

## Unser Erbgut ist aus Viren aufgebaut

*Thomas Hardtmuth*

Die modernsten genetischen Sequenzier-Geräte sind nicht viel grösser als ein Smartphone und bestimmen die gesamten Nukleotidsequenzen eines Organismus innerhalb weniger Stunden. Als im Jahre 2001 das erste menschliche Genom sequenziert war, hatten hunderte Wissenschaftler viele Jahre gearbeitet und Kosten in Milliardenhöhe verursacht.

Mittlerweile sind unzählige Genome von Menschen, Tieren, Pflanzen, Bakterien und Viren entschlüsselt und es lassen sich dadurch evolutive Entwicklungslinien und Stammbäume nachzeichnen, die in vielerlei Hinsicht unser evolutionsbiologisches Verständnis revolutionieren. Eine der bedeutendsten Entdeckungen ist, dass unser rezentes Genom weniger die Folge von Mutation und Selektion ist, wie es die Synthetische Theorie des Neodarwinismus lehrt, sondern das Ergebnis von unzähligen genetischen Austauschprozessen darstellt, deren ursprüngliche Vermittler die Viren sind. Die gesamte Gen-Physiologie, genetische Rekombinationen, Translation, Transkription und Transposition, wie sie innerhalb der eukaryotischen Zelle konserviert sind, waren ursprünglich exogene virale Prozesse!

Die renommierte Virologin Karin Mölling zählt die Entdeckung der viralen Herkunft unseres Genoms zu den wichtigsten wissenschaftlichen Errungenschaften des 21. Jh. (Mölling 2015). Seit der Frühgeschichte des Lebens gibt es keinen Organismus, der nicht von Viren – meist mehrfach – besiedelt worden wäre. Pathogene Viren, die die befallenen Zellen auflösen (lytischer Lebensstil) sind nur ein Ausnahmefall; in der Regel sind virale Kolonisationen (sesshafter Lebensstil) von Organismen mit einem evolutiven Fortschritt verbunden, indem neue phänotypische Eigenschaften oder gewisse immunologische Kompetenzen auf den Wirt übertragen werden. Nur bei Stressbelastung des Wirtsorganismus kann ein sesshaftes Virus in einen lytischen Lebensstil konvertieren, d.h. die potentiell neu veranlagte Fähigkeit kann auch einen krisenhaften Krankheitszustand auslösen. Das Verständnis der genetischen Evolution ändert sich damit grundlegend. Die internalisierten, sesshaften Viren sind somit genetisch mit entscheidend für evolutive Innovationen und Artenvielfalt. Zufällige Mutationen sind also für die Evolution des Genoms nicht zwingend erforderlich.

Der horizontale Gentransfer, der bislang nur den Prokaryonten zugeschrieben wurde, ist nach den neuen Erkenntnissen viel weiter verbreitet als bisher angenommen und spielt auch bei allen höheren Lebensformen eine Rolle. Hierbei werden nicht nur einzelne Gene und Plasmide transferiert,

sondern an diesem Vorgang sind immer auch Viren aus der Umgebung mitbeteiligt, die zusätzlich genetische Informationen in diese Austauschprozesse einbringen oder auch herausziehen.

Viren sind die häufigsten Lebensformen überhaupt. 1 ml Meerwasser enthält durchschnittlich etwa 1 Million Bakterien, etwa zehnmal so viele Viren, unzählige Virenfragmente und RNA-Partikel. Viren mutieren etwa tausend Mal schneller als Bakterien und eine Million Mal schneller als menschliche Körperzellen. Sie haben damit ein enorm hohes Evolutionstempo je nach Umweltsituation. Man kann es als Regel betrachten, dass die Virenaktivität in einem biologischen System bei Stress im Sinne eines erhöhten Anpassungs- bzw. Selektionsdruckes ansteigt, d.h. es kommt zu einer Intensivierung der interzellulären Kommunikation mit erhöhtem Genaustausch. Die Folge sind gezielte genetischen Umbauprozesse, die der US-amerikanische Biochemiker *James Alan Shapiro* als das «Natural Genetic Engineering» bezeichnet (2013). Die Viren sind dabei die ursprünglichen genetischen «Agenten» dieser evolutiven Dynamik und verkörpern damit gewissermassen die genetische Ur-Substanz der Erde.

Die alte Frage, ob man die Viren überhaupt zu den Lebewesen zählen darf, beantwortet sich von selbst, wenn wir den aussichtslosen Versuch der lokalen Zuschreibung von «Leben» aufgeben und zu einem erweiterten Organismus-Begriff finden. Die aktuell intensiv betriebene Mikrobiomforschung zeigt immer deutlicher, dass sich die Funktionen von Viren und Bakterien weniger aus ihrer Eigengesetzlichkeit bzw. aus ihren genetischen Determinanten ergeben, sondern vielmehr aus den peripheren Lebenszusammenhängen, in die sie eingebettet sind (vgl. *Hardtmuth* 2017). Ihr Verhalten ist damit im Gegensatz zu höheren Organismen hochgradig extrinsisch. D.h. auch, dass ihre Analyse als Einzelorganismen ohne Kenntnis des systemischen Umkreiskontextes wenig ergiebig ist. So werden die meisten bakteriellen Toxine von Viren erzeugt, die als Bakteriophagen aus der Umgebung aufgenommen werden. Die Mikroorganismen sind Glieder eines «grösseren Organismus», der sich uns aber nicht als geschlossene, sichtbare Gestalt darbietet. Daher ist die Anzüchtung von bakteriellen Monokulturen nur bei etwa einem Prozent der Keime möglich. Ein Magen, ein Finger oder ein Gehirn lassen sich ebenso wenig als einzelne Lebewesen erhalten wie die meisten Mikroben. Die gesunde Homöostase von grösseren Ökosystemen wie Böden und Gewässern hängt wesentlich mit der «prä-organismischen» Gesamtheit einer intakten Mikrobiosphäre zusammen. Die Einzel-Analyse von Mikroorganismen ohne Berücksichtigung ihres systemischen Bezugsrahmens stellt ein methodisches Grundproblem dar, welches schon zu zahlreichen Irrtümern, v.a. im medizinischen Denken geführt hat. Wir wollen diesen wichtigen Punkt an einem Beispiel verdeutlichen:

Wenn wir ein einzelnes Bakterium isolieren, in einem Nährmedium vermehren und dann in den Organismus einbringen, kann man bei entsprechend grosser Keimzahl natürlich eine Krankheits-Symptomatik erzeugen. Laut dem Henle-Koch'schen Postulat gilt das als Beweis für die bakterielle *Ursache* einer Infektionserkrankung. Wenn ich 20 Bananen esse, würde ich ebenso krankhafte Symptome erzeugen, obwohl der Verzehr einer einzelnen Banane durchaus gesund ist. So kommen die meisten sogenannten «pathogenen Keime» im Organismus unter gesunden Bedingungen ebenso vor. Ihre starke Vermehrung bei einer Infektionserkrankung ist meist nicht die Ursache, sondern ein *Symptom* einer mikrobiellen Dysbalance im Rahmen einer immunologischen Irritation oder Schwäche. Bereits in den 50er und 60er Jahren konnte in mehreren Experimenten gezeigt werden, dass man beispielsweise gesunden Mäusen 100'000 Salmonellen-Keime zuführen muss, um bei 50 % der Tiere eine Krankheit auszulösen. Hatten die Mäuse Tage bis Wochen zuvor einmalig ein Antibiotikum (Streptomycin oder Penicillin) erhalten, was in der Regel zu einer Dysbiose des Darmmikrobioms führt, dann reichten 3 (!) Keime aus, um die Tiere zu infizieren (*Bohnhoff & Miller 1962*).

Mikrobiome spiegeln in ihrer Zusammensetzung geradezu seismographisch die umgebenden Lebensverhältnisse wider. Der Verlust an Diversität mit konsekutiver Herausselektionierung von Monokulturen ist *der* Indikator für kranke Bio-Systeme; das gilt für Mikroorganismen, die Flora und Fauna bis hin zu kulturellen und sozialen menschlichen Systemen. Totalitarismus und Faschismus als geistige Monokulturen sind die «Seuchen» des menschlichen Sozialorganismus. Die Robustheit und Gesundheit lebendiger Systeme hängt mit ihrer natürlich gewachsenen Diversität zusammen. Die meisten chronischen Erkrankungen des Menschen sind mit einem Diversitätsverlust seines Mikrobioms verbunden.

Anstatt die mikrobiellen Dysbiosen als Folge einer systemischen Pathologie zu betrachten, hat man sich in der Medizin auf einzelne Mikroben und ihre Elimination fokussiert und damit das unselige «Feindbild» der Mikroorganismen begründet. Von dem Geschäft mit antibakteriellen Produkten, Desinfektionsmitteln, Antibiotika und Impfstoffen lebt heute eine riesige Industrie. Die Folge sind nachhaltige Irritationen der Immunsysteme, was sich in den ständig wachsenden Zahlen von Allergien, Krebs und Autoimmunerkrankungen in den westlichen Industrieländern zeigt. Die wesentlichen Ursachen von Seuchen und Infektionserkrankungen liegen bei genauer Analyse in unmenschlichen Lebensverhältnissen, wie sie bei Hunger, Elend, mangelnder Hygiene, Angst, Krieg, und Enge in Armenvierteln, Massenlagern, Ghettos u.ä. auftreten. Die Massentierhaltung mit ihrem unverantwortlich hohen Antibiotikaverbrauch gehört auch zu solchen

Verhältnissen. In humanen Zivilgesellschaften mit hoher kultureller Vielfalt spielen Seuchen eigentlich keine Rolle.

Auch der Versuch, Krankheiten wie Krebs oder Alzheimer aus den intrazellulären Prozessen ohne Berücksichtigung der peripheren Lebenszusammenhänge zu verstehen, war bislang ebenso erfolglos, wie derjenige, aus der Analyse einzelner Bakterien oder Viren die hochkomplexe, weitgehend extrinsische Physiologie eines Mikrobioms zu erklären.

Immer mehr Befunde deuten darauf hin, dass die Viren am Anfang der Evolution standen und dass wir es sogar beim eukaryontischen Zellkern mit einem Endosymbionten in Form eines ursprünglich doppelsträngigen DNA-Virus zu tun haben. Viren zeigen in mehrfacher Hinsicht die Signatur unbelebter Substanz: Sie besitzen keine Organellen wie Mitochondrien oder Ribosomen und damit keinen eigenen Stoffwechsel und auch keine eigene Replikationsfähigkeit. Ihre Formentstehung zeigt Gesetzmässigkeiten, wie wir sie von Kristallisationsprozessen kennen: Ikosaeder-Formen, die sich aus zahlreichen identischen Bausteinen, den Kapsomeren, durch Selbst-Assemblierung (Aneinander-Lagerung ohne Energieverbrauch bzw. ohne Stoffwechsel-Aufwand) wie bei Kristallisationsvorgängen herausformen. Bestimmte Viren wie das Tabakmosaikvirus können sich unter bestimmten Bedingungen millionenfach zusammenlagern und bilden dabei nadelförmige Kristalle.

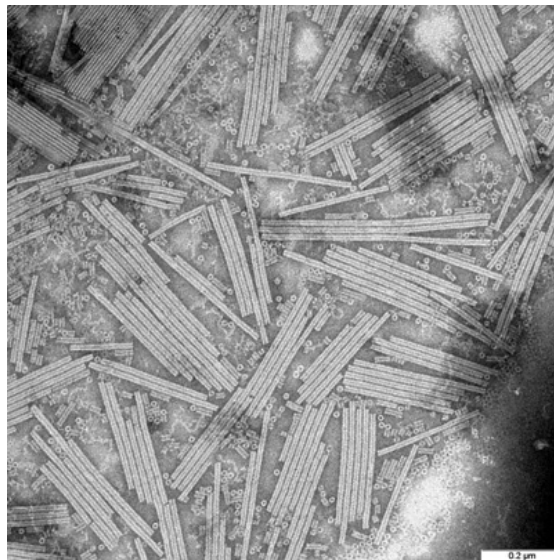


Abb. 1: Tabakmosaikvirus<sup>1</sup>

<sup>1</sup> aus: <https://de.wikipedia.org/wiki/Tabakmosaikvirus>

Die grundsätzliche Frage nach der Natur des genetischen Codes stellt sich neu: Wenn wir bedenken, dass unter dem Einfluss der UV-Strahlung bzw. des Sonnenlichts in jeder Sekunde weltweit Myriaden von Viren zerfallen und sich die dabei entstehenden Fragmente spontan zu neuen Viren mit neuen genetischen Eigenschaften wie in einer Art Kristallisationsprozess zusammenlagern, die wir später in den Organismen als Gene konserviert wiederfinden, dann eröffnen sich hier natürlich ganz neue Horizonte. Die virale Sphäre der Erde – Luis Villarreal spricht von der Viroosphäre – steht als plastisch dynamischer Pol im Sinne einer externen Genetik der relativ stabilen DNA des Zellkerns wie in einem Umkreis-Punkt-Verhältnis gegenüber. Einen mittleren Bereich stellen die zahlreichen, polyfunktionalen RNA-Elemente dar, die die Genablesung (Transkriptom) je nach situativem Umweltkontext modifizieren und auch an der Regulation der epigenetischen Prozesse massgeblich beteiligt sind (Witzany 2010, Villarreal 2005).

Für die anthroposophisch orientierte Evolutions-Forschung und Medizin ergeben sich weitreichende und wohl bedeutsame Implikationen, die wir hier nur grob in einigen Stichpunkten andeuten können<sup>2</sup>.

- Krankheiten haben in der lebenslangen Ontogenese des Menschen eine ganz andere Bedeutung als im Tierreich. Krisen und Krankheiten, v.a. die Kinderkrankheiten bedeuten immer auch Entwicklungschancen. Die ins Genom des Menschen integrierten Viren sprechen das Prinzip «Krankheit als Evolutionsfaktor» geradezu aus. Für das Verständnis der Virusinfektionen – gerade auch im Hinblick auf die aktuelle Impfdiskussion – ergeben sich dadurch ganz neue Aspekte und Fragestellungen.
- Die Zuordnung der Viren zum «Alten Saturn», der Prokaryonten zur «Alten Sonne», der Eukaryonten zum «Alten Mond» und der Metazoen zur Erde, die Wolfgang Schad vorgeschlagen hat, eröffnet ein tieferes und konkreteres Verständnis der geisteswissenschaftlichen Evolutionsforschung<sup>3</sup>.
- Die Komplementarität von Darm und Gehirn, wie sie von R. Steiner immer wieder thematisiert wurde, bekommt durch die moderne Mikrobiomforschung («gut-brain-axis») eine bemerkenswerte Aktualität. Zahlreiche psychische und neurodegenerative Erkrankungen sind spezifisch mit einer mikrobiellen Pathologie des Darms korreliert. Vor allem auch

2 Für eine ausführliche Darstellung der Thematik siehe *Hardtmuth* 2019.

3 Hierzu ist eine weitere Ausarbeitung in Vorbereitung.

für die Ätherforschung sind diese Zusammenhänge essentiell und ermöglichen ein erweitertes Blickfeld auf den Leib-Seele-Zusammenhang. Die Psychomikrobiotik ist eines dieser neuen Forschungsfelder (vgl. *Hardtmuth* 2017).

- Wohl wenige Forschungen unterstreichen die Notwendigkeit von mehr Transdisziplinarität in der Wissenschaft deutlicher als die Mikrobiomforschung. Neuere transdisziplinäre Ansätze, wie sie in den Biokommunikations-Wissenschaften, der Biolinguistik und der Biohermeneutik verfolgt werden, zeigen, wie die eindimensional-reduktionistische Selektionstheorie durch das Bild einer grundsätzlich dialogisch organisierten Natur modernisiert werden kann.

### *Literatur*

- Bohnhoff, M., Miller C.P.* (1962): Enhanced susceptibility to Salmonella infection in streptomycin-treated mice. *Journal of Infectious Diseases* III. S. 117–127.
- Hardtmuth, T.* (2019): Die Rolle der Viren in Evolution und Medizin – Versuch einer systemischen Perspektive. *Jahrbuch für Goetheanismus*.
- Hardtmuth, T.* (2017): Mikrobiom und erweiterter Organismusbegriff. *Jahrbuch für Goetheanismus*.
- Mölling, K.* (2015): Supermacht des Lebens – Reisen in die erstaunliche Welt der Viren. München.
- Ryan, F.* (2010): Virolution – Die Macht der Viren in der Evolution. Heidelberg.
- Shapiro, J. A.* (2013): What natural genetic engineering does and does not mean. *Huffington Post, THE BLOG* 02/28/2013 06:17 pm ET. Updated Apr. 30, 2013.
- Villarreal, L.P.* (2005): *Viruses and the Evolution of Life*. Washington.
- Witzany, G.* (2010): *Biokommunikation und natürliche Bearbeitung genetischer Texte. Die Anwendung der sprachpragmatischen Philosophie der Biologie*. Norderstedt.

*Thomas Hardtmuth*  
*drthomashardtmuth@web.de*