

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“.

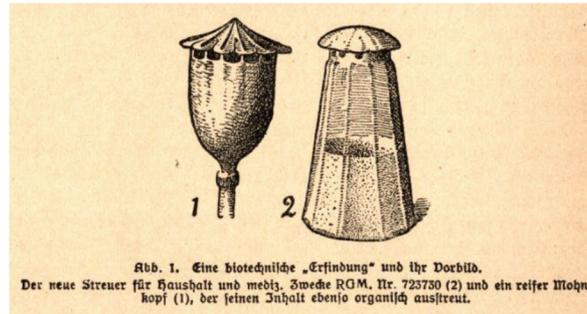
Kunstwort aus „BIOlogie“ und „TechNIK“

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“

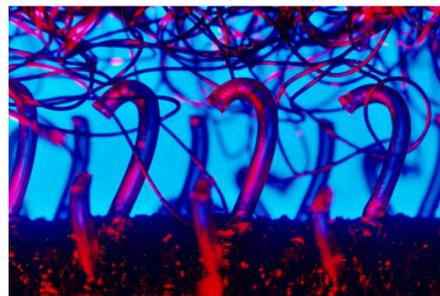
Vorbild: Mohnkapsel



1948 durch Georges de Mestral

„Klettverschluss“

Vorbild: Klette



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



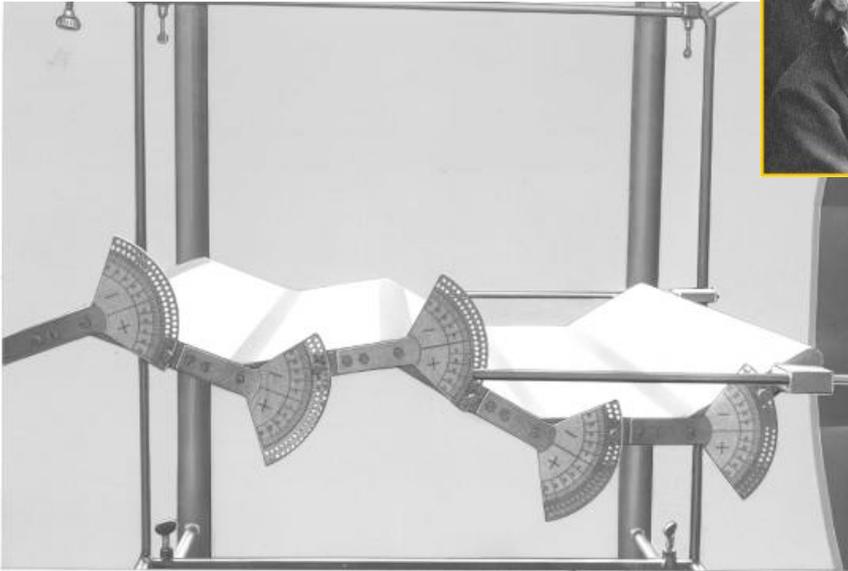
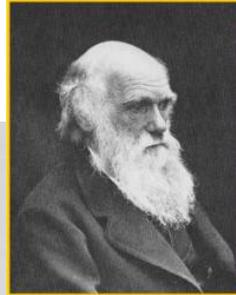
Von [Christian Fischer](#), CC BY-SA 3.0

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“

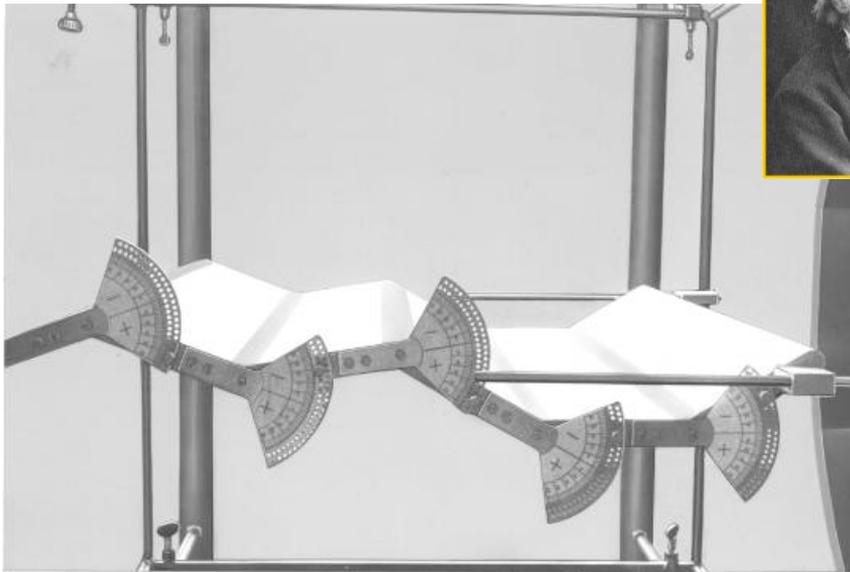
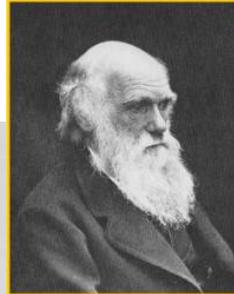
$51^5 = 345\,025\,251$ Möglichkeiten

Geldstapel 350 M€ in 550€ ca. 70m

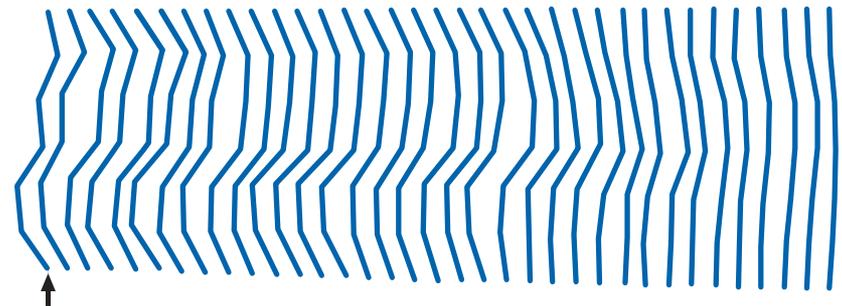
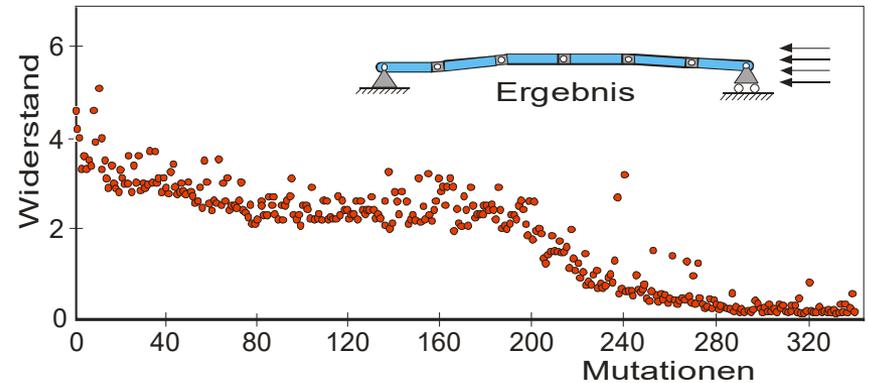
Darwin im Windkanal

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

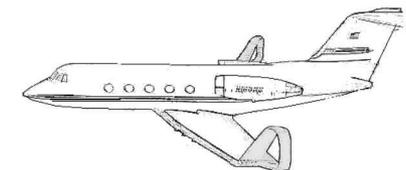
Verkleinerung
der Seitenwirbel



Von Dr. Wiesmann - 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)

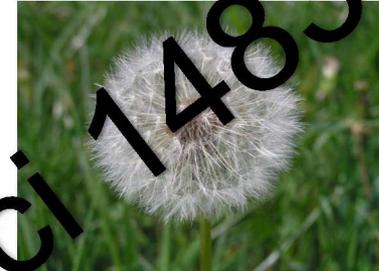


Abstraktions-Bionik

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

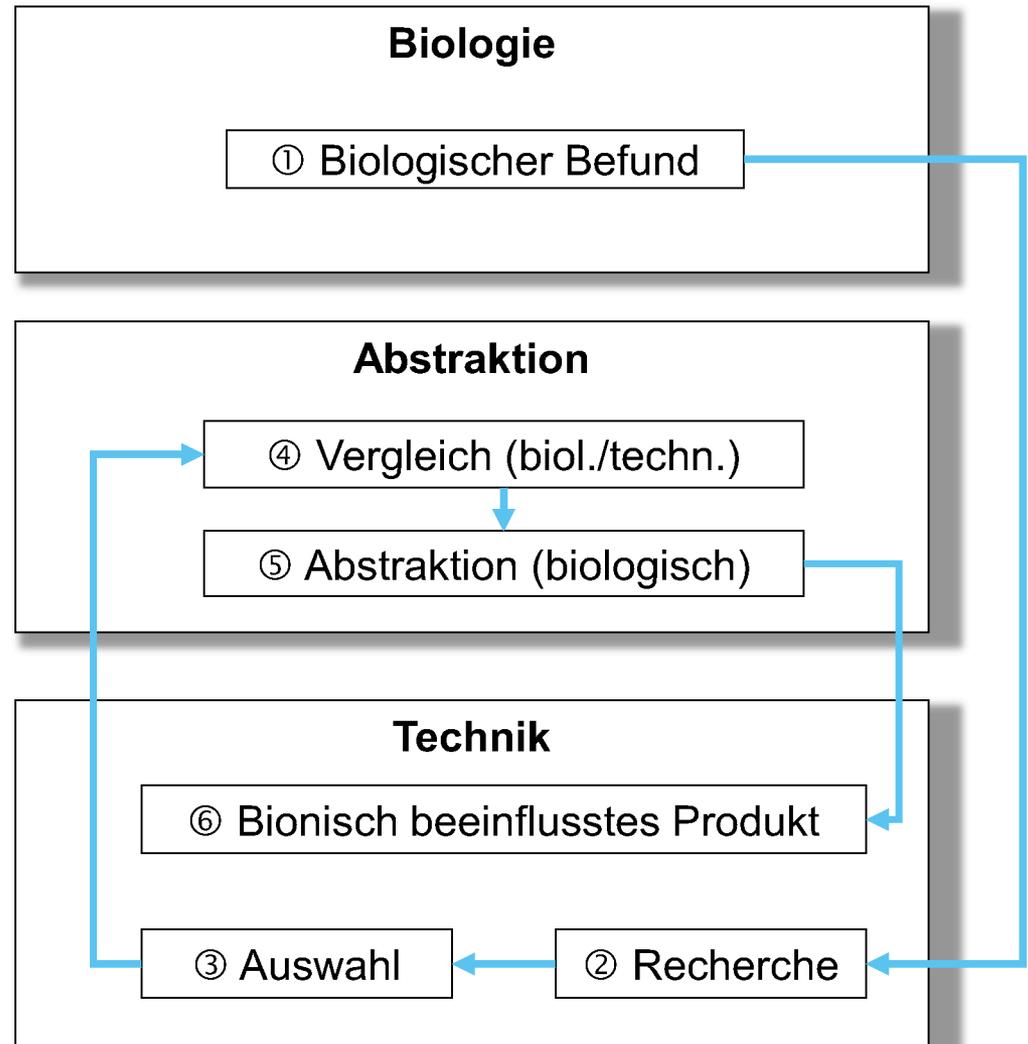
LU Methode (Bottom-up)

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



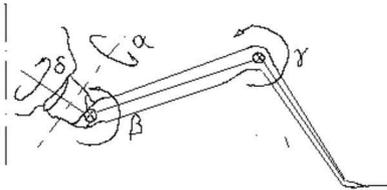
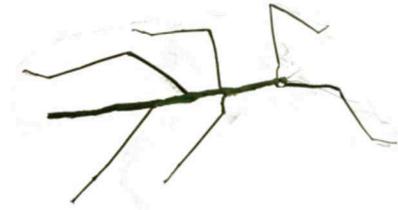
By William Thielicke website: More pictures and bionics contact: [own_work](mailto:own_work@thielicke.de), Hamburg, Germany., CC BY-SA 3.0



Beispiele

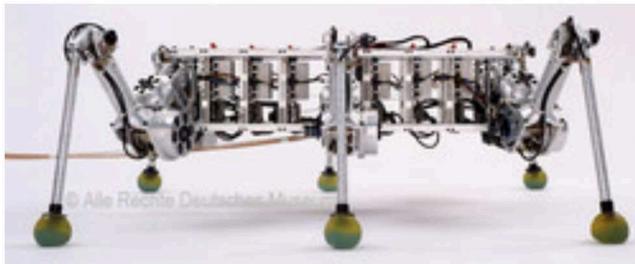
Stabheuschrecken-analoge Laufmaschine

Video Lauron IVc

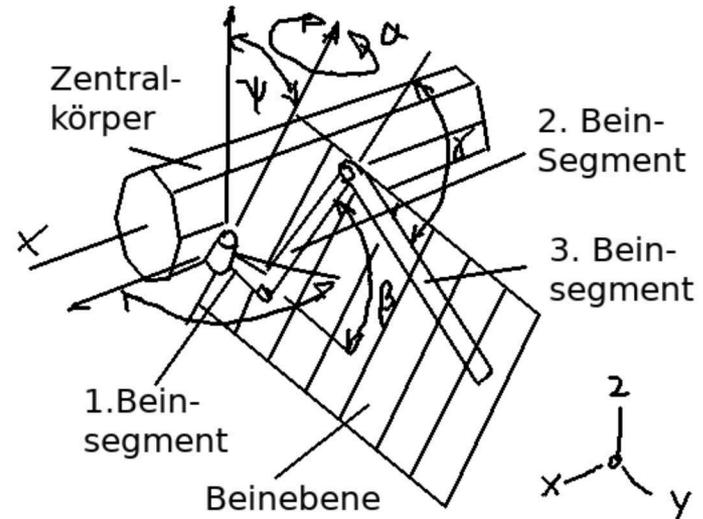
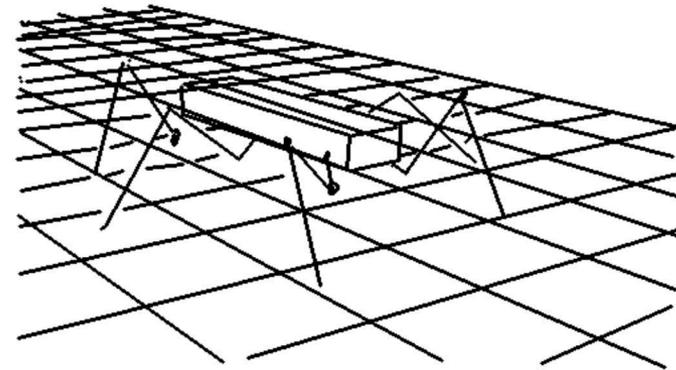


Die Stabheuschrecke *Carausius morosus*. (Nach Pfeiffer, Cruse, 1994)

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

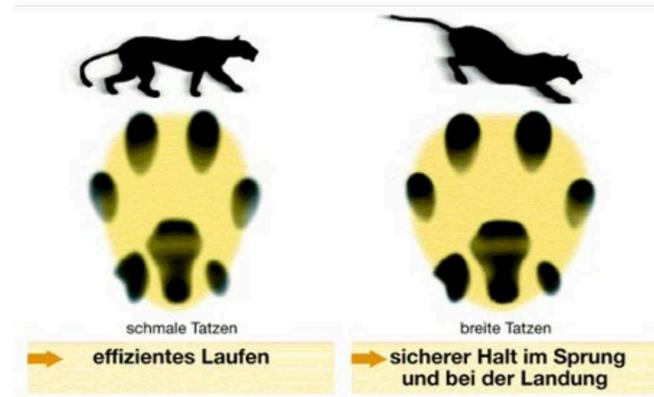
Pfoten sind optimiert für

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

Transfer:

Reifen, der beim Bremsen
breiter wird

Optimale Gummimischung:
Evolutionstrategie (s.u.)

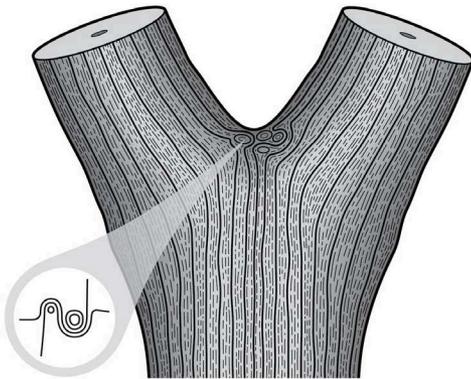


Bauteile

Leichtbau und Optimierung



Knochenwachstum:
Luftig und Stabil



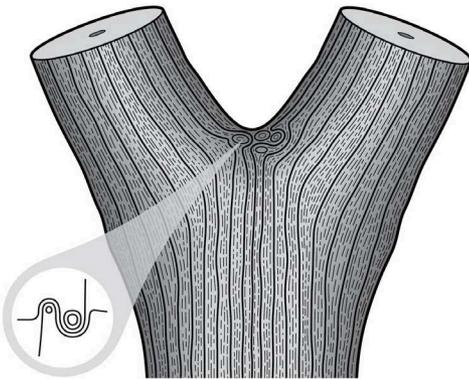
Wachstum von Bäumen:
Abbau von Spannungsspitzen

Bauteile

Leichtbau und Optimierung



Knochenwachstum:
Luftig und Stabil



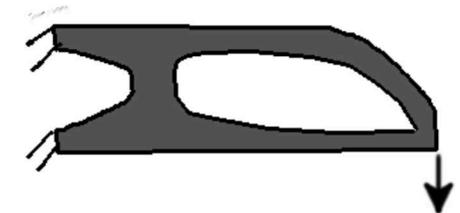
Wachstum von Bäumen:
Abbau von Spannungsspitzen

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.

Evolutionärbionik

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.

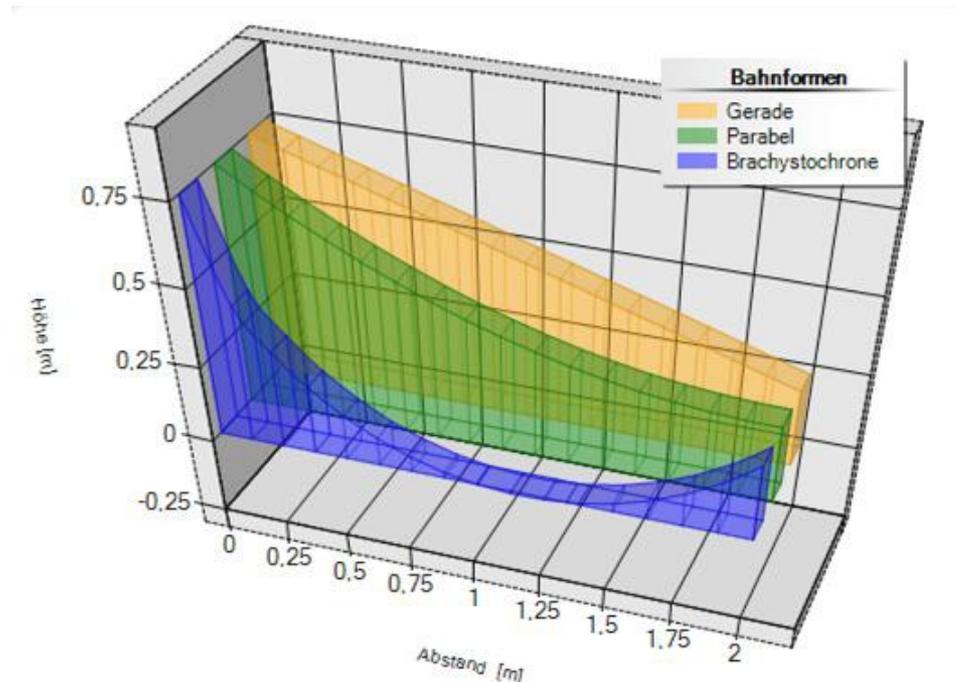
PowerPoint-Folien zur 3. Vorlesung „Bionik I“

EvoBrach

INPRO Innovationsgesellschaft
für fortgeschrittene Produktionssysteme
in der Automobilindustrie mbH

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

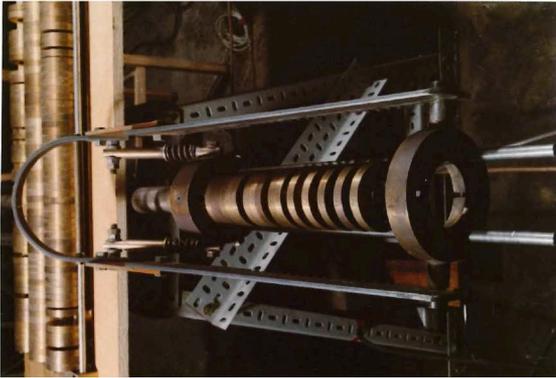
August 2013



Evolutionsbionik

Komplexes Beispiel

Mutierbare Heißwasserdampfdüse
(Kleinkraftwerk f. Raumfahrzeug)

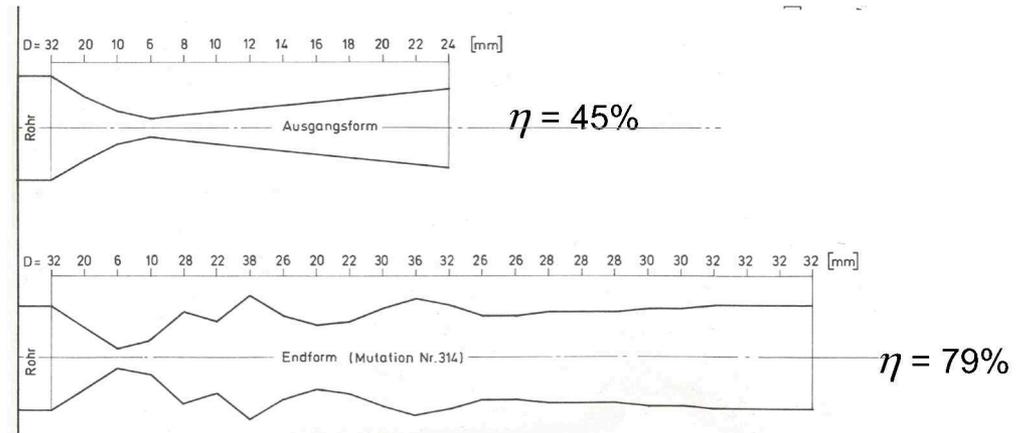


Schwefel, H.-P. (1968): Experimentelle Optimierung einer Zweiphasendüse. Bericht 35 des AEG-Forschungsinstituts, Berlin zum Projekt MHD-Staustrahler.

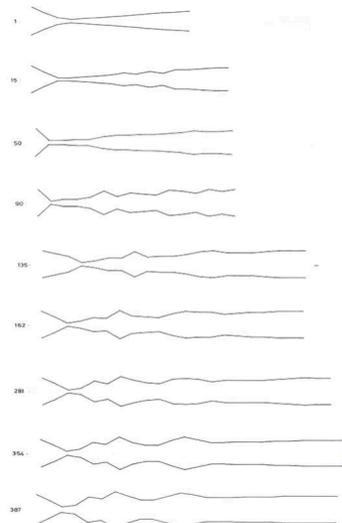
330 Segmente mit insgesamt
10⁶⁰ Kombinationsmöglichkeiten!

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-Staustrahler.



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>