

universitas

DAS MAGAZIN DER UNIVERSITÄT FREIBURG, SCHWEIZ | LE MAGAZINE DE L'UNIVERSITÉ DE FRIBOURG, SUISSE

03|2025

Menschlich, offen, international 8
Bundesrat Pfister über seine Alma Mater

L'innovation en musique 54
Entre glorification et parodie

Die Uni rentiert 58
Aus einem Franken werden drei

UNI
FR

UNIVERSITÉ DE FRIBOURG
UNIVERSITÄT FREIBURG

Heureka!?

Ce dont le monde (n')a (pas) besoin



Que diriez-vous d'une
petite planchette avant que
la troupe monte sur les planches?

Et si nous discutions un peu
avant de découvrir l'œuvre sur scène?

Un programme qui ouvre les esprits
(et les bouteilles):



PLANCHES ET PLANCHETTES



Impressum

universitas

Das Wissenschaftsmagazin der Universität Freiburg
Le magazine scientifique de l'Université de Fribourg

Herausgeberin | Editrice

Universität Freiburg
Unicom Kommunikation & Medien
Avenue de l'Europe 20, 1700 Freiburg
www.unifr.ch/unicom

Chefredaktion | Rédaction en chef

Claudia Brülhart | claudia.bruelhart@unifr.ch
Farida Khalil (Stv./suppl.) | farida.khalil@unifr.ch

Art Direction

Daniel Wynistorf | daniel.wynistorf@unifr.ch

Autor_innen | Auteur-e-s

Claudia Brülhart | claudia.bruelhart@unifr.ch
Loris Noah Cassaris | loris.cassaris@unifr.ch
Matthias Fasel | matthias.fasel@unifr.ch
Pierre Jenny | pierrejenny@bluewin.ch
Patricia Michaud | info@patricia-michaud.ch
Andreas Minder | a.minder@bluewin.ch
Santina Russo | info@santinarusso.ch

Fotos | Photos

Stéphane Schmutz | info@stemetz.com
www.flickr.com
Getty Images | gettyimages.com

Korrektorat | Correction

Maria-Jo Buchs | marie-jo.buchs@unifr.ch
Jean-Luc Brülhart | jeanluc.bruelhart@yahoo.com

Titelbild | Image de couverture

www.flickr.com

Illustrationen Dossier | Illustrations du dossier

www.flickr.com
Getty Images | gettyimages.com

Sekretariat | Secrétariat

Marie-Claude Clément | marie-claude.clement@unifr.ch

Druck | Impression

Canisius SA
Avenue Beauregard 3, 1700 Fribourg

Auflage | Tirage

9'200 Exemplare | dreimal jährlich
9'200 exemplaires | trois fois par année

ISSN 1663 8026

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck nur mit Genehmigung der Redaktion.

Tous droits réservés.

La réimpression n'est autorisée qu'avec l'accord de la rédaction.

Die nächste Ausgabe erscheint im März 2026.

La prochaine édition paraîtra en mars 2026.

Die in dieser Publikation zum Ausdruck gebrachten Meinungen entsprechen nicht zwangsläufig der Haltung der Unifr.
Les opinions exprimées dans les articles d'*universitas* ne reflètent pas forcément celles de la rédaction.

Edito

Es gibt Momente, in denen eine Idee die Welt verändert. Archimedes soll «Heureka!» gerufen haben, als er das Prinzip der Verdrängung entdeckte – Sinnbild für den plötzlichen Funken der Erkenntnis, für den Moment, in dem alles zusammenfindet und klar wird.

Doch so schön dieses Bild des sprichwörtlichen Geistesblitzes auch sein mag: Kaum etwas entsteht aus dem Nichts. Jede Erfindung trägt Spuren früherer Ideen, gesammelter Erfahrungen, vergangener Versuche. Entdeckungen beruhen auf der Analyse des Bestehenden, auf der Fähigkeit, quer zu denken. Und nicht selten auf Missverständnissen – oder auf Zufall.

Christoph Kolumbus «stolperte» gewissermassen über Amerika, Alexander Fleming entdeckte Penicillin, weil ein Schimmelpilz seine Petrischalen verunreinigte. Auch die Mikrowelle, Post-it-Haftnotizen oder Cornflakes verdanken ihre Entstehung eher dem Zufall als einem genialen Plan. Aber: Nur mit entsprechendem Wissen lässt sich der Moment erkennen, der plötzlich eine neue Richtung eröffnet und den Weg zu etwas ganz Neuem ebnet.

Brauchen Wissenschaft und Entdeckergeist also auch ein Quäntchen Glück – oder Zufall?

Sicher ist, dass beides ohne Expertise nirgendwo hinführt. Oder anders gesagt: Die wenigsten Menschen entdecken ein physikalisches Prinzip, wenn sie in der Badewanne sitzen.

Wir brauchen die Neugierde, die Kreativität und die Expertise der Forschenden, um immer wieder Neues zu entdecken – und Bestehendes weiterzubringen.

Vielen Dank den Wissenschaftler_innen der Unifr dafür, dass Sie ihr Wissen und ihre Forschung mit uns teilen. Und ein grosses Merci den Leser_innen für Ihre Treue.

Ich wünsche allen frohe Festtage und ein neues Jahr voller Neugierde,

Claudia Brülhart
Chefredaktorin

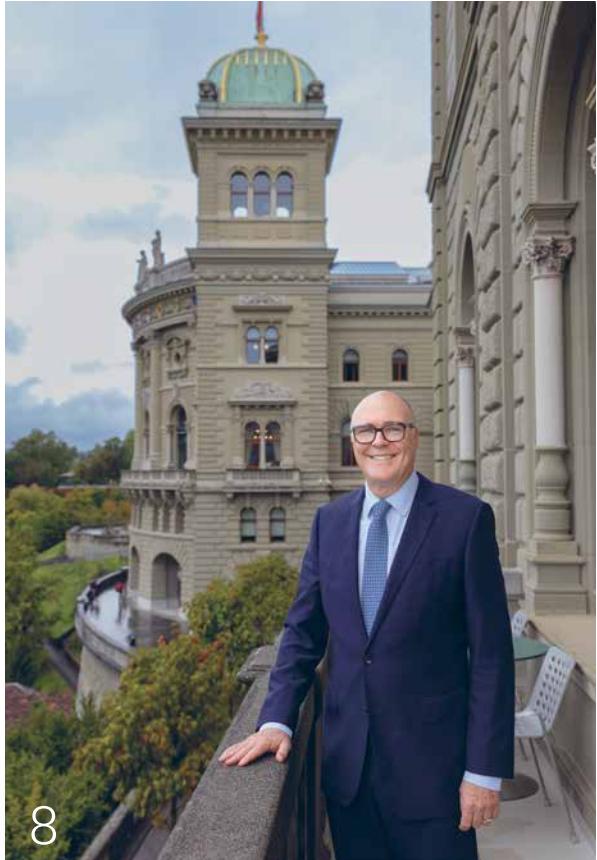


UNIVERSITÉ DE FRIBOURG
UNIVERSITÄT FREIBURG

Inhalt | Sommaire

- News
- 6 **Le Cardinal Pierbattista Pizzaballa à l'honneur**
La Faculté de théologie lui a rendu hommage lors du dies academicus 2025
- Portrait
- 8 **«Ich bin einen anderen Weg gegangen»**
Bundesrat Martin Pfister kommt ins Schwärmen, wenn er an Fribourg und seine Alma Mater zurückdenkt
- Dossier
- 10 **Heureka!?**
- 12 **Vom Kodex zum Kindle**
Der lange Weg des geschriebenen Wortes
- 17 **Capturer le son**
Le phonographe ou la démocratisation du son
- 19 **Die vermeintliche Entdeckung Amerikas**
Was, wenn Kolumbus nie dort angekommen wäre?
- 22 **Plaie estudiantine, impératif professoral**
L'art redoutable de la note de bas de page
- 25 **Die Quadratur des Kreises**
Analyse einer guten Idee, die (noch) nicht funktioniert
- 27 **Quand le risque s'individualise**
Cancer: avantages et risques de la détection précoce
- 30 **Die Oper.**
Ein Missverständnis, das wir nicht mehr missen möchten
- 32 **Der Wächter im Web**
Alle kennen und brauchen ihn, aber niemand hat ihn je gesehen. Wer ist es?
- 34 **Quand la souris rencontre le cerveau**
Ordinateur et IA – La convergence de deux mondes
- 37 **Shopping@home**
Alles begann mit einer CD von Sting
- 40 **Cryptomonnaies – du mythe à la réalité**
Les promesses bien volatiles du Bitcoin





43 **KI ist keine moderne Erfindung**

Der Traum der denkenden Maschine
geht weit zurück

45 **Fenster zur unsichtbaren Welt**

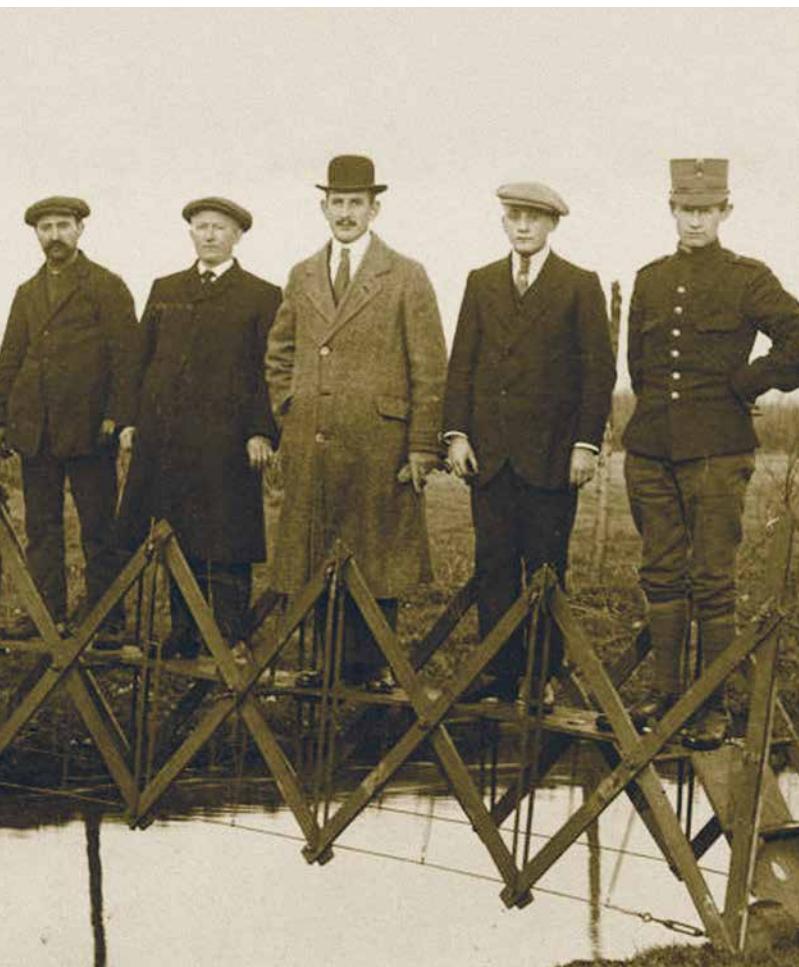
Vom Bergkristall zur Brille über die
Lupe zum Lichtmikroskop

48 **Le parcours sinueux de l'accès du peuple au pouvoir**

Du champ de bataille athénien aux
votations helvétiques contemporaines

50 **Mit Unschärfe in die Zukunft**

Wenn Worte und Wahrnehmungen
Zahlen ersetzen



Recherche & Enseignement

54 **Comme un air d'innovation**

Quand la musique reflète le progrès,
ses crescendos et ses fausses notes

Fokus

58 **Jeder Franken wird verdreifacht**

Keine wundersame Vermehrung:
Michael Grass, Autor der aktuellen Studie zur
Wertschöpfung der Uni Freiburg, erklärt,
warum die Alma Mater rentiert

People & News

61 **Prix et nominations**

Quoi de neuf à l'Unifr?

Red & Antwort

62 **Stefan Rindlisbacher**

Postdoc SNF am Departement
für Zeitgeschichte



online | en ligne

www.unifr.ch/universitas



Veronika Hoffmann, doyenne de la Faculté de théologie,
a remis son doctorat honoris causa au Cardinal Pierbattista
Pizzaballa lors du dies academicus, le 15 novembre 2025

Le Cardinal Pierbattista Pizzaballa à l'honneur

Cette année, la Faculté de théologie a choisi de remettre un doctorat honoris causa à un médiateur majeur entre les religions au Moyen-Orient, le Cardinal Pizzaballa. Elle rend ainsi hommage à un franciscain qui, depuis plus de vingt ans, est l'un des visages les plus marquants de la présence chrétienne en Terre Sainte.

Les autres facultés ont également célébré leurs nominé·e·s lors de la journée officielle du dies academicus, le 15 novembre dernier. La Faculté des sciences et de médecine a honoré Alain Berset, ancien conseiller fédéral et actuel secrétaire général du Conseil de l'Europe, la Faculté de droit Regina Kiener, professeure émérite de l'Université de Zurich, la Faculté des sciences économiques et sociales l'ancien Recteur de l'Université de Lucerne, enseignant et chercheur novateur, Bruno Staffelbach et la Faculté des lettres et des sciences humaines l'Ambassadeur Jacques Pitteloud. Enfin la nouvelle Faculté des sciences de l'éducation et de la formation a remis son titre pour la première fois à Philippe Meirieu, professeur émérite en sciences de l'éducation et en pédagogie, de l'Université Lumière Lyon 2.

unifr.ch/news

«Ich bin einen anderen Weg gegangen»

Vor 25 Jahren war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Departement für Zeitgeschichte – heute ist er ein Mitglied der Landesregierung. Bundesrat Martin Pfister im Gespräch mit seiner Alma Mater. **Claudia Brülhart**

«Die Schweiz braucht etwas mehr Freiburg» – mit diesen Worten haben Sie am 1. August Ihre Rede in der Freiburger Basse-Ville beendet. Was macht Freiburg für Sie zu einem Modell für die Schweiz?

Freiburg hat eine sehr menschliche Qualität und gleichzeitig eine Offenheit und Internationalität – nicht zuletzt durch die Studierenden – die mich fasziniert haben. Eine Verbindung von Tradition und Moderne. Die Gegensätze, die die Welt interessant machen, erlebt man in Freiburg auf eine sehr positive Art.

Was hatte sie 1988 dazu bewogen, an der Universität Freiburg zu studieren?

Mein Vater hatte bereits in Freiburg studiert und die Stadt ist sein Sehnsuchtsort geblieben, was mir natürlich als Kind nicht entgangen ist. Angesprochen haben mich auch die Überschaubarkeit der Uni Freiburg, die Zugänglichkeit der Professorenschaft und des Mittelbaus. Nach einem Jahr sass ich mit der Hälfte meiner Professorinnen und Professoren am Stammtisch!

Ihre Lizentiatsarbeit haben Sie zu Alt-Bundesrat Philipp Etter geschrieben. Warum ein Bundesrat?

Mein Doktorvater, der inzwischen emeritierte Professor Urs Altermatt, hat sich ja mit Bundesratsgeschichte befasst. Als die Familie von Philipp Etter den grossen Nachlass der Wissenschaft zur Verfügung gestellt hat, hatte ich die Gelegenheit, als Erster diesen Nachlass zu sichten. Etter wurde 1934 Bundesrat, aber das Bundesarchiv wurde erst im 2. Weltkrieg professionalisiert, und viele Bundesräte nahmen Dokumente abends auch mit nach Hause. Etter hatte beispielsweise die handschriftlichen Korrekturen zur Botschaft der geistigen Landesverteidigung bei sich daheim im Privatarchiv. Das wäre heute undenkbar – und ausserdem verboten.

Nach dem Studium waren Sie mehrere Jahre wissenschaftlicher Mitarbeiter am Departement für Zeitgeschichte. Hatten Sie damals eine akademische Karriere vor Augen?

Ich hätte mir diesen Weg gut vorstellen können. Aber es kam anders: Ich wurde Vater und wollte mit einem sicheren Einkommen für meine Familie sorgen können. Die akademische Karriere hatte mich aber schon gereizt. Meine damaligen zwei besten Freunde aus dem Mittelbau, Christina Späti und Damir Skenderovic, haben heute beide eine Professur am Departement für Zeitgeschichte. Ich bin einen anderen Weg gegangen.

Sie stehen als Bundesrat dem Eidgenössischen Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport vor – einem Departement, das nicht selten in der Kritik steht. Wie gehen Sie damit um?

Wir leben in spannenden und sich ständig verändernden Zeiten; das Zusammenleben weltweit ist im Wandel. Die Art, Konflikte auszutragen, verändert sich, unsere Demokratien sind in verschiedener Hinsicht bedroht. Ich erachte es als ein Privileg, in einer solch wichtigen Umbruchphase die Aufgabe des Verteidigungsministers wahrnehmen zu dürfen, und tue dies mit Freude, historischem Bewusstsein und einer Neugierde, die ich auch dem Studium zu verdanken habe. Ganz wichtig dabei ist mein Team, das mich unterstützt. Und meine Grundeinstellung dem Amt als Bundesrat gegenüber.

Wie meinen Sie das?

Als ich Bundesrat wurde, war für mich klar: Während der Jahre als Bundesrat gehört mein Leben dem Amt. Ich gönne mir die Freiheit, mich voll und ganz dieser Aufgabe zu widmen, und bin dankbar, dass mein Umfeld mir dies ermöglicht. Und genau darum kann ich mit der Belastung umgehen und nachts trotzdem gut schlafen.

Wie geht es der Schweizer Armee?

Es geht ihr besser, als dies wahrgenommen wird. Viele Bereiche funktionieren gut, wie ich feststellen durfte. In der Ausbildung der jungen Leute wurden grosse Fortschritte erzielt. Die der Armee anvertrauten Aufgaben werden professionell erfüllt und im europäischen Vergleich schneiden wir gut ab. Aber natürlich stehen wir auch vor Herausforderungen, etwa in materieller Hinsicht: Wenn wir kriegstauglich sein wollen, ist eine Aufrüstung unumgänglich.

Braucht die Armee mehr Frauen?

Mehr Frauen würden der Armee guttun, deren Kultur auf eine positive Art verändern, davon bin ich überzeugt.

Bei Ihnen daheim sind die Frauen in der Überzahl. Hat diese starke weibliche Präsenz Ihr Denken geprägt?

Ich habe bestimmt ein grösseres Verständnis für die Anliegen der Frauen und käme nie auf die Idee, Frauen als weniger wichtig zu empfinden. Ich leide mit, wenn meine Töchter Situationen erleben, die nach wie vor nicht von Gleichberechtigung zeugen – und freue mich auch, wenn ich sehe, wie selbstverständlich sie ebendiese Gleichberechtigung privat leben.

Aus der Studienzeit an der Uni Freiburg ist Ihnen eine Posaune geblieben, die Sie noch immer spielen. Was haben Sie sonst noch mitgenommen aus den Jahren hier in Freiburg?

Begleiten tun mich sicher noch ganz viele Bücher – und natürlich die Freude an der welschen Kultur. In den Jahren als wissenschaftlicher Mitarbeiter lebte ich auch an den Wochenenden in Freiburg und konnte meine Sprachkenntnisse erweitern.

Claudia Brülhart ist Chefredaktorin des Wissenschaftsmagazins «universitas».



Martin Pfister ist seit April 2025 Bundesrat. Er steht dem Eidge-nössischen Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) vor. 1996 schloss er an der Universität Freiburg das Studium der Geschichte und Germanistik ab.

Heureka!?



«J'ai trouvé!» Découvrir ce que l'on cherche, résoudre une question épiqueuse, imaginer une solution: le plaisir du Eurêka est inégalable. Mais comment savoir si la fabuleuse idée restera, si elle est durable et évolutive? «Oser, rater, innover»: ce pourrait être le motto de notre dossier – hasard du calendrier, c'est celui de l'exposition «Flops» du Musée des Arts et Métiers de Paris, à visiter jusqu'en mai 2026. C'est peut-être dans l'air du temps ultra-technologique de se rappeler un peu comment on en est arrivé là.



Vom Kodex zum Kindle

Kaum etwas hat Wissen so geprägt wie das Buch und der Buchdruck mit beweglichen Lettern. Expert_innen Renate Burri und Arnd Beise erklären, wie das Buch vom heiligen Objekt zum alltäglichen Denkwerkzeug wurde. **Lovis Noah Cassaris**

Renate Burri, Arnd Beise: Wie ist das Buch entstanden?

Burri: Das Buch, also das, was man heute unter einem Buch versteht, gibt es seit rund 1600 Jahren. Damit meine ich das Buch in Kodexform: Mehrere gefaltete, geheftete und zu einem Block zusammengebundene Blätter, die zwischen zwei Buchdeckeln liegen. Diese Form ist etwa seit dem vierten Jahrhundert nach Christus weit verbreitet und verdrängte allmählich die Buchrolle; es ist schwierig zu sagen, wie sie erfunden wurde. Man kennt Vorgängerformen, etwa Holztäfelchen, die mit Wachs bestrichen und manchmal zu einem Block oder eben Kodex gebunden wurden. Das lateinische Wort *codex* heisst nichts anderes als «Block» oder «Klotz». Aber man kann nicht sagen, «dieser oder jener Mensch» habe den Kodex erfunden. Es war eine Entwicklung. Der Bucheinband-Experte Georgios Boudalis spricht eher von einer Innovation, die aus verschiedenen Handwerkstraditionen zusammenwuchs. Ab dem ersten Jahrhundert nach Christus taucht der Kodex zunehmend auf, ab dem vierten Jahrhundert ist er die dominierende Buchform.

Wer waren denn die treibenden Kräfte hinter dieser Entwicklung?

Burri: Man nimmt an, dass das Christentum ein entscheidender Motor war, um diese Buchform zu propagieren und zu verbreiten.

Beise: Aus heutiger Sicht ist das Buch einfach die Materialisierung eines Informationsträgers. Der entscheidende Punkt ist die Mobilität – man kann es mitnehmen. Darum wurden besonders wertvolle Bücher im Mittelalter in Bibliotheken angekettet, damit sie nicht entwendet werden konnten. Das erste gedruckte Buch war übrigens eine Bibel – die berühmte 42-zeilige Gutenberg-Bibel, von der heute noch 49 Exemplare existieren. War die Rolle des Christentums also auch bei der Kodexform entscheidend? Entstand

sie, weil die Bibel so umfangreich war und als Block gebunden werden musste? Eine Bibelrolle wäre ja unendlich lang.

Burri: Man muss es eher umgekehrt sehen: Viele Werke bestanden aus mehreren «Büchern» – im Sinne von Teilen. Das begünstigte die Kodexform. Das Christentum hatte da wohl eine treibende Wirkung. Zudem war der Kodex praktischer in zeremoniellen Kontexten. Die Exegese, also die Bibelauslegung, wurde ab dem zweiten, dritten Jahrhundert immer wichtiger, und die Kodexform erleichterte die Kommentierung und Analyse. Vermutlich spielte auch Identität eine Rolle: Der Kodex wurde zur Buchform des Christentums, die Papyrusrolle blieb anfangs für nicht-christliche Texte und die Pergamentrolle für das Judentum typisch. All das zeigt, wie stark Buchformen mit kulturellen Kontexten verbunden sind.

Beise: Der Buchdruck, also dieses beschleunigte und vereinfachte Verfahren zur Herstellung grosser Auflagen, war eine treibende Kraft für die Reformation des Christentums. Ohne ihn wäre sie, wie wir sie kennen, am Anfang des 16. Jahrhunderts kaum möglich gewesen. Es gab schon früher Reformbewegungen im Christentum – seit dem dritten oder vierten Jahrhundert. Denken Sie etwa an Jan Hus in Böhmen: Er hatte ähnliche Forderungen wie später Martin Luther, lebte aber vor der Erfindung des Buchdrucks. Hus wurde auf das Konzil nach Konstanz geladen – angeblich, um seine Thesen zu diskutieren. Stattdessen wurde er verbrannt, und die Sache war erledigt. Luther hingegen konnte seine Thesen im Druck verbreiten – als Flugblätter. Sie waren in der Welt, und selbst wenn man den Reformato ausgeschaltet hätte, wären die Ideen geblieben. Das war ein entscheidender Unterschied. Der Buchdruck begünstigte Reformbewegungen, machte Ideen schnell und breit zugänglich – und wurde damit zur Grundlage kirchlicher und politischer Umbrüche in der Neuzeit.

Welche weiteren Texte ausser der Bibel wurden gedruckt und hatten grossen Einfluss auf die Gesellschaft? Und wer konnte sie eigentlich lesen?

Burri: In der Antike war die Alphabetisierung natürlich viel geringer als heute. Bücher waren kostbar und nicht massenhaft verbreitet. Es gab Bibliotheken – etwa die von Alexandria, die wohl eine Art öffentliche Bibliothek, aber sicher nicht für alle erreichbar war. Im Mittelalter wurden Bücher meist in Klöstern oder in Herrscher- oder in Einzelfällen Herrscherinnenbesitz aufbewahrt.

Beise: Der Buchdruck war die Voraussetzung für eine Demokratisierung von Wissen. Anfangs wurden vor allem religiöse Schriften gedruckt. Aber durch die Reformation, die verlangte, dass jeder Gläubige die Bibel selbst lesen sollte, begann eine breite Alphabetisierung. Die eigene Bibellektüre und Andachtsbücher wurden Teil des Protestantismus. Zuerst war das natürlich in höfischen und gebildeten Kreisen verbreitet – das Buch wurde auch ein Repräsentationsobjekt. Später aber prägte religiöse Gebrauchsliteratur das Lesen in breiten Bevölkerungsschichten. Diese Entwicklung dauerte einige Jahrhunderte. Aber im 18. Jahrhundert war die Alphabetisierung schon sehr hoch.

Burri: Auch das Bild war ein wichtiges Medium. In Kirchen gab es – und gibt es immer noch! – Fresken mit Szenen aus dem Alten und Neuen Testament – das war eine Art Ersatz, eine Bilderbuchbibel für jene, die nicht lesen konnten. Und gleichzeitig, etwa ab dem späten 14. Jahrhundert, setzte in Italien die Renaissance ein: Man interessierte sich wieder für antike Texte, auch für griechische. Man lernte die Sprache neu, um die Texte im Original zu lesen. Diese Bewegung war entscheidend für die Wiederentdeckung nichtchristlicher Literatur – Philosophie, Rhetorik, Epik – und verbreitete sich von Italiens aus über Europa. So wurden zum Beispiel Werke von Aristoteles und Platon wieder gelesen und teilweise auch theologisch rezipiert.

«Ein grosses Buch konnte Dutzende Schafe kosten»

Renate Burri

Ein handgeschriebener Kodex – das muss doch Jahre gedauert und ein Vermögen gekostet haben?

Beise: Die Arbeitszeit war enorm; ein Schreiber brauchte für eine Vollbibel drei Jahre. Und das Material war teuer.

Burri: Bevor sich Papier durchsetzte, schrieb man auf Pergament – also Tierhaut. Ein grosses Buch konnte Dutzende Schafe kosten. Ein Kodex mit 120 Blättern bedeutete eine ganze Schafherde, die draufging. Entsprechend wertvoll waren Bücher.

Beise: Papier setzte sich schon vor der Erfindung des Buchdrucks durch und begünstigte dessen Erfindung. Gedruckte Bücher waren anfangs auch teuer und blieben zunächst Fürsten und Reichen vorbehalten, wurden mit der Zeit aber erschwinglicher. Flugblätter – also einzelne, beidseitig bedruckte Blätter – waren besonders günstig und verbreitet. Sie wurden für politische und religiöse Debatten genutzt und trugen zur Entstehung einer frühen Öffentlichkeit bei.

Stichwort Öffentlichkeit: Wann entstanden die Bibliotheken?

Burri: Öffentliche Bibliotheken im modernen Sinn gab es in der frühen Neuzeit noch kaum. Einzelne Herrscher, etwa die Medici, öffneten im 16. Jahrhundert in Florenz ihre Sammlungen der Öffentlichkeit – aber das blieb selten.

Beise: Und die Verbilligung des Buches hatte einen weiten Effekt: Auch Textsorten, die nicht als besonders wertvoll galten, wurden druckwürdig. Heute ist der Unterhaltungsroman das meistverkaufte Buchformat – das begann damals.

Entstand dadurch auch ein anderer Umgang mit Bildern – oder war es zu teuer, Bücher zu bebildern?

Burri: Es gibt illuminierte Handschriften, also solche mit gemalten Bildern. Das war aber nur eine Minderzahl. Die Farben waren teuer, und die Arbeit übernahm meist nicht der Kopist, sondern wurde von spezialisierten Buchmalern ausgeführt. Solche Handschriften waren Luxusobjekte – etwa prächtig bebilderte Bibeln oder Prachtausgaben von Vergil. Viele Herrschende legten sich Luxusbibliotheken an – mit Handschriften aus edlem Pergament und mit kunstvoller Ausstattung. Das war ein Statussymbol, wie heute vielleicht ein teures Auto.

Beise: In den ersten gedruckten Büchern orientierte sich der Buchdruck optisch an der Handschrift. Es wurden sogar Stellen für Initialen oder Bilder freigelassen, die dann von Hand gemalt wurden – auch in der berühmten Gutenberg-Bibel. Später kamen Holz- und Kupferstiche hinzu, die in höheren Auflagen gedruckt werden konnten. Allerdings nutzten sich die Platten schnell ab, also waren die Auflagen limitiert. Die Abbildungen waren schwarzweiss; kolorierte Bücher blieben Luxus. Erst mit der Lithografie im 19. Jahrhundert kam die Farbe zurück. Als der Computerbuchdruck in den 1970/80er Jahren aufkam, verschlechterte sich die Bildqualität zunächst enorm – viele Bücher aus dieser Zeit haben miserable Abbildungen. Tatsache ist: Illustrierte Bücher waren immer teuer und galten als Repräsentationsobjekte – denken Sie an Kaiser Maximilian, der mit Albrecht Dürer und anderen Künstlern prachtvolle Erinnerungsbücher an sein Leben und Wirken anfertigen liess. Diese edlen Werke wurden dann verschenkt und signalisierten: «Siehst du, ich kann es mir leisten, so etwas Kostbares herzustellen und dir sogar zu schenken, mein lieber befriedeter Fürst!»

Welchen Stellenwert hat das Buch heute?

Burri: Ich denke, Bücher haben nach wie vor Symbolkraft – etwa die Bibel oder der Koran. Ein Buch kann auch ein Erinnerungsobjekt sein, etwa ein Fotoalbum oder ein Familienbuch, das über Generationen weitergegeben wird. Und wenn man an Zensur oder Book Bans in den USA denkt, sieht man, dass Bücher weiterhin Macht haben. Auch Schulbücher können in machen Ländern gezielt manipuliert werden, um Informationen zu verändern oder vorzuenthalten – das zeigt, wie wirksam das Medium noch ist.

Beise: Als Statussymbol gilt heute weniger das einzelne Buch als die Bibliothek, also eine grössere Sammlung von Büchern. Seit dem 18. Jahrhundert steht nicht mehr der einzelne Foliant im Zentrum, sondern die Bücherwand, die eine grosse Gelehrsamkeit signalisiert.

Die Anzahl Bücher im Gestell gilt auch heute noch als Bildungsindikator.

Burri: Ja, absolut. Und es gibt sogar wieder Lifestyle-Trends rund um Bücher. Ich habe kürzlich von einem Tik-Tok-Trend gehört, «Bookshelf Wealth». Da geht es darum, die Wohnung mit Bücherregalen zu gestalten – als Deko und Zeichen von Geschmack und Gemütlichkeit. Ich musste lachen, weil ich dachte: Ich bin ja voll im Trend.

Beise: Das Wichtige daran ist das Wort *wieder*. Eine Zeitlang verschwanden Bücherregale aus Wohnprospektten und sogar aus der Architektur. Um 2000 wurden Wohnungen so gebaut, dass es kaum noch Wände für Regale gab. Es hiess spöttisch: Jemand will ein Bücherregal kaufen, und der Verkäufer fragt: «Wofür brauchen Sie das?»

Wie erklären Sie sich das?

Beise: Das hängt mit dem Ende der Gutenberg-Ära zusammen. 1970 löste sich der Verband der Schriftengieesser auf, Ende der 1980er Jahre gab Franz Greno auf, der letzte Buchdrucker, der kommerziell mit dem Bleisatz arbeitete. Der Digitaldruck hatte den Buchdruck qualitativ eingeholt. *Burri:* Heute sieht man in den Bibliotheken neue Entwicklungen. Einige Universitätsbibliotheken reduzieren gezielt physische Bestände, setzen fast nur noch auf E-Books.

Ist das nicht eine Entdemokratisierung von Wissen – wenn ältere Menschen ohne digitale Kompetenz ausgeschlossen werden?

Beise: Das ist nur eine Übergangsphase. Die Digital Natives sind ja längst erwachsen.

Burri: Mir macht eher die Haltbarkeit Sorgen: Wir wissen, dass Bücher 1500 Jahre überdauern können. Ob elektronische Daten in 1500 Jahren noch lesbar sind, ist fraglich.

Beise: Ja, die wichtigsten Informationen werden sicher weiterhin auf alterungsbeständiges Papier gedruckt und archiviert – einfach, weil das Material bewahrt ist. Keine

Erfindung hat je die vorherige vollständig ersetzt. Wir ritzen heute keine Texte mehr in Stein, aber auf Friedhöfen stehen immer noch beschriftete Stelen. Alte Medien verschwinden nicht, sie werden nur anders genutzt.

Burri: Und es gibt auch Gegenbewegungen – etwa Leseclubs oder Social-Reading-Events, wo Menschen gemeinsam Bücher lesen. Das wirkt fast nostalgisch, aber vielleicht entdecken Digital Natives darin etwas Neues, was sie in ihrer Kindheit weniger hatten.

In Online-Lesegruppen gibt es Team E-Book gegen Team Print. Viele sagen, der Geruch und das Materialfeeling fehlten bei E-Books.

Burri: Das versteh ich. Auch beruflich finde ich den Gang in die Bibliothek ein Erlebnis, das ich nicht missen möchte. Bibliotheken sind soziale Räume, Begegnungsorte – nicht nur Aufbewahrungsorte.

**«Ich habe schon Haare in
Manuskripten gefunden
und mich gefragt, ob
sie aus dem Mittelalter
stammen»**

Renate Burri

Manche Bibliotheken zeigen auf Social Media alte Handschriften, auf denen man etwa Katzenpfoten- oder Insektenabdrücke sieht.

Burri: Genau das fasziniert mich an Handschriften. Diese Arbeit am physischen Objekt erlaubt einen unmittelbaren Zugang. Ich habe schon Haare in Manuskripten gefunden – und frage mich dann, ob sie aus dem Mittelalter stammen. Man kann auch die Hände der Schreiber erkennen. Viele Kopisten oder Gelehrte sind an ihrer Handschrift identifizierbar – wie wir heute die Schrift unserer Studierenden kennen. Wenn ich ein Blatt sehe, weiss ich oft, wer es verfasst hat. Und es ist berührend, wenn man ein Objekt in der Hand hält, das jemand aus dem 14. Jahrhundert geschrieben hat, über den man gerade forscht.

Und was hat es mit den handschriftlichen Randnotizen, den Marginalien, auf sich?

Burri: Marginalien wurden aus vielen Gründen gemacht: zur Kommentierung, zur Korrektur, manchmal schlicht aus Platzmangel, weil Papier knapp war. Man nutzte jedes freie Stück, um etwas festzuhalten oder ein Gedicht hinzuschreiben. In den letzten 20 Jahren sind Marginalien stark in den Fokus der Forschung gerückt. Man untersucht sie gezielt, weil sie viel über die Geschichte einer Handschrift und ihre Nutzung verraten.

Gibt es etwas Vergleichbares beim Buchdruck?

Beise: Auch gedruckte Bücher zeigen Nutzungsspuren. Anstreicherungen oder Randbemerkungen, die zeigen, welche Stellen Lesende wichtig fanden. Ich habe einmal eine Schrift von Johann Jakob Bodmer ediert und kommentiert. In der Zentralbibliothek Zürich hielt ich das Exemplar in der Hand, das Bodmer selbst besessen hatte. Seine «Eselsohren» waren nach 200 Jahren noch umgeklappt – so fand ich ziemlich schnell die Stellen, die er zitierte.

Burri: Übrigens darf man in Bibliotheken ein altes umgeklapptes Eselsohr nie zurückklappen, weil das Papier brechen kann. Ansonsten gilt es als Sachbeschädigung.

Beise: Meine Leidenschaft für den Buchdruck hat viel mit der Haptik zu tun: Alte Drucke haben eine reliefartige Oberfläche, man spürt die ins Papier gedrückten Lettern.

Gibt es auch Schattenseiten der Erfindung des Buches oder des Buchdrucks?

Burri: Natürlich kann das Medium missbraucht werden – zur Propaganda, zur Verbreitung falscher oder manipulierter Inhalte.

Beise: Das Problem liegt weniger im Medium selbst als im Inhalt und im Gebrauch. Es kommt darauf an, wen Sie fragen: Für die Herrschenden war der massenhafte Druck von Flugschriften sicher ein Ärgernis – für die Opposition war er ein Segen. Aber es gibt tatsächlich einen Nachteil, der am Medium selbst hängt: Bücher haben unser Gedächtnis verändert. Wenn wir Informationen auslagern können, tun wir das. Früher mussten Menschen mehr im Kopf behalten. Heute – wie auch schon mit dem Buchdruck – wissen wir, wo wir nachschlagen können, also merken wir uns weniger. Insofern hat der Buchdruck unser Erinnerungsvermögen geschwächt.

So wie heute auch das Internet?

Beise: Genau. Mit den Computern ist es dasselbe: Ich kann Sachverhalte googeln, muss sie mir aber nicht merken. Wir haben alle viel weniger im Kopf als unsere Vorfahren. Wenn ich etwa Schriften von Georg Büchner lese, erkenne ich, dass er zitiert – nicht immer buchstabengetreu, sondern aus dem Gedächtnis, aber ziemlich genau. Er hatte die Texte im Kopf. Gerade Menschen ohne Alphabetisierung konnten alle Texte, die sie je gehört hatten, oft auswendig wiedergeben. Wir leben zwar in einer Kultur der Buchreligionen – Judentum, Christentum und Islam; doch die Treue zum Text ist zurückgegangen. Früher wurden sie sehr genau memoriert. Heute ist das nicht mehr so.

Burri: Und durch Digitalisierung und künstliche Intelligenz wird sich das weiter verstärken, denke ich.

Beise: Ich glaube auch, dass die Generation unserer Kinder viel weniger auswendig reproduzieren kann als wir.

Burri: Und gleichzeitig basiert künstliche Intelligenz ja auch auf festgehaltenem Wissen. Ich finde das gefährlich –

man verlässt sich auf etwas, das vorhanden ist, aber wir sollten Wissen auch in Zukunft ständig weiterentwickeln.

Beise: KI wird laufend weiterentwickelt. Sie weiss immer mehr, kann immer mehr erinnern. Aber das Hauptproblem ist, dass wir im Umgang mit Wissen weniger kreativ

«Wir leben zwar in einer Kultur der Buchreligionen – Judentum, Christentum und Islam; doch die Treue zum Text ist zurückgegangen»

Arnd Beise

werden. Ich nehme an, dass sich die Gedächtnisse lebender Menschen an die künstlichen Gedächtnisse der KI anpassen werden – zum Nachteil der Breite unserer Erinnerungskultur.

Burri: Ja, und möglicherweise betrifft das auch unsere geistige Gesundheit. Man weiss, dass Gedächtnistraining – etwa Sprachenlernen oder Auswendiglernen – dem Gehirn guttut und neurodegenerative Krankheiten wie etwa Demenz oder Parkinson positiv beeinflussen kann.

Lovis Noah Cassaris ist Wissenschaftsredaktor bei Unicom.

Unsere Expertin ▶ **Renate Burri** ist klassische Philologin und Byzantinistin. Sie ist Lektorin am Departement für Klassische Philologie.
renate.burri@unifr.ch



Unser Experte ▶ **Arnd Beise** ist Professor für Germanistische Literaturwissenschaft und Literaturgeschichte am Departement für Germanistik.
arnd.beise@unifr.ch





Capturer le son

Comment le phonographe a changé le monde de la musique. Entretien avec Federico Lazzaro. **Claudia Brülhart**

Federico Lazzaro, qu'est-ce que le phonographe?

Le phonographe est une machine permettant d'enregistrer et diffuser le son. L'appareil repose sur un système d'enregistrement sur cylindres dont la durée peut atteindre environ 2,5 minutes. Arrivé un an après le brevet du téléphone déposé par Alexander Graham Bell en 1876, le phonographe introduit une autre révolution: l'écoute désynchronisée, séparant pour la première fois le moment de l'émission vocale ou sonore et celui de sa réception.

Qui l'a inventé?

L'inventeur du phonographe est l'ancien télégraphiste et, à l'époque, inventeur-industriel Thomas Edison, qui dépose son brevet aux États-Unis en décembre 1877. En 1886, Bell développe un phonographe amélioré, le graphophone. Parallèlement, une autre technologie se développe, destinée à supplanter définitivement le phonographe après la Première Guerre mondiale: le disque. C'est Emil Berliner qui invente le disque en 1887 et trouve un procédé qui permet sa duplication. The Gramophon Company commercialise à partir de 1898 les disques et la machine conçue pour les reproduire: le gramophone.

Quel était l'objectif initial?

Dans un article de 1878, «The Phonograph and Its Future», Edison énumère les usages possibles de son invention: aide dans le quotidien, par exemple avec des horloges parlantes, des livres pour aveugles ou pour dicter des lettres; divertissement; témoignage et conservation; étude et apprentissage. Notons que la musique est loin d'être le premier emploi imaginé pour le phonographe, la qualité de la reproduction sonore étant encore lamentable.

Cet objectif a-t-il changé avec le temps?

Les progrès techniques des années 1920, notamment l'enregistrement électrique grâce au microphone en 1924, améliorent considérablement la qualité sonore. Le disque devient alors un objet de collection et d'étude, tandis que la radio est destinée à une écoute distraite en continu.

Est-ce que le phonographe a entraîné des conséquences sociétales?

La séparation temporelle et spatiale entre émission et réception est un changement majeur qui fascine et inquiète

à la fois. La possibilité de réécouter la voix des morts, notamment, est quelque chose d'innaturel mais désormais rendu possible par la technologie. A l'époque, certains enterrements intègrent même des enregistrements de la voix du défunt. L'enregistrement devient ainsi un outil de mémoire, mais aussi une nouvelle forme de présence.

En quoi cette invention a-t-elle transformé le monde de la musique?

Le phonographe introduit une révolution dans l'écoute musicale: il rend possible une écoute répétée, acousmatique, c'est-à-dire aveugle, et asynchrone par rapport au moment d'exécution. De plus, l'enregistrement permet une écoute de la musique privée et solitaire. Les limites matérielles des supports influencent la forme même des œuvres nouvellement composées: en 1911, il faut 56 disques pour enregistrer *Faust* de Gounod. Il est donc naturel que le marché priviliege l'enregistrement et la diffusion de morceaux donc la longueur rentre dans les limites d'un cylindre, puis d'un disque, c'est-à-dire 4,5 minutes pour un 78 tours. La chanson s'impose alors comme un produit prêt à la massification. L'enregistrement révèle aussi une «phonogénie» de certaines voix et timbres. Ce n'est pas un hasard si la musique des années 1920 accorde une primauté nouvelle aux instruments à vents par rapports aux cordes – l'âge du jazz est une ère phonoradiophonique.

Le monde a-t-il (encore) besoin de cette invention?

L'esprit du phonographe survit dans chaque enregistrement numérique, chaque podcast ou message vocal. Ironie du sort: la parole enregistrée – premier rêve d'Edison – retrouve une place centrale dans notre quotidien.

Claudia Brülhart est rédactrice en chef du magazine scientifique *universitas*.

Notre expert ► **Federico Lazzaro** est professeur au Département de musicologie.
federico.lazzaro@unifr.ch





Die vermeintliche Entdeckung Amerikas

Als Kolumbus Amerika «entdeckte», begann die Kolonialisierung – und damit die Geschichte unseres Überflusses. Was für grosse Teile der indigenen Bevölkerung verheerende Folgen hatte, wurde in Europa zur Grundlage der Konsumgesellschaft. Warum kam es so? **Santina Russo**

Ob als Kartoffelstock, Rösti oder Gschwellti zum Raclette: was wäre die Schweizer Küche ohne Kartoffel? Oder Italien ohne Tomatensauce? Undenkbar. Ebenso undenkbar wie Belgien oder die Schweiz ohne Schokolade. Aber: Kakao-bohnen, Tomaten und Kartoffeln kommen ursprünglich aus Amerika. Wir haben sie uns angeeignet, ja sprichwörtlich einverleibt, und zu unserer europäischen Kultur gemacht.

«Ausgangspunkt der Kolonialisierung mit all ihren Folgen war die so genannte Entdeckung Amerikas durch Christoph Kolumbus», sagt Vitus Huber, Professor für Geschichte der Frühen Neuzeit an der Universität Freiburg. Er hat mehrere Bücher über diese «Entdeckung» geschrieben und setzt dieses Wort dabei stets in Anführungszeichen. Denn entdeckt wurde Amerika nicht – dort lebten bekanntlich bereits Menschen und florierten Hochkulturen. Sie hatten den Kontinent rund 20'000 Jahre vor Kolumbus besiedelt. «Der Begriff ist ein Überbleibsel unserer einseitigen europäischen Perspektive», sagt darum Huber. Dennoch gilt die Landung der Seefahrer um Kolumbus im Jahr 1492 heute als welthistorisch, weil dadurch eine durchgehende Verbindung um die Welt entsteht. Jetzt ist der Globus vollständig.

Beutemachen als Zwang und Antrieb

Was danach geschah, wissen wir: Die Europäer verschafften sich Zugang zu Handelsgütern aus der «Neuen Welt», das Christentum wird in Amerika verbreitet, die Hochkultur der Inka und zahlreiche weitere indigene Völker werden zerstört oder verdrängt – in Schlachten oder durch eingeschleppte Krankheiten. Sorotteten die spanischen Konquistadoren etwa die Taínos, die damals auf dem Inselgebiet der heutigen Länder Kuba, Haiti und Dominikanische Republik lebten, nahezu vollständig aus. In Yucatán, der Halbinsel, die den Golf von Mexiko vom Karibischen Meer trennt, verbrannten christlich-religiöse Eiferer unzählige Schriften der Maya und löschten so einen

Teil von deren Kultur unwiederbringlich aus. Und die indigene Bevölkerung auf dem Gebiet des heutigen Mexiko wurde durch drei aufeinanderfolgende Grippeepidemien massiv dezimiert.

Der Weg nach Westen

Hätte es anders kommen können? Antworten auf diese Frage liefert Vitus Hubers Arbeit. Unter anderem befasste sich der Historiker in seiner Forschung mit der Rolle der Beute während der «Conquista». «Man muss sich vor Augen halten, dass die ersten Expeditionen nicht aus königlichen Armeen bestanden, die solide finanziert nach Plan vorgingen», sagt Huber. Zwar war die erste Expedition von Kolumbus noch hauptsächlich von der spanischen Krone finanziert. Dies vor allem aus ökonomischem Antrieb: 1453 hatten die Osmanen Konstantinopel erobert, was den Handelsweg über Land gen Osten nach China und Indien teurer und riskanter gemacht hatte. Zugleich hatte der Papst das alleinige See-Hoheitsrecht vor Westafrika Portugal zugesprochen. So war den Spaniern auch der Seeweg um Afrika herum nach Asien verwehrt. Sie brauchten eine neue Route nach Asien: jene über das Meer nach Westen. Und so landete Kolumbus unverhofft in Amerika.

Doch die Besatzungen von Kolumbus und der nachfolgenden Seereisen bekamen von der Krone keinen Sold. Stattdessen hofften die Männer auf Beute. «Das waren quasi private Unternehmen, die sich auszahlen mussten, wollten die Männer nicht verarmt heimkommen», erklärt Huber. Und je mehr Ressourcen ein einzelner zum Unternehmen beisteuerte – Pferde und Waffen etwa – desto höher war seine Chance auf einen grossen Teil der Beute. «So formierten sich die Schiffsbesetzungen bereits mit dem gemeinsamen Ziel, Beute zu machen.»

Vom Beutezug zur Kolonialisierung

Tatsächlich fanden die Konquistadoren in der neuen Welt etwas Gold, Silber und Edelsteine. Doch zunächst längst

nicht so viel, wie sie sich erhofft hatten. So verlegten sie sich von mobiler Beute zu immobiler – zum Land und zu dessen Bewohnern nämlich. Trafen die Männer an einem Ort nichts Wertvolles oder kein fruchtbare Land an, zogen sie weiter, bis sie fündig wurden. Sie erhielten jeweils ein Gebiet inklusive Tributrechten zugeteilt, was ihnen aus europäischer Sicht das Recht verlieh, von den indigenen Menschen Abgaben und Arbeitseinsätze zu fordern. «Hätten die Spanier aufgegeben und wären in die Heimat zurückgekehrt, hätten sie diese Privilegien verloren», sagt Huber. Also blieben sie. So wandelte sich der ursprüngliche Beutezug zur Kolonialisierung.

Einer der Gründe, dass sich immer mehr Konquistadoren und Siedler auf die lange Seereise in die «Neue Welt» aufmachten, waren die Heldenerzählungen mancher Konquistadoren, die es mit der Wahrheit nicht allzu genau nahmen. Beispielsweise Hernán Cortés: Er verbreitete in seinen Reiseberichten, er habe allein mit seinen 630 Männern das gesamte Aztekenreich im heutigen Zentralmexiko und dessen Hauptstadt Tenochtitlán erobert, in der vermutlich über 200'000 Menschen wohnten. «Das ist schlicht falsch», sagt Huber. «Die ethnische und politische Landschaft war vielfältig und Cortés konnte auf zehntausende Kämpfer von benachbarten Stadtstaaten zählen, die mit Tenochtitlán verfeindet waren.» Allerdings hatten die Konquistadoren ein Interesse daran, als Eroberer ganzer Völker dazustehen, denn damit stieg ihre Chance, in der «Neuen Welt» zu Reichtum und Macht zu kommen. Und durch ihre Erzählungen wurde für die Menschen daheim in Europa das ferne, unbekannte Gebiet fassbarer. Einen grossen Einfluss hatte dabei der Buchdruck, den es damals seit 40 Jahren gab. Damit kamen die Reiseberichte der «Entdecker» rasch unter die Leute.

Ein schwarzes Loch für das Christentum

«Auf heute übertragen kann man die Unternehmen von Kolumbus oder Cortés mit einer Expedition in ein schwarzes Loch vergleichen», veranschaulicht Huber. Plötzlich müssen die Menschen über die zuvor vorstellbaren Grenzen der Welt hinausdenken. «Das ist intellektuell herausfordernd.» Eine Institution, die mit den Reiseberichten der «Entdecker» ihre liebe Mühe hat, ist die katholische Kirche. Denn ab 1507 wird durch die Reise Amerigo Vespuccis klar, dass es sich bei der gefundenen Landmasse um einen bisher unbekannten Kontinent handelt. «Dies brachte die Kirche in Erklärungsnot», sagt Huber. Denn Amerika fehlt in der Bibel und damit in der christlichen Erklärung der Weltentstehung völlig. Wie also kamen Abkömmlinge von Adam und Eva in die «Neue Welt»? Die Kirche antwortet mit verschiedenen – aus heutiger Sicht absurd – Narrativen. Eines davon lautet, dass Amerika das Königreich des Johannes sei, der «hinter Bergen und Tälern» eine christliche Gemeinschaft führe.

Während die Kirche daheim mit Erklärungsversuchen beschäftigt ist, verbreiten die Konquistadoren und Siedler das Christentum bereits in Südamerika. Denn sie dürfen von den Indigenen Abgaben und Arbeitsleistung verlangen, haben aber im Gegenzug von der spanischen Krone den Auftrag, für deren «christliche Bildung» zu sorgen, erzählt Huber. Zusätzlich wirken Missionare verschiedener Ordensgemeinschaften, wie Franziskaner, Dominikaner, Jesuiten. Erfolgreich ist etwa die Strategie der Jesuiten: «Sie lernten die lokalen Sprachen wie Quechua und Aymara und gründeten Schulen für die Kinder der indigenen Herrscherklasse», sagt Huber. «So verbreiten sie das Christentum quasi im Trickle-down-Effekt.» Heute bekennen sich 85 bis 90 Prozent der Menschen in Südamerika zum Christentum.

Konsum, Konsum

Aber auch Europa durchlebt einen Wandel. «Durch die neue globale Verflechtung kam es zu einem regen Austausch von Waren, Menschen und Ideen», sagt Huber. So fliesst durch die Eröffnung verschiedener Silberminen vor allem auf dem Gebiet der heutigen Länder Mexiko und Bolivien Reichtum in die «Alte Welt». Und die Besiedlung von Amerika erleichtert und intensiviert den Kolonialhandel mit Luxusgütern aus Asien. «Die Welt war grösser, aber die Distanzen waren kleiner geworden», veranschaulicht Huber. Zum Beispiel Tee aus Asien, Kaffee aus Afrika, Kakao und Tabak aus den Amerikas landen zunehmend rascher und in grösseren Mengen in Europa. «So entstand die Konsumgesellschaft, in der wir noch heute leben.»

Doch zurück zur Frage: Hätte es auch anders kommen können? «Unbedingt», sagt Huber. «Zwar ist es einladend, die Geschichte rückblickend als geradlinig anzuschauen, doch sie entsteht aus Zufällen und ganz verschiedenen Motivationen und Schicksalen.» So habe es durchaus Aussteiger aus der Beute-Dynamik gegeben – solche, die sich mit dem kleinen Reichtum, den sie nach Hause brachten, zufriedengaben. Und schliesslich hätte Kolumbus auch scheitern können, etwa mitten auf dem Ozean in einem Sturm untergehen. Was dann?

Santina Russo ist freischaffende Wissenschaftsjournalistin.

Unsere Expertin **Vitus Huber** ist Professor für Geschichte der Frühen Neuzeit am Departement für Geschichte. Er forscht zur sogenannten Eroberung Amerikas, zur Geschichte des Körpers, der Nacht und zu autobiographischem Schreiben.

vitus.huber@unifr.ch



Plaie étudiante, impératif professoral

Voilà une performance de funambule dont se passeraient bien les étudiant·e·s; or c'est bien sur ce fil que repose l'exercice de style du texte principal. Alors qui a eu cette idée folle un jour d'inventer... la note de bas de page? **Claire Gantet**

La note de bas de page est un redoutable art en soi. Les étudiant·e·s se tourmentent: faut-il y indiquer les emprunts à Wikipedia ou à ChatGPT au nom de la transparence de la recherche, mais au péril de se faire taxer de dilettantisme, sinon de tricherie? Faut-il citer les manuels, qui parfois développent aussi des thèses personnelles au risque de passer pour un ou une ignorant·e? Faut-il les démultiplier par souci d'exhaustivité, sous peine de rendre le texte illisible? Que doit-on y référencer: biographies de personnages cités, définition de termes employés, interprétations alternatives...? Les notes de bas de page sont-elles la glose du monde moderne, un texte bis doublant, parasitant le propos principal? Quelle importance accorder aux notes infrapaginaires? Des manuels et même maints écrits scientifiques du monde anglo-saxon s'en passent bien... Pourquoi et quand, finalement, les a-t-on inventées et à quoi servent-elles? Un·e professeur·e pourrait catégoriquement répondre aux premières questions: tandis que le texte courant doit persuader ses lectrices et lecteurs, la note de bas de page doit prouver ce qui est affirmé. Autrement dit, la note de bas de page est pour les lettres et sciences humaines un peu ce que l'expérimentation est pour les sciences physiques et de la nature. La maîtrise de la note de bas de page est un acte d'initiation, qui marque l'entrée vers le statut d'un·e professionnel·le des lettres et des sciences humaines.

Remonter les pages de l'histoire

Qui a inventé ce couperet de la science moderne? On pourrait invoquer les grands maîtres de l'historiographie positiviste du XIX^e siècle à l'image de Leopold von Ranke (1795–1886), qui, dans sa *Geschichte der romanischen und germanischen Völker von 1494 bis 1514* (1824), insistait sur l'importance de ces caractères petits dans le travail érudit et objectif du scientifique. L'autre fondateur, Ernest Lavisse (1842–1922), a lu Ranke et estimé l'érudition

allemande qu'il citait dans la langue. Il émaillait ses ouvrages de brèves notes de pages servant de renvois à des références bibliographiques ou de précisions. Ainsi, dans sa *Jeunesse du grand Frédéric*, sur le père tyrannique de Frédéric II de Prusse Frédéric-Guillaume I^r:

«Sur le genre de vie de Frédéric-Guillaume, il y a une quantité d'anecdotes, dont la plupart sont imaginées: un personnage aussi extraordinaire que celui-là prêtait à la fantaisie des faiseurs d'anas. [...] J'ai pris dans Fassmann (ouvrage cité) et dans Förster, art. I^r, chapitres III, IV et VI, les anecdotes les plus vraisemblables [...]» (note 1, p. 103).

Mais bien avant le positivisme qui ne renonçait pas à l'usage de l'imagination, des notes hérissaient déjà les pages du grand historien de l'Antiquité Edward Gibbon, auteur d'une somme qui fit date, *The History of the Decline and Fall of the Roman Empire* publiée en six volumes entre 1776 et 1789, l'œuvre de sa vie. Ses notes infrapaginaires, qui déployaient une érudition sur les ouvrages anciens comme sur les récents, ne cessèrent d'irriter ses ennemis et d'amuser ses amis. Ainsi Gibbon, célibataire invétéré, écrivait-il sur l'institution du mariage:

«La chaste sévérité des pères, dans tout ce qui avait rapport au commerce des deux sexes, venait du même principe, de leur horreur pour toutes les voluptés qui pouvaient satisfaire les appétits sensuels de l'homme, et dégrader sa nature spirituelle. Ils avaient à croire que, si Adam eût persévéré dans son obéissance au Créateur, il aurait toujours vécu dans un état de pureté virginal, et qu'alors quelque mode de végétation, exempt d'impureté, aurait peuplé le paradis d'êtres innocens et immortels. L'usage du mariage fut permis, après sa

chute, à sa postérité, seulement comme un expédient nécessaire pour perpétuer l'espèce humaine et comme un frein, toutefois imparfait, contre la licence naturelle de nos désirs. L'embarras des casuistes orthodoxes sur ce sujet intéressant décèle la perplexité d'un législateur qui ne voudrait point approuver une institution qu'il est forcé de tolérer¹.

¹ Quelques-uns des gnostiques étaient plus conséquents; ils rejetaient l'usage du mariage

(éd. Paris, 1819, p. 75)

Mais aussi sur les débuts du christianisme, ses notes infrapaginale fort érudites ne manquaient pas leurs cibles. Ainsi cette note sur les premiers groupes de chrétiens qui tentaient de passer inaperçus et étaient accusés par leurs adversaires de toute sorte de maux, y compris dinceste:

«Voyez saint Justin martyr, Apolog., I, 35; 11, 14; [...] Minucius-Felix, c. 9, 10, 30, 31. Le dernier de ces écrivains rapporte l'accusation d'une manière très-élégante et très-circonstanciée»

(p. 162).

Un texte et des notes parfois si hardis que François Guizot en personne ajouta des notes du traducteur à ses notes infrapaginale pour corriger le propos que son épouse, la traductrice Pauline de Meulan, n'avait dans un premier temps pas osé interposer. Pour Ranke, Lavisse et Gibbon, tout ouvrage scientifique devait être servi de notes de bas de page, lesquelles attestaient la démarche philologique critique qu'ils plaçaient au cœur de leur travail. Elles étaient même si importantes que Gibbon insista pour changer les notes de fin de texte en note de bas de page lors de la deuxième édition de son ouvrage monumental. La note de bas de page a donc été inventée auparavant – mais quand?

Exigence et précision

On pensera bien sûr aux gloses sur les textes classiques du Moyen Age, aux annotations sur les textes ecclésiastiques ou les codes juridiques dans la ligne, plus tard en marge. Au XII^e siècle, les commentaires sur les Psaumes de Pierre Lombard renvoient à ses sources en marge. Or, ces annotations diffèrent fondamentalement des notes de bas de page actuelles. La note infrapaginale, contrairement à la glose, a un effet de dédoublement et de dévoilement: communiquer le cheminement de la pensée d'un auteur (singulier ou collectif) qui permet les affirmations du texte courant. Dans un ouvrage brillant, l'historien Anthony Grafton a porté l'attention sur le *Dictionnaire historique et critique* de Pierre Bayle, paru en 1697 et devenu très rapidement un repère des premières Lumières, un outil de travail indispensable, en dépit de sa complexité.

Troublé par la question du doute, Bayle voulait au départ corriger les nombreuses erreurs d'un usuel à succès, le *Grand dictionnaire historique* de Moréri, dont il disposait de la cinquième édition de 1688. Par accumulation de notes de lectures, il en vint au projet bien plus ample d'établir une liste de toutes les erreurs qu'il avait rencontrées dans ses multiples lectures. Bien sûr, il connaissait les innombrables polémiques dans lesquelles la vérité est déchirée de part et d'autre. A ses yeux, seul un dictionnaire des erreurs pouvait donner au lecteur un fil conducteur propre à se frayer un chemin dans le labyrinthe des controverses scientifiques. Aussi conçut-il un lexique sur les personnages et les lieux de l'Antiquité, du Moyen Age et de son époque. Parsemé de notes de bas de page, de références aux erreurs d'autres auteurs, de critiques des sources et de corrections, cet ouvrage a servi à des générations d'historien-ne-s d'ouvrage de référence et de guide sur la méthodologie historique. Bayle non seulement exigeait des références très précises de toute source et référence, mais introduisit aussi la forme moderne du récit: alors que le texte décrivait le résultat, les commentaires et les notes infrapaginale montraient le cheminement de la réflexion. On peut donc dater l'invention de la note de bas de page vers 1700, lorsque la méthode et les exigences de Bayle furent reconnues, acceptées et diffusées dans toute l'Europe.

Depuis Bayle, les notes de bas de pages n'ont cessé d'être critiquées. Des batailles d'attributions s'y sont livrées, des ouvrages non lus y ont été accumulés, des erreurs y figurent en nombre. Des ouvrages de référence conçus pour un public plus vaste que les universitaires s'en passent – à l'image du magazine que vous tenez entre vos mains –, de même que le style anglo-saxon APA (voir <https://apastyle.apa.org/>, 09.10.2025). Mais elles donnent aussi à lire la genèse d'un ouvrage et sont comme un palimpseste du développement des raisonnements et méthodes de la science depuis le Moyen Age*.

*En note de fin, l'autrice relèvera qu'elle a écrit ce billet en tant qu'historienne de l'époque moderne. Toute autre personne aurait écrit cette histoire différemment.

Notre experte ▶ **Claire Gantet** est professeure d'histoire moderne à l'Université de Fribourg.
claire.gantet@unifr.ch

Pour aller plus loin:

► Anthony Grafton, *The Footnote. A Curious History*, New Haven, Harvard University Press, 1999.



Die Quadratur des Kreises

In der Theorie ist die Kreislaufwirtschaft ein Meilenstein auf dem Weg zu einer nachhaltigen Ökonomie. In der Umsetzung sieht es anders aus. **Matthias Fasel**

Take, make, dispose – so simpel ist das lineare Wirtschaftsmodell aufgebaut. Rohstoffe werden aus der Natur abgebaut, zu Produkten verarbeitet und nach der Nutzung entsorgt. Unschwer zu erkennen, dass dieses Modell Probleme mit sich bringt. Endliche Rohstoffe werden erschöpft, grosse Abfallmengen verschmutzen die Umwelt. «In diesem Zusammenhang entstand in den siebziger Jahren die Idee der Kreislaufwirtschaft. In der industriellen Ökologie begannen die Leute, sich die Frage zu stellen, wie Dinge produziert werden können, ohne die Umwelt zu beschädigen», erklärt die Assistenzprofessorin für Sozialanthropologie, Madlen Kobi. Die Erfindung klingt in der Theorie ebenfalls simpel: «Die Kreislaufwirtschaft zeichnet sich dadurch aus, dass Rohstoffe und Produkte effizient und so lange wie möglich genutzt werden. Gelingt es, Material- und Produktkreisläufe zu schliessen, können Rohstoffe immer wieder von Neuem verwendet werden», schreibt das Bundesamt für Umwelt (BAFU) in seiner Definition.

Baubranche am Pranger

Der Begriff der Kreislaufwirtschaft hat Konjunktur, gerade in der Baubranche. Das spiegelt sich in der Forschung wider. «Wenn es um das Bauwesen geht, ist das Interesse am Thema explodiert», sagt Madlen Kobi. Gemäss Web of Science wurden im Jahr 2000 drei Artikel zum Thema «Circular Economy» publiziert, 2022 waren es über 4000. Auch Madlen Kobi forscht intensiv zu dem Thema, sie leitet seit vier Jahren das Projekt «Urban Bricolage. Mining, Designing and Constructing With Reused Building Materials». Kobi arbeitet an der Schnittstelle zwischen Sozialanthropologie und Architektur; sie setzt sich mit den praktischen Herausforderungen der Wiederverwendung von Baumaterialien auseinander. Und davon gibt es genug. «Zu Beginn meiner Forschung dachte ich, es laufe darauf hinaus, dass alles kreislauffähig wird. Seither wurde ich allerdings von der Realität desillusioniert. Es ist schwieriger, als man sich vorstellt.»

Die Bauwirtschaft interessierte Kobi aus gutem Grund: «In Tonnen angeschaut, produziert sie am meisten Abfall.

In der Schweiz stammen 84 Prozent der Abfälle aus der Baubranche.» Entsprechend wichtig wären nachhaltige Lösungen. Auf den ersten Blick sieht es vielfach aus, als wären diese möglich. «Schöne Grafiken mit Kreisläufen gibt es viele. Diese bilden aber immer nur ab, wie die Objekte zirkulieren. Ziegelsteine, Holz, Stahlträger – alles bleibt schön im Kreislauf», sagt Kobi. Das Problem: «Der ganze Aufwand, die menschliche Arbeit und das Fachwissen der Umsetzung, die dahinterstehen, werden nicht dargestellt. In diesem Bereich entstehen viele grosse Herausforderungen.» Als Beispiel nennt Kobi die logistischen Schwierigkeiten, etwa Stahlträger von einem Abbruchhaus zu einem Neubau zu bringen. Dazu braucht es schwere Maschinen, die Kenntnis, wie Stahlträger von einem Gebäude gelöst werden, es braucht ein Transportunternehmen, womöglich ein Lagerhaus. Und der Abbruch sollte zeitgleich mit dem Neubau erfolgen.

Soll das Bauwesen wirklich in Teilen als Kreislaufwirtschaft funktionieren, braucht es zudem ein Umdenken bei Architekt_innen. Fertig die Zeiten, in denen man 20 Fenster einer bestimmten Grösse bestellt, diese in der Fabrik produziert und danach auf die Baustelle gebracht werden. Im Englischen spricht man von *architecture in reverse*. Architekt_innen schauen in diesem Fall, was ihnen für Material von einer Abbruchstelle oder aus einer Bauteilbörse zur Verfügung steht – und machen dann etwas daraus. «Wenn sie mit wiederverwendeten Materialien arbeiten, stehen womöglich in dem Moment nicht 20 Fenster der gleichen Grösse zur Verfügung», sagt Kobi. «Es verändert Arbeitsprozesse grundlegend, die ganze Komplexität des Alltags, die mit der Umsetzung der Kreislaufwirtschaft einhergeht, wird in den Grafiken aber oft nicht abgebildet.» Das ist denn auch Madlen Kobis Hauptkritik an der Allgegenwart des Begriffs Kreislaufwirtschaft im Baubereich. «Das Konzept ist schwierig umzusetzen, selbst wenn ein Unternehmen wirklich will, braucht es einen grossen Effort. Das führt dazu, dass der Begriff schneller verwendet wird, als die Praxis folgen kann.»

Circular Washing ist in Mode

In Anlehnung an den Begriff Greenwashing ist deshalb der Begriff Circular Washing entstanden. So nennt man das Vorgehen von Firmen, die ihren Ruf verbessern wollen, indem sie ihre Produkte als kreislauffähiger verkaufen, als sie in Wirklichkeit sind. Oder indem sie positive Aspekte überbetonen. Madlen Kobi und ihre Teamkolleg_innen haben bei Recherchen in Deutschland, Italien, Österreich, Polen und der Schweiz mit zahlreichen Exponent_innen der Baubranche gesprochen und offene Einblicke in Unternehmen erhalten. Kobi erzählt von einem kleinen Unternehmen, das Bauteile wiederverwendet und mehrere Projekte mit verschiedenen Materialien am Laufen hat. Unter anderem nimmt die Firma Parkettstäbe aus alten Böden heraus und bereitet diese so wieder auf, dass sie anderswo eingebaut werden können. Ein wunderbares Vorzeigeprojekt, das entsprechend prominent auf der Website platziert wird. «Gleichzeitig sagte mir der Marketingverantwortliche, dass diese wiederverwendeten Böden nur ein Prozent der gesamten Produktion der Firma ausmachen. Hauptsächlich bietet sie konventionellen Parkettboden an, aus günstigem Holz, das unter weniger guten Bedingungen produziert wurde und qualitativ minderwertig ist.» Auch Zementfirmen würden Circular Washing betreiben. «Oft mischen sie recycelten Zement mit neuem und nennen das dann kreislauffähigen Zement. Oder er wird ausgebaut und im Straßenbau wiederverwendet. Das ist dann eher ein Downcycling, dennoch wird es als kreislauffähig verkauft, weil der Zement noch nicht weggeworfen wird – sondern wohl erst in einem nächsten Schritt.» Kommt hinzu, dass es viel Energie benötigt, um Zement zu recyceln, was ebenfalls umweltschädlich ist.

Fehlende Anreize

Sie bashe nicht gerne Firmen, sagt Madlen Kobi. Ihnen würden auch falsche Anreize gesetzt. «Viele, mit denen ich geredet habe, sagten mir, neue Materialien seien zu günstig. Es ist deutlich teurer, hier einen Baustoff auszubauen, zu lagern und wieder einzubauen, als neue Baustoffe aus dem Ausland, zum Beispiel aus China, zu bestellen.» In der Wiederverwendung steckt viel Arbeit, die entscheidende Frage lautet: Wie kann diese entlohnt werden, ohne dass das Resultat am Ende teurer wird als ein neues Produkt? «In diesem Bereich ist Innovation gefragt. Einer der Ansätze ist, neue Materialien höher zu Besteueren als Arbeit. Momentan ist es umgekehrt.» Wie sehr sich das Verhalten der Menschen verändert, sobald sich die Gegebenheiten verändern, hat Madlen Kobi erlebt, als sie 2022 im Rahmen ihrer Forschung in Wien war und Russland seinen Angriffskrieg gegen die Ukraine begann. «Plötzlich kam weniger Holz nach Österreich, entsprechend wurde Neuholz teurer – und sofort stieg die Nachfrage nach wiederverwendetem Holz.»

Fehlt es also bloss an gutem Willen? Ist nicht das Konzept der Kreislaufwirtschaft zweifelhaft, sondern nur die Umsetzung das Problem? «Es wäre möglich, den Prozentsatz an wiederverwendetem Material zu erhöhen. Dass jedoch alles im Kreis bleibt, ist nicht möglich», sagt Kobi. «Selbst wenn Gebäude abgebaut und Teile wiederverwendet werden, gibt es immer einen Prozentsatz, der im Abfall landet.» Die Firma, die Parkettstäbe wieder aufbereitet, erklärte der Forscherin etwa, dass rund ein Drittel der Stäbe kaputt oder nicht gross genug seien, um sie aufzubereiten und neu einzusetzen.

Die Lösung? «Es gibt radikale Tendenzen wie Suffizienz und Degrowth.» Bei diesen Ideen geht es darum, dass sich die Menschen mit weniger zufrieden geben, etwa den Konsum herunterschrauben und in kleineren Wohnungen leben, also weniger Ressourcen für den Bau von Wohnraum nutzen. «Aber ich bezweifle, dass sich diese Ideen im Mainstream durchsetzen können.» Was den Bausektor angeht, ist der Lösungsansatz für Madlen Kobi klar: «Ich bin zurückgekommen zur Idee, dass besser das ganze Gebäude weiterverwendet wird, anstatt zu versuchen, einzelne Bauteile im Kreislauf zu halten.» Aus Wohnhäusern werden Kindergärten, aus Industriehäusern Wohnhäuser – ohne immer gleich das ganze Gebäude abzureißen. «Es ist zu hoffen, dass sich dieser Trend durchsetzt. Auch in der Schweiz werden sehr viele Gebäude abgerissen. Das ist nicht nachhaltig.»

Trotzdem sieht Madlen Kobi Anzeichen für ein Umdenken. «Das Bewusstsein ist da, gerade bei Architekt_innen. Noch vor 20 Jahren wurde fast nur gelehrt, wie auf einer grünen Wiese gebaut wird. Heute wird bei der Ausbildung von Architekt_innen vermehrt vermittelt, wie mit Bestandenem etwas geschaffen werden kann.» Man müsse im Bauwesen die Idee der Kreislaufwirtschaft mit anderen Ansätzen kombinieren. Bauen im Bestand, nachwachsende Ressourcen, effizientere Baumethoden. «Letztlich geht es darum, den Blick dafür zu öffnen, wie sonst noch ressourcenschonend gebaut werden könnte. Die Kreislaufwirtschaft sollte nicht isoliert betrachtet werden, sondern als Teil eines Sets von nachhaltigen Baumethoden.»

Matthias Fasel ist Gesellschaftswissenschaftler, Sportredaktor bei den «Freiburger Nachrichten» und freischaffender Journalist.

Unsere Expertin ► **Madlen Kobi** ist Assistenzprofessorin am Departement für Sozialwissenschaften der Universität Freiburg. Als Forschungsprofessorin an der Einheit für Sozialanthropologie leitet sie seit Januar 2022 das Projekt «Urban Bricolage. Mining, Designing and Constructing With Reused Building Materials». madlen.kobi@unifr.ch

Quand le risque s'individualise

Déetecter précocement une maladie grave chez une personne à risque peut être utile. Dépister de façon individualisée peut l'être plus encore. Zoom sur les nouvelles avancées en matière de *screening* du cancer avec le Professeur Arnaud Chiolero. **Patricia Michaud**

C'est une erreur courante: confondre le dépistage du cancer avec le diagnostic précoce. Or, la différence est de taille. Contrairement au diagnostic précoce, le dépistage (ou *screening* en anglais) concerne des personnes qui n'ont pas de symptômes évocateurs de la maladie et qui ne sont pas malades. «A ce stade du processus de détection, on ne parle d'ailleurs pas de «patientes et patients», précise Arnaud Chiolero, en charge du Laboratoire de santé des populations (#PopHealthLab) de l'Unifr. Il s'agit d'une procédure à caractère médical visant à identifier le plus tôt possible certaines formes de cancer. La décision de faire un dépistage ou non ne se base pas sur la présence de symptômes.» Le cas échéant, si le test de dépistage est positif, il est suivi d'un diagnostic qui vise à confirmer la présence de la maladie. «Ensemble, le dépistage et le diagnostic précoce forment la détection précoce», complète l'épidémiologiste. Quant à la prévention primaire, elle intervient en amont. «Elle a pour but de réduire l'occurrence des cancers, par exemple en s'abstenant de fumer, de consommer de l'alcool ou de s'exposer aux rayons UV.» Selon des chiffres publiés en 2023 par Santé Publique France, environ 40% des cancers pourraient être évités grâce à la prévention.

Moins de morts mais davantage de malades

En Suisse comme ailleurs dans le monde, le taux de mortalité par cancer – c'est-à-dire le nombre de décès proportionnellement à la taille de la population – a fortement baissé ces dernières décennies, grâce à des traitements de plus en plus ciblés et efficaces, à la prévention primaire et à certains dépistages. En chiffres absolus par contre, le cancer tue davantage dans notre pays: alors qu'entre 1997 et 2001, on recensait environ 15'000 décès annuels, leur nombre est passé à environ 17'000 sur la période 2017–2021, souligne Arnaud Chiolero.

Cette évolution, de prime abord surprenante, est à mettre sur le compte de l'augmentation du nombre de

nouveaux cas de cancers, «qui s'explique avant tout par la croissance et le vieillissement de la population nationale». Ainsi, tandis qu'on déplorait 25'000 nouveaux cas de cancers par an en terre helvétique entre 1982 et 1986, ce nombre a bondi à plus de 45'000 sur la période 2017–2021. Dans ces conditions, l'intérêt pour les dépistages a augmenté. Preuve s'il en faut que «des bonds en avant ne cessent d'être faits dans ce domaine et il faut s'attendre à de nombreux changements dans un futur proche».

Mammographie, PSA et CT-scanner

Avant de sortir la boule de cristal, un coup d'œil dans le rétroviseur. Dans les années 1950, la médecine, jusque-là axée sur le traitement des maladies, s'intéresse de plus en plus à la détection précoce et aux dépistages. «Avec le recul des maladies infectieuses et le vieillissement de la population, les maladies chroniques – cardiovasculaires et cancers en tête – arrivent sur le devant de la scène. On cherche alors à améliorer le pronostic pour les patient·e·s en les détectant plus tôt.»

C'est en 1968 que Wilson et Junger ont posé les bases du *screening* pour le compte de l'Organisation mondiale de la santé. A noter que ces principes ne concernaient pas seulement le dépistage du cancer, mais aussi d'autres problèmes de santé considérés comme importants. Le cancer étant la deuxième plus grande cause de mortalité en Europe après les maladies cardiovasculaires – il est à l'origine de pas moins d'un décès sur cinq – il a, sans surprise, fait l'objet d'une attention particulière. Dans le viseur figuraient avant tout les cancers les plus communs tels que ceux du sein, des poumons, de la prostate et du col de l'utérus ainsi que le cancer colorectal.

«Dès ses débuts, le dépistage du cancer a ciblé des personnes considérées à risque, le plus souvent uniquement sur la base de l'âge et du sexe», note le responsable du #PopHealthLab. Déjà utilisées depuis les années 1950–1960

pour diagnostiquer le cancer du sein, les mammographies ont vu leur recours étendu au dépistage dans les années 1970–1980. Dès les années 1990, on est passé à la mammographie digitale, puis IRM et ultrasons sont venus compléter la procédure.

Arnaud Chiolero cite deux autres exemples. «A partir des années 1970–1980, on a commencé à se servir de l'antigène spécifique prostatique (PSA) comme marqueur de risque de cancer de la prostate. Mais ce n'est que plus tard, dans les années 2000–2010, que les effets – bénéfiques et délétères – du dépistage par PSA ont été démontrés.» Quant au cancer du poumon, son dépistage a été rendu possible par le développement du CT-scanner, dont les effets ont été mis au jour dans les années 2010. «Il s'agit d'un dépistage qui vise notamment les gros fumeurs-euses.»

Vers une médecine personnalisée

Le *screening* des cancers ne constitue donc pas une nouveauté. «Ce qui a changé, c'est la manière dont on évalue le risque des personnes en vue d'un éventuel dépistage, souligne le spécialiste. Longtemps, les dépistages étaient basés essentiellement sur des critères figés tels que l'âge et le sexe. Le cancer du sein est un bon exemple.» Grâce à l'évolution des technologies, une évaluation individualisée du risque devient possible. «Non seulement on dispose de données de cohorte, mais aussi d'algorithmes qui permettent d'utiliser ces données pour estimer le risque.» Des marqueurs biologiques, l'histoire familiale, les habitudes (tabac, activité physique, etc.), mais aussi le lieu de vie ou le niveau d'éducation peuvent désormais être pris en compte. «Cela va dans le sens de ce que l'on appelle la médecine personnalisée. On peut ici parler de prévention personnalisée.»

«Evaluer son risque personnalisé de cancer n'est pas pour autant facile, avertit le Professeur. Mais des outils accessibles au grand public commencent à faire leur apparition, notamment en Amérique du Nord.» Mon QICancer en est un. Conçu par Santé Ontario, ce site web permet à chacun·e de procéder à une évaluation de son risque de cancer par rapport à d'autres personnes du même sexe habitant dans cette province canadienne. Un plan d'action individualisé, comportant des conseils et des ressources, est par ailleurs établi.

«Ce processus n'en est qu'à ses débuts, prédit l'observateur. Les possibilités sont considérables. On pourrait, par exemple, inclure dans l'évaluation du risque les données issues des diverses applications de *tracking* dont de plus en plus de gens se servent au quotidien.» Les informations tirées des prises de sang effectuées par les médecins généralistes ou les gynécologues pourraient aussi s'avérer utiles. «Dans ce contexte, les données d'un dossier électronique centralisé des patient·e·s seraient utiles.»

Aussi prometteuses ces évolutions soient-elles, elles posent des défis de taille. La question du financement de

l'évaluation du risque ainsi que des critères de remboursement par les caisses maladie en est un. «Celle de la protection des données en est un autre», commente Arnaud Chiolero.

Faux négatifs... et faux positifs

«Il est aussi important de rappeler que le dépistage n'est pas toujours la panacée», nuance le médecin. Certes, son but est louable. Mais plusieurs aspects sont controversés, au point d'en faire un sujet de discussion particulièrement animée dans les milieux médicaux. Dans un article publié en 2009, *The Lancet* relevait que de nombreuses études sur le *screening* parviennent à des conclusions contradictoires. Dès lors, la confusion règne, que ce soit parmi le public, les médecins ou les autres professionnel·le·s de la santé.

«L'un des problèmes liés au dépistage est celui des faux positifs, qui peuvent générer des coûts financiers et émotionnels non négligeables», explique Arnaud Chiolero. L'exemple du dépistage par mammographie est parlant. Etant donné que la plupart des Suisse·ses se font dépister plusieurs fois au cours de leur vie, «on estime qu'une femme sur deux dans notre pays va vivre au moins une fois un dépistage faussement positif». A l'inverse, un test faussement négatif peut donner un sentiment de bonne santé qui pourrait inciter la personne concernée à ne pas consulter un médecin, même en cas de symptômes.

Autre effet négatif potentiel du *screening*: le surdiagnostic. «Certains cancers de la prostate évoluent lentement. Ils ne mettent pas la vie de la personne en danger et n'ont pas besoin d'être traités.» En cas de détection précoce, «on serait tenté d'entamer un traitement qui pourrait s'avérer aussi inutile qu'invasif». Sans oublier que «les tests de dépistage eux-mêmes peuvent être désagréables, douloureux et entraîner des complications». Or, commente l'épidémiologiste, «il est plus difficile d'accepter ce genre d'effets délétères lorsqu'on est a priori en bonne santé», ce qui est le cas des personnes dépistées. Le marché du dépistage ne cesse cependant d'évoluer, rapporte le responsable du #PopHealthLab. Des laboratoires sont en train de développer des tests sanguins pour la détection précoce de multiples cancers. Et si l'on ajoute à cela toutes les nouvelles possibilités offertes par l'intelligence artificielle, «une chose est sûre: les choses vont continuer à bouger ces prochains temps.»

Patricia Michaud est journaliste indépendante.

Notre expert ▶ **Arnaud Chiolero** dirige le Laboratoire de santé des populations (#PopHealthLab) de l'Unifr. Ce médecin et épidémiologiste est par ailleurs co-directeur académique de la Swiss School of Public Health (SSPH+). arnaud.chiolero@unifr.ch



Die Oper.

Missverständnis, Luxusgut, Heiligtum, Unterhaltung. **Arnd Beise**

Als das oströmische Reich unter dem Ansturm der Osmanen unterzugehen drohte, flohen byzantinische Gelehrte mit den Handschriften, in denen die uns bekannten antiken griechischen Dramen überliefert sind, an die humanistischen Fürstenhöfe in Italien. Gut hundert Jahre später entspann sich in der florentinischen Camerata, einem Kreis von Dichtern, Gelehrten und Adligen, eine Diskussion darüber, wie diese Dramen in der Antike wohl aufgeführt wurden? Es setzte sich die Ansicht durch, dass sie durchgängig musikalisch begleitet waren.

Gegen Ende des 16. Jahrhunderts strebte man eine Wiederbelebung der angeblich antiken Aufführungspraxis an; und einer aus dem Florentiner Kreis, der Dichter Ottavio Rinuccini, schrieb dafür ein Libretto über eine Schäferin namens «Dafne», das ab 1594 von Jacopo Peri vertont und von Jacopo Corsi 1597 oder 98 in seinem Palazzo uraufgeführt wurde. Das war das erste vollständig in Musik gesetzte Drama der Theatergeschichte bzw. die erste «Oper».

Hauptsache Happy End

Die Erfindung einer neuen theatralischen Gattung verdankte sich also einem Missverständnis. Wir wissen heute, dass in den Aufführungen antiker Tragödien nur wenige Sololieder sowie Chorlieder gesungen wurden; begleitet wurden sie nicht von einem Orchester, sondern von einem Aulós-Spieler. Gleichviel: Seit rund 430 Jahren gibt es die Oper.

Von der ersten ist die Musik nur fragmentarisch erhalten. Aber schon die zweite Oper, die ebenfalls von Rinuccini und Peri stammende «Euridice», uraufgeführt am 6. Oktober 1600 im Palazzo Pitti zu Florenz anlässlich der Hochzeit des französischen Königs Henri IV. mit Prinzessin Maria di Medici, ist vollständig überliefert. Die Dialogpartien waren angelegt als «cantar recitando», also als einfacher melodisch vorgetragener Text über einem durchgehenden «basso continuo»; am Ende der Szenen erklangen mehrstimmige Chöre. Bei der Konkurrenzvertonung desselben Texts durch Giulio Caccini (1602) gibt es an dramatisch wichtigen Stellen auch Koloraturen im Sprechgesang des Rezitativs: Die Keimzelle der Arien. Und noch ein wichtiges Element eignet schon den ersten Opern: Entgegen der mythologischen Vorlage endet die

Geschichte von Orfeo und Euridice glücklich (also mit einem «lieto fine»); die Oper schliesst mit einem Fest zu Ehren des neu vereinten Paares.

Für Aristokratie und Volk

Der «Urknall in Sachen Oper» (Rolf Fath) ereignete sich dann wenige Jahre später mit «L'Orfeo», getextet von Alessandro Striggio, komponiert von Claudio Monteverdi: musikalisch viel reichhaltiger als die ersten Stücke, mit rein instrumentalen Passagen (sinfonia, ritornello), madrigalischen Stücken, virtuosen Koloraturen, beständigem Wechsel von Rezitativ und Gesangsnummern. Uraufgeführt wurde die Oper anlässlich des Geburtstags von Francesco IV. Gonzaga am 24. Februar 1607 im Herzoglichen Palast von Mantova; und seither – wenn auch mit längeren Unterbrechungen – gehört dieses Stück zum Repertoire der Opernhäuser weltweit.

Eine fürstliche Hochzeit, ein fürstlicher Geburtstag: Diese Anlässe für Aufführungen der frühen Opern zeigen bereits an, was aus der neuen theatralischen Gattung rasch wurde: ein bevorzugtes Instrument der fürstlichen Repräsentation. Das galt aber vor allem für die Länder nördlich der Alpen.

Im Geburtsland der Oper, in Italien, wurde sie nach ihren aristokratischen Anfängen nämlich bald schon zu einer volkstümlichen Angelegenheit. Mit Eröffnung des ersten öffentlichen, kommerziell geführten Opernhauses in Venedig 1637 wurden die Opern auf den Geschmack eines breiten, wenn auch im Zuschauerraum sozial separierten Publikums ausgerichtet; und das Publikum, Aristokratie und Volk, liebte die Oper. Bis zum Ende des 17. Jahrhunderts entstanden sechs weitere Opernhäuser, die sich über Jahrzehnte halten konnten, vier davon sogar bis ins 19. Jahrhundert.

Im Norden dagegen war die Oper fast überall eine höfische Unterhaltung. Sie war neben dem Bauen und dem Soldatenwesen eines der beliebtesten und teuersten Luxusvergnügen fürstlicher Regenten. «Die Kosten spielten hier keine Rolle mehr. Der Begriff der Rentabilität war unbekannt. Beruht der Ruf eines Geschäftstheaters auf der Höhe seiner Einnahmen, so der eines Hoftheaters auf der Höhe seiner Ausgaben» (Richard Alewyn). Wenn im

«Mercure Galant» über eine Opernaufführung in Versailles berichtet wurde, dann wurde ausführlich über Anlass und Ausstattung berichtet, aber nur wenig über Text und Musik gesagt.

Dabei hatte sich seit Monteverdi die Musik aus ihrer Funktion, ausschliesslich Dienerin des Textes zu sein, befreit. Sie war zu einer eigenen Ausdrucksweise für Emotionen aller Art geworden: individualisiert und situationsbezogen, zärtlich oder zornig, üppig oder heroisch.

Auch die Texte waren nicht nur «belanglose Stimuli der Musik», wie es Theodor W. Adorno von den Opern des 19. Jahrhunderts behauptete. Im Gegenteil: Das Libretto befriedigte die literarischen Bedürfnisse einer geistigen Elite. Das Musiktheater hatte das Sprechdrama als «das schwerste und grösste Gedicht» abgelöst: «Die Opera ist der Spiele Königin», hiess es 1725. Der Hamburger Literat Barthold Feind zog in seinem Aufsatz «Von Erregung der Gemüths-Bewegungen in Schau-Spielen» (1709) eine durchgehende entwicklungsgeschichtliche Linie von der Zeit des «einfältigen Hirten Gesprächs» bis zur elaborierten Opera seiner Gegenwart, wobei selbst die Meisterstücke des 17. Jahrhunderts, etwa von Gryphius oder Racine, nur als Vorstufen des musikalischen Schauspiels seiner Gegenwart in Betracht kamen.

Die Oper im 18. und 19. Jahrhundert

So kam es, dass die Oper, etwa als Ausdruck einer abzulehnenden aristokratischen Kultur, im Zeitalter des Bürgertums nicht abgeschafft wurde. Bereits früh im 18. Jahrhundert hatten sich bürgerliche Autoren und Komponisten der Gattung bemächtigt. Einher ging das mit einer «Reform» der Oper: Sie wurde den Formen des Sprechtheaters angenähert; analog zu Trauer- und Lustspiel gab es die «opera seria» und die «opera buffa». Bürgerliche Moral und Satire herrschte in beiden.

Und es musste auch nicht mehr stets ein «lieto fine» geben: Es durfte auch aus Mitleid mit der verlassenen Helden in «Didone abbandonata» geweint werden. Den Text dieser Oper hatte Pietro Metastasio, der unbestrittene Meister der «opera seria», 1724 gedichtet; und sie war in den Jahrzehnten danach rund vierzig Mal vertont worden. Erneut war also der Text dominant.

Die grosse Zeit der «opera seria» endete jedoch mit dem 18. Jahrhundert. Die «opera buffa» lebte länger. Sie war thematisch flexibler und näher an aktuellen theatralischen Moden, etwa dem Rührstück oder dem Märchen. Dabei konnte sie durchaus ein vielschichtiges Kunstwerk sein, wie «Don Giovanni» (1787) zeigt: ein Meisterwerk von Lorenzo Da Ponte und Wolfgang Amadeus Mozart. Nun wurde wieder die Musik primär: «Prima la musica, poi le parole» hiess ein «divertimento musicale» von Antonio Salieri aus dem Jahr 1786.

Eine Blütezeit der Oper war das bürgerliche 19. Jahrhundert. Die meisten Opern, an die passionierte Theater-

besucher sofort denken, stammen aus dieser Zeit: «Aida», «La Bohème», «Der Freischütz», «La Muette de Portici», «Nabucco», «Der Ring des Nibelungen» und wie sie alle heissen... Das Bürgertum hatte sich die Oper angeeignet und zelebrierte sie.

Belanglos? Teuer? Nötig!

Die Texte wurden aber, wie gesagt, relativ belanglos. Das hat damit zu tun, dass die Kunst im 19. Jahrhundert «eine quasi religiöse Funktion» erhält: «Das Kunstwerk wird, so bezeugt es der Sprachgebrauch seit der Romantik, Gegenstand von Weihe, Andacht, Pietät und Verehrung. Der Besuch des Konzerts wird mit dem der Kirche verglichen, das Publikum wird Gemeinde, das Sichversenken des Einzelnen in ein Kunstwerk ist Gottesdienst» (Thomas Nipperdey). Das lässt sich am besten erleben, wenn die Leute in der Musik schwelgen; Wörter lenken da nur ab. Deswegen ist es den meisten Opernfans auch egal, wenn sie vom gesungenen Text nichts verstehen. Die Oper wurde kulinarisch genossen.

Die Kulinarik machte die Oper in der Moderne zu einer umstrittenen Sache. Ein Ausweg war die Literaturopfer, die im 20. Jahrhundert ungewöhnlich dominant war: also die Vertonung anerkannt «progressiver» Dramen (zum Beispiel: Bergs «Wozzeck», Rihms «Hamletmaschine») oder dramatisch verarbeitete Texte des Kanons der erzählenden Literatur (Hindemiths «Cardillac», Müller-Wielands «Märchen der 672. Nacht»).

Immer mal wieder wurde seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts auch die Kritik laut, dass Opernhäuser zu hoch subventionierte «Kunsttempel» seien, in denen bloss Stücke der Vergangenheit abgespielt würden. Ernsthaft geschadet hat das der Oper als Institution und Gattung bisher nicht. Im Gegenteil: Auch heutige Autor_innen und Komponist_innen schaffen Opern (z.B. Johanna Doderers «Der tollste Tag» wurde am 10. Oktober 2025 uraufgeführt); und das nicht nur in der sogenannten E-Musik, sondern seit den 1960er Jahren auch in der Rockmusik: «Tommy» von The Who oder «The Wall» von Pink Floyd sind klassische Nummernopern.

Wir können die Oper noch gut gebrauchen.

Unser Experte ► **Arnd Beise** ist Professor für Germanistische Literaturwissenschaft und Literaturgeschichte am Departement für Germanistik.
arnd.beise@unifr.ch

Der Wächter im Web

Zugegeben, die folgende Erkenntnis erfordert mehr Vorstellungsvermögen als die Erfindung der Zahnbürste. Da sie aber ebenso häufig zum Einsatz kommt wie das Werkzeug zur Mundhygiene, lohnt es sich, davon Kenntnis zu haben. Ulrich Ultes-Nitsche erklärt. **claudia Brülhart**

Ulrich Ultes-Nitsche, was ist das RSA-Verschlüsselungsverfahren?

Das RSA-Verschlüsselungsverfahren wird heute in sehr vielen, ja fast allen, digitalen Transaktionen eingesetzt, um die digitale Kommunikation vertraulich und authentifizierbar durchführen zu können, so etwa auch beim E-Banking. Das Verfahren basiert auf einem mathematischen Theorem, mit dem sich Leonard Euler im 18. Jahrhundert beschäftigt hat, das wiederum ein Resultat von Pierre de Fermat aus dem 17. Jahrhundert verallgemeinert.

Wie kam es zu dieser Erfindung?

Der Ausgangspunkt für diese Erfindung waren Resultate aus der Mathematischen Zahlentheorie, so etwa die Frage, wie viele kleinere Zahlen zu einer gegebenen Zahl teilerfremd sind – also reine Grundlagenforschung. In den 1970er Jahren haben Ron Rivest, Adi Shamir und Leonard Adleman – kurz: RSA – erkannt, dass sich aus dem sogenannten Euler-Fermatschen Theorem ein Algorithmus ableiten lässt, der es erlaubt asymmetrische Kryptographie durchzuführen, die heute üblicherweise Public-Key Cryptography genannt wird. Das Verfahren wurde patentiert, die Firma RSA Security wurde gegründet. Heute ist das Verfahren in allen Webbrowsern verfügbar und wird zur Verschlüsselung des Datenverkehrs verwendet. Der Nachweis, dass man sich tatsächlich auf der Webseite der Uni Freiburg befindet, wird beispielsweise auch durch das RSA-Verfahren erbracht.

Was war der ursprüngliche Zweck?

Der ursprüngliche Zweck der Ergebnisse von Fermat und Euler war, die Struktur der natürlichen Zahlen besser zu verstehen. Man nennt dieses Gebiet der Mathematik «Zahlentheorie». Über den Erkenntnisgewinn hinaus waren diese Ergebnisse vollkommen zweckfrei, reine Grundlagenforschung eben.

Hat sich der ursprüngliche Zweck im Lauf der Zeit verändert?

Die Erkenntnis, dass sich aus dem Euler-Fermatschen Theorem ein Kryptoalgorithmus ableiten lässt, hat den «Zweck» der Ergebnisse natürlich völlig verändert. Auf

einmal liegt ein praktisches Ergebnis von hoher informatischer, aber vor allem auch von ökonomischer Relevanz vor.

Was ist der konkrete Nutzen dieser Entwicklung?

Die Absicherung der Kommunikation auf dem Internet, sowohl was die Vertraulichkeit der übermittelten Daten angeht wie auch in Bezug auf die Gewährleistung des Nachweises, mit wem man kommuniziert. Außerdem lösen asymmetrische Verfahren wie das RSA-Verfahren das Schlüsselverteilproblem in der Kryptographie: Wie schaffe ich es, dass jemand Fremdes sofort mit mir in einer verschlüsselten Art und Weise kommunizieren kann?

Hat die Erfindung einen Hacken?

Die Sicherheit von RSA basiert auf der Tatsache, dass es unglaublich zeitaufwändig ist – ich spreche von Milliarden von Jahren –, grosse Zahlen zu faktorisieren. Man weiss, dass es mit Quantencomputern möglich werden wird, diese Faktorisierung schnell durchzuführen, womit RSA mit einem Schlag unsicher werden wird.

Wie hat RSA unsere Lebenswelt verändert?

Asymmetrische Verschlüsselungsverfahren, darunter hauptsächlich RSA, haben unser Leben revolutioniert, in dem eine sichere Kommunikation im Internet möglich wurde, ohne dass die Kommunikationspartner vorher ein gemeinsames Geheimnis sicher ausgetauscht haben müssen.

Braucht die Welt diese Erfindung (noch)?

Absolut. RSA ist noch überall im Internet im Einsatz.

Claudia Brülhart ist Chefredaktorin des Wissenschaftsmagazins «universitas».

Unser Experte ► **Ulrich Ultes-Nitsche**
ist Professor am Departement für
Informatik.
ulrich.ultes-nitsche@unifr.ch





Quand la souris rencontre le cerveau

L'ordinateur personnel nous a donné la main. L'IA nous tend un cerveau. **Denis Lalanne**

L'histoire de l'ordinateur personnel ressemble à une course de relais entre visionnaires. Chacun tend le témoin, ou plutôt la souris, au suivant, sans toujours imaginer l'ampleur de ce qu'il transmet.

Tout commence en 1945 avec Vannevar Bush, conseiller scientifique de Roosevelt. Dans *As We May Think*, il décrit le Memex, un bureau mécanique pour stocker et relier toutes les connaissances du monde. Ingénieux et prémonitoire à la fois: Bush imaginait déjà le Web, mais sur microfilm.

Dans les années 1960, J.C.R. Licklider, psychologue de formation, qui dirigera l'Information Processing Techniques Office (IPTO) à l'Advanced Research Projects Agency (ARPA), prophétise une «symbiose homme-machine» et met tout en œuvre pour la réaliser: l'ordinateur ne sera pas seulement une calculatrice, mais aussi un partenaire intellectuel. Quand votre téléphone vous corrige ou vous rappelle un rendez-vous, vous vivez sa vision, en version parfois cauchemardesque.

Puis arrive Douglas Engelbart. En 1968, sa «*Mother of All Demos*» dévoile la souris, les hyperliens, le travail collaboratif à distance. L'auditoire, médusé, a sans doute pensé: «A quoi ça sert?» Aujourd'hui, la réponse est claire: à tout, y compris à perdre du temps.

Dans les années 1970, Alan Kay (étudiant de Sutherland) imagine le Dynabook, un ordinateur portable pensé pour les enfants. Son credo: «La meilleure façon de prédire le futur est de l'inventer». L'informatique pour soutenir l'éducation et la créativité: sans lui, pas d'iPad; avec lui, plus de TikTok.

Ivan Sutherland, lui, invente Sketchpad dans les années 1960, premier logiciel graphique, et pose les bases de la réalité virtuelle. Il remplacera Licklider à l'ARPA et financerà le centre de recherche de Engelbart sur l'intelligence augmentée. Son frère Bert dirige le Xerox PARC, où naissent l'interface graphique et l'informatique moderne, en s'inspirant

directement d'Engelbart et en reprenant son équipe.

Ces innovations resteraient confinées au labo si personne n'avait osé les commercialiser. C'est là que la vision devient produit concret: Steve Jobs qui passait par Xerox PARC a demandé s'il pouvait commercialiser leurs idées... et l'a fait. Si vous avez déjà déplacé une icône, vous vivez cette histoire, celle du labo qui rencontre le marché.

Enfin, en 1989, Tim Berners-Lee invente le Web au CERN. Son rêve: un réseau universel de connaissance. Aujourd'hui, nous oscillons entre Wikipédia et des tutoriels pour plier ses chaussettes. Vision humaniste, certes, parfois ensevelie sous une avalanche de distractions.

L'ordinateur personnel nous a donné la main; mais a-t-il renforcé notre capacité à penser, ou seulement notre réflexe à scroller?

La rivière des machines pensantes

Pendant ce temps, une autre histoire coule en parallèle: celle de l'intelligence artificielle.

En 1950, Alan Turing demande: «Les machines peuvent-elles penser?» Il invente le fameux test de Turing. Vision vertigineuse, encore plus si vous avez déjà parlé à un chatbot trop convaincant.

Dans les années 1960, Marvin Minsky et ses collègues au Massachusetts Institute of Technology (MIT) pensent que l'IA dépassera l'homme en vingt ans. Pendant quarante ans, l'IA patine: les systèmes de règles rigides ne savent pas apprendre de l'expérience, et le monde réel s'avère bien plus chaotique que les laboratoires.

Puis, à partir de 2010, un tournant brutal: les réseaux de neurones profonds, alimentés par des données massives et des processeurs graphiques (GPU ou graphics processing unit) puissants, réveillent la machine endormie. Ce n'est pas une révolution intellectuelle soudaine; c'est une révolution d'échelle.

Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton et Yann LeCun montrent que ces réseaux peuvent reconnaître des visages, traduire des textes, générer des images et écrire des poèmes. L'IA bascule de la science-fiction à votre téléphone. Mais personne ne comprend vraiment pourquoi ça marche. Les réseaux deviennent des boîtes noires qui donnent des réponses justes sans révéler leur logique.

Aujourd'hui, l'IA générative franchit une nouvelle ligne: elle génère, elle écrit, elle code, elle converse. Et c'est cette capacité à engendrer du sens qui repose la vieille question de Turing, plus urgente: non plus «peuvent-elles penser?» mais «comment rester maîtres de technologies que nous ne comprenons plus?»

La collision des deux mondes

Longtemps, l'ordinateur personnel et l'IA vivaient des vies séparées: l'un dans nos poches, l'autre dans les labos. Aujourd'hui, ils fusionnent: nos machines personnelles s'augmentent d'IA générative. Le vieux rêve de Licklider, la symbiose homme-machine, s'installe au quotidien.

La fusion des deux mondes nous met face à un choix que nous ignorions devoir faire: soit l'alliance PC + IA nous élève et démultiplie la créativité humaine, soit elle nous réduit en opérateurs de clics, applaudissant les réponses d'algorithmes opaques que la plupart ne comprennent pas. Ces deux futurs coexistent déjà.

La science, entre confiance et défiance

Pourquoi la science est-elle tant remise en question? Parce qu'elle n'est pas neutre. Elle ne produit pas seulement des vaccins ou des prothèses: elle produit aussi des dépendances et des inégalités. L'ordinateur et l'IA incarnent cette ambivalence vertigineuse.

L'ordinateur personnel s'est déployé avec ses promesses d'émancipation, mais aussi ses addictions. L'IA générative se déploie aujourd'hui avec la même logique. Ce n'est pas par malveillance, c'est structurel: la technologie arrive trop vite pour les débats démocratiques.

Comme la bombe atomique, l'IA est une invention totale, impossible à «désinventer». On ne choisit plus d'utiliser ou non: il structure déjà nos vies. Reste la question essentielle: sous quelles conditions cette technologie peut-elle servir nos valeurs collectives?

Cela signifie que la science doit être réintégrée dans la société; non comme une autorité distante, mais comme un partenaire qu'on critique, qu'on régule, qu'on questionne publiquement. Comment un-e citoyen-ne non-expert-e peut-il ou elle avoir voix au chapitre? Comment une université peut-elle former des générations capables de diriger la technologie au lieu de la subir? La complémentarité homme-machine n'a de sens que si elle est doublée d'une complémentarité science-société.

Le défi n'est pas de savoir si la technologie est «bonne»

ou «mauvaise»; elle est les deux. C'est de se mobiliser ensemble pour en faire une chance plutôt qu'une servitude. Et peut-être, au passage, de réinventer des interfaces qui nous rendent plus intelligent-e-s plutôt que plus dépendant-e-s.

Voici la vraie question pour une université: comment former des générations non seulement plus intelligentes grâce à l'IA, mais capables de la diriger consciemment? Comment inculquer les valeurs et la réflexion critique face aux technologies dont elles hériteront?

Pourquoi ce regard?

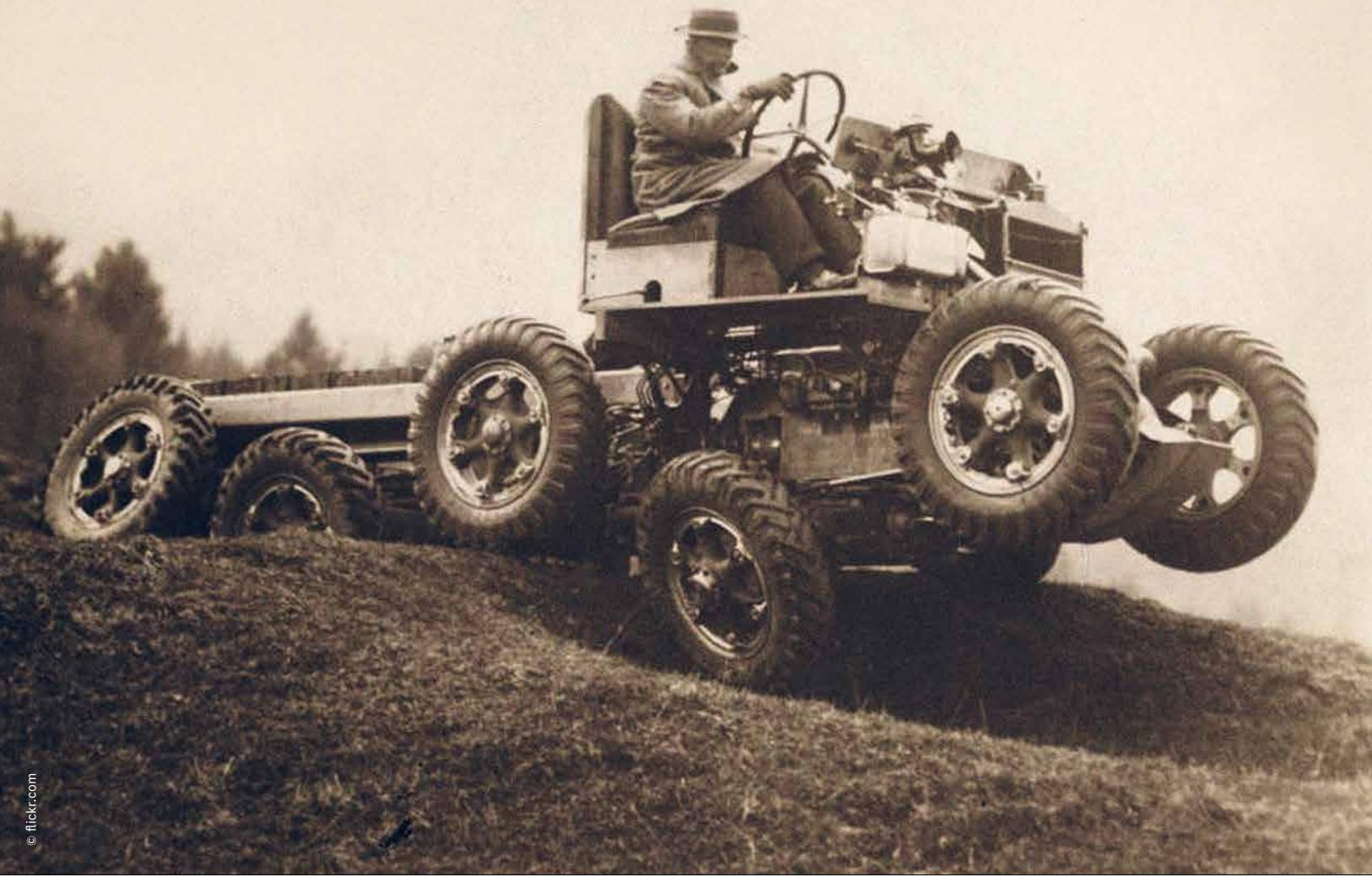
Cette convergence PC-IA, je l'ai observée depuis une position particulière: celle d'un chercheur à cheval entre deux mondes. Pendant ma thèse à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) à la fin des années 1990, j'ai essayé d'utiliser l'intelligence artificielle pour reproduire les mécanismes de la créativité. Mais j'ai réalisé quelque chose: ce n'était pas d'automatiser la création dont il fallait rêver, mais de la soutenir. J'ai développé COMIND (Computer Aided Creativity and Multicriteria Optimization in Design), un système informatique pour soutenir des concepteurs à explorer et optimiser visuellement leurs idées.

Cette réalisation a orienté toute ma recherche. En naviguant entre informatique, psychologie cognitive et analyse des interactions, j'ai toujours cherché la même chose: comment faire dialoguer intelligence humaine et puissance computationnelle? Comment créer une véritable symbiose?

L'Institut Human-IST (Human Centered Interaction Science and Technology), que j'ai fondé à Fribourg en 2017, poursuit précisément cette exploration: construire des systèmes qui révèlent les processus de l'IA plutôt que de les masquer, en plaçant l'humain au centre, en suivant une approche interdisciplinaire et éthique. Car tout se joue dans l'interaction, celle qui nous rend plus intelligent-e-s plutôt que plus dépendant-e-s.

En 1994, je rêvais de réseaux de neurones capables de jouer au Go. Aujourd'hui, les réseaux de neurones savent parfois mieux que moi ce que je veux écrire; heureusement, il me reste mon intuition, mes émotions; et parfois un brin d'humour salutaire. On dit que la boucle est bouclée; je préfère croire qu'elle reste ouverte et vivante.

Notre expert ►Denis Lalanne est professeur au Département d'informatique et directeur de l'Institut Human-IST. denis.lalanne@unifr.ch



Shopping@home

Im Vergleich zu den grossen Erfindungen der Menschheit erscheint jene des Online-Handels unbedeutend. Aber für den Alltag der Menschen und für die Geschäftsmodelle von Unternehmen hat der Online-Handel innerhalb weniger Jahrzehnte enorme Veränderungen gebracht. **Dirk Morschett**

Der erste Vorläufer des Online-Handels entstand 1979 in Grossbritannien. Ein von Michael Aldrich entwickeltes System verknüpfte einen Fernseher per Telefonleitung mit einem Computer und ermöglichte so erste Online-Transaktionen. 1984 erfolgte die erste dokumentierte Online-Bestellung einer privaten Kundin über das britische Videotex-System, eine Lebensmittelbestellung bei Tesco. Auch in anderen Ländern wurden in den 1980er Jahren Systeme wie Videotex (Schweiz), BTX (Deutschland) oder Minitel (Frankreich) bereits sporadisch für Online-Bestellungen aus Katalogen genutzt.

Von der Bestellung bis zur Bezahlung

1991 wurde das World Wide Web öffentlich zugänglich. Dessen Nutzung durch den Online-Handel folgte schnell. Der erste moderne Online-Shop im heutigen Sinne war NetMarket, bei dem am 11. August 1994 ein Kunde eine Musik-CD von Sting kaufte. Diese Transaktion gilt als der erste durchgängig online abgewickelte Kauf – von der Bestellung bis zur Bezahlung. Eine wichtige Voraussetzung war, dass verschlüsselte Kreditkartentransaktionen möglich wurden, was erst den sicheren Handel über das Internet ermöglichte.

1995 startete Amazon, heute der weltweit grösste Online-Händler, als Online-Buchhandlung in den USA. Schon wenige Jahre danach begann das Unternehmen seine Internationalisierung in Grossbritannien und Deutschland. Das Sortiment wurde sukzessive erweitert (zunächst um CDs und Filme, dann um Elektronik u.v.m.) und Amazon ist heute ein Universalanbieter mit allen erdenklichen Produkten. Zentral für das Wachstum von Amazon war ein Wandel des Geschäftsmodells – die Einführung des Marktplatzmodells im Jahr 2000. Bei einem Marktplatzmodell können externe Händler ihre Produkte über eine Plattform verkaufen und bezahlen dafür eine Provision. Über die Jahre wurde Amazon so nicht nur zum grössten Online-Händler, sondern zum grössten Handelsunterneh-

men weltweit – über die Plattform wurde 2024 ein Bruttowarenwert von über 700 Milliarden USD verkauft. Geschätzt 60 Prozent dieses Bruttowarenwerts stammen von Dritthändlern, die Amazon als Marktplatz nutzen.

Anteile am Kuchen

Dies verdeutlicht eine zentrale Weiterentwicklung des Online-Handels: Marktplätze, über die Dritthändler verkaufen, gewinnen stetig an Bedeutung und werden zum dominanten Geschäftsmodell im Online-Handel. In vielen Ländern erzielen Online-Marktplätze über 50 Prozent des Online-Umsatzes. Neben dem Pionier Amazon traten in den letzten Jahren v.a. chinesische Konkurrenten aufs Parkett, z.B. die Marktplätze Taobao und Tmall (beide von Alibaba) oder Pinduoduo (die Muttergesellschaft von Temu). Trotz dieser globalen Giganten gibt es in den meisten Ländern auch einheimische Unternehmen, die der globalen Konkurrenz trotzen – etwa Galaxus, der grösste Online-Marktplatz in der Schweiz.

Wie hat sich nun der Online-Handel, insbesondere in der Schweiz, ausgewirkt? Knapp 20 Prozent des Nonfood-Umsatzes in der Schweiz kaufen die Kund_innen bereits über das Internet. In einigen wichtigen Warengruppen sind es sogar deutlich mehr. Über die Hälfte des Umsatzes mit Heimelektronik (54 Prozent) werden über das Internet realisiert; bei Bekleidung und Spielwaren sind es immerhin über 30 Prozent. Bei Lebensmitteln dagegen bleibt der Online-Handel eine Nische: Hier beträgt der Online-Handel nur knapp 3 Prozent. Supermärkte und Discounter werden also vom Online-Handel noch kaum bedroht.

Nonfood hingegen kaufen fast alle Schweizer Kund_innen zumindest von Zeit zu Zeit online ein. Schliesslich bietet diese Möglichkeit auch Vorteile: Sie können bequem von zuhause einkaufen, sie können ohne zeitliche Beschränkung einkaufen, sie haben eine deutlich grössere Sortimentsauswahl als in einem Geschäft und sie können Ware aus der ganzen Welt, auch direkt von Herstellern,

beziehen. Der einfache Online-Einkauf im Ausland steigert den Preiswettbewerb für Schweizer Händler, was den Kunden über niedrigere Preise zugutekommt. Über jeden dieser Vorteile kann man kontrovers diskutieren, doch die hohe Akzeptanz und Nutzung zeigen, dass Kund_innen den Online-Einkauf schätzen.

Auch für Unternehmen bringt er zahlreiche Vorteile: Durch die vielfältigen Möglichkeiten, über den Online-Handel Kunden zu erreichen und problemlos den Online-Vertrieb aufzunehmen (z.B. über Online-Marktplätze), können Hersteller wesentlich einfacher ihre Produkte vermarkten und z.B. über eigene Online-Shops direkt mit dem Endkunden in Kontakt treten. Auch kleinere Hersteller können mit innovativen und wettbewerbsfähigen Produkten Kunden weltweit ansprechen und über ausländische Online-Marktplätze verkaufen.

Kehrseiten der Medaille

Zugleich hat diese Entwicklung den stationären Handel erschüttert. Wenn 20 Prozent des Nonfood-Umsatzes – in manchen Warengruppen sogar deutlich mehr – über neue Kanäle fliessen, werden viele Läden unrentabel. Bekannte Beispiele aus den letzten Jahren sind Ex Libris-Filialen, die seit 2010 von 114 Standorten auf heute 16 Filialen geschrumpft sind, oder auch Franz Carl Weber, einst der grösste Spielwarenhändler der Schweiz, dessen letzte Filiale 2025 geschlossen wurde. Der Aufstieg von Digitec-Galaxus zum grössten Online-Händler der Schweiz hat zu einer Reduktion der grossen Elektronikmärkte und zur Schliessung von m-electronics geführt. Auch der Niedergang von Kaufhäusern wie Manor ist zumindest teilweise das Ergebnis davon, dass Zalando zum grössten Bekleidungshändler in der Schweiz aufgestiegen ist. Für Innenstädte, die traditionell einen hohen Wert für die Gesellschaft haben, ist dieser Wandel des Einkaufsverhaltens also eine dramatische Bedrohung.

Der stationäre Handel reagiert darauf u.a. mit sogenannten Omnichannel-Strategien, bei denen, vereinfacht gesagt, die Online-Shops mit den stationären Geschäften verknüpft werden, um so dem Kunden ein nahtloses Einkaufserlebnis zu ermöglichen und ihm einen Mehrnutzen zu bieten. Ein Beispiel hierfür ist «Click & Collect», ein System, das es ermöglicht, online bestellte Ware im Laden abzuholen.

Problematisch ist, dass durch die enorme Dynamik des globalen Online-Handels ein teilweise unfairer Wettbewerb und eine Umgehung von Gesetzen möglich geworden ist. Die Exesse werden augenscheinlich, wenn man die chinesischen Plattformen Temu und Shein anschaut, die mittlerweile zu den zehn grössten Online-Händlern in der Schweiz gehören. Temu hat 2024 in der Schweiz einen Umsatz von etwa 700 Millionen Schweizer Franken erzielt. Und das, obwohl den chinesischen Plattformen regelmässig

vorgeworfen wird, bzgl. Zöllen, Produktstandards, Preiswerbung, Schutz persönlicher Daten u.v.m. die Vorschriften der jeweiligen Zielländer zu umgehen. Die Produktions- und Umweltbedingungen vor Ort und die versprochenen Produkteigenschaften werden in vielen Fällen nicht verlässlich geprüft; das schiere Volumen macht es den Ländern schwer, die Einhaltung der Vorschriften systematisch zu prüfen. Die Rechtsdurchsetzung hinkt hier häufig hinterher. Erst allmählich reagieren nun auch die Behörden in Europa auf diese Missstände.

Nicht zuletzt ist das Risiko der Marktkonzentration zu erwähnen. In den meisten westlichen Ländern ist Amazon mit Abstand Marktführer. Damit entsteht ein Machtungleichgewicht zulasten der vielen, oft kleinen, externen Händler, die über solche Plattformen verkaufen. In Asien dominieren wiederum andere Plattformen die Märkte. Einige Eigenschaften des Online-Handels führen zu einer «The-winner-takes-it-all»-Entwicklung, also einem Verdrängungswettbewerb, bei dem nur wenige Unternehmen übrigbleiben, die dann in eine monopolähnliche Position kommen. Auch in der Schweiz führt die Grösse von Galaxus teilweise zu Sorgen bei den Händlern, die über diese Plattform verkaufen, denn diese Marktmacht könnte z.B. zu hohen Gebühren führen.

Blick nach vorne

Die weitere Entwicklung des Online-Handels verläuft dynamisch. Social-Media-Kanäle wie Instagram, TikTok und Facebook, auf denen viele Leute mehrere Stunden pro Tag verbringen, verknüpfen ihre Videos und Livestreams zunehmend mit Einkaufsmöglichkeiten.

Doch obwohl der Online-Handel stetig wächst, bleiben auch stationäre Geschäfte wichtig. So hat einer der grössten chinesischen Online-Händler, JD.com, vor wenigen Monaten Mediamarkt-Saturn gekauft. Mediamarkt-Saturn ist der europäische Marktführer für Elektronikhandel, mit über 1'000 stationären Geschäften in elf Ländern. Es ist zu erwarten, dass JD.com plant, mit einer Omnichannel-Strategie den europäischen Markt zu erobern. Was dies für die Schweiz bedeutet, ist heute noch unklar.

Unser Experte ►**Dirk Morschett** ist Professor für Betriebswirtschaftslehre mit den Forschungsschwerpunkten Internationales Management und Handel. Er arbeitet seit 30 Jahren an Themen des Handels, in Forschung und Praxis. Zudem ist er Mitglied der Fachgruppe Digital Commerce von GS1 Schweiz.
dirk.morschett@unifr.ch



Cryptomonnaies – du mythe à la réalité

Sorties de la légende urbaine, les cryptomonnaies esquisSENT des promesses bien volatiles dans le monde réel.

Retour aux sources et décryptage. **Fabrice Plomb, Gaël Curty**

Bien que récemment «inventées», les cryptomonnaies sont déjà l'objet d'un récit quasi mythologique sur leur origine. Celui-ci se présente peu ou prou de la manière suivante: c'est en 2008, en pleine crise financière, qu'un individu (ou un groupe) sous le pseudonyme de Satoshi Nakamoto publie le livre blanc du Bitcoin, décrivant une monnaie numérique qui fonctionnerait sans autorité centrale, grâce à une technologie nouvelle appelée blockchain. En janvier 2009, le premier bloc de Bitcoin est miné, marquant la naissance de la première cryptomonnaie au monde. Ce récit des origines n'est toutefois que très partiel et réducteur. Nous savons bien, en sociologie, qu'une invention est un assemblage de personnes et de dispositifs techniques qui se rencontrent à un moment donné d'une longue histoire. Ce n'est pas un moment d'étincelle mais le résultat d'un long processus. Comment ce processus a-t-il pris forme?

Premièrement, dès les années 1970, émergent aux Etats-Unis des expérimentations monétaires d'un nouveau type, cherchant à créer une monnaie digitale ou numérique (*digital cash*). Deuxièmement, ces expériences sont effectuées par des groupes porteurs de récits du futur propres à cette période. Elles s'intègrent dans des visions utopiques et politiques de la société à venir qui vont bien au-delà de cette invention technique. Cette multiplicité de groupes, bien que très différents les uns des autres (anarchistes, libertariens, cypherpunks, etc.), se retrouvent sur la volonté de se soustraire au contrôle de l'Etat et des banques, bref de toute forme d'intermédiaire dans l'accès à la monnaie. L'anonymat, la vie privée, la liberté et donc la décentralisation sont les principes centraux qui guident ces premières expérimentations. Comment dès lors assurer la confiance en cette nouvelle

monnaie numérique sans garant officiel ou institutionnel légitime? Le cryptage et le contrôle peer-to-peer vont s'imposer peu à peu comme des solutions techniques pertinentes supposées affranchies de toute référence à une autorité centrale.

De quelle monnaie parle-t-on?

La prétention des promoteurs du Bitcoin à en faire une monnaie est aujourd'hui au centre de nombreuses controverses. Dans le langage économique devenu courant, une véritable monnaie devrait remplir trois fonctions: en tant que moyen d'échange, comme réserve de valeur et comme unité de compte. Reprenons une à une ces fonctions. Premièrement, toute monnaie est dite fungible ou interchangeable. Elle doit permettre l'échange avec tous les services et les biens possibles. Aux yeux des économistes, c'est un moyen d'échange neutre. Pour l'heure, ce n'est pas la fonction la plus courante des cryptomonnaies. Même si les plateformes d'échange en ligne introduisent de plus en plus cette possibilité de paiement, elle reste très minoritaire dans la somme des échanges effectués, y compris numériquement, avec les autres moyens de paiement en devises.

Le Bitcoin a été présenté dès le début comme étant particulièrement taillé pour une autre fonction, celle de réserve de valeur. Souvent comparé à l'or, il est prévu qu'il soit «miné» en quantité limitée (jusqu'à hauteur de 21 millions). Sa rareté ainsi conçue a pour objectif de protéger sa valeur selon l'adage «tout ce qui est rare est cher». Pourtant, contrairement à l'or, considéré comme une valeur sûre, celle des cryptomonnaies reste très volatile. L'idée de métallisme numérique souvent attachée à ce type de monnaies (on mine les Bitcoin, on y accède sur des plateformes

minières, elle repose sur une technologie matérielle, etc.) ne tient donc pas ses promesses. La fonction de réserve de valeur n'est donc pas plus une caractéristique forte des cryptomonnaies.

Le Bitcoin remplit-il alors une fonction d'unité de compte permettant de mesurer la valeur de toute chose? Bien qu'étant divisible, y compris en unités plus petites comme les satoshi (il en faut 100 millions pour 1 Bitcoin), il n'est souvent pas la référence finale de la valeur de ce qui est acheté. Au final, les gestionnaires de plateformes ou les usagers-ères transforment les Bitcoins en devises nationales. Le Bitcoin ne joue que marginalement le rôle de référent de nos comptabilités mentales et de nos calculs ordinaires du quotidien.

S'il ne remplit pas pleinement les fonctions de ce qui est attendu d'une monnaie, comment alors définir cet artefact pour le moins indécis? De nombreux analystes ont proposé de débaptiser les cryptomonnaies en «crypto-actifs». La réflexion au fondement de ce changement de nom étant que le Bitcoin s'est muté en un actif financier parmi d'autres. Il s'avère plus utilisé comme objet d'investissement et de spéculation que comme moyen d'échange quotidien. Là aussi pourtant, l'économiste David McWilliams conteste son caractère d'actif dans un récent ouvrage *A Story of Humanity*. En ne participant ni à la formation du capital d'une entreprise (comme les actions) ni au budget des Etats (obligations), il ne peut prétendre à aucune contrepartie légale. En ce sens, il relèverait plus du simple pari négocié que d'un réel investissement.

La vie sociale des cryptomonnaies

Toutefois, comme le montre le sociologue spécialiste des monnaies Nigel Dodd dans son ouvrage *The Social Life of Money* (2015), les cryptos ont pourtant bien une «vie sociale», comme d'ailleurs toutes les monnaies. Pour ce dernier, «l'argent est un processus, et non une chose, dont la valeur découle des relations sociales dynamiques, en constante évolution et souvent contestées, qui soutiennent sa circulation». Les controverses exposées ci-avant démontrent déjà comment le Bitcoin s'insère dans un ensemble d'enjeux économiques et politiques. Mais, dès le départ, il est aussi le support de tout un ensemble de projections qui, en plus d'être financières, sont aussi identitaires. Les nombreuses communautés en ligne (forums Reddit, Tik-Tok, etc.) renforcées par des réseaux locaux denses – à l'image en Suisse de Neuchâtel, Lugano et Zug – témoignent d'un attachement partagé à la fois à des valeurs telles que la liberté et l'émancipation de l'Etat et des institutions bancaires, mais aussi à la confiance dans la technologie (la blockchain), dans le «code» et dans les structures horizontales. La confiance dans le Bitcoin est sans conteste redevable de ce fort sentiment de communauté qui saisit ses utilisateurs-trices.

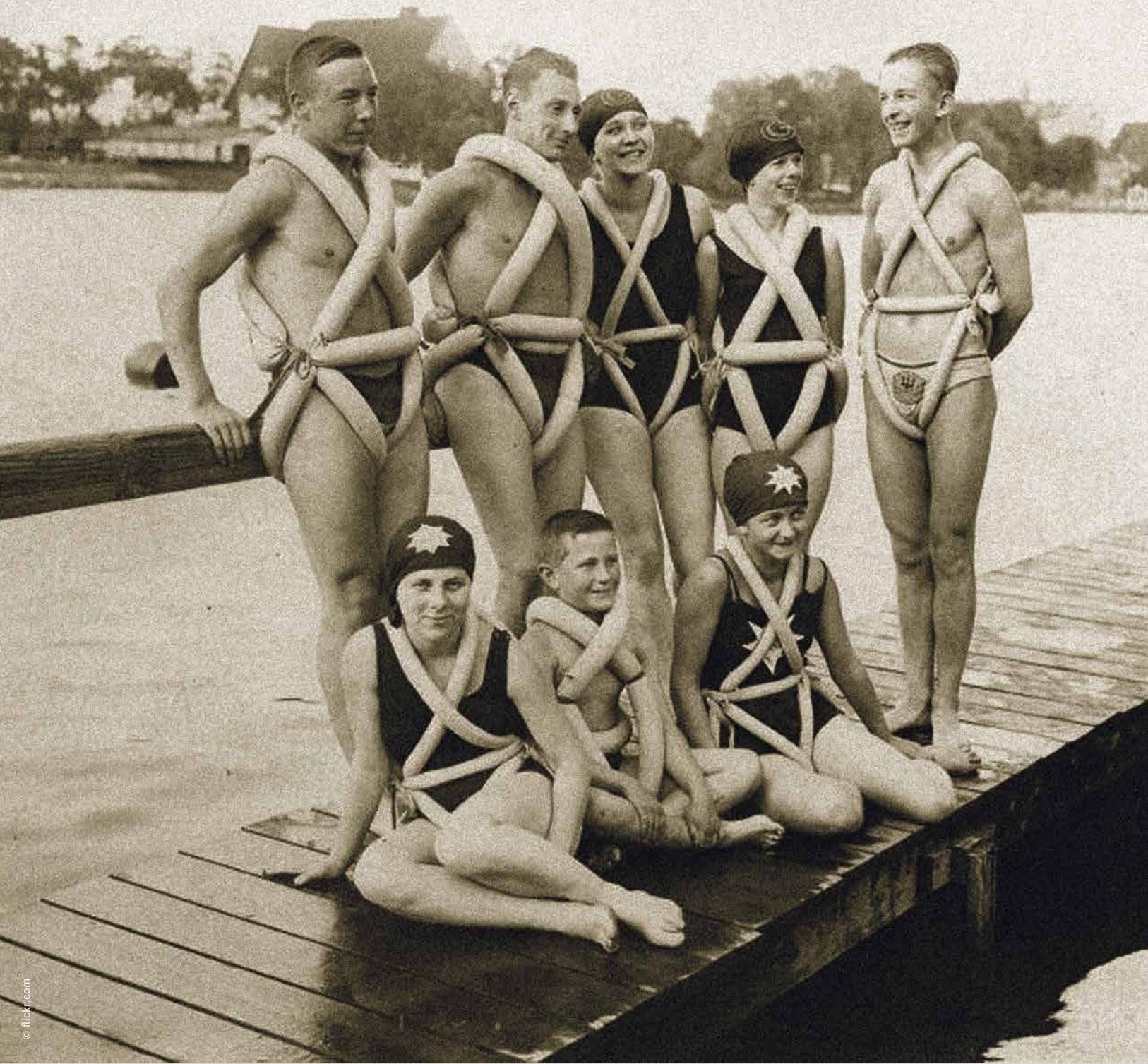
Les nouvelles générations, juste débarquées dans le monde social, s'emparent généralement plus rapidement des nouveaux dispositifs naissants. Les cryptomonnaies n'échappent pas à la règle.

Cette appropriation n'est pourtant pas homogène. Comme nous pouvons l'observer dans notre recherche en cours, elle concerne principalement les jeunes issu·e·s des classes moyennes et supérieures qui s'orientent vers la fructification de leurs ressources économiques. L'investissement et l'esprit d'investisseur-euse sont au centre de leurs pratiques financières comme de leur carrière et de leurs activités de loisir. Les jeunes issu·e·s des classes économiques supérieures ont le plus souvent été socialisé·e·s à l'investissement financier. Elles et ils possèdent un portefeuille diversifié comprenant des actions et une proportion de 10 à 30% de cryptomonnaies. Celles et ceux de classe moyenne ont un rapport plus risqué, spéculatif et ludique à l'investissement (la finance casino) et s'engagent de manière autodidacte et à l'aide des finfluenceurs-euses (influenceurs-euses finance) presqu'uniquement dans les cryptomonnaies via les plateformes de trading faciles d'accès (*lowfinance*). *Investors* et *gamers* sont les deux figures typiques par lesquelles les cryptomonnaies pénètrent la jeunesse. Le danger étant, à terme, que la *gamification* des plateformes d'achat de cryptomonnaies, en démocratisant l'accès aux pratiques d'investissement, renforce les pratiques à risque avec la promesse de démultiplier des mises de départ modestes.

Au-delà de statuer sur le fait que les cryptos sont ou non une monnaie, s'intéresser à leur vie sociale nous permet de suivre plus sûrement leurs usages dans le temps. L'usage utopique ou politique du Bitcoin reste encore très présent aujourd'hui. Il accompagne une vision de pureté chez certains groupes se réclamant du survivalisme, il sert toujours de support technique à l'idéologie libertarienne ou encore il continue d'entretenir le mythe d'une technologie capable de changer le système social et renverser l'ordre établi. Mais les cryptomonnaies créent aussi une offre à bas seuil qui risque de faire entrer de plein pied la finance et l'éthos d'investisseur-euse au sein des ménages *a priori* les plus éloignés de ses promesses.

Notre expert ► **Fabrice Plomb** est maître d'enseignement et de recherche au Département des sciences sociales.
fabrice.plomb@unifr.ch

Notre expert ► **Gaël Curty** est collaborateur scientifique FNS au au Département des sciences sociales.
gael.curty@unifr.ch



KI ist keine moderne Erfindung

Ob als allwissender Computer «HAL 9000» aus «2001: Odyssee im Weltraum» oder als wortkarger «Terminator»: Die Kinoleinwand kennt viele – auch falsche – Darstellungen von KI. Mittlerweile ist die Künstliche Intelligenz auch in unserem Alltag angekommen und aus vielen Bereichen kaum mehr wegzudenken. Zeit für eine Bestandesaufnahme. **Bastian Grossenbacher-Rieck**

Bereits im 8. Jahrhundert v. Chr. schreibt Homer in der «Ilias» von Automaten, die Hephaistos, der Gott der Schmiedekunst, erschuf, um Unterstützung bei seiner Arbeit zu erhalten:

[...] und Jungfrauen stützten den Herrscher [Hephaistos], Goldene, Lebenden gleich, mit jugendlich reizender Bildung: Diese haben Verstand in der Brust, und redende Stimme, Haben Kraft, und lernten auch Kunstarbeit von den Göttern.

«Automat» stammt übrigens vom altgriechischen Wort αὐτόματος (*automatos*), zusammengesetzt aus «selbst» und «denken, wollen» — ein erster Hinweis darauf, was wir Menschen uns von KI erhoffen.

Vom Mythos zur Mechanik

Das 18. Jahrhundert war die Hochphase solcher «Automaten» und brachte unzählige derartiger Objekte hervor wie beispielsweise filigrane Musikboxen (die wir vermutlich nicht direkt mit KI assoziieren) oder den berühmt-berüchtigten «Schachtürken». Entwickelt von Wolfgang von Kempelen und beworben als eine Maschine, die selbständig Schach spielen kann, stellte sich dieser Automat als eine Fälschung heraus: Im Innern war schlicht Platz, um einen menschlichen Schachspieler zu verstecken. Bevor der Schwindel aufflog, war der «Schachtürke» aber (zu Recht) eine Sensation, schien er doch zu mechanisieren, was bis dato dem Menschen vorbehalten war.

Die Kreativität dieser Epoche war jedoch letztlich durch fehlende Technologie eingeschränkt. Die meisten Maschinen aus dieser Zeit sind schlicht zu speziell, um für uns als KI zu gelten. Eine interessante Anekdote sei gleichwohl kurz erwähnt. Sie stammt von Charles Babbage, der eine «Differenzmaschine» entwickelte, das heißt eine Rechenmaschine zur Auswertung polynomialer Funktionen, um bestimmte mathematische Berechnungen schneller und genauer durchführen zu können. In seinem Buch «Passages from the Life of a Philosopher» (1864) schrieb er dazu:

«On two occasions I have been asked, ‹Pray, Mr. Babbage, if you put into the machine wrong figures, will the right answers come out?› [...] I am not able rightly to apprehend the kind of confusion of ideas that could provoke such a question»

Mit den Vorläufern des modernen Computers erhielt die Idee der Künstlichen Intelligenz neuen Auftrieb. 1956 trafen sich führende Forschende an der «Dartmouth Conference». Der Projektantrag war erstaunlich optimistisch und verlangte zwei Monate (!) für folgendes Ziel:

[...] The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it. [...] We think that a significant advance can be made in one or more of these problems if a carefully selected group of scientists work on it together for a summer.

Obwohl die Konferenz viele neue Ideen hervorbrachte, unter anderem Expertensysteme und die ersten neuronalen Netzwerke, welche die Basis für unsere heutige KI liefern, blieb es danach recht lange still. Das Feld erfuhr dann kurz wieder öffentliche Aufmerksamkeit dank «Deep Blue», einem Schachcomputer, der 1996 den Grossmeister Garri Kasparow besiegte. «Deep Blue» setzte jedoch schlicht auf Rechenkraft und nicht auf Intelligenz: Gefüttert mit tausenden Partien von Schachmeistern, war der Computer besser darin, gute Züge vorherzusagen, jedoch unbrauchbar für alle anderen Aufgaben.

Ein Traum nimmt Form an

Zum Glück kam um das Jahr 2012 dann der Durchbruch: Mit der Verfügbarkeit moderner «Grafikkarten» (oft auch mit GPU, Graphics Processing Unit, bezeichnet) wurden neuronale Netzwerke auf einmal praktisch anwendbar! Die Idee hinter diesen Netzwerken ist denkbar allgemein: Man nehme viele kleine Recheneinheiten, die «Neuronen». Sie erhalten ein Eingabesignal und können dieses leicht modifiziert («gewichtet») an andere Neuronen weitergeben. Durch eine hierarchische Anordnung wird ein Eingabesignal innerhalb des neuronalen Netzwerks schrittweise verändert und führt zu einer Ausgabe, die je nach Aufgabe anders interpretiert wird. Wenn unsere Eingabe beispielsweise ein Bild von einem Tier ist, könnte unsere Ausgabe die Wahrscheinlichkeit sein, dass es sich dabei um einen Hund handelt.

Um ein solches Netzwerk zu trainieren, bedarf es nun Unmengen an Daten. Wir können uns dies am besten so vorstellen, dass ein Netzwerk wiederholt nach der Antwort zu einer Eingabe gefragt wird. Ist diese Antwort falsch, so werden die Gewichte im Netzwerk modifiziert, bis die Antwort besser wird. Durch unzählige Wiederholungen und unzählige Daten hofft man, dass das Netzwerk dann irgendwann allgemeine Gesetzmäßigkeiten aus den Daten ableiten kann. In der Tat traten neuronale Netzwerke ihren Siegeszug an, zunächst in der Bildverarbeitung, später auch in anderen Domänen. Bereits 2019 erhielten drei Visionäre der 1980er Jahre — Yann LeCun, Yoshua Bengio und Geoffrey Hinton — den «Turing-Award» für ihre wegweisenden Beiträge zur KI-Forschung. Zusammen mit Forschern wie Jürgen Schmidhuber werden sie gemeinhin als «Paten der modernen KI» bezeichnet.

Der Durchbruch

Der nächste Sprung erfolgte dank einer Innovation namens «Attention», durch die ein Netzwerk selbst lernen konnte, welchen Eingaben besondere Aufmerksamkeit zu schenken ist, sowie der zugehörigen Architektur, dem «Transformer». Diese Architektur stellte sich als allgemein nützlich heraus und ermöglichte es, neuronalen Netzen exzellente Sprachkenntnisse zu vermitteln, womit sie nun

eine Bastion besetzen, die bis dato dem Menschen vorbehalten war. Mittels riesiger Datensätze und Unmengen an menschlichen Helfer_innen zur Annotation und Bewertung der Antworten eines neuronalen Netzwerks, gelang es OpenAI mit seinem «Large Language Model» (LLM) ChatGPT schliesslich, eine allgemein nutzbare KI zu entwickeln.

Nun befinden wir uns inmitten eines Umbruchs und KI, fast synonym mit LLMs, wird überall eingesetzt. Sprache als Schnittstelle für die Kommunikation mit dem Menschen zu nutzen, ist ein Geniestreich, gibt sie dem Modell doch einen vermeintlich «intelligenten» Anstrich. Dabei sind die Wirkmechanismen immer noch die gleichen wie in den 1970er Jahren und basieren auf viel Daten und Statistik. Das macht einen wesentlichen Unterschied zu anderen Mechanismen aus: Die «Differenzmaschine» von Babbage macht keine Fehler in ihren Berechnungen, ist aber beschränkt. LLMs wie ChatGPT hingegen reden prinzipiell über alles, basierend auf Statistik. Wenn die Eingabedaten die Schweiz mit Bergen in Bezug bringen, «lernt» die KI diesen Fakt. Es bedarf daher viel menschlicher Intervention, KI die richtigen Fakten und Zusammenhänge beizubringen und wir sollten nicht zulassen, dass dies hinter verschlossenen Türen passiert. Zudem ist aufgrund der statistischen Natur dieser Systeme nicht ausgeschlossen, dass KI unbewusst falsche Informationen liefert (man spricht hier gerne von «Halluzinationen»).

Moderne KI ist eine Technologie, die uns vor völlig neue Herausforderungen stellt. Wie jede Technologie hat sie das Potential für gute und schlechte Anwendungen, jedoch ist moderne KI geradezu verführerisch, lässt sie doch dazu ein, sich das Denken und die Kreativität abnehmen zu lassen (ein Taschenrechner kann dies nur bedingt). Gleichzeitig kolportiert sie, dass man mit einer «Person» spricht. Hinter dieser Fassade ist aber wohl (noch?) kein Bewusstsein, was viele Menschen aber nicht davon abhält, die KI als Person zu behandeln und ihr zu vertrauen. Dieses Vertrauen kann fatal sein. Als Gesellschaft müssen wir uns daher fragen, wie wir mit KI umgehen sollen. Dabei ist unabdingbar, dass wir alle zumindest die Grundzüge dieser Modelle verstehen, denn sonst droht die Beziehung von Mensch und Maschine schnell toxisch zu werden.

Unser Experte ▶ **Bastian Grossenbacher-Rieck**, ist Professor für Maschinelles Lernen an der Universität Freiburg und Leiter des AIDOS Labs
bastian.grossenbacher@unifr.ch

Fenster zur unsichtbaren Welt

Erfunden hat das Lichtmikroskop niemand. Doch Generationen von Forschenden haben es weiterentwickelt – und tun dies bis heute. Es ermöglicht den Blick in den Mikrokosmos, ist für Forschung wie Industrie unverzichtbar und hat unsere Sicht auf das Leben verändert. **Andreas Minder**

Die meisten begegnen dem Mikroskop in der Schule: Sie schneiden dünne Scheiben von einem Stängel und können Mark, Leitbündel und Epidermis unterscheiden. Oder sie legen Zwiebelhaut auf den Träger und sehen, dass sie aus Zellen zusammengesetzt ist – und wissen damit mehr als die besten Wissenschaftler des 16. Jahrhunderts. Zwar gab es damals schon Mikroskope, doch deren Auflösung war geringer als jene eines bescheidenen heutigen Schulmikroskops.

Das Wort Mikroskop stammt aus dem Griechischen und setzt sich aus *mikro* (klein) und *skopein* (betrachten) zusammen. Es wurde zum ersten Mal in Zusammenhang mit einem Gerät benutzt, das Galileo Galilei (1564–1641) besass. «Er hat das Mikroskop nicht erfunden, aber er hatte eins», sagt Boris Egger, wissenschaftlicher Leiter des Lichtmikroskopiezentrums der Uni Freiburg. «Galilei war damit ein Vorreiter, Mikroskope waren damals noch kaum verbreitet.»

Kleine Dinge ganz gross

Dass Dinge grösser erscheinen können, wenn man sie durch transparente Materialien betrachtet, war aber schon länger bekannt. Bereits um 1000 n. Chr. legten Mönche geschliffene Bergkristalle als Lesehilfe auf Bücher. Im 13. Jahrhundert entstanden aus solchen «Lesesteinen» die ersten Brillen – geschliffen aus Halbedelsteinen wie Beryll, von dem die Brille ihren Namen hat. Aus den Werkstätten der Brillenschleifer kamen bald die ersten Mikroskope – zu Beginn nicht mehr als starke Lupen mit Halterung.

Der englische Naturforscher Robert Hooke (1635–1703) tüftelte an zusammengesetzten Mikroskopen mit zwei Linsen. Als er damit Kork betrachtete, sah er, dass er keine homogene Struktur vor sich hatte. Das Gewebe war aus Einheiten zusammengesetzt, deren Formen ihn an Mönchs kammern im Kloster erinnerte – weshalb er sie als «Zellen» bezeichnete. Seine detaillierten Zeichnungen von

Flöhen, Moosen und Schneeflocken veröffentlichte er in seinem berühmten Buch «Micrographia». Sie machten Furore und die Mikroskopie populär. Hookes holländischer Zeitgenosse Antoni van Leeuwenhoek (1632–1723) entwickelte ein einfaches Mikroskop, dessen Linse aus besserem Glas bestand. Die Auflösung wurde damit so gut, dass er als erster Bakterien, rote Blutkörperchen und Samenzellen sah.

Die unbekannte Welt, die die beiden entdeckten, war eine grössere Überraschung, als das, was mit Fernrohren entdeckt wurde, sagt Felix Meyenhofer, operationeller Leiter des Freiburger Lichtmikroskopiezentrums. «Von den Sternen wusste man, dass es sie gibt. Doch vom Mikrokosmos hatte man nichts geahnt.»

Licht und Linsen

Im 19. Jahrhundert revolutionierten deutsche Optiker die Mikroskopie. Carl Zeiss gelang es, Mikroskope von gleichbleibend hoher Qualität zu bauen. Grundlage war die Arbeit seines Partners Ernst Abbe, der erstmals die Physik der Bildentstehung mathematisch beschrieb. Dadurch liess sich berechnen, wie Linsen geschliffen werden mussten. Der Chemiker Otto Schott steuerte die passenden Gläser bei. «Die grossen Durchbrüche kamen immer dann, wenn unterschiedliche Expertisen zusammenkamen», sagt Egger.

À propos Teamarbeit: Ein weiterer Zeiss-Mitarbeiter, August Köhler, verbesserte etwas später die Beleuchtung des Mikroskops. Die nach ihm benannte Köhler-Beleuchtung sorgt für gleichmässiges Licht und damit für schärfere Bilder. Sie bestätigte auch Abbes Theorie, dass die Auflösung eines Lichtmikroskops durch die Wellenlänge des Lichts begrenzt wird – je kürzer die Wellen, desto besser die Auflösung.

Anfang des 20. Jahrhunderts brachte die Fluoreszenzmikroskopie den nächsten Umbruch. «Es war ein wahrer

Paradigmenwechsel», sagt Egger. Man machtet sich bei diesem Verfahren die Wechselwirkung von Licht mit fluoreszierender Materie zunutze. Wird eine Probe aus solcher Materie mit kurzwelligem Licht angestrahlt, «antwortet» sie mit längerwelligem Licht. Zu Beginn schaute man sich vor allem Objekte an, die natürlicherweise leuchten, wenn Licht auf sie trifft. Später färbte man Gewebe gezielt mit fluoreszierenden Farbstoffen. Mit der Immunfluoreszenz ging man noch einen Schritt weiter. Man koppelte fluoreszierende Farbstoffe an Antikörper. Diese liess man gezielt an jene Moleküle andocken, die sichtbar gemacht werden sollen.

Mit Hilfe von fluoreszierenden Proteinen funktioniert diese Methode sogar in lebendigem Gewebe. Der Clou: So können auch dreidimensionale Aufnahmen gemacht werden. «Wenn etwas halbdurchsichtig ist und leuchtet, kann man auf verschiedene Ebenen fokussieren und von jeder Ebene Aufnahmen machen», erklärt Felix Meyenhofer. Aus diesen Schichten lässt sich am Computer ein 3D-Modell des ganzen Mikroorganismus zusammensetzen. Beziehungsweise ein Film, wenn man die Organismen über eine gewisse Zeit beobachtet. «Diese sogenannte Konfokalmikroskopie ist die Methode, die wir heute an unserem Mikroskopiezentrums mit Abstand am häufigsten brauchen», sagt Boris Egger. Ein erstes konfokales Mikroskop wurde bereits 1991 an der Universität Fribourg installiert.

Seither gab es noch einen wichtigen Entwicklungsschritt in der Lichtmikroskopie. «Die neuste grosse Errungenschaft ist die Superauflösung», sagt Meyenhofer. Mit raffinierten Varianten der Fluoreszenzmikroskopie lassen sich Strukturen sichtbar machen, die enger beieinanderliegen, als es Abbes Auflösungsgrenze postuliert. «Mit einem Getrickse lässt sich aus unzähligen Messungen ein Bild konstruieren, das diese Grenze um ein Vielfaches unterschreitet.»

Wunderwerkzeug mit Nebenwirkungen

Die jüngsten Fortschritte sind vor allem für die Grundlagenforschung interessant. Sie ermöglichen es, nicht nur Strukturen, sondern auch Prozesse zu beobachten: wie sich Zellen teilen, was Nerven tun, wie sich Organe entwickeln. Das liefert Einsichten, die namentlich für die Medizin wertvoll werden dürfen: für das Verständnis von Gesundheit und Krankheit, für die Diagnostik, für die Therapie. Genau wie es einst die Entdeckung von Bakterien, Parasiten und Viren war. «Sie legte den Grundstein für die moderne Medizin, für Prävention und Hygiene», sagt Boris Egger.

Mikroskope sind auch in vielen Wirtschaftszweigen, wie der Metallindustrie, der Automobilindustrie oder der Elektronik- und Halbleiterindustrie längst unverzichtbar. Sie werden in der Qualitätskontrolle eingesetzt, sie stellen fest, ob Standards eingehalten werden, sie finden und analysieren Fehler von Materialien und Produkten.

«Die Mikroskopie hat unsere Gesellschaft tiefgreifend beeinflusst», sagt Felix Meyenhofer. Durchaus im Positiven,

wie er findet. «Sie hat aber auch unsere Sicht auf die Welt verändert; sie hat sie zugleich erweitert und reduziert.» Lebende Materie werde nicht mehr als Ganzes betrachtet, sondern in ihre kleinsten funktionalen Einheiten dekonstruiert: Zellen, Organellen, Moleküle. «Statt eines holistischen Blicks dominiert oft ein mechanistisches Weltbild, in dem biologische Prozesse als Zusammenspiel isolierter Bausteine verstanden werden.» Das habe enorme wissenschaftliche Fortschritte ermöglicht. «Es birgt aber auch die Gefahr, dass das komplexe Zusammenspiel des Lebens vereinfacht oder gar nicht mehr gesehen wird», ergänzt Boris Egger.

Der Blick aufs Leben

Trotzdem ist es für Egger und Meyenhofer keine Frage, dass es die Lichtmikroskopie auch weiterhin braucht. Auch sonst bestreitet das heute kaum jemand. Doch es gab eine kurze Phase, als ein anderes Gerät das Lichtmikroskop etwas in den Hintergrund rückte: In den 1940er Jahren kam das Elektronenmikroskop auf. Es bildet die Probe mit Elektronen ab, die eine sehr viel kürzere Wellenlänge haben als Licht, wodurch eine massiv höhere Auflösung erreicht wird. «Das Kleinste zu finden, war sehr prominent von der Mitte bis Ende des 20. Jahrhunderts», sagt Felix Meyenhofer. Doch das Elektronenmikroskop hat einen Nachteil: Es funktioniert nur im Vakuum. Alles, was lebt, kann deshalb nicht betrachtet werden. Spätestens mit dem Aufkommen der fluoreszierenden Proteine hatte die Lichtmikroskopie diesbezüglich die Nase vorn. Dazu kommt, dass Elektronenmikroskope teurer sind, dass es viel komplizierter ist, die Proben aufzubereiten und dass die Geräte nur von Spezialistinnen und Spezialisten bedient werden können. Dagegen sind selbst die komplizierteren Lichtmikroskope relativ leicht zugänglich. «Nach einer Schulung durch uns, können Studierende selber daran arbeiten», sagt Egger. Ganz zu schweigen von den Schulmikroskopen, an denen auch Schülerinnen und Schüler den Mikrokosmos entdecken.

Andreas Minder ist selbständiger Journalist in Zürich.

Unser Experte ► **Boris Egger** ist Biologe und wissenschaftlicher Leiter des Lichtmikroskopiezentrums der Uni Freiburg, einer Serviceplattform, die den Forschenden Lichtmikroskopie zugänglich macht (www.unifr.ch/go/bicore). Mit seiner Forschungsgruppe untersucht Egger, wie sich neurale Stammzellen entwickeln und differenzieren. boris.egger@unifr.ch

Unser Experte ► **Felix Meyenhofer** ist Computerwissenschaftler und operationeller Leiter des Lichtmikroskopiezentrums. felix.meyenhofer@unifr.ch



Le parcours sinueux de l'accès du peuple au pouvoir

On aime faire un lien direct entre la démocratie contemporaine – telle que pratiquée en Suisse – et les réformes introduites à Athènes en 508/507 av. J.-C. «Pas si vite!», avertit l'historien

Bjørn Paarmann. **Patricia Michaud**

«J'aimerais vous parler d'un bouclier, plus précisément d'un bouclier à double poignée.» Le moins que l'on puisse dire, c'est que le début de l'entretien avec Bjørn Paarmann est déroutant. On se retrouve catapulté sur un champ de bataille antique alors qu'on cherchait des informations sur la démocratie. «J'y viens dans un instant», rassure le lecteur en histoire ancienne auprès du Département d'histoire de l'Unifr. Visiblement, une mise en jambe s'impose d'abord.

Bjørn Paarmann s'explique. Une image colle aux baskets – ou plutôt aux sandales – de la démocratie comme un vieux chewing-gum: celle d'un système politique créé en bloc par une seule personne à une époque donnée, qui aurait traversé le temps de façon linéaire, jusqu'à nos jours. «C'est un pur fantasme!» Donner l'exercice du pouvoir au peuple – que ce soit ou non à travers des élus – n'est pas une invention survenue en 508/507 av. J.-C. «mais le résultat d'une évolution qui a commencé bien avant et se poursuit encore aujourd'hui».

Emergence des citoyens-soldats

Certes, les premières traces documentées relatives à ce régime sont bel et bien à chercher du côté d'Athènes et de la fin du VI^e siècle av. J.-C. Plus précisément à l'instauration par l'archonte Clithène, avec le soutien de la majorité du peuple, d'une forme de gouvernement populaire que l'historien Hérodote désignera huit décennies plus tard comme une «démocratie». Pour rappel, dans la Grèce antique, l'archonte était le principal magistrat d'une cité-Etat.

Mais il faut remonter plus loin en arrière – et faire un bref détour par le champ de bataille susmentionné – pour comprendre dans quel contexte a émergé la démocratie athénienne. Commençons par présenter les hoplites, ces fantassins lourdement armés de la Grèce archaïque et classique (750–323 av. J.-C.), dont le nom dérivait de leur bouclier rond à double poignée appelé *hoplon*. «L'émergence

au VII^e siècle de la tactique collective dite «phalange hoplitique», une formation de combat compacte et disciplinée, a marqué des changements sociaux majeurs», relève Bjørn Paarmann.

«En diffusant l'équipement hoplitique parmi les citoyens capables de le financer eux-mêmes, on a créé un modèle de «citoyens-soldats».» Issus de la classe moyenne, ils formaient la base des armées grecques. «Leur rôle croissant dans la défense de la cité a renforcé leur légitimité politique.» En ce sens, «le lien entre contribution militaire et droits civiques est un pilier sur lequel s'est appuyée l'idéologie démocratique naissante».

Le précurseur Solon

C'est Solon qui, au début du VI^e siècle av. J.-C., a réellement préparé le terrain pour la démocratie athénienne, note le lecteur de l'Unifr. Élu archonte en 594/593 (*ndlr: selon le calendrier attique, l'année débutait en été*) dans un contexte de crise sociale et économique, il a obtenu des pouvoirs spéciaux lui permettant d'arbitrer le conflit entre riches et pauvres. «Solon a notamment proclamé une amnistie générale pour les dettes et mis fin au système des *hektemoroi*, des paysans contraints de verser le sixième de leur récolte à des propriétaires fonciers.»

Quant à l'action politique de ce dirigeant, «elle reposait sur quatre axes essentiels», précise l'historien. Premièrement, il a introduit une répartition des citoyens en quatre classes censitaires, fondées sur le revenu imposable. Deuxièmement, il a procédé à une réforme judiciaire, en élargissant le droit d'intenter des poursuites et en renforçant le contrôle populaire des institutions. Solon a par ailleurs instauré un conseil – dit «des Quatre-Cents» – chargé de préparer les travaux de l'assemblée du peuple (*ekklesia*), dont le rôle est devenu plus actif. Enfin, il a introduit une

codification des lois. Ces dernières étaient exposées publiquement, «ce qui garantissait une transparence juridique». Ces réformes n'ont pas encore fondé une démocratie, précise Bjørn Paarmann. «Mais elles ont posé les bases d'un système plus inclusif, où le pouvoir n'était plus uniquement aristocratique.» Un siècle plus tard, elles allaient être approfondies par Clithène. «Entre-deux, Athènes a connu une période de tyrannie, sous le régime de Pisistrate et de ses fils», souligne le spécialiste.

Démocratie radicale

Après la chute des Pisistratides en 510 av. J.C., la cité-Etat entre dans une période de lutte pour le pouvoir entre les grandes familles aristocratiques. Soucieux de stabiliser la société, l'archonte Clithène prend en 508/507 av. J.C. une série de mesures visant à restreindre l'oligarchie en élargissant la participation politique à un plus grand nombre de citoyens. «Le centre du pouvoir se déplace alors des magistrats aristocratiques vers des institutions collectives.»

Outre l'assemblée populaire (*ekklesia*), il cite l'*hélia* (tribunal populaire), ainsi que le nouveau conseil des Cinq-Cents ou *boulè*. Ce dernier, fondé sur une réorganisation en dix tribus territoriales, est composé de citoyens tirés au sort qui préparent et encadrent le travail de l'*ekklesia*. Pour éviter que les luttes de pouvoir ne reprennent, Clithène promulgue par ailleurs une loi permettant l'ostracisme d'un dirigeant politique par référendum.

En ce qui concerne l'*ekklesia*, Bjørn Paarmann explique que tous les citoyens athéniens âgés de plus de 20 ans avaient le droit d'y assister, d'y prendre la parole et d'y voter. L'assemblée se réunissait 40 fois par an en plein air. «En général, elle était fréquentée par plusieurs milliers de citoyens», qui étaient invités à donner leur avis sur toutes les questions importantes de politique intérieure ainsi que sur la politique extérieure de la cité-Etat. «Il s'agissait d'une démocratie radicale», relève le lecteur de l'Unifr.

Et les femmes, dans tout ça? «La citoyenneté reposait sur la règle suivante: un père devait inscrire son fils de 18 ans sur les listes de sa commune et il devait être accepté par les autres citoyens mâles.» Cette procédure, fondée sur la reconnaissance masculine et publique, «excluait de fait les femmes de toute participation politique et civique».

Un ping-pong d'influences

Durant le siècle qui a suivi, la nouvelle démocratie s'est vue consolidée par une série de réformes supplémentaires. L'élan progressiste a néanmoins été interrompu après la défaite d'Athènes en 323/322 av. J.C. dans la guerre lamique, lorsque les Macédoniens ont aboli la démocratie. «Ce régime politique aura donc duré moins de deux siècles», conclut l'historien.

«Tenter de faire un lien direct entre la démocratie athénienne et la démocratie occidentale contemporaine n'est

donc pas possible», poursuit-il. «D'ailleurs, ce n'est que dans les années 1960–1970 qu'on a vraiment commencé à comprendre le fonctionnement de la démocratie antique», grâce aux travaux du philologue danois Mogens Herman Hansen. Selon Bjørn Paarmann, «c'est un peu comme si on voulait absolument faire remonter la démocratie suisse actuelle à l'époque des Landsgemeinde, alors que les deux n'ont presque rien à voir».

«La démocratie contemporaine est issue d'un ping-pong d'influences entre des pays tels que les Etats-Unis, la France ou la Suisse.» Certes, l'Antiquité a laissé des traces. «Mais franchement, le système politique romain a probablement davantage servi d'inspiration que le grec, du moins aux Etats-Unis.»

Où sont les femmes?

Malgré ces discontinuités, «il n'est pas complètement exclu de faire des analogies entre la démocratie archaïque athénienne et la démocratie occidentale contemporaine». Et de citer, en Suisse, l'exemple de l'exercice des droits politiques par les personnes étrangères. «A Athènes, il leur est devenu au fil du temps de plus en plus difficile d'accéder à la citoyenneté, une condition pour pouvoir donner leur avis sur la gestion de la cité-Etat..»

Pour mémoire, en terre helvétique, seuls des cantons et communes isolés autorisent – à certaines conditions – le vote des personnes ne disposant pas d'un passeport rouge à croix blanche. Quant à la récente initiative populaire dite «pour la démocratie», qui demande que les exigences relatives à la naturalisation ordinaire soient abaissées à l'échelle nationale, elle a fait l'objet d'une recommandation de vote négative de la part du Conseil fédéral.

Le lecteur de l'Unifr tire un autre parallèle, cette fois entre l'antiquité athénienne et l'Europe contemporaine. «Là aussi, les femmes ont longtemps été tenues à l'écart des votations.» La ressemblance va plus loin, selon Bjørn Paarmann. «C'est dans la Grèce archaïque qu'est née l'idée que seuls ceux qui portent les armes – en l'occurrence les hommes – ont la légitimité d'exercer le pouvoir.» On en revient à la notion précédemment évoquée de citoyens-soldats. Or, en Europe, l'idée d'un élargissement du droit de vote aux femmes ne s'est concrétisée qu'après que celles-ci aient participé aux efforts de guerre en travaillant dans les usines. «On retrouve donc, à époque récente, un lien étroit entre contribution militaire et droits civiques.»

Patricia Michaud est journaliste indépendante.

Notre expert ► **Bjørn Paarmann** est lecteur en histoire ancienne auprès du Département d'histoire de l'Unifr.
bjorn.paarmann@unifr.ch

Mit Unschärfe in die Zukunft

Resilienz ist die Fähigkeit, schwierige oder gar traumatische Lebenssituationen zu bewältigen und sich davon zu erholen. Kombiniert mit der sogenannten Fuzzylogik, entsteht daraus ein neues Konzept:
das Rechnen mit Worten und Wahrnehmungen.

Informatikprofessor Edy Portmann erklärt. **claudia Brülhart**

Starten wir mit der Resilienz. Wann wurde der Begriff geprägt?

Das Wort leitet sich vom lateinischen Verb *resilire* ab, was so viel heisst wie zurückspringen, abprallen oder zurückschrecken. Mit dem Begriff wurden Materialien beschrieben, die nach Spannung oder Verformung wieder in ihre ursprüngliche Form zurückkehrten. In den 50er Jahren wurde dieses Denken in die Psychologie und später in weitere Bereiche integriert. Für Menschen, die in Gesellschaften eingebettet sind, bezieht sich der Begriff oft auf psychische, emotionale und soziale Widerstandskraft. In Verbindung mit systemtheoretischem Denken wurde der Begriff in den Umweltwissenschaften zu einem zentralen Forschungsschwerpunkt. Dabei griff man auf Arbeiten des Informatikers und Systemwissenschaftlers Jay W. Forrester zurück, der Modelle zur Analyse des Verhaltens komplexer Systeme über die Zeit entwickelte – eine wichtige Grundlage für das heutige Resilienzverständnis.

Wie hat sich die Bedeutung oder Verwendung des Begriffs Resilienz im Laufe der Zeit verändert?

Resilienz wurde zunächst in der Materialwissenschaft gebraucht. Heute beschreiben wir damit nicht nur die Widerstandskraft von Menschen, sondern auch von Ökosystemen, Organisationen und Gesellschaften. Die Umweltwissenschaftlerin Donella Meadows, eine Doktorandin von Jay W. Forrester, brauchte den Begriff als entscheidendes Merkmal von gesunden Systemen. Sie sah Resilienz nicht nur als Fähigkeit eines Systems, sich nach Störungen zu erholen, sondern sich anzupassen und neu zu organisieren, um damit widerstandsfähiger zu werden.

Inwiefern ist die Erforschung von Resilienz von Nutzen?

Die Förderung von Resilienz auf individueller und gesellschaftlicher Ebene kann zur sozialen Stabilität und zur wirtschaftlichen Stärkung der Schweiz, sowie zur individuellen Verbesserung der Lebensqualität beitragen. Meadows'

Forschung zeigt, dass Systeme nicht auf Effizienz oder Vorhersehbarkeit optimiert werden sollten, sondern auf die Fähigkeit, sich ständig an Veränderungen anzupassen. Im Gegensatz zum Rückspringen nach einer Verformung, wie es die Materialwissenschaft noch erforschte, betont sie strukturelle Elemente, die Systeme widerstandsfähig machen. In diesem Sinne betrachten wir die Welt nicht als eine Maschine, die optimiert werden muss, sondern als ein lebendiges und organisches System, das genährt und geschützt werden will.

Gibt es auch problematische Seiten an der heute so verbreiteten Rede von Resilienz?

Da die Definition in verschiedenen Bereichen uneinheitlich gebraucht wird und somit mehrdeutig sein kann, gibt es zu Recht auch Kritik. Zum Beispiel kann ein Hervorstreichen individueller Resilienzen die strukturellen Ursachen von Problemen verschleiern. Wenn der Begriff als individuelle Eigenschaft verstanden wird, kann sich die Verantwortung für eine Bewältigung auf ein Individuum

Wie lässt sich Resilienz in diese Theorie integrieren?

Die Fuzzy Systemtheorie ermöglicht es, natürlichsprachliche Aussagen zu Resilienz zu formulieren. Diese Aussagen sind nicht wie in der klassischen Denkweise Theoreme, sondern Beschreibungen unserer Wahrnehmungen, die einen möglichst hohen Wahrheitsgehalt haben und in Bezug auf Fragen zur Resilienz informativ sind. Die Anwendung der Theorie führt zum «Rechnen mit Worten und Wahrnehmungen», mit dem Menschen in die Welt integriert und so mit der Systemtheorie untersucht werden können. Ein Rechnen mit Worten und Wahrnehmungen ermöglicht den Bau resilenterer Informationssysteme, die mit Informationen wie Wörtern und Sätzen arbeiten und umgehen können. Im Gegensatz zur herkömmlichen Datenverarbeitung können wir dieses Konzept immer dann einsetzen, wenn verfügbare Informationen zu vage oder ungenau sind, als dass wir Zahlen verwenden könnten. Das Konzept erlaubt uns also den Bau von wahrnehmungs- statt bloss messbasierten Systemen.

Darf ich um ein Beispiel bitten?

Mit diesem Denken lassen sich beispielsweise Städte resilenter machen. Diese sind oft Belastungen ausgesetzt, die ihre Funktionsfähigkeit und die Lebensqualität ihrer Bewohner_innen und Bewohner bedrohen. Deshalb ist die Möglichkeit, diesen Herausforderungen standzuhalten, sich anzupassen und sich von Schocks zu erholen ein wesentlicher Pfeiler einer resilienden Stadtentwicklung. In einem unserer Forschungsprojekte adressierten wir diese Herausforderungen, indem wir subjektive, menschliche Wahrnehmungen von Orten in der Stadtplanung mitberücksichtigen. Moderne Stadtplanungssysteme stützten sich oft nur auf objektive, messbare Kriterien, wie Bevölkerungsdichte, Gebäudegrößen oder Verkehrsfluss. Es fehlen ihnen aber Datenpunkte, wie die Bewohnerinnen und Bewohner ihre Umgebung wahrnehmen – also, ob diese einen Ort als sicher, angenehm oder belebt empfinden. Das Projekt, das wir in der Stadt Zürich durchführten, macht diese Wahrnehmungen sichtbar. Dazu sammelten wir mit Stadtbildern im Crowdsourcing-Verfahren unscharfe Aussagen, wie, «der Käferberg ist sicherer als das Industriequartier», «der Lindenhof ist angenehmer als die Langstrasse» oder «Zürich-West ist belebter als das Seefeld» mit welchen wir maschinell ein Modell trainierten. Dieses Modell ist eine Art kartographierte Wahrnehmung, die es Planern und Architekten ermöglicht, die Stadt so umzugestalten und zu erweitern, dass diese stärker den Bedürfnissen und dem Wohlbefinden ihrer Bewohnerinnen und Bewohner entsprechen und somit die individuellen Lebensqualitäten erhöhen kann.

Welchen Mehrwert verspricht die Verbindung von Resilienz und Fuzzylogik?

Fuzzylogik, oder auch unscharfe Logik, ist ein Ansatz, der unser menschliches Denken und die damit verbundene Ungenauigkeit imitiert

verschieben, was von gesellschaftlichen, politischen oder wirtschaftlichen Problemen ablenken kann. Zudem kann Resilienz als moralische Pflicht verstanden werden, in der Scheitern als Versagen gewertet wird, anstatt die Umstände mitzuberücksichtigen, die dazu geführt haben. Zu viel Resilienz kann zudem auch dazu führen, dass man sich zu lange in einer schlechten Situation aufhält, anstatt sie zu ändern oder sie zu verlassen.

Sie beschäftigen sich mit Resilienz im Zusammenhang mit der Fuzzy Systemtheorie. Was ist Fuzzylogik?

Fuzzylogik, oder auch unscharfe Logik, ist ein Ansatz, der unser menschliches Denken und die damit verbundene Ungenauigkeit imitiert. Im Gegensatz zur klassischen Logik, die nur die Wahrheitswerte wahr (1) oder falsch (0) kennt, erlaubt diese Logik Werte zwischen 0 und 1. Als Fuzzy Systemtheorie bezeichnet mein früherer Mentor, der Vater der Fuzzylogik, Lotfi A. Zadeh, sein Konzept, das mit Unbestimmtheit, Unscharfe und vager Information umgehen kann, um gute Entscheidungen zu treffen und Prozesse zu steuern.

Meine Gruppe entwirft resiliente Anwendungen für die digitale Transformation. Unsere Forschungen von Resilienz in Menschen und ihren Anwendungen röhren vom Prinzip der Inkompatibilität her, welches die Notwendigkeit von Unschärfe für ein zukunftsorientiertes Anpacken von Herausforderungen offenbart. Die Welt ist voller Ungenauigkeit; Forschung und Wissenschaft hingegen wollen genau sein – und die Fuzzylogik kann beides miteinander in Einklang bringen. Daher beschränkt sich unsere Forschung nicht auf einzelne Bereiche und Disziplinen, sondern erweitert diese jeweils mit gestaltungsorientierten Methoden aus der Fuzzylogik. Ein Aspekt ist dabei, die mit Fuzzylogik zu erschliessenden Fähigkeiten, über Widerstände hinwegzukommen, für die

Die Welt ist voller Ungenauigkeit; Forschung und Wissen- schaft hingegen wollen genau sein – und die Fuzzylogik kann beides miteinander in Einklang bringen

Gestaltung resilenter Systeme zu erkennen und diese zu nutzen. Dazu verwenden wir die Möglichkeitstheorie, die statt einer Wahrscheinlichkeit, welche die Häufigkeit des Eintretens eines Ereignisses misst, vielmehr einen Grad an Möglichkeit (von 0, unmöglich, bis 1, möglich) und die dazugehörige Notwendigkeit (von 0, nicht notwendig, bis 1, notwendig) beschreibt. Sie hilft, Informationen zu modellieren, wie sie in unserer Sprache vorkommen. Im Kontext von Resilienz geht es nämlich vielfach nicht nur darum, wie wahrscheinlich ein gewisses Ereignis ist, sondern wie sehr man die Möglichkeit seines positiven Ausgangs in Betracht zieht.

Welche Anwendungen oder Zukunftsperspektiven sehen Sie für diese Forschung?

Wirtschaftlicher und technologischer Wandel, gesellschaftliche und politische Umbrüche sowie ökologische Herausforderungen erfordern flexible und nachhaltige Lösungen. Resilienz ist daher eine Voraussetzung für eine zukunftsfähige Gesellschaft und Wirtschaft. Sie lässt sich nur über die Zusammenarbeit von Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft stärken. Mit dem Erkennen und Aktivieren von Möglichkeiten umfasst Resilienz Zukunfts- und Lösungsorientierung.

Was fasziniert Sie am Begriff der Resilienz?

Resiliente Systeme sind direkt mit Optimismus, beziehungsweise einer Erwartung positiver Zukunftseignisse verbunden. Diese feste Überzeugung positiver Möglichkeiten fasziniert mich. Resilienz scheint mir der ideale Einsatz für Zadehs menschzentrierte Methoden, die sich auf die Menschen und ihre Gesellschaften konzentrieren. Menschen mit hoher Resilienz haben generell ein optimistisches Weltbild, was es ihnen erlaubt, auch in scheinbar ausweglosen Situationen Möglichkeiten zu sehen. Sie lassen sich nicht so leicht durch Probleme blockieren, sondern suchen nach Handlungsoptionen. Indem diese Menschen akzeptieren, was sie nicht ändern können, und ihre Energie auf die Suche nach innovativen Möglichkeiten und Lösungen ausrichten, sind sie in der Lage, negative Ereignisse neu zu bewerten und zu interpretieren, so dass sich neue Perspektiven und damit auch neue Möglichkeiten eröffnen.

Claudia Brülhart ist Chefredaktorin des Wissenschaftsmagazins «universitas».

Der Mobiliar Cluster für Resilienz fördert inter- und transdisziplinäre Forschung, um praxisnahe Lösungen zur Stärkung der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Resilienz in der Schweiz zu entwickeln. Die Forschungspartnerschaft zwischen der Universität Freiburg und der Mobiliar baut Brücken zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft; sie umfasst mehrere Projekte, die sich alle mit der Resilienz der Schweiz befassen.

Unser Experte ► **Edy Portmann** ist Vorsitzender des Mobiliar Cluster für Resilienz und Professor am Department für Informatik der Universität Freiburg. Er leitet die Gruppe für Resiliente Systeme am Human-IST Institut, die sich mit Computational Ethics, Computing with Words, Fuzzy Systems und Perceptual Computing befasst.
edy.portmann@unifr.ch







Com
un
d'innovation

ame
air
vation

Comment les compositeurs français ont-ils mis en musique l'innovation technologique des XIX^e et XX^e siècles? Entre glorification et parodie, deux ateliers-concerts tenus à l'Université de Fribourg et à la Haute Ecole de musique de Genève ont mis en lumière des œuvres d'un répertoire méconnu. **Pierre Jenny**

Mettre en musique le bruit d'un train. Imaginer une sonorité qui caractérise les halos lunaires ou l'ascension d'une montgolfière. Certains compositeurs se sont inspirés de leur époque pour transposer en musique l'innovation technologique dont ils étaient les témoins. Dans son livre, *Du métronome au gramophone. Musique et révolution industrielle* (Fayard, 2023), Emmanuel Reibel tisse les relations entre musique et innovation au XIX^e siècle et explique comment l'ère de la mécanisation et de la rationalisation affecte non seulement les compositeurs, mais aussi les interprètes et le public. A l'exemple du métronome dont l'invention a bouleversé l'apprentissage de la musique, puisque le tempo d'une œuvre est désormais millimétré par une machine. Il manquait à cet ouvrage une étude spécifique sur le répertoire de l'époque. C'est pour combler ce vide et pour concrétiser ce foisonnement de créativité que deux ateliers-concerts se sont tenus les 3 et 4 novembre 2025 à l'Université de Fribourg et à la Haute Ecole de musique de Genève. «Nous avons appelé ces rendez-vous ateliers-concerts car nous présentons des œuvres écrites entre 1840 et 1940 en France au travers de conférences d'introduction accompagnées par l'exécution de ces pièces dont certaines n'ont jamais été rejouées depuis leur création, voire jamais interprétées du tout. Dans certains cas, c'était de la musique «en feuille» destinée à un usage domestique. Dans le cas des chansons, on pouvait les entendre dans les cafés-concerts, par exemple, et elles n'étaient pas destinées à devenir des pièces de répertoire», explique Federico Lazzaro, professeur ordinaire de musicologie à l'Université de Fribourg et co-instigateur avec Guillaume Castella des ateliers-concerts, interviewé trois semaines avant la tenue de ces événements publics. De minutieuses

recherches archivistiques ont été nécessaires pour trouver ces partitions et certaines ont fait l'objet de transcriptions *ad hoc* pour l'événement.

Des machines et des hommes

Ces ateliers-concerts permettent aussi de poser un double regard sur ces œuvres. D'un côté, la glorification de l'innovation, de l'autre la ridiculisatation de ces avancées technologiques. Les deux faces d'une même médaille, les reflets d'une époque. Car, en pleine révolution industrielle, la technologie fascine certains compositeurs. Non

morceaux. Le premier est consacré à Joseph Louis Gay-Lussac qui a étudié la formation des gaz lors d'une ascension en montgolfière. Le second est dédié à Auguste Bravais qui s'est intéressé aux halos lunaires. Je présente la manière dont le compositeur de ces pièces, Charles Koechlin, a mis ces thèmes scientifiques en musique. Il fait une utilisation très intéressante de la harpe et du célesta, par exemple, pour évoquer le ciel. Je n'ai encore jamais entendu ça et je me réjouis de découvrir le résultat lors des ateliers-concerts.», senthousiasme le Professeur Lazzaro.

L'innovation est donc source d'inspiration pour certains compositeurs, à l'instar de Maurice Ravel qui la considère comme un sujet à part entière, au même titre que l'amour, la mort, les étoiles ou la forêt. En 1846, Hector Berlioz écrit le *Chant des chemins de fer* pour l'inauguration de la première ligne de train entre Paris et Lille. Cette cantate s'éloigne des sujets mythologiques traditionnels pour glorifier le travail des ouvriers du rail, considérés comme les nouveaux héros de la modernité en France. Machines et hommes sont glorifiés par certains compositeurs, alors que d'autres parodient l'innovation afin de se distancer des nouvelles technologies et des peurs qu'elles inspirent. «La caricature est une des premières réactions que l'on trouve face à l'innovation. En musique, la parodie se retrouve dans des descriptions imaginaires de concerts à la vapeur où tous les musiciens seraient des machines fonctionnant grâce à cette énergie. C'est une manière d'exprimer la crainte de voir les interprètes disparaître au profit de machines», explique Federico Lazzaro. Une déshumanisation que l'on retrouve aussi en littérature comme dans certains romans d'Emile Zola.

Machines et hommes sont glorifiés par certains compositeurs, alors que d'autres parodient l'innovation afin de se distancer des nouvelles technologies et des peurs qu'elles inspirent

seulement les machines – comme la locomotive pour le Suisse, Arthur Honegger, dans son œuvre symphonique *Pacific 231* – mais aussi les scientifiques. «Pour le centenaire de l'Ecole polytechnique en 1894, plusieurs œuvres musicales ont été créées, dont une Epopée qui est une succession de tableaux consacrés aux anciens élèves et professeurs de cette école française qui se sont distingués et qui sont devenus des héros techniciens de la France industrielle. Lors des ateliers-concerts, je présente deux

Certaines œuvres nous permettent de rentrer en contact avec le ressenti de la société confrontée à l'innovation technologique. C'est le cas de *Promenades*, une série de pièces écrites par Francis Poulenc en 1921, dans lesquelles le compositeur décrit différents moyens de locomotion: le cheval, le bateau, le vélo, mais aussi l'avion, le train ou l'autobus avec, à chaque fois, une atmosphère différente. «Ce sont

Mais la révolution industrielle du XIX^e siècle a aussi des répercussions sur la conception même des instruments. «Il y a un boom de l'innovation dans la facture des instruments grâce à l'industrie

de courtes pièces pour piano, sortes de clichés photographiques sonores de la manière dont les gens se déplaçaient en 1921. En les comparant, on peut saisir comment ces personnes percevaient ces moyens de locomotion. En autobus et surtout en train, on entend parfaitement l'angoisse de la machine que l'on ne retrouve pas dans les promenades à cheval ou en carrosse», analyse le Professeur Lazzaro.

Point de vue politique

L'enthousiasme ou la crainte suscités par l'innovation technologique peuvent aussi être analysés au travers d'un prisme plus politique. En 1926, le compositeur russe Alexandre Mossolov écrit les *Fonderies d'acier* dont un enregistrement arrive en France au début des années 1930. Les chroniqueurs de l'époque en feront une critique différente selon leurs positions favorables ou non à l'URSS. «Dans cette pièce, il y a une strate instrumentale très mécanique, très rythmée qui incarne le bruit de l'usine, des machines. Par moments s'élève une mélodie

interprétée par des cors qui disparaît puis revient. Pour certains critiques, cette musique symbolise le chant du désespoir de l'ouvrier opprimé par la technologie, broyé par les machines qui lui font perdre toute humanité, toute autonomie. Pour d'autres, au contraire, cette musique est un chant de libération des ouvriers qui maîtrisent la machine et qui se trouvent au sein d'une société égalitaire dans laquelle travailler à l'usine est un réel progrès. On peut constater que non seulement les œuvres, mais aussi les discours autour de ces compositions nous éclairent sur la pensée d'une époque», résume le musicologue.

Innovation dans les instruments

La façon de composer et d'intégrer certains «instruments» ou sonorités dans des œuvres musicales est aussi liée à cette innovation technologique. Pas surprenant dès lors de voir des machines à écrire se mêler aux instruments d'un orchestre symphonique ou d'utiliser le son des sirènes d'usines et de bateaux de la ville de Bakou dans l'œuvre expérimentale écrite en 1922, la *Symphonie des sirènes*, par le compositeur russe Arseny Avraamov. Mais la révolution industrielle du XIX^e siècle a aussi des répercussions sur la conception même des instruments. «Il y a un boom de l'innovation dans la facture des instruments grâce à l'industrie. A l'exemple du piano qui était entièrement en bois et dont la cordière sera peu à peu fabriquée en métal dès le début du XIX^e siècle, ce qui ajoute une puissance sonore considérable à l'instrument et qui nécessite des usines pour les produire en série», raconte le Professeur Lazzaro. Vers la fin du siècle, le piano mécanique joue tout seul grâce à un système de carte perforée qui actionne les touches et les pédales.

Homme vs nature

Pour le Professeur Lazzaro, l'étude de l'innovation en musique durant le XIX^e siècle démontre à quel point l'idéologie du progrès qui prévalait à l'époque magnifiait l'écrasement de la nature: «Il fallait que l'Homme domine la nature avec les conséquences que l'on connaît aujourd'hui. De nos jours, des compositeurs·trices s'intéressent au thème de l'écologie ou comment

mettre en musique des enjeux environnementaux. Cela se fait, par exemple, au travers d'enregistrements sonores de paysages naturels ou de la réflexion explicite sur les conséquences de l'exploitation de notre planète.»

Si les ateliers-concerts des 3 et 4 novembre traitaient de la période 1840–1940 en France, l'innovation en musique ne s'arrête évidemment pas à ces jalons chronologiques et géographiques. La conquête de l'espace va inspirer les compositeurs soviétiques de la seconde moitié du XIX^e siècle dont les œuvres seront portées par des sonorités rendues possibles grâce aux synthétiseurs. Aujourd'hui encore, l'innovation mise en musique n'a pas fini d'être une source d'inspiration.

Pierre Jenny est journaliste indépendant.

Notre expert ► **Federico Lazzaro** est professeur ordinaire de musicologie à l'Université de Fribourg depuis 2022. Guitariste de formation, il a obtenu deux doctorats en musicologie (Pavie et Montréal) et s'est spécialisé en histoire culturelle de la musique en France durant la Troisième République. Son livre *Ecole de Paris en musique (1920–1950). Identités, nationalisme, cosmopolitisme* (Paris, Vrin, 2018) lui a valu en 2019 le Prix H. Robert Cohen/RIPM de l'American Musicological Society ainsi que le Prix chercheur étoile Paul-Gérin-Lajoie du Fond de recherche du Québec.
federico.lazzaro@unifr.ch

Jeder Franken wird verdreifacht



Jeder Franken, den der Kanton in die Universität Freiburg investiert, generiert 3,27 Franken Wertschöpfung im Kanton. Dies zeigt eine aktuelle Studie der BAK Economics AG Basel. Im Interview spricht Studienautor Michael Grass über die direkten und indirekten Effekte, drohende Budgetkürzungen und die Transformation von einer Industrie- zu einer Wissensökonomie. **Matthias Fasel**

© Getty Images

Der Gelehrte Alexander von Humboldt sagte, es wäre eine Verfehlung, den Wert einer Universität mit wirtschaftlichen Kennzahlen aufzuzeigen. Michael Grass, warum braucht es die Studie zur Wertschöpfung der Universität?

Alexander von Humboldt hat natürlich recht. Der Wert einer Universität ist weit mehr als die wirtschaftlichen Effekte, die von ihr ausgehen. Allerdings werden Universitäten in der öffentlichen Diskussion oft als Kostenfaktor gesehen, nicht aber als Wirtschaftsfaktor. Der Grund: Die Kosten sind transparent sichtbar, der Nutzen hingegen ist oft nur bruchstückhaft oder anekdotisch erkennbar. Diese Informationslücke schliesst unsere Studie.

Universitäten stehen finanziell unter Druck, es drohen Budgetkürzungen und Sparmassnahmen. Ist Politiker_innen der wirtschaftliche Nutzen nicht genügend bewusst?

Wenn es für die Ausgaben nicht genügend Einnahmen gibt, müssen Politiker_innen nach Lösungen suchen und entweder die Einnahmen erhöhen oder die Ausgaben senken. Meistens verlangt eine mehrheitsfähige Lösung beides. Das Besondere bei den Hochschulen ist, dass von ihnen positive Externalitäten ausgehen, von denen eine Reihe von Nutzniessern profitiert: Unternehmen, Bevölkerung, Staat. Es ist wichtig zu erkennen, dass die Finanzierung von Universitäten eine Investition ist, und zwar eine, die sich rentiert. Aus volkswirtschaftlicher Perspektive hat es Vorteile, beim Konsum und nicht bei den Investitionen zu sparen.

Der Economic Footprint der Unifr, also die unmittelbaren Rückflüsse aus der Universität in die regionale Wirtschaft, beträgt 3,27. Heisst: Für jeden investierten Franken des Kantons werden 3,27 Franken Wertschöpfung im Kanton generiert. Wie kommt diese Zahl zustande?

Da lohnt sich zunächst ein Blick auf die Finanzierung. Der Kanton Freiburg hat im letzten Jahr 125 Millionen in die Universität investiert. Das entspricht 39 Prozent des Budgets der Uni. Durch die hohe Anzahl auswärtiger Studierender und die Forschungsexzellenz schafft es die Universität Freiburg, pro Beitragsfranken des Kantons zusätzlich 1,50 Franken an Budget zu generieren. Denn die anderen Kantone bezahlen einen Beitrag für ihre Bürger_innen, die an der Uni Freiburg studieren – und besonders interessante Forschungsprojekte erhalten Fördergelder. Insgesamt standen der Uni Freiburg 2024 so 326,5 Millionen Franken zur Verfügung. Zieht man da die Betriebsausgaben für Elektrizität, IT-Services und so weiter ab, bleibt eine Bruttowertschöpfung von 268 Millionen Franken. Der Grossteil davon fließt in Löhne und Gehälter der Angestellten. Zwei Drittel dieser Lohnsumme gehen an Personen, die im Kanton wohnen. Die konsumieren hier und



kurbeln die Wirtschaft an – genau wie die Studierenden. 70 Prozent der Studierenden wohnen während ihres Studiums im Kanton Freiburg, im Vergleich zu anderen Unis ist das sehr viel. Unser Modell zeigt, dass der Wertschöpfungsmultiplikator bei 1,52 liegt. Für jeden Wertschöpfungsfranken, der an der Uni erwirtschaftet wird, entstehen noch einmal 52 Rappen Wertschöpfung bei einem anderen Unternehmen im Kanton Freiburg. Die direkte und indirekte Wertschöpfung ergeben am Ende zusammengezählt gut 408 Millionen Franken. Setzt man diese in Relation zu den 125 Millionen, die der Kanton zahlt, kommt man auf diesen Faktor von 3,27.

Wie gross ist der Anteil der Wertschöpfung der Uni an der Gesamtwirtschaftsleistung des Kantons?

Mehr als zwei Prozent der kantonalen Volkswirtschaft entstehen unmittelbar entlang der Wertschöpfungskette der Uni Freiburg. Das

ist für eine einzelne Institution bemerkenswert. Kommt hinzu, dass ein Grossteil davon steuerlich abschöpfbar ist. Geschätzte 22 Prozent der Beiträge des Kantons fliessen wieder zurück in die Finanzaushalte des Kantons und seiner Gemeinden. Nicht eingerechnet sind da die ganzen Einkommenssteuern von früheren Absolvent_innen, die nach ihrem Studium im Kanton bleiben.

Welche Rolle im Kanton spielt die Uni Freiburg als Arbeitgeberin?

Selbst zählt sie rund 2700 Mitarbeitende mit 1900 vollzeitäquivalenten Stellen. Das entspricht einem Anteil von rund 1,5 Prozent am kantonalen Gesamtwert. Auch hier dient die Uni gleichzeitig als Multiplikator. Wenn die Wertschöpfungsketten miteinbezogen und die wirtschaftlichen Effekte daraus berechnet werden, kommt man zum Schluss, dass für jede 100-Prozent-Stelle, die an der Uni Freiburg entsteht, nochmals eine 50-Prozent-Stelle in einem anderen

Unternehmen im Kanton geschaffen wird. Damit hängen in Freiburg über 4000 Beschäftigte und 2875 Stellen von der Universität ab. Was auffällt: Die Wertschöpfung der Uni Freiburg ist in den vergangenen zehn Jahren im Vergleich zur kantonalen Gesamtwirtschaft überdurchschnittlich gewachsen, das Stellenwachstum hingegen war unterdurchschnittlich gross. Das zeigt, dass die Produktivität der Institution in der letzten Dekade klar gesteigert werden konnte.

Ein kleines Gedankenspiel: Was wäre, wenn es die Uni Freiburg nicht mehr gäbe? Ein Grossteil der Effekte ginge verloren, während ein Grossteil der Kosten bliebe. Denn auch der Kanton Freiburg bezahlt ja für seine Bürger_innen, die in anderen Kantonen studieren. Momentan profitiert rund die Hälfte davon, im eigenen Kanton studieren zu können. 51 Prozent der Freiburger_innen beginnen ihr Studium an der Uni Freiburg.

Worin liegt derzeit die grösste Herausforderung für die Institution?

In der Finanzierung. Konkret drohen etwa Kürzungen bei den Forschungsbeiträgen aus dem Schweizerischen Nationalfonds (SNF). Im Rahmen des «Entlastungspakets 27» hat der Bundesrat vorgeschlagen, die Beiträge pro Jahr um rund zehn Prozent zu kürzen. Was den Anteil der SNF-Beiträge am gesamten Forschungsbudget angeht, liegt die Uni Freiburg mit 57 Prozent auf Rang zwei aller Schweizer Universitäten. Das ist eigentlich eine gute Nachricht, weil es ein Zeichen von wissenschaftlicher Exzellenz ist und ein Beweis dafür, dass die Uni Freiburg immer mehr auf Spitzenforschung setzt. Gleichzeitig hätte eine Kürzung um zehn Prozent entsprechend einen sehr spürbaren Impakt.

Wozu können Sparmassnahmen führen?

Nebst den unmittelbaren Effekten, die durch die Finanzflüsse generiert werden, haben wir in der Studie auch die langfristigen, weniger einfach messbaren Effekte der Universität auf die Volkswirtschaft analysiert. Die Uni dient als Drehscheibe des regionalen Innovationsökosystems. Wenn das Budget für Forschende gekürzt wird, wird die Innovation ein Stück weit abgedreht. Innovation entsteht dadurch, dass verschiedene Leute ihr Wissen zu Lösungen kombinieren. Entsprechend verläuft der Schaden in diesem Bereich nicht linear. Wenn zehn Prozent der Gelder wegfallen, kann das am Ende grösseren Schaden anrichten, als der Betrag vermuten liesse, auch wenn er wohl erst in ein paar Jahren erkennbar wäre.

Sie sprechen in Ihrer Studie von verschiedenen Katalysatoreffekten, die die Universität auf die kantonale Volkswirtschaft hat. Können Sie Beispiele nennen?

Ein wichtiger Punkt ist die Aus- und Weiterbildung von Fachkräften. Wenn wir nur diejenigen betrachten, die in Freiburg ihren Abschluss machen und direkt hier zu arbeiten beginnen, reden wir bereits von 4500 hochqualifizierten Fachkräften, die in den letzten zehn Jahren in den Arbeitsmarkt integriert wurden. Nutzniesserin ist die regionale Wirtschaft. Wir haben festgestellt, dass die meisten Absolvent_innen aus

anwendungsorientierten Fächern stammen und die wirtschaftlichen Strukturen gut abgebildet werden. Es gibt eine hohe Übereinstimmung zwischen dem, was an der Uni vermittelt wird, und den Kompetenzen, die im Beruf benötigt werden. 75 Prozent der Bachelorabsolvent_innen, 82 Prozent der Masterabsolvent_innen und 95 Prozent der Doktorand_innen gaben an, das Studium habe sie sehr gut auf das Berufsleben vorbereitet. Vonseiten der Unternehmen wird oft die Mehrsprachigkeit der Absolvent_innen hervorgehoben, sie ist ein wichtiger Grund für den Verbleib von Unternehmen im Kanton.

Fakultäten identifiziert, die zu den gegenwärtig relevanten Zukunftstechnologien des Kantons Freiburg Anknüpfungspunkte haben. Dazu gehören Themenbereiche wie Food Tech, Nanotech, Sensors, Robotics, Energy, Medtech, Biotech oder Bioinformatics. Es besteht eine hohe Kohärenz, das ist wichtig. Auch die Förderung von Spin-offs und Start-ups gehört zur Rolle der Uni als Brückenbauerin. Nicht zuletzt, weil sie ein international anerkanntes Forschungszentrum mit Fokus auf Spitzenforschung ist, stärkt die Uni zudem die Wahrnehmung und das Image des Kantons Freiburg als Wissens- und Technologiestandort.



Michael Grass ist Leiter Analysen und Studien der BAK Economics AG, Basel
info@bak-economics.com

Was gibt es noch für Katalysatoreffekte?

Die Universität hat eine Antennenfunktion. Sie ist stark vernetzt in der nationalen und internationalen Forschungslandschaft. Ein Beispiel: 74 Prozent der wissenschaftlichen Publikationen entstehen im Rahmen internationaler Kollaborationen. Es wird extrem viel Wissen in die Region geholt, was wiederum wirtschaftliche Akteure anzieht. Eine weitere wichtige Aufgabe ist der Wissens- und Technologietransfer. Wir haben 25

Sie sprechen von der Transformation von einer Industrie- zu einer Wissensökonomie. Was bedeutet das?

In reifen Industrieländern sind Industrieunternehmen aufgrund des hohen Lohn- und Wohlstands niveaus nur noch wettbewerbsfähig, wenn sie sich dem Preiswettbewerb entziehen können – das bedeutet, dass Innovation immer wichtiger geworden ist für den Markterfolg und die Wettbewerbsfähigkeit. Betrachtet man das aus der Perspektive einer gesamten Volkswirtschaft, bedeutet das: Wir brauchen ein sehr gutes Bildungssystem, Spitzenforschung an Universitäten, Fachhochschulen für den Technologietransfer, Start-ups für die agile Entwicklung neuer Lösungen und Ideen sowie grosse Industrieunternehmen, die massiv investieren und in der Lage sind, Innovationen in Produktivität und kommerziellen Erfolg umzumünzen. Hinzu kommt: Industrieunternehmen verdienen immer mehr auch mit Wissen, Lizenzien und Dienstleistungen, und nicht nur mit dem Verkauf von Produkten.

Matthias Fasel ist Gesellschaftswissenschaftler, Sportredakteur bei den «Freiburger Nachrichten» und freischaffender Journalist.

People & News

Le dies academicus 2025 a été l'occasion de célébrer de nombreux prix académiques. Le Rectorat de l'Université a remis pour la deuxième fois le titre d'alumna et d'alumnus d'honneur. Les récipiendaires en sont **Laila Sheikh**, directrice de la Maison des Religions – Dialogue des cultures à Berne, et **Pierre-Olivier Volet**, co-rédacteur en chef de l'actualité TV de la RTS.

Le Prix Chorafas est revenu à **Rebecca Brown Cooper** pour sa thèse en biologie intitulée «A mechanistic modelling and deep learning approach for estimating biodiversity from fossil data».

Le Prix Jean-Louis Leuba a été remis à **Till Andreas Hötzl** (frère Meinrad) pour son travail «Die ‹Formung des Menschen› aus ‹Urgestein der Heiligkeit›. Die Hagiographie als Zeugnis christlichen Glaubens bei Ida Friedrike Görres und Walter Nigg».

Le Prix François Joseph II de Liechtenstein, décerné tous les deux ans, a été attribué à **Nicolas Matter** pour son travail «Verleiblichte Geschichten. Studien zur Schnittstelle von Leiblichkeit und Narrativität als Prolegomena zu einer ekklesialen Pädagogik», ainsi qu'à **Marion Uhlig, Brigitte Roux et Thibaut Radomme** pour leur travail «Le Don des Lettres».

Quatre facultés ont décerné des Prix Vigener récompensant des travaux de diplôme, master ou doctorat de qualité. La Faculté de droit a récompensé **Fabrizio Crameri** pour sa thèse de doctorat intitulée «A Precursor to Constitutionalism. The Role of Apex Courts in Normative Constitutional Transitions». La Faculté des lettres et des sciences humaines a remis cette distinction à **Stephanie Allen** pour son travail de thèse «‘Workes of darkness’: Obscure poetics in Oxford University tragedy, 1547–1603» ainsi qu'à **Sarah Baumann** pour sa thèse intitulée «Prekäre Liberalisierung. Sexuelle Arbeit von Frauen in Schweizer Städten (1950^{er} bis 1980^{er} Jahre)». La Faculté des sciences et de médecine a décerné son prix à

Marco Caligaris pour sa thèse en biochimie intitulée «Nutrient and Energy Sensing in Yeast: The Crosstalk of the SNF1/AMPK and TORC1/mTORC1 Pathways». Enfin, la Faculté des sciences économiques et sociales et du management a choisi **Christian Camilo Arciniegas Acosta** pour sa thèse de doctorat intitulée «Three essays on development economics: rural labor markets, trade liberalization and crime» et **Stefanie Simone Baumgartner** pour sa thèse de doctorat au sujet des «Social Norms and Trust among Refugees and Swiss Natives – A Behavioral Economics Approach».

Neuf professeur·e·s ont pris leurs fonctions entre le 1^{er} juillet et le 1^{er} septembre 2025. La Faculté des sciences de l'éducation et de la formation a ouvert ses portes à **Véronique Marmy Cusin** en tant que professeure au Département de la formation à l'enseignement et à **Julia Büttner-Kunert** en tant que professeure au Département de pédagogie spécialisée. **Anna Jobin** devient professeure assistante à l'Institut Human-IST pour la Faculté des lettres et des sciences humaines, tandis que **Michael Boyden** y prend le poste de professeur de littérature américaine au Département d'anglais. A la Faculté de théologie, **Isabelle Jonveau** débute en tant que professeure au Département des sciences de la foi et des religions, philosophie. Au sein de la Faculté des sciences et de médecine, le Professeur **Hans Jörg Limbach** rejoint l'Institut Adolphe Merkle, tandis que **Nicola Vannini** devient professeur au Département d'oncologie, microbiologie et immunologie. Enfin **Andreas Fischer**, professeur au Département d'informatique, et **Tobias Rohrbach**, professeur assistant en *tenure track* au Département des sciences de la communication et des médias, ont rejoint la Faculté des sciences économiques et sociales et du management.

L'équipe de **Colline Mollaret**, chercheuse au Département de géosciences, a reçu un financement européen d'une Action du European Cooperation in Science and Technology

(COST). Sous le nom de PermaCOST (COordinated and Standardized Monitoring of Permafrost Response to Climate Change), leur Action a pour objectif la collaboration des chercheuses et chercheurs européen·ne·s sur la thématique du permafrost, notamment dans les techniques de mesures et de surveillance du permafrost face au changement climatique.

Le Professeur **Horst Machguth** bénéficie d'une bourse ERC Synergy Grant de 13 millions d'euros du Conseil européen de la recherche pour le projet FirnMelt étudiant la calotte glaciaire du Groenland. Grâce à ce financement, un consortium international, comprenant également le Service géologique du Danemark et du Groenland, l'Institut Alfred Wegener Helmholtz Centre for Polar and Marine Research en Allemagne et l'Université d'Utrecht aux Pays-Bas, cherchera à comprendre les défis actuels de l'hydrologie des calottes glaciaires à partir du névé et de les relier au ruissellement subglaciaire et à son interaction avec la dynamique globale des glaciers.

L'Université de Fribourg lance une offre de microcertification intitulée «Sustainability in practice». Celle-ci permet aux étudiant·e·s de l'Université d'acquérir des compétences en matière de durabilité et de les faire valoir, par exemple lors de leur recherche d'emploi. Avec cette innovation à l'échelle nationale, l'Université renforce l'attractivité de Fribourg en tant que lieu d'études tout en proposant une offre facilement accessible sur un thème stratégique pour elle. La microcertification est une nouvelle forme de justificatif de qualification pour de petites unités d'apprentissage (entre 1 et 10 crédits ECTS). C'est un diplôme en plus de la formation de base de bachelor ou de master.



© STEMUTZ.COM

Stefan Rindlisbacher

Postdoc SNF am Departement für Zeitgeschichte

Was langweilt Sie?

Reisekostenrückerstattungsformulare bearbeiten

Worin sollten Sie sich üben?

Arbeit delegieren

Was bereuen Sie in Ihrem Leben?

Die Vorteile einer zweisprachigen Universität in meinem Studium nicht besser genutzt zu haben

Wovon haben Sie keine Ahnung?

Differentialgleichungen lösen

Ihre wichtigste Charaktereigenschaft in Bezug auf Ihre Arbeit?
Misstrauen gegenüber einfachen Erklärungen

Welche Frage stellen Sie sich immer wieder?

Wiederholt sich die Geschichte oder reimt sie sich nur?

Was bringt Sie zum Weinen?

Zwiebeln hacken

Eine Fähigkeit, die Sie gerne hätten?

Die Fähigkeit, bereits in der Gegenwart zu erkennen, was eines Tages Geschichte schreiben wird. Denn meistens bleiben uns die wirklich weltbewegenden Entwicklungen so lange verborgen, bis wir sie plötzlich nicht mehr übersehen können

Woran glauben Sie?

Dass die Welt – trotz aller Rückschläge – für immer mehr Menschen besser wird

Haben Sie einen Tick?

Einfach mal spazieren gehen... das hilft meistens

Wovor haben Sie Angst?

Dass die Welt vielleicht doch nicht besser wird

Möchten Sie lieber sterben oder als Tier weiterleben?

Sofern mir als Tier der Kontakt zum Menschen erspart bleibt, wähle ich das Weiterleben

Ihre liebste Tageszeit?

Die Zeit zwischen dem Zvieri-Kafi und dem Sonnenuntergang

UNI
FR

UNIVERSITÉ DE FRIBOURG
UNIVERSITÄT FREIBURG

MASTERDAYS

10 & 11
03.26



www.unifr.ch/masterdays

