

Bionik

: Lernen von der Natur

Dr. Martin Köhler

 [0000-0003-0617-3319](https://orcid.org/0000-0003-0617-3319)

Hamburg, 26.05.2021



<https://bib-pubdb1.desy.de/record/459119>

HELMHOLTZ SPITZENFORSCHUNG FÜR
GROSSE HERAUSFORDERUNGEN



Bionik

„Technische Umsetzung von Prinzipien der Natur“.

Kunstwort aus „BIOlogie“ und „TechNIK“

Englischer Begriff „bionics“ von „*bios*“ („Leben“) und „*-onics*“ („Lehre von“) 1960 USA von Jack E. Steele (Cyborg)

Erstes deutsches Patent: 1920 Raoul Heinrich Francé

„Neuer Streuer“

Vorbild: Mohnkapsel

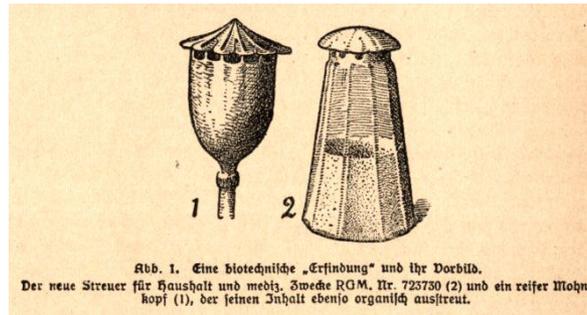


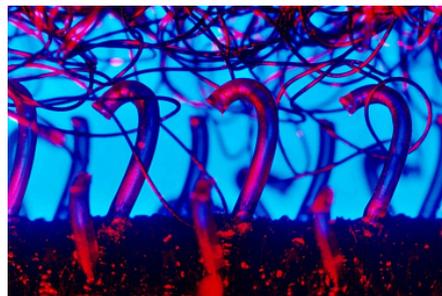
Abb. 1. Eine biotechnische „Erfindung“ und ihr Vorbild.
Der neue Streuer für Haushalt und medic. Zwecke R.G.M. Nr. 725730 (2) und ein reifer Mohnkopf (1), der seinen Inhalt ebenso organisch austreut.



1948 durch Georges de Mestral

„Klettverschluss“

Vorbild: Klette



Von [Natural Philo](#) - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0



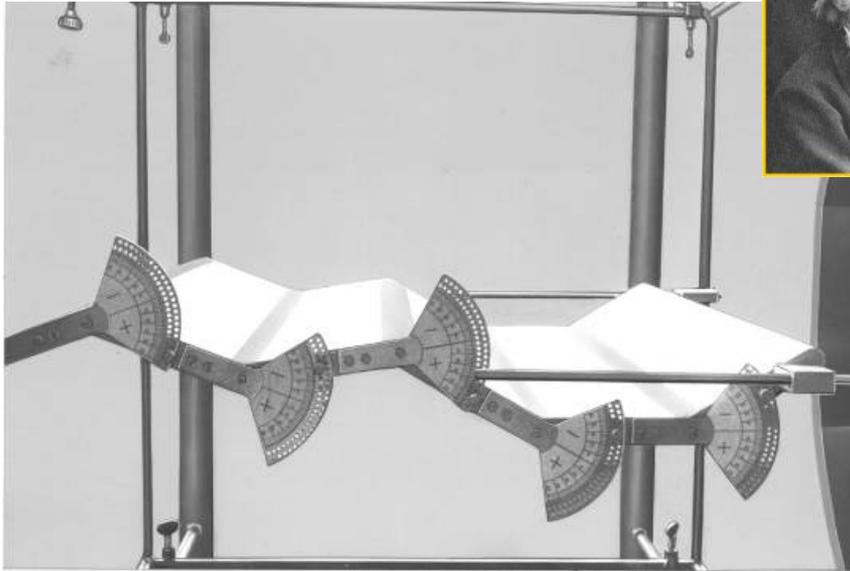
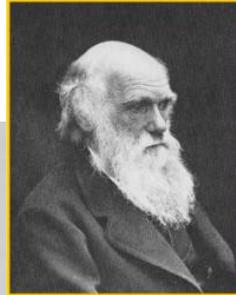
Von [Christian Fischer](#), CC BY-SA 3.0

In Deutschland: 1964 Schlüsselexperiment der Evolutionsstrategie von Ingo Rechenberg

Darwin im Windkanal

Schlüsselexperiment der Evolutionsstrategie

Ingo Rechenberg 1964



PowerPoint-Folien zur 3. Vorlesung „Bionik I“

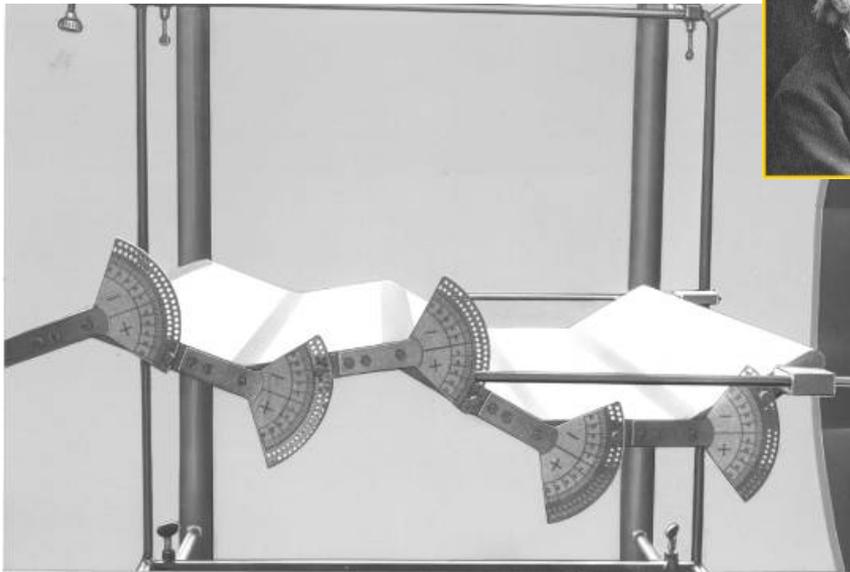
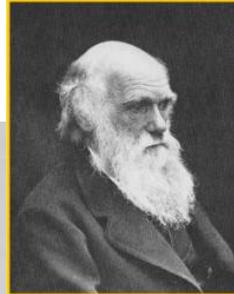
$51^5 = 345\,025\,251$ Möglichkeiten

Geldstapel 350 M€ in 550€ ca. 70m

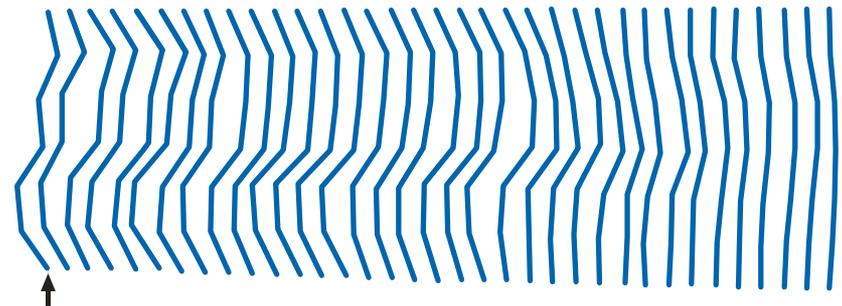
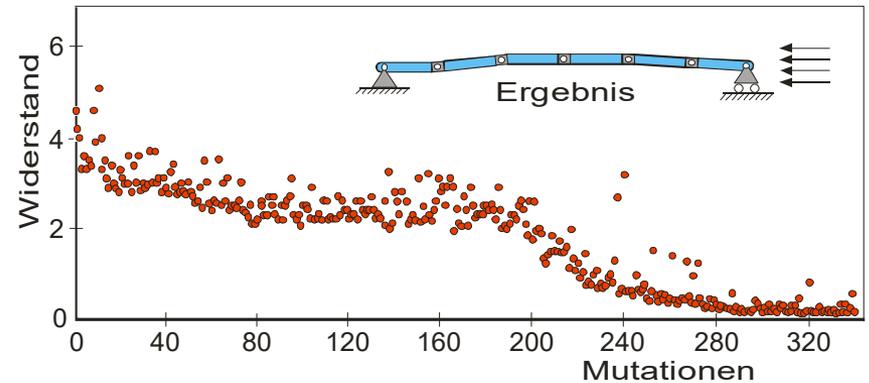
Darwin im Windkanal

Schlüsselexperiment der Evolutionsstrategie

Ingo Rechenberg 1964



PowerPoint-Folien zur 3. Vorlesung „Bionik I“



$51^5 = 345\,025\,251$ Möglichkeiten

Geldstapel 350 M€ in 550€ ca. 70m

Analog Bionik

Top-down Prozess

1) Definition des Problems

Treibstoffverbrauch
Wirbel Tragfläche



Von [MLTU](#), CC-BY 4.0

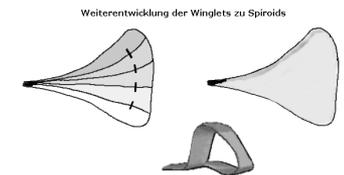
2) Analogie in der Natur

Aufspreizung Flügelenden
b. großen Vögeln



3) Analyse der Analogie

Verkleinerung
der Seitenwirbel

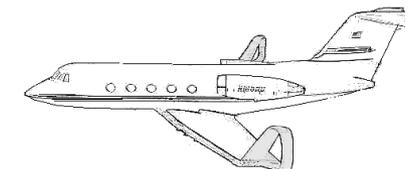


Weiterentwicklung der Winglets zu Spiroids

Von Dr. Messmann - selbst gezeichnet

4) Lösung des Problems

Winglet bzw. Spiroid



Abstraktions-Bionik

Bottom-up Prozess

Drei Stufen

1) Naturforschung
(Technische Biologie)



By Waugsberg - Own work, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2016480>

2) Abstraktion

Samen der Pusteblume fliegen

3) Technische Umsetzung
(Bionik)

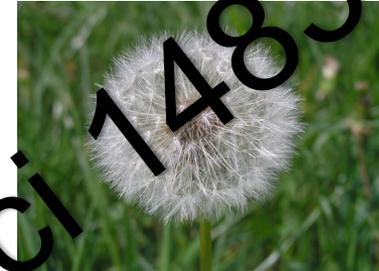


Abstraktions-Bionik

Bottom-up Prozess

Drei Stufen

1) Naturforschung
(Technische Biologie)



By Waugsberg - Own work, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2016480>

2) Abstraktion

Samen der Pusteblume fliegen

3) Technische Umsetzung
(Bionik)



Abstraktions-Bionik

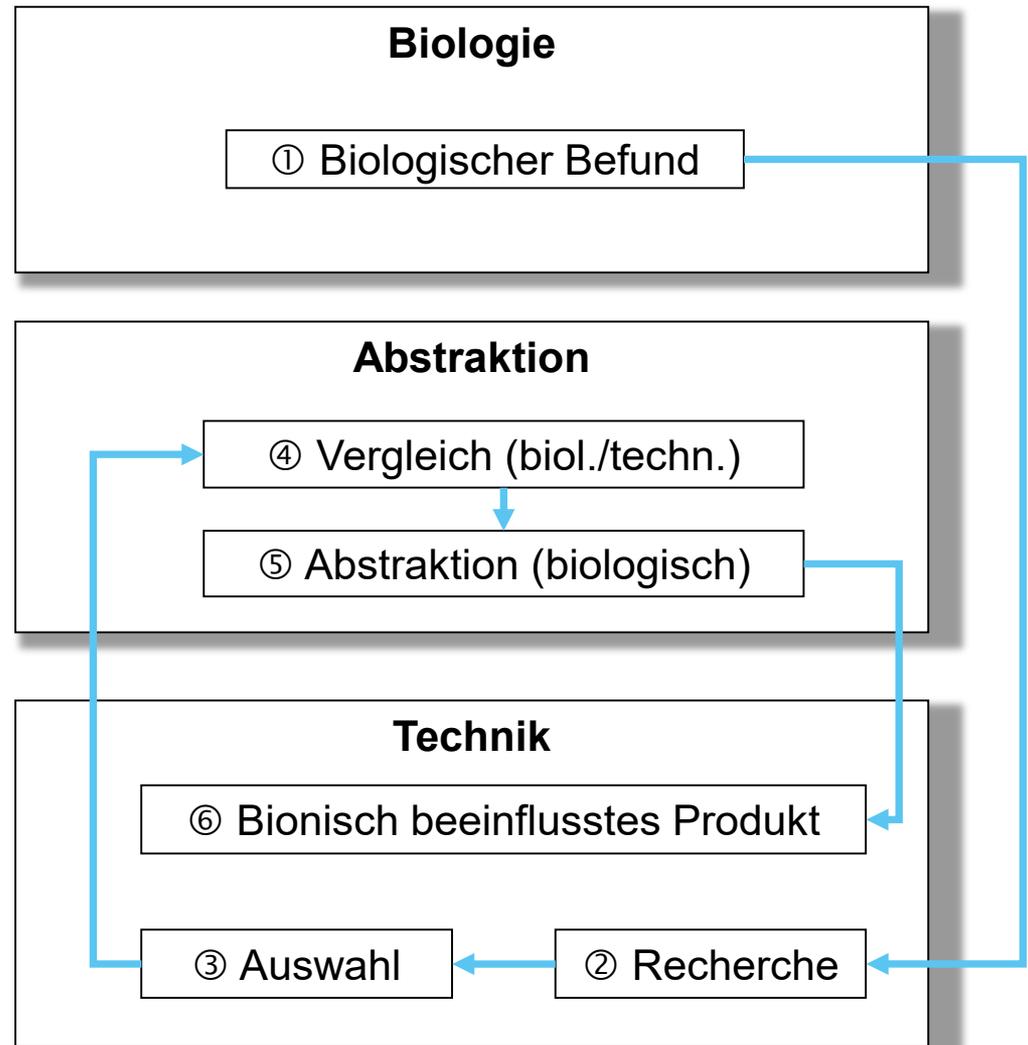
LU Methode (Bottom-up)

Lotus Effekt:

- ① Lotusblätter sind selbstreinigend
- ② Wo könnte Selbstreinigung wichtig sein?
- ③ Gebäudefassaden
- ④ Bestimmte biologische Oberflächen verschmutzen weniger als technische
- ⑤ Kombination: Hydrophobie, Mikro- und Nanostruktur und Beregnung
- ⑥ Lotusan Fassadenanstrich



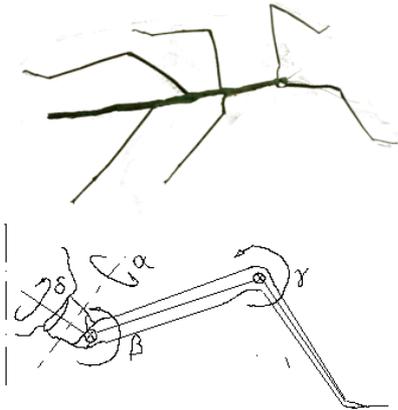
By William Thielckewebsite: More pictures and bionics.contact: own.work, Hamburg, Germany., CC BY-SA 3.0



Beispiele

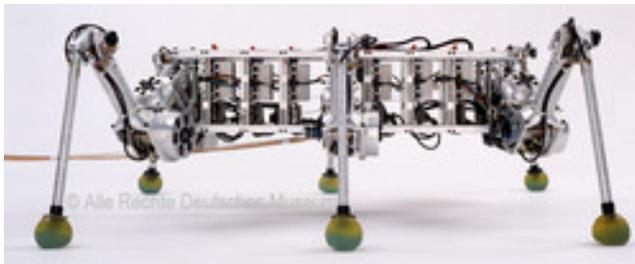
Stabheuschrecken-analoge Laufmaschine

Video Lauron IVc

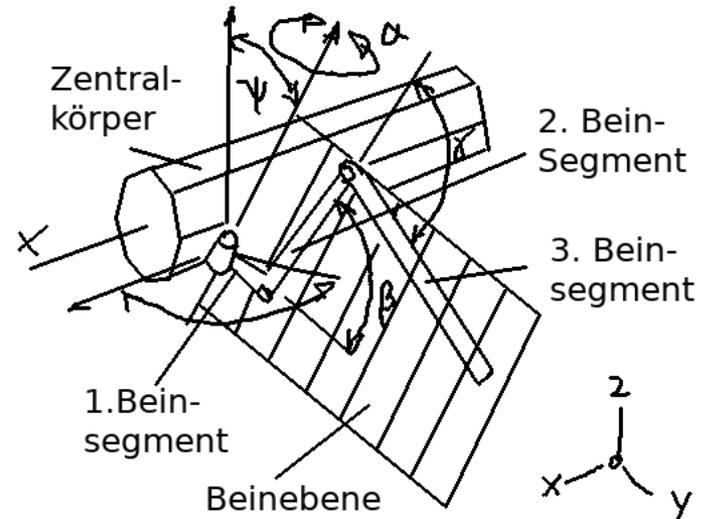
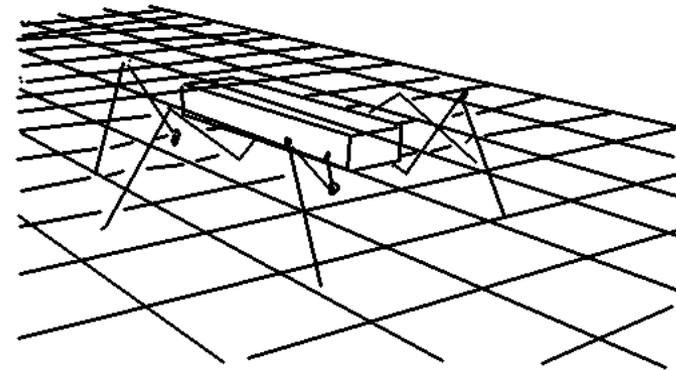


Die Stabheuschrecke *Carausius morosus*. (Nach Pfeiffer, Cruse, 1994)

Nach: Nachtigall, W. (1998). *Bionik: Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler*. Springer-Verlag.



Stabheuschrecken-analoge Laufmaschine
© Deutsches Museum



Die Stabheuschrecken-analoge Laufmaschine (Nach Pfeiffer, Cruse, 1994)

Nach: Nachtigall, W. (1998). *Bionik: Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler*. Springer-Verlag.

Beispiel

Bionischer Autoreifen



Problem:

Fahren: Geringer Rollwiderstand

Bremsen: Hoher Rollwiderstand

Tier: Gepard

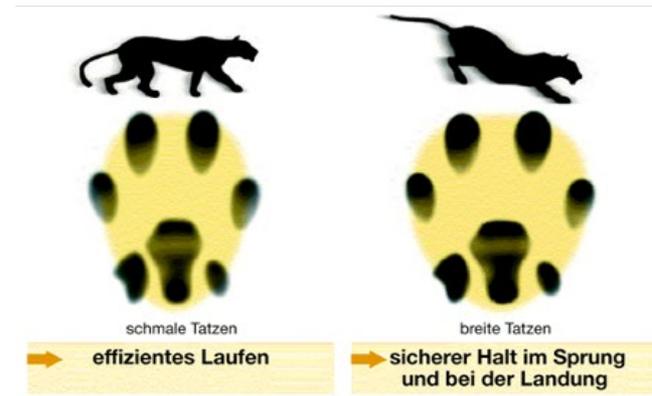
Pfoten sind optimiert für

- schnellen Antritt,
- effizienten Geradeauslauf
- hohe Stabilität im Kurvenlauf.

Transfer:

Reifen, der beim Bremsen breiter wird

Optimale Gummimischung:
Evolutionstrategie (s.u.)

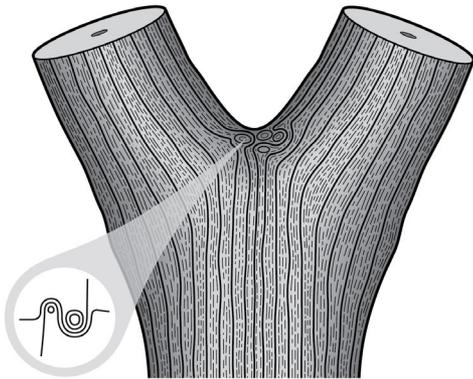


Bauteile

Leichtbau und Optimierung



Knochenwachstum:
Luftig und Stabil



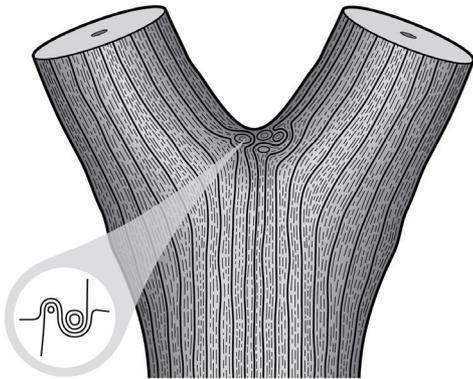
Wachstum von Bäumen:
Abbau von Spannungsspitzen

Bauteile

Leichtbau und Optimierung



Knochenwachstum:
Luftig und Stabil



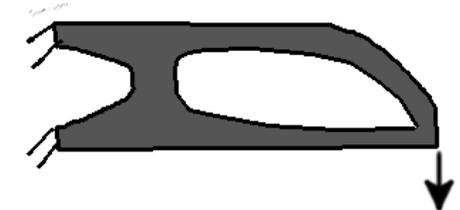
Wachstum von Bäumen:
Abbau von Spannungsspitzen

Soft-Kill-Option Computer Aided Optimization

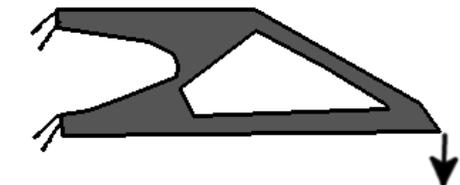
Designvorschlag



SKO
Entfernung Nicht-
tragender Bereiche
(Leichtbau)



CAO
Gestaltoptimierung
(Dauerfestigkeit)



Nach: Nachtigall, W. (1998). *Bionik : Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler*. Springer-Verlag.

Evolutionärsbionik

Eine Optimierungsstrategie

Behauptung: Ausgeklügelte Optimierungsstrategien, auch wenn sie raffiniert über den linearen Funktionsbereich hinaus extrapolieren, werden bei wachsender Variablenzahl immer irgendwann von der Evolutionsstrategie überholt. Daraus folgt: Die Evolutionsstrategie ist für sehr, sehr viele Variablen die bestmögliche Optimierungsstrategie.

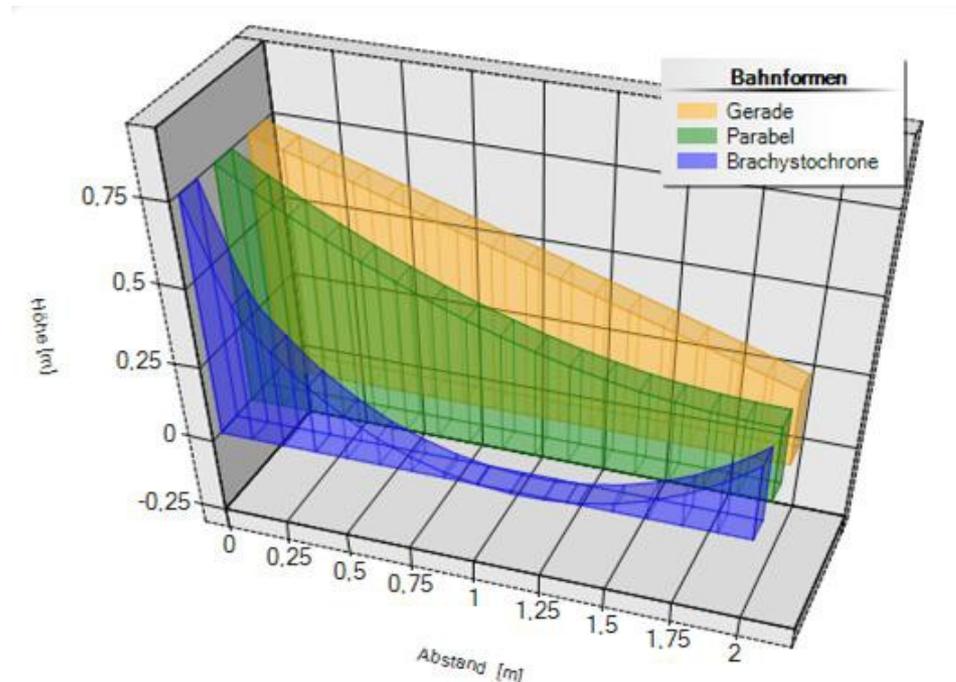
PowerPoint-Folien zur 3. Vorlesung „Bionik I“

EvoBrach

INPRO Innovationsgesellschaft
für fortgeschrittene Produktionssysteme
in der Automobilindustrie mbH

Dr.-Ing. Michael Herdy,
Michael.Herdy@Inpro.de

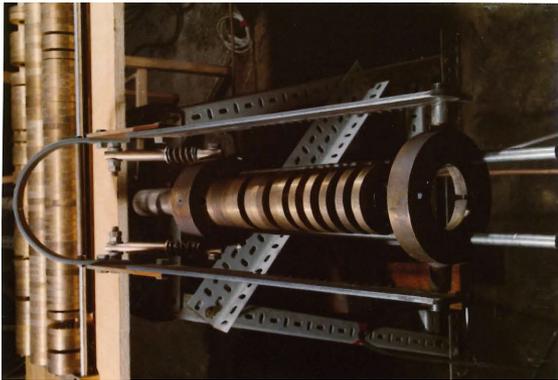
August 2013



Evolutionsbionik

Komplexes Beispiel

Mutierbare Heißwasserdampfdüse
(Kleinkraftwerk f. Raumfahrzeug)

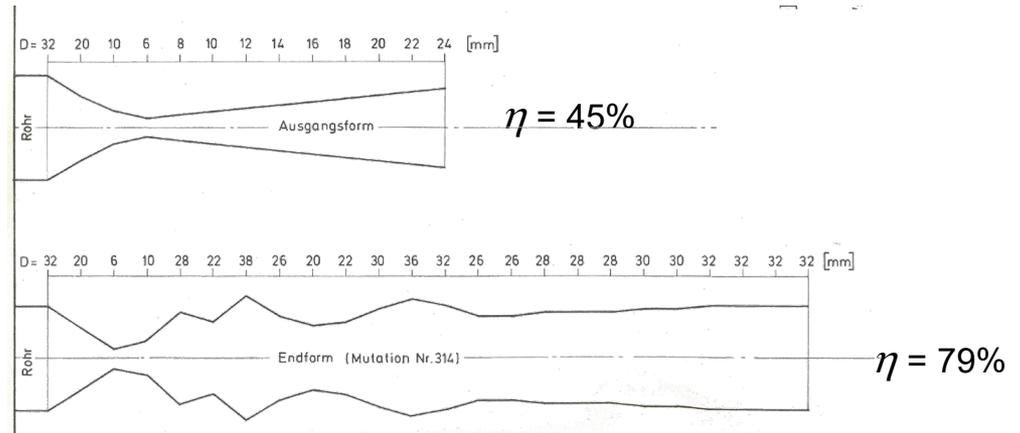


Schwefel, H.-P. (1968): Experimentelle Optimierung einer Zweiphasendüse. Bericht 35 des AEG-Forschungsinstituts Berlin zum Projekt MHD-Staustrahlrohr.

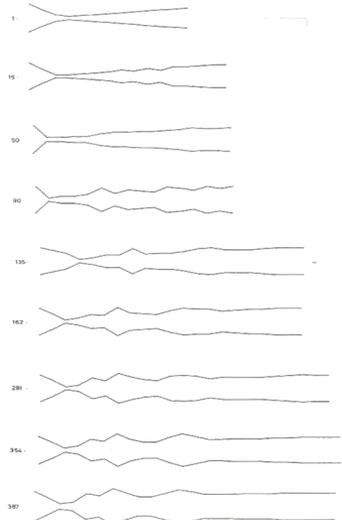
330 Segmente mit insgesamt
10⁶⁰ Kombinationsmöglichkeiten!

Die Sonne hat ca. 10⁵⁷ H-Atome

1968:
Keine theoretische Beschreibung!



Schwefel, H.-P. (1968): Experimentelle Optimierung einer Zweiphasendüse. Bericht 35 des AEG-Forschungsinstituts Berlin zum Projekt MHD-Staustrahlrohr.



Mutation

und

Selektion

Bionik

Zwei Gesichter

Bionik hat zwei Gesichter



Bionik ist ...

- ... kein Allheilmittel – aber eine beachtenswerte Methode.
- ... kein einzigartiges Forschungsverfahren – aber ein unverzichtbares.
- ... keine Naturimitation – aber ein naturnaher Systemansatz.

Nach: Nachtigall, W. (2010). *Bionik als Wissenschaft: Erkennen - Abstrahieren - Umsetzen*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-10320-9>