



# Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovationen in der Produktionstechnik

---

Werkstoffbasierte Energie- und Ressourceneffizienz

**- Die richtige Wahl -**

Thomas Grund

27.06.2013

## Inhalt

- Einleitung
- Werkstoffauswahl
- Werkstofflebenszyklus
- Handlungsfeld Werkstoffe
- Beispiel: Simulation thermischer Spritzprozesse
- Weitere Beispiele

# Werkstoffe und Produkte

1900



1940



2011

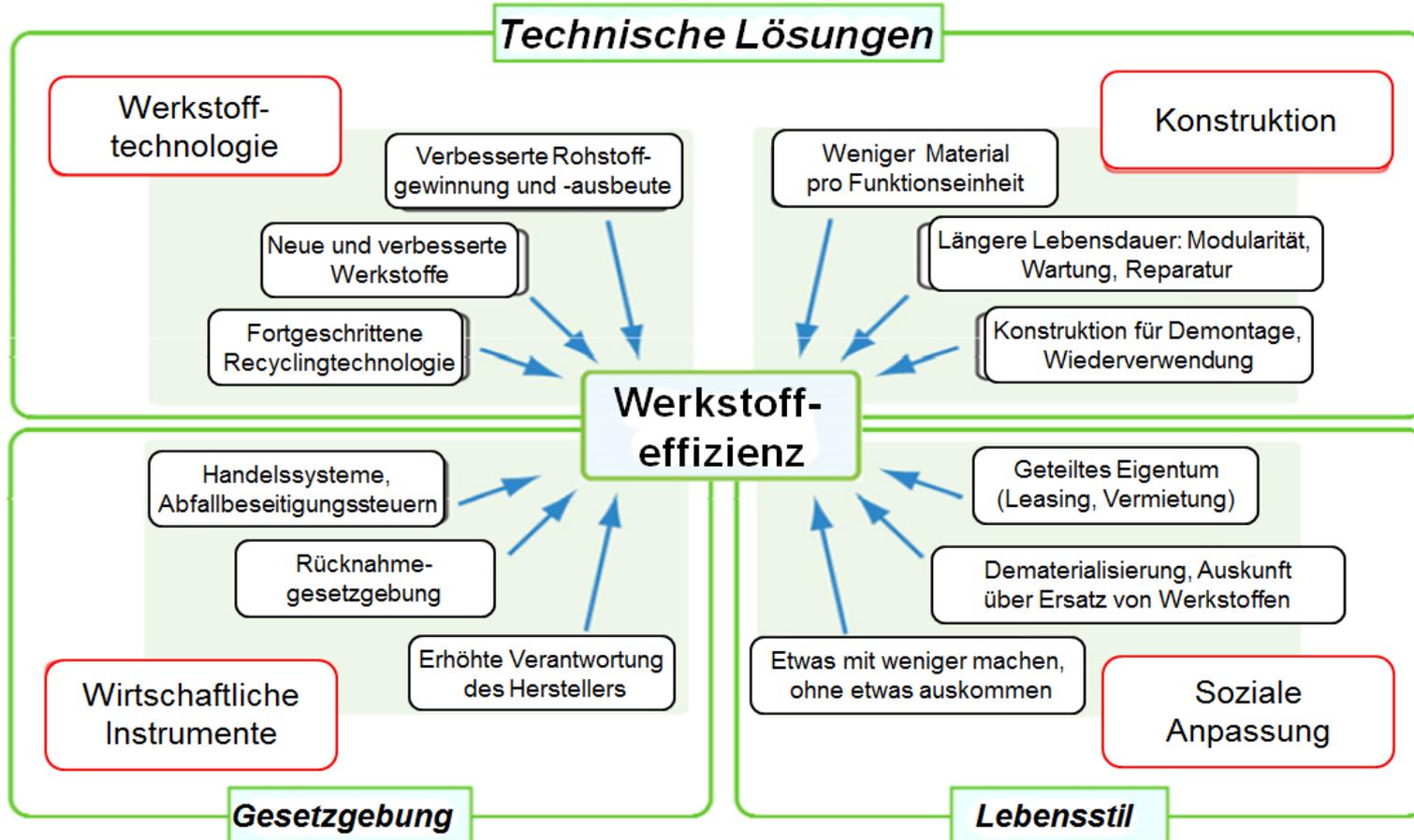


2050

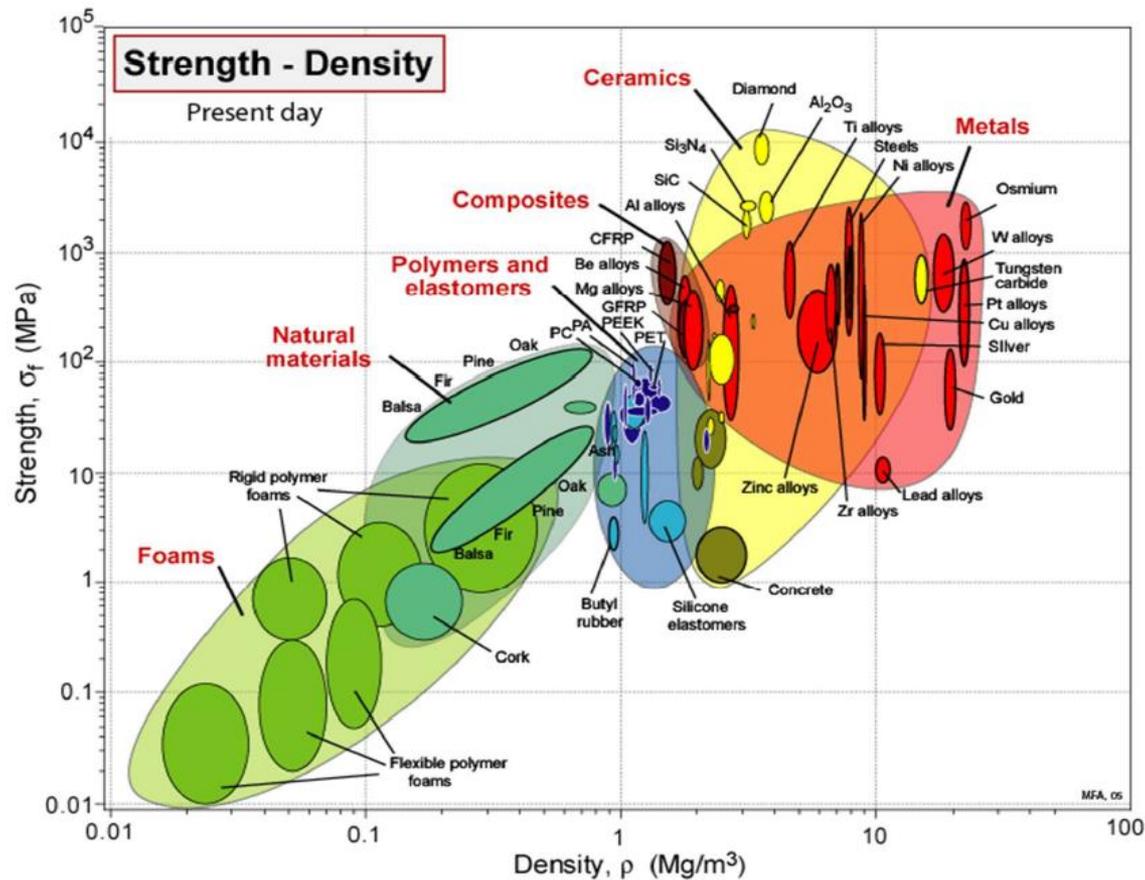
?



# Werkstoffeffizienz



# ... aus werkstofftechnischer Sicht

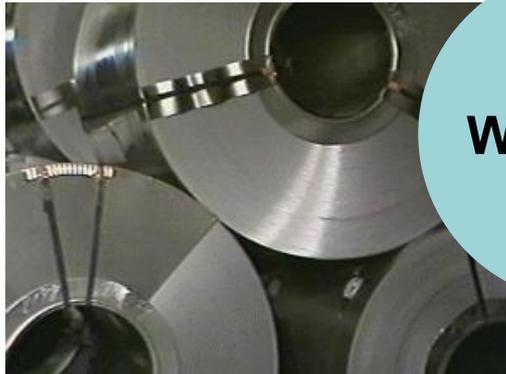


## ... aus produktionstechnischer Sicht



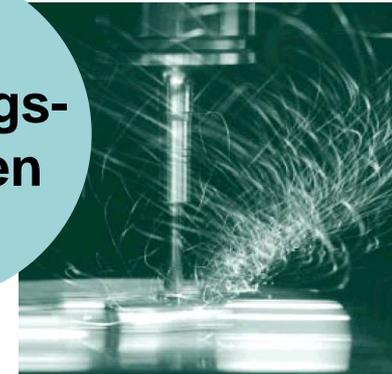
**Gestaltungsmöglichkeit**

**PRODUKT**



**Werkstoff**

**Fertigungsverfahren**



## ... aus ökonomischer Sicht

Werkstoff	Preisrelation	Werkstoff	Preisrelation
allgemeine Baustähle	1	Polyvinylchlorid PVC	1,8
niedriglegierte Stähle	1 - 1,5	Polyethylen PE-LD	2,8
Schnellarbeitsstähle	10	Epoxydharze EP	3,8
rostfreie Stähle	5,5 - 7	Polyimide PI	23
unlegiertes Gusseisen	0,6	Polymethylmethacrylat PMMA	12
Aluminiumguss	4,6	Silikatglas	3,2
Al-Knetlegierungen	4,6 - 5,5	Naturgummi	3,2
Kupferhalbzeuge	5 - 7	Schaumstoffe	2 - 3,2
Messinghalbzeuge (CuZn)	4 - 5	GFK-Verbundwerkstoff	5,5 - 7,5
Wolfram	60	KFK- Verbundwerkstoff	450
Titanlegierungen	23 - 29	Bor-Epoxyd-Verbundwerkst.	750

## ... aus ökologischer Sicht

- Rohstoffverbrauch
- Primärenergiebedarf
- Abfallprodukte bei der Fertigung
- toxische Wirkung des Werkstoffs bzw. von Abprodukten
- Schadstoffausstoß
- Korrosionsverhalten
- Recycling
- Energiebedarf beim Recycling
- Deponierbarkeit
- ...



# Allgemeine Werkstoffauswahl

Quelle: Vorlesung Werkstoffauswahl  
(Prof. Lampke, Dipl.-Ing. Zillmann)C



## Werkstoffdatenbanken

### Bücher

- 1 Waterman, N. A.; Ashby, M. F.: "Elsevier Materials Selector"; ISBN 0849377900
- 2 Wegst, C. W.: "Stahlschlüssel"; ISBN 3-922599-11-7
- 3 "Aluminiumtaschenbuch (3 Bd.); ISBN 3-87017-241-X, ISBN 3-87017-242-8, ISBN 3-87017-243-6
- 4 Altenpohl, D.: „Aluminium von Innen“, ISBN 3-87017-235-5
- 5 Carlowitz, B.: "Kunststoff-Tabellen"; ISBN 3-446-17603-9
- 6 Hellerich, W.; Harsch, G.; Haenle, S.: "Werkstoff-Führer Kunststoffe"; 3-446-22559-5
- 7 Beitz, W.; Küttner, K.-H.: "Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau"; ISBN 3-540-52381-2
- 8 Schatt, W.; Simmchen, E.; Zouhar, G. "Konstruktionswerkstoffe des Maschinen- und Anlagenbaus"; ISBN 3-342-00677-3
- 9 Tabellenbuch Metall; ISBN 3-8085-1722-0
- 10 ASM Handbook (21 Bd.)
- 11 Howard E. Boyer, Timothy L. Gall (Herausgeber): „Metals Handbook“; 0-87170-188-X
- 12 Merkel, M.; Thomas, K.-H. „Taschenbuch der Werkstoffe“; ISBN 3-446-21410-0

### Datenbanken an der TU Chemnitz

- 13 Perinorm (DIN- und VDI-Volltexte)
- 14 Handbook of Ternary Alloy Phase Diagrams 1.0
- 15 Werkstoffdatenbank Stahl 1.0
- 16 StahlWissen NaviMat XL 3.0
- 17 Scopus (Literaturdatenbank)
- 18 StN-Servicezentrum (Literaturdatenbank und Werkstoffkennwerte)

# Allgemeine Werkstoffauswahl

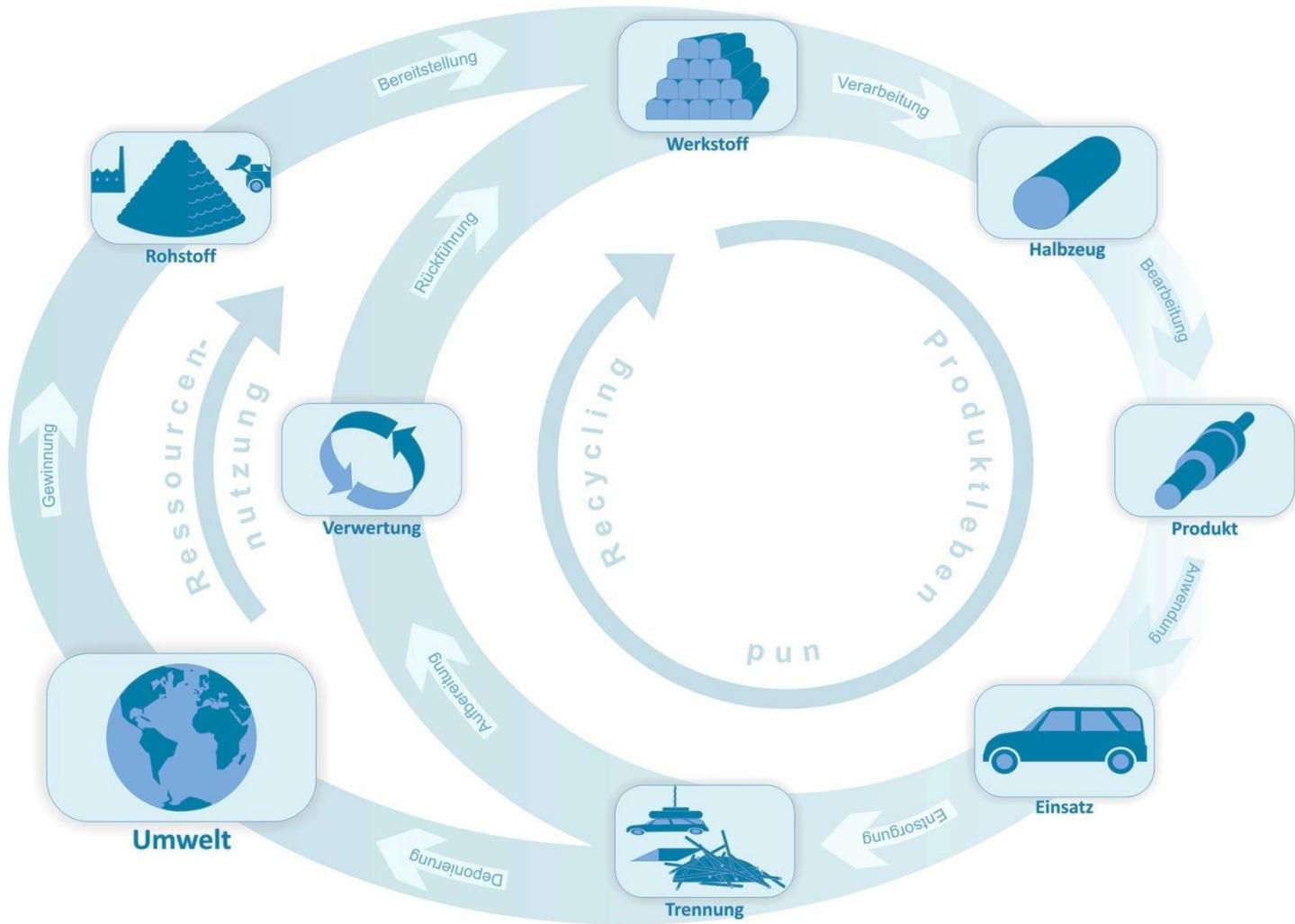
## Weitere Datenbanken

- 19 ASM International - Binary Alloy Phase Diagrams
- 20 WST 1 (350 Stähle, 150 Nichteisen-Metallegierungen inkl. chem. Zusammensetzungen) [www.hexagon.de](http://www.hexagon.de)
- 21 Fezen - WS-Datenbank für ANSYS
- 22 Cambridge Engineering Selector - CES (phys., chem. und mech. Werkstoffkennwerte) [www.granta.co.uk](http://www.granta.co.uk)
- 23 WIAM Metallinformation (Datenbank für Metalle, IMA Dresden) Demoversion frei
- 24 weitere Datenbanken unter Weblinks [www.granta.co.uk](http://www.granta.co.uk)

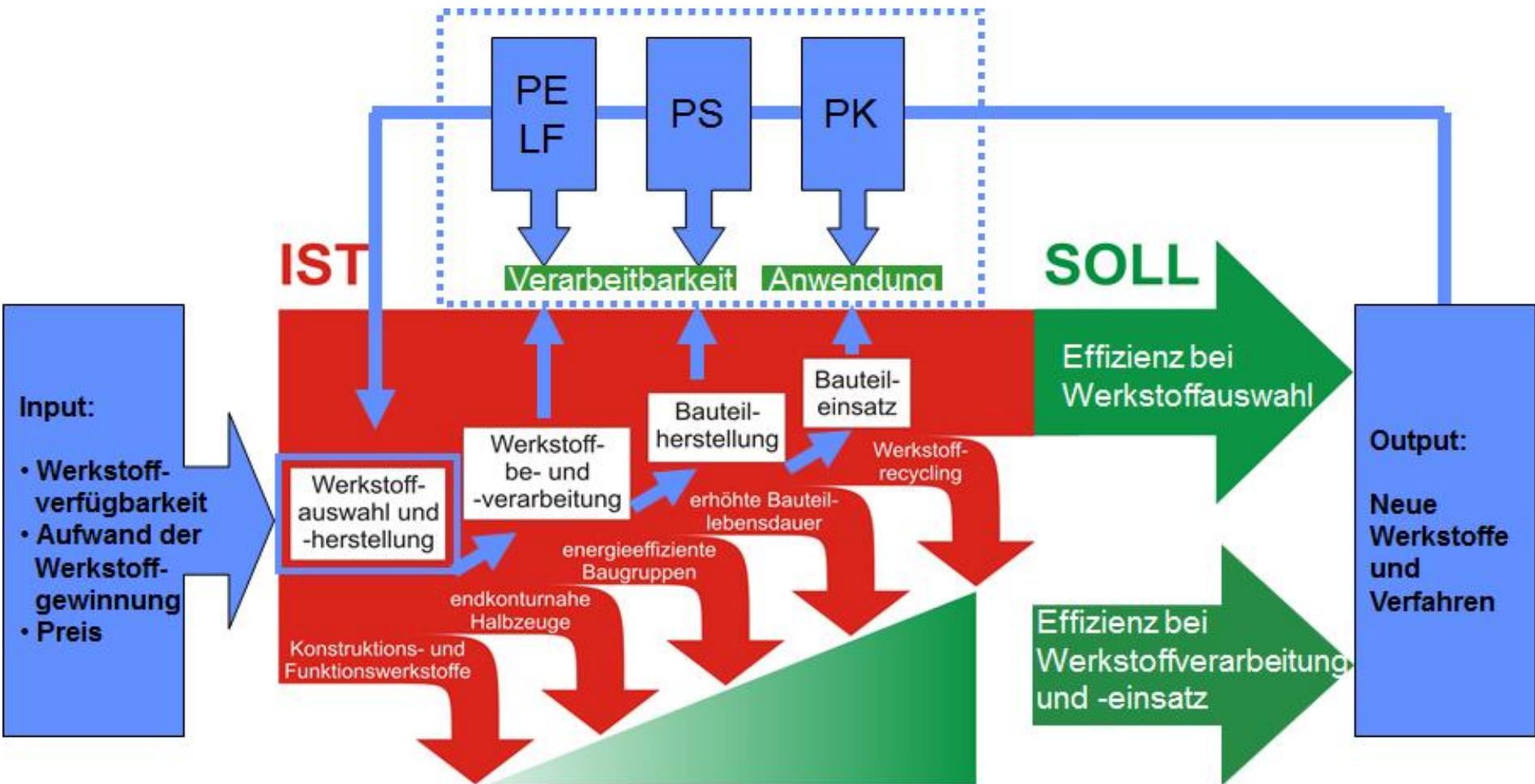
## Internet-Informationen und -Datenbanken

- 25 [www.format.mwn.de](http://www.format.mwn.de) (Materialwissenschaftliches Online-Informationssystem)
- 26 [www.matweb.com](http://www.matweb.com) (Kunststoffe, Metalle, Verbundwerkstoffe, Superlegierungen)
- 27 [www.keramverband.de](http://www.keramverband.de) (Infos über Keramikauswahl, -einsatz, -eigenschaften)
- 28 [www.kupferinstitut.de](http://www.kupferinstitut.de) (Beratungsdienst)
- 29 [www.deuschetitan.de](http://www.deuschetitan.de) (Titanhersteller)
- 30 [www.aluinfo.de](http://www.aluinfo.de) (Gesamtverband der Aluminiumindustrie - GDA)
- 31 [www.nirosta.de](http://www.nirosta.de) (hitze-, korrosions- und säurebeständige Stähle)
- 32 [www.thyssenkruppvdm.de](http://www.thyssenkruppvdm.de) (hitze- und korrosionsbeständige Werkstoffe auf Fe- und Ni-Basis)
- 33 [www.qw-data.de](http://www.qw-data.de) (Info über Schweißbeignung)
- 34 [www.stahleisen.de](http://www.stahleisen.de)
- 35 [www.stahl-online.de](http://www.stahl-online.de) (homepage des Stahl-Zentrums)
- 36 [www.zapp.de](http://www.zapp.de) (Stahllieferant)
- 37 [www.hoesch-hohenlimburg.de](http://www.hoesch-hohenlimburg.de) (Stahllieferant)
- 38 [www.thyssenkrupp-steel.com](http://www.thyssenkrupp-steel.com) (Stahllieferant)

# Erweiterter Werkstofflebenszyklus



# Reduzierter Werkstofflebenszyklus (Werkstoffbezogene Fertigung in eniPROD)



- Erhöhen der Einsatzfähigkeiten von
  - Leichtmetallen, Faserverbundwerkstoffen, Keramiken und Kunststoffen

**Werkstoff**

- Rechnergestützte Effizienzsteigerung / Funktionalisierte Schichten und Strukturen
  - Beschichtungs-, Füge-, Fertigungs- und Umformprozesse

**Verfahren/  
Strukturen**

- Großserientaugliche Fertigungstechnologien für Leicht- und Mischbauweisen
  - Falt-Wickel-Technologie, Ausformfügen

**Produktion**

# Aufgaben des HF Werkstoffe

## Energie- und Ressourceneffizienz

Hartanodisieren bei RT

Simulation therm. Spritzprozesse

Ressourceneffiziente Fertigung

Fe-Basis-Schichten

Thermomechanische Prozesse

## Energiemanagement

Niederenergetische Fügeprozesse

## Verwertungspotenzial

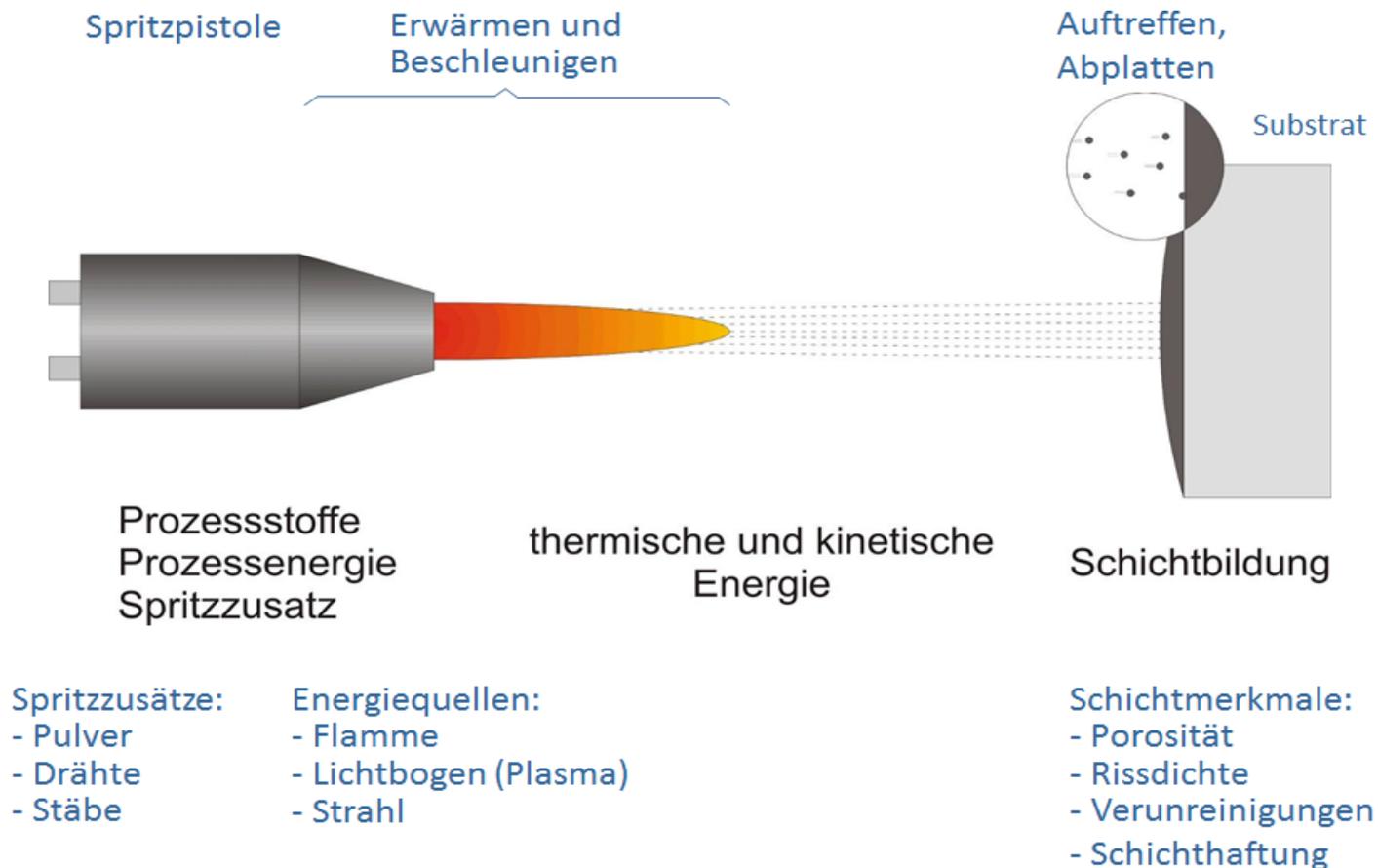
Fügen von CFK und Polymeren

Recyclinggerechte Mischbauweisen

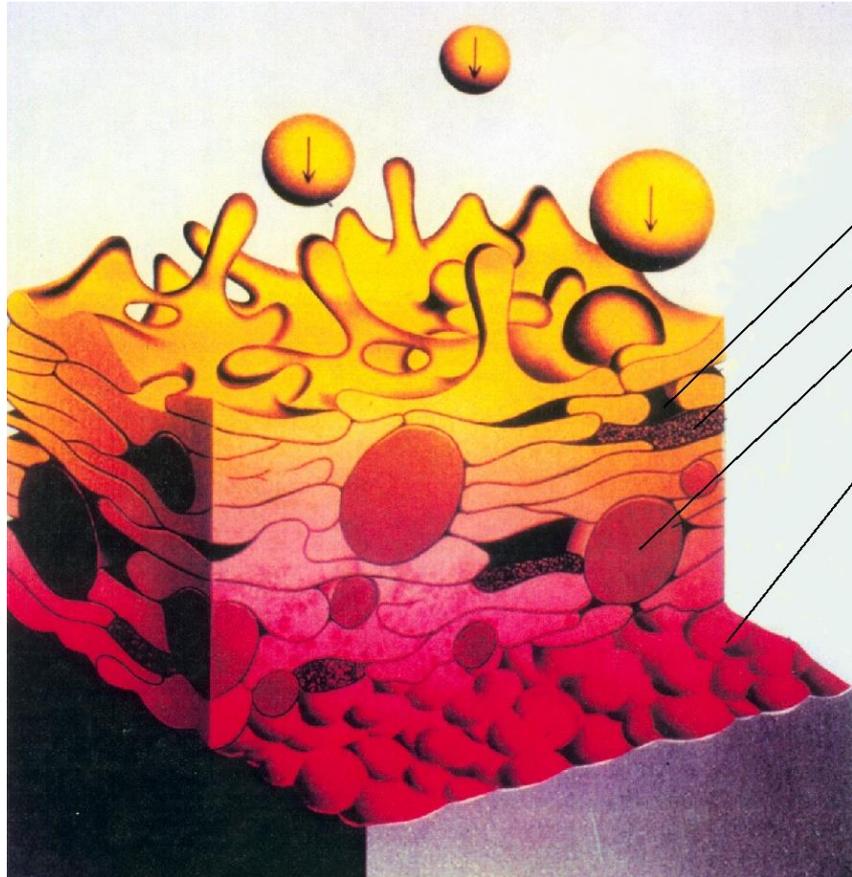
Auslegung von Leichtbauweisen

Nanokompositschichten

## Definition Thermisches Spritzen (DIN EN 657)

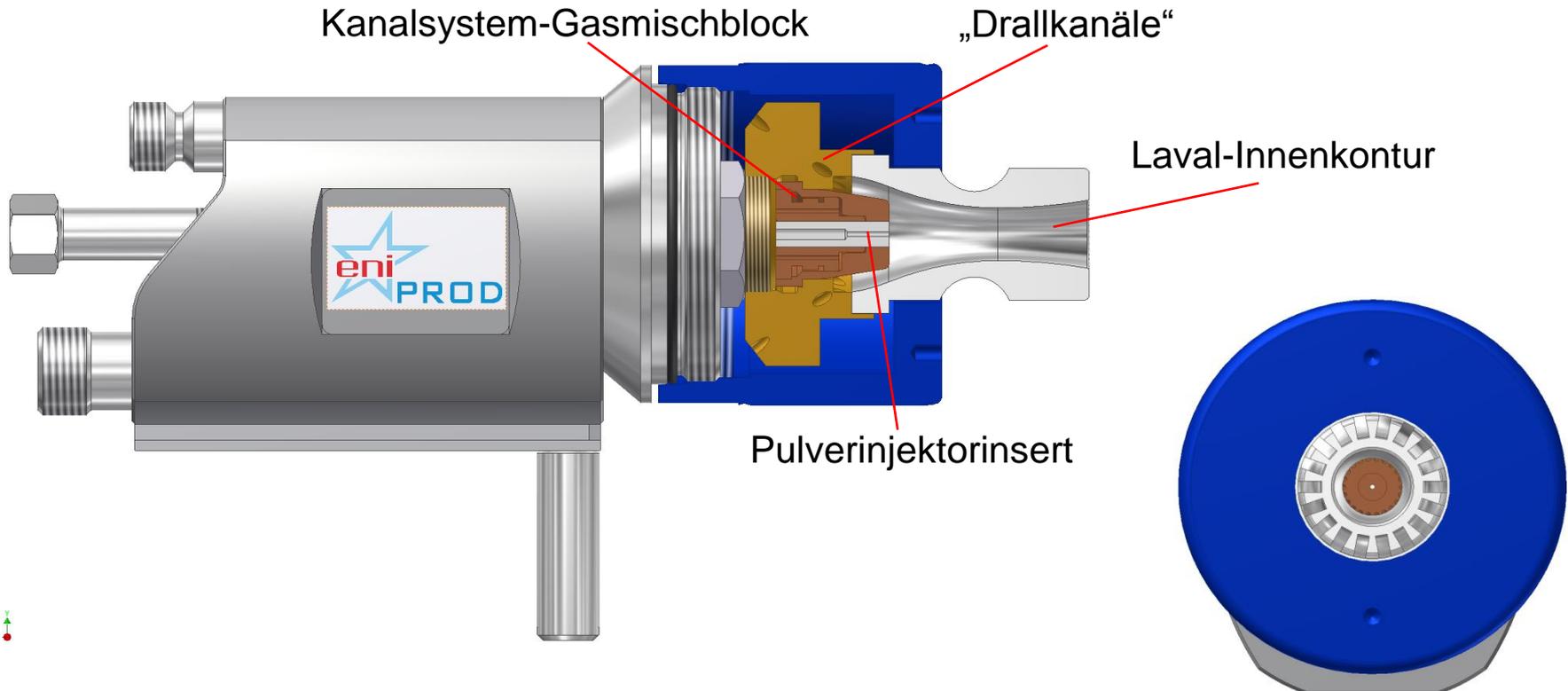


## TS-Schichten

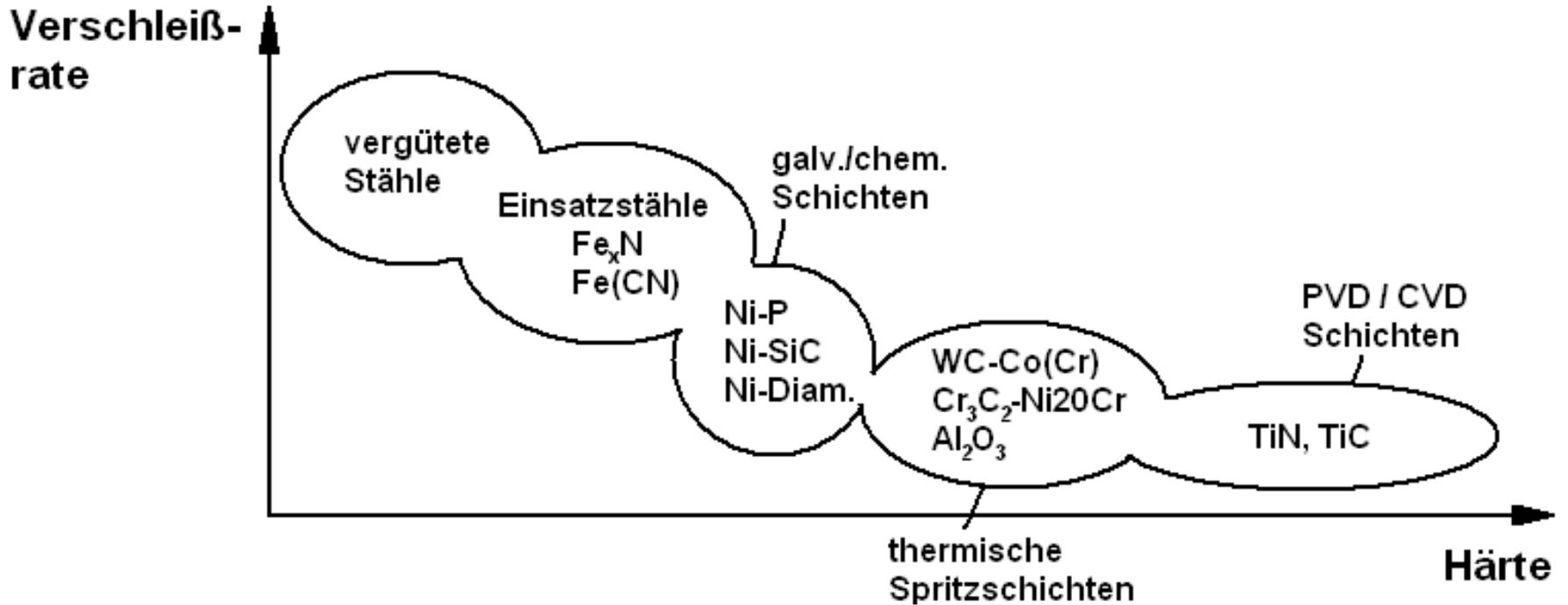


- Pore
- Oxidiertes Partikel
- Nicht erschmolzenes Partikel
- Substrat

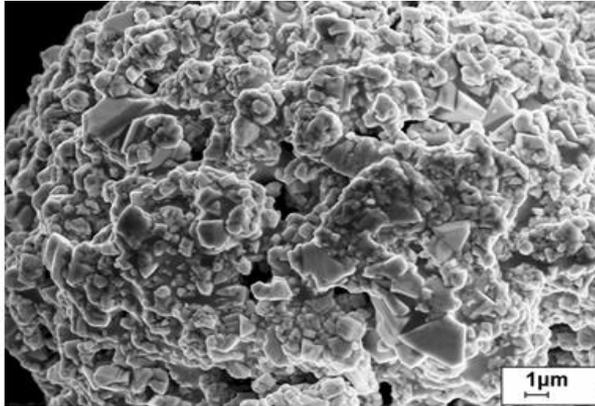
## HVOF-Systeme



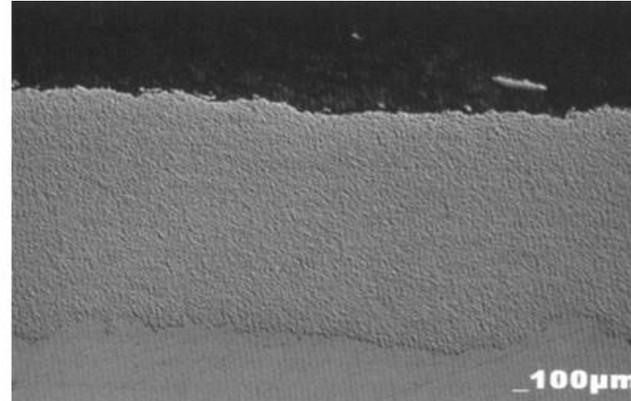
# HVOF-Schichten



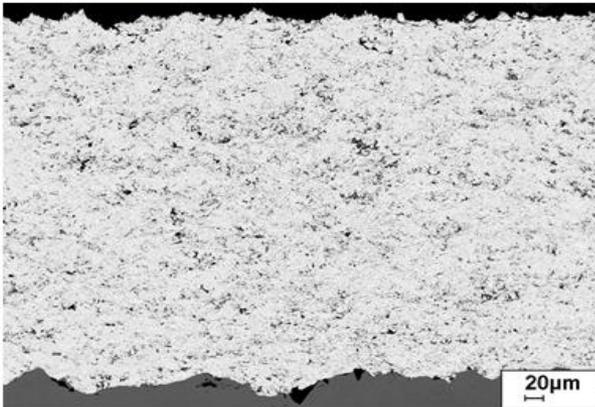
## HVOF-Schichten



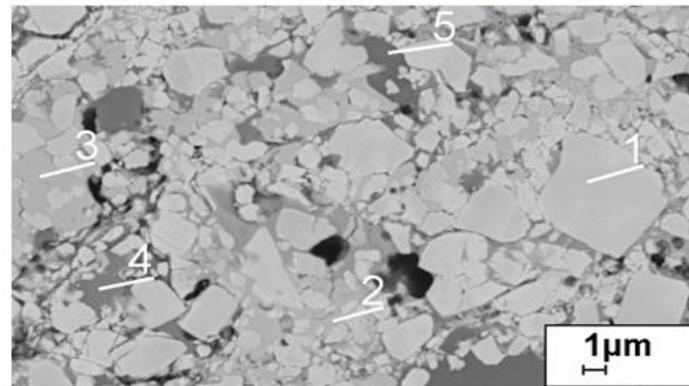
agglomeriert/gesintertes WC-CoCr



HVOF-gespritzte WC/Co-Dickschicht (LM)



HVOF-gespritzte WC/CoCr-Schicht (REM)



HVOF-gespritzte WC/CoCr-Schicht (REM, Detail)

## HVOF-Prozesse

„Wirtschaftlichkeit ist ein Maß für die Effizienz...“

Wirtschaftlichkeit = erreichtes Ergebnis / benötigten Mitteleinsatz –  
und wird in unserem Fall vorrangig durch die Kosten der Beschichtung bestimmt  
(Investitionskosten der Anlage, Betriebskosten, Betriebsstoffe, elektrische Energie,  
Verschleißteile, Personal und Pulverkosten).

Anschaffungskosten – Kombianlage: 800.000 Euro  
Beschichtungskosten (WC-Co-Cr) € / m<sup>2</sup>: **750 €**  
(Schichtdicke von 350 µm)



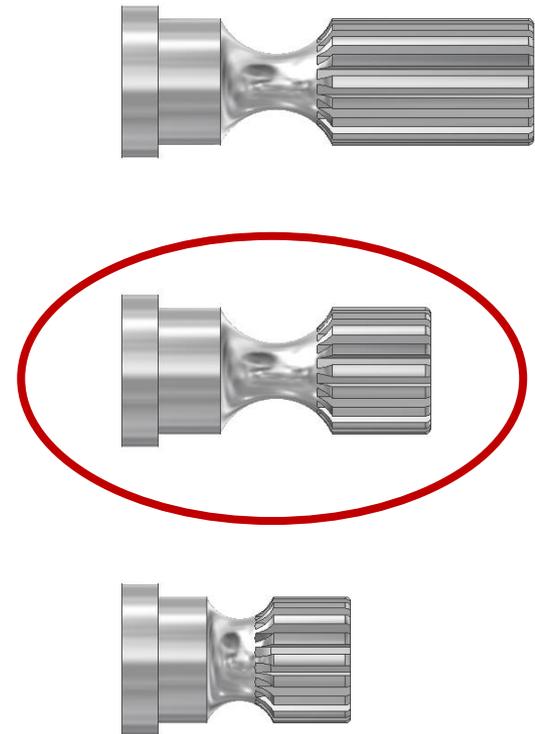
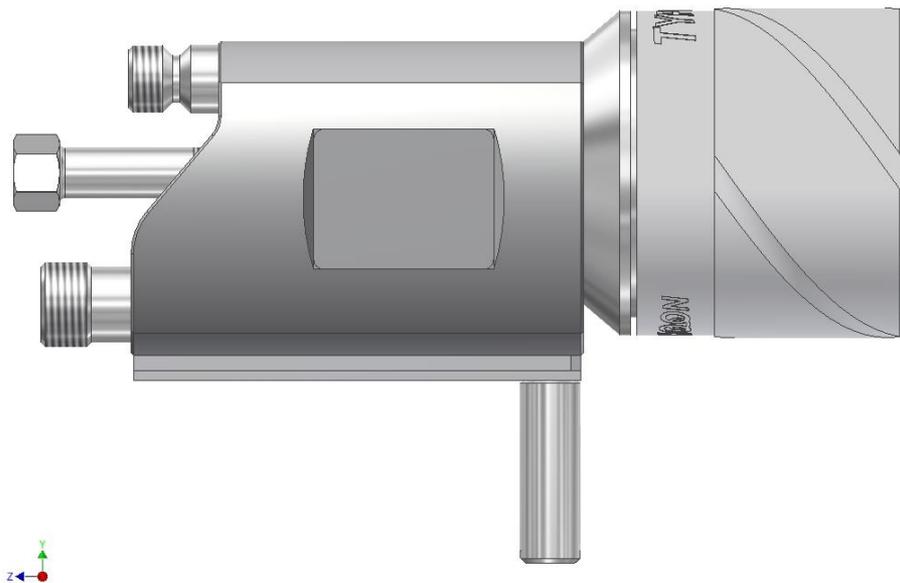
**Problem:**  
Geringer Auftragswirkungsgrad  
von durchschnittlich 50 %.

**Lösung:**  
An den Beschichtungswerkstoff  
angepasste Expansionsdüsen

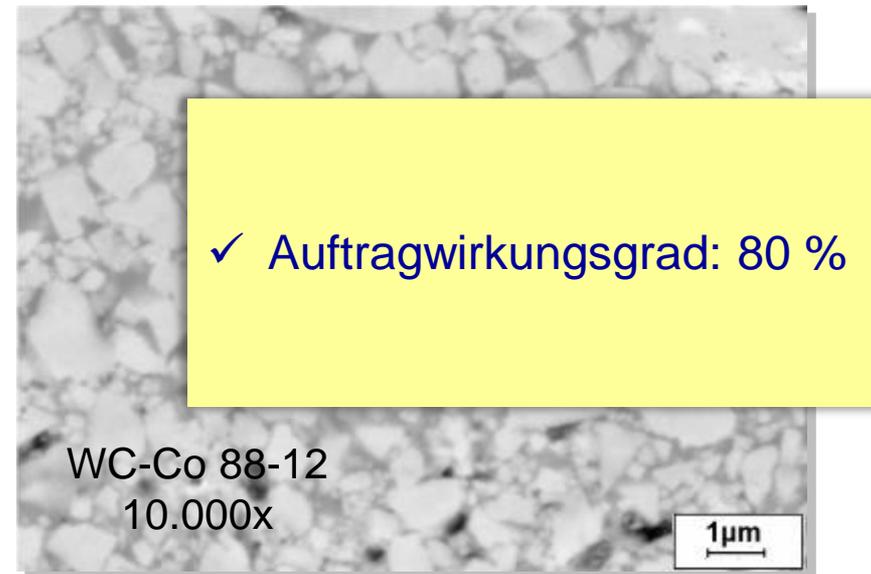
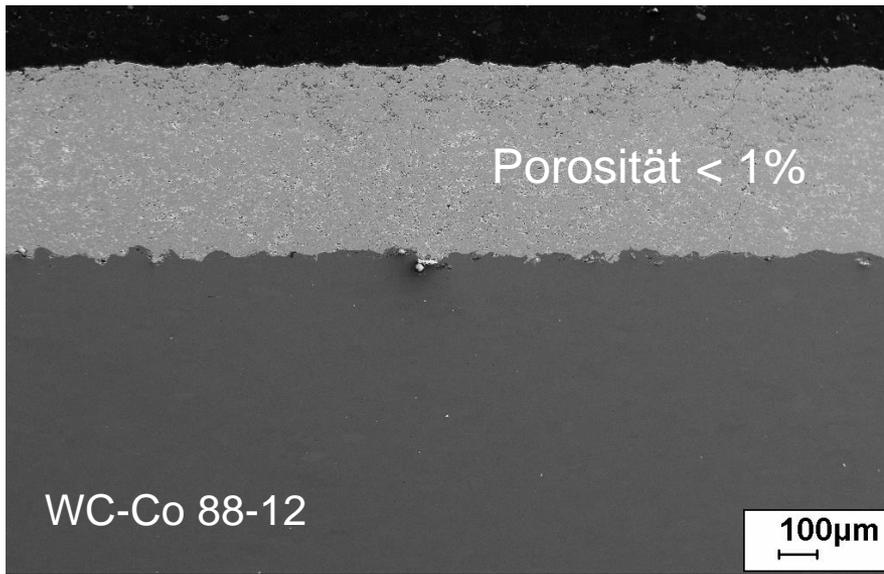
- Ethen 110l/min
- Sauerstoff 240l/min
- Druckluft 360l/min
- elekt. Energie 10kW/h
- 70 g/min Pulver
- **Spritzpulver!**

↓  
**60-70%**  
Gesamtkosten

## Angepasste HVOF-Prozesse

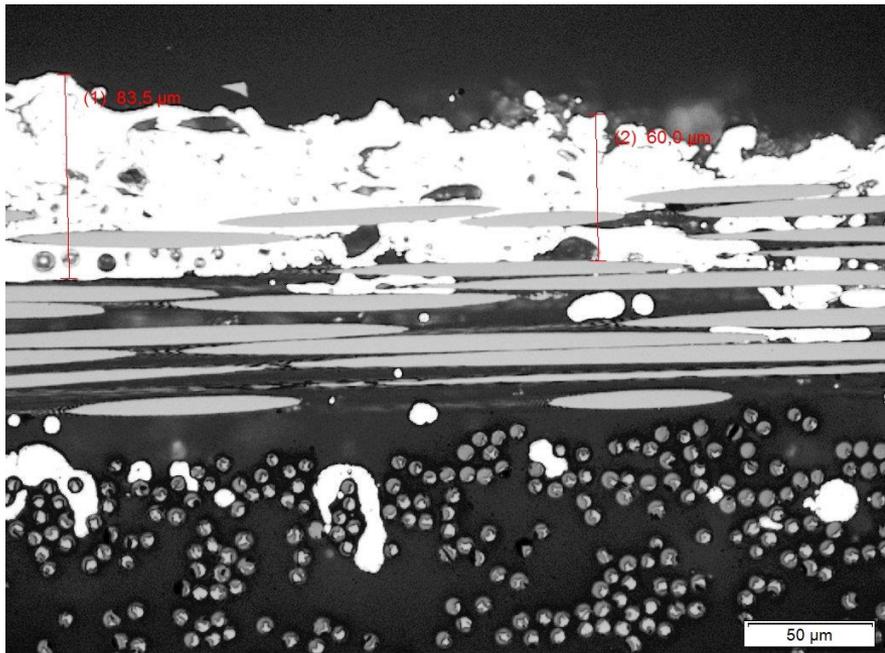


## Angepasste HVOF-Prozesse

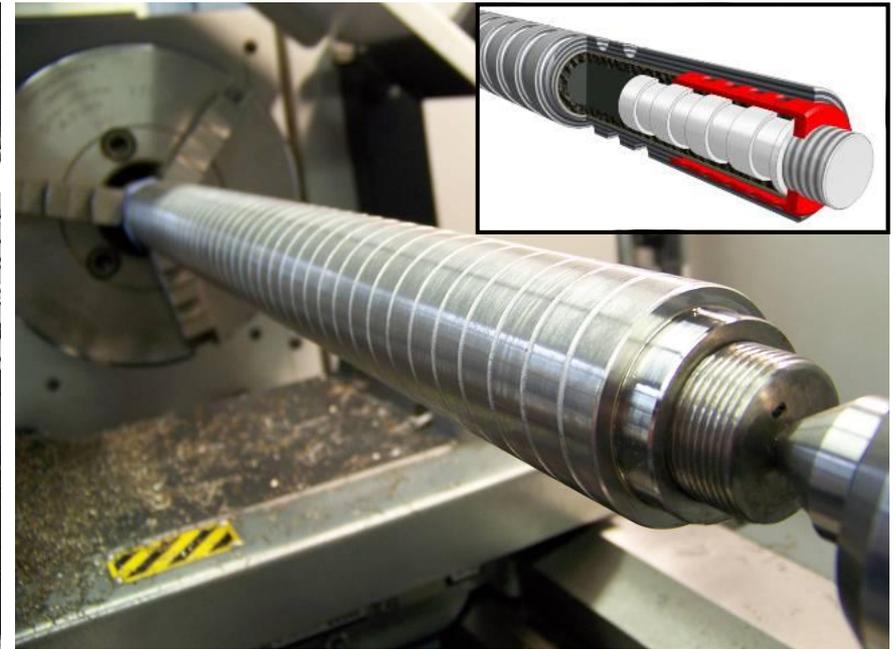


## Anwendung: Beschichten von CFK-Walzen

- Angepasste thermische Spritzprozesse zur Metallisierung von Kunststoffen
- Möglichkeit zur spanenden Nachbearbeitung der Schichten gegeben



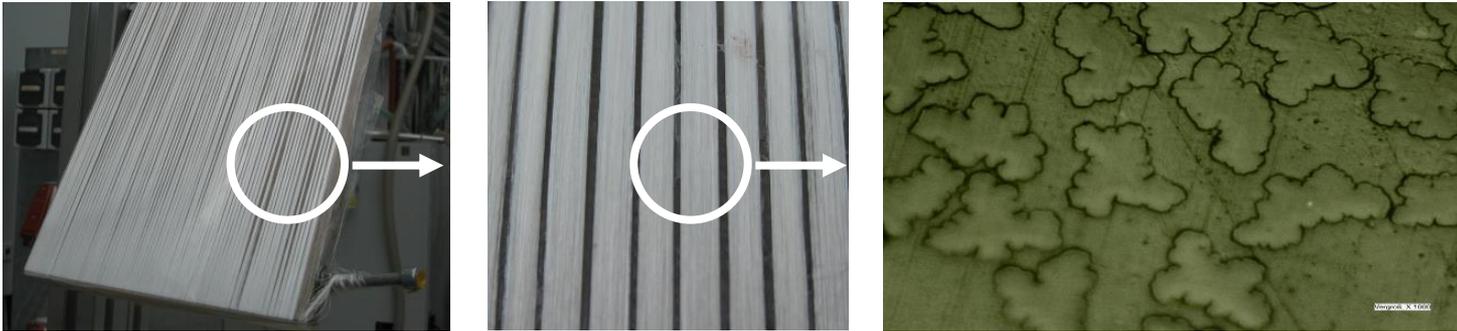
Lichtbogengespritzte Aluminium-Grundsicht auf einem CFK  
(Haftgrund für weiteren Metall- oder Keramikschichtaufbau)



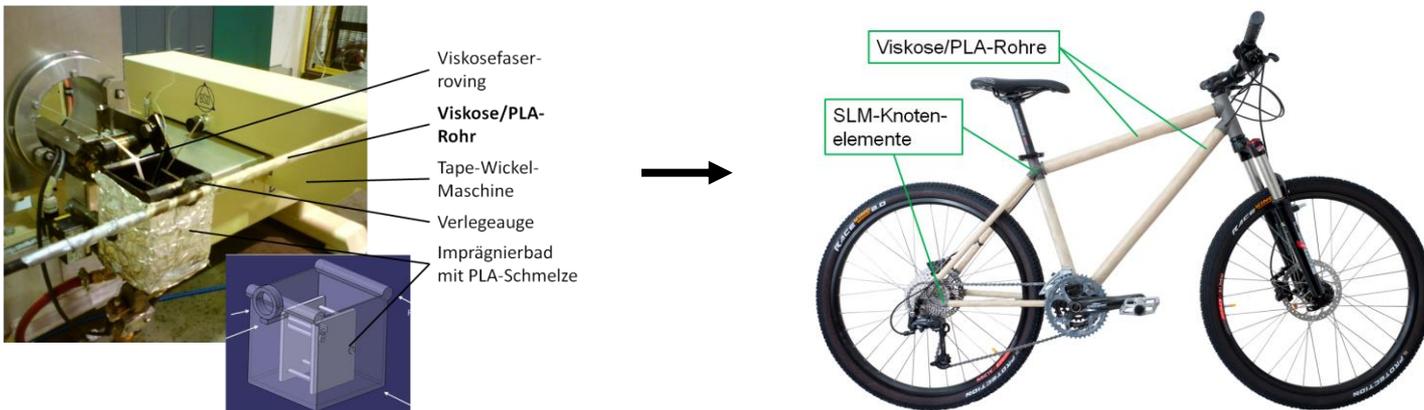
Mit Stahl beschichteter hybrider Kugelgewindetrieb während der spanenden Nachbearbeitung (Drehen)

## Faserverbundwerkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen:

- Verpressen unidirektionaler Viskosefaser-Vorlagen mit PLA-Biopolymerfolie (Polyactid)

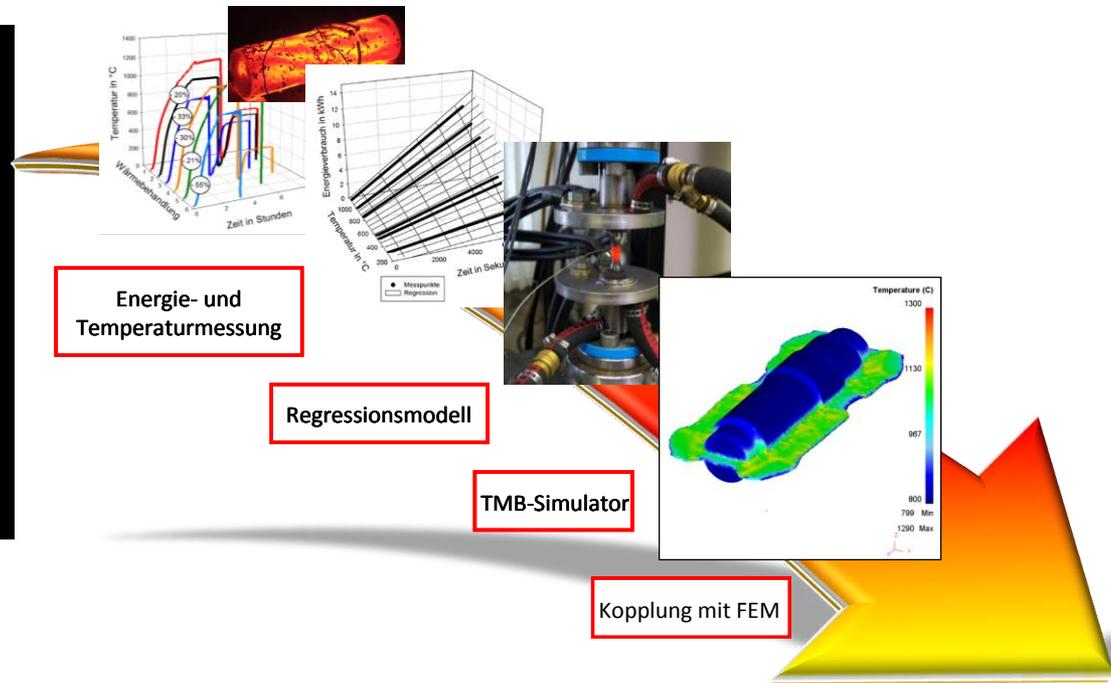


- Schmelzbad-Wickelprozess zur Herstellung von Viskosefaser-PLA-Verbundrohren



## Thermomechanische Behandlung - TMB-Simulator

- Steuerung der Temperatur und der Umformung in ihrem zeitlichen Ablauf um gezielt bestimmte Werkstoffzustände und -eigenschaften einzustellen.
- TMB-Simulator: flexibler TMB-Prozess zur Ermittlung von Materialdaten für die FEM



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dieses Projekt wird gefördert von der Europäischen Union aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) sowie aus Landesmitteln des Freistaats Sachsen.



Gefördert aus Mitteln  
der Europäischen Union

Europa fördert Sachsen.



STAATSMINISTERIUM  
FÜR WISSENSCHAFT  
UND KUNST



Freistaat  
SACHSEN



Gefördert aus Mitteln  
der Europäischen Union

Europa fördert Sachsen.

