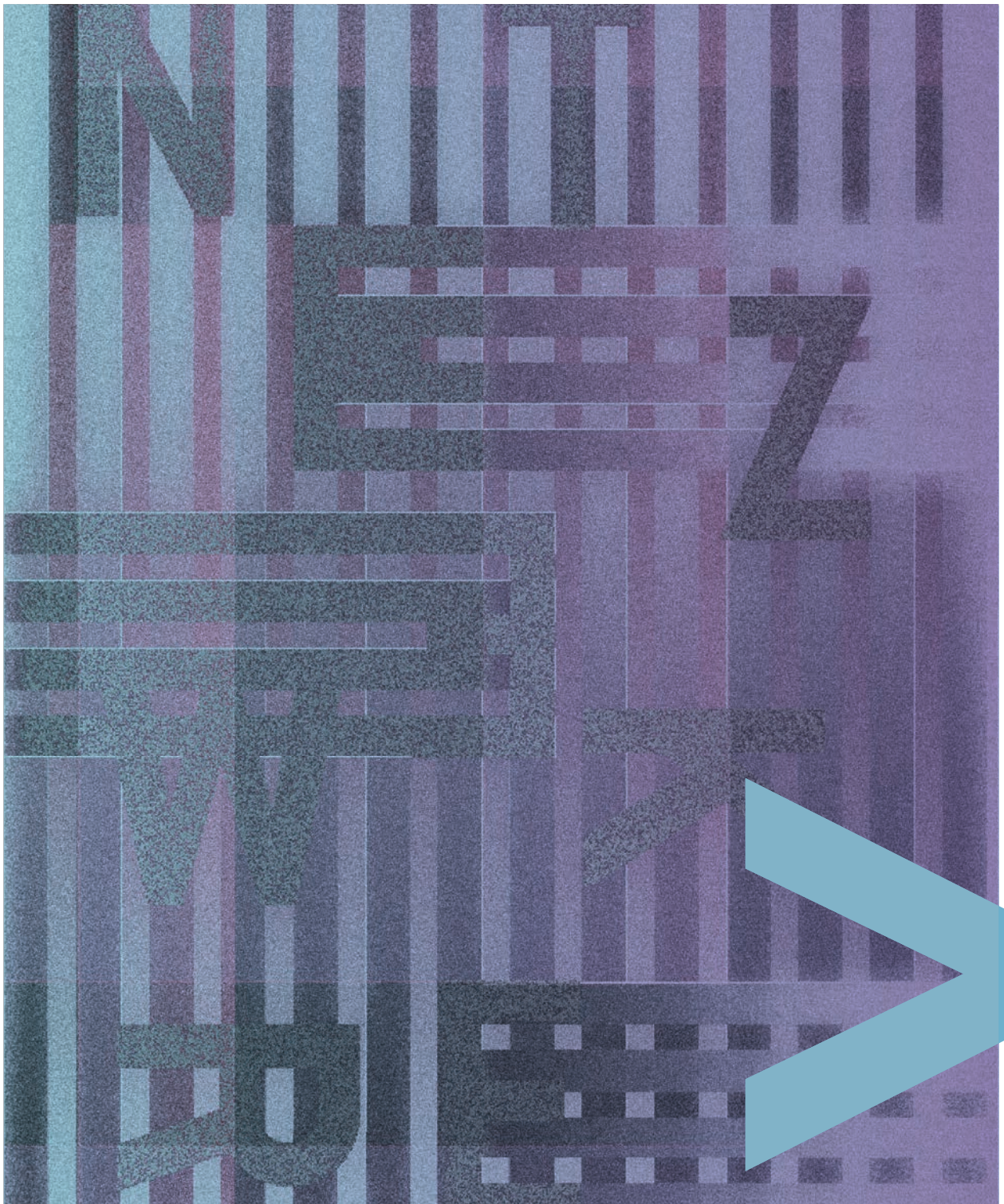


FOKUS



2023

- | | | |
|---|--|--|
| 02 EDITORIAL | 18 BESUCH AM PAUL SCHERRER INSTITUT | 52 UNSICHTBARE NETZWERKE – EIN BLICK IN DIE KOMPLEXE WELT DER BODENORGANISMEN |
| 04 PORTRÄTS DER NEUEN VORSTANDSMITGLIEDER | 21 ANG PODCAST | 58 THE QUEST FOR HARMONY IN ACTION: COORDINATED SUSTAINABILITY IN NATURE, ECONOMY, AND SOCIETY |
| 06 SCHULPROJEKTE / FORSCHERTAGE | 24 SONDERAUSSTELLUNG ICH TIER WIR IM NATURAMA | 62 UMGEBUNGSÜBERWACHUNG UND NOTFALLSCHUTZ: MESSNETZ IN DER UMGEBUNG DER SCHWEIZERISCHEN KERNKRAFTWERKE |
| 07 SYMPOSIUM COGITO FOUNDATION | 27 VORTRÄGE | 71 IMPRESSUM |
| 08 FILMPREMIERE HEINRICH ZSCHOKKE | 28 ERI`S WELT | |
| 09 ANG SOMMEREVENT 2. SEPTEMBER 2023 | 36 NETZWERKE FÜRS LEBEN | |
| 12 GEOLOGIE-AUDIOPFAD | 44 NETZWERKE IN UNSEREM KOPF – DIE GRUNDLAGE FÜR LERNEN UND GEDÄCHTNIS | |
| 16 DEN STERNEN NAHE | | |



HEIDI VOSER UND ALOIS ZWYSSIG

Geschätzte ANG-Freunde

Wir sind stolz und freuen uns, Ihnen den ersten Fokus seit unserem Amtsantritt präsentieren zu können.

Seit der Generalversammlung hat sich einiges getan und wir sind bestrebt, die Strukturen und Verantwortlichkeiten in der ANG weiter zu klären und nach Möglichkeit zu optimieren. Momentan machen wir uns Gedanken, wie wir in Zukunft mit den vorhandenen Ressourcen umgehen und welche primären Ziele wir verfolgen wollen.

Der vorliegende Fokus mit Schwerpunkt „Netzwerk“ bietet eine Auswahl an unterschiedlichen Perspektiven, was Vernetzung bedeutet; augenfällige und auch eher verdeckte Aspekte werden beleuchtet. Bei der Vorbereitung und Auswahl der Themen ist uns noch klarer geworden, wie alle Elemente Teil eines Netzwerks sind und wie sie dadurch selbst weitere Netzwerke miteinander verknüpfen.

Dabei ist uns bewusst geworden, dass auch wir als ANG auf ein riesiges Netzwerk zurückgreifen können. So ist die ANG ein Element in einem Netzwerk: Als drittälteste naturwissenschaftliche Gesellschaft der Schweiz ist die ANG ein wichtiges Mitglied in der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SCNAT), welche mit sechs anderen Akademien das eidgenössische Dach der „Akademien der Wissenschaften“ bildet. Ein enormes Netzwerk von Wissenschaft und Knowhow! Die ANG pflegt gute Kontakte zu benachbarten kantonalen Gesellschaften; hier wollen wir künftig vermehrt Synergien nutzen.

Als Gründergesellschaft des Naturamas liegt die Zusammenarbeit mit diesem zeitgemässen Museum am Weg, bzw. im Haus. Der Austausch und die gegenseitige Unterstützung sind von zentraler Bedeutung. Durch unseren Vorstand und unsere Mitglieder eröffnen sich weitere vernetzte Welten, denn jedes Mit-Glied wiederum ist Teil eines eigenen Netzwerks.

In Anbetracht dieser Vielfalt und Grösse müssen wir uns fragen: Wo setzen wir an? Wie machen es andere Gesellschaften? Wie könnten wir Synergien nutzen? Wie können wir den Wissensschatz und die Ressourcen in unseren Netzwerken optimal nutzen? Wo setzen wir den Fokus der Zukunft?

Die ANG darf auf eine lange, intensive Geschichte zurückblicken und ist seit der Gründung dank grossem Engagement der ehrenamtlich Tätigen in der Gegenwart gut aufgestellt.

Unser erklärtes Ziel ist es, die Basis-Werte der Gesellschaft zu verstärken, mit bewährten und neuen Elementen zu bereichern und in diesem Rahmen den Weg für die ANG in eine weiterhin erfolgreiche und spannende Zukunft zu bereiten.

Und nun lassen wir die Netzwerke im Kopf arbeiten ... viel Vergnügen bei der Lektüre!

Alois Zwysig, Präsident / Heidi Voser, Vizepräsidentin

PORTRÄTS DER NEUEN VORSTANDSMITGLIEDER



Catherine Brun

wohnt in Aarau, 40 Jahre alt

Mich fasziniert an den Naturwissenschaften, wie sie uns helfen, die Welt und den Menschen zu verstehen. Ebenso spannend finde ich die technologischen Durchbrüche, die der Mensch erzielt.

In meiner Freizeit gehe ich gerne wandern und klettern. Ich nehme mir auch sehr gern Zeit zum Kochen und zum Spielen mit meinen Kindern.

Eine meiner Stärken ist meine Fähigkeit, [fast] immer positiv zu bleiben.

Ich engagiere mich in der ANG, um die Freude an den Naturwissenschaften zu vermitteln und um mich in meinem Adoptivkanton einbringen zu können.

Beruflich habe ich an verschiedenen Universitäten in der Schweiz studiert und in der Molekularbiologie promoviert, bevor ich nach Kanada ging, um dort zu forschen. Heute arbeite ich als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Stab des ETH-Rates.



Daniel Reitz

wohnt in Aarau, 47 Jahre alt

Mich fasziniert an den Naturwissenschaften, besonders die grosse Vielfalt und Tiefe der verschiedenen Disziplinen und Themen, welche wir heute haben. Und in diesem Zusammenhang auch die Persönlichkeiten dahinter, die dazu beigetragen haben, die Welt besser zu verstehen.

In meiner Freizeit findet man mich häufig draussen, beim Wandern, Velofahren oder Pilze sammeln, oder beim Jonglieren. Am liebsten mache ich diese Aktivitäten zusammen mit meiner Familie.

Eine meiner Stärken ist, in turbulenten Situationen den Überblick zu behalten.

Ich engagiere mich in der ANG, weil diese Institution eine wichtige Funktion, nämlich die Vermittlung naturwissenschaftlichen und faktenbasierten Wissens, wahrnimmt. Ausserdem gäbe es ohne ehrenamtliche Arbeit viel weniger Freizeitangebote.

Beruflich bin ich ein Werkstoffingenieur und habe auch auf diesem Fachgebiet promoviert. Heute arbeite ich am Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI und helfe mit, die nukleare Sicherheit in der Schweiz zu gewährleisten.



Heidi Voser Stadler

wohnt in Hausen AG, 57 Jahre alt

Mich fasziniert an den Naturwissenschaften, die enorme Entwicklung und lange Geschichte, auch, wie unterschiedlich Erkenntnisse wahrgenommen und verwertet (oder auch nicht) werden.

In meiner Freizeit bin ich sehr gerne in der Natur, ich geniesse es, die Stimmungen von Landschaften und Jahreszeiten zu erleben. Am liebsten mit meinem Mann Peter und unserer Tochter.

Eine meiner Stärken ist, mit dem Blick von aussen Menschen und Situationen schnell gut einschätzen zu können.

Ich engagiere mich in der ANG, weil mich die Gesellschaft fasziniert: Die ANG blickt auf eine lange Geschichte zurück und es ist eine Ehre, die investierte Energie in die Zukunft mitbegleiten zu können. Es macht Spass, im engagierten Vorstand mitzuarbeiten und ich geniesse die Wertschätzung.

Beruflich bin ich seit fast 30 Jahren unterwegs als selbständiger Coach und Trainer. Mein Studium in Psychologie, BWL und Publizistikwissenschaften bildet die Breite meiner Interessen ab; mir ist wichtig mich stetig weiterzubilden und immer wieder in neue Welten blicken zu können. Seit 3 Jahren habe ich mich im Bereich Natur intensiv weitergebildet.

SCHULPROJEKTE / FORSCHERTAGE

Das Schulteam der ANG hat auch dieses Jahr wieder grossen Einsatz geleistet. So wurde an 8 Klassen (rund 150 Schülerinnen und Schüler) je 4x Level 1 und Level 2 unterrichtet.

Neu im Team seit Oktober 2022
Nelly Peter



Forschertage

Wieder ausgeschrieben wurden die Forschertage (am Samstag 28.10./4.11. und 11.11. 2023), welche vor der Pandemie jeweils im November Teil der Aktivitäten des Schulteams waren. Dabei wurden wir mit Anmeldungen derart überhäuft, sodass zusätzliche Forschertage nach den Sportferien 2024 eingeplant werden mussten.

SYMPOSIUM COGITO FOUNDATION

AM 28.10.2023, IN LUZERN



Im Jahre 2021 wurde die ANG mit dem Cogito Preis ausgezeichnet: Die Schulprojekte der ANG erfüllen gemäss der Stiftung das Ziel „Verständnis schaffen für die Denkweise der Naturwissenschaften“ exemplarisch. Dieses Jahr wurde die ANG nun eingeladen, die Schulprojekte im Rahmen des ganztägigen Symposiums zum Thema „MINT Experten an Schulen“ an der PH Luzern vorzustellen.

Die ANG reihte sich in ein interessantes Symposiums-Programm ein. Es wurden verschiedene MINT Projekte vorgestellt, u.a. das Bildungsprogramm von „Globe Schweiz“, die „Kinder Uni on Tour“ der Universität Zürich oder MINT Projekte der PH Luzern.

Das Ziel des Symposiums war es, Interessierte in diesem Bereich zusammenzuführen und Einblicke in „best practices“ zu geben. Heidi Voser vertrat den ANG Vorstand am Symposium. Als Diskussionspartnerin auf dem abschliessenden Podium stellte sich Luisa Stravs den Fragen des Publikums und des Moderators. Es war ein sehr interessanter Tag mit spannenden Einblicken in andere Projekte. Es gibt auch hier neue Anknüpfungs- und Netzwerk-Punkte.

An dieser Stelle bedanken wir uns beim Schulteam ganz herzlich für den unermüdlichen Einsatz und wünschen weiterhin gutes Gelingen und viel Freude mit den Schulprojekten.

Heidi Voser, Vorstand ANG

FILMPREMIERE HEINRICH ZSCHOKKE

«EIN DEUTSCHER ERFINDET DIE SCHWEIZ»



Adrian Zschokke (Kamera / Produktion), Hanspeter Müller-Drossaart (Schauspieler, alter Zschokke), Adrian Zschokke (Drehbuch / Regie) und Moderator Lukas Pfisterer beim anschließenden Podiumsgespräch



Lukas Pfisterer begrüsst die Besucherinnen und Besucher der Film Premiere im vollbesetzten Kinosaal

Am 17. Oktober 2023 wurde die ANG zur Film Premiere im Kino Ideal in Aarau eingeladen und durfte in einem Kurzreferat die Verbindung zwischen Heinrich Zschokke und der ANG erläutern. Hier ein Auszug aus der Rede des Präsidenten:

„Heinrich Zschokke lebte von 1771 bis 1848 und war auch eine sehr naturwissenschaftlich interessierte Persönlichkeit. Er schuf bereits um 1800 in Biberstein ein „Herbarium generale“, und gab ein Werk über „Die Alpenwälder“, heraus. Ab 1807 nahm er Wohnsitz an der Blumenhalde in Aarau und begann mit meteorologischen Messungen, wobei Aarau zu einem Knotenpunkt eines europäischen Beobachtungsnetzes werden sollte, was dann allerdings

nicht wie geplant umgesetzt werden konnte. Später wandte er sich geologischen und physikalischen Problemen zu und war besonders darauf bedacht, naturwissenschaftliche Erkenntnisse unter Volk zu bringen. So mag es nicht erstaunen, dass Heinrich Zschokke im Jahre 1811 als einer der 7 Mitgründer der Aarg. Naturforschenden Gesellschaft in Erscheinung getreten ist. Er war zudem zweimal, von 1817 – 1819, sowie von 1824 – 1827, als Präsident der ANG tätig.

Geblieden ist bis heute das Hauptziel der ANG, nämlich das Verständlichmachen von naturwissenschaftlichen Inhalten. Die ANG sieht sich dabei als Bindeglied zwischen Forschung und Bevölkerung und möchte fundiertes Wissen auf möglichst vielen Wegen vermitteln.“

ANG SOMMERFEST 2. SEPTEMBER 2023

Nach der Corona-bedingten Pause konnten wir, wie schon 2022, erneut ein Sommerfest auf der wunderschönen Terrasse des Naturama feiern. Das Sommerfest bietet den Mitgliedern der ANG die Möglichkeit, ausserhalb anderer Formate wie Vorträge oder Exkursionen, sich gegenseitig kennenzulernen und auszutauschen. Etwa 40 Personen nutzten dieses schöne Angebot, darunter auch einige Familien mit Kindern, der ANG-Nachwuchs sozusagen.

Begonnen wurde der Anlass, welcher bei bestem Wetter stattfand, mit einem Begrüssungspapéro und dem Willkommensgruss unseres Präsidenten Alois Zwyssig. Wie es sich für eine naturwissenschaftliche Institution gehört, stand danach ein Vortrag auf dem Programm. In diesem Jahr wurde dieser von Dr. Simon Stähler gehalten. Simon Stähler ist als Seismologe an der ETH Zürich tätig und trägt mit seinen Forschungsarbeiten dazu bei, unseren roten Nachbarn, den Mars, besser zu verstehen. Nach der Vorstellung des Mars im Vergleich zu unserer Erde erläuterte er die verschiedenen Marsmissionen. Einige Missionen sind schon abgeschlossen, andere laufen noch oder sind für die Zukunft geplant. Die Forschungsthemen sind dabei vielfältig. Sie befassen sich zum Beispiel mit der Oberfläche des Mars, welche anhand von gesammelten Gesteinsproben untersucht werden soll. Die Arbeiten, an denen Simon Stähler beteiligt ist, untersuchen die Seismik des Mars, was Rückschlüsse auf die tektonische Beschaffenheit und den Aggregatzustand des Kerns zulässt. Und natürlich die allgegenwärtige Fragestellung: Gab es irgendwann einmal Leben auf dem Mars? Wassereis wurde ja schon gefunden. Darauf konnte auch Herr Stähler keine abschliessende Antwort geben. Der Vortrag war hochspannend und fesselte die Zuhörer, was auch die zahlreichen Fragen im Anschluss zeigten.



ANG SOMMERFEST 2. SEPTEMBER 2023

Nach dem Vortrag nahm unser vormaliger Co-Präsident Adrian Zwysig dann die offizielle Ehrung unserer neuen Ehrenmitglieder vor. An der Generalversammlung im März 2023 wurden Gerold Brändli, Lorenz Caroli, Rainer Foelix und Thomas Pfisterer zu Ehrenmitgliedern der ANG gewählt. Nun erfolgte die Würdigung ihrer Verdienste und eine Übergabe der Urkunden. Einzig Rainer Foelix konnte am Sommerfest leider nicht anwesend sein.

PD Dr. Rainer Foelix

Langjähriges ANG-Mitglied

ANG-Vorstandsmitglied von 1999 – 2012

Dr. Rainer Foelix ist als Arachnologe ein immer noch aktiver und weiter publizierender Wissenschaftler. Er hat als mehrfacher Redaktor der ANG-Mitteilungen hervorragende Arbeit geleistet. Zudem war er von 1991 bis zu seiner Pensionierung im Jahre 2008 als massgeblicher Direktor, sozusagen als der „Übergangsdirektor“ des Aargauischen Naturmuseums zum Naturama und dann als wissenschaftlicher Konservator des neuen Naturamas tätig.



Dr. Gerold Brändli

Langjähriges ANG-Mitglied

ANG-Vorstand von 1982 – 2012

ANG-Präsident von 1988 – 1992

ANG-Vizepräsident von 1992 – 2012

In diese Zeit fiel seine Aufgabe, die 174. Jahresversammlung der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (ScNat) vom 5.– 8. Oktober 1994 in Aarau zu organisieren und als Präsident zu leiten, eine sehr grosse Herausforderung, die er hervorragend gemeistert hat. Gerold Brändli war als ANG-Präsident und -Vizepräsident für die Detailplanungen des neuen Naturmuseums, heute Naturama, sowie bei den Verhandlungen mit den zuständigen Persönlichkeiten der Aargauischen Regierung und der Stadt Aarau massgeblich beteiligt.

Lorenz Caroli

Langjähriges ANG-Mitglied

ANG-Vorstand von 1987 – 2011

später als Revisor tätig

Als ANG-Kassier hat er für die ANG und vor allem für das neu entstehende Naturmuseum und Naturama uneigennützig, hervorragende Arbeit geleistet, u.a. bei der Rekrutierung von Sponsoren und dabei die Umsetzung der grossen Geldsammlung für die Erneuerung des Museums sowie die Verwaltung und Betreuung des Legates Peter Amsler, so dass die ANG schliesslich eine sehr grosse Summe Geld (über 3 Millionen Franken) in die Stiftung Naturama einbringen konnte. Zudem ist er seit 2011 aktives Mitglied des ANG-Schulteams.



Dr. Thomas Pfisterer

Langjähriges ANG-Mitglied

Er hat als Bundesrichter und später Politiker (Ständerat und Aargauischer Regierungsrat) für die Erneuerung des Aargauischen Naturmuseums und des daraus entstehenden Naturamas ganz wichtige Unterstützungsarbeit geleistet. Thomas Pfisterer hat als Mitbegründer und Präsident des Patronatskomitees (mit über 120 Persönlichkeiten aus Politik, Verwaltung, Schulen und Industriebetrieben etc.) für die Museumserneuerung bis 2002, sowie dann als Gründungspräsident des Naturama-Gönnervereins und als Aargauischer Baudirektor, die Erneuerung des Museums stetig unterstützt und gefördert.



Im Anschluss ging es dann zum gemütlichen Teil des Abends über. Es gab ein feines Znacht von Yam Yam aus Lenzburg sowie ein Dessertbuffet. Für den Wein war wiederum Urs Humbel besorgt und selbstgebrautes Bier der Hausbrauerei Biberbräu wurde von Walter Marti serviert und mundete ebenfalls ausgezeichnet. So liessen die Gäste dann den Abend bei guten Gesprächen und einem lauen Sommerlüftchen ausklingen. Es war wiederum ein toller Anlass, herzlichen Dank an alle Unterstützer. Wir freuen uns schon auf nächstes Jahr mit euch!

GEOLOGIE-AUDIOPFAD

izi.TRAVEL

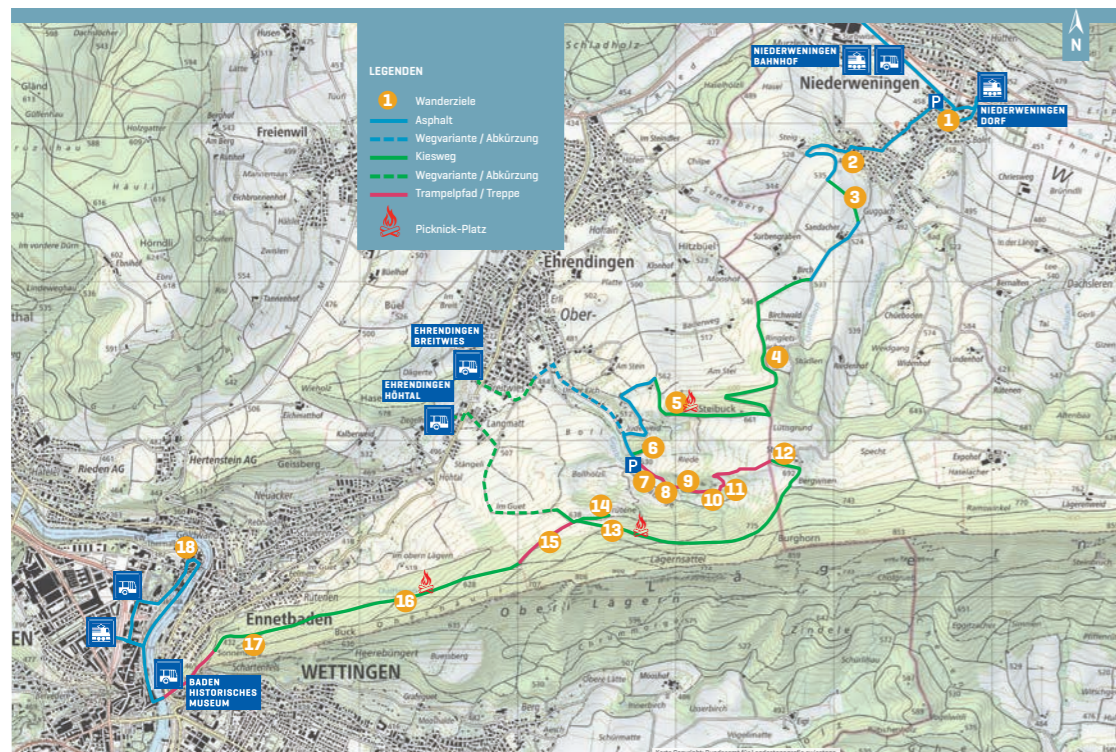


Audio tour

Geologiepfad - Von den eiszeitlichen Mammuts zu den heissen Quellen

Dr. Jürg Stäuble, Geologe und langjähriges ANG-Mitglied, hat zusammen mit der ANG einen Geologie-Audiopfad mit 18 Stationen geschaffen, der vom Mammutmuseum Niederweningen (ZH) über Ehrendingen nach Baden führt.

Über den Link <https://qrco.de/geologiepfad> oder via QR-Code gelangt man auf die Seite von izi.travel, wo zu jeder Station der Wanderung die Geologie erläutert wird. Zum neu geschaffenen Audio-Geologiepfad wurde eine Broschüre und ein Flyer erstellt, welche an Interessierte gratis abgegeben werden.



Eine kurze Einführung in die Geologie

Dr. Jürg Stäuble

Im Raum Baden und Umgebung treten stellenweise bis zu 240 Mio. Jahre alte Gesteinsschichten an die Erdoberfläche. Es handelt sich um Ablagerungen, welche in einem einstigen Meer oder durch Flüsse und Seen an Land entstanden sind. Die ursprünglich als Sand oder Schlamm mehr oder weniger flach abgelagerten Schichten wurden im Laufe der Zeit durch den Druck der überlagernden jüngeren Schichten zu Felsen aus Sandstein, Kalk, Mergel oder Tonstein verfestigt. Im ungestörten

Zustand werden die Schichten von oben nach unten älter und man würde an der Erdoberfläche nur die jüngsten Ablagerungen sehen. Dass das Gebiet zwischen Niederweningen und Baden den Einblick in eine Vielzahl von tieferen, älteren Gesteinsschichten bietet, hat mit der Gebirgsbildung, d.h. der Entstehung des Juras zu tun, bei welcher die einst flach abgelagerten Schichten aufgewölbt wurden, sowie mit der stellenweisen Abtragung (Erosion) von Gesteinsschichten.

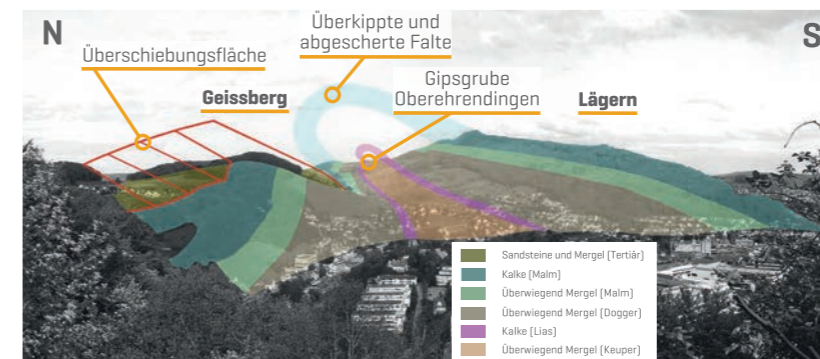
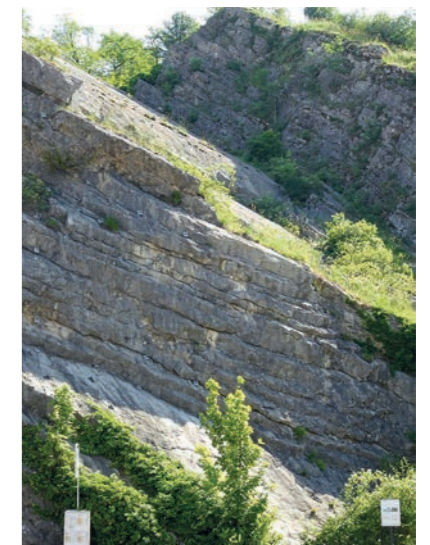


Abbildung 1: Blick vom Westrand der Klus von Baden gegen Osten, Bildquelle: Funk H.P. et al. (2004)

Bei Baden durchschneidet das Limmattal die Lägernfalte in einer sogenannten Klus, d.h. einem Quertal, welches sich zwischen den Engnissen am oberen und unteren Ende im zentralen Teil arenaartig aufweitet. In der Klus, im Kern der Lägernfalte (z.B. im Bäderquartier von Baden und Ennetbaden), treten die ältesten Gesteinsschichten aus der Zeit der Trias stellenweise an die Oberfläche. Im Limmattal wie auch im Wehntal wurde der Fels durch die eiszeitlichen Gletscher bis weit unter die heutigen Talsohlen abgetragen.

Nach Rückzug der Gletscher wurden die Felsrinnen teilweise mit Lockergesteinsablagerungen, d.h. mit feinkörnigen Seesedimenten, mit Flussablagerungen aus Sanden und Kies sowie mit Moränenmaterial neuer Gletschervorstösse wieder aufgefüllt. Dank der Aufwölbung der Schichten bei der Entstehung des Jura-Gebirges vor 5–9 Millionen Jahren und der anschliessenden Freilegung durch die Erosion gehören die Lägern und ihre Umgebung zu den geologisch äusserst interessanten Regionen.



Abbruchstelle des Lägernkopfs

Vernissage

Am 19. August 2023 hat die Vernissage im Mammutmuseum in Niederweningen stattgefunden, an welcher die Online-Stellung des neuen ANG-Audiopfads offiziell bekanntgegeben und gefeiert wurde. Rund 50 Personen haben daran teilgenommen.



VON DEN
NESEHÄUTCHEN
MAMMUTS
ZU DEN NESEHÄUTCHEN
NEFFEN

ANG
WISSEN VERSTEHEN
SEIT 1811

ALLGEMEINE INFOS ZUR WANDERUNG MIT HÖHENPROFIL

Entdecken Sie den Audiopfad digital

AUDIOPFAD
Geologie Gebiet Niederweningen bis Baden

<https://qrco.de/geologiepfad>

Der Audiopfad kann über die App (Reiseführer) izi.TRAVEL auf das Handy geladen werden, so wie bei den anderen Audiopfaden der ANG.



LEGENDEN

- 1** Wanderziele
- Asphalt
- Kiesweg
- Trampelpfad / Treppe
- Picknick-Platz

AUSGANGSPUNKT: Niederweningen (ZH)

ENDPUNKT: Baden (AG)

ZEITBEDARF: 1 Tag

ANFAHRT: Niederweningen ist per Bahn (ab Zürich) oder per Postauto (ab Baden) erreichbar. Die Region ist sehr gut mit öffentlichen Verkehrsmitteln erschlossen. Dies erlaubt es nur Teilstücke der Wanderung zu unternehmen und z.B. erst in Oberehrendingen zu

beginnen oder die Wanderung im Hötal abzuberechnen.

IDEALE JAHRESZEIT: Frühling, wenn es noch wenig Laub hat.

WANDERTYPUS: Der grösste Teil der Wanderung erfolgt auf Flur- und Forstwegen. Im Gebiet der Gipsgruben ist der Boden meist sehr feucht. Für den Besuch der Aufschlüsse ist gutes Schuhwerk erforderlich. Aus dem Rucksack.

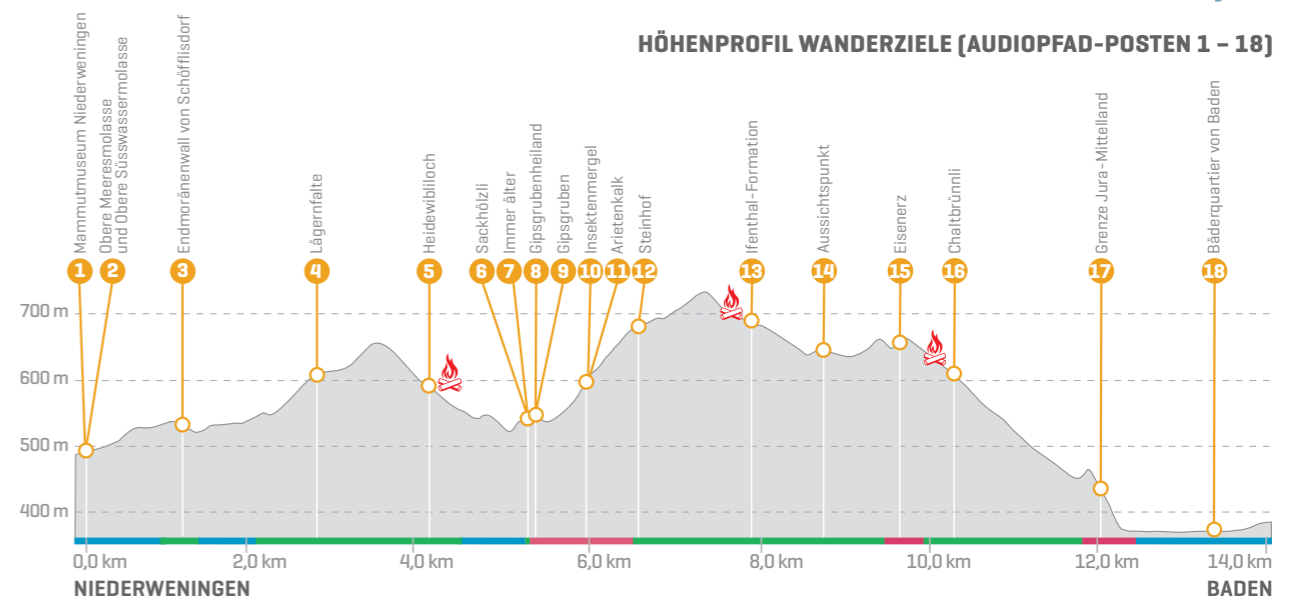
VERPFLEGUNG: Restaurants in den Ortschaften.



www.ang.ch

Aargauische Naturforschende Gesellschaft, Aarau

HÖHENPROFIL WANDERZIELE (AUDIOPFAD-POSTEN 1 - 18)



DEN STERNEN NAHE

EIN PERFEKTER ABEND IN DER STERNWARTE SCHAFMATT

Verwegen, wer behauptet, dass die Sterne nur für uns leuchteten an jenem perfekten, lauen Sommerabend auf den Jurahöhen – und doch war da dieses Gefühl, als könnte heute alles möglich sein. Die Sonne ging unter, gut gestärkt mit einem schmackhaften Imbiss aus dem Naturfreundehaus, die Wolken glänzten durch vollkommene Abwesenheit, die Zuversicht auf gute All-Sicht offensichtlich. Durch die klare Luft sangen einige Amseln und begleiteten unseren Spaziergang in Richtung der sichtbar werdenden Venus im Nordwesten. Direkt unter dem Planeten, aber vielleicht etwas näher, erschien die Sternwarte Schafmatt ganz knapp über dem Horizont.

Kaum beim Teleskop angelangt, übernahmen unsere beiden kompetenten Experten von der Astronomischen Vereinigung Aarau, Thomas Erzinger und Jonas Schenker das Zepter. Alle zwanzig Exkursionsteilnehmenden passten ins Gebäude der Sternwarte und konnten auf Tuchfühlung gehen mit dem Teleskop, den Anleitenden und den Ausserirdischen, die vorgezeigt wurden. Ja genau – richtig gelesen – Ausserirdische! So nannten Thomas und Jonas korrekterweise ihre Meteoriten, die sie mitgebracht hatten und uns in die Hände gaben, um eindrücklich zu demonstrieren, wie der Metallgehalt Dichte und Oberflächenstruktur dieser Objekte massgeblich beeinflusste. Nebst der Bedienung des Teleskops schafften es die Beiden komplexe

Zusammenhänge auf die verschiedenen Niveaus der Teilnehmenden herunterzubrechen und auf diese Weise viele astronomische Konzepte verständlich und spannend an uns zu vermitteln.

Der Blick durch das Teleskop ins All offenbarte neben dem Planeten Venus, der zum Erstaunen vieler nicht rund, sondern halbvoll wie unser Erden-Halbmond erschien, vor allem Gestirne ausserhalb unseres Sonnensystems. Innerhalb der Milchstrasse gehörten dazu Einzelsterne unterschiedlicher Spektralbereiche, aber auch ein Doppelsternsystem an der Deichsel des Grossen Wagens. Des Weiteren konnte ein faszinierender Kugelsternhaufen, sowie ein extragalaktischer „Nebel“, die benachbarte Andromedagalaxie, bestaunt werden. Eine Live-Übertragung aus der Andromedagalaxie war leider nicht möglich, da das Licht rund 2.5 Mio. Jahren brauchte, um das Teleskop zu erreichen. Dies entspricht in etwa der Zeit, die wir für unsere Entwicklung vom Homo erectus bis zu Peach Weber benötigten.

Mit neuem astronomischem Wissen über Raum und Zeit, dem Gefühl die Dinge mit eigenen Augen gesehen zu haben und der angenehmen Erfahrung einer lauen Sommernacht, endete die Sternwartenführung gegen 2 Uhr morgens des darauffolgenden Tages. Herzlichen Dank an Thomas und Jonas!

Pascal Egloff



BESUCH AM PAUL SCHERRER INSTITUT

Als unglaubliche Abenteuer kann man die Reisen der Frauen und Männer bezeichnen, die es schaffen, Innovationen aus der Grundlagenforschung bis in die medizinische Praxis zu bringen. Denn die Herausforderungen, die es dabei zu überwinden gilt, sind gross. Wie erschafft man aus wissenschaftlichen Tüfteleien etwas so Ausgereiftes und Nützliches, dass sich Menschen damit behandeln lassen möchten?

Auf eines dieser Abenteuer hat uns der Leiter des klinischen Betriebs des Protonentherapiecenters am Paul-Scherrer Institut in Villigen, Dr. Dario Veghini, mitgenommen. Er begrüsst uns herzlich und erklärte in einer äusserst spannenden Präsentation das PSI und die wissenschaftlichen Grundlagen der Protonentherapie. Anschliessend führte er uns durch das Therapiezentrum und zeigte die eindrücklichen Anlagen, dabei auch die Swiss Light Source (SLS), eine Synchrotronlichtquelle der dritten Generation. Sie liefert Photonenstrahlen für die Forschung in den Materialwissenschaften, der Biologie und der Chemie. Wir konnten das Innere des Gebäudes besichtigen, obwohl die SLS im Rahmen eines grossen Upgrades vorübergehend abgeschaltet wurde. Im Jahr 2025 wird sie wieder in Betrieb gehen und dann noch intensiveres Synchrotronlicht als je zuvor für innovative wissenschaftliche Experimente liefern. Dr. Veghini kam wiederholt auch auf die Hindernisse zu sprechen, die überwunden werden mussten, um diese hochspezialisierte Therapieform im Aargau für Patient*innen aus aller Welt zu ermöglichen. Er erwähnte unter anderem die grosse Anzahl interdisziplinärer Spezialist*innen aus Physik, Medizin und weiteren Fachrichtungen, die für den Betrieb des Zentrums erforderlich sind.

Die Finanzierung dieser grossen Expertise ist anspruchsvoll, sie konnte in Villigen aber sichergestellt werden.

Die Abenteuerreise zur Protonentherapie begann vor über einem halben Jahrhundert, als Forscher*innen – unter anderem am PSI – die ersten Protonenbeschleuniger bauten. Damals ging es um physikalische Grundlagenforschung und es ahnte noch niemand, dass sich weit in der Zukunft, nach viel Tüftelei, harter Arbeit, Schweiß und vermutlich auch einigen Tränen, eine Technik entwickeln liesse, die Krebskranken helfen würde. Über die Jahre stellte sich heraus, dass Tumorbestrahlungen mit Protonen einen Vorteil gegenüber der herkömmlichen Strahlentherapie mit Photonen (Röntgenstrahlen) bieten: Bei der Zerstörung von Krebszellen kann ein Protonenstrahl nämlich besonders genau eingesetzt werden, weil dessen Energie in einer präzise definierbaren Tiefe an das Gewebe abgegeben wird. Gesundes Gewebe kann so besser geschont werden, was besonders bei jungen Patient*innen in der Entwicklung wichtig ist. Aufgrund der vielen Lebensjahre, die Kindern verbleiben, fallen strahleninduzierte Schädigungen von gesundem Gewebe mehr ins Gewicht als bei Erwachsenen. Um Kinder bestmöglich davor zu schützen, hat sich das Protonentherapiezentrum am PSI auf die Behandlung bestimmter Tumore in der Pädiatrie spezialisiert. Unsere eigene Reise an diesem Tag ging im Restaurant „Hirschen“ in Villigen bei einem schmackhaften Apéro zu Ende. Das Gehörte und Gesehene konnte so in angenehmer Atmosphäre zu Ende diskutiert werden.

Catherine Brun und Pascal Egloff



ANG PODCAST



Die Protonentherapie ist eine Strahlentherapie, bei der Krebsgewebe mit Hilfe von geladenen Teilchen, den Protonen, zerstört werden soll. Bei der Krebsbestrahlung mit Protonen trifft der grösste Teil der Strahlendosis direkt auf den Tumor und belastet das gesunde Gewebe zwischen Körperoberfläche und Tumor deutlich weniger als Photonen bei der herkömmlichen Strahlentherapie. Sie ist daher sehr effektiv, präzise und weniger belastend für anderes Gewebe. Allerdings sind die Anlagen zur Erzeugung der Protonen sehr gross und können daher nicht ohne weiteres in Krankenhäusern installiert werden.

Wir Menschen sind bekanntlich soziale Wesen und leben eingebettet in soziale Netzwerke. Aber was sind eigentlich soziale Netzwerke, wie beeinflussen sie uns und wie erforscht man ein solch komplexes Thema? Der ETH Professor Christoph Stadtfeld ist Co-Direktor des ETH Social Network Lab und weiss es. Wir haben mit Professor Stadtfeld über seine Forschung gesprochen und einen Ausschnitt aus diesem Gespräch könnt ihr nun hier in dieser FOKUS Ausgabe nachlesen.

Das ganze Gespräch findet ihr auf unserem Podcast "andersch kompliziert?!", zu finden auf Spotify, Apple Podcast und anderen Plattformen.

Autor und Interview: Dr. Andrin Wacker

Andrin Wacker (ANG):

Sehr geehrter Herr Prof. Stadtfeld, vielen Dank, dass Sie sich die Zeit für dieses Interview nehmen. Sie sind Professor für Soziale Netzwerke an der ETH Zürich und Co-Direktor des ETH Social Network Lab. Können Sie kurz erklären, wie Sie zu diesem Forschungsfeld gekommen sind und was die Fragen sind, die das Social Network Lab der ETH beschäftigen?

Professor Christoph Stadtfeld (CS): Ja sehr gerne und vielen Dank auch für die Einladung zu diesem Interview. Das Social Network Lab ist Teil des Departements für Geistes-, Sozial- und Staatswissenschaften an der ETH Zürich. Die zwei Professuren

des Social Networks Lab beschäftigen sich mit sozialen Beziehungen und kommen beide ursprünglich nicht aus den Geisteswissenschaften. Entsprechend ist die Methodik unserer Forschung stark geprägt von Statistik und Informatik. Ich selber habe Informatik in Karlsruhe studiert und zum Thema "Statistische Analyse von Netzwerkdaten" promoviert. Während meiner postdoktoralen Forschung in den Niederlanden in Groningen habe ich dann begonnen mich mit soziologischen Fragestellungen zu beschäftigen. Seit 2014 habe ich die Professur an der ETH. Diese kombiniert im Prinzip meinen Hintergrund in Informatik und Statistik mit Fragestellungen aus den Sozialwissenschaften. D.h. wir versuchen soziologische Fragen mit Daten- und Netzwerkmethoden zu beantworten.

ANG: Das Soziale Netzwerk ist ja im Titel Ihrer Professur und des Social Network Lab. Was versteht man denn unter dem Begriff Soziale Netzwerke?

CS: Der Begriff Soziale Netzwerke ist schon recht alt und wird schon seit circa 100 Jahren in der Sozialforschung benutzt. Im Prinzip geht es um die Beziehungsgeflechte, in welche wir als Menschen eingebettet sind. Menschen sind soziale Wesen und wir alle haben Kontakte mit Familie und Freunden, Bekannten und Arbeitskollegen. Diese Kontakte sind uns wichtig, sie prägen uns und sind auch Teil unserer Identität. Gleichzeitig ist es auch so, dass wir uns in den Menschen "spiegeln", die uns umgeben. Es gibt Ähnlichkeiten und gegenseitige Beeinflussung, d.h. wir als Individuen sind eben Teil eines Beziehungsgeflechts. Was die Netzwerkforschung nun macht, ist, dass sie aus diesen individuellen Betrachtungen herauszoomt und eine Vogelperspektive einnimmt. Die Personen, die uns umgeben, haben wieder eigene Netzwerke. Wenn wir dann noch weiter herauszoomen, können wir darüber nachdenken wie Netzwerke einer Organisation, einer Stadt, des Kantons Aargau oder auch einer ganzen Gesellschaft aussehen. In der Praxis geht das natürlich nicht so einfach. Wir fragen uns also, wie können wir diese sozialen Netzwerke messen und analysieren. Grundsätzlich geht es darum zu schauen, wie solche Netzwerke strukturiert sind und was uns diese Netzwerke als Individuum wieder bedeuten.

ANG: Also können das riesige Netzwerke sein. Ich stelle mir das immer so vor, dass jede Person ein Knotenpunkt ist und dass diese mit mehr oder weniger weiteren Punkten verbunden sind. Und dann gibt es sicher "extreme" Knoten mit ganz vielen Verknüpfungen und solche mit ganz wenigen...?

CS: Ganz genau, auf jeden Fall. Es gibt beispielsweise Theorien aus der Ökonomie, die besagen, dass es oft erfolgreiche Menschen sind, die verschiedene Gruppen verknüpfen. Durch diese zentrale Position erfahren sie unterschiedlichste Einflüsse und

können so schneller Wissen generieren. Anders als zum Beispiel Leute, die in nur einer Gruppe eingebettet sind und an der Peripherie. Dies ist nur ein Beispiel, aber es gibt unterschiedlichste Ansätze um herauszufinden, wie die Position innerhalb eines Netzwerks einen Einfluss auf die Gesundheit, den Erfolg, das Wohlbefinden usw. eines Individuum haben.

ANG: Sie haben die Herausforderung ja schon kurz angedeutet. Wie können Sie solche Netzwerke messen? Befragen Sie Menschen zu deren Netzwerk?

CS: Ja das ist eine gute Frage. Es ist eine Mischung aus verschiedenen Methoden. Der klassische soziologische Ansatz, den wir ebenfalls verfolgen, ist, dass wir Leute zu ihren Beziehungen befragen. Das ist sehr aufwendig und geht über Fragebogen oder auch Interviews. Um beim Beispiel des Netzwerks einer Organisation zu bleiben: Um dieses zu erforschen, könnte man alle Mitarbeiter der Organisation befragen, das ist natürlich eine sehr aufwändige Aufgabe. Auf der anderen Seite aber auch sehr einsichtsvoll. Netzwerke sind nämlich nicht einfach etwas Objektives, sondern etwas Wahrgenommenes und Kognitives. Wenn sie jetzt ihre 10 wichtigsten Personen in ihrem Leben auflisten würden, gäbe es vielleicht eine 11. und 12. Person, die selber erwarten würde auch auf dieser Liste aufzutauchen. Oder auch anders herum, dass Personen überrascht wären, sich auf der Liste wiederzufinden. Wir sehen immer wieder, dass solche Befragungen Unterschiede und Diskrepanzen zu Tage führen. Es ist aber auch so, dass es kognitiv gar nicht so einfach ist, seine eigenen Netzwerke korrekt abzurufen und diese daher fehlerhaft sein können. Wir komplementieren entsprechend, wenn möglich, solche Befragungsdaten mit Verhaltensdaten. Das können digitale Verhaltensdaten sein, in einer Organisation könnte man beispielsweise erheben, wer mit wem telefoniert beziehungsweise wer wem E-Mails schreibt. Man kann auch mit RFID tags arbeiten um zu messen, welche Personen sich im gleichen Raum aufhalten und so weiter.

ANG: Sie untersuchen ja auch die Dynamik der Netzwerke. Wie entstehen oder verändern sich denn Netzwerke? Gibt es da bestimmte Mechanismen oder Muster bei der Entstehung und Dynamik von Netzwerken?

CS: Es gibt ganz unterschiedliche Arten wie Beziehungen entstehen, aber es gibt tatsächlich auch Muster, die sich oft wiederfinden. Oft steht am Anfang von Beziehungen ein zufälliger Kontakt. Zufällig im Sinne von, dass man in der gleichen Organisation arbeitet, das gleiche Studienprogramm startet oder die gleiche Schule besucht. Nach ersten Interaktionen werden oft gemeinsame Interessen, gemeinsame soziale Kontakte und Freunde entdeckt und es entstehen intensivere Beziehungen. Und diese Strukturen findet man immer wieder in verschiedenen Beziehungen bei Freunden, Gruppen oder bei der Arbeit.

ANG: Sie haben es vorher schon kurz erwähnt, dass Netzwerke auch einen Einfluss auf Gesundheit und Erfolg haben. Kann man dies nachweisen?

CS: Es gibt tatsächlich schon seit vielen Jahrzehnten Forschung zu verschiedenen individuellen Themen, die sich mit sozialen Netzwerken teilweise erklären lassen. Wie erwähnt sind wir ja soziale Wesen und es gibt Untersuchungen, die zeigen, dass unsere Gesundheit, sowohl physisch als auch mental, zusammenhängt mit der sozialen Integration. Es wurden aber auch Themen wie Erfolg untersucht. Wir erheben zum Beispiel Netzwerke zwischen Studierenden. Oft kennen Studierende zu Beginn des Studium nur wenige Leute. Ein Jahr später sind aber meist sehr dicht gewebte Freundschaftsnetzwerke entstanden. Wenn man dann nach den wichtigsten Beziehungspersonen im Leben fragt, nennt ein hoher Prozentsatz der Studierenden mindestens einen Mitstudierenden. Also aus einem nicht existierenden sozialen Kontext entsteht ein ganz wichtiger sozialer Kontext. Natürlich gibt es auch starke Unterschiede. Manche Studierende sind gut eingebettet, haben viele Kontakte und andere sind eher in der

Peripherie oder wenig integriert. Im Einzelfall gibt es erfolgreiche Menschen beider Arten. Generell ist aber die Tendenz, die wir in unserer Forschung sehen schon so, dass gut vernetzte Studierende erfolgreicher sind als weniger gut vernetzte Studierende. Das kann verschiedene Ursachen haben. Netzwerke können wichtig sein für den Zugang zu Informationen. Dies können ganz praktische Informationen sein, wie zum Beispiel wo die besten Plätze zum Lernen sind oder wie man zu guten Lernmaterialien kommt. Andererseits gibt es psychologische Aspekte. Das Gefühl gut eingebettet zu sein, gibt einem eine höhere Stressresilienz im Studium. Das Lernen in Gruppen kann aber oft auch einfach motivierender und einfacher sein.

ANG: Während der Corona Pandemie waren wir ja alle zeitweise mit Lockdowns und allgemein vermehrt mit sozialer Isolation konfrontiert. Konnten Sie Beobachtungen während dieser Zeit machen?

CS: Wir haben uns tatsächlich vor und während Corona soziale Netzwerke angeschaut im Kontext der Studie mit Studierenden-Netzwerken. Wir waren in der interessanten Situation, dass wir schon seit 2017 Daten erhoben hatten zur Veränderung der sozialen Netzwerke. Anfangs 2020, mit Beginn der Corona-Krise, konnten wir dann die Befragungen weiterführen und erforschen, wie sich die sozialen Netzwerke und die mentale Gesundheit der Studierenden veränderte. ...

Liebe Leserinnen und Leser! Wenn ihr herausfinden wollt, wie sich die Netzwerke während Corona verändert haben und was dies für die mentale Gesundheit bedeutet, dann findet ihr den Rest des Interviews auf unserem Podcast "andersch kompliziert!?"-:-)

Neben Corona werden wir im Gespräch natürlich auch noch auf die Sozialen Medien eingehen und Professor Stadtfeld wird uns verraten, welche seiner Studienergebnisse ihn am meisten überrascht haben.

«WIR GEBEN NICHT VOR, WAS SIE DENKEN MÜSSEN.»»

SONDERAUSSTELLUNG ICH TIER WIR IM NATURAMA

Von Ausbeutung bis Zuneigung: Das Verhältnis zwischen Mensch und Tier ist widersprüchlich. Hauskatzen werden verhätschelt, Hühner geschlachtet, Igel gerettet und Hunde erzogen. Die am 29. September 2023 eröffnete Sonderausstellung im Museum Naturama zeigt die Mensch-Tier-Beziehung ebenso vielschichtig wie emotional. ICH TIER WIR ist bis am 7. Juli 2024 in Aarau zu sehen.



www.naturama.ch/tier



Die Idee und Umsetzung stammt von Peter Kuntner des Aarauer Szenografiebüros fischteich.

Warum wenig Text, aber viel Platz für eigene Gedanken zum Konzept gehören, erklärt der Ausstellungsmacher im Interview.

Peter Kuntner, worum geht es in der Sonderausstellung ICH TIER WIR?

Im konkreten Sinn: Wie gehen wir mit Tieren um? Wofür brauchen wir sie? Wie dienen sie uns, wo dienen wir ihnen? Verhaltensbiologinnen und Evolutionsforscher entschlüsseln immer mehr, wie nah wir uns sind. Wir müssen eingestehen: Wir sind auch Tiere.

Was erhoffst du dir beim Publikum auszulösen?

Wir haben kein Vermittlungsziel, wir wollen den Besuchenden nichts beibringen. Wir möchten sie verschiedenen Situationen aussetzen und Dinge zeigen, die wertfrei sind. Aber natürlich wird es etwas auslösen, sich mit dem eigenen Verhältnis zu Tieren zu beschäftigen.

Hat sich dein Verhältnis zu Tieren während der Arbeit an dieser Ausstellung verändert?

Definitiv. Ob das nur wegen dieser Arbeit war, weiss ich nicht. Es änderte sich auch das gesellschaftliche Verhältnis zu Tieren in den letzten Jahren. Was sich etwa am Angebot von veganen Fleischersatzprodukten in den Supermärkten zeigt.

Bei ICH TIER WIR geht es aber um mehr als die Nutztierhaltung und Fleischkonsum.

Richtig, wir nehmen verschiedenste Perspektiven ein. Der Tod von Tieren wird auf zwei Arten beleuchtet: Einerseits der Verlust von Haustieren und die ganze Beerdigungsindustrie. Andererseits der meist unbedeutende Tod von Wildtieren auf der Strasse. Ein anderer Aspekt ist die Haltung von Haustieren. Bei Hund oder Katze wird das Verhältnis wirklich gelebt. Dazu zeigen wir Interviews und Fotografien, die den Facettenreichtum darstellen.

Das Naturama wird von vielen Familien und Schulklassen besucht. Wie wird die Ausstellung für Kinder zugänglich gemacht?

ICH TIER WIR ist eine Art Essay-Ausstellung, darum ist es ein Experiment. Was wir zeigen, ist einfach mal Oberfläche. Bei den Filmen sehe ich keine Philosophie, ich sehe Lamas im Altersheim, Ratten, die Minen aufspüren oder Hühner, die geschlachtet werden. Das ist nichts Schwieriges. Das können auch Kinder anschauen und dann entsteht etwas: Gedanken, Gefühle ... Wir machen es niemandem einfach und geben nicht vor, was sie denken müssen.

Rund um die Sonderausstellung
«ICH TIER WIR – Eine sonderbare Beziehung»

Im Rahmen von ICH TIER WIR gibt es im Naturama vieles zu entdecken. In der «Galerie Helix» im Treppenhaus dokumentiert eine Fotoreihe von Fabienne Gantenbein die Geburt, das Leben und den Tod zweier Ziegen auf einem Schweizer Bauernhof. In der Dauerausstellung wurden Angebote wie der «Fotomat», das «Naturlabor» oder «Mitmach-Museum» mit neuen Inhalten aufgefrischt.

Die Begleitveranstaltungen sind so vielseitig wie das Thema der Sonderausstellung selbst: Diskussionsrunden, Exkursionen, Familienevents, Führungen, Kindernachmittage, Kochkurse und Weiterbildungen für Lehrpersonen.



Die Ausstellungsmacher: Peter Kuntner (rechts) und Stephan Lichtensteiger bilden das Kernteam des Szenografiebüros fischeich.
Foto: Naturama Aargau

VORTRÄGE

Dezember 2023 – März 2024

Generalversammlung ANG

Montag, 18. März 2024



Aktuelle Informationen oder Programmaktualisierungen finden sich auf www.ang.ch

naturama
Museum+Natur

ICH TIER WIR
Eine sonderbare Beziehung

Sonderausstellung
29. September 2023 – 7. Juli 2024
naturama.ch/tier

Naturama Aargau, Feerstrasse 17, 5000 Aarau, naturama.ch

Der Ausstellungsmacher Peter Kuntner (Szenografiebüro fischeich) führt an folgenden Daten selbst durch ICH TIER WIR und plaudert aus dem Nähkästchen:

Sonntag, 7. Januar 2024,
11.00 bis 11.45 Uhr

Donnerstag, 25. April 2024,
17.00 bis 17.45 Uhr

Detaillierte Informationen finden Sie unter www.naturama.ch/tier

VORTRÄGE EINTRITT FREI

Naturama Aargau, Mühlberg-Saal

**BEGINN VORTRÄGE
19:30 Uhr, anschliessend Apéro**

DO, 22.02.2024

NEUE SAURIERFUNDE AUS FRICK

DO, 14.03.2024

ALIENS, EXOPLANETEN UND ASTROBIOLOGIE
[... UND KÜNSTLICHE INTELLIGENZ]

EXKURSION

SO, 28.04.2024

ESSBARE PFLANZEN

Beschreibung:

Diese Exkursion findet im Rahmen eines Kurses statt, bei dem wir die Gelegenheit haben, mehr über die essbaren Pflanzen zu erfahren, die auf unseren Wiesen und in unseren Wäldern wachsen. Wir werden diese Pflanzen suchen, bestimmen und gegen Ende des Kurses für unser anschliessendes Mittagessen selbst zubereiten [Picknick].

Rapperswil, 10.00 Uhr.

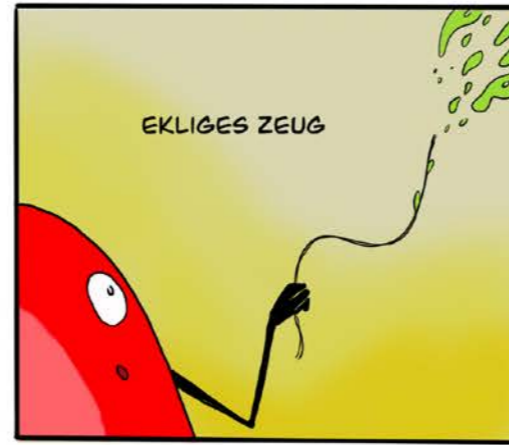
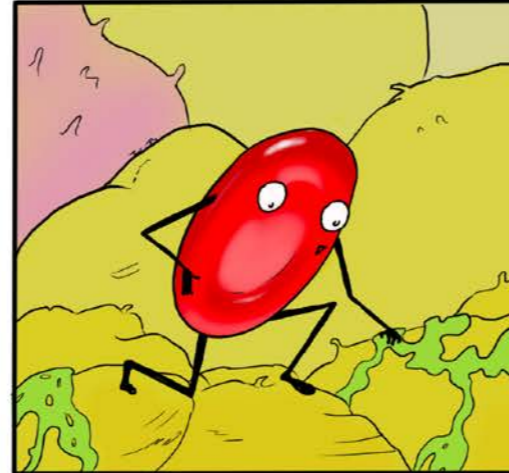
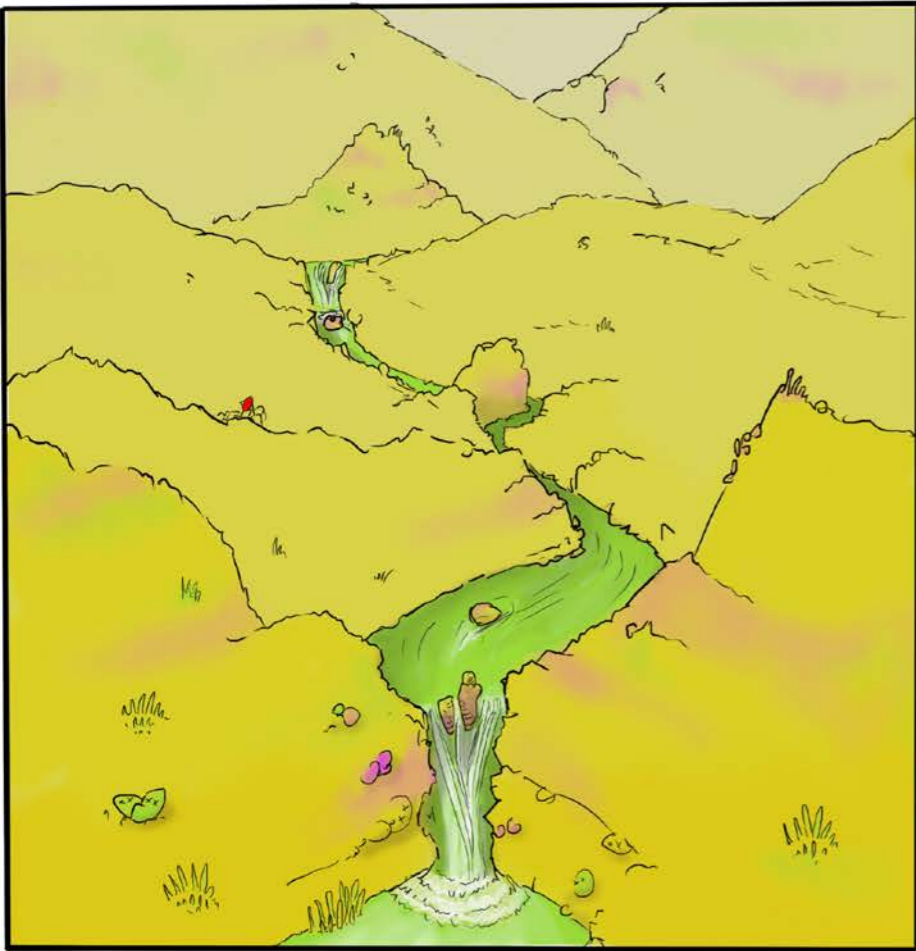
Die Exkursion inkl. Mittagessen dauert bis ca. 14.00 Uhr.

www.ang.ch

ERI'S WELT

EIN COMIC VON
ANDRIN WACKER

ERI ENTFÜHRT UNS HEUTE WIEDER EINMAL IN DIE WINZIGE WELT DER ZELLEN UND WIRD UNS ERKLÄREN, WIE ZELLEN AUF DEN UNTERSCHIEDLICHSTEN EBENEN VERNETZT SIND. ABER WO IST ERI DENN BLOSS? ER SCHEINT AUF EINEM SCHLACHTFELD ZU STEHEN. EIN INFEKT HAT GEWÜTET, MILLIONEN VON IMMUNZELLEN SIND IN DIE SCHLACHT GEZOGEN UND KONNTEN DEN INFEKT NIEDERRINGEN. DER PREIS WAR HOCH, UNMENGEN AN TOTEN ZELLEN, VIELE HABEN IM KAMPF ALLES GEGEBEN. EINIGE IMMUNZELLEN HABEN GAR IHR INNERSTES - IHRE ERBSUBSTANZ - IN EINER HARAKIRI AKTION AUF DEN FEIND GESPUKT UND DIESEN SO IN EINEM KLEBRIGEN NETZ AUS EIWESSEN UND ERBSUBSTANZ GEFANGEN...^{*1}



EKLIGES ZEUG

*1: NEUTROPHIL EXTRACELLULAR TRAPS - KURZ NET - SIND NETZE, DIE IMMUNZELLEN, SOGENANNT NEUTROPHILE, AUF BAKTERIEN SPUKEN. DIESE NETS BESTEHEN AUS ERBSUBSTANZ (PNA) UND EIWESSEN. MEIST STERBEN DIE IMMUNZELLE BEI DIESER AKTION AUCH SELBER.



OH, HALLO LEUTE. HEUTE WENDEN WIR UNS DER VERNETZTEN WELT DER ZELLEN ZU. IN UNSEREM KÖRPER EXISTIEREN KOMPLEXE NETZWERKE AUF VERSCHIEDENEN EBENEN.



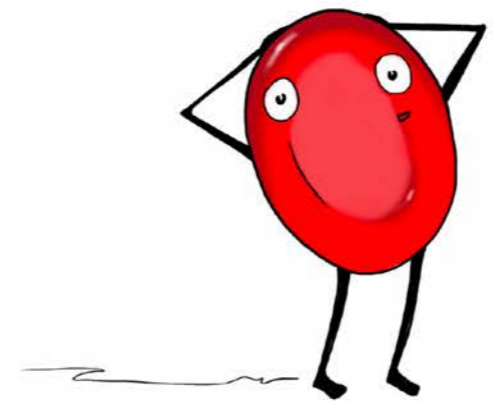
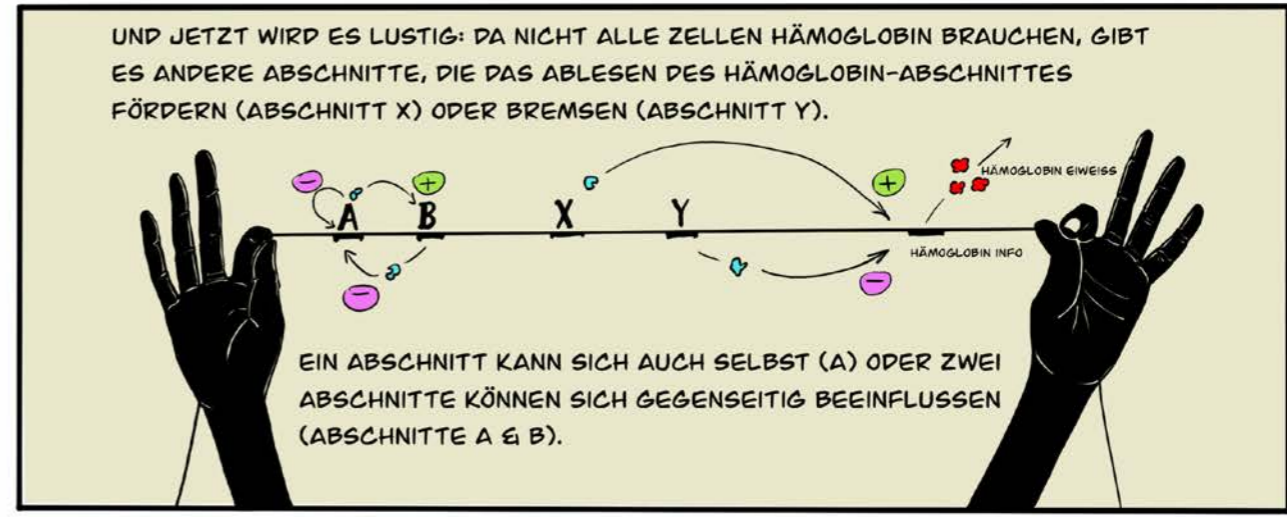
LASST UNS IM KLEINEN STARTEN, BEI UNSERER ERBSUBSTANZ. BEKANNTLICH EIN LANGES, FÄDIGES MOLEKÜL. EINZELNE KLEINE ABSCHNITTE AUF UNSERER ERBSUBSTANZ ENTHALTEN DEN BAUPLAN FÜR UNSERE EIWESSE, ODER PROTEINE, WIE WIR SIE AUCH NENNEN.



HIER LIEGT ZUM BEISPIEL DER ABSCHNITT, ALSO DAS GEN, DER DIE INFO FÜR DAS SOGENANNT HÄMOGLOBIN² TRÄGT.

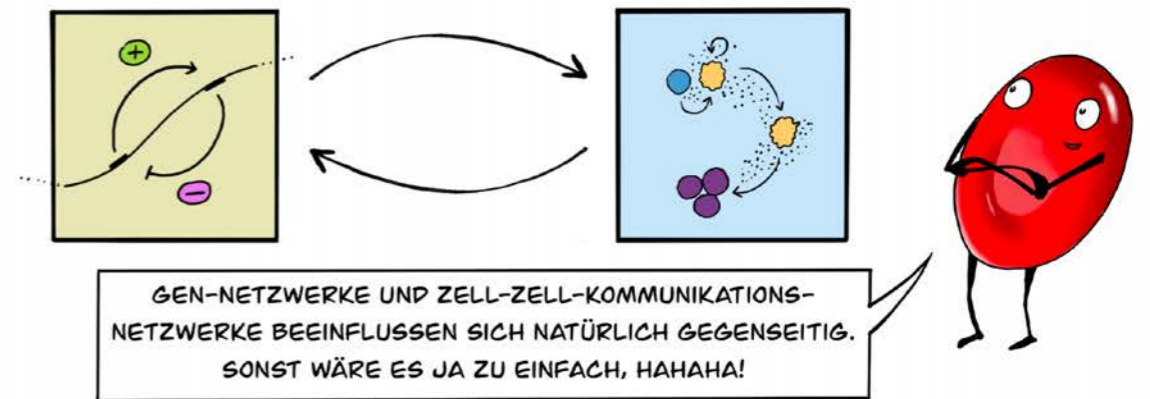
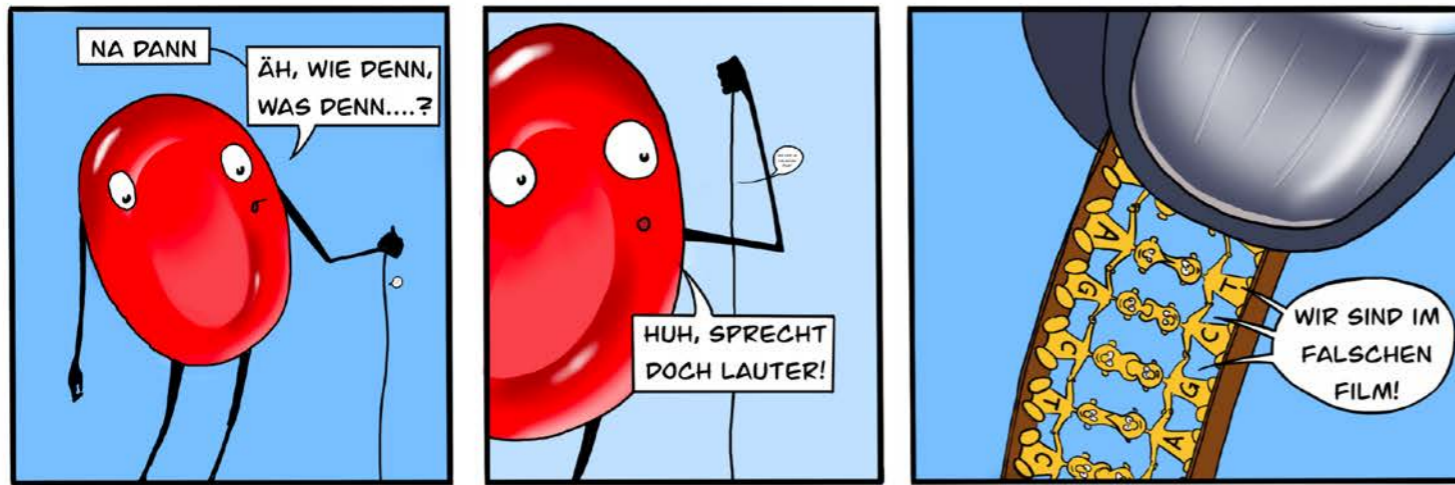


WENN DIESER ABSCHNITT ABGELESEN WIRD - WAS IN MEINER JUGEND REGE GEMACHT WURDE - WIRD HÄMOGLOBIN GEMACHT. IHR WISST SCHON, DAS EIWESS, WELCHES EISEN ENTHÄLT UND FÜR DEN SAUERSTOFF-TRANSPORT WICHTIG IST. UND MICH SO SCHÖN ROT MACHT.

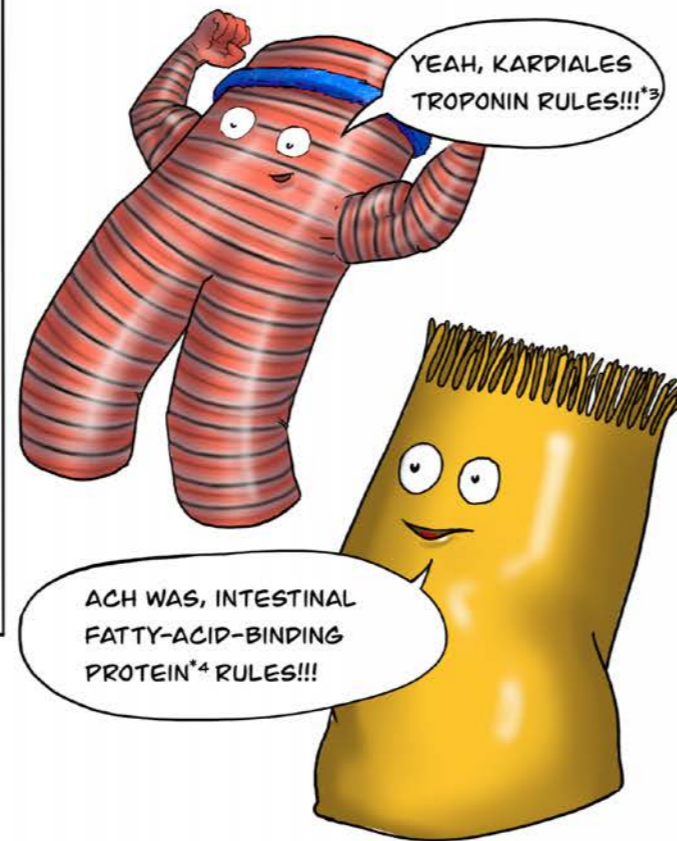


EI, EI, EIWESS! IHR SEHT SCHON, SO KÖNNEN SEHR KOMPLEXE STEUERUNGSNETZWERKE ENTSTEHEN. DIESE FÜHREN DANN DAZU, DASS ZELLEN UNTERSCHIEDLICHE ABSCHNITTE AKTIV ABLESEN. DIE AKTIVEN ABSCHNITTE BEEINFLUSSEN WIEDERUM DIE IDENTITÄT DER ZELLEN.

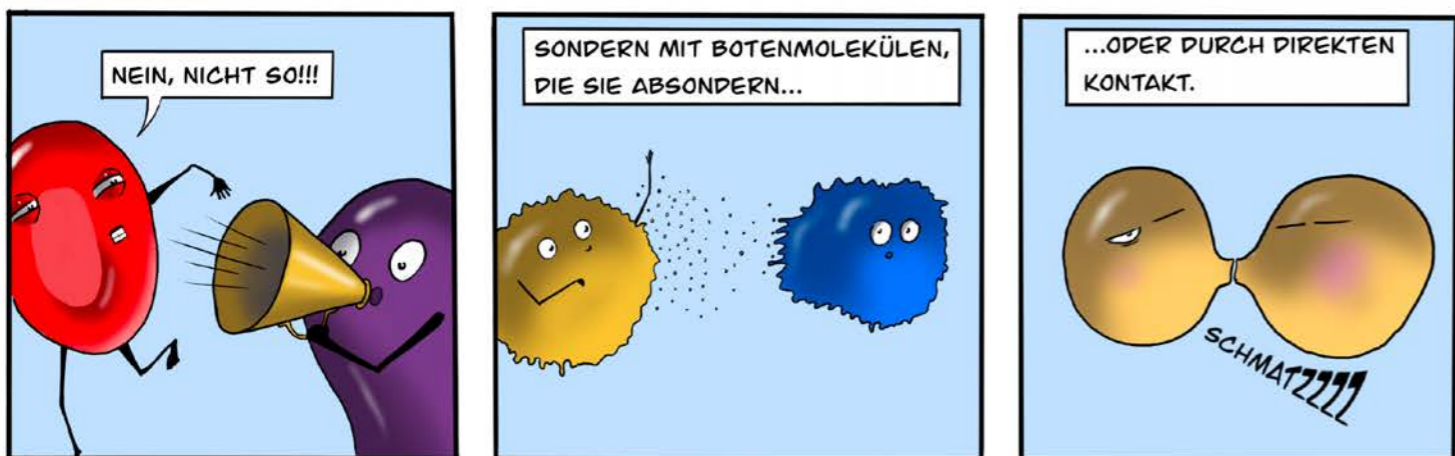
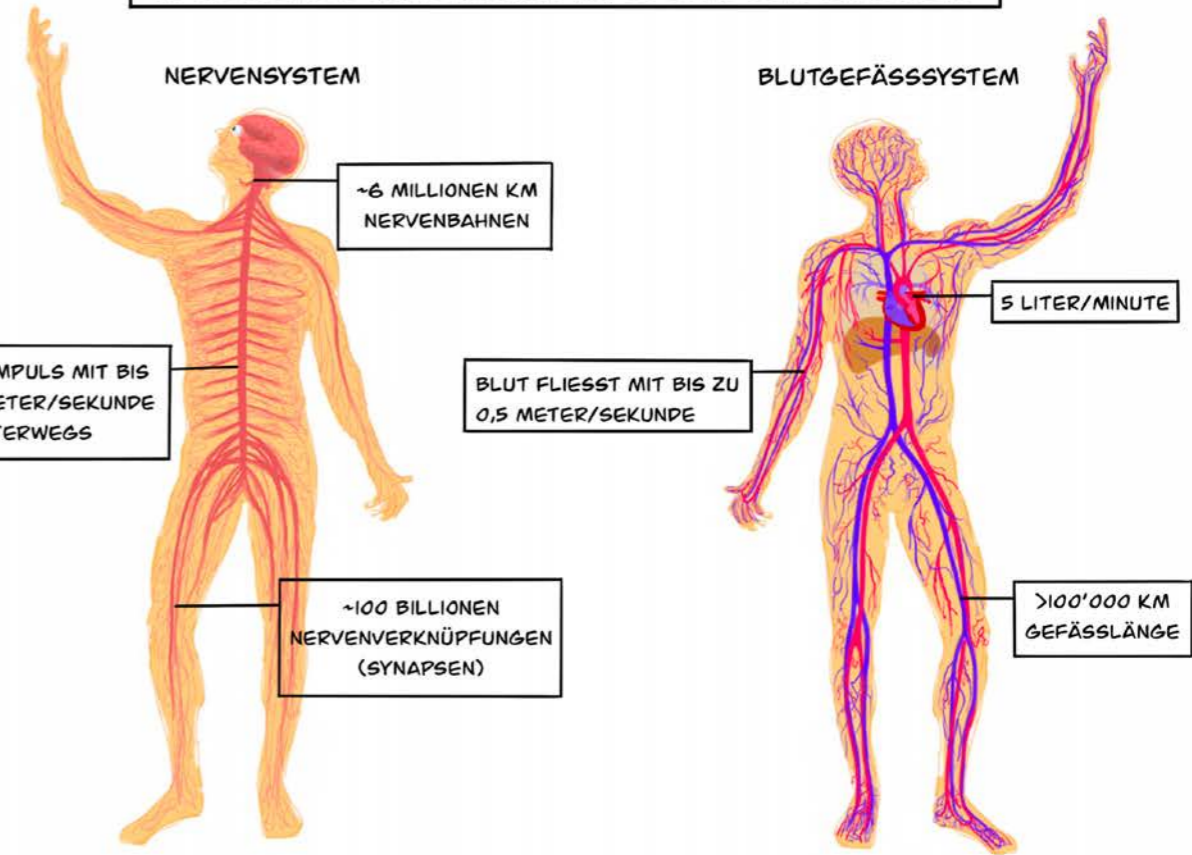
*2: DIE FÄDIGE ERBSUBSTANZ, DIE IN EINER EINZIGEN ZELLE STECKT IST GANZE 1.8 METER LANG. DER ABSCHNITT FÜR HÄMOGLOBIN (GENAUER: EINE DER 4 UNTEREINHEITEN) IST IN ETWA 0.0002 MILIMETER KURZ.



HAB NIX VERSTANDEN! EGAL, WIR FASSEN ZUSAMMEN: GEN-NETZWERKE STREUERN DIE AKTIVITÄT DER GENE. DIE AKTIVEN GENE BEEINFLUSSEN DANN DIE IDENTITÄT UND FUNKTION DER ZELLE. EINE HERZMUSKELZELLE HAT ALSO ANDERE GENE AKTIVIERT ALS EINE DARMZELLE. SIE HABEN DAHER EINE UNTERSCHIEDLICHE AUSSTATTUNG AN EIWEISSEN UND UNTERSCHIEDEN SICH IN FORM UND FUNKTION.



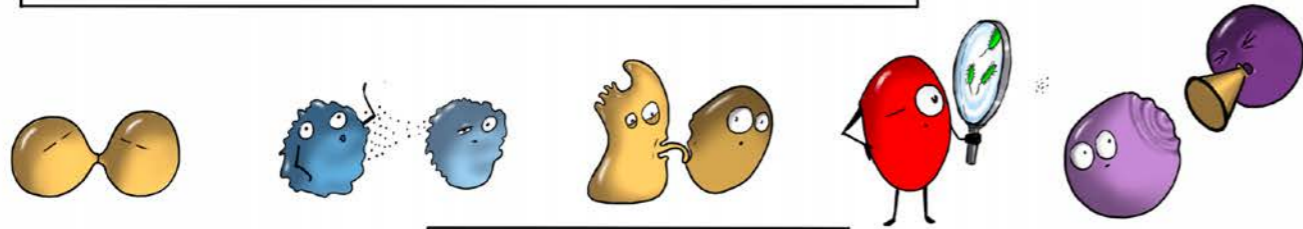
NUN KOMMUNIZIEREN NATÜRLICH DIE ZELLEN IM KÖRPER MITEINANDER UND - IHR HABT ES SICHER SCHON ERRATEN - BILDEN SO EIN KOMPLEXES KOMMUNIKATIONSNETZWERK.



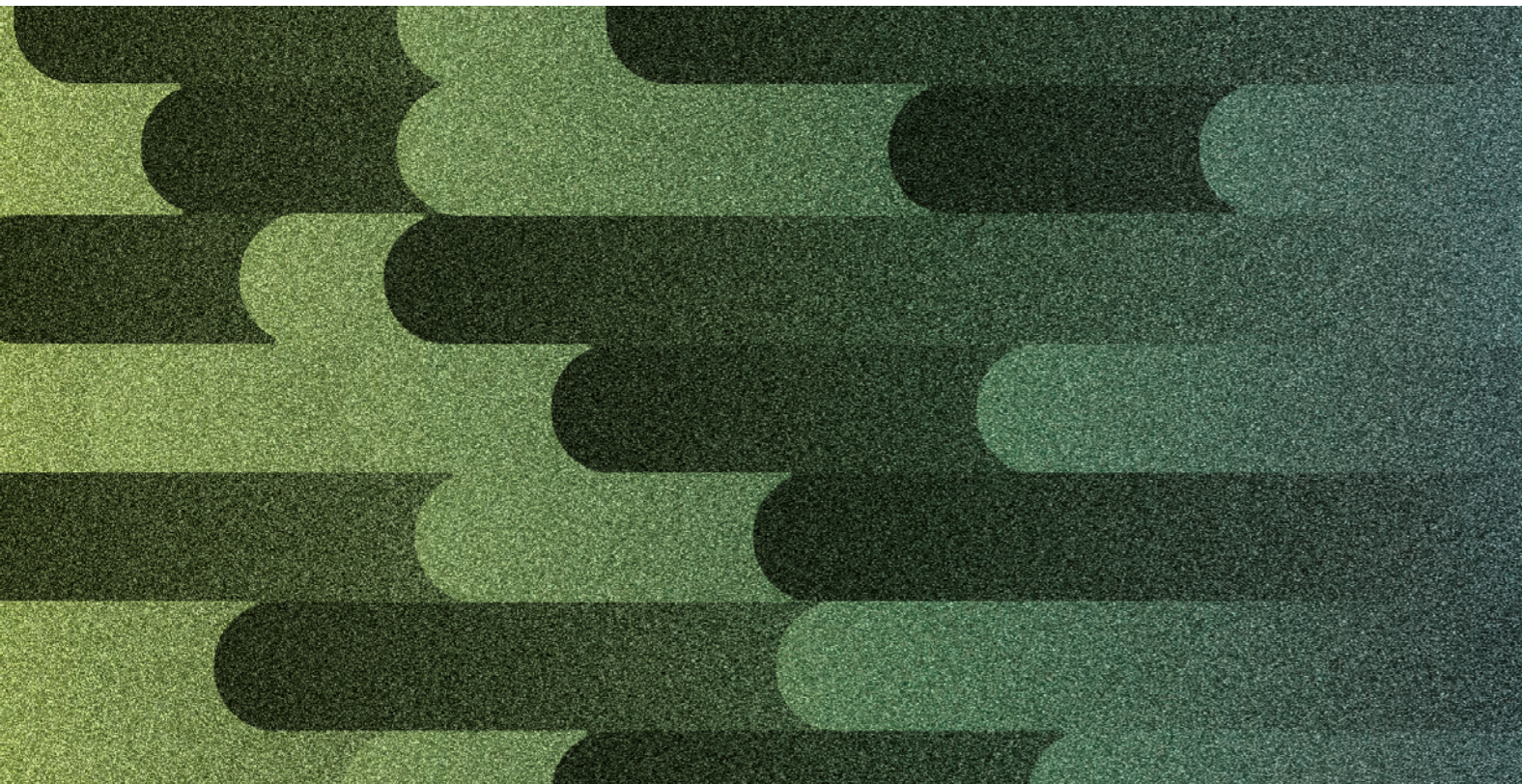
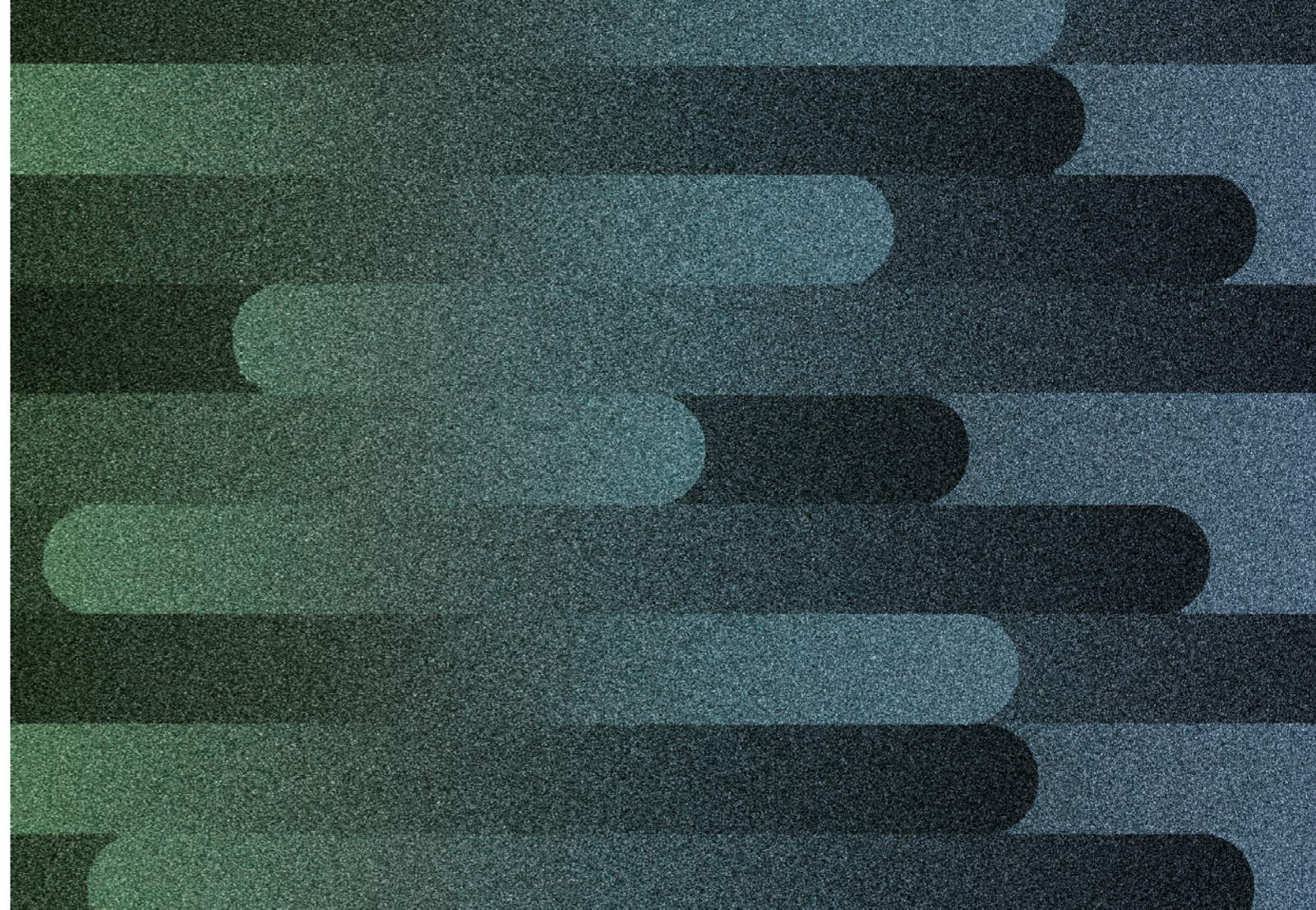
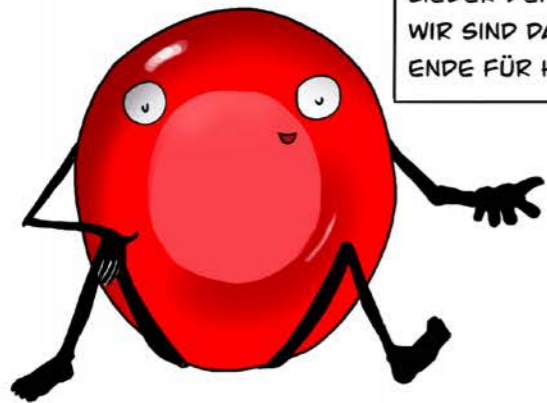
*3 : "KARDIALES TROPONIN", WIE DER NAME EINIGEN VIELLEICHT VERRÄT, IST EIN EIWEISS IN HERZMUSKELZELLEN (KARDIOMYOZYTEN) UND FÜR DIE MUSKELKONTRAKTION WICHTIG. EIN ERHÖHTES TROPONIN-VORKOMMEN IM BLUT DEUTET AUF EINE SCHÄDIGUNG DES HERZMUSKELS HIN.
 *4 : DAS EIWEISS "INTESTINAL FATTY-ACID-BINDING PROTEIN" IST WICHTIG FÜR TRANSPORT UND METABOLISMUS LANGER FETTSÄUREKETTEN.



IHR DENKT WOHL WIR SIND JETZT AM ENDE? WEIT GEFEHLT! ZELLEN KÖNNEN JA EIGENTLICH AUCH MIT ZELLEN ANDERER INDIVIDUEN KOMMUNIZIEREN. WIR SPÜREN, WIR RIECHEN UND SCHMECKEN, WIR SEHEN UND HÖREN. JAJA, ALLE UNSERE SINNE WERDEN VON ZELLEN VERMITTELT. DA ERÖFFNEN SICH GANZ NEUE WEGE DER KOMMUNIKATION UND ES ENTSTEHEN... GENAU, NEUE NETZWERKE!



ABER MAL EHRLICH, DIESE NETZWERKE SIND AUSSERHALB MEINER EXPERTISE UND ICH ÜBERLASSE DIESE DAHER LIEBER DEN EXPERTEN. TJA, WIR SIND DANN ALSO DOCH AM ENDE FÜR HEUTE... HAHA!!!



Ein Lächeln kostet nichts. Das Konto bei der AKB auch nichts. Wir verzichten auf sämtliche Kontoführungsgebühren und Buchungsspesen.

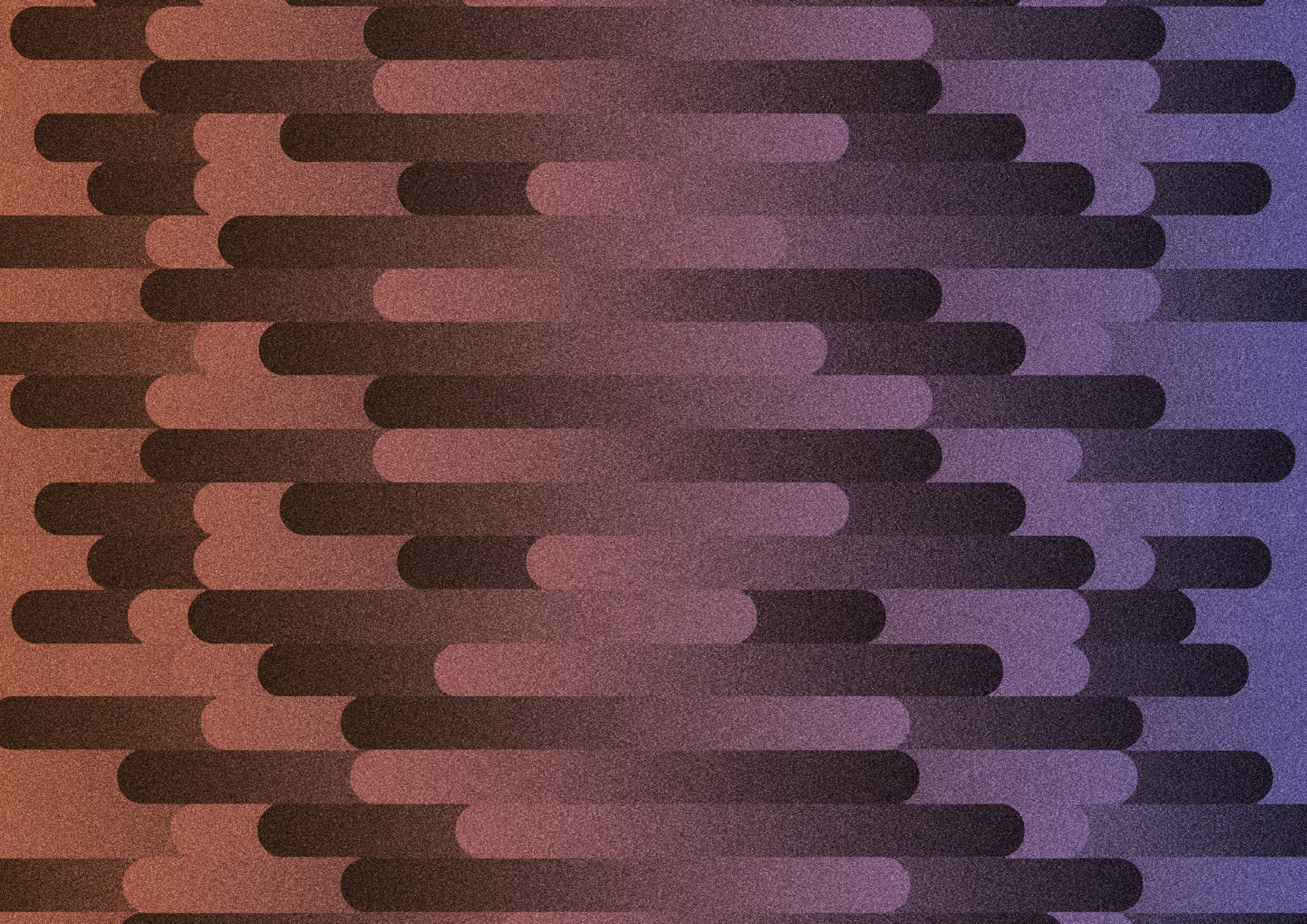


akb.ch/konto

Am
nichtigen
07.ch



Aargauische
Kantonalbank



NETZWERKE FÜRS LEBEN



Thorsten Wiegiers, Fotograf: Marcel Burkhardt

Thorsten Wiegiers

Thorsten Wiegiers ist Biologe und Fachjournalist. Bei der Schweizerischen Vogelwarte kümmert er sich mit seinem Team darum, dass Themen aus der Forschung und Förderung der Vogelwelt zu einem besseren Verhältnis von Mensch und Natur beitragen.



Mehr als fressen und gefressen werden - Nahrungsnetze können sehr komplex sein, Foto Marcel Burkhardt

Kreisläufe sind den meisten Menschen noch aus dem Biologie-Unterricht ein Begriff. Mit Netzen oder - zunehmend häufiger gebraucht - Netzwerken aber verbinden viele in erster Linie technische Einrichtungen. Strom-, Daten-, Schienennetze, das sind wohl die prominentesten Assoziationen. Seit einigen Jahren steht auch noch das sogenannte «Netzwerken» hoch im Kurs, wenn es darum geht, unseren sozialen Bedürfnissen nach Verbindung mit Gleichgesinnten auch in einer modernen Welt gerecht zu werden oder – bei den reduzierteren Ansätzen – die eigene Karriere voranzutreiben. Hier kommen wir unserem Thema schon etwas näher: Netze und netzartige Zusammenhänge in der Natur. Auf unserem Planeten steht nichts Lebendiges isoliert da. Vieles – wenn nicht alles – ist miteinander verbunden. Auch die Kreisläufe, die für Stoffwechselfvorgänge, chemische Synthesen, klimatische und jahreszeitliche Zusammenhänge oder Entwicklungszyklen eines natürlichen Organismus, die teils sehr gut untersucht und beschrieben sind, stehen nicht im isolierten Raum. An jedem Punkt oder Stadium eines solchen Netzwerkes setzen andere Einflüsse an, die sich auf die Abläufe auswirken. Die Prozesse können zeitlich beeinflusst werden, in ihrer Intensität und stofflichen Menge oder Qualität. Hebt man bildlich gesprochen den forschenden Blick, so ergibt sich ein unüberschaubares Netz an natürlichen Zusammenhängen.

NAHRUNGSNETZE – MEHR ALS NUR FRESSEN UND GEFESSEN WERDEN

Von den verschiedenen Netzen in der Natur sind die Nahrungsnetze wohl am bekanntesten. Die spektakulären Bilder riesiger Sardinenschwärme vor der südafrikanischen Küste, die von grossen Beutegreifern, wie Thunfischen, Haien und Walen, im Wasser und von Hunderten Kaptölpeln aus der Luft als Nahrungsbuffet dienen, haben viele Menschen in Naturfilmen bestaunt. Zunächst offenbaren diese Bilder dem Betrachter eine Nahrungskette, ein Zusammenhang, der schon im 9. Jahrhundert vom arabischen Gelehrten al-Dschahiz beschrieben wurde. Die Beziehungen von pflanzlichen Produzenten, Primärkonsumenten bis hin zu Spitzenprädatoren beschäftigt die Menschen also schon seit vielen Jahrhunderten. Vor rund 100 Jahren hat der britische Zoologe Charles Elton die Nahrungsbeziehungen in der Natur dann als komplexes Geflecht beschrieben und den Betrachtungshorizont um eine Dimension erweitert. Auch hinter dem finalen Szenario im Ozean, bei dem verschiedene Prädatoren gemeinsam ganze Sardinenschwärme vertilgen, verbirgt sich ein Netz aus Nahrungsbeziehungen mit mehreren Ebenen.

Besondere Strömungen spülen einmal im Jahr Nährstoffe aus der Tiefsee an die Oberfläche. Unter diesen Umständen finden photosynthesebetreibende Bakterien und kleines Phytoplankton ideale Bedingungen, um sich im grossen Stil massenhaft zu vermehren. Das Phänomen ist als Algenblüte sogar aus dem Welt- raum zu sehen. Auf diese erste Stufe folgen Kiesel- algen und grösseres Phytoplankton, was wiederum die ersten mikroskopisch kleinen Prädatoren auf den Plan ruft, das Zooplankton. Diese Kleinsttiere und -krebse locken Millionen von Sardinen an, die wir aus den Naturfilmen kennen. Für alle Stufen gilt, dass die hohe Beuteabundanz grosse Mengen an Beutegreifern anlockt. Doch diese so komprimiert und massenhaft sehr deutlich werdende Kette steht nicht isoliert, sondern die einzelnen Stufen sind wiederum mit weiteren Nebenästen verknüpft. Allein schon die zeitliche Begrenzung des beschriebenen Phänomens macht deutlich, dass es Folgeverknüpfungen an anderer Stelle haben muss. Und schliesslich geht es auch bei den Spitzenprädatoren weiter: Denken wir an deren Nachwuchs oder an deren Ableben, wenn Aasfresser und, ein paar Stufen tiefer, kleine Destruenten als weitere Anknüpfungspunkte im Nahrungs- netz auf den Plan rücken. Viele Fäden, die miteinander verknüpft sind, ergeben so ein komplexes und sich dynamisch veränderndes Netz.

Um einen Eindruck vom Nahrungsnetz zu bekommen, müssen wir nicht in die Ferne blicken. Auch vor unserer Haustür lässt es sich entdecken. Zum Bei- spiel in einem heimischen Garten. Nehmen wir die besonders im Spätsommer und Frühherbst auffällige Gartenkreuzspinne als Ausgangspunkt im Nahrungs- netz. Mit ihrem kunstvoll gewebten Radnetz, von dem hier aber nicht die Rede sein soll, fängt sie ihre Beute. Vor allem Insekten verfangen sich in dieser Falle: Fliegen, Schwebfliegen, Wespen und Hummeln, Falter, selbst Heuschrecken kann es erwischen. Viele dieser Insekten ernähren sich selbst räuberisch, wie einige Wespen, haben sich von Pflanzenblättern ernährt oder dem Nektar von Ackerkratzdistel oder dicken Bohnen im Gemüsebeet. Die jungen Garten- kreuzspinnen, im Frühjahr gerade mal stecknadel- gross, haben sich von den ersten Blattläusen ernährt. Nun stehen Gartenkreuzspinnen aber selbst auf dem

Speiseplan anderer Tiere. Zaunkönige oder Meisen greifen auch gerne bei Spinnen zu. Vor allem wenn es darum geht, die Brut zu füttern, sind bei ihnen Jung- spinnen neben Blattläusen begehrt. Auch Spitzmäuse und Erdkröten fressen Spinnen. Singvögel, Amphi- bien und Spitzmäuse stehen wiederum auf der Beute- Liste grösserer Beutegreifer. So entspinnt sich selbst in einem typischen Schweizer Garten ein ganzes Netz aus Beziehungen zwischen Pflanzen, Insekten, Vögeln, Kleinsäugetern bis hin zu grösseren Beute- greifern, wie Sperber oder Steinmarder. Teilweise stehen einige mehrfach miteinander in Verbindung. In natürlichen Biotopen wie Mooren oder dem Hochgebirge können das hochspezialisierte Beziehungen sein.

Nahrungsnetze sind nicht auf Tiere und Pflanzen beschränkt, auch Pilze sind daran beteiligt. Nicht nur als Destruenten von tierischen und pflanzlichen Überresten erfüllen sie wichtige Aufgaben im Netz- werk der Natur, auch in einer «konstruktiveren Rolle» haben sie es als Mykorrhiza-Systeme zu einer gewissen Bekanntheit gebracht. Die Erweiterung des Wurzelnetzes der Bäume um das der Pilzhyphen, welches in der Lage ist, Pflanzen in grossen Netz- werken zu verbinden, ist nur ein Aspekt. Losgelöst von diesem symbiotischen «Beziehungsnetz» bildet das Geflecht aus Pilzhyphen selbst im Boden ganz physisch ein Netz.

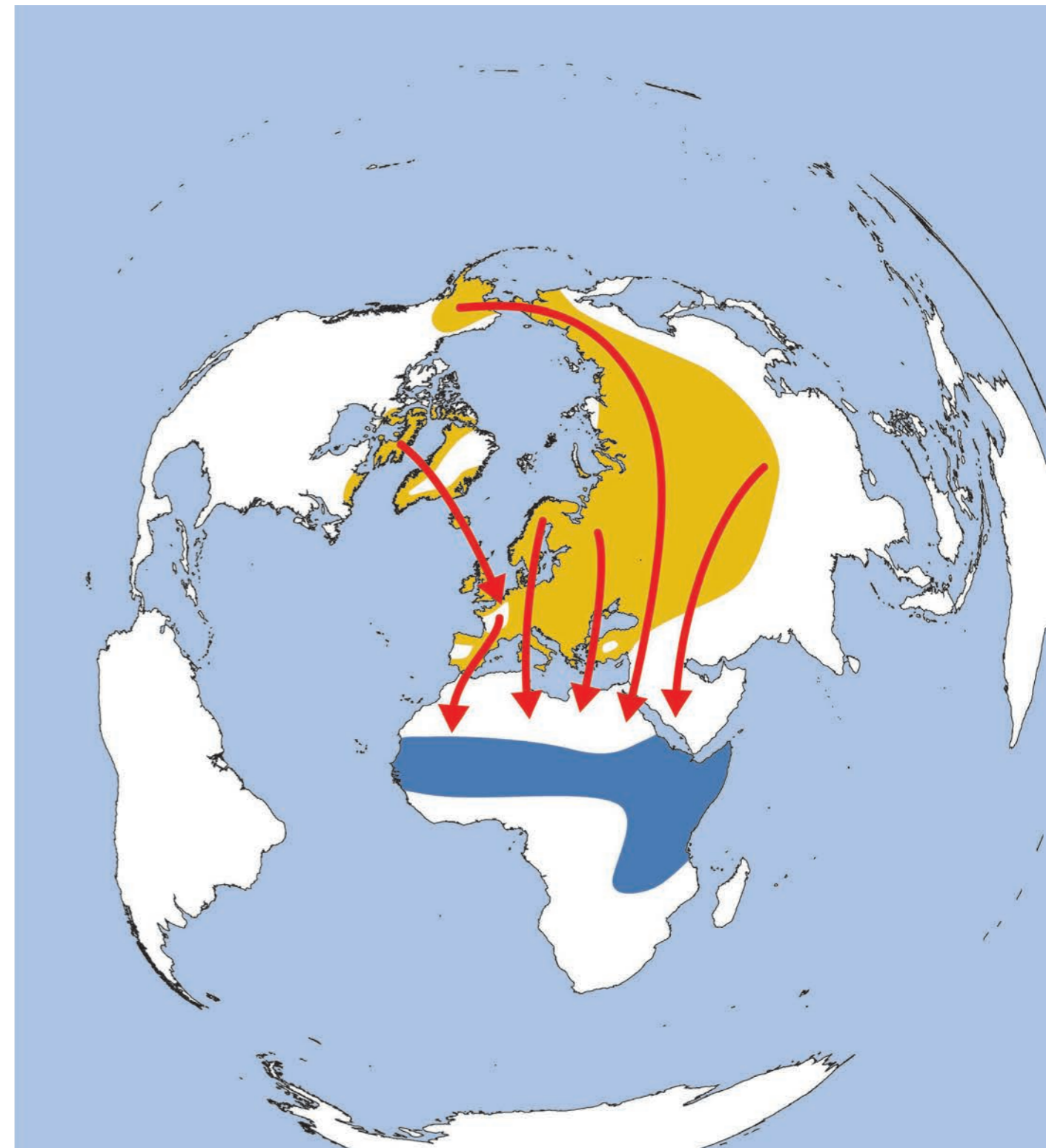


MOSAIK DES LEBENS: NETZWERK DER LEBENSÄUUME

Schon deutlich weniger bekannt als die Nahrungsnetze, aber nichtsdestotrotz ein genauso entscheidender Faktor in einer funktionierenden Natur, ist das Netzwerk der Lebensräume. In unserer von Menschen geprägten Landschaft bemühen sich Naturschützer und Behörden um einen sogenannten Biotopverbund mit naturnahen Strukturen zwischen einzelnen Schutzgebieten oder sogenannten Trittstein-Biotopen zwischen natürlichen Restflächen. Ein wichtiges Ziel dahinter ist es, den Austausch zwischen benachbarten Populationen von Tieren und Pflanzen zu gewährleisten. Wer fliegen kann, ist klar im Vorteil, doch nicht alle Pflanzen und Tiere können grosse Entfernungen überbrücken. Auch unter natürlichen Bedingungen gibt es Grenzen, die geographisch bedingt sein können oder durch Störungen wie Stürme oder Überflutungen entstehen. Anders als in einer vom Menschen geformten Landschaft entstehen aber in der natürlichen Dynamik sukzessive wieder neue verbindende Strukturen. Heute ist die Bedeutung der ökologischen Konnektivität der Biotope erkannt. Und weil es hieran oft mangelt, gibt es sogar einen Schutzgebiets-Isolations-Index.

Lebensräume sind also auf verschiedenste Weise miteinander verbunden. Dabei machen die physisch sichtbaren Landschaftselemente wie Wege, Flüsse und andere langgestreckte Strukturen und Säume nur einen Teil aus. Mosaik, Parklandschaft sind typische Begriffe dafür. Es gibt darüber hinaus auch Netze, die von Tieren und Pflanzen geschaffen und unterhalten

werden. Manchmal besteht diese Verbindung auch nur temporär. Wandernde Tiere zum Beispiel können sogar Kontinente miteinander verbinden. Dabei werden bestimmte Korridore und Routen recht zuverlässig von den jeweiligen Vogelarten genutzt. Doch insgesamt handelt es sich auch bei diesem Wegenetz um keine starre Einrichtung. Bei manchen Vogelarten, wie der Mönchsgrasmücke, konnten Ornithologen durch die systematischen Erfassungen feststellen, dass bestimmte Populationen ihre Zugrouten umgestellt haben. Andere Arten, wie der Weissstorch oder der Rotmilan, stellen teilweise ihr Zugverhalten um und verbringen die milden Winter in den Brutgebieten. Ob Langstreckenzieher, die südlich der Sahara ihr Winterquartier haben, oder Teilzieher, die nur in mildere Gebiete in der Nähe ausweichen: Alle sind auf Lebensraumnetze angewiesen, die sich durchaus als Brut-, Rast oder Winterquartier je nach Anspruch in ihrer Struktur und Qualität unterscheiden können. Der Transport von Stoffen, die Verbreitung von Samen oder «blinden Passagieren» - was wirklich alles entlang solcher Netzwerk-Strukturen passiert, lässt sich wohl nur erahnen.



*Zugrouten des Steinschmätzers - wandernde Tiere verbinden Kontinente.
Zugvögel vernetzen Brut-, Rast- und Überwinterungsgebiete über Kontinente hinweg.
Grafik Schweizerische Vogelwarte*

SOCIAL NETWORKING – KEIN MENSCHLICHES ALLEINSTELLUNGSMERKMAL

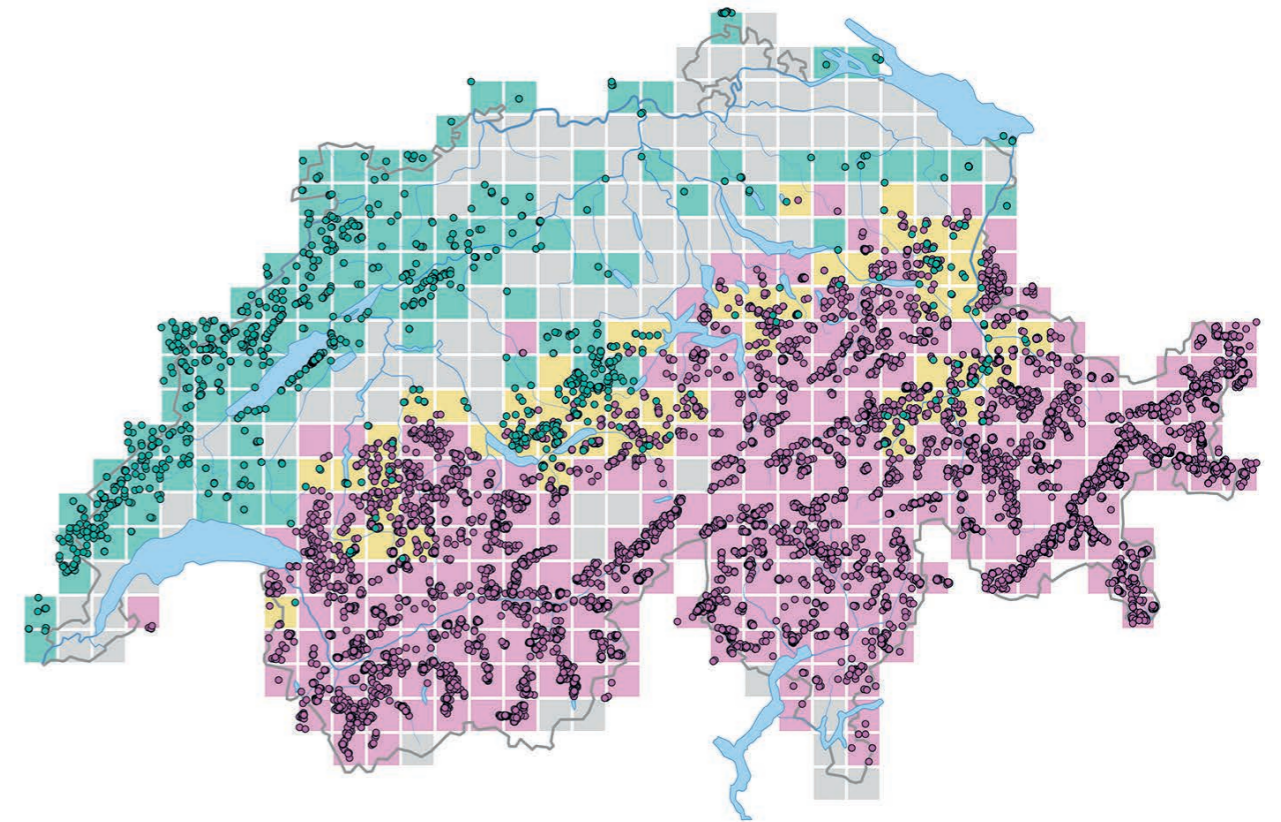
Wenn wir eingangs das heute häufig thematisierte «Netzwerken» erwähnt haben, löste das vermutlich bei den wenigsten Menschen tierische Assoziationen aus. Dabei ist es nicht allein uns Menschen eigen, sich um ein soziales Netzwerk zu kümmern oder zumindest in einem zu leben. Tierische Beziehungsgeflechte gehören auch heute noch zu den grössten Rätseln der Biologie. Dennoch haben es einige zu einer gewissen Popularität gebracht: Delfine bilden soziale Netzwerke, Honigbienen und andere staatenbildende Hautflügler werden als «soziale Bienen» bezeichnet, weil die miteinander eng vernetzte Gemeinschaft aus Einzelindividuen einen Superorganismus bildet. Aus der Vogelwelt sind Koloniebrüter wie die Dohlen gut erforscht und wir wissen: In der Dohlenkolonie hält man zusammen, das Netzwerk ist belastbar. Bei Tieren, die in Rudeln leben, spielt die Rangordnung eine grosse Rolle. Je besser weibliche Tiere vernetzt sind, umso dominanter sind sie. Sie können sich auf eine grössere Unterstützung verlassen. Wildtierforscher konnten nachweisen, dass bei Tüpfelhyänen die Mütter ihr soziales Netzwerk an ihre Jungen vererben. Dies gilt sogar für ehemals verwaiste und adoptierte Jungtiere. Für die Biologen unterstreicht das Ergebnis, wie stark nicht-genetische Faktoren den Fortpflanzungserfolg und das Gesamtüberleben beeinflussen.

Wie komplex und vielschichtig ein soziales Netz ausgebildet sein kann, lässt sich auch an recht neuen Erkenntnissen bei den hierzulande gut bekannten Blaumeisen ablesen: Sie leben in festen Partnerschaften, sind sozial monogam und ziehen als Paar ihren Nachwuchs auf. Schon länger ist bekannt, dass der bei vielen Singvogelarten beobachtete Seitensprung auch bei Blaumeisen verbreitet ist. Eine Studie deckte vor ein paar Jahren auf, dass sich die Fremdgänger schon länger kennen und es nicht etwa zufällige Begegnungen sind. Die Wissenschaftler bewiesen, dass soziale Verbindungen beim «Dating» vor der Brutsaison die

Auswahl von späteren Brut- und Seitensprungpartnerschaften beeinflusst. Oft sind die Tiere schon im Winter gemeinsam auf Nahrungssuche gewesen. Über 15% der aufgezogenen Nachkommen stammt aus Seitensprüngen.

Im Zusammenhang mit den sozialen Verbindungen stehen auch kommunikative Netzwerke. Der Gesang von Vögeln etwa, mit dem Reviergrenzen gezogen, aber auch Partner angezogen werden. Aus den Einzelrevieren ergibt sich bei manchen Singvogelarten ein ganzes Netz, bei dem konkurrierende Männchen um die Gunst der Weibchen buhlen. Die Dichte eines solchen Netzes variiert von Art zu Art und je nach Lebensbedingungen. Wird das Netz zu grobmaschig, kann das zum Ende einer Population führen. Verändern sich kommunikative Muster, kann das zur Aufspaltung einer Art führen. Am Beispiel der Mönchsmeise, von der es die beiden unterschiedlich singende Unterarten Weiden- und Alpenmeise gibt, lässt sich das live nachvollziehen. Trotz der nahen Verwandtschaft, optisch sind die Tiere praktisch gleich, wird die Partnerwahl gemäss der jeweiligen Unterart getroffen. So vollzieht sich auch geografisch eine Trennung. Nur in einem Übergangsbereich kommen beide Unterarten vor. Es ist, als würde das Netz einer Art in zwei Fäden aufgetrennt.

Schon diese kleine Auswahl an Beispielen macht deutlich, wie wichtig Netze in der Natur sind und wie vielfältig sie sich auswirken. Wie viele Brutpaare einer Art leben wie eng beieinander? Erlauben die Lebensraumanprüche einer Art ein recht enges Netz an Nachbarrevieren?



*Kommunikative und Soziale Netze: Das Vorkommen bestimmter Arten richtet sich nach ihren Lebensansprüche, sodass diese Netze artspezifische Muster ergeben.
Grafik Schweizerische Vogelwarte*

ES LEBE DAS NETZ!

Wenn wir die Natur oder einzelne Phänomene, Arten, Lebensräume verstehen wollen, müssen wir uns stets die vielschichtigen, teils noch nicht bekannten oder verstandenen Verflechtungen und Netzwerke bewusst machen. Zumindest in regelmässigen Abständen unseren Detailfokus aufgeben und versuchen, das Neuentdeckte ins Gesamte einzuordnen. Das Bild eines Sicherheitsnetzes, das uns die Natur und ihre Biodiversität bietet und aus dem wir tunlichst keine Fäden wahllos herausziehen sollten, ist durchaus treffend.

NETZWERKE IN UNSEREM KOPF – DIE GRUNDLAGE FÜR LERNEN UND GEDÄCHTNIS



Prof. Dr. Esther Stoeckli, Fotograf: Frank Brüderli

Prof. Dr. Esther Stoeckli

Esther Stoeckli ist Professorin für Entwicklungsneurobiologie am Department of Molecular Life Sciences der Universität Zürich und Co-Direktorin des Universitären Forschungsschwerpunkts „Adaptive Brain Circuits in Development and Learning“ (AdaBD). Ihre Forschung fokussiert auf die molekularen Mechanismen der Bildung von neuronalen Netzwerken.

Netzwerke kennen wir alle: Freunde auf Facebook, Instagram oder im „richtigen Leben“. Berufliche und soziale Netzwerke sind wichtig für uns Menschen. Aber es gibt noch eine Art von Netzwerk, die essentiell ist für uns: Die Netzwerke in unserem Kopf, oder allgemeiner in unserem Nervensystem. Neuronale Netzwerke sind die Grundlage dafür, dass wir lernen können. Sie bestehen aus Nervenzellen, die miteinander verbunden sind. Ihre Aufgabe ist es, Informationen aus unserem Körper und unserer Umwelt aufzunehmen und zu verarbeiten. Für die Kommunikation nutzen Nervenzellen elektrische und chemische Signale, die zwischen den Nervenzellen übertragen werden. Als Antwort auf ein elektrisches Signal wird ein „Paket“ von Botenstoffen, sogenannten Neurotransmittern, freigesetzt. Diese Botenmoleküle werden auf der Empfängerzelle dank passenden Rezeptormolekülen erkannt. Die Bindung zwischen Neurotransmittern und Rezeptormolekülen löst dann in der Empfängerzelle ein Signal aus. Dieses kann wiederum weitergegeben werden oder das Signal führt je nach Empfängerzelle zum Beispiel zur Kontraktion einer Muskelfaser und so schliesslich zu einer Bewegung.

GELERNT INHALTE WERDEN IN NETZWERKEN GESPEICHERT

Die Strukturen, die zum Informationsaustausch zwischen Nervenzellen und ihren Partnern dienen, nennt man Synapsen (Abbildung 1). Die präsynaptische Seite ist der Signal-Sender, die postsynaptische Seite ist der Signalempfänger, trägt also die Rezeptoren. Die Botenstoffe werden von der Senderzelle freigesetzt, wenn die mit Neurotransmitter gefüllten „Pakete“, die Vesikel genannt werden, mit der Zellmembran verschmelzen. Durch das Fusionieren der Vesikel mit der Zellmembran wird der Neurotransmitter in den synaptischen Spalt freigesetzt. Die Information, die zwischen Sender- und Empfängerzelle übertragen wird, kann reguliert werden durch die Menge der freigesetzten Neurotransmittermoleküle, die ihrerseits bestimmt wird durch die Zahl der fusionierenden Vesikel. Die Signalstärke hängt aber auch von der Menge und der Art der Rezeptoren auf der Empfängerzelle ab.

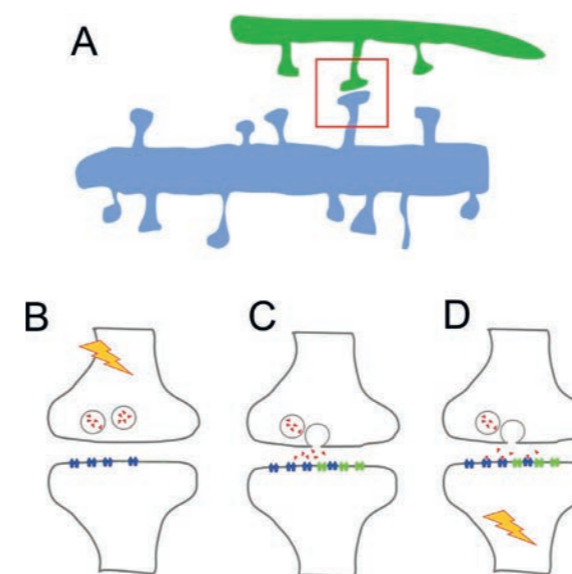


Abbildung 1
(A) Schematische Darstellung einer Senderzelle (grün), die mit einer Empfängerzelle (blau) eine gemeinsame Synapse bildet. An dieser Synapse kann die präsynaptische Zelle (die Senderzelle) ein Signal an die postsynaptische Zelle (Empfängerzelle) weiterleiten (B). Dies geschieht durch Verschmelzen der Vesikel mit der präsynaptischen Membran, was zur Ausschüttung von Neurotransmittermolekülen (rote Dreiecke) in den synaptischen Spalt führt (C). Die Neurotransmitter binden an Rezeptoren (blaue Symbole) auf der postsynaptischen Seite und führen so zur Aktivierung der postsynaptischen Zelle (D). Die Signalstärke kann verändert werden durch die Verschmelzung von zusätzlichen Vesikeln, oder durch Einbau von zusätzlichen Rezeptoren (grüne Symbole).

Lernen basiert auf der Möglichkeit, die Stärke der Signalübertragung an bestimmten Synapsen längerfristig zu verändern. Der gelernte Inhalt wird aber nicht in einer Zelle oder an einer Synapse gespeichert, sondern beruht darauf, dass eine Vielzahl von Synapsen in einem neuronalen Netzwerk spezifisch verändert werden. Gelerntes wird nicht lokal abgespeichert, sondern dezentral über eine längerfristige Veränderung der Kommunikation zwischen vielen Nervenzellen. Diese Netzwerke umfassen von einer Handvoll bis zu Hunderttausenden von Nervenzellen, je nach Hirnregion und Typ der Nervenzellen. Im Durchschnitt ist jede Nervenzelle mit etwa Tausend anderen Nervenzellen verbunden.

Damit es mit dem Lernen klappt, ist es aber natürlich wichtig, dass die Verknüpfungen von Nervenzellen nicht zufällig entstehen, sondern, dass die „richtigen“ Nervenzellen miteinander kommunizieren. Es wäre nicht zielführend, wenn eine Maus beim Anblick einer Katze mit dem Schwanz wedelt, statt die Muskulatur der Beine zu steuern um möglichst schnell wegzurennen. Dieses Beispiel ist natürlich sehr plakativ gewählt, aber auch zum Abspeichern von gelernter

Information in unserem Gehirn spielt es eine Rolle, dass die zu einem Netzwerk verknüpften Nervenzellen gezielt ausgewählt werden. Wenn gelernte Inhalte abgerufen werden sollen, ist es wichtig, dass diejenigen Nervenzellen wieder aktiviert werden können, die beim Lernen zusammen aktiv waren. Auf diese Weise kann man sich erklären, warum z.B. ein spezieller Duft die Erinnerung an Ferien am Meer wieder aufleben lässt. Der aktuell wahrgenommene Duft aktiviert zuerst einen Teil und schliesslich das ganze Netzwerk, das die Erinnerung an den Anblick des Wassers, den Strand und die Sonne an jenem speziellen Tag umfasst. Viele Aspekte können dabei als Auslöser für die Reaktivierung des Netzwerks für diese Erinnerung dienen. Je öfter wir Netzwerke aktivieren, desto besser können die gespeicherten Informationen wieder abgerufen werden.

Für das Lernen von abstrakteren Inhalten heisst dies: Neue Informationen mit bereits vorhandener Information verknüpfen ist effizienter und wiederholtes Aktivieren der Netzwerke, z.B. durch Wiederholen des Lerninhalts, erhöht die Abrufbarkeit des Gelernten (Abbildung 2).

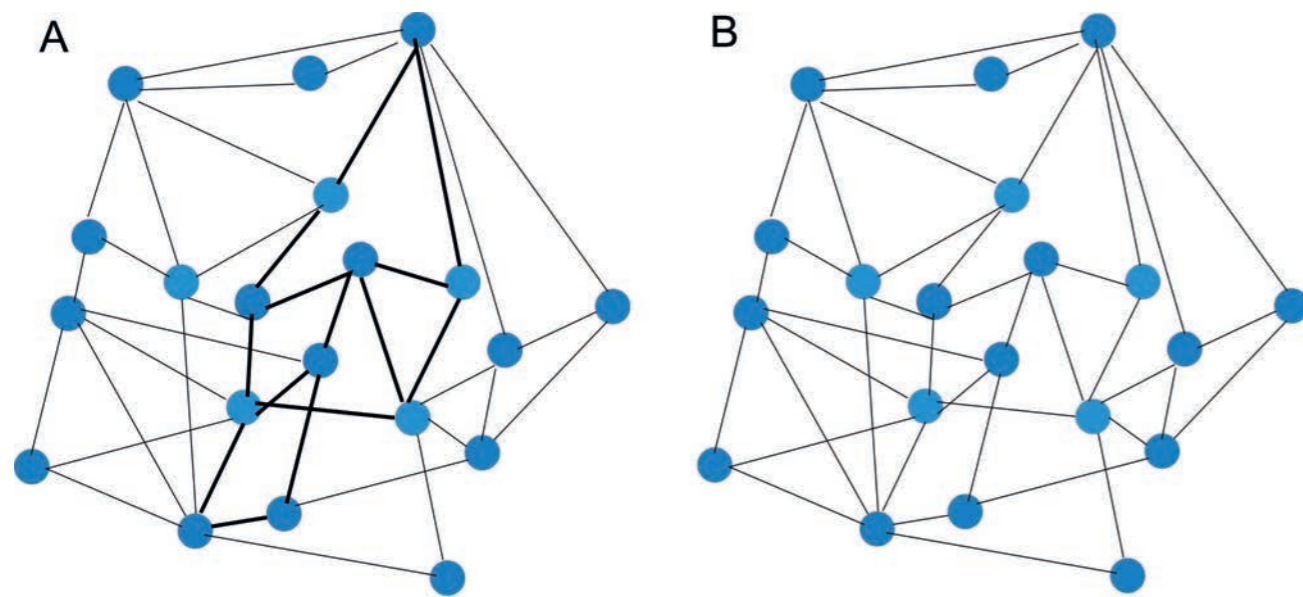


Abbildung 2
Die teilweise Aktivierung eines Netzwerks (dicke Verbindungslinien; A) durch einen bestimmten Stimulus kann zur Aktivierung des gesamten Netzwerks führen, das einen bestimmten Lerninhalt repräsentiert (B).

Das dezentrale Abspeichern von Lerninhalten im Gehirn ist einerseits „Good News“, weil der Ausfall einer einzigen Verbindung/Synapse oder auch einer einzelnen Nervenzelle nicht zum Verlust des ganzen Netzwerks und so nicht zu einem Totalverlust des Gedächtnisinhalts führt. Die Redundanz der Verknüpfungen zwischen den Nervenzellen in einem Netzwerk verkraftet einzelne Ausfälle. Andererseits stellt die riesige Komplexität der Netzwerke extrem hohe Ansprüche an die Entwicklung der verschiedenen Strukturen.

DIE ENTWICKLUNG DES NERVENSYSTEMS – EINE MEISTERLEISTUNG IN ORGANISATION

Während der Entwicklung des Nervensystems müssen nicht nur die etwa 86 Milliarden Nervenzellen des Gehirns entstehen. Jede einzelne von ihnen muss auch mit genau ausgewählten Partnern, die teilweise extrem weit entfernt liegen, synaptische Verbindungen eingehen. Dazu müssen diese Partner-Zellen während der Entwicklung gefunden und erkannt werden. Keine leichte Aufgabe! Zudem besteht unser Gehirn nicht nur aus Nervenzellen. Gliazellen sind ein ebenso wichtiger Bestandteil unseres Nervensystems. Sie sind z.B. wichtig für das „Abstellen“ eines Signals an einer Synapse. Sie tun dies indem sie die ausgeschütteten Neurotransmitter „aufsaugen“ und so für die Rezeptoren der Empfängerzelle unerreichbar machen. Die von den Gliazellen aufgenommenen Neurotransmitter werden rezykliert, indem sie an die Senderzelle zurückgegeben werden und dort wieder in synaptische Vesikel verpackt werden. So stehen sie erneut zur Übertragung von Information zur Verfügung. Die Zahl der Gliazellen, verteilt auf drei Klassen, die Astrozyten, die Oligodendrozyten und die Microglia Zellen, ist beim Menschen etwa gleich gross wie die Zahl der Nervenzellen. Die Verhältnisse sind allerdings je nach Region innerhalb eines Gehirns oder zwischen Spezies sehr verschieden.

Oligodendrozyten, eine andere Klasse von Gliazellen, umhüllen die Axone, die langen Ausläufer von Nervenzellen, mit denen sie Informationen an Empfängerzellen weiterleiten. Wie bei einem Elektrokabel führt die Umhüllung des Axons durch die Oligoden-

drozyten (Myelinisierung) zu einer schnelleren Signalübertragung, weil die Informationen in „isoliertem“ Zustand schneller zur Synapse gelangt. Mikrogliazellen dienen der Struktur- und Funktionserhaltung des Gehirns, weil sie abgestorbene Zellen oder nicht funktionstüchtige Synapsen eliminieren können. Dieser Aspekt ist insbesondere auch während der Entwicklung des Gehirns wichtig. Es entstehen nämlich viel mehr Nervenzellen und Synapsen als effektiv im reifen Nervensystem gebraucht werden. Den Grund für diese - auf den ersten Blick - Verschleuderung von Ressourcen kennen wir natürlich nicht. Eine mögliche Erklärung wäre die Möglichkeit der Effizienzsteigerung und Fehlerkorrektur. Das heisst, wenn jene Nervenzellen sterben, die nicht optimal in Netzwerke eingebunden sind, oder jene, deren Synapsen nicht optimal funktionstüchtig sind, wird die Effizienz des Netzwerks gesteigert. Unser Gehirn verbraucht einen grossen Anteil unserer Energie, wenn also Nervenzellen, die nicht funktionstüchtig sind oder die sogar eher störend sind für eine bestimmte Aufgabe, überleben, dann kostet dies zeitlebens Energie, die den effizient arbeitenden Netzwerken entzogen wird. Aus dieser Sicht macht eine frühe Effizienzsteigerung durch Eliminieren der nicht optimal funktionierenden Bestandteile durchaus Sinn.

Unsere Lernfähigkeit hängt also von sehr vielen Prozessen ab, die während der Entwicklung des Gehirns ablaufen. Wir müssen die richtigen Zellen an der für sie vorgesehenen Stelle platzieren (Neurogenese). Diese Zellen müssen ihre Ausläufer, die Axone, zu den richtigen Zielzellen schicken (Axonale Wegfindung), wo dann die Bildung von Synapsen (Synaptogenese) zur Verknüpfung der einzelnen Zellen zu Netzwerken führt. Diese Netzwerke werden dann durch Erfahrung und Lernen optimiert (Reifungsprozess). Jeder einzelne dieser Schritte ist an sich schon enorm komplex, wenn man allerdings bedenkt, dass die Entwicklung des Gehirns in einer relativ überschaubaren Zeitspanne abläuft und daher die einzelnen Schritte zeitlich parallel verlaufen müssen, staunt man immer wieder wie wenig Fehler passieren und wie gut die Kontrollmechanismen funktionieren.

Beim Menschen werden in den 9 Monaten bis zur Geburt die meisten Zellen des Nervensystems gebildet. Tendenziell zuerst die Nervenzellen dann die Gliazellen. Die Verknüpfung der Zellen durch Synapsen dauert noch die ersten Lebensjahre an. Wohl ein Grund dafür, dass wir in den ersten Jahren so viel lernen können. Die Myelinisierung, also die Ummantelung der Axone mit der von Oligodendrozyten gebildeten Isolationsschicht, beginnt dann erst so richtig. Die letzten Regionen des menschlichen Gehirns haben ihren reifen Zustand erst im jungen Erwachsenenalter erreicht. Das Gehirn hört aber nie auf neue Verbindung zu machen und diese zeitlebens an die Bedürfnisse anzupassen. Das ist die wichtigste Erkenntnis: Wir sind nie zu alt um zu lernen.

LERNEN BRAUCHT EFFIZIENTE NETZWERKE

Selbstverständlich gibt es Einschränkungen in der Lernfähigkeit, nicht nur im Alter, wenn wir an Demenz leiden und die Kommunikation der Nervenzellen in den Netzwerken zu fehlerhaft und ineffizient wird, um noch sinnvolle Inhalte widerzugeben. Einschränkungen in der Lernfähigkeit kommen auch bei Kindern vor. Es gibt spezifische Schwierigkeiten, die sich zum Beispiel nur auf das Lesen oder das Rechnen auswirken. Es gibt aber auch generelle Defizite, die die Lernfähigkeit einschränken, die über den schulischen Bereich hinausgehen. Sie können generell kognitive Leistungen und auch die motorischen Fähigkeiten betreffen. Man spricht in diesem Zusammenhang von neuronalen Entwicklungsstörungen. Viele von ihnen sind genetisch bedingt. Die Mutation in einem Gen, das die Information für den Bauplan enthält, führt zu einem fehlerhaften oder nicht-funktionsfähigen Protein. Es kann auch sein, dass das Protein gar nicht mehr gebildet wird. Bei vielen Entwicklungsstörungen sind mehrere Gene betroffen. Es gibt aber auch Fälle, bei denen eine einzige Mutation in nur einem Gen ausreichend ist, die Entwicklungsstörungen zu verursachen.

In fast allen Fällen sind mehrere Aspekte der neuronalen Entwicklung betroffen. Dies weil jedes Gen, beziehungsweise jedes Protein, in mehrere Entwick-

lungsschritte involviert ist, also z.B. in die Neurogenese und in die axonale Wegfindung, oder in die axonale Wegfindung und die synaptische Plastizität. Gerade diese Tatsache macht es der Forschung aber auch schwierig Ursachen von Störungen oder die Rolle von Proteinen in der Entwicklung und Funktion des Nervensystems zu verstehen. Komplexe Zusammenhänge können nicht in isolierten Zellen in einer Kulturschale untersucht werden. Dazu braucht es die Komplexität des Nervensystems.

DIE ERFORSCHUNG VON LERNSTÖRUNGEN IST EINE MULTIDISZIPLINÄRE AUFGABE

Weil wir neuronale Netzwerke weder in ihrer Entstehung noch in ihrer Aktivität isoliert in einer Kulturschale untersuchen können, sondern nur im Kontext des ganzen Gehirns oder sogar des ganzen Organismus, sind diese Untersuchungen sehr aufwändig. Das menschliche Gehirn auf der molekularen und zellulären Ebene zu untersuchen geht nur, wenn wir Resultate aus Tierversuchen auf den Menschen übertragen können. Dies ist bekanntlich nicht leicht und nicht immer möglich. Aber unsere einzige Möglichkeit, denn Nervenzellen aus dem menschlichen Gehirn können nicht gewonnen werden, ausser post mortem oder bei speziellen neurochirurgischen Eingriffen, z.B. bei Epilepsien. Im ersten Fall sind sie tot und im zweiten Fall kann man sie nur in sehr kleinen Zahlen bekommen und sie sind nicht lange überlebensfähig, wenn überhaupt.

Zum Glück gibt es auch beim Menschen die Möglichkeit aus z.B. Hautzellen durch genetische Veränderungen wieder Stammzellen zu produzieren. Diese sog. induzierten pluripotenten Stammzellen kann man dann weiter zu Nervenzellen umprogrammieren. Eine Weiterentwicklung dieser Technologien führt zu Organoiden, also dreidimensionalen Zellverbänden. Dies ist sicher ein allererster kleiner Schritt in die richtige Richtung, aber noch extrem weit davon weg für die Forschung zur Entwicklung oder Funktion des Nervensystems substantiell beizutragen. Es gilt zuerst zu zeigen, dass die Zellen in diesen Kulturen oder Organoiden den Zelltypen und ihren Funktionen

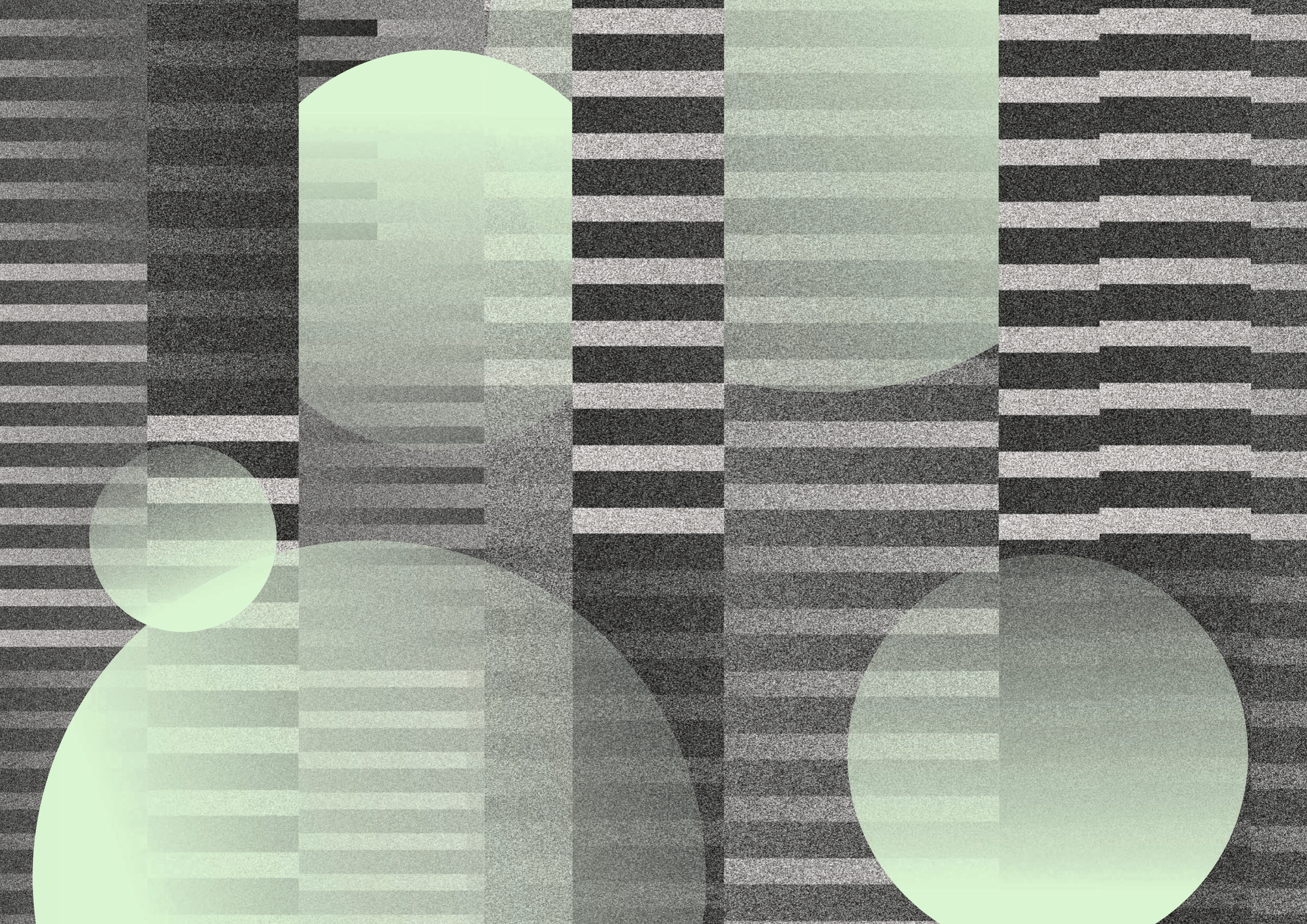
im lebenden Organismus entsprechen, oder dass die Kommunikation zwischen den Zellen auch in Organoiden stattfinden kann.

Zurzeit ist die einzige Möglichkeit, die wir haben Entwicklung und Funktion des Nervensystems zu untersuchen, die Forschung mit Tiermodellen. Dank der Evolution sind nicht nur Baupläne, Moleküle und Zelltypen erhalten geblieben, sondern auch die Gesetzmässigkeiten der Kommunikation zwischen einzelnen Zellen in einem Netzwerk. Wir können „Lernen“ in Tieren untersuchen und somit die Regeln der synaptischen Plastizität, die zum Lernen nötig ist, erforschen. Logischerweise gibt es auch hier Grenzen und Schwierigkeiten. Eine Maus lernt nicht, dass $2 + 3 = 5$ ist. Aber man kann einer Maus beibringen, verschiedene Signale zu verarbeiten und je nach Resultat ein bestimmtes Verhalten zu zeigen. Aus ihrem Verhalten kann abgeleitet werden, ob die Maus die Aufgabe lösen konnte. Gezielte genetische Veränderungen führen oft dazu, dass Aufgaben nicht mehr oder nicht richtig gelöst werden können, bzw. dass die Lernfähigkeit beeinträchtigt ist. Aus diesen Beobachtungen können dann Rückschlüsse auf die Funktion des Gehirns gezogen werden. Manchmal genügt es auch, die Struktur der neuronalen Netzwerke zu vergleichen ohne die zeitraubenden Verhaltensanalysen. Aus vielen Studien weiss man, dass Veränderungen in der Struktur oder der Plastizität von Synapsen nicht mit ihrer Aufgabe kompatibel sind. Wenn Axone mit den falschen Zielzellen eine Verbindung eingehen, kann man auch ohne Verhaltensanalysen den Schluss ziehen, dass die Funktion von neuronalen Netzwerken nicht oder nur begrenzt gegeben ist.

Es gibt also sehr viele Aspekte, die man untersuchen und verstehen muss, um mehr über die Rolle von neuronalen Netzwerken beim Lernen zu wissen. Keine einzige Forschungsgruppe kann alle diese Aspekte abdecken. Seit fast drei Jahren gibt es den Universitären Forschungsschwerpunkt „Adaptive Brain Circuits in Development and Learning“ (UFSP AdaBD). In diesem Forschungsschwerpunkt sind 19 Forschungsgruppen aus verschiedenen Fakultäten der Universität Zürich vereint, um die molekularen Mechanismen von Lernen und Lernfähigkeit zu untersuchen.

Auf der einen Seite werden mit modernsten Techniken und verschiedenen Tiermodellen Entstehung und Funktion von neuronalen Netzwerken untersucht. Auf der anderen Seite werden Kinder mit Lernstörungen untersucht, um mehr über die Zusammenhänge von Lernschwierigkeiten mit spezifischen Veränderungen von neuronalen Netzwerken zu verstehen. Bildgebende Verfahren und Genetik werden dabei als Verbindungsglied zwischen Tiermodell und Mensch verwendet. Kostproben aus der Forschung des UFSP AdaBD finden Sie auf der Website <https://www.adabd.uzh.ch/en.html> oder in Aufzeichnungen von öffentlichen Vorträgen im Rahmen der BrainFair2023, die von Mitgliedern des UFSP AdaBD gehalten wurden (<https://www.brainfair.uzh.ch/de/Aufzeichnungen.html>).

Forschende aus verschiedenen Disziplinen bündeln ihr Wissen und ihre experimentellen Ansätze, um die molekularen und zellulären Grundlagen des Lernens zu erforschen mit dem Ziel, Lernstörungen oder auch neurodegenerative Prozesse, die unser Lernen und Gedächtnis beeinträchtigen, besser zu verstehen. Dies ist Voraussetzung für die Diagnose und schliesslich hoffentlich eines Tages für die Entwicklung von Therapien, die Betroffenen helfen können.



UNSICHTBARE NETZWERKE – EIN BLICK IN DIE KOMPLEXE WELT DER BODENORGANISMEN



Dijana Vukovic, Fotograf: Elias Barmettler (Agroscope)

Dijana Vukovic

Dijana Vukovic ist eine Biologiestudentin mit Schwerpunkt auf Pflanzenwissenschaften. Sie forscht an den Interaktionen zwischen Pilzen und Pflanzen in der Forschungsgruppe von Marcel van der Heijden am Agroscope Reckenholz.

In der Erde unter unseren Füßen verbirgt sich eine faszinierende Welt, deren Bedeutung wir oft übersehen. Böden spielen eine essenzielle Rolle für die Nahrungsmittelversorgung, Regulierung von Wasservorräten, Bindung von Treibhausgasen und vieles mehr (1). Die Qualität eines Bodens wird nicht allein durch seine physikalischen und chemischen Eigenschaften bestimmt, sondern auch durch seine Bewohner - den Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen (2). Die verschiedenen Lebensformen interagieren miteinander in einem riesigen unterirdischen Netzwerk, wobei es verschiedene Beziehungsverhältnisse gibt. Sie können vorteilhaft sein, wie es bei Symbiosen der Fall ist, sie können aber auch negativ sein, wie in Konkurrenz- oder Räuber-Beute-Beziehungen. Das Erforschen dieser komplexen Interaktionen kann wichtige Erkenntnisse liefern, die genutzt werden können, um landwirtschaftliche Systeme zu verbessern und nachhaltiger zu gestalten.

BODENLEBEWESSEN

Einen grossen Anteil der unterirdischen Biomasse wird von Pflanzenwurzeln gebildet (3). Pflanzen erfüllen eine Vielzahl von Aufgaben in Ökosystemen. Als Primärproduzenten wandeln sie anorganische Nährstoffe in organische Verbindungen um, welche die Nahrungsgrundlage für zahlreiche Lebewesen darstellen (4). In den Chloroplasten der Pflanzenzellen findet die Photosynthese statt, bei der mithilfe von Sonnenlicht aus Kohlendioxid und Wasser energiereiche Glukose und Sauerstoff produziert wird (4). Ausserdem stabilisiert das unter der Erde verborgene Wurzelgeflecht den Boden und schützt ihn dadurch vor Erosion (5). Pflanzen sind alles andere als nur passive Elemente des Bodennetzwerks. Sie interagieren mit verschiedenen anderen Lebensformen, welche aufgrund ihrer Grösse in vier Gruppen unterteilt werden können: Makrofauna, Mesofauna, Mikrofauna und Mikroflora (6).

Makrofauna (Ø: 2-20 mm)

Zur Makrofauna gehören unter anderem Regenwürmer, Asseln und Termiten (7). Sie zersetzen totes Pflanzenmaterial und düngen mit ihren Exkrementen den Boden (8). Sie tragen ausserdem durch den Bau von Gängen massgeblich zur Verbesserung der Bodenstruktur bei. Diese unterirdischen Labyrinth fördern sowohl die Belüftung der Erde, als auch die Durchlässigkeit für Wasser (8).



Regenwurmkot auf einer Wiese (Foto: Gabriela Brändle, Agroscope)



Drahtwürmer infiziert mit der Grünen Muscardine - *Metarhizium anisopliae* (Foto: Mario Waldburger, Agroscope)

Auch diverse Käfer nutzen den Boden als Lebensraum, jedoch werden nicht alle gerne gesehen. Einige Arten gelten in der Landwirtschaft als Schädlinge. So zum Beispiel Drahtwürmer, die Larven der Schnellkäfer (9). Diese befallen wichtige Nahrungspflanzen wie Kartoffeln, Mais oder Zuckerrüben (9). Um den Einsatz von synthetischen Pestiziden zu verringern, werden natürliche Feinde dieses Schädlings untersucht. Parasitäre Nematoden

(siehe «Mikrofauna») können diese Larven infizieren und werden daher als eine Form der biologischen Schädlingsbekämpfung angesehen (10). Auch die Verwendung von pathogenen Pilzen zeigt sich vielversprechend. Arten der Gattung *Metarhizium* haben die Fähigkeit verschiedene Insekten zu befallen (10, 11). Diese Pilze dringen in den Körper des Wirtes ein und scheiden dort Enzyme und Toxine aus (12). Nachdem die Larve verendet ist, wird sie vom Pilz als Nahrungsquelle genutzt (12).

Mesofauna (Ø: 0.2 bis 2.0 mm)

Vertreter der Mesofauna sind beispielsweise Milben, Springschwänze und grössere Nematoden (13). Auch diese Gruppe ist wichtig für die Zersetzung von totem Material, wodurch Nährstoffe für andere Organismen freigesetzt werden (13). Die Rote Samtmilbe gehört zu dieser Grössengruppe. Obwohl sie äusserlich gewisse Ähnlichkeiten mit Zecken aufweist, ist sie alles andere als schädlich für Menschen. Diese winzigen Nützlinge ernähren sich unter anderem von Schneckeneiern und Blattläusen (14). Sogenannte Raubmilben werden immer mehr in Privatgärten, aber auch in der Landwirtschaft zum Pflanzenschutz genutzt. Arten der Gattung *Amblyseius* beispielsweise können Pflanzen von Spillmilben, der Weissen Fliege oder Thripsen befreien (15).



Die Rote Samtmilbe;
leuchtend rot mit einer dichten Körperbehaarung
(Foto: Mario Waldburger, Agroscope)



Fadenwürmer unter dem Lichtmikroskop
(Foto: Mario Waldburger, Agroscope)

Mikrofauna (Ø < 0.2 mm)

Zur Gruppe Microfauna gehören mikroskopisch kleine Organismen wie Protozoen, Bärtierchen und kleinere Nematoden (16). Diese sind häufig räuberisch und ernähren sich von kleineren Organismen, wie Bakterien und Pilzen (16). Nematoden, auch Fadenwürmer genannt sind sehr weit verbreitete Bodenbewohner (16). Unter den Fadenwürmern gibt es Prädatoren und Parasiten. Die parasitisch lebenden Arten können Pflanzen, Tiere und Menschen infizieren und dort grosse Schäden anrichten (17).

Das Wurzelgewebe von befallenen Pflanzen beispielsweise verliert seine Fähigkeit, effizient Nährstoffe und Wasser aufzunehmen (17). Ausserdem können Pflanzen durch so einen Befall anfälliger auf Infektionen mit anderen Pathogenen werden (17). In der Landwirtschaft kann es dadurch zu grossen ökonomischen Verlusten kommen (17). Je nachdem, welchen Wirt sie befallen, können solche Nematoden aber auch nützlich sein. Einige Arten sind beispielsweise kommerziell erhältlich zur Bekämpfung von Schädlingen wie Trauermückenlarven und Drahtwürmern (siehe «Makrofauna») (18).

Mikroflora (Ø < 0.2 mm)

Die häufigsten Vertreter der Mikroflora sind Bakterien und Pilze. (19). Sie sind entscheidend für den Nährstoffkreislauf (19). Sie wandeln organische Materialien in mineralische Nährstoffe um, welche dann von Pflanzen aufgenommen werden können (19). Mit dem Ausscheiden von Enzymen können sie eine Reihe von schwer zersetzbaren Stoffen abbauen (19). Neben den Zersetzern gibt es auch Pathogene sowie auch mutualistisch lebende Bakterien und Pilze (20). Pflanzen können sehr enge Symbiosen mit gewissen Vertretern der Mikroflora eingehen. Diese Koope-

rationen verbessern die Nährstoffversorgung beider Interaktionspartner. Rhizobien, auch Knöllchenbakterien genannt, oder Mykorrhizapilze sind bekannte Beispiele dafür (20).

Knöllchenbakterien

Rhizobien oder Knöllchenbakterien gehören zur Familie Rhizobiaceae und zeichnen sich durch ihre einzigartige Fähigkeit aus, eine mutualistische Symbiose mit Pflanzen aus der Familie der Leguminosen (Hülsenfrüchtler) einzugehen (21). In den Wurzeln bilden sich Knöllchen, in denen die Rhizobien beheimatet sind (21). Der Sauerstoffgehalt in diesen Geschwülsten ist relativ niedrig, was den perfekten Lebensraum für diese Bakterien bietet (21). Sie können ausserdem organische Kohlenstoffverbindungen von der Pflanze als Energiequelle nutzen (21). Als Gegenleistung binden sie Stickstoff aus der Luft und wandeln ihn in eine für Pflanzen verwertbare Form um, Ammoniak bzw. Ammonium-Ionen (21). Neben Phosphor und Kalium ist Stickstoff einer der drei wichtigsten Nährstoffe für das Pflanzenwachstum (23). Die Anwesenheit von Rhizobien im Boden führt zu einem reduzierten Bedarf für synthetische Stickstoffdünger im Anbau von Bohnen, Erbsen und Co.



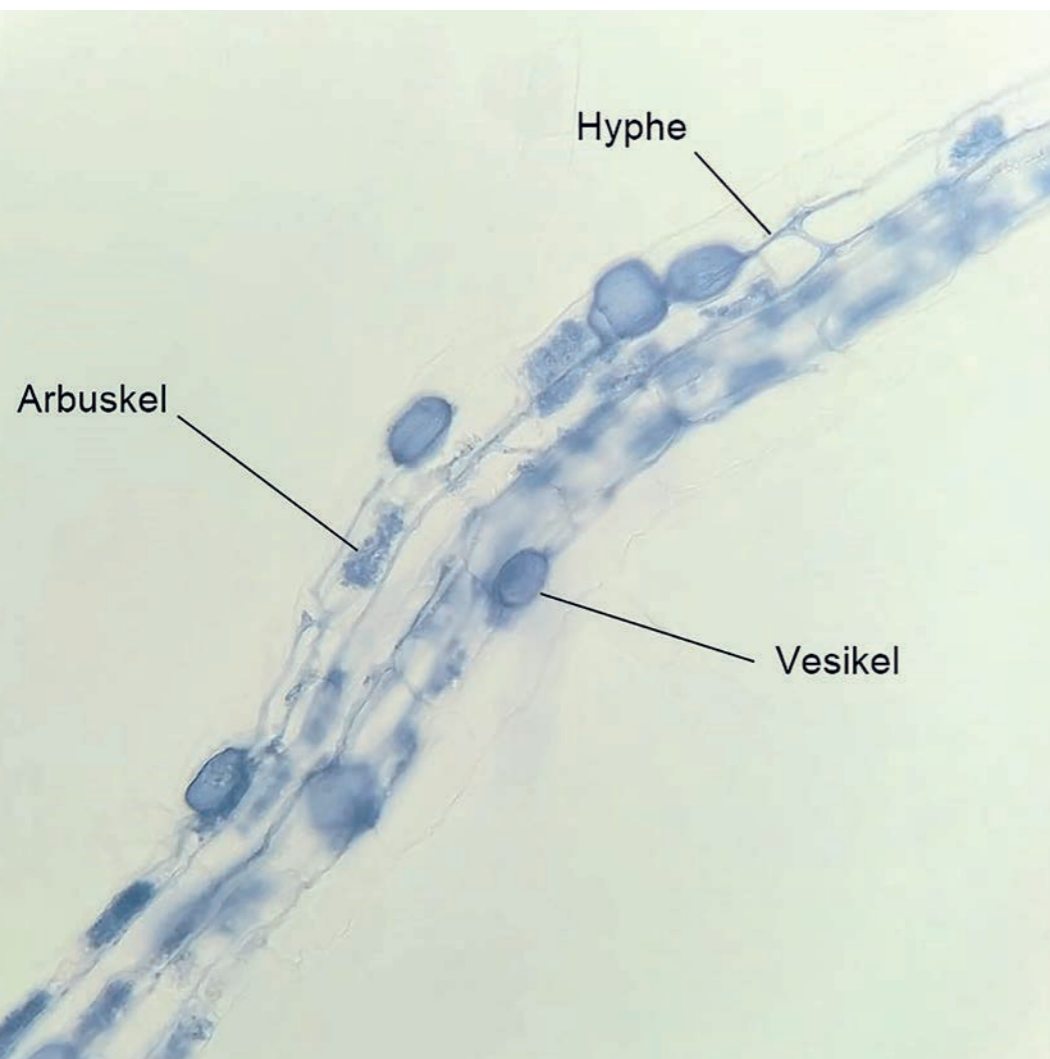
Wurzelknöllchen in Leguminosen
(Foto: © Terraprima/wikimedia.org; CC BY-SA 3.0)

Mykorrhiza

Die Symbiose zwischen Landpflanzen und Mykorrhizapilzen hat in den letzten Jahren zunehmend an Interesse gewonnen. Diese besonderen Bodenpilze besiedeln das Wurzelsystem der Pflanzen und bilden so eine Lebensgemeinschaft, in der beide profitieren (24). Durch die langen fadenförmigen Hyphen sind die Mykorrhizapilze in der Lage, effektiv Wasser und darin gelöste Phosphate und Nitrate von einem grösseren Bodenvolumen aufzunehmen, als es für die Wurzeln alleine möglich wäre (24). Diese Nährstoffe werden an die Pflanzen weitergegeben, was ihr Wachstum positiv beeinflusst (24). Im Gegenzug erhalten die Pilze lebensnotwendige Kohlenhydrate von ihrem Wirt (24). Auch andere Vorteile lassen sich auf diese Symbiose zurückführen. Die Pflanzen zeigen beispielsweise grössere Resistenzen gegenüber

verschieden Arten von Pathogenen (24). Die Mykorrhizapilze werden aufgrund ihrer Struktur und Funktionsweise in vier Gruppen unterteilt: Arbuskuläre Mykorrhiza, Ektomykorrhiza, Orchideen-Mykorrhiza und Ericoide Mykorrhiza (24). Für die Landwirtschaft sind vor allem die Arbuskulären Mykorrhizapilze von Bedeutung (25). Diese Gruppe bildet sogenannte Arbuskeln, baumartige Strukturen innerhalb der Wurzelzellen (24). Dort findet der Austausch von Nährstoffen statt (26). Bei den meisten Landpflanzen findet man diese Art von Symbiose, jedoch haben landwirtschaftliche Praktiken einen negativen Einfluss darauf. Das Pflügen zerstört das unterirdische Pilznetzwerk und der Einsatz von synthetischen Pestiziden und Düngern schadet ebenfalls diesen wichtigen Pilzen (24).

Die Strukturen der Arbuskulären Mykorrhizapilze innerhalb der Wurzel einer Erbsenpflanze (Foto: Miguel Lopez-Gomez - Agroscope)



Literaturverzeichnis

- (1) Jónsson, J.Ö. and Davíðsdóttir, B. (2016) „Classification and valuation of Soil Ecosystem Services“, *Agricultural Systems*, 145, pp. 24–38.
- (2) Vries, F.T. and Wallenstein, M.D. (2017) „Below-ground connections underlying above-ground food production: A framework for optimising ecological connections in the rhizosphere“, *Journal of Ecology*, 105(4), pp. 913–920.
- (3) Bar-On, Y.M., Phillips, R., Milo, R. (2018) „The biomass distribution on Earth“, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(25), pp. 6506–6511.
- (4) Coombs, J. (1985) „Chapter 1 – Measurement of Plant Biomass and net Primary Production“, in *Techniques in bioproductivity and photosynthesis*. Oxford: Pergamon Press.
- (5) Gysels, G. et al. (2005) „Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: A Review“, *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 29(2), pp. 189–217.
- (6) Zagatto, M.R. et al. (2020) „Mesofauna and macrofauna in soil and litter of mixed plantations“, *Mixed Plantations of Eucalyptus and Leguminous Trees*, pp. 155–172.
- (7) Sofo, A., Mininni, A.N. and Ricciuti, P. (2020) „Soil macrofauna: A key factor for increasing soil fertility and promoting sustainable soil use in Fruit Orchard Agrosystems“, *Agronomy*, 10(4), p. 456.
- (8) Medina-Sauza, R.M. et al. (2019) „Earthworms building up soil microbiota, a review“, *Frontiers in Environmental Science*, 7.
- (9) Barsics, F., Haubruge, E. and Verheggen, F. (2013) „Wireworms“ Management: An overview of the existing methods, with particular regards to agrotres spp. (Coleoptera: Elateridae)“, *Insects*, 4(1), pp. 117–152.
- (10) Ansari, M.A., Evans, M. and Butt, T.M. (2009) „Identification of pathogenic strains of entomopathogenic nematodes and fungi for wireworm control“, *Crop Protection*, 28(3), pp. 269–272.
- (11) Reinbacher, L. et al. (2021) „Preventive field application of metarhizium brunneum in cover crops for Wireworm Control“, *Crop Protection*, 150, p. 105811.
- (12) Schrank, A. and Vainstein, M.H. (2010) „Metarhizium anisopliae enzymes and toxins“, *Toxicon*, 56(7), pp. 1267–1274.
- (13) Castanho, C.T., Lorenzo, L. and de Oliveira, A.A. (2012) „The importance of mesofauna and decomposition environment on leaf decomposition in three forests in southeastern Brazil“, *Plant Ecology*, 213(8), pp. 1303–1313.
- (14) Chen, P.-R. et al. (1994) „allothrombium pulvinumewing (Acari, Trombididae), an important early-season natural enemy of aphid gossypiglover (Hom., Aphididae) in Cotton“, *Journal of Applied Entomology*, 117(1–5), pp. 113–121.
- (15) Messelink, G.J. et al. (2009) „Pest species diversity enhances control of spider mites and whiteflies by a generalist phytoseiid predator“, *BioControl*, 55(3), pp. 387–398.
- (16) „Microfauna“ (1996) in *Methods in soil biology*. Berlin: Springer.
- (17) Mendoza-de Gives, P. (2022) „Soil-borne nematodes: Impact in agriculture and Livestock and sustainable strategies of prevention and control with special reference to the use of nematode natural enemies“, *Pathogens*, 11(6), p. 640.
- (18) Platt, T., Stokwe, N.F. and Malan, A.P. (2020) „A review of the potential use of entomopathogenic nematodes to control above-ground insect pests in South Africa“, *South African Journal of Enology and Viticulture*, 41(1).
- (19) Talwar, H. K., & Chatli, A. (2018). „Microflora of Soil: A Review“, *International Journal of Advanced Research*, 6, 1502-1520.
- (20) Nishiguchi, M. K. et al. (2008). „Deciphering Evolutionary Mechanisms Between Mutualistic and Pathogenic Symbioses“, *Vie Milieu*, 58(2), 87-106.
- (21) Wheatley, R. M. et al. (2020). Lifestyle Adaptations of Rhizobium from Rhizosphere to Symbiosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117, 23823–23834.
- (22) Rutten, P.J. and Poole, P.S. (2019) „Oxygen regulatory mechanisms of nitrogen fixation in rhizobia“, *Advances in Microbial Physiology*, pp. 325–389.
- (23) Jiaying, M. et al. (2022) „Functions of nitrogen, phosphorus and potassium in energy status and their influences on rice growth and development“, *Rice Science*, 29(2), pp. 166–178.
- (24) Heijden, M.G. et al. (2015) „Mycorrhizal ecology and evolution: The past, the present, and the future“, *New Phytologist*, 205(4), pp. 1406–1423.
- (25) Thirkell, T.J., Pastok, D. and Field, K.J. (2019) „Carbon for nutrient exchange between arbuscular mycorrhizal fungi and wheat varies according to cultivar and changes in atmospheric carbon dioxide concentration“, *Global Change Biology*, 26(3), pp. 1725–1738.
- (26) Wang, W. et al. (2017) „Nutrient exchange and regulation in arbuscular mycorrhizal symbiosis“, *Molecular Plant*, 10(9), pp. 1147–1158.

THE QUEST FOR HARMONY IN ACTION: COORDINATED SUSTAINABILITY IN NATURE, ECONOMY, AND SOCIETY



Dr. Amin Khiali-Miab, Fotograf: Philipp Neff

Dr. Amin Khiali-Miab

Transdisciplinarity Lab and Climate Policy Group, ETH Zürich

Amin, holding a BSc and MSc in Industrial and Systems Engineering, furthered academic pursuits with a Doctor of Sciences from ETH Zurich. His research focus is on urban and spatial development and has worked within PLUS, Transdisciplinarity Lab and Climate Policy Groups at ETHZ. He is currently working as a postdoctoral scientist and lecturer at ETH Zurich. Specialising in interdisciplinary approaches to understanding complex systems, he aims to provide valuable insights to help decision-makers tackle the challenges facing cities and society.

More than half of the world's measurable economic function, accounting for over 50 per cent of global gross domestic product (GDP), depends on the invaluable natural capital provided by our environment [1]. The statistics are sobering, considering that some studies suggest that biodiversity, a key indicator of our natural capital, is decreasing fast [2]. Between 1970 and 2010, about 39 percent of the population of terrestrial species, 76 per cent of freshwater species and almost 39 per cent of marine species declined [3]. What adds to the importance of this issue is the fact that a remarkable 82 per cent of this population

decline is due to the impact of direct human interventions in the landscape. For example urban sprawl and the construction of infrastructure and highways disrupt vital wildlife habitats that are necessary for the conservation of biodiversity and other natural capital [3]. While our pursuit of social and economic progress is undeniably important, we must recognise that this progress will not be sustainable in the long term if we continue to deplete our nature, which includes conserving rich biodiversity and protecting species for the future.

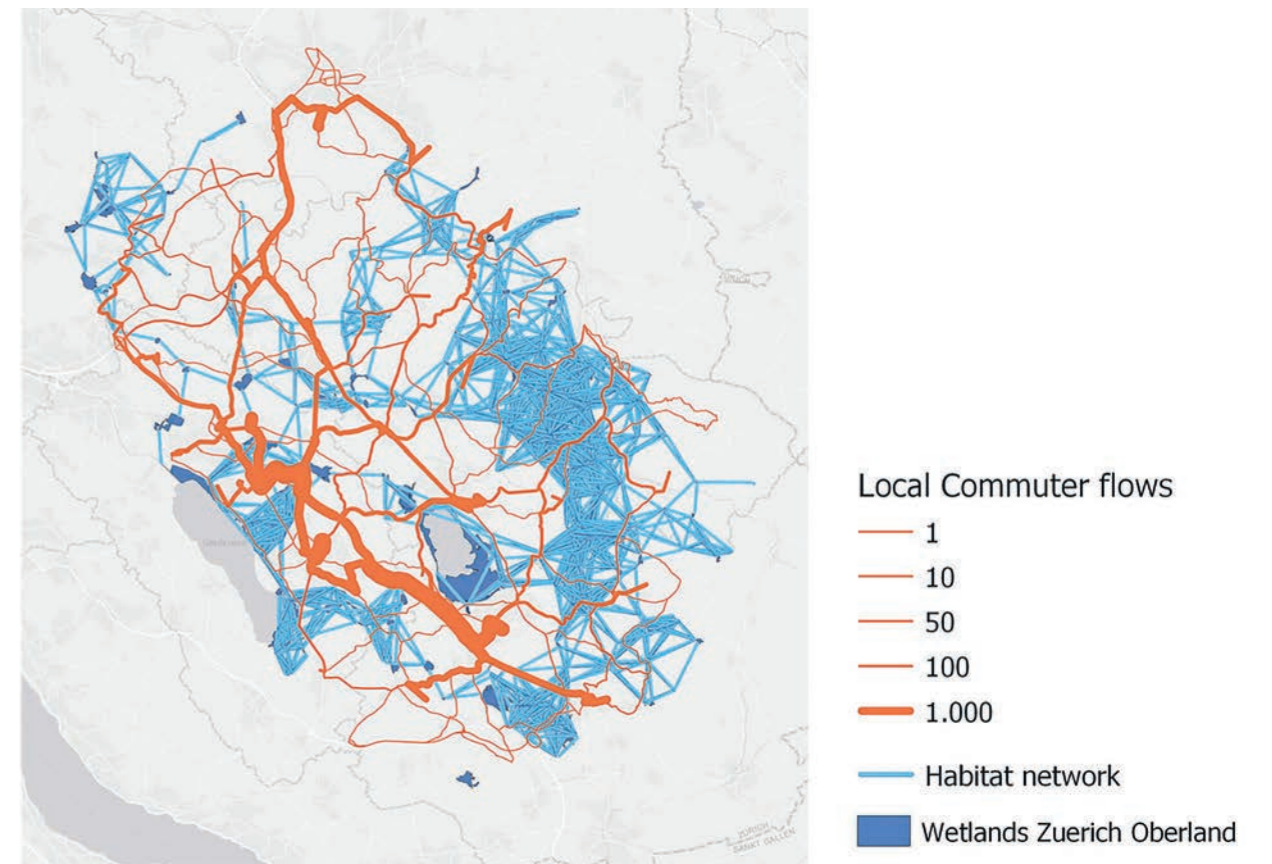


Figure 1: The figure illustrates the intersection of road traffic and habitat connectivity network. The blue network shows the movement of an indicator amphibian at risk from road traffic, while the orange network represents the traffic network.

Switzerland's unwavering dedication to protecting nature and biodiversity has led to significant progress since 1990 in preserving critical ecosystems and animal habitats. This progress has been made possible through federal legislation, strategies, and policies aimed at halting habitat loss and more public awareness. Since 2017, the Swiss Federal Council has introduced the Biodiversity Strategy Action Plan in Switzerland, which describes concrete measures to achieve the strategic goals [4]. This comprehensive plan not only focuses on directly conserving biodiversity by fostering the development of the ecological infrastructure but also aims to forge connections between Switzerland's biodiversity policy and other essential policy domains, including spatial planning, transport, Energy and economic development. Thus, supporting decision-makers in different policy domains and raising the awareness of the public is important to achieve the national goals.

While we often need to balance various sustainability goals across different policy domains, we currently lack sufficient tools to bridge the gaps between these domains [5]. We need tools that could aid decision-makers in achieving more harmonised actions, even when faced with policies that may occasionally contradict each other. For example, consider the challenge of making a good decision when a new transport link is needed for a village. This link is essential for the economic and social well-being of the community, but road traffic disturbs the habitat of wildlife in the surrounding area (Such interactions are shown in Fig. 1 for part of the Canton of Zürich). A harmonised approach can then better help preserve natural areas while protecting other areas of sustainability in society and economy. The problem is that we do not yet have a tool to identify these trade-offs and help finding harmonised decisions that take into account many objectives at once.

Our recent study at ETH Zurich offers a new perspective on the symbiotic relationship between nature, economy and society and aims to promote harmony between different sustainability goals [6]. This interdisciplinary research uses a novel evolutionary urban development simulation to identify optimal development patterns that can promote social, economic and environmental goals. For example, the simulation shows

that under current urbanisation trends, projected for the period 2010 to 2040, about 54 per cent of available habitat for an amphibian species will be lost. However, the study also shows that we can not only halt habitat loss, but even reverse this process through alternative urban development strategies. For instance, we can increase available habitats by 70 percent compared to 2010, all while enhancing socio-economic benefits for communities.

While it may seem challenging to achieve all sustainability goals at the same time, there are certainly practical solutions. In analysing some 50,000 alternative urban development scenarios, a recurring pattern has emerged. Achieving balanced sustainable development goes beyond the sustainable development of individual neighbourhoods. These neighbourhoods can profoundly affect the social, economic and environmental indicators of non-adjacent areas. As shown in Figure 2, the coordinated (in the sense of ??) development of municipalities such as Stein am Rhein, Truellikon, and Gachnang plays a central role in achieving a comprehensive sustainable solution that promotes the social, economic and environmental aspirations of the entire region.

This innovative simulation enables researchers and planners to examine different urban development scenarios and evaluate their suitability for achieving sustainability goals. By simulating the interactions between different urbanisation patterns and the environment, this method not only advances our understanding of the relationship between human settlements and the natural world, but also enables us to design urban regions that simultaneously promote social cohesion, economic benefits and environmental protection. It also helps to facilitate the integration of national policy domains and navigate inevitable trade-offs to ensure a holistic approach to sustainable development. The tool can demonstrate the importance of a coordinated approach to urban development, but concrete coordinated action plans are needed. Thus, universities can play an important role in fostering communication between stakeholders, incorporating different perspectives into current development paradigms and achieving better coordinated action plans for sustainability.

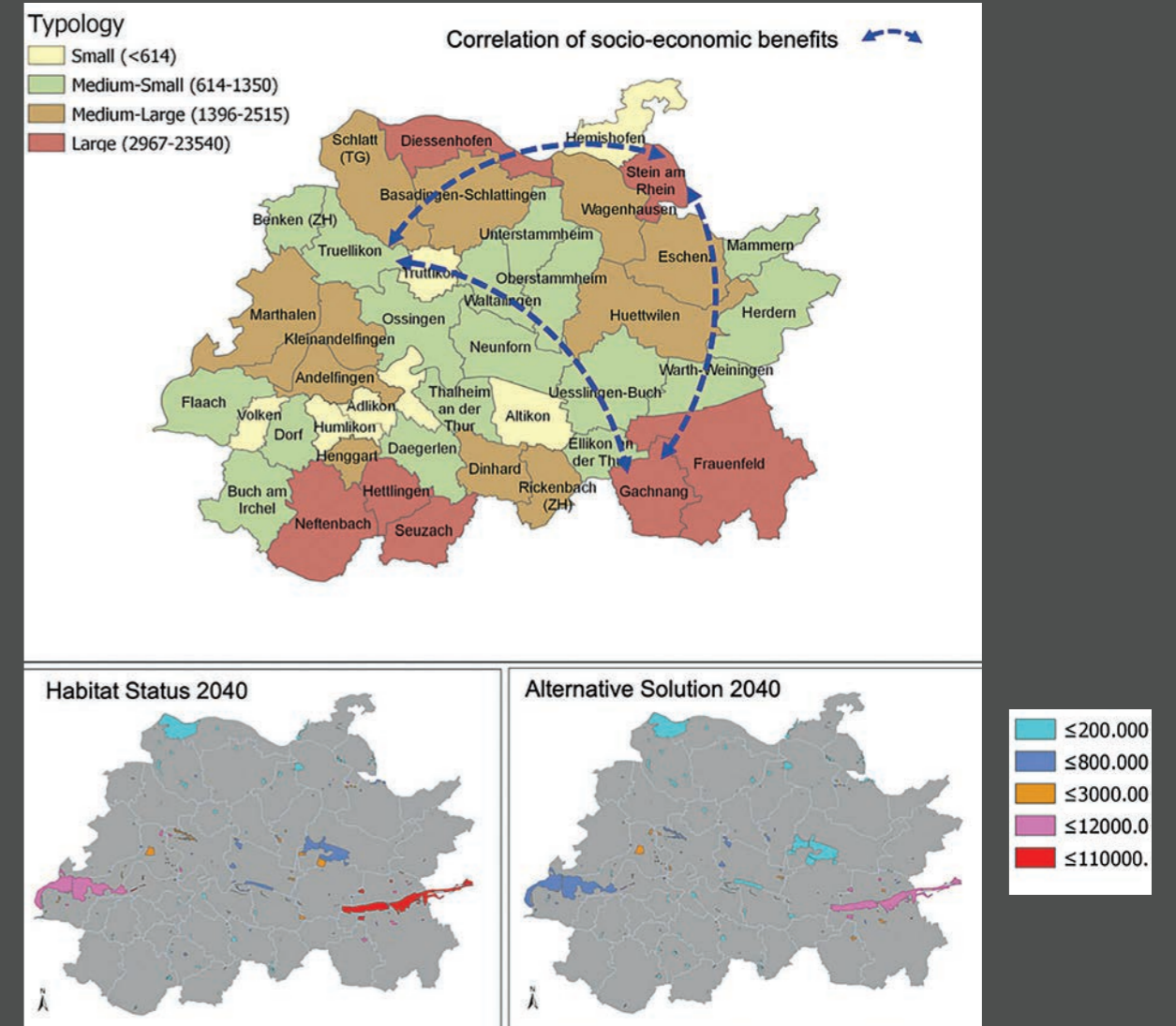


Figure 2: Socioeconomic Benefits, Habitat Loss, and Coordinated Urban Development: This figure illustrates the interplay between socioeconomic benefits three example municipalities (top), projected habitat loss by 2040 (bottom left), and the positive outcome achieved through coordinated urban development (bottom right). It showcases the potential of a harmonised approach to address sustainability challenges.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank my colleagues who supported me in this research, especially Dr Pius Krütli and Dr Maarten van Strien. I also thank Prof. Rudolf Füchslin for his invitation to write this article.

References

- [1]. Herweijer, C., Evison, W., Mariam, S., Khatri, A., Albani, M., Semov, A., & Long, E. (2020). Nature risk rising: Why the crisis engulfing nature matters for business and the economy. Paper presented at the World Economic Forum and PwC. http://www3.weforum.org/docs/WEF_New_Nature_Economy_Report_2020.pdf.
- [2]. Almond, R. E., Grooten, M., & Peterson, T. (2020). Living Planet Report 2020-Bending the curve of biodiversity loss: World Wildlife Fund.
- [3]. WWF-International. (2010). Living planet report 2010.
- [4]. FOEN. (2017). Swiss Biodiversity Strategy Action Plan. Bern.
- [5]. Van Strien, M. J., Axhausen, K. W., Dubernet, I., Guisan, A., Grêt-Regamey, A., Khiali-Miab, A., . . . Holderegger, R. (2018). Models of coupled settlement and habitat networks for biodiversity conservation: conceptual framework, implementation and potential applications. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6, 41.
- [6]. Khiali-Miab, A., Grêt-Regamey, A., Axhausen, K. W., & van Strien, M. J. (2022). A network optimisation approach to identify trade-offs between socio-economic and ecological objectives for regional integrated planning. *City and Environment Interactions*, 13, 100078.

UMGEBUNGSÜBERWACHUNG UND NOTFALLSCHUTZ: MESSNETZ IN DER UMGEBUNG DER SCHWEIZERISCHEN KERNKRAFTWERKE



Benno Bucher, Fotograf: Wiebke Zöllner, ENSI

Benno Bucher und Ruedi Habegger

Benno Bucher befasst sich beim Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI als promovierter Naturwissenschaftler mit der radiologischen Umgebungsüberwachung der Kernanlagen und ist verantwortlich für den Betrieb des Messnetzes MADUK.

Ruedi Habegger ist Elektroingenieur und befasst sich beim Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI mit der Bilanzierung von Abgaben radioaktiver Stoffe der schweizerischen Kernanlagen.

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI ist die Aufsichtsbehörde der Kernanlagen in der Schweiz, von denen sich mehrere im Kanton Aargau befinden. Bei diesen Anlagen besteht aufgrund des Umgangs mit radioaktiven Stoffen und der damit verbundenen ionisierenden Strahlung ein Gefährdungspotential. Das ENSI kontrolliert die Einhaltung der für den Schutz von Mensch und Umwelt geltenden gesetzlichen Vorgaben betreffend ionisierender Strahlung durch die Betreiber der Anlagen. Dazu überwacht das ENSI unter anderem die Radioaktivität in der Umgebung der Kernkraftwerke mit einem eigenen Messnetz. Das «Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernkraftwerke» (MADUK) wurde 1993 aufgebaut. Das System misst und überwacht rund um die Uhr die Ortsdosisleistung in der Umgebung der Kernkraftwerke. Die Orts-

dosisleistung ist eine Messgrösse für das Strahlungsfeld am Messort und kann als Mass für die Strahlendosis einer Person, die sich an diesem Ort aufhält, verwendet werden.

57 MESSSTATIONEN UM DIE KERNANLAGEN

Das MADUK-Messnetz besteht aus insgesamt 57 Messstationen. Es gibt vier Messringe mit je 12 bis 17 Stationen im Umkreis von rund sechs Kilometern um die vier schweizerischen Kernkraftwerke, das Paul Scherrer Institut und die Zwiilag Zwischenlager Würenlingen AG (Abbildung 1). Die Messsonden des MADUK-Systems komplettieren und ergänzen das gesamtschweizerische «Messnetz für die automatische Dosisleistungsalarmierung und -messung» (NADAM, naz.ch/aktuell/messwerte). Dieses umfasst weitere 76 Messstationen, verteilt über die ganze Schweiz.



Abbildung 1: Standorte der MADUK-Stationen in der Umgebung der vier Kernkraftwerke Beznau, Gösgen, Leibstadt und Mühleberg. Bild: ENSI

Die Messsonden (Abbildung 2) sind so konzipiert, dass die benötigte Energie für Messtechnik und Kommunikation über integrierte Solarpanels erzeugt wird. Mit dem Überschuss des Sommers kann mit der vorhandenen Batteriekapazität das Defizit in den Wintermonaten überbrückt werden. An stark beschatteten Standorten werden die Batterien über eine externe Stromversorgung regelmässig geladen, damit bei Ausfall der Stromversorgung die Messstationen mindestens für einen Monat weiterbetrieben werden können.

MESSBEREICH DECKT NEUN DEKADEN AB

Die eingesetzten Messsonden verwenden Geiger-Müller-Zählrohre für die Ermittlung der Ortsdosisleistung. Um den Messbereich von zehn Nanosievert pro Stunde bis zehn Sievert pro Stunde (neun Dekaden) abzudecken, sind in jeder Sonde zwei Zählrohre mit unterschiedlicher Empfindlichkeit verbaut (siehe Abbildung 3). Jede Sonde wird vor ihrem Ersteinsatz in einem akkreditierten Kalibrierlabor geprüft und



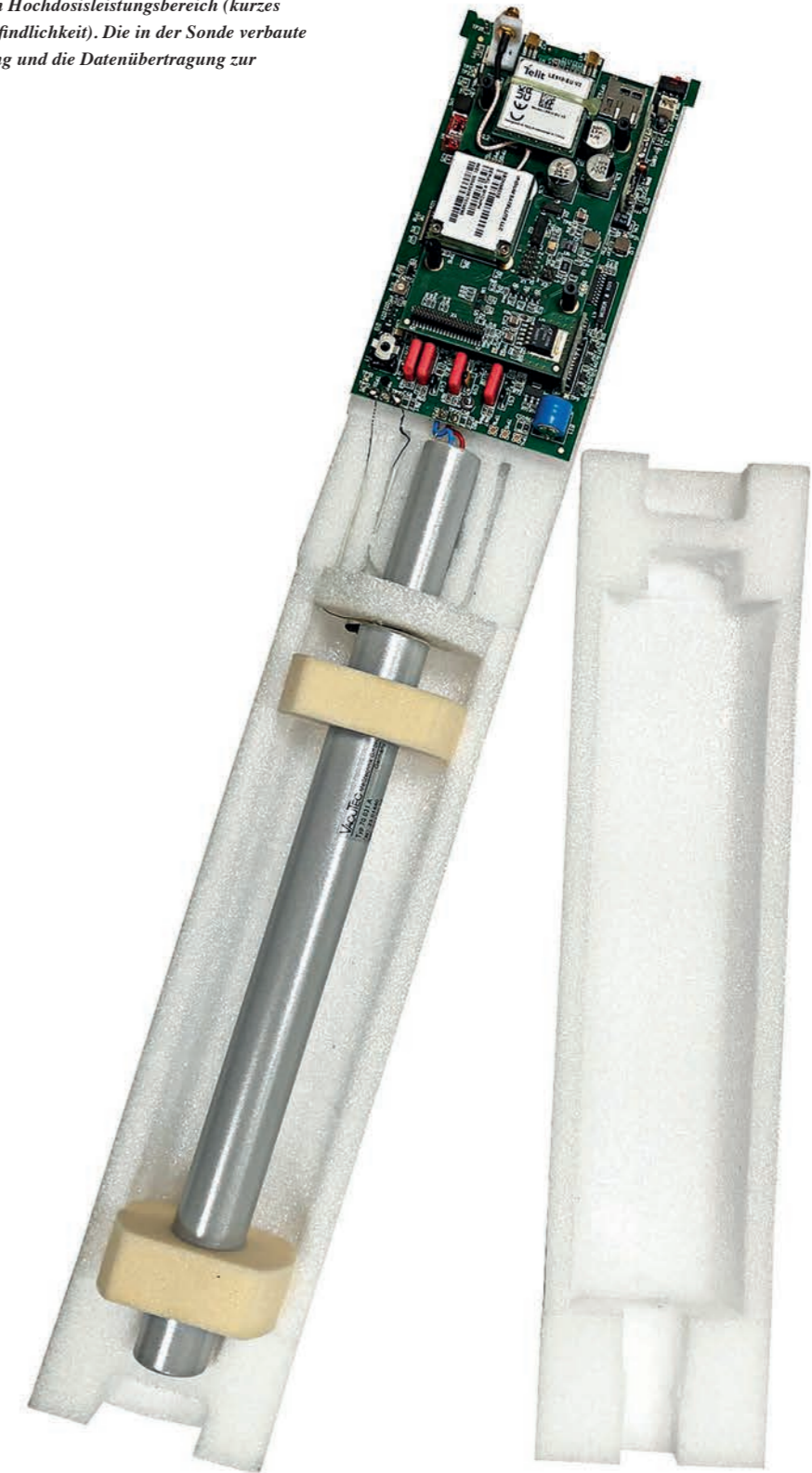
Abbildung 2: Messsonde des Typs GammaTracer XL2 der Firma Bertin GmbH. Die benötigte Energie für Messtechnik und Kommunikation wird über integrierte Solarpanels erzeugt.
Bild: ENSI

kalibriert. Jährlich wird die Messbeständigkeit der Messsonden mit Hilfe einer radioaktiven Quelle überprüft. Erfüllt eine Messsonde die vorgegebenen Kriterien nicht, muss sie repariert und neu kalibriert werden.

Die in der Sonde verbaute Elektronik (siehe Abbildung 3) steuert die Messung und die Datenübertragung zur Zentrale beim ENSI. Die Daten werden primär über das Mobilfunknetz an zwei geo-redundante Standorte übertragen. Fällt das Mobilfunknetz aus, sendet die Messsonde die Daten via Satellitenkommunikation an die beiden Standorte. Dort werden die Messdaten unabhängig voneinander erfasst, automatisch bewertet, archiviert, den Notfallschutzpartnern in der Schweiz und Deutschland übermittelt und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht (www.ensi.ch/de/messwerte-radioaktivitat).

Abbildung 3: Messsondeninneres mit Zählrohren sowohl für den Niederdosisleistungsbereich (langes Zählrohr mit grösserer Empfindlichkeit) als auch den Hochdosisleistungsbereich (kurzes Zählrohr mit geringerer Empfindlichkeit). Die in der Sonde verbaute Elektronik steuert die Messung und die Datenübertragung zur Zentrale beim ENSI.

Bild: Bertin GmbH



NIEDERSCHLAG KANN KURZZEITIG ZU ERHÖHTEN WERTEN FÜHREN

Die Messsonde misst die Ortsdosisleistung am Standort. Die natürliche Untergrundstrahlung des Bodens (Uran- und Thorium-Reihe, Kalium) und die kosmische Strahlung tragen im Schweizer Mittelland mit 80 bis 130 Nanosievert pro Stunde zur Ortsdosisleistung bei. Die Unterschiede sind hauptsächlich auf unterschiedliche Bodenzusammensetzung zurückzuführen. Die Messwerte werden mit einem Messintervall von zehn Minuten erhoben. Sie schwanken aufgrund der statistischen Messunsicherheit im Rahmen von zehn bis zwanzig Prozent. Niederschlag kann zur kurzzeitigen Erhöhung der Ortsdosisleistung führen, da Regen und Schnee die natürlichen Radioisotope aus der Atmosphäre auswaschen. Bei diesen Radioisotopen handelt es sich um Folgeprodukte des radioaktiven Gases Radon, welches in der Zerfallsreihe von Uran entsteht und aus dem Boden in die Atmosphäre transportiert wird. Solche durch Niederschlag verursachten Erhöhungen können Werte des Doppelten bis Dreifachen des natürlichen Untergrunds erreichen (Abbildung 4). Die Werte sinken aufgrund der kurzen Halbwertszeiten der Radonfolgeprodukte innerhalb weniger Stunden wieder auf Werte des Hintergrunds ab. Bei einem flächigen Regenereignis steigen und sinken die Werte innerhalb eines Messringes gleichzeitig. Entsprechend lassen sich solche Niederschlagsereignisse mit Hilfe eines Rechenalgorithmus zur Bestimmung der Nettodosisleistung herausfiltern (Abbildung 5).

AUTOMATISCHE ALARMIERUNG DER ENSI-NOTFALLORGANISATION

Bei einem Ereignis mit einer Freisetzung von Radioaktivität durch ein Kernkraftwerk ist es sehr unwahrscheinlich, dass die Werte aller Stationen eines Messringes gleichzeitig ansteigen. Mit Hilfe der Nettodosisleistung lassen sich deshalb bereits geringfügige Änderungen in der Ortsdosisleistung aufgrund von Freisetzungen eines Kernkraftwerkes erkennen. Der Schwellenwert für die Alarmierung wurde auf 50 Nanosievert pro Stunde festgelegt. Bei einer Erhöhung der Nettodosisleistung über dem Schwellenwert wird diese mit Hilfe der Windrichtung am Werksstandort plausibilisiert. Liegt über mehr als 30 Minuten eine plausibilisierte Erhöhung vor, wird die ENSI-Notfallorganisation alarmiert. Diese führt dann weitere Abklärungen durch.

Neben der Alarmierung über die Nettodosisleistung führt auch ein einzelner Ortsdosisleistungsmesswert grösser als 1,000 Nanosievert pro Stunde zu einer automatischen Alarmierung der ENSI-Notfallorganisation.

Im Gegensatz zu einer Regenfront können lokal begrenzte Niederschläge wie Gewitter oder Industrieschnee zu erhöhten Nettodosisleistungen an einzelnen Messstationen und abhängig von der Windrichtung ebenfalls zur Alarmierung führen. So wurde bei einem lokalen Starkniederschlag an der Station M-04 in Wohlen bei Bern am 26. August 2022 eine Nettodosisleistung von über 140 Nanosievert pro Stunde (Abbildung 6) registriert. Aufgrund des Niederschlagsradars für den entsprechenden Zeitpunkt und das typische Abklingverhalten für Radonfolgeprodukte konnte die Erhöhung dem Auswaschen von Radonfolgeprodukten aus der Atmosphäre zugeordnet werden.

Neben meteorologischen Effekten können auch Schweissnahtprüfungen mit radioaktiven Quellen oder Personen in Radiotherapie, die sich in der Nähe einer Messstation aufhalten, zu erhöhten Messwerten führen. Entsprechende Erhöhungen werden in der Regel nur für sehr kurze Zeit oder in kurzen Intervallen aufgezeichnet. Bei länger andauernden Erhöhungen werden am entsprechenden Standort zusätzliche Messungen mit Gammaskopie durchgeführt. Mit der Gammaskopie lassen sich Radionuklide anhand ihrer Gammalinien identifizieren und quantifizieren.

DOKUMENTATION ZUR DOSISLEISTUNG UND ZUR UMWELTRADIOAKTIVITÄT

Alle Erhöhungen der Nettodosisleistungen über dem Schwellenwert werden dokumentiert und im jährlichen Strahlenschutzbericht des ENSI (www.ensi.ch/de/dokumente/document-category/strahlenschutzberichte/) sowie im Bericht «Umweltradioaktivität in der Schweiz» des Bundesamts für Gesundheit (www.bag.admin.ch/bag/de/home/das-bag/publikationen/taetigkeitsberichte/jahresberichte-umweltradioaktivitaet.html) publiziert.

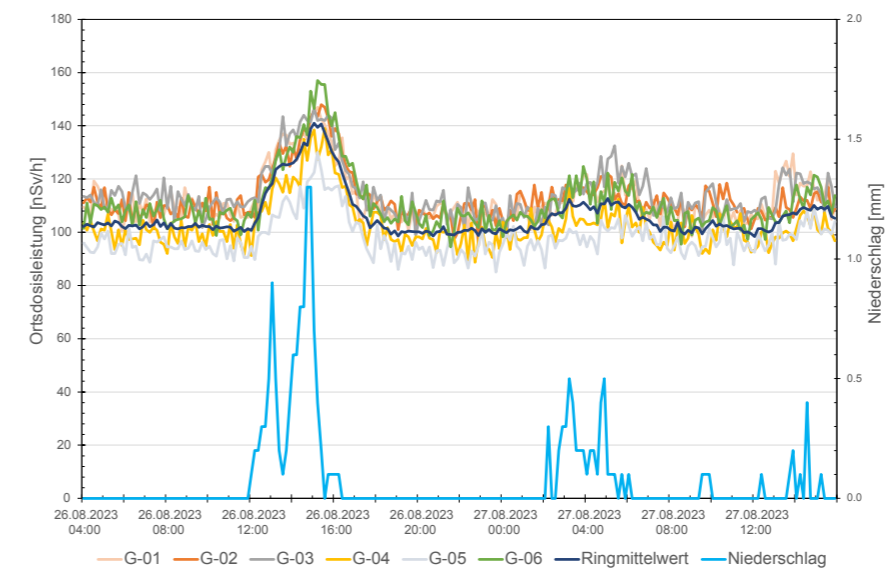


Abbildung 4: Durch Niederschlag verursachte Erhöhungen können Werte des Doppelten bis Dreifachen des natürlichen Untergrunds erreichen: Verlauf der Ortsdosisleistung und des Niederschlags einiger Messstationen in der Umgebung des Kernkraftwerks Gösgen. Bild: ENSI

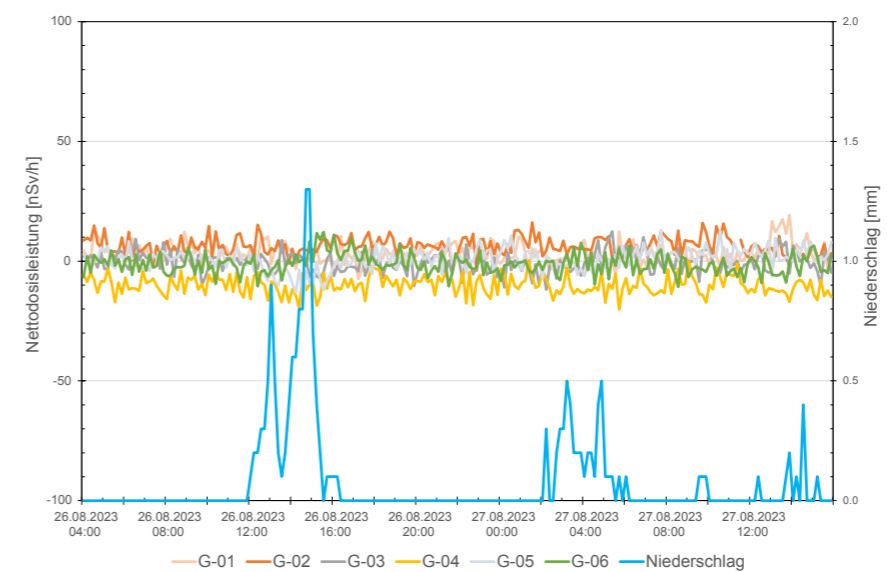


Abbildung 5: Bei einem flächigen Regenereignis steigen und sinken die Werte innerhalb eines Messringes gleichzeitig. Entsprechend lassen sich solche Niederschlagsereignisse mit Hilfe eines Rechenalgorithmus zur Bestimmung der Nettodosisleistung herausfiltern: Verlauf der Nettodosisleistung und des Niederschlags einiger Messstationen in der Umgebung des Kernkraftwerks Gösgen. Bild: ENSI

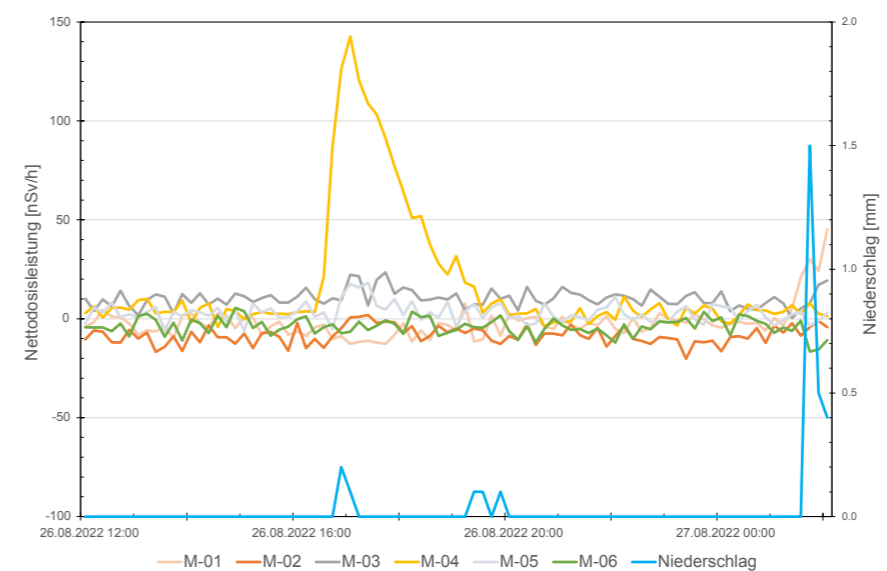
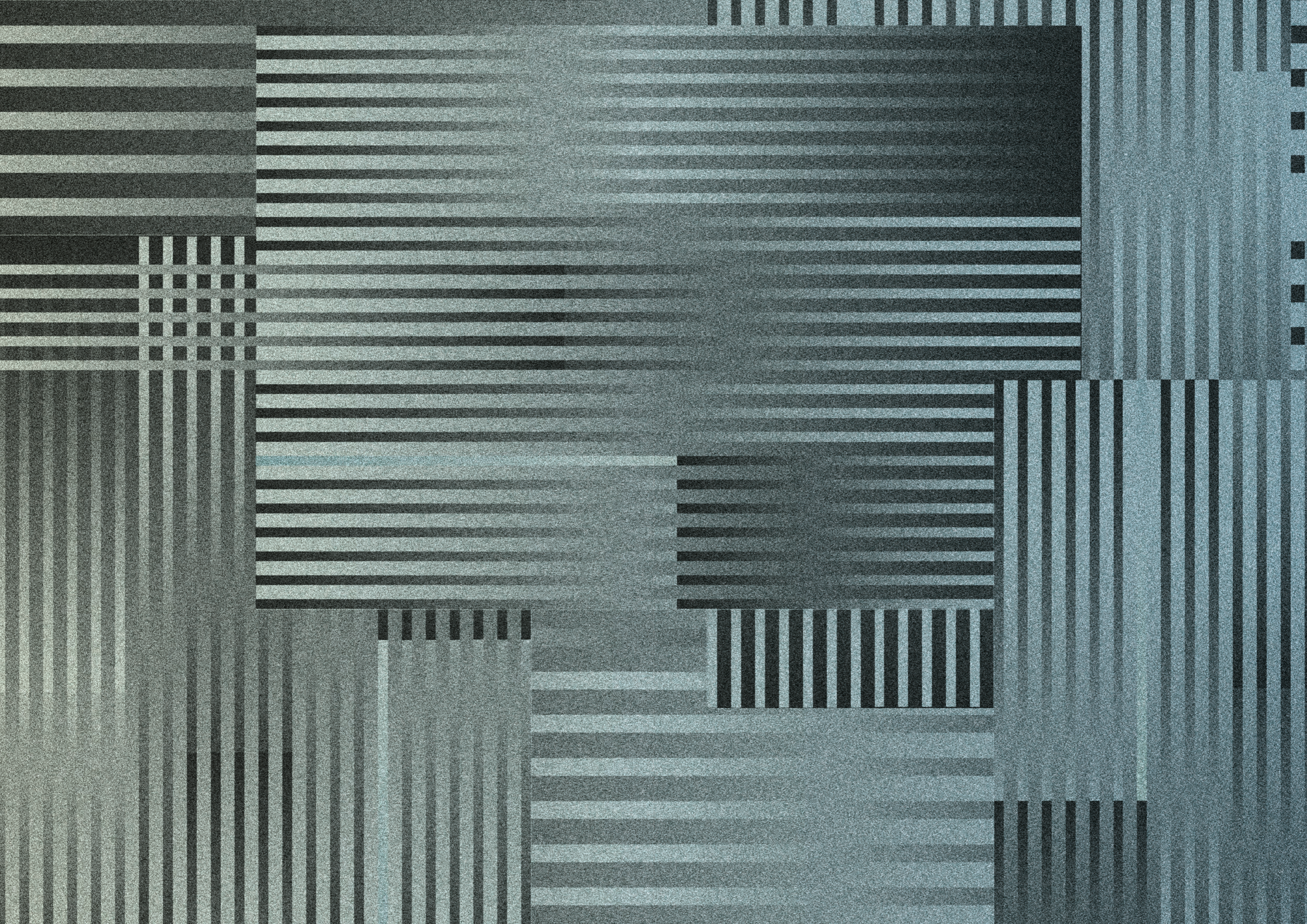


Abbildung 6: Verlauf der Nettodosisleistung für sechs Messstationen im Messring Mühleberg bei einem lokalen Starkniederschlag. Bild: ENSI



IMPRESSUM

FOKUS SCHLUSSREDAKTION ANG

Alois Zwyssig
Heidi Voser

GRAFIK & DESIGN

Pantasis Grafik & Interaction Design
Veronika Pantasis, www.pantasis.ch

SPONSORING & PODCAST

Dr. Andrin Wacker

KONTAKT

Alois Zwyssig
leitung@ang.ch

HAUPTSPONSOR

SCNAT

AUFLAGE

500 Exemplare

PRODUKTION

Aargauische Naturforschende Gesellschaft,
Feerstrasse 17, 5001 Aarau

COPYRIGHT

Alle Rechte vorbehalten

ISSN

2297-4962



**Ihre Alleskönnerin
rund um Energie.**

eniwa.ch/energie

eniwa

Energie. Einfach nachhaltig.

naturama

Museum+Natur

ICH TIER WIR

Eine
sonderbare
Beziehung



Sonderausstellung
29. September 2023 – 7. Juli 2024
naturama.ch/tier