

IKK

Institut für Kunststoff-
und Kreislauftechnik

Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres

VDI

Windenergie und Kreislaufwirtschaft – Voraussetzungen und Potenziale für ein effektives Recycling von Faserverbundwerkstoffen

Dr. Madina Shamsuyeva, Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres,
Niklas Rode

- Kurzvorstellung IKK
- Anwendungen von Composites
- Produktions- und Abfallmengen von Composites
- Recycling von Composites aus dem Windenergiesektor
- Forschungsprojekt REKON

- 20 Institute
- ca. 900 Mitarbeiter
- Forschungsförderung: 75 Mio. Euro p.a.
- 75 Dissertationen p.a.
- ca. 5.000 Studierende



© Daniel Vogl, LUH

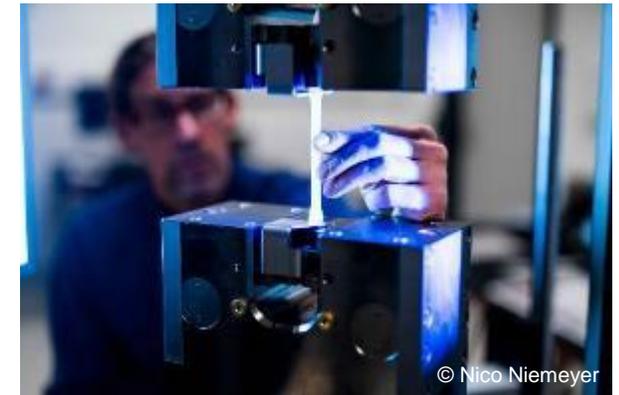
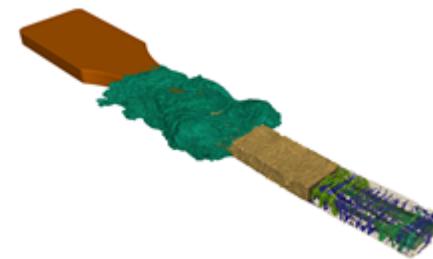
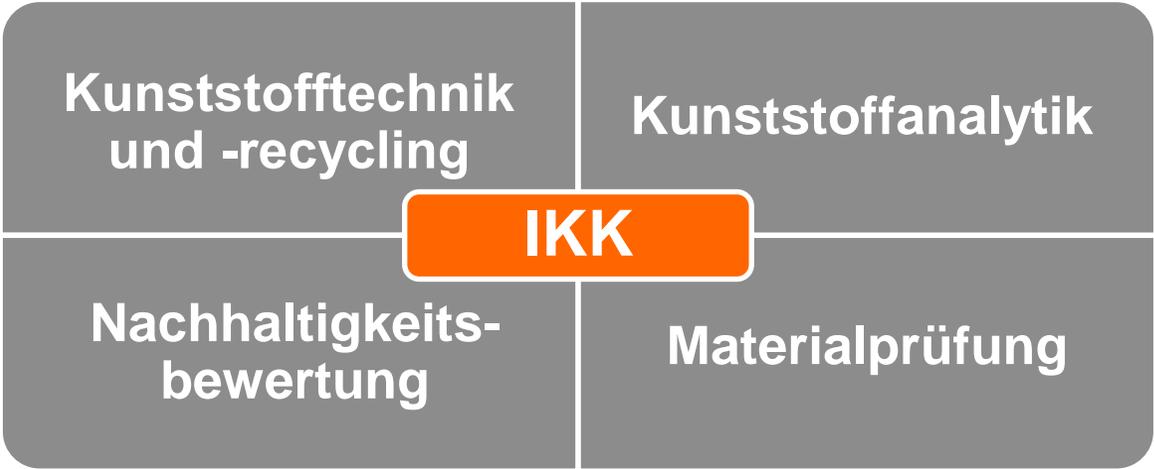
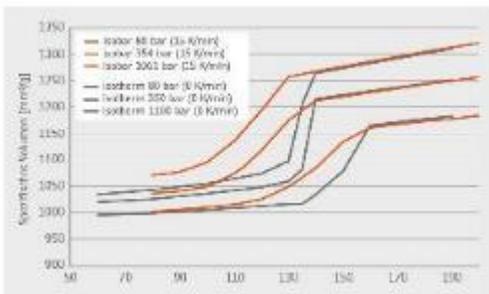
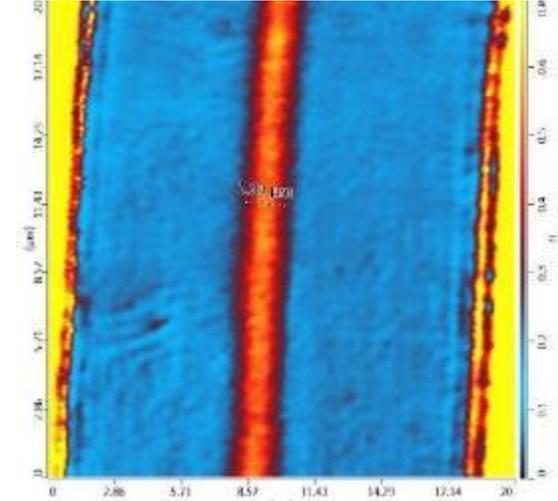
Hauptgebäude der Leibniz Universität Hannover



2014 eröffnetes Produktionstechnisches Zentrum Hannover (PZH)

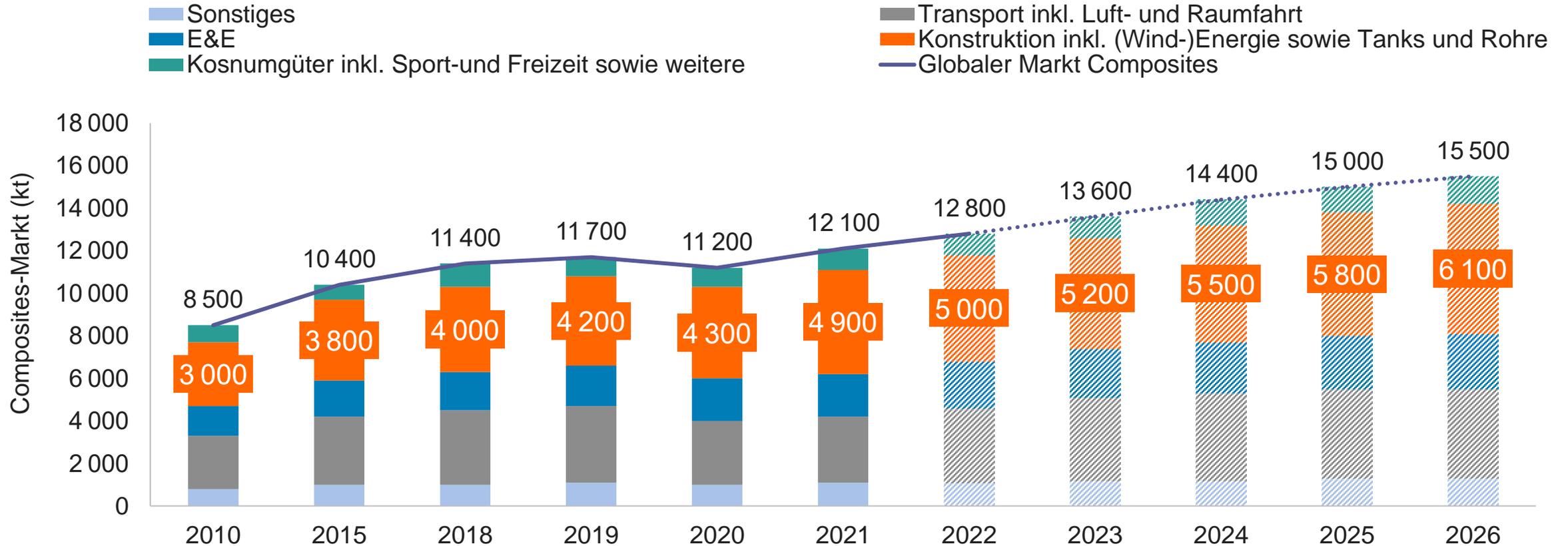


Campus Maschinenbau Garbsen der Leibniz Universität Hannover (2020)



Globaler Markt für Composites Anwendungen

- (Wind-)Energie ist eine der größten Anwendungen für polymere Faserverbundwerkstoffe (Composites)
 - Rohre, Tanks, Windkraftanlagen usw.



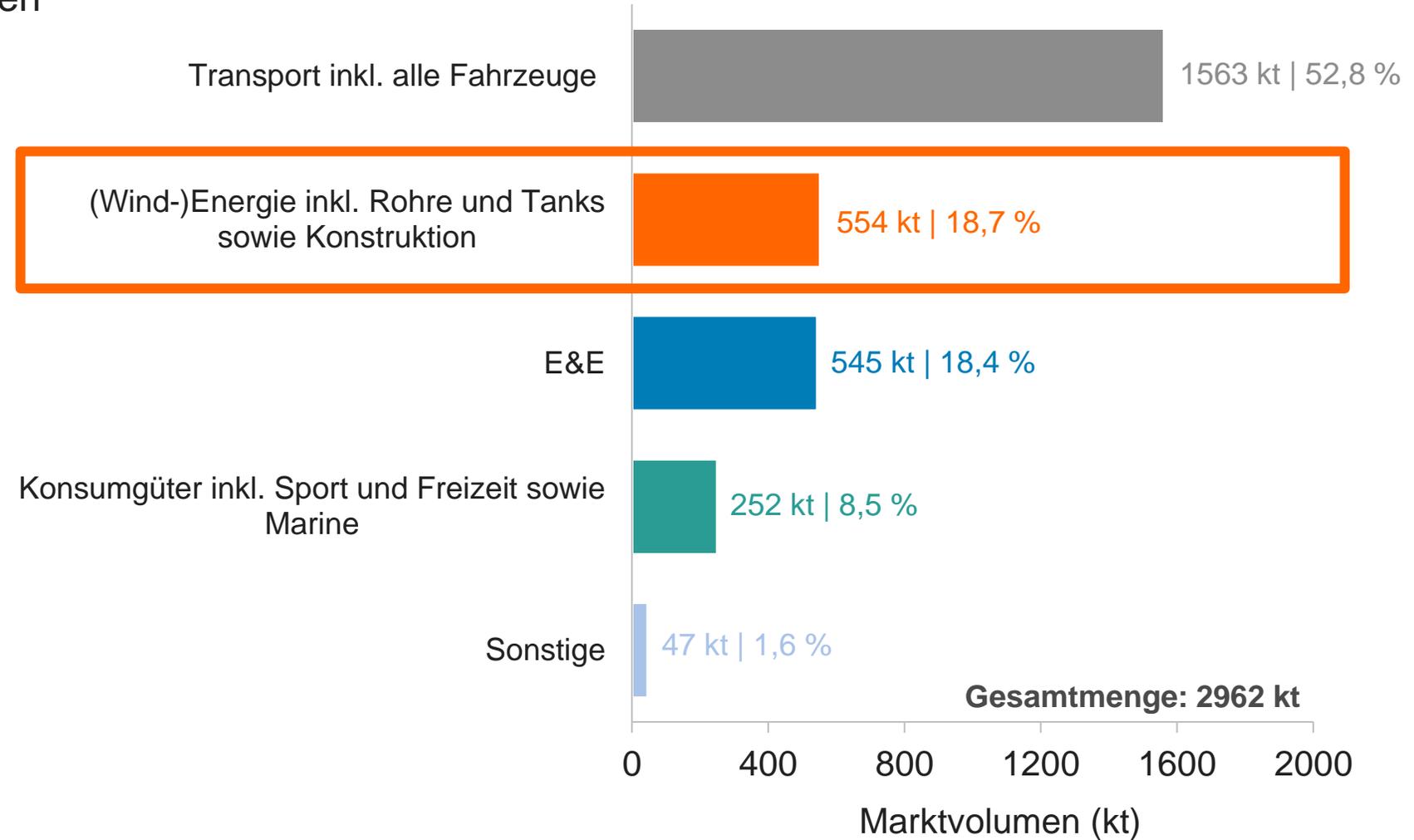
JEC Observer (2022): Overview of the global composites market, 2021-2026. Hg. v. JEC.

Weitere Informationen: H.-J. Endres, M. Shamsuyeva (2023): Composites-Recycling Studie, AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V., Frankfurt am Main, ISBN: 978-3-00074-217-0

Europäischer Markt für GFK 2021

Anwendungen

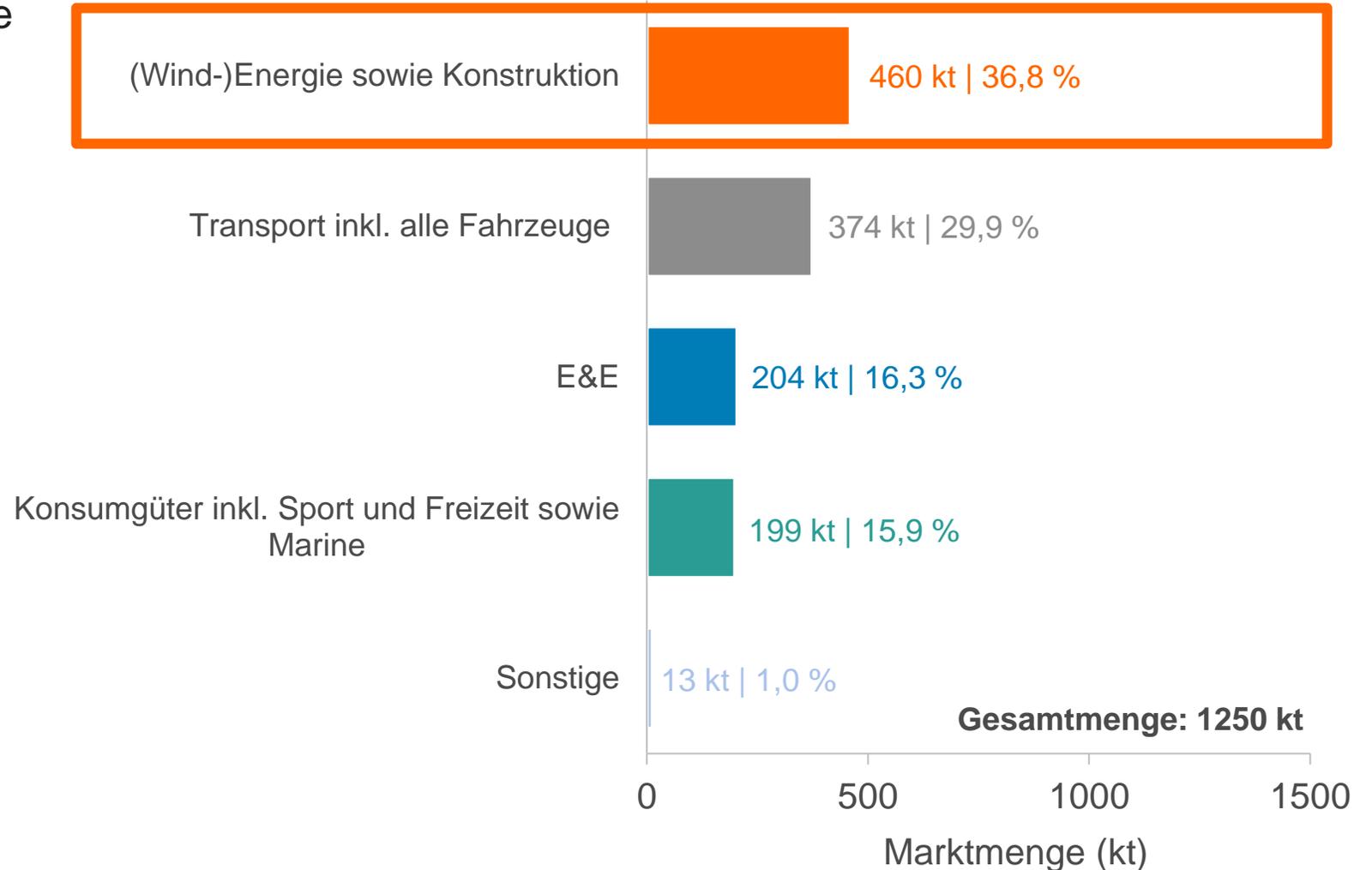
- (Wind-)Energie ist eine der größten Anwendungen für polymere Faserverbundwerkstoffe (Composites)



Europäischer Markt für GFK 2021

Anwendungen duroplastischer Composites

- Für (Wind-)Energieanwendungen werden hauptsächlich duroplastische Textilfaserverbundwerkstoffe verwendet



Witten, E.; Mathes, V. (2022): Der europäische Markt für Faserverstärkte Kunststoffe / Composites 2021. Marktentwicklungen, Trends, Herausforderungen und Ausblicke. Hg. v. AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e. V.
H.-J. Endres, M. Shamsuyeva (2023): Composites-Recycling Studie, AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V., Frankfurt am Main, ISBN: 978-3-00074-217-0

Anwendung	Erstes Jahr der kommerziellen Nutzung von Composite-Teilen ¹	Durchschnittliche Nutzungsdauer von Composite-Teilen ¹	Durchschnittliche Nutzungsdauer von Produkten ²
(Wind-)Energie und Konstruktion			
Windenergie	2000	20	
Tanks und Rohre	1970	30	
Konstruktion	1965	40	
E&E	1960	5	
Transport inkl. Luft- und Raumfahrt			
Transport allg.	1975	15	
Luft- und Raumfahrt	1970	40	
Pkw			10
Lkw, Landmaschinen			12 – 15
Konsumgüter	1980	5	
Marine	1960	25	25

¹ Drog, Ben (04.02.2019): Estimation of composite waste streams via GDP method. EuCIA European Composites Industry Association.

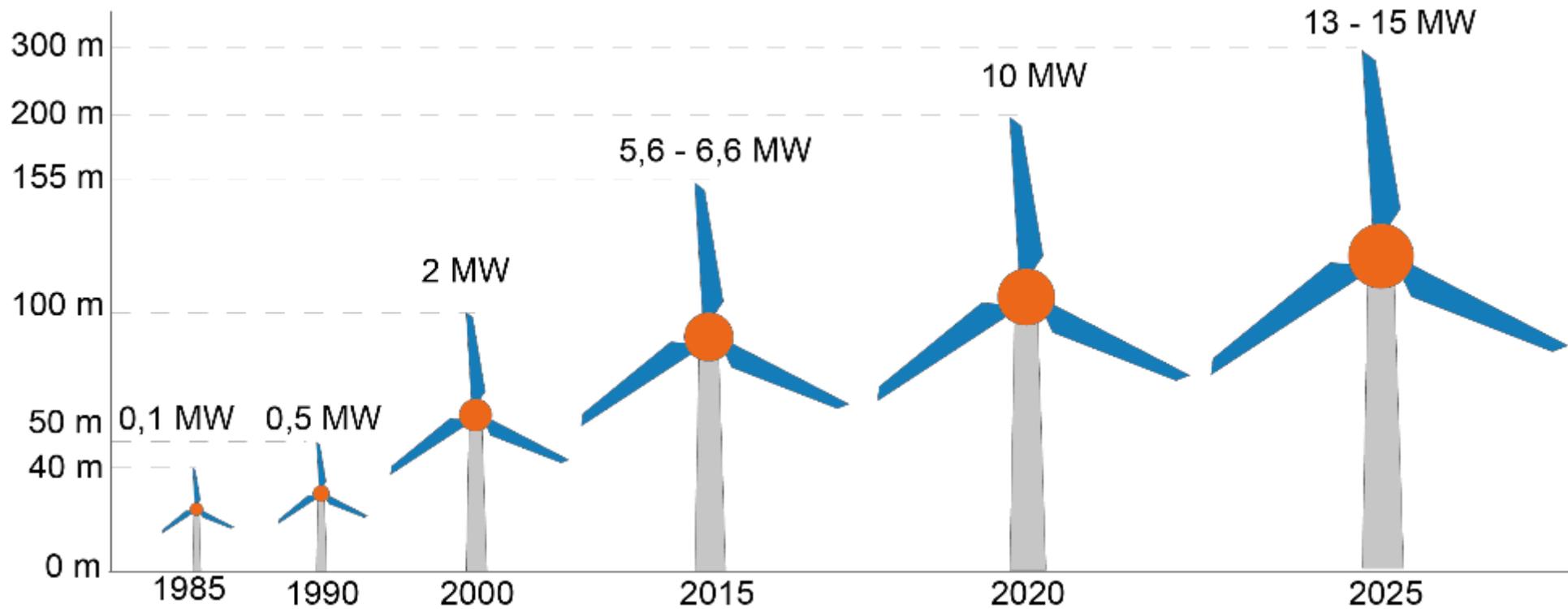
² Martens, Hans (2010): Recyclingtechnik. Fachbuch für Lehre und Praxis. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Weitere Informationen: H.-J. Endres, M. Shamsuyeva (2023): Composites-Recycling Studie, AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V., Frankfurt am Main, ISBN: 978-3-00074-217-0

Anwendungen von Composites

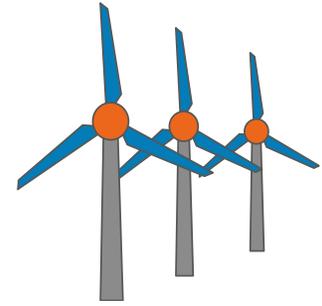
Windenergie

- Um eine höhere Nennleistung zu erzielen, werden die Rotorblätter immer länger
- Steigendes Volumen von Composites im Allgemeinen und CFK im Besonderen

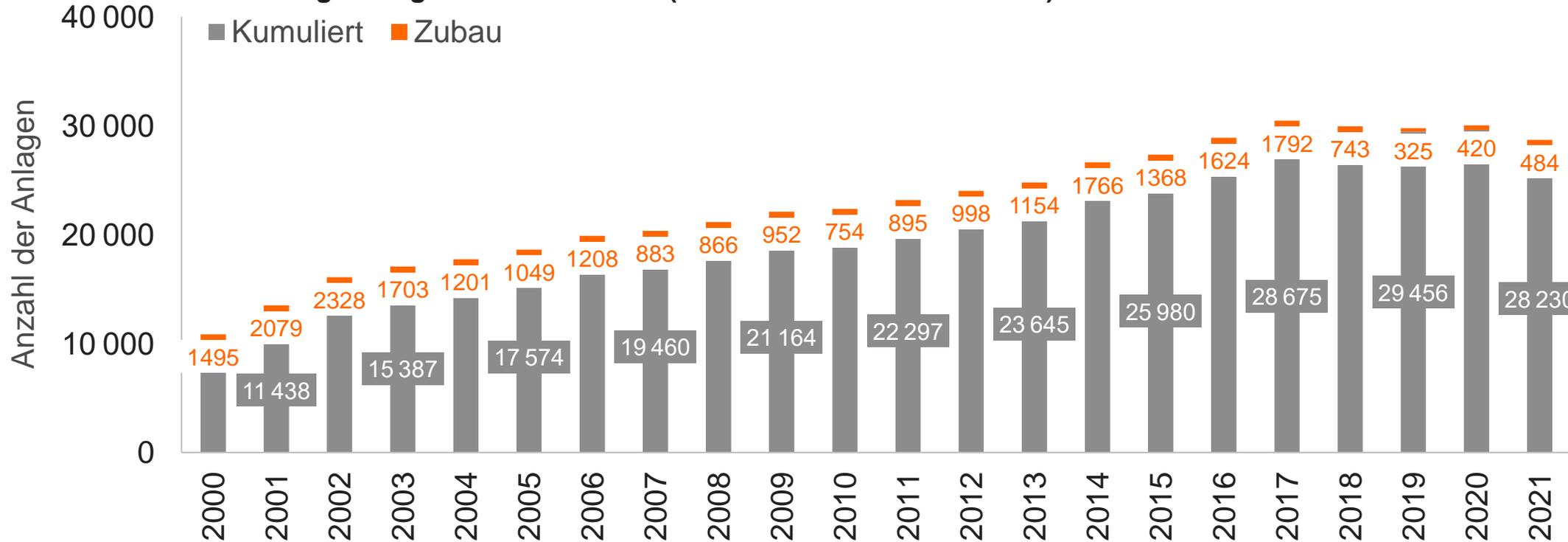


Windenergieanlagen Bestand Deutschland

- Die Zahl der Windenergieanlagen in Deutschland nimmt zu
- Typ, Hersteller, Datum der Inbetriebnahme, Größe / Struktur / Materialzusammensetzung der Rotorblätter und Standorte der WEA sind unterschiedlich / vielfältig

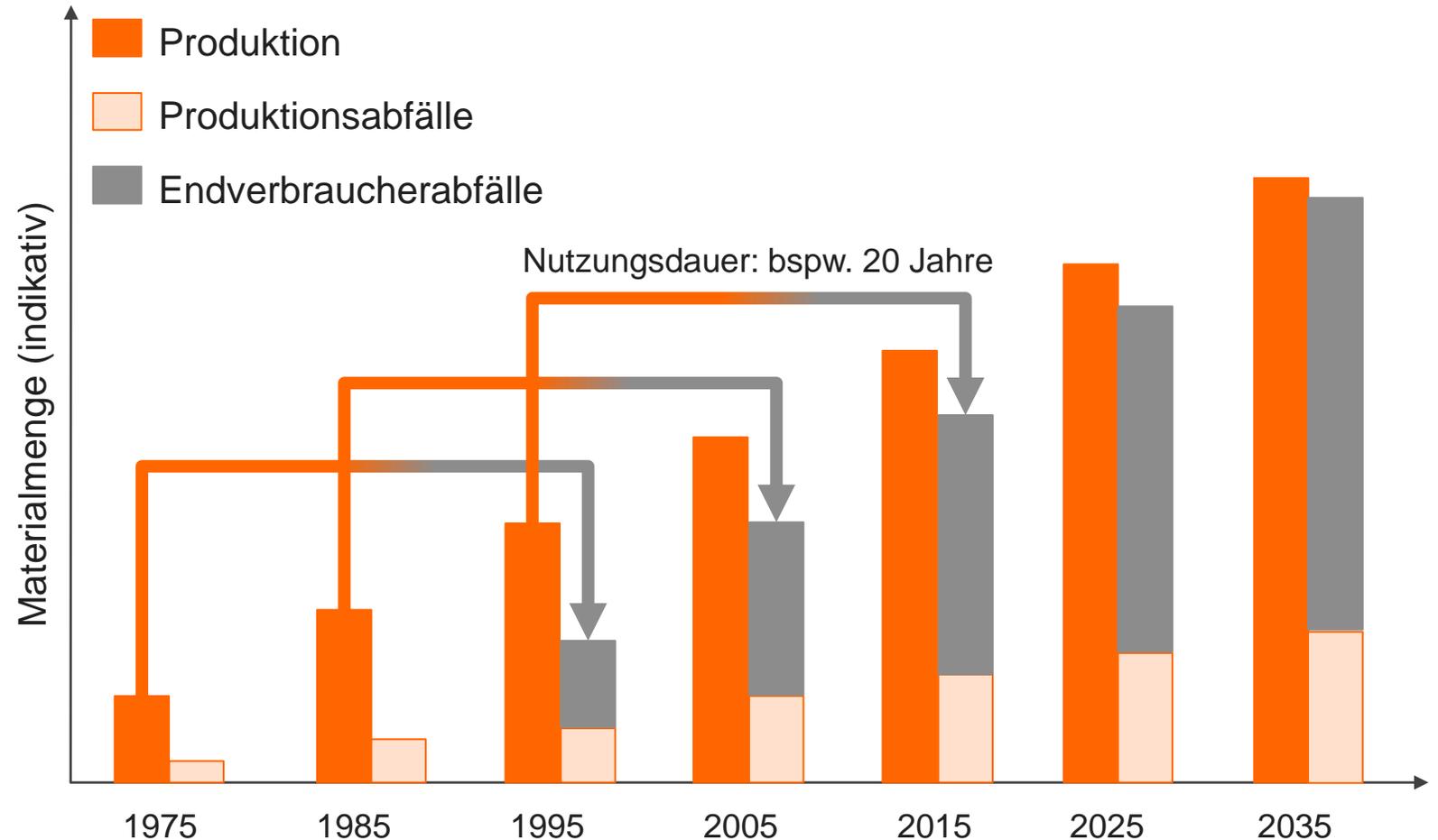


Windenergieanlagen in Deutschland (Stand 31.12.2021 laut MaStR)



Zeitlicher Faktor bei Entstehung der Produktions- und Endverbraucherabfälle in Bezug auf das Produktionsjahr

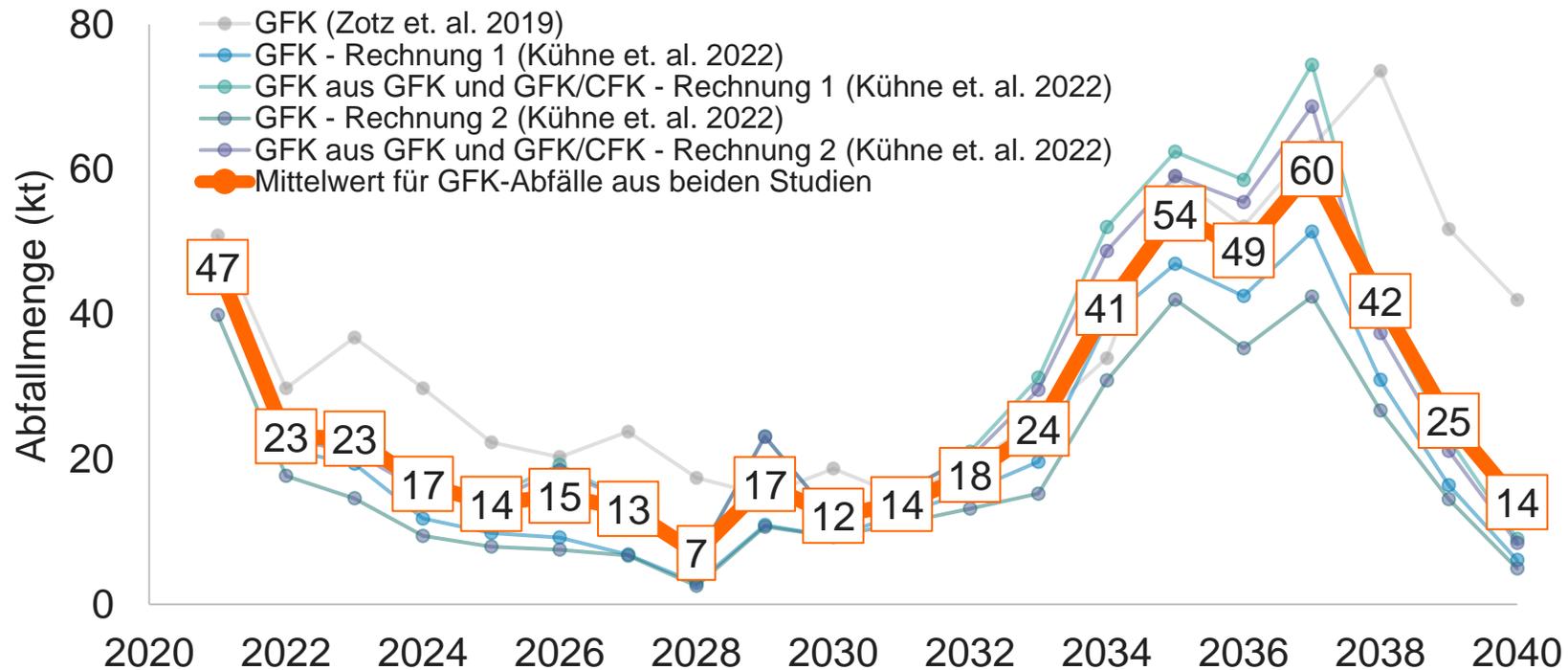
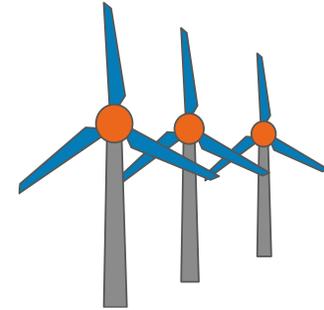
- Die Menge der Produktionsabfälle steigt mit der Zunahme der Produktionsmenge
- Die Menge des Endverbraucherabfalls entsteht nach der Dauer der Nutzungsphase
- Aktueller Fokus von Recyclern liegt auf CFK (Wirtschaftlichkeit)
- Deutlich größere Mengen an GFK-Abfällen sind aber derzeit und kurz-/mittelfristig verfügbar



Nach der Nutzungsphase

End of Life GFK-Abfälle aus Windenergie

- Diverse Studien berücksichtigen unterschiedliche Einflussparameter und führen zu verschiedenen Ergebnissen in Bezug auf die zu erwartenden Verbundabfallmengen
 - Einflussnehmende Parameter: Anzahl der WEA, jeweiliger GFK- und CFK-Anteil, Modell, usw.

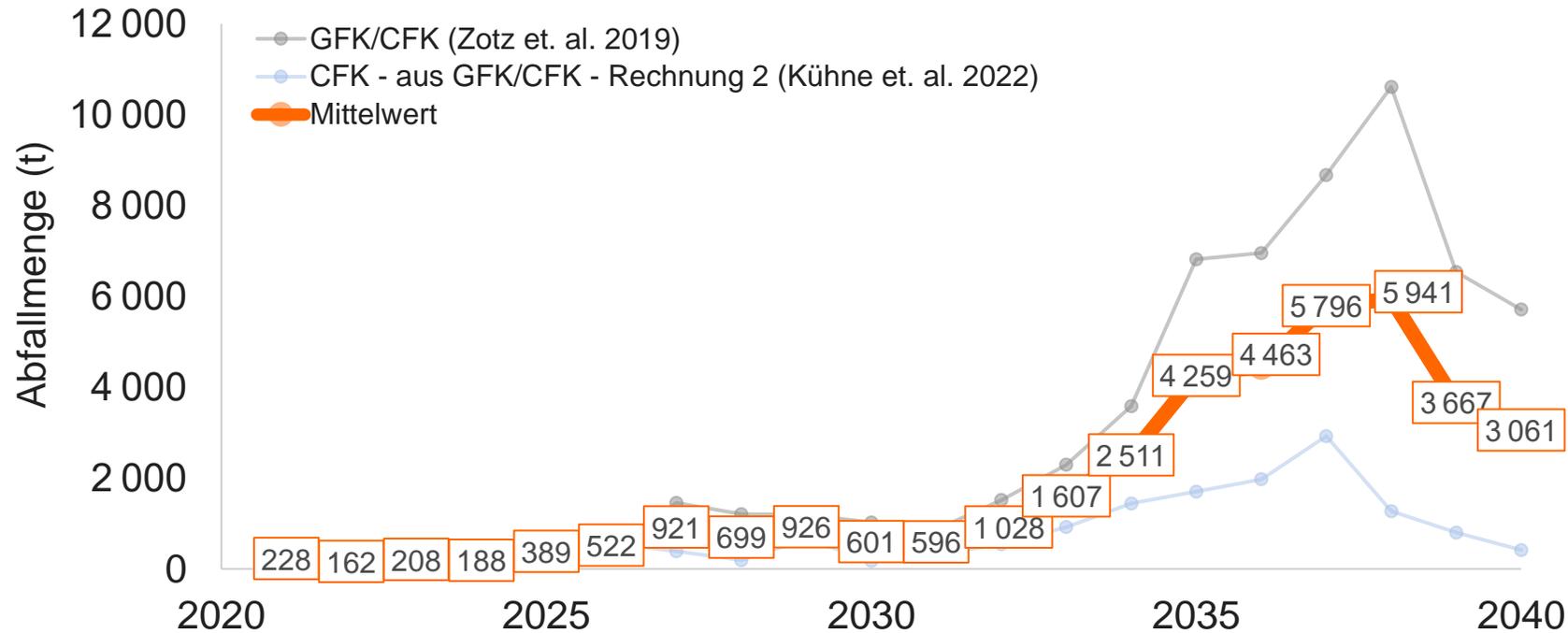
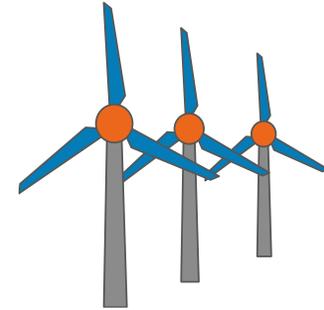


Zotz, F.; Kling, M.; Langner, F.; Hohrath, P.; Born, H.; Feil, A. (2019): Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen für einen ressourcensichernden Rückbau von Windenergieanlagen. TEXTE | 117/2019: UBA - Umweltbundesamt.
 Kühne, C.; Stapf, D.; Holz, P.; Baumann, W.; Mülhopt, S.; Wexler, M. et al.: Entwicklung von Rückbau- und Recyclingstandards für Rotorblätter. Aufbereitung von Rotorblättern. Texte | 92/2022. Dessau-Roßlau: UBA - Umweltbundesamt.
 Weitere Informationen: H.-J. Endres, M. Shamsuyeva (2023): Composites-Recycling Studie, AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V., Frankfurt am Main, ISBN: 978-3-00074-217-0

Nach der Nutzungsphase

End of Life CFK-Abfälle aus Windenergie

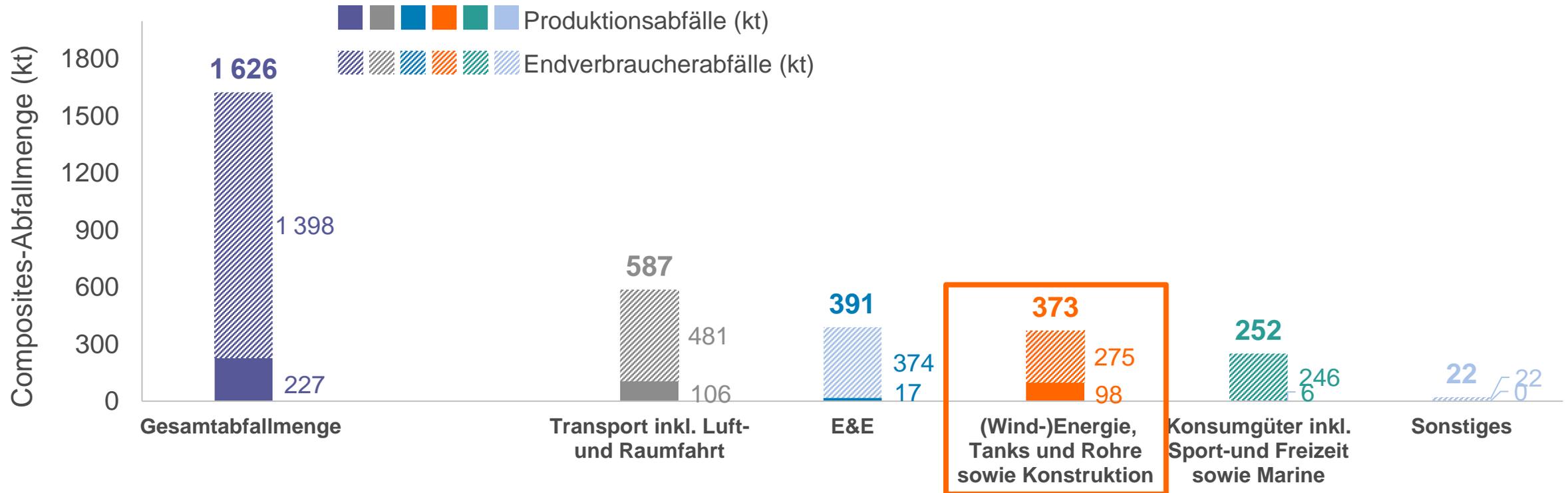
- Ähnlich wie bei GFK gibt es verschiedene Einschätzungen bzgl. der erwarteten Menge von CFK-Abfällen aus dem Windenergiebereich
 - Einflussnehmende Parameter: Anzahl der WEA mit und der entsprechende CFK-Anteil, Modell, usw.

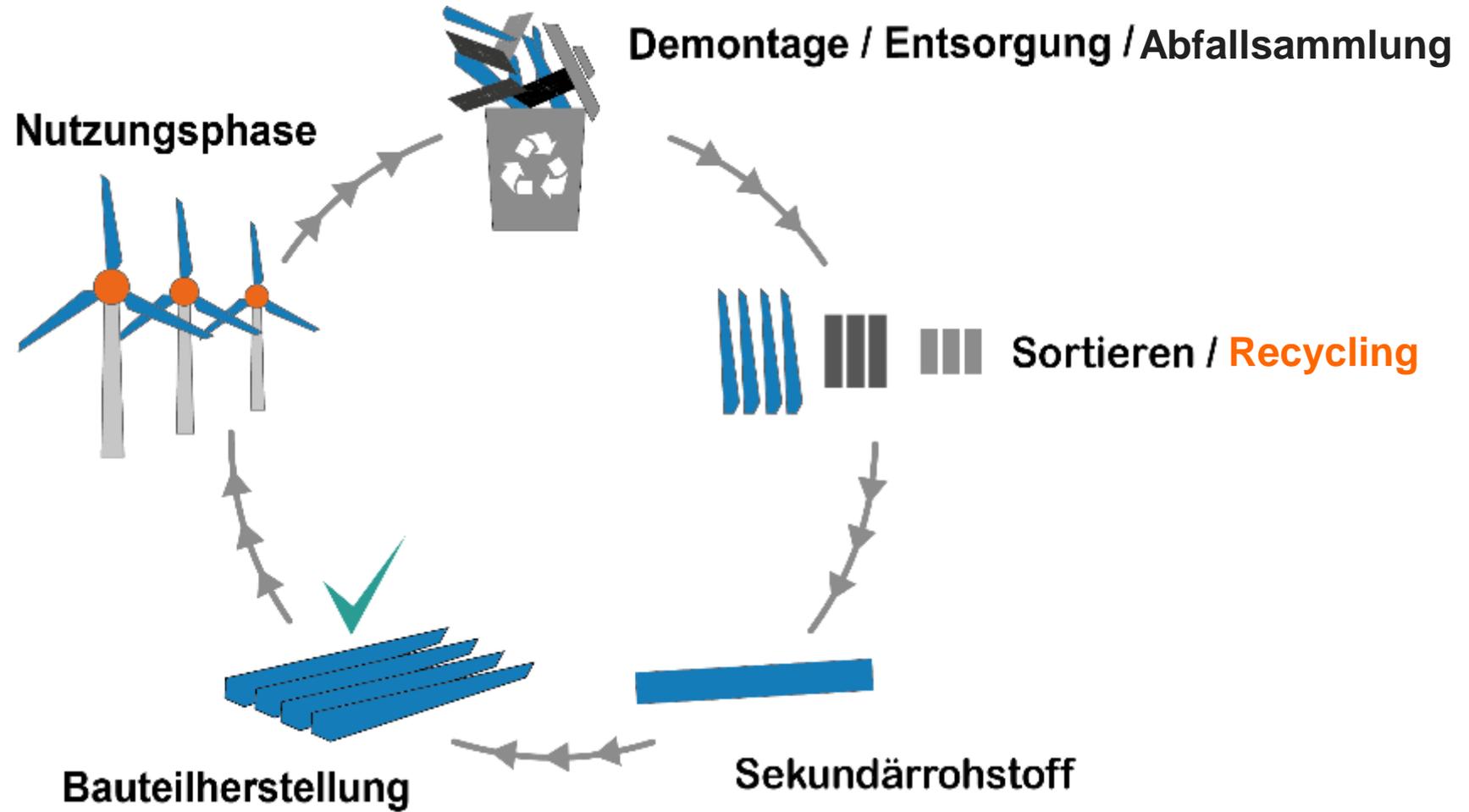


Zotz, F.; Kling, M.; Langner, F.; Hohrath, P.; Born, H.; Feil, A. (2019): Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen für einen ressourcensichernden Rückbau von Windenergieanlagen. TEXTE | 117/2019: UBA - Umweltbundesamt.
 Kühne, C.; Stapf, D.; Holz, P.; Baumann, W.; Mülhopt, S.; Wexler, M. et al.: Entwicklung von Rückbau- und Recyclingstandards für Rotorblätter. Aufbereitung von Rotorblättern. Texte | 92/2022. Dessau-Roßlau: UBA - Umweltbundesamt.
 Weitere Informationen: H.-J. Endres, M. Shamsuyeva (2023): Composites-Recycling Studie, AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V., Frankfurt am Main, ISBN: 978-3-00074-217-0

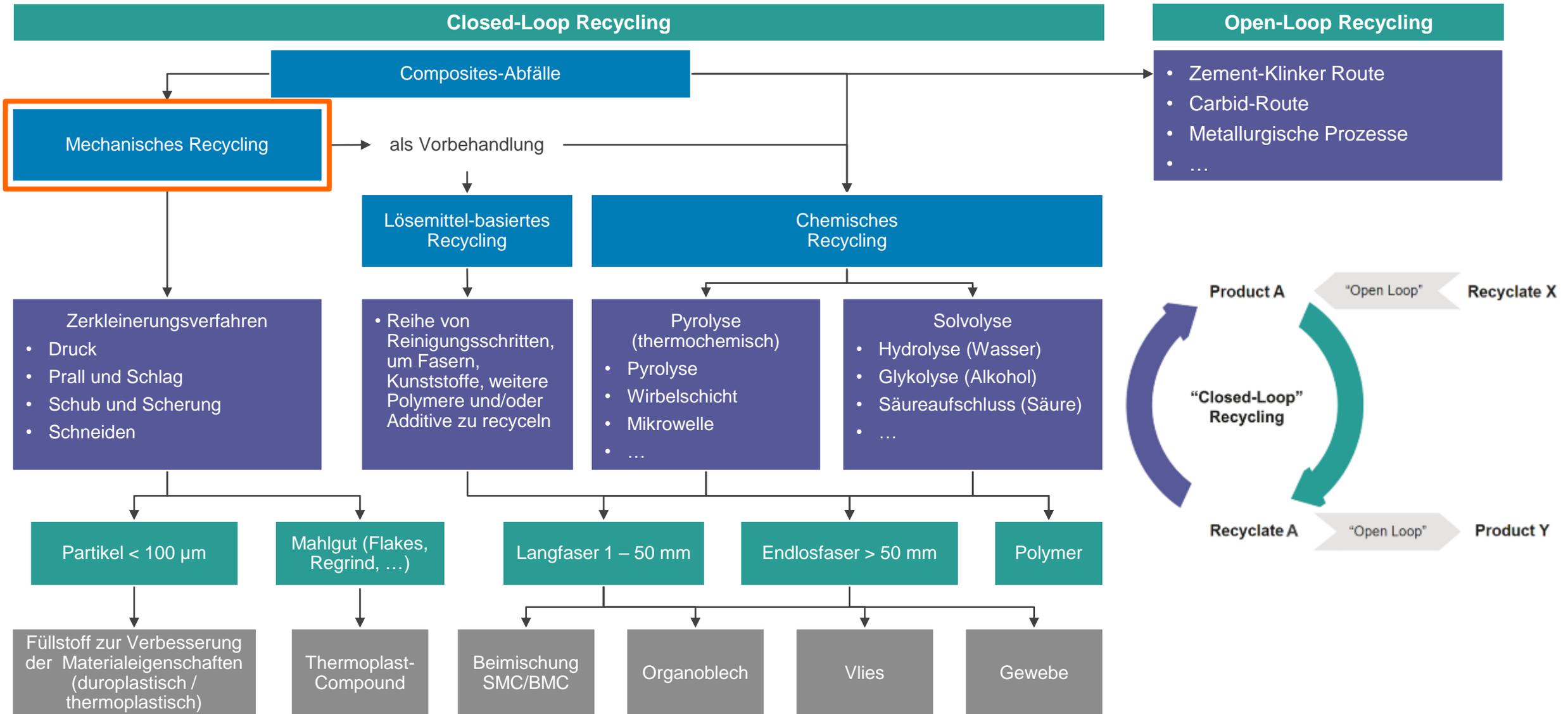
Gesamtabfälle (Post-industrial und Post-consumer) für GFK und CFK in der EU (2025)

- Die geschätzte Menge an Composites-Endverbraucherabfällen ist deutlich höher als die geschätzte Menge an Produktionsabfällen
- Eine separate Abfallerfassung von Composites-Abfällen findet aktuell nicht statt





Recyclingtechnologien für GFK- und CFK-Abfälle



H.-J. Endres, M. Shamsuyeva (2023): Composites-Recycling Studie, AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V., Frankfurt am Main, ISBN: 978-3-00074-217-0

Januar 2023

Die Inhaltsangabe der Studie



Die englische Version erscheint Anfang 2024



IKK

IKK -
Institut für Kunststoff-
und Kreislauftechnik

AK

AVK -
Industrievereinigung
Verstärkte Kunststoffe
e. V.

IKK

Institut für Kunststoff-
und Kreislauftechnik

Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres

**ReKon - Recycling-Konzepte für ein hochwertiges mechanisches
Recycling bisher nicht recycelbarer Abfallströme
technischer Kunststoffbauteile aus den Bereichen
Mobilität, Energie, Elektro(nik)-und Gesundheit/Pharma**



Gefördert durch:



**Niedersächsisches Ministerium
für Wissenschaft und Kultur**



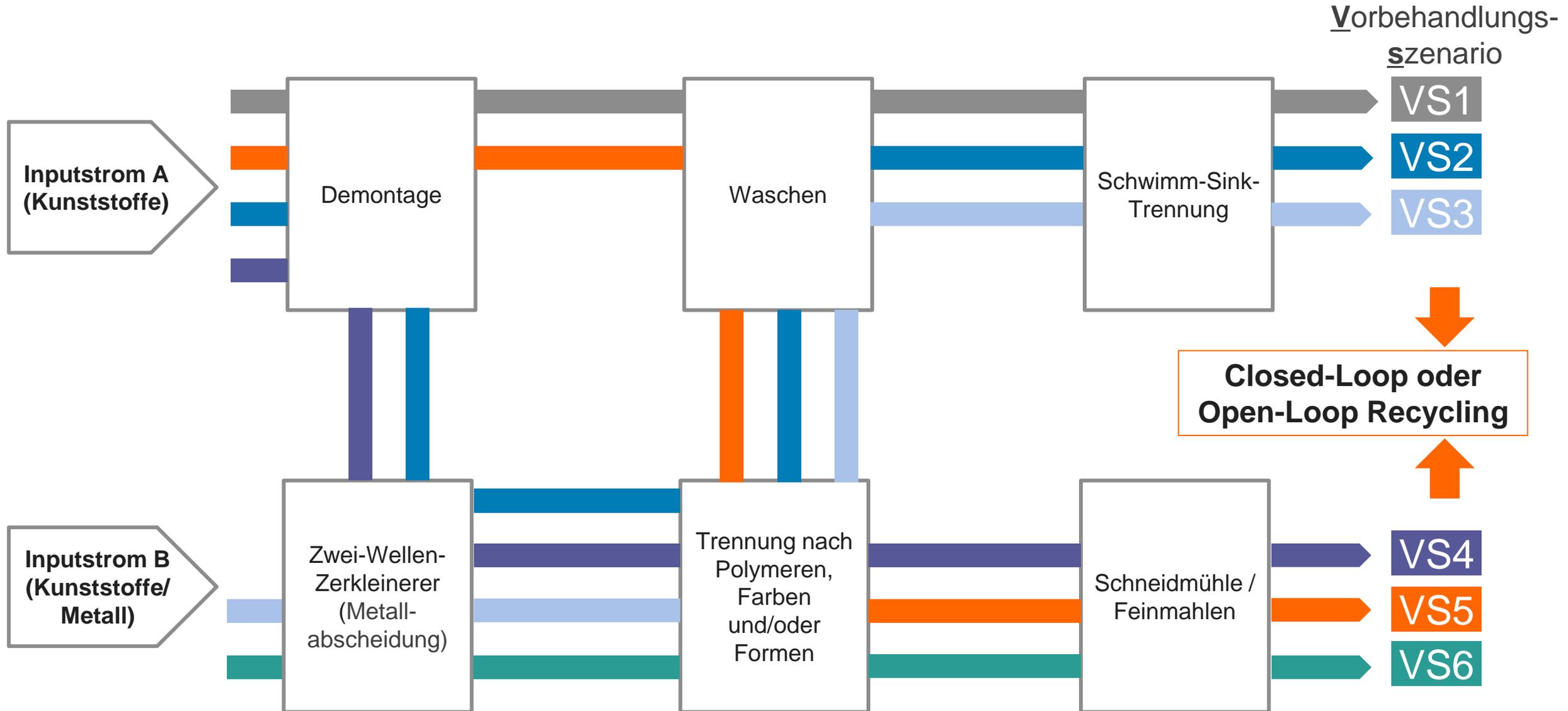
Leibniz
Universität
Hannover



Produktionstechnisches
Zentrum Hannover

- Entwicklung und praktische Erprobung von inputstromspezifischen Vorbehandlungsstrategien für ein hochwertiges mechanisches Recycling
- Fokus: bisher mechanisch nicht recycelbare komplexe Kunststoffabfälle:
 - Faserverbundwerkstoffe (GFK)
 - Shredderleichtfraktion
 - E-Schrott
 - Pharma
- Bewertung der Materialperformance
- Begleitende Ökobilanzierung





- Materialtechnischer Schwerpunkt: GFK
- Aktueller Stand:
 - Begleitung der Demontage, Zerlegung und Abfallaufbereitung
 - Charakterisierung von Inputströmen



Demontage einer Windenergieanlage durch die Firma *Aufwind Demontage und Recycling GmbH*.



Die Zerkleinerung für das mechanische Recycling

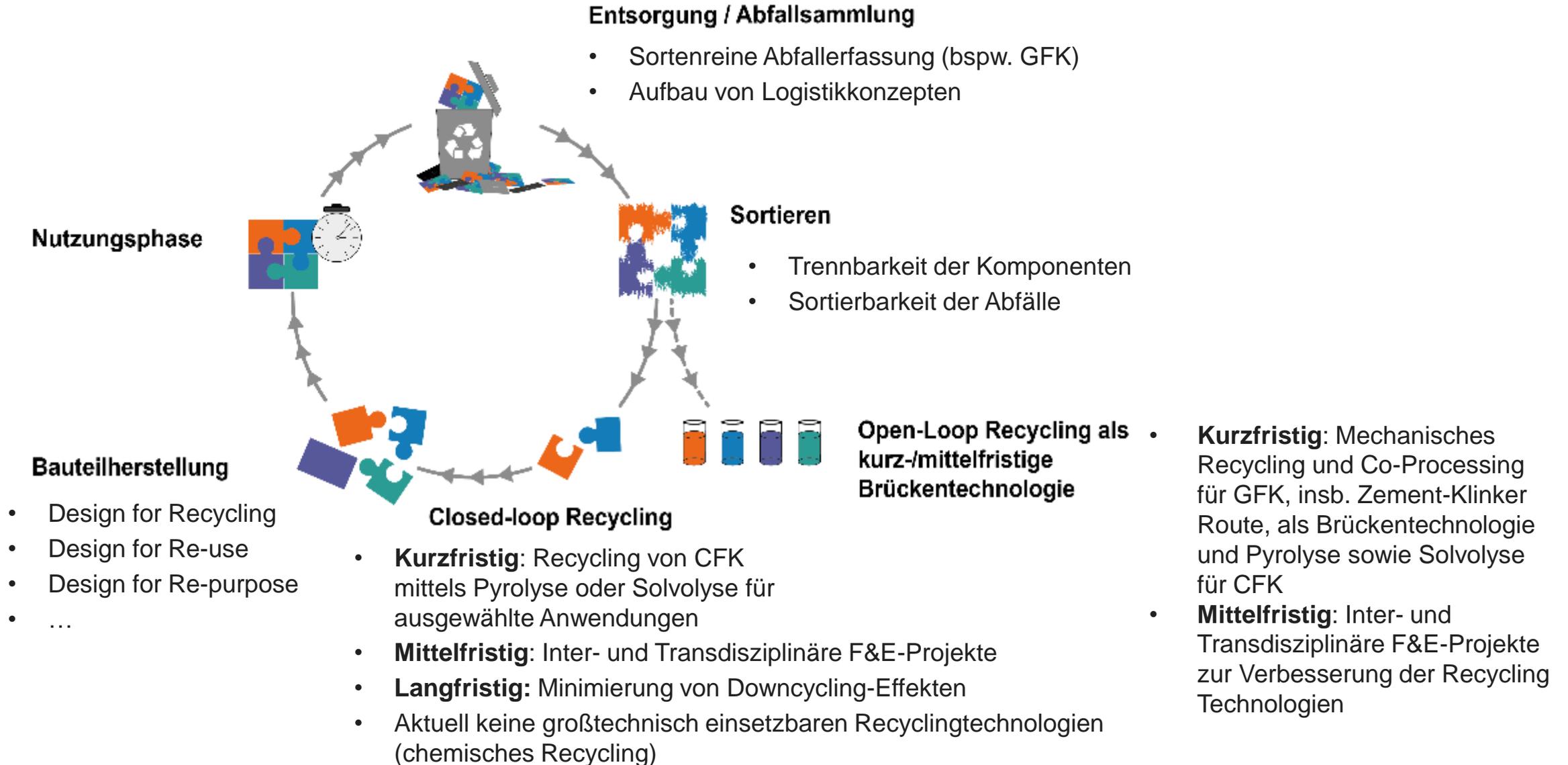


Die Struktur eines Rotorblattes weist eine Vielzahl von Materialien auf

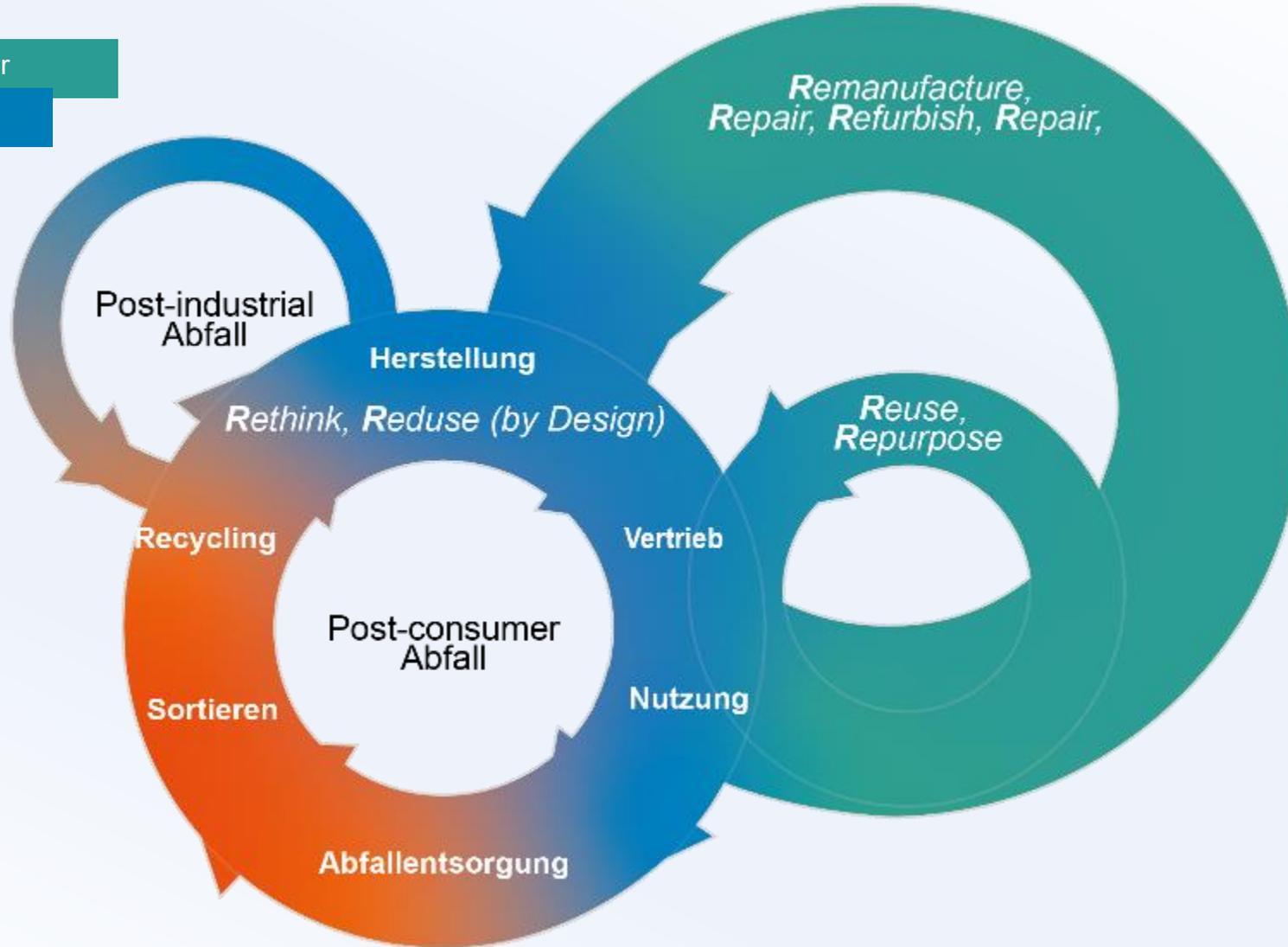
- Vorhandene Dokumentation ist für das Recycling nicht ausreichend
 - Sehr heterogene Zusammensetzung
 - Unterschiedliche Hersteller / Modelle
- Hohe Materialvariation innerhalb eines Rotorblatts (konstruktionstechnisch)
- Weitere und aktuelle Informationen auf der Projektseite verfügbar: <https://rekon-recycling.de/>

- Vorhandene Dokumentation ist für das Recycling nicht ausreichend
- Sehr heterogene Zusammensetzung
 - Unterschiedliche Hersteller / Modelle
 - Hohe Materialvariation innerhalb eines Rotorblatts (konstruktionstechnisch)

Anforderungen an ein nachhaltiges und effizientes Recycling von Composites



- Verlängerung der Lebensdauer
- Kommunikation
- Technologieentwicklung
- Logistik



Quelle: H.-J. Endres, M. Shamsuyeva (2023): Composites-Recycling Studie, AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V., Frankfurt am Main, ISBN: 978-3-00074-217-0

Vielen Dank!

Institut für Kunststoff- und Kreislauftechnik
Dr. Madina Shamsuyeva
Leibniz Universität Hannover (LUH)
Fakultät für Maschinenbau
An der Universität 2
D-30823 Garbsen

Tel.: +49 511 762 18345
Mobil: +49 177 611 9732
shamsuyeva@ikk.uni-hannover.de

www.ikk.uni-hannover.de

