»Biotopia«

in: Max Stadler, Nils Güttler, Niki Rhyner, Mathias Grote, Fabian Grütter, Tobias Scheidegger, Martina Schlünder, Anna Maria Schmidt, Susanne Schmidt, Alexander von Schwerin, Monika Wulz, Nadine Zberg

cache 01

GEGEN|WISSEN

intercomverlag, Zürich 2020

BIOTOPIA Bio-Technik

Das letzte Drittel des 20. Jahrhunderts war von einem rasanten Aufstieg und einer Transformation der Biowissenschaften geprägt – Molekularbiologie, Gentechnologie, später dann Genomik und Humangenomprojekt waren Schlagworte einer Wissenschaft, die sich daran machte, das *Leben* unter dem Signum von DNA und kybernetischer Begrifflichkeit wie dem Code nicht nur neu zu begreifen, sondern letzteren direkt umzuschreiben. Das Leben wurde damit zum Gegenstand neuartiger, biologischer Technologien gemacht. Neue Produkte und Verfahren wie gentechnisch hergestellte Medikamente oder gendiagnostische Untersuchungen wurden so nicht nur denkbar, es zeichnete sich auch die Möglichkeit einer industriellen Wiederbelebung brachliegender Regionen in Zeiten von Energie- und Umweltkrisen und des Abstiegs der klassischen Industrien ab, es ergaben sich Berufsmöglichkeiten für Wissenschaftler*innen, ja es entstand der Typus des Biotech-Entrepreneurs. Mit der technischen Veränderbarkeit von Organismen und nicht zuletzt des Menschen selbst wurden vor dem Hintergrund einer historisch kaum aufgearbeiteten und noch immer wirksamen Eugenik aber auch Dystopien einer technologischen Zurichtung des Lebens durch Staat und Wirtschaft wiederbelebt, nicht zuletzt als Echo auf die Debatten um die Kernkraft. Während die Geschichte der Biotechnologien um 1980 zumeist durch ein Narrativ von Start-ups, Risikokapital und Biomedizin geprägt ist, dem eine stereotyp maschinenstürmerisch gezeichnete Alternativ-Öffentlichkeit gegenüberstand, zeigt dieses Kapitel die intrinsische Heterogenität der Diskurse um biologische Utopien und Dystopien auf, die auf ein bestehendes Set an wissenschaftlichen Strategien und kulturellen Deutungsmustern zum Verhältnis von Leben und Technik trafen und dieses auf vielfältige Weise umdeuteten. Biotechnologien umfassten nicht nur elitäre Labors und Innovationszentren, sondern auch Bastler*innen und andere Akteur*innen jenseits einer profitorientierten Berufswissenschaft, welche die volle historische Tiefe, das Zukunftspotenzial und nicht zuletzt die Risiken und die Bedrohlichkeit einer Technik diskutierten, die qua ihres Gegenstandes – das Leben selbst – gleichermaßen als *sanfte*, ökologische Alternative wie als Form der Inbesitznahme und Herrschaft über Organismen und Körper erscheinen konnte.

BIOTOPIA Menschenzucht



20. Frankenstein as the modern Gulliver of gene technology, tied down by the regulators in Germany in 1987.

Jon Turney: *Frankenstein's Footsteps: Science, Genetics and Popular Culture*, New Haven: Yale University Press (1998) (o.P.).

Die Verschränkung weithin bekannter, ja klassischer Narrative von technologischer Zurichtung des Lebens und menschlicher Ohnmacht mit gegenwärtigen Entwicklungen zeigte sich auch um 1980, so etwa – wie in dieser Karikatur von 1987 – durch den Rückgriff auf Mary Shelleys 1818 veröffentlichten Roman *Frankenstein or The Modern Prometheus* (die deutsche Erstausgabe erschien 1912). In der Geschichte entdeckt der Schweizer Naturwissenschaftler Viktor Frankenstein, wie sich tote Materie beleben lässt. Nachdem er zwei Jahre die verschiedensten Stoffe zusammengetragen hat, gelingt es ihm, aus diesen ein Wesen zu formen. Shelleys Roman über die von Menschenhand geschaffene Kreatur erlebte im Gefolge der Biotechnologien ein gewisses Nachleben – so wie es damals überhaupt nicht an Horrorvisionen mangelte: »Jungfräuliche Geburt, diesmal ohne Frauen; aus dem griechischen Mythos entstiegene Chimären; Retortenbabies für eine Technokratie geklont; das Kind als Spezialanfertigung; der achte Schöpfungstag … all diese Bilder werden durch Gentechnik oder Molekularbiologie im Allgemeinen heraufbeschworen. Gentechnologie verheißt«, so Donna Haraway (in einem Buch namens *Neunzehnhundertvierundachtzig*), »das Ende aller Leiden, das Ende von Ursprungs-›Mängeln‹, die Geburt ausschließlich fehlerloser Kinder […]«.[1]

»›Das hier sind die Brutöfen‹, sagte er mit einer schwungvollen Handbewegung. Er öffnete eine abgedichtete Tür und zeigte ihnen die vielen Gestelle voll bezifferter Reagenzgläser. ›Der wöchentliche Eingang von Ovarien. Ständig bei Körpertemperatur gehalten. Die männlichen Gameten‹, hier öffnete er eine andere Tür, ›müssen dagegen bei fünfunddreißig statt bei siebenunddreißig Grad gehalten werden. Normale Körpertemperatur macht unfruchtbar. Böcke in Barchent zeugen keine Zicklein.‹«

Aldous Huxley: *Schöne neue Welt: Ein Roman der Zukunft*, Frankfurt am Main: Fischer (1991 [1932]), S. 20.

»An die Brutöfen gelehnt, gab er den wild über die Seiten hastenden Bleistiften eine kurze Beschreibung des modernen Befruchtungsvorgangs, sprach selbstverständlich zuerst von dem operativen Eingriff – ›eine freiwillig zum Gemeinwohl auf sich genommene Operation, die überdies noch mit einer Prämie in Höhe von sechs Monatsgehältern verbunden ist‹ –, beschrieb hierauf das Verfahren, mit dem der entnommene Eierstock am Leben und funktionstüchtig gehalten wurde, ging dann auf die Frage der optimalen Temperatur, des Salzgehalts und der Viskosität über, erwähnte die Nährlösung, in der die abgetrennten und ausgereiften Eier aufbewahrt wurden, führte seine Schützlinge an die Arbeitstische und zeigte ihnen, wie diese Lösung aus den Reagenzgläsern abgezogen und tropfenweise auf die vorgewärmten Objektträger der Mikroskope geträufelt wurde, wie die in ihr enthaltenden Eier auf Fehlentwicklungen untersucht, gezählt und in einen porösen Behälter gelegt wurden und – hier ließ er sie bei der Prozedur zusehen – wie man diesen Behälter in eine warme Brühe voll freischwimmender Spermatozoen tauchte – Mindestgehalt 100 000 pro Kubikzentimeter, betonte er – und wie nach zehn Minuten der Behälter aus der Flüssigkeit gehoben und sein Inhalt neuerlich untersucht wurde. Waren einige Eier unbefruchtet geblieben, wurde er noch ein zweites Mal und, wenn nötig noch ein drittes und viertes Mal eingetaucht. Dann kamen die befruchteten Eier zurück in die Brutöfen, wo die Alphas und Betas bis zur endgültigen Abfüllung in die Flaschen blieben, während die Gamas, Deltas und Epsilons schon nach sechsunddreißig Stunden herausgenommen und dem Bokanowskyverfahren unterzogen wurden.«

Aldous Huxley: *Schöne neue Welt: Ein Roman der Zukunft*, Frankfurt am Main: Fischer (1991 [1932]), S. 20–21.

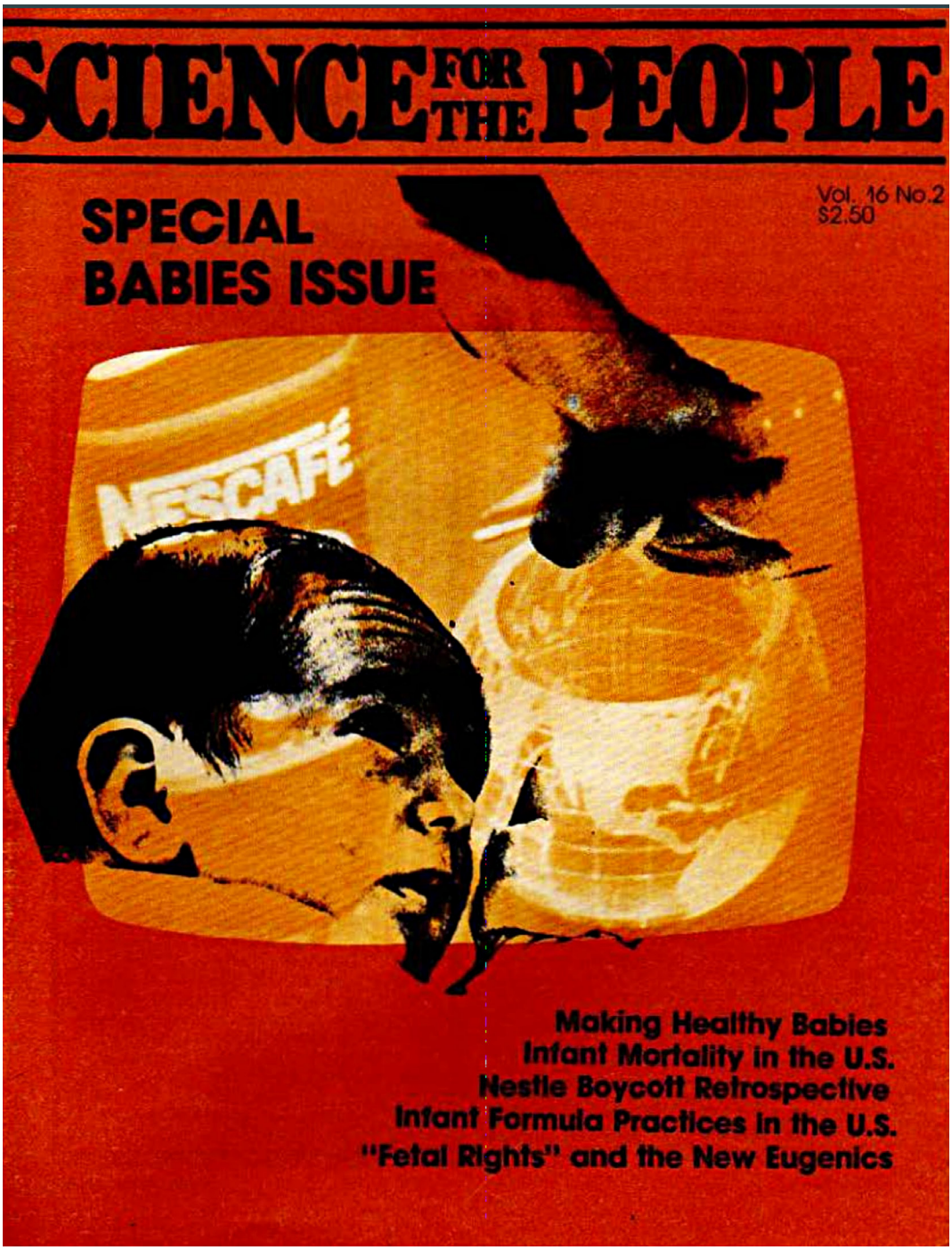
»›Und damit gelangen wir endlich aus dem Bereich bloßer sklavischer Nachahmung der Natur auf das viel interessantere Gebiet menschlicher Erfindung.‹ Er rieb sich die Hände. Es war ja klar, daß man sich nicht damit begnügte, Leibesfrüchte einfach ausreifen zu lassen; das konnte jede Kuh. ›Wir prädestinieren und normen auch. Wenn wir unsere Kleinlinge entkorken, haben sie bereits einen festen Platz in der Gesellschaft, als Alphas oder Epsilons, als künftige Kanalreiniger oder künftige [...] Brutdirektoren.‹«

Aldous Huxley: *Schöne neue Welt: Ein Roman der Zukunft*, Frankfurt am Main: Fischer (1991 [1932]), S. 27.

Literarische Werke beschäftigten sich bereits vor der Entwicklung der »Gentechnik« mit der Erschaffung neuer Menschen, deren Anpassung an die Bedürfnisse der Gesellschaft und generell der »Machbarkeit« von Lebewesen – immer im Austausch mit Entwicklungen in Biologie, Chemie und Medizin, wie auch technischen Planungen und industriellen Entwicklungen.[2] Diese literarischen Visionen lassen sich als Kritik an den Allmachtsphantasien der modernen Naturwissenschaften verstehen und lesen sich deshalb als Horrorgeschichten und Dystopien.

Die Erschaffung des Unholds in Mary Shelleys *Frankenstein* erfolgte durch die Zusammensetzung verschiedener unbelebter Stoffe, denen ein Naturforscher Leben einhauchte. Der zeitlich mehr als hundert Jahre später verfasste Roman Aldous Huxleys orientiert sich im Hinblick auf die dargestellten Techniken der Menschenzucht nicht mehr an der chemischen Logik der Zusammensetzung von Stoffen. In der *Schönen Neuen Welt* werden Menschen

mithilfe von teils bereits praktizierten, teil antizipierten biologischen Methoden am Fließband produziert. Die Fortpflanzung erfolgt durch künstliche Befruchtung. Die befruchteten Eizellen werden bis zu ihrer Ausreifung flaschenweise in Brutschränken gelagert und mit dem Bokanowskyverfahren teilweise einer physischen Manipulation unterworfen, die der Teilung und Vermehrung dient.



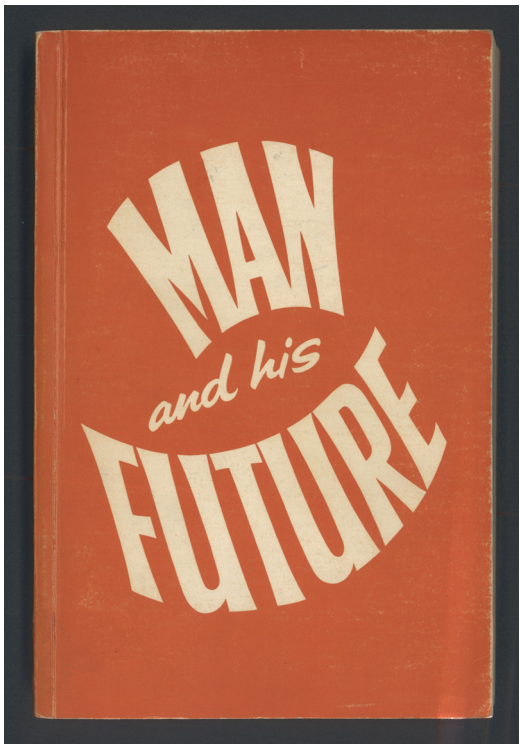
Science For The People 16/2 (1984), Cover.

▸ MASCHINENSTURM / PROTEST / Plattformen

Auch wenn Huxley die Möglichkeiten der Biotechnologien

in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts nicht vorhersehen konnte, wurde sein Roman ein zentraler Bezugspunkt für deren Kritiker*innen. Die technische Nachahmung natürlicher Vorgänge und die Möglichkeit gentechnischer Eingriffe in das Erbmaterial sowohl von Organismen als auch Menschen beflügelte seit dieser Zeit biotechnische Visionen und Perspektiven auf die potenzielle Anwendung der neuen Verfahren, die von staatlicher und eugenischer Planungseuphorie über die gesellschaftliche Aneignung bis hin zur strikten Ablehnung und Bekämpfung der Bio- und Gentechnologien reichten. Ähnlich wie in Huxleys Zukunftsroman warnten die anfänglich vor allem aus der Wissenschaft selbst stammenden Kritiker*innen, würde es bei der Nachahmung biologischer Vorgänge nicht bleiben: »[T]his society«, schrieb etwa die US-amerikanische Biologin und Aktivistin Ruth Hubbard in der »Special Babies Issue« (1984) der Zeitschrift *Science for the People*, »will [soon] have taken a giant step towards the Brave New World in which the state can regulate who is fit to bear children and who is fit to be born.«[3] ▸SELBERMACHEN / BEWUSSTSEIN / MutterMaschine

BIOTOPIA Visionen



Gordon Wolstenholme (Hg.): *Man and His Future: A Ciba-Foundation Volume*, London: J. & A, Churchill Ltd. (1963), Cover.

»Die Frage lautet nicht, sollten wir Eugenik betreiben; das sollten wir ganz bestimmt, und wir sollten möglichst viele Informationen darüber sammeln.«

»Diskussion ›Eugenik und Genetik‹, Beitrag Joshua Lederbergs«, in: Robert Jungk, Hans Josef Mundt (Hg.): *Das umstrittene Experiment: Der Mensch. Siebenundzwanzig Wissenschaftler diskutieren die Elemente einer biologischen Revolution. Sonderausgabe aus der Sammlung Modelle für eine neue Welt*, München: Kurt Desch (1966), S. 302–324, hier S. 323.

»Die moderne Zivilisation hat eine negative Rückkopplung von der kulturellen auf die genetische Evolution bewirkt. Sie verhindert die genetische Isolierung kleiner Gruppen, sie erhält eine wachsende Zahl von genetischen Fehlern und sie führt die besser Veranlagten in Versuchung, sich weniger fortzupflanzen als andere. Und doch verlangen die Verkomplizierung, die Gefahren und die Möglichkeiten der Zivilisation eine demokratische Lenkung von höherer und gleichzeitig breiterer Intelligenz sowie eine verstärkte Bereitschaft zur Zusammenarbeit.«

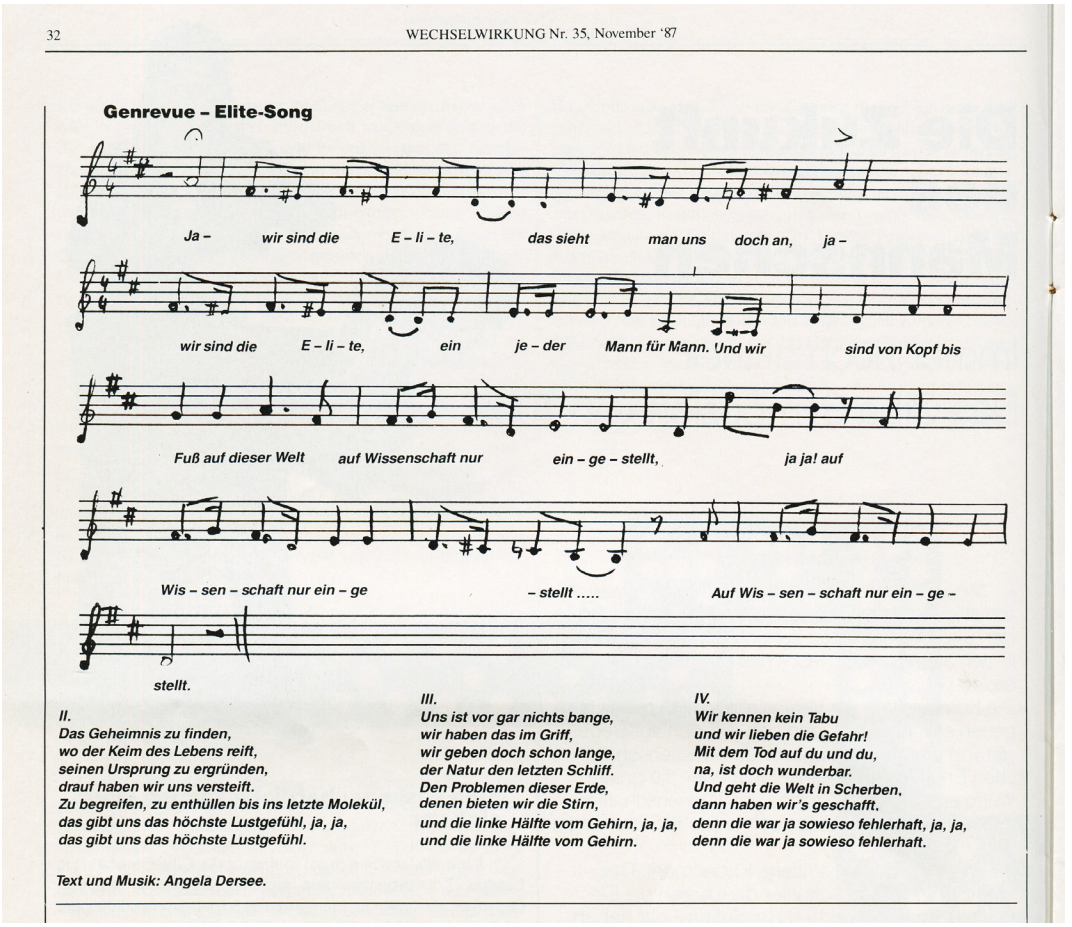
Hermann J. Muller: »Genetischer Fortschritt durch planmäßige Samenwahl«, in: Robert Jungk, Hans Josef Mundt (Hg.): *Das umstrittene Experiment: Der Mensch. Siebenundzwanzig Wissenschaftler diskutieren die Elemente einer biologischen Revolution. Sonderausgabe aus der Sammlung Modelle für eine neue Welt*, München: Kurt Desch (1966), S. 277–290, hier S. 284–285.

»Außerirdische Lebensbedingungen weichen am eindeutigsten in der Schwerkraft, der Temperatur, dem Luftdruck, der Luftzusammensetzung und der Strahlung (einschließlich energiereicher Materieteilchen) von unseren ab. Ein Gibbon ist dem Leben in einem schwächeren Schwerefeld wie in einem Raumschiff, auf einem Asteriod [sic] oder vielleicht sogar auf dem Mond von vornherein offenbar besser angepaßt als der Mensch. Noch mehr gilt das für Affenarten mit Greifschwänzen. Durch Pfropfen von Genen könnten solche Eigenschaften auch der menschlichen Rasse angezüchtet werden. Menschen, die ihre Beine durch Unfall oder durch Mutation verloren haben, wären als Astronauten besonders gut geeignet, denn die Beine des Menschen und ein großer Teil des Beckens sind in diesem Fall nicht nötig. Wenn man ein Medikament entdeckte, ähnlich dem Thalidomid, aber nur auf die Beine und nicht auf die Arme wirkend, könnte man die ganze Mannschaft des ersten Raumschiffes der Alpha Centauri damit behandeln. Das Gewicht und der Bedarf an Sauerstoff würde dadurch vermindert.«

John Burdon Sanderson Haldane: »Biologische Möglichkeiten für die menschliche Rasse in den nächsten zehntausend Jahren«, in: Robert Jungk, Hans Josef Mundt (Hg.): *Das umstrittene Experiment: Der Mensch. Siebenundzwanzig Wissenschaftler diskutieren die Elemente einer biologischen Revolution. Sonderausgabe aus der Sammlung Modelle für eine neue Welt*, München: Kurt Desch (1966), S. 367–390, hier S. 384.

Im November 1962 kamen in London laut Untertitel der deutschsprachigen Ausgabe des Tagungsbands 27 Wissenschaftler, darunter sechs Nobelpreisträger, zusammen, um über die Elemente einer biologischen Revolution zu diskutieren. Die Ciba-Foundation, die Stiftung des Schweizer Pharmakonzerns Ciba-Geigy, hatte zu dieser »Ideenkonferenz« mit dem Titel *Man and His Future* eingeladen. Grund dafür waren die Fortschritte, die auf dem Gebiet der Biologie in den letzten zehn Jahren gemacht worden waren. Seit der Entschlüsselung der Doppelhelix-Struktur der DNA hatte die Biologie die Physik in ihrer Rolle als Zukunftsdisziplin abgelöst. Auf dem Ciba-Symposium wurden schon einmal die weitreichenden neuen Möglichkeiten antizipiert, die man für die nächsten Jahrzehnte erwartete. Die angeführten Zitate von Hermann J. Muller, Joshua Lederberg und John Burdon Sanderson Haldane sind Beispiele dafür, welche Möglichkeiten sich führende Humangenetiker beziehungsweise (Molekular-)Biologen von ihren Disziplinen erwarteten und welche Ziele sie mit der Anwendung der neuen Methoden verfolgten.
Zu den Rednern gehörte auch Julian Huxley, einer der führenden britischen Evolutionsbiologen und jüngerer Bruder des Schriftstellers. Ganz im Gegensatz zu seinem Bruder Aldous aber, der in *Brave New World* die Horrorvision einer auf Grundlagen wissenschaftlich-technologischer Fortschritte aufbauender totalitären Gesellschaft an die Wand malte, beschwor Julian die segensreichen Möglichkeiten, die die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse der Biologie eröffnen würden. Wie alle anderen anwesenden Wissenschaftler*innen war er

davon überzeugt, dass das Ende der natürlichen Evolution gekommen und es nun Aufgabe des Menschen sei, diese mithilfe der neuen biologischen Erkenntnisse gezielt und planvoll zu gestalten. Dieser Anspruch sollte sich aber nicht nur auf die menschliche Umwelt, Pflanzen und Tiere beschränken. Auch der Mensch selbst und seine genetischen Voraussetzungen sollten zum Objekt einer zukünftig menschengemachten Evolution werden. Nach Julian Huxley sollte die Wissenschaft sich nicht mehr rein auf die Nachahmung natürlicher Prozesse beschränken, sondern – gerade in Bezug auf den vermeintlichen genetischen Verfall der Menschheit – mit neuartigen technischen Möglichkeiten wie einer Modifikation des genetischen Materials (»Pfropfung«) optimierend eingreifen.
Die Gedankenexperimente muteten vielfach abstrus an, die versammelten Wissenschaftler verfolgten aber in Zeiten von Zivilisationskritik und Kaltem Krieg nach eigenem Ermessen durchaus hehre Ziele: Julian Huxley verstand sich als Humanist, John B.S. Haldane und Hermann J. Muller waren bekennende Sozialisten. Die zukünftigen Biotechnologien sahen sie im Dienste ihrer demokratischen und gesellschaftlichen Ideale, von Frieden, Freiheit und individuellem Glück.



32 WECHSELWIRKUNG Nr. 35, November '87

Genrevue – Elite-Song

Ja – wir sind die E – li – te, das sieht man uns doch an, ja –

wir sind die E – li – te, ein je – der Mann für Mann. Und wir sind von Kopf bis

Fuß auf dieser Welt auf Wissenschaft nur ein – ge – stellt, ja ja! auf

Wis – sen – schaft nur ein – ge – stellt ..... Auf Wis – sen – schaft nur ein – ge –

stellt.

II.
Das Geheimnis zu finden,
wo der Keim des Lebens reift,
seinen Ursprung zu ergründen,
drauf haben wir uns versteift.
Zu begreifen, zu enthüllen bis ins letzte Molekül,
das gibt uns das höchste Lustgefühl, ja, ja,
das gibt uns das höchste Lustgefühl.

III.
Uns ist vor gar nichts bange,
wir haben das im Griff,
wir geben doch schon lange,
der Natur den letzten Schliff.
Den Problemen dieser Erde,
denen bieten wir die Stirn,
und die linke Hälfte vom Gehirn, ja, ja,
und die linke Hälfte vom Gehirn.

IV.
Wir kennen kein Tabu
und wir lieben die Gefahr!
Mit dem Tod auf du und du,
na, ist doch wunderbar.
Und geht die Welt in Scherben,
dann haben wir's geschafft.
denn die war ja sowieso fehlerhaft, ja, ja,
denn die war ja sowieso fehlerhaft.

Text und Musik: Angela Dersee.

Barbara Orland, Helga Satzinger: »Die Zukunft des Mannschen. Immer noch aktuell: das Ciba Symposion von 1962«, in: *Wechselwirkung* 35 (1987), S. 31–35, hier S. 32.

»Genrevue – Elitesong«: Knapp 25 Jahre später sollten die Protokolle der Ciba-Konferenz der FINRRAGE-Regionalgruppe Berlin »gerade in dem Moment in die Hände [fallen], als [deren Mitglieder] nach jahrelanger Bildungs- und Aufklärungsarbeit in Sachen Gentechnik, moderne Fortpflanzungstechniken und ihrer historischen Tradition kaum noch Lust hatten, unseriöse Wissenschafts- und Technikentwicklungen seriös darzustellen. Die Idee, Kabarett oder eine Art Revue zu machen, spukte im noch strahlungsfreien Frühling 1986 in unseren Köpfen; die Uraufführung der ›Gen-Revue – Das Geheimnis des Lebens‹ fand im darauffolgenden September statt. Einige der renommierten

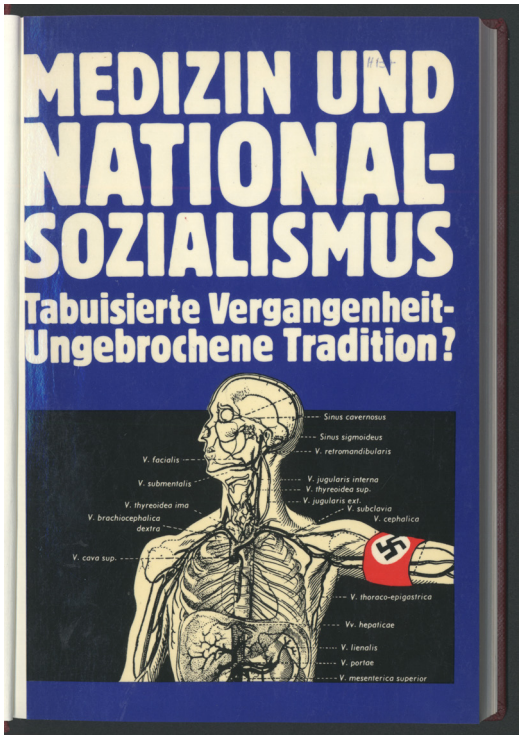
Gelehrten des Symposions gaben sich erneut die Ehre, Teile ihrer Reden und Diskussionsbeiträge, garniert mit Musik und Tanz, dem kritischen Publikum zu präsentieren. [...] Wir fanden eine Revue dem Herrenpartie-Niveau dieser als anspruchsvollen, wissenschaftlichen Veranstaltung gepriesenen Tagung für angemessen, retteten uns aus dem Horror ihrer Visionen in die Karikatur von zur Samenspende schreitenden Herren, die nicht nur ihre geistigen Ergüsse zum Besten geben, die zur Tangomusik über Bevölkerungskontrolle plaudern und im Balettschritt [sic] aus dem ›biologischen Sumpf‹ sich erheben. Wir strukturierten die Szenen nach den Themen: Kontrolle des Bevölkerungswachstums, Sicherung der Welternährung, Auslese der genetisch Wertvollen, und gentechnische Verbesserung der Menschen, Legitimation all dessen aus der Evolutionstheorie à la Huxley, Verständnis der Naturwissenschaften zur Entwicklung der Leitlinien der Politik und ihre zukünftige gesellschaftliche Allmacht. Seitdem reden wir vom Menschen hauptsächlich als ›Mannschen‹.« ▸ MASCHINENSTURM / PROTEST / Netzwerke ▸ NATURPOLITIKEN / FEMINISTISCHE NATUR

Barbara Orland, Helga Satzinger: »Die Zukunft des Mannschen. Immer noch aktuell: das Ciba Symposion von 1962«, in: *Wechselwirkung* 35 (1987), S. 31–35, hier S. 31, 35.



Ludger Weß (Hg.): *Die Träume der Genetik: Gentechnische Utopien von sozialem Fortschritt*, Nördlingen: Greno (1989) (= Schriften der Hamburger Stiftung für Sozialgeschichte des 20. Jahrhunderts), Cover.

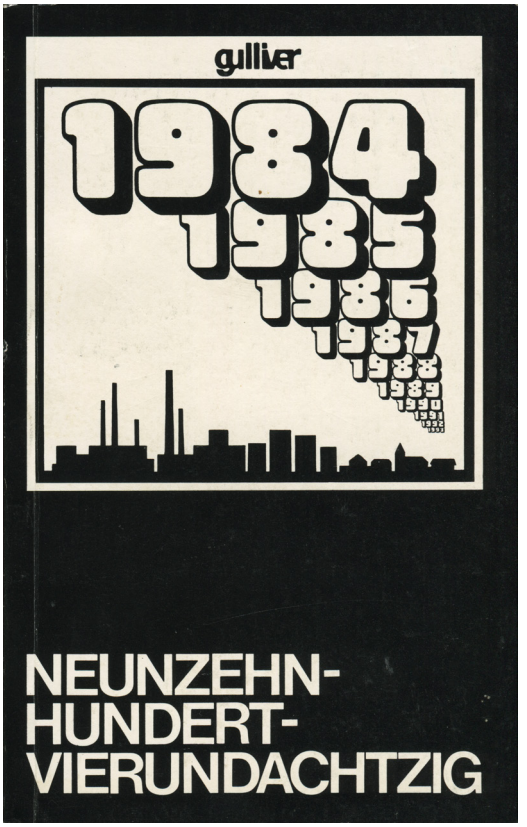
Als berüchtigter Meilenstein in der ungebrochenen Geschichte eugenischer Menschenverbesserung durfte das Ciba-Symposium von 1962 in keiner deutschsprachigen Darstellung von Eugenik, Rassenhygiene und Bevölkerungspolitik nach 1980 fehlen – so wie in der szeneweit bekannten Quellensammlung *Die Träume der Genetik* aus dem Jahre 1989, die – mit Blick auf das anbrechende Genomzeitalter – mit einem warnend-dystopischen Fazit schloss.



Gerhard Baader, Ulrich Schultz, Medizinisches Informations- u. Kommunikationszentrum Gesundheitsladen e.V. (Hg.): *Medizin und Nationalsozialismus: Tabuisierte Vergangenheit – Ungebrochene Tradition? Dokumentation des Gesundheitstages Berlin 1980*, Berlin-West: Verlagsgesellschaft Gesundheit (1980) (= Forum für Medizin und Gesundheitspolitik), Cover.

Wissen um historische Zusammenhänge und Verstrickungen erhielt eine neue Brisanz, als Anfang der 1980er Jahre größeren Kreisen der kritischen Öffentlichkeit bewusst wurde, dass die Geschichte von Eugenik, Rassenhygiene und Bevölkerungspolitik weit zurückreichte und mitnichten nach 1945 endete. Der vom Gesundheitsladen in Berlin ausgerichtete alternative Gesundheitstag im Jahr 1980 war ein solcher Weckruf. Die erst schemenhaft bekannten dunklen Seiten von Medizin und Wissenschaft in der Geschichte (und speziell der deutschen), ihre verwickelten Kontinuitätslinien und die Erkenntnis, dass die alten Akteure noch vielfach in Amt und Würden waren, trieb den historischen Wissensdrang an. Während die etablierten Profis der Historiker*innenzunft bis auf Ausnahmen zumeist von alldem wenig wissen wollten, gruben sich nun auch Laien durch die verstaubten Archive auf der Suche nach einer über Jahrzehnte verschwiegenen historischen Kontinuität, die den bislang ungenannten Opfern eine Stimme geben und die Versprechen der neuen Biotechnolog*innen als alten Wein in neuen Schläuchen entlarven würde.

▸SELBERMACHEN / LÄDEN / Wissenschaftsläden
▸SELBERMACHEN / BEWUSSTSEIN / MutterMaschine



Bernd-Peter Lange, Anna Maria Stuby (Hg.): *Neunzehnhundertvierundachtzig*, Berlin: Argument (1984) (= Argument-Sonderband 105), Cover.

Neben der radikalen Ablehnung der vermeintlichen biotechnischen Segnungen wie etwa durch die Vertreterinnen der Frauenbewegungen gab es auch Stimmen, die eine subversive, kritische oder auch produktive Aneignung der neuen Technologien propagierten. Am besten in Erinnerung geblieben ist wohl der von der US-amerikanischen Biologin, Wissenschaftsforscherin und Feministin Donna Haraway verfasste Essay »Lieber Kyborg als Göttin!«, der 1984 im Argument-Sonderband *Neunzehnhundertvierundachtzig* erschien. Darin heißt es: »Das Bild des Cyborgs nicht länger als feindliches zu betrachten, hat einige Folgen. Unsere Körper, unser Leben; Körper sind Landkarten, die in Macht und Identität eingezeichnet sind. Kyborgs sind keine Ausnahmen. Ein Kyborg ist nicht unschuldig, er wurde in keinem Paradies geboren, er strebt keine einheitliche Identität an und bringt somit keine antagonistischen Dualismen ohne Ende (oder bis zum Ende der Welt) hervor; für ihn ist Ironie selbstverständlich. Einer ist zu wenig und zwei ist nur *eine* Möglichkeit. Die Lust am Können, an Maschinenpotenzen, hört auf, Sünde zu sein, wird ein Aspekt der Verkörperung. Die Maschine ist kein *Es* mehr, das zum Beseelen, Anbeten oder Beherrschen da ist. Die Maschine, das sind wir, unsere Vorgänge, ein Aspekt unserer Verkörperung. Wir können für Maschinen verantwortlich sein: *Sie* bedrohen oder beherrschen uns nicht. Wir sind verantwortlich für Grenzen, wir sind *sie*. Bis jetzt (es war einmal) schien weibliche Körperlichkeit gegeben, organisch, notwendig, und weibliche Körperlichkeit schien die Fähigkeit zur Mutterschaft samt ihren metaphorischen Ausweitungen zu sein. Hatten wir

Vergnügen im Umgang mit Maschinen, so waren wir fehl am Platz und mußten uns damit rechtfertigen, daß dies letztlich doch organische Tätigkeiten waren, passend für Frauen. Kyborgs werden vielleicht ernsthafter die partiellen, fließenden Aspekte des biologischen Geschlechts und der geschlechtlichen Körperlichkeit berücksichtigen. Das soziale Geschlecht ist vielleicht doch nicht die letzte Identität. [...] Die Verantwortung zu übernehmen für Wissenschafts- und Technologieverhältnisse bedeutet auch, eine antiwissenschaftliche Metaphysik, eine Dämonisierung der Technik zurückzuweisen. Es bedeutet, sich in die schwierige Aufgabe zu stürzen, die Grenzlinien des Alltags neu zu ziehen und dabei mit anderen Teilverbindungen einzugehen, mit all unseren Teilen in eine ironische Kommunikation zu treten. [...] Ich wäre lieber ein Kyborg als eine Göttin.«[4]

▸ NATURPOLITIKEN / FEMINISTISCHE NATUR

BIOTOPIA Invention of tradition

Nach 1970 begannen zunächst US-amerikanische Forscher*innen die Werkzeuge der Molekularbiologie zu nutzen, um das genetische Material verschiedener Organismen gezielt zu verändern: So wurden etwa Viren als »Vektoren« eingesetzt, um genetisches Material zwischen verschiedenen Spezies auszutauschen, während spezielle Enzyme ein passgenaues *copy and paste* von DNA-Molekülen im Reagenzglas bewerkstelligten. Solche Experimente machten rasch Furore – auf der einen Seite ergaben sich immense Möglichkeiten für Forschung, Medizin und Wirtschaft, auf der anderen schienen sich nun jene Möglichkeiten einer Technisierung und Optimierung des Lebens zu realisieren, welche literarisch antizipiert worden waren, und die vor dem Hintergrund der Geschichte der Eugenik, aber auch jener der Nuklearenergie Befürchtungen weckten. In der Folge kam es nach einer Konferenz im kalifornischen Asilomar zunächst zu einem Moratorium der Produktion und Erforschung genveränderter Organismen, das aber nicht von langer Dauer war: Ab der zweiten Hälfte der 1970er Jahre verbreitete sich die neue Technologie der »rekombinanten DNA«, sprich, einer gezielten Neukombination von Erbmaterial, international. Erste wissenschaftliche wie technologische Erfolge zeichneten sich ab, so etwa die Isolation oder die Synthese von Genen im Reagenzglas und deren Transfer zwischen Organismen verschiedener Spezies, und daran anschließend etwa die Produktion menschlicher Hormone in genetisch veränderten Bakterienzellen, die eine preiswerte Herstellung solcher komplexer Biomoleküle etwa zu therapeutischen Zwecken versprach.[5]

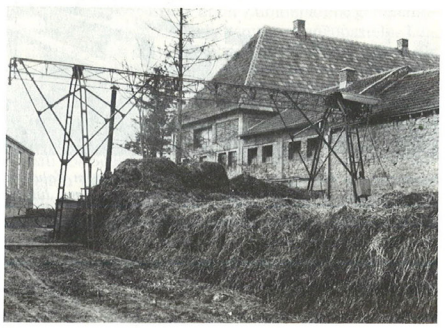
Diese ersten Erfolge der medizinischen Biotechnologie in den USA, die damit verbundene Gründungswelle von Start-ups sowie die Entscheidung des Chemiekonzerns Hoechst, ein neues Forschungszentrum in Massachusetts statt in Frankfurt am Main zu eröffnen, alarmierte Wissenschaftspolitiker*innen in der Bundesrepublik. Zwar existierte seit den 1970er Jahren ein Biotechnologie-Förderprogramm, nur zielte dies weder auf molekulare Genetik noch auf Gründungen kleiner Unternehmen, sondern vielmehr auf die bestehende chemisch-pharmazeutische Industrie sowie Biolog*innen bereits lange bekannte Verfahren wie die Herstellung von Stoffen durch industrielle Fermentationsverfahren, etwa in der Alkohol- oder Nahrungsmittelproduktion.[6] War die Bundesrepublik im Begriff, technologisch und damit wirtschaftlich im wichtigen Bereich der chemisch-pharmazeutischen Industrie den Anschluss zu verpassen? Die neue CDU/FDP-geführte Bundesregierung schrieb sich nach 1982 Technologiepolitik auf die Fahnen, und in diesem Zusammenhang wurde auch ein aktualisiertes Biotechnologie-Förderprogramm aufgelegt. Dies vereinte die vorhandenen, eher konventionellen Ansätze mit der neuen und kontroversen Gentechnik und zeigt so die Ambivalenz des Sammelbegriffs »Biotechnologie« auf: Vom Klärwerk bis zur Herstellung von Bioalkohol oder der Nutzung pflanzlicher Substanzen in der Medizin waren viele der aufgezählten Technologien weder neu noch *hightech*, sondern hatten Vorgänger bis hin zum

handwerklichen Backen und Brauen, das die Fähigkeiten von Hefezellen nutzte. Alte, einfache Praktiken wurden im Sinne einer *invention of tradition* als Grundlage für Innovationen rekrutiert und konnten so für eine Synthese aus Tradition und Moderne einstehen, die politisch sicher leichter zu vermitteln war und besser zu den wirtschaftlichen Gegebenheiten der Bundesrepublik passte, als die jenseits des Atlantiks dominierende Rhetorik einer gänzlich neuartigen Technologie und Unternehmenslandschaft. Darüber hinaus verdeutlicht das Programm die Relevanz der industriellen Biotechnologien – in der Regel handelte es sich dabei um eher unspektakuläre Verfahren der Gewinnung von Stoffen, die wenig mit den Szenarien und Risikodebatten der medizinischen oder landwirtschaftlichen Biotechnologien gemein hatten. ▸ NO FUTURE / RÜCKBESINNUNG

UMWELT

Im Kompost bleiben die Düfte hängen

Viele Betriebe belästigen die Umwelt durch stinkende Abluftströme; man riecht solche Nachbarn oft kilometerweit. Besonders bei ungünstigen Wetterlagen machen sich Abdeckereien und Kläranlagen, Krautfabriken und Chemiewerke oder auch Tierzuchtbetriebe wie zum Beispiel Schweinemästereien durch Düfte bemerkbar, die nicht nur der Nase nicht schmeicheln, sondern die auch gesundheitsgefährdend sein können.



Klassische Kompostierung: romantisch, aber geruchsintensiv. (Foto: Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn)

Der Bundesminister für Forschung und Technologie fördert deshalb die Entwicklung neuartiger Verfahren zur umweltfreundlichen **Beseitigung von Ballast- und Schadstoffen in der Abluft.** Mit Hilfe biologisch hochaktiver Substanzen sollen die organischen gasförmigen Verunreinigungen aus der Luft gefiltert und in beständige Verbindungen umgewandelt werden, die nicht mehr ins Freie treten können.

Ein besonders gut geeignetes Mittel zur Reinigung stinkender Abgase stellt Kompost aus organischen Abfällen oder aus Klärschlamm dar, der stark mit Mikroorganismen durchsetzt ist. Diese **Bakterien fressen die organischen Stoffe aus der Abluft buchstäblich auf** und lassen ein nahezu geruchloses Gas zurück. Eine *hessische* Firma

UMWELT

testet solche **„biologischen Erdfilter"** systematisch auf ihre Verwendbarkeit für geruchsemittierende Industrieanlagen und entwickelt Richtlinien für die Auslegung und den Betrieb solcher Filter.

Eine andere Möglichkeit der Geruchsbeseitigung, die ebenfalls in der Bundesrepublik *Deutschland* erforscht wird, besteht in der Verwendung spezieller **Bakterienfilter.** Um zum Beispiel die phenolhaltige Abluft einer Kohlevergasungsanlage zuverlässig zu reinigen, empfiehlt es sich, poröse Keramikfilter einzusetzen, in die für Menschen ungefährliche Bakterienkolonien „eingeklebt" worden sind. Die Mikroben wandeln bei einer optimalen Arbeitstemperatur von 35 Grad Celsius die übelriechenden Stoffe aus den Abgasströmen in ungiftige und geruchlose Substanzen um, die man von Zeit zu Zeit auswaschen kann, so daß der Filter mit den Bakterienkolonien weiter zu verwenden ist.



Biofilter zum Abscheiden gasförmiger organischer Verunreinigungen aus Abgasen. (Foto: Gebr. Weiss, Dillenburg)

Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hg.): *Fortschritt durch Forschung: Biotechnologie*, Bonn: BMFT (1984), S. 18–19.

»Klassische Kompostierung: romantisch, aber geruchsintensiv«. Biotech in der BRD zwischen Vergangenheit und Zukunft – der Forschungsminister Heinz Riesenhuber (CSU) unterzeichnete diese Biotechnologie-Broschüre des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT), die über die »neue[n] Schlüsseltechnologie[n]« aufklären sollte. Der Innendeckel zeigte kein Labor (wie man erwarten sollte), sondern eine ägyptische Darstellung der »königliche[n] Bäckerei« des Pharaos Ramses III. – so erschien die alltägliche Nutzung von Hefe zur Fermentation von Nahrungsmitteln als Biotechnologie *avant la lettre:* »Schon lange vor der ersten Entdeckung einer Mikrobe

nutzte der Mensch aus Erfahrung und nach Uberlieferung die Fähigkeit verschiedener Mikroorganismen, Rohprodukte in Nahrungs- und Genußmittel umzuwandeln: Beim Bierbrauen, das die Bewohner des Zweistromlandes bereits vor 8000 Jahren betrieben, beim Vergären von Zucker zu Alkohol (Wein zum Beispiel), beim Bereiten von Joghurt und Käse aus Milch, bei der Herstellung von Sauerkraut und beim Ansetzen von Hefeteig, aus dem schon die Ägypter vor 6000 Jahren ihr Brot buken.«[7] Kompostierung und Luftreinigung durch Bakterien sowie neuartige biologische Filter stehen in einem ähnlich paradoxen Verhältnis: »Bio-« verwies hier auf eine technologische Moderne, die das Bestehende, Einfache zum Ausgangspunkt neuer Entwicklungen erklärte und damit Gegensätze von Innovation und Tradition produktiv ausspielte.

Biotechnologie

ENERGIE UND ROHSTOFFE

Benzin kann mit Alkohol gestreckt werden

Die Geschichte der Verbrennungsmotoren und des Erdöls scheint untrennbar zusammenzugehören – in Wirklichkeit allerdings verliefen die Entwicklung der neuen Maschinen, die etwa um 1860 begann, und die zur gleichen Zeit einsetzende Nutzung des Erdöls zunächst unabhängig voneinander. Die ersten Motoren waren gasbetrieben und erst im Jahr 1884 wurde das im Vergaser „vernebelte" Benzin als Brennstoff benutzt. Die endgültige Entscheidung zugunsten des Benzin- (und Diesel-)Motors fiel um die Jahrhundertwende.



Werbung für Alkohol-getriebene Maschinen aus dem Jahre 1902. (Abbildung: Versuchs- und Lehranstalt für Spirituosenfabrikation und Fermentationstechnologie in Berlin)

8

ENERGIE UND ROHSTOFFE

Heute, nach mehreren Erdölpreiskrisen, wird die Verknüpfung von Motor und Erdöl zunehmend in Frage gestellt und nach **Kraftstoff-Alternativen** gesucht. Neben Methanol, das am aussichtsreichsten ist, kommt auch Äthylalkohol (Äthanol) in Betracht. Gewonnen aus Zukkerrüben oder Feldfrüchten, läßt er sich dem Benzin beimengen, ohne daß deswegen der Motor umgebaut werden müßte. Das Gemisch hat den Vorteil, daß die Abgase weniger Schadstoffe enthalten.

Die Bundesrepublik Deutschland wird solche Techniken allerdings nie in größerem Maße nutzen können: Selbst wenn die gesamte Zuckerrübenanbaufläche (425 000 Hektar) für die Äthanolgewinnung zur Verfügung stünde, ließen sich damit nur 1,8 Milliarden Liter Äthanol herstellen, was ungefähr drei Prozent unseres jährlichen Benzinbedarfs entspricht. Zwar könnte man auch Altpapier mit zur Äthanolproduktion heranziehen, doch wären damit ebenfalls nur rund zwei Milliarden Liter im Jahr zu erzeugen.

Aber: Ausgereifte Äthanoltechniken sind von großem Interesse für Entwicklungsländer wie *Brasilien*. Dieses Land deckt im Rahmen des „Pro Alcool"-Programms heute schon einen beträchtlichen Teil seines Kraftstoffbedarfs durch Äthanol, das durch Vergärung von Zuckerrohr gewonnen wird. Zugleich steht solchen Ländern mit dem Äthanol ein wichtiger **Industrie-Rohstoff** zur Verfügung, der sich in Äthylen umwandeln und für die Herstellung von Kunststoffen, Fasern und Feinchemikalien nutzen läßt.

Biotechnologisch läuft die Herstellung von Äthanol folgendermaßen ab: Zuckerhaltige Lösungen werden mit Hefen unter Luftabschluß zu Äthylalkohol und Kohlendioxid vergoren. Auch Stärke und zellulosehaltige Rohstoffe (Holzreste zum Beispiel) kann man verwenden, wenn sie zuvor mit Hilfe von Enzymen bzw. durch eine saure Hydrolyse aufgeschlossen (gespalten) und in vergärbaren Zucker umgewandelt wurden. Mit Unterstützung des Bundesministers für Forschung und Technologie entwickeln Wissenschaftler und Ingenieure in *Berlin und anderen Orten* die nötigen Verfahrensschritte (Bioreaktoren, energiesparende Destillationsanlagen) für eine Äthanolgewinnung aus Biomasse.

9

Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hg.): *Fortschritt durch Forschung: Biotechnologie*, Bonn: BMFT (1984), S. 8–9.

Der Acker im Tank, oder: Biofuels *avant la lettre*. Eine weitere Facette des beworbenen Spektrums der Biotechnologien war die Herstellung von nicht-fossilen Treibstoffen wie durch Fermentation pflanzlicher Rohstoffe gewonnenem Alkohol. Auch derartige Technologien hatten eine lange

Vorgeschichte im 20. Jahrhundert – etwa im Zusammenhang der Rohstoffökonomie in den Weltkriegen oder der nationalsozialistischen Autarkie-Politik. Eine naheliegende Motivation für das Interesse an Biokraftstoffen waren die Preissteigerungen von Erdölprodukten im Gefolge der OPEC-Politik der 1970er Jahre – zuletzt der zweite sogenannte »Ölschock« 1979. Genannt wurde auch die Entwicklungspolitik, etwa mit Blick auf ein brasilianisches Programm, das »Gasohol« aus der industriellen Fermentation von Zuckerrohr als alternativen Kraftstoff produzieren sollte.

Genversuche müssen genehmigt werden

Am 15. Februar 1978, nach einer leidenschaftlichen Debatte von Wissenschaftlern aus vielen Nationen über potentielle Gefahren (zum Beispiel Seuchen) durch Genmanipulationen, verabschiedete die Bundesregierung in Bonn ***„Richtlinien zum Schutz vor den Gefahren durch in vitro neukombinierte Nukleinsäuren“****. Sie enthalten biologische und labormäßige Sicherheitsbestimmungen, die beachtet werden müssen, wenn man im Reagenzglas (in vitro) das Erbmaterial (die Nukleinsäuren) von verschiedenen Lebewesen zusammensetzen will. Damit soll verhindert werden, daß in Laborräumen hergestellte neue Organismen in die Umwelt gelangen.*

Alle vom Bund geförderten gentechnischen Forschungsvorhaben müssen von der ***„Zentralen Kommission für die biologische Sicherheit“*** *(ZKBS) geprüft werden, deren Mitglieder der Bundesminister für Forschung und Technologie beruft. Dieser Kommission müssen risikobehaftete Experimente vorgelegt werden, damit sie die Sicherheitsaspekte beurteilt. Für die beantragten Versuche war es an mehreren Forschungsstellen erforderlich, besondere Sicherheitseinrichtungen zu installieren. Die höchste Sicherheitsstufe wurde beispielsweise am Europäischen Labor für Molekularbiologie (EMBL) in Heidelberg eingebaut.*

Aufgrund ihrer bisherigen Erfahrungen, die sich mit internationalen Erkenntnissen der letzten Jahre decken, kam die ZKBS zu dem Schluß, daß gentechnologische Experimente nicht gefährlicher sind als Versuche, die mit den unveränderten Ausgangsorganismen unternommen wurden.

Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hg.): *Fortschritt durch Forschung: Biotechnologie*, Bonn: BMFT (1984), S. 36.

Gentechnik-Regeln. Die Broschüre des Bundesministeriums verwies bei aller Euphorie ob der alten/neuen Technologien auf die Genehmigungspflicht gentechnischer Experimente sowie die dafür zuständigen Gremien, welche im Anschluss an Debatten um Selbstverpflichtungen der Wissenschaft beziehungsweise Regulierungen etabliert wurden – das BMFT schien 1984 eine klare Position zu diesem Thema zu haben. Die Regeln waren angesichts der unbekannten Folgewirkungen von Manipulationen am Erbgut des menschlichen Darmbakteriums *Escherichia coli* (eines »Haustieres« der Molekulargenetik) oder gar an krebserzeugenden Viren kontrovers, mussten in politischen Prozessen ausgehandelt und durch Behörden implementiert und kontrolliert werden – etwa, was die Sicherheitsmaßnahmen, die Ausstattung von Labors oder die Schulung des Personals betraf. Damit wird offenbar, wie die Biotechnologie, nicht zuletzt vor dem Hintergrund der Kontroversen um die Kernenergie, Teil des zeitgenössischen Risikodiskurses und -managements wurde. Es lässt sich auch erkennen, wie die öffentliche Wahrnehmung der neuen, DNA-basierten Technologie des Lebenden erste Spuren spezifisch umgemünzter geisteswissenschaftlicher Aktivitäten nach sich zog, die hier unter dem Titel »ethische und rechtliche Probleme« firmierten, und die in den 1990er Jahren im Zeichen des Humangenomprojektes zu einem prominenten Beschäftigungsfeld für Wissenschaft und Feuilleton wurden – die Schlagworte lauteten »Ethikrat« oder »Menschenpark«.[8]

BIOTOPIA Gentech goes BRD



Das neue Genzentrum in München

Die Wacker-Chemie ist dabei.

In einem feierlichen Festakt gaben sich Wissenschaft, Wirtschaft und Politik in der Münchner Ludwig-Maximilian-Universität ein Stelldichein, um das neue Projekt aus der Taufe zu heben. Zur Taufe waren erschienen: aus dem Bereich der Wissenschaft hohe Repräsentanten der Münchner Universität, an ihrer Spitze deren Präsident Wulf Steinmann, und der Präsident der Max-Planck-Gesellschaft Prof. Reimar Lüst, – aus dem Bereich der Wirtschaft: Prof. Weißkirmel von der Hoechst AG, Dr. Hans Stach und Dr. Frank Müller von der Wacker-Chemie – aus dem Bereich der Politik: Bundesminister für Forschung und Technologie Herbert Riesenhuber, der bayerische Ministerpräsident Franz Josef Strauß und Kultusminister Prof. Hans Maier.

In ihren Grußadressen wiesen Dr. Riesenhuber, Dr. Strauß und Dr. Steinmann auf die große Bedeutung der Genforschung hin. Sie gaben ihrer Freude Ausdruck, daß nun in München – neben Berlin, Heidelberg und Köln – das vierte Genzentrum in der Bundesrepublik entstehe – unter der Leitung von Prof. Ernst-Ludwig Winnacker. In seinem Festvortrag »Gentechnik – ein Aufbruch zu neuen Grenzen« wies Winnacker auf die Bedeutung der Verflechtung von Grundlagenforschung und Anwendung hin. Man müsse die Gründung der verschiedenen Genzentren sicherlich auch unter diesem Aspekt sehen. Ausdruck dieser Bemühungen sei auch, den Anschluß an eine neue Technologie, in der wir weltweit wettbewerbsfähig auftreten wollen – und es auch müssen –, zu finden, zu erhalten.

Er gab sich schließlich zuversichtlich, mit dem Münchner Forschungsschwerpunkt Weltgeltung zu erlangen.

Um welche Forschungsschwerpunkte handelt es sich?

Die wissenschaftlichen Arbeiten des Zentrums werden sich zunächst auf Untersuchungen auf dem Gebiet der Tumorforschung, der Pflanzenforschung, der Immunologie und der Biochemie konzentrieren.

Bezüglich der **Tumorforschung** wird es um die Aufklärung der Wirkungsmechanismen einer besonderen Klasse von Genen, der sog. Onkogene, gehen. Diese Gene existieren in allen, auch in gesunden Organismen. Sie lassen sich durch die verschiedenartigsten Mechanismen aktivieren, so daß es zur Tumorbildung kommt. Ein Verständnis ihrer Struktur und Funktion ist daher von großer Dringlichkeit, wobei es wichtig ist, zu wissen, daß diese Gene auch in Hefen (wie z. B. der Bäckerhefe)! vorkommen und dort natürlich sehr viel einfacher als z. B. in Säugern mit modernen genetischen Analysen untersucht werden können.

Manipulationen an Pflanzen stehen im Mittelpunkt der heutigen Diskussion über die Anwendung der Gentechnologie. Es ist geplant, über die Einführung einzelner Gene in Pflanzen zu arbeiten und besondere Schwerpunkte auf dem Gebiet des Stoffwechsels sog. Sekundär-Metaboliten zu setzen. Dabei geht es nicht nur darum, die entsprechenden Stoffwechselvorgänge in Pflanzen zu verstehen, sondern Pflanzen gezielt zum Zwecke der Produktion gewisser Inhaltsstoffe zu verwenden. Man hofft auch, durch diese Arbeiten unser Verständnis für die Biologie der Pflanzen zu vertiefen.

Eine der ungelösten Fragen in der **Immunologie** ist der Wirkungsmechanismus der Interaktion der verschiedenen Zellen des Immunsystems untereinander als auch mit der Außenwelt. Es sei hier nur an das Problem der Transplantatabstoßung erinnert. Diese und andere Probleme sind heute mit Methoden der Gentechnologie einer Untersuchung zugänglich.

Die biochemischen Arbeiten am

Unsere Bilder: Links, der Leiter des Genzentrums, Prof. Ludwig Winnacker bei seinem Festvortrag. Bild daneben: Die Ehrengäste (von rechts nach links): Prof. Weißkirmel (Hoechst AG), der Bundesminister für Forschung und Technologie Dr. Herbert Riesenhuber, Bayerns Ministerpräsident Franz Josef Strauß, Kultusminister Prof. Hans Maier, der Präsident der Max-Planck-Gesellschaft Reimar Lüst, der evangelische Landesbischof Johannes Hanselmann.

Zentrum sollen in Richtung einer **»synthetischen Biologie«** zielen. Es geht hier um die gezielte Veränderung bekannter Enzyme, damit diese bestimmten, neuen Derivate der ursprünglichen Substrate zu erkennen und um damit ihr Anwendungsspektrum zu erweitern. Darüber hinaus sollen durch chemische Synthese der entsprechenden Gene neuartige Enzyme für neue Substrate konstruiert werden. Dies könnte beträchtliche praktische Anwendungen, z. B. in der biologischen Abwasserbeseitigung, haben. – Finanziert wird dieses Münchner Genzentrum zum größten Teil vom Bundesministerium für Forschung und Technologie, weiter vom Freistaat Bayern, sowie zu einem weiteren Teil von der Hoechst AG und der Wacker-Chemie.

13

»Das neue Genzentrum in München: Die Wacker-Chemie ist dabei« (o.V.), in: *Werk + Wirken* 9 (1986), S. 13.



Das neue, durch rekombinierte DNA herstellbare Produkt hat diese Reinheitsprobleme nicht. Es ist darüber hinaus leichter, schneller, in größerer Menge und viel billiger herzustellen. Viele weitere Produkte sind in Arbeit, z. B. die Interferone. Von den Interferonen erhofft man sich u. a. einen Einsatz in der Krebstherapie. Bei den sehr schwierig zu behandelnden Viruserkrankungen ist die Wirkung bereits nachgewiesen.

Man weiß heute auch, daß die Bluterkrankheit auf das Fehlen des Gerinnungsfaktors VIII bei den Blutern zurückzuführen ist. Aus dem Blut von Gesunden kann man diesen Faktor isolieren und damit Blutungen bei den Patienten stillen. Um alle ca. 6000 Bluter in Deutschland zu behandeln, müßte man 20 Mill. Liter menschliches Spenderblut aufbereiten. Das ist eine enorme Menge und mit großen Kosten verbunden. Aber auch aus medizinischen Gründen, d. h. wegen der Gefahr der Verunreinigung z. B. mit Hepatitis-B (Gelbsucht) oder AIDS-Viren, würde man gerne das natürliche durch ein völlig identisches, gentechnologisch hergestelltes Produkt ersetzen. Dieses Material wird in absehbarer Zeit zur Verfügung stehen, wobei es aber wegen seiner Größe (ca. 2300 Aminosäure gegenüber 190 beim Wachstumshormon) vermutlich nicht in Bakterien, sondern in Gewebekulturen von Säugerzellen produziert werden wird.

Viele andere Produkte sind in Arbeit, darunter auch eine Anzahl von Stoffen, die erst seit kurzem und nur dank neuer Methoden der Gen-Isolierung überhaupt bekannt sind.

Arbeit im Münchner Genzentrum.

lich zugeführt werden. Es konnte bisher nur aus Hypophysen von Leichen gewonnen werden. Das natürliche Produkt darf seit etwa einem Jahr nicht mehr verkauft und angewendet werden, weil sich herausstellte, daß es mit einem Virus verunreinigt war.

Ernst-Ludwig Winnacker: »Gentechnologie – Erwartung und Wirklichkeit«, in: *Werk + Wirken* 9 (1986), S. 5.

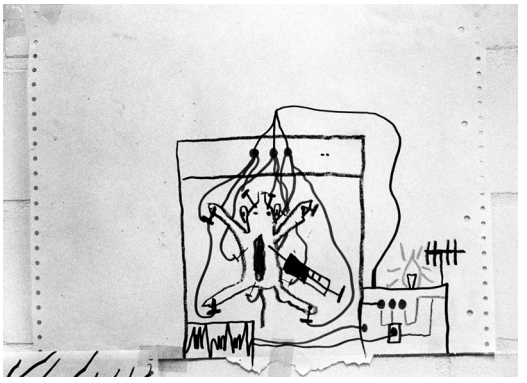
Gentechnik und Lederhose: Politik, Wissenschaft und Kirche bei der Eröffnung eines der vier »Genzentren« in der Bundesrepublik – in West-Berlin, Köln, Heidelberg und Martinsried bei München. Diese Zentren vereinten Forschungsinstitute und Unternehmen unter einem Dach und sollten so die Entwicklung von neuen Technologien anschieben. Festredner Ernst-Ludwig Winnacker, Inhaber eines Lehrstuhls an der Ludwig-Maximilians-Universität, Fürsprecher der Biotechnologien in Deutschland und späterer Präsident des European Research Councils und damit Teil einer entstehenden Biotech-Elite, sprach über weltweite Wettbewerbsfähigkeit, den Zusammenhang von Grundlagenforschung und Anwendung und eine neue »synthetische Biologie«. Während sich die gegenwärtig geläufige Bedeutung dieses Begriffs erst um 2000 im Zuge von Genomik und Bioinformatik konsolidierte, zielte diese frühe Verwendung darauf ab, die ökonomischen Erfolge der synthetischen Chemie des 19. Jahrhunderts etwa im Bereich Farb- oder Kunststoffe als Hintergrund für kommende Erfolge zu evozieren: In Winnackers Vision stand den gentechnologisch orientierten Lebenswissenschaften im späten 20. Jahrhundert eine Zukunft bevor, welche der erfolgreichen Vergangenheit der Chemie ähnelte, indem sie technologisch und ökonomisch Neuland betrat. Somit wurde Wissenschaft zum Standortfaktor.

Das Martinsrieder Genzentrum im Bild etwa war in Gebäuden des dort 1974 eröffneten Max-Planck-Instituts für Biochemie beheimatet und kann in der Tat als eine Keimzelle des Forschungs- und Technologiecampus am südlichen Rand Münchens angesehen werden, der heute einen der größten Biotech-Standorte Europas bildet.[9] Über das Zentrum berichtete 1986 die Werkszeitschrift der Wacker-Chemie, eines der am Genzentrum beteiligten Unternehmen. Der bayerische Produzent von Chemikalien – von Industrierohstoffen bis hin zu Silizium für die Halbleiterproduktion – war in den Nachkriegsjahren zu einem petrochemisch ausgerichteten Unternehmen geworden, das in Zeiten von Energie- und Umweltkrisen die industrielle Biotechnologie, das heißt, die Produktion von Substanzen durch Fermentation genetisch veränderter Bakterien in Bioreaktoren, für sich entdeckte und durch eigene Forschungsaktivitäten aufbaute. Damit ist ein Prozess der Aufnahme biologischer Verfahren und Produkte in eine bestehende chemische Industrie beschrieben, der neben der Gründung von Start-ups zu einer Reorientierung bestehender Unternehmen vor allem in Deutschland beitrug. Eine »Bio-Strategie« produzierte mithin wirtschaftliche Alternativen, die einerseits an alte, in der Nachkriegszeit verdrängte Produktionsmethoden anknüpften, und sich andererseits an eine neue Wissenschaft wie die Molekularbiologie annäherten.

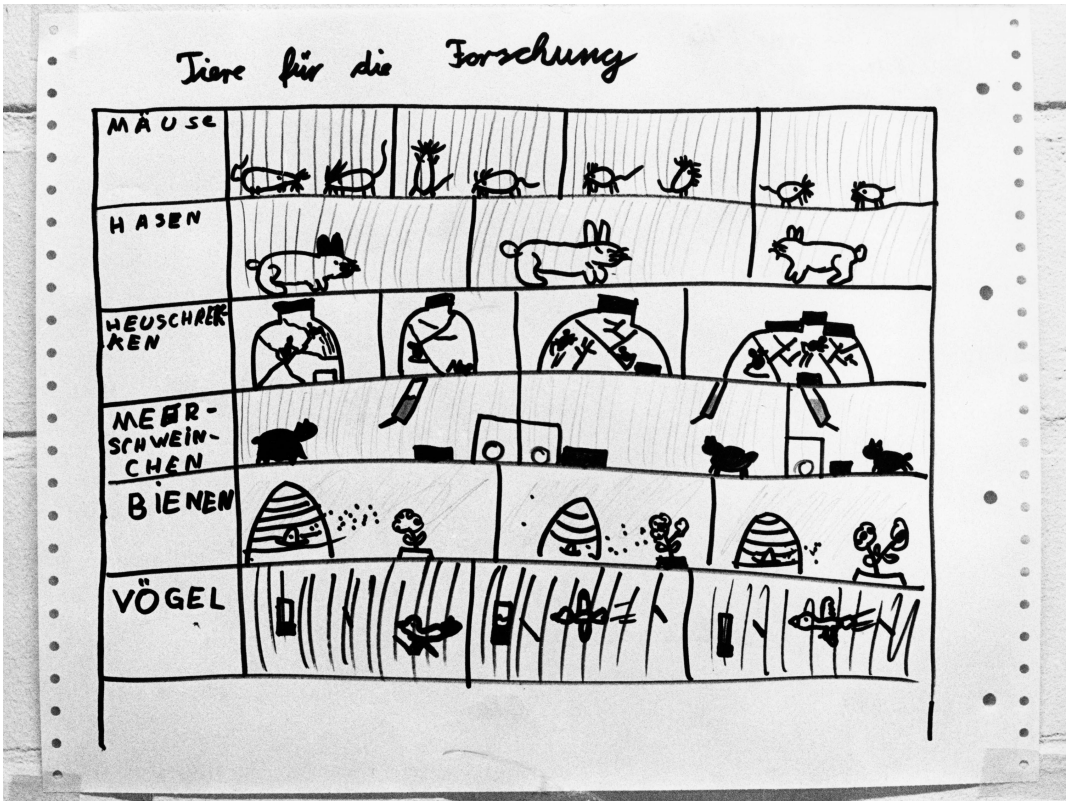


Filser, *ZDF-Team im Max-Planck-Institut für Biochemie* (Mai 1985), Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin-Dahlem, Fotosammlung Generalverwaltung, Nr. 41.

Große öffentliche Aufmerksamkeit war den Gen-Ingenieur*innen garantiert. Anlässlich der Einweihung des Münchener Genzentrums entsendete das Zweite Deutsche Fernsehen ZDF gleich ein Filmteam nach Martinsried.

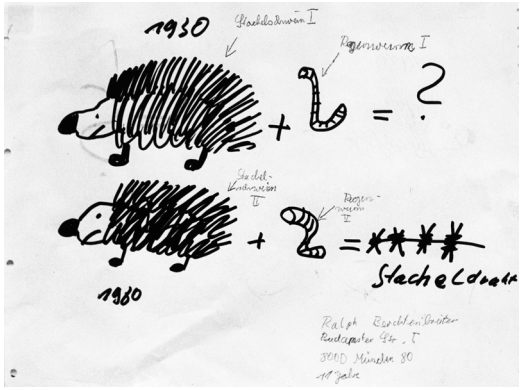


Blachian, *Tag der offenen Tür* (1981), Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin-Dahlem, Fotosammlung Generalverwaltung, Nr. 39.

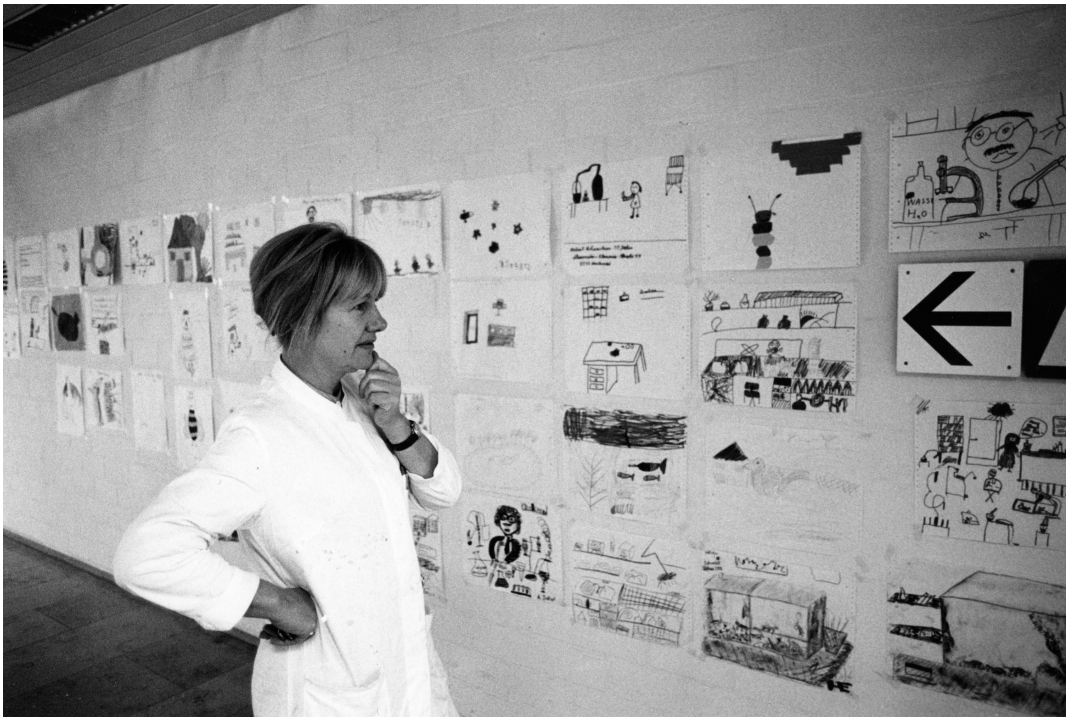


Blachian, *Tag der offenen Tür* (1981), Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin-Dahlem, Fotosammlung Generalverwaltung, Nr. 39.

Die fotogene Laborästhetik der Genwissenschaften fand in den Augen der kleinen Besucher*innen am Tag der offenen Tür des Gen-Zentrums im Jahr 1981 nur bedingt Gefallen. »Kinder malen Wissenschaft« war das Motto, unter dem die Kinder die Eindrücke ihres Besuchstages zu Papier brachten. Was die Kinder dabei am meisten bewegte, waren weniger die Geschehnisse in Reagenzglas und Petrischale, die die Erwachsenenwelt in Atem hielten oder auch in Rage brachten, sondern die wohl unverhoffte Begegnung mit den Versuchstieren in den Laboren. Recht nüchtern und sachlich dokumentierten die Maler*innen die Situation der Tiere im Forschungsbetrieb, in ihren Käfigen und wortwörtlich ein- und aufgespannt auf den Versuchstischen. Der elfjährige Ralph verarbeitete die Visionen der Gentechnik, von denen er soeben gehört hatte, humoristisch: Aus Stachelschwein und Regenwurm wird Stacheldraht.



Blachian, *Tag der offenen Tür* (1981), Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin-Dahlem, Fotosammlung Generalverwaltung, Nr. 39.



Blachian, *Tag der offenen Tür* (1981), Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin-Dahlem, Fotosammlung Generalverwaltung, Nr. 39.

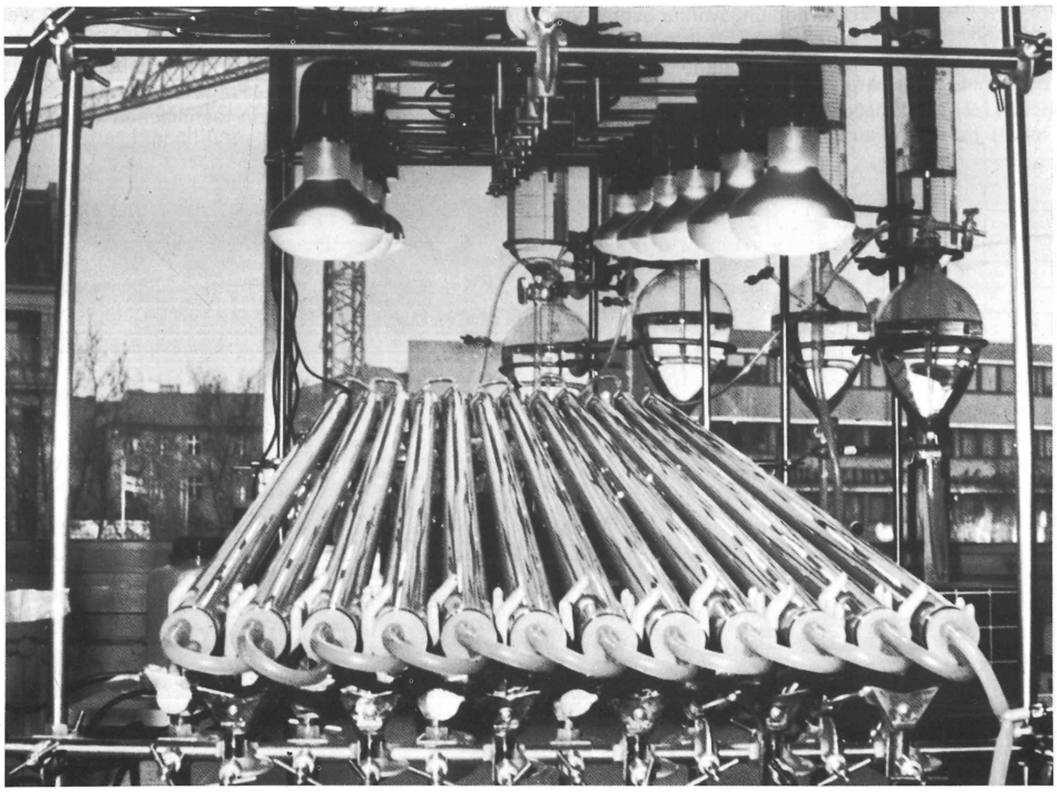
Nachdenklich betrachtet eine Wissenschaftlerin des Forschungsinstituts die Bilderausstellung am Ende des Tages. Keines der Bilder, die Tierexperimente zeigten, schaffte es jedoch in den *MPG-Spiegel*, das populär gehaltene Magazin für »Mitarbeiter und Freunde der MPG [Max-Planck-Gesellschaft]«, das von »viel Spass« für die Kinder zu berichten wusste.[10] Die Zurückhaltung dürfte nicht von ungefähr gekommen sein. Zunehmend sahen sich die Biowissenschaftler*innen mit harscher Kritik konfrontiert. Die Abschaffung jeglicher Tierversuche gehörte zu den weitreichenden Forderungen der aus dem Boden schießenden Zusammenschlüsse von Tierversuchsgegner*innen in Deutschland, der Schweiz und Österreich sowie in Großbritannien.[11] Attacken auf biowissenschaftliche Labore gehörten bald zur Tagesordnung. Die Proteste gegen Tierversuche waren häufig verbunden mit einer Kritik an einer »reduktionistischen«, die »Ganzheit« des Menschen leugnenden Naturwissenschaft und Medizin. Verbunden waren sie auch mit der Forderung nach Alternativen in der Forschung – hier stießen die Aktivist*innen aber an Grenzen ihren eigenen Möglichkeiten: Alternativen zum Tierexperiment im Laboralltag zu entwickeln blieb eine Aufgabe der Wissenschaft und wurde in der Tat auch zu einer Legitimation biotechnologischer Ansätze, etwa wenn Zellkulturen den Tierkörper ersetzen sollten.

Die Pläne des BMFT, die Entwicklungen der Martinsrieder Institute und deren Wahrnehmung deuten auf eine intrinsische Ambivalenz der in der Bundesrepublik entstehenden, biotechnologischen Elitenwissenschaften hin: Diese waren nicht so neu wie oft behauptet, sondern schlossen alte, geradezu archaische Verfahren ein und adressierten diese sogar explizit, um damit in die Krise geratene Industrien neu auszurichten, nicht zuletzt aber auch um Normalität zu behaupten. Denn die Fürsprecher der Biotechnologie trafen auf eine

Öffentlichkeit, die darin die nächste Zumutung eines technokratischen Staates und einer Mensch und Natur zerstörenden Wirtschaftsweise erkannten, welche Risiken für Anwohner*innen mit sich brachte und beim Wachsen der Martinsrieder Institute und Unternehmen nach 1990 zu einer spürbaren Veränderung des einstigen Dorfes und der Landschaft führte.[12] Zu diesen sich um die offizielle Biotechnologie entfaltenden gesellschaftlichen Antagonismen hinzu kommt die Tatsache, dass das Treiben der Eliten längst nicht das ganze Spektrum der Bio-Techniken um 1980 abdeckte.

BIOTOPIA Bio-Basteleien

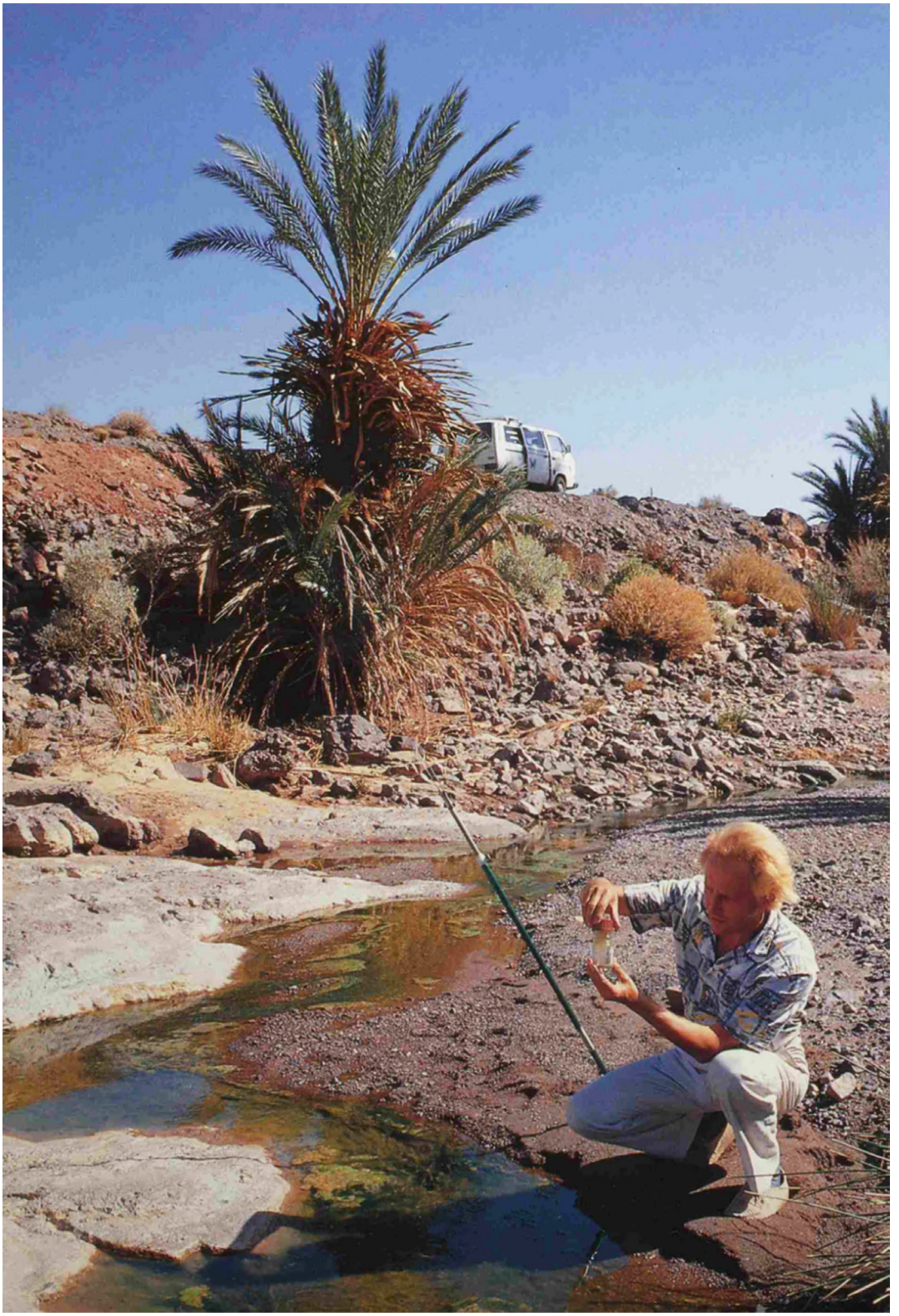
Dass Biotech um 1980 nicht auf High Tech zwischen Staat und Industrie reduziert werden kann, sondern sich auch in kleineren, experimentellen Formen abspielte, zeigt das Beispiel des Lehrstuhls für Bionik und Evolutionstechnik der TU Berlin. Dort bastelte man an Tragflächen und Windrädern, die Vogelflügel nachahmten, studierte den geringen Strömungswiderstand von Fischen oder erprobte Wege der biologischen Energiegewinnung durch Photosynthese im Reagenzglas. Gentechnik war hier zunächst kein Thema – dem Ingenieur und Lehrstuhlinhaber Ingo Rechenberg ging es darum, die natürlichen Eigenschaften von Lebewesen zu nutzen, zu imitieren, menschliche Technologie den Prinzipien der Bionik gemäß zu optimieren und so auch an experimentellen Verfahren oder Artefakten zu tüfteln, deren konkretes ökonomisches Potenzial kaum absehbar war und die so gar nicht in das technokratisch-industrielle Bild von Biotech passen wollen.[13]



Ingo Rechenberg: »Wasserstofferzeugung mit Purpurbakterien«, in: *TU Wissenschaftsmagazin* 1 (1981), S. 36–43, hier S. 41.

Dargestellt ist ein selbstgebastelter »Bioreaktor«, bestehend aus Plexiglasröhren, die photosynthetische Mikroben enthielten. Rechenberg isolierte diese eigenhändig aus Tümpeln der Sahara und erprobte ihre Fähigkeiten zu Produktion von Biokraftstoff unter anderem in der dargestellten

DIY-Apparatur auf West-Berliner Hausdächern.



Ingo Rechenberg: *Photobiologische Wasserstoffproduktion in der Sahara*, Stuttgart: frommann-holzboog (1994), S. 18.

Rechenbergs Bionik beinhaltete ausgedehnte Feldforschung – vom Sammeln und Beobachten bis hin zum Test von Modellen, etwa im Flug- oder Windkraftbereich. Für Exkursionen bis in die Sahara nutzte er einen VW-Bus, der neben Windrädern, Tieren und Robotern in den weitläufigen ehemaligen Industriehallen der AEG im West-Berliner Bezirk Wedding unterkam, in denen seine Arbeitsgruppe beheimatet war. Dabei handelte es sich um ein von der TU Berlin gemeinsam mit Unternehmen bewirtschaftetes frühes Gründerzentrum West-Berlins, das zur Wiederbelebung des postindustriellen, urbanen Milieus im Schatten der Mauer beitragen sollte, und nicht nur in architektonischer Hinsicht einen Kontrast zum suburbanen Forschungscampus des Martinsrieder Genzentrums markierte. Auch das war Biotech: Sammeln, Bastelei, Umnutzen.

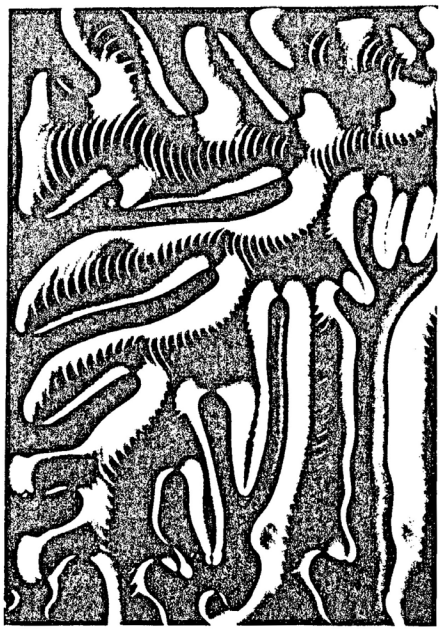
▸ SELBERMACHEN / UNTERNEHMER / Gründerzeit



»Bakteriorhodopsin—Ein Biopolymer für die optische Informationsverarbeitung, Teil 1« (o.V.), in: *Werk + Wirken* 6 (1989), S. 5–8, hier S. 5.

Archaisches Know-How. Dass sich Hightech- und Alternativdiskurse nicht sauber trennen lassen, illustriert schließlich die kuriose Geschichte der »Biochips« oder »Biocomputer«.[14] Im Zuge der Euphorie um die Möglichkeiten des Re-Designs biologischer Moleküle durch die Gentechnik, und vor dem Hintergrund der Miniaturisierungskrisen der Mikroelektronik (Stichwort *Moore's Law*) zirkulierten Spekulationen und experimentelle Ansätze für neuartige Mikrochips auf der Basis biologischer Moleküle wie DNA oder Proteinen, die versprachen, schneller, intelligenter und grüner zu sein als die konventionelle Siliziumtechnologie. Während sich damit in den USA vor allem Technikgurus vom Schlage Eric Drexlers befassten, der als Nano-Pionier in die Geschichte eingehen sollte, machte sich auch die eher grundsolide daherkommende bayerische Wacker-Chemie im Rahmen ihrer Forschungsaktivitäten im Genzentrum an ein aus heutiger Perspektive bizarr wie futuristisch anmutendes Vorhaben zur Produktion von »Biochips« (ohne jedoch derartig suggestive Terminologie selbst zu verwenden). Gezeigt ist die Titelseite eines Artikels aus Wackers Werkszeitung, der eine neuartige, optisch aktive biologische Substanz vorstellt, die aus in extremen Umwelten lebenden Mikroben gewonnen wurde und einige Jahre als ein heißer Kandidat für eine biobasierte Mikroelektronik gehandelt wurde. Der Kontrast von Technikfuturismus und archaischem, im Zuge der biologischen Evolution gewonnenen Know-How ist so augenfällig wie fragwürdig – nicht nur aufgrund der damit ins Bild gesetzten Differenz zwischen Nord und Süd, sondern auch vor dem Hintergrund jener Konnotation, welche dem Begriff »Biotechnologie« im Rückblick auf die 1980er Jahre fast ausschließlich erhalten geblieben ist: eine jener neuen Technologien, die zumeist den Problemen und Interessen reicher Staaten dienen und von dort beheimateten Konzernen umgesetzt werden.

Strukturen von fließendem Lack



Strukturform eines Gehirnabschnitts

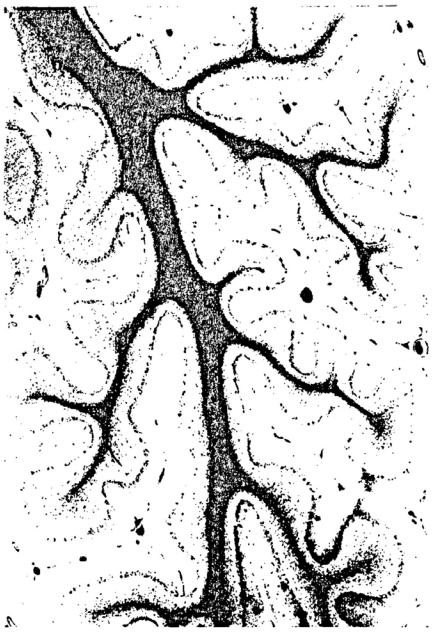


Abb. 1: Biologische Formen zeigen oft verblüffende Ähnlichkeit mit fließenden Strukturen aus dem anorganischen Bereich.

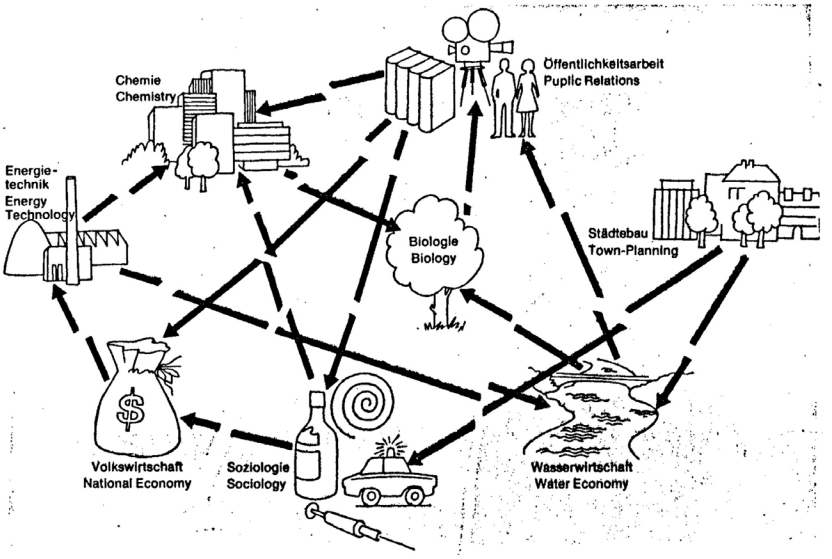


Abb.2: Natürliche Zusammenhänge werden durch künstliche Einteilung in Fachressorts durchtrennt.

Frederic Vester: *Technik und die Kybernetik lebender Systeme*, München: Institut für Interdependenz von Technik und Gesellschaft (1983), S. 7. ▸KOPFLOS / SYMBIOSEN / Kopflos human?

Biomorphes Netzwerkdenken: Biotech im weiteren Sinne einer vom Leben inspirierten Technik gab nicht nur Anlass zu bionischen Basteleien, sondern war Bestandteil eines breiteren, auch philosophisch unterfütterten Diskurses, der Aspekte der Kybernetik wie die Selbstregulation von Organismen mit zeitgenössischen Wirtschafts- und

Umweltproblemen in Beziehung setzte und dabei bessere, das heißt Individuum und Gesellschaft dienlichere, weil »natürlichere«, dem Leben abgeschaute Technologien anvisierte. Während Fritjof Capras Monografie *Wendezeit: Bausteine für ein neues Weltbild* solche Bio-Zukünfte im rhetorischen Gewand des New Age propagierte, wurde in der Bundesrepublik der Biokybernetiker Frederic Vester eine vernehmliche Stimme: Er publizierte nicht nur zahlreiche Fachartikel, sondern auch experimentell gestaltete, illustrierte Mitmach-Bücher, die einer breiteren Öffentlichkeit biotechnisches Neuland nahe brachte: So sprach er mit Blick auf biomorphe Formen, arbeitsteilige Zellstrukturen, selbstregulierende Organismen oder Symbiosen von »Milliarden Jahre altem Know-How«, das es nun kybernetisch zu nutzen gälte. Vesters »Netzwerkdenken« fand später unter anderen im Consulting Anwendung.[15]

Von den Visionen und Szenarien der Menschenzüchtung über die praktischen und diskursiven Verschiebungen der Technologien des Lebens zwischen ca. 1970 und 1990 bis zu der Heterogenität dessen, was damit gemeint war, und den unerwarteten Akteur*innen, die sich daran beteiligten, lässt sich zumindest so viel sicher sagen: *Die* Biotechnologie gab es sicher nie, und schon gar nicht lässt sie sich auf das Narrativ einer brandneuen, wissenschaftsgetriebenen, unternehmerisch verfassten Aktivität reduzieren. Dies nicht zuletzt deswegen, weil verschiedene Akteur*innen sie sich mit jeweils verschiedenen Interessen und politischen Motivationen angeeigneten – und konkrete Menschen damit eben nicht nur passive Gegenstände einer Technik des Lebenden blieben. Dieser historische Befund mag von Interesse sein, da die Gegenwart unter dem Schlagwort *Biohacking* wiederum von Versuchen der Appropriation einer zumeist an Labore wie Konzerne gebundenen Technologie geprägt ist und Herausforderungen wie die Klimakrise viele alte Ansätze in neuem Licht erscheinen lassen.

Was sich mit Blick auf die Frage von Gefahren und Befürchtungen *à la longue* konstatieren lässt, ist eine gewisse Normalisierung biotechnologischer Verfahren und eine Differenzierung des Risikodiskurses: Während etwa die um 1980 kontroverse genetische Modifikation von Bakterien heute alltägliche, globale Routine geworden ist und totalisierende dystopische Szenarien nicht eintraten, bleiben ökologische Risiken ebenso wie gesellschaftliche Folgen im (reproduktions-)medizinischen Bereich virulent und werden periodisch neu verhandelt, wie gegenwärtig im Fall der »Genschere« CRISPR, welche das Spektrum und die Effizienz genetischer Manipulationen (Stichwort *Gen-Editing*) wiederum erhöht und im chinesischen Fall der Babys Lulu und Nana auch den Menschen erreicht hat.[16]

Anmerkungen

1 Donna Haraway: »Lieber Kyborg als Göttin! Für eine sozialistisch-feministische Unterwanderung der Gentechnologie«, in: Bernd-Peter Lange, Anna Maria Stuby (Hg.): *Neunzehnhundertvierundachtzig*, Berlin: Argument (1984) (= Argument-Sonderband 105), S. 66–84, hier S. 69.

2 Für eine *longue durée* der Biotechnologie vgl. Robert Bud: *The Uses of Life: A History of Biotechnology,* Cambridge: Cambridge University Press (1993).

3 Ruth Hubbard: »Fetal Rights and the New Eugenics«, in: *Science for the People* 2/16 (1984), S. 7–9, 27–29, hier S. 29.

4 Donna Haraway: »Lieber Kyborg als Göttin! Für eine sozialistisch-feministische Unterwanderung der Gentechnologie«, in: Bernd-Peter Lange, Anna Maria Stuby (Hg.): *Neunzehnhundertvierundachtzig*, Berlin: Argument (1984) (= Argument-Sonderband 105), S. 66–84, hier S. 81–82.

5 Nicolas Rasmussen: *Gene Jockeys: Life Science and the Rise of Biotech Enterprise*, Baltimore: Johns Hopkins University Press (2014).

6 Luitgard Marschall: *Im Schatten der chemischen Synthese: Industrielle Biotechnologie in Deutschland (1900-1970)*, Frankfurt am Main: Campus (2000); Robert Bud: *The Uses of Life: A History of Biotechnology*, Cambridge: Cambridge University Press (1993).

7 Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hg.): *Fortschritt durch Forschung: Biotechnologie*, Bonn: BMFT (1984), S. 1, innere Umschlagseite.

8 Zum Verhältnis der Kontroversen um Atomkraft und Biotechnologie siehe den zeitgenössischen Artikel von Joachim Radkau: »Hiroshima und Asilomar: Die Inszenierung des Diskurses über die Gentechnik vor dem Hintergrund der Kernenergie-Kontroverse«, in: *Geschichte und Gesellschaft* 14/3 (1988), S. 329–363.

9 Vgl. Martina Heßler: *Die kreative Stadt: Zur Neuerfindung eines Topos*, Bielefeld: Transcript (2007).

10 Vgl. »Viel Spass hatten die Kinder unter den rund 5000 Besuchern… « (o.V.), in: *MPG-Spiegel* 2 (1981), S. 12–13.

11 Vgl. Arianna Ferrari: *Genmaus & Co: Gentechnisch veränderte Tiere in der Biomedizin*, Erlangen: Harald Fischer (2008).

12 Vgl. Martina Heßler: *Die kreative Stadt: Zur Neuerfindung eines Topos*, Bielefeld: Transcript (2007), Kapitel 5.

13 Vgl. Mathias Grote: »Das Patchwork der Mikroben: Bio-Technologien, Leben und Wissenschaft jenseits der großen Erzählungen«, in: Nils Güttler, Max Stadler, Margarete Pratschke (Hg.): *Wissen, ca. 1980*, Berlin, Zürich: diaphanes (2016) (= Nach Feierabend: Zürcher Jahrbuch für Wissensgeschichte 11), S. 35–51.

14 Zu Biocomputing und Biotechnologie in Martinsried siehe auch Mathias Grote: *Membranes to Molecular Machines: Active Matter and the Remaking of Life*, Chicago: University of Chicago Press (2019), Kapitel 4.

15 Zitat nach Mathias Grote: »Das Patchwork der Mikroben: Bio-Technologien, Leben und Wissenschaft jenseits der großen Erzählungen«, in: Nils Güttler, Max Stadler, Margarete Pratschke (Hg.): *Wissen, ca. 1980*, Berlin, Zürich: diaphanes (2016) (= Nach Feierabend: Zürcher Jahrbuch für Wissensgeschichte 11), S. 35–51, hier S. 46; Frederic Vester: *Neuland des Denkens: Vom technokratischen zum kybernetischen Zeitalter*, München: Deutscher Taschenbuch Verlag (1984). Zu Vesters Aktivitäten siehe auch David Kuchenbuch: »Ökolopoly: Spielen, Wissen und Politik um 1980«, in: Nils Güttler, Max Stadler, Margarete Pratschke (Hg.): *Wissen, ca. 1980,* Berlin, Zürich: diaphanes (2016) (= Nach Feierabend: Zürcher Jahrbuch für Wissensgeschichte 11), S. 154–159.

16 Martin Müller: »Neues aus dem Menschenpark«, in: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, https://www.faz.net/aktuell/karriere-hochschule/die-synthetische-biologie-verlaesst-die-labore-16376611.html (13. September 2019).

Weiterführende Literatur

Christina Brandt: »Die Diffusion des zukünftigen Menschen: Klonpraktiken und Visionen des Humanen, 1960–1980«, in: Florence Vienne, Christina Brandt (Hg)*: Wissensobjekt Mensch: Humanwissenschaftliche Praktiken im 20. Jahrhundert*, Berlin: Kadmos (2008), S. 215–242.

Robert Bud: *The Uses of Life: A History of Biotechnology*, Cambridge: Cambridge University Press (1993).

Arianna Ferrari: *Genmaus & Co: Gentechnisch veränderte Tiere in der Biomedizin*, Erlangen: Harald Fischer (2008).

Klaus Petrus: *Tierrechtsbewegung: Geschichte, Theorie, Aktivismus*, Münster: Unrast (2013).

Hans-Jörg Rheinberger, Staffan Müller-Wille: *Vererbung: Geschichte und Kultur eines biologischen Konzepts*, Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch (2009).