

Papiertechnische Keramikkomponenten für nachhaltige Thermoprozesse

Akronym: PaKerNaT

Gefördert durch:



Projektpartner:

- Rauschert Scheßlitz
- OecoPac Grunert Verpackungen
- Friedrich-Alexander-Universität
- Papiertechnische Stiftung (PTS)
- Fraunhofer ISC, Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL
- Voith



VOITH



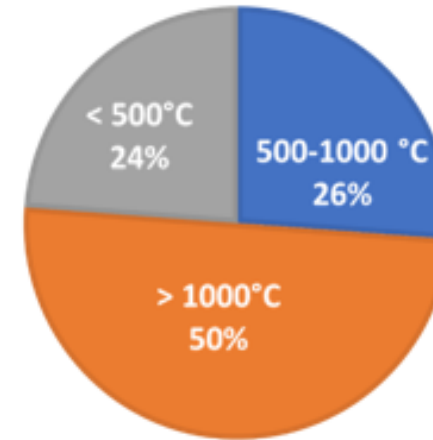
Kick-Off: 11.04.2023

Laufzeit: 3 Jahre + **11 Monate kostenneutrale Verlängerung**

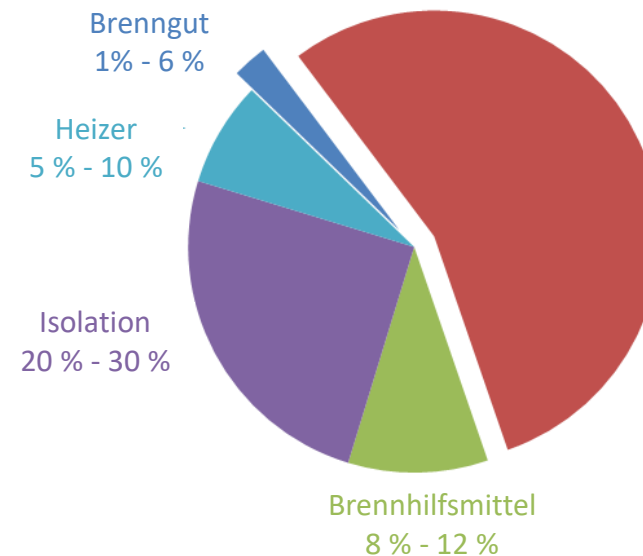
Motivation Projekt PaKerNaT

- Insbesondere **Thermoprozesse** > 1000 °C erfordern einen **hohen Energieaufwand**

- Die größten **Energie-Einsparpotenziale** in der Keramikfertigung liegen beim **Sintern** (1200 °C – 2500 °C)



Energieanteile bei Thermoprozessen (Deutschland) [1]

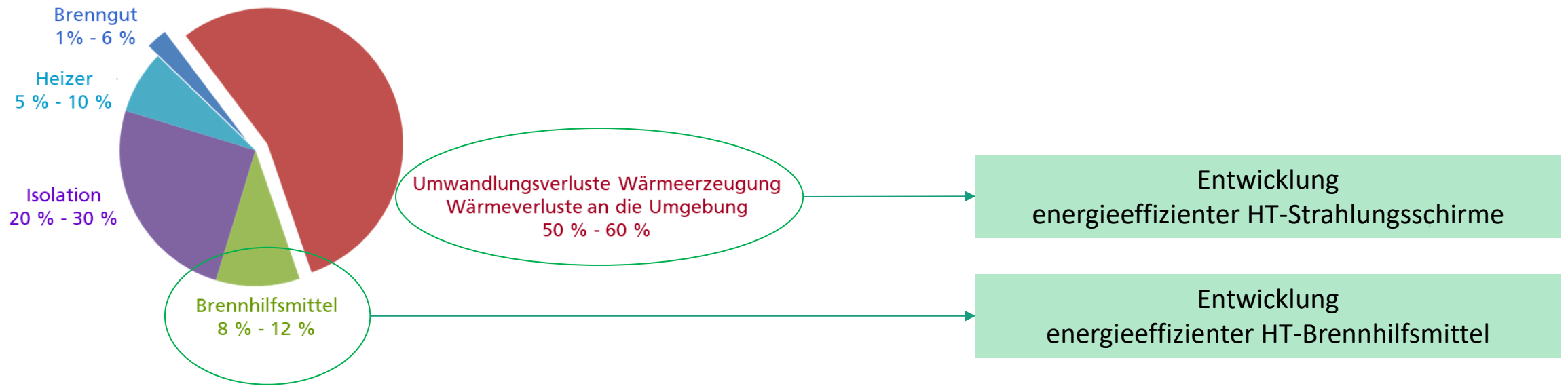


Energieanteile beim Sinterprozess von Technischer Keramik [2]

Umwandlungsverluste Wärmezeugung
Wärmeverluste an die Umgebung
50% - 60%

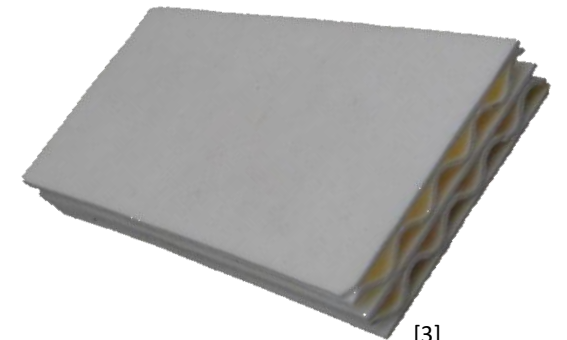
Übergeordnete Projektziele

■ Reduktion von Energieverlusten beim Sintern von Keramik



■ Entwicklung von **hochtemperaturbeständigen Leichtbaukomponenten**

- Minimierung der zu erwärmenden Masse
- Papierkeramische Fertigungstechnik ermöglicht die Herstellung komplexer Leichtbaustrukturen

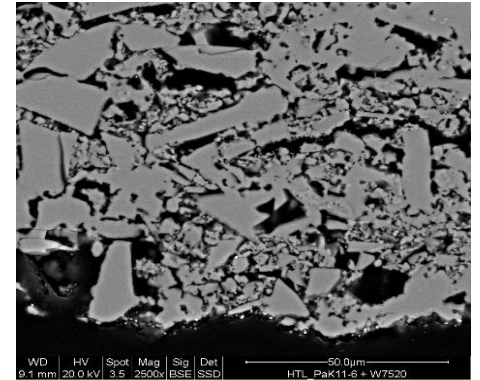
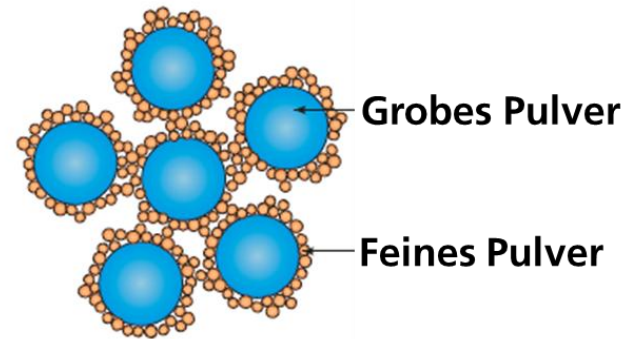


[3]

Projektstatus / Projekterfolge

■ Herstellung von Papierkeramiken mit maßgeschneiderter Mikrostruktur im Pilotmaßstab ✓

- System Al_2O_3 (fein) / Mullit (grob)
- System Al_2O_3 (fein) / Al_2O_3 (grob)



■ Zielvorgaben Werkstoffeigenschaften:

- Hohe **Festigkeit**
- Geringe **Schwindung**
- Hohe **Kriechbeständigkeit**
- Hohe **Wärmestrahlungsreflektivität** (→ Spinell-Beschichtungen)



Projektstatus / Projekterfolge

■ Sintern von Papierkeramik zum Projektbeginn:

- Hohe **Dickenzunahme**
- Hohe **Flächenschwindung**



Grünzustand



Sinterzustand

■ **Elimination der Rückdehnung** keramischer Papiere nach dem Ausbrand der Zellulosefasern:

- ➔ Ersatz eines Teils der Zellulosefasern durch Al_2O_3 -Fasern
- ➔ Sintern von Bauteilen ohne Beschwerung möglich

■ **Schwindungsbegrenzung** gesinterter keramischer Papiere:

- ➔ Infiltration mit Nanodispersionen im Grünzustand
 - Kleinste Flächenschwindung ohne Infiltration: 11 %
 - Kleinste Flächenschwindung mit Infiltration: 4 %

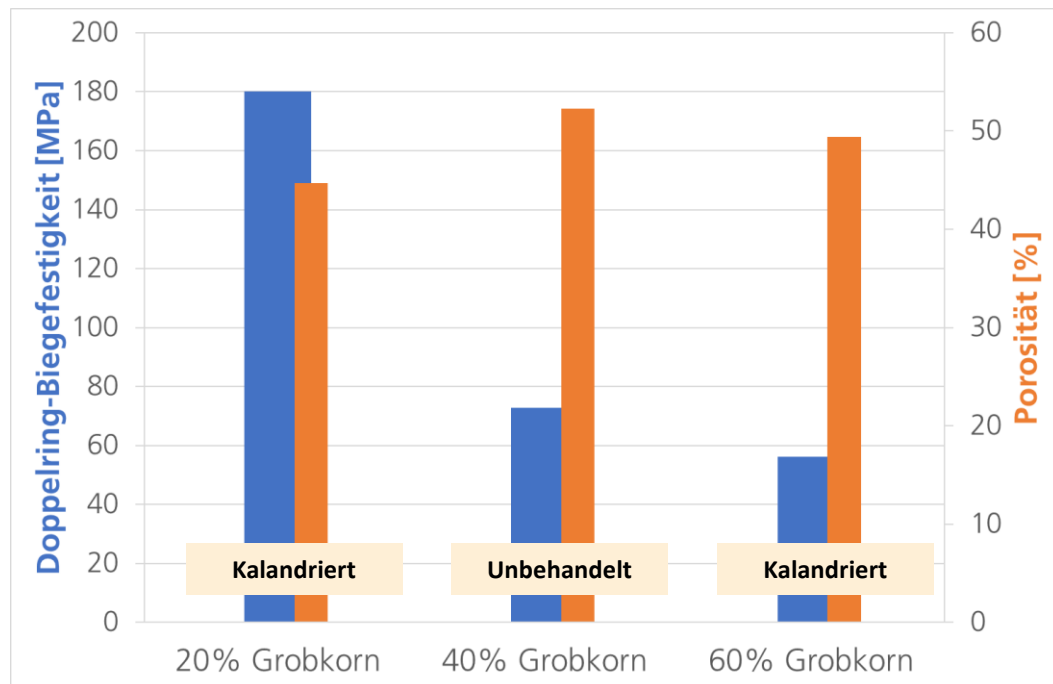


Sinterzustand

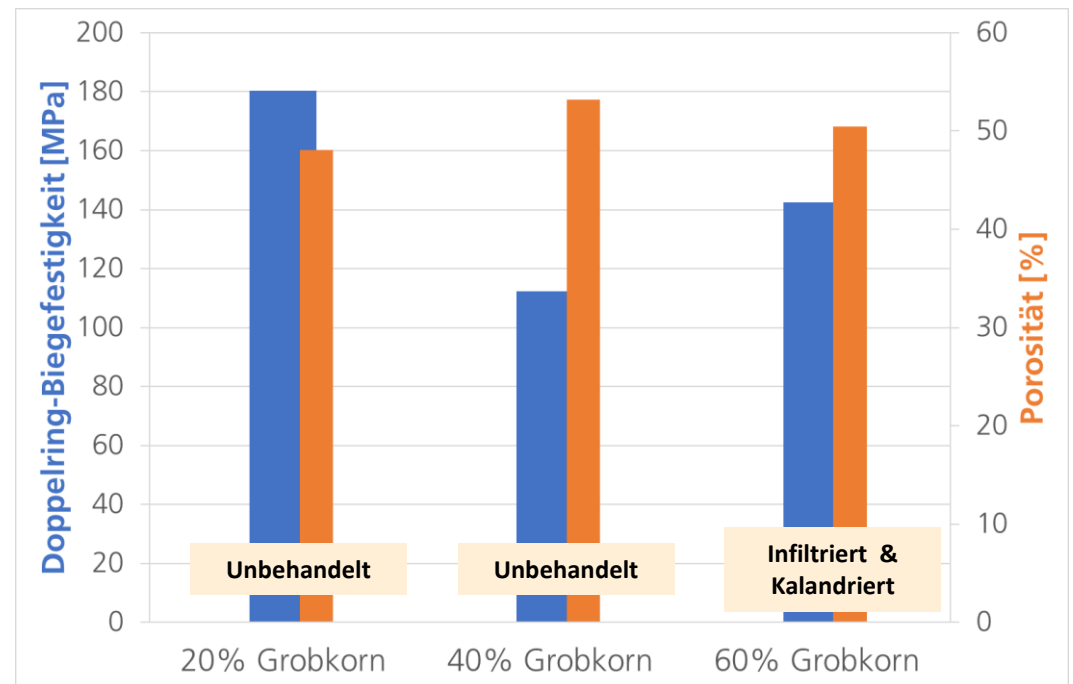
Projektstatus / Projekterfolge

- Festigkeiten gesinterter keramischer Papiere
 - **Festigkeitsmaximum** bislang: 180 MPa (20 % Grobkornanteil, 45 – 50 Vol.-% Porosität)
 - **Bei 60 % Grobkornanteil:** Deutliche Festigkeitssteigerung durch Infiltrieren und Kalandrieren (bis Faktor 2)

System Al₂O₃ (fein) / Mullit (grob)



System Al₂O₃ (fein) / Al₂O₃ (grob)



Projektstatus / Projekterfolge

■ Verarbeitung keramischer Papiere



Abrollen



Spiralwickeln

Aktueller Status:

- Mehrlagige Wicklung papierkeramischer Rohre bis 130 mm Durchmesser, 2 mm Wandstärke ✓
- Trennen zu Ringen ✓
- Derzeit: Test unterschiedlicher Papiere und Wicklungen

Projektstatus / Projekterfolge

■ Design papierkeramischer Leichtbaukomponenten



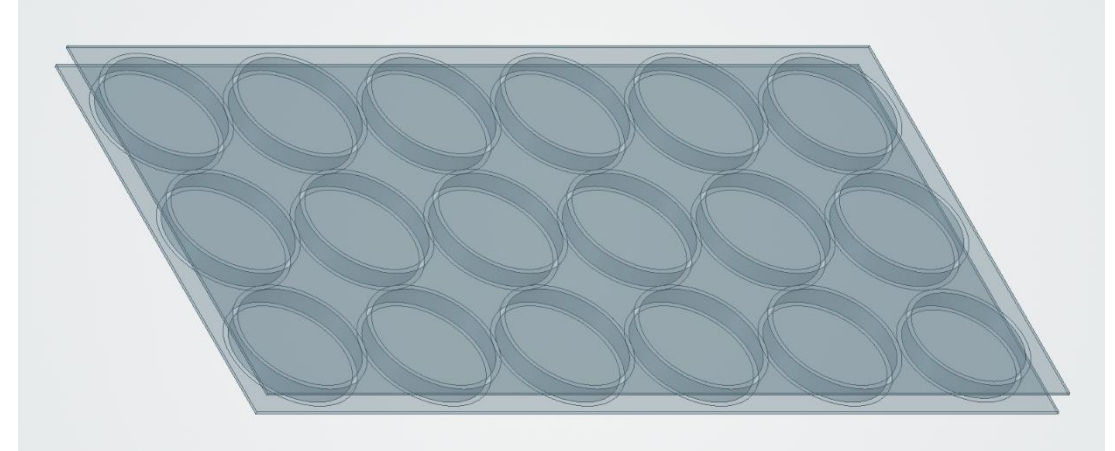
Design Wellenplatte

Beispielrechnung:

Abmessungen: 360 mm x 180 mm x 18 mm

Wandstärke Papierkeramik: 1 mm

Plattengewicht: 0,5 kg



Design Ringplatte

Beispielrechnung:

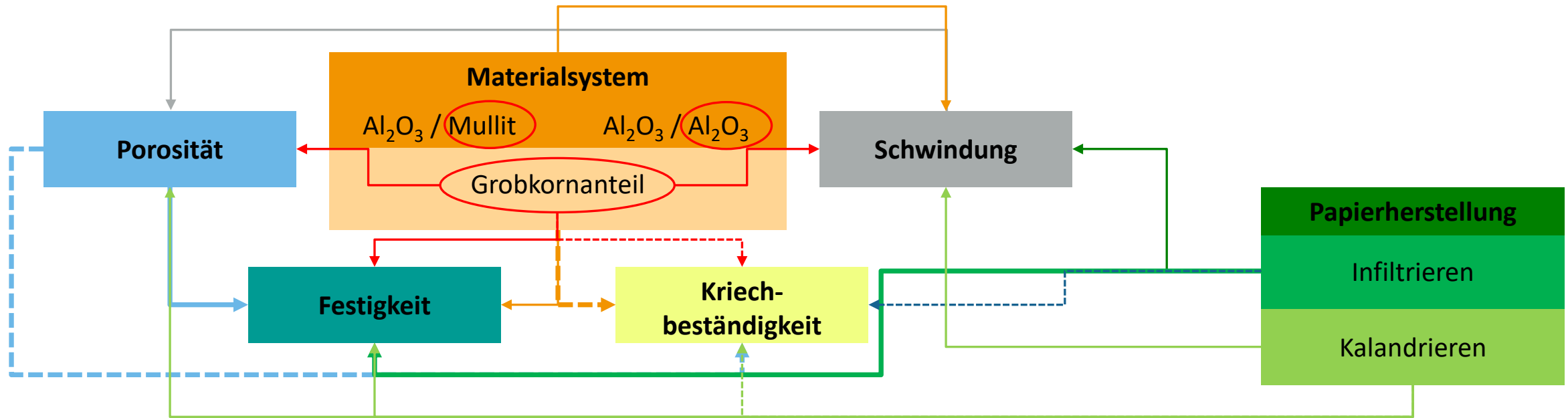
Abmessungen: 360 mm x 180 mm x 18 mm

Wandstärke Papierkeramik: 1 mm

Plattengewicht: 0,4 kg

➔ **Gewicht konventionelle Brennpfanne Rauschert mit gleichen Abmessungen: 2,7 kg (Faktor 5)**

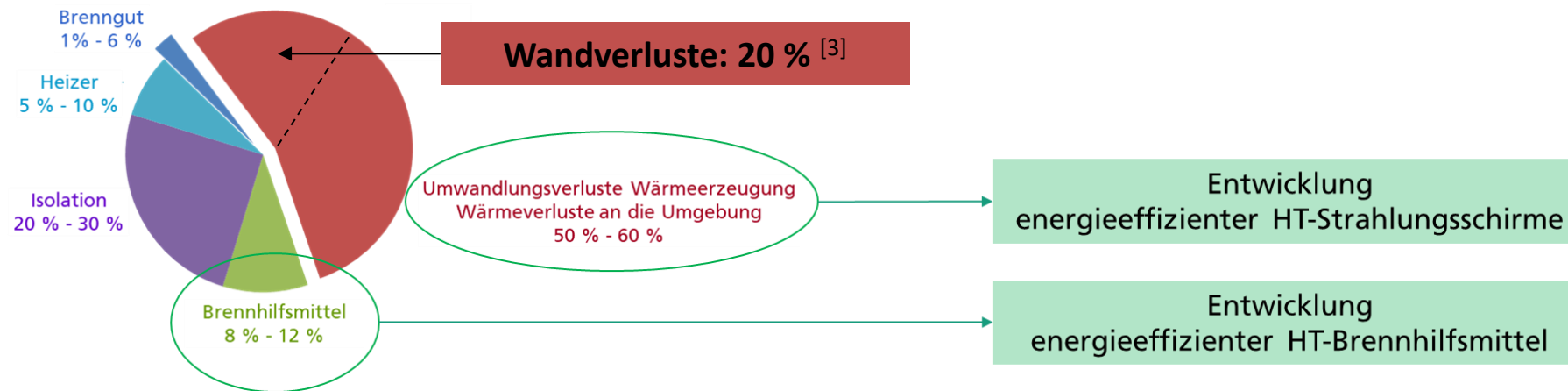
Weiterer Projektverlauf



- Aktuell letzte Untersuchungen zur Kriechbeständigkeit
- Festlegung der finalen Rezeptur / Fertigungsmethode mit bestmöglicher Eigenschaftskombination
- Herstellung von Brennhilfsmittel- und Strahlungsschirm-Demonstratoren
- Test der Demonstratoren im industriellen Einsatz → Ermittlung der Energieeinsparung

Geplante Verwertungswege

Einsatz der Entwicklungsprodukte zur Energieeinsparung in Ofenprozessen > 800 °C



■ Strahlungsschirme:

- Annahme: Halbierung der Wandverluste durch den Einsatz von Strahlungsschirmen
- ➔ Voraussetzung: Emissivität Strahlungsschirm $\sim 0,3$ (✓)

■ Brennhilfsmittel:

- Annahme: Reduktion der Wärmekapazität um 60 %
- ➔ Voraussetzung: Gewichtsreduktion durch Leichtbauweise um 60 % (✓)

Geplante Verwertungswege

Einsparpotenzial PaKerNaT-Entwicklungsprodukte

Branche	Brennstoff- verbrauch in PJ/a [4]	Anteil > 800°C in % [5]	Davon ofentechnisch geeigneter Anteil in %	Adressierbarer Brennstoff- verbrauch in PJ/a
Glas&Keramik	63	90	10	5,7
Chemie	402	28	5	5,6
NE-Metalle	50	40	5	1
Steine&Erden	171	100	5	8,6
Eisen&Stahl	476	100	2,5	11,9
Summe	1162			33

■ Einsparpotenzial Strahlungsschirme: $33 \text{ PJ/a} * 0,2 * 0,5 = 3,3 \text{ PJ/a} \cong 182 \text{ kt CO}_2/\text{a}$

■ Einsparpotenzial Brennhilfsmittel: $33 \text{ PJ/a} * 0,1 * 0,6 * 0,5 = 1,0 \text{ PJ/a} \cong 55 \text{ kt CO}_2/\text{a}$

20 % Wandverluste > 800 °C

Halbierung der Wandverluste

10 % der Aufheizenergie für BHM

60 % Red. der Wärmekapazität

Einsatz in 50% der Öfen

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

