

Zusatzmaterial zur Sendung 07:
Biologie und Ethik: Künstliches Leben: Organismen
vom Reißbrett



Zusatzmaterial zur Sendung 07:
Biologie und Ethik: Künstliches Leben:
Organismen vom Reißbrett



Zusatzmaterial zur Sendung 07: Biologie und Ethik: Künstliches Leben: Organismen vom Reißbrett

Interessierte Hörerinnen und Hörer finden auf dieser Seite weiterführende Informationen zu den einzelnen Sendungsthemen als Zusatzmaterial.

Die Zusatzmaterialien werden in der Reihenfolge gelistet, wie die Stichworte in der Sendung Erwähnung finden. Die Materialien wurden zum Zugriffszeitpunkt **6.12.2017** erstellt von:

Volker Mosbrugger, Sybille Roller, Francesco Lupusella, Julia Krohmer

Inhalt

1. iGem-Wettbewerb
2. Synthetische Biologie
3. Was ist Synthetische Biologie?
4. Synthetische Biologie: Herstellung pflanzlicher Wirkstoffe
5. Synthetische Biologie: Herstellung synthetischer Organismen
6. Synthetische Biologie: Ethische Beurteilung
7. Synthetische Biologie in Hessen

1. iGem-Wettbewerb

Internationaler Wettbewerb gentechnischer Maschinen für Studierende auf dem Gebiet der Synthetischen Biologie, englisch: International Genetically Engineered Machine competition.

Der Wettbewerb ist das Hauptprojekt der **igem Foundation** (http://igem.org/Main_Page), einer "unabhängigen non-profit-Organisation, die sich der Bildungsarbeit und dem Wettbewerb widmet, Fortschritte in der synthetischen Biologie anstrebt und großen Wert auf Zusammenarbeit und Informationsaustausch legt". ("dedicated to education and competition, the advancement of synthetic biology, and the development of an open community and collaboration.")



Zusatzmaterial zur Sendung 07: Biologie und Ethik: Künstliches Leben: Organismen vom Reißbrett

Die iGem Foundation wird von diversen Sponsoren aus Wirtschaft und öffentlicher Hand finanziert (<http://2017.igem.org/Sponsors>)

Webseite: <http://igem.org>

Teams deutscher Universitäten nehmen regelmäßig mit großem Erfolg an dem Wettbewerb teil: 2017 schafften es Teams aus Aachen, Berlin, Darmstadt, Freiburg, Hamburg, Heidelberg, Köln/Düsseldorf, München, Stuttgart und Tübingen auf die Medaillenränge (Quelle: <http://2017.igem.org/Competition/Results>)

Hier einige Links zu den **Seiten deutscher Universitätsteams** zu ihren Teilnahmeprojekten:

http://www.igem.tu-darmstadt.de/2017/home_3.de.jsp

<http://www.pr.uni-freiburg.de/pm/2015/pm.2015-09-30.135>

<https://www.facebook.com/iGEMHeidelberg2017/>

<https://www.facebook.com/Munich.iGEM/>

2. Synthetische Biologie

Auf **ZEIT online** ist ein umfassendes Dossier zum Thema Synthetische Biologie verfügbar, das einen Überblick über die Entwicklung des Themas in den letzten Jahren gibt:

<http://www.zeit.de/thema/synthetische-biologie>

Die **Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften** veröffentlicht Stellungnahmen und Diskussionspapiere zu verschiedenen Aspekten der Genomchirurgie und zur Synthetischen Biologie. Mitglieder der Leopoldina und weitere Experten erstellen diese Papiere in Arbeitsgruppen oder als Dokumentation von



Zusatzmaterial zur Sendung 07: Biologie und Ethik: Künstliches Leben: Organismen vom Reißbrett

Fachsymposien. Gemeinsam mit anderen Akademien und Wissenschaftseinrichtungen erarbeiten die Wissenschaftler Empfehlungen für Politik und Gesellschaft. Die Publikationen sind alle frei zugänglich:

- <http://www.leopoldina.org/de/wissenschaft/thema-genomchirurgie/genomchirurgie-Publikationen/>
- <https://www.leopoldina.org/de/publikationen/detailansicht/publication/die-synthetische-biologie-in-der-oeffentlichen-meinungsbildung-2015/>

3. Was ist Synthetische Biologie?

In der **Sendung «Scobel»** behandelt der Moderator Gert Scobel bereits 2012 das Thema „Synthetisches Leben“. Gemeinsam mit seinen Gästen, der Biophysikerin Petra Schuille, dem Philosophen Joachim Boldt und dem Mikrobiologen Ralf Wagner, diskutiert er über Chancen und Gefahren der Synthetischen Biologie.

Das Video der Sendung ist aufgrund des Rundfunkstaatsvertrags leider nicht mehr auf der Webseite des Senders verfügbar, kann aber bei youtube gefunden werden.

Auch die **3sat-Dokumentation** "Biobricks – Bausteine des Lebens" beschäftigt sich mit der synthetischen Biologie:

<http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=34191>

Auf dem Webportal **wissensschau.de** des Biochemikers und Immunologen Volker Henn findet sich eine Seite zur synthetischen Biologie, mit mehreren weiterführenden Links.

http://www.wissensschau.de/synthetische_biologie/synthetische_biologie_definition.php

Auch ein sehr umfangreiches Dossier des von Umwelt-, Wirtschafts-, Verbraucher- und Bauernverbänden getragenen **Informationsdienstes Gentechnik** setzt sich umfassend mit den Möglichkeiten und Risiken der synthetischen Biologie auseinander:

<https://www.keine-gentechnik.de/dossiers/synthetische-biologie/>



Zusatzmaterial zur Sendung 07: Biologie und Ethik: Künstliches Leben: Organismen vom Reißbrett

Auch die **Max-Planck-Gesellschaft**, in deren **Forschungsnetzwerk MaxSynBio** neun Institute zum Thema synthetische Biologie forschen, betreibt ein umfassendes Webportal zum Thema:

<https://www.mpg.de/themenportal/synthetische-biologie>

In einer gemeinsam von der **Max-Planck-Gesellschaft, der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und der Leopoldina** verfassten Stellungnahme haben diese Institutionen bereits 2009 eine gemeinsame Stellungnahme zu den möglichen Chancen und Risiken der Synthetischen Biologie erarbeitet:

https://www.mpg.de/7423639/synthbio_stellungnahme.pdf

Weiterführende Literatur zum Thema Synthetische Biologie

- Barwanietz, U & Kölbl, R (2013). Leben aus dem Baukasten. Synthetische Biologie. **SWR ONLINE** (<https://www.swr.de/swr2/wissen/synthetische-biologie/-/id=661224/did=12163514/nid=661224/vhiw83/index.html>).
- **Pharmazeutische Zeitung online** (2010). Synthetische Biologie: Der Mensch als Schöpfer. (<https://www.pharmazeutische-zeitung.de/index.php?id=33982>)
- Müller-Röber, B & Weitze, MD (2011). Synthetische Biologie – auf dem Weg zu einer Neuen Technologie. In: Kehrt, C/ Schüßler, P/ Weitze, MD (Hrsg.). Neue Technologien in der Gesellschaft. Akteure, Erwartungen, Kontroversen und Konjunkturen. **transcript**, Bielefeld: 237-248.
(http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/acatech_diskutiert/Neue_Technologien.pdf)



Zusatzmaterial zur Sendung 07: Biologie und Ethik: Künstliches Leben: Organismen vom Reißbrett

Englische Veröffentlichungen:

- Agapakis, CM & Silver, PA (2009). Synthetic biology: exploring and exploiting genetic modularity through the design of novel biological networks. **Mol Biosyst** 5 (7): 704-713 (doi: [10.1039/b901484e](https://doi.org/10.1039/b901484e))
- Ball, P (2007). Synthetic biology: designs for life. **Nature** 448 (7149): 32-33. (doi: [10.1038/448032a](https://doi.org/10.1038/448032a))
- Fu, P (2006). A perspective of synthetic biology: assembling building blocks for novel functions. **Biotechnol J** 1 (6): 690-699. (doi: [10.1002/biot.200600019](https://doi.org/10.1002/biot.200600019))
- Benner, SA & Sismour, AM (2005). Synthetic biology. **Nat Rev Genet** 6 (7): 533-543. (doi: [10.1038/nrg1637](https://doi.org/10.1038/nrg1637))

Kritisch zur Synthetischen Biologie äußert sich die **Heinrich-Böll-Stiftung**:

- Fatheuer, T/ Fuhr, L/ Unmüßig, B (2015). Synthetische Biologie: Neue Versprechungen und alte Machtgefüge. **Heinrich-Böll-Stiftung**
(https://www.boell.de/de/2015/11/24/synthetische-biologie-neue-versprechungen-und-alte-machtgefuege?dimension1=ds_synthetische_biologie_deS)

Siehe hierzu auch das folgende, von der Stiftung veröffentlichte Video, das auch hier abgerufen werden kann:

<https://www.youtube.com/watch?v=QBrortOS7E4&feature=youtu.be>

- Kirschey, R & Hauer, T (2011). Drohende Gefahren der synthetischen Biologie. Risikoeinschätzungen sind kaum möglich. **3sat**
(<https://www.3sat.de/page/?source=/scobel/158557/index.html>)



Zusatzmaterial zur Sendung 07: Biologie und Ethik: Künstliches Leben: Organismen vom Reißbrett

4. Synthetische Biologie: Herstellung pflanzlicher Wirkstoffe

2015 ging der Nobelpreis für Physiologie oder Medizin zur Hälfte an **William C. Campbell** (Irland) und **Satoshi Omura** (Japan) für die Entdeckung von **Avermectin**, das die Behandlung der **tropischen Flussblindheit** und **Elephantiasis** verändert hat. Ebenfalls ausgezeichnet wurde **Youyou Tu** (China) für die Entdeckung von **Artemisinin**, das sich zum Standardmedikament zur Behandlung der **Malaria** entwickelt hat.
(https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2015/press.pdf,
<http://www.spiegel.de/gesundheit/diagnose/nobelpreis-medizin-2015-medikamente-gegen-malaria-und-fadenwuermer-a-1056209.html>)

Fachliteratur hierzu:

- Egerton, JR et al. (1979). Avermectins, new family of potent anthelmintic agents: efficacy of the B1a component. **Antimicrob Agents Chemother** 15 (3): 372-378. (doi: [10.1128/AAC.15.3.372](https://doi.org/10.1128/AAC.15.3.372))
- Burg, RW et al. (1979). Avermectins, new family of potent anthelmintic agents: producing organism and fermentation. **Antimicrob Agents Chemother** 15 (3): 361-367. (doi: [10.1128/AAC.15.3.361](https://doi.org/10.1128/AAC.15.3.361))
- Tu, YY et al. (1981). Studies on the constituents of *Artemisia annua* L [in Chinese]. **Yao Xue Xue Bao** 16 (5): 366-370.
- Tu, YY (2011). The discovery of artemisinin (qinghaosu) and gifts from Chinese medicine. **Nat Med** 17 (10): 1217-1220. (doi: [10.1038/nm.2471](https://doi.org/10.1038/nm.2471)) (http://173-254-8-36.unifiedlayer.com/awards/pdf/2011_c_youyou.pdf)

Mithilfe der Synthetischen Biologie besteht nun die Möglichkeit, das Medikament Artemisinin in großen Mengen zu produzieren. Dabei werden die entscheidenden Gene aus dem **Einjährigen Beifuß (*Artemisia annua*)** in **Hefezellen** kopiert. Diese Hefepilze produzieren zunächst Artemisininsäure, aus der sich dann in einem weiteren biosynthetischen Schritt der Stoff Artemisinin gewinnen lässt. Im Folgenden findet sich eine Übersicht von Artikeln, die die Entdeckung und die neuen Methoden zur Herstellung des Artemisinins zusammenfassen:



Zusatzmaterial zur Sendung 07: Biologie und Ethik: Künstliches Leben: Organismen vom Reißbrett

- Kupferschmidt, K (2011). Synthetische Biologie: Wie Hefezellen Medikamente gegen Malaria herstellen. **ZEIT ONLINE** (<http://www.zeit.de/wissen/2011-02/biologie-zellen>)
- **Pharmazeutische Zeitung online** (2013). Artemisinin. Malaria-Mittel aus Hefepilzen. (<https://www.pharmazeutische-zeitung.de/index.php?id=46181>)
- Meshnick, SR (2002). Artemisinin: mechanisms of action, resistance and toxicity. **Int J Parasitol** 32 (13): 1655-1660. (doi: [10.1016/S0020-7519\(02\)00194-7](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(02)00194-7))
- Abdin, MZ/ Israr, M/ Rehman, RU/ Jain, SK (2003). Artemisinin, a novel antimalarial drug: biochemical and molecular approaches for enhanced production. **Planta Med** 69 (4): 289-299. (doi: [10.1055/s-2003-38871](https://doi.org/10.1055/s-2003-38871))
- Bray, PG/ Ward, SA/ O'Neill, PM (2005). Quinolines and Artemisinin: Chemistry, Biology and History. In: Compans, RW et al. (Hrsg.). Malaria: Drugs, Disease and Post-genomic Biology, **Springer**, Berlin [u.a.]: 3-38. (doi: [10.1007/3-540-29088-5_1](https://doi.org/10.1007/3-540-29088-5_1))
- Ro, DK et al. (2006). Production of the antimalarial drug precursor artemisinic acid in engineered yeast. **Nature** 440 (7086): 940-943. (doi: [10.1038/nature04640](https://doi.org/10.1038/nature04640))
- Cui, L & Su, XZ (2009). Discovery, mechanisms of action and combination therapy of artemisinin. **Expert Rev Anti Infect Ther** 7 (8): 999-1013. (doi: [10.1586/eri.09.68](https://doi.org/10.1586/eri.09.68))
- Paddon, CJ et al. (2013). High-level semi-synthetic production of the potent antimalarial artemisinin. **Nature** 496 (7446): 528-532. (doi: [10.1038/nature12051](https://doi.org/10.1038/nature12051))
- Winzeler, EA & Manary, MJ (2014). Drug resistance genomics of the antimalarial drug artemisinin. **Genome Biol** 15 (11): 544. (doi: [10.1186/s13059-014-0544-6](https://doi.org/10.1186/s13059-014-0544-6))
- Fuentes P et al. (2016). A new synthetic biology approach allows transfer of an entire metabolic pathway from a medicinal plant to a biomass crop. **Elife** 5: e13664 (doi: [10.7554/eLife.13664](https://doi.org/10.7554/eLife.13664))

5. Synthetische Biologie: Herstellung synthetischer Organismen

Die synthetische Biologie kann nicht nur Hefezellen zur Produktion pflanzlicher Stoffe "umprogrammieren", sondern auch ein vollständiges Erbgut selbst synthetisch herstellen und in eine Zelle einpflanzen. ***Mycoplasma mycoides* JCVI-syn1.0** ist ein solches synthetisch hergestelltes, lebensfähiges Bakterium. Selbst ganze **Chromosomen** können Forscher erschaffen. Die folgenden Artikel befassen sich mit dieser neuen Möglichkeit:



Zusatzmaterial zur Sendung 07: Biologie und Ethik: Künstliches Leben: Organismen vom Reißbrett

- Craig, JV (2009). Künstliches Leben: Programmieren in DNA. **SPiegel ONLINE** (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/kuenstliches-leben-programmieren-in-dna-a-621584.html>)
- Briseño, C (2010). Erster künstlicher Organismus: "Sie sollen tun, was wir wollen". **SPiegel ONLINE** (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/erster-kuenstlicher-organismus-sie-sollen-tun-was-wir-wollen-a-696057.html>)
- **SPiegel ONLINE** (2010). Durchbruch: Forscher erschaffen erstmals künstliches Leben. (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/durchbruch-forscher-erschaffen-erstmal-kuenstliches-leben-a-696016.html>)
- Willems, W (2015). Künstliche Lebewesen: Forscher wollen die Fesseln der Evolution sprengen. **WELT ONLINE** (<https://www.welt.de/wissenschaft/article139706087/Forscher-wollen-die-Fesseln-der-Evolution-sprengen.html>)
- Gibson, DG et al. (2010). Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome. **Science** 329 (5987): 52-56. (doi: [10.1126/science.1190719](https://doi.org/10.1126/science.1190719))
- Pennisi, E (2010). Genomics. Synthetic Genome Brings New Life to Bacterium. **Science** 328 (5981): 958-959. (doi: [10.1126/science.328.5981.958](https://doi.org/10.1126/science.328.5981.958))

Synthetisch hergestelltes Chromosom

Die folgenden deutsch- und englischsprachigen Artikel geben einen Überblick über die Erschaffung sogenannter "Designer-Chromosomen".

- Eberhart, B (2014). Forscher erschaffen das erste künstliche Chromosom. **ZEIT ONLINE** (<http://www.zeit.de/wissen/2014-03/bier-hefe-erbgut-biologie-synthetisch>)
- Charisius, H & Kupferschmidt, K (2016). Forscher erschaffen Bakterium mit Minimalgenom. **SZ ONLINE** (<http://www.sueddeutsche.de/wissen/synthetische-biologie-forscher-erschaffen-bakterium-mit-minimalgenom-1.2920047>)
- Annaluru, N et al. (2014). Total synthesis of a functional designer eukaryotic chromosome. **Science** 344 (6179): 55-58. (doi: [10.1126/science.1249252](https://doi.org/10.1126/science.1249252))
- Gibson, DG & Venter, JC (2014). Synthetic biology: Construction of a yeast chromosome. **Nature** 509 (7499): 168-169. (doi: [10.1038/509168a](https://doi.org/10.1038/509168a))
- Maxmen, A (2017). Synthetic yeast chromosomes help probe mysteries of evolution. **Nature** 543 (7645): 298-299. (doi: [10.1038/nature.2017.21615](https://doi.org/10.1038/nature.2017.21615))
- Kannan, K & Gibson, DG (2017). Yeast genome, by design. **Science** 355 (6329): 1024-1025. (doi: [10.1126/science.aam9739](https://doi.org/10.1126/science.aam9739))



Zusatzmaterial zur Sendung 07: Biologie und Ethik: Künstliches Leben: Organismen vom Reißbrett

6. Synthetische Biologie: Ethische Beurteilung

Der **deutsche Ethikrat** hat sich in den letzten Jahren regelmäßig in Form von Veröffentlichungen und Veranstaltungen mit dem Thema "Synthetische Biologie" befasst. Die Beiträge können auf dieser Themenseite abgerufen werden.

<http://www.ethikrat.org/themen/forschung-und-technik/synthetische-biologie>

Besonders umfassend und interessant ist die Dokumentation der **Tagung "Bedeutung der Synthetischen Biologie für Wissenschaft und Gesellschaft"** (2011):

<http://www.ethikrat.org/dateien/pdf/tagungsdokumentation-werkstatt-leben.pdf>

Weitere Beiträge, die sich unter ethischen Kriterien mit dem Thema "Synthetische Biologie" befassen:

- Boldt, J/ Matern, H/ Müller, O/ Eichinger, T/ Ried, J (2012). Der Herstellungsbegriff in der Synthetischen Biologie. **Jahrbuch für Wissenschaft und Ethik** 17 (1): 89-116.
- Boldt, J/ Müller, O/ Maio, G (Hrsg.) (2012). Leben schaffen? Ethische Reflexionen zur Synthetischen Biologie. **Mentis**, Paderborn.
- Boldt, J (Hrsg.) (2016). Synthetic Biology. Metaphors, Worldviews, Ethics, and Law. **Springer**, Wiesbaden.
- Boldt, J/ Müller, O/ Maio, G (2009). Synthetische Biologie. Eine ethisch-philosophische Analyse, hrsg. v. Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich EKAH und Ariane Willemsen. **Bundesamt für Bauten und Logistik BBL**, Bern.
(http://www.ekah.admin.ch/fileadmin/_migrated/content_uploads/EKAH_Synthetische_Biologie_Inhalt_V.pdf)
- Brenner, A (2007). Leben. Eine philosophische Untersuchung, hrsg. v. Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich EKAH und Ariane Willemsen. **Bundesamt für Bauten und Logistik BBL**, Bern.
(http://www.ekah.admin.ch/fileadmin/_migrated/content_uploads/d-Beitrag-Leben-2007.pdf)



Zusatzmaterial zur Sendung 07: Biologie und Ethik: Künstliches Leben: Organismen vom Reißbrett

- Deutscher Ethikrat (Hrsg.) (2013). Werkstatt Leben. Bedeutung der Synthetischen Biologie für Wissenschaft und Gesellschaft. **Deutscher Ethikrat**, Berlin.
(https://www.mpg.de/7423611/werkstatt_leben_tagungsdokumentation.pdf)
- **Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich EKAH** (Hrsg.) (2010). Synthetische Biologie – Ethische Überlegungen (http://www.ekah.admin.ch/fileadmin/_migrated/content_uploads/d-Synthetische_Bio_Broschuere.pdf)
- Lenzen, M (2012). Reflexionen zur Synthetischen Biologie. Dann lasst uns einen neuen Baum des Lebens pflanzen. **FAZ ONLINE**
(<http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/buecher/rezensionen/sachbuch/reflexionen-zur-synthetischen-biologie-dann-lasst-uns-einen-neuen-baum-des-lebens-pflanzen-11692664.html>)

7. Synthetische Biologie in Hessen

Das im Rahmen der hessischen Landesoffensive zur Förderung wissenschaftlicher und ökonomischer Exzellenz (LOEWE) eingerichtete **LOEWE-Zentrum für Synthetische Mikrobiologie Synmikro in Marburg** hat sich seit seiner Gründung im Jahr 2010 zu einem der weltweit größten Zentren synthetisch-mikrobiologischer Forschung entwickelt:

<http://www.proloewe.de/synmikro>

<http://synmikro.com>

SYNMIKRO hat zwei übergeordnete Ziele: Zum einen sollen die bisher eher statischen Komponenten und Funktionsanalysen mikrobieller Zellen hin zu einem quantitativen, dynamischen, theoretisch modellierbaren Funktionsverständnis weiterentwickelt werden. Zum anderen verfolgt SYNMIKRO das innovative Ziel, über rationales Design neue Funktionseinheiten zu synthetisieren, zu kombinieren und in den Funktionsapparat der Zelle zu integrieren, um Mikroorganismen mit neuen Eigenschaften und Anwendungspotenzial herzustellen.



Zusatzmaterial zur Sendung 07: Biologie und Ethik: Künstliches Leben: Organismen vom Reißbrett

In Marburg wurde dieses Jahr auch die **German Association for Synthetic Biology** (<https://www.synthetischebiologie.org>) gegründet, deren erste Jahreskonferenz im November stattfand. Hier findet sich ein Überblick über die Themen der Konferenz (englisch):

<https://www.synthetischebiologie.org/schedule>

Am ebenfalls in Marburg ansässigen **Max-Planck-Institut für Terrestrische Mikrobiologie** (www.mpi-marburg.mpg.de), das auch am LOEWE-Zentrum Synmikro beteiligt ist, arbeiten mehrere Arbeitsgruppen im Bereich der synthetischen Biologie. So ist es z.B. dem Biologen Tobias Erb gelungen, einen künstlichen Stoffwechselkreislauf zu erschaffen, in dem die CO₂-Fixierung effizienter abläuft als in der natürlichen Photosynthese. Seine Arbeit wird in einem **3sat-Feature** vorgestellt (<http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=68720>), sowie in einem Artikel in der **FAZ**, der parallel zu einem von Erb im November 2017 in Frankfurt gehaltenen Thema erschienen ist:

<https://www.maxsynbio.mpg.de/992272/news-2017-faz-erb>