



# Bionik in der Strukturoptimierung: Bauteilgestaltung nach dem Vorbild der Natur

Prof. Dr.-Ing. Alexander Sauer

Westfälisches Institut für Bionik



# Gliederung

1. Bionik
2. Was kann man von der Natur lernen?
3. Strukturoptimierung
  1. Topologieoptimierung
  2. Formoptimierung
  3. Strukturoptimierung & Bionik im PEP
4. Literatur
5. Fazit

# 1. Bionik (**B**iologie & **T**echnik)

## VDI-Richtlinie 6220:

Bionik verbindet in interdisziplinärer Zusammenarbeit Biologie und Technik mit dem Ziel, durch **Abstraktion**, **Übertragung** und **Anwendung** von Erkenntnissen, die an biologischen Vorbildern gewonnenen werden, **technische Fragestellungen** zu lösen.

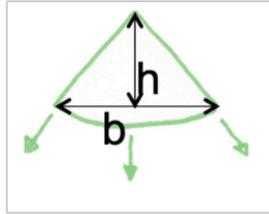
## Allgemein:

Technische Probleme mit Hilfe der Natur lösen.

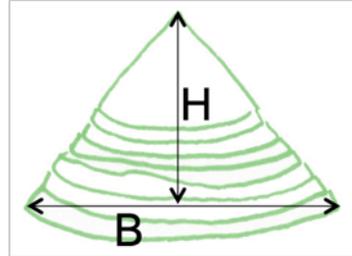
# Warum Bionik?

- Entwicklung der Natur durch Evolution seit ca. 2 Milliarden Jahren
- Demonstration erfolgreicher Konzepte
- ein neutraler Vermittler
- Ziel ökonomisch und nicht technisch optimale Lösung
  
- aber ...

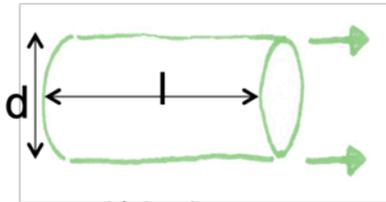
# direktes kopieren oft nicht sinnvoll: unterschiedliche Anforderungen



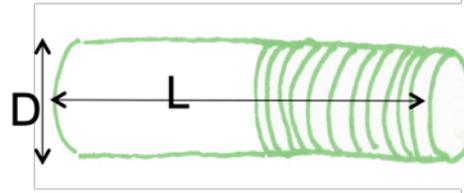
$$h/b=0,6$$



$$H/B=0,6$$



$$l/d=1,7$$



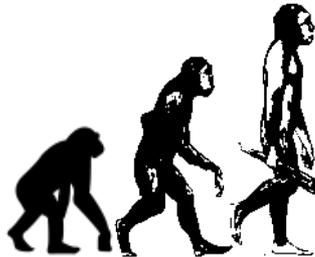
$$L/D=3,1$$



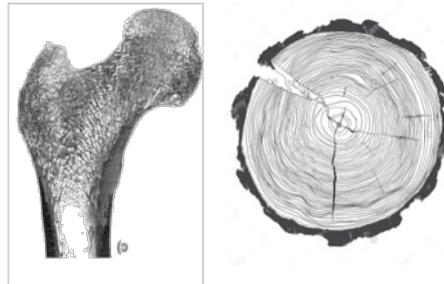
A. Sauer: Bionik in der Strukturoptimierung

# 2. Was kann man von der Natur lernen

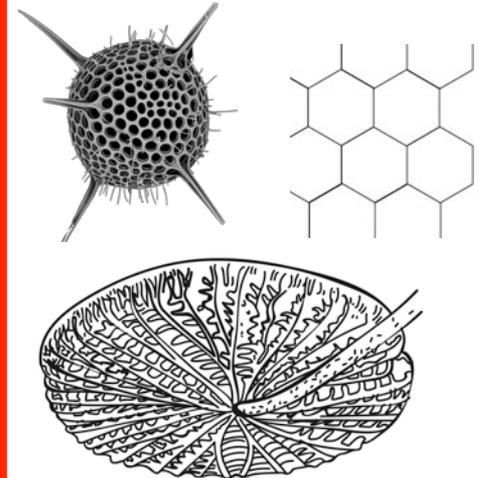
**Mechanismus  
der Evolution**



**Optimierungs-  
verfahren in der  
Natur  
= Adaptivität**



**Ergebnisse der  
Evolution =  
Funktionen**



# Optimierungs-Werkzeuge

implementierte Tools



Computer-Tools



Apps

Ingenieurs  
Know-How



Günstig

Leistungsfähigkeit

# Mechanismus der Evolution

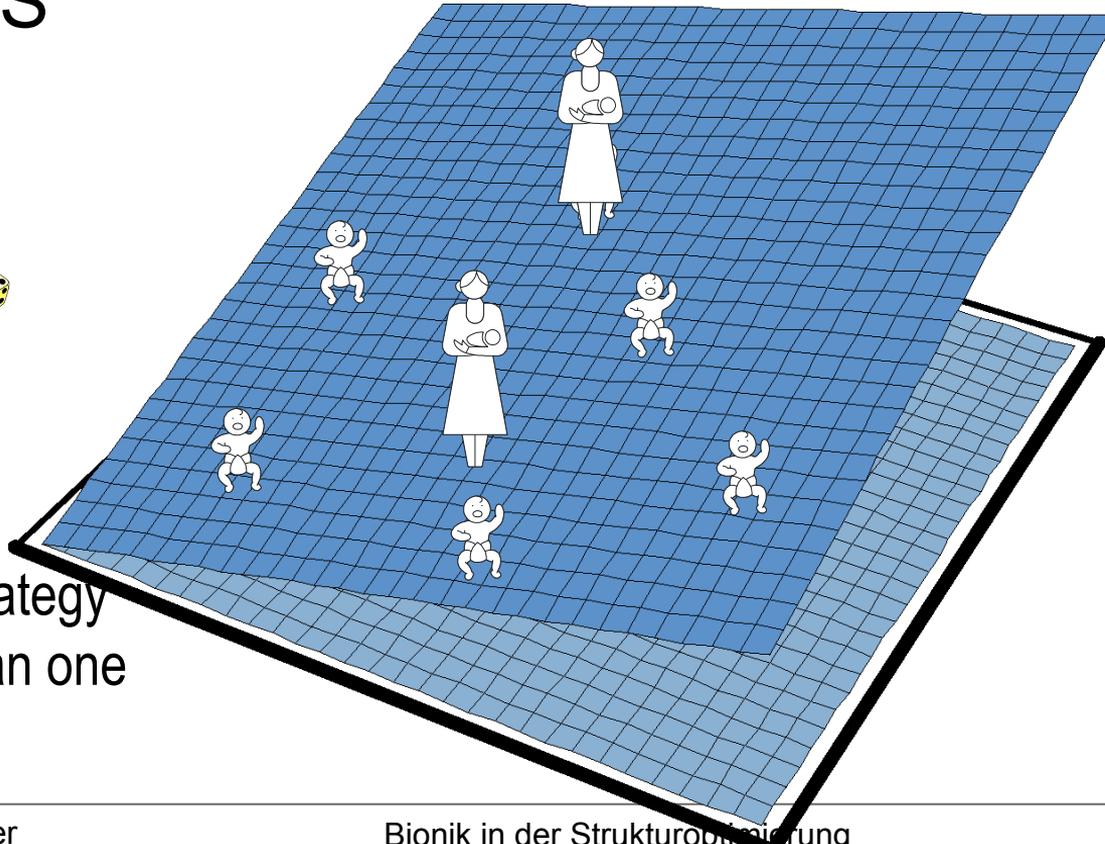
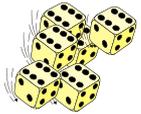


Evolutionären Algorithmen, z.B. die Evolutions-Strategie

$(\mu, \lambda)$ -ES

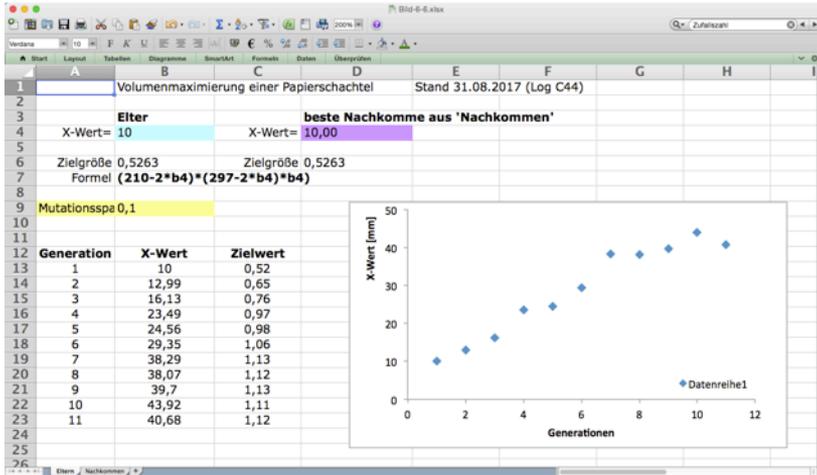
$$\mu = 1$$

$$\lambda = 6$$



Evolution Strategy  
with more than one  
offspring

# Evolutionstrategie



	A
1	
2	<b>Zufallszahl</b>
3	=ZUFALLSZAHL()
4	
5	<b>Zufallsbereich(-1;1)</b>
6	=ZUFALLSBEREICH(-1;1)
7	
8	<b>Mutationsrate</b>
9	=1+ZUFALLSBEREICH(-1;1)*ZUFALLSZAHL( )*A12
10	
11	<b>Skalierungsparameter</b>
12	1

ICS 07.080	VDI-RICHTLINIEN		Juni 2012 June 2012
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Bionische Optimierung Evolutionäre Algorithmen in der Anwendung		VDI 6224  Blatt 1 / Part 1
	Biomimetic optimization Application of evolutionary algorithms		
			Ausg. deutsch/englisch Issue German/English

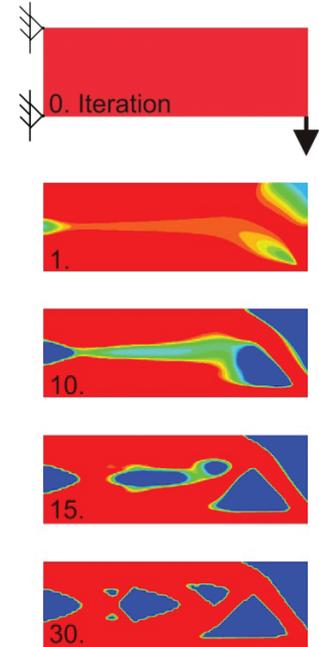
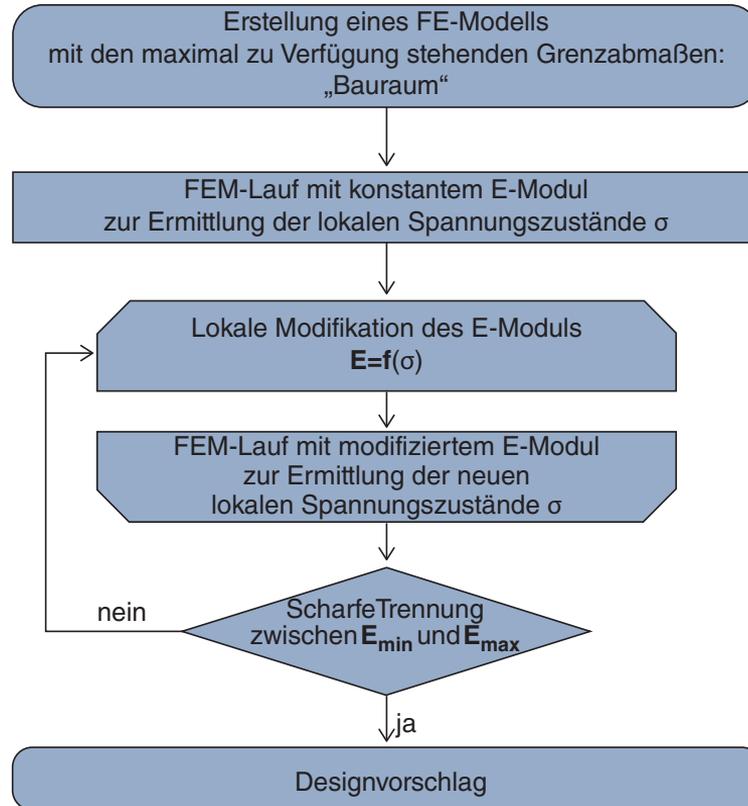
# 3. Strukturoptimierung

## 3.1 Topologieoptimierung

**Optimierungs-  
verfahren in der  
Natur  
= Adaptivität**



# SKO-Methode (Soft Kill Option)



A. Sauer: Bionik in der Strukturoptimierung

# erhältliche Programme z.B.

und viele weitere:



**Tabelle 7.2** Optimierungstools

Optimierungstool	Topologie	Form	Sizing	Material	Topographie	Open Source	Anbieter	Internetadresse
ANSYS	●		●				ANSYS	<a href="http://www.ansys.com">www.ansys.com</a>
Ashby Materialauswahl				●			Ashby: Materials Selection in Mechanical Design	
Beso	●						RMIT University	<a href="http://www.rmit.edu.au">www.rmit.edu.au</a>
BOSS quattro	●	●	●				Siemens	<a href="http://www.plm.automation.siemens.com">www.plm.automation.siemens.com</a>
CAIO							Dipl.-Ing. H. Moldenhauer GmbH	<a href="http://www.tailored-fiber-design.com">www.tailored-fiber-design.com</a>
CAO		●					Dipl.-Ing. H. Moldenhauer GmbH	<a href="http://www.tailored-fiber-design.com">www.tailored-fiber-design.com</a>
CAO		●					sachs-engineering	<a href="http://sachs-engineering.com">sachs-engineering.com</a>
Carat++	●	●	●		●		FEMopt Studios GmbH	<a href="http://www.femopt.de">www.femopt.de</a>
CATOPO	●						CES Eckard GmbH	<a href="http://ces-eckard.de">http://ces-eckard.de</a>
CES Selector				●			Granta Design	<a href="http://www.grantadesign.com">www.grantadesign.com</a>
Dakota			●			●	Sandia National Laboratory	<a href="https://dakota.sandia.gov">https://dakota.sandia.gov</a>

# Bsp: TopOpt-App



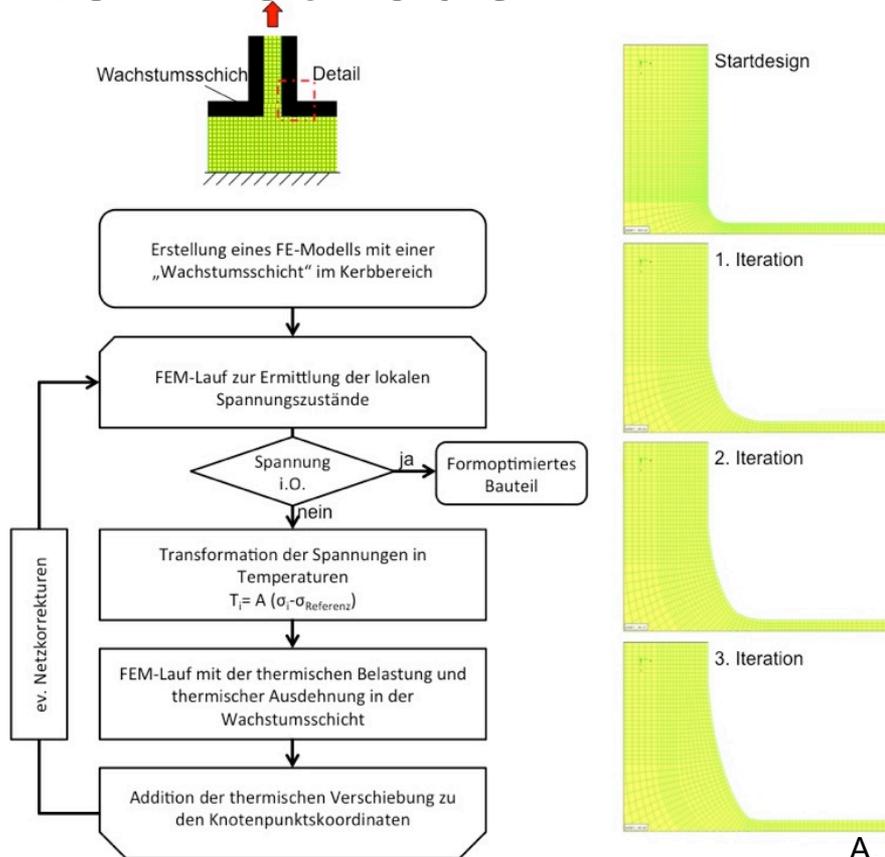
# 3 Strukturoptimierung

## 3.2 Formoptimierung

**Optimierungs-  
verfahren in der  
Natur  
= Adaptivität**



# 3.2.1 CAO-Methode

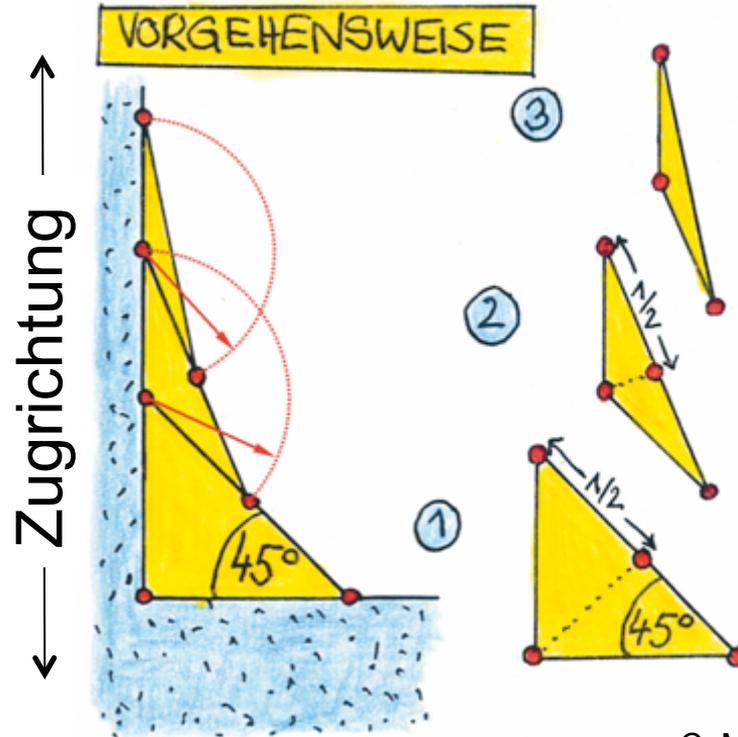


A. Sauer: Bionik in der Strukturoptimierung

# Vorbild Baum

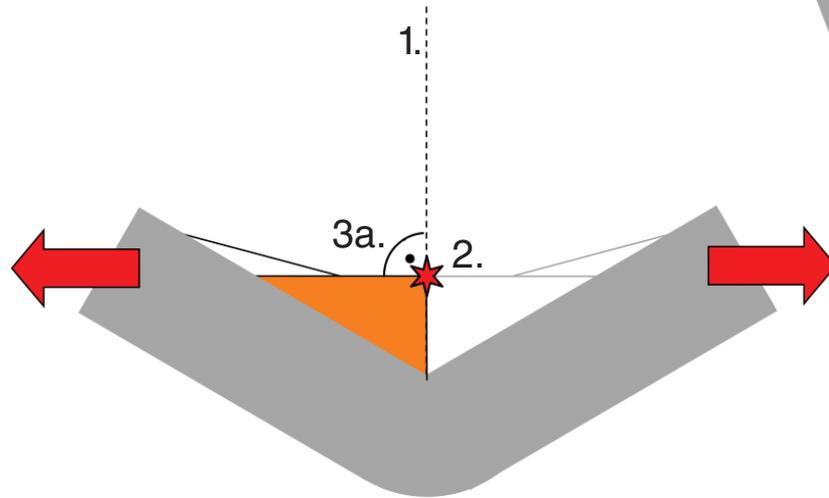


## 3.2.2 ZDE (Zug-Dreiecks)-Methode

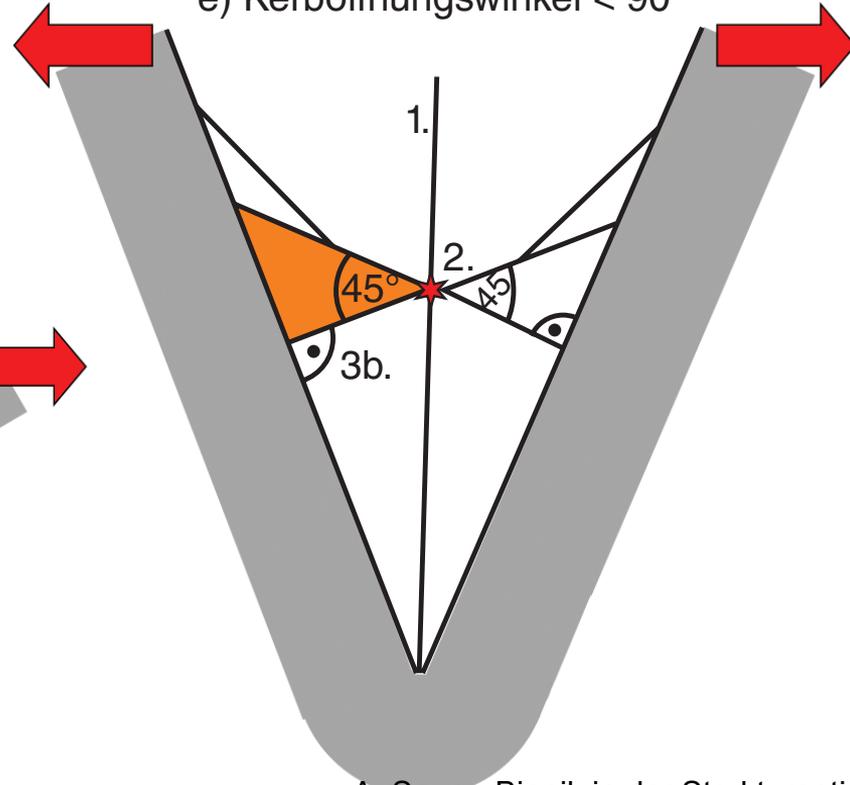


# ZDE (zweiachsig)

d) Kerböffnungswinkel  $> 90^\circ$



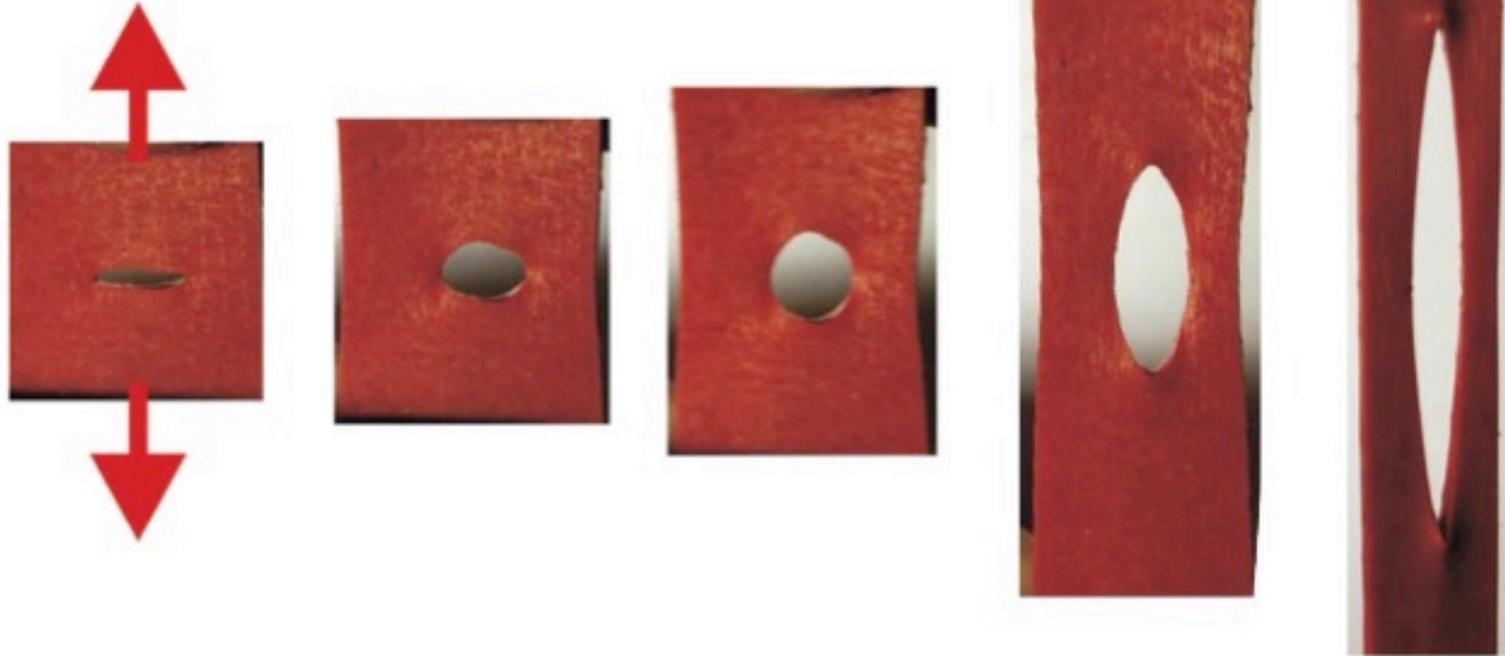
e) Kerböffnungswinkel  $< 90^\circ$



A. Sauer: Bionik in der Strukturoptimierung

# 3.2.3 Beispiel für Selbstoptimierung

## Kerben optimieren sich bei Belastung

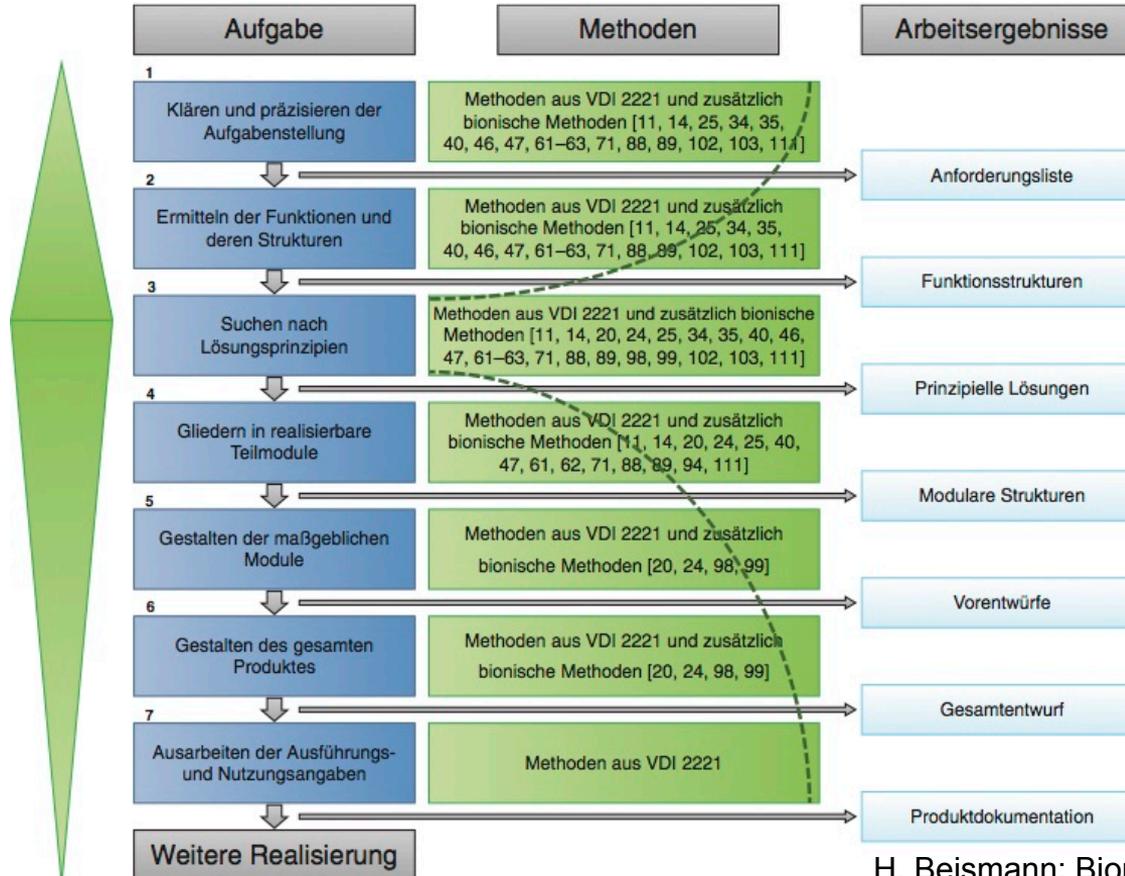


C. Mattheck: Die Körpersprache der Bauteile

# 3 Strukturoptimierung

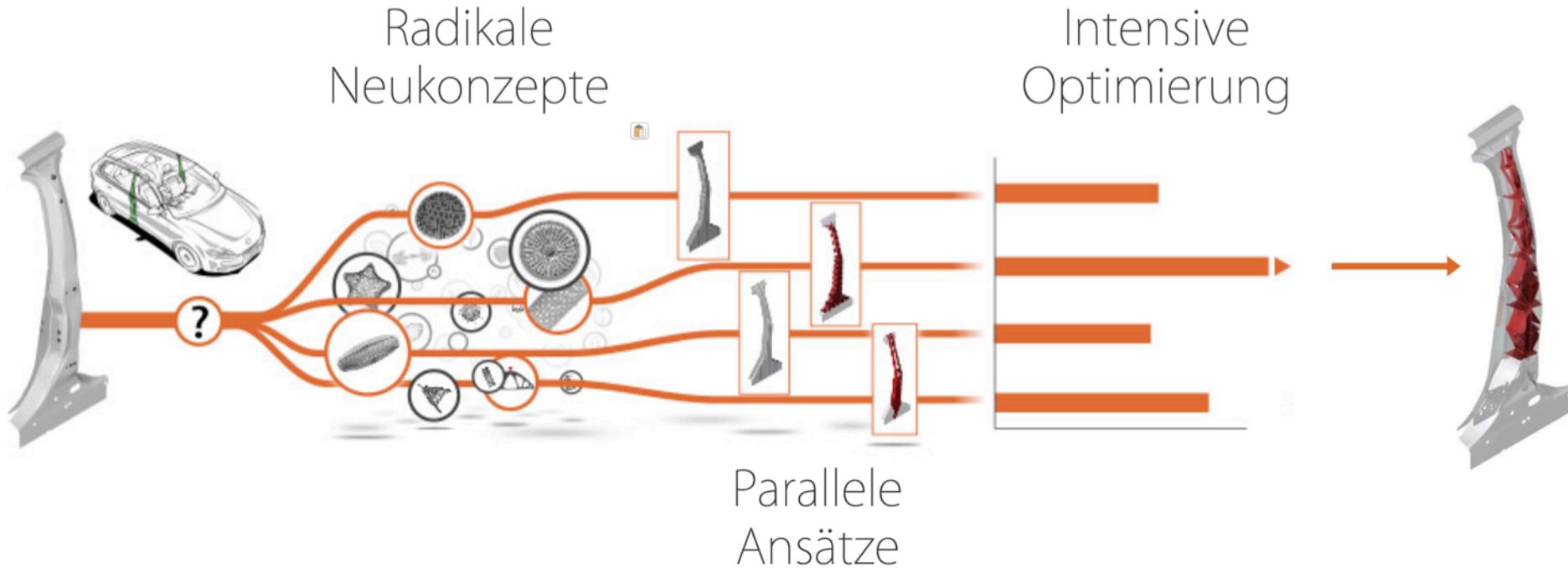
## 3.3 in der Produktentwicklung

# Bionik in Entwicklungsprozesse



H. Beismann: Bionik in der Strukturoptimierung

# ELiSE



# 4. Literatur



ICS 07.080	VDI-RICHTLINIEN	Dezember 2012 December 2012
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Bionik Konzeption und Strategie Abgrenzung zwischen bionischen und konventionellen Verfahren/Produkten Biomimetics Conception and strategy Differences between biomimetic and conventional methods/products	VDI 6220  Blatt 1 / Part 1  Ausg. deutsch/englisch Issue German/English



- A. Sauer: Bionik in der Strukturoptimierung – Praxishandbuch für ressourceneffizienten Leichtbau, Vogel-Fachbuchverlag, 2018
- C. Mattheck: Die Körpersprache der Bauteile, KIT, 2017
- DIN ISO 18 458 Bionik – Terminologie, Konzepte und Methodik
- VDI 6220 Blatt 1 Bionik – Konzeption und Strategie
- VDI 6223 Blatt 1 Bionik – Bionische Materialien, Strukturen und Bauteile
- VDI 6224 Blatt 3 Bionik – Bionische Strukturoptimierung im Rahmen eines ganzheitlichen Produktentstehungsprozesses
- DIN ISO 18 459 Bionik – Bionische Strukturoptimierung (CAO, SKO, CAIO, Zugdreiecke)
- VDI 6224 Blatt 1 Bionische Optimierung – Evolutionäre Algorithmen in der Anwendung

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

## **Kontakt:**

Prof. Dr.-Ing. Alexander Sauer  
Lehrgebiet: Bionik und Leichtbau

Münsterstrasse 265  
46397 Bocholt  
Tel.: 02871 / 2155 948  
Fax: 02871 / 2155 900  
[alexander.sauer@w-hs.de](mailto:alexander.sauer@w-hs.de)

Raum C1.0.14