

Umgang mit der Vielfalt der Kunststoffrezyklate in einer Kreislaufwirtschaft – Vorteile und Herausforderungen entlang der Wertschöpfungsketten

25. April 2022, Wien

Madina Shamsuyeva, Prof. Hans-Josef Endres



Zahlen und Fakten

Gegründet

- 1831
- T9 Universität

■ Degree Courses

- 85 Studiengänge
- 9 Fakultäten
- 150 Institute und Seminare

■ Studierende WiSe 2021/22

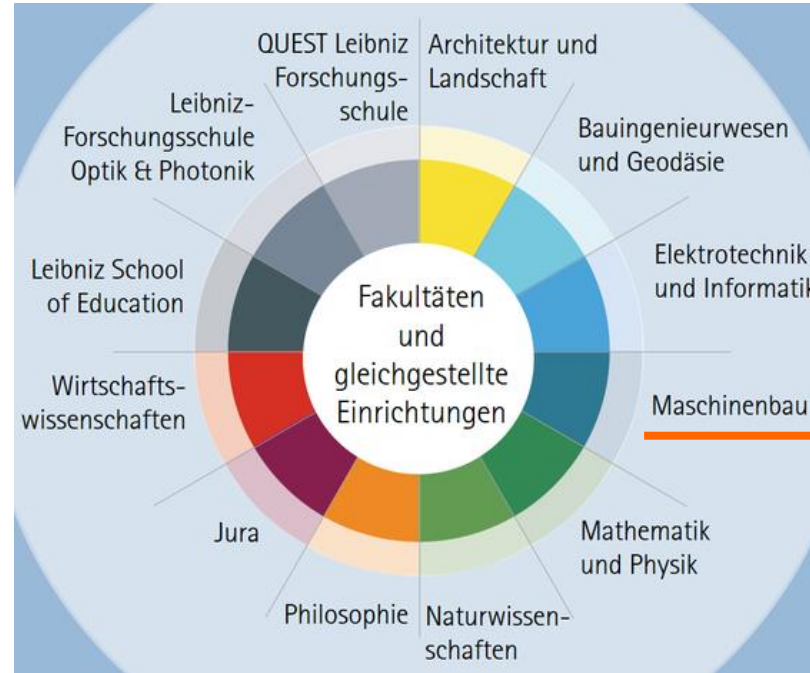
- 28.819

■ Beschäftigte

- 5.203
 - 357 Professor/innen
 - 3.004 WiMi
 - 1.842 MTV

■ Finanzvolumen

- 553,6 Mio. €



Leibniz Universität Hannover



Campus Maschinenbau Garbsen



Hauptgebäude der Leibniz Universität Hannover



© KraussMaffei Extrusion / IKK

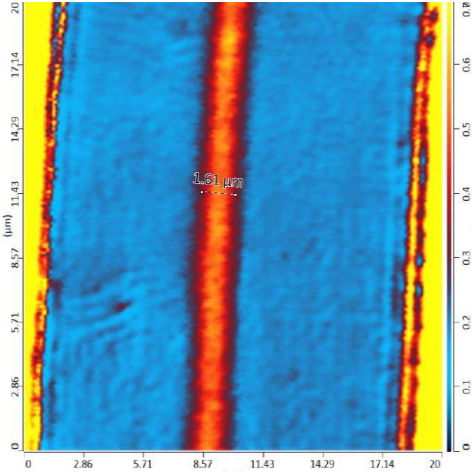


Color batch for thermoplastics

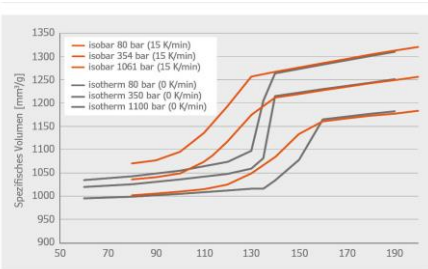
©www.pes-tec.com/



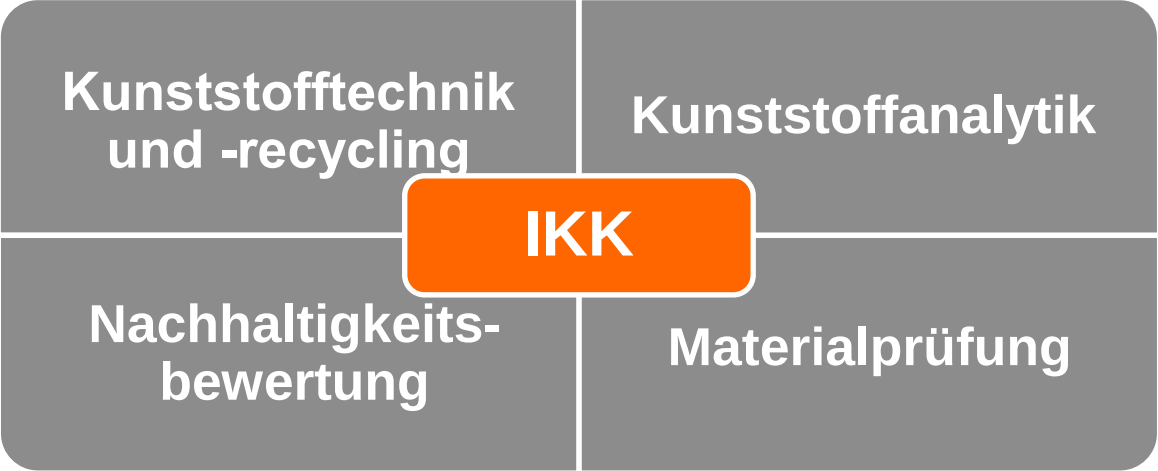
© Bruker Optik GmbH



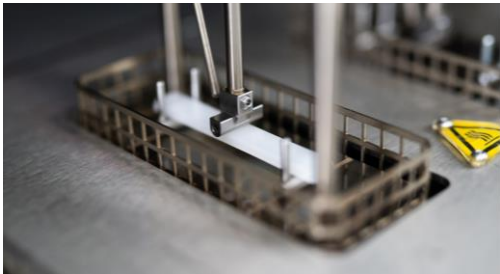
© IKK / Photothermal



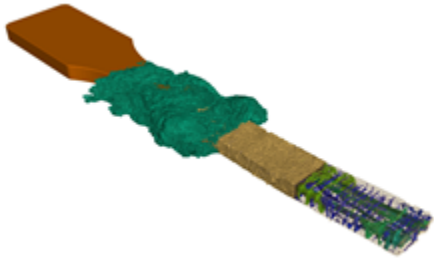
© Göttfert



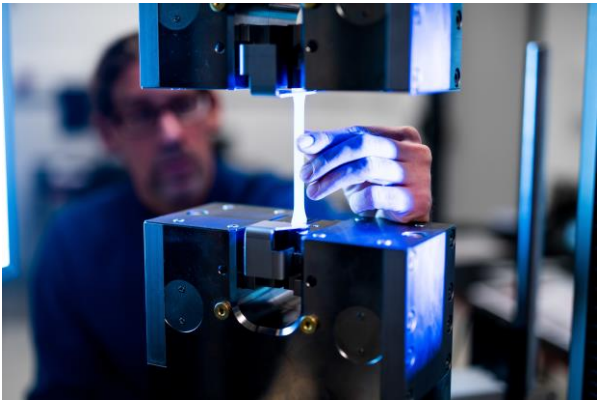
© pixabay.com



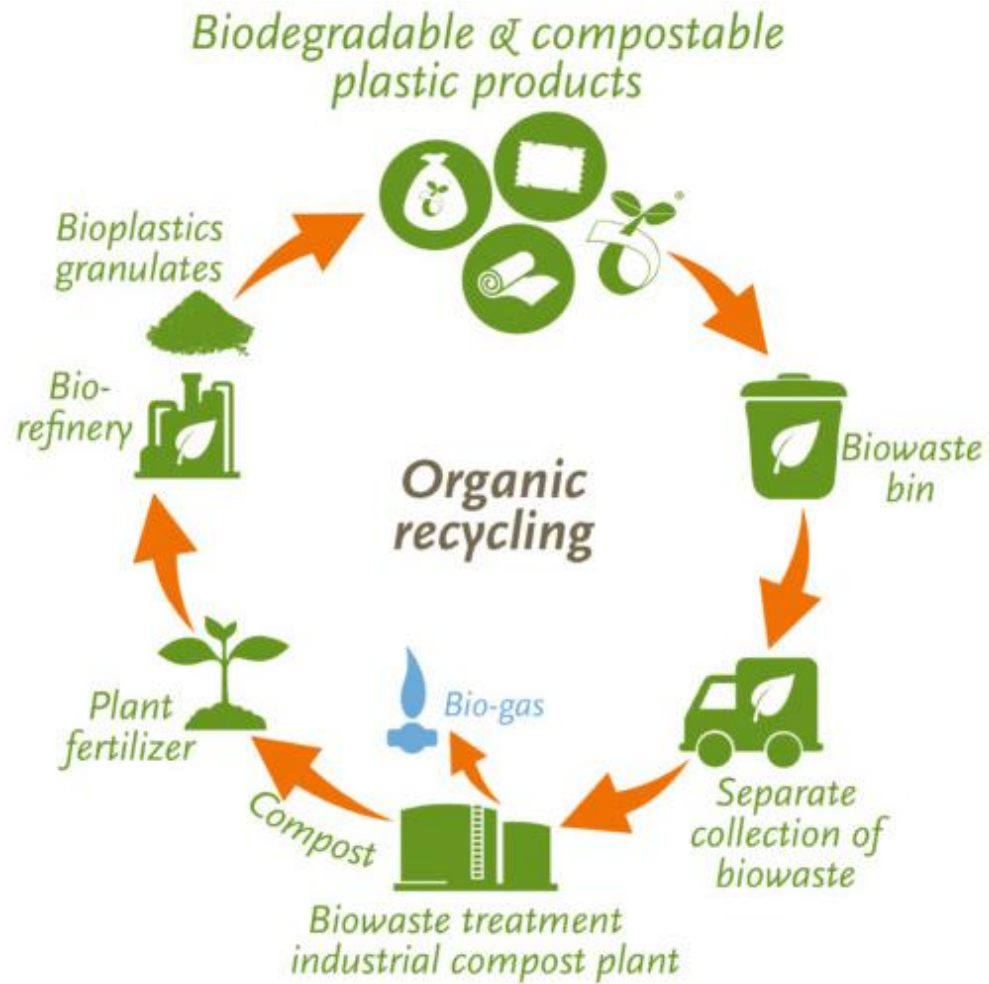
© Nico Niemeyer



© Florian Bittner



© Nico Niemeyer



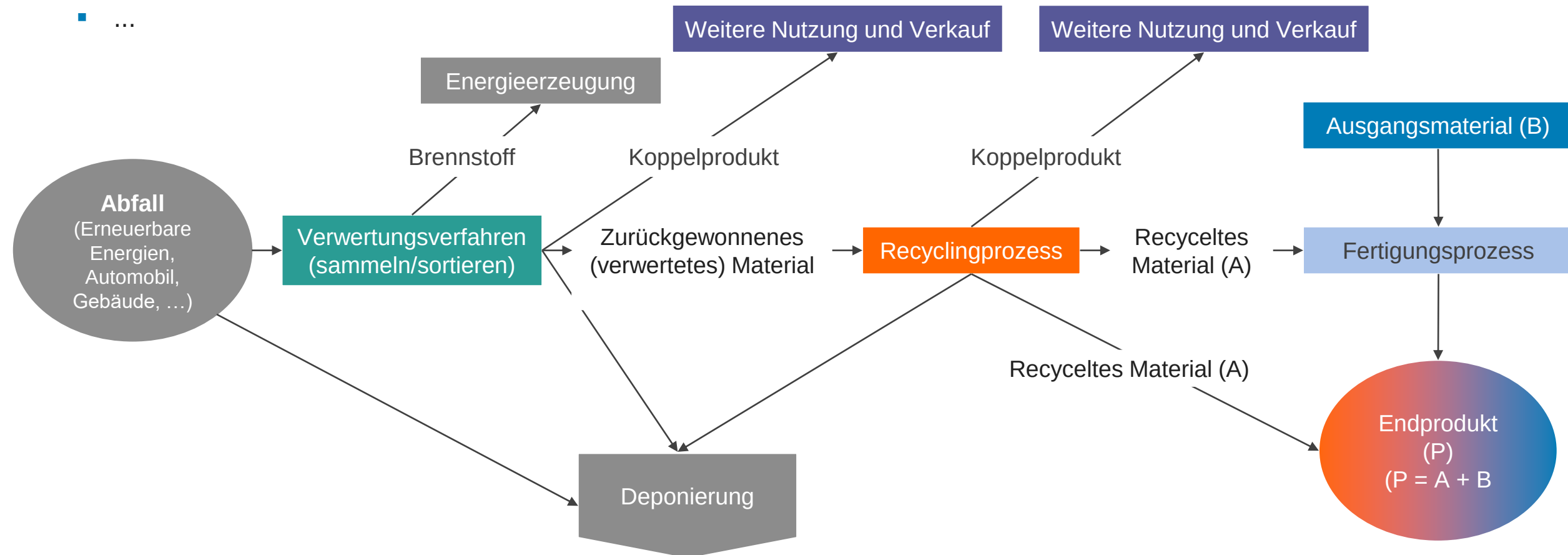
© European Bioplastics, modified

Recyclingsystem

Vereinfachte schematische Darstellung

- Definition von Rezyklat in Bezug auf

- Abfallart
- Recycling-Verfahren
- Inhalt
- ...

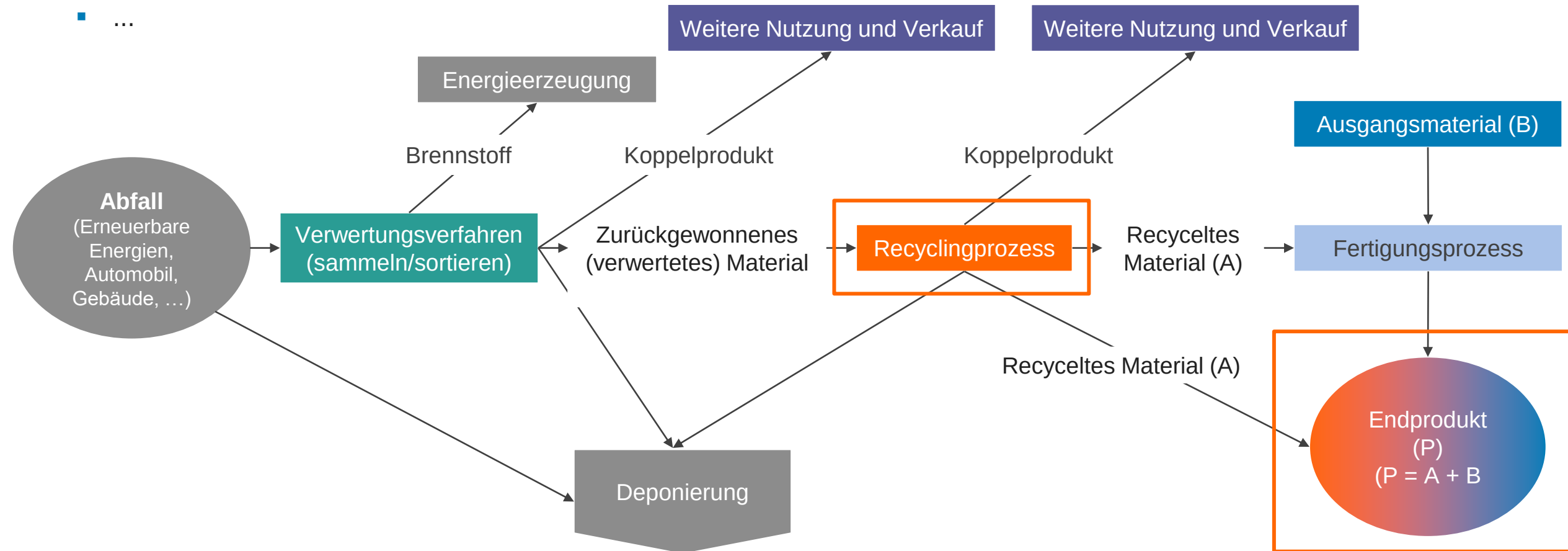


ISO 14021:2016 - Environmental labels and declarations – Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling)

Recyclingsystem

Vereinfachte schematische Darstellung

- Definition von Rezyklat in Bezug auf
 - Abfallart
 - Recycling-Verfahren
 - Inhalt
 - ...



ISO 14021:2016 - Environmental labels and declarations – Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling)

Exemplarischer Normauszug Charakterisierung von Polypropylen (PP)- Rezyklaten DIN EN 15345

Eigenschaft	Einheit	Prüfverfahren	Bemerkung
Gefordert			
Farbe		Sichtprüfung	
Dichte	kg/m ³	EN ISO 1183-1, Verfahren A	
Schlagfestigkeit	kJ/m ²	EN ISO 179-1, EN ISO 179-2 oder EN ISO 180	
Schmelze-Massefließrate (MFR)	g/10 min	EN ISO 1133, Bedingung M	
Form		Sichtprüfung ^a	
Freigestellt			
Aschegehalt	%	EN ISO 3451-1	
Schüttdichte	kg/m ³	Siehe Anhang A	
Fremdpolymere	%	Thermische Analyse/ Infrarotanalyse	
Biegeeigenschaften	MPa	EN ISO 178	
Filtrationsgrad	µm	Maschenweite	Informationen zur Maschenweite sind bereitzustellen.
Rezyklatgehalt	%	EN 15343	
Streckspannung	MPa	EN ISO 527-1 EN ISO 527-2	
Bruchdehnung	%	EN ISO 527-1 EN ISO 527-2	
Gehalt an flüchtigen Bestandteilen	%	EN 12099 ^b oder eine andere	
^a Zum Beispiel gemahlen, mikronisiert, Granulat, Flocken.			
^b Obwohl der Anwendungsbereich von EN 12099 begrenzt ist, wird sie als relevant angesehen.			

Allgemeine Information

- Es gibt keine Vorschriften über den Mindestrezyklatgehalt in Kunststoffmischungen
 - Kunststoffmischungen, die aus Neuware und recyceltem Kunststoff bestehen, können auch als Rezyklat bezeichnet werden
 - Es gibt keine Vorschriften für das Recyclingverfahren, bspw.
 - Mechanisches Recycling vs. chemisches Recycling

Informationslücken in polymerspezifischen Normen für die Charakterisierung von Kunststoffrezyklaten

- Rezyklatgehalt
- Andere Polymere, Zusatzstoffe
- Füllstoffe
- Recyclingverfahren
 - Unterschiedliche Recyclingprozesse führen zu unterschiedlichen Ausgangsmaterialien
 - Chemisches Recycling → Konformitätserklärung bzw. Massenbilanzansatz
 - Rückverfolgbarkeit ist komplex
- ...

Rezyklat

Definition in Bezug auf den Inhalt - Polymerspezifische Normen

- Legende: M – mandatory (gefordert), O - optional

Eigenschaft	Prüfverfahren	DIN EN 15342 PS	DIN EN15344 PE	DIN EN 15345 PP	DIN EN 15346 PVC	DIN 15348 PET
Ursprüngliche Verwendung	Vom Lieferant anzugeben	O				
Form	Sichtprüfung	M	M	M	M	M
Rezyklatgehalt	EN 15343			O		
Farbe	Sichtprüfung	M	M	M	M	M: Sichtprüfung O: EN ISO 11664-4
Teilchengröße	ISO 22498	M: Verfahren entsprechend der Teilchenart und dem Korngrößenbereich	M			
Korngrößenverteilung	Normspezifisches Verfahren				M: Anhang D und E	M: max. Korngröße
Schüttdichte	Normspezifisches Verfahren	O: Anhang A	M: Anhang: B	O: Anhang A	M: Anhang B	
Dichte	EN ISO 1183	O: EN ISO 1183-1 oder Verfahren A	O	M: EN ISO 1183-1 oder Verfahren A	O: EN ISO 1183-1 oder Verfahren A	
Feinkornanteil	Normspezifisches Verfahren					M: Anhang A
Filtrationsgrad	Mischversuche	O	O	O		
Filtrierbarkeit	Normspezifisches Verfahren					O: Anhang E
Schmelze-Massenzufuhr	EN ISO 1133	M: EN ISO 1133, Bedingung H	M	M: EN ISO 1133, Bedingung M		O: ISO 1183-2
Grenzviskosität (IV)	ISO 1628-5					O
Trichterfließrate	EN ISO 6186				O	
Viskositätszahl	EN ISO 3006	M: EN ISO 3006, Verfahren A			O: EN ISO 3006, Verfahren B50	
Wärmebeständigkeit	ISO 182-1 EN ISO 182-2 - 3 - 4 EN ISO 179-1 - 2				O	
Schlagfestigkeit	EN ISO 180	M	O	M		
Streckspannung	EN ISO 527-1 oder -2	O	O	O	O	
Burchdehnung	EN ISO 527-1 oder -2	O	O	O	O	
Bruchverschiebung	EN ISO 178	O	O	O		
Härte	ISO 1585				M (bei PVC-P)	
Vorhandensein von Fremdpolymeren	FT-IR oder DSC		M (Vorhandensein von PP und Fremdpolymeren)	O		
Vorhandensein modifizierter Additive	Vom Lieferant anzugeben	O				
Flammverhalten	Normspezifisches Verfahren		O: Verfahren A, B, C oder D		M: Anhang C	
Gehalt an flüchtigen Bestandteilen	Normspezifisches Verfahren	O: Massenspektrometrie bei 200 °C		O: EN 12099 oder eine andere	O: EN ISO 12099	
Restflüchtige Wassergehalt	EN 12099	O	O			M: Anhang B oder EN ISO 15512
Aschegehalt	EN ISO 2455	O	O	O	M: EN ISO 2455, andere Verfahren A	
PVC-Gehalt	Normspezifisches Verfahren					M: Anhang C
Fluoridgehalt	Normspezifisches Verfahren					M: Anhang C
Sonstiger Residgehalt	Normspezifisches Verfahren					M: Anhang C
Alkalität	Normspezifisches Verfahren					O: Analyse anhand eines geeigneten Verfahrens: FT-IR, DSC, XRF
Verarbeitungsbarkeit von PVC-Rezyklaten – durch Kalendern / durch Extrudieren	Normspezifisches Verfahren				O: Anhang F / Anhang G	M: Anhang D

(for more info s. H.-J. Endres, M. Shamsuyeva (2020): Kreislaufwirtschaft braucht bessere Standards - Standards und Qualität von Kunststoff-Rezyklaten - eine Bestandsaufnahme, Plastverarbeiter 6)

DIN SPEC 91446 „Classification of recycled plastics by Data Quality Levels for use and (digital) trading”

Waste characterisation

Classification of recycled plastics by DQL

Product data sheet and label



©pixabay

	Data Quality Levels			
	1	2	3	4
Information	3	11	12	14
Property	0	3	5	10
Optional characteristics	22			



©pixabay

Company Logo

A1

Material according to DIN SPEC 91446:2021-12

B1

DQL 1

DQL 2

DQL 3

DQL 4

B2

A

B

Product Name: Recyclate Destination 2030 nat

C1

Color:

C2

C

HDPE

D1

R30

D2

Condition: Regrind / Regranulate / Recompound

D3

D

-50%

E1

Recyclate: 841 kg CO₂e
Virgin: 1808 kg CO₂e

E2

PCR

MC

ES 15

SC

ES 5

PIR

10

E3

E6

E

F

DIN SPEC 91446 – Data Quality Levels for Recyclates

Information	Example	DQL 1	DQL 2	DQL 3	DQL 4
Material type	PE, PP, PET, ...	X	X	X	X
Recycled content according to Clause 6	X %	X	X	X	X
Packaging	Octabins, bagged goods, bale goods, silo	X	X	X	X
Filler content	Mineral X %, glass fibres X %		X	X	X
Color (without measurement)	Black, natural, white		X	X	X
Recycling method	Information about a mechanical recycling process, solvent-based process, etc.		X	X	X
Condition	Agglomerate, flake, regrind, regenerate, regranulate		X	X	X
Lot number	Given on the packaging or certificate of analysis		X	X	X
Certificate of analysis	DIN EN 10204, 3.1		X	X	X
Source	Post-consumer, post-industrial		X	X	X
Content of other plastics	Data from the sorting process, FTIR, DSC (DIN EN ISO 11357-1, DIN EN ISO 11357-2, DIN EN ISO 11357-3)			X	X
Trade name of the compound or product	(not necessarily a registered trade mark)			X	X
DIN EN ISO 9001 certification of the supplier	or other standards, that include DIN EN ISO 9001				X
Original use of the material	bottles or trays, blow molding or injection molding, description of waste, mixed waste				X

Property	Examples for standards	DQL 1	DQL 2	DQL 3	DQL 4
Viscosity (MVR/MFR, IV, VN)	DIN EN ISO 1133 series, DIN EN ISO 307, (DIN EN) ISO 1628 series		X	X	X
Ash content	(DIN EN) ISO 3451 series, DIN EN ISO 1172		X	X	X
Residual humidity	DIN EN ISO 15512, DIN EN 13267, calibrated IR scale		X	X	X
Density	DIN EN ISO 1183 series			X	X
Bulk density	DIN EN ISO 60			X	X
Heat deflection temperature or Vicat softening temperature	DIN EN ISO 75 series, DIN EN ISO 306				X
Particle size distribution	DIN 53477 or average grain size and shape of the granulate				X
Material identification (FTIR or DSC)	IR (data base comparison), DSC (DIN EN ISO 11357-1, DIN EN ISO 11357-2, DIN EN ISO 11357-3)				X

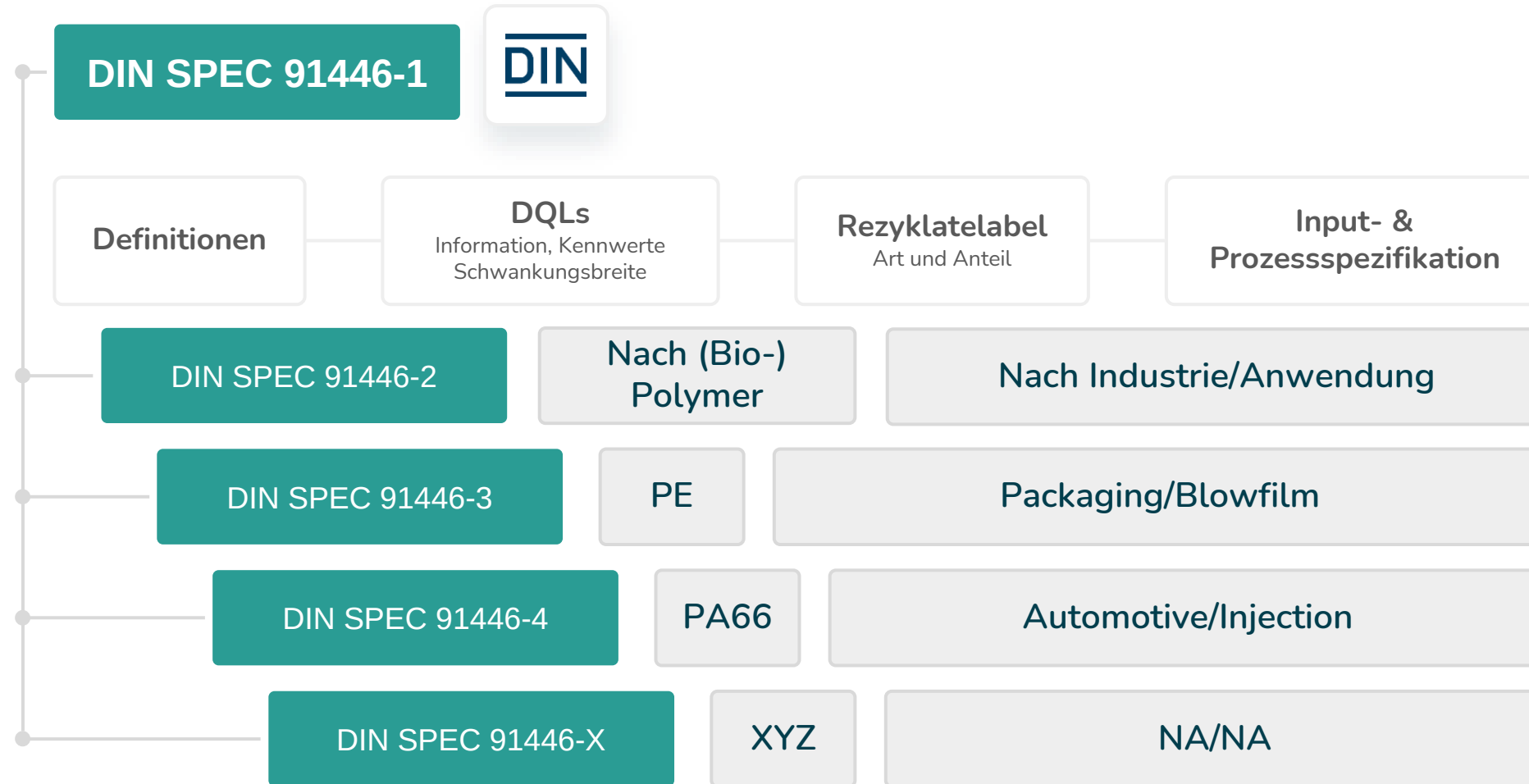
... + different optional characteristics

... + different optional characteristics

Optional characteristic	Example (standards)	Property	Information
Hardness	DIN EN ISO 868, DIN ISO 48-4, DIN EN ISO 2039-1, DIN EN ISO 2039-2	X	
Color (measurement)	DIN EN ISO 3668, DIN 53236	X	
Tensile properties	DIN EN ISO 527-1, DIN EN ISO 527-2	X	
Bending properties	DIN EN ISO 178	X	
(notched) impact resistance	DIN EN ISO 179-1, DIN EN ISO 180	X	
Flammability	UL 94, DIN 75200	X	
Odor or emission measurements	VDA 270, VDA 277, VDA 278	X	
Chemical resistance	DIN EN ISO 22088 series	X	
Shear curve	ISO 11443	X	
Content of contaminants in the plastic waste feedstock for recycling	Information from the specification of plastic waste as feedstock for recycling		X
Melt filtration	Mesh size, kind of filter		X
Details of the washing process of the recycling process	Cold/hot wash		X

Optional characteristic	Example (standards)	Property	Information
Further details about the recycling process	drying, density separation, dedusting		X
Known additives	Stabilizers, plasticizers, flame retardants		X
Details of the colorant	Influence on the recyclability (e.g. carbon black)		X
Content of contaminants in the compound	Metals, minerals, paper DIN CEN/TS 17627		X
Intended or non-intended use of the material	Intended use: injection moulding, blow film Non-intended use: extrusion		X
Intended market	Food packaging, automotive, IEEE		X
CO ₂ equivalents	DIN EN ISO 14067		X
Recyclability			X
Traceability	Digital code, sorting aid/anorganic and organic tracers		X
Lot size	X tons		X

DIN SPEC 91446 - a frame standard for future recycling standards



- Einheitliche Charakterisierung von (Bio-) Kunststoffrezyklaten ist ein integraler Bestandteil der Kreislaufwirtschaft
 - Zusammensetzung
 - Rohstoff
 - Bereits etablierte und neue Recyclingverfahren
 - ...
- DIN SPEC 91446 bietet eine Basis für eine einheitliche Charakterisierung diverser (Bio-)Kunststoffrezyklate und faserverstärkter (Bio-)Kunststoffe
- Auf Basis der DIN SPEC 91446 können branchen- und werkstoffspezifische Normen entwickelt werden

- **Dr. Madina Shamsuyeva**
 - IKK - Plastics Processing, Recycling and Plastics Analytics
 - E-Mail: shamsuyeva@ikk.uni-hannover.de

- **For more information**
 - M. Shamsuyeva, H.-J. Endres (2021): **Plastics in the context of the circular economy and sustainable plastics recycling: Comprehensive review on research development, standardization and market**, <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2021.100168>

 - H.-J. Endres, M. Shamsuyeva (2020): **Kreislaufwirtschaft braucht bessere Standards - Standards und Qualität von Kunststoff-Rezyklaten - eine Bestandsaufnahme**, Plastverarbeiter 6 https://www.ikk.uni-hannover.de/fileadmin/pzh-ikk/Dokumente/PV_2020_06_046_Beitrag_09_Endres.pdf

 - H.-J. Endres (2020): **Chemical vs. mechanical Recycling**, Polyproblem-Report 2

- IKK: <https://www.ikk.uni-hannover.de/de/>