

Werkstatt Leben
Bedeutung der Synthetischen Biologie
für Wissenschaft und Gesellschaft

Öffentliche Tagung
des Deutschen Ethikrates

23. November 2011, Mannheim

Öffentliche Tagung des Deutschen Ethikrates

Werkstatt Leben

Bedeutung der Synthetischen Biologie für Wissenschaft und Gesellschaft

Programm

- 10:15 **Begrüßung**
Wolf-Michael Catenhusen · *Mitglied des Deutschen Ethikrates*
Prof. Dr. iur. Hans-Wolfgang Arndt · *Rektor der Universität Mannheim*

I. Entwicklung und Potential einer jungen Wissenschaft

Moderation: Wolf-Michael Catenhusen · *Mitglied des Deutschen Ethikrates*

- 10:30 **Synthetische Biologie – Konstruktionsansätze für Lebensprozesse?**
Prof. Dr. rer. nat. Petra Schwille · *Biotechnologisches Zentrum der Technischen Universität Dresden*
- 11:00 **Stakeholder Diskussion**
Nils-Christian Lübke · *iGEM-Team der Universität Bielefeld 2010*
Rüdiger Stegemann · *Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND)*
Prof. Dr. rer. nat. Oskar Zelder · *BASF*
- 11:30 **Diskussion mit dem Publikum**

II. Faszination Zukunftstechnologie

Moderation: Prof. Dr. phil. Alfons Bora · *Mitglied des Deutschen Ethikrates*

- 12:00 **Inszenierung der Synthetischen Biologie in Wissenschaft, Medien, Film und Kunst**
Dr. Markus Schmidt · *Organisation for International Dialogue and Conflict Management (IDC), Wien*
- 12:20 **Synthetische Biologie zwischen Durchbruch und Hype**
Prof. Dr. rer. nat. Armin Grunwald · *Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*
- 12:40 **Diskussion mit dem Publikum**
- 13:00 **Mittagspause**

III. Lebenswissenschaft: vom Verändern zum Erschaffen?

Moderation: Prof. Dr. iur. Jochen Taupitz · *Mitglied des Deutschen Ethikrates*

- 14:00 **Die Lebensfrage – Gespräch**
Prof. Dr. rer. nat. Alfred Pühler · *Center for Biotechnology (CeBiTec) der Universität Bielefeld*
Prof. Dr. phil. Christoph Rehmann-Sutter · *Institut für Medizingeschichte und Wissenschaftsforschung (IMGWF) der Universität zu Lübeck*
- 14:30 **Vom homo faber zum homo creator – Streitgespräch**
Dr. phil. Joachim Boldt · *Institut für Ethik und Geschichte der Medizin der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg*
Prof. Dr. theol. Peter Dabrock · *Fachbereich Theologie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg*
- 15:00 **Diskussion mit dem Publikum**
- 15:30 **Kaffeepause**

IV. Handlungsperspektiven

Moderation: Wolf-Michael Catenhusen · *Mitglied des Deutschen Ethikrates*

- 16:00 **The New Biomasters: Who wants to control the Green Economy?**
Pat Roy Mooney · *ETC Group*
- 16:20 **Podiumsdiskussion**
Pat Roy Mooney · *ETC Group*
Prof. Dr. rer. nat. Bernd Müller-Röber · *Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech)*
Prof. Dr. phil. Klaus Peter Rippe · *Eidgenössische Ethikkommission für Biotechnologie im Ausserhumanbereich (EKAH)*
Prof. Dr. rer. nat. Ralf Wagner · *GENEART AG*
- 17:00 **Diskussion mit dem Publikum**
- 17:50 **Schlusswort**
Wolf-Michael Catenhusen · *Mitglied des Deutschen Ethikrates*
- 18:00 **Ende**

Prof. Dr. rer. nat. Petra Schwille

Jahrgang 1968



Beruflicher Werdegang

- seit 2002 C4-Professorin für Biophysik an der Technischen Universität Dresden
- 1999-2002 Nachwuchsgruppenleiterin am Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie, Göttingen
- 1997-1999 Postdoc an der Cornell University, Ithaca, New York
- 1996-1997 Postdoc am Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie, Göttingen
- 1993-1996 Dissertation am Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie, Göttingen
- 1987-1993 Studium der Physik und Philosophie an der Universität Stuttgart und Georg-August-Universität Göttingen
- 1987 Abitur am Hölderlin-Gymnasium, Lauffen am Neckar

Ausgewählte Mitgliedschaften

- seit 2010 Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina
- seit 2008 Fachgutachterin der Deutschen Forschungsgemeinschaft
- seit 2008 Forschungsbeirat des Fonds der Chemischen Industrie
- seit 2008 Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Biophysik
- seit 2007 Mitglied des Vorstands des Zentrum für Regenerative Therapien Dresden
- seit 2007 Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat des Leibniz-Instituts für Polymerforschung, Dresden
- seit 2007 Studiendekanin für Nanobiophysics an der Technischen Universität Dresden
- seit 2006 Mitglied der Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie
- seit 2006 Prodekanin der Dresden International Graduate School for Biomedicine and Bioengineering
- seit 2006 Vorstandsrat der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
- seit 2004 Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat der Wilhelm-und-Else-Heraeus-Stiftung
- seit 2001 Mitglied der Feodor-Lynen-Auswahlkommission der Alexander-von-Humboldt-Stiftung
- seit 1999 Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
- seit 1997 Mitglied der Biophysikalischen Gesellschaft

Ausgewählte Publikationen

- Loose, M.; Fischer-Friedrich, E.; Ries, J.; Kruse, K.; Schwille, P. (2008): Spatial regulators for bacterial cell division self-organize into surface waves in vitro. In: *Science*, 320 (5877), 789-792.
- Schwille, P.; Diez, S. (2009): Synthetic biology of minimal systems. In: *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 44 (4), 223-242.
- Loose, M.; Kruse, K.; Schwille, P. (2011): Protein self-organization: lessons from the min system. In: *Annual Review of Biophysics*, 40, 315-336.
- Loose, M.; Fischer-Friedrich, E.; Herold, C.; Kruse, K.; Schwille, P. (2011): Min protein patterns emerge from rapid rebinding and membrane interaction of MinE. In: *Nature Structural and Molecular Biology*, 18 (5), 577-583.
- Schwille, P. (2011): Bottom-up synthetic biology: Engineering in a tinkerer's world. In: *Science*, 333 (6047), 1252-1254.

Prof. Dr. rer. nat. Petra Schwille

Synthetische Biologie – auf dem Weg zur Technik des Lebens?

Die Synthetische Biologie hat sich in den letzten Jahren als ein neuer Zweig der Biologie etabliert. Diese Disziplin bzw. das, was unter ihr zu verstehen ist, ist dabei keineswegs einheitlich.

Gemeinsames Kennzeichen der verschiedenen Ansätze ist aber die Absicht, biologische Systeme einer mehr ingenieurwissenschaftlichen Herangehensweise zu unterwerfen und durch Modularisierung biologischer Funktionselemente Konstruktionsmodelle für veränderte oder völlig neue biologische Systeme aus der physikalisch-technischen Sphäre zu übernehmen.

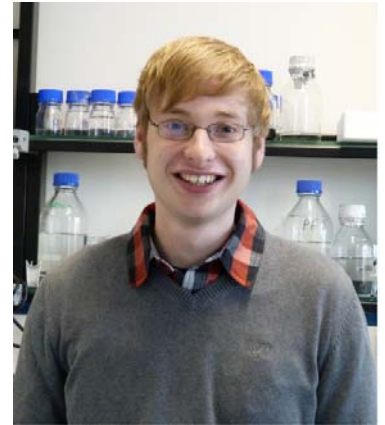
Das Bestreben, Systeme zu simplifizieren und auf ihre minimalen funktionalen Einheiten herabzubrechen, ist von jeher Kennzeichen und Erfolgsrezept der physikalischen Wissenschaften. Ob dieser Ansatz auf die Biologie mit ihrer unfassbar großen Komplexität zu übertragen ist, ist durchaus umstritten.

Ich werde in meinem Vortrag einen Überblick über wesentliche Spielarten der modernen Synthetischen Biologie geben, darunter auch die viel beachteten Arbeiten der Wissenschaftler um Craig Venter zum sogenannten „künstlichen Leben“ beleuchten.

Schließlich werde ich einen Ausblick geben, inwieweit Synthetische Biologie auch für eine grundlagenwissenschaftliche Herangehensweise an der Schnittstelle von Physik, Chemie und Biologie von großem Interesse sein kann.

Nils-Christian Lübke

Jahrgang 1985



Beruflicher Werdegang

- seit 2011 Doktorand am Center for Biotechnology, Universität Bielefeld
- 2010 Master of Science Genome Based Systems Biology an der Universität Bielefeld
- 2008 Bachelor of Science Molekulare Biotechnologie an der Universität Bielefeld
- 2005 Studienbeginn Molekulare Biotechnologie an der Universität Bielefeld
- 2004-2005 Zivildienst an der Feuer- und Rettungswache, Bünde
- 2004 Abitur am Ravensberger Gymnasium, Herford

Ausgewählte Mitgliedschaften

- seit 2011 Betreuer des International Genetically Engineered Machine Competition Teams
- seit 2010 Mitglied des International Genetically Engineered Machine Competition Teams Bielefeld

Der iGEM Wettbewerb – Synthetische Biologie aus studentischer Sicht

Synthetische Biologie ist eines der jüngsten Forschungsfelder im Bereich der modernen Biologie mit dem großen Potenzial künftige Fragestellungen im Bereich der Medizin, der industriellen Nutzung von Organismen, der Landwirtschaft und der Umwelt zu lösen.

Aus studentischer Sicht bietet der iGEM-Wettbewerb (International Genetically Engineered Machine Competition) einen Einstieg in diese neue Entwicklung der Lifesciences. Der nicht kommerzielle Wettbewerb wird seit 2004 jährlich vom Massachusetts Institute of Technology, Cambridge USA, ausgerufen und richtet sich an Studenten aus aller Welt. Ziel des Wettbewerbs ist die eigenständige Durchführung eines Projektes aus dem Bereich der Synthetischen Biologie, angefangen bei der Entwicklung einer Projektidee bis hin zu deren Umsetzung und Finanzierung.

Basierend auf dem System der BioBricks, bietet der Wettbewerb Raum für viele neue, auch ungewöhnliche Ideen und fordert von den Teilnehmern eine kreative und interdisziplinäre Arbeitsweise. Durch Verknüpfen von standardisierten biologischen Bausteinen, den BioBricks, können „am Reißbrett“ Modelle für biologische Systeme entworfen werden. Die Standardisierung der genetischen Information bietet den Vorteil der schnellen Handhabung und vereinfacht zudem die Vorhersage von Ergebnissen. Die im Laufe des Wettbewerbs erstellten BioBricks werden in eine Datenbank eingetragen und stehen jedem zukünftigen Team zur freien Verfügung. Als Beispielprojekte können hier bakterielle Leselampen, Biosensoren für Schwermetalle, Krankheitserreger und Umweltgifte sowie biologische Schaltkreise genannt werden. Die Vielfalt der Projekte zeigt die Breite des Feldes Synthetische Biologie und die innovativen Ideen der Studenten. Dabei ist es nicht notwendig, eine Idee im Laufe des Wettbewerbs bis zur Marktreife zu bringen. Was zählt, ist das Aufzeigen neuer Denkansätze und Vorgehensweisen zur Problemlösung mithilfe der Synthetischen Biologie.

Der Wettbewerb intensiviert ferner den Dialog zwischen den Nachwuchsforschern und der Öffentlichkeit im Bezug auf die Einhaltung und mögliche Verbesserung vorhandener Sicherheitsbestimmungen. Indem die Nachwuchswissenschaftler aus ihrem Labor heraustreten und ihrer Arbeit mehr Transparenz geben, können zusammen mit der Öffentlichkeit kontroverse Themen diskutiert werden.

Zudem sind sich die Studenten ihrer gesellschaftlichen Verantwortung bewusst und entwickeln neue Ideen im Bereich der ethischen und sicherheitstechnischen Auseinandersetzung mit den möglichen Chancen und Risiken der Synthetischen Biologie. Das Freiburger Team 2011 entwickelte einen Eid, ähnlich dem Eid des Hippokrates in der Medizin, zur freiwilligen Selbstkontrolle der Wissenschaftler. Das Team aus Odense 2010 schlug ein molekulares Wasserzeichen vor, welches unter anderem die Charakterisierung der BioBricks erleichtern soll. Das Imperial College London stellte 2011 eine Art molekularen Schalter vor, der den Gentransfer von Bakterien bei möglicher, (un)beabsichtigter Freilassung unterbinden soll.

Grundsätzlich muss darauf hingewiesen werden, dass die Synthetische Biologie, anders als in der Öffentlichkeit wahrgenommen, kein neues oder künstliches Leben erschafft, sondern vorhandene natürliche Systeme nutzt und neu kombiniert. Der Wettbewerb bietet damit Nachwuchsforschern und der Öffentlichkeit eine Plattform, sich kreativ an der Synthetischen Biologie zu beteiligen. Denn festzuhalten bleibt, dass eine korrekte und objektive Bewertung der Synthetischen Biologie nur im Dialog zwischen Natur- und Geisteswissenschaftlern sowie der Öffentlichkeit entstehen kann.

Rüdiger Stegemann

Jahrgang 1941



Beruflicher Werdegang

- seit 2010 Mitglied des Geschäftsführenden Vorstandes des Pestizid-Aktionsnetzwerkes (PAN Germany)
- seit 1994 Freiberuflicher Berater deutscher und internationaler Organisationen (Mitarbeitertraining; Projektplanung und -evaluierung) sowie Beratung und Monitoring von internationalen Organisationen (z. B. FAO, CGIAR, EU)
- 1992-1994 Koordinator des Pan-African Seeds of Survival Program, Addis Abeba, Äthiopien
- 1986-1991 Bundesgeschäftsführer Evangelische Erwachsenenbildung in Deutschland
- 1983-1985 Projektleiter Ländliche Entwicklung, Dodoma, Tansania
- 1976-1983 Entwicklungspolitik-Referent Württembergische Landeskirche und Evangelisches Bauernwerk in Württemberg
- seit 1973 Freier Mitarbeiter in der Erwachsenenbildung (Entwicklungspolitik, Agrarpolitik, Risikotechnologien)
- 1972-1975 Afrika-Referent der Evangelischen Zentralstelle für Entwicklungshilfe, Bonn
- 1972-1973 Logistischer Leiter des Relief and Rehabilitation Program in Juba, Südsudan
- 1970-1972 Entwicklungspolitische Bildungsarbeit bei der Hamburgischen Landeskirche
- 1961-1970 Industriekaufmann, Studium Volkswirtschaftslehre, Diplom-Volkswirt

Ausgewählte Mitgliedschaften

- seit 1994 Mitglied und ehrenamtliche Mitarbeit beim Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (Bundesebene: Gentechnik, Landwirtschaft, Nanotechnologie; Landesverband Baden-Württemberg sowie Regionalverband Hochrhein und Ortsgruppe Kandertal)
- seit 1986 Mitglied und zeitweiliger Vorsitzender des Vereins zur Erhaltung der Nutzpflanzenvielfalt

Kurzbeitrag zur Stakeholder-Diskussion

Die Synthetische Biologie ist eine neue Technologie, sie wirft neue Fragestellungen auf: Der BUND hat noch keine feste Position. Wir haben begonnen, eine solche zu erarbeiten. Aus Erfahrungen mit anderen Risikotechnologien lassen sich jedoch bereits jetzt einige Aussagen ableiten.

Der BUND gehört zu den weltweiten „Friends of the Earth“ einschließlich des globalen Südens. Wir arbeiten zusammen mit vielen weiteren zivilgesellschaftlichen Organisationen im In- und Ausland.

Die Erfahrungen mit neu aufgebrachten Technologien waren bislang so, dass Fakten geschaffen worden waren, bevor gesellschaftliche Diskussion begannen. Ist dies bei der Synthetischen Biologie anders?

Kernfrage: Gesellschaftliche Verantwortung – wie wahrnehmen? Wie kann eine demokratische Willensbildung über technologische Entwicklungen organisiert werden, die die Gesamtgesellschaft, die Umwelt und die Natur beeinflussen? Wer entscheidet über die neuen Lebensformen und ihre Anwendung? Werden erwartete Chancen realistisch eingeschätzt? Werden absehbare und plausible Risiken analysiert und ernst genommen? Wie werden angemessene Methoden der Technikfolgenabschätzung (weiter)entwickelt?

Was ist ethisch verantwortbar? Wie steht es mit der Orientierung an den Werten Gerechtigkeit, Frieden, Bewahrung der Vielfalt sowie mit dem Umgang mit dem Leben (*human enhancement?*)?

Zu berücksichtigen sind unter anderem Auswirkungen auf:

- Umwelt, Landnutzung, Biodiversität, menschliche Gesundheit, Arbeitswelt, Agrar-, Wirtschafts- und Gesellschaftsstruktur
- traditionelles Wissen und Praktiken, Innovationen, Gewohnheitsrechte, Menschenrechte
- indigene Völker und örtliche Gemeinschaften, Bäuerinnen und Bauern, Pastoralisten, Fischer.

Reichen Selbstregulierung oder freiwillige Verhaltenskodizes aus? Erfahrungen zeigen, dass verbindliche gesetzliche Regelungen erforderlich sind – national, EU-weit, international.

Diverse internationale Verträge sind tangiert: Sie müssen abgeklopft werden, ob sie die Synthetische Biologie adäquat berücksichtigen, und – wo nötig – angepasst werden; gegebenenfalls müssen neue Instrumente geschaffen werden. Zu nennen sind unter anderem: Die Biodiversitätskonvention, das *Cartagena Biosafety Protocol*, das *Nagoya/Kuala Lumpur SubProtocol on Liability and Redress for Damages Due to the Transboundary Movement of Transgenics*, das *Nagoya Protocol on Access and Benefit Sharing*, die *UN Framework Convention on Climate Change*.

Ein Blick ist erforderlich über den Tellerrand der Synthetischen Biologie auf den Gesamtkomplex der Risikotechnologien (z. B. Atomtechnologie, Informationstechnologie, Gentechnik, Nanotechnologie, Synthetische Biologie, Neurowissenschaften). Ihnen ist gemeinsam:

- converging – komplex und stark verzahnt,
- emerging – aufkommend oder offensiv aufgebracht?
- corporate driven – die Wirtschaft und ihre speziellen Interessen als treibende Kraft?

Dabei stellen sich Querschnittsfragen und parallele Grundfragen: nach Zielsetzungen, Kriterien der Entscheidungsfindung über „technischen Fortschritt“, nach zu lösenden Problemen und Vorgehensweisen. "Frühwarnsysteme": Early warning / early listening – wie organisieren?

Dafür sind partizipatorische Prozesse erforderlich mit den Betroffenen, den Akteuren, der Politik und der Zivilgesellschaft.

Schlussbemerkungen:

- Es gibt viele, zu viele offene Fragen. „Business as usual is not an option“ – Ein „Weiter so“ ist nicht zu verantworten.
- Nötig ist ein Moratorium für öffentliche Förderung der Synthetischen Biologie.
- Der BUND ist grundsätzlich bereit zur Teilnahme am erforderlichen gesellschaftlichen Klärungsprozess.

Prof. Dr. rer. nat. Oskar Zelder

Jahrgang 1965



Beruflicher Werdegang

seit 2007	Honorarprofessor an der Phillips-Universität Marburg
seit 2003	Leitung der Forschung Fermentationsprodukte
seit 2001	Lehrauftrag an der Phillips-Universität Marburg
2000-2003	Projektleiter Biotechnologische Lysinherstellung
1995-2000	Laborleiter Stammentwicklung und Fermentation
seit 1995	Biotechnologische Forschung bei BASF in Ludwigshafen
1986-1994	Studium der Biologie und Doktorarbeit an der Philipps Universität Marburg

Ausgewählte Publikationen

Becker, J.; Zelder, O.; Haefner, S.; Schröder, H.; Wittmann, C. (2011): From zero to hero – design-based systems metabolic engineering of *Corynebacterium glutamicum* for L-Lysine production. In: *Metabolic Engineering*, 13 (2), 159-168.

Djordjevic, I.; Zelder, O.; Buckel, W. (2011): Production of glutaconic acid in a recombinant *Escherichia coli* strain. In: *Applied and Environmental Microbiology*, 77 (1), 320-322.

Parthasarathy, A.; Pierik, A. J.; Kahnt, J.; Zelder, O.; Buckel, W. (2011): Substrate specificity of 2-hydroxyglutaryl-CoA dehydratase from *Clostridium symbiosum*: towards a bio-based production of adipic acid. In: *Biochemistry*, 50 (17), 3540-3550.

Zelder, O. (2006): Biotechnologische Herstellung von Vitamin B2. In: Heiden, S.; Zinke, H. (Hg.): *Weißer Biotechnologie im Aufbruch*. Berlin, 115-116.

Zelder, O. (2008): Fermentative Herstellung von Chemikalien – von der klassischen Stammentwicklung zur Synthetischen Biologie. In: *Biospektrum*, 14 (4), 348-350.

Zelder, O. (2011) Synthetische Biologie – ein Innovationsmotor für die industrielle Biotechnologie. In: Pühler, A.; Müller-Röber, B.; Weitze, M.-D. (Hg.): *Synthetische Biologie. Die Geburt einer neuen Technikwissenschaft*. Berlin, 77-88.

Synthetische Biologie – ein Innovationsmotor für die industrielle Biotechnologie?

Unter weißer bzw. industrieller Biotechnologie versteht man die Nutzung von Mikroorganismen zur Herstellung von Chemieprodukten, wie Antibiotika, Vitaminen, Aminosäuren und Enzymen aus nachwachsenden Rohstoffen.

Für ein wirtschaftliches Herstellungsverfahren müssen die natürlich vorkommenden Bakterien oder Pilze zu hocheffizienten Produktionsorganismen weiterentwickelt werden. Dabei kommen seit Jahrzehnten neben klassischen Verfahren, die der konventionellen Pflanzenzüchtung ähneln, auch gentechnische Methoden zum Einsatz. Hierbei wird das ganze Methodenarsenal moderner Biochemie, Bioanalytik und Bioinformatik bis hin zur Genomforschung angewendet, um Engpässe im Stoffwechsel zu identifizieren und daraus rational Ansatzpunkte für die weitere gentechnische Verbesserung der Produktionsorganismen abzuleiten. Mittlerweile wird immer öfter auch auf synthetische DNA zurückgegriffen, nicht nur weil sie sich sehr gut auf den Produktionsorganismus anpassen lässt, sondern auch, weil Zeitersparnis in der Forschung und stetig sinkende Preise ihren Einsatz immer attraktiver machen.

Die Nutzung synthetischer DNA ist ein wichtiger Fortschritt in der modernen Biotechnologie und wird sicherlich zur Entwicklung neuer Produkte, z.B. neuer Wirkstoffe, beitragen. Man sollte aber zur Kenntnis nehmen, dass synthetische DNA nur eine von vielen Innovationen ist, die die Biotechnologie vorantreiben. Daher muss die Frage erlaubt sein, ob die Einführung des Begriffes Synthetische Biologie gerechtfertigt ist. Unter den Anhängern der Synthetischen Biologie glauben die einen sicherlich fest an die Geburt einer neuen Wissenschaftsdisziplin. Anderen mag es eher darum gehen, einen Trend zur Mobilisierung neuer Fördergelder loszutreten. Momentan ist noch nicht klar, ob sich die neue Bezeichnung Synthetische Biologie wirklich breit und nachhaltig durchsetzt, oder ob sie wieder zu Gunsten eines anderen Begriffes in den Hintergrund tritt.

Dr. Markus Schmidt

Jahrgang 1974



Beruflicher Werdegang

- 2011 Produktion der Kunst-Wissenschaftsausstellung „synth-ethic“ am Naturhistorischen Museum Wien
- 2011 Produktion von BIO: FICTION. Science, Art and Film Festival in Wien
- seit 2010 Gründer und Geschäftsführer der Biofaction KG
- 2009 Fertigstellung von zwei Dokumentarfilmen zum Thema Agrobiodiversität und Synthetischer Biologie
- 2009-2012 Koordinator von GEN-AU – Genomforschung in Österreich, ELSA III „CISYNBIO: Cinema and Synthetic Biology“
- 2008-2009 Partner von GEN-AU, ELSA II „COSY: Communicating Synthetic Biology“
- 2007-2008 Koordinator des Projekts „SYNBIOSAFE: Saft and ethical aspects of synthetic biology“
- 2006-2008 Koordinator des Projekts „DIVERSEEDS: Networking on conservation and use of plant genetic resources in Europe and Asia“
- 2003-2006 Partner von GEN-AU, ELSA I „POCO: The Post-Genomic Era: How does increasing complexity change the debate on genetics?“
- seit 2002 Mitgründer und Mitglied des Vorstands der Organization for International Dialogue and Conflict Management
- 2002-2005 Interdisziplinäre Dissertation an der Universität Wien und am Department für Angewandte Genetik, Universität für Bodenkultur Wien.
- 2000-2004 Projektpartner am Institut für Risikoforschung Wien
- 1995-2001 Studium der Biologie an der Universität Wien und an der Universidad Autònoma de Madrid
- 1989-1994 Ausbildung am Technologischen Gewerbemuseum Wien, Fachbereich Biomedizinische Technik

Ausgewählte Publikationen

- Pei, L.; Gaisser, S.; Schmidt, M. (2011): Synthetic biology in the view of european public funding organisation. In: Public Understanding of Sciences, 1, 1-14.
- Schmidt, M. (2008): Diffusion of synthetic biology: a challenge to biosafety. In: Systems and synthetic biology, 2 (1-2), 1-6.
- Schmidt, M.; Torgersen, H.; Ganguli-Mitra, A.; Kelle, A.; Deplazes, A.; Biller-Andorno, N. (2008): SYNBIOSAFE e-conference: online community discussion on the societal aspects of synthetic biology. In: Systems and Synthetic Biology, 2 (1-2), 7-17.
- Schmidt, M. (2010): Xenobiology: a new form of life as the ultimate biosafety tool. In: BioEssays, 32 (4), 322-331.
- Schmidt, M.; Dando, M.; Deplazes, A. (2011): Dealing with the outer reaches of synthetic biology. Biosafety, biosecurity, IPR and ethical challenges of chemical synthetic biology. In: Luisi, P. L. (Hg.): Chemical synthetic biology. Chistester, 321-343.

Inszenierung der Synthetischen Biologie in Wissenschaft, Medien, Film und Kunst

Eine Inszenierung ist die öffentliche Präsentation einer Sache oder eines Werks. Obwohl der Begriff in erster Linie der darstellenden Kunst, etwa dem Theater, zuzurechnen ist, kann man im weiteren Sinne auch jede andere Form der bewusst präsentierten Darstellung als Inszenierung bezeichnen, die über die einfache Darstellung des Werks oder der Sache hinausgeht. In dieser Präsentation wird der Versuch unternommen, Inszenierungen, die den Bereich der Synthetischen Biologie betreffen, zu identifizieren. Vorgestellt und diskutiert werden Beispiele aus Kunst, Film, Medien und Wissenschaft.

Nachdem die Synthese immer schon eine Sache der Kunst gewesen ist, wundert es kaum, dass verschiedene darstellende Künstler im Bereich der Bio-Kunst (Kunst mit biologischen Medien) beginnen, sich mit der Synthetischen Biologie zu beschäftigen. In der Ausstellung *synth-ethic* beispielsweise, zeigten insgesamt zehn Künstler ihre Werke, die sich kritisch, epistemologisch und ästhetisch mit diesem Thema auseinandersetzen. Weit von einer reinen Wissenschaftskommunikation entfernt, demaskieren die Künstler einerseits bestehende Inszenierungen der Synthetischen Biologie und der Biotechnologie allgemein, setzen aber auch die Synthetischen Biologie gekonnt in alternative Sinnzusammenhänge, die signifikant über die bereits bekannten Narrative der wissenschaftlichen Erzählungen hinausreichen.

Einen etwas geradlinigeren Zugang findet man bei vereinzelt theaterartigen Inszenierungen von freiberuflichen Schauspielern, die man mehr oder weniger als eine Form der Wissenschaftskommunikation (bzw. Edutainment) bezeichnen kann. Mehrere Beispiele finden sich auch im Bereich des Films und zwar sowohl als Hollywood-Blockbuster (z.B. *Splice*) als auch von unabhängigen Filmemachern (mehrere Filme des *Bio:Fiction-Festivals*).

In den deutschen Printmedien (siehe die interessante Medienanalyse von Markus Lehmkuhl) sind bislang überhaupt nur zwei Ereignisse aus dem Bereich der Synthetischen Biologie fokussiert beschrieben worden (beide Male im Zusammenhang mit Craig Venter). Bei einer genauen Analyse der Zeitungsartikel zeigt sich, dass etwa ein Drittel der Artikel die Synthetische Biologie im Sinne des „positivistischen Fortschrittsglaubens“ einrahmt, ein weiteres Drittel sich einer Rahmung bedient, die man als skeptisches „Hier gerät etwas außer Kontrolle“ beschreiben könnte, während das letzte Drittel auf Rahmungen und Inszenierungen weitgehend verzichtet und an einer nüchternen Darstellung interessiert ist, bei der vermehrt Wissenschaftler zu Wort kommen. Das nüchterne Drittel scheint zunächst wenig verwunderlich, da von der nach Einsicht und Erkenntnis strebenden Wissenschaft ja im Allgemeinen genau so eine nüchterne und „faktenbasierte“ Darstellung erwartet wird. Allerdings überrascht bei genauer Betrachtung, wie einzelne Vertreter der Synthetischen Biologie versuchen, diese Technowissenschaft zu inszenieren. In weitgehender Ermangelung handfester Erfolgsstorys werden Analogien und Metaphern aus anderen (erfolgreichen) Ingenieurs- und Technologiebereichen verwendet, um die Synthetische Biologie als bahnbrechende Zukunftstechnologie zu inszenieren.

Prof. Dr. rer. nat. Armin Grunwald

Jahrgang 1960



Beruflicher Werdegang

seit 2007	Inhaber des Lehrstuhls für Technikphilosophie und Technikethik, Universität Karlsruhe
seit 2002	Leiter des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag
seit 1999	Leiter des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse
1996-1999	Stellvertretender Direktor der Europäischen Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen
1994-1998	Habilitation und Venia Legendi in Philosophie, Universität Marburg
1991-1995	Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Hauptabteilung Systemanalyse Raumfahrt im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt
1988-1991	Studium der Mathematik und Philosophie, Abschluss mit dem Ersten Staatsexamen
1987-1991	Systemspezialist und Projektleiter bei Systems Research Laboratories, Köln
1984-1987	Promotion an der Universität zu Köln mit einer Arbeit in der Theoretischen Festkörperphysik
1978-1983	Studium der Physik

Ausgewählte Mitgliedschaften

seit 2010	Nationales Komitee für Global Change Forschung
seit 2009	Wahl zum Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften
2009-2011	Arbeitsgruppe Energieforschung der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften
2008-2010	Vorsitz des International Advisory Board Responsible Innovation, Netherlands Science Foundation
2008-2009	Mitglied der MASIS Expert Group Science in Society der Europäischen Kommission

Ausgewählte Publikationen

- Grunwald, A.** (2007): Orientierungsbedarf, Zukunftswissen und Naturalismus. Das Beispiel der technischen Verbesserung des Menschen. In: Janich, P. (Hg.): Naturalismus und Menschenbild. Hamburg, 212-239.
- Grunwald, A.** (2008): Auf dem Weg in eine nanotechnologische Zukunft. Philosophisch-ethische Fragen. Freiburg; München.
- Grunwald, A.** (2008): Ethics of nanotechnology. State of the art and challenges ahead. In: Schmid, G. (Hg.): Nanotechnology. Volume 1: principles and fundamentals. Weinheim, 245-286.
- Grunwald, A.** (2008): Ethical guidance for dealing with unclear risk. In: Wiedemann P. M.; Schütz H. (Hg.): The role of evidence in risk characterization. Weinheim, 185-202.
- Grunwald, A.** (2009): Wovon ist die Zukunftsforschung eine Wissenschaft? In: Popp, R.; Schüll, E. (Hg.): Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung. Beiträge aus Wissenschaft und Praxis. Berlin, 25-35.
- Grunwald, A.** (2010): Technikfolgenabschätzung – eine Einführung. Berlin.

Synthetische Biologie zwischen Durchbruch und Hype

In den Debatten zwischen Wissenschaft und Gesellschaft ist in den letzten zehn Jahren zunehmend eine Tendenz zu beobachten, dass neue Technologiebereiche zuerst unter extrem hohen bis überhöhten Erwartungen diskutiert werden (Hype). Nach dem Höhepunkt dieser Hypes kehrt dann Ernüchterung ein, entweder weil sich herausstellt, dass auch die mit Hoffnungen überfrachtete Technologie Risiken und Nebeneffekte mit sich bringt, oder weil die Hoffnungen sich als übertrieben erweisen. Die Frage hinter meinem Vortrag ist, ob sich das in der Synthetischen Biologie auch so zeigen wird und wo sie heute steht.

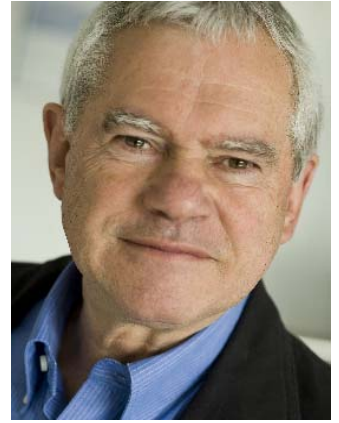
Die Synthetische Biologie bedient sich des Wissens der Nanobiotechnologie, der Molekularbiologie, der Gentechnik und der Systembiologie und speist sich daher aus einem Zusammenwirken vieler Teildisziplinen der Biologie. Sie zielt auf die Erzeugung neuer Formen von Leben. Im Jahre 2010 hat Craig Venter, einer der Pioniere der Synthetischen Biologie, bekannt gegeben, dass er erfolgreich eine künstliche DNA in ein Bakterium eingepflanzt habe. In der Öffentlichkeit ist Synthetische Biologie dadurch bekannt geworden, wenngleich das Wissen darüber noch sehr gering ist.

Die Erkenntnisse der Nanobiotechnologie, der Molekularbiologie, der Gentechnik und der Systembiologie können genutzt werden, um neue Funktionalitäten lebender Systeme durch Modifikationen von natürlichen Biomolekülen, durch Modifikationen am Design von Zellen oder durch das Design von künstlichen Zellen zu erzeugen. Das traditionelle, naturwissenschaftlich geprägte biologische Selbstverständnis in Richtung auf ein Verstehen der Lebensvorgänge wird in der Synthetischen Biologie zu einer Neuerfindung von Natur, auf die Schaffung von künstlichem Leben umgedeutet, auf der Basis des Wissens über das „natürliche“ Leben. Biologie wird dadurch zu einer technischen Wissenschaft.

Es ist jedoch unklar, ob und wie schnell sich diese Entwicklungen realisieren lassen und ob und wie die teils überbordenden Erwartungen erfüllt werden können, z. B. in Bezug auf Beiträge zur Lösung des globalen Energieproblems. Im Vortrag wird der Stand der Synthetischen Biologie vor dem Hintergrund jüngster „Zyklen“ von Hype-Technologien interpretiert wie Nanotechnologie, Technologien der Verbesserung des Menschen oder Technologien des Geo-Engineering. Es werden Argumente dafür angeführt, dass auch die Synthetische Biologie Teil eines evolutionären Fortschreitens der Wissenschaften ist, in dem Durchbrüche selten, aber die „Mühen der Ebene“ (Bertold Brecht) dominant sind. Diese Analyse mündet in ein Plädoyer, die ethischen Debatten nicht von massenmedialen oder wissenschaftlichen Hypes dominieren zu lassen, sondern anhand der realen Entwicklungsfortschritte und der realistischen Zukunftserwartungen zu führen.

Prof. Dr. rer. nat. Alfred Pühler

Jahrgang 1940



Beruflicher Werdegang

seit 2008	Senior Research Professor am Centrum für Biotechnologie, Universität Bielefeld
2004-2010	Sprecher des Centrums für Biotechnologie, Universität Bielefeld
1992-1994	Prorektor für Forschung und wissenschaftlichen Nachwuchs, Universität Bielefeld
1985-1986	Dekan der Fakultät für Biologie, Universität Bielefeld
1979-2008	Inhaber des Lehrstuhls für Genetik, Universität Bielefeld
1977	Habilitation in Genetik
1971	Promotion in Mikrobiologie
1961-1967	Studium der Physik, Erlangen-Nürnberg

Ausgewählte Mitgliedschaften

seit 2011	Präsidiumsmitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften
seit 2008	Beauftragter für ausländische Beziehungen der Union der Deutschen Akademien der Wissenschaften
2004	Wahl zum Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften
1999	Wahl zum Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina
1999-2005	Gewähltes Mitglied der Wissenschaftlichen Kommission des Wissenschaftsrats
1995-2010	Mitglied der Zentralen Kommission für die Biologische Sicherheit
1993	Wahl zum Mitglied der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften und der Künste
1988-1996	Fachgutachter für das Fachgebiet Allgemeine Biologie, Genetik und Zellbiologie der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Ausgewählte Publikationen

Pühler, A. (2010): Künstliches Leben – Leben aus der Retorte. In: Biospektrum, 16 (5), 594-595.

Pühler, A.; Müller-Röber, B.; Weitze, M. D. (Hg.) (2011): Synthetische Biologie. Die Geburt einer neuen Technikwissenschaft. Berlin; Heidelberg.

Prof. Dr. rer. nat. Alfred Pühler

Die Lebensfrage: Kann Synthetische Biologie künstliches Leben schaffen?

Obwohl die Craig-Venter-Gruppe ihre bahnbrechende Science-Publikation im Mai 2010 mit dem Titel *Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome* versehen hat, zeigt der Inhalt der Arbeit doch sehr deutlich, dass die durchgeführten Experimente nichts mit einem Schöpfungsakt zu tun haben.

Die Gruppe nutzte eine vorhandene Genomsequenz zur chemischen Synthese eines Gesamtgenoms, das nach Transplantation in eine lebende Zelle die Steuerung der zellulären Vorgänge übernahm.

Der Craig-Venter-Gruppe ist damit zwar ein aufsehenerregendes Experiment gelungen, sie hat aber auf keinen Fall künstliches Leben erzeugt. Da ein Großteil der zurzeit laufenden Experimente der Synthetischen Biologie ähnlich gelagert ist, sollte man mit dem Begriff „künstliches Leben“ vorsichtig umgehen.

Mögliches „künstliches Leben“ lässt sich in dem weiten Feld der Synthetischen Biologie lediglich mit Experimenten in Verbindung bringen, die dem Sektor Protozell-Entwicklung entstammen. Da die dort erzielten Ergebnisse aber noch weit von einem sich reproduzierenden und informationsverarbeitenden System entfernt sind, lassen sich Fragen nach der Veränderung des Selbstbildnisses des Menschen durch die Existenz von künstlichen Lebewesen nur theoretisch erörtern.

Die Antwort auf die Lebensfrage lautet damit, dass die Synthetische Biologie zurzeit und auch in naher Zukunft nicht in der Lage sein wird, künstliches Leben zu schaffen.

Prof. Dr. phil. Christoph Rehmann-Sutter

Jahrgang 1959



Beruflicher Werdegang

- seit 2009 Professor für Theorie und Ethik in den Biowissenschaften am Institut für Medizingeschichte und Wissenschaftsforschung, Universität zu Lübeck
- seit 2008 Gastprofessor an der London School of Economics
- 2008 Gastprofessor am Policy, Ethics and Life Sciences Research Centre, University Newcastle
- 2001-2009 Präsident der schweizerischen Nationalen Ethikkommission im Bereich der Humanmedizin
- 2000 Assistenzprofessor für Bioethik, Universität Basel
- 1997-1998 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Department of Environmental Science, Policy and Management, University of California, Berkeley
- seit 1996 Etablierung und Leitung der Arbeitsstelle für Ethik in den Biowissenschaften in Zusammenarbeit mit Dr. Jackie Leach Scully
- 1995-2000 Habilitation in der Philosophie an der Universität Basel
- 1990-1995 Promotionsstudium der Philosophie an der Technischen Universität Darmstadt
- 1989-1996 Lehre und Veröffentlichungen in vielen Bereichen der praktischen Philosophie, insbesondere über Natur, Biologie, Biotechnologie und Medizin
Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Bioethik in der Forschungsgruppe von Prof. Werner Arber im Institut für Mikrobiologie am Biozentrum der Universität Basel
- 1978-1989 Zweitstudium mit „Lizentiat“ in Philosophie und Soziologie an der Universität Basel und an der Universität Freiburg im Breisgau
Erststudium der Molekularbiologie mit Diplom am Biozentrum, Universität Basel.

Ausgewählte Publikationen

- Rehmann-Sutter, C.** (2005): Zwischen den Molekülen. Beiträge zur Philosophie der Genetik. Tübingen.
- Rehmann-Sutter, C.** (2006): Poiesis and praxis: two ways of describing development. In: Neumann-Held, E.-M.; Rehmann-Sutter, C. (Hg.): Genes in development. Re-reading the molecular paradigm. Durham; London, 313-334.
- Rehmann-Sutter, C.** (in Vorbereitung): Bio-Sphären. Ethik in einer lebendigen Welt.

Was ist künstliches Leben, und gibt es Entwicklungsfelder der Synthetischen Biologie, die dem nahekommen können?

1. Die entscheidende Frage für die Ethik der Beziehung zu anderem Leben ist nicht die seiner Natürlichkeit oder Künstlichkeit, sondern die Anerkennung des anderen Lebens als *andere Spontaneität* in einem eigenen Sinnraum. „Leben“ ist kein strenger naturwissenschaftlicher Begriff, sondern ein Anerkennungsbegriff. Zur wissenschaftlichen Feststellbarkeit von Leben muss deshalb der Begriff des Lebens umschrieben, d. h. durch Kriterien definiert (z. B. Metabolismus, Autoreplikation mit Variation, Irritabilität) und operationalisiert werden. Mit „Lebendigkeit“ meinen wir die Erfahrung, dass da etwas ist, das als sein eigenes Zentrum präsent ist, innerhalb eines Lebenszyklus altert, sensibel ist und spontan agiert usw.

2. Eine Maschine lebt nicht, auch wenn sie eine überraschende Atmosphäre von Lebendigkeit haben kann. Wenn etwas lebt, *ist* es keine Maschine. Lebewesen können aber *wie* eine Maschine analysiert und erklärt werden (Struktur und Funktion von Teilen).

3. Es ist schwierig, die Kriterien anzugeben, um die „Künstlichkeit“ des Lebens eines synthetischen Organismus feststellen zu können. Ist künstliches Leben vielleicht eher

- kopiertes Leben (nach natürlichem Vorbild einer lebenden Zelle),
- abgeleitetes Leben (durch Veränderung einer lebenden Zelle), oder
- spontan entstehendes Leben (wenn man im Labor die Bedingungen für Leben, d.h. die Strukturen einer Zelle, günstig genug bauen kann)?

In allen drei Fällen wäre das Leben nämlich nicht künstlich. - Oder reicht es aus, dass die Komponenten durch Labormanipulation „zusammengesetzt“ worden sind, wenn auch natürlich lebendige Zellen verwendet werden? Diese Idee entspricht Craig Venters Definition von „synthetisch“ (die durch seine Mycoplasma-Zellen von 2010 erfüllt wird): Wenn das Genom synthetisch ist, ist die ganze Zelle synthetisch, auch wenn die anderen Komponenten der Zelle nicht synthetisch hergestellt sind.

4. Diese Definition von „synthetisch“ beruht aber auf einem reduktionistischen Genetizismus und ist deshalb unplausibel: Sofern das Genom künstlich ist, ist nach wenigen Generationen die gesamte Zelle künstlich, weil alle Zellbestandteile durch das synthetische Genom gebildet wurden. Der zelluläre Prozess (Form, Struktur, Bewegung), der kontinuierlich weiterläuft und nicht neu erschaffen wird, wird ignoriert.

5. Biopolitisch und bioethisch viel wichtiger als die Frage der Künstlichkeit ist aber die Frage, wie synthetische Zellen biotechnologisch eingesetzt werden: Biologische Gefahren, ökologische Risiken, *ethical governance*, um diejenigen Anwendungen finden und realisieren zu können, die für die Menschen und für die Biosphäre gut und zuträglich sind. Der Markt leistet diese Steuerung nicht.

Dr. phil. Joachim Boldt

Jahrgang 1971



Beruflicher Werdegang

- seit 2010 Stellvertretender Direktor am Institut für Ethik und Geschichte der Medizin, Freiburg
- seit 2005 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Ethik und Geschichte der Medizin, Freiburg
- 2005 Promotion an der Humboldt-Universität zu Berlin
- 1991-1997 Studium der Philosophie und Germanistik in Heidelberg, Sheffield und Berlin

Ausgewählte Mitgliedschaften

- seit 2010 Koordinator des Verbundprojektes „Engineering Life. Eine interdisziplinäre Untersuchung zu den ethischen Implikationen der Synthetischen Biologie“
- 2009 Sachverständiger für den nationalen Ethikrat Dänemarks (Det Ethiske Råd) zu ethischen Fragen des medikamentösen Neuroenhancements
- 2009 Sachverständiger für den Ethikbeirat des Deutschen Bundestags zu ethischen Implikationen der Synthetischen Biologie
- 2008 Gutachter für die Eidgenössische Ethikkommission für Biotechnologie im Ausserhumanbereich zur Ethik der Synthetischen Biologie

Ausgewählte Publikationen

- Boldt, J.; Müller, O.** (2008): Newtons of the leaves of grass. In: *Nature Biotechnology*, 26 (4), 387-389.
- Boldt, J.; Müller, O.; Maio, G.** (2009): *Synthetische Biologie. Eine ethisch-philosophische Analyse*. Bern.
- Boldt, J.** (2011): „Leben“ in der Synthetischen Biologie: Zwischen gesetzesförmiger Erklärung und hermeneutischem Verstehen. In: Boldt, J.; Müller, O.; Maio, G. (Hg.): *Leben schaffen? Philosophische und ethische Reflexionen zur Synthetischen Biologie*. Paderborn.

Dr. phil. Joachim Boldt

Kurzstatement zur Tagung des Deutschen Ethikrates zur Synthetischen Biologie

Die Synthetische Biologie hat zum Ziel, den Schritt von der Analyse zur technischen Synthese, den die organische Chemie im frühen 20. Jahrhundert vollzogen hat, im Bereich des Lebendigen zu verwirklichen. Sie greift dabei auf Techniken zurück, die aus der klassischen Gentechnik bekannt sind. Gleichzeitig soll aber die eher „handwerklich“ geprägte Arbeitsweise der Gentechnik auf eine analytisch-systematische Basis gestellt und die Eingriffstiefe signifikant erhöht werden.

So wird es möglich, nicht mehr nur gegebene Organismen punktuell zu verändern, sondern so weitgehend mit neuen Eigenschaften und Eigenschaftskombinationen zu versehen, dass man perspektivisch von neuen einzelligen Lebensformen sprechen kann. Schlagwortartig lässt sich dies mit dem Wechsel vom gentechnischen *homo faber* zum synthetisch-biologischen *homo creator* beschreiben. „In jedem Herstellen liegt etwas Prometheisches“, schreibt Hannah Arendt, und dieses Prometheische bringt die Synthetische Biologie im Bereich des Lebendigen zum Ausdruck.

Mit dieser Ausgangslage verbinden sich ethische und philosophische Herausforderungen auf verschiedenen Ebenen. Zwei zentrale Punkte sind:

1. Wenn ein Organismus vollständig als Produkt eines Herstellungsprozesses verstanden wird und in seinen Eigenschaften vollständig aus biochemischen Gesetzmäßigkeiten heraus erklärt werden soll, dann gerät der normative Gehalt, den wir mit dem Lebensbegriff üblicherweise verbinden, unter Rechtfertigungsdruck.
2. Mit dem Ideal des planenden Herstellens geht die Vorstellung einher, das Verhalten des hergestellten Objekts gut prognostizieren zu können. Dies kann gerade bei Organismen, die so weit von ihren natürlichen Nachbarn entfernt sind, dass kaum Rückschlüsse vom Verhalten der natürlichen auf das der synthetischen Organismen möglich sind, die Risikoabschätzung bei Anwendungen in der freien Natur beeinflussen.

Prof. Dr. theol. Peter Dabrock, M.A.

Jahrgang 1964



Beruflicher Werdegang

- seit 2010 Professor für Systematische Theologie (Ethik) am Fachbereich Theologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen
- 2008-2010 Professor für Sozialethik am Fachbereich Evangelische Theologie, Philipps-Universität Marburg
- 2002-2008 Juniorprofessor für Sozialethik/Bioethik am Fachbereich Evangelische Theologie, Philipps-Universität Marburg
- 1999 Promotion an der Ruhr-Universität Bochum
- 1995-2002 Wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Systematische Theologie (Ethik), Evangelisch-Theologische Fakultät, Ruhr-Universität Bochum
Studium der Evangelischen und Katholischen Theologie, Philosophie und Soziologie, Würzburg, Bonn und Bochum

Ausgewählte Mitgliedschaften

- seit 2011 Mitglied der European Group on Ethics in Science and New Technologies und der Senatskommission für tierexperimentelle Forschung, Deutsche Forschungsgemeinschaft
- 2010-2011 Vorsitzender der ad-hoc-Kommission zu Fragen der Gesundheitspolitik, Evangelische Kirche Deutschlands
- seit 2009 Mitglied des Steuerungskomitees des LOEWE-Zentrums für Synthetische Mikrobiologie, Marburg
Mitglied der Akademie für Ethik in der Medizin
Mitglied der Societas Ethica
Mitglied des Vorstands der Zentralen Ethikkommission bei der Bundesärztekammer

Ausgewählte Publikationen

- Dabrock, P.; Klinnert, L.; Schardien, S. (2004): Menschenwürde und Lebensschutz. Herausforderungen theologischer Bioethik. Gütersloh.
- Dabrock, P.; Brand, A.; Paul, N.; Schröder, P. (2004): Gesundheitssicherung im Zeitalter der Genomforschung – Diskussion, Aktivitäten und Institutionalisierung von Public Health Genetics in Deutschland. Gutachten für die Friedrich-Ebert-Stiftung. Online im Internet: <http://library.fes.de/pdf-files/stabsabteilung/02677.pdf> [11.11.2011].
- Dabrock, P.; Hilbert, A.; Rief, W. (Hg.) (2008): Gewichtige Gene. Adipositas zwischen Prädisposition und Eigenverantwortung. Kempten.
- Dabrock, P.; Ried, J.; Taupitz, J. (Hg.) (2010): Trust in biobanking. Berlin; Heidelberg; New York.
- Dabrock, P.; Denkhaus, R.; Schaede, S. (Hg.) (2010): Gattung Mensch. Tübingen.
- Dabrock, P.; Bölker, M.; Braun, M.; Ried, J. (Hg.) (2011): Was ist Leben – im Zeitalter seiner technischen Machbarkeit? Beiträge zur Ethik der Synthetischen Biologie. Freiburg im Breisgau.

Thesen zur ethischen Beurteilung der Synthetischen Biologie

1. Die Synthetische Biologie stellt momentan keine wissenschaftliche Revolution dar. Auch die mit ihr einhergehenden Risiken und gesellschaftlichen Besorgnisse sind nicht von radikal neuer Art. Dennoch verdient dieses im Aufbau befindliche Wissenschaftsfeld öffentliche Aufmerksamkeit und ethische Reflexion. Denn an der Synthetischen Biologie zeigt sich paradigmatisch ein neuer Trend: Naturwissenschaftliche und technologische Spitzenforschung vollzieht sich zunehmend in einem engen Geflecht von ökonomischer Erwartungshaltung und medialer Inszenierung.

Debattiert werden muss, was dies (1) für das Selbstverständnis von Wissenschaft bedeutet, (2) für ihre Wahrnehmung in der allgemeinen Öffentlichkeit und (3) für das Vertrauen, auf dem Wissenschaft aufruht, will sie nachhaltig arbeiten und damit auch öffentliche Unterstützung erlangen.

2. Einhergehend mit dieser dreifachen Herausforderung in Bezug auf das Selbstverständnis der Wissenschaften ist zudem eingehender zu beobachten, inwieweit das Verständnis der Lebenswissenschaften selbst verändert wird: Gegenüber dem bisher vorherrschenden analytischen Paradigma der Biologie gewinnt vor allem das in der Biologie in diesem Ausmaße so bisher nicht angewandte Ingenieursparadigma an Gewicht: „Es zeichnet sich neben einem kreativ-spielerischen vor allem durch einen zugleich nützlichkeitsorientierten Zugriff aus“ (Dabrock, 2011).

3. Die neue (wenn auch nicht radikal neue) Eingriffstiefe der Forschungen im Bereich der Synthetischen Biologie, vor allem aber die zum Teil bewusst inszenierte Selbstkandalisierung der eigenen Forschungen (Craig Venters Anspruch, Leben neu geschaffen zu haben) erzeugen kulturelles Unbehagen als Folge öffentlicher Unsicherheit, wie die Synthetische Biologie und ihre Risiken einzuschätzen sind. Es drückt sich in der metaphorischen Verwendung religiöser Versatzstücke (*Playing God, homo creator*) oder literarischer Motive (Frankenstein, Büchse der Pandora) aus. Dieses Unbehagen lässt sich nicht mit den Instrumentarien der klassischen Technikfolgenabschätzung bewältigen.

4. Die kulturelle Verunsicherung muss einerseits ernst genommen und diskursiv verarbeitet werden. Wie das Beispiel der grünen Gentechnik eindrücklich beweist, scheitern wissenschaftliche Innovationen, wenn Wissenschaftskommunikation nur als expertokratische Erklärungen für eine als naiv eingeschätzte Öffentlichkeit verstanden wird. Andererseits begibt man sich aber auch auf einen Holzweg, wenn man die in religiöser oder literarischer Metaphorik artikulierten Verunsicherung einfach verstärkt und beispielsweise die These vertritt, mit der Synthetischen Biologie würde der Mensch in kritikwürdiger Weise vom *homo faber* zum *homo creator* mutieren (vgl. Boldt, 2009). Diese These hat weder im binnentheologischen Sprachspiel einen Anhalt (christlich-theologisch kann der Mensch gar nicht im göttlichen Sinne Schöpfer sein) noch ist sie durch die gegenwärtige und absehbare Entwicklung der Synthetischen Biologie gedeckt.

5. Sinnvoller ist stattdessen, ausgehend von den religiös oder literarisch zum Ausdruck gebrachten Motiven der Verunsicherung, nach dem Gehalt der Metaphern zu fragen und gesellschaftliche Konsequenzen in den Blick zu nehmen. Meines Erachtens besteht das in den Motiven zum Ausdruck kommende Unbehagen darin, dass kulturell eingespieltes oder als eingespielt geglaubtes Verständnis von Leben, Natur und Organischem durch die Synthetische Biologie und ihre Selbstinszenierungen massiv infrage gestellt wird. In der Synthetischen Biologie wird deutlich, dass die alltagsmoralischen Vorstellungen von Leben und Natur als Vertrautem, als Selbstverständlichem, als Authentischem, Unverfälschtem, Echtem und Spontanem, als Stimmigem, Harmonischem oder Proportioniertem und so als Vorgegebenem, das zu akzeptieren ist, nicht greifen, ja, schon lange nicht mehr gegriffen haben. Diese Ent-Täuschung wird mit distanzierter Abwehrreaktion quittiert. Die

Artikulation des Unbehagens erfolgt von daher im Rückgriff auf Sprachformen von Religion und Literatur, weil diese explizite umfassende Sinnressourcen zur Verfügung stellen, die als kritische Kontrastfolie für Selbstüberschätzungen des Menschen genutzt werden können.

6. Um also weder in eine expertokratische Belehrung der Öffentlichkeit noch in eine abgekoppelte verfallstheoretische Protestkommunikation zurückzufallen, ist eine Selbstaufklärung von Gesellschaft und Wissenschaft über die Transformationen, die sich paradigmatisch an der Synthetischen Biologie zeigen, vonnöten: Die Wissenschaft muss sich darüber im Klaren sein, dass die mediale Selbstinszenierung ihrer (irgendwann vielleicht einmal erwartbaren) Ergebnisse ein höchst ambivalenter Vorgang ist. Einerseits gewinnt man zwar Aufmerksamkeit und gegebenenfalls Geldgeber. Andererseits riskiert man aber durch bewusst in Kauf genommene Selbstkandalisierungen nachhaltigen Vertrauensverlust in die so angepriesene Wissenschaft oder Technologie. In der Gesellschaft muss offen und ehrlich über das prägende Lebens- und Naturverständnis debattiert werden: Inwieweit können romantische Auffassungen angesichts einer hochtechnisierten Durchdringung der Welt aufrechterhalten werden? Wo liegen aber doch die Grenzen solcher Entwicklungen, die nach gesellschaftlichen Deliberationen nicht überschritten werden sollen? Schließlich: Wie kann eine Diskussionskultur zwischen Wissenschaft und allgemeiner Öffentlichkeit erzeugt werden, die nicht nur als Einbahnstraße funktioniert und die dennoch die Eigenart der jeweiligen Diskurse beachtet?

Literaturverzeichnis:

Boldt, J.; Müller, O.; Maio, G. (2009): Synthetische Biologie. Eine ethisch-philosophische Analyse. Bern.
Dabrock, P.; Bölker, M.; Braun, M.; Ried, J. (Hg.) (2011): Was ist Leben – im Zeitalter seiner technischen Machbarkeit? Beiträge zur Ethik der Synthetischen Biologie. Freiburg im Breisgau, 394.

Pat Roy Mooney

Jahrgang 1947



Beruflicher Werdegang

seit 2001	Geschäftsführender Direktor der ETC Group
1998	Verleihung des Pearson Peace Prize
1985	Verleihung des Right Livelihood Award (Alternative Nobel Prize)
1977	Mitgründer des Rural Advancement Fund International (seit 2001 ETC Group)

Ausgewählte Publikationen

ETC Group (Hg.) (2010): The big downturn? Nanogeopolitics. Online im Internet: <http://www.etcgroup.org/en/node/5245> [08.11.2001].

ETC Group (Hg.) (2010): The new biomassers. Synthetic biology and the next assault on biodiversity and livelihoods. Online im Internet: <http://www.etcgroup.org/en/node/5232> [08.11.2011].

ETC Group (Hg.) (2010): Geopiracy. The case against geoengineering. Online im Internet: <http://www.etcgroup.org/en/node/5217> [08.11.2011].

Mooney, P. R. (2010): Next BANG! Wie das riskante Spiel mit Megatechnologien unsere Existenz bedroht. München.

Mooney, P. R. (2010): Of InfraREDD and InfoREDD. Online im Internet: <http://www.pambazuka.org/en/category/features/67536> [08.11.2001].

Pat Roy Mooney

Synthetic biology

Synthetic biology companies are engineering synthetic DNA to custom-build algae and microbes that behave as tiny “biological factories”. The aim is to convert almost any biomass into almost any product. With billions of dollars of public and private investment over the past few years (including the world’s largest energy and chemical companies), synthetic biology sees nature’s biodiversity as a feedstock for its proprietary bugs – designer organisms that will be used to transform plant cellulose into fuels, chemicals, plastics, fibres, pharmaceuticals or even food – depending on market demand at harvest time. The new “BioMassters” see synthetic biology as the route to an additional revenue stream – a “green” complement to petroleum-based production, or possibly its replacement in the distant future.

In the past five years, synthetic biology has moved from being a “fringe” science – a hybrid of engineering and computer programming, rather separate from biology – to an area of intense industrial interest and investment. Consolidation is visible in the form of established energy, chemical and pharmaceutical companies buying, making strategic investments in or partnering with pure play synthetic biology companies, which are, generally, start-ups operating in ‘stealth mode’ (few are publicly traded).

Synthetic biology is not a discreet technology sector, but a set of tools that is being integrated into many industry sectors. It’s not easy to get a handle on the synthetic biology market. BCC Research valued the market at a mere \$233.8 million in 2008 and predicts an almost 60 % annual growth rate to \$2.4 billion in 2013.

Announcements during 2010 that synthetic biology researchers can substantially manipulate DNA to build artificial, self-replicating microorganisms that have never before appeared on Earth have immediate implications for biodiversity, biosafety and national economies.

To civil society observers, what is most striking about synthetic biology is not so much its claims to remake the parts of life, but how fast it is entering commercial use – without oversight. Synthetically-constructed organisms are already employed in the production of thousands of tonnes of biofuels and biobased chemicals, far in advance of research or debate about their safety and efficacy or about the assumptions underlying the techniques involved.

Synthetic biologists often report that their carefully designed DNA programs that work perfectly on a computer (in silico) don’t work in living synthetically engineered organisms or have unexpected side effects on an organism’s behaviour. The likelihood of unexpected behaviours makes it all the more surprising that there is no methodology for testing the health or environmental safety implications of a new synthetic organism.

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Müller-Röver

Jahrgang 1964



Beruflicher Werdegang

- Seit 2007 Leiter der interdisziplinären Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“ an der Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften
- Seit 2000 Professor für Molekularbiologie, Universität Potsdam
- 1995-2000 Gruppenleiter, Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie, Universität Potsdam
- 1992-1996 Gruppenleiter, Institut für Genbiologische Forschung Berlin GmbH
Habilitation in Molekularer Pflanzenphysiologie, Universität Potsdam
- 1989-1992 Dissertation am Institut für Genbiologische Forschung Berlin GmbH
- 1984-1989 Studium der Biologie und Philosophie, Tübingen, Marburg und Berlin

Ausgewählte Mitgliedschaften

- seit 2011 Vizepräsident des Verbandes Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin
- seit 2009 Mitglied des BioÖkonomieRats
- seit 2005 Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften
- seit 2003 Mitglied der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften
- 1998-2007 Stellvertretendes Mitglied der Zentralen Kommission für Biologische Sicherheit
- 1996 Mitbegründer der Biotech-Company PlantTec in Potsdam (danach Bayer BioScience)

Ausgewählte Publikationen

Müller-Röver, B.; Hucho, F.; van den Daele, W.; Köchy, K.; Reich, J.; Rheinberger, H.-J.; Sperling, K.; Wobus, A. M.; Boysen, M.; Kölsch, M. (2007): Grüne Gentechnologie: Aktuelle Entwicklungen in Wissenschaft und Wirtschaft. Supplement zum Gentechnologiebericht. Heidelberg; Berlin.

Müller-Röver, B.; Boysen, M.; Fehse, B.; Hucho, F.; Köchy, K.; Reich, J.; Rheinberger, H.-J.; Ropers, H.-H.; Sperling, K.; Wobus, A. M. (2009): Zweiter Gentechnologiebericht – Analyse einer Hochtechnologie in Deutschland. Dornburg.

Pühler, A.; Müller-Röver, B.; Weitze, M.-D. (Hg.) (2011): Synthetische Biologie – Die Geburt einer neuen Technikwissenschaft. Online im Internet:

http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/acatech_diskutiert/acatech_Diskutiert_Synthetische-Biologie_web.pdf [11.11.2011].

Synthetische Biologie

1. Die Kombination genetischer Elemente¹ aus unterschiedlichen Organismen zur Herstellung neuer funktioneller Konstrukte ist typisches Merkmal der „traditionellen“ Gentechnik und nicht herausragendes Merkmal der Synthetischen Biologie.
2. Während Molekularbiologie, Genomforschung und Systembiologie primär die Aufklärung zellulären Geschehens im Fokus haben (*Wie funktioniert Leben?*), widmet sich die Biotechnologie der genetischen Optimierung von Lebewesen – zumeist Mikroorganismen – für industrielle Prozesse, da die im Zuge der natürlichen Evolution entstandenen Organismen wenig geeignet sind für nachhaltige technische Verfahren.
3. In der Synthetischen Biologie soll als Fortführung der Biotechnologie die Planbarkeit genetischer Optimierung verbessert werden. Dazu sollen genetische Komponenten hinsichtlich ihrer biochemischen Eigenschaften tiefgehend charakterisiert und aus möglichst präzise definierten Elementen neue, komplexere Funktionseinheiten aufgebaut werden. Jedoch agieren zelluläre Elemente fast nie autark, sondern sind „nachbarschaftsabhängig“.² Hierin liegt eine besondere Schwierigkeit hinsichtlich von Konstruktionsvorhaben in der Biologie.
4. Synthetische Biologie ist beim heutigen Stand der Technik ein *Verändern*, kein *Erschaffen*. Sie ist „Leben von Leben“.
5. Der Erschaffung von Leben aus toter Materie stehen keine naturwissenschaftlichen Gesetze entgegen. Jedoch schließt die Begrenztheit unseres aktuellen Wissens hinsichtlich Anzahl, Typen und balancierender Mengen der erforderlichen Komponenten eine *De-Novo*-Konstruktion von lebenden Zellen derzeit aus.
6. Eine Synthetische Biologie der Zukunft könnte Leben³ aus toter Materie schaffen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist offen, ob dieses aus den uns bekannten Einheiten des Lebens (Nukleinsäuren, Aminosäuren, etc.) oder chemisch neuen Bausteine bestehen wird.⁴ Zu diskutieren wäre, ob und inwieweit die „Ehrfurcht vor dem Leben“ auf der Ebene der Mikroorganismen – dem Betätigungsfeld der Synthetischen Biologie – greift und in welcher Weise die Forschungsvorhaben und Ergebnisse der Synthetischen Biologie diesbezüglich Wirkung entfalten. Könnte sich langfristig gar eine „Ehrfurcht vor dem durch Menschenhand erschaffenem Leben“ entwickeln?

¹ Promotoren, kodierende Regionen, Enhancer, Introns, etc.

² Beispiel: eine konstruierte Signalkaskade mag in einer Zelle vom Typ A voll funktionsfähig sein, in einer anderen Zelle vom Typ B jedoch durch Interferenz mit Elementen, die allein in B vorkommen, funktionell beeinträchtigt sein (mangelnde Orthogonalität).

³ Hier wäre die Definition von „Leben“ zu diskutieren.

⁴ Möglicherweise werden Syntheseroboter und schnelle Screeningverfahren (in Ergänzung zu oder anstelle von rationalem Design) dazu beitragen, die dafür notwendigen Ingredienzien zu finden.

Prof. Dr. phil. Klaus Peter Rippe

Jahrgang 1959



Beruflicher Werdegang

- seit 2008 Professur für praktische Philosophie an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe
- seit 2006 Leitung des Instituts für Philosophie und Ethik der Fritz-Allemann-Stiftung, Zürich
- 2006-2008 Vertretungsprofessor an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe
Lehraufträge an der Vetsuisse, den veterinärmedizinischen Fakultäten Bern und Zürich (Tierethik)
- 2001-2011 Dozent für Wirtschaftsethik an der Fachhochschule Nordwestschweiz
Privatdozent für praktische Philosophie an der Universität Zürich
- 1995-2002 Oberassistent am Ethik-Zentrum, Universität Zürich
Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Saarbrücken und an der Universität Mainz
Studium Philosophie, Geschichte und Völkerkunde

Ausgewählte Mitgliedschaften

- seit 2009 Mitglied der Arbeitsgruppe Würde des Bundesamts für Veterinärwesen, Schweiz
- seit 2003 Präsident der Eidgenössischen Ethikkommission für Biotechnologie im Ausserhumanbereich

Ausgewählte Publikationen

- Anwander, N.; Bachmann, A.; Rippe, K. P.; Schaber, P. (2002): Gene patentieren. Eine ethische Analyse. Paderborn.
- Rippe, K. P. (1993): Ethischer Relativismus. Paderborn.
- Rippe, K. P. (1998): Menschenwürde vs. Würde der Kreatur. Begriffsklärung, Gentechnik, Ethikkommissionen. Freiburg.
- Rippe, K. P. (2008): Ethik im außerhumanen Bereich. Paderborn.
- Rippe, K. P. (2010): Ethik in der Wirtschaft. Paderborn.

Standortpapier

Auch wenn bestimmte langfristige Visionen der Synthetischen Biologie die Herstellung unterschiedlicher Arten von Lebewesen ins Blickfeld rückt, stehen zurzeit Mikroorganismen im Vordergrund, mit denen gearbeitet wird oder die als Produkte hergestellt werden sollen.

Die Synthetische Biologie eröffnet ein weites Forschungs- und Anwendungsfeld. Anwendungen sind bis jetzt jedoch trotz rasanter Entwicklung noch wenig konkretisiert. Auch bezüglich der Risiken bestehen noch zu viele Unsicherheiten. Dabei sind *Biosafety*-Risiken und *Biosecurity*-Risiken zu unterscheiden.

Als *Biosafety*-Risiken werden Risiken für Mensch und Umwelt bezeichnet, die bei einem grundsätzlich erlaubten Umgang mit synthetischen Organismen unabsichtlich entstehen. *Biosecurity*-Risiken sind Risiken, die durch unerlaubten, weil missbräuchlichen oder unsachgemässen Umgang mit solchen Organismen entstehen. Als Beispiele von Risiken aufgrund eines unerlaubten Umgangs werden verbotene private Transporte genannt, z.B. wenn Forschende ihre Stelle wechseln und Organismen unerlaubterweise in ihr neues Labor mitnehmen. Unter dem Aspekt der *Biosecurity* sind auch Risiken zu beurteilen, die durch nicht professionell geführte Labors (sog. Garagenlabors) entstehen.

Es dominieren im Kontext der Synthetischen Biologie Visionen, Ungewissheiten und Nichtwissen, kurz, es liegt eine typische Risikosituation vor. Aus meiner Sicht liegen zwar plausible Risikoszenarien vor, aber zu wenig empirische Daten, um eine Risikobeurteilung vornehmen zu können.

Es ist daher wichtig, das ethisch geforderte (und zumindest in der Schweiz in anderen Technologiebereichen auch bereits rechtlich verankerte) Vorgehen bei Risikosituationen in Erinnerung zu rufen. Es kommt das Vorsorgeprinzip zur Anwendung und gemäß dem Stufenprinzip darf nur unter besonderen, dem Organismus angemessenen Vorsichtsmaßnahmen gearbeitet werden. Ob die heute existierenden rechtlichen Regelungen für den Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen für den Umgang mit synthetisch hergestellten Organismen ausreichen, darüber kann mangels Daten zurzeit noch keine Aussage gemacht werden.

Prof. Dr. rer. nat. Ralf Wagner

Jahrgang 1962



Beruflicher Werdegang

- seit 2011 Vizepräsident Synthetische Biologie, Life Technologies Corp., Vorstandsvorsitzender und wissenschaftlicher Leiter von GeneArt
- 2010 Ruf auf den Lehrstuhl Pharmazeutische Biotechnologie, Universität für Bodenkultur Wien (abgelehnt)
- Seit 2003 Professor für Molekulare Mikrobiologie und Gentherapie am Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene, Universität Regensburg
- Seit 1999 Gründungsinitiator, Geschäftsführer und Forschungsvorstand der GeneArt AG
- 1998-2002 Wissenschaftlicher Oberassistent am Lehrstuhl für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene und Leiter der HIV-Arbeitsgruppe, Universität Regensburg
- 1998 Habilitation an der Universität Regensburg
- 1992-1998 Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene, Universität Regensburg.
- 1988-1992 Promotion am Max-von-Pettenkofer-Institut in der Abteilung für Molekulare Virologie
- 1982-1988 Studium der Biologie mit den Schwerpunkten Genetik, Mikrobiologie und Immunologie an der Ludwig-Maximilians-Universität München

Ausgewählte Mitgliedschaften

- seit 2008 Mitglied der European Federation of Biotechnology
- seit 2008 Mitglied des DECHEMA Arbeitskreis für Synthetische Biologie und Systembiologie
- seit 2006 Koordinator des BioChancePlus Verbund „Autonome Evolution in vitro/in vivo“, Bundesministerium für Bildung und Forschung
- seit 2006 Mitglied des Steuerungskomitees VDAC & PTVDC Netzwerke der Bill-and-Melinda-Gates-Stiftung
- 2003-2008 Mitglied des Arbeitskreises Impfstoffe, Deutsche Gesellschaft für Virologie
- seit 2000 Mitglied des Steuerungskomitees Europäische Initiative zur Entwicklung von HIV-Impfstoffen der EuroVacc-Stiftung

Ausgewählte Mitgliedschaften

- Fath, S.; Bauer, A. P.; Liss, M.; Spriestersbach, A.; Maertens, B.; Hahn, P.; Ludwig, C.; Schäfer, F.; Graf, M.; Wagner, R. (2011): Multiparameter RNA and Codon optimization: a standardized tool to assess and enhance autologous mammalian gene expression. In: PLOS One, 6 (3), e17596.
- Kindsmüller, K.; Wagner, R. (2011): Synthetic biology: impact on the design of innovative vaccines. In: Human Vaccines, 7 (6), 658-662.
- Minshull, J.; Wagner, R. (2009): Preventing the misuse of gene synthesis. In: Nature Biotechnology, 27 (9), 800-801.
- Notka, F.; Liss, M.; Wagner, R. (2011): Industrial scale gene synthesis. In: Methods in Enzymology, 498, 247-275.

Situation

GeneArt/Life Technologies ist überzeugt, dass die Synthetische Biologie eine transformative Technologie darstellt, die ökonomisch relevante Innovationen über weite Anwendungsbereiche ermöglichen wird. Wie schnell diese Entwicklungen stattfinden werden, hängt dabei von dem Angebot an modernen, standardisierten und qualitätskontrollierten Kits und den entsprechenden Plattformtechnologien und Softwarelösungen ab. *GeneArt/Life Technologies* zielt darauf ab, Wissenschaftler im Bereich der Synthetischen Biologie mit innovativen Produkten und Dienstleistungen in ihren Projekten zu unterstützen.

Visionen

Die Synthetische Biologie hat generell das Potenzial, Forschungsprojekte im Bereich der Biowissenschaften zu beschleunigen. Mögliche Anwendungsfelder sind:

Grundlagenforschung: Schon jetzt verändert die Schlüsseltechnologie der Synthetischen Biologie – die Gensynthese – die Möglichkeiten der Grundlagenforschung in der Molekularbiologie, weil sie schneller und günstiger als konventionelle rekombinante DNA-Techniken notwendige Genbausteine produziert. Die Synthetische Biologie könnte zukünftig die Entwicklung und Produktion von Medikamenten beschleunigen und zum Beispiel im Falle einer Pandemie bei der Herstellung von Impfstoffen entscheidende Zeitvorteile bieten.

Medikamentenentwicklung: Medikamentenentwicklung ist teuer und die Erfolgsraten sind niedrig. Die Synthetische Biologie könnte Werkzeuge liefern, um existierende Systeme auf einfache Weise so zu verändern, dass sie zum Beispiel neuartige Wirkstoffe produzieren. Zeit und Kosten für die Entwicklung von Medikamenten ließen sich so reduzieren.

Alternative Energiequellen: Die Synthetische Biologie könnte die Entwicklung sauberer, billiger und verlässlicher Energiequellen unterstützen – etwa mithilfe von Algen. Algen produzieren und speichern natürlicherweise Öle. Sie haben außerdem den großen Vorteil, dass sie dazu weder Zucker noch Zellulose benötigen. Ihnen genügt CO₂ aus der Luft als Kohlenstoffquelle. Die Synthetische Biologie soll helfen, die Ausbeuten zu maximieren, die Qualität der Öle zu erhöhen und die Herstellung unerwünschter Nebenprodukte zu reduzieren.

Umweltverschmutzung: Meist sind Mikroorganismengemeinschaften für die natürlich auftretende Biodegradation von Schadstoffen verantwortlich. Auch heute werden Bakterien bereits vereinzelt genutzt, um bestimmte Chemikalien abzubauen. Die Synthetische Biologie könnte helfen, neue und noch wirksamere Werkzeuge zu entwickeln mit denen sich zukünftig noch mehr Umweltschadstoffe als bisher beseitigen lassen.

Umgang mit möglichen Risiken

Der Zugang zu synthetischer DNA ist nicht auf Wissenschaftler beschränkt. Das Risiko für Unfälle, aber auch für eine absichtliche Entwicklung und Freisetzung von Krankheitserregern vergrößert sich dadurch. *GeneArt/Life Technologies* hat aus diesem Grund zahlreiche interne Richtlinien aufgesetzt, die verhindern sollen, dass Gensequenzen mit *Dual-Use*-Aspekten in die falschen Hände gelangen. Darüber hinaus ist *GeneArt/Life Technologies* Mitglied des *International Gene Synthesis Consortium* (IGSC), eines Zusammenschlusses von Gensynthese-Unternehmen, die weltweit rund 80 % der kommerziellen Gensynthesekapazität abdecken. Die Mitglieder des IGSC haben in Zusammenarbeit mit den zuständigen US-Behörden mit dem *Harmonized Screening Protocol* proaktiv Standards geschaffen, um einen verantwortungsvollen Umgang mit Genen sicherzustellen und den Missbrauch der Technologie zu verhindern. Dazu gehören – über die rechtlichen Vorgaben hinaus – das Screenen von Kunden, der Abgleich von bestellten Gensequenzen mit einer Datenbank, die Ablehnung von Bestellungen z.B. durch Privatpersonen, die Meldung solcher Vorfälle und eine

aussagekräftige Dokumentation. Das IGSC *Harmonized Protocol* dient als praktikable Rahmenbedingung, welche die Nutzung des Potenzials der Synthetischen Biologie ermöglicht und gleichzeitig vor einem Missbrauch schützt. Wenn wissenschaftliche Entwicklungen dies nötig machen sollten, kann es jederzeit angepasst werden. Zusätzlich sollten die Gesetzgeber rechtliche Rahmenbedingungen schaffen, die aber flexibel an die Entwicklungen der Technologie angepasst werden.

Gesellschaft

Die Synthetische Biologie wirft einige neue ethische Fragestellungen auf. Darf der Mensch zum Beispiel die Welt nach seinen Bedürfnissen maßschneidern und sollte es diesbezüglich Grenzen geben? Historisch gesehen hat sich unsere Gesellschaft bisher immer gegen neue Technologien gewehrt, sie aber letztlich akzeptiert, wenn sie ihrem Wohle dienen. Das Potenzial der Synthetischen Biologie für die Entwicklung von Medikamenten, Biotreibstoffen und den Abbau von Schadstoffen in der Umwelt ist groß. Wenn diese wichtige Erkenntnis in der Bevölkerung nicht ankommt, kann dies die Akzeptanz behindern. Die wissenschaftliche Gemeinschaft muss deshalb erkennen, wie wichtig Transparenz und Information ist. *GeneArt/Life Technologies* will diese Transparenz bezüglich wissenschaftlicher, regulatorischer und ethischer Fragestellungen in der Synthetischen Biologie sowohl bei seinen Mitarbeitern als auch in der Bevölkerung fördern.