Hochleistungspolymere für Leichtbauanwendungen und darüber hinaus

Prof. Dr. Christian Dreyer

TH Wildau, Professur Faserverbund-Materialtechnologien

Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP, Forschungsbereich Polymermaterialien und Composite PYCO

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Technische Hochschule Wildau Technical University of Applied Sciences

Fraunhofer IAP

pioneers in polymers

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ANGEWANDTE POLYMERFORSCHUNG IAP

Institutsleiter
Prof. Dr. Alexander Böker

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Fraunhofer

Das Fraunhofer IAP auf einen Blick

- 204 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
  (Stand: 12 | 2017)

- 2017: ca. 19,3 Mio. € BHH
  ca. 14,4 Mio. € externe Erträge

- Standorte: **Potsdam-Golm**
  Hamburg
  Schkopau
  Schwarzheide
  Teltow
  Wildau

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Fraunhofer

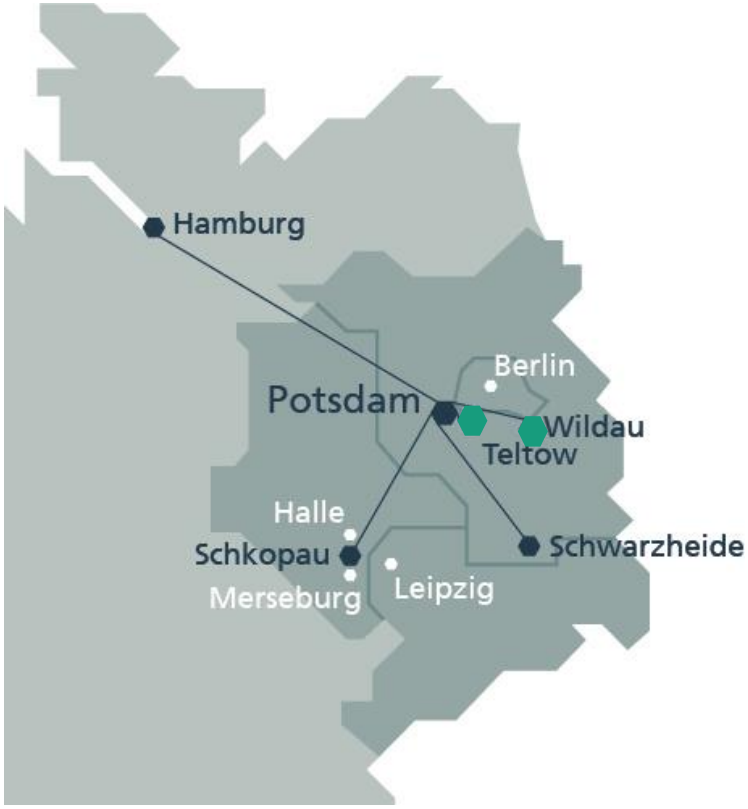
Das Fraunhofer IAP auf einen Blick

- 204 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
  (Stand: 12 | 2017)

- 2017: ca. 19,3 Mio. € BHH
  ca. 14,4 Mio. € externe Erträge

- Standorte: **Potsdam-Golm**
  Hamburg
  Schkopau
  Schwarzheide
  Teltow →
  Wildau →

Fraunhofer
PYCO



© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Fraunhofer

Das Fraunhofer IAP auf einen Blick

- 204 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
  (Stand: 12 | 2017)

- 2017: ca. 19,3 Mio. € BHH
  ca. 14,4 Mio. € externe Erträge

- Standorte: **Potsdam-Golm**
  Hamburg
  Schkopau
  Schwarzheide
  Teltow →
  Wildau →

Fraunhofer PYCO

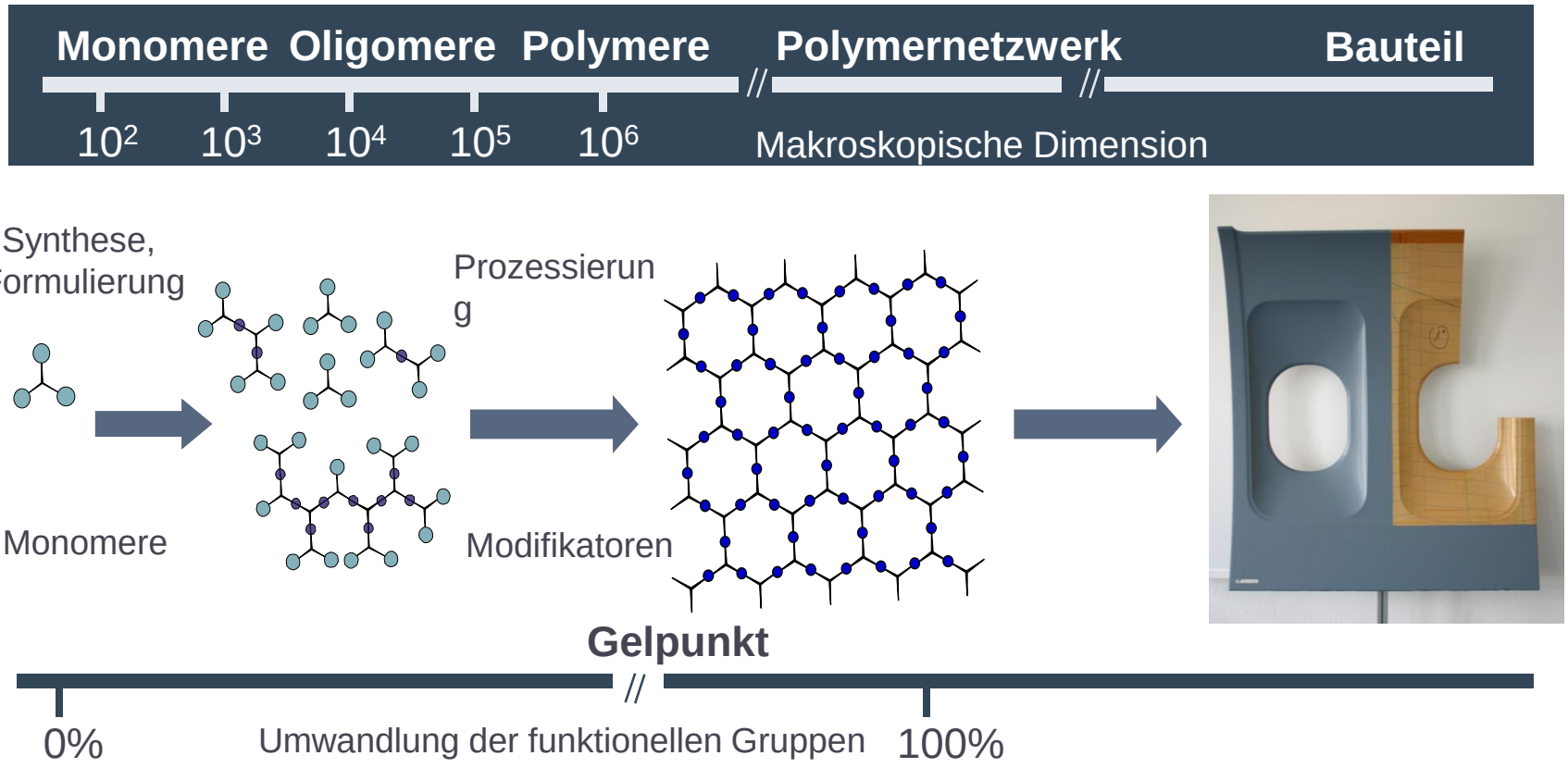
Wildau →

Technische Hochschule Wildau Technical University of Applied Sciences
WILDAU

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

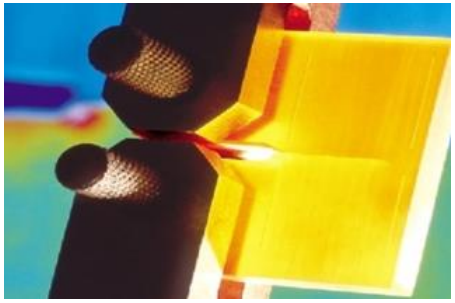
Fraunhofer

Vom Monomer (von der Chemie) bis zum Bauteil



© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Polymermaterialien und Composite PYCO



Reaktivharze

- Bearbeiten der gesamten Entwicklungs- und Wertschöpfungskette bis zum Bauteil
- Synthese, Formulierung, Prozessierung, Charakterisierung
- Leichtbaumaterialien auf Thermosetbasis
- Flammfeste Materialien
- Polymerphysik
- Recyclier- und reparierbare Thermosets
- Optische Thermosets (z. B. Acrylate, PFCB)

Strukturharze

- Hochleistungsharze (z. B. Epoxide, Polycyanurate)
- Niedrigviskose Systeme
- Bruchzähmodifikation

Standardharze

- Ungesättigte Polyester, Vinylester und Formaldehydharze (z. B. Phenolharze, Melaminharze)
- Thermosets auf Basis nachwachsender Rohstoffe

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

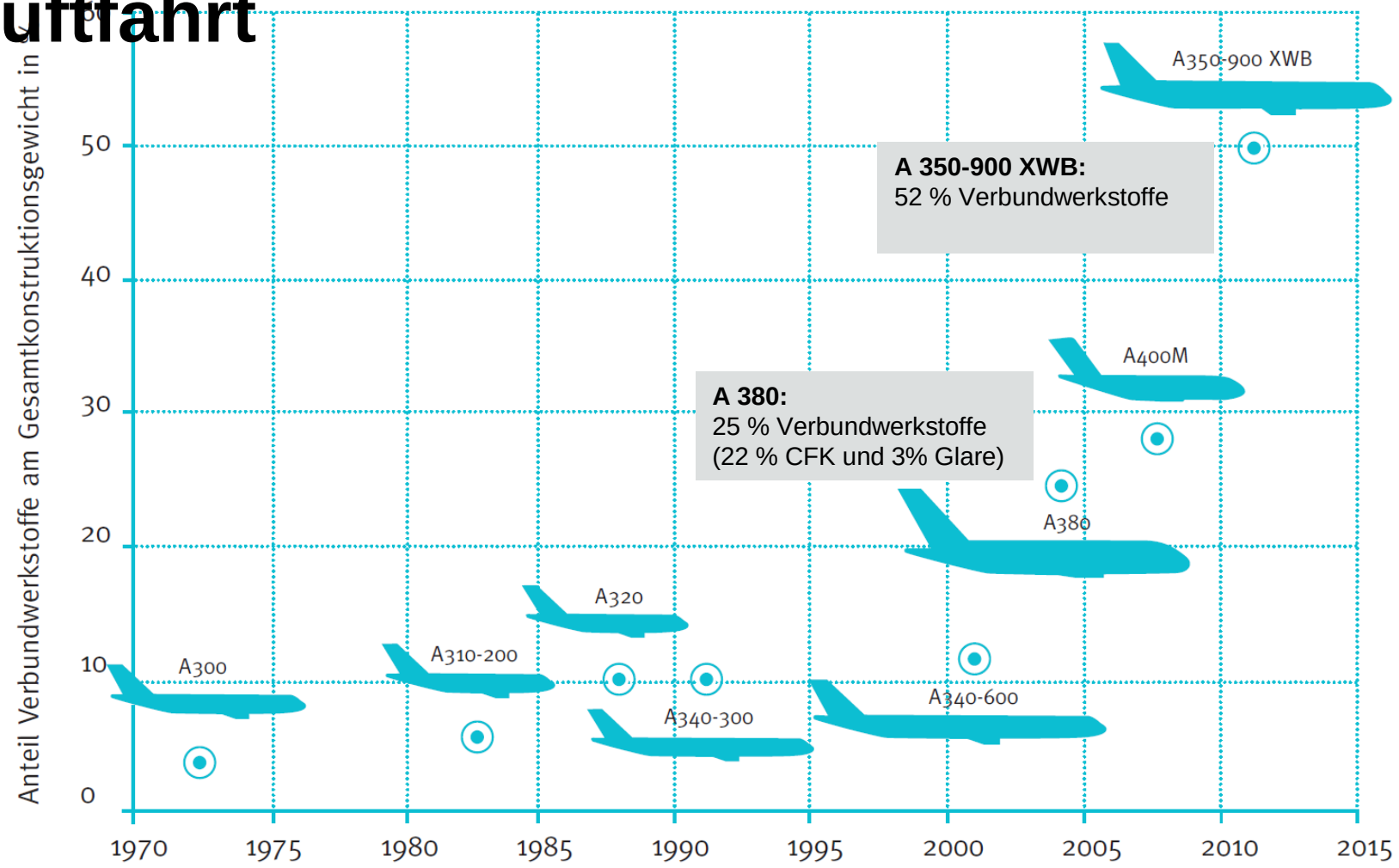
Einführung

- Einsatz polymerbasierter Verbundwerkstoffe (Composite) in einer Vielzahl von Anwendungen
- Vorwiegend in der Luftfahrt (z. B. A380, A350)
- Auch für Windkraftwerke, Automobile (BMW i3), Züge, …

Quellen: Airbus, Mercedes, Wikipedia, PYCO

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Verstärkter Einsatz von FVK in der Luftfahrt



Quelle: Airbus

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Warum Faserverbundkunststoffe?

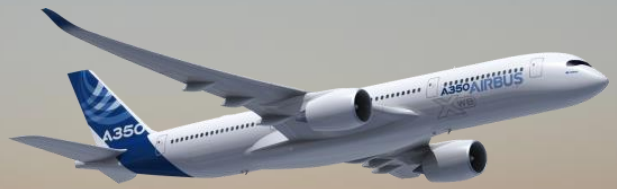
Überwiegend Leichtbauanwendungen

Energieeinparung bei der Bewegung von Massen

Flugzeuge, Automobile, Züge …

… aber auch Windmühlenkomponenten

Lastgerechte Konstruktionen möglich



Fotos: Dreyer, privat und Airbus

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

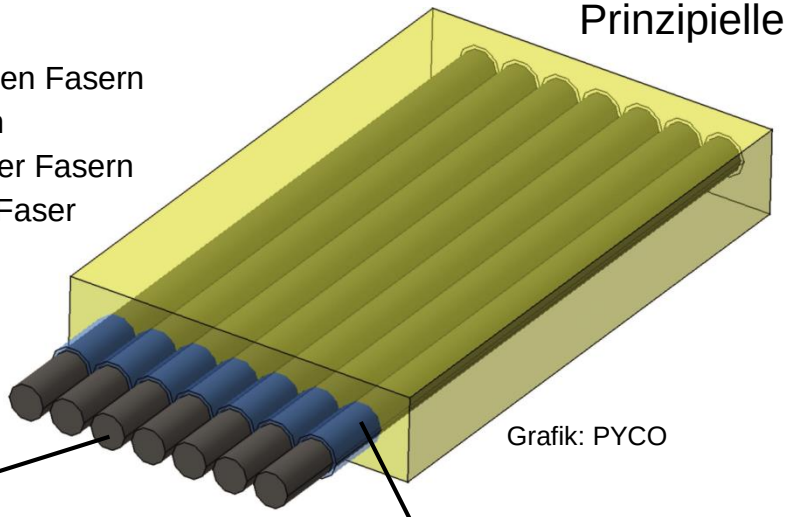
Aufbau von Faserverbundkunstoffen

- Matrixharz und Verstärkungsfaser

Matrix

- Kraftübertragung zwischen den Fasern
- Schutz vor Umwelteinflüssen
- Stützen gegen Ausknicken der Fasern
- Dehnung Matrix > Dehnung Faser

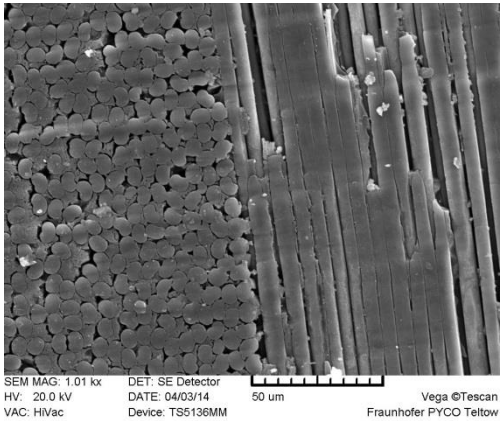
Prinzipieller Faserverbundaufbau mit UD-Fasern



Grafik: PYCO

Fasern

- Bilden das Tragwerk des Verbundes
- Dominieren die Verbundeigenschaften
- Behinderung von Rissausbreitung



REM-Aufnahme Epoxid-CF Laminat mit Fasern in 0° und 90° Orientierung
Quelle: PYCO

Zwischenschicht (Interface)

- Schlichte/Sizing
- Haftvermittlung zwischen Faser und Matrix
- Oberflächenschutz der Faser

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Polymermaterialien und Composite PYCO

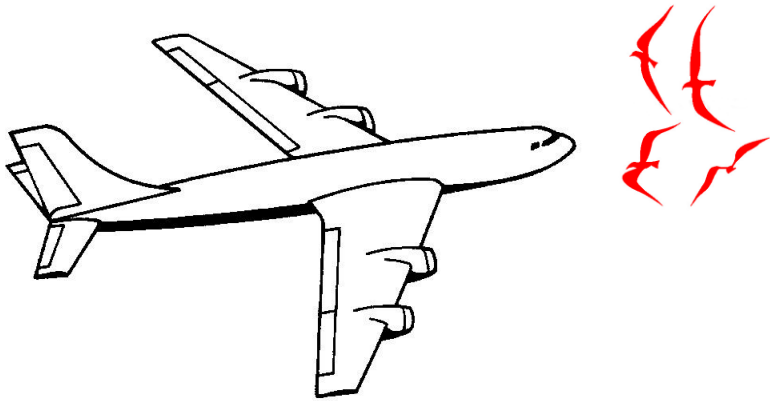
© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Carbon Structural Composites – Problem of Damage Tolerance

drop tool (maintenance)

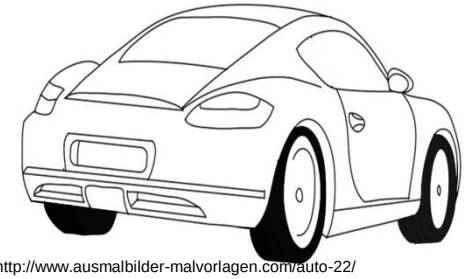
http://www.aerospaceweb.org/aircraft/jetliner/a330/a330_schem_01.jpg

bird strike



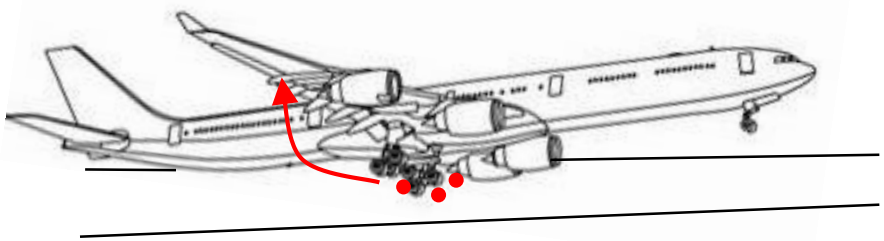
www.allesanmalen.de

stone chipping



http://www.ausmalbilder-malvorlagen.com/auto-22/

runway debris

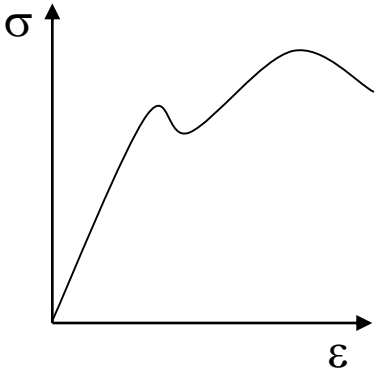


http://imgde.hellokids.com/_uploads/_tiny_galerie/20120312/pdtfb_12-am9_yym.jpg

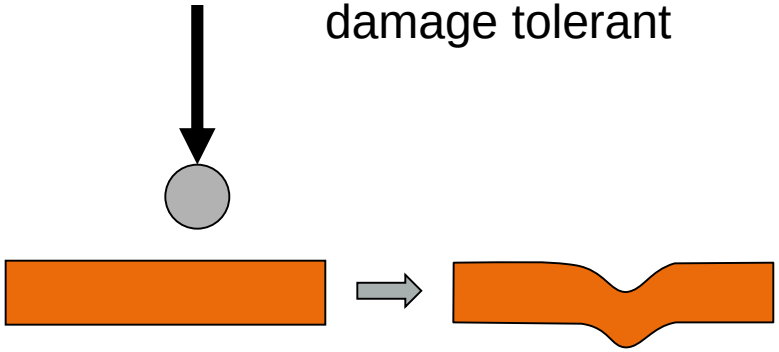
© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Consequences of Impact in Ductile and High Strength (Brittle) Materials

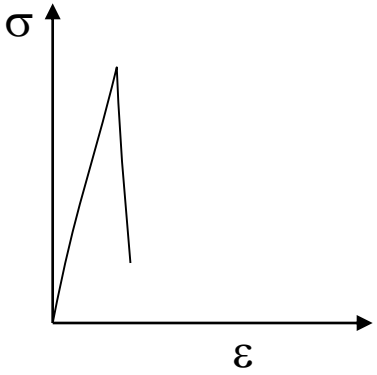
Ductile material (steel)



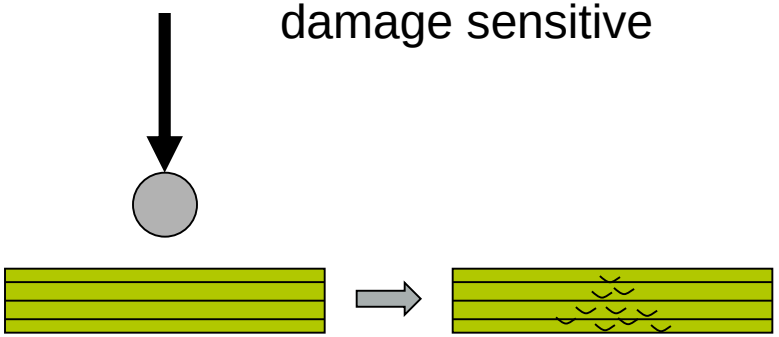
damage tolerant



High strength (brittle) material (CFRP)

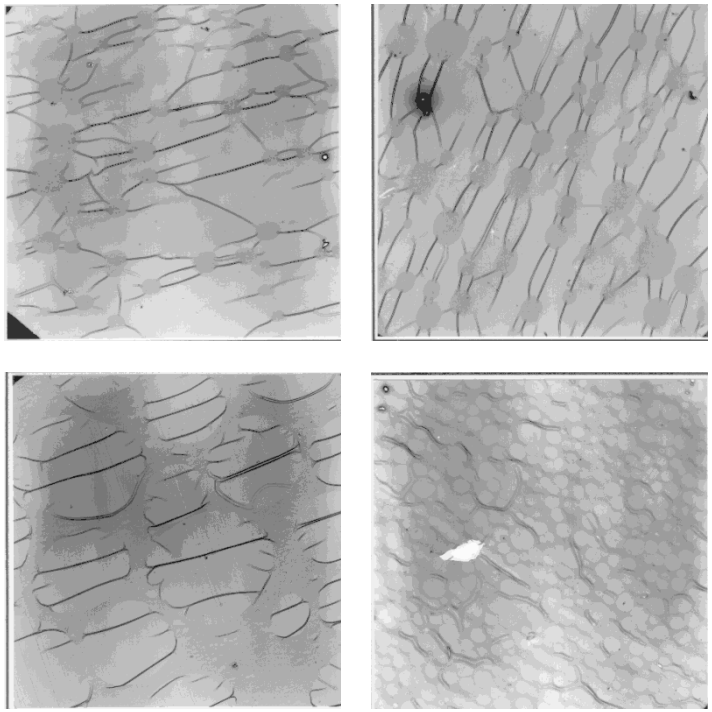


damage sensitive



© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Fundamental Material Research
Toughening of Thermosetting Resins



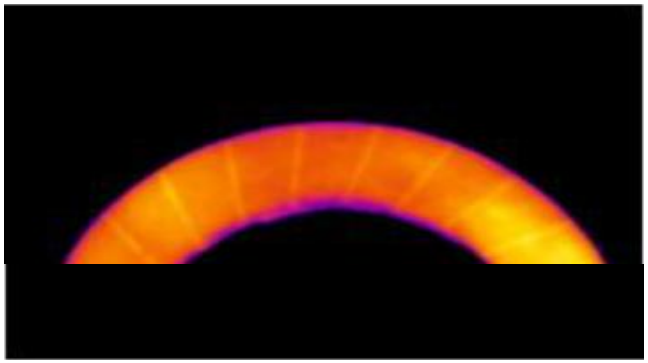
© Fraunhofer IAP, FB PYCO

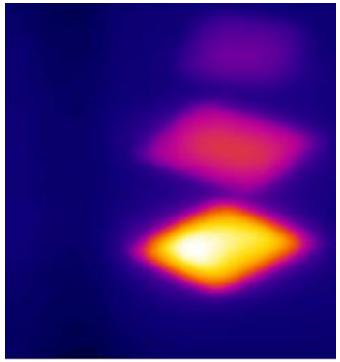
Härten von Compositen mittels Mikrowellen-Technologie

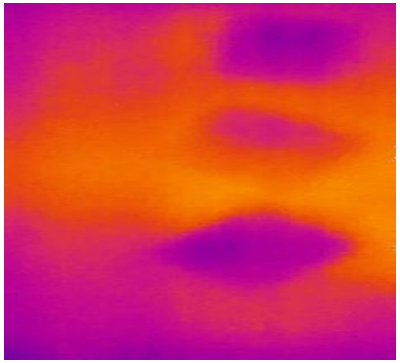
- Wärme wird nur dort appliziert wo benötigt
- Schnelleres Härten durch Verwendung spezifischer *Suszeptoren* möglich, verglichen mit Ofen oder Autoklav-Technologie
- Geringer Energieverbrauch – bis zu 70% Einsparung
- Lokale Erwärmung für spezifische Composite möglich
- Einige Composite zeigen sogar bessere Performance (bspw. mechanisch), wenn mit Mikrowellen gehärtet

Aber!

- Prozess muss akkurat überwacht werden – Gefahr von Hot-spots und thermischem *Durchgehen*



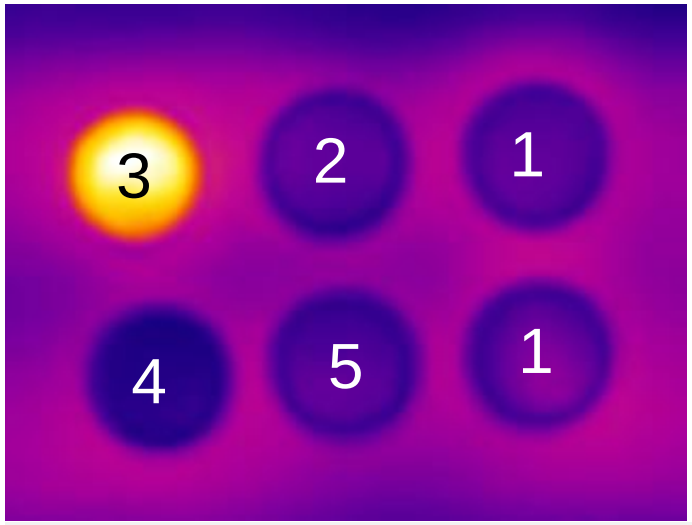


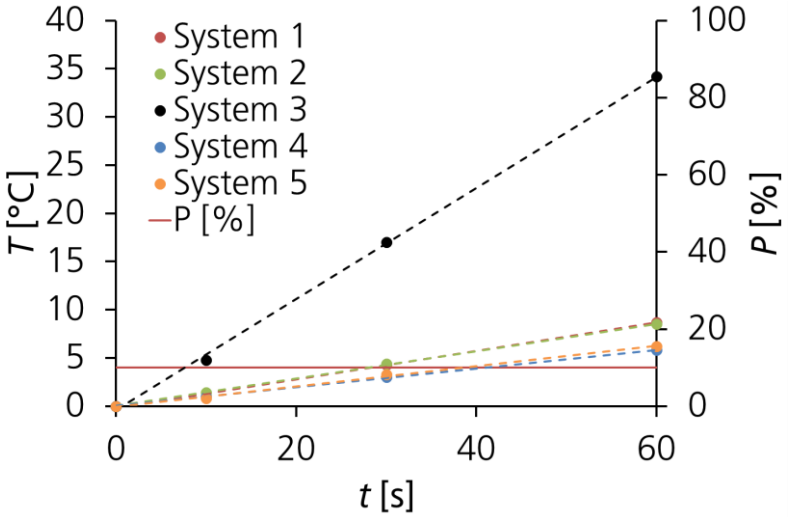


© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Härten von Compositen mittels Mikrowellen-Technologie

Dielektrische Konstante ist der entscheidende Materialparameter





Mikrowellenabsorption unterschiedlicher Harzformulierungen

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

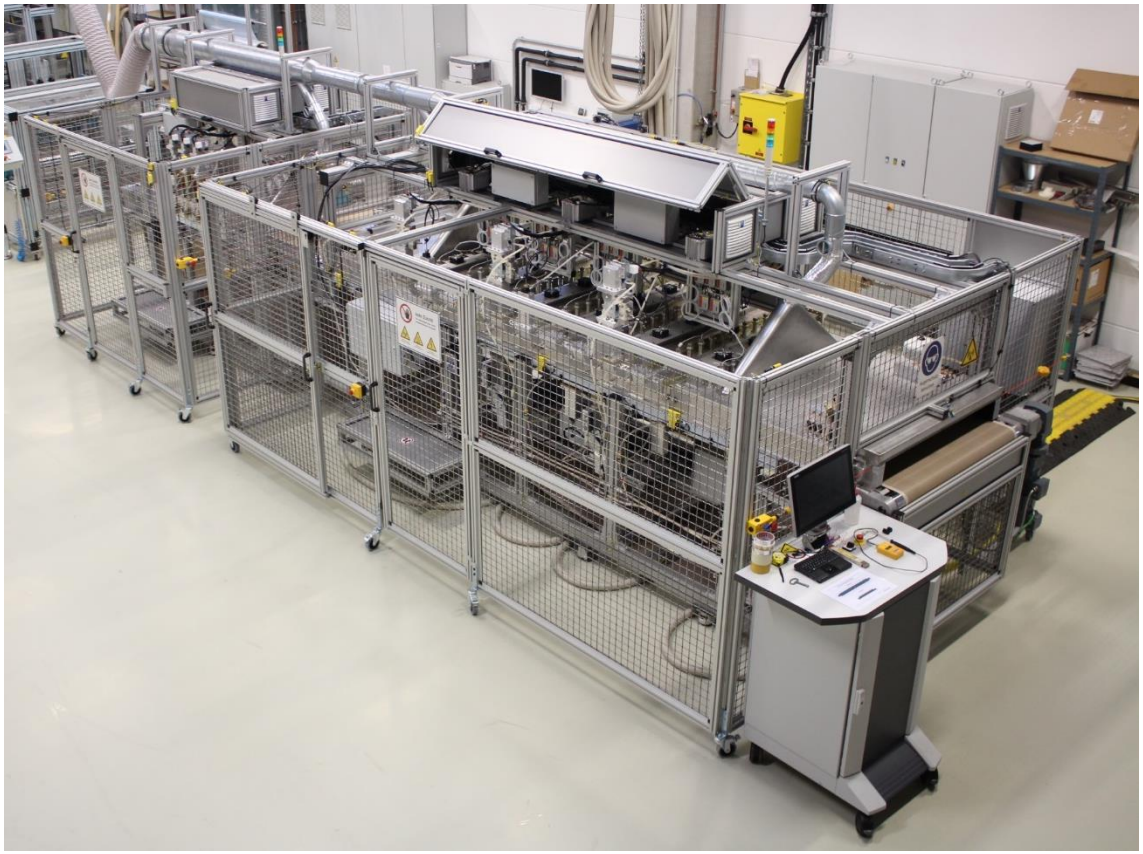
Mikrowellenofen *Hephaistos* am Fraunhofer IAP, FB PYCO

- Volumen: ca. 8 m³
- L/B/H: 3 x 1,8 x 1,55 m
- 36 Magnetrons
  0,85 kW; f=2,45 GHz

  → max. Gesamtleistung: 30,6 kW
- Homogenes elektromagnetisches Feld durch hexagonalen Querschnitt
- Temperaturkontrolle durch faseroptische Sensoren und IR-Kamera
- Kontrollierter Betrieb

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Patent erteilt und Anlage gebaut: Durchlaufmikrowelle Monomode- und Multimode-Applikator



- Monomode-Applikator (bis zu 7 mm Bauteilhöhe)
  - 6 Magnetrons 1,3 kW; 2,45 GHz
- Multimode-Applikator (bis zu 80 mm Bauteilhöhe)
  - 10 Magnetrons 1,3 kW; 2,45 GHz
  - 2 Magnetrons 0,8 kW; 5,8 GHz
  - 6 IR-Strahler à 6 kW
- Temperaturkontrolle
  - Integrierte Pyrometer
  - Faseroptische Sensoren
  - IR-Kamera

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Beispiel

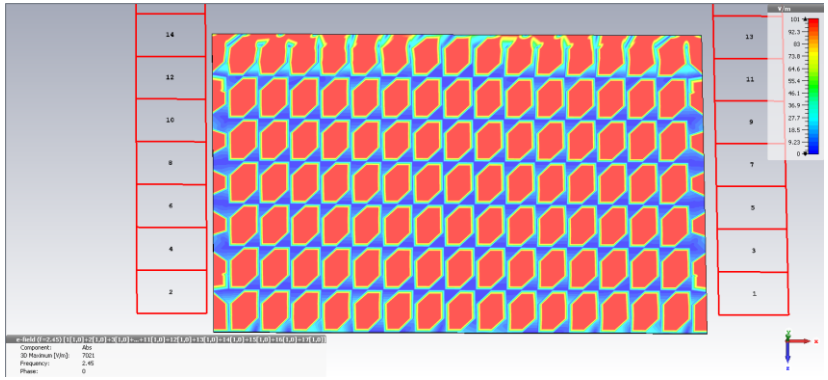
- Anpassen der dielektrischen Parameter ε‘ und ε‘‘ eines kommerziellen Cyanatharzes (L10) durch Modifikation mit Partikeln
- Einfluss des geänderten ε‘ und ε‘‘ auf die elektrische Feldstärke, Eindringtiefe und Leistungsverlustdichte → Simulation
- Füllstoffe (1% and 3%):
  - **Graphen**
  - **Siliziumcarbid (SiC)**
  - Leitruß
  - CNT
  - Multiwall-CNT
  - Graphit

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Effekt der Temperatur auf elektrisches Feld und Leistungsverlustdichte in reinem L10

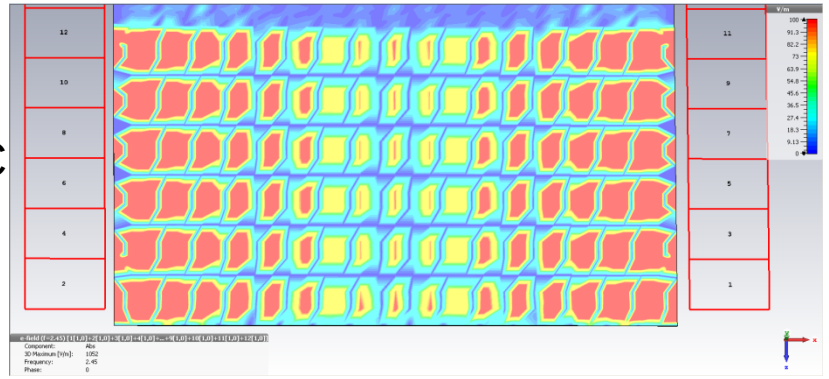
Elektrische Feldstärke

25°C



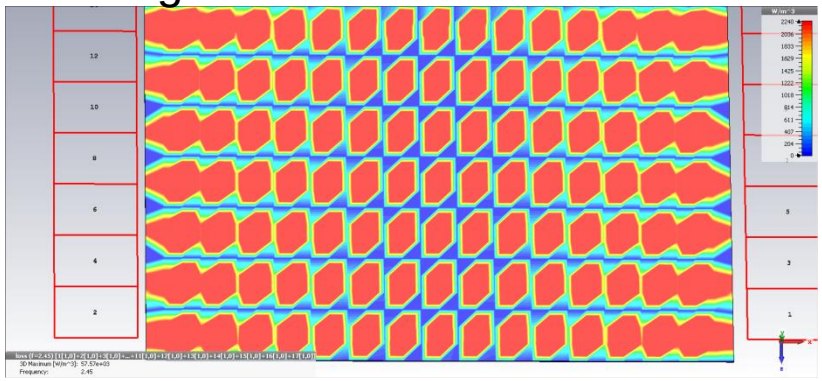
Elektrische Feldstärke

60°C



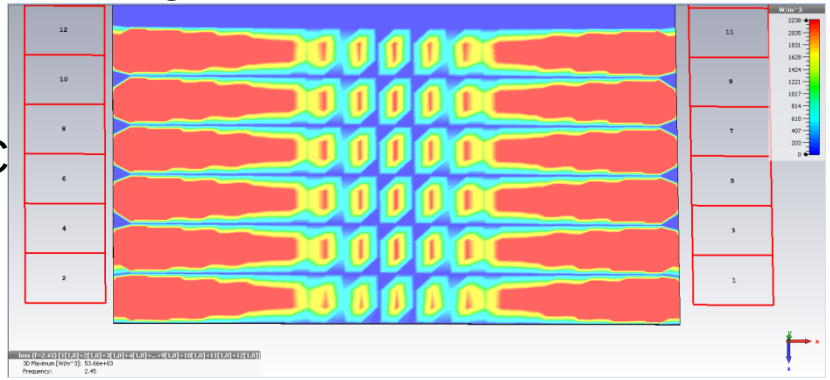
Leistungsverlustdichte

25°C



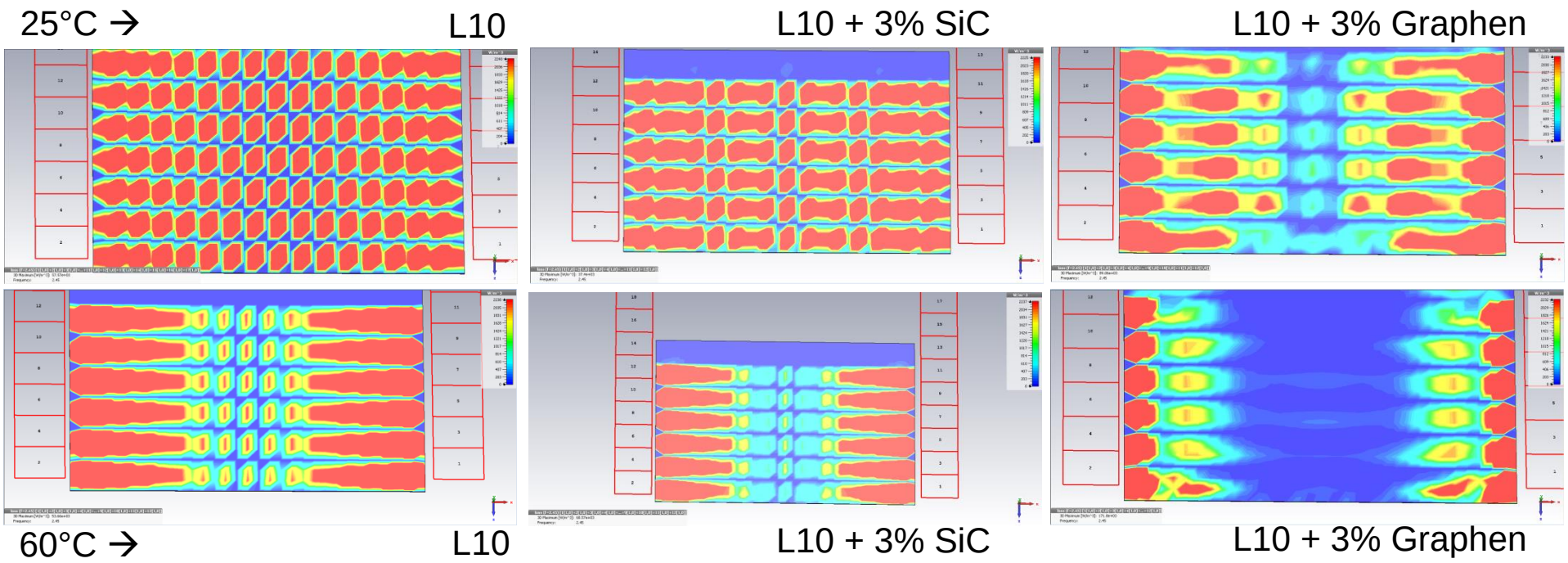
Leistungsverlustdichte

60°C



© Fraunhofer IAP, FB PYCO

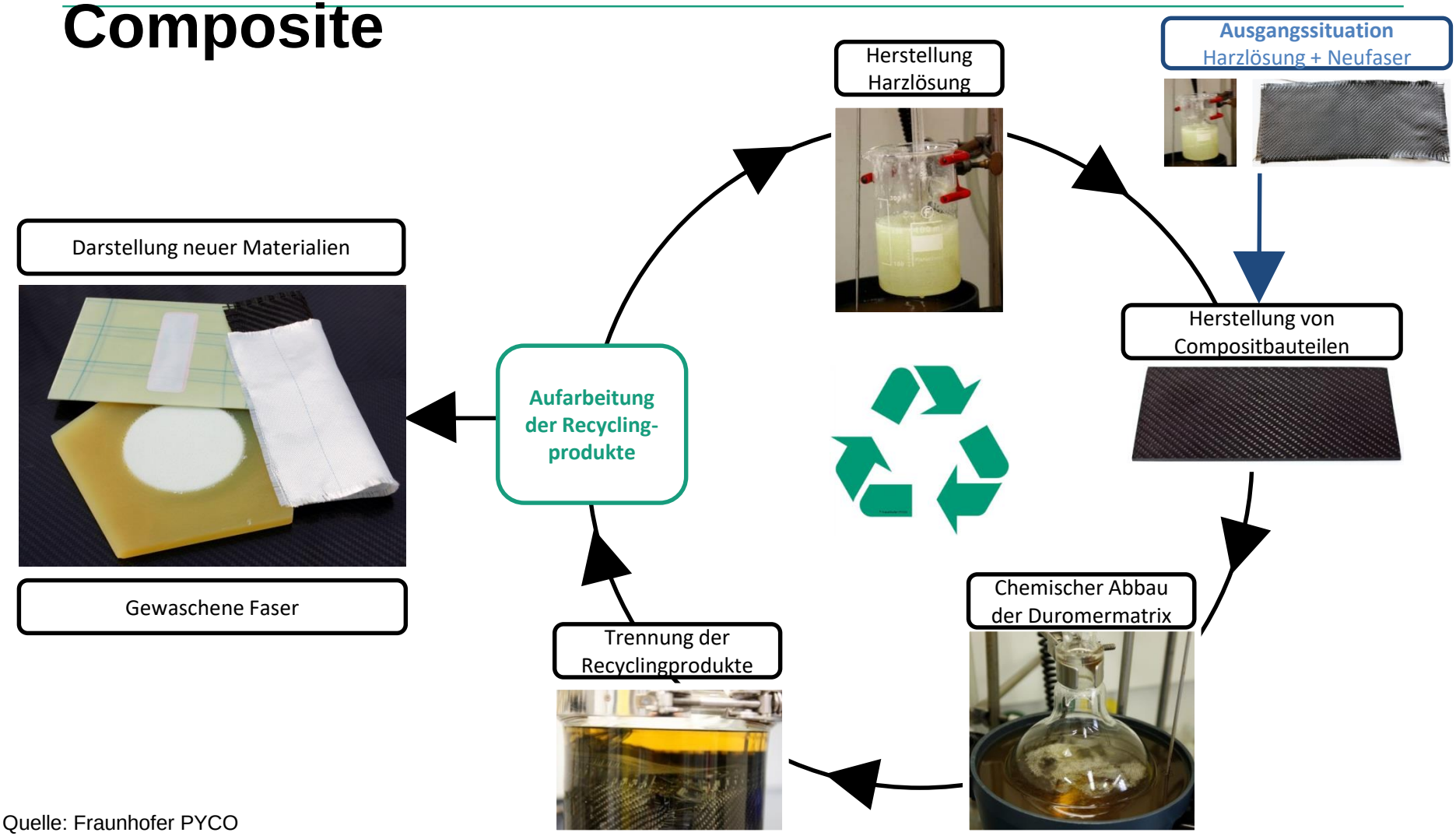
Einfluss von Temperatur, Partikeltyp und Konzentration auf die Leistungsverlustdichte von modifiziertem L10



- Starker Rückgang der Leistungsverlustdichte für mit Graphen modifiziertes L10 bei 60 °C
- Moderater Anstieg der Leistungsverlustdichte für mit Siliziumcarbid modifiziertes L10 bei 25°C

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Recycling (polycyanuratbasierter) Composite



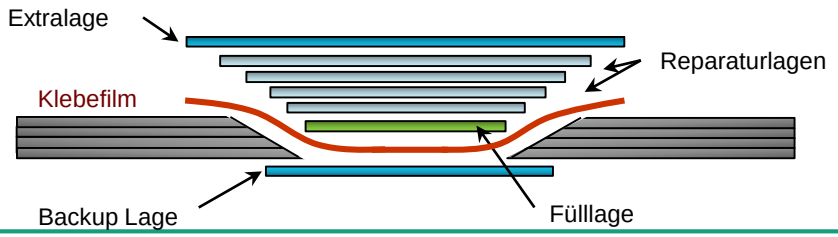
Quelle: Fraunhofer PYCO

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Reparatur von Faserverbundkunststoffen

Stand der Technik:

- Schäftung (Am Beispiel der Wannenschäftung)

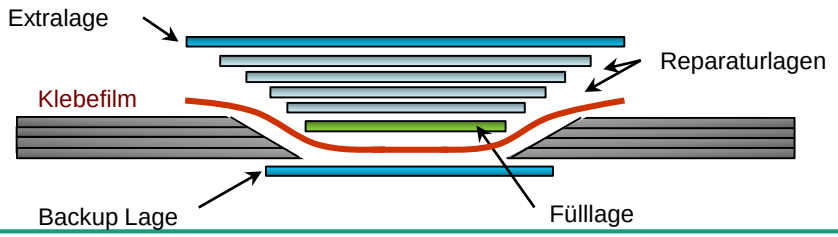


© Fraunhofer IAP, FB PYCO

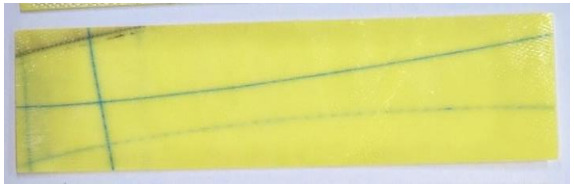
Reparatur von Faserverbundkunststoffen

Stand der Technik:

- Schäftung (Am Beispiel der Wannenschäftung)

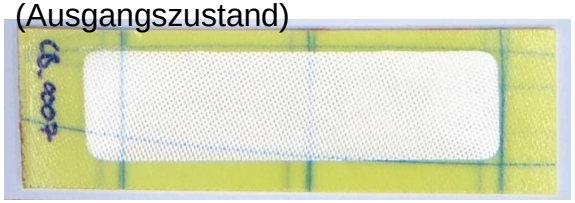


Neue Entwicklung an der PYCO: Chemische Reparatur Polycyanuratmatrix

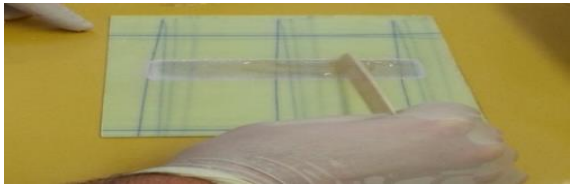


Polycyanurat Laminat (Ausgangszustand)

Lokaler chemischer Abbau

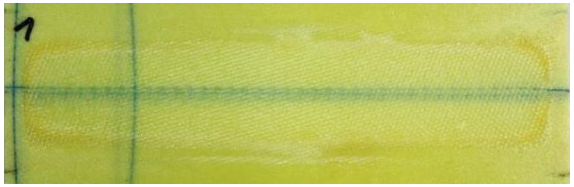


Matrix lokal entfernt



Reinfiltration Reparaturharz

Aushärtung reparierter Bereich



Reparierter Verbundwerkstoff

© Fraunhofer IAP, FB PYCO

Technische Hochschule Wildau [FH] Technical University of Applied Sciences

Fraunhofer PYCO

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen?

Prof. Dr. rer. nat. Christian Dreyer

komm. Forschungsbereichsleiter
FB Polymermaterialien und Composite PYCO
Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP

Kantstraße 55, 14513 Teltow
christian.dreyer@iap.fraunhofer.de

Tel.: +49 3328 330-284
Mobil: +49 172 5852388

Technische Hochschule Wildau
Professur Faserverbund-Materialtechnologien
Hochschulring 1, 15745 Wildau
christian.dreyer@th-wildau.de

© Fraunhofer IAP, FB PYCO