

# Einsatzpotenzial biogener Verbundkeramik

**S. Siegel**

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien  
und Sinterwerkstoffe Dresden



# Inhalt

- Holz und bio-organische Faserrohstoffe bieten auf Grund ihrer einzigartigen hierarchischen Struktur und ihres Kohlenstoff-Gehaltes attraktive Voraussetzungen für eine Konvertierung in leistungsfähige keramische Kohlenstoff- und Siliciumcarbid-Verbundwerkstoffe.
  - Durch pulvertechnologische Verarbeitung von Fasern oder Nutzung technischer Faserhalbzeuge werden biogene Template erzeugt, die mittels Pyrolyseprozessen in Kohlenstoff-Werkstoffe überführbar sind.
  - Reaktionssilicieren ermöglicht die Herstellung Carbonfaser-haltiger Siliciumcarbid-Verbundwerkstoffe.
  - Anwendungsperspektiven als Konstruktionswerkstoffe werden vom Leichtbau insbesondere für Hochtemperaturanwendungen und thermischen / ballistischen Schutz , über Brems-, Dichtungs- und Lagerwerkstoffe, Dämmstoffe und Filter unter korrosiver Beanspruchung, bis hin zu Verschleißelementen im Maschinenbau gesehen.
- 



# Werkstoffbionik

Biomimicking

Biomineralisation

Nachahmung

Werkstoffbionik

bio-organische Vorlage oder Rohstoff  
für Werkstoffdesign

Direkttransformation

Naturfaser-  
verbunde

Bioplaste

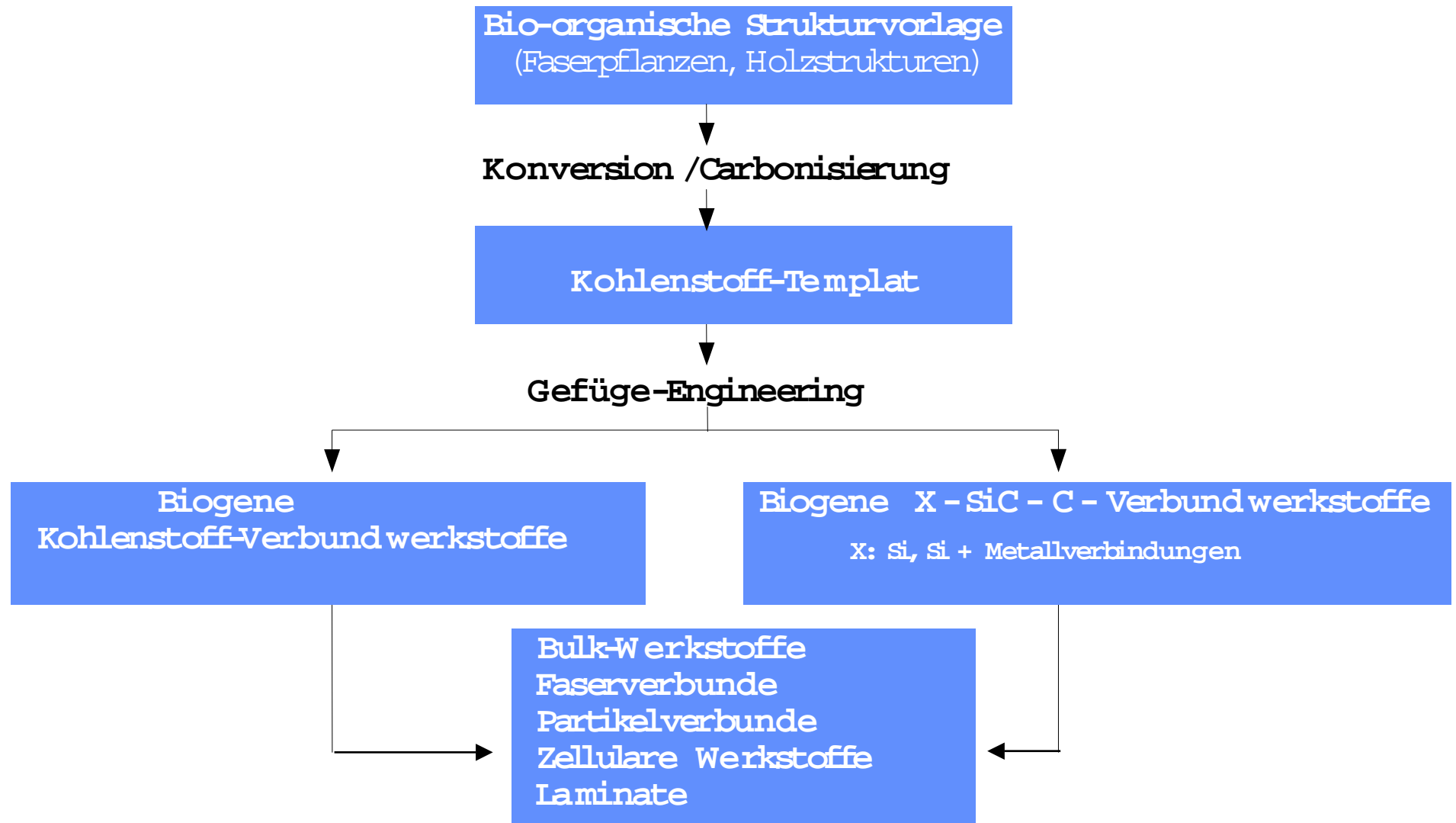
Biotemplate

Veredelung  
biologischer

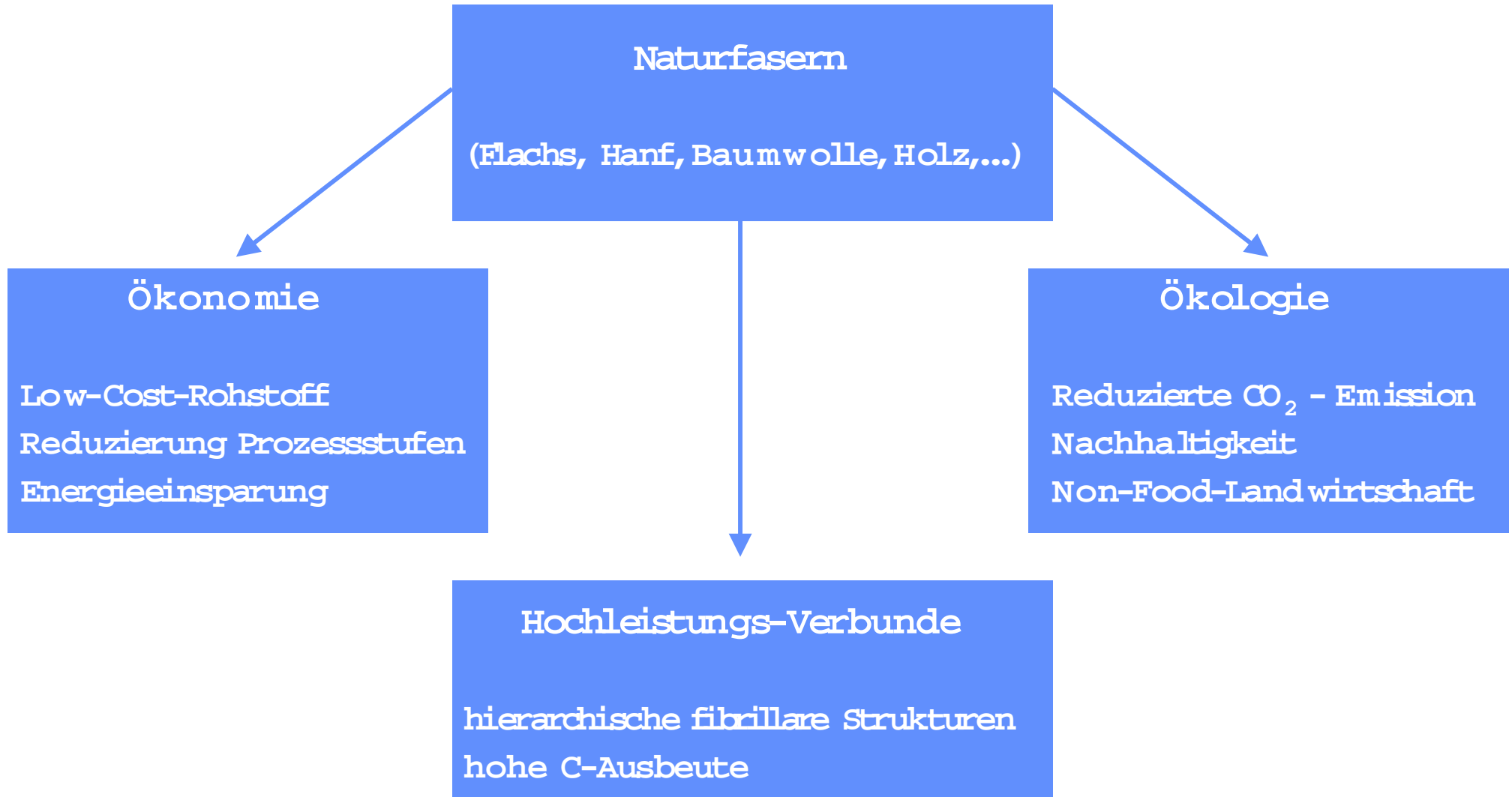
Textile  
Erzeugniss



# Biogene Keramikwerkstoffe



# Chancen des Naturfaser-Einsatzes für Keramik-Composi



# Herstellung biogener Keramik

## Pulvertechnologische Route

Pyrolysierte Naturfasern

Formgebung

Konversion

·Carbonisierung  
·Silicierung

Endbearbeitung

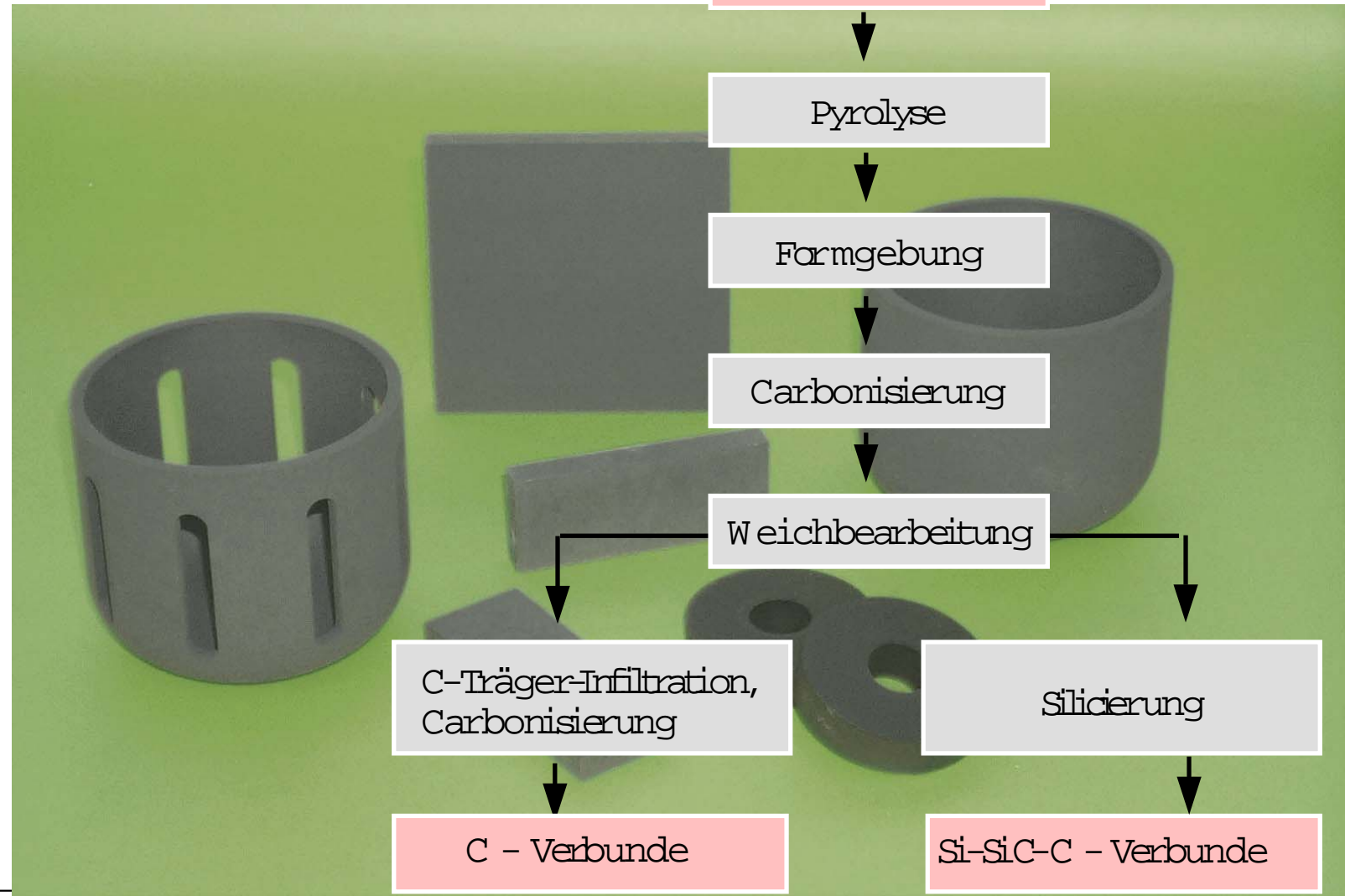
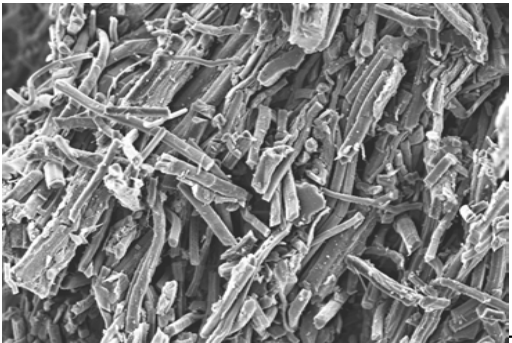
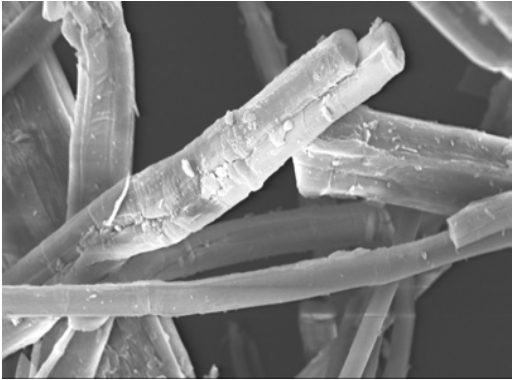
## Pulverfreie Route

Polymergebundene Halbzeuge

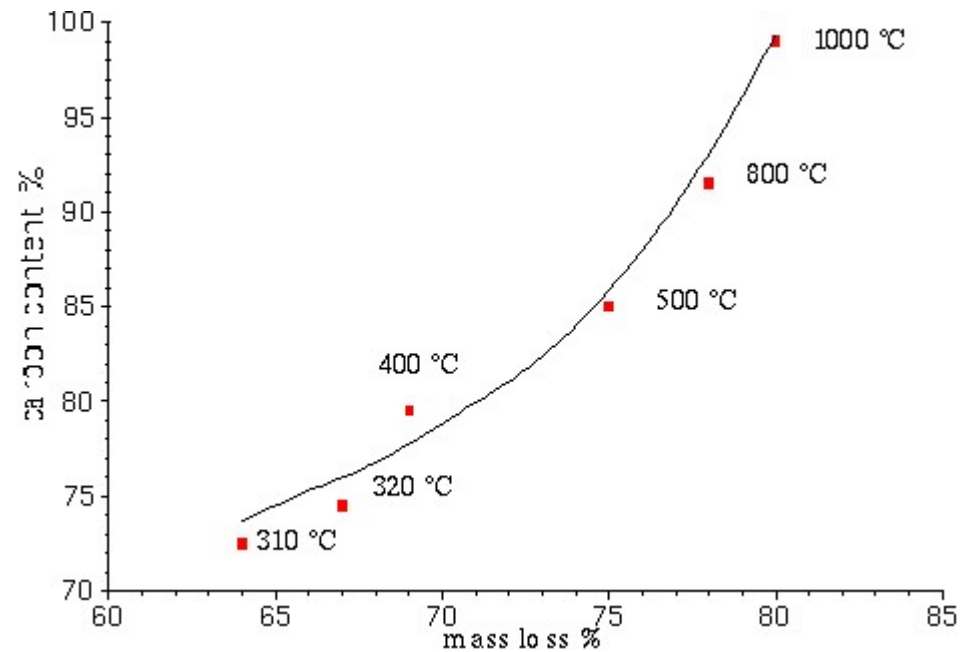
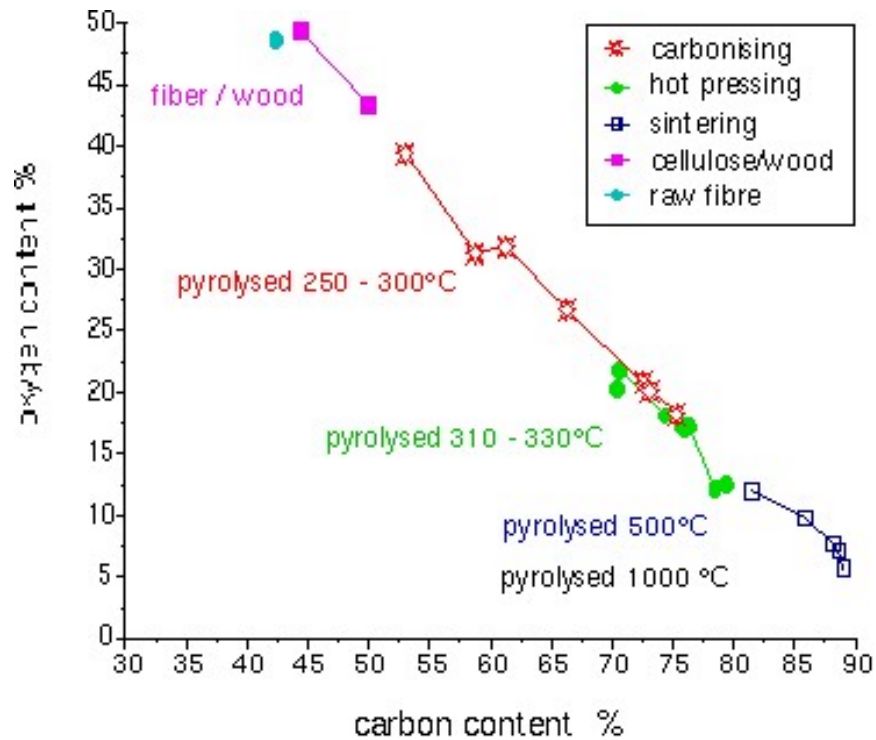
·Platten  
·Gewebe  
·Vliese



# Pulvertechnologische Herstellung



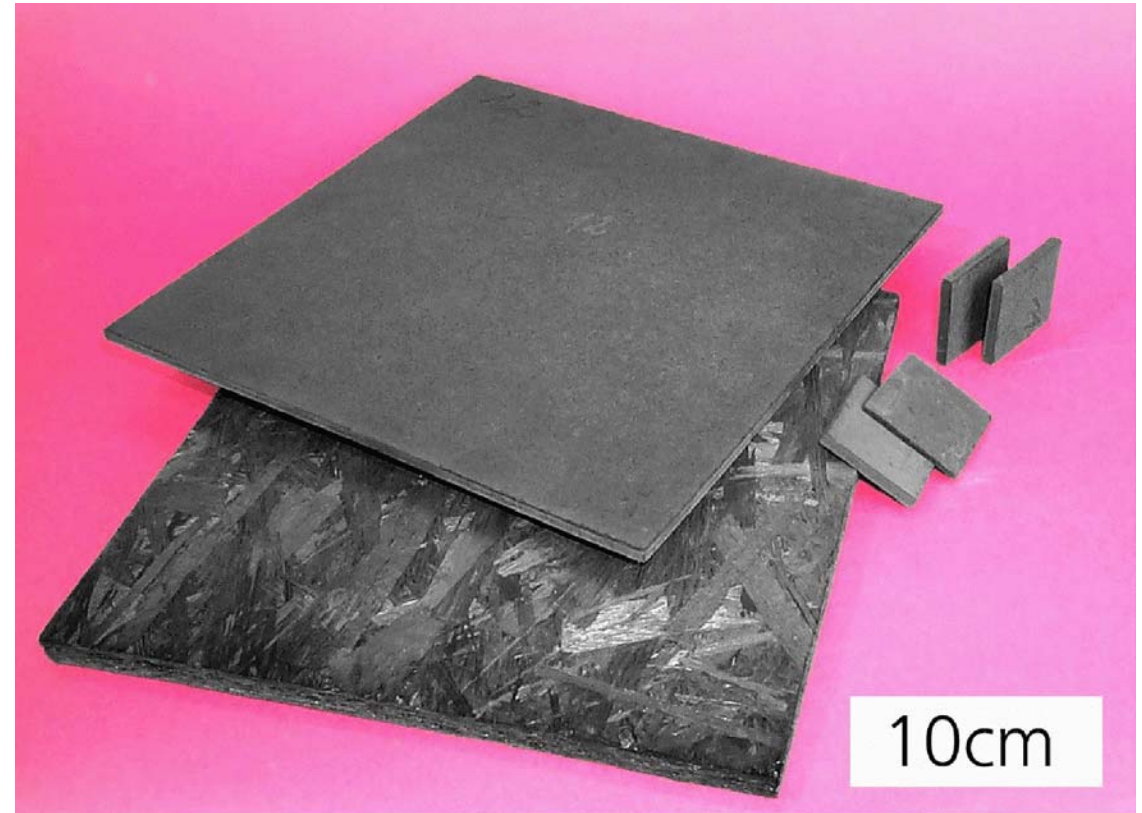
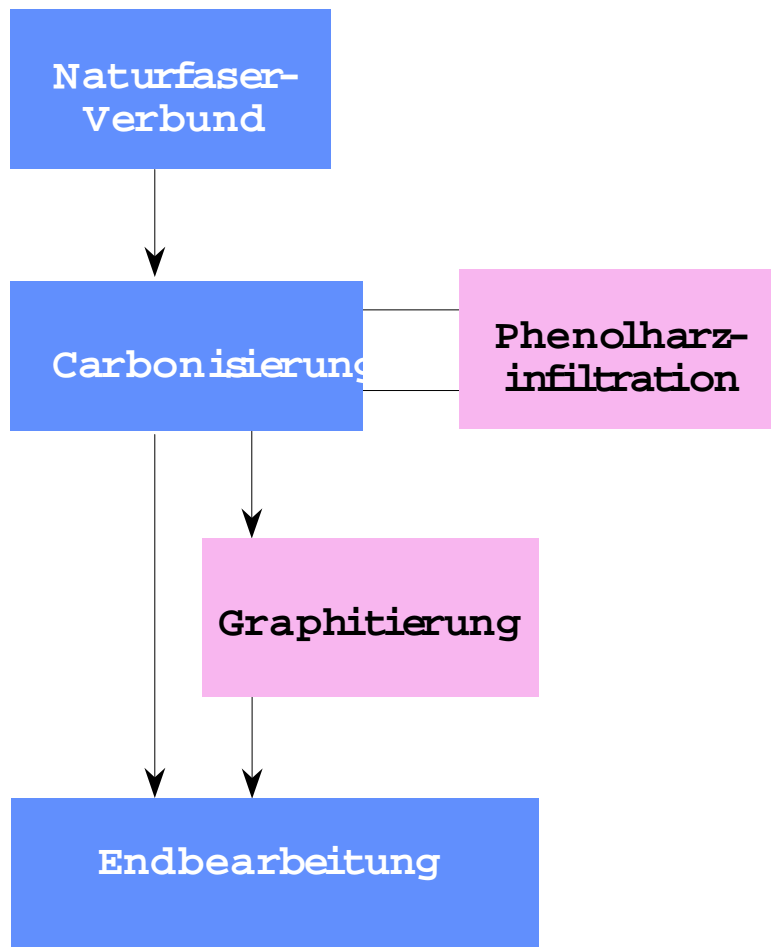
# Pyrolytische Umwandlung / Carbonisierung



- Thermische Zersetzung unter Luftabschluss
- Abbau funktioneller Gruppen
- Abspaltung flüchtiger Komponenten ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ )



# Pulverfreie Fertigungstechnologie



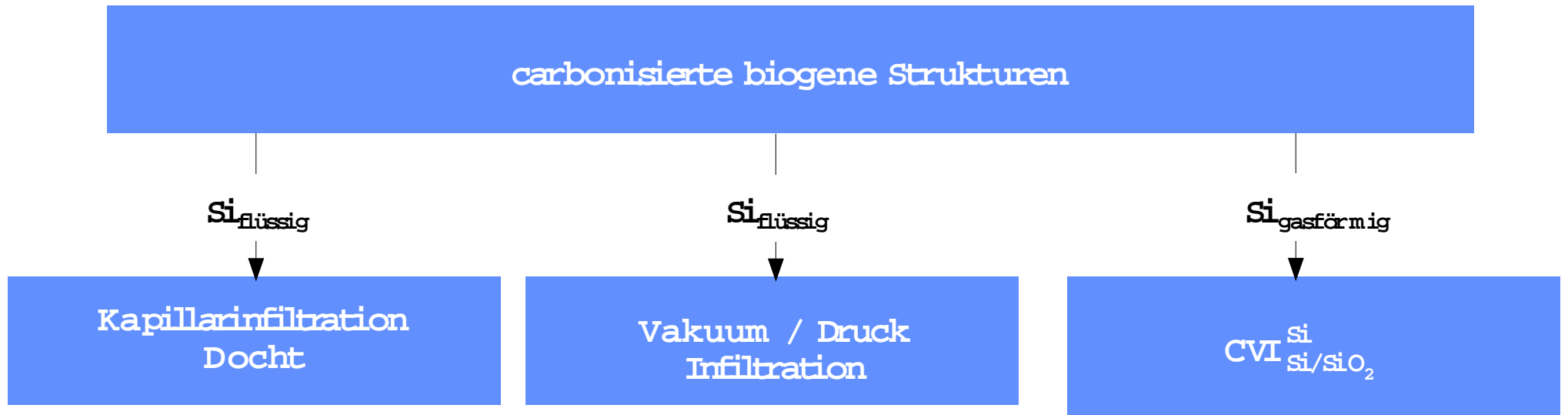
# Mechanische Eigenschaften biogener und kommerzieller Kohlenstoff-Verbundwerkstoffe (Schunk GmbH)

## Kohlenstoff-Werkstoffe aus Flachs-Fasern:

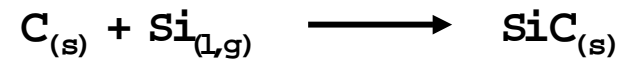
- geringe Dichte
- Festigkeit vergleichbar mit konventionellen Graphit-Produkten
- Struktur und Festigkeit nicht vergleichbar mit CFC
- Harzinfiltration führt zu erhöhter Schadenstoleranz

Werkstoff	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	3P-Biege- festigkeit [MPa]	Elastizitäts- modul [GPa]	Bruch- dehnung [%]
C <sub>bio,1</sub>	1,45	90 ±11	26 ±1	0,4
C <sub>bio, 2</sub>	1,37	48 ±5	17 ±1	0,3
C <sub>bio, 2</sub> (Harz-infiltriert)	1,42	55 ±4	14 ±1	0,5
<b>Graphit FE 779</b>	<b>1,95</b>	<b>90</b>	<b>15</b>	<b>0,9</b>
<b>Graphit FE 679</b>	<b>1,78</b>	<b>55</b>	<b>15</b>	<b>0,9</b>
<b>CFC (CF222)</b>	<b>1,65</b>	<b>200</b>	<b>80</b>	<b>0,3</b>

# Silicierung



➔ Reaktion zu  $\beta\text{-SiC}$ :



➔ theoretische Carbonisat-Dichte  $0.966 \text{ g/cm}^3$

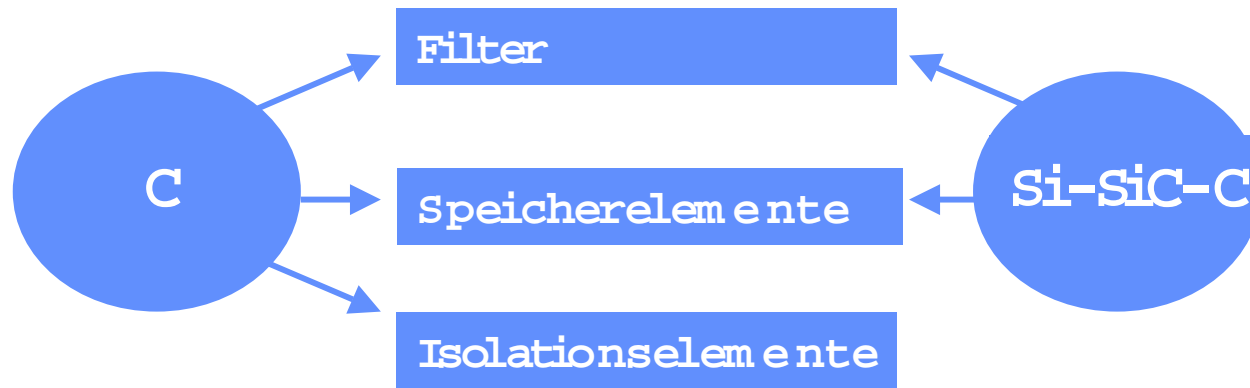
➔ Inhomogenitäten der lokalen Dichten ➔ Verbundstrukturen

# Mechanische Eigenschaften von Si-SiC-Werkstoffen

Werkstoff	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	4P-Biegebruch- Festigkeit [MPa]	Elastizitäts- Modul [GPa]
Si-SiC-C <sub>bio</sub>	3.03	300	360
Si-SiC <sub>(Standard)</sub>	3.05	350	380



# Biogene Zellularkeramik



Hochtemperaturfestigkeit

Korrosionsstabilität

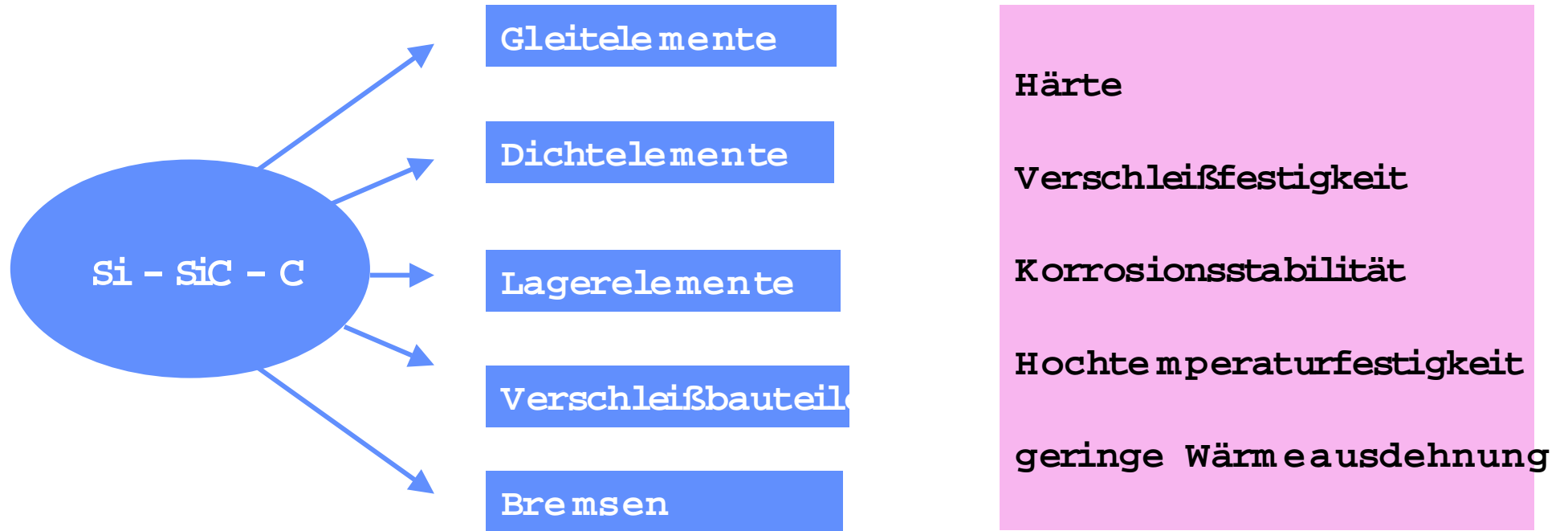
Regenerierbarkeit

einstellbare Porosität

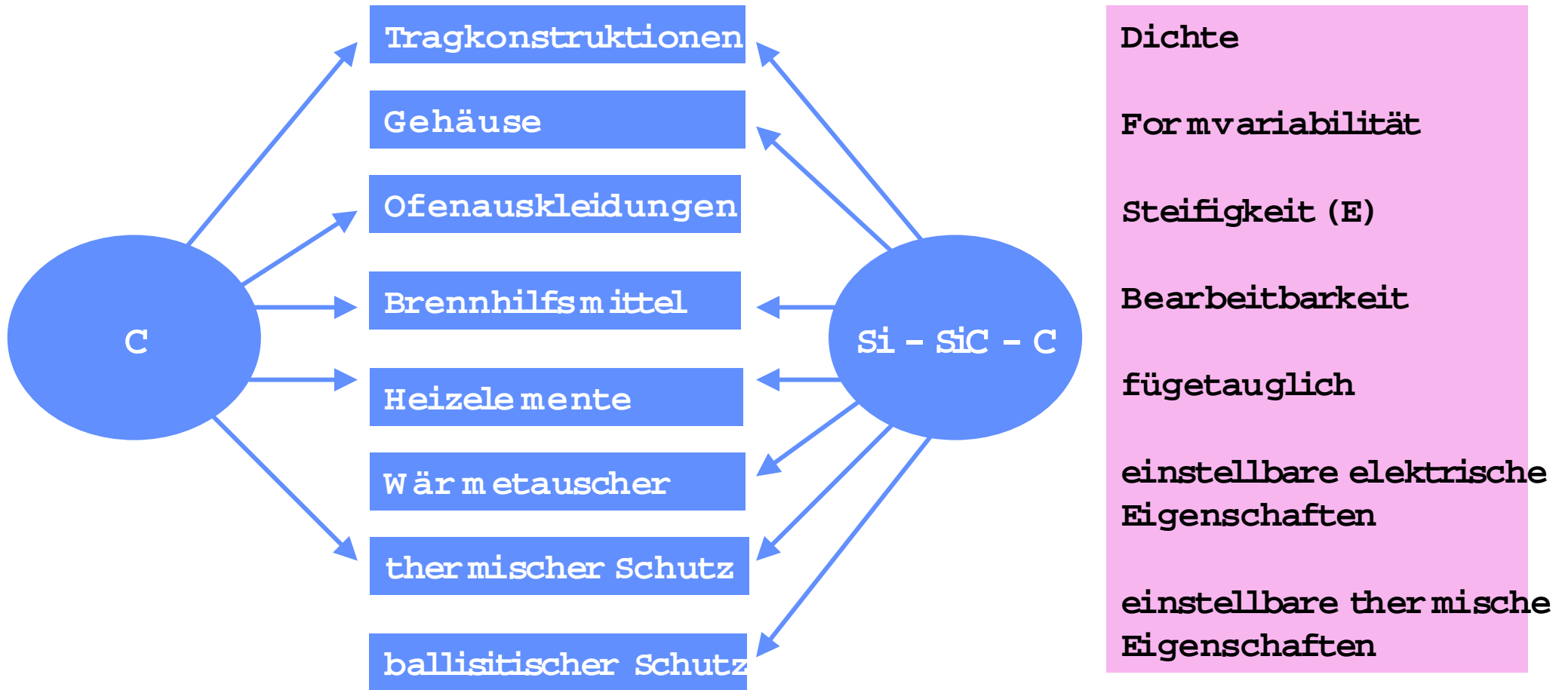
einstellbare  
innere Oberfläche

einstellbare  
elektrische Eigenschaften

# Biogene Friktionswerkstoffe



# Biogene funktionelle Leichtgewichtsstrukturen



# Einsatzpotenzial biogener Verbundkeramik – Zusammenfassung

## Biogene C- und SiC- Verbunde auf Pflanzenbasis

- werkstofftechnisch nutzbare Verbundstrukturen
- erneuerbarer Rohstoff
- breite Gefügepalette (dicht, Faserverbund, porös)
- reproduzierbare Fertigungstechnologien
- Prototypen
- mechanische Eigenschaften vergleichbar kommerziellen Produkten
- Anwendungsvielfalt

