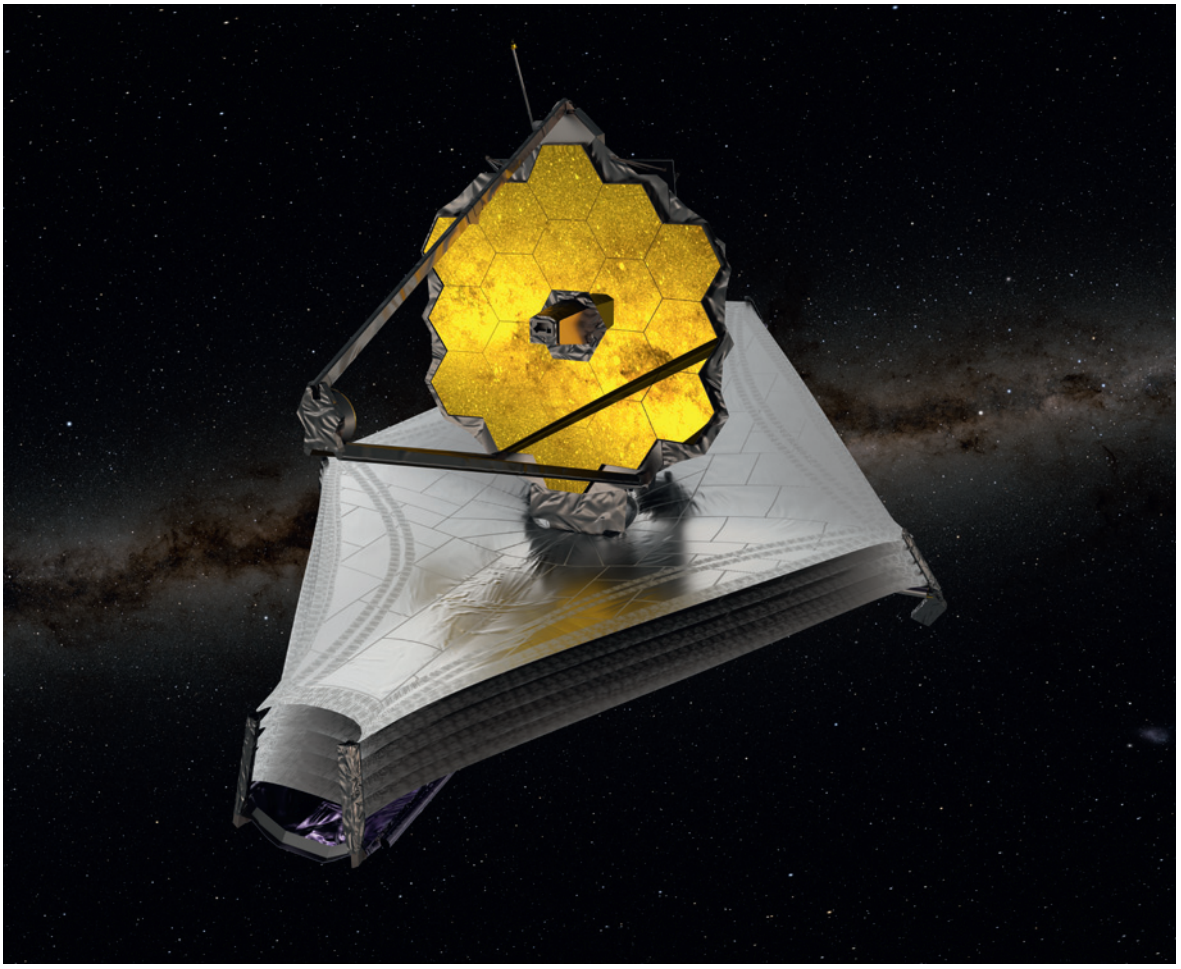
Vierteljahrsschrift

1|2022
Jahrgang 167

der Naturforschenden Gesellschaft
in Zürich NGZH



4 **Sind wir alleine im Universum?**

Die Suche nach ausseriridischem Leben fasziniert – und hat in den letzten Jahren rasante Fortschitte gemacht.

Brief des Präsidenten

Das gut erhaltene handkolorierte Titelblatt des Jugendneujahrsblattes auf das Jahr 1815 wurde in einem Estrich in Küsnacht gefunden und freundlicherweise der NGZH zusammen mit über 100 weiteren Neujahrsblättern übergeben. Etliche dieser Schriften waren in unserem Archiv bisher nicht vorhanden.

Ein Blick zurück ins 275. Jahr der NGZH zeigt, dass trotz Pandemie-Einschränkungen vier ausserordentliche Hefte der Vierteljahrsschrift sowie ein 248-seitiges Neujahrsblatt über den Greifensee verfasst wurden, das auf grosses Interesse stösst. Um in den Wintermonaten auch ohne Vorträge im Hörsaal eine gewisse soziale Interaktion zu ermöglichen, wurden zwischen November 2021 und März 2022 14 Online-Vorträge und -Kolloquien via Zoom durchgeführt. Da alle Vorträge auf unserer Homepage abrufbar sind, kamen zu den durchschnittlich 15 Online-Teilnehmenden pro Vortrag rund 25 Downloads hinzu, was einer mittleren Besucherzahl von rund 40 entspricht, die deutlich über der üblichen Besuchsfrequenz im Hörsaal liegt.

Eine grosse Überraschung waren die vielen begeisterten E-Mails, die den Wunsch enthielten, dass dieses Format auch nach der Pandemie angeboten werden sollte. Andererseits hätten wir mehr als eine handvoll Wünsche von NGZH-Mitgliedern zur Aufnahme ihrer E-Mail-Adresse in die Vortrags-Einladungsliste erwartet; wir konnten deshalb ohne dem üblichen Vortrags-Leporello nur rund die Hälfte der NGZH-Mitglieder erreichen. Inklusive Downloads wurde das neue Angebot nur von weniger als 10 Prozent der Mitglieder in Anspruch genommen. Der Vorstand wird versuchen, Formate zu finden, die mehr Teilnehmende ansprechen können.

Innerhalb eines Jahres konnten wir zwei neue Vorstandsmitglieder der jungen Generation begrüssen, die mit modernen sozialen Medien und der sozialen Interaktion der Jugendlichen besser vertraut sind. Sie werden helfen, unsere Gesellschaft so umzugestalten, dass sie auch das 300-Jahr Jubiläum wird feiern können. Erste Erfolge in dieser Richtung zeigen sich bereits: Die Followerzahlen belaufen sich heute bei Facebook auf 90 und bei Instagram auf 210 Abonnenten und zeigen insbesondere bei Instagram einen erfreulich stetigen Anstieg. Unter den Abonnenten unserer Beiträge sind viele Gymnasiastinnen und Gymnasiasten, die sich für Naturwissenschaften interessieren. Eine signifikante Zahl davon wird in den kommenden Jahren ein naturwissenschaftliches Studium antreten und könnte sich dadurch mittelfristig zu einer potenziellen neuen Mitgliedergeneration entwickeln. Weiter soll die NGZH auch an Anlässen verschiedener Studiumsfachschaften und in Vorlesungs- oder Seminarveranstaltungen der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Zürich vorgestellt werden. Später ist dies auch im Rahmen von kantonalen und schweizweiten Naturwissenschaftslehrertreffen geplant.

Im vorliegenden Heft finden Sie wie vor der Pandemie Ankündigungen von Exkursionen und wir planen auch eine Hauptversammlung im Juli. Das Format der Vorträge ist noch nicht festgelegt und kann durch Ihre aktive Teilnahme an der Hauptversammlung mitgestaltet werden.

Fritz Gassmann

ngzh

Naturforschende Gesellschaft in Zürich
www.ngzh.ch

FORSCHUNG

— AKTUELL

4 **Ein tiefer Blick ins All**

— PHYSIK IM ALLTAG

8 **Flüstersender – Breitbandmodulation für GPS und WLAN**

— ARTENSCHUTZ

12 **Der Irrenhausdirektor und die Sommervögel**

BULLETIN

— VORTRAGSSERIE

16 Aufzeichnungen der Online-Vortragsreihe auf unserer Homepage

— EXKURSION

14 Stocklen – ein erfolgreiches Projekt zur Renaturierung von Magerwiesen

— BUCHBESPRECHUNG

20 Kalender – Kunstwerke aus Mathematik, Astronomie und Geschichte

22 IMPRESSUM

23 AGENDA

NEUES AUS DEM ARCHIV

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

Neu finden sich auf der Homepage der NGZH auch die «Mittheilungen» aus den Jahren 1847-1856 sowie «Verhandlungen» aus den Jahren 1826-1838 und die Abhandlungen, die von 1761 bis 1766 in drei Bänden erschienen sind.

Alle Dokumente und auch die Aufzeichnungen der Online-Vorträge finden sich unter: www.ngzh.ch/publikationen

Titelbild: Künstlerische Darstellung des James Webb Weltraumteleskops im All. Das High-Tech-Gerät ist Ende 2021 ins All gestartet und soll ab diesem Sommer die ersten wissenschaftlichen Bilder liefern. (Bild: ESA/ATG medialab)

Ein tiefer Blick ins All

Die Suche nach ausserirdischem Leben hat in den letzten Jahren rasante Fortschritte gemacht. Und sie erhält in den nächsten Jahren zusätzlichen Schub, nicht zuletzt dank den neuen Grossteleskopen, die das Weltall in bisher unbekannter Schärfe vermessen werden.

Gibt es ein Leben ausserhalb der Erde? Oder sind wir alleine im Universum? Diese Frage fasziniert und beschäftigt die Menschheit seit langem. Und doch war die Suche nach ausserirdischem Leben lange Zeit eher eine Domäne für spekulationsfreudige Geister und Science-Fiction-Anhängerinnen. Doch das hat sich in den letzten Jahrzehnten grundlegend geändert, nicht zuletzt dank der neuen Beobachtungsmöglichkeiten, die den Astronominnen und Astronomen inzwischen zur Verfügung stehen.

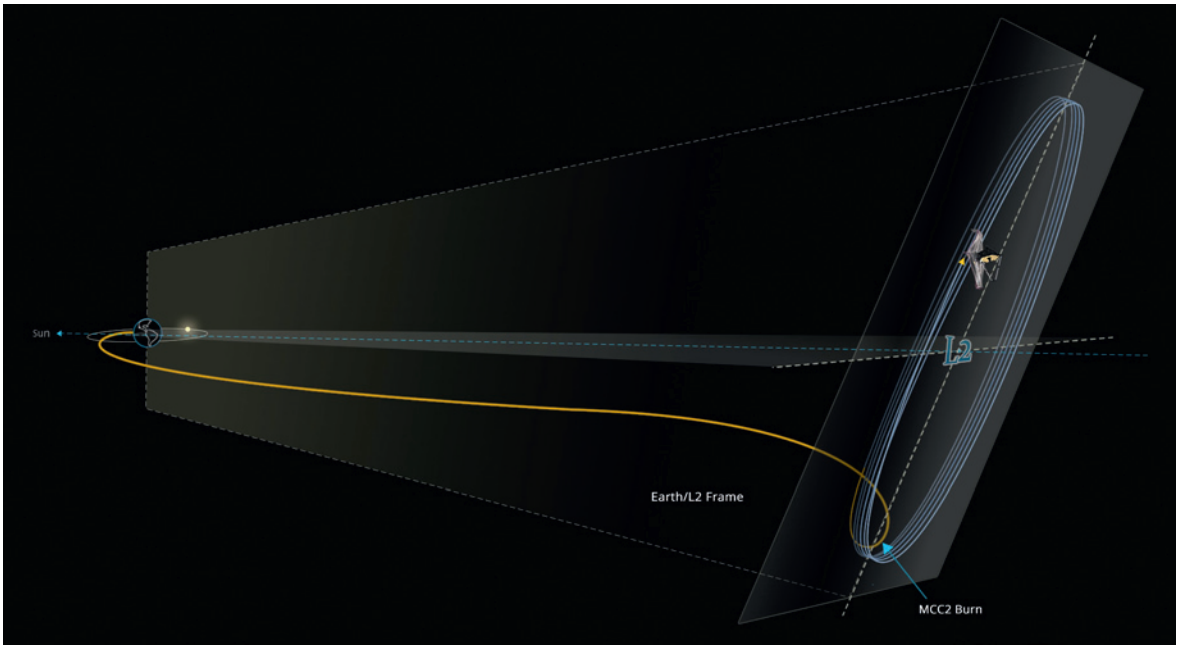
Bedenkt man, wie viele Sterne und Galaxien es im Universum gibt, dann scheint die Vorstellung doch wagemutig, die Erde sei der einzige Ort im Weltall, an dem es Leben gibt. Zumal die Zahl der Galaxien wesentlich grösser ist, als man lange dachte. Jedenfalls waren die meisten Astronominnen und Astronomen überrascht, als ein zunächst wenig aussichtsreiches Vorhaben zu einem unerwarteten Ergebnis führte. 1995 entschloss sich Robert Williams, einen erheblichen Teil seiner Messzeit mit dem Hubble Weltraumteleskop, die ihm als Direktor des Space Telescope Science Institute zur Verfügung stand, dafür zu verwenden, einen Bereich des Himmels ins Visier zu nehmen, in dem es scheinbar nichts zu sehen gibt. Tagelang richtete das Team um Williams das kostspielige Weltraumteleskop auf einen scheinbar leeren Bereich. Doch die wertvolle Messzeit war alles andere als verschwendet. Unzählige bisher unbekannte Galaxien waren auf den Bildern zu sehen. Das *Hubble Deep Field* bestätigte, dass es im Universum wesentlich mehr Objekte gibt als man dachte.

25 Jahre Planetenforschung

Aus wissenschaftlicher Sicht reicht eine Wahrscheinlichkeitsrechnung natürlich nicht aus, um die Frage nach ausserirdischem Leben zu beantworten. Zumal es ja nicht nur um die Frage geht, ob es an anderen Orten Leben gibt, sondern auch, wie dieses aussehen könnte und wie es entstand.

Einen wichtigen Schub erhielt die Forschung vor gut 25 Jahren, als die beiden Schweizer Astronomen Michel Mayor und Didier Queloz von der Universität Genf den ersten extrasolaren Planeten entdeckten, der um einen sonnenähnlichen Stern kreist. Für das Aufspüren von *51 Pegasi b*, wie der Himmels-

Links: Das ikonische Bild *Pale Blue Dot*, hier in einer überarbeiteten Version aus dem Jahr 2020. Das Foto zeigt die Erde als kleinen, blassen Punkt im gestreuten Sonnenlicht. Aufgenommen wurde es am 14. Februar 1990 von der NASA-Sonde Voyager 1 aus einer Entfernung von rund 6 Milliarden Kilometern. (Bild: NASA/JPL-Caltech)
Rechts: 1995 wurde das Hubble-Weltraumteleskop über mehrere Tage hinweg auf einen kleinen Teil des Himmels ausgerichtet, in dem zuvor selbst mit grossen Teleskopen so gut wie nichts zu sehen war. Doch auf dem *Hubble Deep Field* waren zur Überraschung aller Tausende von unbekannten Galaxien zu sehen. (Bild: NASA, ESA, STScI)



Flugbahn des James Webb Weltraumteleskops. Nach dem Start Ende 2021 begab sich das Teleskop zunächst auf eine rund einmonatige Reise zum Lagrange-Punkt L2. An diesem Punkt kann das Teleskop mit relativ kleinem Energieaufwand konstant im Schatten der Erde gehalten werden. Während der ganzen Mission wird das Teleskop um diesen Punkt kreisen. (Bild: ESA)

körper offiziell heisst, wurden die beiden 2019 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet.

Seither hat sich die Erforschung der Exoplaneten rasant entwickelt. Und den Astronominnen und Astrophysikern gelingt es immer wieder, noch kleinere Objekte zu entdecken. So vermeldete beispielsweise die Europäischen Südsternwarte (ESO), die das Very Large Telescope in der chilenischen Atacama-Wüste betreibt, dass im letzten Jahr Planeten gefunden wurden, die nur halb so gross sind wie die Venus. Auch eine mondbildende Scheibe um einen Exoplaneten konnte ausfindig gemacht werden.

Es ist zu erwarten, dass die Jagd nach Planeten, auf denen es Leben geben könnte, in den nächsten Jahren weitere Fortschritte machen wird. Begründet ist diese Prognose mit dem Umstand, dass schon bald neue Grossinstrumente in Betrieb gehen, mit denen das All noch genauer untersucht werden kann.

Grosse Hoffnungen setzen die Planetenforscher insbesondere in die bisher aufwändigste unbemannte Weltraummission. Letzte Weihnachten startete vom Europäischen Weltraumbahnhof Kourou aus das James Webb Weltraumteleskop zu seiner Reise ins All. Das hochkomplexe Gerät wurde in jahrelanger Arbeit von der amerikanischen Raumfahrtbehörde Nasa zusammen mit der europäischen Raumfahrtagentur ESA und weiteren Partnerinstitutionen entwickelt. Das gemeinhin als Hubble-Nachfolger bezeichnete Teleskop soll nicht nur neue Einblicke in die Frühzeit des Universums ermöglichen, sondern dient auch der Erforschung von Exoplaneten.

Bisher läuft alles nach Plan

Im Gegensatz zum Hubble-Teleskop, das vom Infrarotbereich über das sichtbare Licht bis in den Ultraviolettbereich arbeitet, empfängt das James Webb Space Telescope «nur» Infrarotlicht. Damit es eine möglichst hohe Auflösung erreicht, werden die Messgeräte auf sehr tiefe Temperaturen heruntergekühlt. So wird verhindert, dass die Signale aus dem All durch die Wärmestrahlung des Teleskops gestört werden. Um die tiefen Temperaturen mit möglichst wenig Energie zu erreichen, kreist das neue Teleskop nicht im erdnahen Orbit, sondern um den Lagrange Punkt L2, der sich in 1,5 Millionen Kilometern Entfernung im Kernschatten der Erde befindet.

Die äusserst anspruchsvolle Mission läuft bisher nach Plan und das Teleskop hat inzwischen seine Arbeitsposition erreicht. Gegenwärtig sind die Ingenieure daran, die 18 Teilspiegel des Teleskops zu justieren und die Geräte auf Betriebstemperatur herunter zu kühlen. Läuft alles nach Plan, wir das Teleskop diesen Sommer die ersten wissenschaftlichen Aufnahmen zur Erde schicken.

Auch wenn eine solche Weltraummission natürlich sehr spektakulär ist und alleine schon wegen der immensen Kosten von rund 10 Mrd. US-Dollar für grosse mediale Aufmerksamkeit sorgt, sind für die Astronomen und Astrophysikerinnen erdgebundene Instrumente nach wie vor sehr wichtig. Besonders das Very Large Telescope (VLT) der ESO, das neben dem Hubble-Teleskop wohl produktivste astronomische Messgerät, liefert bei der Erforschung von Exoplaneten wichtige Informationen. Das VLT besteht aus vier grossen Teleskopen mit einem Spiegeldurchmesser von jeweils 8,2 Metern sowie vier mobilen kleineren Teleskopen.

Eine Bergkette weiter laufen bereits die Bauarbeiten für das nächste europäische Grossteleskop: das Extreme Large Telescope (ELT). Mit einem Hauptspiegel von 39 Metern Durchmesser sowie zwei Hilfsteleskopen wird es einen noch tieferen und genaueren Blick ins Weltall ermöglichen und gleichzeitig auch die Suche nach ausserirdischem Leben einen Schritt weiterbringen. Ziel ist nicht nur, weitere Exoplaneten zu entdecken, sondern auch, die bereits bekannten genauer zu erforschen und insbesondere auch ihre Zusammensetzung zu bestimmen. Würde man beispielsweise Spuren von organischen Verbindungen oder zumindest Vorläufer-Verbindungen davon im optischen Signal nachweisen können, wäre das ein starkes Indiz für ausserirdisches Leben.

Tatsächlich ist die Suche nach ausserirdischem Leben inzwischen zu einem interdisziplinären Forschungsfeld geworden, in dem sich nicht nur Astronomen und Astrophysikerinnen tummeln, sondern auch Erdwissenschaftler, Biologinnen und Chemiker. Sie untersuchen im Labor und mit Hilfe von Computermodellen, unter welchen physikalischen und chemischen Bedingungen Leben im Allgemeinen entstehen kann und wie im Speziellen das Leben auf die Erde kam. Dabei simulieren die Forschenden beispielsweise Netzwerke von chemischen Reaktionen, die bei der Entstehung von lebensfähigen Strukturen vermutlich eine wichtige Rolle gespielt haben.

Das erste Bild des James Webb Weltraumteleskops: eine 18-fache Aufnahme des gleichen Himmelobjekts. Das Mosaik zeigt zweierlei: Die Nahinfrarotkamera des Teleksops funktioniert wie gewünscht, und derselbe Stern kann auf allen 18 Segmenten des Hauptspiegels identifiziert werden. Nun werden die Spiegelsegemente so ausgerichtet, dass nur noch ein Objekt auf dem Bild zu sehen sein wird. (Bild: ESA)

Auch die Rekonstruktion, welche Bedingungen vor 3,8 Milliarden Jahren auf der Erde herrschten, als die ersten Lebensspuren auftauchten, liefert wichtige Hinweise. Dabei ist für die Forschenden insbesondere auch erhellend, den Mars genauer zu verstehen; denn unser Nachbarplanet durchlief zunächst eine ähnliche Entwicklung wie die Erde, bevor auf ihm alles zum Stillstand kam, während sich die Erdoberfläche aufgrund der Plattentektonik kontinuierlich veränderte.

Eine faszinierende Frage

Gerade weil die interdisziplinäre Zusammenarbeit immer wichtiger wird, hat die ETH Zürich im letzten Jahr beschlossen, ein neues Zentrum zu gründen, das sich mit der Erforschung der Ursprünge des Lebens befassen wird. Als Direktor konnte Didier Queloz gewonnen werden, der neben seiner Tätigkeit an der University of Cambridge nun auch in Zürich forschen wird. Die ETH Zürich hofft damit, künftig in der gleichen Liga zu spielen wie andere führende Hochschulen in diesem Bereich, beispielsweise die Harvard University oder eben Cambridge.

Für Queloz geht es dabei auch um einen grundsätzlichen Aspekt, wie er in einem Interview verriet: «Als Michel Mayor und ich vor fast 30 Jahren den ersten Exoplanten fanden, kam sofort die Frage: Gibt es dort Leben? Die Leute sind besessen von dieser Frage», stellt er fest. Dieses Potenzial gelte es zu nutzen, um der Bevölkerung die Faszination der Wissenschaften und die wissenschaftliche Denkweise näher zu bringen.

Doch die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Zürich engagieren sich nicht nur bei der Auswertung von Daten und der Formulierung von neuen Hypothesen. Sie helfen auch mit, ausgeklügelte Messgeräte zu entwickeln. So waren Ingenieure und Astronomen des PSI und der ETH Zürich – zusammen mit spezialisierten Firmen – an der Entwicklung eines der Messgeräte des neuen James Webb

Das Extreme Large Telescope (ELT) wird auf dem Cerro Armazones in der chilenischen Atacama-Wüste auf einer Höhe von etwa 3050 Metern stehen. Die visuelle Darstellung zeigt, wie das Teleskop auf dem Gipfel des Berges aussehen wird. Um das Teleskop zu installieren, musste der Gipfel zuerst nivelliert werden. (Bild: ESO)

Weltraumteleskops beteiligt. Und ETH-Forschende sind auch am Bau eines Infrarot-Spektrografen beteiligt, der in einigen Jahren beim Extrem Large Telescope zum Einsatz kommen wird.

Das Engagement bei der Instrumentenentwicklung ist für eine Hochschule wie die ETH Zürich nicht nur interessant, weil diese Geräte im technologischen Grenzgebiet angesiedelt sind. Wer sich als Forschungsinstitution an der Entwicklungsarbeit beteiligt und entsprechende finanzielle und personelle Ressourcen dafür zur Verfügung stellt, profitiert später auch von einem bevorzugten Zugang zu den Teleskopen – ein wichtiger Vorteil im hart umkämpften akademischen Wettbewerb.

Ideen für die Zukunft

Es sind aufregende Zeiten für die Astronomie, und die Arbeit wird den Forschenden in den nächsten Jahren nicht ausgehen. Trotzdem denken sie bereits heute einen Schritt weiter, erfordern solche grossen Missionen oder High-Tech-Geräte doch jahrzehntelange Vorbereitungsarbeiten. Deshalb hat die europäische Raumfahrtagentur ESA bereits im letzen Herbst definiert, in welchen Bereichen sie zwischen 2035 und 2050 den Schwerpunkt bei ihren wissenschaftlichen Missionen setzen will. Zu den ausgewählten Bereichen passt auch ein Vorhaben, an dem Forschende der ETH Zürich und anderer Schweizer Hochschulen bereits intensiv arbeiten. Die Idee ist, ein grosses Interferometer im Weltall zu installieren, das aus einem Schwarm von fünf kleineren Teleskopen besteht, die in Formation fliegen und durch ein Mittelstück optisch miteinander verbunden sind. Mit einem solchen Setting liesse sich eine vergleichbare Auflösung erreichen wie mit einem Teleskop, das einen 200 Meter grossen Spiegel hat.

So inspirierend diese Aussichten für die Wissenschaften auch sind: Selbst wenn es in den nächsten Jahren gelingen wird, ausserirdisches Leben direkt nachzuweisen, sollte diese Forschung uns doch bescheiden machen. Auch wenn es andernorts Leben gibt, bleibt die Erde der einzige Ort, an dem wir leben können – ein kleiner, blauer Punkt im unendlich weiten Universum, wie es das ikonische Foto verdeutlicht, das die Voyager Sonde 1990 aufnahm. Oder wie es der amerikanische Astronom Carl Sagen treffend formulierte: «Betrachten Sie noch einmal diesen kleinen Punkt. Das ist unser Zuhause. Das sind wir. Darauf hat jeder Mensch, der jemals war, sein Leben gelebt.»

Felix Würsten

Flüstersender – Breitbandmodulation für GPS und WLAN

Neben einem Wasserfall zu flüstern ist keine gute Idee. Doch ganau das machen GPS-Satelliten und das WLAN! Wie können Handys und Computer die schwachen Signale erkennen, auch wenn mehrere Satelliten oder Router denselben Kanal benutzen? Die Breitbandtechnologie macht dies möglich.

Früher wurden geheime Botschaften verschlüsselt, um sie nicht in Feindeshände fallen zu lassen. Viel praktischer und sicherer wäre jedoch eine Radiostation, die ein schwaches Rauschsignal aussenden würde, dessen Existenz aufgrund des unvermeidlichen thermischen Rauschens von Empfangsstationen nicht festgestellt werden könnte. Wünschenswert wäre zudem, dass nicht nur eine, sondern verschiedene Sendestationen denselben Frequenzbereich nutzen können, ohne sich gegenseitig zu stören.

Die Realisierung eines solchen Systems scheint auf den ersten Blick unmöglich. Dennoch nutzen wir jeden Tag einen Teil der Lösung, ohne es zu merken. Mit einer uns gut bekannten Person können wir uns auch dann verständigen, wenn viele andere Stimmen auf demselben Frequenzband zu hören sind. Zu einem grossen Teil funktioniert dies, weil wir das Muster der vertrauten Stimme im Gedächtnis gespeichert haben und deshalb wissen, welche Muster wir aus dem Wirrwarr an Stimmen herausfiltern müssen. Diese Erfahrung enthält den Schlüssel zur Realisierung des unmöglich erscheinenden Projekts: Wie kann man ein Bit (d.h. eine 0 oder eine 1) mit einem Muster versehen, so dass das Bit mit Hilfe eines Schlüssels «herausgefischt» werden kann, selbst wenn es tief im thermischen Rauschen versteckt ist?

Mathematischer Geniestreich

Bereits im Alter von 10 Jahren beschäftigte sich das Wunderkind Évariste Galois mit mathematischen Fragen. 1830 reichte er in der Pariser Wissenschaftsakademie eine Arbeit ein, die postwendend als zu skizzenhaft und nicht den mathematischen Gepflogenheiten entsprechend zurückgewiesen wurde. 1832 starb Galois in einem Duell, und so dauerte es bis gegen Ende des Jahrhunderts, bis einige Mathematiker seine neue Theorie verstanden. Heute wird die Galois-Theorie als Verbindung zwischen Feld- und Gruppentheorie gesehen und benutzt, um feldtheoretische Probleme auf einfacher behandelbare gruppentheoretische Probleme zurückzuführen.

Ein Aspekt der Theorie sind mathematische Ringe, die heute mit Hilfe von elektronischen Schieberegistern realisiert werden können. Diese spielen für die Signalübertragung per GPS und WLAN eine entscheidende Rolle. Um das Prinzip zu verstehen, betrachten wir zunächst eine Sequenz von Binärzahlen der Länge m, also beispielsweise 01001 (m=5). Schiebt man die Zahlen um eine Position nach rechts und befördert die aus dem Schieberegister herausfallende Zahl in die auf der linken Seite frei werdende Zelle, entsteht die neue Sequenz 10100, dann 01010, 00101, 10010 und schliesslich wieder 01001. Umgerechnet ins Zehnersystem lautet die enstandene Folge 9, 20, 10, 5, 18, 9..., die einen geschlossenen Ring bildet, der 5 der möglichen 2^5=32 Zahlen umfasst. Neben den trivialen Ringen 00000 und 11111 gibt es noch 5 weitere Ringe mit je 5 Zahlen.

Um grössere Ringe erzeugen zu können, ergänzen wir das Schieberegister durch Anschlüsse und sogenannte EOR Operationen. *Exclusive OR Operationen* werden in allen Computern verwendet, um Binäradditionen zu ermöglichen: 0+0=0, 1+0=1, 0+1=1, 1+1=10 (die letzte Operation erzeugt in Computern einen Übertrag 1). Die EOR Operation ist also äquivalent mit «entweder oder» (engl. «exclusive or»): Das Resultat ist 1, wenn entweder der eine oder der andere Eingang 1 ist. **Abb. 1** zeigt ein Schieberegister für m=5 mit einem Anschluss bei 2 (Typ 52 genannt).

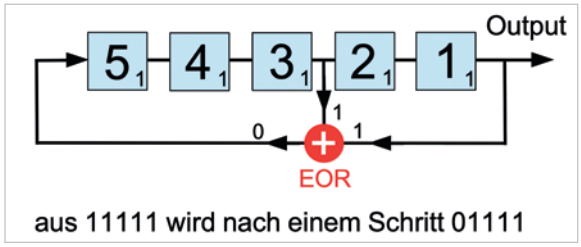


Abb. 1: Schieberegister vom Typ 52 mit 5 Zellen und einem Anschluss bei 2. Das + im roten Kreis bedeutet eine EOR-Operation. Die kleinen Zahlen zeigen den Inhalt der Register 1-5. (Bild: F. Gassmann)

Die triviale Folge 00000 bleibt immer noch unverändert und wird nachstehend nicht mehr betrachtet. Anders sieht es bei der Folge 11111 aus. Schiebt man jeweils die Zahlen nach rechts und ergänzt die Sequenz auf der linken Seite durch das Resultat der EOR-Operation, ändert sich die Sequenz in 30 Schritten zu 01111, 00111, 00011, 10001, 11000, 01100, 10110, 11011, 11101, 01110, 10111, 01011, 10101, 01010, 00101, 00010, 00001, 10000, 01000, 00100, 10010, 01001, 10100, 11010, 01101, 00110, 10011, 11001, 11100, 11110. Sie durchläuft also alle 31 möglichen Zustände (ausser 00000) des Schieberegisters vom Typ 52.

Schreibt man die am meisten rechtsstehenden Bits der 31 5-Bit-Zahlen hintereinander (in **Abb. 1** als Output bezeichnet), ergibt sich die Bit-Sequenz 1111100011011101010000100101100. Man nennt dies eine *Maximallängen-Sequenz* mit der Länge 2^m-1. Insgesamt gibt es 15 verschiedene Schieberegister-Typen mit 5 Zellen: 4 Register haben 1 Anschluss, 6 haben 2 Anschlüsse, 4 haben 3 Anschlüsse und der Typ 54321 hat 4 Anschlüsse. Maximallängen-Sequenzen werden jedoch nicht von allen, sondern nur von einigen dieser Typen erzeugt.

Bevorzugte Paare ergeben Goldcodes

Um die Sequenzen für elektronische Signale anwenden zu können, ersetzen wir für die nachfolgenden Überlegungen die Nullen durch -1. Dadurch erzeugen wir Sequenzen, deren Mittelwerte nahe bei Null liegen, was in elektronischen Schaltungen praktischer ist.

Ohne auf die Ring-Theorie weiter einzugehen, nehmen wir nun als Beispiel das Paar 52 und 5421, also das oben behandelte Register kombiniert mit einem Register mit 3 Anschlüssen. Diese beiden Register produzieren zwei unterschiedliche Maximallängen-Sequenzen der Länge 31.

Um einfacher darüber sprechen zu können, stellen wir uns die beiden Sequenzen als Vektoren mit 31 Komponenten vor (d.h. als 31-dimensionale Vektoren). Vektoren kann man skalar miteinander multiplizieren, indem man die entsprechenden Komponenten miteinander multipliziert und alle Produkte zueinander addiert. Als Beispiel gibt das Skalarprodukt der zweidimensionalen Vektoren (1,-1) und (-1,-1) den Wert 0. Die beiden Vektoren stehen senkrecht aufeinander, wie durch eine Skizze sofort ersichtlich wird.

Man nennt das betrachtete Registerpaar 52 und 5421 *bevorzugt*, weil die damit produzierten Zahlensequenzen unabhängig von den Startzuständen der Register immer nur drei mögliche Werte für das Skalarprodukt ergeben. Die Ring-Theorie beweist, dass die Skalarprodukte für alle bevorzugten Registerpaare der Länge m=5 erstaunlicherweise nur die Werte c = -9, -1, +7 annehmen können (c = -t, -1, t-2 wobei $t=1+2^{(m+1)/2}=9$). Beispielsweise ergeben die in **Abb. 2** wiedergegebenen Sequenzen S1 und S2 das Skalarprodukt +7. Es wird hingegen immer 31, wenn man einen Vektor mit sich selbst multipliziert, also sein Betragsquadrat berechnet.

Man erhält die in **Abb. 2** gezeigten Komponenten des Vektors G, indem man entsprechende Komponenten von S1 und S2 miteinander multipliziert und das Vorzeichen umkehrt. Solche G-Sequenzen werden nach Robert S. Gold (geb. 1946, publiziert

S1: -1-1-1+1+1-1+1+1+1-1+1-1+1-1-1 -1-1+1-1-1+1 -1+1+1-1-1 +1+1+1+1+1

S2:+1+1-1+1-1-1 -1+1 -1-1+1-1+1-1+1+1-1-1 -1-1+1+1+1-1-1+1+1 -1+1+1+1

G : +1+1-1-1+1-1+1 -1+1-1 -1-1 -1-1+1+1-1+1-1-1 -1+1-1+1-1+1 -1+1-1 -1 -1

G_r: -1+1+1-1-1+1-1+1 -1+1 -1-1 -1-1-1+1+1-1+1-1-1 -1+1-1+1-1+1 -1+1-1 -1

G = Goldcode (für Komponenten k=1...31 gilt: $G_k = -S1_k \cdot S2_k$)
G_r ist G um eine Stelle nach rechts phasenverschoben

Beispiele für einige Skalarprodukte und Summen:

G·S1	= -1	S1·S2	= 7	(S1·S2 ist das Skalarprodukt von S1 und S2)
G·S2	= -1	G·G_r	= -9	
Σ S1	= 1	Σ S2	= 1	(Σ S2 ist Summe aller Komponenten von S2)
Σ G	= -7	Σ G_r	= -7	

Abb. 2: Durch komponentenweise Multiplikation zweier bevorzugter Sequenzen S1 und S2 entsteht ein Goldcode $G_k = -S1_k \cdot S2_k$. Durch Phasenverschiebung von S1 bei konstantem S2 können zusätzliche 30 Goldcodes erzeugt werden. Da auch S1 und S2 Goldcodes sind, entstehen total $2^m+1 = 33$ verschiedene Goldcodes. Die Skalarprodukte G1·G2 zweier verschiedener Goldcodes ergeben für jede Phasenlage einen der Werte -9, -1, 7. Dies gilt auch für alle Skalarprodukte von einem Goldcode mit einer phasenverschobenen Kopie von sich selbst. Ohne Phasenverschiebung wird das Skalarprodukt eines Goldcodes mit sich selbst hingegen immer 31. (Bild: F. Gassmann)

1967) *Goldcodes* genannt. Sie besitzen dieselben Eigenschaften wie die bevorzugten Maximallängen-Sequenzen: Alle Skalarprodukte zwischen verschiedenen Goldcodes sind in jeder Phasenlage -9, -1 oder 7 (für m=5). Sie sind also viel kleiner als die Betragsquadrate, die immer 31 sind.

Ausgedrückt in Worten der Vektoranalysis bedeutet dies, dass alle Goldcode-Vektoren einigermassen senkrecht zueinander sind. Fast perfekt senkrecht sind zwei Goldcode-Vektoren dann, wenn ihr Skalarprodukt -1 und folglich -1/31 sehr nahe bei Null ist. Aber auch Vektoren mit Skalarprodukten 7 und -9 stehen genügend senkrecht aufeinander und stören sich gegenseitig nur wenig.

Deshalb können mehrere Goldcode-Signale auf demselben Fequenzband überlagert werden, ohne sich gegenseitig so stark zu stören, dass sie nicht mehr voneinander getrennt werden können. Sogar die Summen Σ aller Komponenten jedes Goldcodes ergeben dieselben drei Werte, allerdings mit umgekehrtem Vorzeichen, also 9, 1, -7. Nach Division durch 31 ergeben sich die Mittelwerte der Goldcode-Signale, die ebenfalls klein sind.

Breitbandmodulation bei GPS-Satelliten

Um Texte zu übertragen, benutzt jeder GPS-Satellit seinen eigenen Goldcode, der mit Schieberegistern der Länge m=10 erzeugt wird. Daraus entstehen Sequenzen der Länge 2^{10}-1=1023. Für jedes zu übertragende Bit werden 20 Goldcodes hintereinander gesendet. Für jedes Informations-Bit werden also rund 20 000 Goldcode-Bits auf den Träger aufmoduliert. Ist das zu übertragende Bit 1, wird der positive Goldcode benutzt, für 0 wird der Goldcode invertiert.

Die für die Übertragung notwendige Bandbreite des Funkkanals wird entsprechend der Signalfrequenz auch 20 000 mal grösser. Deshalb nennt man dieses Modulationsverfahren Breitbandmodulation. Die rund 50 Watt Sendeleistung eines GPS-Satelliten werden auf ein breites Frequenzband verteilt und bestrahlen etwa einen Erdquerschnitt.

Umgerechnet auf die typischen Dimensionen von GPS-Antennen im Empfänger von etwa 5 mm ergibt sich eine Spannung in der Antenne von etwa 0,03 Mikrovolt. Dieses sehr kleine Signal gelangt in einen ersten Transistor zur Verstärkung. Aufgrund der thermischen Bewegungen der Elektronen ergibt sich in diesem Transistor eine Rauschspannung von etwa 1 Mikrovolt; sie ist also rund 30 mal grösser als das zu empfangende Signal!

Dieses thermische Rauschen ist unvermeidbar, wenn die erste Verstärkerstufe Umgebungstemperatur hat. Um es auch nur um den Faktor 10 zu reduzieren, müsste man den Eingangsverstärker auf etwa 3 Grad über dem absoluten Nullpunkt abkühlen, was technisch sehr aufwändig wäre. Das Signal ist also tief im Rauschen versteckt und die Bedingung, dass die Übertragung unhörbar sein soll, ist bestens erfüllt. Für das GPS sind jedoch andere Kriterien wichtiger, nämlich dass das Signal weitgehend unempfindlich ist gegen viele Störungen und gegenüber der Auslöschung durch Reflexionen an Gebäuden oder anderen Hindernissen.

Zur Demodulation berechnet man das Skalarprodukt zwischen dem stark rauschenden Empfangssignal EG und dem bekannten 20-fachen Goldcode G. Sind die Goldcodes in EG und G genau synchron, wird das Skalarprodukt gross und es entsteht eine detektierbare Spannung. Diese ist positiv, wenn das zu übertragende Bit 1 ist (Goldcode positiv) und sie ist negativ für das Bit 0 (Goldcode invertiert).

Das zufällige Rauschen wird bei der Berechnung des Skalarprodukts um den Faktor $(20 \times 1023)^{1/2}$ = 143 reduziert, genauso, wie sich der zufällige Fehler (die Standard-Abweichung) bei n Wiederholungen einer Messung um die Wurzel aus n reduziert. Durch schrittweise Phasenschiebungen kann die Elektronik die synchrone Phasenlage eindeutig auffinden und so die Goldcode-Sequenz des Empfängers mit dem Signal synchronisieren und die zu übertragenden 50 Bits pro Sekunde detektieren.

Empfang mehrerer Satelliten

Der GPS-Empfänger muss auch die Signale von mehreren Satelliten trennen können, die alle im gleichen Frequenzband untergebracht sind. Dabei kommt die Eigenschaft der verwendeten Goldcodes (ein separater für jeden Satelliten) zum Tragen, dass diese praktisch senkrecht aufeinander stehen (d.h. das Skalarprodukt ist viel kleiner als das Betragsquadrat) und sich deshalb fast nicht beeinflussen. Auf dem Frequenzband hätten rund 250 GPS-Satelliten Platz, die alle gleichzeitig empfangen werden könnten!

Mit einer Simulation der Breitbandmodulation und des entsprechenden rauschenden Empfängers lässt sich zeigen, dass fehlerfreie Nachrichten von bis zu 30 Satelliten tatsächlich gleichzeitig aus dem strukturlosen *schschschsch...* herausgefiltert werden können, selbst wenn die Signale viel kleiner sind als die Rauschspannungen **(vgl. Abb. 3)**.

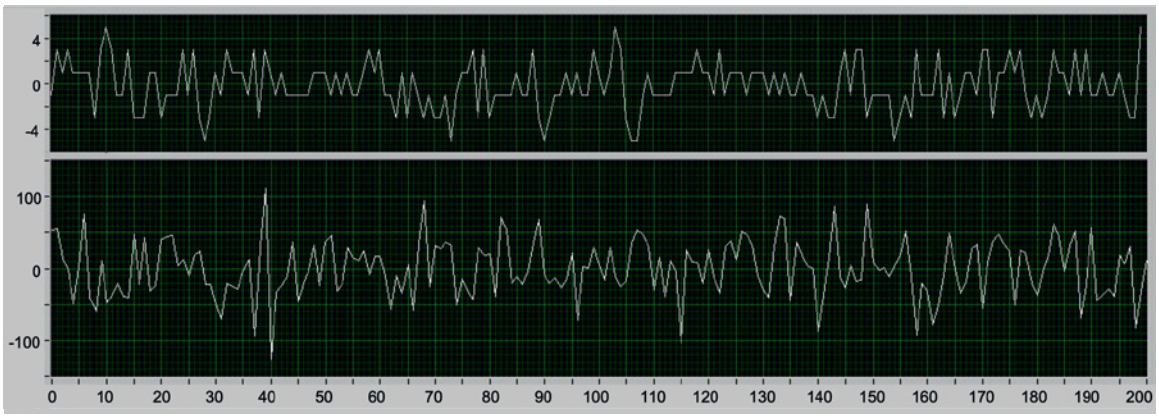


Abb. 3: Beispiel eines simulierten GPS-Empfangssignals mit 5 Satelliten im selben Frequenzband. Alle 5 Signale sind gleich stark und geben in der Empfangsantenne je eine Spannungsamplitude von einer Einheit (ca. 0.03 Mikrovolt). Es sind 200 Mikrosekunden des Signals dargestellt. Oben: reines Empfangssignal als Summe der 5 Einzelsignale. Unten: Überlagerung des Empfangssignals mit einer viel grösseren Rauschspannung mit Spitzen von über 100 Spannungs-Einheiten. Die darin eingebetteten GPS-Signale sind ohne Kenntnis der richtigen Goldcodes nicht detektierbar. Es hört sich an wie das Rauschen eines FM- oder TV-Empfängers, wenn kein Sender eingestellt ist. (Bild: F. Gassmann)

Breitbandkommunikation mit WLAN

Abb. 4 zeigt ein typisches Bild für die WLAN- (Wi-Fi-) Kommunikation in einem Gebäude, in dem mehrere Router (Modems) auf Kanal 6 des Frequenzbandes um 2,4 GHz in Betrieb sind. In diesem Frequenzband befinden sich auch Mikrowellenöfen, kabellose Telefone und Bluetooth-Geräte, die Computerverbindungen stören können. Das Frequenzband umfasst drei nicht überlappende 20 MHz breite Bänder, die in 12 Kanäle eingeteilt sind. Die Zentren der nicht überlappenden Bänder sind die Kanäle 1, 6 und 11, die durch Router normalerweise benutzt werden.

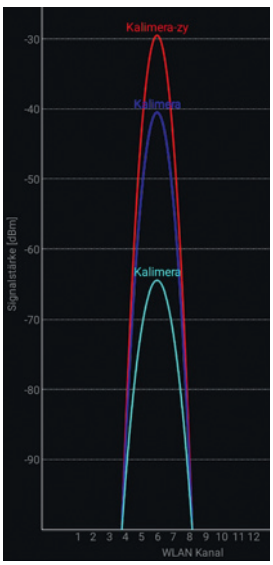


Abb. 4: Die App «WiFi Analyzer» zeigt 3 WLAN-Netze auf Kanal 6 mit Netzbezeichnung und Empfangsstärke in Dezibel (-20 dB bedeutet, dass die Empfangsspannung 10 mal kleiner ist). Der Router Kalimera (indigo) steht im Nebenzimmer. Ein WLAN-Repeater (blau) verstärkt das Netz Kalimera und befindet sich im selben Zimmer wie ein weiterer Router Kalimera-zy (rot). Alle 3 Netze sind mit dem Smartphone sehr gut zu empfangen, obwohl alle auf demselben Kanal sind und trotz unterschiedlichen Spannungen der Empfangssignale von über dem Faktor 30. (Bild: F. Gassmann)

Das Prinzip ist analog zum oben erklärten GPS-System. Da im Gegensatz zum GPS hohe Datenraten gefordert werden, müssen die Codes möglichst kurz sein. Der irische Physiker Ronald H. Barker (1915-2015) fand im Zusammenhang mit Radarsignalen kurze Codes, die den Goldcodes überlegen sind. Er entdeckte 1952 total 7 solche Codes mit Längen zwischen 2 und 13. Heute wird in allen WLAN-Geräten der folgende Barkercode mit Länge 11 verwendet: +1 +1 +1 -1 -1 -1 +1 -1 -1 +1 -1

Dieser Code hat ein Betragsquadrat von 11 und alle 10 phasenverschobenen Codes ergeben Skalarprodukte von -1, stehen also beinahe senkrecht zueinander (entsprechend einem Winkel von 95 Winkelgraden). Dies ist wesentlich besser als bei Goldcodes der Länge 7 oder 15 und die Bandbreite wird nur um den Faktor 11 grösser als diejenige der zu übertragenden Information. Der Nachteil gegenüber Goldcodes besteht darin, dass nur ein einziger Barkercode der Länge 11 existiert. Die Trennung einzelner WLAN-Netze voneinander muss durch die Phasenverschiebung realisiert werden, die maximal je 10 Netze auf den Kanälen 1, 6 und 11 erlaubt. Es können also maximal 30 WLAN-Netze nahe beieinander betrieben werden, was auch in Städten meist ausreicht.

Fritz Gassmann

Literatur

Im Internet finden sich meist gute Artikel mit den Suchbegriffen: Barker codes, direct-sequence spread spectrum, Galois theory, Gold code, GPS signals, maximum length sequence, WiFi, WLAN.

Der Irrenhausdirektor und die Sommervögel

Hiobsbotschaften sind bei Journalisten und Lobbyisten gleichermassen beliebt. Krisen schaffen Aufmerksamkeit, garantieren Publikum, sichern Pfründe. Die Nachrichten von der Front des Insektensterbens häufen sich nun schon seit etlichen Jahren. Biologen sagen zwar, es gäbe weit über eine Million Arten von Insekten auf der Erde. Man könnte aber auch sagen, dass es bloss zwei Arten von Insekten gibt. Denn in unserem Urteil sind die Sympathien, was Insekten betrifft, klar verteilt: Auf der einen Seite sind Tiere wie Stechmücken, Filzläuse und Kakerlaken des Teufels. Und auf der anderen Seite sind Marienkäfer, Bienen und Schmetterlinge allseits beliebt. Entsprechend sind Insekten der zweiten Gruppe vorteilhafte Objekte für Erhebungen mit einer Naturschutzabsicht. Werfen wir hier also einen Blick auf die vielleicht beliebtesten Kerbtiere überhaupt: Was haben die Sommervögel uns zum Zustand von Natur und Landschaft zu sagen?

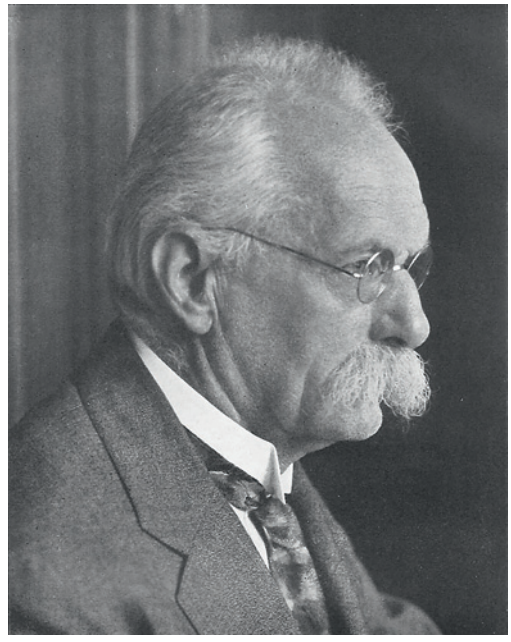
Dr. med. Friedrich Ris, Mitglied unserer Naturforschenden Gesellschaft seit 1892, trat kräftig in die Pedalen. Der Föhn hatte vielversprechendes Sammelwetter gebracht und so kämpfte er guten Mutes auf seinem Velo gegen den Südwind an, um die fünf Kilometer bis an die Thurauen bei Flaach – an der Mündung der Thur in den Rhein – zurückzulegen.

Seine sechsbeinigen Steckenpferde dienten ihm als Ausgleich für einen äusserst fordernden Berufsalltag: Zwischen 1898 und 1931 war er Direktor der kantonalen Heilanstalt Rheinau im Zürcher Weinland. Auf seinen kleinen Fluchten besuchte er über Jahrzehnte hinweg immer wieder gern das faunistisch reichhaltige Auengebiet an der Thurmündung und führte ein Tagebuch über die dabei beobachteten und erbeuteten Arten. In einem verhältnismässig kleinen Gebiet konnte er so 80 Tagfalterarten nachweisen – in der gesamten Schweiz gibt es etwa 200 Arten. Jahrzehnte nach seinem Tod an einem Herzschlag wurde die Erhebung wiederholt und man fand dabei lediglich noch 53 Arten.

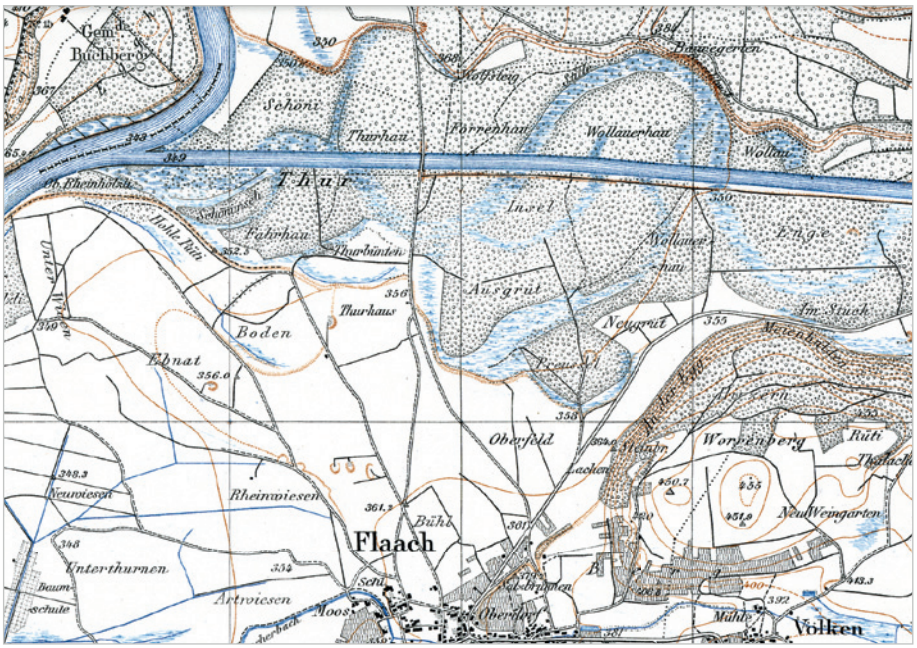
Was hatte sich inzwischen in den Thurauen abgespielt? *«Welch entsetzliches Gewässer! Herr, die Not ist groß! Die ich rief, die Geister, werd' ich nun nicht los.»* Wie Goethes Zauberlehrling unterschätzen wir nur allzu oft die unbeabsichtigten Konsequenzen unserer Taten. Das Trockenlegen der unregelmässig überschwemmten Gebiete entlang der Thur reduzierte langfristig offenbar nicht nur die Stechmückenplage, sondern eben auch die Tagfalterfauna.

Schleichende Anpassung

Vor etwa anderthalb Jahren starb der betagte Entomologe und beliebte ETH-Professor Willi Sauter. Da die Vielfalt an Insektenarten so überwältigend ist, müssen sich Insektenkundler in ihrer wissen-



Mit Fahrrad und Schmetterlingsnetz auf Insektensafari: Friedrich (Fritz) Ris war ein unermüdlicher Sammler und seine überlieferten Felddaten dienen heute als wissenschaftliche Grundlage für faunistische Vergleiche. (Bild: Staatsarchiv Schaffhausen)



Mit eidgenössischer Präzision wurde der Krieg gegen den Sumpf geführt: Die korrigierte Thur im Jahre 1943—begradigt, eingedämmt und ökologisch langsam verarmend. (Bild: swisstopo)

schaftlichen Arbeit notgedrungen auf eine mehr oder weniger eng begrenzte Gruppe beschränken. Willi Sauters Spezialgebiet waren die Schmetterlinge. Und seine etwas ungewöhnliche Lieblingsfamilie waren dabei stets die Echten Sackträger (Psychidae), aber er kannte sich auch bei den vergleichsweise alltäglichen Tagfaltern sehr gut aus.

Im Jahre 1987 gab Sauter zusammen mit einigen eingefleischten Kollegen das grossformatige, prächtig illustrierte und noch heute lesenswerte Werk «Tagfalter und ihre Lebensräume: Arten – Gefährdung – Schutz» heraus. Im Kapitel über den Rückgang der Schmetterlinge in der Schweiz schrieben die Autoren damals, dass «*heute im Mittelland rund hundertmal weniger Tagfalter fliegen als noch um die Jahrhundertwende.*»

Durch sein langes, einer bestimmten Insektengruppe gewidmeten Berufsleben wurde Willi Sauter so Zeuge eines Phänomens, welches man in der Naturschutz-Fachliteratur heute als *Shifting Baseline Syndrome* bezeichnet. Über die Jahrzehnte hinweg verliert der Mensch das Gefühl für die einst erheblich höhere Artenzahl in den verschiedenen Lebensräumen – und erst recht für die früher massiv höhere Individuenzahl. Der Prozess des Verlustes ist schleichend und damit besonders tückisch. Jüngere Biologen kennen aus ihrem eigenen Erfahrungshorizont heraus bloss noch die verarmte Natur und sehen diesen Zustand fälschlicherweise als Normalzustand an. Über Generationen hinweg gewöhnt sich der Mensch so an die biologische Krise. Das Zeitalter der vom Menschen dominierten Erde – das Anthropozän – hat aber längst begonnen.

Lügen, verdammte Lügen und Statistiken zur Lage der Arten

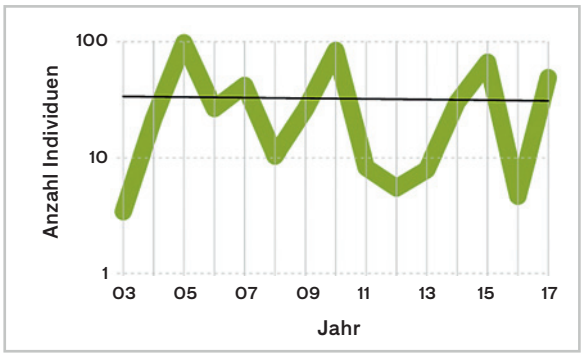
Der Mensch scheint sich aber nicht nur an die Krise, sondern auch an litaneiartig wiederholte, alarmistische Weckrufe zu gewöhnen. Bereits vor über vier Jahrzehnten publizierte der 2019 verstorbene einflussreiche Umweltschützer Norman Myers seinen Sachbuch-Bestseller «The Sinking Ark», in welchem er sich insbesondere dem weltweiten Artensterben annahm. Er prophezeite darin, dass von den geschätzt 5 bis 10 Millionen Arten, die 1979 auf der Erde existierten, eine Million aussterben würde – und zwar innerhalb von nur zwanzig Jahren bis Ende 1999.

Heute ist die metaphorische Arche von Myers noch immer am Sinken. Exakt 40 Jahre nach der Publikation seines Szenarios wurde 2019 im «Global Assessment Report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services» (IPBES) wiederum die identische Warnung, wonach in den kommenden Jahrzehnten eine Million Arten akut vom Aussterben bedroht sind, betont. Auch in diesem Fall sind wir Zeugen eines wissenschaftlich gut dokumentierten Phänomens, der sogenannten *Extinction Debt*: Bis wirklich die letzten Vertreter von kritisch bedrohten Arten

schliesslich verschwinden und die Arten damit unwiederbringlich aussterben, z.B. aufgrund einer Verringerung der vorhandenen Habitatsfläche, dauert es oft unerwartet lange. Man muss also davon ausgehen, dass wir über Jahrzehnte hinweg eine riesige Aussterbeschuld anhäufen.

Um nun die Entwicklung der Tagfalterfauna schweizweit genauer verfolgen zu können, bedient man sich seit 2003 eines aufwändigen Monitorings. Das Tagfaltermonitoring ist Teil des übergeordneten Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM). Dabei werden in 450 über das ganze Land verteilten Aufnahmeflächen durch Dutzende von Feldbiologen mit einer standardisierten Methode Vorkommen und Häufigkeit der Tagfalterarten erfasst. Von den 226 in der Schweiz dokumentierten Tagfalterarten (einschliesslich den tagaktiven Widderchen) wurden 187 im Verlaufe des Monitorings entlang von jeweils 2500 Meter langen und 10 Meter breiten Transekten erfasst. Auf 0,027 Prozent der Landesfläche wurden also 83 Prozent der Schweizer Tagfalterarten gefunden.

Wie sich nun bei einer statistischen Analyse der einzelnen Arten zeigte, sind über die vergangenen 15 Jahre gesehen die schweizweiten Populationen der meisten Arten offenbar stabil geblieben. Wie zu erwarten war, schwanken die Populationen von Jahr zu Jahr manchmal beträchtlich infolge mutmasslicher Faktoren wie etwa der vorherrschenden Witterung oder dem Druck durch spezifische und ihrerseits variierende Fressfeinde, Parasiten und Krankheiten. Es zeigte sich aber auch, dass für jede Art, die über die gesamte Periode hinweg deutlich abgenommen hat – für die also statistisch ein negativer Trend festgestellt wurde – nicht weniger als gleich vier Arten signifikant zugenommen haben. Naturschützer geraten dadurch unerwartet in Erklärungsnot und bezeichnen solche Falter dann auch mal despektierlich als «banale Allerweltsarten» und «zugewanderte Fremdlinge». Bisweilen werden sie gar summarisch als «Klima-Profiteure» abgetan.



Variabilität im Vergleich zum Trend: Die Weisskernauge-Populationen schwanken in den Erfassungsjahren 2003 bis 2017 stark (grüne Linie), aber der Trend der Individuenzahl aller Transekte ist statistisch gesichert fallend (schwarze Linie). (Bild: BDM-Bafu)

Ein Sorgenkind des Artenschutzes in der Schweiz? Das Weisskernauge – auch Südlicher Waldportier genannt – aus der Familie der Edelfalter kommt in Höhenlagen bis 2000 Meter vor und ist von Marokko bis Sibirien und Westchina verbreitet. (Bild: Wikipedia / invertebradosdehuesca.com)

Arten sind keine Briefmarken – die Seltenheit bestimmt nicht ihren Wert

Das Biodiversitätsmonitoring wurde nicht für gesicherte Aussagen über die Entwicklung von besonders gefährdeten Arten konzipiert. Gibt es denn keine verlässlichen wissenschaftlichen Werkzeuge, um einen Rückgang dieser bedrohten Tiere und Pflanzen detailliert verfolgen zu können, damit rechtzeitig Schutzprioritäten gesetzt und vermeidbare Verluste abgewendet werden können?

Dies war die Frage, die sich die im Jahr 2020 verstorbene britische Naturschutzbiologin Georgina Mace stellte. Sie und ihre Mitarbeitenden proklamierten darum im Jahr 1991 objektive und universell gültige Kriterien und Grenzwerte, damit Tier- und Pflanzenarten offiziell als gefährdet bezeichnet werden können. Bei Bedarf werden diese Arten zudem noch weiter in drei hierarchische Untergruppen aufgeteilt: *Vulnerable, Endangered* und *Critically Endangered*. Diese von der International Union for Conservation of Nature (IUCN) weltweit

Das vermeintliche Gleichgewicht der Natur: Unser paradiesisches Ideal der Wildnis ist noch immer von naiven Vorstellungen geprägt—und Naturschutzorganisationen leisten dem oft bereitwillig Vorschub. (Bild: Jan Brueghel der Ältere)

zusammengetragenen Arten werden in der sogenannten *Red List* publiziert und erhalten damit eine globale Schutzpriorität.

Aber auch das schweizerische Bundesamt für Umwelt (Bafu) publiziert seit 1994 Rote Listen von schweizweit gefährdeten Arten als Vollzugshilfe für den hiesigen Naturschutz. Die aktuellste Rote Liste der Tagfalter und Widderchen wurde 2014 veröffentlicht. In der Schweiz gelten danach 35 Prozent der Arten als gefährdet. Im Idealfall kann damit gezielt auf akute Populationsrückgänge bestimmter Arten hingewiesen werden, damit diese nicht unter dem Radar bleiben.

Zum Glück sind aber längst nicht alle in der Schweiz gefährdeten Arten auch weltweit in ihrem gesamten Verbreitungsgebiet bedroht; und viele dieser Arten stehen zudem aufgrund eines Seltenheitskriteriums – und nicht aufgrund einer Populationsabnahme – auf der Roten Liste. Nun lernt aber jeder Biologe und jede Biologin gleich im ersten Semester des Studiums eine der wenigen wirklich allgemeingültigen Beziehungen der Ökologie. Die unbequeme Wahrheit der üblicherweise als *Relative Species Abundance*, manchmal aber auch einfach kurz als *Hollow Curve* bezeichneten Beziehung, lautet schlicht: Viele Arten eines Gebietes – oft sogar die meisten – sind naturgemäss selten. Und es mag auf den den ersten Blick paradox erscheinen, aber gerade in artenreichen Regionen ist diese Beziehung ganz besonders stark ausgeprägt. So ist etwa im Primärwald Amazoniens der Anteil seltener Baumarten noch viel höher als im Mischwald des schweizerischen Mittellandes, und erst recht als in der Taiga Sibiriens.

Es scheint also, dass sowohl Rote Listen wie auch das Biodiversitätsmonitoring von ausgewählten Indikatorgruppen wie etwa den Tagfaltern als Werkzeuge im Kampf gegen die Biodiversitätskrise leider nur bedingt tauglich sind. Und unser Ideal von «unberührter» Wildnis – der Traum eines vielbeschworenen Gleichgewichtes in der Natur, wo jede seltene Art eine menschgemachte Aberration darstellt – hat wohl mehr mit kindlichen Erinnerungen aus zoologischen Gärten, mit spektakulären Dokumentarfilmen, wo hinter jedem Baum ein Jaguar zu lauern scheint, oder mit dem biblischen Bild der Arche Noah zu tun, als mit der biologischen Realität in der alles andere als statischen Natur.

Stefan Ungricht

Literatur

Nekrolog über Friedrich Ris (1931): www.ngzh.ch/media/pdf/Nekrolog.pdf

Empfohlene Bücher

Marris E. 2011. Rambunctious Garden: Saving Nature in a Post-Wild World. Bloomsbury. 211 S. [ETH Grüne Bibliothek]

Monbiot G. 2014. Feral: Rewilding the Land, the Sea, and Human Life. University of Chicago Press. 319 S. [ETH Grüne Bibliothek]

Links und Downloads

Wikipedia-Seite zum Thema «Relative species abundance»: https://en.wikipedia.org/wiki/Relative_species_abundance

IUCN - Red List of Threatened Species: www.iucnredlist.org

Bafu - Rote Liste der Tagfalter und Widderchen (2014): www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/publikationen-studien/publikationen/rote-liste-tagfalter-und-widderchen.html

Bafu – 15 Jahre Tagfaltermonitoring im BDM Schweiz (2019): www.biodiversitymonitoring.ch/images/dokumente/printprodukte/15JahreTagfaltermonitoring5.pdf

Aufzeichnungen der Online-Vortragsreihe auf unserer Homepage

Um unsere traditionelle Vortragsreihe nicht zum zweiten Mal pandemiebedingt ausfallen zu lassen, haben wir versuchsweise eine Serie online-Vorträge realisiert. Trotz Ankündigung im dritten Heft der Vierteljahrsschrift und auf der Homepage haben wir jedoch nicht alle E-Mail-Adressen von unseren Mitgliedern an sekretariat@ngzh.ch erhalten, um Einladungen zu versenden.

Um niemanden von den Vorträgen auszuschliessen, wurden die Vorträge deshalb aufgezeichnet und in etwas überarbeiteter Form auf der Homepage zum Nachhören zur Verfügung gestellt. Unter «Publikationen» findet sich ein neuer Link «Vorträge».

Vortragsreihe 2021/22 mit 14 Vorträgen und Kolloquien

8. November 2021
Prof. Dr. Felix Zelder, Institut für Chemie der Universität Zürich
Vitamin B12 – eine Erfolgsgeschichte in den Naturwissenschaften und der Medizin (dieser Vortrag wurde nicht aufgezeichnet)

22. November 2021
Dr. Fritz Gassmann, ehem. Paul Scherrer Institut, Villigen
Geheimnisvolle Lichtquanten und neueste Anwendungen (Vortrag)

29. November 2021
Dr. Fritz Gassmann
Verschränkungskristalle (Kolloquium)

6. Dezember 2021
Dr. Fritz Gassmann
Satellitenbahnen und Wetterprognose (Vortrag)

13. Dezember 2021
Dr. Fritz Gassmann
Kant, Poincaré, Lorenz und Belousov-Zhabotinskii (Kolloquium)

20. Dezember 2021
Dr. Fritz Gassmann
Experimente mit einem Induktionskochfeld (Vortrag)

17. Januar 2022
Dr. Fritz Gassmann
Musterbildung – von der Physik zur Chemie und Biologie (Vortrag)

24. Januar 2022
Dr. Fritz Gassmann
Einfache Klimamodelle (Kolloquium)

31. Januar 2022
Dr. Fritz Gassmann
Transistor – ein winziger Kristall verändert die Welt (Vortrag)

7. Februar 2022
Dr. Fritz Gassmann
Die Evolution des Computers (Kolloquium)

14. Februar 2022
Dr. René M. Oetterli, Institut für Chemie der Universität Zürich und MNG Rämibühl
Farbpigmente in Chemie, Kunst und Archäologie (Vortrag)

21. Februar 2022
Dr. René Oetterli
Optische Täuschungenn (Kolloquium)

28. Februar 2022
Prof. em. Heinz-Ulrich Reyer, Institut für Evolutionsbiologie & Umweltwissenschaften der Universität Zürich
Meeresungeheuer – Mythos und Wirklichkeit (Vortrag)

7. März 2022
Prof. em. Heinz-Ulrich Reyer
Yeti, Lochness und weitere Ungeheuer (Kolloquium)

Teilnehmende und Downloads

Je nach Thema waren 10 bis 25 Teilnehmende online. Spitzenreiter waren die Beiträge über Lichtquanten, Klimamodelle und Farbpigmente. Zusätzlich konnten wir pro Vortrag bis zu 50 Downloads registrieren, wobei darunter die Satellitenbahnen und der Experimentalvortrag über Induktionskochfelder Spitzenplätze einnehmen. Durchschnittlich hatten wir pro Vortrag 15 Online-Teilnehmende und zusätzlich 25 Downloads (bis zum 1. März 2022). Dies übertrifft die Teilnahme an traditionellen Vorträgen im Hörsaal deutlich.

Reaktionen auf die online-Vortragsreihe

Wir haben viele begeisterte Kommentare zu unserer Vortragsreihe per E-Mail erhalten und können daraus Gründe entnehmen, weshalb dieses Format geschätzt wurde:

- **aus den Kantonen Tessin, Wallis und Basel hatten wir Teilnehmende, die unseren Vorträgen an der ETH nie beiwohnen konnten**
- **hinter einem Computer versteckten sich teilweise mehrere Leute**
- **bei anderweitigen Verpflichtungen an Montagen um 19 Uhr konnte man den Vorträgen später beiwohnen**

Viele Rückmeldungen haben den Wunsch ausgedrückt, dass auch nach dem Ende der Pandemie dieses Online-Format mindestens teilweise weitergeführt werde. Der Vorstand wird dieses Anliegen in einer nächsten Sitzung behandeln.

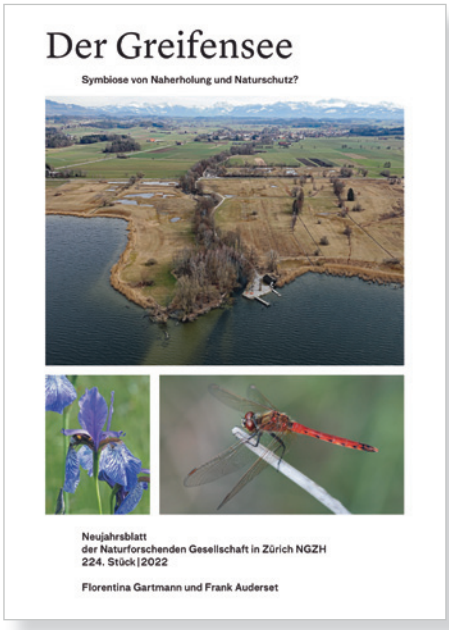
Fritz Gassmann

Stocklen – ein erfolgreiches Projekt zur Renaturierung von Magerwiesen

Flachmoore, wie sie zum Beispiel am Greifensee bei Fällanden zu finden sind, gehören zu den artenreichsten Lebensräumen. Leider sind im Kanton Zürich die meisten dieser wertvollen Moortypen und auch die dazugehörigen Kleingewässer im Laufe der Zeit verschwunden. Zahlreiche seltene Pflanzen- und Tierarten haben mit diesen Veränderungen ihren Lebensraum verloren.

Auf rund fünf Hektaren – oder umgerechnet sieben Fussballfeldern – hat die Greifensee-Stiftung zusammen mit Partnern, Fachexpertinnen und Geldgebern in Fällanden biodiverse Flächen geschaffen, um dieser Entwicklung etwas entgegenzusetzen.

Die vorhandenen Flächen wurden in ein Feuchtgebiet überführt, renaturiert, neu angepflanzt und mit bereits bestehenden Naturschutzflächen vernetzt. Es entstanden offene und grossräumige Habitate, die das Landschaftsbild verschönern und gefährdeten Tier- und Pflanzenarten einzigartige Lebensbedingungen bieten.



Die Besucherinnen und Besucher werden am Rande der Renaturierungsfläche auf Holzstegen durch das Gebiet gelenkt. Verschiedene Informations- und Orientierungstafeln sowie diverse Beobachtungs- und Erfahrungsmöglichkeiten sensibilisieren die Menschen für den ökologisch wertvollen Raum.

Möglich gemacht wurde das Projekt durch zahlreiche grosszügige Spenden von Behörden, Firmen, Organisationen sowie Privatpersonen. Nach einem Jahr Bautätigkeit konnte das renaturierte Gebiet am 3. Oktober 2020 offziell eingeweiht werden.

Einladung zur Exkursion

Der Verband zum Schutz des Greifensees VSG bietet am Samstag, 7. Mai 2022 seinen Mitgliedern eine Exkursion ins renaturierte Gebiet an, an der auch Mitglieder der NGZH teilnehmen können. Es stehen zwei Termine zur Auswahl:

Erster Rundgang: 13:30 Uhr mit je zwei Gruppen à max. 15 Teilnehmer

Zweiter Rundgang: 15:00 Uhr ebenfalls mit je zwei Gruppen à max. 15 Teilnehmer

Exkursionsleitung: Dany Kreiner, Naturschutzbeauftragter für den Greifensee, SKW AG
Dr. Ute Schnabel, Geschäftsführerin der Greifensee-Stiftung und Projektleiterin «Stocklen»

Anschliessend offeriert der VSG einen kleinen Imbiss im Restaurant Sonnental in Fällanden.

Interessierte Mitglieder der NGZH melden sich bitte direkt an per E-Mail an:
frank.auderset@bluewin.ch

Der markante Aussichtsturm bietet einen wundervollen Ausblick auf das renaturierte Gebiet. (Bilder: Greifensee-Stiftung)

Im März 2020 wurden das Baugerüst und die Stahlträger des Aussichtsturms montiert. Anschliessend wurde die Holzverkleidung installiert.

Im Dezember 2019 fertigten die Holzexperten die Eichen-Unterkonstruktion an und die Kupferabdeckungen für den Holzpfad. Der daraufliegende Gehbelag besteht aus Douglasienholz aus der Region.

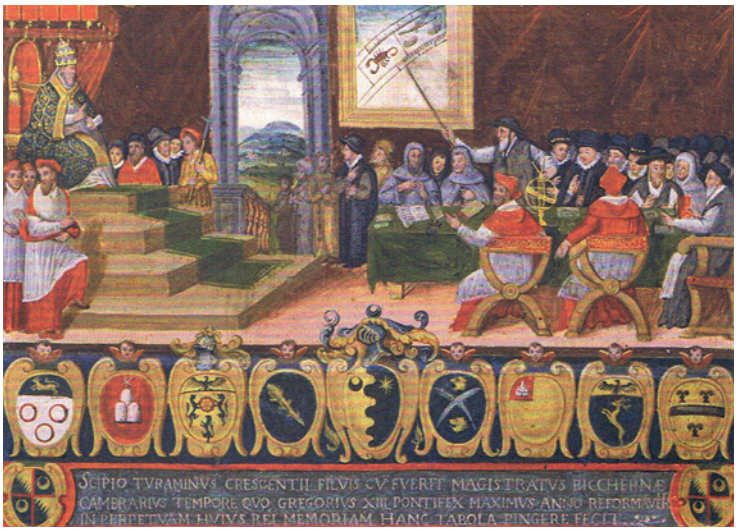
Kalender – Kunstwerke aus Mathematik, Astronomie und Geschichte

Claudia Albertini (PH Zürich und Universität Zürich) und Martin Huber (FH Winterthur und Universität Zürich) lassen uns in ihrem Buch teilhaben an den über Jahrtausende anhaltenden Bemühungen zur zeitlichen Strukturierung der Menschheitsgeschichte. Das ansprechend gestaltete Buch regt mit seinen vielen Tabellen, Grafiken und Bildern zum Stöbern an. Die nach den Wochentagen benannten Kapitel bieten eine interessante Mischung aus der Astronomie verschiedener europäischer Kulturen von den Babyloniern, Ägyptern, Arabern und Römern über das byzantinische Reich bis zur Gegenwart. Sie sind gespickt mit Reminiszenzen, bei denen auch die Regionen unseres Landes berücksichtigt wurden. So findet man beispielsweise, dass die Gregorianische Kalenderreform, die einen Ausfall von 10 Tagen bewirkte, in 7 Schweizer Kantonen 1584 eingeführt wurde. Zürich, Bern, Basel, Genf, Thurgau, Schaffhausen und Katholisch-Glarus warteten jedoch bis 1700 und die beiden widerspenstigen Dörfer Schiers und Grüsch im Prättigau mussten 1812 vom Kanton Graubünden gebüsst werden, um sie zu bewegen, als letzte Orte in Mittel- und Westeuropa zum neuen Kalender überzutreten.

Mehrere Schwierigkeiten hinderten die Erschaffung eines ewigen Kalenders. Der offensichtlichste Zeitgeber war die Sonne, die den Tag als Grundeinheit definierte und auch das Jahr durch den periodischen Wechsel der Jahreszeiten. Doch ergaben bereits frühe astronomische Beobachtungen, dass die Anzahl Tage in einem Jahr nicht ganzzahlig sind. In einigen Kalendern wollte man auch den Mond miteinbeziehen, der aber weder mit dem Jahr noch mit den Tagen ganzzahlige Verhältnisse ergab. Deshalb entwickelten die persischen Gelehrten einen Sonnenkalender mit einem 2820-jährigen Zyklus. Im jüdischen Kalender wurden 19 Sonnen-Jahre mit 235 Mond-Monaten gleichgesetzt. Bei beiden Kalendern wurden Regeln aufgestellt, wie der Jahresanfang bestimmt werden muss.

Ein weiteres Phänomen, das persische Astronomen ebenfalls feststellten, war eine sehr langsame Verschiebung der Jahreszeiten, die erst 1932 durch den serbischen Wissenschafter Milutin Milanković physikalisch begründet werden konnte, nämlich die Präzession der Rotationsachse der Erde mit einem Zyklus von 25 750 Jahren. Dadurch ergibt sich eine kontinuierliche Verschiebung von 28 Tagen innerhalb von 2000 Jahren, was sich bei historischen Betrachtungen der Römerzeit bemerkbar macht. In Zeiträumen von Jahrtausenden ist der Präzessionsanteil nicht zyklisch und muss deshalb durch periodische Erneuerungen des Kalenders berücksichtigt werden.

Ewiger Kalender «alten Stils» in Graubünden 1690. (Bild: Sammlung Gion Tscharner, Zernez)



Sitzung der Kalender Reformkommission. (Anonymes Bild 1582 aus Archivio di Stato di Siena)

Die hauptsächliche Motivation zur Definition eines ewigen Kalenders waren überlieferte religiöse Feste, im christlichen Bereich allen voran das Osterdatum, das unbedingt «richtig» sein sollte. Das letzte Kapitel beschreibt den mühsamen Weg über Alexandrinische und Gregorianische Epakte, die goldene Zahl innerhalb des 19-Jahrzyklus des jüdischen Kalenders bis zum Osterdatum der Westkirche. Da die Berechnung des Osterdatums von den zugrunde gelegten Kriterien abhängt, über die sich die West- und die Ostkirche (orthodox bedeutet «richtig») bis heute nicht einigen konnten, unterscheiden sich die Osterdaten zwischen Mittel- und Osteuropa teilweise beträchtlich.

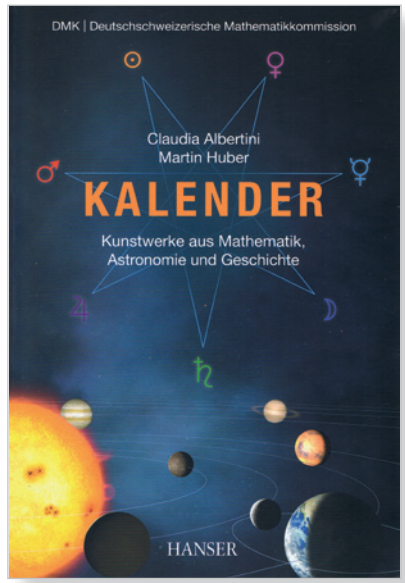
Wahrscheinlich mehr durch die immer stärkere internationale Verflechtung als durch einen Kooperationswillen zwischen Ost- und Westkirche gingen die osteuropäischen Länder zwischen 1913 und 1926 sukzessive zum Gregorianischen Kalender über. Statt nur 10 mussten sie jedoch auf Grund der inzwischen fortgeschrittenen Präzession der Erdachse sogar 13 Tage auslassen, um sich dem Westeuropäischen Kalender anzuschliessen.

Ein weiterer physikalischer Prozess ist jedoch zu langsam, um in einen ewigen Kalender einzufliessen: Die Zunahme der Tageslänge von heute 17 Mikrosekunden pro Jahr auf Grund der Gezeitenreibung macht nur einen Tag in 5000 Jahren aus und geht in der Präzessions-Korrektur unter. Erdgeschichtlich ist die Verlangsamung der Erdrotation jedoch relevant: Vor einer Milliarde Jahren dürfte die Tageslänge etwa 19 Stunden betragen haben.

Insgesamt haben Albertini und Huber ein gelungenes Buch geschrieben, das seine Schätze aber erst preisgibt, wenn man es öfters zur Hand nimmt und sich in einzelne Kapitel vertieft.

Fritz Gassmann

Albertini C. & Huber M. 2021. Kalender – Kunstwerke aus Mathematik, Astronomie und Geschichte. Carl Hanser Verlag München. 258 S.
ISBN 978-3-446-46856-6 (Print, Fr. 31.90)
ISBN 978-3-446-46857-3 (E-Book, Fr. 25.90)



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
dipl. natw. ETH Rolf Debrunner
Nicole Dettwiler
Prof. Dr. Rita Gobet
Prof. Dr. Edi Kissling
Prof. Dr. Marta Manser
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

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

redaktion@ngzh.ch
www.ngzh.ch

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

ISSN
0042-5672

Nachdruck
Mit Quellenangabe erlaubt

Mit Unterstützung von:

scnat
akademie der naturwissenschaften

Veranstaltungen

Freitag, 17. Juni 2022
ETH Zürich, Campus Hönggerberg

Nacht der Physik

Das Departement Physik der ETH Zürich und der NCCR «QSIT – Quantum Science and Technology» laden die Bevölkerung zu einer Nacht der Physik ein. Am Nachmittag und Abend werden Physikerinnen und Physiker der ETH Zürich ihre Arbeiten vorstellen und die Fragen des Publikums beantworten. In Mitmach-Experimenten, Vorträgen, Laborbesuchen und mehr präsentieren sie die spannende Welt der Physik, von Quantencomputern über Materialwissenschaften bis hin zur Astro- und Teilchenphysik.

https://nacht-der-physik.ch

Ausstellungen

bis 5. März 2023
focusTerra
ETH Zürich, Sonneggstrasse 5, Zürich

Wellen – Tauch ein!

Wir sind ständig und überall von Wellen umgeben, auch wenn wir nur einige von ihnen wahrnehmen können: Wasserwellen, Schallwellen, Erdbebenwellen, Licht. Wellen sind in unserem Leben aber nicht nur allgegenwärtig, sondern werden auch für vielfältige Anwendungen genutzt – sei es in der Medizin, für die Kommunikation, beim Blick in die Erde oder in der Navigation.

Die Ausstellung «Wellen – Tauch ein!» lädt mit grossformatigen, farbenfrohen Illustrationen und vielen Hands-On-Exponaten ein, die Bedeutung, Schönheit und Kraft von Wellen mit allen Sinnen zu entdecken.

Lassen Sie sich mitreissen und tauchen Sie ein in die faszinierende Welt der Wellen – in Natur, Alltag, Kunst und Forschung.

Bitte bringen Sie, falls möglich, eigene Kopfhörer mit.

https:// https://focusterra.ethz.ch/sonderausstellungen/aktuell.html

bis 22. Juli 2022
Zoologisches Museum der UZH
Karl-Schmid-Strasse 4, Zürich

Chicken – Erbe der Dinosaurier

Hühner zählen zu den am weitesten verbreiteten domestizierten Tieren der Welt. Von ihnen gibt es mehr als doppelt so viele wie Menschen. Dennoch ist das vorhandene Wissen über diese überall vorkommenden Tiere in der Gesellschaft gering. Dies rührt vor allem daher, dass Hühner anstatt als Vögel hauptsächlich als Konsumware angesehen werden, ohne jegliche biologische oder evolutionsbiologische Identität.
Die Ausstellung «Chicken – Erbe der Dinosaurier» veranschaulicht die komplexe Biologie und Entstehungsgeschichte der Hühner. Hühner sind mehr als nur Nahrung: Sie sind komplexe und vielfältige Tiere, das Resultat eines evolutionären Prozesses, der bei den Dinosauriern seinen Anfang nahm und durch den Prozess der Domestikation in einer Vielfalt von, durch Menschen beeinflusste, Formen gipfelte.

In der Ausstellung finden auch Führungen für Familien (ab 6 Jahren) sowie für Schulklassen statt.

https://www.zm.uzh.ch/de/sonderausstellungen/2022chicken.html

Weitere Daten von Veranstaltungen werden laufend in unserer Agenda auf www.ngzh.ch veröffentlicht.

Naturforschende
Gesellschaft in Zürich
www.ngzh.ch