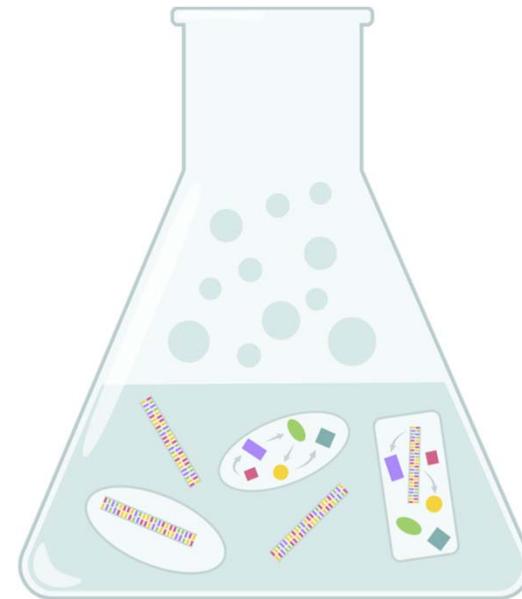


Synthetische Biologie – Eine Einführung

- Was ist synthetische Biologie?
- Mögliche Anwendungsgebiete
- Ethische Fragen

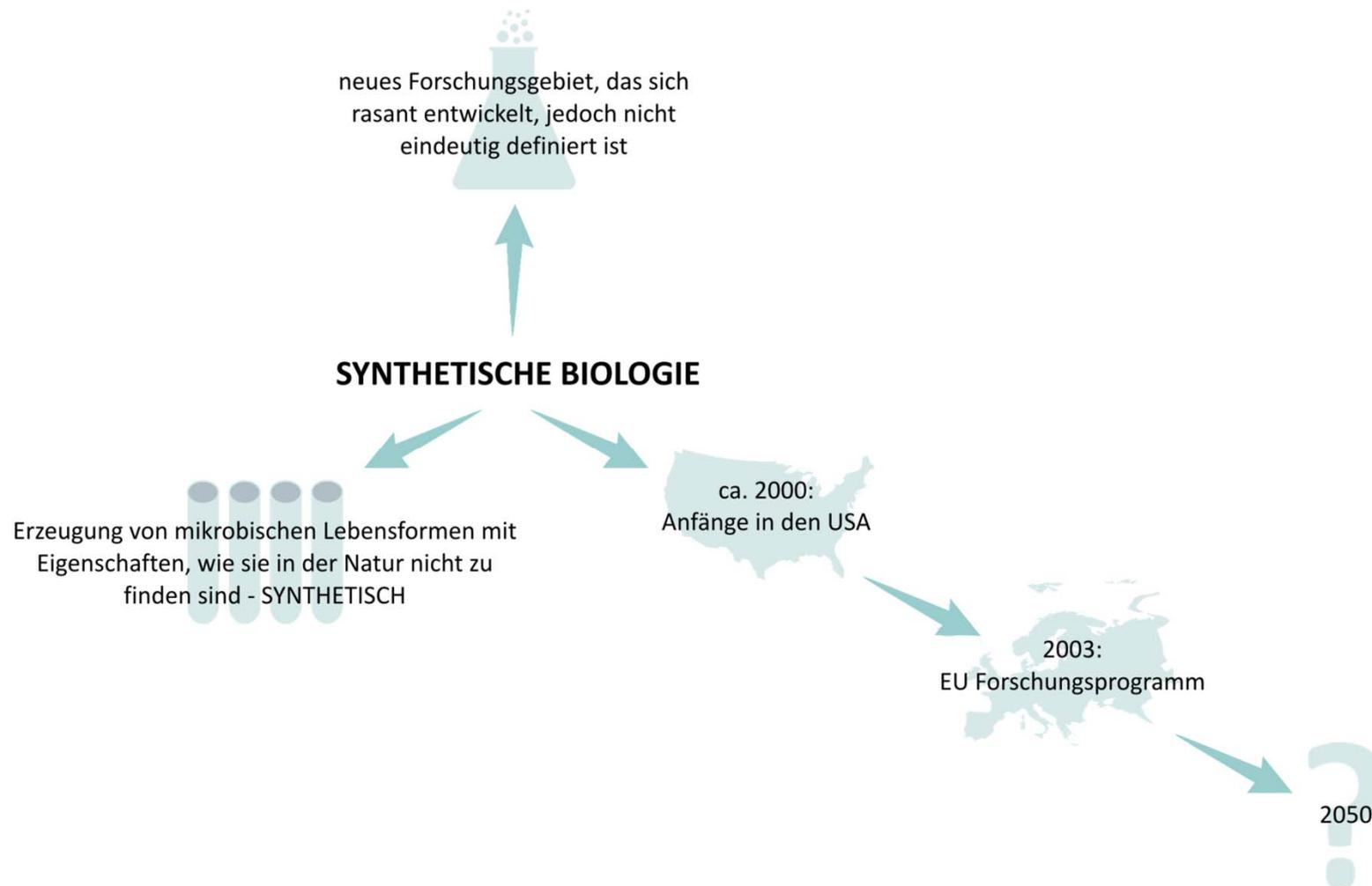
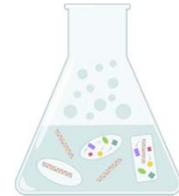
OPEN
SCIENCE

Lebenswissenschaften im Dialog

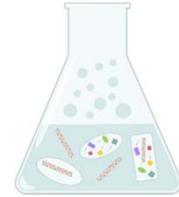


WAS IST SYNTHETISCHE BIOLOGIE?

Was ist Synthetische Biologie?



Ziele der Synthetischen Biologie



Aims of synthetic biology

1. to engineer and study biological systems that do not exist as such in nature, and
2. to use this approach for
 - (i) achieving better understanding of life processes,
 - (ii) generating and assembling functional modular components,
 - (iii) developing novel applications or processes

(Einigung bei einem europäischen Expertentreffen, 2007)

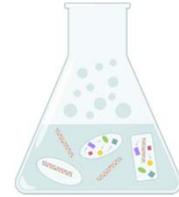
Nicht-natürliche biologische Systeme
konstruieren und erforschen

Erkenntnis über molekulare Prozesse
durch Nachbauen und Modellieren

Modularisierung und Standardisierung:
Reproduzierbare und kombinierbare biologische Module

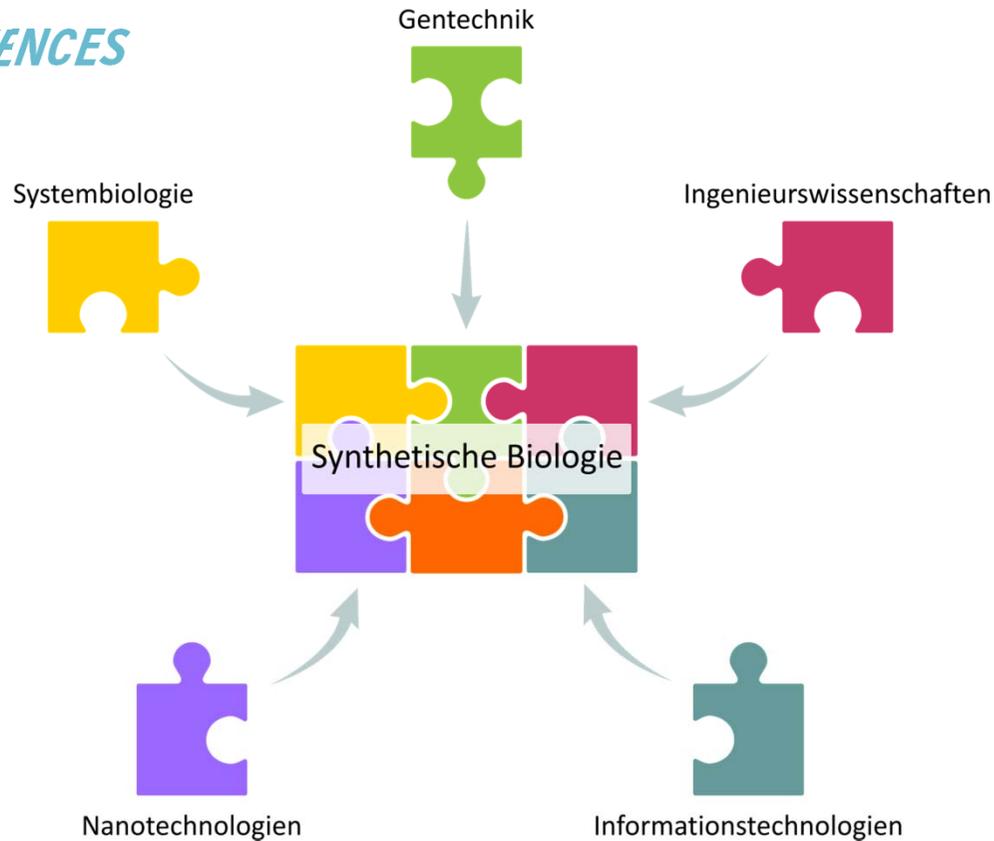
Ausgerichtet auf neue Anwendungen
(Medizin, Umweltschutz, Biosensoren...)

Was ist neu an der Synthetischen Biologie?



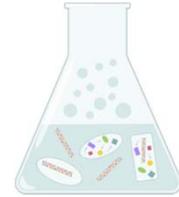
Kein Fach, das aus dem Nichts kommt!

CONVERGING SCIENCES



Nicht mehr nur einzelne, kürzere DNA-Abschnitte werden verändert, sondern ganze Genome!

Worauf basiert die Synthetische Biologie?



- Entdeckung der molekularen Struktur des Genoms Mitte des 20. Jhdts.– Leben lässt sich auf molekularer Ebene beschreiben und wird nicht „erschaffen“
- Immer billiger und zugänglicher werdende **DNA-Synthese**
- Laufend verbesserte Techniken zur **DNA-Sequenzierung**



DNA-Synthese:

künstliche Herstellung eines DNA-Abschnitts



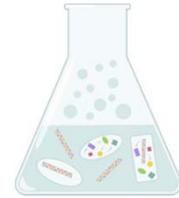
DNA-Sequenzierung:

Entschlüsselung der Basen-Sequenz eines DNA-Abschnitts

Gentechnik

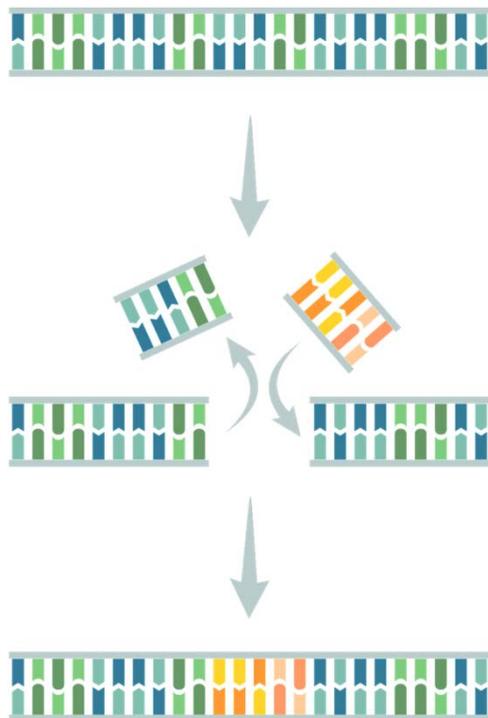


Unterschied Gentechnik / Synthetische Biologie



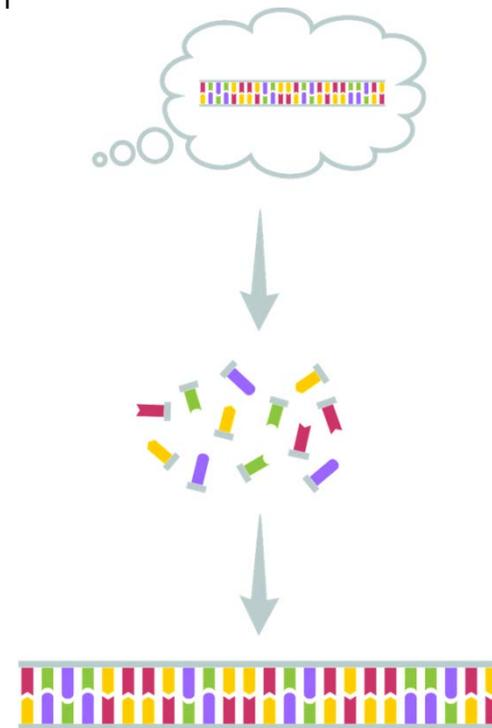
GENTECHNIK

gebunden an existierende Formen des Lebens, beschränkt auf den Austausch einzelner, kurzer Gensequenzen

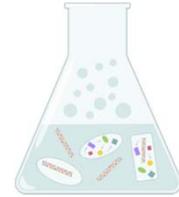


SYNTHETISCHE BIOLOGIE

Lebensform nach ingenieurswissenschaftlichen Prinzipien mit Bausteinen der Natur oder synthetischen Komponenten entwerfen und herstellen



Bioeconomy: Vision oder baldige Realität?



Ein neuer Wirtschaftszweig?

- Großes Potential für die Technologien der Synthetischen Biologie.
- Zukünftige Anwendungen sind jedoch noch unklar.

VIELE VISIONEN SIND NOCH IM STATUS DER GRUNDLAGENFORSCHUNG!



Foto: BZIL, cc/by



MÖGLICHE ANWENDUNGSGEBIETE

Mögliche Anwendungsgebiete



- **ARZNEIMITTEL**, die in synthetischen Organismen hergestellt werden
- Herstellung von **HUMANEN GEWEBEN** mithilfe von optimierten Stammzellen
- **ALTERNATIVE TREIBSTOFFE**, die durch künstliche Bakterien erzeugt werden
- Synthetische Pilze, die **SCHADSTOFFE ABBAUEN** können ...
- und vieles mehr



Foto Würfel, cc/by-sa



Foto: Thiemo Schuff, cc/by-sa



Foto: Archenzo, cc/by-sa

Mögliche Anwendungsgebiete

Vier Beispiele für charakteristische Forschungsansätze



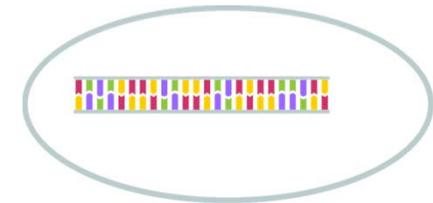
1. CHEMISCHE SYNTHESE VON GENEN/GENOMEN

Beispiel *Mycoplasma mycoides* JCVI-syn1.0 Genom



2. ENTWICKLUNG VON MINIMALZELLEN

bottom-up und top-down Ansätze



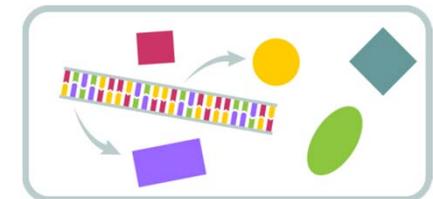
3. DESIGN VON MAßGESCHNEIDERTEN STOFFWECHSEL- WEGEN

Beispiel Artemisinin-Produktion



4. SCHAFFUNG VON PROTOZELLEN

artifizielle Systeme mit Eigenschaften lebender Zellen



Chemische Synthese von Genen und Genomen



SYNTHESE VON DNA IN BELIEBIGER SEQUENZ UND FAST BELIEBIGER LÄNGE ohne Matrize möglich - wichtiger Fortschritt in Richtung einer Synthetischen Biologie



ANWENDUNGEN:

- DNA-Impfstoffe (HIV-1)
- Somatische Gentherapie: Aminosäuresequenzen mit antiviraler Aktivität
- Design von synthetischen bakteriellen Genomen

Chemische Synthese von Genen und Genomen

Mycoplasma mycoides JCVI-syn1.0



Lebewesen mit **SYNTHETISCHER DNA** erstmals im Jahr 2010 geschaffen
≠ **SYNTHETISCHES LEBEWESEN!**

Genom von *Mycoplasma mycoides* (1.077.947 bp) wurde basierend auf den vorhandenen Sequenzdaten synthetisiert und in anderen Bakterienstamm (*Mycoplasma capriolum*) eingeschleust.

Craig Venter Institute, Kalifornien

20 ForscherInnen mehr als 10 Jahre lang gearbeitet!
Budget 40 Mio. Dollar!

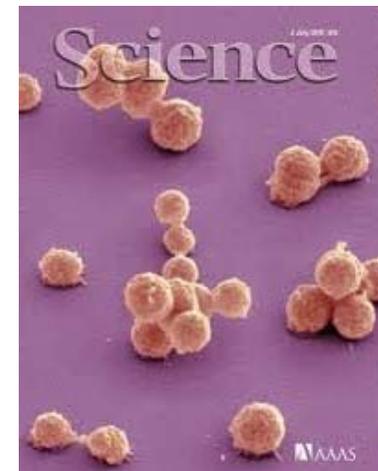
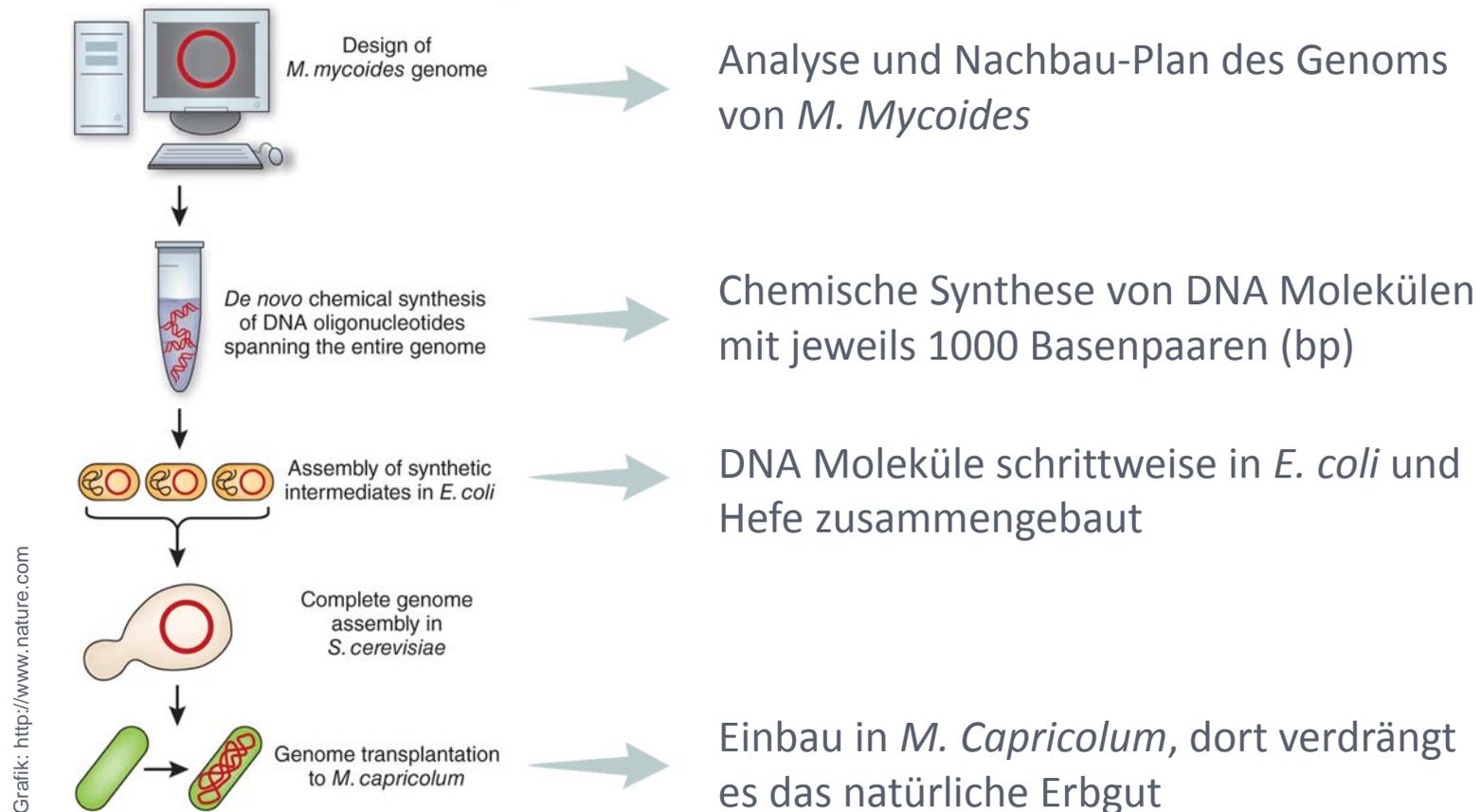


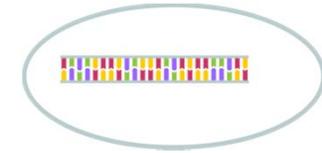
Foto: www.science.org

Chemische Synthese von Genen und Genomen

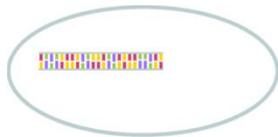
Mycoplasma mycoides JCVI-syn1.0



Entwicklung von Minimalzellen

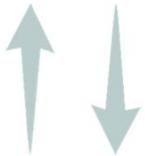


Zellen, die nur unbedingt lebensnotwendige Komponenten enthalten



Enthalten ein **MINIMALGENOM**:

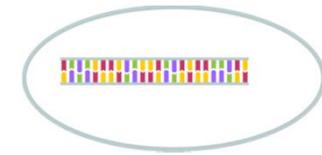
Gene, die für ein Leben unter definierten Bedingungen benötigt werden



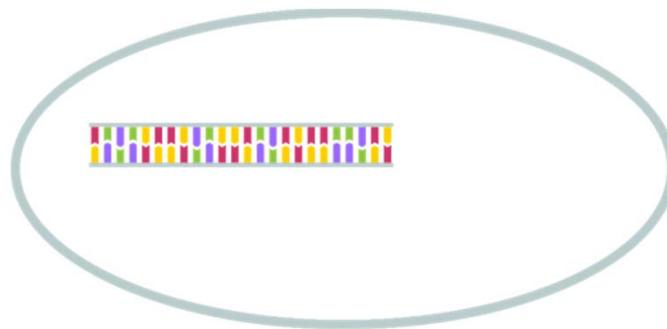
„**bottom-up**“ oder „**top-down**“ Ansätze werden beforscht

Entwicklung von Minimalzellen

Wozu Minimalzellen?

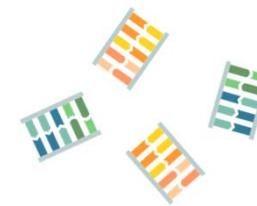


Minimalgenom einer Zelle könnte als **Grundgerüst** genutzt werden, um genetische Information für gewünschte Funktionen (Programme) einzubauen.



„Betriebssystem“

+

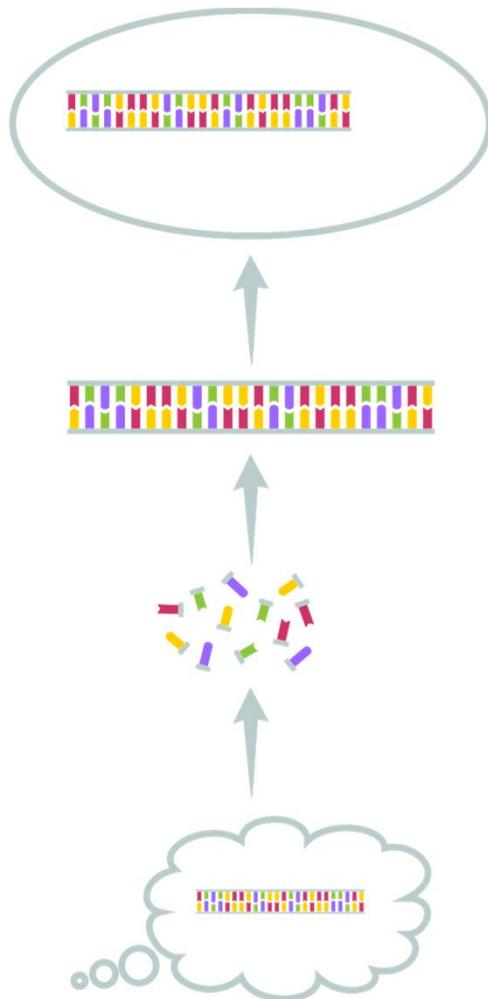
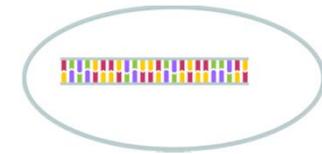


„Programme“

VIELFÄLTIGE VISIONEN FÜR ANWENDUNGEN!

Entwicklung von Minimalzellen

Minimalgenom: bottom up Ansatz



„Herzstück“ der Synthetischen Biologie:

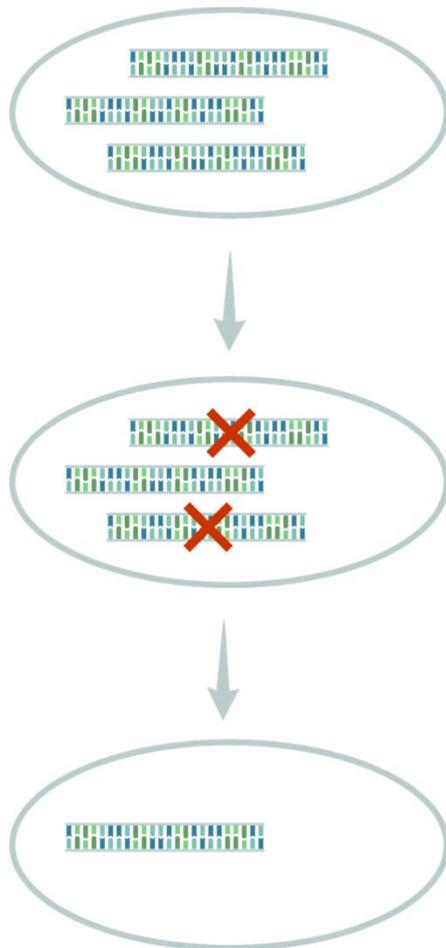
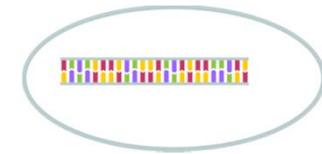
**BASISFORM DES LEBENS AUS EINFACHEN TEILEN
AUFBAUEN!**

Sequenz eines Minimalgenoms wird am Reißbrett **entworfen**, chemisch **synthetisiert** und in eine **Zellhülle** eingebracht

Wichtige Einzelschritte sind bereits erprobt!

Entwicklung von Minimalzellen

Minimalgenom: top down Ansatz

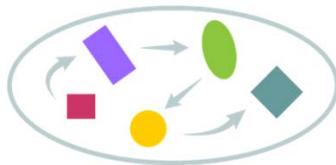
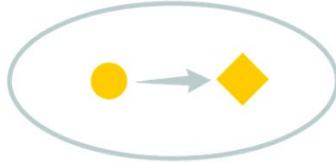
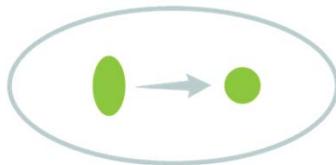
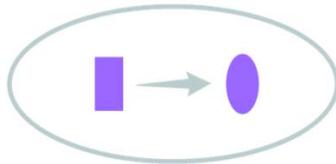
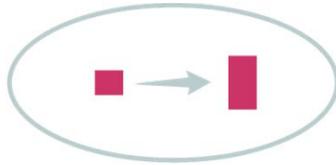
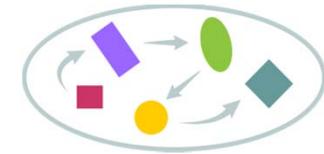


Vorhandenes Genom eines Mikroorganismus wird so **minimiert**, dass nur mehr Grundeigenschaften des Lebens gegeben sind.

Bereits bei mehreren Mikroorganismen erprobt
z.B. *Escherichia coli* Genom von 4,6 auf 3,7 Mb reduziert

Nicht essenzielle Gene und intergenische Regionen werden entfernt.

Design von maßgeschneiderten Stoffwechselwegen



„METABOLIC ENGINEERING“

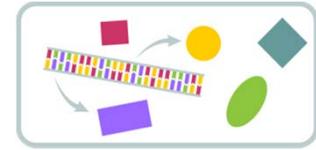
Gene für mehrere metabolische Abläufe werden aus unterschiedlichen natürlichen Organismen zusammengeführt und optimiert

Beispiel: Antimalaria-Mittel **ARTEMISININ**

- pflanzlich, nur in geringen Mengen verfügbar
- Design und Implantierung eines komplexen **synthetischen Stoffwechselweges** in Hefe

ZIEL IST DIE GROSSTECHNISCHE, BILLIGE PRODUKTION VON ARZNEIMITTELN ODER FEINCHEMIKALIEN

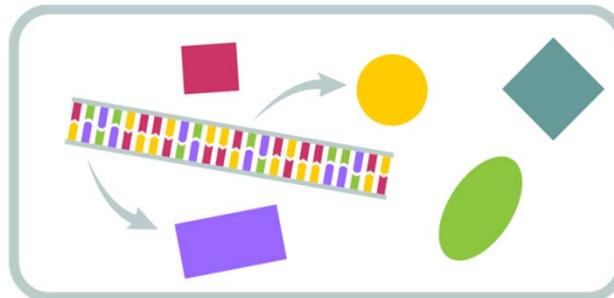
Protozellen



Brücke zwischen belebter und unbelebter Materie

Aus Bausteinen von lebenden Zellen im Labor konstruiert:

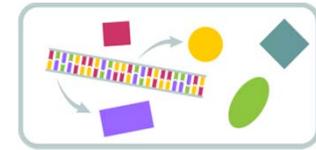
DNA, RNA, Proteine, Lipide



Mit **Eigenschaften lebender Zellen**: mutierbarer Informationsspeicher, Stoffwechselsystem, umhüllende Membran

Protozellen

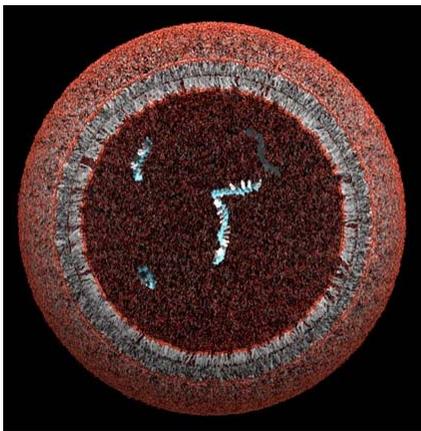
Leben *de novo* erschaffen?



Verständnis über die Grundprinzipien und die Entstehung lebender Zellen gewinnen:

EVOLUTION IM REAGENZGLAS NACHVOLLZIEHEN

Wo ist die **Grenze zwischen lebender und toter Materie**?



Darstellung einer Protozelle – mit einer Membran aus Fettsäuren, darin befinden sich katalytische RNAs, die sich replizieren können. Entstehen Fehler kommt es zur Mutation, katalytische RNAs mit neuen Eigenschaften können entstehen

Grafik: Janet Iwasa, cc/by-nc-nd3.0
www.eploringorigins.org



ETHISCHE FRAGEN

Missbrauchsgefahren



BIOSECURITY

Schutz vor Missbrauch synthetischer biologischer Systeme

STICHWORT BIOTERRORISMUS

(z.B. nachgebauter Grippevirus)

- Nationale und internationale gesetzliche Regelungen
- Verhaltenskodex für ForscherInnen
- Freiwillige Regularien für Unternehmen



Bild: gemeinfrei

Risikopotential der Synthetischen Biologie



BIOSAFETY

biologische Sicherheit bzw. unabsichtliche Nebenwirkungen synthetischer biologischer Systeme

	Natur und Umwelt	Mensch
Forschung und Produktion	Sicherheit vor ungewollter Freisetzung aus dem Labor	Arbeitssicherheit im Labor
Anwendung	Sicherheit vor unkontrollierter Verbreitung bei Freilandanwendungen	Gesundheitsgefahren v.a. bei medizinisch-therapeutischen Anwendungen

Tabelle nach J. Boldt, Synthetische Biologie. Eine ethisch-philosophische Analyse. 2009.

Synthetische Biologie: weitere ethische Fragen



Haben neue Lebensformen möglicherweise große Auswirkungen auf unser **Bild des Lebendigen** und den Wert, den wir ihm zusprechen?

Verschwimmt die **Grenze zwischen Lebendigem und Technischem**? Hat dies Auswirkungen auf den Umgang und den Wert des Lebendigen?

Ändert sich das menschliche Selbstverständnis? Vom Techniker (homo faber) zum **homo creator**, Schöpfer von Leben?

S B
A ↗

LITERATUR

Literatur



Basierend auf:

- Joachim Boldt, Oliver Müller, Giovanni Maio
Synthetische Biologie. Eine ethisch-philosophische Analyse
Herausgeber: Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich EKAH und Ariane Willemsen, Bern. 2009.
- Deutsche Forschungsgemeinschaft, acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina. **Synthetische Biologie. Stellungnahme.** 2009.
- European Academies Science Advisory Council easac. **Realising European potential in synthetic biology: scientific opportunities and good governance.** 2010.
- Christoph Then, Sylvia Hamberger. Synthetische Biologie **Teil 1: Synthetische Biologie und künstliches Leben – Eine kritische Analyse.** TEST BIOTECH, 2010.

Stand: März 2012

Wir danken unseren Fördergebern!

BMWF^a

Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung

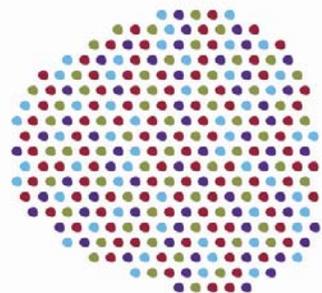
bmwfi

Bundesministerium für
Wirtschaft, Familie und Jugend

Entstanden im Rahmen des Projekts



www.cisynbio.com



OPEN
SCIENCE

Lebenswissenschaften im Dialog

www.openscience.or.at

office@openscience.or.at