

universitas

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

02 | 2025

Mettre Fribourg en mots 8
Tatjana Erard, l'enfant de la Basse

Jardin botanique 46
Une cure de jouvence pour ses 90 ans

Immer mehr Bakterien 54
Gegen immer mehr Antibiotika

UNI
FR
■

UNIVERSITÉ DE FRIBOURG
UNIVERSITÄT FREIBURG

Le sang

Dem Lebenselixir auf der Spur

Explora 2025

Festival Culture & Science & Société

Festival Kultur & Wissenschaft & Gesellschaft

Sa 20.09.25

Campus Miséricorde

www.unifr.ch/explora

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 Fribourg
www.unifr.ch/unicom

Chefredaktion | Rédaction en chef

Claudia Brühlhart | claudia.bruehlhart@unifr.ch
Farida Khali (Stv./suppl.) | farida.khali@unifr.ch

Art Direction

Daniel Wynistorf | daniel.wynistorf@unifr.ch

Autor_innen | Auteur-e-s

Lovis Noah Cassaris | lovis.cassaris@unifr.ch
Matthias Fasel | matthias.fasel@unifr.ch
Pierre Jenny | pierrejenny@bluewin.ch
Pierre Koestinger | pkoestinger@gmail.com
Patricia Michaud | info@patricia-michaud.ch
Adrian Ritter | adrianritter@gmx.ch
Sophie Roulin | info@sophieroulin.ch
Daniel Saraga | danielsaraga@saraga.ch
Ori Schipper | ori_schipper@sunrise.ch

Fotos | Photos

Stéphane Schmutz | info@stemutz.com
David Dunand | contact@daviddunand.com
Joachim Kohler
Thomas Schmid

Korrektorat | Correction

Laurent Andrey | laurent.andrey@unifr.ch
Jean-Luc Brühlhart | jeanluc.bruehlhart@yahoo.com

Titelbild | Image de couverture

Police cantonale Fribourg/Kantonspolizei Freiburg

Illustrationen Dossier | Illustrations du dossier

Police cantonale Fribourg/Kantonspolizei Freiburg

Sekretariat | Secrétariat

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

Druck | Impression

Canisius SA
Avenue Beauregard 3, 1700 Fribourg

Auflage | Tirage

9'500 Exemplare | dreimal jährlich
9'500 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 Dezember 2025.

La prochaine édition paraîtra en décembre 2025.

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.

Editio

Ces images vous choquent? Nous aussi. Mais loin de vouloir faire du sensationnalisme, cette collaboration avec la Police cantonale fribourgeoise nous amène à réfléchir sur de nombreux tableaux.

Tout d'abord, à ce que l'on voit. Avec l'approbation du ministère public, nous avons sélectionné des images de scènes de crime proches de chez nous. A l'heure où les *true crimes* font les belles heures des plateformes de *streaming*, que reflètent les images récoltées par la police? Quelles avancées scientifiques nous permettent d'en tirer un maximum d'informations? Ce que nous y voyons représente-t-il fidèlement la réalité?

Ensuite, à ce que l'on ressent. Ces images nous mettent mal à l'aise, nous émeuvent, voire nous dégoûtent. Pourquoi? *Spoiler alert*, aucun article de ce dossier ne répond directement à cette question. Mais chacun, à sa manière, nous rappelle à quel point le sang est constitutif de notre corps physique, lié à notre cœur et, par métonymie, symbolise notre vie. De fil en aiguille, le sang qui s'écoule représente un rappel intransigeant de notre mort. S'y confronter est certainement contre-intuitif, malaisant, voire vraiment déstabilisant.

Enfin à nos contradictions. «[Le sang] est à la fois mémoire, malédiction et espérance» analyse Céline Graillat Mansuy (p.21). De là à y percevoir une certaine beauté, une esthétique, il y a un pas que nombreux·ses ne franchiront pas. Nous le comprenons. Et pourtant quel autre élément organique suscite autant l'attention des sciences, de la médecine, du droit, de la philosophie, des arts et de la littérature, mais aussi de la sociologie ou de la théologie? A la croisée de la recherche et de l'émotion, le sang était un sujet de choix pour un magazine scientifique tel qu'*universitas*.

Bonne lecture,
Farida Khali
Rédactrice en chef suppléante



UNIVERSITÉ DE FRIBOURG
UNIVERSITÄT FREIBURG

Inhalt | Sommaire

News

- 6 **Happy Birthday, SZIG!**
Das Schweizerische Zentrum für Islam und Gesellschaft feiert Jubiläum

Portrait

- 8 **Des récits et des vies**
Tatjana Erard partage son amour des gens, de la Ville et des mots

10 Dossier Le sang

- 12 **Les preuves du sang**
Décrypter les traces de sang de la scène de crime à la salle d'audience

- 17 **Es sind die Hormone!**
Von der Pubertät bis zum Podium: Sie machens möglich

- 21 **En lettres de sang**
Le sang en littérature: miroir des tensions humaines

- 26 **Ein Boost für die kleinen Kraftwerke**
Dünne Luft sorgt für mehr rotes Blut – und fittere Mitochondrien

- 29 **Aus Fleisch und Blut**
Kim de l'Horizons Roman im Fokus

- 32 **Das Altern im Blut**
Ein rätselhaftes Enzym lässt Forschenden graue Haare wachsen

- 35 **Les globules rouges livrent leurs secrets**
Les mécanismes complexes à l'œuvre dans notre sang sous la loupe de la recherche

- 38 **Das Blut des Bundes**
Ansichten zur breiten Thematik des Blutes im Christentum

- 41 **Malaria, la drôle de danse**
«Comprendre l'interaction du parasite avec notre organisme, relève également de la démarche humanitaire»

- 43 **Die Reinheit des Blutes in Spaniens Früher Neuzeit**
Als die Unbeflecktheit zu beweisen war



8



Fokus
46 Du jardin au laboratoire
 Une mission: susciter l'émerveillement
 pour le monde végétal

Recherche & Enseignement
50 La ville en façade
 Créer un espace public où il fait bon vivre

Forschung & Lehre
**54 «Wir müssen die Schwachstellen
 der Bakterien finden»**
 Mikrobiologe Laurent Poirel s'occupe d'une
 des dix plus grandes menaces pour la santé
 de notre époque: la résistance aux antibiotiques.
 Comment et avec quel objectif raconte-t-il
 son histoire

People & News
57 Noms et Distinctions
 Qu'est-ce de nouveau à l'Unifr?

Du tac au tac
58 Baptiste Hildebrand
 Lecteur au Département de physique

10



50



online | en ligne
www.unifr.ch/universitas

Happy Birthday, SZIG!

Das Schweizerische Zentrum für Islam und Gesellschaft (SZIG) feiert 2025 sein 10-jähriges Bestehen. Seit seiner Gründung hat sich das SZIG als Referenz in den Bereichen Forschung, Ausbildung und Dialog rund um den Islam im Schweizer Kontext etabliert. Die Arbeiten des Zentrums haben die öffentliche Debatte bereichert, zur Professionalisierung der muslimischen Seelsorge beigetragen und die Verankerung der islamisch-theologischen Studien an einer Schweizer Universität ermöglicht.

Das SZIG ist ein interfakultäres Institut, das der Theologischen, der Rechtswissenschaftlichen und der Philosophischen Fakultät angegliedert ist. Es wurde im Anschluss an ein nationales Forschungsprogramm und einen Dialogprozess des Bundes mit Vertreter_innen der muslimischen Gemeinschaften gegründet.

unifr.ch/news



Des récits et des vies

Enseignante de français et d'éthique dans un cycle d'orientation de la Ville de Fribourg, Tatjana Erard est aussi une auteure accomplie. Depuis 2010, elle a publié quatre ouvrages et poursuit ses projets d'écriture. Des récits dans lesquels Fribourg est une source d'inspiration pour cette enfant de la Basse-Ville. **Pierre Jenny**

De la Ville de Fribourg, Tatjana Erard connaît tous les recoins. Plus particulièrement les 111 lieux à découvrir absolument. Elle les a mis en lumière dans un ouvrage paru en 2023. «J'ai été contactée par la maison d'édition allemande Emons pour rédiger un livre avec des critères bien définis. Il fallait 111 lieux en Ville de Fribourg, pas d'endroits touristiques, mais accessibles au public, et rédiger le tout de manière explicative. C'était très cadré et très professionnel. J'ai dû mettre de côté la touche stylistique que j'aime tant apporter à mes textes. Je me suis donc lancée à la recherche de ces lieux.» Sa quête est faite de rencontres, d'anecdotes récoltées. Car pour celle qui a toujours vécu en Ville de Fribourg, un lieu, c'est avant tout une âme. «J'ai déambulé dans la ville en posant un regard sur chaque détail. J'ai emprunté d'autres itinéraires et j'ai découvert des endroits dont je n'avais jamais entendu parler. J'ai pris du temps pour discuter avec les gens et pour écouter leurs histoires.»

La vie des autres

Les gens et leur histoire. C'est comme ça que tout a commencé. En 2008–2009, Tatjana Erard suit une formation de recueilleuse de récits de vie. Elle fait partie de la première volée d'un diplôme qui deviendra un *certificate of advanced studies*, un CAS, proposé par l'Université de Fribourg. S'immerger dans la vie des gens, raconter leurs parcours, mais avec une approche littéraire qui donne aux chapitres une couleur en résonnance avec leur vécu, c'est le credo de Tatjana Erard. Un premier ouvrage dédié à Hubert Audriaz paraît en 2010. Neuf ans plus tard, ce sera *Inspirations*, consacré à Emmanuel Schmutz. «Hubert Audriaz est surnommé le magicien de l'Auge. Cela m'a tout de suite paru évident d'écrire ce

récit sous forme de conte. Pour Emmanuel Schmutz, j'ai varié les styles d'écriture à l'image de sa vie aux mille facettes. Responsable de la médiathèque à la BCU, il adorait le cinéma. J'ai donc imaginé sa rencontre avec le réalisateur Wim Wenders. Il a aussi fait du théâtre avec la metteuse en scène Gisèle Sallin. J'ai rédigé cette partie de sa vie sous forme de pièce de théâtre.» Que ce soit pour les 111 lieux ou pour ces deux personnalités fribourgeoises, Tatjana Erard s'inspire de la capitale cantonale, une ville qu'elle portraiture au travers de nouvelles dans *Méandres*, publié en 2016. Fribourg gravée dans son cœur, le quartier de la Neuveville, dans son ADN.

Une enfant de la Basse

Tatjana naît Conus en 1978. Son père est boucher, sa mère s'occupe du foyer après avoir partagé ses connaissances de la Ville en tant que guide. Tatjana fait ses classes primaires à l'école de la Neuveville située à une minute à pied de la maison familiale qu'elle occupe aujourd'hui avec son mari et leur fils de 12 ans. Enfance et adolescence passées dans le quartier, mais les racines sont plus profondes encore. «Mon arrière-grand-père avait plusieurs maisons à la Neuveville. Mon grand-père était architecte. Il a construit la maison devant celle où je vis actuellement. Il a été le premier vice-syndic socialiste de Fribourg et a aussi présidé le Grand Conseil. Notre famille a donc une forte empreinte dans le quartier, mais j'aurais très bien pu vivre ailleurs, ce que j'ai fait plusieurs années dans le quartier de la Vignettaz. Ce retour à la Neuveville était une opportunité offerte par mes parents lorsqu'ils ont décidé de remettre la maison. Pour mon fils, c'est génial. Il a toujours des copains qui viennent le chercher pour aller

jouer dehors. C'est un endroit magnifique et une chance de pouvoir y vivre.» L'ancrage est aussi musical, puisque Tatjana Erard fait partie de La Lyre de Fribourg depuis 35 ans, la fanfare du quartier dans laquelle ses parents se sont rencontrés et qui est présidée par un certain Lionel Conus, son frère. Après son école secondaire à Jolimont et son collège à Saint-Michel, Tatjana poursuit ses études en littérature française et histoire de l'art à l'Université de Fribourg. «J'ai adoré ces années, le fait de découvrir des périodes littéraires enseignées par des profs passionné-e-s. Mais ce que j'ai le plus aimé, ce sont les voyages organisés en histoire de l'art. Avec ma famille, nous n'étions pas très «musées». Le week-end, c'était plutôt balade au barrage de la Maigrauge. Avec ces voyages d'étude, c'est tout un monde qui s'est ouvert à moi. Nous étions à 7h00 le matin dans les musées, complètement immergé-e-s.» Mais à quoi servent les passions si elles ne sont pas partagées? Tatjana Erard opte donc pour l'enseignement. Ce sera le français et l'éthique au Cycle d'orientation de Jolimont. Elle y exerce aussi la fonction de médiatrice, anime des ateliers d'écriture et gère le programme culturel de l'école. «J'ai un budget annuel défini et je propose les spectacles qu'iront voir les élèves. C'est important qu'ils et elles aillent dans les lieux culturels. Certain-e-s ne vivent la culture qu'au travers de la vitre de leur smartphone.» Quant aux projets personnels, là aussi, Tatjana Erard n'est jamais à court d'inspiration. Elle aimerait mettre en mots le parcours de sa grand-maman. Toujours l'envie de raconter la vie pour celle qui la croque à pleine dent.

Pierre Jenny est journaliste indépendant.



A photograph of a crime scene. In the top right corner, a portion of a white ruler with black markings is visible, with the letters 'K-TM' printed on it. The background is a light-colored, textured surface. Three distinct bloodstains are visible: a small, dark, teardrop-shaped stain on the left; a larger, elongated, reddish-brown stain in the center; and another elongated, reddish-brown stain on the right, with a thin trail of blood extending from it towards the center.

Le sang

Blut kann sprechen.

Am Tatort eines Verbrechens kann es Expert_innen auf die richtige Spur führen. Im Labor gibt es Geheimnisse preis, die wir dem Körper auf anderem Weg nicht entlocken könnten. Blut ist allgegenwärtig, nicht zuletzt in der Literatur. Von der Antike bis heute steht es sowohl für Leben und Tod, Fluch und Segen, Faszination und Horror.



Les preuves du sang

D'une scène de crime aux salles d'audience, l'analyse des traces de sang permet, entre autres, de mieux saisir le déroulement des faits.

Mais quelle est la valeur accordée au sang dans une enquête et lors d'un jugement? Eléments de réponse avec Serge Buehlmann, chef du Commissariat d'identification judiciaire à la police cantonale fribourgeoise et avec Loïc Parein, avocat à Lausanne spécialisé en droit pénal et chargé de cours à l'Unifr. **Pierre Jenny**

Quelle importance la police accorde-t-elle au sang, aux traces de sang sur une scène de crime?

Serge Buehlmann: Que ce soit pour l'ADN ou pour les projections, le sang fait partie de la grande famille des traces que nous exploitons sur une scène de crime, au même titre que les traces de doigts, de semelles ou celles liées à des armes à feu. Selon les cas, nous allons plus ou moins nous intéresser à ces traces de sang qui donneront des réponses à de nombreuses questions. C'est donc un élément parmi d'autres que la police prend en considération.

Sur le plan pénal, les traces de sang ont-elles un intérêt?

Loïc Parein: Oui. J'en vois même trois. La trace de sang permet d'identifier une personne, d'élaborer un mécanisme par lequel le sang aurait été déposé et puis, plus juridiquement, de se prononcer sur la culpabilité de l'accusé.

Cette prise en considération du sang lors d'une enquête a-t-elle toujours existé ou est-ce un phénomène récent?

Serge Buehlmann: Le sang a toujours été considéré comme un élément potentiellement suspect, pertinent, qui implique une personne. Il y a des écrits datant d'avant Jésus-Christ qui font mention du sang lors d'un crime. Je pense à un texte où l'auteur décrit une trace de sang sur le manteau d'une personne qui avait tué un roi. On sait qu'il y a une suspicion, qu'il y a une implication de cette personne dans les faits qui sont discutés. Par la suite, les avancées technologiques ont permis de considérer les traces de sang de manière plus scientifique, par exemple la détermination de l'ADN depuis 1985.

Loïc Parein: En procédure pénale, la place du sang est bien antérieure au développement des technologies dont

on dispose aujourd'hui. J'ai presque envie de dire que c'est peut-être la première trace qui a occupé celles et ceux qui étaient mobilisé-e-s dans ce genre d'enquête. Il ne faut pas oublier que le sang a, de manière plus large, une énorme valeur symbolique. Le sang, c'est la vie. Avant l'apparition de la photographie, ce sont les témoignages qui permettaient de discuter traces de sang lors d'un procès. On peut très bien imaginer les inspecteurs·trices de police dépêché-e-s sur la scène de crime pour les premiers constats rapporter, par écrit ou par oral, leurs observations à celles et ceux qui rendent la justice.

«Il y a des écrits datant d'avant Jésus-Christ qui font mention du sang lors d'un crime»

Serge Buehlmann

Serge Buehlmann: C'est tout à fait ça. Le sang, substance rouge qui a une odeur particulière et qui n'est pas toujours complètement figée... C'est un élément marquant et on s'en rappelle. Si des policiers·ères étaient amené-e-s à témoigner au tribunal, elles et ils se souvenaient plus précisément des traces de sang que de la place d'une bouteille sur une table.

Qu'est-ce que le sang d'une scène de crime vous raconte?

Serge Buehlmann: Il faut d'abord comprendre que nous pouvons nous trouver face à une scène où le sang est visible,

mais qu'il peut aussi être latent si les lieux ont été lavés. Il revient alors aux enquêteurs-rices de mettre en évidence les traces grâce à des méthodes de révélation. Mais de manière générale, visible ou non, le sang nous dit: «Questionnez-moi». Le rôle de la police scientifique est donc de poser les bonnes questions pour saisir ce que les traces de sang racontent. Est-ce une trace passive, un écoulement de sang qui est tombé sur le sol? Est-ce une trace active qui nous montrerait, par exemple, un mouvement de lame? Nous gardons l'éventail des hypothèses complètement ouvert. Le sang peut aussi nous expliquer la présence d'un individu sur les lieux, la dynamique de l'histoire et une certaine forme de chronologie. Mais, encore une fois, le sang est un élément parmi d'autres qu'il faut prendre en considération.

«Il ne faut pas oublier que le sang a, de manière plus large, une énorme valeur symbolique. Le sang, c'est la vie» Loïc Parein

Par exemple, que voyez-vous sur cette photo prise par vos services?

Serge Buehlmann: Sur cette photographie (ndlr, voir page 14), on voit le hall d'un appartement depuis la porte principale. Sur le carrelage, il y a énormément de substance rouge. Si je découvre cette image dans un magazine, je suis en droit de me poser la question s'il s'agit vraiment de sang, car il semble y en avoir beaucoup. On se dit immédiatement qu'il s'est passé quelque chose de grave. Contrairement à ce que l'on peut penser, une petite quantité de sang peut donner l'impression que des litres d'hémoglobine ont été répandus. Ce qui n'était pas le cas ici. Notre souci est de ne pas casser les traces, de ne pas compromettre cette scène de crime. Nous devons réfléchir où poser les pieds, mais on sait déjà que ce sera compliqué. On remarque qu'il y a différents types de traces de sang dont des saignements tombés par gravité, des traces altérées, modifiées, des traces de transfert... Une telle scène ouvre de nombreux scénarios possibles, pose de nombreuses questions et offre plein de possibilités d'investigation. En tant que policiers, nous récoltons d'autres informations sur les lieux et dans l'entourage. Elles nous permettent d'en savoir plus sur le contexte général de cette scène de crime. Ici, nous sommes en présence d'une bagarre à l'arme blanche entre plusieurs protagonistes. Si la vision de cette image peut provoquer une forte émotion, les faits étaient relativement peu graves et il n'y a pas eu de morts.

Loïc Parein: En regardant ce genre de photo, je dois m'interdire d'en déduire quoi que ce soit. Il y a une discipline à avoir car nous sommes toutes et tous des êtres humains avec un ressenti personnel et différent face à de telles images. Mon souci, en tant qu'avocat, sera plutôt de savoir quelle est la thèse retenue par l'accusation et si cette photographie infirme ou confirme cette thèse. Il faut bien comprendre qu'une photo revient à délimiter visuellement un espace. Ce qui m'intéresse, comme la police, c'est aussi tout ce qui se trouve en-dehors de ce cadre.

De telles images sont versées au dossier et connues des différentes parties lors d'un procès. Quelle importance peuvent-elles avoir durant les audiences?

Loïc Parein: La procédure est telle que tout se fait quasiment en amont du procès. Ne va se discuter au procès que ce qui n'a pas été fait ou ce qu'il est nécessaire de répéter pour que le tribunal soit en capacité de prendre une décision. Il est assez évident qu'un témoin clé, même s'il a déjà été entendu, le sera à nouveau. Je peux aussi imaginer qu'un inspecteur ou une inspectrice ayant procédé aux analyses des traces soit entendu-e plutôt que de demander un rapport complémentaire dans le cadre de la procédure préliminaire selon la gravité du cas. C'est à ce moment-là que la trace de sang pourrait revenir sur le devant de la scène judiciaire, lors de l'administration des preuves au procès. Plus tard, c'est par la convocation de cette trace et de sa signification au moment des plaidoiries.

Comme dans les films hollywoodiens où l'avocat-e exhibe des photos pour impressionner les juré-e-s?

Loïc Parein: Cette question est très tributaire de la culture dans laquelle on se trouve. C'est clair qu'il y a une culture spectacle du côté du droit anglo-saxon et américain, ce qu'on a beaucoup moins dans notre culture juridique continentale. La représentation selon laquelle le ou la procureur-e brandirait des vêtements tachés de sang pour appuyer sa démonstration de la culpabilité ou la défense présentant des illustrations de l'analyse scientifique de ces traces sur un tableau fait surtout partie de l'imaginaire collectif chez nous. Maintenant, il n'en demeure pas moins que dans l'histoire des procès criminels, on a des exemples de moments clés où le sang a pu jouer un rôle à l'audience. Comme lors du procès de l'ancienne star de football américain, O.J. Simpson, où l'accusation lui demande d'enfiler le gant qu'aurait porté l'assassin pour pouvoir frapper les esprits du jury. Mais O.J. Simpson n'arrive pas à enfiler le gant. Une des explications qui a été donnée, c'est que ce gant était ensanglanté et que le sang séché avait resserré le cuir de telle façon qu'il ne pouvait plus l'enfiler. C'est un exemple où le sang a pu jouer un rôle argumentatif immédiat dans le cadre d'un procès.



© Police cantonale Fribourg / kantonspolizei Fribourg

Même si elles ne sont pas exhibées, ces images «choc» peuvent-elles quand même influencer le jugement?

Loïc Parein: C'est un élément, comme d'autres, sur lequel s'applique le principe de la libre appréciation des preuves. Il n'existe généralement pas de preuves ayant un poids supérieur à d'autres. La trace de sang a, juridiquement, la même valeur probante qu'une trace de doigt ou de chaussure. Maintenant, c'est clair que selon l'affaire en question, surtout si on parle d'un assassinat, on peut très bien imaginer que dans l'esprit du juge ou des juges, la trace de sang ait un poids plus important que d'autres traces. Cela se vérifiera au moment de la motivation du jugement où le tribunal doit rendre compte des raisons pour lesquelles il a acquitté ou condamné. Il indiquera si la trace de sang a eu un peu, moyennement ou beaucoup de poids, voire aucun.

En quoi ces photographies sont-elles utiles lors de l'enquête?

Serge Buehlmann: Ces photos ont différentes fonctions, mais un des rôles principaux est certainement de pouvoir documenter les observations réalisées. C'est en tout cas le fonctionnement à Fribourg, où le Ministère public, respectivement le ou la procureur-e se déplace très rarement sur les lieux. Mais elle ou il aura besoin de se faire une idée de la scène de crime et les photographies servent aussi à cela. Lorsqu'un-e prévenu-e est éventuellement auditionné-e, c'est parfois important de lui montrer les choses. Il arrive qu'un phénomène psychique se produise, amenant l'individu à essayer d'oublier ce qu'il a vu ou vécu. Il peut minimiser ou, au contraire, maximiser les faits. C'est donc important de pouvoir montrer la scène. Cela arrive, par exemple, avec des personnes soupçonnées de cambriolage. Nous leur montrons des photos de maisons qui ont été visitées et on constate que les gens sont incapables de dire s'ils ont commis un cambriolage à cette adresse. Ils ne reconnaissent pas l'endroit. L'image est donc intéressante pour expliquer ou compléter les faits. Par contre, je n'ai pas connaissance d'un cas où un-e suspect-e est passé-e aux aveux en voyant des photographies montrant des traces de sang sur une scène de crime.

Loïc Parein: Mon non plus. Je n'ai jamais vécu une telle situation. Mais j'aime l'exercice par lequel l'inspecteur-trice pose le moyen de preuve sur la table durant l'audition. Que ce soit des traces de sang ou digitales, un relevé bancaire... Cette preuve suppose que le ou la prévenu-e est à l'origine de l'infraction. Cet exercice est intéressant parce qu'il met la personne en position de s'interroger sur l'image que les autres ont de la situation. Elle peut se mettre à la place des enquêteurs-rices, se rendre compte du mécanisme qui est en train de s'opérer et qui fait d'elle le suspect numéro un. C'est alors l'occasion de pointer en quoi le raisonnement est possiblement erroné.

Revenons aux analyses des traces de sang. Avec les technologies actuelles, est-il possible de se tromper, de mal interpréter ces traces?

Serge Buehlmann: Je catégorise les avancées technologiques en deux parties. D'abord, ce qui est l'instrumentation, l'outillage. Tout ce qui nous sert à détecter et à analyser les traces de sang. Je pense sincèrement qu'en ce domaine, nous sommes presque arrivés au maximum des capacités. Il est rare que l'on nous dise que la substance analysée n'est pas du sang ou que le sang n'était pas sur la scène de crime. Nos méthodes scientifiques sont suffisamment performantes, fiables et robustes pour prouver nos résultats. Après, le gros du développement encore à réaliser réside dans l'évaluation de ces traces. Quelles sont leur signification en termes d'activités? Pourquoi cette trace est-elle là? Depuis combien de temps? Je préfère donc le terme d'incertitude à celui d'erreur. Depuis quelques années, nous travaillons dans une approche probabiliste où nous considérons les probabilités de savoir quelle hypothèse est soutenue ou pas. Nous ne sommes pas dans un domaine où tout est noir ou blanc mais plutôt dans une nuance de gris. Je peux donner du poids à un résultat mais sans en exclure d'autres car il est très difficile d'écarter totalement un scénario, une hypothèse. Je découvre des traces de sang sur le manche d'un couteau. Etaient-elles présentes avant les faits? Ont-elles été amenées par une autre personne? Tout est discutable. Si les investigations sont bien menées selon les processus connus, que tout est bien documenté, nous pouvons raisonnablement exclure l'erreur, mais on pourrait imaginer des erreurs commises en laboratoire.

«Nos méthodes scientifiques sont suffisamment performantes, fiables et robustes pour prouver nos résultats» *Serge Buehlmann*

Loïc Parein: Cela me fait penser au Fantôme d'Heilbronn où entre 1993 et 2008, la police a retrouvé le même ADN sur différentes scènes de crime dans toute l'Europe. On pensait avoir affaire à un tueur en série jusqu'à ce qu'on s'aperçoive que le profil ADN était celui d'une employée qui préparait les kits de prélèvements lors de l'usinage des cotons tiges. Il s'agissait donc d'une contamination intervenant avant les scènes de crime. Cela démontre bien que si les traces ne sont pas correctement analysées, c'est toute l'hypothèse de base qui peut être invalidée.

Arrive-t-il aussi que les avocat-e-s demandent des compléments d'informations?

Loïc Parein: De manière large, nous collaborons avec la police, en ce sens que nous travaillons sur le même dossier sans forcément avoir le même point de vue. Une des missions essentielles de l'avocat-e, c'est de discuter des moyens de preuve qui ont été administrés. L'avocat-e qui reçoit un rapport de la police, en particulier s'agissant de traces de sang, se pose d'abord la question de savoir quelle méthodologie a été employée pour récolter ces traces. Il s'interroge ensuite sur le résultat de l'analyse et l'hypothèse du mécanisme par lequel le sang a été déposé. Il va vérifier si elle est confirmée ou non par les autres pièces au dossier. Au terme de la procédure, il y a une décision qui doit être rendue. Les juges n'ont pas le choix. Ils doivent décider si, oui ou non, l'accusé-e est coupable. Pour que cette décision soit solide, qu'elle soit robuste, différents facteurs sont nécessaires. Un des premiers arguments, c'est le respect du contradictoire. Il faut que les preuves aient été discutées à fond pour qu'on puisse considérer que telle ou telle version a de la valeur. J'aime même à penser que la police se réjouit d'une discussion sur les preuves récoltées. Logiquement, c'est absolument nécessaire de «challenger» les traces de sang et leur signification. Sinon, le jugement final laissera trop de place aux incertitudes.

Serge Buehlmann: On a parfois le sentiment que le fait de «challenger» nos résultats remet en cause le travail de la police scientifique. Je ne le vois pas ainsi. Ce questionnement permanent permet de donner de la robustesse à nos raisonnements et de les vulgariser car cela fait partie des droits fondamentaux des différentes parties lors d'un procès d'avoir accès à des réponses claires et d'avoir recours à des explications supplémentaires si nécessaire.

Dégoût ou fascination, vous conviendrez que ces images ne laissent personne indifférent. Quel rapport entretenez-vous avec de telles photographies?

Loïc Parein: Si une photo ne porte pas en soi d'émotion, elle en suscite de nombreuses chez la personne qui la regarde. On peut la voir avec différents regards: scientifique si on est médecin, esthétique si on pratique une forme d'art qui mobilise le sang comme instrument de travail, répulsif si l'on pense être confronté à la mort. En tant que professionnel du domaine de la justice, je ne peux nier qu'il y a une part d'émotionnel, mais mon effort est de mettre cette émotion au service d'une saine administration de la justice. Je refuse par contre d'être pris en otage par une photo, lorsque la partie adverse l'utilise exagérément pour cacher souvent la faiblesse de son argumentation.

Serge Buehlmann: Un des principes cardinaux de notre action est de rester neutre, objectif et de montrer les choses telles qu'elles ont été observées. Mais il n'empêche que lorsque je regarde certaines de ces photos, j'y vois une forme de beauté, surtout pour les photos de détails. C'est évidemment mon côté scientifique qui parle. J'y vois les

règles de la physique qui s'expriment en termes de gravité, de perfection de certaines projections. Et puis, il y a ce côté unique de chaque image. Refaire la même photo avec la même projection de sang, c'est impossible. Il est clair que ces considérations n'entrent jamais en compte lorsque j'effectue mon travail.

«Je refuse par contre d'être pris en otage par une photo, lorsque la partie adverse l'utilise exagérément pour cacher souvent la faiblesse de son argumentation»

Serge Buehlmann

Une autorisation du Ministère public a été nécessaire pour diffuser ces photographies. Pourquoi?

Serge Buehlmann: Dès qu'une instruction est ouverte, l'ensemble des éléments matériels sont de la propriété du Ministère public. C'est lui qui décide si l'on peut communiquer ou non sur de tels éléments.

Pierre Jenny est journaliste indépendant.

Notre expert ► **Serge Buehlmann** est commissaire technique, chef du Commissariat d'identification judiciaire de la Police cantonale fribourgeoise.
serge.buehlmann@fr.ch



Notre expert ► **Loïc Parein** est avocat et chargé de cours à la Chaire de droit pénal et criminologie de l'Unifr.
loic.parein@unifr.ch



Es sind die Hormone!

Sie entscheiden über unsere Energie, unser Wachstum, unsere Libido: die Hormone. Endokrinologin Anna Lauber-Biason erklärt, warum eine einzelne Blutentnahme nichts über unseren Hormonhaushalt aussagt, wieso nicht nur trans Männer Testosteron bekommen – und wie uns Nachtarbeit krank machen kann. **Lovis Noah Cassaris**

Anna Lauber-Biason, Sie befassen sich seit Jahren mit der Erforschung von Hormonen – woher kommt diese ungebrochene Leidenschaft?

Das war eher zufällig – oder sagen wir: schicksalhaft. Im ersten Jahr meines Medizinstudiums wurde meine Mutter krank. Sie hatte eine Hormonstörung bzw. einen Überschuss an einem bestimmten Hormon. Ich war fasziniert davon, wie komplex und entscheidend diese Prozesse sind. Aus einer schwierigen persönlichen Situation ist eine Leidenschaft entstanden. Seither begleitet mich das Thema durch meine gesamte Karriere.

Wo liegt heute Ihr Fokus im Bereich der Hormonforschung?

Mein Hauptforschungsthema ist die Geschlechtsentwicklung – also, wie sich verschiedene Geschlechter biologisch entwickeln, mit besonderem Fokus auf hormonelle Prozesse.

Was kann man aus dem Blut über Hormone herauslesen?

Sehr viel. Das Blut ist für uns Endokrinolog_innen die wichtigste Quelle, um hormonelle Zustände zu erfassen. Man kann ein sogenanntes «hormonelles Profil» erstellen und sehen, ob eine Person zu viel oder zu wenig eines bestimmten Hormons produziert. Viele Diagnosen beginnen mit einer einfachen Blutentnahme.

Welche Hormone zirkulieren denn im Blut – und welche Aufgaben haben sie?

Es gibt einige! Und sie übernehmen ganz unterschiedliche Aufgaben im Körper – Hormone sind sozusagen die Kommunikationsmittel zwischen den Organen. Ein bekanntes Beispiel ist Insulin, das den Blutzuckerspiegel senkt. Glukagon macht das Gegenteil, das hebt den Blutzucker wieder an. Dann haben wir Adrenalin und Noradrenalin, die werden in Stresssituationen ausgeschüttet und sorgen dafür, dass der Herzschlag schneller wird und der Blutdruck steigt. Cortisol ist auch ein Stresshormon, aber eher für langfristige

Anpassungen zuständig. Schilddrüsenhormone wie T3 und T4 regulieren den Stoffwechsel – also wie schnell unser Körper arbeitet. Bei den Sexualhormonen sind Östrogene und Progesteron wichtig für den Zyklus und eine mögliche Schwangerschaft, Testosteron spielt eine Rolle bei Muskelaufbau und Libido. Dann gibt's noch LH und FSH, die steuern die Reifung von Eizellen und die Hormonproduktion in den Keimdrüsen. Und ganz wichtig für den Schlaf ist Melatonin – das reguliert unseren Tag-Nacht-Rhythmus.

Wie funktioniert denn diese Kommunikation genau? Wie kommen die Hormone im Körper dahin, wo sie wirken sollen?

Das Blut ist gewissermassen das Transportsystem, in dem sich die Hormone bewegen. Sie werden in bestimmten Drüsen produziert – etwa in der Schilddrüse, in den Nebennieren oder der Bauchspeicheldrüse – und gelangen über den Blutstrom zu ihren Zielzellen. Allerdings reagiert nicht jede Zelle auf jedes Hormon. Eine Zelle muss den passenden Rezeptor haben – nur dann kann das Hormon überhaupt andocken und eine Wirkung entfalten.

Kann man Hormone nur im Blut messen – oder auch anderswo im Körper?

Im Prinzip zirkulieren die meisten Hormone im Blut – das ist ihr Hauptweg. Aber man kann sie auch in anderen Körperflüssigkeiten nachweisen. Im Urin zum Beispiel – da findet man entweder die Hormone selbst oder ihre Abbauprodukte. Schwangerschaftstests messen so etwa hCG. Im Speichel kann man bestimmte freie, also biologisch aktive Hormone erfassen – Cortisol ist da ein gutes Beispiel. In speziellen Fällen – etwa in der Forschung oder bei bestimmten Erkrankungen – untersucht man auch Stuhlproben oder sogar Gehirnflüssigkeit, den sogenannten Liquor. Aber ja, Blut ist nach wie vor das Standardmedium für Hormonmessungen – einfach, weil es die meisten Informationen liefert.

Wie zuverlässig sind kommerzielle Hormon-Selbsttests?

Die können erste Hinweise geben – aber man muss wissen, dass sie in ihrer Aussagekraft begrenzt sind. Zum einen gibt es grosse Unterschiede zwischen den Anbietern – was die Qualität und Genauigkeit betrifft. Zum anderen hängt viel vom richtigen Zeitpunkt ab: Bei Sexualhormonen zum Beispiel vom Zyklus, bei anderen von der Tageszeit. Kurz gesagt: Solche Tests können als Orientierung dienen, aber sie ersetzen keine ärztliche Untersuchung.

Sind die Hormonwerte im Blut denn stabil?

Nein – das ist ein häufiges Missverständnis. Viele Hormone schwanken stark. Cortisol zum Beispiel folgt einem zirkadianen Rhythmus: Morgens ist es hoch, abends tief. Bei Menstruierenden ändern sich die Werte zyklisch über den Monat. Deshalb reichen einzelne Messungen nicht – wir brauchen häufig mehrere Blutentnahmen zu unterschiedlichen Tageszeiten und Zyklusphasen, um ein verlässliches Bild zu bekommen.

Was passiert hormonell, wenn Menschen in der Nacht arbeiten müssen?

Das ist tatsächlich ein Problem. Unser Cortisol – ein wichtiges Hormon für den Energie- und Zuckerhaushalt – ist morgens am höchsten und fällt im Tagesverlauf ab. In der Nacht, also ab ca. 23 Uhr, soll es tief sein, damit wir zur Ruhe kommen. Wer aber regelmässig Nachtdienst hat, kehrt diesen Rhythmus um – das bringt den ganzen Körper aus dem Gleichgewicht. Die Folge: Der Energie- und Zuckerhaushalt funktioniert nicht mehr wie gewohnt. Viele Menschen mit Nachtschicht nehmen zu, weil sie mehr essen und der Stoffwechsel sich verändert. Mit der Zeit kann das zu Zuckerkrankheit führen – also Diabetes.

Alle Menschen haben sowohl Testosteron als auch Östrogene. Warum spricht man trotzdem von «männlichen» und «weiblichen» Hormonen?

Das ist eine Frage der Dosierung – und der Wirkung. Testosteron und Östrogene kommen bei allen Menschen vor, aber in sehr unterschiedlichen Mengen und mit sehr unterschiedlichen Wirkungen. Wenn Testosteron dominiert, entstehen z.B. typischerweise mehr Muskelmasse und andere Körperbehaarungsmuster. Östrogene beeinflussen Fettverteilung, Brustentwicklung und schützen das Herz-Kreislauf-System. Die Begriffe «männlich» und «weiblich» sind medizinisch vereinfachte Kategorien – aber nicht falsch.

Hört man Testosteron, denkt man häufig an trans Männer. Wer bekommt medizinisch Testosteron verschrieben?

Zum Beispiel Männer mit dem Klinefelter-Syndrom – einer chromosomalen Variante. Diese Männer haben ein X zu viel, weshalb sich ihre Hoden im Mutterleib nicht richtig

entwickelt haben. Sie produzieren oft wenig Testosteron. Deshalb brauchen sie ab der Pubertät zusätzliches Testosteron, damit sie sich normal entwickeln können. Das Syndrom betrifft einen von 800 Männern, ist also relativ häufig. Diese Männer haben auch einen nicht durchschnittlichen Körperbau, sind sehr gross. Aber auch ältere Männer oder Menschen, deren Hoden z. B. wegen eines Tumors entfernt wurden, erhalten es, um Lebensqualität und Knochendichte zu erhalten. Und natürlich erhalten auch trans Männer Testosteron.

Was ist mit Frauen?

Interessanterweise bekommen auch manche cis Frauen Testosteron – etwa nach der Menopause, bei Libidoverlust oder depressiver Verstimmung.

Und was passiert, wenn Frauen von Natur aus mehr Testosteron haben?

Das häufigste Beispiel ist das PCO-Syndrom – das polyzystische Ovarialsyndrom. Es betrifft sechs bis zehn Prozent der cis Frauen im gebärfähigen Alter. Diese Frauen produzieren zu viel Testosteron in den Eierstöcken, was zu Zyklusstörungen, verstärktem Haarwuchs, also Hirsutismus, oder unerfülltem Kinderwunsch führen kann.

Comedians greifen gern das Bild der italienischen Frauen mit Schnauz auf. Gibt es denn Unterschiede bei hormonellen Diagnosen in Bezug auf ethnische Herkunft?

Ja, absolut. Frauen aus südlichen Regionen zeigen häufiger einen stärkeren Haarwuchs als Frauen aus dem Norden. Weisse Frauen sind häufiger betroffen als asiatische. Das hat biologische Gründe – etwa unterschiedliche Hormonprofile oder Rezeptorempfindlichkeiten. Und ja, das ist teilweise auch sichtbar: Das gängige Klischee von älteren südeuropäischen Frauen mit Gesichtsbehaarung hat tatsächlich eine hormonelle und ethnische Grundlage. Auch wenn es oft belächelt wird – es steckt mehr dahinter, als man denkt.

Welche Rolle spielen Hormone im Leistungssport?

Eine sehr grosse. Testosteron wirkt anabol, also muskelaufbauend. Pro zusätzlicher Einheit kann die sportliche Leistungsfähigkeit in bestimmten Disziplinen – etwa Sprint oder Kraftsport – um 10 bis 13 Prozent steigen. Das ist enorm. Deshalb ist Testosteron auch ein Dopingmittel. Aber es gibt Menschen, die von Natur aus höhere Werte haben – cis Frauen mit PCO-Syndrom etwa oder intergeschlechtliche Personen, also Personen, die von Geburt an körperliche Geschlechtsmerkmale haben, die nicht eindeutig männlich oder weiblich sind.

Wie regeln Sportverbände das?

Es gibt internationale Grenzwerte, etwa vom Internationalen Olympischen Komitee. Wer zu hohe Testosteronspiegel

hat, muss – sofern sie als Frau antreten möchte – unter einen bestimmten Schwellenwert kommen. Früher war die Grenze so gesetzt, dass Frauen nicht mehr als die tiefsten Männerwerte haben durften. Jetzt ist es anders: Wer als Frau starten will, darf maximal die Hälfte des männlichen Minimalwertes an Testosteron im Blut haben. Liegt der Wert höher – sei es genetisch oder hormonell induziert –, darf man nicht in der Frauenkategorie antreten, es sei denn, man senkt den Spiegel medikamentös. Die Idee ist, einen fairen Wettbewerb zu ermöglichen.

Das heisst, auch cis Frauen mit PCO-Syndrom können ausgeschlossen werden?

Ja, potenziell schon. Wenn ihr natürlicher Testosteronspiegel zu hoch ist, müssten sie Medikamente nehmen, um überhaupt teilnehmen zu dürfen. Das wirft viele ethische Fragen auf.

Ist das gerecht?

Das ist eine ethisch sehr schwierige Frage. Der Sport basiert auf körperlichen Unterschieden – Grösse, Schnelkraft ... Trotzdem versucht man, grobe Vorteile durch hormonelle Besonderheiten auszugleichen. Solange die Regeln für alle gelten, ist das zumindest nachvollziehbar. Aber es bleibt ein heikles Thema.

Wie gehen Sie damit um?

Mit grosser Vorsicht. Ich habe beruflich mit trans und intergeschlechtlichen Menschen zu tun – da geht es um weit mehr als Sport. Natürlich müssen Fairness und Chancengleichheit gewahrt bleiben, aber gleichzeitig darf niemand diskriminiert werden. Wenn jemand genetisch eine aussergewöhnliche Fähigkeit hat, sagen wir besonders gross ist und deshalb im Basketball einen Vorteil hat, dann nennen wir das Talent. Aber wenn es hormonell bedingt ist, wird es oft problematisiert.

Wie funktioniert eigentlich Blutdoping?

Blutdoping zielt darauf ab, die Anzahl der roten Blutkörperchen zu erhöhen. Diese transportieren Sauerstoff – je mehr davon im Blut sind, desto mehr Sauerstoff gelangt in die Muskeln. Dadurch steigt die Ausdauerleistung deutlich. Das bringt Vorteile in Sportarten wie Marathon oder Radrennen. Manche Athlet_innen machen dafür Bluttransfusionen, d. h. sie lassen sich eigenes Blut abnehmen und später wieder zuführen. Andere nutzen EPO, ein Hormon, das die Bildung roter Blutzellen ankurbelt. Aber: Das Blut wird dicker, was das Risiko für Thrombosen, Schlaganfälle oder Herzinfarkte erhöht. Das ist nicht ungefährlich.

Gibt es Missverständnisse rund um Hormone oder Blut, die Sie nerven – oder die Sie gern einmal richtigstellen würden?

Oh ja. Also ich bin nicht der Typ, der sagt: «Das ist jetzt so, fertig, Schluss.» Aber es gibt ein paar Dinge, die mich wirklich erstaunen – sogar bei Kolleg_innen. Zum Beispiel glauben viele, dass man mit einer einzigen Blutentnahme das hormonelle Gleichgewicht oder Ungleichgewicht einer Person beurteilen kann. Aber das geht einfach nicht. Hormone schwanken ständig – je nach Tageszeit, Stresslevel, Zyklusphase. Mit einer einzigen Messung kann man kaum etwas Verlässliches sagen. Das nervt mich wirklich, weil es zu Fehlinterpretationen führt. Je nachdem, wann, wie und mit welcher Methode man das Blut abnimmt, können die Resultate stark variieren. Ich sage oft: *Eine Messung in der Endokrinologie ist wie keine Messung.*

Das Wort «Endokrinologie» ist für viele fremd. Wenn man die Bedeutung kennt, versteht man vielleicht besser, wieso sie so wichtig ist und warum Sie sich so sehr dafür begeistern.

Das Wort ist zusammengesetzt: Endo heisst auf Altgriechisch «innen», krinein bedeutet «entscheiden», -logie ist die Lehre. Endokrinologie ist also die Lehre der inneren Entscheidungen. Hormone steuern alle zentralen Körperprozesse: vom Wachstum über den Stoffwechsel bis zur Entwicklung des Gehirns. Sie sind die Botenstoffe, die unseren Körper miteinander vernetzen. Und das Beste – oder Beängstigendste: Ohne Hormone funktioniert der Mensch überhaupt nicht. Wer auf einen Schlag keine Hormone mehr hätte – «Adieu!», wie ich gerne sage.

Lovis Noah Cassaris ist Wissenschaftsredaktor bei Unicom.

Unsere Expertin ► **Anna Lauber-Biaison** ist Professorin am Departement für Endokrinologie, Metabolismus und Kardiovaskuläres System (EMC) der Abteilung Medizin.
anna.lauber@unifr.ch



Bedankt
voor uw bestelling!

Thank you
for your order!



En lettres de sang

Le sang qui coule dans nos veines abreuve notre littérature.
Ambivalent jusqu'à la dernière goutte, il est symbole
de vie et de malédiction; il nourrit et il élève autant qu'il
condamne ou purifie. **Céline Graillat-Mansuy**

Le sang constitue un motif littéraire ambivalent, oscillant entre vie et mort, filiation et malédiction, fascination et horreur. Présent dès l'Antiquité, il symbolise à la fois la transmission biologique et sociale d'un héritage et l'empreinte du crime ou du sacrifice. En tant que fluide vital, il témoigne de l'appartenance à une lignée, mais marque aussi la transgression, la culpabilité et la fatalité. Le sang cristallise les tensions entre l'individu et son destin, entre la légitimité de la filiation et le poids des fautes ancestrales. Dans cette optique, la littérature explore son pouvoir tantôt comme lien inéluctable, tantôt comme instrument sacrificiel et purificateur.

Du *fatum* à la malédiction

Dans les œuvres «historiques», le sang royal fonde le droit à régner: chez Shakespeare, Henry V s'appuie sur son lignage pour légitimer son pouvoir (*Henry V*, 1599). Le «sang bleu», symbole de pureté aristocratique, traverse les époques comme un garant de légitimité. Toutefois, cette noblesse héréditaire peut être corrompue: dans *Macbeth* (1623), le sang de Duncan souille le règne de Macbeth, exprimant la transgression et l'impossibilité de fuir la faute. Dans *Le Roi se meurt* d'Ionesco (1962), la mort frappe le roi malgré son sang, rendant absurde l'idée de l'éternité du pouvoir. Maurice Druon, dans *Les Rois maudits* (1955-1977), reprend cette idée à travers la malédiction

des Templiers, jetée sur les descendants de Philippe le Bel, malédiction qui entraîne l'extinction des Capétiens directs et ouvre la Guerre de Cent Ans.

Cette malédiction dynastique n'est pas nouvelle et trouve ses origines au cœur des tragédies antiques. Les Atrides, marqués par le crime originel de Tantale, sont prisonniers-ères d'un cycle sanglant de meurtres et de vengeance: Atrée, Thyeste, Agamemnon, Clytemnestre et Oreste répètent les fautes des générations précédentes (Eschyle, *Agamemnon*, V^e siècle av. J.-C.). Sartre, dans sa réécriture de *La Maison des Atrides* (1947), souligne la liberté relative de l'individu face à cet héritage, même s'il ne peut y échapper totalement. Chez les Labdacides, le sang devient aussi un sceau de la fatalité. Dans *Œdipe Roi* de Sophocle (V^e siècle av. J.-C.), la prophétie s'accomplit malgré tous les efforts pour la fuir: Œdipe tue son père Laïos, épouse sa mère Jocaste et donne naissance à une génération vouée à la ruine. Antigone, Ismène, Étéocle et Polynice sont toutes et tous victimes d'un destin inscrit dans leur sang (Sophocle, *Antigone*). Chez Sophocle, le *fatum* agit indépendamment de la morale: l'origine familiale scelle le sort des individus.

La marque du sang

À l'époque moderne, Zola transpose ce déterminisme au XIX^e siècle à travers le prisme scientifique. Dans *Les Rougon-Macquart* (1870-1893), l'hérédité devient atavique:

la folie, l'alcoolisme ou la violence semblent transmis par le sang. À partir d'Adélaïde Fouque, atteinte de troubles mentaux (par son père), deux branches familiales se développent: les Rougon, «réussis», et les Macquart, marqués par la dégénérescence. Leur fils Antoine (*La Fortune des Rougon*, 1871), puis sa fille Gervaise, boiteuse et alcoolique (*L'Assommoir*, 1897), la fille de celle-ci, Anais Coupeau, cocotte vérolée de la Belle Époque (*Nana*, 1879) ou Jacques, souffrant de pulsions meurtrières (*La Bête humaine*, 1890) incarnent cette malédiction biologique, illustrant une société prisonnière des lois héréditaires. Pour Zola, la dégénérescence et les tares se transmettent par le père...

Pourtant, la littérature interroge aussi le lien du sang quand celui-ci fait défaut ou est rejeté. Dans *Oliver Twist* de Dickens (1837–1839), l'absence de filiation claire crée une quête identitaire. Oliver, orphelin, cherche à comprendre ses origines, mais finit par montrer que l'on peut se construire en dehors du sang: la famille d'adoption devient le nouvel ancrage. À l'inverse, *Les Frères Karamazov* de Dostoïevski (1880) illustrent la violence du lien filial. Les trois frères détestent leur père Fiodor, dont l'immoralité et le vice pèsent sur eux. Le parricide, commis ou souhaité, devient une tentative de rompre ce lien, mais ils ne parviennent pas à se libérer réellement. Le crime ne détruit pas l'héritage; il l'exacerbe. Ainsi, même dans le rejet, la filiation demeure une force inaltérable.

Au-delà de l'hérédité, le sang versé devient un symbole de culpabilité dans les tragédies. Chez *Hamlet* de Shakespeare (1600), Hamlet est hanté par le meurtre de son père: le fantôme du roi réclame vengeance et Hamlet s'enfonce dans un tourment sans issue: le sang de Claudius appelle celui d'Hamlet, dans une spirale fatale. Dans *Macbeth*, le meurtre du roi Duncan déclenche une série de cauchemars: Lady Macbeth tente vainement d'effacer le sang de ses mains, symbole d'un crime ineffaçable. Le sang devient alors le reflet d'une conscience coupable, d'un poids moral inéluctable. Ce motif se retrouve dans le roman gothique. Dans *Le Portrait de Dorian Gray* d'Oscar Wilde, publié en 1890, le sang ne marque pas le corps mais le portrait du héros: Dorian, indemne physiquement, voit son image se déformer à chaque faute. Le tableau devient le miroir de son âme corrompue. Le sang n'est plus visible, mais son empreinte demeure, intangible et destructrice.

Un sacrifice pour une rédemption

Le sang du crime agit donc comme une malédiction: il appelle la vengeance, ronge les consciences, déforme les âmes. Il n'est jamais anodin. Chaque goutte versée engage l'avenir et souille le présent. Dans cette perspective, la littérature propose parfois le sang comme solution: verser son sang pour se purifier ou racheter une faute. Le sacrifice devient une réponse à la souillure. Ainsi, dans la Bible ou la tragédie grecque, l'effusion de sang volontaire est source de

rédemption. Le Christ, figure centrale du sacrifice salvateur, incarne l'idée que le sang peut libérer du péché. Dans *Iphigénie* (Racine, 1674), le sang de la jeune fille apaise les dieux. Le sacrifice n'est pas seulement un prix à payer, mais un acte qui transforme, purifie et rachète. Le sang peut permettre de renaître. La souffrance volontaire ou imposée devient une forme de purification. Dans *Le Conte du Graal* (Chrétien de Troyes, v.1182–1190), Perceval contemple du sang sur la neige, un moment crucial représentant une prise de conscience de la dualité humaine: entre l'idéal chevaleresque (la pureté, l'innocence, l'honneur représentés par la neige) et la réalité violente de ce monde (le sang). Chez Giono, dans *Un roi sans divertissement* (1947), le même motif du sang sur la neige marque le moment où l'inspecteur Langlois, qui enquête sur une série de meurtre, réalise qu'il est à un point de bascule entre le Bien et le Mal puisqu'il lui semble comprendre le meurtrier qu'il traque.

Le sang dans la littérature est un fluide polysémique: trace biologique, symbole de lignée, stigmatisme du crime ou instrument de purification. Il interroge la liberté humaine face à l'héritage, la culpabilité et le sacrifice

Après celui de l'assassin, son sacrifice pour sortir de l'abîme sera inévitable. En somme, le sang dans la littérature est un fluide polysémique: trace biologique, symbole de lignée, stigmatisme du crime ou instrument de purification. Il interroge la liberté humaine face à l'héritage, la culpabilité et le sacrifice. Portant en lui les marques du passé, il façonne les destins, parfois les condamne, parfois les rachète. Il est à la fois mémoire, malédiction et espérance.

Le sacrifice sanglant, qu'il soit imposé ou transgressif, illustre les tensions entre lois sociales, divines et pulsions individuelles. Dans *Médée* d'Euripide (V^e siècle av. J.-C.), l'héroïne commet l'impensable en tuant ses enfants pour se venger de Jason: ce sang versé devient une transgression totale, autant personnelle que sacrée, révélant le pouvoir destructeur de la colère. À l'inverse, dans le roman gothique *Le Moine* de Matthew Gregory Lewis (1796), le sacrifice devient pacte satanique: le sang est un moyen d'obtenir un pouvoir maudit. Le personnage sombre dans la déchéance morale par sa quête d'autorité, montrant le

sacrifice comme corruption ultime. Umberto Eco dans son roman *Le Nom de la rose* (1980) transforme le sang versé qui, dans un contexte inquisitorial, devient à la fois avertissement et punition: il révèle la tension entre foi, savoir et autorité. Le sacrifice y prend une valeur symbolique, marquant la domination religieuse et la lutte contre la pensée libre.

Entre terreur et fascination

Dans la littérature gothique et fantastique, le sang fascine et terrifie à la fois. Le vampire, figure emblématique, s'en nourrit pour survivre et transmettre sa malédiction. Dans *Dracula* de Bram Stoker (1897), le sang est source d'immortalité et de damnation: le comte s'approprie la vie des autres pour prolonger la sienne, piégeant ses victimes dans une boucle d'asservissement. De façon plus métaphorique, dans *Le Horla* de Maupassant (1887), un être invisible aspire la vitalité du narrateur: cette perte invisible évoque une forme de vampirisme spirituel. Le sang ou la force vitale devient ici symbole de contrôle, de dépossession et de peur de l'aliénation.

Le sang se révèle aussi métaphore du désir et du pouvoir. En 1974, dans *Carrie* de Stephen King, les premières menstruations de l'héroïne déclenchent ses pouvoirs télékinétiques. Le sang, ici, est signe de transformation, d'éveil du désir et d'une vengeance longtemps contenue. Il devient catalyseur d'une puissance jusque-là réprimée. De même, dans *Le Parfum* de Süskind en 1985, le sang symbolise l'essence des victimes: Grenouille cherche à capturer leur âme par l'odeur, transformant leur biologie en pouvoir sensoriel et absolu. Le sang devient instrument de possession, matérialisation du désir d'absorption et de contrôle de l'autre.

Le sang en littérature s'impose comme un symbole existentiel et identitaire

Par ailleurs, dans des récits plus politiques ou historiques, le sang prend une signification collective, liée à la lutte et à l'émancipation. Dans 1984 d'Orwell (1949), il symbolise à la fois la terreur totalitaire et la tentative de réappropriation du corps par Winston: son acceptation de la douleur devient acte de résistance intérieure. Dans *Les Misérables* de Victor Hugo (1862), le sang versé lors des révolutions est le prix de l'émancipation populaire. Il symbolise à la fois la souffrance sociale et l'espoir d'un monde plus juste. *La Légende des siècles* également de Hugo (1859) généralise cette idée à toute l'histoire humaine: le sang du peuple

est moteur du progrès, bien qu'il en paie toujours le prix fort. Le sacrifice collectif devient ainsi levier de transformation sociale.

Le sang en littérature s'impose comme un symbole existentiel et identitaire. Il marque la filiation et le destin, comme dans le mythe d'Œdipe, où la malédiction du sang révèle les conflits générationnels. Il incarne aussi bien l'héritage que la rupture: dans *Médée*, le sang des enfants devient négation de la lignée. Le sang est aussi symbole de transmission d'un pouvoir maudit (*Dracula*), d'un désir absolu (*Le Parfum*), ou d'une quête de libération (1984, *Les Misérables*). Il est ambivalent: il lie la souffrance au salut, l'oppression à la révolte, la violence à la justice.

Ainsi, le sang n'est jamais neutre en littérature. Il est à la fois fluide vital, marqueur de sacrifice, véhicule de pouvoir, expression de désir ou support de rédemption. À travers les œuvres évoquées, il devient le miroir des tensions humaines les plus profondes: entre pulsions et lois, entre individu et société, entre domination et libération. Le sang, qu'il purifie ou maudisse, qu'il transforme ou condamne, demeure une empreinte indélébile sur les corps et dans les récits.

Notre experte ► **Céline Graillat** est chargée de cours au Département de français.
celine.graillat@unifr.ch





Ein Boost für die kleinen Kraftwerke

Mitochondrien sind als Bestandteil unserer Zellen für die Energieproduktion im Körper zuständig. Ihre Leistungsfähigkeit kann mit simuliertem Höhentraining gesteigert werden. **Matthias Fasel**

«Die meisten Leute assoziieren Höhentraining mit Sport und der gesteigerten Produktion von roten Blutkörperchen», sagt Erich Hohenauer. Es ist eine Methode, die sich insbesondere bei Ausdauersportler_innen längst etabliert hat. Sie trainieren in den Bergen, wo die dünne Luft für Hypoxie, also Sauerstoffmangel, sorgt. Dadurch produziert der Körper mehr rote Blutkörperchen, die für den Sauerstofftransport zuständig sind. Das trägt zur Steigerung der Fitness bei. «In den letzten Jahren hat man jedoch immer klarer festgestellt, dass Hypoxie nicht nur einen Einfluss auf rote Blutkörperchen hat, sondern ebenfalls auf die Mitochondrien.»

Das hat Hypoxie-Therapien auch in den Bereichen Prävention und Rehabilitation Tür und Tor geöffnet. «Mitochondrien, die nicht gut funktionieren, können für eine Vielzahl an Erkrankungen mitverantwortlich sein, speziell Krankheiten, die mit Energiekrisen zusammenhängen.» Als Beispiele nennt Hohenauer Depressionen, Burnout und Long Covid. «Aber auch neurodegenerative Erkrankungen wie Multiple Sklerose und Parkinson stehen im Zusammenhang mit mitochondrialer Dysfunktion», sagt der ausgebildete Physiotherapeut und promovierte Rehabilitationswissenschaftler.

Nobelpreis als Initialzündung

Mitochondrien befinden sich in fast allen Zellen unseres Körpers. «Sie sind deren Kraftwerke, verantworten die ATP-Produktion.» Adenosintriphosphat (ATP) ist der Hauptenergieträger der Zellen. Hat die Zelle zu wenig Energie, kann das Gewebe nicht funktionieren, funktioniert das Gewebe nicht, versagt der Organismus. «Darum sind Mitochondrien so wichtig und omnipräsent, sie produzieren täglich ATP in der Höhe des eigenen Körpergewichts eines Menschen.»

Doch was hat das alles mit Hypoxie zu tun? Sehr viel, weiss man spätestens seit 2019, als Gregg Semenza der Medizin-Nobelpreis für die Entdeckung des HIF-1alpha-Faktors verliehen wurde. Dieser Transkriptionsfaktor wird bei

Sauerstoffmangel aktiv und reguliert die Expression zahlreicher Gene. «Die Entdeckung war ein Meilenstein für die moderne Hypoxie-Forschung. Mitochondrien und HIF-Faktoren spielen stark miteinander zusammen», sagt Hohenauer, dessen Interesse an dem Thema damals ebenfalls geweckt wurde.

Fitte Mitochondrien

Für seine Habilitation an der Universität Freiburg untersuchte Hohenauer, wie sich Hypoxie konkret auf die Mitochondrien auswirkt. Dazu musste er mit seinen Proband_innen nicht in die Berge; Höhentraining lässt sich heute simulieren, sei es mit Druckkammern oder mit einem Maskensystem. Hohenauer versorgte die Proband_innen – gesunde Physiotherapie-Studierende – im Labor drei Wochen lang mehrmals pro Woche 45 Minuten abwechselungsweise mit normaler Luft sowie hypoxischer Luft, die das Level der arteriellen Sauerstoffsättigung zwischenzeitlich immer wieder auf rund 85 Prozent absenken liess. Vor und nach der Behandlung sowie vier Wochen nach Ende der Behandlung wurde den Proband_innen Blut abgenommen, um die Mitochondrien darin zu untersuchen.

«Es gibt vier Faktoren, die entscheidend sind, um die mitochondriale Leistungsfähigkeit zu definieren», erklärt Hohenauer. Erstens geht es darum, wie hoch die ATP-Produktion ist. Zweitens, wie gross das Protonenleck. Hier gilt: Je kleiner das Leck, desto besser. Protonen sollten nicht unkontrolliert in die mitochondriale Matrix zurückfliessen. Drittens stellt sich die Frage nach der Reservekapazität: Können die Mitochondrien bei erhöhter Nachfrage, etwa bei körperlicher Belastung, ihre ATP-Produktion entsprechend steigern? Viertens spielt auch der oxidative Stress eine Rolle. Damit ist die Belastung durch reaktive Sauerstoffspezies (ROS) gemeint, die in höheren Konzentrationen zelluläre Strukturen – insbesondere auch Mitochondrien – schädigen können. Ein Übermass an oxidativem Stress kann entzündliche Prozesse fördern und die Zellfunktion beeinträchtigen.

«Die Studie hat interessante Ergebnisse hervorgebracht», sagt Hohenauer. «Die ATP-Produktion war im Vergleich zum Anfangswert signifikant erhöht – sowohl nach vier Wochen als auch nach acht Wochen.» Das Protonenleck ging ebenfalls signifikant zurück. «Die Integrität der mitochondrialen Membran verbesserte sich.» Auch die Reservekapazität war – jedenfalls in der Blutprobe, die direkt nach Ende der mehrwöchigen Behandlung entnommen wurde – signifikant höher. Alles positiv also? Nicht ganz. «Der oxidative Stress ist ebenfalls angestiegen.» Hohenauer geht davon aus, dass der hypoxische Stimulus an der Grenze zu dem war, was physiologisch noch gut kompensiert werden kann. «Wir haben stark entsättigen lassen, teilweise sogar knapp unter 80 Prozent. Da war der Stress für kurze Zeit wohl zu gross und hat proentzündliche Prozesse stimuliert. Womöglich wollten wir zu viel.»

Die Schwachen halten den Reiz nicht aus

Das Beispiel zeigt: Es ist ein schmaler Grat, auf dem man bei einer Hypoxie-Therapie wandert. Und doch sind unbestritten positive Effekte zu erzielen. Warum eigentlich? Was passiert im Körper, wenn wir dünne Luft einatmen? «Es gibt einerseits die direkt spürbaren Effekte, die man aus der Sportphysiologie kennt. Die Atmung wird beschleunigt und der Herzschlag verschnellert sich, um mehr Sauerstoff im Umlauf zu haben.» Gleichzeitig spielen sich molekulare Mechanismen ab. «Der HIF-1α-Faktor spielt dabei eine entscheidende Rolle. Er wird unter Normoxie recht schnell abgebaut, unter Hypoxie hingegen wird er stabilisiert», sagt Hohenauer. «Der Faktor hat den Effekt, dass er zur Gen-Expression beiträgt, die verschiedene positive Effekte auf die Gesundheit hat – dazu gehört die mitochondriale Biogenese.» Es werden also zusätzliche Mitochondrien produziert – gleichzeitig werden die funktionsgestörten, schwachen Mitochondrien, die den hypoxischen Reiz nicht aushalten können, abgebaut. «Das ist der eigentliche therapeutische Nutzen, wir haben mehr intakte Mitochondrien im Körper, die entsprechend effizienter arbeiten.»

Die Angebote an Hypoxie-Therapien nehmen zu, und gerade im Zusammenhang mit Long Covid auch die Medienpräsenz. «Für Long-Covid-Patienten ist es eine vielversprechende Therapie. Die Evidenzlage ist noch nicht eindeutig, es gibt aber Einzelnachweise. Die Behandlung scheint gut anzuschlagen. Durch die mitochondriale Dysfunktion, die bei Long-Covid-Patienten vorhanden ist, sind die Mitochondrien stark geschwächt», sagt Hohenauer.

Und doch ist die junge Behandlungsform als Mittel zur Rehabilitation oder Prävention in der breiten Bevölkerung noch wenig bekannt. «Ich gehe davon aus, dass sie sich in den kommenden Jahren stärker etablieren wird. Je umfassender die Studienlage, desto mehr wird die Praxis nachziehen.» Auch im Bereich Prävention. «In diesem Bereich verbessern

sich die Evidenzen ebenfalls immer mehr. Hypoxie-Therapien fördern auch bei grundsätzlich gesunden Personen die Leistungsfähigkeit der Mitochondrien. Das hilft dabei, dass Leber und weitere Organe gut funktionieren und nicht ein Defizit entsteht, das irgendwann zu einer Krankheit führen könnte», sagt Hohenauer, der in seiner Praxis in Vorarlberg Hypoxie-Therapien auch selbst anbietet. «Wichtig ist, ein individuelles Protokoll anzuwenden, das auf die Person abgestimmt ist, die vor einem sitzt. Es gibt gewisse Anwender, die standardisierte Protokolle abspulen, das ist nicht die richtige Herangehensweise.»

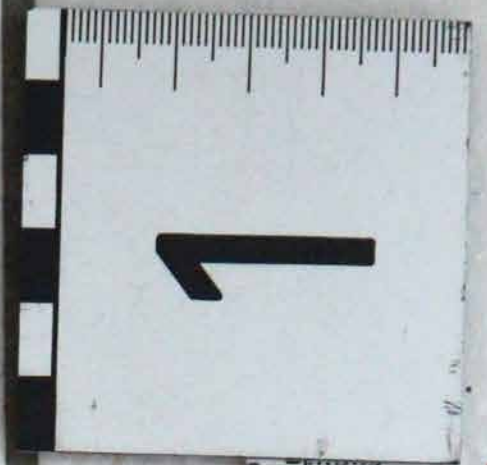
Der Einfluss des Lebensstils

Die Forschung steht noch am Anfang. Wo werden in den kommenden Jahren die Forschungsschwerpunkte liegen? «Die Behandlungsprotokolle werden ein wichtiges Thema bleiben. Welche Dosis ist für wen die richtige? Welche Intervalle braucht es? Müssen die Leute jeden Tag kommen oder nur dreimal pro Woche? Gibt es geschlechtsspezifische Unterschiede zu beachten?», nennt Hohenauer wichtige Fragen, die sich stellen. «Zudem wird man sich mögliche Nebenwirkungen genauer anschauen müssen.» Er ist überzeugt, dass es sich lohnt, weiter Zeit in das Thema zu investieren. «Plakativ ausgedrückt: Die Mitochondrien in unseren westlichen Gesellschaften sind nicht in einem optimalen Zustand.» Der Lebensstil kann ihre Qualität sowohl positiv als auch negativ beeinflussen. «Wenn gewisse Stressoren exzessiv auf uns einwirken, kann das negative Auswirkungen haben. Dazu gehört beispielsweise psychischer Stress, aber auch schlechte Ernährung wie Fast Food.»

Hypoxie-Therapien können nicht alle Versäumnisse aus dem Alltag wettmachen. «Gleichzeitig kann man mit Bewegung, guter Ernährung und gutem Stressmanagement die Mitochondrien sehr gut in den Griff kriegen. Die Hypoxie-Therapie ist also nur eine von mehreren möglichen Behandlungsformen», schliesst Hohenauer. Aber sie ist ein willkommener Boost für die kleinen Kraftwerke in unserem Körper.

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

Unser Experte ► **Erich Hohenauer** promovierte im Bereich Rehabilitationswissenschaften. Seit 2020 befasst er sich im Rahmen seiner Habilitation an der Unifr intensiv mit Hypoxie. Hohenauer ist stellvertretender Forschungsleiter des Labors an der Physiotherapie-Fachhochschule (SUPSI) Landquart und hat in Vorarlberg seine eigene Praxis mit Schwerpunkt für Hypoxie- und Kältetherapien. erich.hohenauer@supsi.ch



Aus Fleisch und Blut

In «Blutbuch» wird Blut zur vielschichtigen Metapher für Gewalt, Weiblichkeit, Herkunft und Widerstand gegen das Heteropatriarchat.

Kim de l'Horizons Roman entzieht sich eindeutigen Zuschreibungen – und macht genau darin die queere Kraft des Erzählens sichtbar. **Katja Kauer**

Laut dem Teufel in Goethes Faust ist Blut «ein ganz besonderer Saft», kein Wunder, dass Kim de l'Horizons meisterhaftes Romandebüt dieses so vieldeutig aufgreift und als zentrale Metapher für die Kritik am Heteropatriarchat setzt.

Ein «queerer Baum»

Die Metapher eröffnet fünf Deutungsspektren, beginnend mit der Anspielung auf die Blutbuche, die für die autofiktional gestaltete Hauptfigur den wundersamen Zufluchtsort in der Kindheit, später einen Analysegegenstand darstellt. Dieser Zierbaum ist ein «queerer Baum», denn Blutbuchen sind Mutationen, die durch das Fehlen eines Enzyms die blättertypische Grünfärbung missen lassen. Ihr Phänotyp liess sie eine grosse Karriere als Ziergewächs machen; eine Karriere, die sie aus der Welt der Oberschicht auch in den ärmlichen urgrossväterlichen Garten führte. Dass etwas aus der Art Geschlagenes, gerade in der Moderne, so beliebt werden konnte, ist nicht ohne Ironie. Seit Mitte des 18. Jahrhunderts, begann die (Natur-)Wissenschaft, sich um Eindeutigkeit zu bemühen und Abweichungen geringzuschätzen oder mit negativem Wert zu versehen. In der Romantik wurden Eichen zu nationalen Symbolen und später sogar als Zeichen für Reinheit, Stärke und Widerstandsfähigkeit missbraucht. In der Blutbuche manifestiert sich die Widersinnigkeit solcher Reinheitsdiskurse, gemäss denen eine Blutbuche eigentlich als eine Verfälschung der Natur gelten müsste.

Vererbte Wunden

Der nächste metaphorische Pfad des Blutes führt zu der Generationengeschichte. Blut deutet auf die Zugehörigkeit zu einer Herkunftsfamilie. Das erzählende Ich ist vom

selben Blut wie Mutter und Grossmutter, deren Geschichte der Roman ebenso festzuhalten trachtet, wie die eigene. Die inzestuöse Beziehung, die der Urgrossvater zu einer seiner Töchter unterhalten hat, die Blutschande, ist ein verschwiegene Familientrauma, das sich auf Grossmutter, Mutter und letztlich die Hauptfigur übertragen hat, die diesem Geheimnis auf die Spur kommt. Die Geschichte der Verleugnung weiblicher Identität, das Ausmerzen einer weiblichen Geschichte, der Geschichte des vom Vater missbrauchten Mädchens, liegt allen drei Generationen im Blut. Die Grossmutter agiert das Trauma durch Misogynie, die Tochter durch Selbstverleugnung aus. Auch die Hauptfigur hat in jungen Jahren versucht, sich Weiblichkeit abzutrainieren.

Blut als Geschlechterwiderstand

Blut deutet auch auf die Gewalt, der die Figur vor allem dann ausgesetzt ist, wenn sie als zu weiblich wahrgenommen wird. Ihre «Unmännlichkeit» muss die Erzählfigur mit Blut entgelten. Bedeutsam ist in «Blutbuch», dass Blut auch metaphorisch für Sexualität stehen kann. Sexuelle Praktiken, die sich den heteronormativen Vorgaben widersetzen, werden nicht selten mit blutenden Wunden assoziiert. Blut als die Flüssigkeit des Lebens, «Saft voller Kraft voller Glut», wie es hymnisch in einer Operette des 19. Jahrhunderts heisst, ist in der Imagination selten ein keusches Körpersekret. Die Zuschreibung warmen Blutes gilt auch bei Klassikern wie Lessing als Verweis auf sexuelle Affekte und Begehrlichkeiten, die zuweilen unbotmässig sind. Die veraltete despektierliche Redeweise von «warmen Brüdern», die im 20. Jahrhundert auf homosexuelle Männer abzielte, geht vermutlich auf die Vorstellung des

zu warmen Blutes zurück, das sich kalter, rationaler, sprich normativ männlicher Kontrolle widersetzt.

Die Wissenschaft der Körper

«Blutbuch» verweigert sich sowohl den modernen Logiken des Natur- als auch denen des Geschlechtsverständnisses. Manche mögen glauben, das Zentrale des Romans sei die Artikulation einer sich dem binären Geschlechtergegensatz (weiblich-männlich) verweigernden Hauptfigur, die ihre Schwierigkeiten mit dem Heteropatriarchat offenlegt, aber das Themenfeld, das «Blutbuch» eröffnet, ist weitaus grösser als das Bekenntnis zu einer individuellen Überschreitung des herkömmlichen Geschlechtsspektrums. «Blutbuch» ist kein Selbstverständigungstext, sondern erörtert das Geworfen-Sein in positivistische Systematisierungen, von denen Männer wie Frauen betroffen sind, die aber für Frauen als besonders schicksalsträchtig gelten können. Blut nämlich, und das scheint mir die wichtigste metaphorische Funktion zu sein, steht im Roman sinnbildlich für Weiblichkeit, «das andere Geschlecht», dar. Wenn «Blutbuch» als queerer Roman annonciert wird, was berechtigt ist, lässt sich leicht ausblenden, dass «Blutbuch» ein weiblicher Roman ist, was weder pejorativ «Frauenroman» noch Roman für Frauen bedeutet. «Blutbuch» ist ein Roman darüber, wie in der Moderne mit als weiblich markierten Körpern umgegangen wird.

Der als schwach gekennzeichnete, blutende, objektifizierte Leib zwang dem geschlechterdualistischen Verständnis nach weibliche Wesen in die Rolle der sozial Unterlegenen

Sich des Körpers zu schämen, um den Körper zu fürchten, ist nicht nur Schicksal der unehelich geschwängerten Grosstante, sondern auch das der Hauptfigur. Der Historiker Thomas Laqueur hatte bereits 1990 in «Making Sex» dargelegt, dass das 18. Jahrhundert einen fundamentalen Paradigmenwechsel in den Geschlechtervorstellungen eingeleitet hat, der die binäre Geschlechterdifferenz Menschen auf den Leib schrieb. Es war seiner Ansicht nach jedoch der Frauenkörper, der zum Feld wurde, auf dem männliche Macht und männlicher «Wissensvorsprung» erkämpft wurden. Der als schwach gekennzeichnete, blutende, objektifizierte Leib zwang dem geschlechterdualistischen Verständnis nach weibliche Wesen in die Rolle der

sozial Unterlegenen. Die Familiengeschichte der Hauptfigur zeugt davon, wie ein weiblicher Körper blutschänderisch gebrandmarkt wurde. Das Missbrauchsoffer kam ins Zuchthaus, der Täter blieb unbehelligt.

Die Magie der Blutbuche: Jenseits der Definitionen

In der Moderne unterstanden Frauen ihrer angeblich schwächeren Physis, ihrem Blut, denn man nahm die Menstruation als Argument dafür, dass Frauen der Herrschaft ihrer Reproduktionsorgane unterstellt seien, aus der sich im patriarchalischen Denken ihre Abhängigkeit vom Mann ableitete. Schon durch den Verweis auf Blut im Titel ist auch Monatsblut konnotiert und dieses Blut definiert Frauen als geschlechtsfähige Objekte. Blut war in der Moderne, zumindest im sexualgeschichtlichen Zusammenhang, weiblich, doch wie die Körperhistorikerin Barbara Duden zehn Jahre nach Laqueur klarstellte, ist die «Menstruation erst von der Medizin des 19. Jahrhunderts zu einer Funktion des weiblichen Reproduktionsvermögens gemacht worden». In der Vormoderne verlangte die Körperhygiene auch von Männern, regelmässig zu bluten. Nach Niedergang der Humoralpathologie gelangten Körper in die Fänge einer naturhaften, zur Reproduktion bestimmten Geschlechtlichkeit, von Trieben, die nicht in erster Linie als lustvoll oder romantisch angesehen wurden, sondern als naturnotwendig und als gegengeschlechtlich gerichtet. Die Metapher des Blutes für Nachkommenschaft und den (weiblichen) Reproduktionsapparat ist ideologisch damit verbunden. «Blutbuch» erteilt dem geschlechterdualistischen Denken eine Absage, denn die Hauptfigur blutet um ihr Leben, sei sie nun weiblich, männlich oder non-binär gelesen, sie glaubt weder an die Binarität noch an ominöse Definitionsmächte. Viel mehr glaubt sie an die Magie der Blutbuche und verlässt den Raum schnöder moderner Wissenschaftslogiken und «Männergeschichten»: Wesen aus Fleisch und Blut zu sein, ist, was uns alle verbindet.

Unsere Expertin ► **Katja Kauer** ist Queertheoretikerin und Genderforscherin.
katja.kauer@unifr.ch



Das Altern im Blut

Forschende am Labor für Gefäßbiologie untersuchen ein Enzym, das bei altersbedingten Zerfallsprozessen eine unrühmliche Rolle spielt: Es sorgt etwa dafür, dass Blutgefäße ihre Geschmeidigkeit verlieren, oder dass weisse Blutkörperchen Entzündungsprozesse anstossen. **Ori Schipper**

Es liegt auf der Hand: Altern tun wir – ausnahmslos – alle. Doch nicht alle gleich rasch. Und jeder Mensch auf seine Weise: Es gibt keinen einheitlichen Alterungsprozess. Woran also liegt es, dass sich Gebrechen und Gebrechen im Laufe des Lebens zusehends häufen? Wer hier eine einfache Antwort erwartet, wird enttäuscht, denn: Es ist kompliziert. Auch weil sich so viele Funktionen und Mechanismen, die das Altern steuern, gegenseitig beeinflussen.

Komplexes Knäuel von Zusammenhängen

Am passendsten ist vielleicht das Bild eines aus tausenden von unterschiedlichen Teilen zusammengesetzten Mobiles. Eine kleine Bewegung an einem Ende des verdrahteten Netzwerks kann sich auch auf weit entfernte Untersysteme auswirken, die Zusammenhänge sind schwer ergründlich – und erscheinen oft widersprüchlich. Das ist zumindest der Eindruck, der einem bleibt, wenn man sich mit der Forschungsgruppe um Zhihong Yang an der Universität Freiburg unterhält. Neben Yang selber haben sich auch Xiu-Fen Ming, Duilio Potenza, Santhoshkumar Sundaramoorthy und Yuejun Yao Zeit für ein Gespräch genommen.

Am Laboratorium für Gefäßbiologie und Altersforschung versuchen die Forschenden schon seit mehr als 20 Jahren, das komplexe Knäuel von Zusammenhängen zu entwirren, das dem Altern zugrundeliegt. Das Hauptaugenmerk der Forschenden liegt auf einem auf den ersten Blick unscheinbaren Enzym namens Arginase. Es treibt eine grundlegende Reaktion des Stoffwechsels voran. Und erlaubt den Zellen, die Aminosäure Arginin in kleinere Bestandteile zu zerlegen.

In den Zellen der innersten Wandschicht von Blutgefässen wird das unzerlegte Arginin aber auch von einem anderen Enzym namens Stickstoffmonoxid-Synthase abgebaut. Wie es der Name verrät, entsteht dabei Stickstoffmonoxid, eine gasförmige Substanz mit einer blutgefässerweiternden Wirkung. Das Gas sorgt dafür, dass die Schwellkörper in den Nasenmuscheln, in der Klitoris oder im Penis anschwellen. Zudem schützt es vor Herzinfarkt und anderen Gefässerkrankungen.

Elastische Gefässwände schützen vor Herzinfarkt

Innert weniger Sekunden lässt das Stickstoffmonoxid die Muskeln um die Gefässwände erschlaffen. Dadurch werden

die Gefässwände elastisch und verletzen sich weniger: «Stickstoffmonoxid ist ein vasoprotektives Molekül», sagt Yang. Sein Forschungsinteresse an der Arginase entstammt der Tatsache, dass sie mit der Stickstoffmonoxid-Synthase in Konkurrenz steht und ihr das Arginin gewissermassen vor der Nase wegschnappt.

Ohne Ausgangsstoff können die Gefässwandzellen kein gefässerweiterndes Gas herstellen. Dadurch bleiben die Muskeln angespannt. Und die Gefässe verengt. Lohnt es sich, Arginin von aussen zuzuführen, um dafür zu sorgen, dass sich die Gefässe ausweiten können – und sich also weniger verletzen? So lautete jedenfalls die Hypothese, die kurz nach der Jahrtausendwende in zwei klinischen Versuchen getestet wurde.

Wie Yang ausführt, hat sich die Hypothese seither jedoch als zu einfach – und sogar gefährlich – erwiesen. In den Studien schluckten Patientinnen und Patienten mit Gefässproblemen über mehrere Monate hinweg Tabletten mit Arginin (oder sogenannte Placebo-Tabletten ohne Wirkstoff). Wie sich herausstellte, erwuchs den Teilnehmenden, die Arginin zu sich nahmen, kein Vorteil. Im Gegenteil: «Chronisch eingenommenes Arginin nützt nicht nur nichts, offenbar schadet es sogar», sagt Yang. «Das liegt wahrscheinlich daran, dass das Arginin von der Arginase in schädliche Moleküle umgewandelt wird.»

Dass die Sache verschlungener ist, als man denkt, zeigt sich auch daran, dass wir Menschen über zwei verschiedene Arginase-Versionen verfügen, die zwar dieselbe chemische Reaktion beschleunigen, aber an unterschiedlichen Orten innerhalb der Zelle tätig sind: Während die Arginase I im freien Zellsaft schwimmt, befindet sich die Arginase II im Mitochondrium. Das ist eine Zellorganelle, also ein abgetrenntes Abteil, das auf die Energieproduktion spezialisiert ist – und deshalb oft als «Kraftwerk» oder «Batterie» der Zelle bezeichnet wird.

Überall im Körper an Alterungsprozessen beteiligt

Die genaue Lokalisation innerhalb der Zelle mag (wie so vieles in dieser Geschichte) als unbedeutendes Detail erscheinen, doch der feine Unterschied macht sich sehr deutlich bemerkbar. «Die Arginase I ist lebenswichtig», sagt Ming. Wenn das Gen bei Mäusen ausgeschaltet wird, sterben die Tiere innerhalb von zwei Wochen ab. Im

Unterschied dazu sehen Mäuse mit ausgeschaltetem Arginase II-Gen «sehr gesund» aus, sagt Yang.

Doch das ist noch nicht alles. Wie Yang und sein Team aufgezeigt haben, spielt die Arginase II mit zunehmendem Alter eine zusehends grössere Rolle: Sie ist praktisch überall im Körper – im Herz, in der Lunge, in den Nieren «und sehr wahrscheinlich auch im Gehirn», sagt Yang – an schädlichen Alterungsprozessen beteiligt: Stiesen die Forschenden auf grössere Mengen des Enzyms, entdeckten sie auch mehr Verhärtungen im Gewebe von Herz oder Lunge. Im Hirn der Mäuse führte die Arginase II zu Eiweissablagerungen, wie sie ähnlich auch im Hirn von Alzheimer-Patientinnen und -Patienten zu finden sind.

Während die Arginase I bestimmte weisse Blutkörperchen – die sogenannten Makrophagen, also die Fresszellen des Immunsystems – dazu verleitet, eine beruhigende, anti-inflammatorische Identität anzunehmen, entfalten im Gegensatz dazu die Makrophagen, die stattdessen die Arginase II verwenden, eine pro-inflammatorische, also entzündungsfördernde Wirkung.

Chronische Entzündungsherde

Auch darüber hinaus scheint die Arginase II zu einer Aktivierung des Immunsystems beizutragen. Dadurch wirkt sie daran mit, dass sich mit der Zeit chronische Entzündungsherde im Körper einnisten, die das Altern beschleunigen. Nicht umsonst spricht die Fachwelt von «inflammaging», einem aus Entzündung und Altern zusammengesetzten Kunstwort, das diese unschönen und unangenehmen Abbauprozesse beschreibt und zusammenfasst.

In jedem Biologie-Lehrbuch steht, dass Lebewesen bestens an ihre Umwelt angepasst sind, weil sie das Resultat eines natürlichen Selektionsprozesses sind: Dauernd, also bei jedem Kopiervorgang des Erbguts, entstehen zufällige Mutationen, und nur diejenigen, die den Trägern dieser Mutationen und ihren Nachkommen einen Vorteil verschaffen, werden beibehalten und über Millionen von Jahren weitervererbt. Doch wo genau liegt der Vorteil des Arginase II-Gens? Dessen Funktion kann ja nicht darin bestehen, Alterungsprozesse in Gang zu setzen?

Die Forschenden um Yang befassen sich schon seit Jahrzehnten mit der Arginase II, doch auf diese Fragen wissen auch sie noch keine Antwort. Geduldig und beharrlich ziehen sie an den verworrenen Fäden des Knäuels – und stossen so immer wieder auf neue Überraschungen. Zum Beispiel, dass die Arginase II auch bei Krebs eine unrühmliche Rolle spielt: Offenbar hilft sie Krebszellen dabei, aus dem Primärtumor auszubrechen – und an anderen Orten im Körper neue Ableger, sogenannte Metastasen, zu bilden.

Nur schon die Präsenz macht Probleme

In den Versuchen, die Yang und sein Team durchführten, genügte es, das Arginase II-Gen auszuschalten, um die Mäuse

vor solchen Metastasen zu schützen. Wie lassen sich diese Ergebnisse auf den Menschen übertragen? Das Gen bei Menschen auszuschalten, kommt für die Forschenden nicht in Frage. Das ist immer noch eher Stoff für Science-Fiction-Filme als etwas, mit dem schon bald zu rechnen wäre.

Für Yang und sein Team stehen in Sachen Anwendbarkeit ihrer Erkenntnisse medikamentöse Ansätze im Vordergrund. «Es gibt Wirkstoffe, die die Arginase hemmen», sagt Ming. «Doch sie wirken erstens nur schwach. Und zweitens hemmen sie beide Varianten des Enzyms.» Weltweit seien zwar Bestrebungen im Gang, neue chemische Moleküle zu identifizieren, die nur die Arginase II blockieren. Doch selbst dann hätte man die Altersschäden nicht unter Kontrolle, erklären die Forschenden.

Denn offenbar reicht es nicht, die katalytische Aktivität des Enzyms zu stoppen. Nur schon die Präsenz der Arginase II macht Probleme. Denn im Mitochondrium kann sie sich mit anderen Proteinen zusammenlagern. Und so Prozesse in Gang setzen, die zur Herstellung von giftigen Stoffwechselprodukten – und schliesslich zum Stillstand des Zellkraftwerks – führen.

Kein Wundermittel in Sicht

Die Bilanz aus dem Gespräch mit Yangs Forschungsgruppe ist ernüchternd. Ein Wundermittel, das alle schädlichen Effekte der Arginase II zu neutralisieren vermag, ist – zumindest zum jetzigen Zeitpunkt – nicht in Sicht. Aber lässt sich sonst etwas tun, um die entzündlichen Alterungsprozesse zu vermeiden? Was machen die Forschenden selber, um möglichst gesund zu altern?

«Die weitaus günstigste Art, das Altern hinauszuzögern, ist, sich ausreichend zu bewegen – und weniger zu essen», sagt Yang. «Die Nahrungsbeschränkung ist auch die einzige Methode, deren Wirkung nicht nur bei Mäusen, sondern auch bei Menschen verlässlich nachgewiesen ist.» Er selber gehöre zwar nicht zu der wachsenden Anzahl von Menschen, die dauernd hungern, um länger zu leben. Doch Yang habe früher, als er noch jünger war, oft ein ausgiebiges Nachtessen, meist mit Fleisch oder Fisch, zu sich genommen. «Heute genügt mir ein Salat», sagt Yang.

Ori Schipper ist freischaffender Wissenschaftsjournalist.

Unser Experte ► **Zhihong Yang** ist Professor am Departement für Endokrinologie, Metabolismus und Kardiovaskuläres System (EMC) der Abteilung Medizin. zhihong.yang@unifr.ch



Les globules rouges livrent leurs secrets

Le corps peut produire trop de globules rouges, ou pas assez. David Hoogewijs décrypte les raisons de ces dérèglements. Il a aussi découvert des nouvelles globines, ces molécules responsables du transport et du stockage de l'oxygène dans le corps. **Daniel Saraga**

Les athlètes le savent bien: avoir plus de globules rouges augmente l'apport d'oxygène aux muscles et améliore ainsi les performances physiques. De quoi opter pour des séjours préparatoires en altitude: l'oxygène raréfié stimule la sécrétion de l'hormone EPO, qui active la production de globules rouges. On peut également dormir dans des tentes spéciales simulant ces conditions. Les moins honnêtes se laisseront tenter par l'injection d'EPO, ou par une auto-transfusion de son propre sang concentré.

Le trop est l'ennemi du bien

L'EPO de synthèse est produite généralement à l'aide de cellules de hamster. Elle aide les gens souffrant d'un manque de globules rouges dans des cas d'anémie suite à une maladie des reins ou à une chimiothérapie. Mais l'inverse – un surplus de ces cellules sanguines – constitue également un problème médical. «L'érythrocytose est une condition très rare, mais incapacitante, explique David Hoogewijs, professeur à la Section de médecine. Le sang est moins fluide, ce qui augmente les risques de caillots sanguins. Les gens souffrent notamment de fatigue, de maux de tête et de douleurs articulaires.» Le traitement principal est la prise du sang ou phlébotomie, la version moderne de la saignée pratiquée au Moyen Âge à l'aide de ventouses et de sangsues.

En 2012, David Hoogewijs apprend qu'une concentration trop élevée de globules rouges affecte plusieurs membres de la même famille, le signe d'une origine génétique. Ses analyses identifient des mutations affectant la protéine PHD2, qui joue un rôle central dans la régulation de l'EPO dans le corps. Normalement, PHD2 agit comme un interrupteur lié au taux d'oxygène dans le sang. En situation normale, elle réagit avec l'oxygène pour dégrader une autre protéine, HIF-2. Elle l'empêche ainsi d'enclencher la sécrétion d'EPO et ainsi la production de globules rouges. Lorsque l'oxygène est en faible concentration, PHD2 ne peut plus agir sur HIF-2, qui déclenche alors la formation d'EPO. Or, la mutation détectée synthétise une

molécule de PHD2 déficiente et incapable de dégrader HIF-2 lorsque le taux d'oxygène est normal. Conséquence: l'EPO est constamment produite et les cellules sanguines s'accumulent de manière pathologique.

Eviter les saignées

Le décryptage de tels mécanismes est essentiel pour comprendre comment le corps régule le taux d'oxygène dans le sang et s'adapte à des conditions changeantes. Mais pas seulement: «Ces avancées ouvrent de nouvelles pistes thérapeutiques pour les gens affectés par un système dérégulé», poursuit le chercheur d'origine belge. C'est un premier pas pour imaginer un jour se passer de saignées, un traitement lourd à mettre en œuvre. Depuis 2018, des personnes souffrant d'anémie (le cas inverse) peuvent prendre des médicaments ciblant la protéine PHD2 afin de stimuler la production d'EPO et de globules rouges.

L'équipe de David Hoogewijs mélange plusieurs méthodes de recherches. Elle identifie des personnes dont le corps ne contrôle plus correctement la quantité de globules rouges. Elle compare ensuite leur ADN avec des bases de données pour identifier des mutations. Elle étudie également ces mécanismes in vitro, par exemple avec la luciférase, une enzyme qui produit de la lumière. Elle permet de quantifier l'effet de promoteurs et d'amplificateurs, des séquences d'ADN particulières qui modulent l'expression des gènes et la synthèse de protéines telles que l'EPO, PHD2 et HIF-2.

Les trésors de l'ADN poubelle

Ces approches lui ont permis de faire une découverte remarquable en 2014. Il identifie alors un amplificateur de la production d'EPO qui est situé relativement loin de la séquence génétique de l'hormone, ce qui est assez rare – ils sont normalement proches du gène qu'ils modulent. Son équipe l'a trouvé en passant au crible l'ADN «poubelle», des régions de l'ADN qui n'encodent pas de protéine et dont le rôle est inconnu. Il peut s'agir soit de restes de gènes

devenus caducs, soit au contraire de séquences importantes qui contrôlent l'expression de protéines.

En comparant des séquences chez l'humain et une trentaine d'espèces animales, l'équipe a observé des éléments invariants se trouvant dans toutes ces espèces. «Ce fut pour moi un signe que ces régions sont importantes – sinon elles auraient probablement muté en différentes variations», explique le chercheur. Des tests menés avec la luciférase montrent qu'elles augmentent en effet la production d'EPO.

Cette découverte en promet d'autres en agrandissant le champ d'investigation des scientifiques, qui peuvent dès lors chercher d'autres séquences ou protéines interagissant avec le nouvel amplificateur. Un petit trésor trouvé dans cet ADN poubelle qui, décidément, porte mal son nom.

Six familles, trois mutations

David Hoogewijs fait une autre découverte en 2022: il identifie plusieurs mutations du gène encodant HIF-2. Elles rendent la protéine insensible à la dégradation liée à l'action combinée de PHD2 et d'oxygène. A nouveau, le mécanisme de régulation de l'EPO est cassé, menant à un taux de globules rouges trop élevé. Rebelote en 2025 dans une étude faite avec une cinquantaine de collègues en France: il étudie six familles affectées par l'érythrocytose et découvre trois nouvelles altérations de l'ADN. Celles-ci se trouvent sur le gène encodant l'EPO elle-même.

«Cela nous a surpris, car les mutations sont le plus souvent délétères, explique le chercheur. Une EPO déficiente devrait mener à une concentration réduite – et pas accrue – de globules rouges. Mais c'est le contraire qui se passe dans ces familles.» Ces trois mutations augmentent en effet l'activité de la protéine EPO – ce qu'on appelle un gain de fonction. La première stimule la production d'EPO, alors que les deux autres rendent moins efficaces les mécanismes qui la freinent.

Comment le corps transporte l'oxygène

L'hémoglobine contenue dans les globules rouges fixe l'oxygène disponible dans les poumons et le transporte à travers tout le corps. Ils reviennent ensuite chargés de dioxyde de carbone. L'érythropoïétine (EPO) contrôle la production de globules rouges à partir de cellules souches présentes dans la moelle osseuse. Le taux d'oxygène régule la production d'EPO dans les reins et le foie grâce aux protéines HIF-2 et PHD2.

L'anémie – la capacité limitée du sang à transporter l'oxygène – peut être due à une faible concentration des globules rouges ou à une quantité réduite d'hémoglobine dans ces derniers. Elle provoque fatigue, essoufflement ou encore vertiges. L'érythrocytose est une concentration trop élevée de globules rouges, et s'accompagne de douleurs articulaires, de migraines et de risques de caillots sanguins.

Ces gains de fonctions sont liés à un autre point. Après la naissance, l'EPO est produite uniquement dans les reins. Un fœtus la synthétise par contre principalement dans le foie, et de manière plus abondante afin de satisfaire à un besoin plus important en oxygène. Les trois mutations détectées dans les six familles synthétisent une EPO ressemblant à celle du foie, ce qui explique sa production plus soutenue.

Et voici l'androglobine

Le chercheur de l'Université de Fribourg a également découvert de nouvelles sortes de globines, des protéines capables de piéger et transporter des molécules de gaz telles que l'oxygène, le monoxyde d'azote, le CO et le CO₂. En plus de l'hémoglobine trouvée dans les globules rouges, on connaît la myoglobine (qui emmagasine l'oxygène dans les muscles) ou encore les neuroglobines (qui le diffusent dans les nerfs, pensent les scientifiques).

En 2012, il identifie une nouvelle globine, produite exclusivement dans les testicules, qu'il baptise androglobine. Ses travaux l'amènent à une observation en 2022: les souris qui ne la produisent pas sont infertiles. La raison: leurs spermatozoïdes ne développent pas la queue nécessaire pour nager jusqu'à l'ovule. Ses travaux ultérieurs montrent que l'androglobine se trouve dans toutes les cellules possédant un flagelle – comme les spermatozoïdes – ou des cils motiles mettant des fluides en mouvement, comme dans la trachée ou les trompes de Fallope. La fonction précise de la molécule reste non résolue; elle ne semble en tout cas pas impliquée dans le transport ou le stockage d'oxygène.

Cette découverte constitue une pièce supplémentaire – et probablement pas la dernière – du puzzle complexe qu'est la physiologie de l'oxygène. Des mécanismes complexes qui permettent aux 600 millions d'inspirations que nous prenons dans une vie d'amener l'oxygène si précieux là où notre corps en a besoin – et au sperme de contribuer à la création d'un nouvel être.

Daniel Saraga est rédacteur scientifique indépendant.

Notre expert ► **David Hoogewijs** est professeur à la Section de médecine depuis 2016 et spécialiste dans la physiologie des globules rouges. Il a fait son doctorat à l'Université de Ghent en Belgique et travaillé comme maître-assistant à l'Université de Zurich et comme professeur assistant à l'Université de Duisburg-Essen avant de rejoindre celle de Fribourg. Il est vice-président de l'Association suisse de physiologie depuis 2024. david.hoogewijs@unifr.ch



Das Blut des Bundes

In der christlichen Tradition öffnet das Thema Blut einen ganzen Assoziationsraum – mit interessanten, zum Teil auch überraschenden oder gar erschütternden Figuren. Thomas Staubli und Veronika Hoffmann beleuchten solche Figuren aus verschiedenen Perspektiven. **Thomas Staubli, Veronika Hoffmann**

Der Blutzoll der Juden

Auf einer Wanderung bei Naters im Wallis traf ich im vergangenen Jahr unversehens auf einen in den 1980er Jahren gestalteten Kreuzweg. Bei der Kreuzigungsstation sah ich mich einer Figurengruppe gegenüber, die ich so im öffentlichen Raum im 21. Jh. nicht mehr für möglich gehalten hätte. Zur Linken des Gekreuzigten stand die Synagoge mit gesenktem Haupt, heruntergefallener Krone, einer Augenbinde, einem gebrochenen Stab und herabfallenden Gesetzestafeln, zur Rechten die Ekklesia, ihr gekröntes Haupt zum Heiland erhoben und in den Händen einen Kelch für das Blut Christi haltend. Die Bedeutung des Blutkelchs erschliesst sich nur über das Erste (Alte) Testament. Dort wird mehrfach betont, dass das Blut von Tieren nicht genossen und jenes von Menschen nicht vergossen werden darf. Tierblut – so im Judentum und im Islam bis heute – liess man in den Erdboden sickern. Der enge Zusammenhang zwischen dem rötlichen (edom) Erdboden (adamah), aus dem der Erdling Adam getöpft wurde und dem Blut (dam), das als Sitz des Lebens galt und Gott allein gehörte, liegt im Hebräischen auch sprachlich auf der Hand. Das Blut von Opfertieren wurde ausserdem als göttliches Geschenk an den Menschen gedeutet. Es soll ihm, weil es Sitz der Lebenskraft sei, im Kult Sühne, also eine Wiedergutmachung bestimmter Sünden erwirken. In einem besonderen Fall, nämlich

beim Bundesschluss mit Gott am Berg Sinai, wird sogar das Volk Israel insgesamt mit Blut besprengt, um so den Bund mit Gott zu besiegeln.

Das Bild der Kirche, die das Blut Christi auffängt wie das Blut eines Opferlammes, ist eine extreme Verdichtung christlicher Anknüpfungen an die jüdische Überlieferung. Es deutet Jesu Tod am Kreuz als Schuldopfer mit sühnender Wirkung. Gott hat seinen eigenen Sohn dazu bestellt, durch Hingabe seines Lebens Sühne zu erwirken. Jesus von Nazareth wird zum Lamm Gottes. Mit anderen Worten: Gott selbst hat das Opfer vollzogen, das er Abraham erspart hatte, indem er einen Widder als Ersatz schickte – eine sogenannte Auslegung vom Kleineren zum Grösseren, auf die unzählige Bilder in Kirchen hinweisen. Es müsste in der Bildkonstellation also eigentlich Gott sein, der das Blut seines Sohnes auffängt und es zur Tilgung der Schuld der Täter verwendet. Indem die Kirche an die Stelle Gottes gesetzt wird, wird nicht nur die Kirche vergötzt, sondern zugleich ein Keil zwischen die Kirche und die Synagoge geschlagen. Die Synagoge wird verantwortlich gemacht für das Opfer (fr. *victime*) Jesus, während die Kirche als fromme Verehrerin und Verwalterin des Opfers (fr. *sacrifice*) Christi inszeniert wird. Sie ist jetzt das neue Israel mit dem Gott den Blutbund eingeht, repräsentiert im Weinkelch des letzten Abendmahls. Diese antijudaistische Konstruktion ist in einigen Passagen der Evangelien bereits

angelegt, von den Kirchenvätern und späteren Theologen dann aber jahrhundertlang entfaltet und gepredigt worden. Sie hat den Blutzoll von Millionen von Juden wenn nicht gefordert, so zumindest mitverursacht. Erst das Zweite Vatikanische Konzil, geweckt vom unermesslichen Blutzoll von sechs Millionen Juden, die während der Schoa ermordet wurden, hat dezidiert vom Antijudaismus Abstand genommen. In *Nostra Aetate*, dem Dokument über das Verhältnis zu den nichtchristlichen Religionen, heisst es ausdrücklich, man dürfe «die Juden nicht als von Gott verworfen oder verflucht darstellen, als wäre dies aus der Heiligen Schrift zu folgern.» In *Naters* scheint diese Botschaft noch nicht angekommen zu sein. *Thomas Staubli*

Blut als Zeichen des Lebens

Die biblischen Vorstellungen von der Bedeutung des Blutes haben gezeigt, dass moderne Assoziationen in die Irre führen können. Wenn Christen den gekreuzigten Christus ins Zentrum ihres Glaubens rücken, dann soll damit nicht Gewalt verherrlicht werden. Wohl wird Gewalt dargestellt. Aber es handelt sich um Gewalt, die Menschen einem Unschuldigen angetan haben. Nicht ein göttlicher Zorn, der «Blut sehen» will, ist der Grund für die Kreuzigung Jesu, sondern menschlicher Hass.

Frühchristliche Deutungen dieser menschlichen Gewalttat greifen die alttestamentlichen Assoziationen von «Bund» und «Leben» auf: Einer tritt mit seinem Leben für uns ein. Menschen bringen Jesus in den Tod, sie vergiessen sein Blut, was biblisch verboten ist. Aber Gott macht daraus ein Zeichen des Lebens, wie das Blut im Opfer- und Sühnezeichen des Lebens ist.

Und wenn Jesus beim letzten Abendmahl mit seinen Jüngern auf seinen Tod vorausblickt und ihn deutet, indem er über den Wein sagt «Dieser Kelch ist der Neue Bund in meinem Blut, das für euch vergossen wird», dann ist damit kein merkwürdiger symbolischer Kannibalismus gemeint. Sondern in einer für die damals Anwesenden unmittelbar verständlichen Weise unterstreicht Jesus die Idee des «Neuen Bundes», indem er auf die Blutbesprengung beim Bundesschluss am Sinai anspielt.

Im frühen Christentum treffen wir eine weitere wirkmächtige Rede von «Blut» im Kontext des Martyriums. «Das Blut der Märtyrer ist der Same der Kirche» lautet ein berühmt gewordener Satz von Tertullian. Er meint, dass der Lebens Einsatz der Märtyrer_innen andere beeindruckt und dazu geführt hat, dass sie sich zum Christentum bekehrten. Dieser Satz ist auch deswegen interessant, weil er zeigt, wie im Bild vom Blut die Vorstellung von Leben und Tod, Hingabe und Gewalt dicht beieinander liegen und zu nicht unproblematischen Deutungsverschiebungen führen können. Zunächst scheint zwar für das Martyrium die Lage ähnlich eindeutig zu sein wie im Blick auf die biblische Tradition. Denn «Märtyrer_innen» heissen im frühen

Christentum ausschliesslich die, die freiwillig und unschuldig ihren eigenen Tod auf sich nehmen. Niemand darf dabei andere mit in den Tod reissen! Wie bei Jesus bezeichnet auch hier das Bild des Blutes die Hingabe des Lebens für die eigene Überzeugung oder für die anderen, nicht die Verherrlichung erlittener Gewalt.

Aber faktisch liegen die Dinge nicht immer so eindeutig. Vielleicht hat die Pluralität der möglichen Assoziationen zur Rede vom «Blut» dazu beigetragen? Jedenfalls hat sich das Verständnis des Martyriums zum Teil gedreht. Wenn Tertullian brutale Foltermethoden schildert oder bildliche Darstellungen die ganze Grausamkeit solcher Martyrien in Szene setzen, dann mag es darum gehen, die Standhaftigkeit der derart Leidenden zu betonen. Aber kann die Betrachtung solcher Bilder nicht auch zu einer heroisierenden und quantifizierenden Lesart verführen – nach dem Motto: je grausamer das Leiden, desto heldenhafter das Martyrium?

Das Christentum ist der Gefahr einer Verherrlichung des Leidens nicht immer entkommen. Nicht zuletzt im Blick auf Jesus Christus selbst gibt es Deutungen – und filmische Darstellungen –, in denen es entscheidend zu sein scheint, dass möglichst viel (Film-)Blut fliesst. Dann wird aus dem Blut als Zeichen der Lebenshingabe ein Zeichen für eine Form von Gewalt, die zu erleiden «gut» zu sein scheint.

Vielleicht sind solche Ambivalenzen unvermeidlich, weil das Bild des Blutes ambivalent ist. Es kann auf den Tod wie auf das Leben, auf Hingabe wie auf Gewalt verweisen – und auf die Verbindungslinien, die dazwischen bestehen können. Will man Missverständnissen und Missbrauch vorbeugen, lohnt es sich, nach dem hermeneutischen Schlüssel für die jeweilige Bildverwendung zu suchen. Für die christliche Bildrede vom Blut heisst das, die biblischen Quellen zu befragen und sich von ihnen sagen lassen, dass Leid und Gewalt nicht religiös sanktioniert werden können. Blut bezeichnet nicht den Tod, sondern das von Gott geschenkte Leben. *Veronika Hoffmann*

Unser Experte ► **Thomas Staubli** ist Oberassistent an der Theologischen Fakultät. Zurzeit betreut er ein SNF-Agora-Projekt zur kontextuellen Auslegung des Ersten Testaments im Gottesdienst: projects.unifr.ch/bkw/de.thomas.staubli@unifr.ch

Unser Expertin ► **Veronika Hoffmann** ist Professorin für Dogmatik und Theologische Propädeutik. Zu ihren Forschungsschwerpunkten gehören der religiöse Zweifel und religiöse Indifferenz. veronika.hoffmann@unifr.ch



© Police cantonale Fribourg/Kantonspolizei Freiburg

Malaria, la drôle de danse

Endémique en certaines régions, le paludisme prospère dans le sang des hôtes infectés. Se joue alors une valse complexe entre parasites et système immunitaire, une interaction millénaire qu'étudient le chercheur Pierre-Yves Mantel et ses collègues. **Pierre Köstinger**

C'est l'un des plus vieux ennemis de l'humain. On croyait jadis le paludisme, cette «fièvre des marais», transmis par le mauvais air des régions marécageuses. D'où son autre nom de malaria («mauvais air» en italien). En fait, ces miasmes charriaient surtout des nuées de moustiques anophèles, les véritables vecteurs de cette maladie potentiellement mortelle. Une découverte qui valut à Ronald Ross le prix Nobel de médecine en 1902.

A la même période, Alphonse Laveran met au jour le parasite responsable de la maladie (*Plasmodium*) entre autres recherches que ce médecin français menait sur le rôle des protozoaires comme agents de maladies. Lui aussi se verra gratifié du Nobel (1907) pour ses travaux. Si l'on en sait aujourd'hui davantage sur la maladie, son histoire, en revanche, semble aussi vieille que celle de l'espèce humaine.

Un article publié dans *Science* (2003) suggère que le parasite *Plasmodium falciparum*, l'espèce responsable des infections les plus graves, aurait accompagné les premières migrations humaines durant le Pléistocène. «Cette longue évolution est fascinante. Le parasite s'est développé en fonction du système immunitaire de son hôte. Il s'est adapté à l'humain et l'humain s'est adapté à lui. Nous avons donc beaucoup à apprendre de cette interaction.»

Un signal pour le parasite

Lecteur au sein de la Section de médecine de l'Université de Fribourg et chercheur au CK-CARE à Davos, Pierre-Yves Mantel s'intéresse au paludisme depuis une vingtaine d'années. Après un doctorat à l'Université de Zurich, il part pour un post-doc à la Harvard School of Public Health à Boston. Là, il s'intéresse au développement du parasite dans le sang. Il étudie les vésicules extracellulaires, de petites structures membranaires, que relâche le parasite. «Ces vésicules permettraient la différenciation du parasite en gamétocytes, des cellules sexuées.»

En infectant un hôte, le moustique repartirait avec ces

fameux gamétocytes dans ses valises, ce qui permettrait la transmission du parasite d'un humain à l'autre. «En fait, seul un petit nombre de parasites se différencient en gamétocytes. La plus grande partie se développe dans une phase asexuée. Les vésicules émettent probablement un signal au parasite pour qu'il se transforme en gamétocytes. Comme s'ils le poussaient à quitter son habitat temporaire», continue le chercheur.

Pierre-Yves Mantel et ses collègues soutiennent l'idée selon laquelle le parasite se trouverait mis sous pression par une réponse forte du système immunitaire ou par une présence importante de parasites dans le sang. Un stress qui aurait pour conséquence d'augmenter la sécrétion de vésicules, conduisant le parasite à opérer cette différenciation cellulaire. La recombinaison de *Plasmodium* surviendrait ensuite dans le cycle interne au moustique.

Le parasite se camoufle

Pour comprendre la relation complexe qui se joue entre le parasite et la réponse immunitaire, il faut prendre un peu de recul et revenir au cadre plus large du processus infectieux. Une fois la maladie transmise par le moustique, les parasites se répandent dans le sang et vont vers le foie. Débute alors une phase asymptomatique, dite hépatique, qui dure entre 10 et 15 jours. Ensuite, les parasites se multiplient massivement. Les cellules du foie libèrent ces indésirables qui infectent les cellules du sang. C'est la phase sanguine.

«Pour vous donner une idée, à partir d'une dizaine, voire d'une centaine de parasites injectés par le moustique, on en trouve entre 50 000 et 200 000 dans les cellules sanguines au terme de la phase hépatique», relève Pierre-Yves Mantel. L'un des problèmes que rencontre notre organisme pour lutter contre la maladie, c'est qu'un type de molécules jouant un rôle crucial dans la réponse immunitaire (les molécules CMH de classe I et II) n'est pas présent à la surface

des globules rouges. Or, ce sont eux qu'infecte le parasite.

«Ce sont les seules cellules du corps qui n'expriment pas ces molécules. Plasmodium peut ainsi se développer en passant sous le radar de notre système de défense.» Durant cette phase sanguine, les parasites libèrent des produits potentiellement pro-inflammatoires. Il s'agit ainsi de trouver une balance entre d'une part combattre le parasite et de l'autre le tolérer. «Une inflammation trop forte causerait beaucoup de dommages à l'hôte. Il faut donc maintenir la quantité de parasites à un niveau acceptable», précise-t-il.

Le chercheur insiste: «la réponse immunitaire au parasite est extrêmement complexe et reste en partie incomprise». Il cite un ami chercheur sénégalais, qui a constaté que des enfants de son pays, malgré une infection de plus de 50 % de leurs globules rouges, jouaient toujours au foot en ressentant à peine les effets de la maladie. Alors que, pour une personne étrangère à ces régions, les conséquences sur la santé seraient sans doute plus inquiétantes.

Question de balance

Afin de mieux comprendre cette réponse immunitaire, Pierre-Yves Mantel et ses collègues Bibin Subramanian, Klara Eriksson et Michael Walch mènent des recherches sur Plasmodium falciparum, espèce qui, parmi les cinq répertoriées, se cultive facilement in vitro. Ils s'intéressent à l'interaction de l'immunité avec les vésicules extracellulaires que relâchent les parasites. «Ces vésicules contiennent des éléments qui stimulent et à la fois suppriment le système immunitaire.» Au cœur de leur recherche: la relation entre ces vésicules et les neutrophiles, des globules blancs au rôle protecteur en cas d'infection au paludisme.

«Des études démontrent qu'une infection avec le paludisme rend ces neutrophiles défectueux», explique Pierre-Yves Mantel. «D'un côté, cela constitue un problème pour l'hôte humain, car c'est une défaillance pour combattre le parasite. Mais de l'autre, cela limite aussi les dégâts sur la personne infectée. A nouveau, c'est une question de balance. On pense que ces vésicules sont bénéfiques pour les parasites, mais aussi pour le système immunitaire.»

Ces vésicules transporteraient tout un matériel biologique, dont des microARN, de petites molécules capables de modifier l'expression des gènes de l'hôte, contribuant ainsi à la progression de l'infection. En poursuivant leurs recherches sur des souris transgéniques, soit des rongeurs modifiés de telle sorte qu'ils n'expriment pas ce microARN, les chercheurs-euses ont remarqué que son absence renforçait leur résistance à l'infection. «Les souris se débarrassent plus vite du parasite, preuve que ce microARN agit comme un frein. Il ralentit le système immunitaire, lui évitant ainsi une réponse trop forte.

Risques de surinfection

Mais cela va plus loin. Pierre-Yves Mantel explique: «Au-delà de la réponse immunitaire à proprement parler,

il faut garder à l'esprit qu'une tolérance métabolique plus globale se met en place. Elle résulte de l'interaction complexe de nombreux facteurs individuels, tels que la vascularisation des tissus, le statut en fer, ou encore le métabolisme énergétique. La capacité à limiter les dommages causés par le parasite dépend donc de l'efficacité du système immunitaire et des paramètres physiologiques propres à chaque individu.»

Ce que les chercheurs-euses observent, c'est que cette tolérance métabolique relative à une infection au paludisme fragilise la résistance de la personne atteinte face à une autre maladie potentielle. «Par exemple, une infection bactériologique non mortelle en général peut soudainement devenir létale, parce qu'il y a une adaptation au parasite de la malaria. C'est le cas des infections à la Salmonella en Afrique», fait remarquer le spécialiste.

Le problème, c'est que ces surinfections peuvent conduire à une sous-estimation du nombre de décès dus à la malaria. «Nous avons eu la même difficulté avec les décès liés au covid. Ce n'était pas forcément très clair. Est-ce le covid qui tue? Ou est-ce que ce dernier permet ou accélère le développement de maladies qui causent des décès?»

Une maladie de premier plan

Au-delà de ces considérations, le paludisme demeure une maladie mondiale de premier plan. En 2023, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) répertoriait 263 millions de cas, dont 597'000 ont conduit à des décès. La malaria menace particulièrement les enfants. Toujours selon l'OMS, le 76% des décès survenus en 2023 à la suite d'une infection concernait des enfants de moins de 5 ans.

S'intéresser à la malaria, chercher à comprendre l'interaction du parasite avec notre organisme, relève également de la démarche humanitaire pour Pierre-Yves Mantel. «C'est un domaine négligé, mais qui concerne une grande partie de la population. Et il faut aussi songer à une application plus large, car ces mécanismes d'immunostimulation et d'immunosuppression que nous explorons dans le cas du paludisme pourraient permettre de mieux comprendre d'autres maladies, comme le cancer.»

Pierre Koestinger est rédacteur indépendant.

Notre expert ► **Pierre-Yves Mantel** est lecteur à la Section Médecine à l'Université de Fribourg et chercheur au CK-CARE à Davos. Il est spécialisé en maladies infectieuses et immunologie.
pierre-yves.mantel@unifr.ch

Die Reinheit des Blutes in Spaniens Früher Neuzeit

Um 1500 n. Christus wurden Menschen mit jüdischen oder muslimischen Vorfahren in Spanien von vielen Ämtern in Staat und Kirche ausgeschlossen. Die sogenannte «limpieza de sangre» entschied über Aufstieg oder Ausschluss – ein frühes System sozialer Ausgrenzung. **Mariano Delgado**

Im Spanien der Frühen Neuzeit gab es «Statuten der Blutsreinheit» (*estatutos de limpieza de sangre*). Das war ein juristisches Instrument zur Regelung der Aufnahme in einige Korporationen (u.a. Gemeinderäte, Domkapitel, Hochschulen, Ordensgemeinschaften) und Territorien (z.B. das Baskenland) durch die Exklusion der Nachfahren von Juden, Muslimen, Ketzern und von der Inquisition Bestraften. Die Beweislast lag bei den Anwärtern: Sie mussten nachweisen, dass sie – soweit man dies genealogisch dokumentieren konnte – überhaupt keine bekannten Vorfahren aus dem genannten Personenkreis hatten, dass sie also, in der Sprache der Zeit ausgedrückt, durch «unreines Blut» nicht «befleckt» oder «angesteckt» waren. Aber solche Statuten wurden nicht überall verabschiedet: viele Domkapitel, wichtige Universitäten oder die meisten Kronräte und Höchstgerichte hatten keine.

In der Aufmerksamkeit der Forschung

Seit der Mitte des vergangenen Jahrhunderts haben diese Statuten die Aufmerksamkeit der Forschung auf sich gezogen. Es fehlen aber noch viele Mikrostudien über die tatsächliche Wirkungsgeschichte dieses Exklusionsprinzips in konkreten zivilen und kirchlichen Korporationen; wichtige Quellen sind immer noch nicht (kritisch) ediert bzw. ausgewertet worden, und viele Schriften – vor allem aus den Reihen der Kritiker der Statuten – wurden vernichtet oder sind verschollen. Umstritten ist dabei nicht nur die Breitenwirkung, sondern auch, ob es sich dabei nur um ein (religiös begründetes) sozial-juristisches Diskriminierungsprinzip handelt, oder ob es auch eine Form des Rassismus (vor allem gegen die Nachfahren von Juden) unter den Bedingungen des Ancien Régime darstellt. Dem Thema kann man sich – nicht zuletzt aufgrund der

bekannten Folgen des rassistischen Antisemitismus im 20. Jahrhundert – nicht ohne eine gewisse Beklemmung nähern. Gleichwohl gilt gerade hier, dass die Geschichtsschreibung, wenn sie falsche Analogien oder Rückschlüsse vermeiden will, die Vergangenheit nicht nur im Lichte der Gegenwart zu betrachten hat, sondern auch und vor allem im Lichte des damaligen Kontextes.

Ein frühneuzeitliches Phänomen

Als erstes fällt auf, dass die «limpieza-Statuten» erst um die Mitte des 15. Jh. das spanische Leben zu prägen beginnen. Wie Américo Castro bemerkt hat, machten sich die Christen des Mittelalters noch keine Sorgen über die sogenannte «Reinheit des Blutes». König Alfons X. (1221–1284) hielt im Kodex *Siete Partidas* fest, dass die bekehrten Juden im ganzen Reich geehrt werden sollten, dass man sie aufgrund ihrer Herkunft nicht diskriminieren sollte, dass sie von den nicht-bekehrten Juden nicht enterbt werden dürfen, und dass sie alle Ämter, Berufe und Ehren wie die anderen Christen haben dürfen. Den Bekehrungswilligen wird damit signalisiert: Der König bürgt dafür, dass ihr weder von den alten noch von den neuen Glaubensgenossen um euer Recht gebracht werdet. Ähnlich äusserten sich Päpste und Konzilien. Das prominenteste Beispiel für diese Bekehrungspolitik ist der Oberrabbiner von Burgos Salamón Ha-Leví, der 1390 konvertierte und wie ein neuer Saulus zum Pablo de Santa María wurde. In der Zeit vor der Einführung der Statuten gelang ihm eine glänzende Karriere: 1401 wurde er Bischof von Cartagena, 1415 von Burgos. Sein Sohn und berühmter Humanist Alonso de Cartagena wurde zunächst Bischof von Cartagena. 1434 nahm er im Auftrag des kastilischen Königs Juan II. (1406–1454) am Basler Konzil teil und erwirkte dort einen Beschluss zugunsten der vollen Rechtsgleichheit

der konvertierten Juden. 1435 trat er die Nachfolge seines Vaters im pfründenreichen Bistum von Burgos an.

Eher ein soziales als ein religiöses Problem

Die bekehrten Juden oder *conversos* wurden erst zum Problem, als sie aufgrund ihrer Zahl, ihres Fleisses, ihrer Tüchtigkeit, ihrer Zielstrebigkeit bei der Suche nach Ämtern und Pfründen und der Deutung der Gesetze zu ihren Gunsten, ihrer Gruppensolidarität, aber auch wegen der aufgedeckten Fälle unechter, getäuschter Bekehrung bei den Altchristen (*cristianos viejos*) im einfachen Volk Neid, Aversion und Ressentiments hervorriefen. Das heisst also, dass die «*limpieza*-Statuten» nicht zuletzt als Antwort der altchristlichen Volksmehrheit auf die Veränderung der spanischen Gesellschaft durch die Massenbekehrungen zu verstehen sind, die zwischen den Pogromen von 1391 und der Vertreibung von 1492 stattfanden und aus dem jüdischen Problem eines der «Neuchristen» oder *conversos* machten. Auch wenn man bei konkreten Zahlen vorsichtig sein muss, so geht die Forschung davon aus, dass in dieser Zeit zumindest die Hälfte der spanischen Juden für die Taufe optierte. Dazu kommen zu Beginn des 16. Jahrhunderts Hunderttausende aus dem Islam zwangsbekehrte Morisken. Kein christliches Land war damals auf die Bekehrung, d.h. kirchliche wie kulturelle Assimilation, so vieler Neuchristen aus dem Judentum oder dem Islam vorbereitet – ebenso wenig auf die Kontrolle der Echtheit und Lauterkeit ihrer Bekehrung. Die «*limpieza*-Statuten», die Gründung des Inquisitionstribunals (1478–1480) und die radikale Massnahme der Vertreibung der nicht bekehrungswilligen Juden 1492 (und später auch der Morisken in verschiedenen Schüben bis 1614) sind die Antworten der Altchristen auf dieses neue Phänomen. Américo Castro spricht von drei «*Castas*» oder Sozialgruppen im mittelalterlichen Spanien: Christen, Juden und Muslime. Man kann sagen, dass sich mit den erwähnten Massnahmen die Kaste der Altchristen radikal durchsetzte.

Kann man die Entstehungsphase der nationalsozialistischen Rassentheorie ins frühneuzeitliche Spanien verlagern?

Während der Hauptstrom in der Forschung der Meinung ist, dass die «Reinheit», von der die Statuten sprechen, nicht als eine biologische oder ethnische zu verstehen ist, sondern als eine soziologische Kategorie (Herkunft, Abstammung und Familie), privilegieren andere Autoren

die Werke von epigonenhaften «Fanatikern der *limpieza*-Idee» im 17. und im 18. Jahrhundert, deren Blutideologie im Sinne eines vormodernen «Rassismus» verstanden werden kann, und neigen zur Betonung der Verwandtschaft mit der nationalsozialistischen Rassentheorie.

Sie stützen sich besonders auf «*Centinela contra judíos puesta en la torre de la Iglesia de Dios*» (Wächter im Turm der Kirche Gottes gegen die Juden, 1674 in Madrid erschienen mit mehreren Nachdrucken bis 1736) des Franziskaners Torrejoncillo. Darin findet sich die grösste «sprachliche» Analogie zum modernen Antisemitismus. Für den Autor wird der Hass der Diasporajuden auf Christus und die Christen vom Geschlecht zu Geschlecht durch das Blut übertragen, gleichsam wie eine zweite Erbsünde. Dazu sei es nicht nötig, dass beide Eltern Juden wären. Es genüge, wenn nur ein Elternteil ein Viertel oder gar ein Achtel jüdischen Bluts hätte.

Kann man die Entstehungsphase der nationalsozialistische Rassentheorie ins frühneuzeitliche Spanien verlagern? Max Sebastián Hering Torres – dessen Wiener Dissertation über die «*limpieza*-Statuten» den Titel «Rassismus in der Vormoderne?» trug, während bei der Buchpublikation (Frankfurt 2006) das Fragezeichen verschwunden ist – tritt im Grunde eine sehr nuancierte These, die Ähnlichkeiten nicht leugnet, aber den zeitlichen Kontext mitberücksichtigt und auf die prinzipiellen Unterschiede aufmerksam macht. Auch für die schlimmsten Apologeten des spanischen Reinheitswahns stand z.B. die Monogenese der Menschheit ausser Frage; und auch in der schärfsten Form intendierten die Statuten und deren Befürworter «nur» die Exklusion der *conversos* von bestimmten Ämtern und Pfründen, nicht aber deren Vernichtung, weil sie als „Untermenschen“ kein Lebensrecht hätten. In der Zeit der lebhaften Kontroverse um die «*limpieza*-Statuten» fehlt es auch nicht an prominenten Nachfahren von Juden in Spaniens Religion, Politik, Kultur und Wirtschaft – aber man war gut beraten, es nicht an die grosse Glocke zu hängen.

Für Hering Torres ist es schliesslich genauso problematisch, den frühneuzeitlichen spanischen Reinheitswahn als «Protorassismus» oder «Vorläufer der Ariergesetze» zu interpretieren wie ihm jede rassistische Bedeutung absprechen zu wollen, handelt es sich doch um die «theologische Biologisierung einer Gesellschaft, die durch eine genealogische Besessenheit das Feindbild des Juden fiktiv aufrecht hielt». Die Brücke zum modernen Rassismus sieht er in der Abgrenzungsabsicht aufgrund der Herkunft.

Unser Experte ► **Mariano Delgado** ist Prof. em. für Kirchengeschichte.
mariano.delgado@unifr.ch



Du jardin au laboratoire



Le ginkgo | *Ginkgo biloba*



La réglisse | *Glycyrrhiza glabra*



La grande capucine | *Tropaeolum majus*



La molène bouillon blanc | *Verbascum thapsus*



La digitale | *Digitalis purpurea*



La molène à fleurs denses | *Verbascum densiflorum*



Le millepertuis | *Hypericum perforatum*



Le houblon | *Humulus lupulus*

Pour ses 90 ans, le Jardin botanique de l'Université de Fribourg s'offre une cure de jouvence. Et en profite pour rappeler qu'avant la montée en puissance de la pharma de synthèse, la connaissance des plantes figurait au cœur des études de médecine. **Patricia Michaud**

Jacques Sciboz en a vu d'autres. Ce ne sont pas quelques gouttes de pluie qui vont l'empêcher de sortir mettre ses mains dans la terre. Le jardinier relève la capuche de sa veste Gore-Tex et s'engage d'un pas dynamique dans l'allée de graviers flanquée d'une végétation luxuriante. En ce lundi printanier humide, les espèces qui peuplent le secteur du Jardin botanique de l'Université de Fribourg consacré aux plantes médicinales semblent faire un pied de nez vert pétant au ciel tristement gris.

Jacques Sciboz s'agenouille près d'une plante élancée et touffue. Pour quelques jours encore, le temps que ses fleurs jaunes si caractéristiques éclosent, le millepertuis restera incognito. «Les Grecs anciens utilisaient déjà cette plante pour lutter contre la mélancolie», explique celui qui travaille depuis plus de 30 ans au Jardin botanique de l'Université de Fribourg. Actuellement, l'*Hypericum*, dont les fleurs ont la particularité de produire une huile d'un rouge intense, continue à être apprécié pour ses vertus cicatrisantes et apaisantes, ainsi que pour ses effets positifs sur le moral.

A l'image du millepertuis, quelque 200 autres plantes médicinales remplissent les platebandes de ce secteur du Jardin botanique dont Jacques Sciboz est le responsable. De la menthe à la mélisse en passant par la réglisse, le ginkgo, la molène ou la digitale, les espèces présentées offrent depuis bientôt 90 ans un généreux aperçu de la variété des principes actifs qu'elles contiennent. Une variété reflétant le large éventail des maux que ces plantes peuvent contribuer à soigner: troubles de l'appareil locomoteur, du sommeil, de la digestion, de la reproduction, de la vessie, de la respiration, etc.

Au contact direct des plantes

Dans ce royaume végétal qu'il semble connaître comme la poche de son robuste pantalon de travail, Jacques Sciboz est un souverain étonnamment discret. Plutôt que

de faire de longues théories sur «ses» plantes, il préfère les arroser, humer leur parfum, admirer leur croissance et, qui sait, peut-être aussi leur parler dès que les visiteuses et visiteurs du Jardin botanique ont tourné les talons?

«J'ai eu la chance de grandir au contact des plantes médicinales, rapporte le jardinier. Non seulement mes parents en cultivaient dans leur jardin, mais ils m'apportaient cueillir des plantes sauvages telles que la mauve, le tussilage ou l'alchémille. Ils me parlaient aussi souvent des usages des plantes et des connaissances qu'en avaient leurs ancêtres.» De cette exposition précoce au monde végétal – et à ses propriétés thérapeutiques – a découlé une véritable passion pour l'environnement naturel. «Cela dit, être employé dans une entreprise de jardinage-paysagisme ne serait pas pour moi. Ce qui m'intéresse, c'est d'être au contact des plantes dans leur forme la plus simple et authentique. Et aussi de participer activement à la récolte du savoir sur ces plantes, ainsi qu'à sa transmission.»

«Jacques est un bel exemple de l'importance que jouent les professions non-académiques au sein de l'Université de Fribourg, commente Annick Monod, la responsable du Pôle public du Jardin botanique. Prenez nos jardiniers: ils ont des connaissances et un savoir-faire impressionnants, qu'ils mettent au service de la science.» Selon elle, il faut éviter de tomber dans le piège consistant à opposer la recherche et le terrain, le microscope et la terre.

Dans le cas du Jardin botanique et de l'Unifr, c'est d'autant plus vrai que l'existence même du premier est intimement liée aux besoins de la deuxième. «Peu de gens le savent: c'est la nécessité de disposer de plantes médicinales pour les cours universitaires de médecine et de pharmacie qui a motivé la création de cette structure.» Annick Monod poursuit: «Dès la naissance de l'Institut de botanique de l'Unifr au seuil

du XX^e siècle, l'idée d'un jardin a été évoquée. Mais c'est en 1935, avec l'introduction d'un nouveau règlement sur les études en

«Ce qui m'intéresse, c'est d'être au contact des plantes dans leur forme la plus simple et authentique. Et aussi de participer activement à la récolte du savoir sur ces plantes, ainsi qu'à sa transmission»

Jacques Sciboz

médecine et en pharmacie – qui imposait des exercices pratiques sur les plantes médicinales et vénéneuses – que le projet vraiment s'est concrétisé.»

Fermé au public à ses débuts

L'établissement est inauguré en 1937. Parmi les premiers secteurs figurent, aux côtés de celui dédié aux plantes médicinales, un alpinum (ou jardin alpin), un secteur systématique (dans lequel les plantes sont présentées par famille), ainsi qu'un secteur des plantes utiles. «Jusqu'en 1948, le Jardin botanique était fermé au public: plantes et herbiers étaient réservés à l'enseignement universitaire», précise la collaboratrice. Cette fonction initiale s'est estompée au fil du temps – et de la montée en puissance de l'utilisation de molécules de synthèse dans la pharmacopée – jusqu'à disparaître complètement.

«Le lien direct entre l'Unifr et le secteur médicinal du Jardin transparaît cependant encore dans la présentation des plantes, très

académique.» Pour fêter son 90^e anniversaire en 2027, le Jardin botanique a justement décidé de s'offrir une cure de jouvence. Exit les étiquettes axées sur les principes actifs des plantes, «qui ne sont compréhensibles que pour un public spécialisé». A la place, des écriteaux centrés sur l'humain tenteront de répondre à la question suivante: quelles affections cette plante peut-elle soulager?

«Nous en avons profité pour actualiser la liste des plantes. Les 170 espèces retenues seront réparties en 9 chapitres, en fonction de leur usage.» Parallèlement, les responsables du Jardin botanique ont décidé de rendre au secteur médicinal son importance originelle. «Il va être déplacé le long de l'allée centrale, à l'emplacement de l'ancienne roseraie, d'une surface de 400 m².»

Echanger plutôt qu'opposer

Au lieu d'une approche académique, c'est donc une approche pédagogique qui est désormais privilégiée. «Cette évolution vise, d'une part, à mieux coller aux besoins et aux attentes du grand public, souligne Annick Monod. Nous souhaitons notamment encourager les gens à devenir actrices et acteurs de leur propre santé. Or, pour cela, pas besoin de leur servir un cours approfondi de botanique. Si l'on parvient à susciter l'émerveillement pour le monde végétal, un grand pas est déjà franchi.»

Le nouveau concept du jardin médicinal vise à ouvrir la porte à un échange des connaissances «plutôt qu'à les opposer»

D'autre part, le nouveau concept du jardin médicinal vise à ouvrir la porte à un échange des connaissances «plutôt qu'à les opposer»: connaissances ancestrales et du terrain versus connaissances académiques, connaissances de la pharma de synthèse versus connaissances de la phytopharma, etc. La responsable du Pôle public note que

cette approche s'inscrit dans la ligne de la médecine intégrative, «qui vise à combiner le meilleur de la médecine académique et de la médecine dite alternative». En ce sens, «nous sommes en adéquation avec la philosophie de l'Institut de médecine de famille de l'Unifr».

Le défi de la résistance aux antibiotiques

Soucieux d'offrir aux visiteuses et visiteurs de tous horizons un contenu didactique et une mise en scène correspondant à leurs attentes et besoins, le Jardin botanique s'est assuré l'appui de partenaires externes, dont le droguiste Emanuel Roggen. L'Institut de médecine de famille (IMF) en est un autre; il a été chargé du lectorat scientifique des nouvelles étiquettes du secteur dédié aux plantes médicinales. Vice-directeur de l'IMF et en cours de formation à la phytothérapie, Olivier Pasche indique avoir été «agréablement surpris» en apprenant que le Jardin botanique avait à l'origine été conçu pour fournir des plantes médicinales aux étudiantes et étudiants de l'Unifr. «Il serait très intéressant de réactiver ce lien!»

Le maître d'enseignement et de recherche commente qu'actuellement, la majorité des cursus universitaires en médecine sont axés sur le paradigme de la pharmacie de synthèse. «Le cas échéant, c'est généralement plus tard, une fois diplômé-e-s, que les praticien-ne-s s'intéressent aux possibilités offertes par les plantes médicinales.» Selon les observations d'Olivier Pasche, la médecine de famille est en train de s'ouvrir plus rapidement que d'autres aux approches alternatives ou complémentaires. Cet engouement concerne également la relève: la semaine optionnelle organisée chaque année à Bellegarde par l'IMF, qui permet aux étudiantes et étudiants de se familiariser avec une prise en charge intégrative - par exemple en s'initiant au Taiji ou à la pharmacobotanique – «tourne à guichet fermé».

Il faut dire qu'à une époque où la résistance aux antibiotiques inquiète et que l'impact environnemental de l'industrie pharmaceutique soulève les critiques, «les plantes offrent dans certains cas des alternatives bienvenues», selon le médecin de famille. Il cite notamment certaines infections urinaires ou des voies aériennes. Pour ce qui

est des plantes prometteuses, Olivier Pasche évoque par exemple le géranium du cap, la petite centaurée, la livèche et la capucine. «Mais pas dans tous les cas, nuance-t-il. Le recours à la pharma de synthèse demeure nécessaire pour traiter de nombreuses pathologies graves, notamment oncologiques. Les plantes médicinales peuvent néanmoins s'avérer efficaces en complément, pour lutter contre les effets secondaires.»

Les plantes, c'est la vie

Jacques Sciboz en est lui aussi convaincu: une médecine réellement efficace est celle qui repose aussi bien sur les progrès de la recherche scientifique et académique que sur les savoirs botaniques ancestraux transmis depuis des millénaires. «Mais encore faut-il que cette transmission se fasse, fait-il remarquer. Dans la vie de nombreuses personnes, la nature n'occupe qu'une maigre place et les interactions avec elle diminuent drastiquement.» Par conséquent, elles se sentent peu concernées par l'environnement naturel, et encore moins par le monde végétal. «Au point d'en oublier qu'il est à la base de la plupart des chaînes alimentaires.»

Le jardinier frotte une feuille d'aubépine encore humide entre ses doigts. Puis il regarde autour de lui. «Au fond, la mission du Jardin botanique est aussi simple que fondamentale: contribuer à maintenir, voire à créer, un contact entre les humains et les plantes.»

Patricia Michaud est journaliste indépendante.

Notre expert ► **Jacques Sciboz** est jardinier au Jardin botanique
jacques.sciboz@unifr.ch

Notre experte ► **Annick Monod** est responsable du Pôle public du Jardin botanique.
Annick.monod@unifr.ch

Notre expert ► **Olivier Pasche** est maître d'enseignement et de recherche en Section de médecine.
olivier.pasche@unifr.ch

La ville en façade

A l'époque moderne, les façades peintes essaient dans un grand nombre de villes européennes. Que traduit ce phénomène au niveau des enjeux identitaires et politiques, des rôles sociaux, des ambitions artistiques? Ces questions et bien d'autres ont occupé les chercheurs·euses du projet «La ville ornée», soutenu par le Fonds national suisse (FNS). Son colloque final s'est tenu en juin. **Sophie Roulin**



Héros de la Rome antique, personnages mythologiques ou bibliques, figures allégoriques: autant d'éléments figuratifs que l'on retrouve au cœur des villes européennes. Ces façades, peintes essentiellement entre les XV^e et XVIII^e siècles, ont fait l'objet d'un large projet de recherche intitulé «La ville ornée», financé par le FNS.

«Jusqu'ici, ce phénomène, parce que c'est bien d'un phénomène dont il s'agit, avait été étudié de manière fragmentée, souvent cantonnée à des aires géographiques restreintes, relève Jérémie Koering, professeur d'histoire de l'art des Temps modernes à l'Université de Fribourg et responsable du projet. Notre ambition était de décloisonner la recherche sur les façades peintes et de s'intéresser à l'Europe, sur un axe nord-sud.»

Démontrer les vertus du propriétaire

Le phénomène est probablement antérieur à la Renaissance, mais c'est à cette époque qu'il prend de l'ampleur. «A la Renaissance, les villes se transforment, explique Jérémie Koering. Les patriciens considèrent la façade comme le lieu qui leur permet d'exprimer les valeurs éthiques dont ils se sentent investis et qui les autorisent à contribuer à la vie de la cité.» Parmi les motifs récurrents figurent ainsi des scènes représentant les vertus de prudence, de justice, d'abnégation, de loyauté...

Les patriciens considèrent la façade comme le lieu qui leur permet d'exprimer les valeurs éthiques dont ils se sentent investis et qui les autorisent à contribuer à la vie de la cité

«Ces décors faisaient la démonstration de la place que leurs commanditaires entendaient occuper au sein de la ville, ajoute le

professeur. Souvent, ils ont aussi un souci d'inscrire la vie de leur famille dans ce cadre. Il n'est pas rare de voir apparaître des illustrations sur la généalogie ou sur un héritage familial.» Les étages servent de strates au programme iconographique. «La façade permet de superposer différents registres, d'articuler des discours et d'inscrire, par exemple, une saga familiale dans le registre de l'histoire longue.»

Peintes par des artistes de renom

Un exemple saillant de cette démarche est celui de la maison Hertenstein, à Lucerne. «Au rez-de-chaussée et au 1^{er} étage, une frise présente les quatre blasons des quatre mariages de Hertenstein, détaille le Docteur Dominic-Alain Boariu, chercheur senior FNS. Puis, au-dessus, vient une représentation du cycle des triomphes de César, copie d'une œuvre d'Andrea Mantegna, artiste majeur de la Renaissance italienne. L'histoire familiale entre en écho avec le registre supérieur.» Et Jérémie Koering de compléter: «Cette représentation de César est une célébration de l'Empire, à une époque où la Ville de Lucerne en était proche. Le propriétaire affirme par ces fresques ce lien à l'Empire.»

La maison Hertenstein est aussi importante parce que ses décors sont la première grande commande que Holbein le Jeune reçoit en Suisse. «Les façades peintes sont méconnues et c'est d'autant plus étonnant que de nombreux artistes de renom en sont les auteurs», poursuit le professeur.

Titien, Giorgione, plusieurs élèves de Raphaël, Tintoret, Tobias Stimmer, Frans Floris, Cornelis Ketel et beaucoup d'autres encore se sont prêtés au jeu de la fresque sur l'espace public. «Pour les artistes, souvent jeunes au moment de ces réalisations — il fallait de la vigueur pour peindre de telles œuvres — c'est une façon de montrer leur talent et d'en faire la promotion», note Jérémie Koering.

Une irruption dans l'espace urbain

Les artistes rivalisent d'ingéniosité et d'inventivité dans leur décoration, avec des figures virtuoses, parfois en saillie ou qui visent le spectateur. «Avec un caractère d'irruption dans l'espace de la ville, comme

cette figure de Marcus Curtius, personnage de la mythologie qui se sacrifia pour sauver Rome en sautant avec son cheval dans le gouffre qui s'était ouvert sur la place du Forum», ajoute le professeur. Cette figure, prête à bondir, se retrouve de façon récurrente dans les villes en Italie, en Suisse, en Allemagne... Une figure en raccourci qui permet aux artistes de montrer leur talent. Certains en ont fait une sorte de sigle, à commencer par Il Pordenone, à Venise, ou Tobias Stimmer, à Schaffhouse.

Avec des auteurs aussi renommés, comment se fait-il que les façades peintes aient si peu intéressé les historien-ne-s de l'art? «C'est une question qui se pose en effet, d'autant que les fondateurs de notre discipline — comme Jacob Burckhardt, par exemple — n'ont cessé de faire des efforts pour attirer l'attention sur ce patrimoine», relève Dominic-Alain Boariu.

A la fin du XIX^e siècle, Friedrich Salomon Vögelin et Johann Rudolf Rahn, premiers professeurs de la toute nouvelle Chaire d'histoire de l'art de l'Université de Zurich, ont étudié et écrit sur ce phénomène. Leurs documentations, recensant canton par canton les façades existantes à ce moment-là, ont d'ailleurs servi de base aux travaux de deux collaborateur-ices du projet «La ville ornée», Luca Cereghetti et Sandes Dindar.

Façades en grande partie disparues

«Mais le fait qu'une grande partie de ces façades aient disparu — en Suisse comme ailleurs —, en raison notamment d'un entretien difficile ou simplement par changement de mode, n'a pas aidé à ce que ces décors soient considérés à leur juste valeur historique, constate le Professeur Jérémie Koering. D'autre part, les façades peintes ont souvent été réalisées de manière rapide. Sur le plan de la facture, la qualité est rarement exceptionnelle. Ces éléments ont entraîné un désintérêt des historien-ne-s de l'art.»

Les façades peintes ont intéressé davantage les restaurateur-trices ou les personnes œuvrant pour la préservation d'un patrimoine local. «On trouve assez peu de travaux académiques sur ce phénomène. Aucune grande histoire de l'art de la Renaissance ou des Temps modernes ne fait

de place aux façades peintes.» La faute peut-être aussi au fait que ces œuvres se situent aux confins entre arts et architecture.

Des croquis d'artistes comme source

Ces décors étaient-ils d'ailleurs intégrés dès la conception des bâtiments qu'ils ornent? «Il n'y a pas de règles, répond Jérémie Koering. On pouvait peindre une maison ancienne pour lui donner un aspect plus moderne, justement. Beaucoup de maisons médiévales ont été décorées en incluant des éléments architecturaux pour les remettre au goût du jour. On a créé de fausses fenêtres, rééquilibré les structures, etc. Dans d'autres cas, les projets de construction comportent cette partie décorative. Beaucoup de dessins de ces projets ont été conservés.»

«On pouvait peindre une maison ancienne pour lui donner un aspect plus moderne, justement. Beaucoup de maisons médiévales ont été décorées en incluant des éléments architecturaux pour les remettre au goût du jour» Jérémie Koering

Les artistes réalisaient des esquisses détaillées des fresques qu'ils allaient peindre tout en représentant le futur bâtiment. Ces dessins étaient destinés aux commanditaires, pour leur montrer à quoi ressemblerait leur maison. Ils ont été une ressource importante dans les recherches, puisque souvent les façades et même les maisons ont disparu.

Le phénomène, lui-même, s'estompe progressivement au cours du XVII^e siècle déjà en Italie, puis du XVIII^e en Suisse et en Europe centrale. «Les explications de ce désintérêt sont multiples, avance Jérémie Koering. Les modèles esthétiques changent.

On revient à plus de simplicité. Probablement aussi que la difficulté d'entretenir ces décors mène à une sorte d'abandon du principe.» Et Dominic-Alain Boariu de préciser: «Du point de vue architectural, c'est la notion même d'ornement qui est tombée en désuétude.» Les techniques se transforment également. Ainsi, la céramique remplace la peinture dans certaines régions. C'est le cas du Portugal, avec ses *azulejos*, ou encore de Venise, où l'on trouve de très belles façades en mosaïque.

Contribution à embellir la ville

«Ce qui nous a particulièrement intéressés aussi, c'est que le choix du propriétaire de peindre sa maison participe d'une culture partagée, fait remarquer Jérémie Koering. Ces entreprises individuelles contribuent à la construction de l'entreprise collective qui est d'embellir la ville, de démontrer que cette ville est un lieu où vivre en bonne entente et en bonne communauté. Tout cela est constitutif de la notion même d'espace public. C'est du moins l'une des hypothèses que nous avançons.»

Les recensions de ces décors montrent que cette approche et cette façon de faire vivre la ville étaient partagées dans une grande partie de l'Europe. «La Suisse – ou plutôt l'espace qui correspond à la Suisse actuelle – a joué un rôle important dans les circulations des artistes, des modèles et des techniques. A la croisée des traditions italiennes, germanique et du centre de l'Europe, elle opère une synthèse entre les multiples influences tout en se forgeant un langage artistique propre. Le cœur des villes comme Bâle, Schaffhouse, Lucerne ou Stein am Rhein en témoignent encore de façon vibrante.»

«Ce qui nous a particulièrement intéressés aussi, c'est que le choix du propriétaire de peindre sa maison participe d'une culture partagée»

Jérémie Koering

Ce focus sur la Suisse a été l'une des thématiques de ce projet «La ville ornée». Les travaux ont également porté sur les horloges monumentales peintes à travers l'Europe, le statut de l'ornement, le cadre juridique dans lequel prospère ce phénomène, la résonance politique de certains dispositifs décoratifs ou encore la fusion de motifs et de style.

Pour marquer la fin du projet, ses protagonistes ont souhaité réunir des spécialistes des façades peintes européennes venant de Suisse, Allemagne, Danemark, Espagne, Etats-Unis, France, Italie, Pologne et République Tchèque, à l'occasion d'un colloque international qui s'est tenu en juin. Les débats et les conférences ont abordé les enjeux clés soulevés dans le cadre du projet, mais aussi d'autres thématiques transversales. De quoi inspirer les recherches futures.

Sophie Roulin est journaliste indépendante.

Notre expert ► **Jérémie Koering** est professeur d'histoire de l'art des Temps modernes à l'Université de Fribourg depuis 2020. Avant cela, il a fait ses études à l'Ecole du Louvre, à l'Université Paris IV (Sorbonne Université) et à l'Université Paris 1 (Panthéon-Sorbonne). Il a ensuite enseigné dans plusieurs universités en France (Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Lyon 2, Rennes 2), à Abu Dhabi (PSUAD) et à Bâle. Ses domaines d'étude sont l'art de la Renaissance, l'épistémologie de l'histoire de l'art et l'anthropologie des images.
jeremie.koering@unifr.ch

Notre expert ► **Dominic-Alain Boariu** a étudié les beaux-arts en Roumanie (Université d'art et design de Cluj-Napoca), en Belgique (Académie Royale des Beaux-Arts de Bruxelles) et en France (Université Rennes 2) et obtenu son Doctorat en histoire de l'art à l'Université de Fribourg en 2015. Il est actuellement chercheur senior FNS à l'Unifr et membre du projet «La ville ornée».
dominic-alain.boariu@unifr.ch

► (www.unifr.ch/art/fr/recherche/projets-de-recherche/la-ville-ornee).



«Wir müssen die Schwachstellen der Bakterien finden»

Immer mehr Bakterien sind resistent gegen Antibiotika.

Die Forschungsgruppe von Mikrobiologe Laurent Poirel versucht, die entsprechenden Mechanismen aufzudecken und zu blockieren. Auch wenn die Herausforderung gross ist, blickt er optimistisch in die Zukunft. **Adrian Ritter**

Die WHO zählt Antibiotikaresistenzen zu den zehn grössten Gesundheitsgefahren unserer Zeit. Jährlich sterben weltweit rund 1,3 Millionen Menschen daran. Wird die Situation immer noch schlimmer oder verbessert sie sich?

Einerseits wird es weiterhin schlimmer: immer mehr Bakterien entwickeln Resistenzen gegen immer mehr Antibiotika. Vor allem multiresistente Keime nehmen zu und sind in den Spitälern eine grosse Herausforderung. Andererseits verfügen wir glücklicherweise über immer mehr neue Antibiotika. Die Behandlungsmöglichkeiten auch für Patientinnen und Patienten mit multiplen Resistenzen verbessern sich.

Das sind auch positive Nachrichten.

Ja, noch vor fünf Jahren hätte ich diese Aussage nicht machen können. Aber seither hat es bei der Entwicklung neuer Antibiotika grosse Fortschritte gegeben. Trotzdem ist klar: Die Herausforderung bleibt gross, denn Resistenzen werden in der Zukunft noch weiter zunehmen. Nur ein Beispiel: *Escherichia coli*, also Kolibakterien, verursachen einen grossen Teil der Harnwegsinfekte und Blutvergiftungen. In gewissen Ländern der Welt wirken die Standardantibiotika dagegen in mehr als der Hälfte der Infektionen nicht mehr.

Resistenzen nehmen weiterhin zu. Versucht man noch zu wenig, den Einsatz von Antibiotika auf die wirklich nötigen Situationen zu beschränken?

In gewissen Ländern werden grosse Anstrengungen unternommen und die Nutzung von Antibiotika ist rückläufig. In anderen Ländern und Regionen aber, wie etwa in Asien, nimmt die Nutzung weiterhin zu. Antibiotika sind dort oft rezeptfrei und kostengünstig erhältlich. Das führt dazu, dass sie zu häufig und nicht selten auch unsachgemäss eingesetzt werden. Etwa gegen virale Infektionen, wo sie ohnehin nicht wirksam sind oder ohne ärztliche Begleitung zu wenig lang oder in der falschen Dosis. Je häufiger Antibiotika aber eingesetzt werden, desto grösser ist grundsätzlich der Selektionsdruck auf die Bakterien, Resistenzen zu bilden.

Und das gelingt ihnen auch. Immer besser?

Es ist nicht so, dass Bakterien lernfähig sind und ihre Strategien verbessern. Resistenzen sind etwas Natürliches, sie entstehen fast immer aufgrund von zufälligen Mutationen, die den Keimen einen Überlebensvorteil geben. Die Resistenz geben sie dann an ihre Nachkommen sowie über Genaustausch auch an andere Bakterien weiter. Resistenzen hat es schon immer gegeben, auch bevor Antibiotika existierten. Denn gewisse Mikroorganismen produzieren selbst auch antibiotische Stoffe, um sich etwa gegen Konkurrenten zu wehren. Auch da führten Mutationen schon immer gelegentlich zu Resistenzen.

Das Problem wird sich also nie ganz aus der Welt schaffen lassen?

Das ist so. Es wird auch gegen neu entwickelte Antibiotika irgendwann Resistenzen geben – auch wenn wir noch so sorgsam und sinnvoll damit umgehen. Und wenn

Referenzlabor für Resistenzen

Neue Formen von Antibiotikaresistenzen in der Schweiz umfassend überwachen und ihre Ausbreitung verhindern: Mit diesem Auftrag wurde 2017 im Auftrag des Bundesrates das «Nationale Referenzlaboratorium zur Früherkennung und Überwachung neuer Antibiotikaresistenzen» (NARA) ins Leben gerufen. Es wird von der Abteilung für Medizinische und Molekulare Mikrobiologie der Universität Freiburg betrieben, Direktor ist Dr. Laurent Poirel. Das Laboratorium hat zwei weitere angegliederte Standorte am Centre Hospitalier Universitaire Vaudois und an der Universität Zürich. Am NARA werden Bakterienproben aus Spitälern der ganzen Schweiz untersucht – dadurch wird es möglich, die geographische Ausbreitung von Resistenzen und die entsprechenden Mechanismen der Resistenzbildung zu erfassen. Zudem wird getestet, ob neu auf dem Markt erhältliche Antibiotika gegen multiresistente Keime wirksam sind. Das NARA entwickelt dazu Testmethoden, die auch Spitälern zur Verfügung gestellt werden.

► <https://www.unifr.ch/med/nara/de/>

die Situation in gewissen Ländern besser wird, löst dies das Problem auch nicht gänzlich. Denn die meisten beispielsweise in der Schweiz neu auftretenden Resistenzen werden von Reisenden mit nach Hause gebracht. Dieses Phänomen sehen wir in unserem Referenzzentrum für Antibiotikaresistenzen täglich. Weil die Menschen mehr reisen als früher, breiten sich auch Resistenzen weltweit stärker aus. Und wir haben wenig Einfluss darauf, wie in anderen Ländern mit der Nutzung von Antibiotika umgegangen wird.

Und weil Resistenzen immer wieder auftreten, müssen immer wieder neue Antibiotika entwickelt werden.

Ja, einerseits brauchen wir immer wieder neue Antibiotika. Die andere wichtige Strategie besteht darin, die Resistenzstrategien der Bakterien gezielt zu bekämpfen, damit auch bestehende Antibiotika wieder wirken. Interessanterweise gibt es Antibiotika, die seit Jahrzehnten existieren und gegen die kaum Resistenzen bestehen. Vermutlich, weil die Resistenzbildung für die Bakterien mit anderen Nachteilen für ihr Überleben verbunden wäre. Wenn immer möglich setzt man in der Medizin zuerst solche älteren Wirkstoffe ein. Neue entwickelte Substanzen sind für Notfälle vorgesehen, wenn alles andere nicht mehr funktioniert. Wir müssen neue Wirkstoffe schonen, damit möglichst lange keine Resistenzen dagegen entstehen.

Ihre Forschungsgruppe untersucht vor allem die Mechanismen der Resistenzbildung. Wie gut versteht man diese heute bereits?

Die meisten verstehen wir schon gut. Dabei gibt es grundlegende Mechanismen, die von vielen Mikroben genutzt werden, aber auch solche, die spezifisch für ein bestimmtes Bakterium sind. Ein Mechanismus besteht zum Beispiel aus einer Pumpe, mit der Bakterien für sie gefährliche Stoffe aus ihrem Innern entfernen können – etwa Antibiotika. In der Regel ist diese Pumpe relativ schwach ausgeprägt. Aber Mutationen haben bei gewissen Bakterien zu einer überaus aktiven Pumpe und entsprechend mehr Resistenzen geführt.

Was lässt sich dagegen tun?

Wie verstehen diese Strategie der Pumpen zwar gut, aber es ist bisher nicht gelungen, sie auszuschalten. Man fand zwar Wirkstoffe, welche die Pumpen blockieren können, aber diese waren zu toxisch für Menschen. Die Suche geht deshalb weiter. Das Beispiel zeigt, wie die akademische Forschung Pharmaunternehmen dabei unterstützt, bessere therapeutische Strategien zu entwickeln.

Welche anderen Mechanismen gibt es für Bakterien, resistent zu werden?

Es gibt zum Beispiel Mutationen, die dazu führen, dass sich die Membran eines Bakteriums verändert und ein Antibiotikum nicht mehr eindringen kann. Oder dass Bakterien Enzyme herstellen können, die Antibiotika gezielt zerstören. Unsere Forschungsgruppe beschäftigt sich vor allem mit solchen enzymatischen Mechanismen. Diese vermögen eine grosse Gruppe häufig verwendeter Antibiotika wirkungslos zu machen. Die Suche nach Inhibitoren, welche diese Mechanismen der Bakterien wieder ausschalten, gilt deshalb heute als vielversprechender Ansatz.

Resistenz-Enzyme blockieren

Um sich gegen Antibiotika zu schützen, produzieren viele Bakterien Enzyme, welche die Medikamente unwirksam machen. Pharmaunternehmen haben in den vergangenen Jahren Inhibitoren entwickelt – Moleküle, welche die Wirkung dieser Enzyme blockieren. Einer dieser Inhibitoren ist Xeruborbactam. Wird er gemeinsam mit einem Antibiotikum verabreicht, kann dieses seine Wirkung wieder entfalten. Das Team um Laurent Poirel hat kürzlich in einer Studie am Beispiel von zwei häufigen krankheitsverursachenden Bakterien untersucht, wie wirksam Xeruborbactam ist. Dabei zeigte sich, dass die Substanz bei einem der Bakterien sehr wirksam war, beim anderen hingegen kaum. Damit dämpfte die Studie frühere, optimistischere Einschätzungen und gab wichtige Hinweise, wo gezielte Weiterentwicklungen des Inhibitors nötig sind.

► www.unifr.ch/news/de/

Was konnte Ihre Forschungsgruppe bisher dazu beitragen?

In den letzten 15 Jahren gelangen uns einige grosse Erfolge. So haben wir eine Reihe von Enzymen entdeckt, welche Bakterien resistent werden lassen. Auf der Basis unserer Forschung und mit unserer Beteiligung wird jetzt intensiv nach Molekülen gegen diese Enzyme gesucht. Weitere wichtige Beiträge unserer Forschungsgruppe betreffen die Frage, wie Bakterien Resistenzgene untereinander austauschen und wie wir dies bremsen könnten. Ausserdem haben wir zahlreiche Methoden zur Diagnostik entwickelt.

Worum geht es dabei?

Einerseits müsse Ärztinnen und Ärzte möglichst schnell erkennen können, welches Bakterium bei einem Patienten oder einer Patientin eine Krankheit verursacht. Das gelingt heute schon recht gut. Ebenso wichtig ist es, möglichst schnell zu wissen, gegen welche Antibiotika der entsprechende Keim bereits resistent ist. Eine solche Analyse dauerte in der Vergangenheit meist etwa zwei Tage. Heute ist das immer häufiger schon innerhalb von wenigen Stunden möglich. Unsere Gruppe hat entsprechende Verfahren entwickelt, die heute weltweit klinisch angewandt werden. Schnelle Tests sind entscheidend, damit die Ärztinnen und Ärzte nicht Zeit verschwenden mit unwirksamen Medikamenten. Denn: Je mehr Resistenzen es gibt, desto grösser ist die Gefahr, ein unwirksames Antibiotikum zu verabreichen. Schnelle Tests helfen auch, Patientinnen und Patienten mit resistenten Bakterien zu isolieren und damit die Verbreitung von Resistenzen zu verhindern.

Es gibt also grosse Herausforderungen, aber auch Fortschritte. Wie blicken Sie in die Zukunft?

Ich bin optimistisch. Viele Forschungsgruppen arbeiten an Lösungen und neuen Ansätzen. Je besser wir dank Grundlagenforschung den Stoffwechsel von Bakterien verstehen, desto mehr Angriffspunkte ergeben sich. Wir müssen die Schwachstellen der Bakterien finden. Ich bin auch überzeugt, dass technologische Fortschritte und Künstliche Intelligenz uns helfen werden, immer gezieltere Strategien gegen

Resistenzen zu entwickeln. Es gilt auf verschiedenen Ebenen anzusetzen. Weil sich Resistenzen nie gänzlich verhindern lassen, müssen wir adäquat darauf reagieren. So ist es weiterhin wichtig, den Einsatz von Antibiotika weltweit zu reduzieren.

Lange hiess es, für Pharmaunternehmen lohne es sich wirtschaftlich nicht, neue Antibiotika zu entwickeln. Es sei zu aufwändig, dauere zu lange und die Medikamente liessen sich nicht teuer genug verkaufen.

Inzwischen hat sich ein bestimmtes ökonomisches Modell etabliert. Neue Wirkstoffe entstehen heute vor allem in kleinen Start-ups. Stiftungen und der Staat unterstützen diese, damit sie neue Ansätze erproben können. Das ist ein hohes Risiko, denn in vielen Fällen wird es nicht funktionieren. In einigen Fällen aber schon. Und dann kaufen Pharmaunternehmen die entsprechenden Start-ups auf und bringen die neuen Medikamente auf den Markt. Ob man dieses Modell gut findet oder nicht, es funktioniert. Zahlreiche antibiotische Wirkstoffe werden bald auf den Markt kommen. Handlungsbedarf besteht allerdings trotzdem. Wir sollten die Zulassung vereinfachen und beschleunigen.

Adrian Ritter ist freischaffender Wissenschaftsjournalist.



Unsere Experte
► **Laurent Poirel** ist
Assistenzprofessor
für Molekulare und
Medizinische Mikro-
biologie an der Univer-

sität Freiburg. Zu Beginn seiner akademischen Karriere beschäftigte er sich mit Viren, heute mit Bakterien: «Diese vermehren sich viel rascher, daher gelangt man in der Forschung schneller zu neuen Erkenntnissen. Das gefällt mir als ungeduldige Person.»
laurent.poirel@unifr.ch

People & News

Auf den 1. August wird **Jean-Louis Berger** als Vizerektor für die neu gegründete Fakultät für Erziehungs- und Bildungswissenschaften zur Universitätsleitung stossen.

Die Funktion des Dekans ebendieser Fakultät wird **Philippe Genoud** übernehmen, der bereits als Gründungsdekan amtierte.

Zu einem Wechsel im Dekanat kommt es des Weiteren in folgenden Fakultäten: **Veronika Hoffmann** wird Dekanin der Theologischen Fakultät und **Michael Walch** wird Dekan der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen und Medizinischen Fakultät.

Die Körperschaft der Professorinnen und Professoren der Universität Freiburg wird künftig von Prof. **Basile Cardinaux** der Rechtswissenschaftlichen Fakultät präsiert. Die Unifr wünscht allen einen guten Start in den neuen Funktionen!

Im Umfeld der Walliser Abtei Saint-Maurice kam es über ein halbes Jahrhundert lang zu sexuellem Missbrauch. Zu diesem Schluss kommt der kürzlich erschienene Bericht der Arbeitsgruppe, die in den letzten zwei Jahren die sozialhistorischen Umstände in der Abtei untersucht hat. Die Arbeitsgruppe wurde rund um das Departement für Zeitgeschichte der Unifr eigens zur Klärung der Missbrauchsfälle aufgebaut, unter der Mitwirkung der emeritierten Professorin **Anne-Françoise Praz** und der Dozentin und Forscherin **Stéphanie Roulin**. Im Mai 2024 konnten ausserdem zwei Forscherinnen angestellt werden: **Lorraine Odier**, Doktorin der Sozialwissenschaften, und **Magali Delaloye**, Doktorin der Geschichte sowie zwei externe Jurist_innen, **Pierre Aubert** und **Claire-Lise Mayor Aubert**.

Ein besonderes Augenmerk der Aufarbeitung wurde dabei auf das Tabu gelegt, das die Sexualität der Priesterschaft im Allgemeinen und der Abtei im Besonderen umgibt. Im Fokus standen ausserdem die Banalisierung der Gewalt im Internat sowie das Prestige der Abtei, das dazu führte, dass

Anschuldigungen nicht berücksichtigt wurden. Zusammenfassend ergibt sich aus dieser Studie, dass im Umfeld der Abtei Saint-Maurice eine nicht unerhebliche Anzahl von Handlungen erfolgte, die im weiteren Sinne unter sexuelle Gewalt fallen, dass es sich dabei strafrechtlich gesehen mehrheitlich um Zuwiderhandlungen von geringer oder mittlerer Schwere handelte und dass die Abtei sich ihrer diesbezüglichen Pflichten erst bewusst geworden ist nach massivem Eingreifen von Medien und Öffentlichkeit.

Welche Auswirkungen hat das Online-Nachrichtenangebot des Service public auf den Verkauf von Digitalabos privater Medien? Eine repräsentative Studie zeigt für den Deutschschweizer Markt klar, dass die Existenz von «SRF News» keine Ursache für die geringe Zahlungsbereitschaft für private Online-Nachrichtenangebote darstellt. Bei einer Abschaltung von «SRF News» könnte nur eine kleine Zahl zusätzlicher Abonnements zu sehr niedrigen Preisen verkauft werden. Von einer Abschaltung von «SRF News» würden vor allem Gratisangebote profitieren. Zu diesem Schluss kam eine Studie des **Instituts für digitale Kommunikation und Medieninnovation IDCMI** und des **Departements für Kommunikationswissenschaft und Medienforschung DCM** der Universität Freiburg.

Forschende der Universitäten Freiburg und Lausanne haben untersucht und dargestellt, wie das Schmelzwasser Grönlands ins Meer fliesst. Ihre in «Nature Communications» veröffentlichte Studie zeigt, wie die sommerliche Schneeschmelze zur Bildung von Eisschichten unter dem Schnee führt, die einen Teil des Schmelzwassers daran hindern, ins Meer zu gelangen. Die Eisschichten zwingen das Wasser horizontal abzufließen und ermöglichen so, dass ein Teil davon wieder gefriert. Die Analysen

zeigen, dass zwischen 2017 und 2022 rund 56 Gigatonnen Schmelzwasser durch diese Schichten wieder gefroren sind. Aber: «Man darf sich nicht täuschen lassen», so **Horst Machguth**, Mitautor der Studie und Forscher an der Universität Freiburg. «Der grönländische Eisschild schmilzt, und über den Zeitraum 2017 bis 2022 stehen den 56 Gigatonnen an wieder gefrorenem Schmelzwasser ein totaler Massenverlust des Eisschildes von ca. 1200 Gigatonnen gegenüber.»

Die Unifr fördert Unternehmertum aktiv: Erstmals hat der **Dienst für Wissens- und Technologietransfer (KTT)** Start-up-Projekte mit eigenen Fördergeldern unterstützt. Drei Teams konnten 2025 von den neuen KTT-Grants profitieren: **Xemperia**, **Neuria** und **Separatic**. Die Unifr begleitet die Start-ups von der Idee bis zur Gründung – durch frühzeitigen Schutz des geistigen Eigentums, attraktive Lizenzierungsbedingungen und Unterstützung bei der Suche nach nicht-verwässernder Finanzierung. Mit den neuen Grants wird dieser Weg zusätzlich gestärkt.

Studierende der Rechtswissenschaftlichen Fakultät überzeugen an Moot Courts: Im März hat ein Studierendenteam den Concours René Cassin am Europäischen Gerichtshof für Menschenrechte in Strassburg gewonnen. Das Team war zusammengesetzt aus **David Berset**, **Pierre Demaurex** und **Timothée Pellouchoud**.

Einen Monat später hat ein anderes Team der Unifr in Luxemburg vor einer Jury, zusammengesetzt aus Richtern des Europäischen Gerichtshofs, das Finale des European Law Moot Court gewonnen. Hierbei ging es um einen internationalen Wettbewerb, an dem Teams aus der ganzen Welt teilnehmen. Das Team war zusammengesetzt aus **Leonard Ottaviano**, **Kieran Putallaz**, und **Feryal Talaat**.



Baptiste Hildebrand

Lecteur au Département de physique

Qu'est-ce qui vous ennuie?

Les trop longues séances

Où devriez-vous vous améliorer?

Je devrais être plus patient et moins anxieux

Un regret?

Aucun

A quoi croyez-vous?

Je crois en notre capacité à apprendre et à nous améliorer. L'IA y arrive très bien, pourquoi pas nous?

Quelle faculté aimeriez-vous avoir?

Voyager dans le temps

Votre moment préféré de la journée?

Chaque fois que je tiens une tasse de café dans la main

Avez-vous un tic?

Je ne sais pas, mais j'ai pas mal de TOCs

Qu'est-ce qui vous émeut aux larmes?

Les naissances de mes enfants m'ont particulièrement ému

De quoi avez-vous peur?

De la guerre, des maladies et de la mort

Quelle question vous posez-vous encore et encore?

Est-ce que j'ai bien éteint la lumière et fermé la porte de mon bureau en partant?

Préférez-vous mourir définitivement ou vous réincarner en animal? Et si oui, lequel?

Est-ce que l'être humain est un animal? Si oui, alors, dans l'idéal, je vivrais bien une seconde vie humaine

A quelle époque auriez-vous aimé vivre?

Il n'y a pas une époque en particulier à laquelle j'aurais aimé vivre.

Mais j'aurais bien voulu rencontrer certains grands noms de la physique comme Isaac Newton, par exemple



ASSOCIATION DES AMIS DU JARDIN BOTANIQUE DE FRIBOURG
VEREIN DER FREUNDE DES BOTANISCHEN GARTENS FREIBURG
1700 Fribourg - 026 300 88 86 (Jardin botanique) - E-mail: aajbfr@gmail.com



APPEL AUX DONNS

Nouveau secteur «Plantes médicinales»

APPRENDRE EN S'AMUSANT

SPENDENAUFTRUF

Neuer Sektor «Medizinalpflanzen»

LERNEN MIT SPASS



Plus d'infos | Weitere Infos:
www.unifr.ch/go/plantes-med



Pour son 90^e anniversaire, en 2027, le Jardin botanique remet à neuf son secteur des Plantes médicinales. Soutenez la création de cet espace dédié aux bienfaits des plantes sur la santé!
Zu seinem 90-jährigen Bestehen im Jahr 2027 erneuert der Botanische Garten seinen Sektor der Medizinalpflanzen. Unterstützen Sie den Bau dieser Abteilung, die der Heilwirkung von Pflanzen auf unsere Gesundheit gewidmet ist.

FAITES UN DON! SPENDEN SIE!

Association des Amis du Jardin botanique
Verein der Freunde des Botanischen Gartens
1700 Fribourg Freiburg

IBAN: CH65 0076 8300 1550 3350 8

Votre don est déductible des impôts.
Ihre Spende ist von der Steuer absetzbar.