rauschen so gross, dass man von blossem Auge die vorbei reisende Gravitationswelle darin gar nicht sieht. Eine Gravitationswelle aus dem Rauschhintergrund ‚auszugraben‘ erfordert also exzellente mathematische und numerische Hilfsmittel. Meistens funktioniert nur

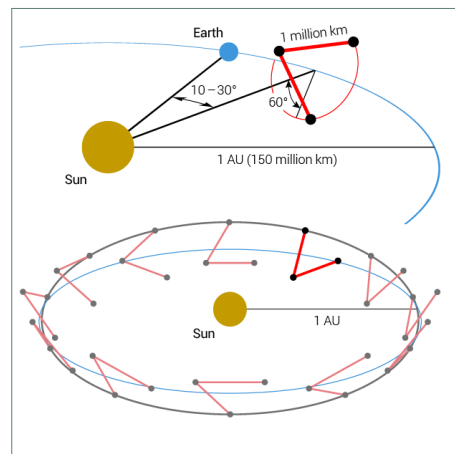


Abb. 4 Die drei Satelliten von eLISA werden der Erde im Abstand von 10-30° auf ihrer Umlaufbahn folgen. So sind sie nahe genug für Funkkontakt, aber weit genug entfernt, damit die seismischen Vorgänge auf der Erde eLISA nicht stören.

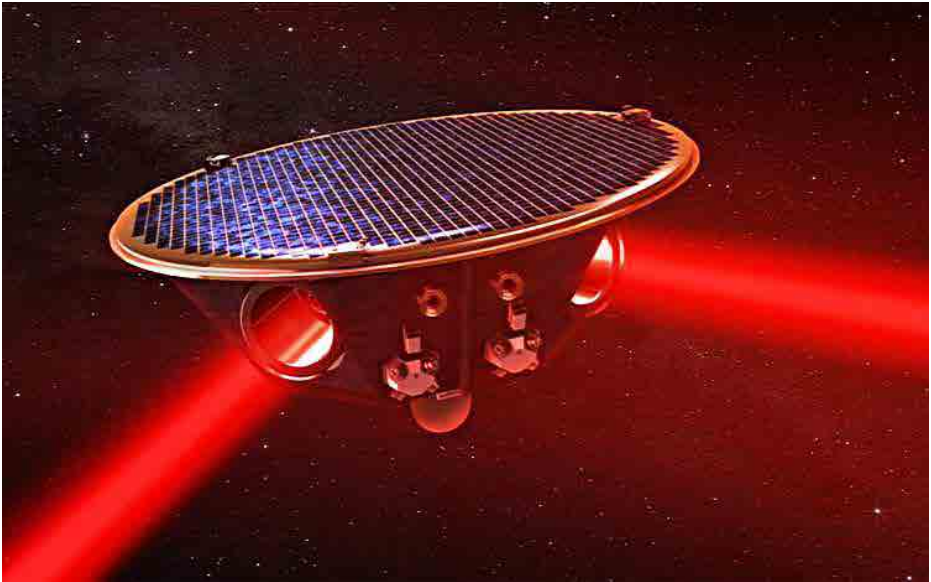


Abb. 5 Visualisierung eines eLISA-Satelliten (Quelle: elisascience.org)



Abb. 6 LISA Pathfinder, bald bereit für den Abflug. (Quelle: Astrium UK)



sogenanntes Matched Filtering: Wenn wir im Vornherein genau wissen, wie das gesuchte Signal aussieht, so zeigt uns diese Methode, ob genau dieses Signal im Datenstrom vorhanden ist. Das scheint sich in den Schwanz zu beissen: Wie können wir ein Signal entdecken, wenn wir bereits vorher wissen müssen, wie es aussieht? Das können wir nicht, aber wir können alle Signale, die im Rahmen der allgemeinen Relativitätstheorie überhaupt möglich sind, vorher theoretisch modellieren, sie in einer riesigen Datenbank speichern und dann versuchen, nacheinander jedes einzelne davon in den Messdaten zu suchen (in Abb. 7 wird eine typische Wellenform gezeigt). Diese Methode wird oft mit ‚roher Gewalt‘ (brute force) verglichen, ist aber normalerweise die einzige, die funktioniert. Nachdem wir ein passendes Signal gefunden haben, können wir in der Datenbank nachschauen, was die Parameter der simulierten schwarzen Löcher waren: zum Beispiel ihre Massen, ihre Entfernung zu uns oder ihre Position am Himmel. Wenn unsere Berechnungen und Modelle

stimmen, dann beschreiben diese Parameter auch die zwei realen schwarzen Löcher. Der ganze Prozess ist natürlich ausgesprochen rechenintensiv und braucht Hochleistungscomputer, aber das sind wir uns in der Ära CERN ja bereits gewohnt.

Der Skeptiker mag nun fragen: Aber was, wenn die Allgemeine Relativitätstheorie für diese starken Gravitationsfelder gar nicht stimmt, was, wenn sie nicht die letzte Antwort auf unsere Fragen ist? Dann stimmen die Modelle in unserer Datenbank nicht und wir folgern falsche Resultate oder finden im schlimmsten Fall gar keine Signale. Dieser Einwand ist durchaus berechtigt und da kommt meine Arbeit ins Spiel: Die Allgemeine Relativitätstheorie wurde mit astronomischen Beobachtungen bereits sehr genau bestätigt; wenn etwas daran falsch ist, kann es also erst in sehr starken Gravitationsfeldern passieren, und auch dort werden eher kleine mögliche Abweichungen erwartet. Ich erzeuge theoretische Signalmodelle, die auf einer Theorie mit verschiedenen kleinen Abweichungen von der Allgemeinen

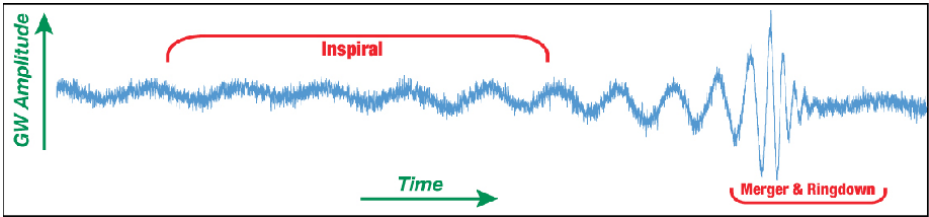


Abb. 7 Typisches Signal, das ein Detektor misst, wenn zwei schwarze Löcher einander näher kommen (inspiral), miteinander verschmelzen (merger) und das übrigbleibende schwarze Loch sich mehr und mehr beruhigt (ringdown). Dargestellt ist die Amplitude der Gravitationswelle gegen die Zeit. (Quelle: J. Baker, GSFC)

Relativitätstheorie basieren. Wenn in den nächsten Jahren Messdaten verfügbar werden, kann man damit bestimmen, welche Theorie die Daten besser erklärt, die Allgemeine Relativitätstheorie oder eine kleine Abweichung davon. Falls letzteres der Fall ist, wird die Physik einiges daran zu denken haben.

Es steht der Astrophysik also wahrlich eine interessante Zeit bevor. Hatten wir bis jetzt nur ‚Augen‘ um in das Weltall zu sehen, bekommen wir bald auch ‚Ohren‘, mit denen wir den Vorgängen im Universum zuhören können. Damit werden viele Fragen zum Universum, die wir uns seit über hundert Jahren stellen, beantwortet werden, aber wahrscheinlich auch ebenso viele neue dazukommen.

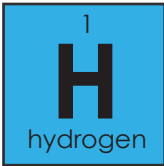
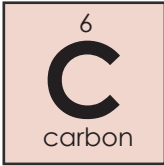
WEITERFÜHRENDE LINKS:

<http://www.elisascience.org>

- Webseite des eLISA-Projektes

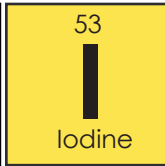
<http://sci.esa.int/lisapathfinder>

– Offizielle ESA-Seite von LISA Pathfinder

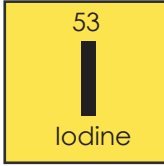


E

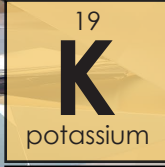
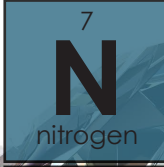
M



E



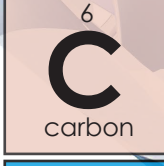
R



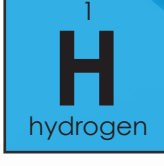
L

A

Ä



R



T



VON BLEISTIFTMINEN UND DIAMANTEN

Ihre unterschiedlichen Eigenschaften einfach erklärt





CHEMIE EINFACH ERKLÄRT - WOZU DIESES NEUE FORMAT?

Chemie hat den Ruf kompliziert, schwer zu verstehen, eher theoretisch und alltagsfern zu sein. Zumindest leite ich dies aus den Reaktionen derjenigen ab, welche mich nach meiner Studienrichtung fragen. Um dem nicht ewig tatenlos zuzusehen, habe ich mich entschlossen ein neues Format „CHEMIE einfach erklärt“ ins Leben zu rufen. Das Ziel dieses Formats soll sein, alltagsrelevante (chemische) Fragestellungen auf eine möglichst verständliche Art und Weise zu erklären. Gewisse Erklärungen werden aus diesem Grund für chemisch Bewanderte etwas zu vereinfacht klingen, aber dies ist durchaus absichtlich so gewählt. An dieser Stelle sei mir die eine oder andere aus wissenschaftlicher Sicht gesehene Unsauberkeit und das bewusst locker gewählte sprachliche Format verziehen. Genug der einleitenden Worte, liebe Leserinnen und Leser, liebe Chemiemuffel und Chemiebegeisterte, machen wir uns gemeinsam startklar die erste chemische Fragestellung im ANG Fokus anzugehen.

ÜBER DEN AUTOR

Adrian Zwysig

Student im Studiengang Chemie an der ETHZ.

Vorstand ANG (Corporate Identity, Redaktion ANG Fokus, Design & Layout ANG Fokus und weiterer Projekte)

Project- and Business Development Manager bei green-cube.org und DST Group GmbH,

adrianzwysig@gmail.com



Abb. 1 Graphit aus Kropfmühl (Österreich).
(Quelle: www.geology.com)

VON BLEISTIFTMINEN UND DIAMANTEN

Sie sind durchsichtig, hart, (fast) jeder möchte sie besitzen und kaum einer kann sie sich wirklich leisten (zumindest die wirklich grossen Exemplare). Genau, wir sprechen von Diamanten. Vielleicht denken Sie jetzt, klar kenne ich Diamanten und ihre Eigenschaften, aber wussten Sie, dass Ihre Bleistiftmine (Graphit) aus dem exakt gleichen chemischen Element besteht wie der schillernde Diamant auf dem Verlobungsring? Aber halt mal, wie ist denn das möglich? Der eine Stoff (Graphit, Abb. 1) ist so weich, dass er sich mit etwas Druck auf dem Papier niederschlägt und der andere wird auf Bohrköpfen verwendet um den NEAT-Tunnel zu bohren. Um diesem scheinbaren Rätsel auf die Spur zu kommen, müssen wir uns das Element, aus dem diese beiden Stoffe bestehen, etwas genauer anschauen.

VIELFÄLTIGER KOHLENSTOFF

Sie haben es vielleicht gewusst oder geahnt. Das besagte Element, aus welchem die Bleistiftmine und der Diamant bestehen, ist Kohlenstoff. Das Element mit dem Kürzel „C“ ist ein sehr wichtiges in unserem alltäglichen Leben (auch abseits von Bleistiftminen und Verlobungsringen), denn das Element Kohlenstoff kommt in allen Lebewesen vor. Man geht sogar davon aus, dass ohne das Vorhandensein von Kohlenstoff kein Leben (zumindest so wie wir es uns vorstellen) möglich ist. Lässt man mal das Wasser weg, so bestehen sogar Sie selbst zu einem grossen Teil aus Kohlenstoff. Aminosäuren, die Bausteine der Proteine, Knochen und DNA, überall ist das chemische Element C zu finden. Sie bestehen aber natürlich nicht aus Diamanten. Zumindest noch nicht, denn die amerikanische Firma *LifeGem* hat es sich zu ihrem Geschäftsmodell gemacht, aus Knochen und Asche von Verstorbenen Diamanten herzustellen. Unsere Fragestellung geht jedoch in eine andere Richtung. Wir wollen uns hier fragen, was denn die grossen Unterschiede in den Eigenschaften zwischen der Bleistiftmine (Graphit) und dem Diamanten verursachen.



VON ELEKTRONEN, BINDUNGEN UND STRICHEN

Um die zuvor genannte Fragestellung zu beantworten, ist es notwendig, das Kohlenstoffatom etwas genauer zu betrachten.

Das Kohlenstoffatom besteht aus einem Kern mit sechs relativ grossen Protonen (positiv geladene Teilchen) und fast immer (zu rund 99%) aus sechs Neutronen (diese sind wie der Name sagt neutral, d.h. nicht geladen). Einfach gesagt, ist der Kern positiv geladen und ziemlich fest an einem Ort.

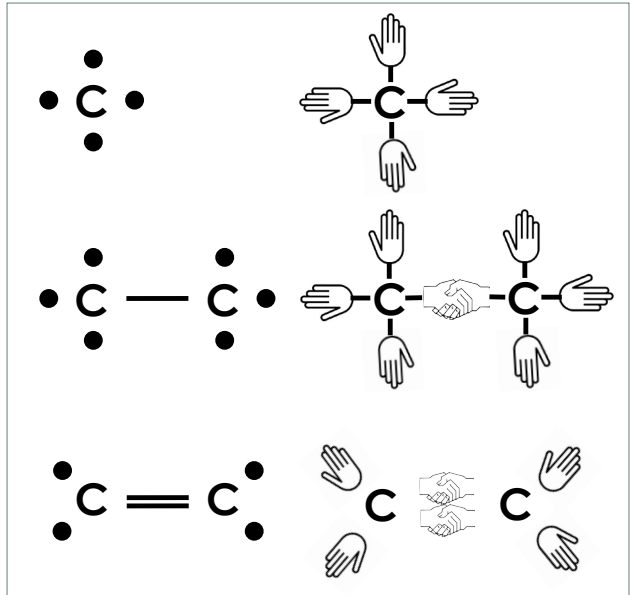
Um diesen positiv geladenen Kern schwirren sechs sehr kleine negativ geladene Elektronen rum, wovon zwei (im Mittel) näher am Kern und chemisch uninteressant sind, weil sie chemisch inaktiv sind. Die vier verbleibenden Elektronen sind aber für Chemiker durchaus interessant und können als Punkte dargestellt werden (Abb. 2, oben). Sie können sich vorstellen, dass sich diese vier Elektronen wie vier Arme mit Händen verhalten. Wenn das Kohlenstoffatom für jede seiner vier Hände einen Hand-Partner

(Elektronen bzw. Hände von anderen Kohlenstoffatomen) gefunden hat, ist das Kohlenstoffatom „glücklich“. Es hat nun einen edelgasähnlichen Oktett-Zustand (acht Valenzelektronen) erreicht, welcher in der Welt der Elektronen einen grossen Heldenstatus genießt, weil dieser Zustand sehr stabil ist, was in der Chemiesprache heisst, wenig Energie zu besitzen (in der Chemie wollen alle Stoffe möglichst wenig Energie besitzen).

Wenn nun ein Kohlenstoffatom dem anderen eine Hand reicht (d.h. zwei Elektronen werden von beiden Kohlenstoffatomen beansprucht), spricht man von einer Einfachbindung und zeichnet dies mit einem durchgezogenen Strich (Abb. 2; Mitte). Natürlich hat jetzt jedes Kohlenstoffatom noch drei weitere Hände (bzw. Elektronen) zum vergeben. Wenn sie sich entschliessen, einander eine zweite Hand zu reichen, spricht man von einer Doppelbindung (Abb. 2, unten). Bei einer solchen Bindung haben die Kohlenstoffatome noch je zwei Hände frei für andere Partner. Es gibt auch Dreifachbindungen, aber diese sind für unseren Fall nicht wichtig.

Abb. 2 links; chemische Schreibweise für das Kohlenstoffatom (C) mit Elektronen (Punkte). rechts; schematische Darstellung mit Händen als mögliche Bindungspartner.

Oben; einzelnes C-Atom.
Mitte; C-C Einfachbindung.
Unten; C-C Doppelbindung.



Behalten Sie sich die Einfachbindungen und die Doppelbindungen im Hinterkopf, denn diese werden eine Schlüsselrolle im Verständnis der Fragestellung spielen.

DER DIAMANT DER EINFACHBINDUNGSKÖNIG

Das „Geheimnis“ der Stabilität bzw. der Härte des Diamanten liegt in seiner perfekten Anordnung (Struktur). Der Diamant bildet nur Einfachbindungen aus. D.h. jedes C-Atom hat vier Partner (es gibt keine C-Atome, welche dem gleichen C-Atom zwei Hände hinstrecken). Beim Diamanten sind diese vier Partner perfekt voneinander entfernt platziert, denn

die Kerne wollen nicht in der Nähe von einander sein (positive Ladungen stossen sich gegenseitig ab) und bilden deshalb ein Tetraeder (Abb. 3).

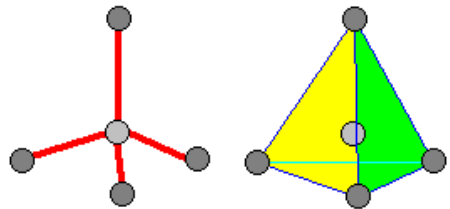


Abb. 3 Tetraeder-Form des Kohlenstoffatoms (links mit Strichformeln und rechts mit angemalten Flächen). Das hellgraue C-Atom ist das Zentral-Atom mit vier dunkelgrauen Partner-C-Atomen.

(Quelle: <http://www.uwgb.edu/dutchs/>)



VON BLEISTIFTMINEN UND DIAMANTEN

Nimmt man solche Tetraeder und setzt diese vielmal aufeinander, erhält man ein stark verknüpftes, symmetrisches und sehr stabiles Gitter. Dies ist in Abbildung 4 dargestellt. Diese günstige Gitteranordnung erklärt die ausserordentliche Härte von Diamanten.

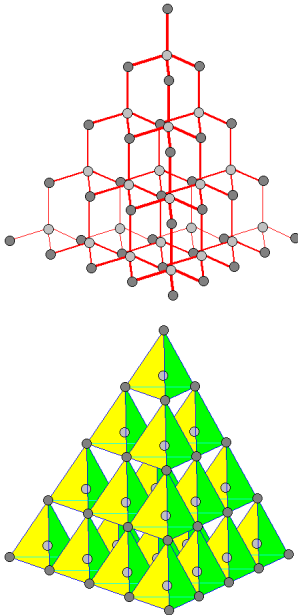


Abb. 4 Diamantstruktur (oben sind die Einfachbindungen mit roten Strichen angedeutet, unten sind die Flächen farbige dargestellt). Die Diamantstruktur erhält man durch das Aneinanderhängen vieler Tetraeder.

(Quelle: <http://www.uwgb.edu/dutchs/>)

GRAPHIT DAS KOHLENSTOFF-SANDWICH

Die Bleistiftmine bzw. Graphit ist schon etwas komplizierter aufgebaut. Graphit setzt auf Doppelbindungen. Von diesen hat es im Graphit eine Unmenge. Wenn man sich mit einem Papier und Stift etwas geschickt anstellt, kriegt man mit Doppelbindungen einen Ring aus sechs C-Atomen, was in Abb. 5 oben dargestellt ist. Dieser flache Sechsring ist besonders stabil (das müssen Sie mir an dieser Stelle einfach glauben – günstige Bindungswinkel und die Elektronenfreiheit spielen eine Rolle). Bei genauerem Betrachten der Struktur sieht man, dass jedes C-Atom drei Hände (Elektronen) für den Ring benötigt, aber auch noch je eine Hand (Elektron) frei nach aussen hat. Diese freie „Andockstelle“ kann z.B. dazu genutzt werden einen weiteren Ring anzuhängen (wie in Abb. 5 unten dargestellt). Jedoch gibt es auch jetzt noch genug Möglichkeiten, weitere Ringe anzuhängen. Und genau dies geschieht beim Graphit. So bildet sich eine weitausgedehnte flache und

stabile Schicht aus Ringen (Abb. 6). Jedoch ist diese Schicht auch sehr sehr dünn, was unserer Alltagserfahrung mit der Bleistiftmine zuwiderlaufen würde. Des Verständnisses wegen, können Sie sich diese Schicht nun als Toastbrotstheibe vorstellen. Der „Trick“ des Graphits ist, dass viele solcher Schichten (Toastbrote) aufeinander gelegt werden. Sie fragen sich jetzt vielleicht, was denn diese Schichten (bzw. Toastbrote) zusammenhält? Die Erklärung hierfür ist, dass es Elektronen oberhalb und unterhalb der Ringe hat, welche die Schichten zusammenhalten. Diese werden nämlich von den positiven Kernen der darüber und darunter liegenden Schichten angezogen (Abb. 6, rechts). Der Fachausdruck für dieses Phänomen ist Van-der-Waals-Kräfte (VdW-Kräfte). Diese Kräfte sind aber um ein Vielfaches schwächer als die normale Einfach- und Doppelbindung (Hand-Haltungs-Bindung) zwischen den Kohlenstoffatomen. In der von mir gewählten Verständnishilfe (dem Sandwich) wäre diese Kraft also z.B. eine dicke Schicht Peanut-Butter, welche die Toastbrote wie ein Klebstoff zusammenhalten.

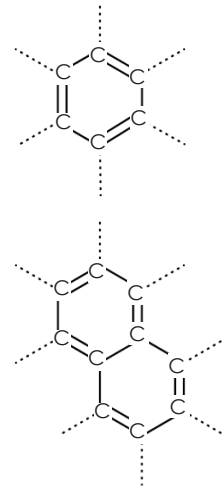


Abb. 5 oben; Sechsring aus Kohlenstoffatomen. unten; zwei aneinander geknüpfte Sechsringe. Die gestrichelten Linien stellen mögliche weitere Andockungstellen dar. Durch das Anfügen weiterer Sechsringe entsteht eine Schicht aus Kohlenstoffsechsringen.

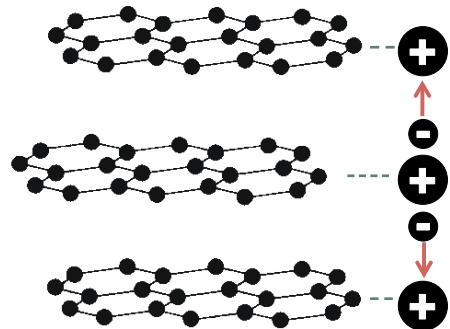


Abb. 6 links; Graphit-Schichten aufgebaut aus Kohlenstoffsechsringen. rechts; die Schichten werden durch VdW-Kräfte zusammengehalten, d.h. die negativ geladenen Elektronen einer Graphitschicht werden von den positiv geladenen Kernen der Graphitschichten ober- und unterhalb der Schicht angezogen (rote Pfeile).



VON BLEISTIFTMINEN UND DIAMANTEN

Irgendwie muss aber diese Anordnung die absolute Weichheit von Graphit erklären.

Wenn Sie sich vorstellen, dass Sie das Sandwich auf den Tisch stellen und nur das obere Toastbrot auf eine Seite schieben, geschieht genau das, was auch beim Graphit bzw. Ihrer Bleistiftmine geschieht, wenn man Druck auf das Material ausübt. Die eine Toastscheibe wird sich mehr verschieben als die andere. Graphit ist also in die Richtung, wie die Schichten gelegen sind, leicht gegeneinander verschiebbar, was dazu führt, dass Graphit so weich und brüchig ist.

Damit wäre erklärt, wieso ein Diamant so hart und wieso die Bleistiftmine so weich ist (Halbzeit!).

SONNENLICHT - EIN GEMISCH AUS ARBEITERN MIT UNTERSCHIEDLICHEN ENERGIEN

An dieser Stelle muss ich etwas ausholen. Das Ziel der folgenden Abschnitte ist, Ihnen zu erklären, wieso die Bleistiftmine schwarz und der Diamant farblos ist.

Das Sonnenlicht, welches auf die Erde trifft, ist in Tat und Wahrheit eine Form von Energie, was nicht sonderlich erstaunen mag, wenn man an das Sonnenbaden oder die Solarzelle denkt. Diese Strahlen bestehen genau betrachtet aus vielen verschiedenen Energien. Man spricht hier von Wellenlängen, da Licht physikalisch gesehen aus elektromagnetischen Wellen besteht.

Diese Wellenlängen müssen Sie aber nicht weiter beschäftigen, denn für unsere Fragestellung reicht es, wenn Sie sich vorstellen, dass die Sonne kleine Arbeiter von der Sonne auf die Erde schickt, welche unterschiedlich viel Kraft in den Armen besitzen (Abb. 7). Am ehesten wären diese Arbeiter mit den so genannten Photonen gleichzusetzen. Je nachdem wieviel Kraft diese in den Armen haben, hat man diese Arbeiter (Photonen) in verschiedene Klassen eingeteilt. Da gibt es die eher schwachen Arbeiter, sie gehören zur Arbeitergemeinschaft der Infrarot-Strahlung (IR). Dann werden die Arbeiter kontinuierlich stärker, bis man diese Arbeiter einer neuen Arbeitergemeinschaft

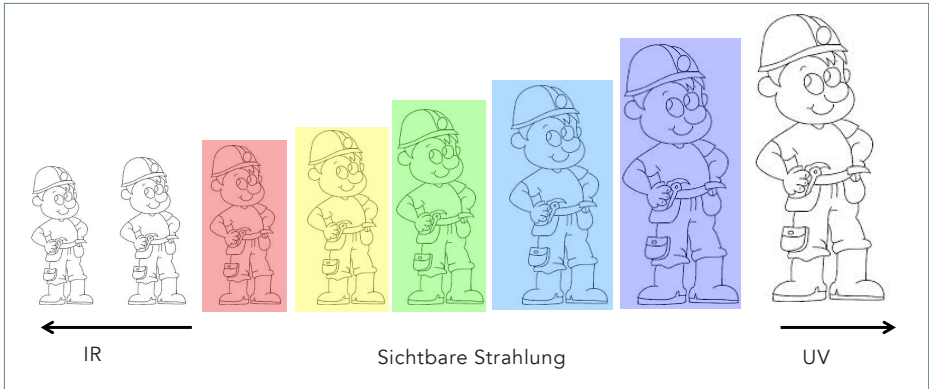


Abb. 7 schematische Darstellung der Sonnenstrahlung mit Photonen (Arbeiter) mit unterschiedlichen Energien. Je grösser der Arbeiter dargestellt ist, desto mehr Kraft bzw. Energie besitzt er. Die in den Arbeitern bzw. Photonen enthaltenen Energien nehmen von links nach rechts zu.

zuschreibt. Diese Strahlung wird als sichtbare Strahlung bezeichnet. Noch stärkere Arbeiter werden dann der Ultraviolett-Strahlung (UV) zugeschrieben.

WENN ELEKTRONEN IN HÖHERE STOCKWERKE GEHOBEN WERDEN

Wenn nun Sonnenlicht auf einen Stoff trifft, bringt dieses Licht die oben erwähnten Arbeiter (Photonen mit unterschiedlichen Energien) mit, welche die Kraft (resp. Energie) mitbringen, gewisse Elektronen in höhere Energiezustände zu versetzen. Im Rahmen einer einfachen Modellanschauung, kann man sich vorstellen, dass sich die Elektronen vor dem Eintreffen der Arbeiter (resp. des Lichts) im

Erdgeschoss befinden (dies ist der Grundzustand). Es gibt aber nicht nur das Erdgeschoss, sondern auch vordefinierte Stockwerke mit einer gewissen Höhe. Die Arbeiter haben nun die Fähigkeit gewisse Elektronen wie mit einem Flaschenzug auf höhere Stockwerke zu heben. Sie tun dies aber nur, wenn die Kraft in ihren Armen genau stimmt (die Natur verschont nichts). Im Rahmen des Modells kann man sich vorstellen, dass diese Arbeiter dann im Licht fehlen, weil sie eine Pause brauchen. Dieses Anheben der Elektronen in höhere Stockwerke (und damit das Verbrauchen der Energie der Arbeiter resp. Photonen) wird als Absorption bezeichnet. Wenn jetzt dieses Licht



VON BLEISTIFTMINEN UND DIAMANTEN

wieder reflektiert wird, bemerkt das Auge, dass gewisse Arbeiter fehlen. Dies nehmen wir dann als Farbe wahr. Unser Auge merkt aber nur, wenn Arbeiter der Arbeitsgemeinschaft des sichtbaren Lichts fehlen. Je nachdem, welche Arbeiter (aus dem sichtbaren Bereich) im Auge nicht eintreffen, wird eine unterschiedliche Farbe wahrgenommen.

Nun ist Graphit aber nicht farbig, sondern schwarz bis grau. Wenn ein Gegenstand schwarz ist, bedeutet dies, dass alle Arbeiter des sichtbaren Lichts (vom roten bis zum violetten) nicht im Auge eintreffen. In Abb. 8 ist der gesamte Prozess dargestellt. Dass etwas absorbiert, bzw. Energie aufgenommen wird, ist plausibel, wenn Sie sich daran erinnern, wie warm es wird, wenn man im Sommer mit schwarzer Kleidung in die Sonne steht. Im Gegensatz dazu blendet Licht von einem weissen Papier oder Schnee stark in den Augen. Bei weissen Gegenständen werden keine Arbeiter aus dem sichtbaren Bereich verbraucht, sondern alle sichtbaren Strahlen reflektiert.

Wieso aber absorbiert Graphit so

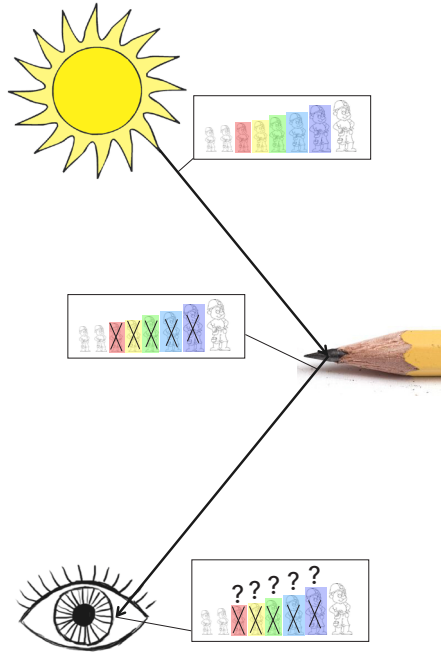


Abb. 8 Illustration des Sehprozesses beim Betrachten einer Bleistiftmine. Das Sonnenlicht mit allen Arbeitern (Photonen mit unterschiedlichen Energien) trifft auf die schwarze Bleistiftmine. Die gesamte Strahlung wird absorbiert und in Wärme umgewandelt. Dies führt dazu, dass wir die Bleistiftmine als schwarz wahrnehmen.

viele Arbeiter aus dem sichtbaren Bereich und wieso ist der Diamant nicht schwarz? Die Gründe hierfür sind komplex. Zur Erklärung wollen wir an dieser Stelle die Elektronen in zwei Gruppen einteilen. Auf der einen

Seite gibt es Elektronen, welche sich leicht (mit wenig Energie) in höhere Stockwerke befördern lassen (sie absorbieren demnach Licht aus dem sichtbaren Bereich) und auf der anderen Seite gibt es diejenigen, welche sich nicht oder nur sehr schlecht in höhere Stockwerke befördern lassen. Graphit besitzt viele Elektronen, welche sich leicht in höhere Stockwerke befördern lassen, deshalb werden alle Sonnenstrahlen aus dem sichtbaren Bereich "geschluckt" und wir sehen Graphit in schwarzer Farbe.

Diamant auf der anderen Seite, besitzt keine solche Elektronen, welche sich leicht in höhere Stockwerke befördern lassen, sondern nur solche, welche sich kaum aus dem Erdgeschoss bewegen. Deshalb werden auch keine Arbeiter aus dem sichtbaren Bereich absorbiert, was dazu führt, dass ein Diamant nicht als schwarz, sondern als farblos wahrgenommen wird.

ZUSAMMENFASSUNG

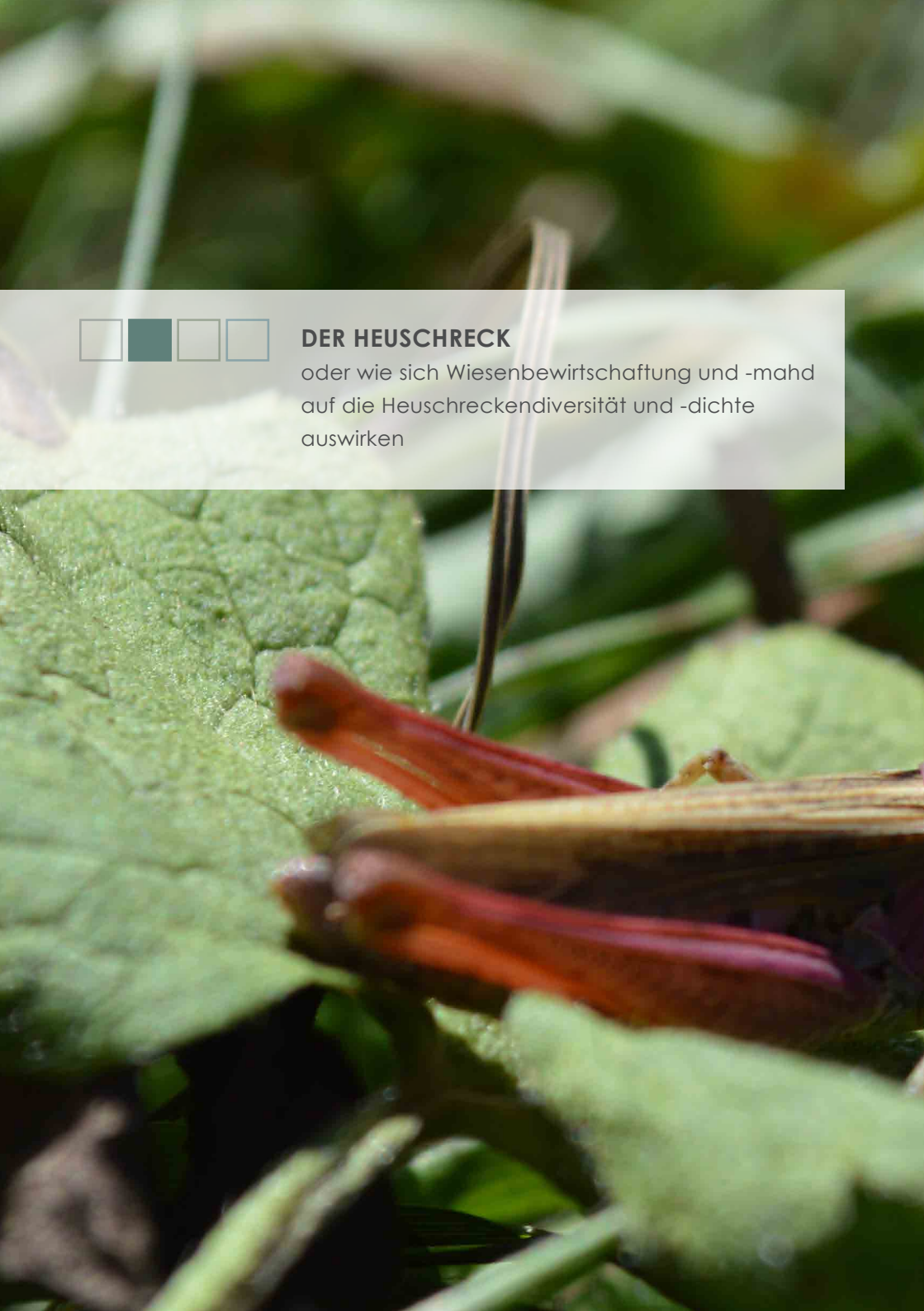
Unsere kurze Exkursion in die Welt der Chemie hat uns also gezeigt, dass die Struktur eines Stoffes einen grossen Einfluss auf die Eigenschaften haben kann und dass es nicht

nur auf die elementare Zusammensetzung ankommt (beide Stoffe bestehen im Reinzustand zu 100% aus der Atomsorte Kohlenstoff). Denn die unterschiedlichen Strukturen, d.h. die Diamantstruktur beim Diamanten und die Schichtstruktur beim Graphit, führen zu den physikalischen Unterschieden in der Härte und der Farbe, für welche wir im Rahmen dieses Artikels eine Erklärung gesucht haben.



DER HEUSCHRECK

oder wie sich Wiesenbewirtschaftung und -mähd auf die Heuschreckendiversität und -dichte auswirken







ABSTRACT

Auf vier landwirtschaftlich genutzten Wiesen in Schafisheim wurden mit Isolationsquadraten Heuschrecken-diversität und -dichte vor und nach der Mahd erfasst. Die Lauschschrecke (*Mecostethus parapleurus*) trat mit 547 (69.5%) Erfassungen auf und war in allen Flächen anzutreffen. Daneben konnten zehn weitere Arten gefunden werden, wobei deren neun je in der extensiv und sieben respektive fünf in den intensiv bewirtschafteten Flächen auftraten. Die Heuschreckendichte im Rückzugsstreifen war 8.5 mal grösser als in der gemähten Wiese. Ob der Handbalkenmäher oder der Trommelmäher heuschreckenschonender ist, konnte anhand der Resultate nicht abschliessend beurteilt werden.

EINLEITUNG

Im Kanton Aargau werden rund 53% (= 33'000 Hektaren) der gesamten landwirtschaftlichen Bodennutzung als Kunst-, Naturwiesen oder als Weiden bewirtschaftet (Stiftung „Wildtie-

ÜBER DIE AUTOREN

Thomas Bauman

Kantonsschüler NKSA
(Abschluss 2014)

Kontakt:

baumann_thomas@hotmail.com

Dr. phil. nat. Benno Wullschleger

Biologielehrer an der NKSA

Kontakt:

benno.wullschleger@nksa.ch

re, Natur, Lebensraum und Leben“) und stellen einen wichtigen Lebensraum für diverse Tierarten dar (Bick, 1989). So besiedeln viele der 106 in der Schweiz bekannten Heuschreckenarten Wiesen (Baur *et al.*, 2006). Der phänologische Zyklus ist bei den meisten Heuschreckenarten einjährig und beginnt mit der Eiablage. Bei vielen Arten legt das Weibchen die Eier im Herbst in den Boden und die Nym-

phen schlüpfen nach einer Diapause im Frühling. Nur die Grillen und eine Gattung der Kurzfühlerschrecke, die Dornschrecken, überwintern als Nymphen. Danach durchlaufen Grillen bis zwölf, Dornschrecken bis sechs und Feldheuschrecken bis fünf Entwicklungsstadien. Um das nächste Nymphenstadium zu erreichen, müssen sich die Heuschrecken ganz häuten (hemimetabole Metamorphose) (Detzel, 1998).

Wiesen, welche ohne Dünge- oder Pflanzenbehandlungsmittel auskommen und mindestens einmal gemäht werden müssen (erster Schnitt liegt zwischen dem 25. Mai und dem 15. Juni), werden zu den extensiv bewirtschafteten Flächen gerechnet. Durch das langsame Wachstum der Vegetation sind meistens nicht mehr als zwei Schnitte pro Saison möglich, darum sind diese Flächen für Fauna und Flora besonders wertvoll und werden vom Kanton Aargau mit CHF 1'500.- jährlich pro Hektare subventioniert (Kanton Aargau, 2013). Um weitere Subventionen zu erhalten, können Landwirte auf diesen Flächen ihre Bewirtschaftungsform den ökologischen Standards anpassen. So müssen zum Beispiel 5% der Fläche als Rückzugsfläche stehen bleiben (Kan-

ton Aargau, Departement Finanzen und Ressourcen, 2013). Im Gegensatz zu diesen extensiv genutzten Flächen können bei intensiv genutzten Wiesen Düngemittel, wie Gülle oder Kunstdünger, als auch Pflanzenbehandlungsmittel eingesetzt werden. Zeitpunkte und Häufigkeit der Mahd werden nicht eingeschränkt. Landwirte bekommen für solche Flächen CHF 1'020.- jährlich pro Hektare (Schweizer Landwirtschaft, 2013).

Inwiefern sich die Heuschrecken-diversität und -dichte auf Grund unterschiedlicher Bewirtschaftung unterscheidet und wie gut ein Rückzugsstreifen (siehe Abb. 1, nächste Seite) von Heuschrecken genutzt wird, soll die Untersuchung von je zwei extensiv (inkl. Rückzugsstreifen) und intensiv genutzten Wiesen in Schafisheim zeigen.

MATERIAL UND METHODEN

Die Untersuchung wurde von Mai bis September 2013 im Bettetal (Schafisheim, Aargau) durchgeführt. Dieser Weiler liegt ganz im Südosten am Fusse des Mertlenberges. Die vier für die Heuschreckenzählung benutzten Wiesen, je zwei extensiv und intensiv bewirtschaftet, liegen auf 450 m ü. M. (siehe Abb. 2).

Die Heuschrecken wurden mit einem Isolationsquadrat, ein mit Leinentuch bespanntes Holzgestell von 1 m² Fläche und einer Höhe von 80 cm, gefangen, indem dieses mit einer Drehbewegung auf die Vegetation geworfen wurde (siehe Abb. 3). Die Bestimmung erfolgte direkt auf dem Feld mit Hilfe des Exkursionsführers und Nachschlagewerks „Die Heuschrecken der Schweiz“ (Baur et al., 2006). Wenn dies bei einem Individuum nicht möglich war, wurde es bildlich festgehalten und später in Zusammenarbeit mit Christian Roesti und Stefan Grichting einer Art zugeordnet. Der Fangkäfig wurde erneut mit mindestens fünf Metern Abstand zum eben ausgezählten Quadrat auf



Abb. 1 Der Rückzugsstreifen in der Mitte von Feld 1, welcher bei der Mahd stehengelassen wurde, dient u. a. Heuschrecken als Rückzugsort.

die Vegetation geworfen und pro Wiese wurde dieser Vorgang 20 mal wiederholt (Luthardt et al., 2006). Beim Rückzugsstreifen wurde die Häufigkeit des Vorgangs gesenkt (5-18 Würfe) und der Abstand zum nächsten Wurf betrug mindestens einen Meter. Datenerhebungen erfolgten vor und nach der Mahd.

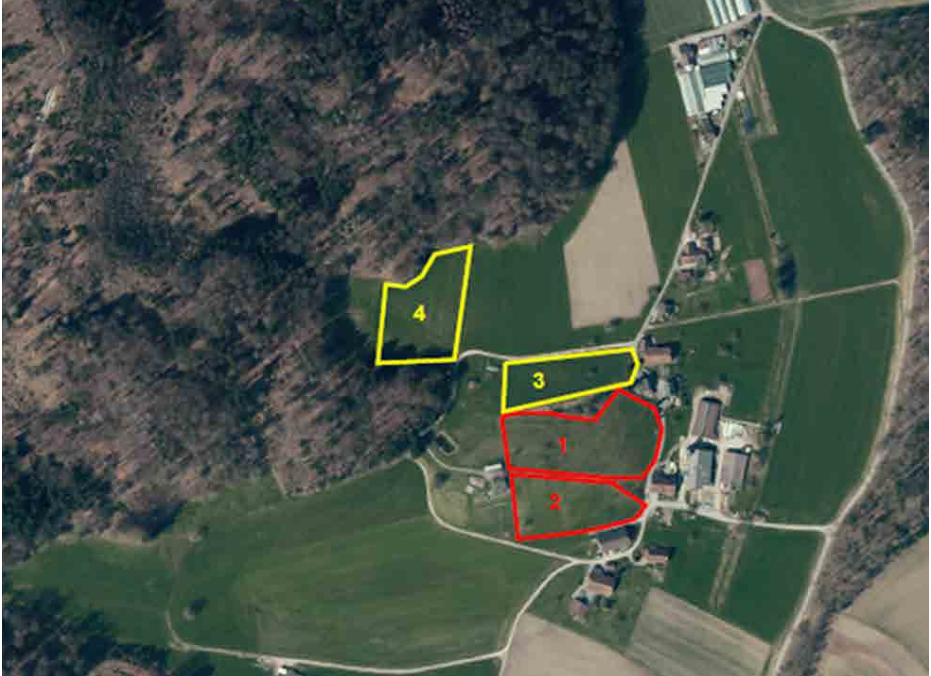


Abb. 2 Die Untersuchungsflächen liegen auf ca. 450 m ü. M. im Aargauer Mittelland (Bettetal, Schafisheim). Rot: extensive Flächen (6760 m² und 8340 m² gross), gelb: intensive Flächen (5250 m² und 9229 m² gross).



Abb. 3 Wurf des 1 m² grossen und 80 cm hohen Isolationsquadrates. Die Wurftechnik erfolgt mit einer 180° Rotationsbewegung, um möglichst viele Heuschrecken zu isolieren.

RESULTATE

Insgesamt konnten auf den Untersuchungsflächen elf verschiedene Heuschreckenarten ausgemacht werden. Neun davon kamen alleine auf den Feldern 1 und 2 (inkl. Rückzugssteifen) vor. Auf den intensiv genutzten Wiesen waren in Feld 4 sieben Arten vorhanden und in Feld 3 nur noch fünf. Die Gemeine Sichelschrecke (*Phaneroptera falcata*) und die Grosse Goldschrecke (*Chrysochran dispar*) sind in den 45 Zählungen je einmal (0.1%) aufgetaucht. Von den 787 erfassten Individuen waren die Lauschschrecken (*Mecostethus parapleurus*) mit 547 Individuen (69.5%) am zahlreichsten vertreten. Sie waren auch in jeder Wiese anzutreffen (Diagramm 1). Mit 10.3% war der Nachtigall-Grashüpfer (*Chorthippus biguttulus*) vertreten. 8.1% aller Individuen waren Gemeine Grashüpfer (*Chorthippus parallelus*). Weitere Kurzfühlerschrecken, wie der Braune Grashüpfer (*Chorthippus brunneus*, 1%), die Rote Keulenschrecke (*Gomphocerippus rufus*, 5.8%) oder die Grosse Goldschrecke (*Chrysochraon*

dispar, 0.1%) gehörten zum Artenspektrum. Die Gewöhnliche Strauschschrecke (*Pholidoptera griseoaptera*, 0.3%) und die Roesels Beissschrecke (*Metriopectera roeselii*, 1.7%) waren Vertreter der Lauschschrecken. Auch eine Art der Grillen, die Feldgrille (*Gryllus campestris*), war mit 2.7% zu sichten (siehe Abb. 4).

Wird das Artenspektrum der verschiedenen Felder verglichen (siehe Diagramm 1), so ist bei den extensiven Flächen eine grössere Artenvielfalt festzustellen. Die Lauschschrecke (*Mecostethus parapleurus*) war in der Verbreitung der Untersuchungsflächen sehr dominant. In den intensiv bewirtschafteten Feldern gehörten über 91% der gezählten Heuschrecken zu jener Art. Bei den extensiven Feldern machten sie zirka 52% aus.

Die Heuschreckendichte vor der Mahd lag bei den extensiv bewirtschafteten Flächen bei 1.2 und bei den intensiv bewirtschafteten Flächen bei 2.1 Individuen / m². Nach der Mahd sank die Dichte bei den extensiv bewirtschafteten Flächen

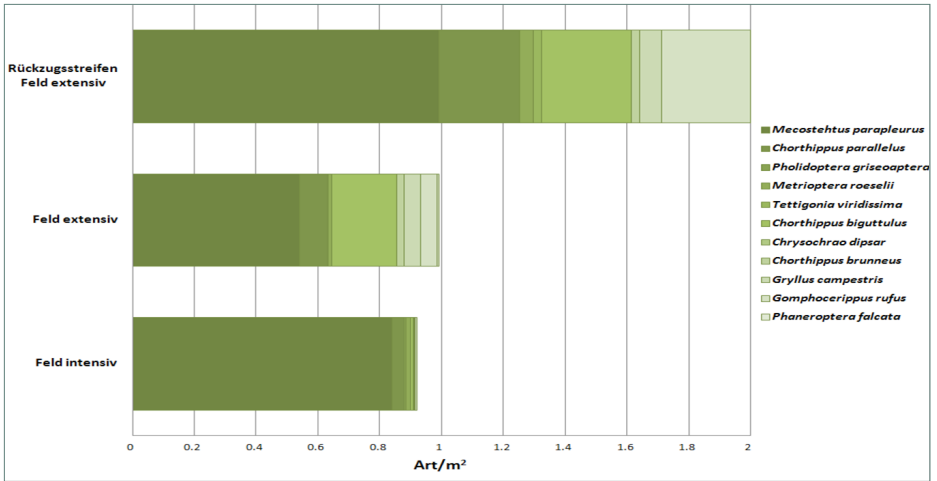


Diagramm 1 Heuschreckendichte und -diversität. Die Daten stellen Mittelwerte aus mindestens 40 Zählungen dar.



Abb. 4 Heuschrecken-Arten: 1 *Gryllus campestris*, 2 *Mecostethus parapleurus*, 3 *Chorthippus parallelus*, 4 *Phaneroptera falcata*, 5 *Tettigonia viridissima*, 6 *Chorthippus biguttulus* und 7 *Metrioptera roeselii*



um 0.7 und bei den intensiv bewirtschafteten Flächen um 1.8 Individuen / m², dagegen nahm die Dichte im Rückzugsstreifen von Feld 2 um das 8.5 fache zu (siehe Diagramm 2).

DISKUSSION

Der Heuschreckendichtevergleich zwischen extensiv und intensiv genutzten Flächen zeigt tendenziell, dass intensiv genutzte Wiesen mehr Individuen enthalten. Die Dominanz der Lauschschrecken (*Mecostethus parapleurus*) (91.6% aller Individuen) und die grundsätzlich geringere Heuschreckendiversität (siehe Diagramm 1 und 2) deuten aber darauf hin, dass intensiv bewirtschaftete Wiesen eher von anspruchlosen Arten besiedelt werden. *M. parapleurus* gilt als äusserst anpassungsfähige Art und tritt auf Grund ihrer Phänologie in den Monaten August und September gehäuft auf (Baur et al., 2006).

Neun von elf dokumentierten Arten sind als in der Schweiz nicht gefährdet beurteilt (Monnerat et al., 2007). Einzig die Gemeine Sichelschrecke (*Phaneroptera falcata*) (einmal in ex-

tensiver Fläche gesichtet) gilt als verletzlich und die Grosse Goldschrecke (*Chrysochraon dispar*) (einmal in intensiver Fläche gesichtet) ist als potenziell gefährdete Heuschreckenart eingestuft (siehe Diagramm 1).

Mit der Mahd wird das Ökosystem Wiese innerhalb kurzer Zeit grundlegend verändert. Diese Veränderung liess sich mit der Heuschreckenzählung vor (1.7 Individuen / m²) und nach der Mahd (0.4 Individuen / m²) unabhängig der Bewirtschaftungsform nachweisen. Die Bedeutung des Rückzugsstreifens mit einer 8.5 mal höheren Dichte als in der gemähten Fläche ist offensichtlich (siehe Diagramm 2). Bei einer vergleichbaren Studie zeigten Rückzugsstreifen direkt nach der Mahd eine 2.5 bis 10 mal höhere Heuschreckendichte als die gemähte Fläche (Humbert et al., 2010).

Bei den untersuchten Wiesen wurden der Trommelmäher und der Hand-Motorbalkenmäher verwendet. Beim Einsatz mit dem Hand-Motorbalkenmäher konnten anschliessend verletzte Heuschrecken gezählt werden. Der

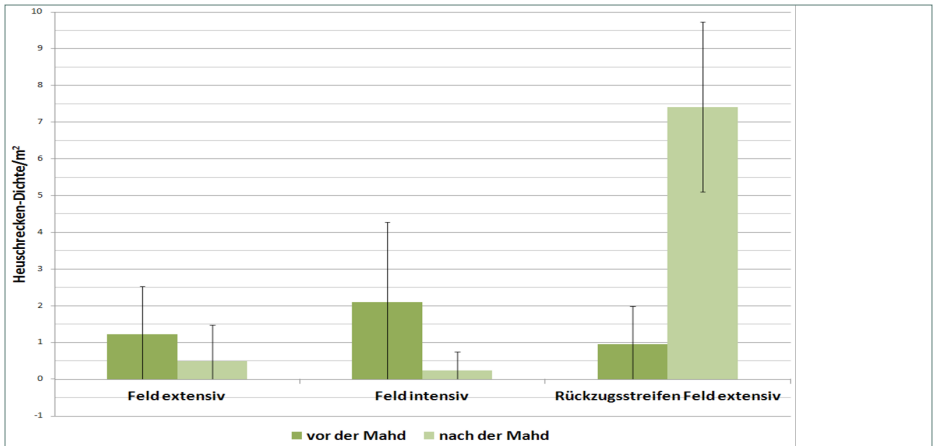


Diagramm 2 Heuschreckendichte (mindestens 40 Zählungen) vor und nach der Mahd mit Standardabweichungen.

Trommelmäher ist im Vergleich zum Balkenmäher einiges schneller unterwegs (10-12 km/h, der Hand-Motorbalkenmäher fuhr zirka 3-5 km/h) (Frei, 2013, mündliche Mitteilung). Eine Studie der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon beschreibt die Sterberate bei ca. 20% (ohne Aufbereiter) (Humbert et al., 2010). Beobachtungen haben gezeigt, dass Heuschrecken flüchten, wenn sich etwas durch das Gras bewegt und ihr Grashalm zur Erschütterung bringt. Ein Trommelmähwerk hat vor den Trommeln eine Schutzmatte, welche die Vegetation durchstreift und ein Fluchtverhalten provoziert. Dadurch können die geringen Verluste bei den Heuschrecken erklärt

werden. Letztlich war die Datenlage zu gering und natürlich müsste man auch die gesamte Wiesenfauna berücksichtigen, um einer Mähtechnik den Vorzug zu geben. Dass extensiv bewirtschaftete Wiesen eine grössere Heuschreckendiversität aufweisen und dass die Mahd mit einer geringeren Heuschreckendichte einhergeht, konnte mit vorliegender Arbeit für die Untersuchungsflächen in Schafsheim gezeigt werden. Interessant wäre in der Folge, die Untersuchung im nächsten Jahr bei Flächen mit Rückzugsstreifen wieder aufzunehmen, um die unmittelbare Bedeutung als Rückzugsort auch längerfristig für die Wiederbesiedlung der gemähten Flächen aufzuzeigen.

DANK

Wir bedanken uns bei Reto Frei (Landwirt der Untersuchungsfläche), Heinz Fischer (Landwirt der Untersuchungsfläche), Stefan Grichting (Heuschrecken-Experte, Naturama Aarau), Christian Roesti (Heuschrecken-Experte, Orthoptera Schweiz) und Thomas Laube (Stiftungsratspräsident WNLL) für Ihre Unterstützung.

LITERATURVERZEICHNIS

Baur, B., Baur, H., Roesti, C. & Roesti, D. (2006). Die Heuschrecken der Schweiz. Bern: Haupt Verlag.

Bick, H. (1989). Ökologie. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.

Detzel, P. (1998). Die Heuschrecken Baden-Württenbergs. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co.

Luthardt, V., Brauner, O., Dreger, F., Friedrich, S., Garbe, H., Hirsch, A.-K., Kabus, T., Krüger, G., Mauersberger, H., Meisel, J., Schmidt, D. †, Täuscher, L., Vahrson, W.-G., Witt, B. & M., Zeidler (2006). Methodenkatalog zum Monitoring - Programm der Ökosystemaren Umweltbeobachtung in den Biosphärenreservaten Brandenburgs, 4. akt. Ausgabe, unveröff., im Auftrag des Landesumweltamt Brandenburg, FH-Eberswalde, Teil A 177 S. + Anhang; Teil B 134 S.+ Anhang.

Humbert, J.-Y., Richner, N., Sauter, J., Walter, T. & Jaboury, G. (2010). Wiesen-Ernteprozesse und ihre Wirkung auf die Fauna. Ettenhausen: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART.

Kanton Aargau. (2013). Ökologischen Ausgleich. Abgerufen am 4. Dezember 2013 vom Kanton Aargau, Departement Finanzen und Ressourcen: https://www.ag.ch/media/kanton_aargau/dfr/dokumente_3/landwirtschaft_2/direktzahlungen_beitraege_1/flaechenbezogen/Bedingungen_extensiv_genutzte_Wiesen.pdf

Kanton Aargau, Departement Finanzen und Ressourcen. (2013). Beiträge für den ökologischen Ausgleich. Abgerufen am 28. September 2013 vom Kanton Aargau: https://www.ag.ch/de/dfr/landwirtschaft/direktzahlungen_beitraege/flaechenbezogen/oekologischer_ausgleich/oekologischer_ausgleich_1.jsp

Monnerat, C., Thorens, P., Walter, T. & Gonseth, Y. (2007). Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz: Heuschrecken. Bern: Bundesamt für Umwelt, BAFU und vom Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna SZKF/CSCF.

Schweizer Landwirtschaft. (2013). Intensiv und mittel-intensiv bewirtschaftete Wiesen. Abgerufen am 28. September 2013 von Schweizer Landwirtschaft: <http://www.landwirtschaft.ch/de/wissen/pflanzen/futterbau/wiesen/bewirtschaftung/>

Stiftung „Wildtiere, Natur, Lebensraum und Leben“. (kein Datum). Stiftung WNLL. Abgerufen am 26. September 2013 vom Aargauischen Jagdschutzverein: <http://www.ajv.ch/?catid=138>



**KIRGISISTAN – DAS SCHÖNE LAND DER
BERGE UND FLÜSSE – EIN REISEBERICHT**







Im Sommer 2013 fand ich mich etwas unverhofft und kurzfristig für zwei Wochen in dem mir erst ein wenig fremden und doch landschaftlich irgendwie vertrauten Kirgisistan - auch liebevoll die „Schweiz Zentralasiens“ genannt - wieder. Der eine oder andere wird sich jetzt fragen, woher dieser Übername stammen mag? Wohl kaum wegen der an vielen Orten sehr maroden Infrastruktur, welche seit Sowjetzeiten nicht mehr wirklich in Stand gehalten wurde oder den häufigen Blackouts und der schlechten Stromsicherheit. Nein, das ist es bestimmt nicht, aber sieht man die vielen Gebirge, Gewässer und die eher kleine Fläche des Landes, verglichen zu seinen grossen Nachbarn China und Kasachstan, kommen wir der Sache schon etwas näher. Das kirgisische *Tian Shian* Gebirge macht rund 80% der Fläche Kirgisistans aus und dieses ist wie bei uns mit einer Vielzahl von Tälern und Flüssen versetzt, die dem Himalaja und dessen Gletschern entspringen. Ähnlich wie in der Schweiz birgt diese Kombination aus hohem Gefälle und Wasser,

ÜBER DEN AUTOR

Stephan Zwysig

Head of Project- and Business Development green-cube.org und DST Group GmbH,
Vorstand Gesundheitszentrum Zaubenberg.

Besuch der neuen Kantonsschule Aarau, Bachelor in International Relations University of Geneva, dann Master in International Economic History University of Geneva

INFO

Kirgisistan (oft auch Kirgistan oder Kirgisien; amtlich Kirgisische Republik) ist ein Binnenstaat mit rund 5,5 Millionen Einwohnern in Zentralasien. Er grenzt im Norden an Kasachstan, im Südosten an China, im Süden an Tadschikistan und im Westen an Usbekistan (Abb.1). Die Hauptstadt ist Bischkek.



Abb. 1 Karte von Kirgisistan mit angrenzenden Ländern. (Quelle: wikipedia.org)



Abb. 2 Bewässerungskanal im Tian Shian Gebirge (Himalaya)

(der höchste Berg an der Grenze zu China ragt über 7000 m in die Höhe) neben Frühlingsspringfluten auch ein erhebliches hydrologisches Energiepotential. Dieses wurde zum Teil bereits zu Sowjetzeiten erkannt und

mancherorts genutzt, insbesondere für die Erzeugung von Strom, aber auch Bewässerungskanäle, welche das ganze Land durchziehen, wurden in dieser Zeit gebaut (Abb. 2).



Doch was genau macht man in Kirgisistan? Im Juni 2013 war ich mit einem fünfköpfigen Team von *green-cube* unterwegs, eben dieses enorme Energiepotential für die lokalen Gemeinschaften in der nord-östlichen Issyk-Kul Region zu analysieren und mögliche Projekte vorzuschlagen. Dieser Bericht soll Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, einen kleinen Einblick in die Erlebnisse und Eindrücke dieses wunderschönen, von Gastfreundschaft durchdrungenen und interessanten Landes geben.

Nach rund zwölf Stunden Flug mit Zwischenlandung in Istanbul, kamen wir schwer beladen mit unseren Messgeräten und Apparaturen durch das Terminal am Flughafen Bishkek um 3 Uhr morgens und wurden leider nicht gerade Zeuge der besagten kirgisischen Gastfreundschaft. Denn wir wurden zuerst gleich einmal gründlich auf mögliche undeclared Gegenstände geprüft. Als wir versicherten, dass die Geräte nicht zum verkaufen, sondern lediglich zum messen seien, wurden wir dann aber doch noch über die Grenze gelassen. Darauf folgte ein Tag der Jet-lag Ver-

arbeitung und Proviant Besorgung in der Hauptstadt Bishkek, der mit Abstand grössten Stadt Kirgisistans (870'000 Einwohner). Bishkek ist eine Stadt, die den Eindruck macht in den 80-er Jahren stehen geblieben zu sein, überall stehen noch Gebäude aus der Zeit der Sowjetunion, was nicht besonders verwundert, ist es doch eine Retortenstadt (Planstadt) der Sowjets. Bishkek stellte sich als eine äusserst staubige Angelegenheit mit vielen Restaurants und viel Hektik auf den Strassen heraus (Abb. 3).

Mir persönlich war es deshalb mehr als recht, dass wir uns schon bald auf den Weg in die hauptsächlich von Viehzucht und Landwirtschaft geprägten ländlichen Gebiete machten. Die Tagesreise mit dem Bus auf der nur so von Schlaglöchern versetzten Strassen in die nord-östliche Issyk-kul Region gab uns bereits einen ersten handfesten Einblick in die veraltete Infrastruktur, obwohl uns versichert wurde, dass diese Strassen noch zu den besten im Lande gehörten (Abb. 4). Dabei wurden wir aber auch Zeuge der imposanten Berglandschaft als wir die fast 1600 Meter



Abb. 3 Steinmosaik an einem Block in der Hauptstadt Bishkek.



Abb. 4 Kirgisische Strasse, im Hintergrund ist die Kirgisische Flagge aus angemalten Steinen zu sehen.



Höhendifferenz zurücklegten um auf ein Höhenplateau zu gelangen. Diese Issyk-kul Region hat seinen Namen vom weltweit zweithöchst gelegenen Issyk-kul See, was soviel heisst wie „warmer See“. Die kirgisische Bevölkerung ist ein sehr stolzes Volk und legt auch heute noch Wert auf ihre nomadischen Wurzeln. So lebt eine Vielzahl der Bevölkerung noch in Jurten (Abb. 5) und zieht im Sommer jeweils mit ihren Herden (vorwiegend Rinder und Schafe) in die Berge (Abb. 6).

Die Höhe machte uns erst ein wenig zu schaffen, insbesondere als wir weiter ins Tal hochfuhren um erste Messungen vorzunehmen. Da uns versichert wurde, dass in Bishkek (auf 800 m.ü.M) heisse 43 Grad gemessen wurden und dies die einzige Wetterstation war die online verfügbar war, hatten wir ehrlich gesagt eher mit einer Hitzewelle als Kälte gerechnet. Wir bekamen dann aber sehr schnell die massiven klimatischen Differenzen zu spüren; 5 gradiger eisiger Wind aus dem Himalaya und kräftiger Regen am Morgen und bis zu 32 Grad mit intensiver Sonnenstrahlung auf

fast 2000 Metern am Nachmittag. Bei unseren Messungen erlebten wir so einiges. Da wäre die Geschichte eines besonders neugierigen „Ishak's“ (Esel) zu nennen, welcher beinahe unser Messband gefressen hätte. Besonders einprägend war auch mein Abstecher ins nahe am Gefrierpunkt liegende Gletscherwasser aus dem Himalaya bei einer Wassergeschwindigkeitsmessung. Als es dann noch anfang „aus allen Kübeln zu regnen“, lernten wir aber auch die wunderbare Gastfreundschaft der Kirgisien kennen. Nicht nur bekamen wir (höhere) Gummistiefel und zusätzliche Jacken zur Verfügung gestellt, sondern wurden auch gleich noch zum Essen ins warme Innere eines Bauernhauses eingeladen. So ist es ein Brauch, jedem Gast der über die eigene Türschwelle (oder Jurte) tritt, etwas zu offerieren, egal wie arm man ist. Zumindest einen „Tschai“ (Tee) muss es sein. Diesen nicht zu akzeptieren wäre zu tiefst unfreundlich. Auf diese Weise erfuhren wir auch etwas mehr über die Kultur und Gegebenheiten der Kirgisen. Interessanterweise werden die Kinder hier in Kirgisistan von



Abb. 5 Kirgisische Familie vor einer Jurte (Zelt)



Abb. 6 Kirgisischer Hirte mit Schafen und Rinder



ihren Grosseltern aufgezogen, während die Eltern am arbeiten sind. Nur am Wochenende sehen die Kinder ihre Eltern. Auf diese Weise helfen die Kinder auf dem Land und lernen gleichzeitig die Arbeit, Umgangsformen und Sitten ihrer Familie kennen, wie uns erklärt wurde (Abb. 7).

Insgesamt waren wir in fünf verschiedenen Tälern und besichtigten eine Vielzahl von bereits genutzten oder ehemaligen Stauwehren und Bewässerungskanälen, um diese möglicherweise mit Wasserbauprojekten auszurüsten, welche im Einklang mit der Natur sind (Fischdurchgängig mit der Wasserwirbelkraftwerktechnologie). Eine dezentrale Energieversorgung ist auch auf dem Land eine dringende Notwendigkeit, da die lokalen Gemeinschaften zwar oft am Stromnetz angeschlossen sind, aber neben starken Spannungsschwankungen auch sehr oft Stromausfälle erdulden müssen. Dies ist insbesondere auch in den von uns besichtigten Spitälern von grösster Wichtigkeit, wo eine ununterbrochene Stromversorgung unabdingbar ist. Deshalb hatten wir zusätzlich den Auftrag die Infrastruk-

tur von diesen, auf mögliche Implementierungen von Photovoltaik-Backup-Systemen (mit Batterie-Notstrom) und Photothermik zu prüfen. Nach getaner Arbeit, langen Tagen mit Messungen, Befragungen der lokalen Bevölkerung und vielen interessanten Begegnungen kamen wir auf dem Weg zurück nach Bishkek nochmals in den Genuss der unglaublichen Farbenvielfalt der Sedimentschichten und Berge dieses Landes (Abb. 8).

Wenn ich heute zurückblicke auf diese ausserordentliche Erfahrung, bleiben mir neben den imposanten Bergen, der kirgisischen Einfachheit und Gastfreundschaft vor allem die Dankbarkeit von den vielen Kirgisen, welche wir kennenlernen durften, besonders prägend in Erinnerung. Dies alles machte diese Reise zu einer Erfahrung, welche ich nur sehr ungern wieder hergeben würde. Ich kann jedem, der nicht gerade auf herkömmlichem Tourismus beharrt, gerne in der Natur und nicht gerade Abenteuer-scheu ist, eine Reise in dieses noch etwas wilde, aber von so herzlichen Menschen bewohnte Land wärmstens empfehlen.

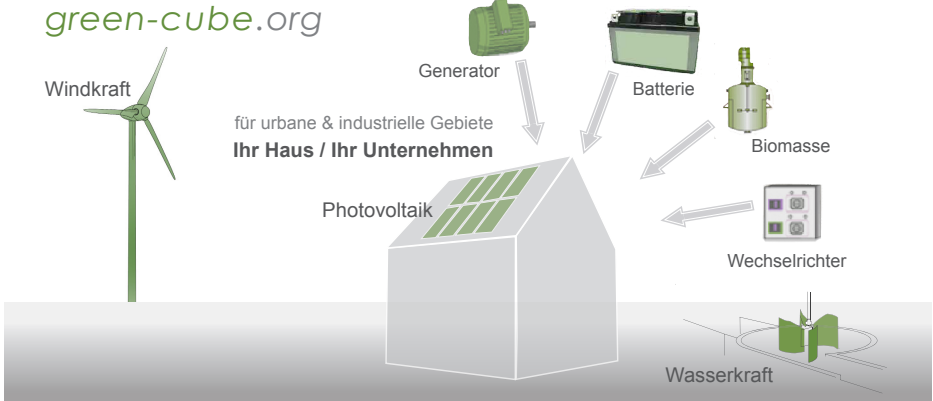


Abb. 7 Kirgisische Familie.



Abb. 8 Bergpanorama mit verschiedenfarbigen Sedimentschichten.

Energie ist Leben



green-cube.org

für urbane & industrielle Gebiete
Ihr Haus / Ihr Unternehmen

green-cube.org bietet eine umfassende cleantech Lösung für die Produktion von erneuerbaren Energien durch Sonne, Wind, Wasser und Biomasse. Durch die Kombination der verschiedenen Energien, kann für jeden Standort eine optimale Lösung gefunden werden. Vielfach können ökologische Energieproduktionen und Energiesparmassnahmen auch kombiniert werden.

Mehr Informationen auf:

www.green-cube.org

oder per Mail:

info@green-cube.org

Das finde ich eine tolle Innovation, da mach ich mit!

- Darlehen für Projekt gewähren 2.5 % Zins
- Besitzer eines *green-cube* werden.

Name _____

Vorname _____

Strasse _____

PLZ/Ort _____

Email _____

Bitte Online-Kontaktformular ausfüllen oder
einsenden an:

DST Group green-cube.org Swiss Projekte GmbH
Lenzweg 20, 5042 Hirschtal, Aarau — Switzerland
Tel. +41 44 586 37 84

DST GROUP

Cleantech / HighTech Unternehmensberatung

DEVELOPING YOUR BUSINESS SUCCESS WITH THE BEST TECHNOLOGIES EVERYWHERE

SOCIAL MEDIA MARKETING



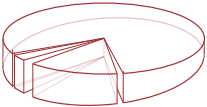
- Kundenakquise & Beratung
- Marketing am Puls der Zeit mit facebook®, twitter®, xing® und mehr

IT / Cloud Computing & Webdesign



- Sichere und verlässliche IT / EDV Lösungen
- Effizienzsteigerung und Kostensenkung mit Cloud Computing
- Konzipierung und Gestaltung Ihrer Website

INVESTMENT & BETEILIGUNGEN



- Nachhaltige und ökologische Investitionen für profitable, ökologische und sozial verträgliche Investitionen und Beteiligungen

Mehr Informationen auf

oder per Mail:

www.dstgroup.ch

info@dstgroup.ch

Bitte Online-Kontaktformular ausfüllen oder einsenden an:

Ich habe Interesse an Projekten:

- Social Media Marketing
- IT / Cloud Computing
- Investment / Beteiligungen
- Kostengünstige Website / Webdesign

Name _____

Vorname _____

Strasse _____

PLZ/Ort _____

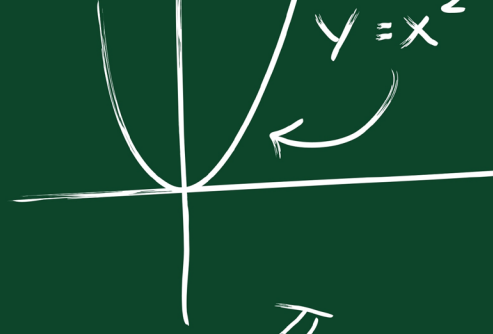
Email _____

oder einsenden an: DST Group GmbH | Lenzweg 20 | 5042 Hirschthal | Tel. +41 (0)44 586 37 84

$$x_{1,2} = -1 \pm \sqrt{\frac{2^2}{4} + 4}$$

$$x_1 = -1 + \sqrt{5}$$

$$x_2 = -1 - 2,24 = -3,24$$



$$\pi = 3,14$$



ANSICHTEN EINES KREISES
ODER DIE MACHT DER ABSTRAKTION

$$(4x^5 - x^4 + 2x^3 + x^2 - 1) : (x^2 + 1) = 4x^3 - x$$

$$\begin{array}{r} -(4x^5 + 4x^3) \\ \hline -x^4 - 2x^3 \end{array} \quad \frac{1}{2} = 0,5$$

$$\begin{array}{r} -(-x^4 - x^2) \\ \hline -2x^3 + 2x^2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -(-2x^3 - 2x) \\ \hline 2x^2 + 2x - 1 \end{array}$$

$\angle = 90^\circ$



$$\sqrt{2} = 1,41$$

$$\begin{array}{r} 2x^2 + 2x - 1 \\ -(2x^2 - 2) \\ \hline 2x - 3 \end{array}$$

$$f(x) = 3x^3 + 2x^2 + 5x + 8$$

$$(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

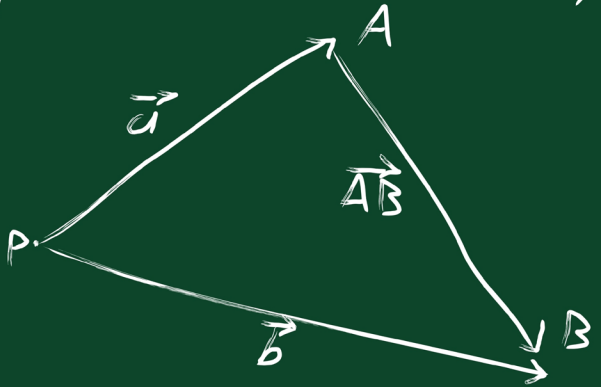
$$A = \int f(x) dx$$

$$\begin{pmatrix} 2 & 6 \\ 7 & 9 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 5 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 11 \\ 10 & 13 \end{pmatrix}$$

$$\rightarrow x \quad P_1 = \begin{pmatrix} 8 \\ -3 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$4 + 15g \dots$$

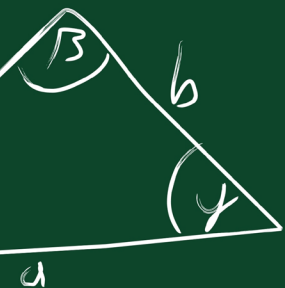
$$\frac{x^2 + 2x + \frac{2x-3}{x^2+1}}{x^2+1}$$



$$\begin{array}{l} 25y - 8 = 5y + 2 \quad | -5y \\ 20y - 8 = 2 \quad | +8 \\ 20y = 10 \quad | :20 \\ y = \frac{10}{20} \end{array}$$

$\rightarrow x$

$$\frac{2}{2} = 2$$



$$\begin{pmatrix} 1 & 5 & 3 & 4 \\ 2 & 9 & 6 & -2 \\ 5 & 7 & 8 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 9 & -3 & 5 \\ 2 & 7 & 3 \\ 4 & 8 & 6 \\ -5 & 1 & 9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 11 & 60 & 74 \\ 70 & 103 & 55 \\ 86 & 99 & 103 \end{pmatrix}$$

$$6x + 3 - 1 + 2x = (4 \cdot 2x) + x - 7$$



Was ist Mathematik? Wenn ich erzähle, dass ich beruflich mit Mathematik zu tun habe, dann werde ich oft darum gebeten irgend eine komplizierte Rechnung durchzuführen. Es kann aber auch sein, dass mir auf mehr oder weniger humoristischer Art erklärt wird, dass die eigenen Leistungen in der Schule nicht auf dem gewünschten Niveau waren. Oder ich werde gefragt was ich eigentlich tue.

Nun, ich habe die Erfahrung gemacht, dass gerade diese letzte Frage nicht besonders einfach zu beantworten ist. Trotz meiner verzweifelten Bemühungen meine Tätigkeit auf einem für Laien verständlichen Niveau zu erklären, kriege ich nach meinen Erklärungen, und das möglicherweise nicht ganz zu unrecht, ein schüchternes Lächeln geschenkt, mit der Bemerkung, dass mein Gegenüber mir nicht ganz folgen konnte. Das kann nun entweder an meinen Erklärungskünsten liegen, oder daran, dass es schlicht unmöglich ist genügend Informationen in einen für Zuhörer akzeptablen Zeitrahmen zu fassen. Trotzdem möchte ich

ÜBER DEN AUTOR

Jürgen Dölz

Doktorand in Mathematik an der Universität Basel

Bachelor und Master in Mathematik an der Universität Basel

in diesem Artikel, wenn auch ganz anders als Sie denken, erklären was Mathematik ist. Ich möchte mit Ihnen einen kleinen Steigerungslauf machen, bei dem Sie, so hoffe ich zumindest, am Schluss über Ihr eigenes Gehirn erstaunt sein werden. Lassen Sie sich deswegen nicht entmutigen, wenn Sie zwischen drin den Faden verlieren oder eine Gleichung nicht verstehen. Lesen Sie weiter oder grübeln Sie darüber nach, entscheidend ist, dass Sie nicht aufgeben, das Wort „eindeutig“ nicht überlesen und sich zum Schluss überraschen lassen. Der mit der Materie vertraute Leser möge mir einige zu Gunsten der Einfachheit belassene Ungenauigkeiten verzeihen.

ZIRKEL UND LINEAL

Gehen wir zurück in die Schule. Sicher haben Sie dort einen Kreis mit einem Zirkel konstruiert (siehe Abb. 1). Die Kreislinie wird dabei oft beschrieben als die Menge aller Punkte, die einen bestimmten Abstand zum Kreismittelpunkt hat. Wir können verschiedene Radien wählen, aber um einen Kreis eindeutig zu beschreiben brauchen wir nur den Mittelpunkt und den Radius. Denn zu einem vorgegebenen Mittelpunkt und einem vorgegebenen Radius gibt es nur einen möglichen Kreis.

Nebenbei kann man übrigens auch bemerken, dass wir für den Radius nicht einmal eine Masseinheit brauchen, denn mit Zirkel und Lineal kann man leicht überprüfen, ob zwei Strecken gleich lang sind oder nicht.

Um dieses Konstrukt von einem Punkt und einer vorgegebener Strecke, dem Radius, zu abstrahieren benötigen wir neben Zirkel und Lineal ein weiteres, sehr mächtiges Werkzeug: ein Koordinatensystem. Lehnen Sie sich einen Moment zurück und überlegen Sie sich was das bedeutet.

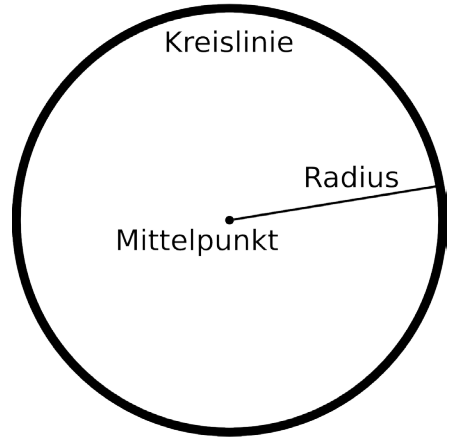


Abb. 1 Kreis konstruiert mit Zirkel und Lineal.

EIN MÄCHTIGES WERKZEUG

Ohne Koordinatensystem können wir einen Kreis nur relativ zum gegebenen Mittelpunkt beschreiben. Mit Zirkel und Lineal können wir den Radius durch eine ganze Zahl dividieren und um eine ganze Zahl strecken (da wir dies mit einer gegebenen Strecke tun können). Aber wir können den Kreis nicht in eine eindeutige Richtung verschieben, da wir die Richtung nicht eindeutig festlegen können. Ebenso können wir keine Aussagen zur Position des Kreises machen, da wir keinen Punkt haben, auf den wir Bezug nehmen könnten und wiederum die Richtung von diesem Bezugspunkt aus nicht eindeutig angeben können, ganz zu schweigen von der Distanz dazu.



ANSICHTEN EINES KREISES

Das Verändern des Radius ist tatsächlich die einzige Operation die wir ohne Koordinatensystem eindeutig tun können. Der genauer arbeitende Leser sei hier darauf hingewiesen, dass wir auch dies nur tun können, wenn wir den Radius des Kreises als Masseinheit festlegen.

Durch das Festlegen eines Koordinatensystems schlagen wir mehrere Fliegen mit einer Klappe: Als erste wichtige Neuerung legen wir einen Nullpunkt und zwei Koordinatenachsen ausgehend von diesem Nullpunkt fest. Durch die Koordinatenachsen definieren wir neu zwei eindeutige Richtungen. Mit Hilfe dieser beiden Richtungen können wir jede andere Richtung eindeutig beschreiben. Als zweite wichtige Neuerung definieren wir eine Masseinheit. Die Masseinheit erlaubt uns zusammen mit den Richtungen der Koordinatenachsen den Mittelpunkt des Kreises eindeutig relativ zum Nullpunkt zu positionieren und den Radius eindeutig festzulegen.

GESCHRIEBEN MIT PYTHAGORAS

Mit der Einführung eines Koordinatensystems können wir nun unseren mit dem Zirkel konstruierten Kreis mit Vollgas weiter abstrahieren. Dazu nehmen wir im Folgenden zur Vereinfachung an, dass der Mittelpunkt des Kreises der Nullpunkt des Koordinatensystems ist, die Achsen des Koordinatensystems mit x und y bezeichnet sind und senkrecht aufeinander stehen. Mit dem Satz von Pythagoras

$$a^2 + b^2 = c^2$$

können wir einen Kreis mit Radius r um den Nullpunkt beschreiben, indem wir den Kreis als die Menge aller Punkte mit den Koordinaten (a,b) betrachten, die die Formel

$$a^2 + b^2 = r^2$$

erfüllen (siehe Abb. 2).

Bei etwas genauerem Hinsehen ist das bis jetzt nichts weiter als eine Umformulierung unserer ursprünglichen Konstruktion, das alle Punkte eines Kreises den Abstand r vom Mittelpunkt haben müssen. Wir haben es lediglich geschafft das bisher einfa-

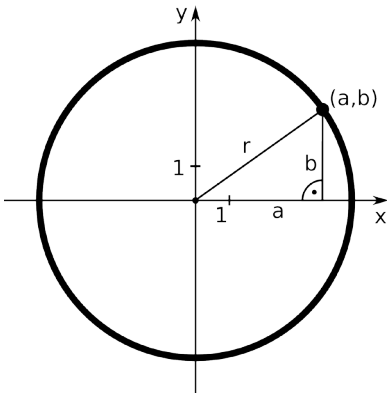


Abb. 2 Kreis im Koordinatensystem.

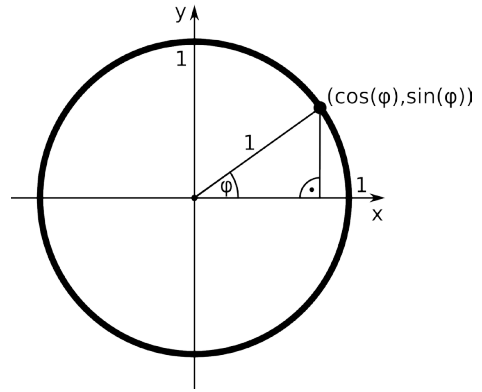


Abb. 3 Koordinaten geschrieben mit Sinus und Cosinus.

che etwas komplizierter aussehen zu lassen.

Dennoch ist es der entscheidende Schritt für alles Weitere was wir jetzt tun werden.

SINUS UND COSINUS

Schränken wir uns der Einfachheit halber etwas weiter ein und betrachten den Kreis mit Radius eins. Dann erfüllen sämtliche auf dem Kreis liegende Punkte (a,b) die Gleichung

$$a^2 + b^2 = 1.$$

Umgekehrt gibt es keine Punkte, die diese Gleichung erfüllen, aber nicht auf dem Kreis liegen.

Wer sich noch an die Trigonometrie aus der Schule erinnert, kann vielleicht schon erahnen auf was wir hier hinaus wollen. Andernfalls genügt es

für unsere Zwecke Abbildung 3 zu betrachten und zu wissen, dass mit Hilfe von Sinus und Cosinus $a = \cos(\varphi)$ und $b = \sin(\varphi)$ gilt.

Mit Hilfe der Gleichungen $a = \cos(\varphi)$ und $b = \sin(\varphi)$ können wir die Koordinaten a und b des Punktes (a,b) durch eine einzige Zahl, nämlich durch den Winkel φ , beschreiben. Denn Sinus und Cosinus ordnen in dieser Form der Zahl φ eindeutige Koordinaten (a,b) zu. Leider ist die Zuordnung in die andere Richtung nicht eindeutig, aber mit ein bisschen Nachdenken oder etwas höherer Mathematik können wir diesen Unterschied vernachlässigen.

Wir können also jede Koordinate eindeutig einem Winkel zuordnen. Messen wir diesen Winkel im Bogenmass, so können wir jede Koordinate einer Zahl zwischen 0 und 2π zuordnen.



ANSICHTEN EINES KREISES

PUNKTE SIND ZAHLEN – UND UMGEKEHRT

Mittels Koordinatensystem haben wir nun eindeutig die Menge aller Punkte mit einem gewissen Abstand zu einem Punkt in eine Menge von Koordinaten umgewandelt, die den Satz von Pythagoras erfüllen. Diese Koordinaten haben wir, wiederum eindeutig, mittels Sinus und Cosinus in eine Menge von Winkeln im Bogenmass umgewandelt. Und diese Winkel im Bogenmass sind Zahlen. Wir haben also für jedem Punkt auf dem Kreis eine eindeutige Zahl zugeordnet und umgekehrt kann jede dieser Zahlen eindeutig einem Punkt auf dem Kreis zugeordnet werden.

Diese eindeutige Zuordnung von Punkten zu Zahlen hat eine Reihe von Konsequenzen.

HABEN SIE SICH SCHON EINMAL GEFRAGT, WIE?

Haben Sie sich vor diesem Artikel schon einmal gefragt, wie man zwei Punkte eines Kreises addieren könnte, so dass die Summe wieder auf

dem Kreis liegt? Mit Hilfe der Zuordnung der Punkte zu Zahlen führen wir einfach die Addition der zugehörigen Zahlen aus. Die Summe der Punkte definieren wir dann als den Punkt, der der Summe der Zahlen zugeordnet ist (siehe Abb. 4). So einfach kann es gehen (und der interessierte Leser könnte sich fragen, ob dies die einzige Möglichkeit ist).

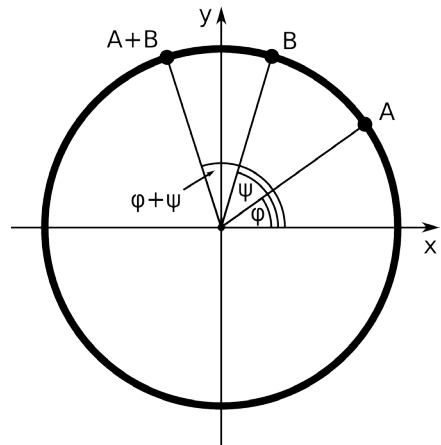


Abb. 4 Addition von Punkten auf einem Kreis.

Im Rahmen eines Kreises mögen diese Überlegungen als Spielerei erscheinen, aber ähnliche Konzepte sind wichtige Hilfsmittel in der modernen Kryptographie mittels Elliptischer Kurven.

Ein etwas anschaulicheres Beispiel ist das Folgende: Denken Sie sich den Kreis als eine Drahtschlinge, die an gewissen Stellen wärmer ist als an anderen. Sie kennen die Temperatur an jeder einzelnen Koordinate der Drahtschlinge, möchten aber gerne die Durchschnittstemperatur kennen. Wenn die Drahtschlinge eine gerade Strecke wäre, dann könnten Sie die Durchschnittstemperatur mit Hilfe eines gewöhnlichen Integrals aus der Schule berechnen. Im Falle eines Kreises ist das Integral etwas komplizierter (zumindest wenn man den Draht nicht aufschneiden möchte oder kann), kann aber mittels der Zuordnung der Punkte zu Zahlen ganz einfach zu einem aus der Schule bekannten Integral umgewandelt werden, das jeder Gymnasiast berechnen kann.

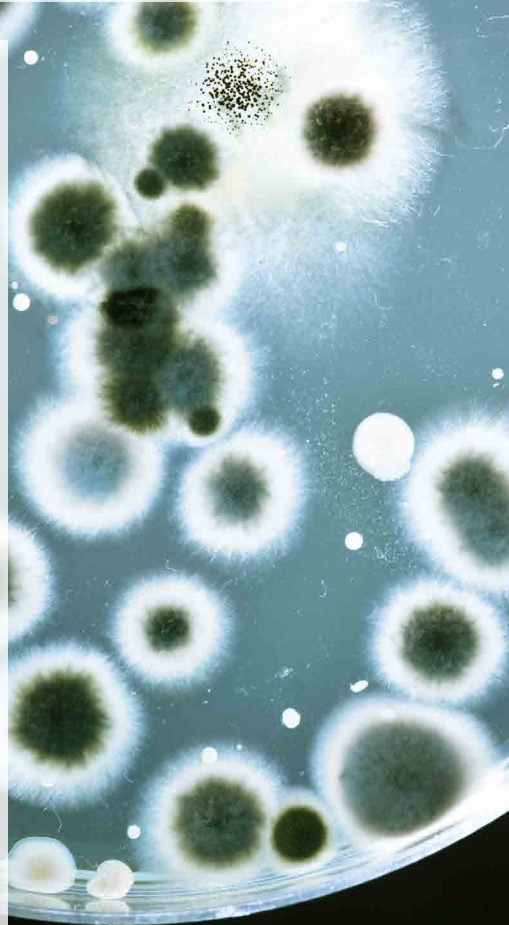
Physiker und Mathematiker integrieren mit ähnlichen Konzepten über beinahe beliebig komplizierte Kurven. Das Konzept kann sogar so erweitert werden, dass Durchschnittstemperaturen von Flächen in zwei und mehr Dimensionen und von Körpern in drei und mehr Dimensionen durch einfache Integrationsregeln aus der Schule berechenbar werden können.

Was ist also Mathematik? Aus meiner Sicht versucht Mathematik bekannte Tatsachen und Lösungen zu abstrahieren um damit Antworten auf noch ungelöste Probleme zu finden. Wenn jemand also Mathematik betreibt, dann versucht er im Grunde nichts anderes, als ein höllisch kompliziertes Problem in eine Form zu bringen, in der es gelöst werden kann. Dass es dabei zwischendurch komplizierter werden kann, haben Sie in diesem Artikel bereits gesehen. Denn seien wir ehrlich: Wissen wir erst einmal welche Zahl zu welchem Punkt auf dem Kreis gehört, dann kann uns Pythagoras ziemlich egal sein.



BEDROHLICHE RESISTENZEN - WENN ANTIBIOTIKA NICHT MEHR WIRKEN

Wer eine bakterielle Infektion hat, wird mit Antibiotika behandelt. Diese Wunderwaffe wird aber immer stumpfer – die Bakterien haben Abwehrmechanismen entwickelt.







NATÜRLICHE ABWEHRSTOFFE

Antibiotika findet man überall in der Natur. Sie sind keine Erfindung der Menschheit, sondern natürlich gebildete, niedermolekulare Stoffwechselprodukte von Pilzen oder Bakterien, die schon in geringer Konzentration das Wachstum von anderen Mikroorganismen hemmen oder diese abtöten. Sie werden hergestellt, um die Konkurrenz zu bekämpfen. Selbst Pflanzen produzieren Stoffe mit antibakteriellen Eigenschaften, um sich vor Infektionen zu schützen.

SCHIMMELPILZ ALS WUNDERWAFFE

Auf einen Zusammenhang zwischen Pilz und Bakterium wurde 1929 erstmals der Schotte Alexander Fleming aufmerksam. Er stellte fest, dass seine Bakterienkolonien von einem Schimmel überzogen waren. Fleming wollte die Versuchsschalen zunächst wegwerfen. Dann aber bemerkte er, dass das Bakterium „Staphylococcus“ sich dort nicht mehr ausbreiten konnte, wo der Schimmel gewachsen war. Bei dem Pilz handelte es sich um den

ÜBER DIE AUTORIN

Silvana Wenzinger

Eidg. dipl. Apothekerin ETH, Verwalterin Toppharm Apotheke Küttingen, Mitglied Aargauischer- und Schweizerischer Apothekerverband.

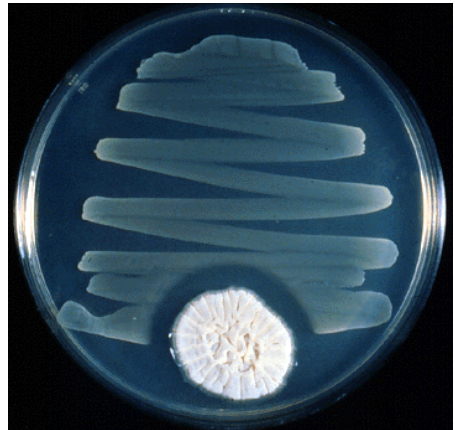


Abb. 1 Wachstumshemmung von Staphylococcen auf einer mit Penicillium-Pilzen kontaminierten Agarplatte.

(Quelle: <http://pharmama.ch>)

Pinselschimmel Penicillium (Abb. 1). Die Fachwelt beachtete seine Veröffentlichungen zunächst nicht.

Während seine Erkenntnisse in den Archiven ruhten, suchte das Militär während des Zweiten Weltkriegs dringend nach einem Mittel gegen Infektionen, an denen immer mehr verwundete Soldaten starben. Die jungen britischen Wissenschaftler Howard Walter Florey und Ernst Boris Chain 1939 griffen schliesslich auf Flemings Arbeiten zurück - mit Erfolg. Bereits 1944 hatten die alliierten Truppen einen Wirkstoff gegen bakterielle Erreger. Die späte Anerkennung für sein Schaffen erhielt Fleming 1945 zusammen mit Florey und Chain: den Nobelpreis für Medizin. Seit der Entdeckung der Antibiotika und der erstmaligen Herstellung des Penicillins haben viele Infektionskrankheiten, die bis dahin nur äusserst unzureichend oder gar nicht behandelbar waren, ihren Schrecken verloren. Noch um 1940 - ohne Antibiotika - mussten viele Menschen beispielsweise an Lungenentzündung sterben. Nach der Entdeckung des ersten Penicillins 1929 durch Fleming war in Folge der Weg frei für die Entwicklung weiterer innovativer Substanzen, die nach wie vor in vielen Fällen lebensrettend sind. Die erste ‚Penicillin-Tablette‘ wurde 1952 entwickelt.

RESISTENZERSCHEINUNG

Die grosszügige Verwendung des neuen Wundermittels „Penicillin“ nach dem 2. Weltkrieg führte aber dazu, dass trotz der Verfügbarkeit immer neuer Antibiotikaklassen immer mehr Krankheitserreger gegen die vorhandenen Medikamente unempfindlich wurden. Man bezeichnet eine solche Entwicklung als Resistenzerscheinung.

Die Resistenz kann verschiedene Ursachen haben. Man spricht von sogenannten natürlichen Resistenzen, wenn alle Stämme einer Spezies gegen bestimmte Antibiotika unempfindlich sind. Von erworbener Resistenz spricht man, wenn die Bakterien durch Änderung ihres Erbguts (Mutation) die Eigenschaft der Resistenz erlangen. Dies kann spontan beim Abschreiben der DNA vor der Zellteilung geschehen, oder aber unter dem Selektionsdruck einer Therapie eintreten. Die Selektion im Darwinschen Sinn ist in diesem Fall der Einsatz der Antibiotika, denn diese begünstigen die Entstehung eines resistenten Stamms durch Schaffung neuer Wachstums- und Nahrungsräume für die Bakterien. Die nichtresistenten Zellen werden abgetötet,



BEDROHLICHE RESISTENZEN

was optimale Bedingungen für die resistenten Spezies schafft. Die Antibiotikaaufnahme des Menschen wird indirekt durch die Verwendung von Antibiotika in der Tiermast und im Pflanzenanbau erhöht (Abb. 2). Zusätzlich verstärkt wird dieser Effekt noch dadurch, dass Resistenzgene durch drei Mechanismen in nicht-resistente Zellen gelangen können: Transformation, Konjugation und Transduktion durch Phagen. Bei der Transformation nehmen Bakterien Resistenzgene aus ihrer Umgebung auf, z.B. von toten resistenten Zellen. Durch Konjugation können Resistenzgene, die auf einem Plasmid sind in eine nicht-resistente Empfängerzelle übertragen werden. Phagen können durch ihren Vermehrungszyklus auf resistenten Bakterien deren Resistenzgen mitnehmen und auf nichtresistente Zellen übertragen (Abb. 3).

Auf welche Weise auch immer das Bakterium zu neuer DNA kommt, sie verändert seine Eigenschaften. Beispielsweise bildet das Bakterium nun eine andere Körperhülle, durch die das Antibiotikum nicht eindringen kann. Oder es verfügt neu über In-

formationen für ein Enzym, welches das Antibiotikum zerlegt. Oder aber das Bakterium verändert irgendeine Struktur in seinem Innern, so dass das Antibiotikum seine Wirkung daran nicht mehr entfalten kann.

Die kombinierten Effekte der hohen Wachstumsraten, hohen Zellkonzentrationen, Mutation und Selektion und die Fähigkeit des Genaustauschs führen zu einer großen Adaptations- und Evolutionsrate bei den Bakterien.

FALSCHER EINSATZ

Es gibt heute Tausende von natürlichen und synthetischen Antibiotika gegen allgemeine und spezifische Erreger. Die unkontrollierte Abgabe von Antibiotika in den letzten 50 Jahren hat zu einer starken Resistenzentwicklung bei krankheitserregenden Bakterien geführt. Es werden zu schnell zu unspezifische Antibiotika verordnet. Obwohl Antibiotika viele Menschenleben retten, sind sie nicht gegen alle Mikroorganismen einsetzbar. Gegen Viren beispielsweise zeigen sie keine Wirkung, weshalb sie auch bei der stärksten Erkältung

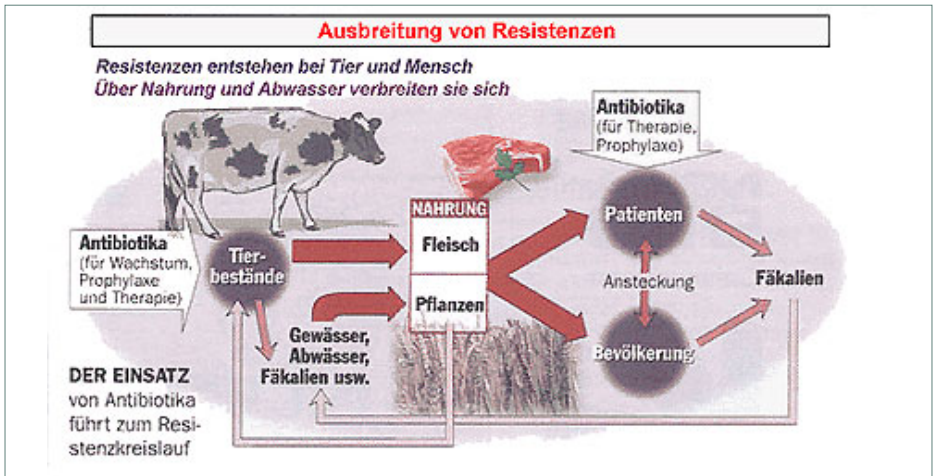


Abb. 2 Resistenzausbreitung. (Quelle: <http://www.biokurs.de/skripten/13/bs13-8.htm>)

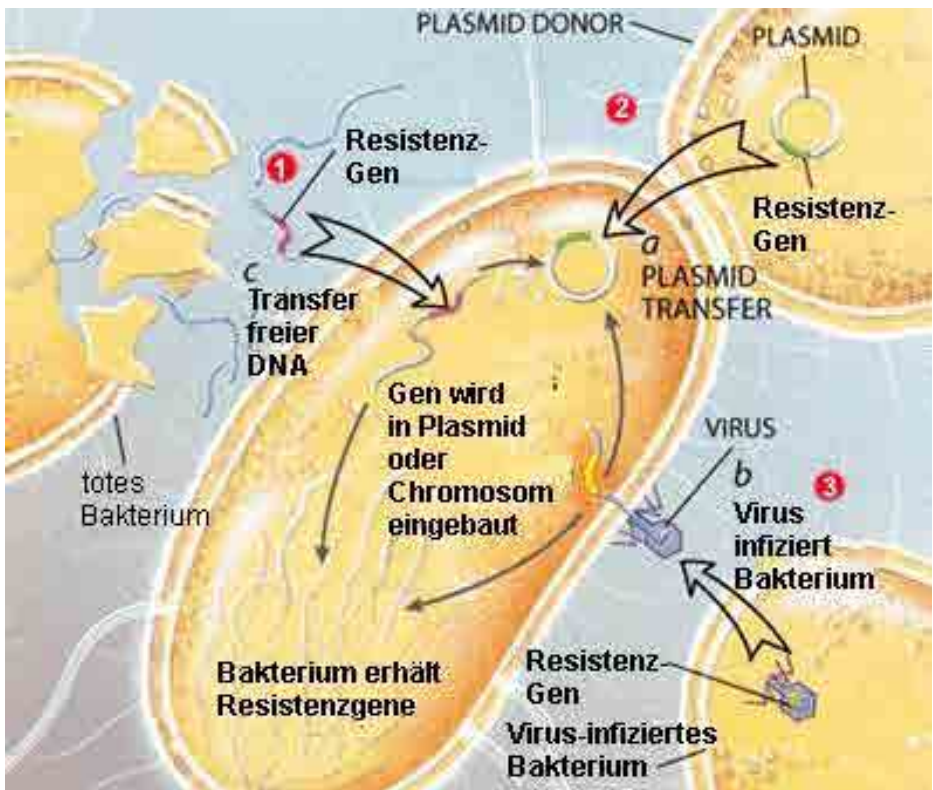


Abb. 3 Transformation – Konjugation - Transduktion.
(Quelle: <http://www.biokurs.de/skripten/13/bs13-8.htm>)



nichts nützen. Hier machen Antibiotika nur Sinn, wenn zur Infektion mit Erkältungs- bzw. Grippeviren noch eine bakterielle Infektion dazukommt. Auch Anwendungsfehler tragen zur Entstehung von Resistenzerscheinungen bei. Es passiert im Alltag immer wieder, dass die tägliche Einnahme des Medikamentes vergessen wird, oder nicht die entsprechende Anzahl von Tabletten eingenommen wird. Im Gegensatz zu zahlreichen anderen Arzneimitteln wie Bluthochdruckmittel, Blutlipidsenker oder Rheumamittel, bei welchen ein einzelner Einnahmefehler keine grossen Nachteile mit sich bringt, sind solche Irrtümer bei Antibiotika fatal. Am Infektionsort werden nicht die notwendigen hohen Wirkstoffspiegel erreicht, worunter die Abtötung der Bakterien leidet. Ein Teil der bekämpften Bakterienpopulation bleibt also weiter am Leben. Diese sind in ihrer Vitalität nur geschwächt, aber nicht abgetötet, vermehren sich und bilden eine neue Population, gegen die das verwendete Antibiotikum weit geringer oder gar nicht mehr wirksam ist. Da auch Antibiotika bei der Tierzucht in der

Nahrungsmittelproduktion verwendet werden, steht der Mensch unter ständigem Antibiotikaeinfluss.

LÖSUNG FÜR DIE ZUKUNFT

Keinem einzelnen Faktor verdanken wir mehr persönliche Lebensjahre als den Antibiotika. Deshalb muss die Verabreichung von Antibiotika bei der Tiermast und der Therapie von Infektionskrankheiten sinnvoll eingeschränkt und unkontrollierter Einsatz in der Gentechnik unterbunden werden. Ansonsten hat der Mensch die Chancen der Kontrolle der Infektionskrankheiten durch Antibiotika verspielt. Geben wir diesen Trumpf nicht unachtsam aus der Hand.

genossenschaft



Wasserwirbe

www.gwwk.ch

Energie mit der Natur
für uns Alle

Vereint
Fischdurchgängigkeit,
Flussrenaturierung
und Naturstrom

Mehr Informationen auf:
www.gwwk.ch

oder per Mail:
info@gwwk.ch

**Das finde ich eine tolle Innovation,
da mach ich mit!**

- Genossenschafter oder /und Darlehensgeber der GWWK werden
- Anteilsscheine zu CHF 1000.- zeichnen (3.33 %)
- der GWWK ein Darlehen (Verzinsung 2.34 %) gewähren. Darlehensbetrag CHF: _____

Name _____

Vorname _____

Strasse _____

PLZ/Ort _____

Email _____

Bitte Online-Kontaktformular ausfüllen oder
einsenden an:

Genossenschaft Wasserwirbelkraftwerke Schweiz,
Sägeweg 2, 5040 Schöftland



**IN VITRO, IN VIVO, IN SILICO: MODELL-
BILDUNG UND COMPUTERSIMULATION
ALS KOMPLEMENTÄRE LABORMETHODE**



ΣΤΡ : σιφω # 1138

Μ9Κ : ευφδ # 8398

ΕΘΘ : ρεγε # 1111

ΝΧΗ : ορει # 3283

ΛΦΘ : φγιρ # 4949

ΔΕΡ : γφγι # 9594

ΜΝΔ : τειι # 4838

ΒΒΦ : φγιρ # 4949

ΘΥΕ : νιρι # 9598

2089304956

3894568236

2304592364

5623646544

7369874699

4568326456

5078364536

4656803244

4567098234

6809238564

6823084856

8069238044

5623468564

0648506924

0239453044

5682384504

6230848504

0452680344

3468509680



ZUSAMMENFASSUNG

Modellbildung und Computersimulation können im Sinn einer in-silico-Methode die experimentellen Zugänge (in-vitro- oder in-vivo- Versuche) ergänzen. Dabei steht weniger die Prognose (Vorhersage-Modell) als solche im Vordergrund, sondern vielmehr die Möglichkeit, anhand von Modellbildung und Simulation einen Einblick in das Verhalten von komplexen biologischen Systemen zu erhalten und die systemtypischen dynamischen Muster zu identifizieren („Lernen anhand von Modellen“). Als Beispiel für solche in-silico-Untersuchungen wird die Modellierung des Zellüberlebens bei Bestrahlung mit ionisierender Strahlung vorgestellt. Eine Anwendung solcher Modelle kann die Optimierung der Strahlentherapie oder der Hyperthermie zur Krebsbehandlung sein.

ÜBER DIE AUTOREN

Prof. Dr. Stephan Scheidegger

Studiengangleitung Systemtechnik
ZHAW School of Engineering,
CH-8401 Winterthur.

Vizepräsident ANG

Aktuelle berufliche Tätigkeit:

Lehre und Forschung im Bereich
Medizinphysik; aktuelle Projekte
u.a. mit Kantonsspital Aarau im
Bereich Strahlentherapie und Hy-
perthermie sowie medizinische
Bildgebung und Strahlenschutz

Werdegang:

Studium, Promotion und Nachdi-
plom (Medizinphysik) an der ETH
Zürich; Physiker am PSI; Medizin-
physiker am Tierspital Zürich und
Oberassistent an der Uni Zürich;
Lehrtätigkeit an der Kantonsschule
Wohlen;

Seit 2008 Forschungs- und Lehrtä-
tigkeit an der ZHAW

Dr. Ruedi Füchslin

Leiter Schwerpunkt Applied Complex Systems Sciences am Institut für Angewandte Mathematik und Physik, ZHAW School of Engineering, CH-8401 Winterthur.

Co-Direktor European Centre of Living Technologies, I-30124 Venice.

Vorstand ANG (Stv. Finanzen)

Aktuelle berufliche Tätigkeit:

Lehre und Forschung im Bereich Physik mit Schwerpunkt auf angewandte Systemtheorie, Mathematical Engineering, Systems Medicine und Morphological Computing

Werdegang:

Theoretischen Physik an der ETH Zürich; Promotion in computergestützte Physik an der Uni Zürich, Postdoktorand, später Gruppenleiter am IMB Jena, der FhG in Bonn und der Ruhr Univ. Bochum
Gastsemester am ECLT in Venedig.
Oberassistent am AILab (Prof. Rolf Pfeifer, Univ. Zürich).

Seit 2010 Forschungs- und Lehrtätigkeit an der ZHAW

Rudolf.Fuechslin@zhaw.ch

EINLEITUNG

Der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess lässt sich mit groben Vereinfachungen und unter Missachtung der manchmal wichtigen Zufälle und der komplexen (zuweilen chaotischen) Aspekten von Forschung etwa wie folgt darstellen: Zu Beginn führen Beobachtungen, Forschungsergebnisse vorgängiger Forschung etc. zu Ideen, Fragen und zu Hypothesen. Die Prüfung von Hypothesen oder die Beantwortung von Fragen verlangt die Entwicklung und Planung eines Experiments oder sogar mehrerer Experimente, die dann unter möglichst kontrollierten Bedingungen durchgeführt werden. Daraus ergeben sich dann im besten Fall objektivierbare Resultate, welche für die Klärung von Fragestellungen oder Hypothesen wiederum einer Interpretation bedürfen. In den meisten Fällen ergeben sich aber vor allem auch wieder neue Fragen.

Wenn komplexe Systeme in dieser naturwissenschaftlichen Systematik untersucht werden sollen, stellen sich in Bezug auf Experimente einige Probleme. Ein fundamentales Problem liegt dabei im dynamischen Zusammenspiel vieler das System



beeinflussender Faktoren. Bei komplexen Systemen lässt sich das Ganze in der immer durch unvollständiges Wissen gekennzeichneten Praxis oft nicht als Summe von Einzelaspekten verstehen. Die Eigenschaften oder Verhaltensweisen von komplexen dynamischen Systemen können als Emergenzen („emergente“ Phänomene) in Erscheinung treten. Hier versagen reduktionistische Ansätze, welche die Analyse eines Problems durch die Zerlegung in kleinere (überblickbare) Probleme vornehmen. Dieses Versagen tritt auf nicht unbedingt aus fundamentalen aber aus praktischen Gründen; dies ganz einfach deshalb, weil das oben erwähnte Zusammenspiel vieler Faktoren nicht in hinreichend genau bekannt ist. Illustrative Beispiele liefert die biomedizinische Forschung. Eines davon wird im Folgenden etwas näher ausgeführt.

Im Gegensatz zu in-vitro-Laborexperimenten oder in-vivo-Studien bieten Computersimulationen (in-silico-Experimente) den Vorteil, dass sich im Prinzip die Experimente unter streng kontrollierten Bedingungen durch-

führen lassen (sofern die zugrunde liegende Numerik auch kontrollierbar ist). Die Herausforderung bei solchen in-silico-Experimenten liegt in der Beschreibung der Natur, also bei der Modellierung der (relevanten) Prozesse. Dabei müssen wesentliche, in der Regel dynamische Zusammenhänge identifiziert und in eine mathematische Struktur übersetzt werden. Im folgenden Beispiel sind dies Differentialgleichungen, welche bei der Implementierung in ein Computerprogramm als Differenzgleichungen abgebildet und numerisch integriert werden (im weitesten Sinne hier als Computersimulation betrachtet). Gerade aber der Zugang zu numerischen Verfahren und adäquater Rechentechnologie ermöglicht den Einsatz anderer algorithmischer Ansätze (z.B. Monte-Carlo-Verfahren, statistische Top – Down Modellierung etc.). Modellbildung und Computersimulation sind miteinander verknüpft: Die mathematische Beschreibung muss die Wahl des Simulationsalgorithmus berücksichtigen - und umgekehrt - die Algorithmen beeinflussen die

Wahl der mathematischen Modellstruktur. Dies birgt die Gefahr in sich, dass sich die Modellbildung mehr nach den verfügbaren Simulationsmethoden und nicht nach der Natur richten.

Ein nicht zu unterschätzender Mehrwert der Modellierung ist die Tatsache, dass die Modellbildung zum Nachdenken über (dynamische) Zusammenhänge zwingt. Es ist eine Erfahrungstatsache, dass Menschen zwar erstaunliche Fähigkeiten bei der Analyse der statischen Eigenschaften von Netzwerken aufweisen (z.B. sind wir durch schieres Anschauen eines graphisch dargestellten Netzwerkes oft in der Lage, wesentliche Aspekte der Verbindungstopologie der Netzwerkknoten „auf einen Blick“ zu erfassen). Wenn dieselben Menschen aber das zeitliche Verhalten eines komplexen Systems voraussagen sollen, scheitern sie oft kläglich. Die in Netzwerken üblichen Rückkopplungen scheinen unserem Denken nur unter Mühen zugänglich zu sein. Der Prozess der Modellbildung kann uns helfen, diese Dynamiken besser zu erfassen; auch dies ist eine Erfahrungstatsache. Modellbildung verläuft in der Regel nicht gemäss einer fest vorgegebenen Abfolge einer be-

stimmten Anzahl von Schritten, sondern besteht häufig aus Iterationen, bei denen Ideen in ein Modell umgesetzt und aus den Simulationsergebnissen neue Erkenntnisse für die Modellbildung gewonnen werden. Insofern kann Modellbildung und Simulation als ein hervorragendes Lernfeld für Forschung betrachtet werden.

MODELLBILDUNG UND SIMULATION IN DER KREBSTHERAPIE ALS BEISPIEL

Bei der Strahlentherapie von Tumoren werden die Tumorzellen mit einer hohen Strahlendosis behandelt. Dabei wird einerseits die Dosis möglichst gut lokalisiert auf das Tumorumfang appliziert, andererseits wird die verminderte Reparaturfähigkeit der Tumorzellen gegenüber dem Normalgewebe ausgenutzt. In-vitro-Versuche an Zellkulturen liefern einen Einblick in das Verhalten (Induktion von Zellschäden und Reparatur) von Zellen unter Bestrahlung. So können Zellen aus (mehr oder weniger gut) definierten Zelllinien mit ionisierender Strahlung (häufig harte oder ultraharte Röntgenstrahlung) bestrahlt werden. Bereits Lea & Catchside (1942) beobachteten eine linear-



quadratische (LQ) Abhängigkeit der Strahlenwirkung von der Strahlendosis. Dieses Verhalten wurde auch für das Zellüberleben in vielen Zelllinien und Experimenten nachgewiesen. Dabei kann das Zellüberleben von bestrahlten Zellen durch die sog. *Surviving Fraction S* beschrieben werden: $S = N/N_0$, mit N = Anzahl der „vitalen“ Zellen nach der Bestrahlung und N_0 = Anzahl Zellen vor der Bestrahlung. Da mit zunehmender Strahlendosis die *Surviving Fraction S* sehr klein werden kann, wird in der Regel eine logarithmische Darstellung verwendet (Fig.1), wobei sich dann die linear-quadratische Abhängigkeit von der Strahlendosis D (hier ist die absorbierte Strahlungsenergie pro Masse in J/kg bzw. Gy gemeint) wie folgt schreiben lässt:

$$\ln(S) = -(\alpha D + \beta D^2)$$

Diese „LQ-Formel“ hat zu vielen Interpretationen angeregt. So wurde z.B. der lineare Term (αD) als Effekt von Einzelstrangbrüchen und der quadratische Term (βD^2) als Effekt

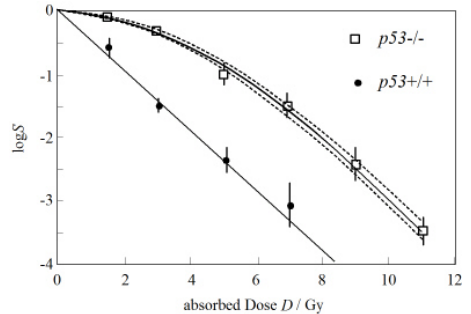


Fig.1. Typische Survival-Kurven, beobachtet für murine Fibroblasten (Harrigan Hardenbergh et al. 1999): Den p53-defizienten (p53^{-/-}) – Zellen fehlt ein Gen, welches für die Induktion eines programmierten Zelltodes (Apoptose) verantwortlich ist. Dieser wird aufgrund von gehäuften Strahlenschäden aktiviert. Dementsprechend zeigen apoptotische (p53^{+/+}) Zellen eine höhere Strahlensensibilität (lineare, steiler abfallende Kurve) im Vergleich zu den nicht-apoptotischen Zellen (linear-quadratische Kurve).

von Doppelstrangbrüchen der DNS gedeutet. Das Problem dabei ist, das nach heutiger Erkenntnis die Einzelstrangbrüche unbedeutend sind und selbst Doppelstrangbrüche führen nicht automatisch zu Zellabsterben. Pro 1 Gy Strahlendosis werden ca. 25 Doppelstrangbrüche auf der DNS induziert, die wenigsten davon scheinen gravierende Folgen zu haben.

Der Grund liegt in den effizienten Reparaturmechanismen wie homologe Rekombination und das sog. Non-Homologous End-Joining (NHEJ) Repair. Bei letzterem lagern sich rasch nach Auftreten an der Bruchstelle spezielle Proteine an, welche das Verschweissen der DNS-Enden einleiten. Gängige Interpretationen zum LQ-Gesetz sind nur schon in Anbetracht dieser Tatsachen fragwürdig und zumindest teilweise falsch.

Ein Grund für diese fragwürdigen Interpretationen ist der Versuch der Deutung einer Formel, welche zum Beschreiben von experimentellen Daten (mit z.T. erheblichen Standardabweichungen) verwendet wird. Dass dies wenig zielführend ist, lässt sich auch anhand folgender Punkte sehen (nicht abschliessende Aufzählung):

(1) Die linear-quadratische Abhängigkeit gilt nur näherungsweise für kleine Dosiswerte bis 2-5 Gy; für grosse Dosiswerte werden je nach Dosisleistung auch linear-quadratisch-lineare (LQL)- Verhalten beobachtet.

(2) Die Strahleneffekte sind Dosisraten- (also Dosisleistungs-) abhängig; dies wird im LQ-Gesetz überhaupt nicht berücksichtigt.

(3) Die Strahleneffekte sind abhän-

gig vom Zellzyklus: Mitotische Zellen reagieren stärker als Zellen in der S-Phase.

Dosisratenabhängigkeit und LQL-Verhalten sind typische Indikatoren dafür, dass dynamische Aspekte (Induktions- und Reparaturprozesse) berücksichtigt, also modelliert werden müssen. Somit kann nicht einfach ein statischer Zusammenhang („Formel“) als Modellbeschreibung genommen werden – es muss auf eine (mathematische) Beschreibung der Dynamik zurückgegriffen werden. An dieser Stelle sollen zwei Beispiele gezeigt werden, welche sehr unterschiedliche Modellierungsansätze verwenden, jedoch auf vergleichbare Resultate führen. Das erste Beispiel ist das Modell von Curtis (1986): Dieses beschreibt die Induktion und Reparatur von DNS-Schäden (Fig.2, nächste Seite). Dabei können pro Zeit proportional zur Dosisrate letale (nicht-reparierbare) Schäden entstehen oder aber auch reparierbare Schäden. Die reparierbaren Schäden können durch Kombination ebenfalls zu letalen Schäden transformieren.



IN VITRO, IN VIVO, IN SILICO: MODELLBILDUNG UND COMPUTERSIMULATION

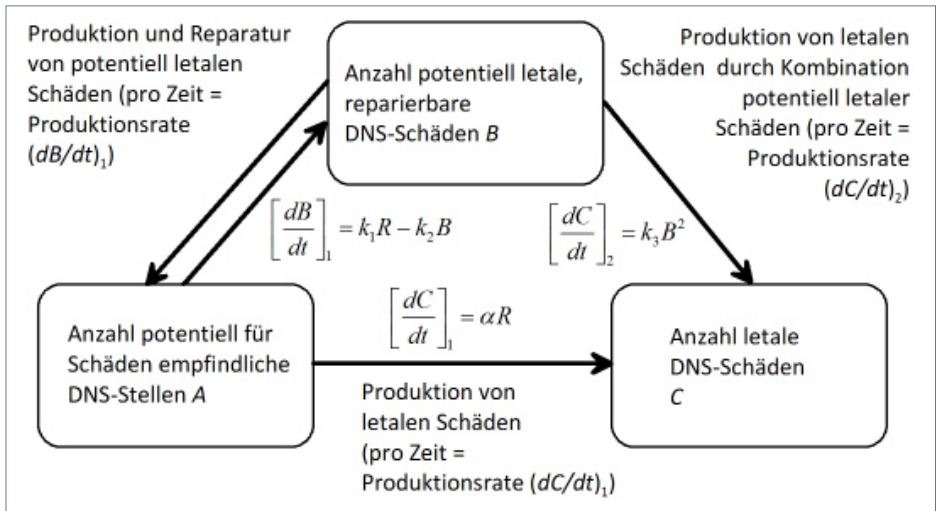


Fig.2. Modell von Curtis: Die Anzahl potentiell letaler DNS-Schäden wird mit B bezeichnet, diejenige der letalen Schäden mit C ; R ist die Dosisrate (Dosisleistung).

Das Modell von Curtis modelliert das zelluläre System nur auf Stufe der DNS. Die Anzahl überlebender Zellen muss über ein statistisches Modell (üblicherweise Poisson-Statistik) berechnet werden. Dies bedeutet eine massive Einschränkung, wenn die Interaktion von Tumorgewebe mit umliegendem Gewebe und Immunsystem mitberücksichtigt werden soll. Zudem wird im Modell von Curtis nur die DNS betrachtet. Experimente mit sehr hohen Dosis-Werten zeigen aber, dass auch Proteine und Mem-

branen geschädigt werden. Der Einfluss von Strahlenschäden auf Reparaturproteine dürfte auch bei kleineren Dosiswerten zu einer nicht-vernachlässigbaren Beeinflussung des zellulären Reparaturvermögens führen. Ein Indiz für die Strahlenschäden an Proteinen ist zum Beispiel die strahleninduzierte Freisetzung von Chaperonen. Ein Modell, welches diesen Umstand berücksichtigt, ist das Multi-Hit-Repair (MHR)-Modell (Scheidtger et al. 2013). Das Modell ist Zell-Populationsbasiert und lässt sich

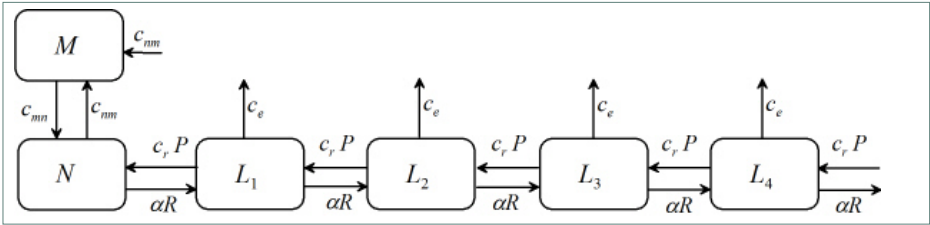


Fig.3. MHR-Modell: M ist die Anzahl Zellen, welche sich in der Mitose befinden, N ist die Anzahl Zellen ohne Strahlenschaden. Die Populationen L_i kennzeichnen Zellen mit i strahleninduzierten Schäden. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Zelle innerhalb einer bestimmten Zeit einen Treffer erleidet, ist proportional zur Dosisrate R (für die Anzahl nicht-geschädigter Zellen beträgt die Transformationsrate z.B. $dN/dt = -\alpha R \cdot N$). Die Reparaturrate ist proportional zu einer Reparatur-Wahrscheinlichkeit P (für die Population L_1 z.B. $[dL_1/dt]_{L_1 \rightarrow N} = -c_r \cdot P \cdot L_1$). Die Reparaturwahrscheinlichkeit P wird über ein biophysikalisches Modell bestimmt (s. Text).

im Gegensatz zum Modell von Curtis auf die Interaktion mit verschiedenen Zell- und Gewebetypen (mitotisch, nicht-mitotisch, Blutgefäße, Immunsystem etc.) erweitern. Kernstück des Modells ist die Beschreibung von Populationen (Populationskette) mit unterschiedlicher Anzahl an strahleninduzierten Schäden („Treffern oder Hits“). Dabei entfällt die problematische Unterscheidung von potentiell letalen und letalen Schäden. Je mehr Treffer eine Zelle hat, desto unwahrscheinlicher wird die vollständige Reparatur – und somit die Rückkehr in den mitotischen Zyklus (Fig.3). Dieser Ansatz ist im Sinne einer statistischen Beschreibung der Konsequenzen von „Treffern“ in einem fundamentalen Sinne motiviert.

Im MHR-Modell wird der Einfluss der Strahlungsschäden auf die Reparatur-Proteine über ein kinetisches Dosisäquivalent-Modell bestimmt. Ursprünglich wurde dieses biologische Dosisäquivalent für die Wirkung einer vorgängigen Bestrahlung auf eine Folgebstrahlung entwickelt (Γ -LQ-Modell, Scheidegger et al. 2011). Im MHR-Modell wird dieses Dosisäquivalent über den Einfluss auf die Reparaturkapazität (statistisches Modell für die Reparaturwahrscheinlichkeit P) den Proteinen der zellulären Reparatursysteme zugeordnet. Das kinetische Dosisäquivalent kann dabei im Prinzip als Beschreibung einer Emergenz im System betrachtet werden: Das Phänomen Zelltod ist nicht das Resultat eines einzelnen Schadens an der



DNA (e.g. Einzelstrangbruch) oder einer Ionisation eines einzelnen Protein-Moleküls, sondern die Folge des Zusammenspiels eines Ensembles von vielen spezifischen Molekülen. In diesem Zusammenhang liegt eine Denkweise analog zur statistischen Mechanik bzw. Thermodynamik auf der Hand. Im Gegensatz zur Begriffsbildung der Temperatur oder Entropie im Rahmen einer statistischen Theorie existiert aber ein schwieriges Problem: Modellvorstellungen wie ideale Gase oder Kristalle eignen sich nicht zu Beschreibung von biologischen Systemen wie Zellen. Diese sind stark kompartmental gegliedert und Prozesse auf verschiedenen Skalenebenen interagieren stärker. Trotzdem lassen sich aber statistisch gut motivierte Gesetzmäßigkeiten herausarbeiten: Auch wenn wir nicht mit Sicherheit das Schicksal einer einzelnen Zelle vorhersagen können, so können wir doch sagen, welche Folgen die Bestrahlung vieler Zellen haben wird und welcher Prozentsatz der bestrahlten Zellen absterben wird. Dies erscheint auf den ersten Blick

trivial zu sein; wir können aber, mit aus der statistischen Mechanik entlehnten Methoden, z.B. auch Korrelationseffekte (z.B. Zelltod, wenn bereits eine Nachbarzelle abgestorben ist) angemessen berücksichtigen.

Unabhängig von diesen Problemen lässt sich bereits mit einem Poisson-Modell für die Reparaturwahrscheinlichkeit die Dosisratenabhängigkeit des Zellüberlebens gut beschreiben. Der Grund dafür dürfte im Umstand liegen, dass bei einer nicht zu grossen Variation von Dosis und Dosisrate sich das System (im Phasenraum betrachtet) im Einflussbereich eines Attraktors befindet und sich deshalb das Systemverhalten in einem relativ niedrig-dimensionalen Raum beschreiben lässt. Die Ausbildung einer entsprechend geformten Attraktorlandschaft, welche das „Kontrollproblem“ der zellulären Regelung vereinfacht, dürfte wiederum das Resultat des den biologischen Systemen zugrunde liegenden Evolutionsprozesses sein. Die Existenz von klar definierten Attraktoren ist bei komplexen und z.T. hochgradig

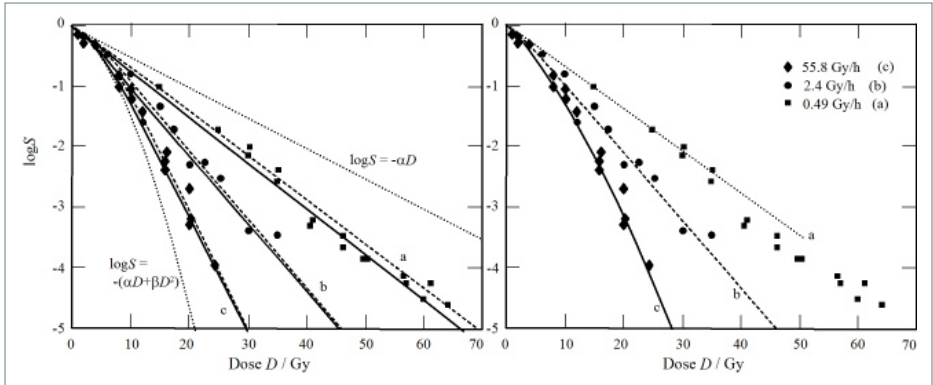


Fig.4. Beschreibung der dosisratenabhängigen Daten von Bedford & Wells (1983) durch das Modell von Curtis (gestrichelte Linien Diagramm links) sowie dem F -LQ-Modell (links) und dem MHR-Modell (rechts).

nicht-linearen Systemen letzten Endes schlicht notwendig, um chaotische Verhaltensmuster zu verhindern oder deren Eintreten zu minimieren. Diese kontrolltheoretisch – evolutive Perspektive ist noch nicht allzu weit verbreitet. Sie kann aber als Leitidee für die Analyse vieler molekularbiologischer Prozesse (oder allgemeiner durch Netzwerke definierter Prozesse) dienen. Es ist unbestritten, dass die ursächliche Dynamik zellulärer Prozesse durch die Interaktion von Molekülen gegeben ist. Die „Syntax“ der Zelldynamik ist durch Moleküleigenschaften bestimmt. Die natürliche Selektion hingegen greift nicht spezifische Moleküle sondern das Resultat von deren Interaktionen heraus. Die „Semantik“ zellulärer Prozesse

liegt auf einer höheren Organisationsebene. Für die mathematische Beschreibung bedeutet dies: Prozesse mögen auf molekularem Level sehr kompliziert und von vielen Parametern beeinflusst erscheinen. Es ist aber durchaus möglich (und evolutiv auch sinnvoll), dass auf einer höheren Organisationsebene eine effektiv viel einfachere, auch einfacher zu kontrollierende, Dynamik vorherrscht.

In Fig.4 sind die Resultate verschiedener Modelle in Bezug auf die Beschreibung experimenteller Daten gezeigt. Das Modell von Curtis (sowie das F -LQ-Modell) besitzen ein Hochdosisraten-Limit, welches durch das linear-quadratische Gesetz beschrieben wird (Fig.4, linkes Diagramm). Im Rahmen der Unsicherheit beschrei-



ben sowohl das Modell von Curtis, das Γ -LQ-Modell als auch das MHR-Modell die experimentellen, dosisratenabhängigen Daten gut. Dies ist bemerkenswert, da bei den verschiedenen Modellen eine völlig andere Beschreibung des betrachteten Systems gewählt wird.

Verschiedene dynamische Modelle liefern also vergleichbare Resultate. Für das MHR-Modell sprechen allerdings einige Umstände. Das Modell erklärt auch zwanglos das apoptotisches und nicht-apoptotisches Verhalten in Fig.1 (die ausgezogenen Linien sind mittels MHR-Modell berechnet). Dies ist ein Indiz dafür, dass das MHR-Modell zumindest die richtige Struktur des biologischen Systems Zelle abbildet. Ein weiteres, starkes Argument dafür ist auch, dass mit derselben Modell-Struktur Phänomene wie die sog. Low Dose Hypersensitivity (LHDS) erklärt werden können. In Fig.5 sind Zellüberlebens-daten einer Brustkrebs-Zelllinie (MCF-7) gezeigt. Bei kleinen Dosiswerten wird eine starke Reduktion an vitalen Zellen beobachtet, welche mit höheren Dosis-

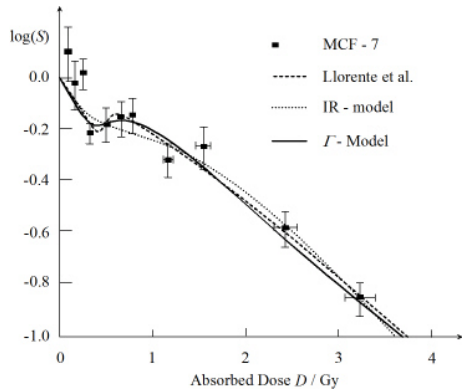


Fig.5. Low Dose Hypersensitivity bei MCF-7 Zelllinie (Guirado Llorente et al. 2010): Das IR-Modell sowie das Modell von Guirado Llorente sind im Wesentlichen statische Beziehungen, welche die dosisabhängige Beschreibung des Zellüberlebens erlauben. Das Γ -IR-Modell ist ein dynamisches Modell analog zum MHR-Modell, allerdings mit nur zwei Populationen anstelle einer ganzen Populationskette.

werten wieder rückgängig gemacht wird. Diese quasi „Erlösung“ von zum Tode verurteilten Zellen aus der „Vorhölle“ durch die Applikation von zusätzlicher Strahlung lässt sich durch eine durch Strahlung aktivierte bzw. induzierte Reparatur (IR) erklären. Diese kann durch die Verwendung einer gaussförmigen Abhängigkeit der Reparaturwahrscheinlichkeit anstelle eines Poission-Modells beschrieben

werden (F-IR-Modell, Scheidegger & Fuchsli 2011).

Der Effekt in Fig.5 wurde an kleinen multizellulären Tumor-Sphäroiden beobachtet. Grosse Tumore bestehen häufig nicht nur aus verschiedenen Subklonen von Tumorzellen mit unterschiedlicher Strahlensensibilität, sondern besitzen auch ein eingewachsenen (also von aussen akquiriertes) Blutgefässsystem. Es liegt auf der Hand, dass Tumore in-vivo sich ganz anders verhalten können als in-vitro. Der in-silico-Ansatz mit Populationsmodellen kann die Grundlage für weitergehende Modelle sein, welche auch die Interaktion mit Immun-, Blutgefässsystem (Scheidegger et al. 2010) und weitere pathophysiologische Reaktionen im Gewebe beschreiben können.

AUSBlick: ANWENDUNG VON MODELLEN ZUR THERAPIE-OPTIMIERUNG

Der Zugang zum Tumor als dynamisches System ermöglicht ein besseres Verständnis für die Optimierung von Strahlentherapie (zum Beispiel Änderungen der Fraktionierung, d.h. der Aufteilung der Gesamtdosis auf eine unterschiedliche Anzahl von

Fraktionen). Von besonderem Interesse ist aber auch die kombinierte Anwendung von Wärme und ionisierender Strahlung im Rahmen einer sog. Hyperthermie-Strahlentherapie (HT-RT). Diese wird am Kantonsspital Aarau eingesetzt und im Rahmen von klinischen Studien untersucht. Erstaunlich dabei ist, dass die moderate Erwärmung des Tumorgewebes auf ca. 42-43°C zusammen mit der ionisierenden Strahlung bei gewissen Tumoren einen signifikanten Effekt zeigt, während die Applikation der Wärme alleine nicht wirksam ist. Für diesen synergistischen Effekt von Strahlung und Wärme existieren verschiedene Erklärungsansätze (Strefler 1995). Ein Ansatz ergibt sich über den Einfluss der Wärme auf die Proteine der zellulären Reparatursysteme. Dies steht in Analogie zur Wirkung der Strahlung im MHR-Modell. Denaturierung oder Struktur- (Faltungs)-Änderung von Proteinen durch Strahlung und / oder Wärme könnten nicht nur im engeren Sinn verantwortlich für die Reduktion des Reparaturvermögens sein, sondern genereller die Attraktorlandschaft im Phasenraum so verändern, dass vor allem für Tumorzellen die Regelung der zellulären Prozesse schwieriger oder unmöglich



wird. Apoptose, „*mitotic catastrophe*“ oder Zellteilungsstopp könnten mit einer generalisierten Entgleisung der zellulären Kontrolle einhergehen. Dies würde für Ansätze in der Krebstherapie sprechen, welche eine Wirkung auf die Kontrollier- bzw. Regelbarkeit zellulärer Prozesse haben. Da Zellen als evolvierte biologische Systeme eine intrinsische Robustheit aufweisen, reicht in der Regel die Blockierung eines einzelnen Signalpfades nicht. Dies ist möglicherweise eine Erklärung dafür, dass breit wirkende Krebstherapien wie Strahlen- oder Chemotherapie oder auch die HT-RT bei vielen Tumorarten effektiv sind, während sehr spezifisch, auf bestimmte Schaltstellen wirkende Medikamente nur beschränkt, häufig nur für ganz bestimmte Tumortypen wirken. Gerade hier dürfte sich in Zukunft der in-silico-Ansatz als komplementäre Labormethode wertvoll erweisen – weniger in Form von streng prognostischen Modellen, sondern vielmehr als virtuelles Labor für das Verbessern des quantitativen Verständnisses über zelluläre Kontrollprozesse und das Entschlüsseln

der komplexen, system-intrinsischen Dynamik in biologischen Systemen. Von Menschen entworfene Netzwerke sind normalerweise so aufgebaut, dass eine Funktion einem (oder einer Gruppe von) Netzwerkknoten zugeordnet ist. Die Netzwerkknoten sind dabei möglichst unabhängig voneinander. Evolvierte Netzwerke sind anders. Ein Knoten in einem Netzwerk ist in der Regel an vielen Funktionen beteiligt und eine Funktion ist meist von mehreren Knoten abhängig. Die, oftmals erstaunlich robuste Dynamik solcher Netzwerke entspricht nicht unserer natürlichen Denkweise, welche hierarchisch und modular aufgebaute Prozessführungen bevorzugt. Computer können uns helfen, die Grenzen unserer Fähigkeiten auszuweiten und Prozesse zu erfassen, die für uns „undenkbar“ oder zumindest schwer denkbar sind.

LITERATUR

Harrigan Hardenberg P, Hahnfeldt P, Hlatky L, Takemoto C, Shimamura A, McGill G, Fung CY, Bodis S, Fisher

- DE (1999): Distinct mathematical behavior of apoptotic vs. non-apoptotic tumor cell death. *Int J Radiat Oncol Bio Phys* **43**(3), 601-5
- Curtis SB (1986): Lethal and potentially lethal lesions induced by radiation – A Unified Repair Model. *Radiat Res* **106**, 252-70
- Guirado Llorente, D, Aranda, M, Ortiz Seidel, M, Mesa Pérez, JA, Vega Fernandez JMDL, Martinez Luna, RJ, Zamora Ardoy, LI, Villalobos Torres, M, Lallena, AM: Low dose hypersensitivity in multicellular tumour spheroids. *Radiother. Oncol.* **96** (2010), Supl. 1, 607-8
- Lea DE, Catcheside DG (1942): The mechanism of induction by radiation of chromosome aberrations in *Transectentia*. *J Genet* **44**, 216-45
- Scheidegger S, Fuchs HU, Zaugg K, Bodis S, Füchslin RM (2013): Using state variables to model the response of tumour cells to radiation and heat: A Novel Multi-Hit-Repair (MHR-) Approach. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, vol. 2013, Article ID 587543, doi:10.1155/2013/587543.
- Scheidegger S, Lutters G, Bodis S (2011): A LQ-based kinetic model formulation for exploring dynamics of treatment response of tumours in patients. *Z Med Phys* **21**,164–173
- Scheidegger S., Füchslin R.M. (2011): Kinetic model for dose equivalent – an efficient way to predict systems response of irradiated cells. *Proc. of ASIM 2011* (full papers, ISBN 978-3-905745-44-3)
- Scheidegger, S., Lutters, G., Bodis, S. (2010): Computer simulation of oxygenation and growth inhibition of tumours during fractionated radiotherapy: Exploration of the dynamic system behaviour. *Radiother. Oncol.* **95**, Suppl.1, 512
- Streffer C (1995): Molecular and cellular mechanisms of hyperthermia. In: Seegenschmiedt MH, Fessenden P, Vernon CC (eds.), *Thermoradiotherapy and Thermochemotherapy*, Springer Berlin, Heidelberg, New York, 47-74
- Wells RL, Bedford JS. (1983): Dose rate effects in mammalian cells. IV. Repairable and nonrepairable damage in noncyclic C3H10T1/2 cells. *Radiat. Res.* **94**, 105-34



DIE VERGANGENHEIT IN DER GEGENWART ERLEBEN - DIE GEOLOGIE DES GOTTHARDS

Die diesjährige Exkursion der ANG führte in die Innerschweiz. Am 7. September machte sich eine kleine Gruppe der ANG unter der fachkundigen Führung des Geologen Peter Spillmann auf, die Geschichte eines der wichtigsten Teile der Schweiz einmal anders zu erleben. Die gesamte Reise deckte einen geohistorischen Zeitraum von rund 500 Millionen Jahren ab.







Die diesjährige Exkursion der ANG führte in die Inner-schweiz. Am 7. September machte sich eine kleine Gruppe der ANG unter der fachkundigen Führung des Geologen Peter Spillmann auf, die Geschichte eines der wichtigsten Teile der Schweiz einmal anders zu erleben. Die gesamte Reise deckte einen geohistorischen Zeitraum von rund 500 Millionen Jahren ab.

Die Reise begann in Goldau auf der Berner Höchi im Talkessel des Kantons Schwyz (siehe Abb. 1). Vor uns bauten sich der kleine und grosse Mythen auf, welche in dem morgendlichen Licht erstrahlten und über dem Tal thronen, wie es ihrem Alter gebührt. In diesem Talkessel hat sich zuerst Fliesch-Gestein aus Meeresablagerungen niedergelegt, bevor sich Molassengestein, wie man es im Kanton Aargau zuhauf findet, und zuoberst weitere kalkhaltige Meeresablagerungen hinübergeschoben hat. Dass die kalkhaltigen Meeresablagerungen aus dem adriatischen Raum stammen, verdeutlichte zum ersten Mal auf unserer Reise, in welchen zeitlichen und räumlichen Dimensio-

ÜBER DEN AUTOR

Cyrill Brunner

Student Studiengang BSc. Pharmazeutische Wissenschaften ETHZ

Vorstand ANG (verantwortlich für Vorträge und Exkursionen)

Kontakt

cyrill.brunner@bluewin.ch

nen man hier zu denken hatte.

Im gleichen Atemzug wie die begeisterte Geologie des Mythen kommt man aber auch nicht umhin, nicht so alte, historische Ereignisse zu entdecken. 1806 begrub ein Bergsturz Goldau und riss über 450 Menschen mit sich in den Tod (siehe Abb. 2). Getreu Benjamin Franklins Ausspruch „The doors of wisdom are never shut.“ war der Felssturz jedoch auch der Anlass, die Geologie des Gebietes zum ersten Mal besser zu untersuchen und zu verstehen. Interessanterweise stellte man dabei auch fest, dass bereits zu prähistorischen Zeiten Bergstürze vom Rossberg erfolgten.



Abb. 1 Blick von der Berner Höchi auf den kleinen und grossen Mythen. Goldau liegt links ausserhalb von diesem Bild.



Abb. 2 Der Rossberg mit seinem bekannten Bergsturz von 1806 auf Goldau (sichtbar im oberen Teil des Rossberges). Die kleinere, braune Fläche im mittleren Teil des Rossberges deutet mitunter auch auf einen prähistorischen Bergsturz hin.



DIE GEOLOGIE DES GOTTHARDS

Anschliessend ging es in Richtung Tellsplatte. Dabei kommentierte Peter Spillmann die Fahrt dahin und erklärte die Entstehung des sich vor uns befindlichen Gebirges, welches ganz neue Gesteine beinhaltet, als das zuvor angetroffene Gestein in Goldau. Eine der herausragendsten Beobachtungen dabei war die Seelisberg-Falte (siehe Abb. 3), bei welcher die Drusenbergdecke gut sichtbar von einer horizontalen Lage in eine vertikale Lage übergeht. Für den Exkursionsleiter war es besonders schön zu hören, dass die ersten Beobachtungen zu diesem Teil des Gotthard-Gebirges durch Apotheker und Ärzte gemacht wurden, was für die Zukunft nach dem Studium noch ein wenig Spielraum offen lässt. Dabei ging die Rütli-Wiese richtiggehend unter, welche wir natürlich auch sahen.

Anschliessend ging es das Reusstal hinauf. Die 1850 kanalisierte Reuss im Süden des Kantons Uri fliesst durch ein Gebiet, welches mehrheitlich aus Granit und einigen anderen kristallinen Gesteinen besteht. Einklemmt wird das Urner-Tal durch Sediment-

gestein, was uns mal wieder auf einen typischen Sprachfehler im Alltag hinwies: Effektiv ist der Gotthard kein Massiv, sondern ebenfalls eine Decke. Die weitere Fahrt durch das Urner-Tal wurde natürlich von Peter Spillmann wiederum detailliert, aber gut verständlich erklärt. Auch einige Worte zum Gotthard-Tunnel-Bau und der NEAT durften nicht fehlen. Die malerische, farbenfrohe Landschaft des Reussdeltas trug ihriges dazu bei, Peter Spillmanns Worten die entsprechende Darstellung zu geben, ohne gleich geologische Karten zu Rate ziehen zu müssen.

Bei Göschenen ging es dann den Berg hinauf und, wie wir den Gotthard ja kennen, ging es auch diesmal nicht ohne Stau. Schlussendlich schaffte es aber die ganze Truppe die Strecke nach Hospental hinauf und keiner musste sich einer Tablette gegen Reisekrankheit bemühen. Die Verarbeitung all der vielen Informationen bedarf natürlich auch viel Energie, weshalb das anstehende Mittagessen mit Freude erwartet wurde. In Hospental war es schliesslich so weit, dass wir uns ein wenig erholen, inter-

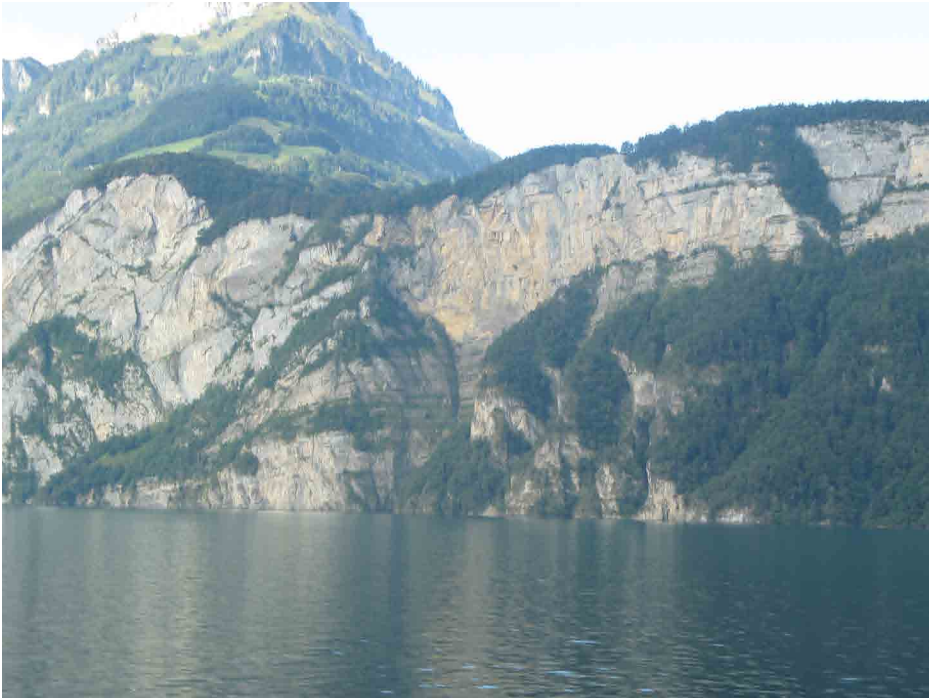


Abb. 3 Teil der Seelisberg-Falte, bei welcher die Gesteinsdecke von einer horizontalen Richtung in eine vertikale Richtung übergeht. Die Rütli-Wiese liegt rechts hiervon (ausserhalb des Bildes).

essante Themen besprechen und ein kräftiges Mahl geniessen konnten. Was will man noch mehr?

Hospental und seine eher karge Umgebung der Gotthard-Decke war zwar ein Kontrapunkt zur zuvor erlebten Landschaft des Reussdeltas, aber bot in seiner Schlichtheit eine ganz andere Schönheit. Leider spielte das Wetter nicht mehr so mit, was die anschliessende kleine Wanderung geringfügig störte. Unsere Wanderung führte uns zum Steinbruch Chämle-

ten, welcher über Hospental thront. Dort eröffnete sich uns ein wunderbares Panorama in ein Gebiet hinein, welches einst von einer ca. 1000 Meter hohen Eisdecke bedeckt wurde (siehe Abb. 4; nächste Seite). Nachdem sich das Eis vor einigen tausenden Jahren zurückgezogen hatte, war das gesamte Gebiet bisherigen Einschätzungen nach von 6000 v.Chr. bis 600 n.Chr. bewaldet. Der grösste Teil der Waldrodung erfolgte wahrscheinlich 1000 n.Chr. durch die Walser.



Abb. 4 Panoramablick vom Steinbruch Chämleten in Richtung Göschenen. Am linken, unteren Bildrand ist Hospental erkennbar, mittig rechts liegt Andermatt. Dieser Talkessel wurde durch eine gewaltige Eisdecke von rund 1000 Meter einst bedeckt.

Im Steinbruch Chämleten wird der sogenannte Serpentin abgebaut. Dieser grün-schwärzliche Stein stammt aus der kaledonischen Zeit und tritt als Linsen im Aarmassiv des Gotthards auf. Serpentin enthält vorwiegend die namensgebenden Serpentinminerale (Silikat-Minerale), kann jedoch auch Chrysotil enthalten, welches Asbest freisetzen kann, weshalb

beim Abbau entsprechende Vorsicht geboten wird. Gewonnen wird der Serpentin mittels Seilen, welche mit Diamanten bestückt sind, um den Stein zu schneiden. In Hospental findet man den Serpentin in vielen Häusern, da er sich durch eine hohe Wärmekapazität auszeichnet und daher in den kalten Wintern die nötige Wärme im Haus halten kann (Abb. 5).



Abb. 5 Ein Block aus Serpentin im Steinbruch Chämleten. Im Abbruch ist der Stein relativ trübe, doch nach der Aufarbeitung erscheint er in einem strahlenden grün-schwärzlichen Muster.

Das Ende unserer Reise stellt schließlich einer der bekanntesten Orte der Schweiz dar: die Teufelsbrücke(n) in der Schöllenen (siehe Abb. 6, nächste Seite). Dort stehen die dritte, aktuelle und zweite, 1820 erbaute Teufelsbrücken, während von der ersten Teufelsbrücke, deren erster Bau aus Holz 1230 war, nur noch Reste erkennbar sind. Selbstverständlich durfte ein Besuch beim Suworow-Denkmal für die 1799 gefallenen russischen Soldaten unter General Suworow im Koalitionskrieg gegen Napoleons Frankreich auch nicht fehlen. Das Denkmal

wurde 1899 von Russland erbaut und das Grundstück ist an sich Eigentum Russlands, ist aber nicht wie oft angenommen eine Enklave oder extraterritoriales Gebiet Russlands, sondern unterliegt weiterhin der Schweizerischen Rechtsgebung. Dies mindert aber in keiner Weise die Erhabenheit, welche das Denkmal ausstrahlt; und wie es plötzlich ein wenig ruhiger in der Gruppe wurde.

Neben dem Denkmal und den Teufelsbrücken bietet die Schöllenen-Schlucht aber auch einfach ein traumhaftes Panorama mit der durch-



DIE GEOLOGIE DES GOTTHARDS

fließenden Reuss, welche sich schon seit Jahrtausenden durch den Stein „frisst“ und die karge Steinlandschaft zum perfekten Abschlussbild unserer Reise zauberte. Schlussendlich ist die Natur halt doch die grösste Künstlerin.

Nach der Schöllenen-Schlucht und einer kleinen Besichtigung eines alten Stollens, der so manchen Exkursionsteilnehmer an seine Zeiten in der Schweizer Armee erinnerte, war es an der Zeit, sich von der einmaligen Berglandschaft und faszinierenden Geologie des Gotthards zu verabschieden. Müde, aber glücklich machte sich die Gruppe wiederum mit dem Bus aus auf ins heimische Aarau; aus der erlebten Vergangenheit in die geliebte Gegenwart.

Wer sich weitergehend für die Geologie des Kantons Uri interessiert, kann sich mit dem Buch „Geologie des Kantons Uri“ der Naturforschenden Gesellschaft Uri geschrieben von Peter Spillmann und Walter Brückner in die spannende, geologische Vergangenheit dieses Kantons stürzen. Bitte kontaktieren Sie die Naturforschende Gesellschaft Uri im Falle eines Kaufs.



Abb. 6 Die Schöllenen-Schlucht sowie die zweite und dritte Teufelsbrücke (von vorne nach hinten). Von der ersten Teufelsbrücke sind nur noch auf dem linken Ufer Bruchstücke erkennbar (ausserhalb von Bild).



NATURAMA-INTERN

NEUE LEITERIN IM BEREICH NACHHALTIGKEIT

Als Nachfolgerin von Susanna Bohnenblust heissen wir Corinne Schmidlin herzlich willkommen (Abb. 1).

Seit anfangs Dezember 2013 leitet Corinne Schmidlin den Bereich Nachhaltige Entwicklung im Naturama. Die studierte Umweltnaturwissenschaftlerin ETH arbeitete während fast zwanzig Jahren bei der Stadt Baden in der Abteilung Stadtökologie. Als Stadtökologin befasste sie sich mit städtischen Umweltthemen und Nachhaltiger Entwicklung. Corinne Schmidlin ist in Aarau aufgewachsen und wohnt mit ihrer Familie seit längerer Zeit in Baden.



Abb. 1 Corinne Schmidlin, neue Leitung Bereich Nachhaltigkeit



Abb. 2 v.l.n.r. Johannes Jenny, neuer Präsident der Betriebskommission, Doris Fischer-Täschler abtretende Präsidentin und Hanspeter Hilfiker, neu im Stiftungsrat als Vertreter der Stadt Aarau.

NEUE ZUSAMMENSETZUNG UNSERER FÜHRUNGSGREMIEN

Betriebskommission

Die langjährige und verdiente Präsidentin der Betriebskommission, Doris Fischer-Täschler, übergibt ihr Amt an Dr.sc.nat. Johannes Jenny (Biologe, Geschäftsführer Pro Natura Aargau). Gleichzeitig übernimmt Dr. Norbert Kräuchi (Abteilungsleiter Landschaft und Gewässer BVU) die Nachfolge von Verena Sommerhalder Forestier (Leiterin Rechtsabteilung BVU), die seit der Gründung des Naturama Mitglied dieser Kommission war (Abb. 2).

Stiftungsrat

Durch die Ressortumverteilung im Stadtrat Aarau verlässt Dr. Lukas Pfisterer den Stiftungsrat und wird durch Dr. Hanspeter Hilfiker ersetzt. Neuer Präsident des Stiftungsrats wird das bestehende Mitglied Walter Fasler, Ökonom und Vorstandsmitglied der Aargauischen Naturforschenden Gesellschaft.

Die neue Zusammensetzung von Betriebskommission und Stiftungsrat stellt sicher, dass das Naturama seine bedeutende Rolle in der Aargauer Kultur- und Bildungslandschaft auch weiterhin wahrnehmen kann.



SONDERAUSSTELLUNG:

Auen - Die wilden Seiten des Aargaus - 20 Jahre Auenschutzpark

2014 feiert der Auenschutzpark sein 20-jähriges Jubiläum. Die Aargauer Bevölkerung hat sich mit dem Naturschutz-Programm "Auenschutzpark Aargau" ein Geschenk von unschätzbarem Wert gemacht. In Zusammenarbeit mit der Abteilung Landschaft und Gewässer des BVU realisiert das Naturama zu diesem Anlass eine Sonderausstellung samt vielfältigem Rahmenprogramm.

Auen sind Lebensräume mit der grössten Artenvielfalt: 40 % aller Pflanzen und 80% aller Tiere der einheimischen Natur leben in den Auen. Die Ausstellung beleuchtet unser Natur-Juwel, die Auen, von verschiedenen Seiten und würdigt damit die zwanzigjährige Geschichte des Auenschutzparks.

VERANSTALTUNGEN

Zecken - Die kleinen Vampire

Donnerstag, 20. März 2014, 18:30 Uhr
Vernissage Aktuelle Vitrine:

Die Aktuelle Vitrine dauert bis am 14. September 2014. Sie gibt Einblick in die Biologie der Zecken, stellt Zeckenkrankheiten vor und zeigt, wie man sich vor ihnen schützen kann.

Vernissage mit einem Referat von Prof. Dr. med. Ursula Flückiger, Leiterin Infektiologie Hirslanden Klinik in Aarau: Von Zecken übertragene Infektionskrankheiten.

Anschliessend Apéro.

Die Ausstellung "Auen - Die wilden Seiten des Aargaus - 20 Jahre Auenschutzpark" wird am *Donnerstag, 22. Mai 2014, 19.00 Uhr* mit einer Vernissage eröffnet, zu der wir Sie herzlich einladen!

Alle andern Veranstaltungen finden Sie unter www.naturama.ch oder in unserem Newsletter, den Sie unter www.naturama.ch/newsletter/new_anmeldung.cfm bestellen können.



Sonderausstellung 2014 im Naturama ab 23. Mai 2014

Auen – Die wilden Seiten des Aargaus

Vernissage: Donnerstag, 22. Mai 2014, 19.00 Uhr

20 Jahre Auenschutzpark. Die Ausstellung erzählt die Geschichte des Auenschutzparks Aargau, spannt aber auch den Bogen über 200 Jahre Nutzung unserer Flussräume. Und sie zeigt die vielfältigen Besonderheiten, die Gefährdung und den Schutz des artenreichen Lebensraums.

Werden Sie Mitglied des Naturama-Gönnervereins und besuchen Sie jederzeit kostenlos unsere Sonderausstellungen. Mit einer zusätzlichen Mitgliedschaft bei der Aargauischen Naturforschenden Gesellschaft (ANG) haben Sie auch zur Dauerausstellung freien Zutritt. Sie unterstützen damit das Naturama. Herzlichen Dank!

Informationen und Anmeldung 062 832 72 24

naturama

Das Aargauer Museum



NEUES FORMAT "CHEMIE EINFACH ERKLÄRT"

Auch nach der Neueinführung des ANG Fokuses sind wir nicht tatenlos geblieben. Neben vielen Artikeln zu unterschiedlichsten Themen aus vielen verschiedenen Bereichen der Naturwissenschaften, wurde ein neues Format "CHEMIE einfach erklärt" eingeführt. Gerne nehmen wir Ihr Feedback oder Ihre Meinung dazu entgegen.

RÜCKMELDUNGEN ZU "ANG BULLETIN IM NEUEN KLEID"

Allen Verfassern der zahlreichen schriftlichen und mündlichen Rückmeldungen zu unserem neuen Bulletin, dem Fokus, möchten wir herzlich danken. Die sehr positiven Kommentare haben uns ausserordentlich ge-

freut. Wir werden uns bemühen den Fokus weiter zu entwickeln nach dem vorgeschlagenen „Motto macht nur weiter so“.

AUENPFAD „OBERER ROHRER SCHACHEN“

Die Vernissage des Auenpfades findet im ersten Halbjahr 2014 statt.

LESERBRIEFE / FEEDBACK

Gerne möchten wir Sie zur Interaktion zwischen Leser und Autor motivieren. Fanden Sie einen Artikel zu einseitig? Hat Ihnen etwas gefehlt oder möchten Sie etwas ergänzen? Selbstverständlich dürfen Sie auch unabhängig zu einem Artikel ein Feedback z.B. zu den aktuellen Aktivitäten oder zum neuen ANG-Fokus geben.

Schreiben Sie uns Ihren Leserbrief an praes@ang.ch oder an unsere Postanschrift. Wir werden Ihren Leserbrief gerne im nächsten Bulletin veröffentlichen.

Die Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) in Buchs sorgt dafür, dass der Kehricht aus unserer Region umweltgerecht verwertet wird.



Die beim Verbrennungsprozess anfallende Wärme wird in Form von Fernwärme an industrielle Abnehmer und an das Kantonsspital Aarau abgegeben.

Mittels einer Dampfturbine wird zudem elektrischer Strom erzeugt und ins öffentliche Netz eingespielen.

Kostenlose Betriebsführungen sind ab 5 Personen möglich.

062 834 77 00

www.kva-buchs.ch

kva
B U C H S

REDAKTION ANG FOKUS

Rahel Brügger

Adrian Zwyssig

Walter Fasler

GRAFIK & DESIGN

Adrian Zwyssig

KONTAKT

Fritz Wenzinger

praes@ang.ch

FOTONACHWEIS

Von den Bildern ohne Abbildungstexte wurde eine Benutzungslizenz von Getty Images Deutschland GmbH erworben.

AUFLAGE

500 Exemplare

PRODUKTION

Aargauische Naturforschende Gesellschaft, Feerstrasse 17, 5001 Aarau

DRUCK

Onlineprinters GmbH, Rudolf-Diesel-Strasse 10, 91413 Neustadt a. d. Aisch, Deutschland

COPYRIGHT

All rights reserved

PRÄSIDENT

Fritz Wenzinger

VIZEPRÄSIDENT

Stephan Scheidegger

AKTUAR

Flavio Rohner

FINANZEN

Christina Hartmann

Stv. Ruedi Füchslin

CORPORATE IDENTITY

GRAFIK & DESIGN ANG FOKUS

Adrian Zwyssig

HOMEPAGE

Isabelle van Rijs

REDAKTION ANG FOKUS

Rahel Brügger

VORTRÄGE/EXKURSIONEN

Cyrell Brunner

MARKETING/SPONSORING

Walter Fasler

JURISTISCHE BERATUNG

Markus Heuberger

MITGLIEDER STIFTUNGSRAT

NATURAMA

Walter Fasler und Ruedi Füchslin

DELEGIERTE SCNAT

Fritz Wenzinger,

Stv. Stephan Scheidegger



Erfolgreich

**Mit Rat und Tat
zum finanziellen Erfolg.**

Das sichere Gefühl.



**Aargauische
Kantonalbank**