



# Synthetische Biologie

## Perspektivreferat



*„The genetic code is 3.6 billion years old. It's time for a rewrite“* Tom Knight

*„Making life better, one part at a time“*  
syntheticbiology.org

„Künstliches Leben“

„Lebendige Maschinen“

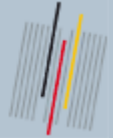
„BioBausteine“



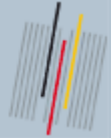
# Was ist Synthetische Biologie?

→ das Design biologischer Systeme und Organismen mithilfe ***standardisierter Bausteine*** und ***ingenieurwissenschaftlicher Prinzipien***

- *We will [...] devise new control elements and add these new modules to the existing genomes or buildup wholly new genomes. This would be a field with the unlimited expansion potential and hardly any limitations to building "new better control circuits" and [...] finally other "synthetic" organisms [...]. (Szybalski 1974)*



- ***Standardisierte Bausteine***: lassen sich alle mit den gleichen molekularbiologischen Arbeitsschritten zusammenstecken und auseinandernehmen
- ***Ingenieurwissenschaftliche Prinzipien***: z. B. Standardisierung, Modularisierung, Abstraktion; normalerweise eingesetzt etwa in Schaltkreisen oder Computerprogrammen



# Ziele der Synthetischen Biologie

1. Design standardisierter biologischer Bausteine (z. B. BioBricks)
2. Herstellung eines „minimalen Organismus“, der als Gerüst für Module mit maßgeschneiderten biologischen Funktionen dient
3. Entwicklung künstlicher Biomoleküle



## Synthetische Biologie vs. Gentechnik

<b>Gentechnik</b>	<b>Synthetische Biologie</b>
handwerklich	ingenieurwissenschaftlich
Manipulation einzelner Gene	Manipulation ganzer Genkaskaden und Genome
Arbeit mit natürlichen Organismen	Ziel der Erschaffung neuartiger Organismen
beschränkt auf natürliche Biomoleküle	(geplanter) Einsatz künstlicher Biomoleküle



## Ist die Synthetische Biologie wirklich neu?

*War die Gentechnik noch gebunden an bereits existierende Formen des Lebens und beschränkt auf den Austausch einzelner Gensequenzen, so nimmt es die Synthetische Biologie in Angriff, Lebensformen in weitgehender Ablösung von der Natur zu entwerfen und herzustellen. [So initiiert sie] einen Perspektivwechsel von der gentechnischen Manipulation hin zur synthetischen Kreation, den man als qualitativen Sprung beschreiben kann. (Boldt et al 2009)*



# Ziele der Synthetischen Biologie

1. Design standardisierter biologischer Bausteine (z. B. BioBricks)
2. Herstellung eines „minimalen Organismus“, der als Gerüst für Module mit maßgeschneiderten biologische Funktionen dient
3. Entwicklung künstlicher Biomoleküle





## 1.) BioBricks

- BioBricks sind austauschbare, standardisierte DNA-Bausteine, die sich besonders leicht miteinander kombinieren lassen
- Verwaltung und öffentlicher Zugang durch M.I.T. Registry of Standard Biological Parts und BioBricks Foundation
- Baumaterial für den jährlichen Studentenwettbewerb International Genetically Engineered Machine (iGEM)
- *Using BioBrick™ standard biological parts, a synthetic biologist or biological engineer can already, to some extent, program living organisms in the same way a computer scientist can program a computer.* BioBricks Foundation



## 1.) BioBricks - ein Beispiel

- Gewinner des iGEM-Wettbewerbs 2008: Team Slowenien
- „Immunobricks“, ein Designerimpfstoff gegen das den Magen plagende Bakterium *Helicobacter pylori*
- Das BioBricks-System wurde genutzt, um Komponenten des Bakteriums so zu verändern, dass sie für das Immunsystem „sichtbar“ werden und von ihm attackiert werden können.



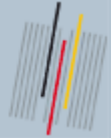
## 2.) Herstellung eines „Minimalorganismus“

- Ziel ist ein genetisch möglichst schlichter Organismus, der nur die zum Leben allernotwendigsten Gene enthält
- Er soll als Gerüst dienen, das maßgeschneiderte Bausteine und Schaltkreise aufnehmen kann
- Erreichbar über das systematische Abschalten von Genen in ohnehin kleinen Organismen (z. B. *Mycoplasma genitalium*, Craig Venter)
- Herstellung eines von Grund auf künstlichen Organismus (Protocell) wird auch erforscht



### 3.) Künstliche Biomoleküle

- Neue DNA-Basen
- Künstliche Transfer-RNA-Moleküle ermöglichen den Einbau von normalerweise ungenutzten Aminosäuren, die in natürlichen Proteinen nicht zu finden sind
- Künstliche chemische Veredelung von Proteinen nach der natürlichen Proteinsynthese



### 3.) Künstliche Biomoleküle - Beispiel DNA

Ein künstliches DNA-Molekül mit vier synthetischen Basen, das der natürlichen DNA-Doppelhelix dennoch sehr ähnelt.

Quelle: *Artificial DNA Made Exclusively of Nonnatural C-Nucleosides with Four Types of Nonnatural Bases*. **Yasuhiro Doi, Junya Chiba, Tomoyuki Morikawa and Masahiko Inouye**. *J. Am. Chem. Soc.*, **2008**, 130 (27), pp 8762-8768, 11. Juni 2008

**DOI:** 10.1021/ja801058h



## Entwicklung des Forschungsfeldes

- Seit 2004 jährliche internationale Konferenz, seit 2007 auch europäische Tagungen
- Seit 2007 Fachzeitschriften
- Exponentieller Anstieg von Publikationen



# Bioethische und gesellschaftliche Debatte

- Bis zu 20% der Zeit auf Fachtagungen
- EU-SYNBIOSAFE-Projekt und „E-Konferenz“ 2008
- Venter/M.I.T./Sloan-Projekt zu gesellschaftlichen und Sicherheitsfragen 2005-2007
- Report des britischen BBSRC (Forschungsförderer)
- Ethisch-philosophische Analyse der EKAH (Boldt et al 2009)
- Kritische Interessengruppen, z. B. „Erosion, Technology and Concentration“ (ETC)



# Bioethische Fragen

1. Schäden durch freigesetzte synthetische Organismen
2. Wirtschaftliche Gerechtigkeit
3. Philosophische Konsequenzen der Erschaffung künstlichen Lebens





# 1.) Schäden durch Freisetzung

- „biosafety“: Unbeabsichtigte und unvorhersehbare „Risiken und Nebenwirkungen“ – analog zur Gentechnikdebatte
- „biosecurity“: gezielter Missbrauch der Synthetischen Biologie, z. B. durch Bioterrorismus – ggf. besonderes Risiko durch einfachen Zugang zur Technologie



## 2.) Wirtschaftliche Gerechtigkeit

- Wann ist Patentierung von Leben gerechtfertigt?
- Sind hierdurch entstehende Monopole kritisch zu betrachten?
- Wird durch synthetische Herstellung natürlicher Produkte das Einkommen ihrer Produzenten in Entwicklungsländern gefährdet? Beispiel: Artemisinin



Natürliches Artemisinin wird aus den Blättern und Blüten des Einjährigen Beifußes (*Artemisia annua*) gewonnen. Kritiker befürchten, dass lokale Produzenten in Asien und Afrika durch den Erfolg der synthetischen Herstellung benachteiligt werden könnten.



## 3.) Erschaffung künstlichen Lebens

- [Ein reduzierter Lebensbegriff] kann dazu führen, «Leben» zu unterschätzen, und suggeriert daher möglicherweise eine Kontrollierbarkeit von Lebensprozessen, die so nicht gegeben ist.
- Das Verwischen der Grenze zwischen Lebendigem und Technischem kann weitreichende Folgen für die Einschätzung von und den Umgang mit Lebendigem haben.
- Eine Änderung des menschlichen Selbstverständnisses vom Homo faber zum Homo creator, also nicht nur einem Produzenten von Artefakten oder einem Manipulators natürlicher Prozesse, sondern einem veritablen «Schöpfer» von Leben.

Nach Boldt et al 2009