

# SmartERZ Verbundvorhaben TRICYCLE

Smart**ERZ**

Smart Composites ERZgebirge 

Abschlussmeeting | 07.02.2024 | STFI Chemnitz



## **Das Projekt TRICYCLE – Entwicklung und Konzeptionierung eines „SmartERZ Smart Composites Recycling Center“**

Laufzeit: 01.09.2021 – 31.12.2023

Verbundkoordinator: Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.

Bündniskoordinator: Wirtschaftsförderung Erzgebirge GmbH

- ▲ Industriepartner
- F&E Partner
- ★ Möglicher Standort am Technologieorientierten Gründer- und Dienstleistungszentrum (GDZ)

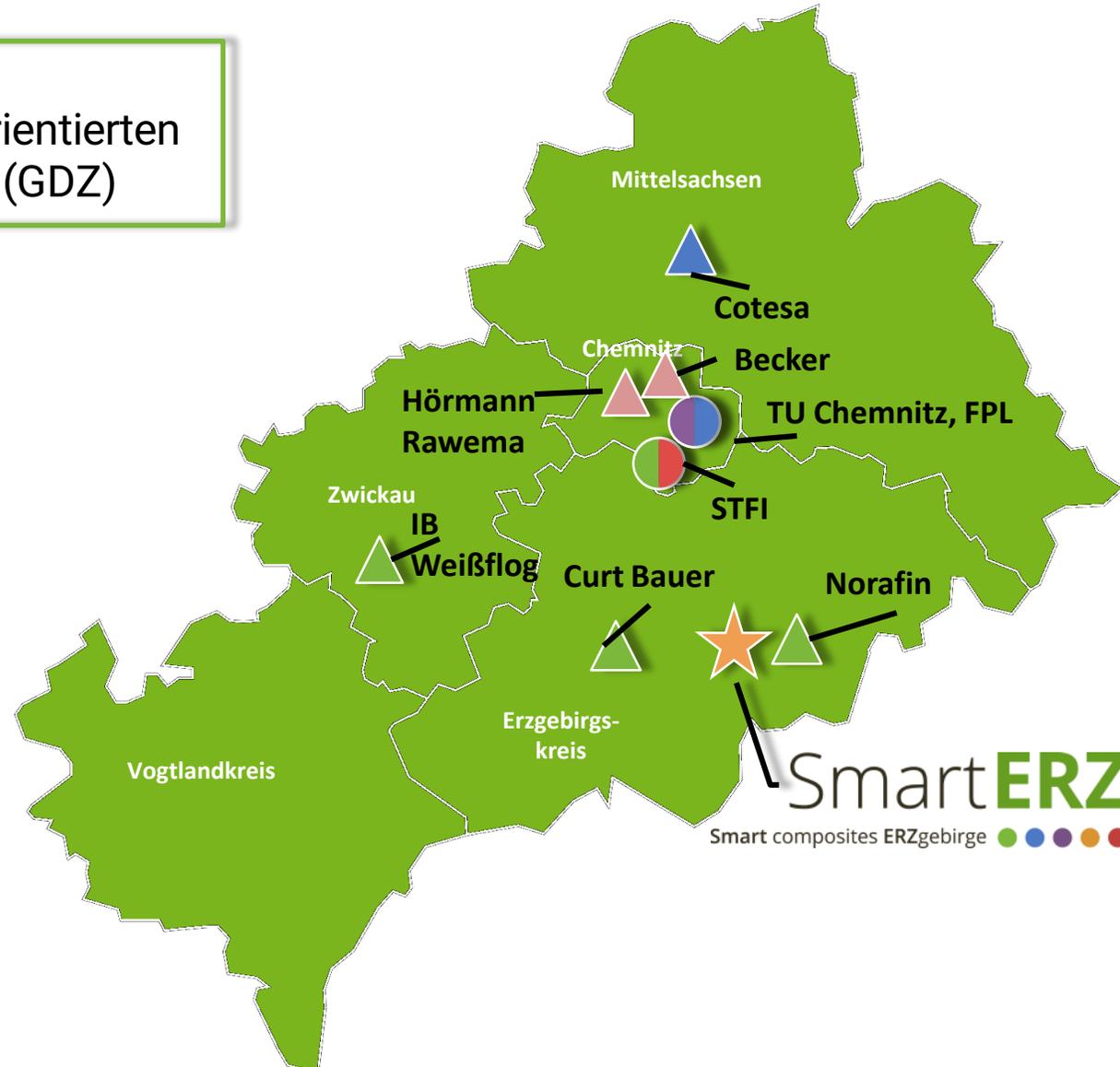
## Projektstruktur:

2 FuE Partner

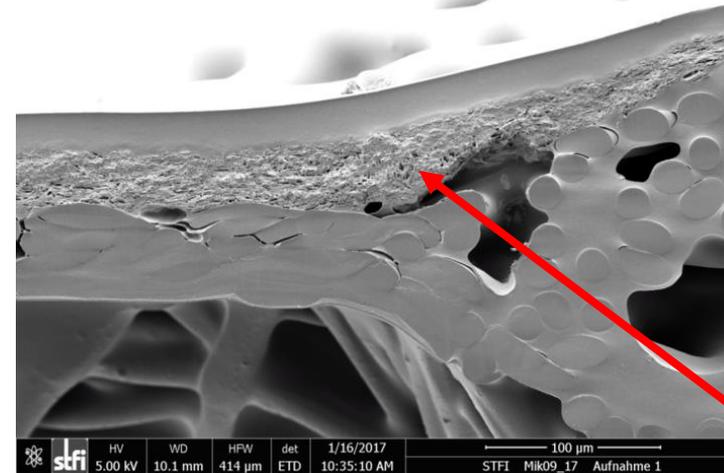
5 Industriepartner

1 assoziierten Partner

Laufzeit: 09/2021 – 12/2023



- Verbinden verschiedene Branchen
- Wachsende Nachfrage und großes Potenzial zur Produktsubstitution
- Vielzahl an verschiedenen Lösungswegen
- Große Heterogenität der einzelnen Materialien und Komponenten



**Silberbeschichtung  $\approx 30 \mu\text{m}$**

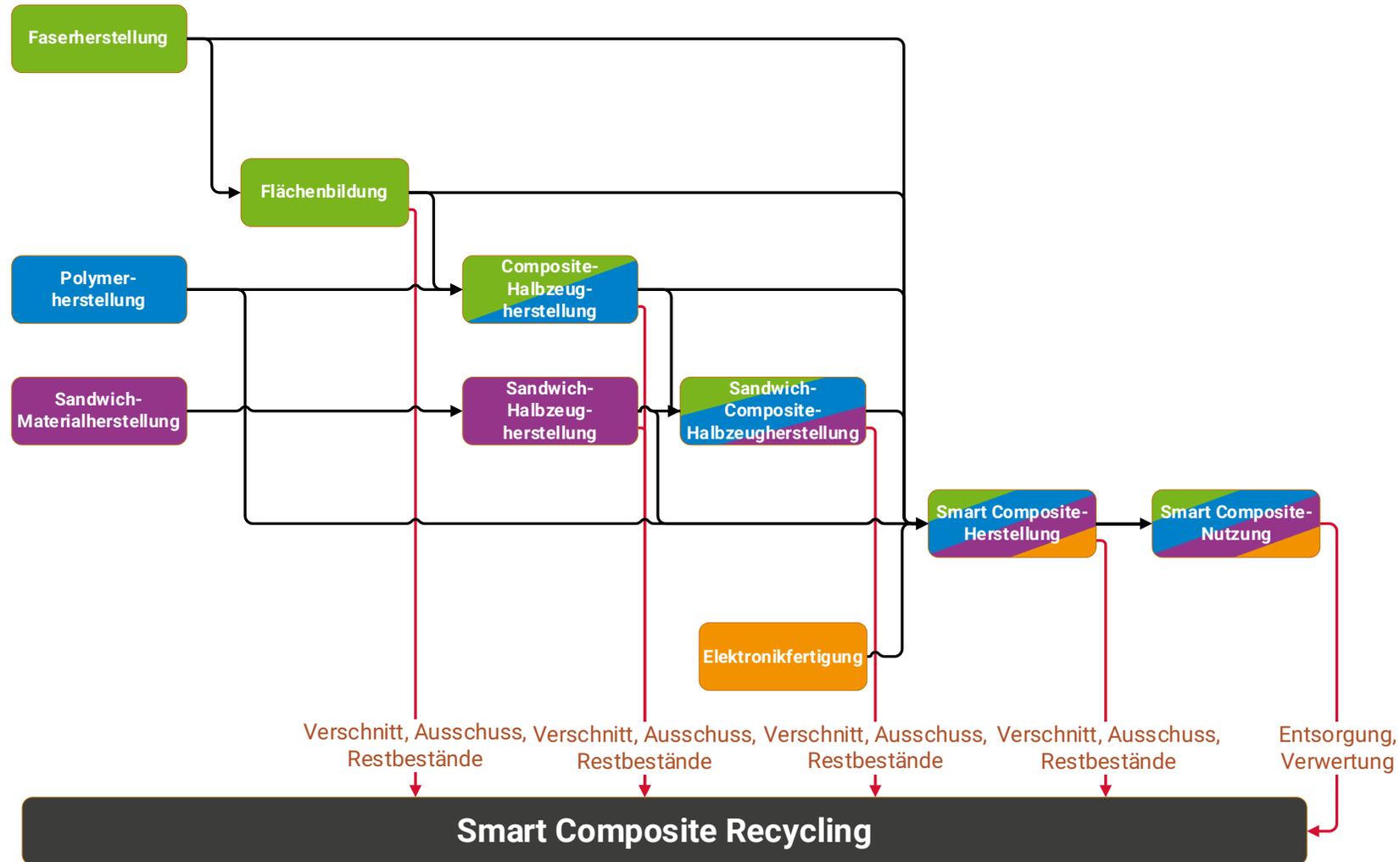
Durch Multimaterialverbunde entstehen komplexe Abfälle

Produkte aus dem Leichtbau, aber auch beschichtete Textilien

Smart Composites noch um Elektronikkomponenten erweitert

- Kombination verschiedener Materialien (und Materialeigenschaften)
- Starke Bindungen zwischen den Materialkomponenten
- Große Varianz der verwendeten Materialien (Schichten, Ausrüstung, Matrix)
- Aber auch: attraktive Performance, Preissegmente, Materialmengen

- Entwicklung von Konzepten, Technologien und Prozessketten zum Recycling von smarten Multimaterialverbunden
- Auf Basis von bestehenden Technologien, Prozessen und Anlagen aus den Bereichen der Textil- und Kunststofftechnik sowie Elektrotechnik
- Ziel ist ein technologisches Recyclingkonzept für die zukünftig entstehenden smarten Produkte sowie die in der Produktion entstehenden Abfälle
- Durchgeführt wird eine konzeptionelle Betrachtung der Implementierung und Nutzung eines zentralen Recycling Centers in Form einer „Open Factory“ für die Unternehmen der Region



## AP 1: Referenzbauteildefinition

Zu lösendes Teilproblem: Im Arbeitspaket werden die Bauteile definiert, welche für den vorgesehenen Recyclingprozess betrachtet werden.

## AP 2: Herstellungsprozessanalyse

Zu lösendes Teilproblem: Durchführung einer detaillierten Herstellungsprozessanalyse unter Betrachtung der technologischen Schritte, der eingesetzten Grundmaterialien und der verarbeiteten Hilfsstoffe.

## AP 3: Recyclingprozessanalyse

Zu lösendes Teilproblem: Durchführung einer Prozessanalyse zum Recycling von Smart Composites. Dabei verbinden Smart Composites verschiedene Branchen (Verbund, Textil, Elektronik).

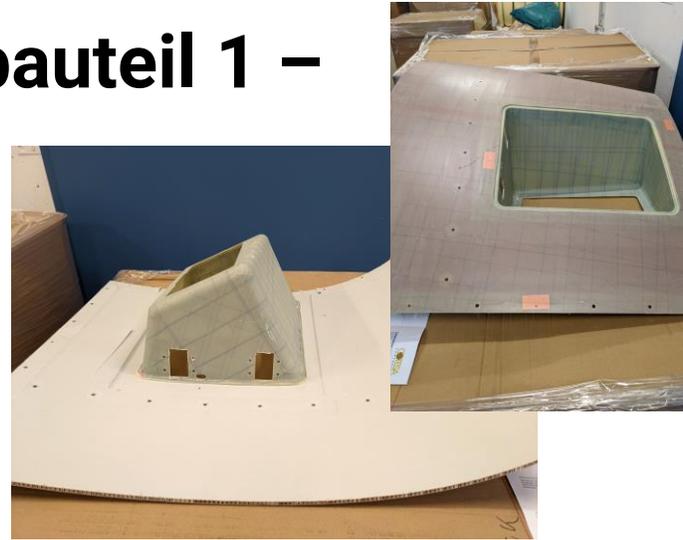
## AP4: Entwicklung der Recyclingprozesskette

Zu lösendes Teilproblem: Im Arbeitspaket werden die notwendigen Einzelschritte / Verfahren modelliert und Prozessparameter für den Recycling- und Logistikprozess definiert. Diese bilden Grundlage für das maschinentechnische Konzept.

## AP5: Technisches Konzept Recycling Center

Zu lösendes Teilproblem: Das Recycling Center soll als Open Lab aufgebaut werden, um den Unternehmen des Bündnisses bzw. perspektivisch der Region eine gemeinsame Nutzung zu ermöglichen. Dafür sind Technologien, Prozessketten und Nutzungskonzepte für die Unternehmen auszuwählen oder weiterzuentwickeln.

## Referenzbauteil 1 – Luftfahrt



Quelle: <https://twitter.com/a350blog/status/713158826447478785?lang=de>

## Referenzbauteil 2 – Automobil

## Referenzbauteil 3 – Technische Gewebe





## SmartERZ-Projekt TRICYCLE

### Konzeptionierung eines Recycling Centers

Im SmartERZ-Projekt „TRICYCLE“ arbeiten wir an der Konzeptionierung eines regionalen Recycling Centers für textile Abfälle. Für die Auslegung des Konzepts und auch die Standortauswahl ist es wesentlich, die potenziellen Mengen an textilen Abfällen einzuschätzen, welche zukünftig im Center recycelt oder für das Recycling vorbereitet werden. Aus diesem Grund bitten wir um die Zuarbeit zur Datenerhebung für die potenziellen Mengenströme – sowohl aus dem Bereich der Produktionsabfälle, als auch der Post-Consumer-Abfälle. Wir möchten Sie deshalb bitten sich ein paar Minuten für die folgenden Fragen zu nehmen, die wesentlich zum Gelingen des Projekts „TRICYCLE“ beitragen werden.

#### Teil A – Allgemeine Angaben

##### 1. Kommunikationsdaten

Unternehmen:	
Ansprechpartner:	
Telefon:	
Email:	

##### 2. In welchem Branchensegment sind Sie tätig? (Mehrfachnennungen möglich)

- Smarte Leichtbauverbunde
- Smarte Textilien
- Elektronik / Elektrotechnik
- Leichtbau
- Technische Textilien
- Heim- / Haustextilien
- Bekleidung

- Datenerhebung zu potenziell verfügbaren Mengen aus der Region
- 128 Unternehmen kontaktiert
- Antworten von bisher 31 Unternehmen
- Nach Angaben ca. 890 t jährlich
  - Polyester,
  - Baumwolle,
  - Polypropylen,
  - Polyamid.

# Untersuchungen zu verfügbaren Recyclingtechnologien

Technologie	Referenzbauteile	Kommentar
Reißen	Technisches Gewebe + einzelne Komponenten	Eingeschränkte Materialseparation
Schreddern	Metallische Komponenten + FVK	Eingeschränkte Materialseparation, Hohe Beanspruchung
Regranulieren	Technisches Gewebe	Vorbereitende Separierungsschritte
Solvolyse	Technisches Gewebe	Vorbereitende Separierungsschritte
Ersatzbrennstoff	Technisches Gewebe	Kein rohstoffliches Recycling
Thermische Verwertung unter Rückgewinnung der Metalle	Referenzbauteil Luftfahrt	Vorbereitende Separierungsschritte zur Steigerung des Metallanteils
Pyrolyse	Alle 3	Monofraktion, sonst weitere Separierungsschritte notwendig
Pyrolyse + Vergasung	Alle 3	Bisher geringe Umsatzquoten in der Erzeugung nutzbarer Produkte
Umformen	Ausgewählte Produkte aller drei Referenzgruppen	Primär Monofraktionen + konsistente Stoffströme benötigt
Rohstoffliche Nutzung einzelner Bestandteile	Alle 3	Vorbereitende Separierungsschritte
Separierung mittels elektroinduzierter Zerkleinerung	Alle 3	Bauteile Luftfahrt + Automobil

**Vorstellung der Ergebnisse der Datenerhebung zu verfügbaren  
(Produktions)Abfällen**

**Vorstellung des Konzepts für das SmartERZ TRICYCLE Recycling  
Center, inkl. Anlagenkonzept**

-

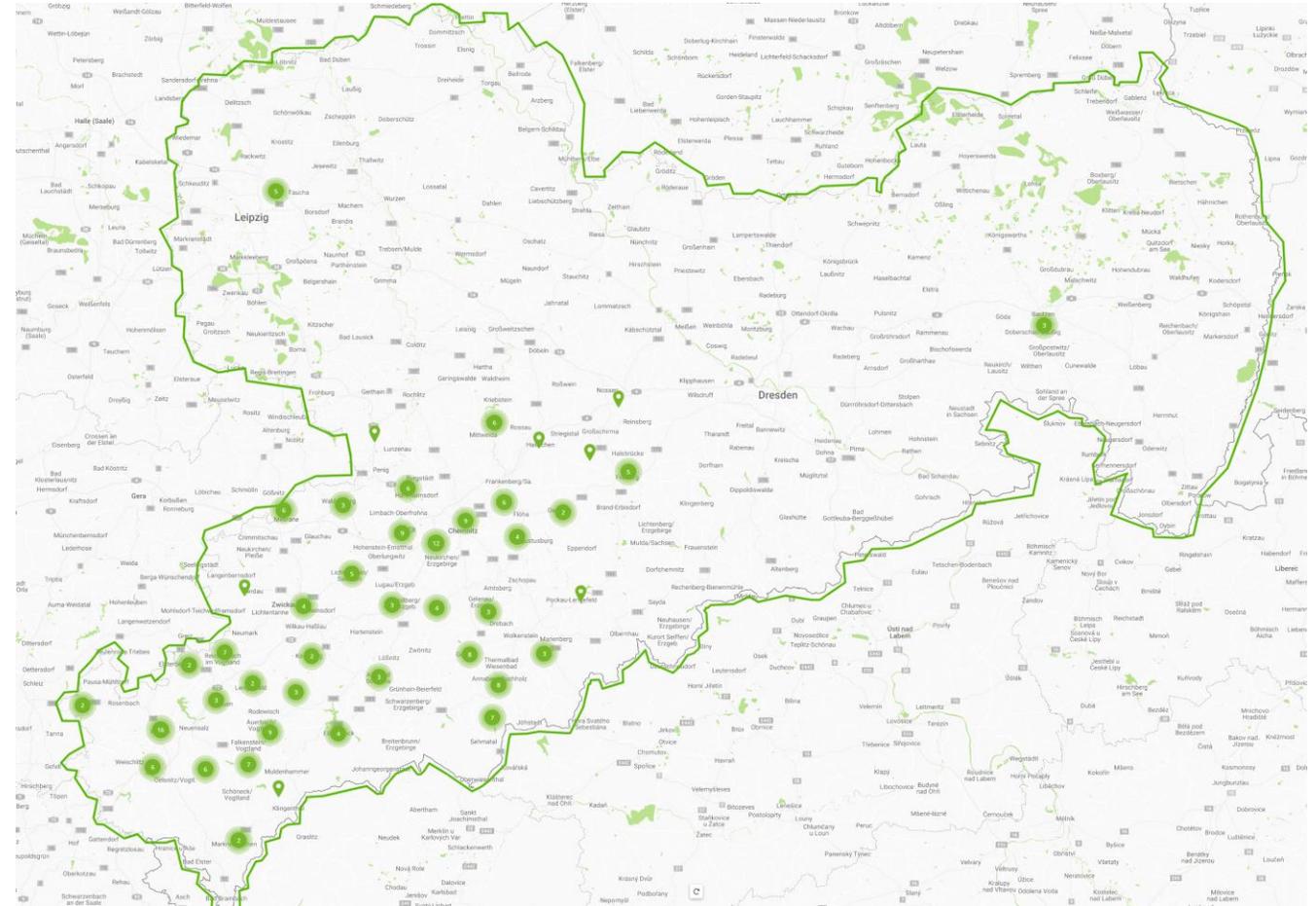
**Hendrik Unger, TU Chemnitz**

- Grobe Schätzung des textilen Produktionsabfalls in Deutschland auf 280.000t jährlich<sup>1</sup> (Stand ca. 2017)
- Keine belastbaren Zahlen für Deutschland, Sachsen oder die SmartERZ Region



1: B.Gulich [https://www.innovation-strukturwandel.de/strukturwandel/de/innovationsforen-mittelstand/\\_documents/artikel/k-z/textcycle-neue-technologien-und--textilen-produktionsabfaellen.html](https://www.innovation-strukturwandel.de/strukturwandel/de/innovationsforen-mittelstand/_documents/artikel/k-z/textcycle-neue-technologien-und--textilen-produktionsabfaellen.html)

- Erhebung von final 121 Firmenkontakten im Großraum Erzgebirge aus:
  - Kontakten im Konsortium
  - Onlinedatenbanken
- Priorisierung nach Umsatz und erwarteten Abfallaufkommen



# Abfrage Rahmenbedingungen





**SmartERZ-Projekt TRICYCLE**  
**Konzeptionierung eines Recycling Centers**

In SmartERZ-Projekt „TRICYCLE“ arbeiten wir an der Konzeptionierung eines regionalen Recycling Centers für textile Abfälle. Für die Auslegung des Konzepts und auch die Standortwahl ist es wesentlich, die potenziellen Mengen an textilen Abfällen einschätzen, welche zukünftig im Center recycelt oder für das Recycling verwendet werden. Aus diesem Grund bitten wir um die Qualität zur Datenerhebung für die potenziellen Mengengrößen - sowohl aus dem Bereich der Produktionsabfälle, als auch der Post-Consumer-Abfälle. Wir möchten Sie deshalb bitten sich ein paar Minuten für die folgenden Fragen zu nehmen, die wesentlich zum Gelingen des Projekts „TRICYCLE“ beitragen werden.

**Teil A - Allgemeine Angaben**

1. Kommunikationsdaten

Unternehmen:	
Ansprechpartner:	
Telefon:	
Email:	

2. In welchem Branchensegment sind Sie tätig? (Mehrfachnennungen möglich)

- Smarte Leichtbauverbunde
- Smarte Textilien
- Elektronik / Elektrotechnik
- Leuchtbau
- Technische Textilien
- Heim- / Haustextilien
- Bekleidung
- Andere:

**Teil B - Abfallspezifikation**

Welche Materialien verarbeiten Sie (hauptsächlich) in Ihrem Unternehmen?

Material	Material	Material	Material
1	2	3	4
5	6	7	8

**Abfallmengenerhebung**

\*Für die Zuordnung Ihrer Branche benötigen wir den Namen Ihres Unternehmens:

Unternehmensname:

Falls ein anderer Ansprechpartner für das Thema relevant ist, dann können Sie hier die Kontaktdaten angeben.

Ansprechpartner:

Telefon:

Email:

Wählen Sie das Branchensegment und die tätigsten Mehrfachnennungen möglich:

Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus:

- Smarte Leichtbauverbunde
- Smarte Textilien
- Elektronik / Elektrotechnik
- Leuchtbau
- Technische Textilien
- Heim- / Haustextilien
- Bekleidung
- Sonstige:

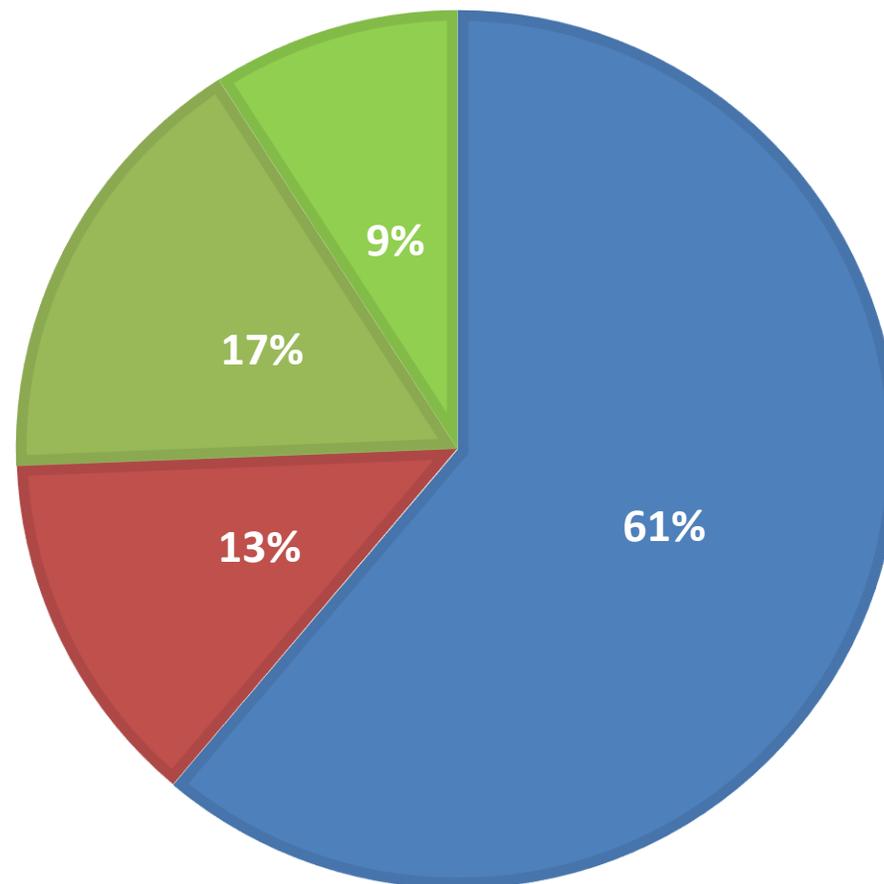
Welche Materialien verarbeiten Sie hauptsächlich in Ihrem Unternehmen?

Material 1:

Material 2:

Material 3:

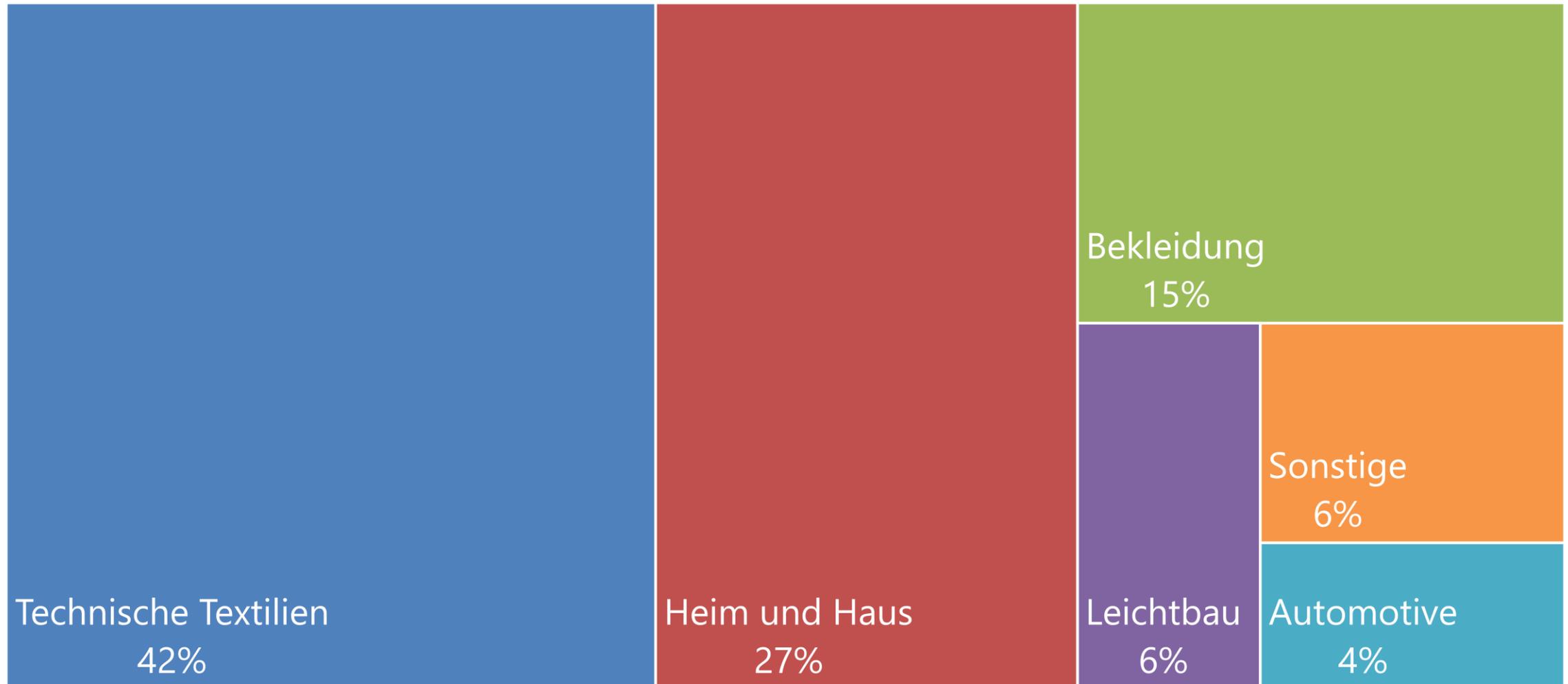


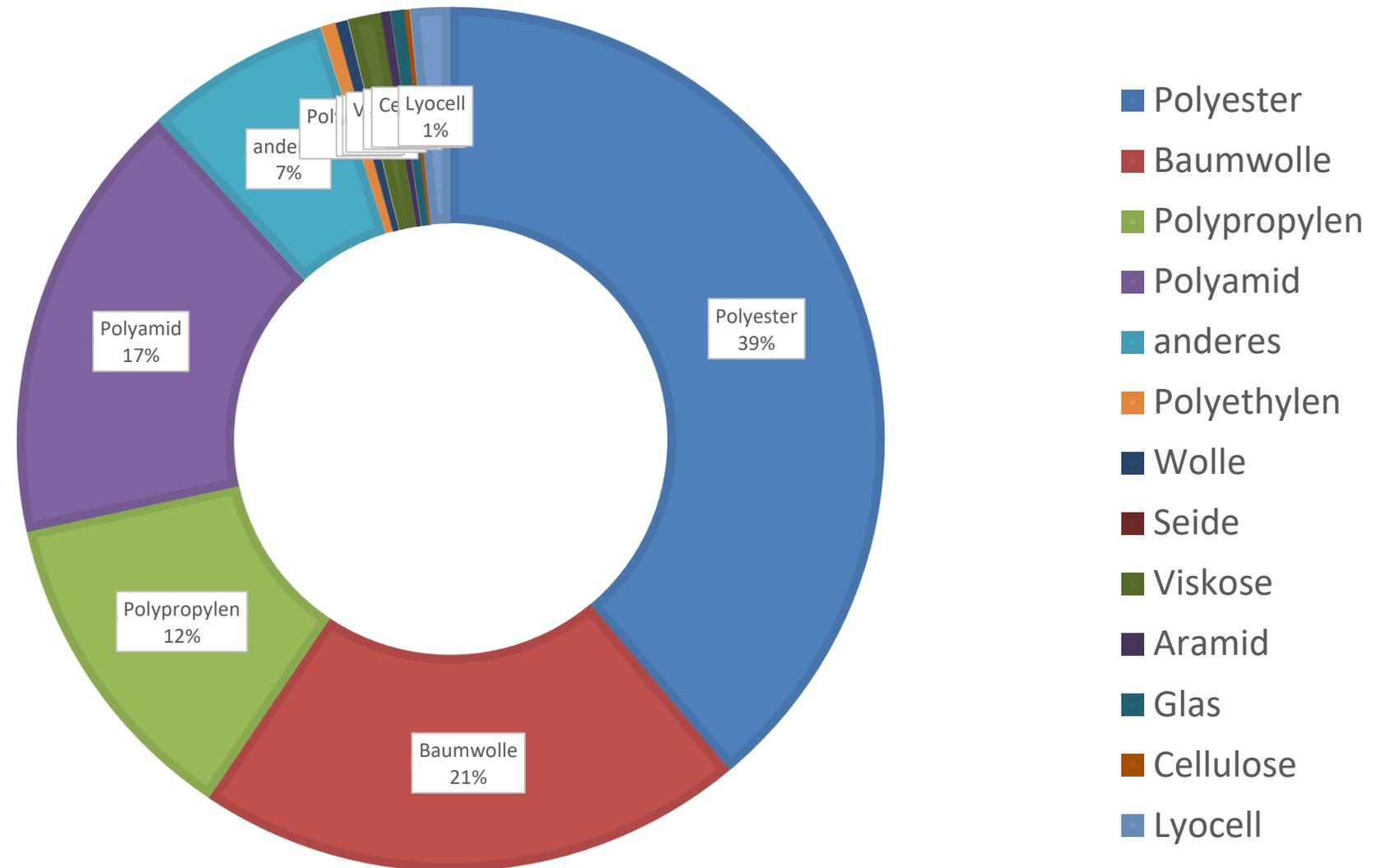


- ohne Antwort
- offene wichtige Kontakte
- Rückmeldungen Online
- Rückmeldungen PDF

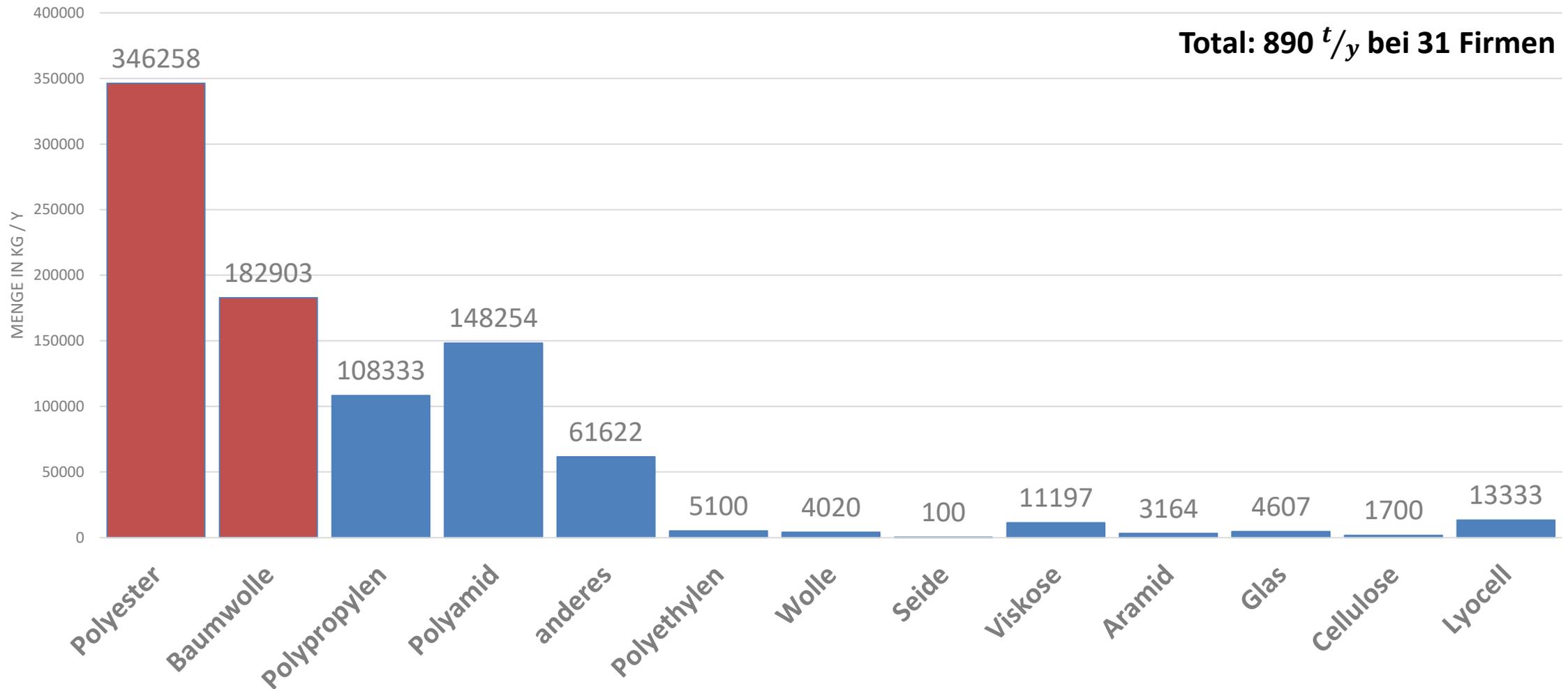
**31 ausgewertete Rückmeldungen**

# Verteilung auf Branchensegmente (Mehrfachnennung)

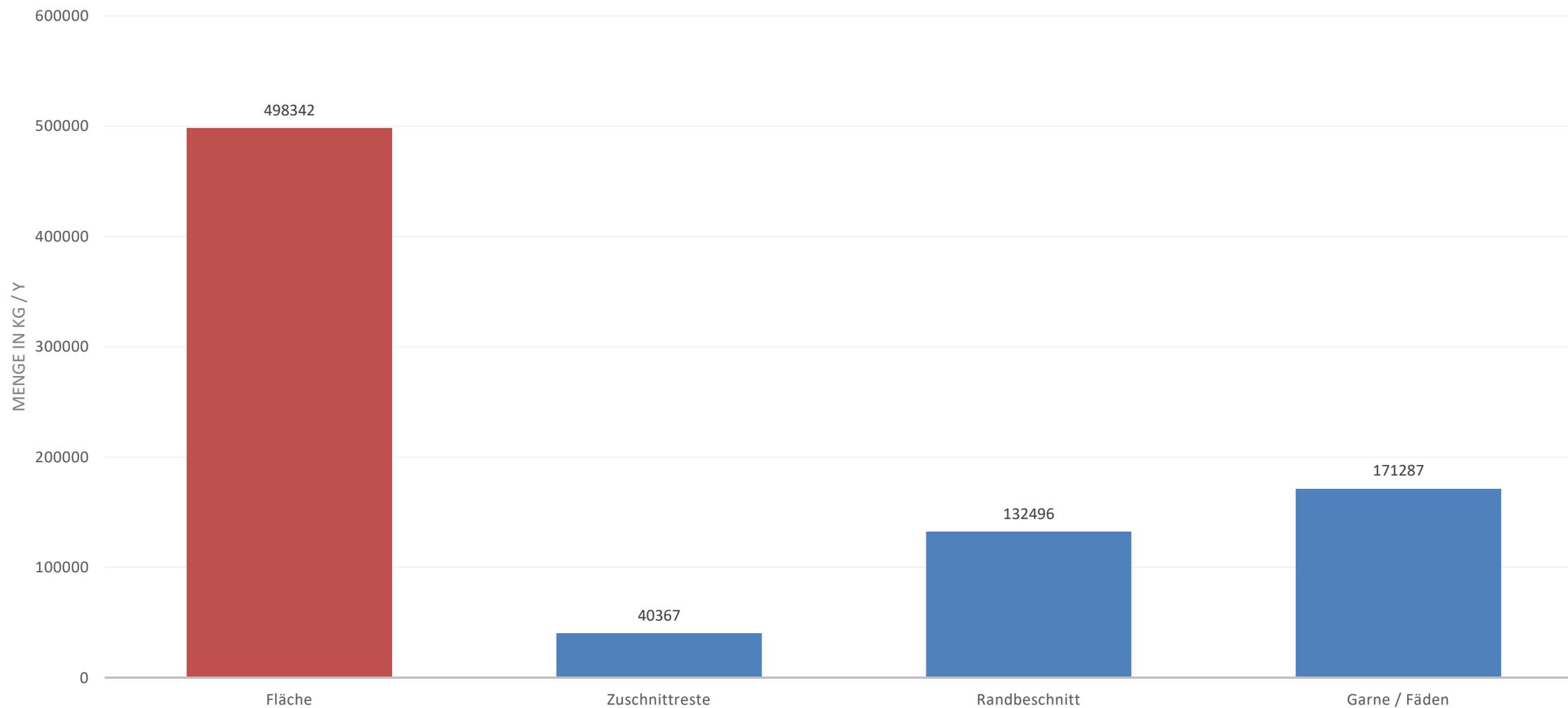




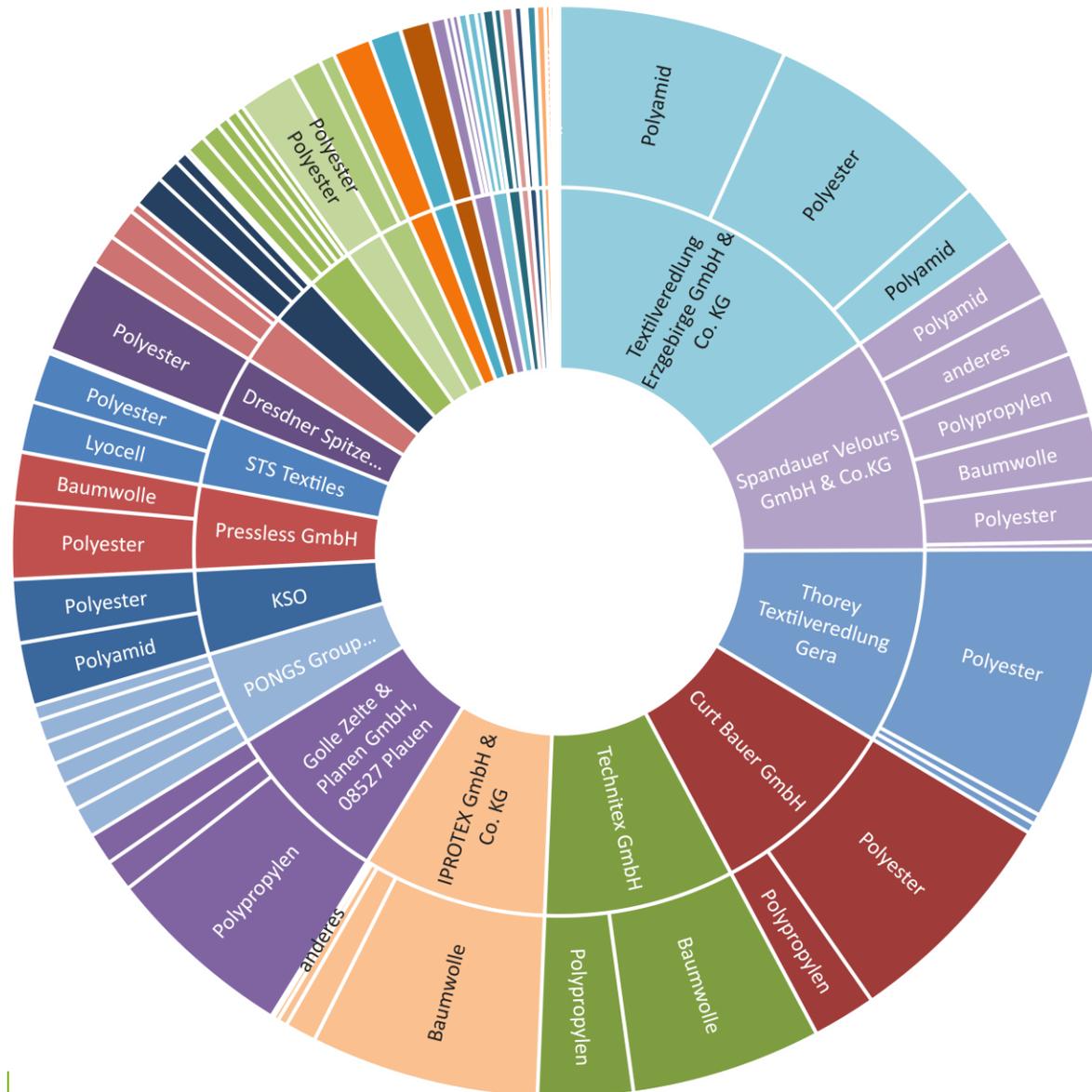
# Mengen nach Material absolut



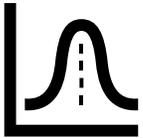
# Materialmengen nach Struktur



# Abfallmengen nach Quelle



- STS Textiles
- Pressless GmbH
- Saxa Syntape GmbH
- Golle Zelte & Planen GmbH, 08527 Plauen
- Modespitze Plauen GmbH
- Schneider Textilveredlung GmbH
- Weberei Elite GmbH
- STW Sächsische Textilwerke GmbH
- KERMA Verbandstoff GmbH
- Envitex GmbH
- Waldenburger Bettwaren GmbH
- Zwickauer Kammgarn GmbH
- Thorey Textilveredlung Gera
- Pfand Textilveredlung
- Spengler & Fürst
- Paul Uebel
- Lindner
- Hillcon
- KSO



- Häufigstes Material: **Polyester** mit 39% Anteil
- **890 t/y** bei 31 Firmen
- ca. **50%** als Fläche / Zuschnittreste
- $\frac{1}{3}$  der Firmen verursacht  $\frac{3}{4}$  der Abfälle
- Erschließung der Mengen der Big Player bietet großes Potential



- Mengen sind stark volatil und auftragsabhängig
- Selbst Vertreter eines Branchensegmentes unterscheiden sich in der Abfallstruktur stark

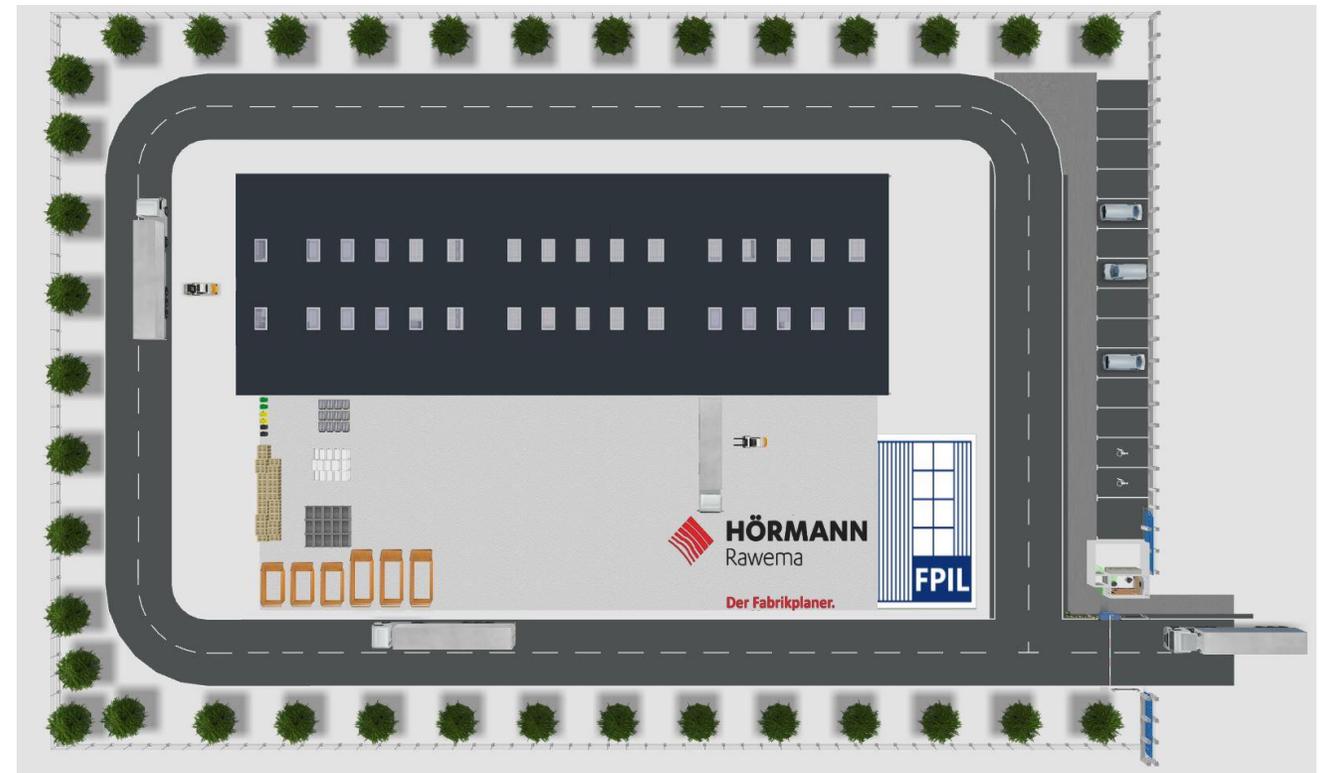
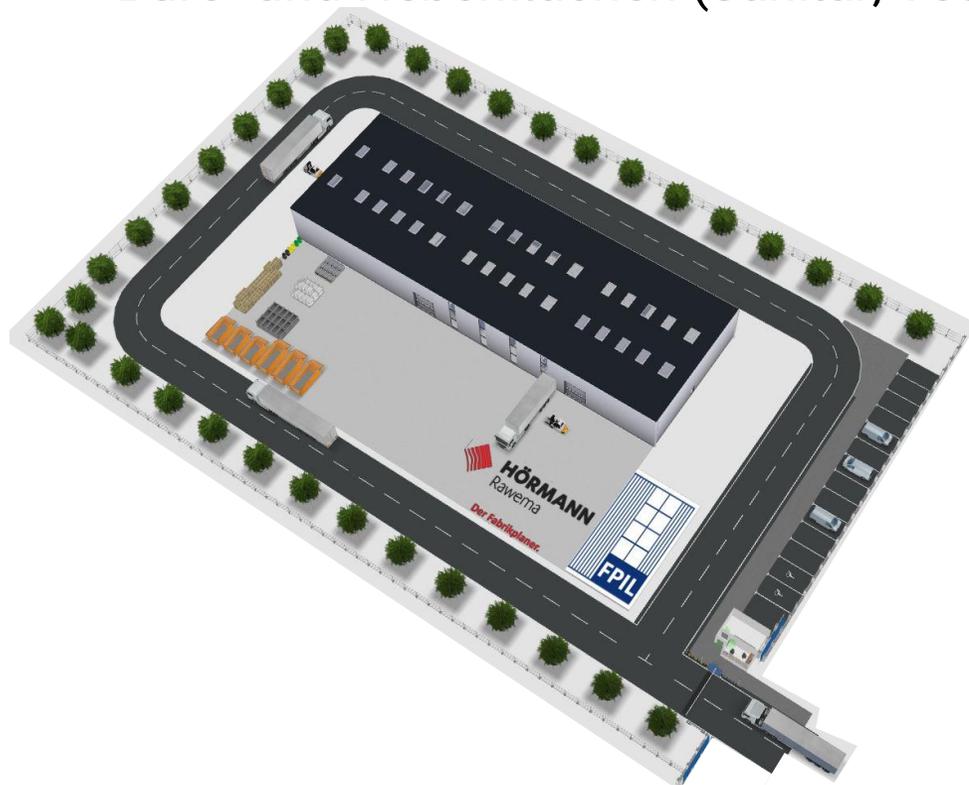
# **Vorstellung des Konzepts für das SmartERZ TRICYCLE Recycling Center, inkl. Anlagenkonzept**

-

**Maxim Fertich, Hörmann Rawema**

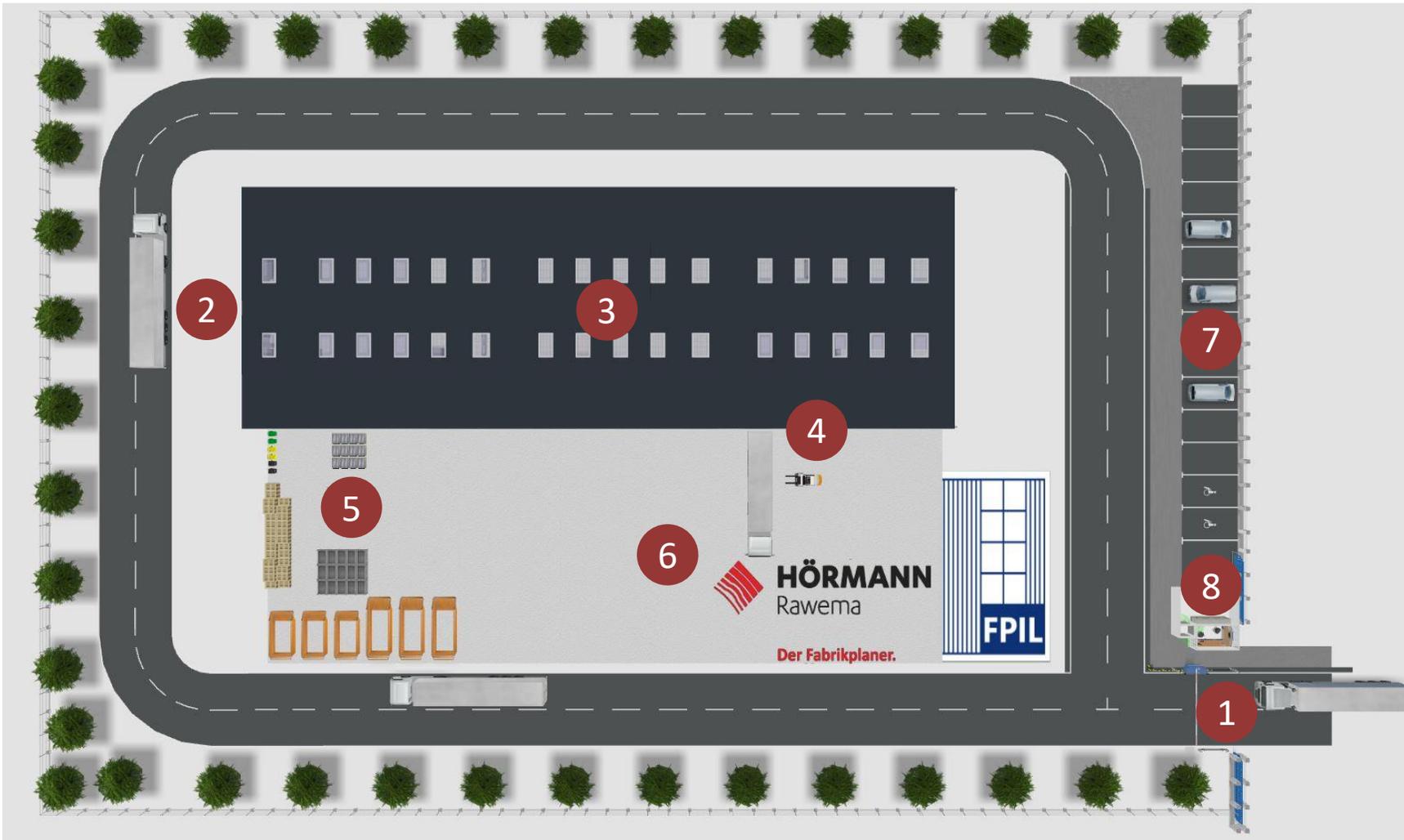
# Konzept Recycling Center inkl. Anlagenkonzept

- Ziel: Grobplanung eines Recycling Centers unter Berücksichtigung der Nebenprozesse
  - Prämisse: Wandlungsfähigkeit, Skalierbarkeit und Flexibilität
  - Zwei möglichen Szenarien – je nach Abfallmenge
  - Büro- und Nebenflächen (Sanitär, Technik etc.) vernachlässigt



# Konzept Recycling Center inkl. Anlagenkonzept

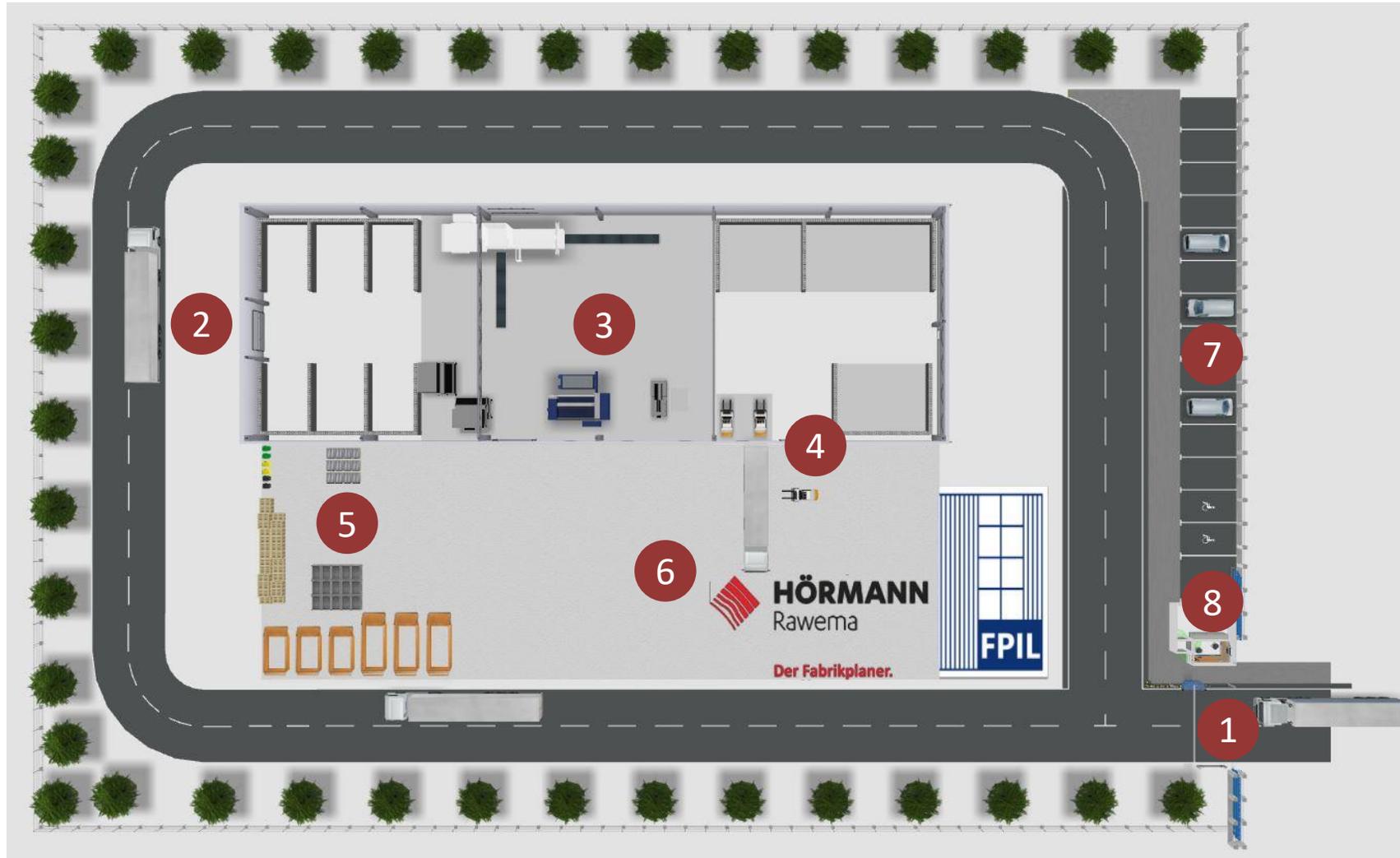
## Außenbereich für beide Varianten



- 1 Werksein- und ausfahrt mit LKW-Waage
- 2 Materialanlieferung / Entladebereich
- 3 Produktionshalle
- 4 Ladebereich im Warenausgang
- 5 Abstellfläche für Leergut
- 6 Erweiterungsmöglichkeit
- 7 Parkplatz
- 8 Pförtnergebäude

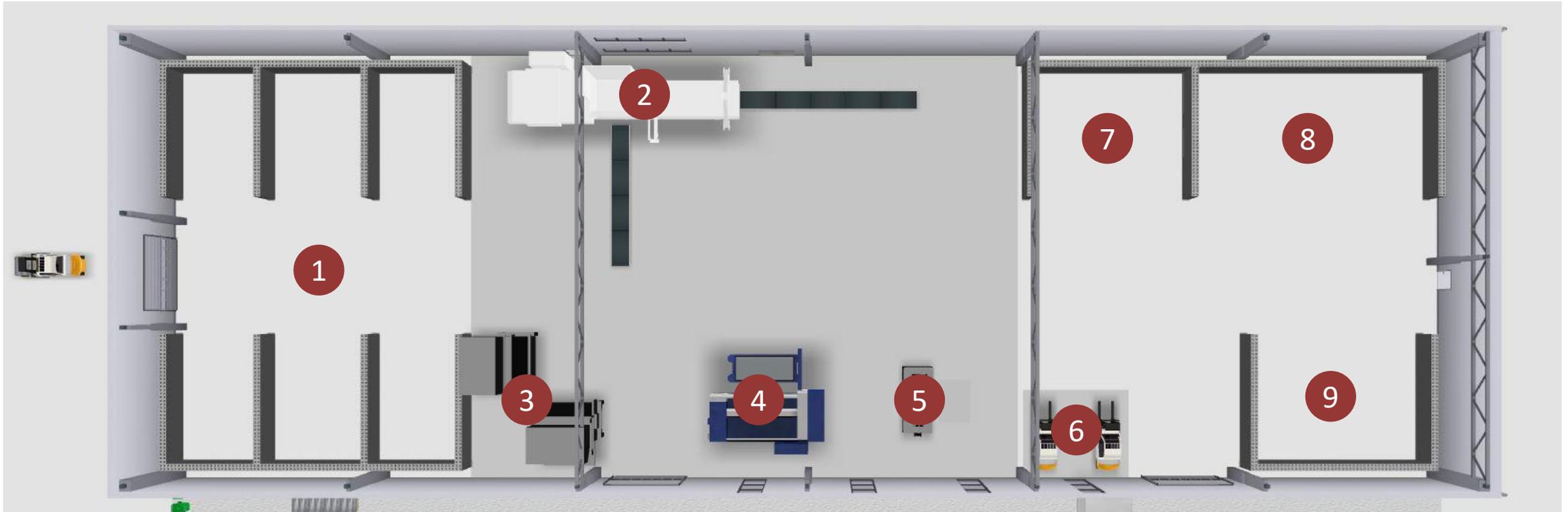
# Konzept Recycling Center inkl. Anlagenkonzept

## Variante 1



- 1 Werksein- und ausfahrt mit LKW-Waage
- 2 Materialanlieferung / Entladebereich
- 3 Produktionshalle
- 4 Ladebereich im Warenausgang
- 5 Abstellfläche für Leergut
- 6 Erweiterungsmöglichkeit
- 7 Parkplatz
- 8 Pförtnergebäude

## Variante 1



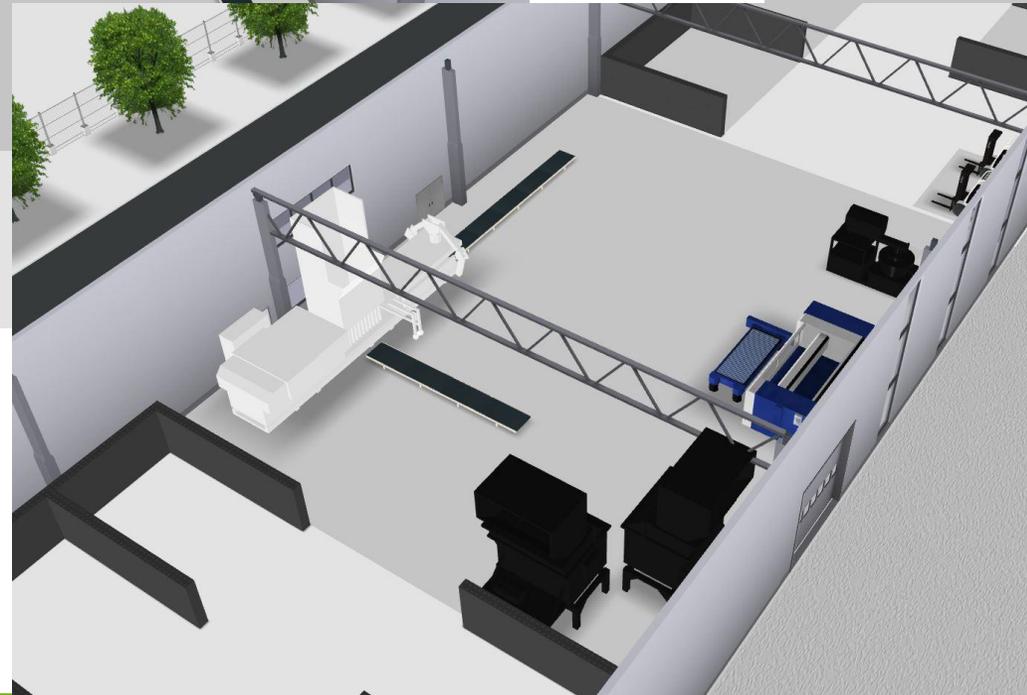
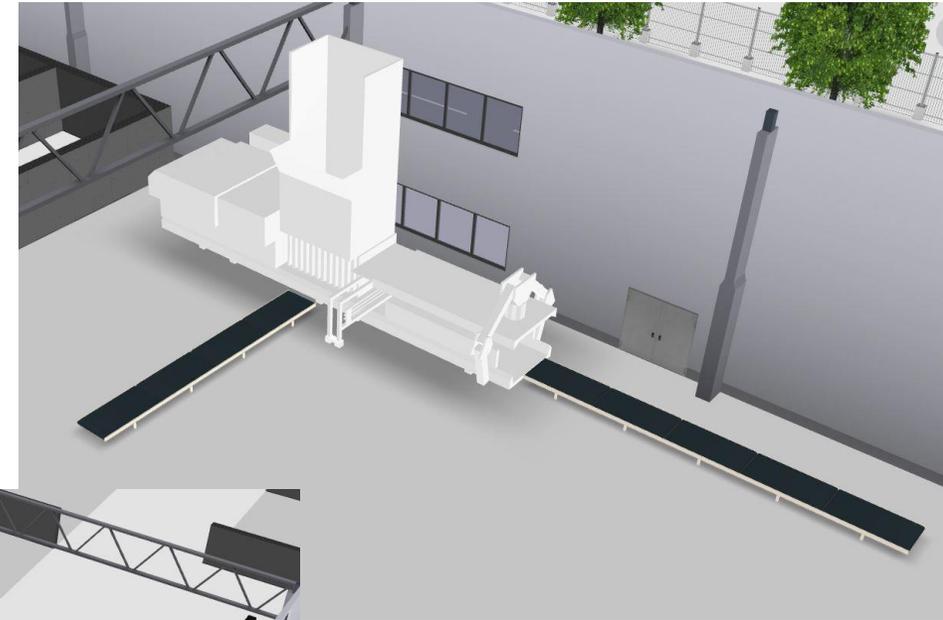
- |   |                                    |   |                               |   |                                |
|---|------------------------------------|---|-------------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | Wareneingangsbereich               | 4 | Schwerteilseparierer / Zyklon | 7 | Thermische Verwertung          |
| 2 | Kanalballenpresse mit Förderketten | 5 | Pelletieranlage               | 8 | Ballenlager (gepresst)         |
| 3 | Schneidemaschinen                  | 6 | Staplerbereich                | 9 | Big Bag Lager (recyclingfähig) |

# Konzept Recycling Center inkl. Anlagenkonzept



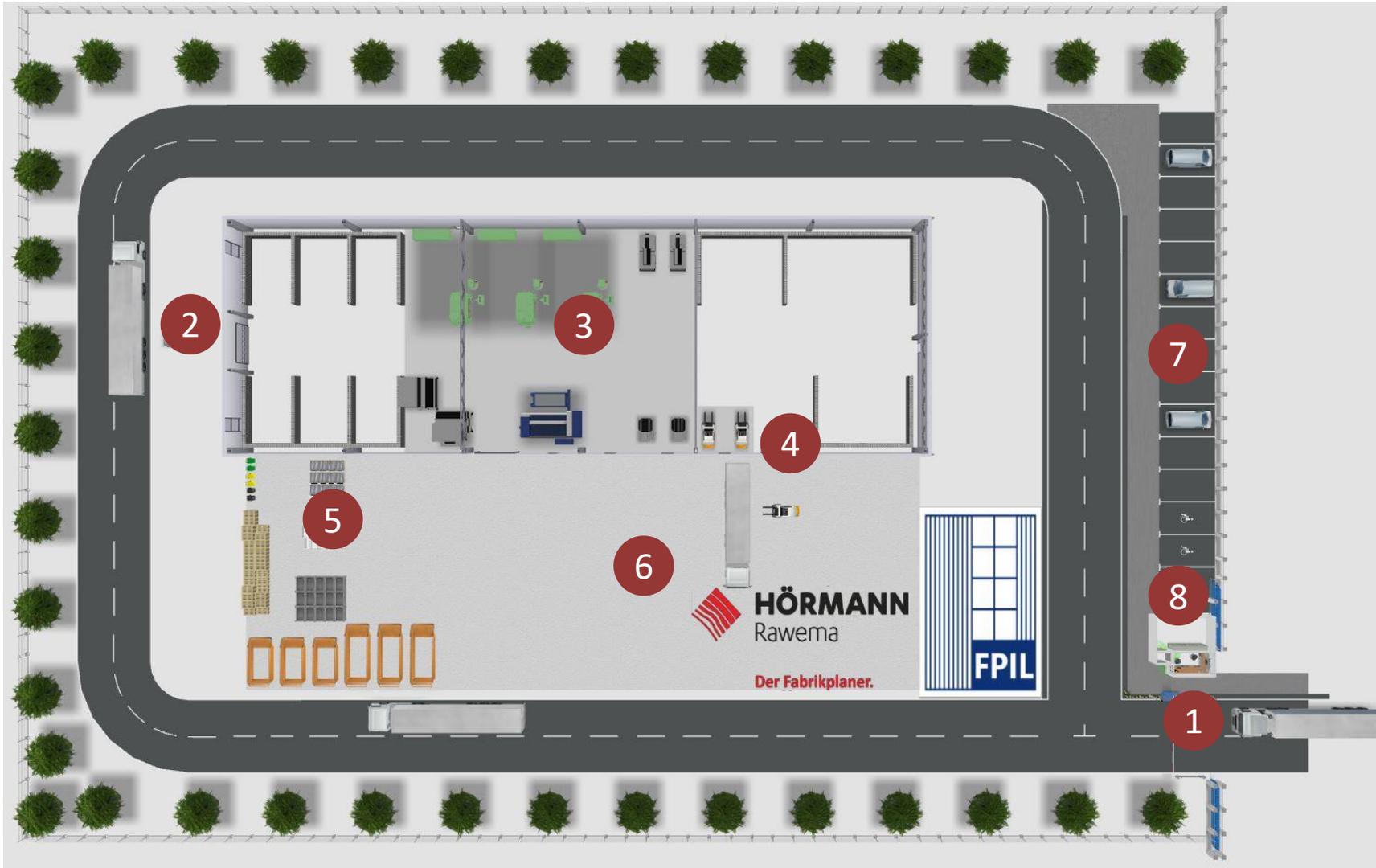
# Konzept Recycling Center inkl. Anlagenkonzept

## Variante 1



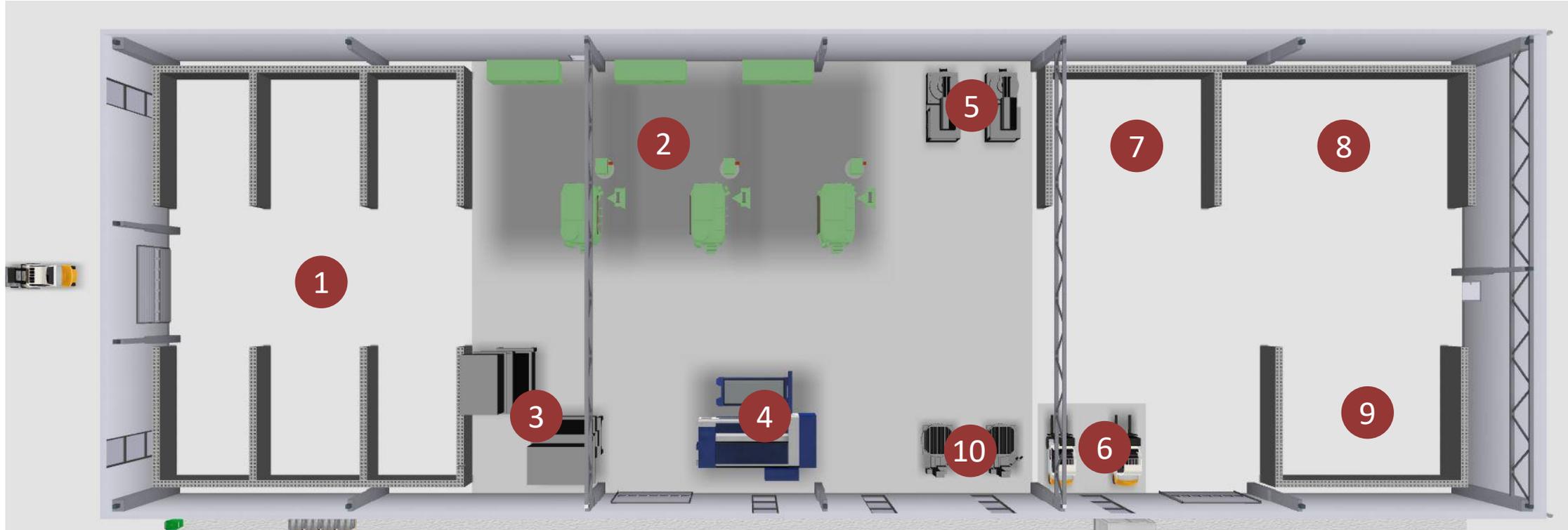
# Konzept Recycling Center inkl. Anlagenkonzept

## Variante 2



- 1 Werksein- und ausfahrt mit LKW-Waage
- 2 Materialanlieferung / Entladebereich
- 3 Produktionshalle
- 4 Ladebereich im Warenausgang
- 5 Abstellfläche für Leergut
- 6 Erweiterungsmöglichkeit
- 7 Parkplatz
- 8 Pförtnergebäude

## Variante 2



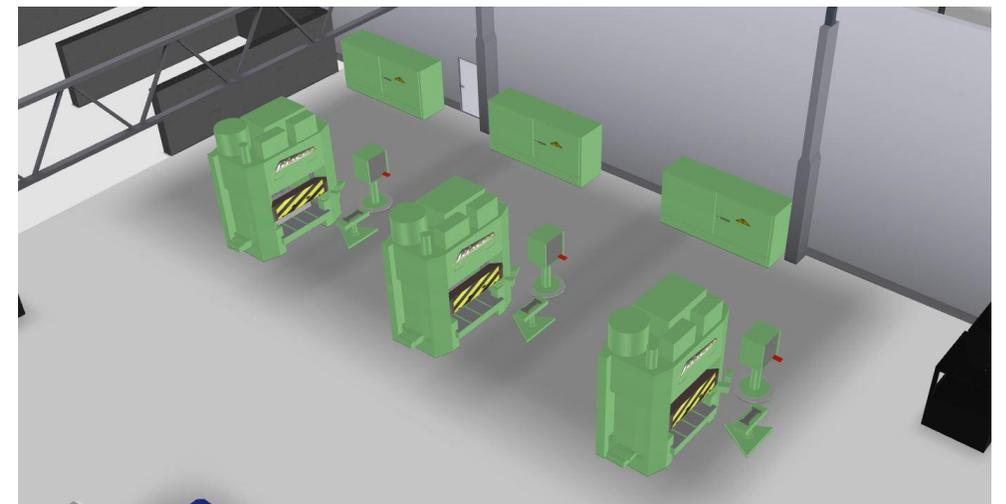
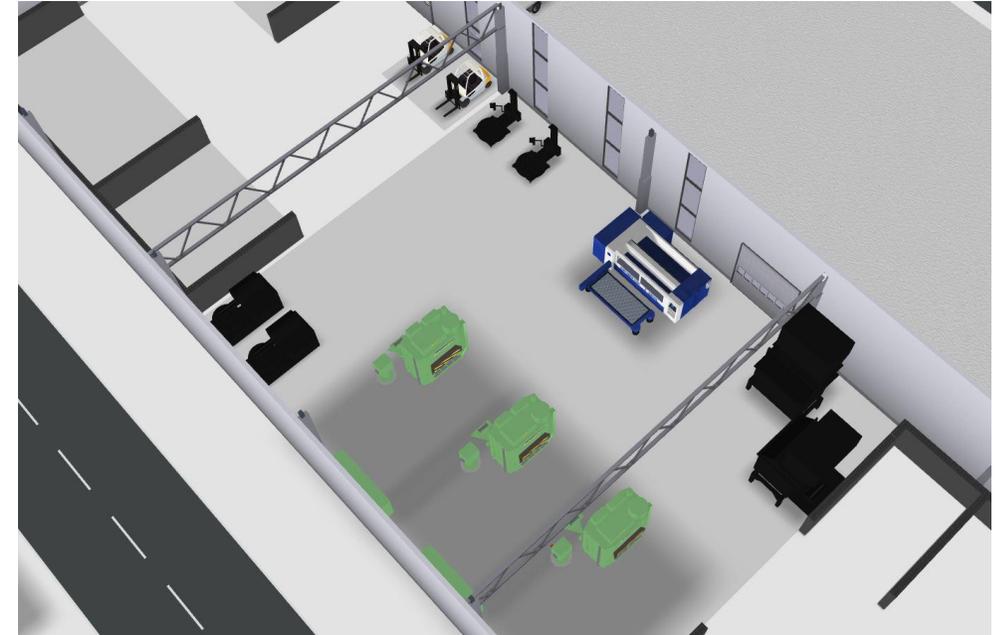
- |   |                                    |   |                               |   |                                |    |                   |
|---|------------------------------------|---|-------------------------------|---|--------------------------------|----|-------------------|
| 1 | Wareneingangsbereich               | 4 | Schwerteilseparierer / Zyklon | 7 | Thermische Verwertung          | 10 | Palettenstretcher |
| 2 | Kanalballenpresse mit Förderketten | 5 | Pelletieranlage               | 8 | Ballenlager (gepresst)         |    |                   |
| 3 | Schneidemaschinen                  | 6 | Staplerbereich                | 9 | Big Bag Lager (recyclingfähig) |    |                   |

# Konzept Recycling Center inkl. Anlagenkonzept



# Konzept Recycling Center inkl. Anlagenkonzept

## Variante 2



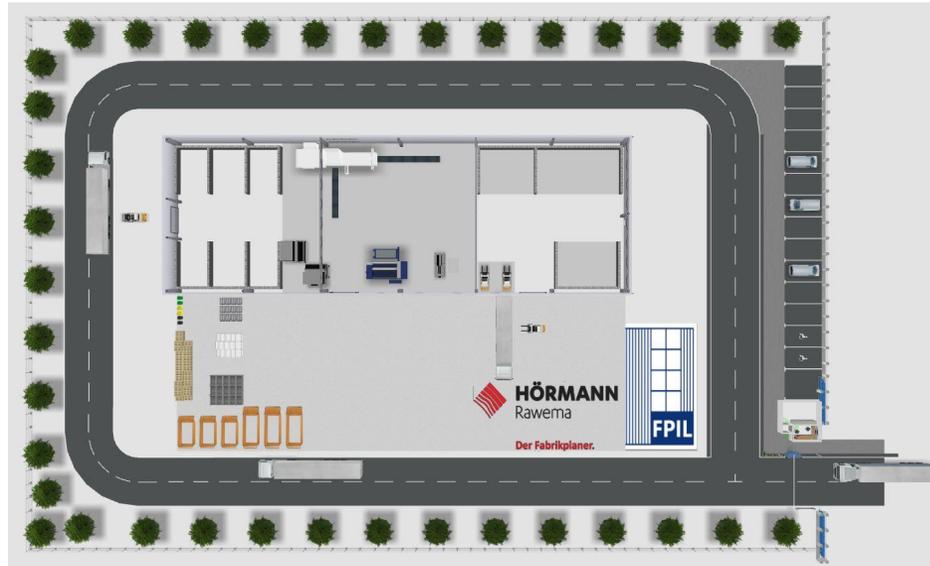
## Variante 1

Kanalballenpresse inkl. Förderketten

2x Schneidemaschine

Schwerteilseparierer / Zyklon

Pellettieranlage



## Variante 2

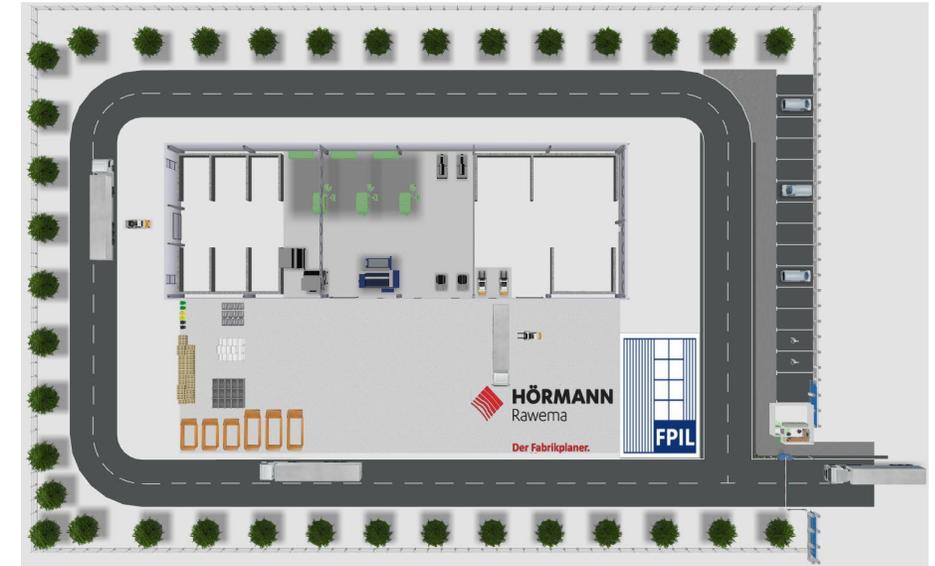
3x Schrankpressen

2x Schneidemaschinen

Schwerteilseparierer / Zyklon

Pellettieranlage

2x Palettenstretcher



Aktuelle Daten basieren auf 31/121 Firmen

→ Potential für 4x

Erweiterung des Betrachtungsraumes auf ganz Sachsen

→ Potential für ~3x

Erweiterung des Betrachtungsraumes auf angrenzende Teile von Bundesländern / Tschechien

→ Potential für ~4x

**48x > 35,5x > 12x**

- Potentielle Förderung
- Vorhandene Immobilie
- Gebrauchte Maschinen
- Besseres Verhältnis zwischen Umsatz und Deckungsbeitrag als 25%



**Wirtschaftlicher Betrieb sollte  
möglich sein**

# **Vorstellung der aus den Ergebnissen abgeleiteten Leitlinien für das Design for Recycling von textilen Produkten und Multimaterialverbunden**

-

**Johannes Leis, Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.**

## Why is the EU acting?

**70%**

increase in waste  
generation is foreseen by  
2050

**Over 90%**

of biodiversity loss and  
water stress is caused by  
resource extraction and  
processing

**Up to 80%**

of a product's  
environmental impacts  
can be determined at the  
design phase

## Safe and sustainable by design Framework

**A European assessment framework for 'safe and sustainable by design' chemicals and materials**



**Design principles**



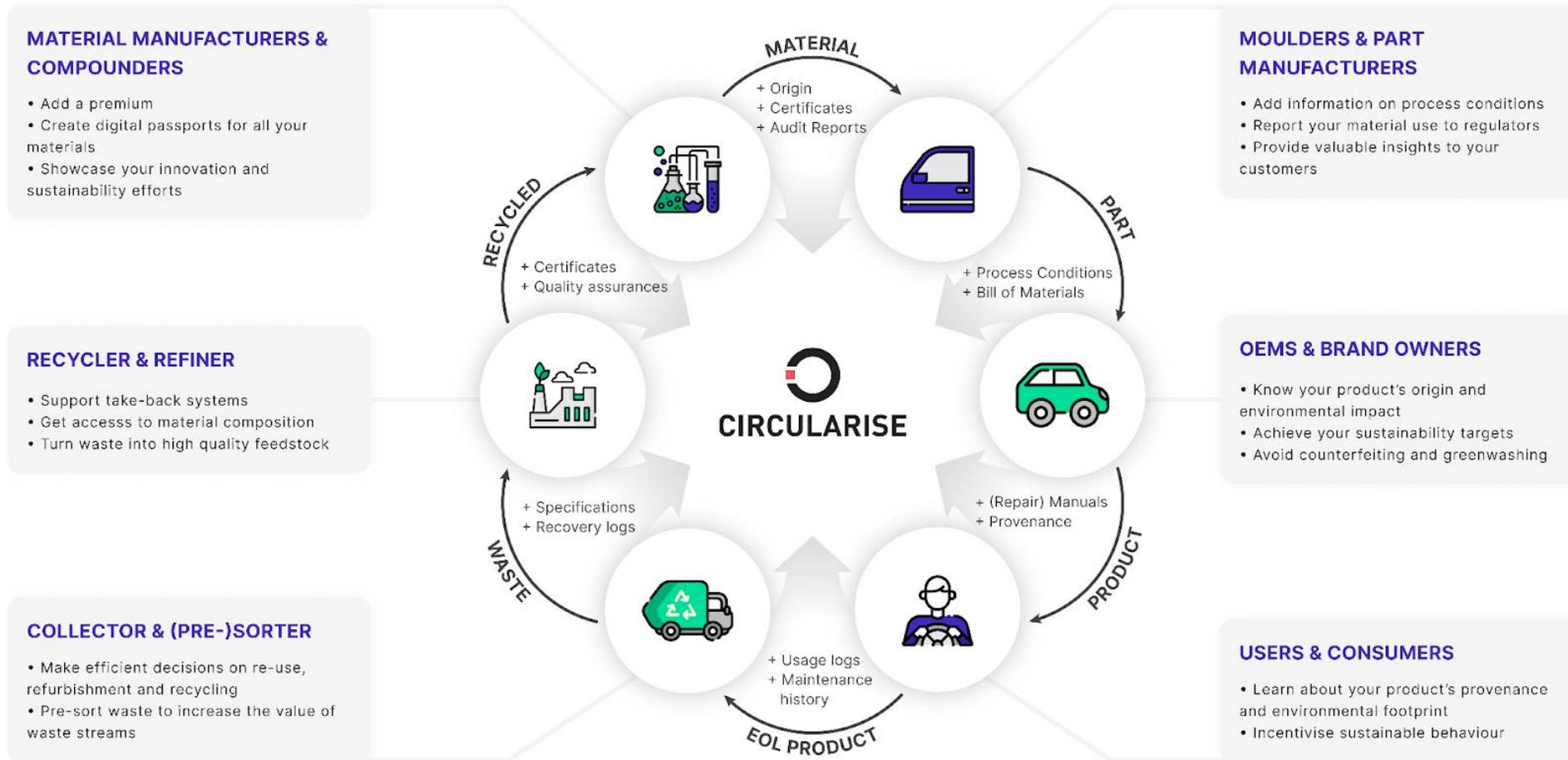
- green chemistry
- green engineering
- sustainable chemistry
- circularity by design

## Nachhaltige Produkte in einem resilienten Binnenmarkt zur Norm machen



## Examples of the data in a digital product passport





- Querverbindungen Smart Textiles – Smart Composites
  - Ein Stück weit unklare rechtliche Lage über Verantwortlichkeiten in Sammlung, Behandlung, Entsorgung
  - Aktuell geringe Mengen, wir sprechen über Potenzial
  - Vielzahl verschiedener Lösungswege, Heterogenität ist groß
  - Materialpooling, bzw. Konzentration der werthaltigen Stoffströme als wichtige Fragen
  
- Umicore

## Weitere (Neben-)vermerke:

- Thema Verpackungs- und Transportmaterialien
- Erste Querverbindungen zwischen den Referenzbauteilen
  - Luftfahrt – Elektronikkomponenten
    - Verbindung Metalle Harzsysteme (Schutzhülle)
  - Materialpooling als wichtiges Thema
- Komplexe Multimaterialverbunde & Einzelkomponenten / Materialien als Abfälle
- Wo „landen“ die Produkte am Ende des Lebenszyklus?

# Wie viele Post-Consumer-Abfälle sind verfügbar?

Teruel (Spanien):

Größter „Parkplatz für Flugzeuge“

- Wartung, Lagerung, Recycling
- 100 – 120 Flugzeuge

TARMAC Aerosave

Ist das betreibende Unternehmen

→ 2 weitere Standorte in Frankreich

→ Abbau/Separierung, Reparatur,  
Recycling



Quelle: <https://www.flugrevue.de/zivil/flugzeugfriedhof-teruel-im-reich-der-schlafenden-riesen/>

## Recyclinggerechte Konstruktion

**Vor der Entwicklung, Herstellung und Verwendung eines Produktes an die spätere Entsorgung bzw. besser das spätere Recycling denken:**

- Eignung eines Produktes für ein späteres Recycling,
- Wieder- bzw. Weiterverwendung des Produktes (Produktrecycling) und/oder
- Wieder- bzw. Weiterverwertung seiner stofflichen Bestandteile (Stoffrecycling).

Technische und moralische Langlebigkeit sowie die Demontage- und Werkstoffgerechtheit des Produktes anstreben.

## Design mit Recycling

**Steigerung der Akzeptanz des Recyclings und von Rezyklaten durch Design, z. B. durch**

- Direktverwertung von Planen zu Taschen,
- Attraktive Produkte aus Produktionsabfällen
- ...

## Design for Collection:

- Produkte müssen verfügbar sein und in die für die Komponenten zugehörigen Stoffströme gebracht werden können
  - Notwendigkeit der zerstörungssarmen Sammlung und des Transports

## Design for Sorting:

- Materialien müssen detektierbar sein oder Produkte müssen die Informationen mit sich tragen
  - Automatisierbares Handling?
  - Stand der Technik ist die Sortierung via NIR- + Farbdetektion, damit einhergehend:
    - Reine Oberflächendetektion
    - Probleme wenn Materialien NIR-Strahlung zu viel absorbieren oder reflektieren

## Design for Recycling:

- Material muss separierbar sein
- Material muss aufbereitbar sein
- Es muss ein Markt für Sekundärrohstoffe entstehen

## Material

- Wie rezyklierbar ist das Material selbst
- Mischungen/blends vermeiden
- Verwendung heller Farben

## Design/Konstruktion des Produkts

- (Garn) Konstruktion, → Drehung, Festigkeit des Faserstoffs, (Garn)Dichte
- Verbindungsprozesse → lösbare Verbindungen, zugängliche Verbindungen
- Finishing/Funktionalisierung → separierbare Chemie oder zumindest rezyklierbare Chemie

## Business model

- Basierend auf Zirkularität?
- Basierend auf Modularität?
- 9-R's

- Wenn möglich die Regeln der Sortierung beachten:
  - Keine PTFE Beschichtung oder andere reflektierende Beschichtungen,
  - Keine Ruß gefärbten Materialien verwenden,
  - Drucke oder Applikationen können die Detektion stören,
  - Oder einfach zugänglich Informationen bereitstellen → muss aber noch vorhanden sein.
- Materialmix so gering wie möglich halten oder Materialien separierbar gestalten:
  - Faserauswahl beachten! → Fasermix und speziell für das Recycling kritische Materialien (z. B. Elasthan oder chlorhaltige Materialien)
  - Gesteigerter Aufwand in der Materialseparierung (wenn überhaupt möglich) durch Materialmix (mehrlagig oder direkter Fasermix,
  - Verunreinigung durch Metallteile,
  - Verunreinigungen durch feste Kunststoffteile,
  - Notwendige Applikationen vs. reine Design Features
  - Nach Möglichkeit trennbare Verbindungen verwenden → Lösbares Garn, angepasste Materialwahl oder Ultraschallschweißen



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**wir!** Wandel durch  
Innovation  
in der Region

„Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Förderung des Vorhabens im Rahmen des Programms WIR! – Wandel durch Innovationen in der Region“

**Wirtschaftsförderung Erzgebirge GmbH**

Adam-Ries-Straße 16  
09456 Annaberg-Buchholz

**www.smarterz.de | #innovERZ**



Ansprechpartner

**Jan Kammerl**

kammerl@wfe-erzgebirge.de  
Tel.: +49 3733 145110  
Fax: +49 3733 145145

**Aron Schneider**

schneider@wfe-erzgebirge.de  
Tel.: +49 3733 145138  
Fax: +49 3733 145145