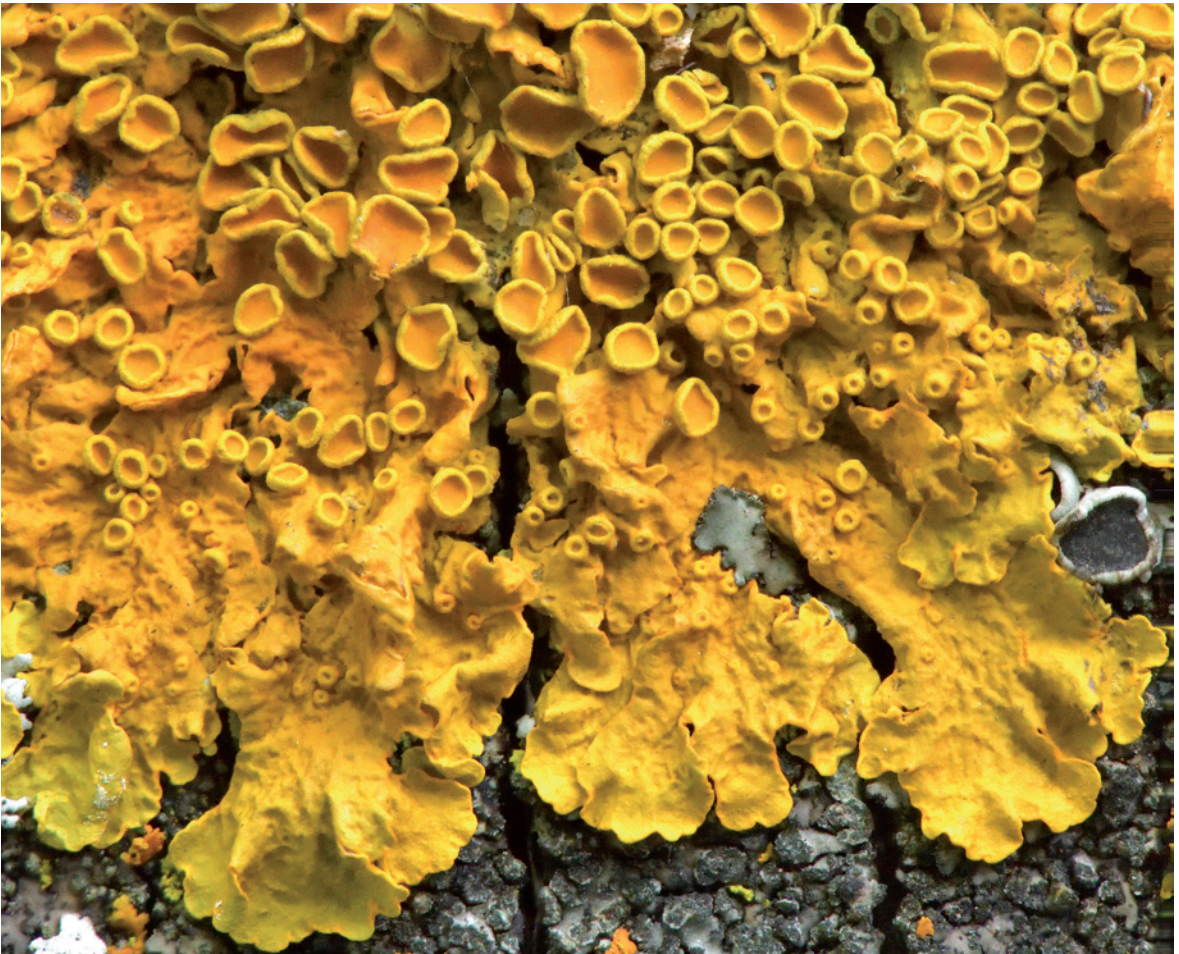


# Vierteljahrschrift

4 | 2023  
Jahrgang 168

der Naturforschenden Gesellschaft  
in Zürich NGZH



## 4 Unauffällige Überlebenskünstler

Die meisten Flechten sind unscheinbare Lebewesen. Doch aufgrund ihrer Biologie sind sie in der Lage, auch sehr unwirtliche Gebiete zu besiedeln.

# Brief des Präsidenten

Das übergeordnete Thema des vorliegenden Heftes lautet *genauer Hinschauen*. Die Titelgeschichte über Flechten zeigt eine faszinierende Vielfalt von Leben und Lebensenergie hinter unschönen Flecken oder Schuppen, wie Flechten an Bäumen auf einen oberflächlichen Betrachter wirken könnten. Es öffnet sich uns jedoch ein verborgenes Universum hinter vermeintlich wertlosen Nebenprodukten der Evolution und es lohnt sich, in diese Welt einzutauchen.

Ganz ähnlich beim Phänomen Resonanz: Nur aufmerksame Beobachterinnen und Beobachter sehen Zusammenhänge zwischen einer Kinderschaukel, eines Pendels, einer Antenne, eines Musikinstrumentes und einer atomaren Spektrallinie. Sieht man genauer hin, erkennt man den gemeinsamen zugrunde liegenden Mechanismus, was der entsprechende Artikel über Resonanz am einfachsten mechanischen Beispiel, dem Pendel, und seinem elektrischen Analogon, dem Schwingkreis, zeigen möchte. Versteht man diesen Mechanismus, wird einerseits der Unfug des «Pendelns» entlarvt und andererseits die drahtlose Kommunikation ermöglicht.

Genauer Hinschauen ist auch die Devise bei vielen gesellschaftlichen Problemen, die kaum mit Verboten und Repression gelöst werden können, wie dies viele Politiker und derer «Follower» gerne hätten. Universum 25 war als Mäuseparadies konzipiert und der Erbauer konnte beobachten, wie die Bewohner, denen alles serviert wurde, innert weniger Generationen grundlegende Verhaltensweisen verlernten, so dass die Population nach knapp 5 Jahren ausstarb. Beim Lesen dieses Artikels ist es unvermeidlich, nicht an heutige gesellschaftliche Probleme zu denken!

Selbst der medizinische Artikel passt zum übergeordneten Thema: Durch genaues Hinschauen, wie Medikamente in einzelnen Zellen wirken, können mit Hilfe künstlicher Intelligenz individuell gestaltete und präzisere Diagnosen und Therapien entwickelt werden. Und schliesslich schaut unser Neujahrsblatt



Eine Kinderschaukel macht nicht nur Spass, sondern dient auch als ideales Modell, um das Phänomen Resonanz zu verstehen. (Bild: Noah Silliman/unsplash.com)

auf das Jahr 2024 genauer auf die erfolgreiche Geschichte der Zürcher Bio- und Geowissenschaften vom 16. bis zum 19. Jahrhundert, die durch die neuere Entwicklung der modernen Naturwissenschaften etwas in Vergessenheit geraten ist. Wir hoffen, Sie möglichst zahlreich am Bächtelistag zwischen 10 und 12 Uhr in der Zentralbibliothek begrüssen zu können, wo Sie unser Neujahrsblatt abholen und auch Neujahrsblätter anderer Gesellschaften zu reduziertem Preis kaufen können.

Nun noch ein Hinweis auf unsere Vortragsreihe: Drei Vorträge werden bereits auf der Homepage zum nachhören angeboten, weitere werden folgen und eine Führung speziell für unsere Mitglieder durch die neue Ausstellung an der ETH über «Biodiversität: verletzliche Vielfalt» wird am 5. Februar 2024 um 18 Uhr beginnen. Beachten Sie bitte die Einladung auf Seite 21 mit dem Link zur erforderlichen Anmeldung.

Fritz Gassmann

**ngzh**



Naturforschende  
Gesellschaft in Zürich  
[www.ngzh.ch](http://www.ngzh.ch)

– AKTUELL

4

# Unauffällige Überlebens- künstler

– PHYSIK IM ALLTAG

10

Resonanz – ein häufiges  
Phänomen

– DAS EXPERIMENT

15

Die Hölle von Universum 25

– MEDIZIN

18

Präzise Voraussage, wie  
Medikamente wirken

– NEUJAHRSBLETT

19

Zürich – ein wichtiger Ort für  
die Bio- und Geo-Wissenschaften

– WEBSEITE

20

Unsere Homepage muss erneuert  
werden

– BUCHBESPRECHUNG

21

Biodiversität: verletzliche Vielfalt –  
eine Führung durch die ETH-Ausstellung

22

IMPRESSUM

23

AGENDA

## AUS DEM ARCHIV

Die NGZH verfügt über ein reichhaltiges Archiv an interessanten Publikationen, die im Laufe ihrer langen Geschichte veröffentlicht wurden. Das umfangreiche Material ist auf unserer Webseite frei zugänglich.

Alle Dokumente und auch die Aufzeichnungen der Online-Vorträge vom letzten Winter finden sich unter: [www.ngzh.ch/publikationen](http://www.ngzh.ch/publikationen)

# Flechten – unauffällige Überlebenskünstler

**Obschon Flechten nicht als auffällige Lebewesen wahrgenommen werden, kommen sie fast überall vor: Flechten findet man direkt vor der Haustür, an Bäumen, auf Erde und an Gestein bis auf die höchsten Gipfel der Schweiz. Flechten sind Überlebenskünstler, Teamplayer und sie stellen mit mehr als 2000 in der Schweiz bekannten Arten eine wichtige Komponente der Biodiversität dar. Kürzlich ist ein umfassender Naturführer zu dieser farbenfrohen Organismengruppe erschienen. Daraus werden hier ausgewählte Aspekte aus Ökologie und Naturschutz vorgestellt.**

Die Strauchflechte *Evernia prunastri* erscheint makroskopisch als einheitlicher Organismus (Abb. 1 oben). Erst bei mikroskopischer Betrachtung wird ihre Doppelnatur sichtbar: Flechten bestehen nämlich aus fädigen Hyphen eines Pilzpartners, welcher in einer dauerhaften Verbindung mit einem Fotobionten, d.h. einer Fotosynthese betreibenden einzelligen oder fädigen Grünalge oder einem Cyanobakterium zusammenlebt (Abb. 1 unten). Weil im Falle der Flechten bei diesen Doppelwesen die beiden Partner voneinander profitieren, spricht man von einer mutualistischen Symbiose.

## Am Anfang der Nahrungskette

Dabei bildet der Pilzpartner in den meisten Fällen die Architektur des Flechtenlagers und ist für die Aufnahme von Wasser und mineralischen Nährstoffen verantwortlich. Darüber hinaus verankert er die Flechte an ihrer Unterlage, er produziert aber auch Flechtenstoffe mit stark antiherbivorer, antibiotischer und antimykotischer Wirkung, wodurch beide Symbionten vor Fressfeinden und Parasiten geschützt werden.

Dank der dauerhaften Verbindung des Pilzpartners mit einem Fotobionten sind Flechten Primärproduzenten und stehen am Anfang komplexer Nahrungsnetze. Weil an typischen Flechtenstandorten Blütenpflanzen und Moose an ihre ökologi-

schen Grenzen stossen, spielen Flechten dort eine wichtige Rolle als Primärproduzenten. Strauchflechten alpiner Wind- und Zwergstrauchheiden sind eine wichtige Winternahrung für Schneehuhn, Gämse und Steinbock. Aber auch an Felsflächen wachsende Krustenflechten sind Nahrungsquelle für Schnecken, Hornmilben und spezielle Schmetterlingsraupen.

## Gemeinsame Ausbreitung

Sogar die Vermehrung und Ausbreitung der Flechte erfolgt in vielen Fällen gemeinsam. Viele Flechten vermehren sich mittels vegetativer, symbiotischer Ausbreitungseinheiten. In diesen Fällen dienen kleine Bruchstücke oder spezifisch gebildete Körnchen oder Auswüchse als Ausbreitungseinheiten, welche nach der Ausbreitung am neuen Standort direkt wieder zu einem neuen Flechtenlager auswachsen können. Bei dieser Ausbreitung symbiotischer Ausbreitungseinheiten vermehren sich beide Symbionten vegetativ (erkennbar an den Gruppen von Körnchen auf den Lappen in Abb. 1 oben und 2 links).

In anderen Fällen kann sich der Pilz geschlechtlich vermehren, meist mit Ascosporen. In diesen Fällen breitet sich der Pilzpartner zunächst ohne Symbionten aus und muss am neuen Standort zunächst mit dem passenden Fotobionten eine neue Symbiose eingehen. Bei vielen Arten werden die beiden Ausbreitungsstrategien kombiniert, wobei lokal die Vermehrung mit symbiotischen Ausbreitungseinheiten meist dominiert (Abb. 2 links).

## Stark schwankender Wassergehalt

Im Gegensatz zu Blütenpflanzen weisen Flechten einen stark schwankenden Wassergehalt auf. Bei feuchter Witterung nehmen Flechten Wasser über ihre Oberfläche auf und sind bei einem Wassergehalt von mehr als 50 Prozent ihres Trockengewichtes physiologisch aktiv. In wassergesättigtem Zustand sind die Zellen der Symbionten turgeszent, das heisst sie sind maximal mit Wasser gefüllt. Deshalb sind dann die einzelligen Fotobionten im Inneren des Flechtenlagers in diesem Zustand meist kugelförmig.





Abb. 1: Die Strauchflechte *Evernia prunastri* am natürlichen Standort (oben) und als Querbruch in wassergesättigtem Zustand im Tieftemperatur-Rasterelektronenmikroskop (unten). (Bilder: Ch. Scheidegger)





Abb. 2, links: Bei der Echten Lungenflechten *Lobaria pulmonaria* kann sich der Pilzpartner durch Ascosporen, welche in den rotbraunen Fruchtkörpern gebildet werden, geschlechtlich vermehren. Die vegetativen Ausbreitungseinheiten dienen der gemeinsamen Ausbreitung von Pilzpartner und Fotobiont. Rechts: Ein Querbruch durch ein lufttrockenes Lager von *Lobaria pulmonaria* zeigt kollabierte Algenzellen (weisse Pfeilspitze) und kavitierte Pilzhyphen der quergebrochenen Zellen (doppelte Pfeilspitze). (Bilder: Ch. Scheidegger)

Weil die Oberfläche der Pilzhyphen im Inneren des Flechtenlagers eine hydrophobe (also wasserabstossende) Oberfläche aufweisen, ist das Mark des Flechtenlagers auch in wassergesättigtem Zustand immer noch mit Luft gefüllt (Abb. 1 unten). Bei austrocknender Witterung verdunstet das Wasser wiederum durch die Oberfläche, weil Flechtenlager über keinen effektiven Verdunstungsschutz verfügen.

Nachdem Wasserfilme auf der Oberrinde als erstes verdunstet sind, verdunstet auch das in den Zellen der Symbionten gespeicherte Wasser. Das verdunstende Wasservolumen wird dabei grösstenteils kompensiert, indem die Zellen der Fotobionten mit mechanisch instabilen Zellwänden kollabieren. Schliesslich sind die Zellwände der Fotobionten im

trockenen Lager mehrfach eingefaltet und das Volumen beträgt nur noch einen kleinen Bruchteil der kugeligem Fotobionten im wasser-gesättigten Zustand. Die aus starren Zellwänden aufgebauten Hyphen können jedoch in den meisten Fällen nicht kollabieren, sondern sie kompensieren den Volumenverlust durch Bildung von mit Wasserdampf gefüllten Hohlräumen (Kavitation) (Scheidegger et al. 1995).

Bei der Kavitation erfolgt unter stark negativen Druckverhältnissen im Symplasten ein explosionsartiger Phasenübergang aus der flüssigen in die gasförmige Phase. In lufttrockenen Flechten ist dann mikroskopisch in jeder Zelle eine auffällige Luftblase sichtbar, die vor allem in den Rindenzellen leicht zu beobachten sind (Abb. 2 rechts).



Abb. 3: *Peltigera venosa* in feuchtem (oben) und trockenem Zustand (unten). (Bilder: Ch. Scheidegger)

### Farbwechsel bei Feuchte

Bei Flechten ohne pigmentierte Rinde unterscheiden sich feuchte Flechtenlager von trockenen deshalb auch farblich: Das Licht dringt in feuchtem Zustand durch die turgeszenten Rindenzellen und wird an den grünen Fotobionten reflektiert, weshalb beispielsweise das Lager von *Peltigera venosa* feucht intensiv grün gefärbt ist (Abb. 3 oben). In lufttrockenem Zustand ist die gleiche Flechte aber grau, weil das Licht bereits an mehreren Schichten kavittierter Rindenzellen reflektiert wird (Abb. 3 unten).

Ist die Flechte schliesslich ausgetrocknet, stellt sie ihre physiologischen Aktivitäten vollstän-

dig ein und verharrt während trockenen Witterungsphasen in einem anabiotischen Zustand, einer Art Dornröschenschlaf. Dank dieser Fähigkeit, ökologisch ungünstige Phasen in der Anabiose zu überdauern, vermögen Flechten an extremen Lebensräumen zu überleben.

Ja, Lebensräume, an welchen flüssiges Wasser nur eingeschränkt verfügbar ist, sind die eigentlich typischen Standorte von Flechten, weil ihnen dort nur wenig Konkurrenz von raschwüchsigen Pflanzen erwächst. Gerade weil Flechten einen grossen Teil der Zeit anabiotisch verbringen, ist ihre Produktivität deshalb oft gering und das Wachstum





Abb. 4: Vegetative Ausbreitungseinheiten des Schwarzen Kugelträgers *Bunodophoron melanocarpum* wurden in Baumwollgaze am natürlichen Standort verankert. Ein Transplantat hat 32 Jahre benötigt, um sich vielfach zu verzweigen und ungefähr 2 cm zu wachsen. (Bild: Ch. Scheidegger)

in vielen Fällen minimal. An optimalen Standorten können Strauchflechten immerhin ungefähr einen Zentimeter pro Jahr wachsen, aber im Hochgebirge sind bei Krustenflechten Wachstumsraten von deutlich weniger als 1 mm pro Jahr vermutlich eher die Regel als die Ausnahme. So erstaunt es auch nicht, dass die meisten Flechtenarten jahrzehntelange Generationszeiten aufweisen, andererseits beispielsweise an Felsflächen vermutlich auch mehrere tausend Jahre alt werden können.

#### Artenrückgang und Artenförderung

Trotz ihrer «harten Schale» als extremophile Organismen sind 37 Prozent der untersuchten Flechten in der Schweiz gefährdet. Der Anteil gefährdeter Arten ist mit 44 Prozent bei den baumbewohnenden Flechten deutlich höher als bei den erdbewohnenden Arten (Scheidegger et al. 2002). Die bewähr-

ten Instrumente Habitatsschutz und -aufwertung gehören in vielen Fällen auch für die Flechten zu den wichtigsten Massnahmen.

Speziell für baumbewohnende Flechten gelten zusätzlich die Erhaltung von Trägerbäumen und das Transplantieren von Flechtenfragmenten auf bisher unbesiedelte Bäume im Bestand als erfolgreiche subsidiäre Massnahmen. Im eingangs erwähnten Buch «Flechten der Schweiz» werden verschiedene Beispiele von Vorkommen erwähnt, welche durch Transplantation stabilisiert wurden.

Sind nämlich Vorkommen dieser Arten erst einmal so stark dezimiert, dass sie nur noch auf einem oder wenigen Bäumen vorkommen, können sie dort zwar bei geeigneten Massnahmen zum Schutz des Trägerbaumes und der Erhaltung der lokalen Habitatsqualität noch während mehreren Jahren bis Jahrzehnte überleben. Derart kleine Vor-



kommen sind aber oft nicht mehr in der Lage, sich aus eigener Kraft zu vermehren und an Bäume auszubreiten, an welchen die Arten für weitere Jahrzehnte leben können.

Zudem ist das Risiko hoch, dass solche Kleinstvorkommen durch ein einzelnes Ereignis wie Windwurf zerstört werden und die Art dadurch regional sogar aussterben kann. Deshalb wurden seit über 30 Jahren Versuche zur künstlichen Vermehrung von Flechten in naturnahen Wäldern entwickelt und seither an ausgewählten Arten mit Erfolg durchgeführt.

### Transplantation erfordert Geduld

Auch der Schwarze Kugelträger *Bunodophoron melanocarpum* wurde im Gurnigelwald in Zusammenarbeit mit dem lokalen Forstdienst an ausgewählte Bäume in der näheren Umgebung des ursprünglichen Trägerbaumes transplantiert. Weil für die Transplantation einzelne vegetative Ausbreitungseinheiten verwendet werden, konnten die Artenförderungsmaßnahmen ohne negative Auswirkungen auf das einzige vorhandene, ausgedehnte, aus bis 6 cm langen Stängeln bestehende, natürlich vorkommende Flechtenlager durchgeführt werden. Allerdings mussten die höchstens 3 Millimeter grossen Bruchstücke in den ersten Jahren regelmässig gepflegt werden, damit sie sich zwar gegen die Konkurrenz von Moosen durchsetzen, aber trotzdem von ihrer Anwesenheit profitieren konnten. Die mitwachsenden Moose haben nämlich die Transplantate länger feucht gehalten und damit zur Verlängerung ihrer physiologischen Aktivität beigetragen.

### Es braucht flankierende Massnahmen

Nach 32 Jahren haben sich die Transplantate nun vielfach verzweigt; sie sind jetzt über 2 cm gross (Abb. 4) und können sich nun ohne weitere Pflegemaassnahmen am Stamm des neuen Trägerbaumes entwickeln. Das ursprünglich vorhandene Lager ist inzwischen leider verschwunden, vermutlich durch Schnee, der am Stamm festgefroren war und dann beim Abrutschen das gesamte Flechtenlager zerstört hat.

*Bunodophoron melanocarpum* hat aber dank der gezielten Artenförderungsmaßnahmen in diesem Wald überleben können. Damit sich aber wieder ein überlebensfähiges Vorkommen entwickeln kann, sind weitere langfristige Artenförderungs-

massnahmen nötig. Selbstverständlich können diese aber nur dann zielführend sein, wenn parallel dazu auch der Lebensraum aufgewertet werden kann und die neuen Trägerbäume während der nächsten Jahrzehnte geschont werden.

Christoph Scheidegger

Der Autor ist Gastwissenschaftler bei der Forschungseinheit Biodiversität und Naturschutzbiologie an der WSL in Birmensdorf.

#### Literatur

Scheidegger, C., P. Clerc, M. Dietrich, M. Frei, U. Groner, C. Keller, I. Roth, S. Stofer, und M. Vust. 2002. Rote Liste der gefährdeten baum- und erdbewohnenden Flechten der Schweiz. WSL, CJB, BUWAL, Bern.

Scheidegger, C., B. Schroeter, und B. Frey. 1995. Structural and functional processes during water vapour uptake and desiccation in selected lichens with green algal photobionts. *Planta* 197: 399-409.



Scheidegger Ch., Keller Ch., Stofer S. 2023. *Flechten der Schweiz – Vielfalt, Biologie, Naturschutz. Mit 52 Exkursionen und einem Vorwort von Kim de l'Horizon.* Haupt Verlag. 592 S. ISBN 978-3-258-08309-4 (UVP CHF 58.–)

# Resonanz – ein häufiges Phänomen

**Resonanz ist eines der physikalischen Phänomene, das uns im Alltag oft begegnet. Jedes Kind lernt intuitiv, wie es sich auf der Schaukel bewegen muss, damit die Schwingung grösser wird. Hier wird Resonanz am Beispiel des Fadenpendels erklärt und dann gezeigt, dass alle Resultate für elektrische Schwingungen übernommen werden können und damit der Beginn der drahtlosen Kommunikation verstanden werden kann.**

## Das Pendel als Zeitgeber – die Eigenschwingung

Es ist allgemein bekannt, dass ein Fadenpendel eine charakteristische Schwingungsperiode hat, die oberflächlich betrachtet nur von der Fadenlänge  $L$  und nicht von der angehängten Masse und auch nicht von der Amplitude abhängt (der Auslenkwinkel sollte aber nicht mehr als etwa  $20^\circ$  betragen, da sonst die rücktreibende Kraft nicht mehr proportional zur Auslenkung ist).

In einem Raumschiff würde jedoch ein Pendel nicht schwingen, sondern eine Kreisbewegung mit konstanter Geschwindigkeit ausführen, nachdem es angestossen wurde. Offensichtlich ist die Erdbeschleunigung  $g$ , die fast genau 10 Meter pro Sekunde im Quadrat beträgt, ebenfalls wichtig. Die Schwingungsperiode  $T$  muss also eine Kombination von  $L$  und  $g$  sein. Die einfachste Beziehung, die dies erfüllt, ist  $T$  proportional der Wurzel aus  $L/g$ . Eine exakte Herleitung zeigt, dass dies korrekt ist und dass der Proportionalitätsfaktor  $2\pi$  (also etwa 6,28) beträgt.

Prüfen wir diesen Zusammenhang doch mit einem konkreten Beispiel nach: Ein «Sekundenpendel» führt eine volle Schwingung (hin und zurück) innerhalb von 2 Sekunden aus und ist etwa einen Meter lang. Die Formel gibt Wurzel aus 0,1 multipliziert mit 6,28. Als Resultat erhält man fast genau das korrekte Resultat von 2 Sekunden. Die Pendel vieler Wanduhren sind deshalb etwa einen Meter lang und haben für die genaue Justierung eine Stellerschraube.

In der Physik wird die für ein Pendel charakteristische Schwingung «Eigenschwingung» genannt. Die Eigenfrequenz eines Sekundenpendels beträgt also 0,5 Hertz.

## Das Pendel als empfindlicher Verstärker für seine Eigenfrequenz

Ein Fadenpendel ist ein unglaublich empfindlicher Verstärker für genau eine Frequenz, seine Eigenfrequenz. Dies wird beim «Pendeln» ausgenutzt, um vermeintlich unbewusste Inhalte sichtbar zu machen. Typische dafür benutzte Pendel bestehen aus einer etwa 20 Zentimeter langen Schnur, an der ein 2 bis 4 cm langer Körper hängt. Dies gibt für  $L$  etwa 21 bis 22 cm und nach dem oben erklärten Zusammenhang eine Schwingungsperiode von 0,92 bis 0,94 Sekunden. Die Eigenfrequenz ist der Kehrwert der Periode und beträgt demnach 1,09 bis 1,06 Hertz (Schwingungen pro Sekunde, die Masseinheit ist benannt nach dem deutschen Physiker Heinrich Hertz).

Pro Minute sind dies gerundet 65 bis 64 Schwingungen, also eine typische Ruhe-Herzfrequenz! Schlägt das Herz des Pendlers oder der Pendlerin schneller als 65 Hertz ist es einfach, den Haltepunkt leicht nach unten zu verschieben und so die Eigenfrequenz des Pendels zu erhöhen, damit es auf Fragen «antwortet». Doch wie ist es aber möglich, dass ganz kleine, durch die Herzschläge verursachte Bewegungen das Pendel zum Schwingen anregen können?

## Ein energetisches Gleichgewicht

Eine exakte mathematische Analyse der einfachen Bewegungsgleichung eines Fadenpendels ist mit Bleistift und Papier möglich, wobei auch die periodische Anregung und die Dämpfung miteinbezogen werden kann. Die Dämpfung beschreibt die durch Reibung (z.B. Luftreibung) hervorgerufene Umwandlung von Bewegungsenergie in Wärme und ist entscheidend dafür, dass sich bei jeder Anregungsfrequenz und -amplitude ein Gleichgewicht einstellen kann, d.h. eine stationäre Pendelschwingung entsteht. Das Gleichgewicht besteht darin, dass die durch die Anregung dauernd zugeführte Energie

durch die Reibung als Wärme wieder abgeführt wird. Das Resultat der mathematischen Analyse ist die berühmte Resonanzkurve, die in fast jedem Gebiet der Physik anzutreffen ist.

Abb. 1 zeigt die Resonanzkurve für ein Fadenpendel mit Eigenfrequenz  $f_0$ , einmal mit starker Dämpfung (Blau, z.B. mit Styroporkugel als Masse) und einmal mit schwacher Dämpfung (Rot, z.B. mit Holzkugel als Masse). Auf der horizontalen Achse ist die Frequenz einer kleinen periodischen Anregung aufgetragen, die jeweils bei allen Frequenzen dieselbe Amplitude hat. Bei jeder Anregungsfrequenz schaukelt sich das Pendel langsam hoch, bis die Schwingungsamplitude dem durch die Resonanzkurve wiedergegebenen Gleichgewichtswert entspricht.

### Maximum bei Eigenfrequenz

Die ausgeprägte Spitze der Resonanzkurven zeigt, dass der maximale Verstärkungsfaktor  $Q$ , also die maximale Pendelamplitude dividiert durch die Anregungsamplitude, am grössten wird, wenn die Anregungsfrequenz gleich der Eigenfrequenz ist. Da üblicherweise das Quadrat des Verstärkungsfaktors als Funktionswert aufgetragen wird, beträgt der Funktionswert an der Resonanzspitze  $Q^2$ . Diese wichtige Grösse  $Q$  nennt man «Güte» des Pendels ( $Q$  von engl. Quality).

Als Breite der Resonanzkurve definiert man die sogenannte Halbwertsbreite HWB, also die Breite auf der Höhe des halben Maximums. Man kann mathematisch zeigen, dass die HWB in sehr guter Näherung  $f_0/Q$  beträgt. Die Güte hängt weiter mit dem Abfall der Pendelamplitude nach einmaligem Anstoss des Pendels zusammen:  $Q$  ist gleich  $\omega \times N$ , wobei  $N$  die Anzahl Schwingungen bedeutet, bis die Amplitude auf 37 Prozent abfällt ( $37\% \approx 1/e$  wobei  $e$  die Euler-Zahl 2,71828... ist). Die in Abb. 1 gezeigten Resonanzkurven gehören also zu Pendeln, deren Amplituden nach etwa 2 (Blau) und 32 (Rot) Schwingungen auf 37 Prozent gedämpft werden.

### Herzschlag reicht als Anregung

Nun zurück zur oben erwähnten Pendel-Magie: Ein 22 Zentimeter langes Fadenpendel mit einem Metallgewicht führt nach einem Stoss etwa 200 Schwingungen aus, bis seine Amplitude auf 37 Prozent absinkt. Damit erhalten wir für seine Güte  $Q \approx 600$ . Eine durch den Herzschlag verursachte periodische Bewegung von nur 0,05 Millimetern er-

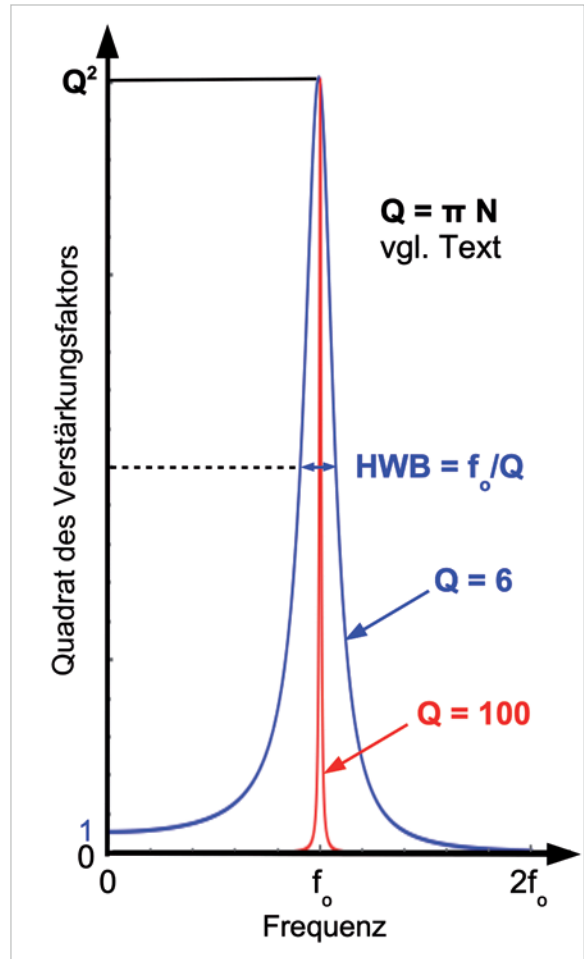


Abb. 1: Resonanzkurven für ein Pendel mit Güte  $Q = 6$  (Blau) und  $Q = 100$  (Rot).  $f_0$  ist die Eigenfrequenz, HWB ist die Halbwertsbreite  $f_0/Q$  und bei der Frequenz 0 sieht man die Anregungsamplitude, die beim roten Pendel  $100/6 \approx 17$  mal kleiner ist als beim blauen für dieselbe Maximalamplitude (weitere Erläuterungen im Text). (Bild Fritz Gassmann).

gibt damit eine Resonanzamplitude von 3 Zentimetern! Die Richtung der Pendelschwingung, der ebenfalls eine Bedeutung zugeschrieben wird, hängt von einer Vielzahl von Details ab (Sitzposition, Kopfhaltung, Winkel des Ellenbogens und Handgelenks, etc.), die kaum reproduzierbare Resultate ergeben dürften.

Da auch gleichzeitig senkrecht zueinanderstehende Schwingungen der Hand durch die Herzschläge angeregt werden können, kann das Pendel auch ellipsen- oder kreisförmig schwingen. Diese physikalischen Überlegungen machen klar, weshalb der Einsatz von Pendeln bisher keiner wissenschaftlichen Untersuchung standgehalten hat.



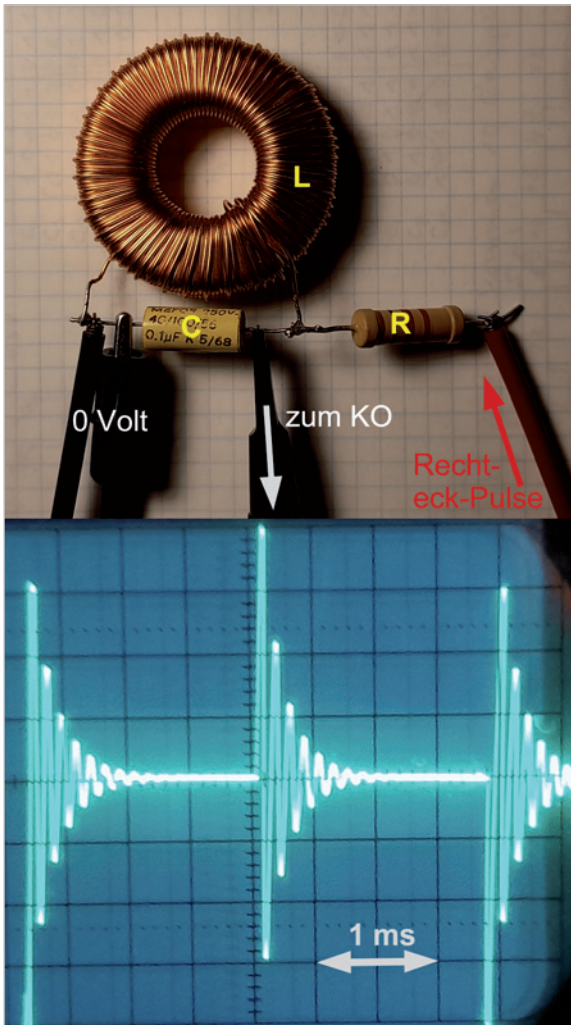


Abb. 2: Oben: Elektrischer Schwingkreis mit einer Eigenfrequenz von 8000 Hertz. Die Spule hat eine Selbstinduktivität  $L$ , der Kondensator eine Kapazität  $C$  und ein Widerstand  $R$  dämpft den Schwingkreis. Unten: Ein Kathodenstrahl-Oszillator (KO) zeigt abklingende Schwingungen nach periodischen Anregungen durch ein Rechtecksignal. Die Amplitude geht nach 1,5 Schwingungen auf 37 Prozent zurück, woraus sich die Güte  $Q \approx 5$  ergibt. (Bild Fritz Gassmann)

### Ein elektrisches Pendel – der Schwingkreis

Hat man das mechanische Pendel verstanden, versteht man auch die Grundprinzipien von Musikinstrumenten, von erdbebensicheren Bauten, von der Kommunikationstechnik und sogar von Atomen und Molekülen. Um diese Feststellung zu illustrieren, soll das elektrische Analogon des Pendels gezeigt werden, das in praktisch jedem elektronischen Gerät eine Zentrale Rolle einnimmt. Man nennt es

«Schwingkreis» und es ist eine Zusammenschaltung aller drei passiven Grundelemente  $R$ ,  $L$  und  $C$  der Elektronik.

Abb. 2 zeigt einen Schwingkreis zusammen mit dem Oszillogramm der abklingenden Schwingung nach periodischer Anregung mit einem Rechtecksignal. Sowohl bei der ansteigenden wie bei der abfallenden Flanke des Signals werden stark gedämpfte Schwingungen angeregt, die alternierend bei einer positiven und einer negativen Spannung beginnen.

$L$  ist die Selbstinduktivität der Spule und wirkt analog zur Massenträgheit beim Pendel, die die Geschwindigkeit aufrecht erhalten will.  $L$  will analog dazu die Stromstärke aufrecht erhalten. Der Strom fließt in den Kondensator, dessen Kapazität  $C$  die elektrische Energie speichert, ähnlich wie eine Batterie.

Analog dazu speichert das Pendel die Bewegungsenergie an den Umkehrpunkten als potenzielle Energie, indem die Masse leicht angehoben ist. Die Energie pendelt also dauernd zwischen potenzieller und kinetischer Energie. Analog dazu pendelt die Energie beim Schwingkreis dauernd zwischen kinetischer Energie als Strom in der Spule und potenzieller Energie als Spannung im Kondensator. Der Widerstand  $R$  wandelt elektrische Energie in Wärme um, weshalb die Schwingung nach einiger Zeit aufhört.

Da Pendel und Schwingkreis genau analog funktionieren, ist es nicht erstaunlich, dass die mathematischen Formulierungen der beiden Systeme (d.h. die beiden Differenzialgleichungen) genau dieselbe Struktur haben und durch Umbenennung von Variablennamen ineinander über gehen! Dies heisst auch, dass ein Schwingkreis dieselbe Resonanzkurve hat wie ein Pendel (vgl. Abb. 1). Der Schwingkreis hat also auch eine Güte  $Q$ , die durch die oben erwähnten Relationen mit der Breite der Resonanzkurve, dem maximalen Verstärkungsfaktor bei Resonanz und dem Abklingverhalten bei einmaliger Anregung zusammenhängt.

### Der Beginn des Rundfunk-Zeitalters mit dem Knallfunken-Sender

Nachdem Heinrich Hertz 1886 gezeigt hatte, dass elektrische Schwingungen elektromagnetische Wellen erzeugen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten, war es naheliegend, die Kommunikation durch Schallwellen in eine Kommunikation durch



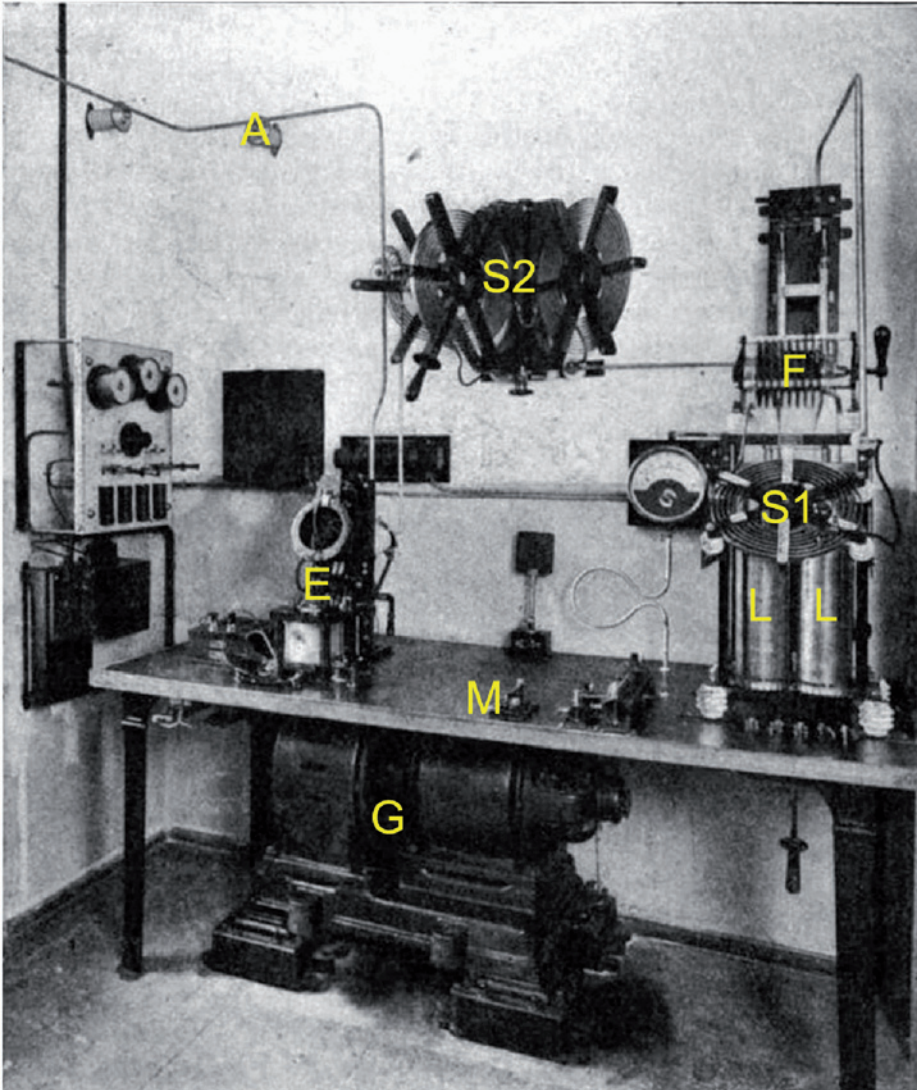


Abb. 3: Schiffs-Funkraum 1911, gebaut durch die 1903 gegründete deutsche Firma Telefunken. Unter dem Tisch ist die 1,5 Kilowatt-Generatorgruppe G sichtbar, die die Bordspannung des Schiffes in eine Wechselspannung von 500 Hertz und 8000 Volt umwandelte. Bei beiden Maxima jeder Periode zündete der serielle 8-fache Funkenspalt F (sog. «quenched gap»), sodass ein gut hörbares Morsesignal von 1000 Hertz entstand, bestehend aus 1000 abklingenden Schwingungszügen pro Sekunde. Darunter sind zwei Leidener-Flaschen L (Kondensatoren) sichtbar und davor die Spule S1 des Primärschwingkreises. An der Wand sind abstimmbare Spulen S2 für den sekundären Antennen-Schwingkreis (Mittelwellenbereich) montiert. Die Morsetaste M schaltete den Sender über ein Relais ein und aus, sodass in den Sendeintervallen im Empfänger E antwortende Stationen gehört werden konnten. Dies war besonders wichtig beim Senden von SOS. Die Leitung zur Antenne A geht zu einem Draht, der zwischen zwei hohen Schiffsmasten gespannt wurde. Weitere Erklärungen im Text. (Bild: Stanley 1919, Fig. 106, Public Domain, gelbe Bezeichnungen durch Autor)

elektromagnetische Wellen zu übersetzen. Wie ein genügend schnelles Pendel (eine schwingende Saite) Schallwellen erzeugt, müsste also auch ein genügend schnelles elektrisches Pendel (ein Schwingkreis) elektromagnetische Wellen erzeugen. Doch, wie bringt man einen Schwingkreis zum schwingen?

Genau wie man die Saite einer Mandoline zum Klingen bringt: Man lenkt sie durch eine Kraft aus und lässt sie los. Übersetzung in die Elektrotechnik: Man schneidet den Schwingkreis an einer Stelle auf und verbindet die beiden losen Drahtenden mit einer Hochspannungsquelle. Dadurch wird der Kondens-

## 14 FORSCHUNG – PHYSIK IM ALLTAG

sator via die Spule auf die Quellenspannung aufgeladen und erhält potenzielle Energie.

Nun muss die Schnittstelle durch einen Schalter geschlossen werden und der Schwingkreis führt abklingende Schwingungen mit seiner Eigenfrequenz aus. Als Schalter wurde ein Funke verwendet, der bei einer kritischen Spannung mit einem beachtlichen Knall überspringt und so die Schnittstelle für einen sehr kleinen Moment kurzschliesst. In diesem Zeitintervall von rund einer Tausendstelsekunde ist der Schwingkreis geschlossen und kann einige Dutzend Perioden lang schwingen.

### Längerfristig zu viele Nachteile

Bei hohen Frequenzen um 2000 Hertz klingt eine Mandolinensaite nicht lange nach und man muss sie etwa fünfmal pro Sekunde anregen, um einen einigermaßen anhaltenden Ton zu erzeugen. Analog beim Knallfunken-Sender: Da Gütefaktoren bei angehängter Antenne nicht über etwa 40 möglich waren, fiel die Amplitude nach rund 40 Schwingungen auf unter 5 Prozent ab.

Dies bedeutet, dass im Mittelwellenbereich bei 500 Kilohertz das Signal alle etwa 0,1 Millisekunden hätte erneuert werden müssen, was 10 000 Funken pro Sekunde benötigt hätte. Durch 500 Hertz Wechselstromgeneratoren konnte man immerhin 1000 Funken pro Sekunde erreichen (beim positiven und negativen Maximum der Spannung je einen), was Morsezeichen mit gut hörbarem 1000 Hertz-Grundton erzeugte. Das Oszillogramm in Abb. 2 zeigt, wie man sich die erzeugten Funksignale vorzustellen hat.

Abb. 3 zeigt eine derart ausgerüstete Schiffsfunkstation. Damit die hohe Funken-Frequenz, der sog. «singende Funke», erreicht werden konnte, wurde die früher verwendete Knallfunkenstrecke ersetzt durch eine Reihe von hintereinander geschalteten viel kürzeren Funkenstrecken von Zehntelmillimetern (sog. «quenched gap»). Diese öffneten den Primärschwingkreis beim Nulldurchgang des Stromes sofort wieder und entkoppelten dadurch den sekundären Antennen-Schwingkreis, so dass dieser vollständig «ausschwingen» konnte, bevor ein neuer Funke gezündet wurde. Für Details sei auf Stanley 1919 oder den Wikipedia-Artikel Spark-gap-transmitter verwiesen.

Grosse Nachteile dieser Funktechnik waren, dass keine Sprachsignale aufmoduliert werden konnten, dass die Sender ein breites Frequenzband be-

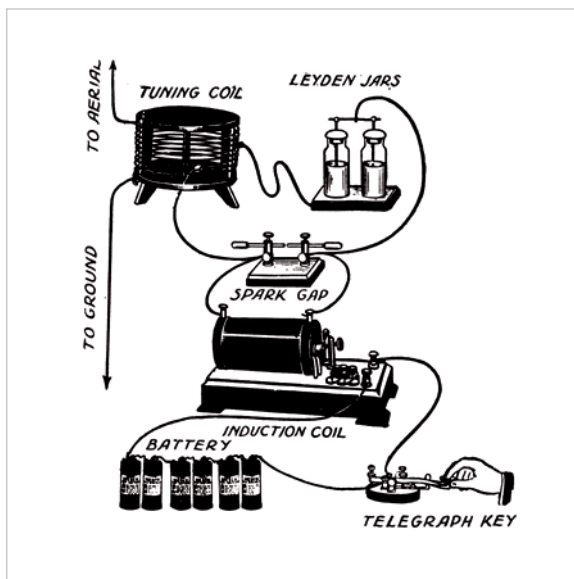


Abb. 4: Anleitung zum Bau einer Amateur-Funkstation aus einem Buch von 1917. Unten ist der Funkeninduktor sichtbar und oben der Schwingkreis bestehend aus abstimmbarer Spule und Leyden-Flaschen (Kondensatoren), der durch den Funken kurzgeschlossen und dadurch aktiviert wird. (Bild: Ernest Thompson Seton, Public domain, via Wikimedia Commons)

anspruchten und sich gegenseitig störten und dass sie einen kleinen energetischen Wirkungsgrad hatten, d.h. der grösste Teil der Betriebsenergie wurde in Wärme und nicht in Radiowellen umgewandelt.

Aus diesen Gründen beschränkte sich der Einsatz dieser Kommunikationstechnik im Wesentlichen auf die Jahre 1900 bis 1920 (Abb. 4). Sie wurde anschliessend durch die billigere und leistungsfähigere Röhrentechnik abgelöst, mit der kontinuierliche Wellen erzeugt werden konnten, die nur ein schmales Frequenzband beanspruchten und mit Sprache und Musik moduliert werden konnten. Geblieben sind jedoch bis heute die Bezeichnungen «Rundfunk», «Funkstation» oder die Redewendung «ich geb dir einen Funk, wenn ich angekommen bin».

Fritz Gassmann

### Literatur

Einen faszinierenden Einblick in die Elektrotechnik am Anfang des 20. Jahrhunderts erhält man durch:

Stanley Rupert 1919. Text book on wireless telegraphy. University of Wisconsin: 471 pages. Free download on Google Books.



# Die Hölle von Universum 25

John B. Calhoun verbrachte schon als Kind seine Zeit mit dem Sammeln von Schildkröten und Beringen von Vögeln. Nach seinem Dokortitel in Biologie beauftragte ihn die Stadt Baltimore mit der Erforschung der Lebensgewohnheiten von Ratten. Zu diesem Zweck errichtete er hinter seinem Haus eine Viertelhektar grosse «Rattenstadt». Obwohl er mit einem starken Populationszuwachs rechnete, überschritt die Population nie 150 Individuen. Und das, obwohl die Ratten alles hatten, was sie zu einem guten Leben benötigten – Nahrung, Wasser, ausreichend Platz, keine Katzen, etc. Das überraschte Calhoun. Was hielt die Ratten davon ab, sich zu Tausenden zu vermehren, wie sie es in der Stadt Baltimore getan hatten, welche von Ratten regelrecht überrannt wurde?

Es schien, als seien die Ratten zu gestresst, um sich fortzupflanzen. Sie zeigten ungewöhnliche Verhaltensmuster. So stellten sie das Graben von Tunneln ins Erdreich ein und rollten dieses stattdessen zu Kugeln auf. Ausserdem zischten und kämpften sie

aussergewöhnlich oft. In der Folge verwirklichte Calhoun zahlreiche Varianten seiner Nagerparadiese, welche den Ratten- und später auch Mäusegesellschaften allen nur erdenklichen Luxus boten, um ihnen das Leben stressfreier zu gestalten. So stellte er ihnen zum Beispiel klimatisierte Räume oder «Einzimmerwohnungen» zur Verfügung – oder Lebensmittelbehälter, welche zwei Dutzend Nager gleichzeitig bedienen konnten.

Nichtsdestotrotz brachen sämtliche dieser Rodentopias, wie die Versuchsanordnungen zu Beginn bezeichnet worden waren, früher oder später zusammen. “*There could be no escape from the behavioral consequences of rising population density*”, schreibt Calhoun in einer frühen Publikation seiner Forschungsergebnisse (Calhoun 1962).

## Universum 25

Am 9. Juli 1968 wurden am National Health Institute in Bethesda, USA, acht gesunde, weisse Mäuse in die neueste und bisher luxuriöseste Anordnung ge-

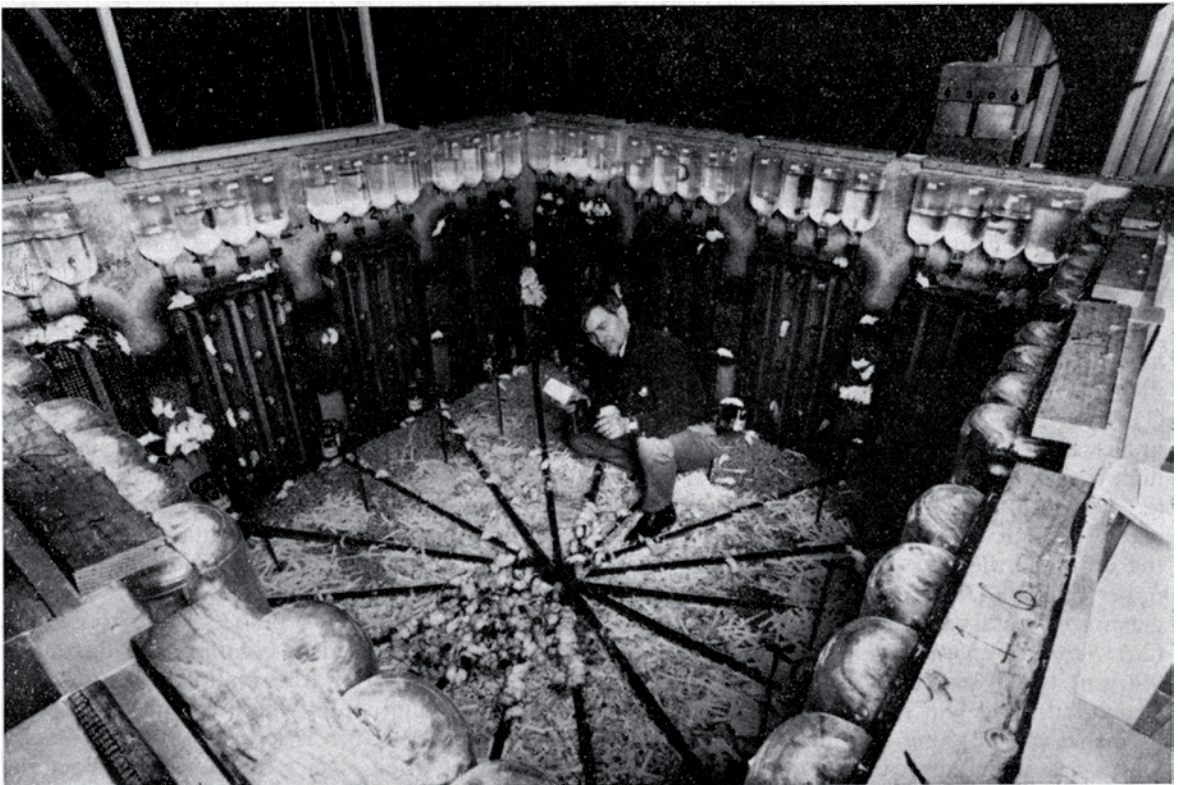


Abb. 1: Calhoun im Universum 25. (Bild: Y. R. Okamoto / public domain)

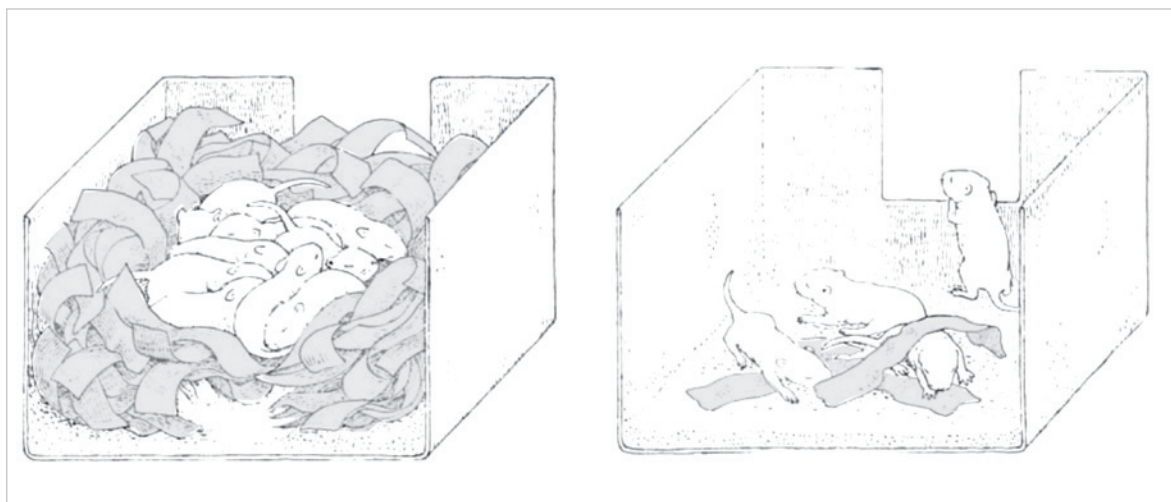


Abb. 2: Nistverhalten links: früher, normaler und rechts: später, verhaltensgestörter Generationen von Mäusen im Universum 25. (Bild aus: Calhoun J. B. 1962, adaptiert und schattiert vom Autor)

steckt, die als «Universum 25» bekannt werden sollte. Den Mäusen wurde dabei alles, was sie zum Leben benötigten, im Überfluss zur freien Verfügung gestellt: Nahrung, Wasser, Hunderte von Nistkästen und einen üppigen Boden aus Papierschnitzeln und gemahlenem Maiskolben.

### Paradiesische Zustände

Das Leben dieser Mäuse war somit weit entfernt vom Leben in freier Wildbahn (keine Katzen, keine langen Winter, keine Nahrungsknappheit). Es war auch besser als das Leben üblicher Labormäuse, denn sie wurden nicht durch Eingriffe oder auch nur blosses Erscheinen von Menschen in Laborkitteln gestresst. Die Bewohner des Universums 25 wurden grösstenteils allein gelassen, bis auf John B. Calhoun, der sie von oben beobachtete (Abb. 1).

Ende Oktober 1968 wurde der erste Wurf geboren und die Population verdoppelte sich alle zwei Monate. Im August 1969 – also nur etwas mehr als ein Jahr nach Beginn des Experiments – erreichte die Populationsgrösse mit 620 Individuen ihr Maximum und die Abwärtsspirale nahm unweigerlich ihren Lauf.

Das schnelle Populationswachstum veränderte die Lebensweise der Mäuse dramatisch. Mit jeder neuen Generation wurde es für die einzelnen Mäuse schwieriger, ihren Platz in der sozialen Hierarchie oder auch nur einen Partner zu finden – die Mäuseäquivalente eines Jobs und eines Ehepartners. Sie lebten zunehmend in hohen und möglichst abgelegenen Nistkästen, und verbrachten ihre Zeit mit

Fressen und Schlafen. Männchen versammelten sich im Zentrum und griffen sich gegenseitig an. Mäuse, die einen Partner gefunden und Nachwuchs gezeugt hatten, verlernten zunehmend, ihren Nistplatz mit dem zur Verfügung stehenden Material auspolstern (Abb. 2).

Ausserdem begannen sie, ihre Nistplätze ständig an andere Orte zu verlegen, um der permanenten Unsicherheit durch die Kämpfe zu entfliehen. Nestlinge gingen dabei verloren oder wurden von gestressten Mäuseeltern zu früh aus dem Bau geworfen. Die Mäuse dieser späteren Generationen schienen ihr normales Verhalten gänzlich zu verlieren, denn auch wenn Individuen aus dem Universum genommen und in normalere Situationen verlegt wurden, blieb ihr Verhalten gestört.

Im Mai 1970, weniger als zwei Jahre nach Beginn von Universum 25, wurde das letzte Mäusewelpen geboren. Danach veraltete die Population und 1973 starb die Mäusekolonie von Universum 25 aus – das «Paradies» überdauerte kaum fünf Jahre.

### Rezeption von Universum 25

Universum 25 wurde durch die Publikation der Forschungsergebnisse schlagartig berühmt (Calhoun 1973). Die Lektüre dieser Publikation ist aussergewöhnlich für eine normalerweise in kühl-objektivem Ton gehaltene naturwissenschaftliche Studie. Calhoun spart darin nicht mit prägnanten Wortschöpfungen und Zitaten aus der biblischen Offenbarung. Gezogene Parallelen zwischen den Gesellschaften



von Maus und Mensch werden dabei schon in der Einleitung klar, in welcher er schreibt: “I shall largely speak of mice, but my thoughts are on man.” (Abb. 3)

In den USA der frühen 70er-Jahre fügten sich die dystopischen Schlussfolgerungen von Universum 25 erschreckend gut in eine Gefühlslage ein, die von psychologischen Experimenten wie Milgram (1961) oder Zimbardo (Stanford Prison Experiment; 1971) und der sich verschlechternden Situation in amerikanischen Grosstädten – zum Beispiel die Rassenunruhen von Los Angeles 1965 und Detroit 1967 – erschüttert wurden. Über Universum 25 wurde in Sitzungen des US-Senats debattiert und die Studienergebnisse fanden Eingang in die Science Fiction Literatur und erreichten somit eine breite Bekanntheit.

Davon überzeugt, dass er ein echtes gesellschaftliches Problem entdeckt hatte, widmete Calhoun seine weitere Forschungstätigkeit der Lösung

dieses Problems. Wenn Mäusen (und Menschen) nicht genügend physischer Raum geboten würde, könnten sie das vielleicht durch konzeptionellen Raum wettmachen – Kreativität, Kunstfertigkeit und einer Art von Gemeinschaft, die nicht auf sozialen Hierarchien aufgebaut ist. Seine späteren Universen sollten sowohl «geistig» als auch «physisch» utopisch sein und die Interaktionen der Nagetiere sorgfältig kontrollieren, um das Glück zu maximieren.

### Umstrittenes Design der Studie

Für Öffentlichkeit und Forschergemeinschaft jedoch war der Name Calhoun untrennbar mit den dystopischen Schlussfolgerungen verknüpft, so dass er zunehmend an Aufmerksamkeit und – folglich – Forschungsgeldern verlor. 1986 wurde er zur Pension vom National Institute of Mental Health gezwungen und verstarb neun Jahre später.

Interpretation und Design der Experimente Calhouns (wie auch Milgrams oder Zimbardos) sind mittlerweile stark umstritten. Gerade der gesellschaftlich-moralistische Aspekt, welcher in der Interpretation Calhouns zum Ausdruck kommt, erscheint dem naturwissenschaftlichen Leser von heute befremdlich emotional. Dennoch liefert Universum 25 zweifellos ausreichend Stoff für manch ein intelligentes Gespräch.

René Oetterli

#### Literatur

Calhoun J. B. 1962. Population Density and Social Pathology. *Scientific American*, 139

Calhoun J. B. 1973. Death Squared: The Explosive Growth and Demise of a Mouse Population. *Proc R Soc Med.* 66(1), 80.1

### Death Squared: The Explosive Growth and Demise of a Mouse Population

by John B Calhoun MD  
(Section on Behavioral Systems,  
Laboratory of Brain Evolution & Behavior,  
National Institute of Mental Health,  
9000 Rockville Pike,  
Bethesda, Maryland 20014, USA)

I shall largely speak of mice, but my thoughts are on man, on healing, on life and its evolution. Threatening life and evolution are the two deaths, death of the spirit and death of the body. Evolution, in terms of ancient wisdom, is the acquisition of access to the tree of life. This takes us back to the white first horse of the Apocalypse which with its rider set out to conquer the forces that threaten the spirit with death. Further in Revelation (ii.7) we note: ‘To him who conquers I will grant to eat the tree of life, which is in the paradise of God’ and further on (Rev. xxii.2): ‘The leaves of the tree were for the healing of nations.’

This takes us to the fourth horse of the Apocalypse (Rev. vi.7): ‘I saw . . . a pale horse, and its rider’s name was Death, and Hades followed him; and they were given power over a fourth of the earth, to kill with the sword and with famine and with pestilence and by wild herds of

Abb. 3: Einleitender Paragraph aus Calhoun J. B. 1962; adaptiert vom Autor)

# Präzise Voraussage, wie Medikamente wirken

**Forschende der Universität und der ETH Zürich sowie des Universitäts-  
spitals Zürich haben eine innovative  
Methode entwickelt, mit der sich  
vorhersagen lässt, wie einzelne Zellen  
auf bestimmte Behandlungen reagie-  
ren. Der Ansatz ebnet den Weg zu  
genaueren Diagnosen und Therapien.**

Auslöser für eine Krebserkrankung sind Veränderungen der Zellen im Körper, die zur Wucherung krankmachender Tumorzellen führen. Um die Medikamente, die für eine Behandlung in Frage kommen, möglichst wirksam zu dosieren und miteinander zu kombinieren, ist es von Vorteil, wenn die behandelnden Ärztinnen und Ärzte sozusagen in den Körper hineinsehen und darin erkennen können, welche Wirkung die Medikamente auf die einzelnen Zellen haben.

Ein interdisziplinäres Forschungsteam der ETH Zürich, der Universität Zürich und des Universitätsspitals Zürich hat nun einen Ansatz des maschinellen Lernens entwickelt, mit dem sich solche Zellveränderungen und medikamentösen Wirkungen viel genauer und differenzierter als bisher modellieren und vorhersagen lassen.

## Individuelle Reaktionsweise verstehen

Das genau Verständnis, wie einzelne Zellen auf ein Medikament reagieren, ist entscheidend, schliesslich soll ein Medikament möglichst alle Tumorzellen zerstören, aber nur diese. Wenn die Wirkung eines Medikaments bloss als statistischer Mittelwert einer grösseren Zellpopulation bekannt ist, dann kann eine Analyse der medikamentösen Wirkung durchaus «übersehen», dass einzelne Tumorzellen aufgrund ihrer individuellen Beschaffenheit oder erworbener Resistenzen doch nicht zerstört werden – und der Krebs wuchert weiter.

Der neue Ansatz der Zürcher Forschenden berücksichtigt, dass die einzelnen Zellen einer Population sehr unterschiedlich auf ein Medikament reagieren können. Das ist wichtig, denn die Vielfalt in einer Zellpopulation hat einen grossen Einfluss darauf, wie empfindlich oder resistent Zellen auf Stö-

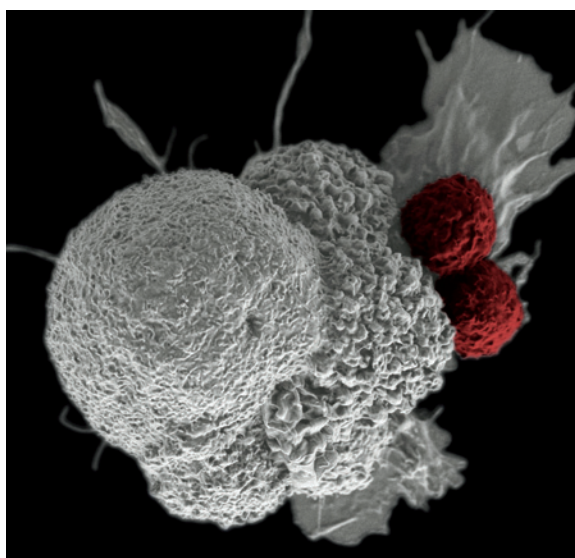
rungen reagieren. Als Störungen bezeichnen die Forschenden die molekularen Reaktionen, mit denen Zellen auf chemische, physikalische oder genetische Einwirkungen antworten.

## Nicht nur für Krebszellen geeignet

Das Entscheidende ist nun, dass die Zürcher Forschenden basierend auf ihren Daten eine Vorhersagemethode namens «CellOT» entwickelt haben. Damit können sie nicht nur bestehende Messdaten von Zellen auswerten und damit die Kenntnis zellulärer Störungsreaktionen erweitern, sondern sie sind durch die Methode auch in der Lage vorherzusagen, wie einzelne Zellen auf eine Störung reagieren werden, auch wenn deren Reaktionen noch nicht im Labor gemessen worden sind.

Der neue Ansatz ebnet den Weg hin zu genaueren und personalisierten Therapien. Bis zur Anwendung in einer Klinik sind allerdings noch umfassende, klinische Studien erforderlich. Immerhin konnten die Forschenden bereits zeigen, dass der neue Ansatz nicht nur bei Krebszellen, sondern auch bei anderen krankmachenden Zellen funktioniert.

Medienmitteilung Universität Zürich



Wie reagieren Krebs-Zellen auf die Wirkung von Medikamenten? Eine neue Methode aus Zürich ermöglicht Vorhersagen über den Effekt. (Foto: National Cancer Institute / Unsplash)

# Zürich – ein wichtiger Ort für die Bio- und Geo-Wissenschaften

Dass Zürich in den Bereichen Physik und Chemie seit langem zu den führenden Forschungsstandorten gehört, ist allgemein bekannt, nicht zuletzt dank den Nobelpreisen, die beispielsweise Alfred Werner, Richard Ernst, Kurt Wüthrich (Chemie) oder Georg Bednorz und Karl Alexander Müller (Physik) gewonnen haben. Weniger bekannt hingegen ist, dass in Zürich auch in den Bereichen Bio- und Geowissenschaften immer wieder prägende Beiträge erarbeitet wurden.

## Erfolgreiche Geschichte

Das Neujahrsblatt 2024, das auch von Nicht-Mitgliedern beim Quästorat der NGZH bezogen werden kann, will diese erfolgreiche Geschichte nun wieder aufleben lassen. Dabei fokussiert die Publikation bewusst auf die historischen Beiträge, die im 16. bis 19. Jahrhundert verfasst wurden.

Die Spanne der Arbeiten, die vorgestellt werden, reicht von den Tierbüchern, die Conrad Gessner Mitte des 16. Jahrhunderts publiziert hat, bis hin zu den Erkenntnissen Albert Heims über den Mechanismus der Gebirgsbildung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Zur Sprache kommen beispielsweise verschiedene Arbeiten von Johann Jakob Scheuchzer, das erste geologische Profil durch die Schweizer Alpen von Hans Konrad Escher von der Linth oder die Werke Oswald Heers. Alle diese Forscher haben Meilensteine der Naturwissenschaften geschrieben und damit

zum guten Ruf Zürichs als Forschungsstandort beigetragen.

Wie der Herausgeber Urs B. Leu in der Einleitung festhält, kann in diesem Neujahrsblatt nur eine beschränkte Zahl von Arbeiten vorgestellt werden. Weitere derartige Neujahrsblätter könnten verfasst werden, wenn man die mathematisch-physikalischen Wissenschaften, die Medizin oder alle Zürcher Nobelpreisträger berücksichtigt oder die Zeitgrenze bis ins 21. Jahrhundert verschieben würde. Doch gerade letzteres würde wohl den Rahmen eines Neujahrsblatts der NGZH sprengen. Sowohl an der ETH Zürich als auch an der Universität Zürich wurden die Bereiche Erd- und Umweltwissenschaften in den letzten Jahrzehnten massiv ausgebaut.

Vorschau auf das neue Neujahrsblatt der NGZH. Das Bild auf der Titelseite zeigt Oehningen am Bodensee im Miozän. Verschiedene Zürcher Naturforscher wie Johann Jakob Scheuchzer, Johannes Gessner oder Oswald Heer studierten die Fossilien dieser wichtigen Lokalität. (Gemälde von Rudolf Holzhalb von 1871, ETH Zentrum, NO-Gebäude, D-Geschoss, focus-terra)

## Meilensteine aus der Geschichte der Zürcher Bio- und Geowissenschaften



Neujahrsblatt  
der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich NGZH  
226. Stück | 2024

Urs B. Leu (Hsg.)

# Unsere Homepage [www.ngzh.ch](http://www.ngzh.ch) muss erneuert werden

Ein kurzer historischer Rückblick

Die Geschichte unserer Homepage begann kurz nach der Jahrtausendwende, als unser damaliges Vorstandsmitglied Heinrich Bühler in Eigenregie begann, eine erste Webseite zu zimmern. Neben aktuellen Ereignissen präsentierte er auch interessante alte Dokumente.

Mit der Zeit formte sich langsam die Idee, das umfangreiche Publikationsmaterial der NGZH zu digitalisieren und der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Daraus wurde ein sich über viele Jahre erstreckendes Projekt, das heute praktisch abgeschlossen ist.

Eine erste Totalrevision der Webseite wurde dann durch einen professionellen Webdesigner durchgeführt, der 2014 die Homepage in der heutigen Form neu aufsetzte. Aufgrund seiner starken beruflichen Belastung versäumte es dieser aber, das Open Source CMS (Content Management System) ExpressionEngine regelmässig an die neuesten Entwicklungen anzupassen. So blieb die Version 2 von 2014 bis heute stehen.

Aufgrund der technischen Weiterentwicklung wäre es nun notwendig, ein Update auf die aktuelle Version 7 durchzuführen. Dieses Update durchzuführen erwies sich aber als chancenlos. Das endgültige Todesurteil für unsere heutige Homepage fällt deshalb am 31. Januar 2024, wenn unser Provider Hostpoint die höchste für die Version 2 noch benutzbare PHP-Version 7.4 ausser Betrieb nimmt. PHP heisst Personal Home Page Tool und ist die Betriebssoftware für rund 80 Prozent aller Homepages. Die aktuelle PHP-Version ist 8.0.

Provisorische Zwischenlösung

Um dem Vorstand die notwendige Zeit zu verschaffen, die Anforderungen an eine neue Homepage auf dem durch Hostpoint unterstützten System WordPress zu formulieren, wird Fritz Gassmann mit WordPress eine einfache Übergangs-Homepage erstellen, die dann ab dem 1. Februar 2024 Zugang zu allen Dokumenten erlauben wird. Sie wird ähnlich aufgebaut sein wie

die heutige Homepage, jedoch nicht alle Funktionen enthalten. Im Sinne einer Notlösung wird sie aber immerhin sicherstellen, dass die NGZH auch weiterhin im Web präsent ist und mit ihren Angeboten gefunden werden kann.

Ziele der Neuen Homepage

Die neue Webseite muss einer Reihe von Anforderungen genügen, damit die NGZH auch in Zukunft über einen modernen Auftritt verfügt. Zum einen soll das Design leicht überarbeitet werden, damit es den künftigen Bedürfnissen gerecht wird. Dazu gehört insbesondere, dass es responsive gestaltet ist, damit die Webseite auf unterschiedlich grossen Bildschirmen gut gelesen werden kann.

Vor allem aber muss die neue Webseite über neue Funktionen verfügen, die wir bisher noch nicht haben. Dazu gehören unter anderem die folgenden Elemente:

- Die wertvollen Inhalte unseres riesigen Archivs müssen viel besser sichtbar werden, damit wir Besucher und Besucherinnen unserer Homepage auf interessante Inhalte des Archivs aufmerksam machen können.
- Unsere Social-Media-Aktivitäten müssen viel enger mit der Homepage verknüpft werden, damit unsere Publikationen und Vorträge automatisch in den Social-Media-Kanälen der NGZH auftauchen.
- Die neue Homepage muss auch die Möglichkeit für eine Zweiwegkommunikation bieten, damit unsere Mitglieder Feedback und Kommentare abgeben können und auch Wünsche und Ideen einbringen können.

Um dies alles zu erreichen, werden wir kaum um den Beizug eines professionellen Webdesigners mit den entsprechenden Kosten kommen. Der Vorstand wird nun in einem ersten Schritt ein entsprechendes Projekt formulieren und dann die notwendigen Schritte einleiten.

Fritz Gassmann



# Biodiversität: verletzliche Vielfalt – eine Führung durch die ETH-Ausstellung

Biodiversität ist bunt, sie riecht, tönt und kommt in allen möglichen Formen daher. Seit Jahrhunderten untersuchen und sammeln Forscherinnen und Forscher diese Pracht und Vielfalt. Nun stellen das Gefässpflanzenherbar und die Entomologische Sammlung der ETH Zürich zu diesem Thema an bester Lage im Hauptgebäude aus, und zwar in den neu eröffneten Ausstellungsräumen «extract».

In dieser Ausstellung können Besucherinnen und Besucher eine Auswahl von besonders faszinierenden und spektakulären Insekten und Pflanzen aus aller Welt bewundern. Dabei werden auch die gravierende Zerstörung der Artenvielfalt und Massnahmen zum Schutz dieser bedrohten Biodiversität diskutiert.

Die Ausstellung läuft bis zum 14. Juli 2024 und ist zu den Öffnungszeiten (Mo–So, 10–17 Uhr) frei zugänglich. Der Besuch ist kostenlos.

Für einen vertiefenden Blick hinter die Kulissen der ETH-Sammlungen lädt Sie nun Michael Greeff, der Co-Kurator der Ausstellung, herzlich zu einer einstündigen Führung durch die Ausstellung ein. Erfahren Sie dabei auch mehr zu aktuell laufenden Biodiversitätsstudien der ETH Zürich und zu Forschungs Expeditionen in den Urwald.

Datum: Montag, 5. Februar 2024  
Zeit: 18.00–19.00 Uhr  
Ort: ETH-Hauptgebäude, Rämistrasse 101,  
Raum E 45

Weitere Informationen finden Sie hier:  
<https://extract.ethz.ch/ausstellung.html>

Den Link zur erforderlichen Anmeldung  
finden Sie hier:  
<https://bit.ly/extract-fuehrung>



Impressionen aus der Ausstellung. (Bilder:  
Frank Blaser, ETH Bibliothek)

Die Vierteljahrsschrift (VJS) erscheint viermal jährlich:  
März, Juni, September, Dezember

Herausgeber  
Naturforschende Gesellschaft in Zürich NGZH

NGZH-Vorstand  
Dr. Fritz Gassmann (Präsident)  
Dr. Stefan Ungricht (Vizepräsident)  
Dr. Felix Würsten (Quästor)  
Dr. René Oetterli (Soziale Medien)  
Dr. Heinzpeter Stucki (Archivar)  
Prof. em. Dr. Conradin A. Burga  
Nicole Dettwiler (Studierendenvertreterin)  
Prof. Dr. Rita Gobet  
Prof. em. Dr. Rolf Rutishauser  
Prof. em. Dr. Martin Schwyzer  
Prof. em. Dr. Wilfried Winkler  
Prof. Dr. Felix Zelder

Redaktionskomitee  
Fritz Gassmann  
Martin Schwyzer

Gestaltungskonzept  
Barbara Hoffmann  
[www.barbara-hoffmann.com](http://www.barbara-hoffmann.com)

Redaktion und Satz  
Felix Würsten

Druck  
Koprint AG, Alpnach Dorf

Auflage  
900

Kontakt  
Sekretariat der NGZH  
Sekretariat a.i.  
Fritz Gassmann  
Limmatstrasse 6  
5412 Vogelsang  
[sekretariat@ngzh.ch](mailto:sekretariat@ngzh.ch)

[redaktion@ngzh.ch](mailto:redaktion@ngzh.ch)  
[www.ngzh.ch](http://www.ngzh.ch)

Redaktionsschluss  
31. Januar / 30. April  
31. Juli / 31. Oktober

ISSN  
0042-5672

Nachdruck  
Mit Quellenangabe erlaubt

Mit Unterstützung von:



# Ausstellungen

bis März 2024

Zoo Zürich

## Kaltgestellt – Eiszeit im Zoo

Die Tiere der letzten Eiszeit waren gross und zottelig. Sie lebten angepasst an die Kälte und die weiten Steppen. Doch vor rund 24 000 Jahren erwärmte sich das Klima nach und nach: Der Meeresspiegel stieg und das Wasser flutete das Land. Anstelle der Steppen wuchsen Wälder. Viele Tiere konnten in der neuen Umwelt nicht überleben. Jene, die es schafften, zogen nach Norden – wo sie dann durch die Jagd von Menschen gänzlich ausgerottet wurden.

Der Zoo Zürich zeigt diesen Winter auf dem Flugfeld neben der Lewa Savanne mehrere Exemplare dieser Eiszeitriesen. Zu sehen sind unter anderem Mammuts, Säbelzahniger, Riesenhirsche, Höhlenbären, Wollnashörner und Schattenwölfe.

Informationen unter: [www.zoo.ch/de/zoonews/kaltgestellt-eiszeit-im-zoo](http://www.zoo.ch/de/zoonews/kaltgestellt-eiszeit-im-zoo)

bis Sommer 2024

Kulturama, Museum des Menschen  
Englischviertelstrasse 9, Zürich

## Wie viel Urzeit steckt in dir?

Welche Spuren der Urzeit finden wir im eigenen Körper? Was verbindet die Höhlenzeichnung mit dem Smartphone? Auf welchen Innovationen beruht unsere tägliche Kaffeepause? Wie kalt war es in der Eiszeit im Vergleich zu einem Wintertag heute? Weshalb ist es unwahrscheinlich, dass wir jemals zum Fossil werden? Was hat unser aktueller Energiebedarf mit der Erfindung des Feuers zu tun?

Die Sonderausstellung «Wie viel Urzeit steckt in dir?» wirft einen weiten Blick zurück und zeigt, wie die Urzeit unser Leben heute beeinflusst. Sie lässt uns die Gegenwart mit anderen Augen sehen und wirft Fragen über die Zukunft auf – eine interaktive und interdisziplinäre Spurensuche für alle Generationen.

Weitere Informationen: [www.kulturama.ch/ausstellungen/sonderausstellung/](http://www.kulturama.ch/ausstellungen/sonderausstellung/)



Auf grossen Tatzen: der Smilodon oder Säbelzahniger ist zurzeit im Zoo Zürich zusehen. (Bild: Zoo Zürich, Nick Soland)

bis 7. April 2024

Sust Museum

Bahnhofstrasse 27, Horgen

## Abgetaucht – Der versunkene Hafen von Horgen

Bis vor 150 Jahren herrschte im Hafen von Horgen ein reger Betrieb. Denn Horgen war bis damals ein wichtiger Umschlagplatz für Güter, die von Zürich in den Süden oder von in den Norden transportiert wurden. Doch dann war der Hafen plötzlich weg. Kein politischer Entscheid, sondern ein Unglück brachte ihn zum Verschwinden.

Kurz nach der Eröffnung der Eisenbahnlinie rutschte das Seeufer 1875 erstmals ab. Dabei wurde nicht nur die Eisenbahnlinie beschädigt, sondern auch der Hafen. 1883 verschwand der Hafen infolge einer weiteren Rutschung für immer im Zürichsee.

In der Sonderausstellung «Abgetaucht» geht es um die spannende Geschichte des Hafens von Horgen, seiner Abrutschung, Wiederentdeckung und Erforschung.

<https://susthorgen.ch/exhibition/abgetaucht>

Weitere Daten von Veranstaltungen werden laufend in unserer Agenda auf [www.ngzh.ch](http://www.ngzh.ch) veröffentlicht.



