
Es schleimt, es lebt, es denkt

Eine Rheologie des Medialen

Gabriele Gramelsberger

1. Urschleim des Lebens

1868 beschreibt der Biologe Thomas Henry Huxley »[...] lumps of a transparent, gelatinous substance. These lumps are of all size, from patches visible with the naked eye to excessively minute particles.«¹ Bezugnehmend auf Ernst Haeckels *Monographie der Moneren* aus demselben Jahr benennt Huxley diese gallertartige Masse *Bathybius haeckelii*.² Und er fügt hinzu: »This deep-sea *Urschleim*, which must, I think, be regarded as a new form of [...] simple animated beings.«³ Bereits drei Jahre zuvor hatte der Protozoologe Leon Cienkowski über *Protomonas amyli* (Monaden) spekuliert.⁴ Als solche ordnete er sie zwischen Amöben (Wechseltierchen) und Zoosporen ein, also jenen asexuellen Fortpflanzungseinheiten von Algen und niederen Pilzen wie Schleimpilzen. Mehr noch: Cienkowski wirft die Frage nach der Intelligenz der *Protomonas amyli* auf, wenn er spekuliert:

»Obwohl die Zoosporen und Amöben-Zustände der Monaden nur nackte Protoplasma-Körper vorstellen, so ist trotzdem ihr Verhalten bei Aufsuchen und Aufnahme der Nahrung so merkwürdig, dass man Handlungen bewusster Wesen vor sich zu sehen glaubt. [...] Ohne uns hier in das dunkle Gebiet, wo der eigentliche Wille im Thierreiche anfängt und an welches Minimum der Organisation er gebunden ist, vertiefen zu können, müssen wir zugeben, dass auch in dieser Hinsicht von der Pflanze zum Thiere eine ununterbrochene Reihe steigender Erscheinungen sich vor dem Beobachter entfaltet.«⁵

¹ Thomas Henry Huxley: On Some Organisms Living at Great Depths in the North Atlantic Ocean, in: Quarterly Journal of Microscopical Science 8 (1868), S. 203–212, hier S. 205.

² Ebd., S. 210. Sowie Ernst Haeckel: Monographie der Moneren, in: Jenaische Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaft 4 (1868), S. 64–137.

³ Ebd.

⁴ Leon Cienkowski: Beiträge zur Kenntniss der Monaden, in: Schultze's Archiv für mikroskopische Anatomie 1 (1865), S. 203–232.

⁵ Ebd., S. 210f.

Schließlich Haeckel selbst, der den Urschleim – von ihm als *Monera* titulierte – als »Organismen der ursprünglichsten Art, bei denen die Sonderung in Thiere und Pflanzen noch nicht eingetreten ist«, klassifiziert.⁶ »Die Monere sind in der That Protisten«, so Haeckel, der umgehend die *Protista* als eigenes Taxon innerhalb der Eukaryoten (Lebewesen aus Zellen mit Zellkern) postuliert und sie neben die Reiche der Tiere, der Pflanzen und der Pilze stellt. Allerdings wesentlich prosaischer als Cienkowski ordnet er sie seiner mechanistischen Lebenstheorie unter. Eigenen Beobachtungen folgend äußert sich »die organische Beseelung des *Proto-myxa* darin, dass jeder fremde Körper, der ihre Oberfläche berührt, [...] einen vermehrten Zufluss von *Sarcode* zu der berührten und gereizten Körperstelle veranlasst.«⁷ Doch ist es Haeckel nicht genug, eine neue Lebensform klassifiziert zu haben. Einer Theorie des Naturforschers Lorenz Onken folgend, postuliert Haeckel den Urschleim als Urgrund jeglichen Lebens.⁸ Onken hatte bereits 1805 höhere Lebensformen als Metamorphosen aus Urbläschen, den *Infusorien*, beschrieben und damit die Zelltheorie Matthias Schleidens und Theodor Schwanns der 1830er Jahre als auch die Protoplasmatheorie vorweggenommen.⁹ Protoplasma, so der Physiologe Jan Evangelista Purkyně im Jahr 1839, ist die schleimige Substanz in allen Zellen, die in Nachfolge Purkyně von den Vitalisten lange als Träger der *vis vitalis* gehandelt wurde.¹⁰

In den Urgründen wie in den Anfängen des Lebens findet sich viel Glibbriges, doch speziell »*Bathybius haeckelii* was to live a brief but eventful life of some seven years«, schreibt Philip F. Rehbock in seinem Übersichtsartikel von 1975 über den Urschleim des Lebens:¹¹ »One of the most peculiar and fantastic errors ever committed in the name of science.«¹² Die Bodenproben der HMS-Challenger-Expedition machten der Urschleimtheorie jedoch schnell den Gar aus; respektive führten sie zu einem Wissenschaftsstreit der Nationen, wie Meyers Konversationslexikon von 1885 berichtet:

⁶ Haeckel: Monographie der Moneren (wie Anm. 2), S. 65. Siehe auch Ernst Haeckel: Generelle Morphologie der Organismen, Berlin 1866.

⁷ Haeckel: Monographie der Moneren (wie Anm. 2), S. 83.

⁸ Haeckel: Generelle Morphologie der Organismen (wie Anm. 6), S. 167 ff.

⁹ Lorenz Onken: Die Zeugung, Bamberg/Würzburg 1805, S. 2 ff; Lorenz Onken: Lehrbuch der Naturphilosophie, 3 Teile, Jena 1809–1811; Matthias Schleiden: Beiträge zur Phytogenesis, in: Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin (1838), S. 137–176; Theodor Schwann: Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen, Berlin 1839. Zur historischen Rekonstruktion früher Zelltheorien siehe Arthur Hughes: A History of Cytology, London 1959.

¹⁰ Vgl. Jan Evangelista Purkyně: Gesammelte Schriften, Leipzig 1879.

¹¹ Philip F. Rehbock: Huxley, Haeckel, and the Oceanographers: The Case of *Bathybius haeckelii*, in: Isis 66 (1975), S. 504–533, hier S. 505.

¹² Loren Eiseley: The Immense Journey, New York, NY 1959, S. 34 f.

»Indessen wollte sich bei der Erdumsegelung, welche die Engländer auf dem Challenger 1872 bis 1876 ausführten, der *B.* nirgends wieder zeigen, und so meinte man, derselbe sei nichts als ein Kunstprodukt, nämlich ein gallertartiger Niederschlag von Gips etc., wie er bei Vermischung von Seewasser mit Alkohol aus den Salzen des erstern entsteht. Dagegen berichtet später der Nordpolfahrer Bessels von freiem homogenen Protoplasma, welches er in 92 Faden Tiefe im Smithsund in großer Menge auffand und *Protobathybius* benannte. [...] Zur Zeit ist eine Einigung über die Natur des *B.* noch nicht erzielt worden.«¹³

Ist *Bathybius haeckelii* nichts weiter als durch alkoholische Konservierung kolloid ausgefälltes Kalziumsulfat, also ein Laborartefakt? Bis heute wirft der Urschleim die brisante Frage nach dem Übergang von der rein chemischen Organisation organischer Moleküle zur biologischen Organisation von Lebewesen aus eben diesen Molekülen auf, auch wenn spätestens mit der Röntgen-Kristallographie die kolloide, protoplasmische Auffassung der Lebensvorgänge durch eine strukturelle Auffassung fester, kristalliner Zellbauteile abgelöst wurde. Wie sich aber aus der Ursuppe des Lebens, vermutlich eher schleimig-kolloid als strukturell-kristallin, die ersten Lebewesen organisierten, ist bislang unbeantwortet. Nicht zuletzt aber zeigt sich die Dominanz des Schleims in der wässrigen Verfassung aller Lebewesen und in der Gallert des Denkens, auch Hirn genannt, höherer Organismen.

2. Vom Schleim der Medien

Was der Urschleim des Lebens verdeutlicht, ist vor allem das physikochemische Verhältnis zwischen Strukturell-Kristallinem und Schleimig-Kolloidalem. Als Kolloide werden Tröpfchen oder Partikel in einem gasförmigen oder flüssigen Dispersionsmedium bezeichnet, wobei *Κόλλα* nichts anderes bedeutet als Leim und *εἶδος* Form oder Aussehen – ein Begriff der 1861 von dem Physiker Thomas Graham eingeführt wurde, um kolloid-undurchlässiges Diffusionsverhaltens durch poröse Membranen von kristallin-durchlässigem zu unterscheiden. Von Wolfgang Ostwald, Begründer der Kolloidchemie in Deutschland, 1914 noch als vernachlässigte Dimension bezeichnet, gewinnt die neue Betrachtungsweise schnell an Systematik und spielt – eben als ein Dimensions- und Dispersionsphänomen – nicht nur in der Chemie eine wichtige Rolle.¹⁴ Kolloid wird zu *dem* Begriff

¹³ Artikel: *Bathybius*, in: Meyers Konversationslexikon, Berlin 1885–1892.

¹⁴ Vgl. Wolfgang Ostwald: *Die Welt der vernachlässigten Dimensionen*, Dresden/Leipzig 1914; Wolfgang Ostwald: *Zur Systematik der Kolloide*, in: *Kolloid-Zeitschrift* 1 (1907), S. 291–331; Wolfgang Ostwald: *Grundriß der Kolloidchemie*, Dresden 1909. Siehe auch

des wissenschaftlichen Zeitgeistes des beginnenden 20. Jahrhunderts, denn nicht nur die Zwitterfunktion zwischen gelösten Stoffen und fester Materie; zwischen Mikro- und Makroskopischem ist eine Besonderheit der Kolloide, sondern ihre Trübheit, ihr Reibungsfaktor, ihr polarisierender Lichtstreuungseffekt (Faraday-Tyndall-Effekt) sowie andere aufschlussreiche und begehrlche Eigenschaften. Kolloide sind *die* Trägermedien der Natur, und vor allem der Industrie, insofern sie Substanzen sind, »[...] bei denen die Oberflächeneigenschaften gegenüber den Festkörpereigenschaften dominieren. [...] Infolge ihrer großen Oberfläche können sie Stoffe ad- oder absorbieren und diese Huckepack transportieren.«¹⁵ Während Albert Einstein bereits 1905 über die Dimension in Flüssigkeit gelöster Moleküle sowie deren Anzahl promovierte, indem er beides indirekt aus der inneren Reibung des kolloiden Fluids berechnete, beschreibt August Schmauss ein Jahrzehnt später die gesamte Atmosphäre als Kolloid und damit als Gegenstand der meteorologischen Optik und Chemie.¹⁶

Doch, so wird sich nun Mancher ungeduldig fragen, ist im Kontext der Kolloide tatsächlich in legitimer Weise von Schleim die Rede? Was ist Schleim, ontologisch nachgefragt, und worin unterscheidet er sich von anderen Substanzen? Schleimstoffe, so die Definition, sind »[...] eine heterogene Gruppe von Biopolymeren, die vorwiegend aus Polysacchariden bestehen. Ihre Haupteigenschaft liegt in der Aufnahme von Wasser, so dass sie damit schleimartige Kolloide und Gele – sogenannte Hydrokolloide – bilden und als Schutzsubstanzen dienen können.«¹⁷ Antiker Leim ist nichts anderes als ein biopolymeres Hydrokolloid, welches bereits die Sumerer aus ausgekochten Tierhäuten gewannen und die Griechen zum Berufsstand des Leimsieders inspirierte. Bis heute bezeichnet *Κόλλα* im Griechischen eiweißhaltigen Leim. Anders jedoch als kolloide Tröpfchen in Gas (Aerosole, Rauch, Nebel etc.) oder kolloide Teilchen in Flüssigkeit (Tinte, Schlamm, kolloidales Gold etc.) bestehen Schleim, Gel oder Leim nicht aus Partikeln, sondern aus langkettigen Makromolekülen in Flüssigkeit. Viskosität als das Maß der Zähflüssigkeit ist ein Effekt der inneren Reibung eines Fluids und hängt im einfachsten Fall von der Langkettigkeit und damit Größe der Moleküle ab – wie bereits Einstein feststellte. Während Wasser bei 20 °C einen dynamischen Viskosewert η von 1 Millipascalsekunden (mPa/s) aufweist, liegt der von körperwarmem Blut bei

Thilo Hofmann: Die Welt der vernachlässigten Dimensionen: Kolloide, in: *Chemie in unserer Zeit* 38 (2004), 24–35.

¹⁵ Hofmann: Die Welt der vernachlässigten Dimensionen (wie Anm. 14), S. 26 f.

¹⁶ Albert Einstein: Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen, in: *Annalen der Physik* 324/2 (1906), S. 289–306; August Schmauss: *Die Atmosphäre als Kolloid*, Braunschweig 1929.

¹⁷ Wikipedia: Schleimstoffe, unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Schleimstoffe> (1. 4. 2016).

3 bis 25 mPa/s, von Sirup bei 10^4 bis 10^5 mPa/s und von Glas bei Raumtemperatur bei 10^{22} bis 10^{24} mPa/s.¹⁸

Betrachtet man das physikochemische Grundverhältnis zwischen Kolloidem und Strukturellem näher, dann stößt man auf eine unerwartete Koalition: Schleim und technische Medien. Ist der Schleim in seiner Wässrigkeit Inbegriff des Biologischen und in ungünstigen Konstellationen Antagonist technoelektrischer Medialität, so bedarf doch die harte wie weiche Ware an gewissen Stellen ihrer Arrangements des glibrigen Mediums. Unglaube? Drücken Sie vorsichtig auf den Bildschirm ihres Laptops und Sie spüren die wabbelige Beschaffenheit der Oberfläche. Die brillante Sichtbarkeit der Daten, so könnte man überspitzt formulieren, verdankt sich der zähflüssigen Konsistenz des Kristallschleims. Denn moderne Bildschirme – *Liquid Crystal Displays* (LCDs) – basieren auf Flüssigkristallen, die bereits in den 1870er Jahren von dem Physiker Otto Lehmann an der Technischen Hochschule Karlsruhe und dem Botaniker Friedrich Reinitzer an der Technischen Hochschule Prag entdeckt und erforscht wurden.¹⁹ Es ist die zähflüssige Modifikation des Jodsilbers, die beide Forscher interessierte und die als vierter, mesomorpher Aggregatzustand zwischen flüssig und fest eine starke Lichtbrechung unter dem Polarisationsmikroskop zeigt. Dutzende von Substanzen weisen diese kolloiden Eigenschaften auf, die von Lehmann als fließende oder flüssige Kristalle bezeichnet wurden und die er von festen und »schleimig-flüssigen Kristallen« unterschied, wobei letztere als farblich schillernde Seifenfilme jedem Kind ein Begriff sein müssten.²⁰ Und auch Lehmann kann sich dem Sog des *Bathybius haeckelii* nicht entziehen und spekuliert über die Verhaltensweisen seiner Flüssigkristalle als Indikatoren des Lebendigen.²¹ Erst in den 1970er werden verschiedene Patente angemeldet, die Flüssigkristalle für Lichtsteuerzellen verwenden und die heute allgegenwärtig sind, erlauben sie doch die Verflachung der Bildschirme.²²

¹⁸ Die Messung der Viskosität von biologischem Schleim ist aufgrund seiner variierenden Konsistenz schwierig. Siehe dazu Wolfgang Draf (Hg.): Verhandlungsbericht 1996 der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie: Teil I: Referate Aktuelle Rhinologie. – Forschung und Klinik, Berlin 1996, S. 55 ff.

¹⁹ Otto Lehmann: Flüssige Kristalle: sowie Plastizität von Kristallen im allgemeinen, molekulare Umlagerungen und Aggregatzustandsänderungen, Leipzig 1904; Friedrich Reinitzer: Zur Geschichte der flüssigen Kristalle, in: Annalen der Physik 27/4 (1908), S. 852–860.

²⁰ Otto Lehmann: Flüssige Kristalle und ihr scheinbares Leben, Forschungsergebnisse dargestellt in einem Kinofilm, Leipzig 1921, S. 27.

²¹ Otto Lehmann: Flüssige Kristalle und Theorien des Lebens (Vortrag gehalten in der 78. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Stuttgart), Leipzig 1906; Benjamin Bühler und Stefan Rieger: Flüssigkristall, in: dies.: Bunte Steine. Ein Lapidarium des Wissens, Frankfurt am Main 2014, S. 53–68.

²² Unter anderen Wolfgang Helfrich und Martin Schadt: Lichtsteuerzelle, Eidgenössisches

Sollte Ihr Bildschirm also nicht wabbeln, ist Ihr Laptop nicht auf dem neuesten Stand der Technik.

Doch neben ihrer brillanten Sichtbarkeit sind Daten auch grundsätzlich in ihrer Existenz dem Schleim verpflichtet. Nicht weil im Internet Würmer und andere Parasiten ihre schlüpfrigen, datenexplosiven Spuren ziehen, sondern weil die Rechenhitze der Supercomputer und Serverfarmen jeden Prozessor binnen Minuten zerstören würde, wäre sie nicht durch ausgetüftelte Kühlungen auf ein technikerträgliches Maß reduziert. Was erheblich zum unökologischen Fußabdruck jeglicher Suchanfrage, jeden Surfens und Chattens im Netz beiträgt, ist die Energie, die das Kühlen großer Datenmengen und Datendurchsätze verbraucht. Industrieliquide kommen dabei neben Wasser und Luft zum Einsatz. Sie ermöglichen es dem japanischen Supercomputer *Shoubu* mit 1.181.952 Prozessoren, die aktuelle *Green500 List* der weltweit schnellsten und ökologischsten Supercomputer anzuführen.²³ Denn *Shoubu* »is completely immersed in liquid« – und zwar in Fluorinert, einer inerten, dielektrischen Flüssigkeit mit hoher Dichte.²⁴

Die Liste der technischen Beispiele ließe sich fortsetzen. Von den Kollodium- und Gelatineverfahren der Fotografie des 19. Jahrhunderts, über die gelartigen Elektrolyte der Batterietechnologie des 20. Jahrhunderts bis hin zu den Mikrofluiden und elektrorheologischen Fluiden des 21. Jahrhunderts. Nichts als Schleim, Schleim und wieder Schleim – mal eher dünnflüssig, mal eher zähflüssig. Freilich ist dieser Schleim in der Regel kein Leben spendender, sondern ein zumeist toxischer Industrieschleim, der technische Medien zu Sondermüll deklariert. Ohne Schleim wären technische Medien tote, strukturell-kristalline Objekte. Selbst in dem geregelten Inneren der hochreinen Siliziumkristalle digitaler Medien schiebt sich eine Art getakteter Elektronenschleim voran, der manchmal verschmiert und damit die Rechner zum Absturz bringt. Nichtsdestotrotz träumt mancher Nerd davon, seine Gehirnströme in getaktetem Elektronenschleim zu konservieren und damit seinem Ego elektrifizierte Unsterblichkeit zu verleihen.

Amt für Geistiges Eigentum, Patentschrift Nr. 532261, Anmeldung 4. 12. 1970, Erteilung 31. 12. 1972.

²³ The Green500 List: June 2016, unter: <http://www.green500.org/lists/green201606> (26. 8. 2016)..

²⁴ RIKEN: Homepage, unter: http://www.riken.jp/en/pr/topics/2015/20150804_1/ (2. 4. 2016).

3. Bakterien Schleim – Technologie der Zukunft oder *revisiting* Urschleim

Ist es nicht erstaunlich, dass dem Formlos-Schleimigen immer wieder etwas ursprünglich Lebendiges untergeschoben wird, nicht nur im Falle von Huxleys und Haeckels Urschleim, sondern auch im Falle von Lehmanns Flüssigkristallen? Und diese Spur des glibbrigen Pseudolebens setzt sich fort, beispielsweise ins Laboratorium des Biologen Jacques Loeb in Berkeley, indem kein Geringerer als Wolfgang Ostwald 1904 bis 1905 seine Studien zur Kolloidchemie begann. Jacques Loeb, heute gemeinsam mit den Biologen Alfonso L. Herrera und Stéphane Leduc als Urvater der Synthetischen Biologie gefeiert, experimentierte Ende des 19. Jahrhunderts mit der künstlichen Parthenogenese von Seeigeln, deren Eigelb er während einiger Forschungsaufenthalte in der Zoologischen Station in Neapel sammelte.²⁵ Eingebettet in eine rein mechanistische Auffassung des Lebens favorisierte Loeb – Huxleys Idee der *Abiogenese* folgend – einen Ingenieursansatz der Biologie, wie er knapp hundert Jahre später als IT-basierter Ingenieursansatz propagiert wird, um der biologischen Komplexität Herr zu werden.²⁶ So gesteht Loeb Ernst Mach bereits 1890: »The idea is now hovering before me that man himself can act as a creator, even in the living Nature, forming it eventually according to his will. Man can at least succeed in a technology of living substances.«²⁷ Wenn der Urschleim des Lebens schon nicht entdeckt werden kann, dann sollte er sich gefälligst im Labor herstellen lassen. Diese Vision, von Leduc 1912 *Biologie synthétique* genannt, basiert zum einen auf einer alten Bathybius-Idee, die den Übergang von der nicht-belebten zur belebten Natur als kontinuierlich verstand und diesen Übergang rein physikochemisch und mechanistisch aufklären wollte; zum anderen rückt die Idee der Synthetisierung organischer Substanzen mit Friedrich Wöhlers synthetischer Herstellung des Harnstoffes ab 1828 in den konkreten Zugriff

²⁵ Jacques Loeb: On the Nature of the Process of Fertilization and the Artificial Production of Normal Larvae (Plutei) from Unfertilized Eggs of Sea Urchins, in: American Journal of Physiology 3 (1899), S. 135–138; Jacques Loeb und Ernst Schwalbe: Untersuchungen über künstliche Parthenogenese und das Wesen des Befruchtungsvorgangs, Leipzig 1906.

²⁶ Thomas Henry Huxley: Biogenesis and Abiogenesis, (Vortrag gehalten 1870 vor der British Association for the Advancement of Science), in: Ders.: Collected Essays. Discourses: Biological and Geological, Bd. 8, Cambridge 2011, S. 229–271; Alfonso L. Herrera: Recueil des Lois de la Biologie Generale, Ciudad de Mexico 1897; Jacques Loeb: The Mechanistic Conception of Life, in: Popular Science Monthly 80 (1912), S. 5–21; Jacques Loeb: The Mechanistic Conception of Life, Chicago, IL 1912; Philip Pauly: Controlling Life: Jacques Loeb and the Engineering Ideal in Biology, New York, NY 1987; Hannah Landecker: Culturing Life. How Cells Became Technologies, Cambridge, MA 2007; Stéphane Leduc: Théorie physico-chimique de la vie et génération spontanée, Paris 1910.

²⁷ Jacques Loeb zitiert in Pauly: Controlling Life (wie Anm. 26), S. 5.

der Laborwissenschaften.²⁸ Allerdings kam Leduc über die Morphogenese von Kalziumsalz in muschel- und korallenähnlichen Formen nie hinaus und wechselte später zur Kolloidchemie. Anders Herrera, dessen Protoplasma-Experimente zwischen 1905 und 1942 hartnäckig das Ziel verfolgten, tatsächlich Leben im Labor zu synthetisieren – von ihm *Plasmogenia* genannt. Im Unterschied zu Huxleys *Abiogenese* favorisierte Herrera jedoch nicht Proteine, sondern mineralische Ausgangsstoffe, da er der festen Überzeugung war: »There is no separation between living forms and crystallized forms.«²⁹

Mit dieser Vorgeschichte – Urschleim *revisited* – im Gepäck versucht sich die aktuelle Synthetische Biologie ganz ungeniert an der Realisierung dieser Vision: einerseits als genetische Optimierung bestehender Organismen, andererseits als *de novo* Kreation von Leben; und dies nicht nur aus wissenschaftlichem Interesse, sondern zu schnöden, industriellen Zwecken. In einem einschlägigen Editorial von 2001 mit dem plakativen Titel *Towards Computer Aided Design (CAD) of Useful Microorganisms* schreibt der Molekularbiologe und Informatiker Masaru Tomita: »For industrial applications, such [naturally existing] genes are not only redundant but also often obstructive when expressed, because they waste energy and sometimes even hinder the objective. Trimming microorganisms genetically to optimize their productivity is therefore a key technology of immense industrial importance.«³⁰ Künstlich erzeugter und in riesigen Biotanks gezüchteter Bakterien-schleim – vornehmlich rosafarben und ziemlich glibbrig – soll zur Schlüsseltechnologie der Zukunft werden, die nicht nur biologische Produkte im Labor erzeugt, sondern auch chemische durch mikrobiologische ersetzen und nebenbei das Problem des Klimawandels durch kohlendioxidkonsumierende, biosynthetische Designs lösen will: Biomaterialien, Biokraftstoffe, proteinbasierte Medikamente, Nahrungsmittel und vieles mehr wird bereits von den schleimigen Mikrofabriken produziert und soll in Zukunft noch viel zahlreicher aus den Reagenzgläsern und Biotanks quellen.

²⁸ Stéphane Leduc: *La Biologie synthétique*, Paris 1912; John H. Brooke: Wöhler's Urea and its Vital Force? A verdict from the Chemists, in: *Ambix* 15 (1968), S. 84–114; Gabriele Gramelsberger, Peter Bexte und Werner Kogge (Hg.): *Synthesis. Zur Konjunktur eines philosophischen Begriffs*, in: *Wissenschaft und Technik*, Bielefeld 2014.

²⁹ Alfonso L. Herrera übersetzt und zitiert in Manuel Porcar und Juli Peretó: *Synthetic Biology. From iGEM to the Artificial Cell*, Dordrecht 2014, S. 18. Siehe auch Alfonso L. Herrera: *Biología y Plasmogenia*, Ciudad de Mexico 1924; Alfonso L. Herrera: *A New Theory of the Origin and Nature of Life*, in: *Science* 96/2479 (1942), S. 14; Alicia Negron-Mendoza: Alfonso L Herrera: A Mexican Pioneer in the study of Chemical Evolution, in: *Journal of Biological Physics* 20 (1994), S. 11–15.

³⁰ Masaru Tomita: *Towards Computer Aided Design (CAD) of Useful Microorganisms*, in: *Bioinformatics* 17/12 (2001), S. 1091–1092, hier S. 1091. Siehe auch Drew Endy: *Foundations for Engineering Biology*, in: *Nature* 438 (2005), S. 449–453.

Der heilige Gral der synthetischen Biologie ist jedoch die Protozelle, die komplett *de novo* aus DNA, RNA, Enzymen und Proteinen – eingeschlossen in ein Lipid-Vesikel – generiert werden soll.³¹ Da ist es praktisch, dass sich DNA-Strings heutzutage mit 3D-Druckern ausdrucken lassen: Nukleinbase für Nukleinbase, Buchstabe für Buchstabe.³² Das bedeutet: Kennt man den gewünschten Gencode eines mit CAD-Programmen am Bildschirm entworfenen und optimierten Mikroorganismus, dann muss man dessen DNA nur ausdrucken und in ein sogenanntes *Chassis* einpluggen. Ein solches *Chassis* kreiert man *de novo* oder räumt vorzugsweise ein *E. coli*-Bakterium soweit genetisch leer, dass nur die nötigsten Funktionen zur Reproduktion der artifizialen DNA erhalten bleiben. Seit 2004 trainiert der am Massachusetts Institute of Technology (MIT) ausgerichtete *International Genetically Engineered Machine* (iGEM) Wettbewerb BA-Studierende aus aller Welt in dieser Kunst.³³ Allein am *Giant Jamboree* im Oktober 2015 nahmen 5.018 Undergraduates aus fünf Kontinenten teil. Praktisch ist außerdem, dass das MIT auch die *Registry of Standard Biological Parts* betreibt, in der mittlerweile mehr als 20.000 synthetisch erzeugte Parts material wie digital gespeichert sind, die man problemlos online bestellen kann.³⁴ Ein *Assembly standard* soll garantieren, dass alle Bioparts miteinander kompatibel sind, ist es doch die Grundidee der Synthetischen Biologie, Mikroorganismen wie Legoobjekte zusammenzubauen. Standardisierte *data sheets* beschreiben dabei nicht nur die Bioparts genetisch und messtechnisch, sondern in einem *machine-readable* Format für CAD-Programme wie *TinkerCell* und *GenoCAD* oder RNA-Designtools wie *Frnakenstein*.³⁵ Eben dies meint IT-basiertes *engineering of biology* heute, in das Konzerne wie Microsoft Research mit *Programming Life* oder Google mit den nicht durch Suchmaschinen auffindbaren

³¹ Peter Walde: Building Artificial Cells and Protocell Models: Experimental Approaches with Lipid Vesicles, in: *BioEssays: News and Reviews in Molecular, Cellular and Developmental Biology* 32/4 (2010), S. 296–303.

³² Kathrin Friedrich und Gabriele Gramelsberger: Techniken der Überschreitung. Fertigungsmechanismen ›verlässlich lebensfähiger biologischer Entitäten, in: *Zeitschrift für Medienwissenschaft* 4/1 (2011), S. 15–21.

³³ The International Genetically Engineered Machine (iGEM): Homepage, unter: <http://igem.org/> sowie *Giant Jamboree* 2015, unter http://2015.igem.org/Giant_Jamboree (2. 4. 2016).

³⁴ Registry of Standard Biological Parts: Homepage, unter: http://parts.igem.org/Main_Page (2. 4. 2016).

³⁵ Barry Canton, Anna Labno und Drew Endy: Refinement and Standardization of Synthetic Biological Parts and Devices, in: *Nature Biotechnology* 26/7 (2008), S. 787–793; Kathrin Friedrich: Digital Faces of Synthetic Biology, in: *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 44/2 (2013), S. 217–224; Gabriele Gramelsberger: The Simulation Approach in Synthetic Biology, in: *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 44/2 (2013), S. 150–157.

Google[x] Labs Milliarden investieren.³⁶ Sieht man sich beispielsweise das Investoren- und Partnerportfolio einer der Firmen von J. Craig Venter an, Synthetic Genomis aus dem kalifornischen La Jolla, dann springen einem Ölfirmen wie BP und ExxonMobil, Pharmakonzerne wie Novartis, Agrarkonzerne wie Monsanto und, last but not least, die US-amerikanische Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) ins Auge.³⁷ Venter, bekannt geworden durch sein Privatunternehmen der Entschlüsselung und geplanten Patentierung des menschlichen Genoms, bastelt in seinen Instituten und Firmen schon länger an einem *Mycoplasma laboratorium* und legte kürzlich mit *JCV-syn3.0* einen, zu großen Teilen synthetisch erzeugten Organismus vor, der all die neuen Bioprodukte produzieren soll.³⁸ Schöne neue Welt würde Thomas Henry Huxleys Enkel Aldous das wohl nennen und würde diese aus dem Jahr 2540 ins Heute vorverlegen.

Doch Bakterienschleim, in der Fachsprache Biofilm genannt, ist widerspenstig und obstruktiv, wie der Molekularbiologe Tomita bereits lamentierte. Nicht nur evolviert er, wie es ihm gefällt, und ist dabei äußerst sensibel (adaptiv), sondern er besiedelt ungeniert alles, was ihm Halt gibt, wie die schleimige Konsistenz an Abflüssen bei mangelndem Putzen in Bad und Küche verrät. Bakterienschleim klumpt gerne in Ecken von Biotanks und Experimentalsystemen, was schon in den 1950er Jahren die Molekularbiologen zur Verzweiflung brachte. Dies führte zu obskuren Erfindungen wie Mini-Scheibenwischern, um den Bakterienschleim von Messsonden und anderen wissenschaftlich wichtigen Vorrichtungen zu kratzen.³⁹

4. Rheologie des Medialen

Es schleimt, es lebt, es denkt⁴⁰ – kaum einem Medium der Natur wird mehr *vis vitalis* zugeschrieben als jenem (bio)polymeren Hydrokolloid und Trägermedium. Aber wieso? Die Faszination der Biologen ist schnell erklärt, denn das Formlos-

³⁶ Microsoft Research: Programming Life, unter: <https://www.microsoft.com/en-us/researchconnections/science/stories/programming-life.aspx> (2. 4. 2016); Stephen E. Arnold: Google and Synthetic Biology: The Next Big Thing?, in: ArnoldIT Blog, (2. 8. 2015); Jon Markman: The New Google, Synthetic Biology And The Future Of Everything, in: Forbes online, (2. 10. 2015).

³⁷ Synthetic Genomis: Homepage, unter: <http://www.syntheticgenomics.com/partners.html> (2. 4. 2016); Katie Howell: Exxon Sinks \$600M Into Algae-Based Biofuels in Major Strategy Shift, in: New York Times Online (14. 7. 2009).

³⁸ Clyde A. Hutchison, et al.: Design and Synthesis of a Minimal Bacterial Genome, in: Science 351/6280 (2016), S. 1414.

³⁹ Siehe den Beitrag von Hannes Rickli zu Der unsichtbare Faden in diesem Heft.

⁴⁰ Der Titel wurde inspiriert durch Petra Gehring: Es blinkt, es denkt. Die bildgebenden

Glibbrige liefert als Medium des Lebens den wässrigen Urgrund jeglicher Formierung und Strukturbildung. Wie sich dabei der Übergang vom chemisch zum biologisch Organisierten vollzieht, ist jedoch nach wie vor ein Rätsel.⁴¹ Doch noch ein Rätsel wirft das (Industrie-)Schleimige auf, nämlich nach dem Grund seiner eigentümlichen Liaison mit dem Technischen. Um diesem Rätsel auf die Spur zu kommen, bedarf es eines Perspektivwechsels vom Substanzontologischen zum Rheologischen. Rheologie beschreibt als Lehre (λόγος) vom Fließen (ρέειν) das Verformungs- und Fließverhalten von Materie. Auch wenn der Begriff erst in den 1920er Jahren von dem Chemiker Eugene Cook Bingham eingeführt wurde, so ist das Studium des Verformungs- und Fließverhaltens einer der ältesten Zweige der Mechanik.⁴² Neben Viskosität (Zähflüssigkeit) und Fluidität (Fließfähigkeit) unterscheidet die Rheologie Elastizität (reversible Umformung) und Plastizität (irreversible Umformung). Untersuchten Forscher wie Isaac Newton und Thomas Hooke elastische Systeme und Gelehrte wie James Clerk Maxwell oder William Thomson (Lord Kelvin) viskoelastische, so widmeten sich Barré de Saint-Venant und Ludwig Prandtl visko(elasto)plastischen Systemen. Eine Geschichte der Aufschreibesysteme lässt sich, so die These, auch rheologisch erzählen. Eine weitere These wäre: Je moderner die technischen Medien, so scheint es, desto schleimhaltiger – material wie konzeptuell –, denn die Überwindung mechanisch-bewegter Technizität bedarf des Fluiden.

Eine Geschichte der Aufschreibesysteme aus rheologischer Perspektive ist einerseits eine Geschichte abnehmender Kennzahlen der Viskosität von extrem zähflüssig (Thermoplaste) bis mehr (Gele) oder weniger (Fluide) zähflüssig. Andererseits eine Sub-Geschichte zunehmender Kennzahlen der Festigkeit für Speichermedien. Während Thomas Alva Edisons Paraffinwachswalzen ihre Informationen thermisch bei etwa 50 bis 60 °C eingeprägt bekamen – Zelluloid als das erste Thermoplast bei etwa 180 °C und Vinyl abhängig vom Polymerisationsgrad bei 70 bis 210 °C –, ist das Schreiben von Daten auf CD-ROMs ein thermischer Vorgang von 200 bis 700 °C.⁴³ Der zunehmenden Festigkeit und damit Haltbarkeit der thermoplastischen Trägermedien der Aufschreibesysteme 1900 wie der Speichermedien 2000 steht die abnehmende Viskosität moderner technischer Medien

und die weltbildgebenden Verfahren der Neurowissenschaft, in: Philosophische Rundschau 51 (2004), S. 273–293.

⁴¹ Vgl. Alexander G. Cairns-Smith: *Seven Clues to the Origin of Life*, Cambridge 1985.

⁴² Eugene Cook Bingham: *Fluidity and Plasticity*, New York, NY 1922; Roger I. Tanner und Kenneth Walters: *Rheology: An Historical Perspective*, Amsterdam 1998; Deepak Doraiswamy: *The Origins of Rheology: A Short Historical Excursion*, in: *Rheology Bulletin* 71/2 (2002), S. 1–9.

⁴³ Der thermische Vorgang bringt die polykristallinen Strukturen (Gräben) der Legierung in einen formbaren, amorphen Zustand (Erhebungen) und speichert so die Daten digital.

gegenüber, die das *év ἔργον* als Prinzip realisieren. Das kolloid Fluide verwaltet, vermittelt, verschaltet, speichert, mit Martin Heidegger gesprochen, Energie und bringt damit nicht nur Abwärme, sondern auch Informationen zum Fließen und Abfließen. Ohne Schleim keine brillante Sichtbarkeit, kein Rechenbetrieb, keine Vorratshaltung von Energie – und ohne elektromagnetische Fluidität kein getakteter und in Echtzeit manipulierbarer Fluss von Elektronen. Ob man diesen als Elektronenschleim betrachten möchte, hängt vom Vergleich der Taktfrequenzen ab. So wäre die Taktfrequenz eines Kinofilms (24 Hz) als extrem zäh zu verstehen, die Abtastrate einer Audio-CD (44,1 kHz) als auch die Trägerfrequenz für RFID-Etiketten (13,56 MHz) schon als fluider. Getakteter Elektronenschleim hätte mit einer 1-GHz-Taktung und mehr demgegenüber eine hohe Fluidität. Doch technisch gesprochen ist das relativ. Im Vergleich zu Kohlendioxidlasern (28,2823 THz) oder langwelligen Infrarottechnologien (20 THz) wird auch der schnellste Elektronenfluss im Prozessor zum zäh sich dahinwäzenden Datenstrom.⁴⁴

Kassierte die Digitalisierung, laut Friedrich Kittler, den Begriff des Mediums, weil sich alle Medien darin auflösen, so lässt sich diese nicht unumstrittene Supermediumtheorie auch rheologisch begründen.⁴⁵ Ton und Bild, Stimme und Text als Oberflächeneffekt eines Supermediums degradiert zu interpretieren, ist eine Möglichkeit; eine andere ist es, Ton und Bild, Stimme und Text einer neuen Rheologie der elektromagnetischen Fluidität unterworfen zu sehen. Das erklärt auch zwanglos die immer dominanter werdende Kollision zwischen Mensch und modernen technischen Medien. Hier kommt dem biopolymer Hydrokolloiden dann doch wieder eine tragende Rolle zu, insofern die Leitgeschwindigkeit von Impulsen in höheren Organismen von den Elektrolyten und myelinisierten Axonen abhängt.⁴⁶ Der Mensch – mit einem Ruhepuls von 1 bis 1,25 Hz, einem Bewegtbildeffekt ab 24 Hz und einer oberen Grenze des Hörbereichs von 16 bis 20 kHz – ist als wässriges Wesen im Hz-Bereich durch die Rheologie der modernen Medien hoffnungslos überfordert. Was ihm schnell und fluide erscheint, ist am Maß technischer Medialität gemessen lahm und zähflüssig. Schlagendster Beweis seiner Überforderung ist der rein computerbasierte Hochfrequenzhandel, der Geld im Nanosekundentakt um den Globus transferiert und dessen Algorithmen schon mal Milliarden in Minuten verzocken.⁴⁷ Die hyperfluide Maschinen-Maschinen-

⁴⁴ Bezüglich der Kennzahlen siehe Horst Stöcker: Taschenbuch der Physik, Frankfurt 2000.

⁴⁵ Friedrich Kittler: Grammophon Film Typewriter, Berlin 1986, S. 7f.

⁴⁶ In der Medientheorie wurde das Phänomen unter anderem als fehlende halbe Sekunde verhandelt und spielt im Kontext aktueller *affective media* wieder eine wichtige Rolle. Marie-Luise Angerer: Vom Lauf der halben Sekunde, in: kunsttexte.de. E-Journal für Kunst- und Bildgeschichte 1/2 (2011), unter: <http://edoc.hu-berlin.de/kunsttexte/2011-1/angerer-marie-luise-6/PDF/angerer.pdf> (11. 07. 2016).

⁴⁷ Daniel AJ Sokolov: Aktienhandels-Software verzockt 440 Millionen Dollar in 45 Minu-

Kommunikation und die zähflüssige Mensch-Maschinen-Kommunikation wirft die Frage nach einer Parallelgesellschaft der Maschinen auf, in welcher der rheologisch ungetunte Mensch wenige Chancen hat.⁴⁸ Doch vielleicht ist die Ablösung der Maschinenteknik durch den Schleim näher als wir glauben? Nicht etwa, weil der Mensch wieder als Subjekt ins Zentrum seines Datenuniversums rücken würde, sondern weil die aktuellen Projekte der Synthetischen Biologen neben der traditionellen Chemie, Pharmazie und Agrikultur seit einer Weile auch das siliziumbasierte Supermedium ins Visier nehmen. Biomolekulare Netzwerke können bereits schalten und zählen, DNA-Computing ist seit längerem in der Erprobung und ein erster DNA-basierter Datenspeicher wurde 2012 in Harvard entwickelt. Der synthetisch hergestellte DNA-Schleim kann eindrucksvolle 700 Terabytes in einem einzigen Gramm DNA speichern.⁴⁹ Speichern (DNA-Drucker), Kopieren (Polymerase-Kettenreaktion) und Auslesen (Lab-on-Chip-Technologie) stellen dank Mikrofluidik kein Problem dar, weswegen die Forscher flux ein ganzes Buch speichern und 70 Millionen Mal kopieren konnten. Der Titel des Buches: *Regenesis*.⁵⁰ Schleim, so das markige Versprechen, ist nicht nur Beginn der Menschwerdung, sondern markiert das Ende der traditionellen Technik und die Zukunft der neuen Technologie und des optimierten Menschen. In anderen Worten: *How Synthetic Biology Will Reinvent Nature and Ourselves*. Da Bakterien Schleim aber eigenwillig, adaptiv, evolviv und misanthrop ist, kann es auch das baldige Aus der Menschheit und seiner Technologien bedeuten. Biopolymere Hydrokolloide hingegen wird es immer geben.⁵¹

ten, in: Heise-Online (4.8.2012), unter: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Aktienhandels-Software-verzockt-440-Millionen-Dollar-in-45-Minuten-1660142.html> (11.07.2016).

⁴⁸ Für Vorschläge des menschlichen Tunings Mihail C. Roco und William S. Bainbridge (Hg.): *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, and Cognitive Science*, Arlington, VA 2002.

⁴⁹ George M. Church, Yuan Gao und Sriram Kosuri: Next-Generation Digital Information Storage in DNA, in: *Science* 337/6201 (2012), S. 1628.

⁵⁰ Kharunya Paramaguru: *The First Book To Be Encoded in DNA. Two Harvard Scientists Have Produced 70 Billion Copies of a Book in DNA Code and It's Smaller than the Size of Your Thumbnail*, in: newsfeed.time.com, August 2012; George M. Church und Ed Regis: *Regenesis: How Synthetic Biology Will Reinvent Nature and Ourselves*, New York, NY 2014.

⁵¹ Schleimpilze, so wurde festgestellt, sind sowieso die besseren Problemlöser. Andrew Adamatzky: *Physarum Machines: Computers from Slime Mould*, Singapur 2010.