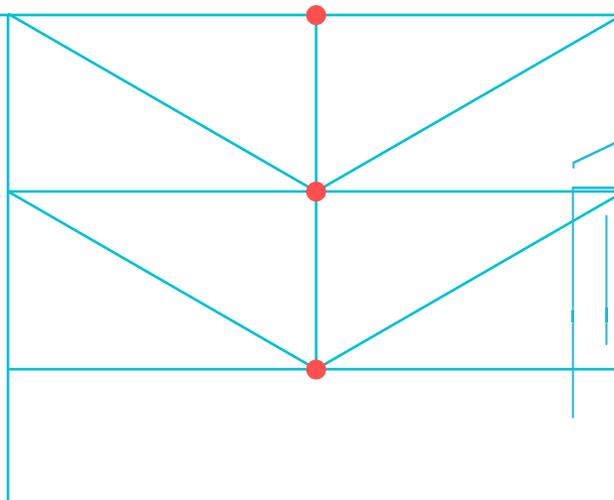


# Identifikationsverfahren für Post-Consumer- Leichtverpackungen

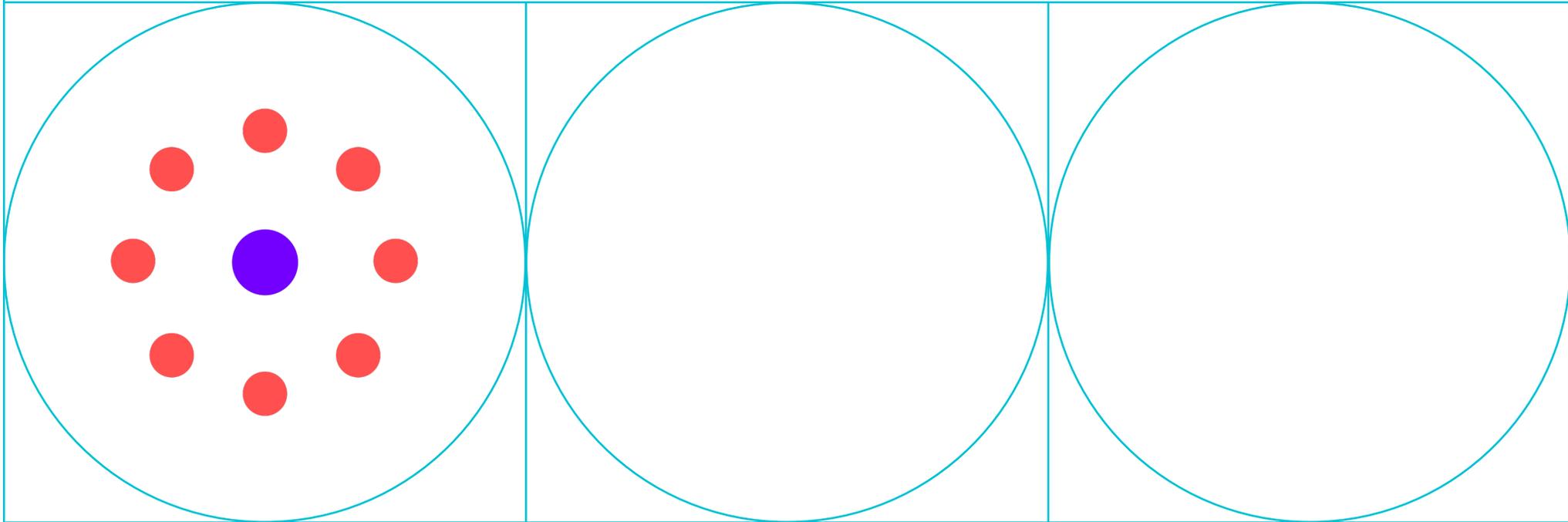
**TUHH**  
Technische  
Universität  
Hamburg



Dr.-Ing. Ayah Alassali



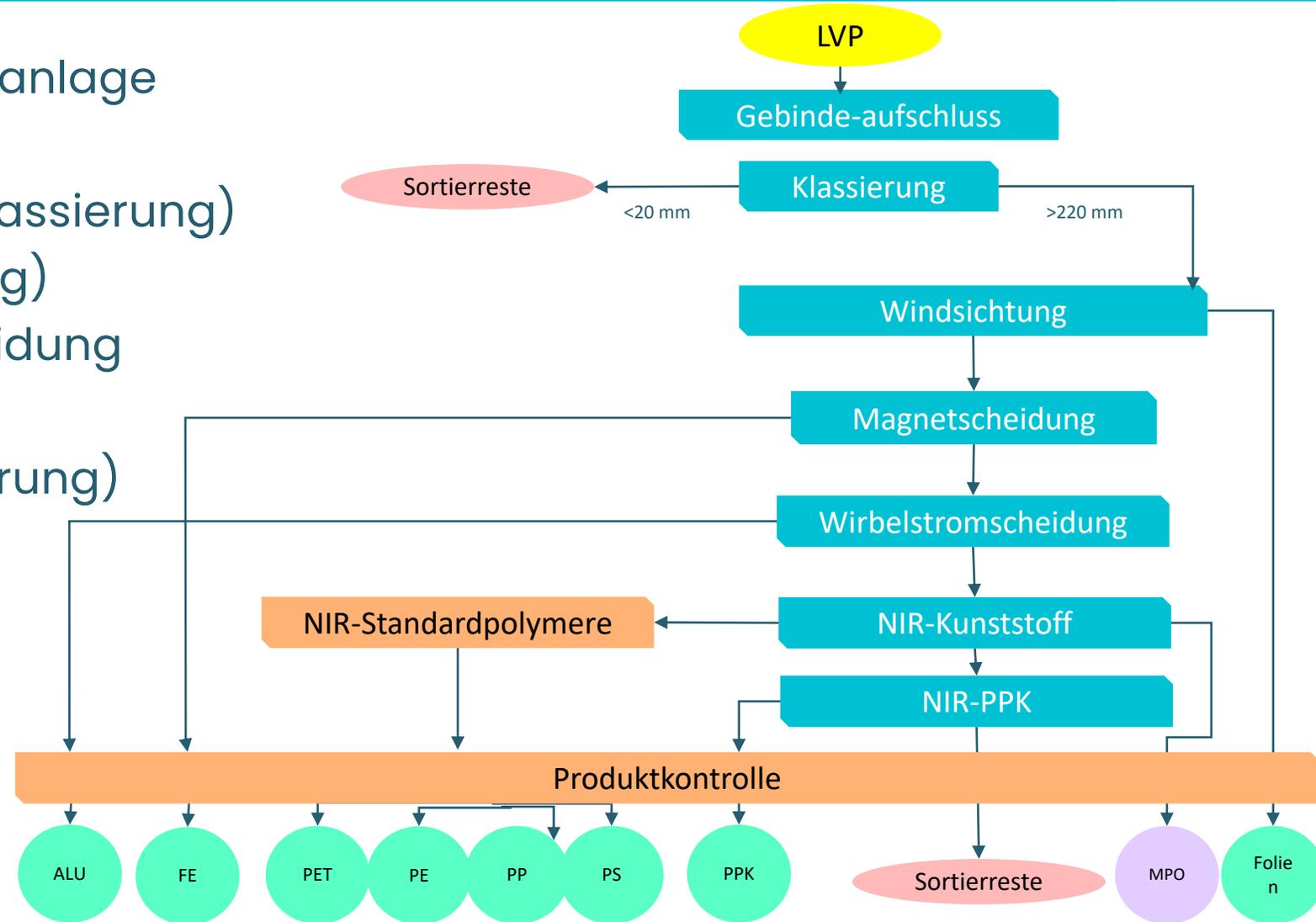
# Hintergrund



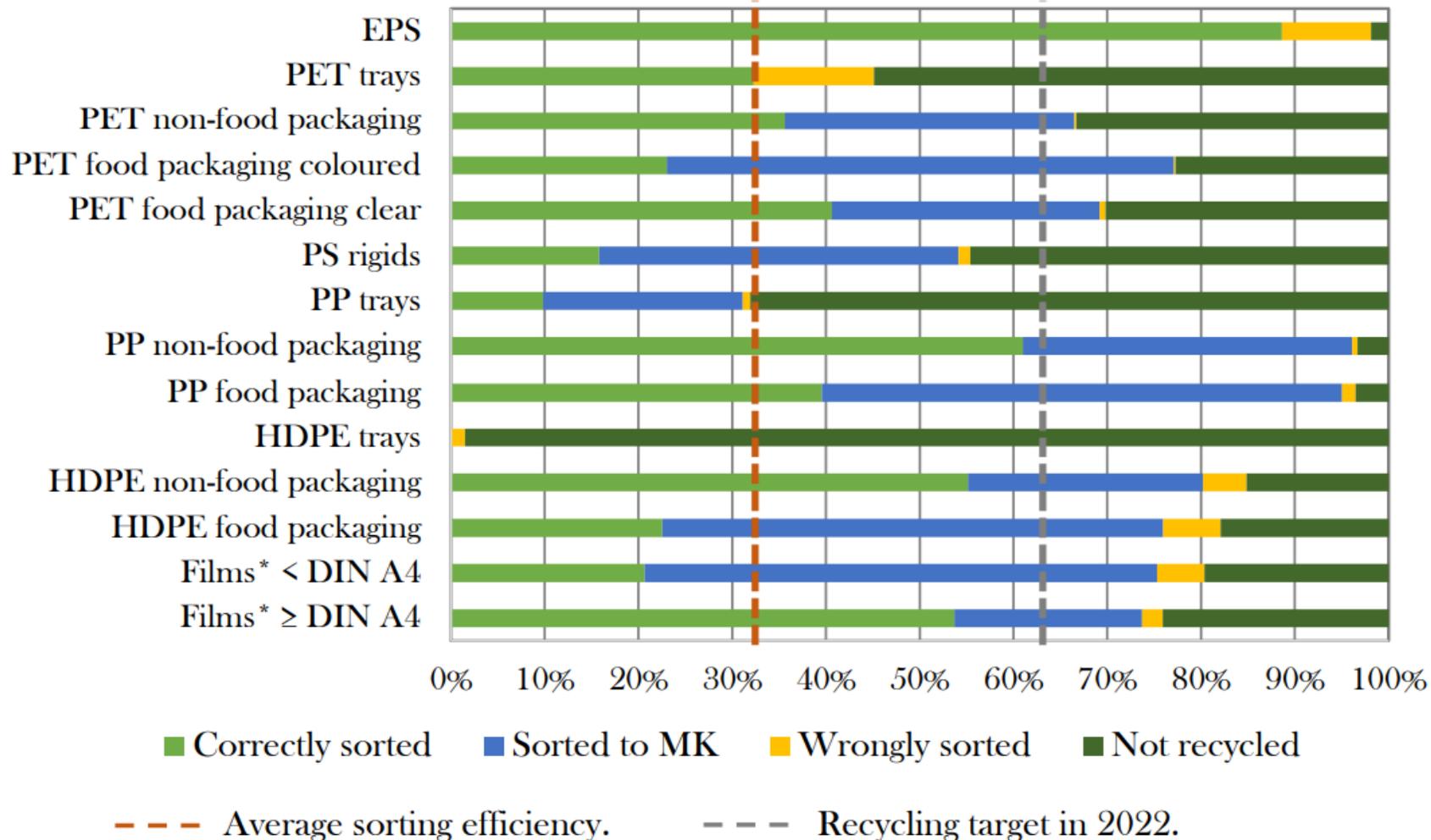
# Typischer Prozessablauf einer LVP-Sortieranlage

## Komponenten einer LVP-Sortieranlage

- Materialaufgabe
- Siebtrommel (dimensionale Klassierung)
- Windsichtung (Foliensortierung)
- Magnet und Wirbelstromscheidung (Metallsortierung)
- NIR-Sortierung (Polymersortierung)
- Ballenpresser



# Sortiereffizienz der verschiedenen Verpackungen



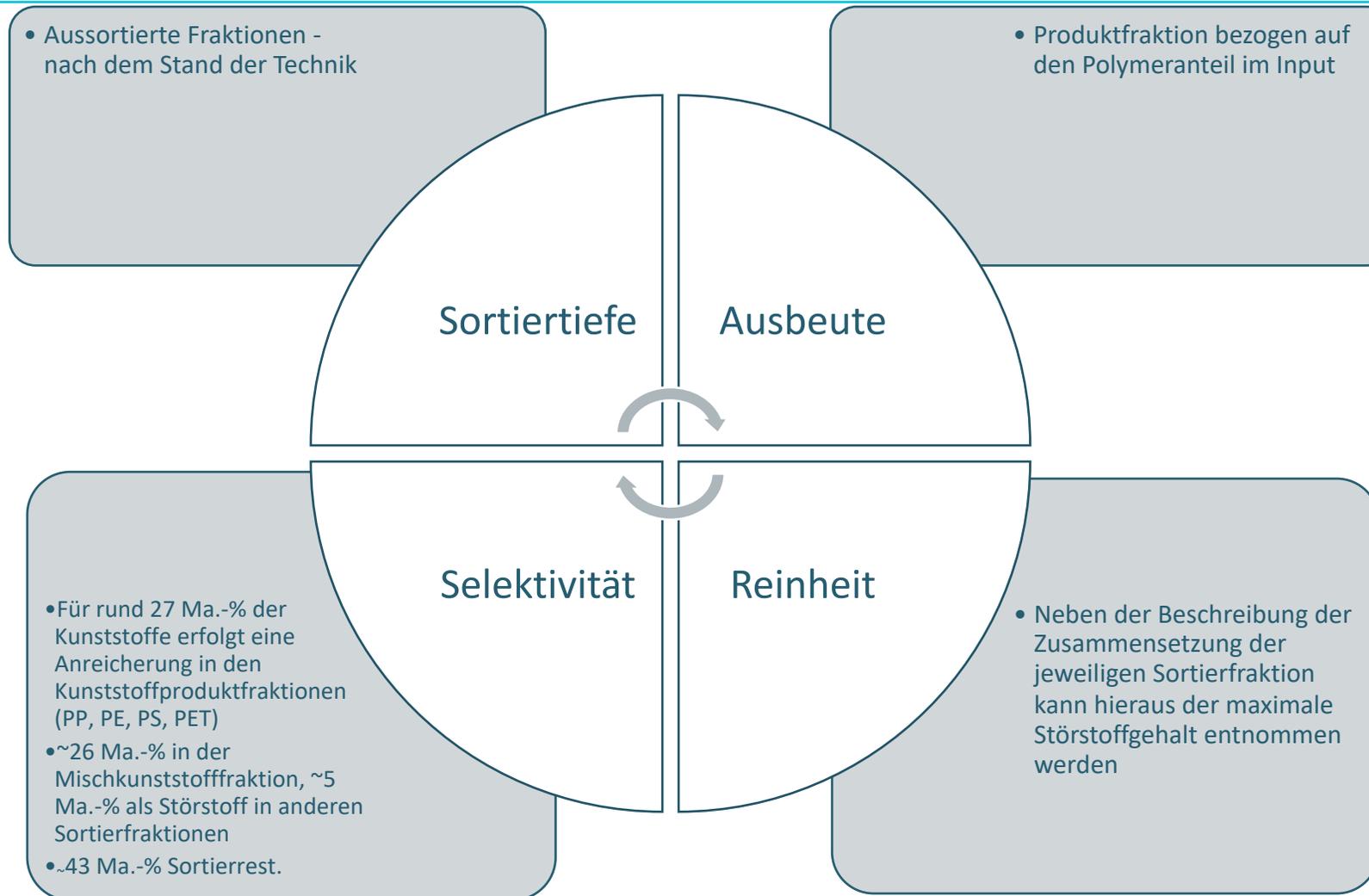
# Beschränkung der derzeitigen Sortiertechnik

- Trennung von PET und PET-G
- Trennung von HDPE und LDPE
- Trennung von PS und ABS
- Fehlsortierung durch Produktdesign
  - Mehrschichtverpackung
  - Sleeves

Folge: geringere Sortierleistung und verminderte Qualität der Rezyklate

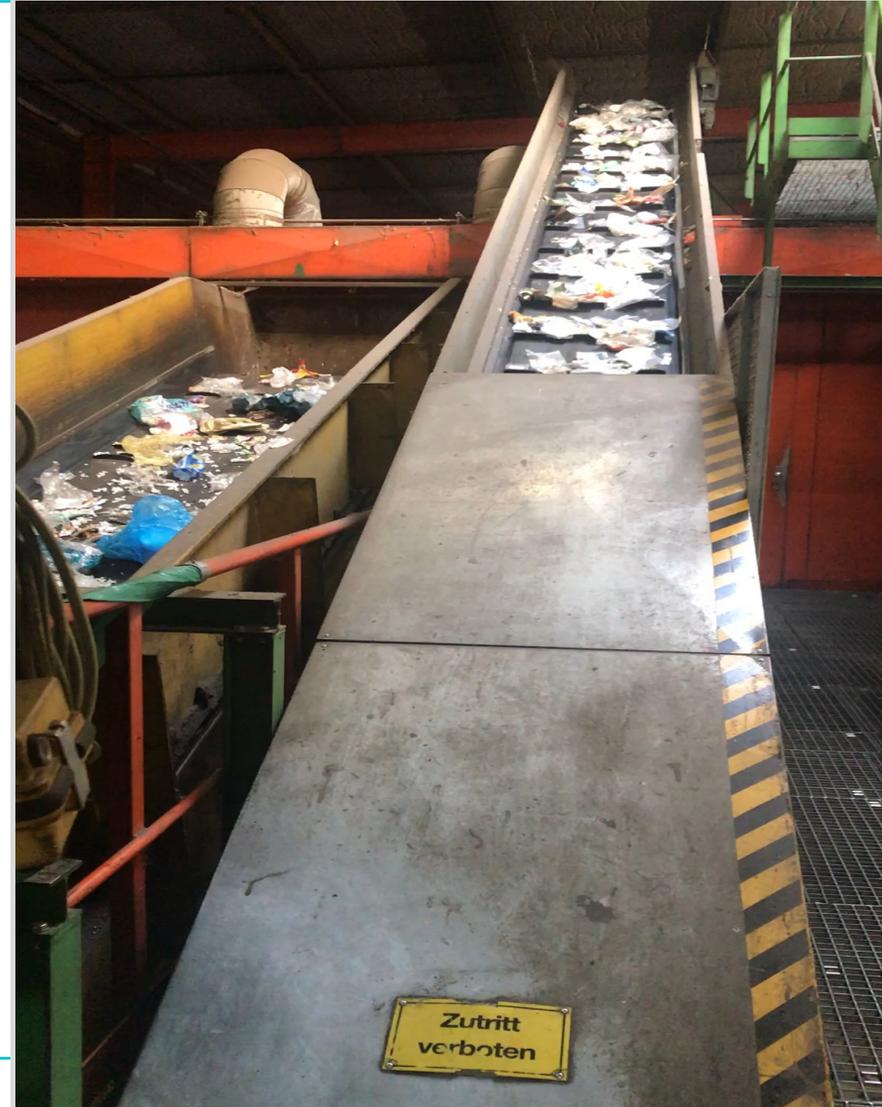


# Steigerung der Sortierleistung

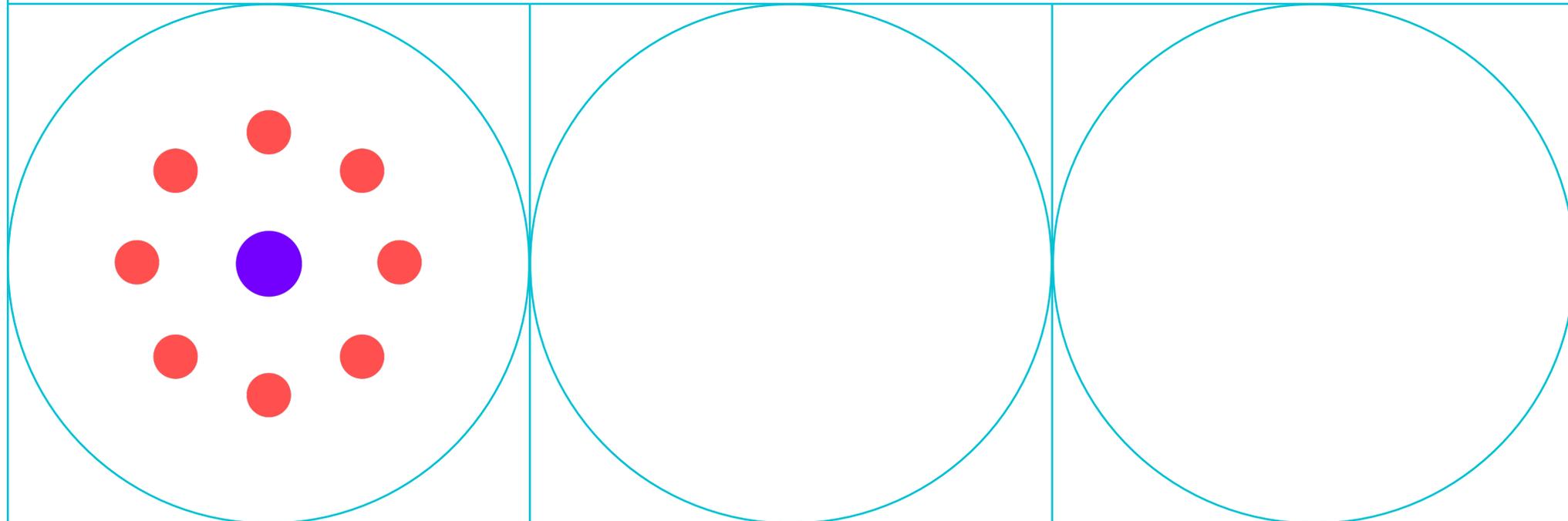


# Zielsetzung innovativer Markierungstechniken

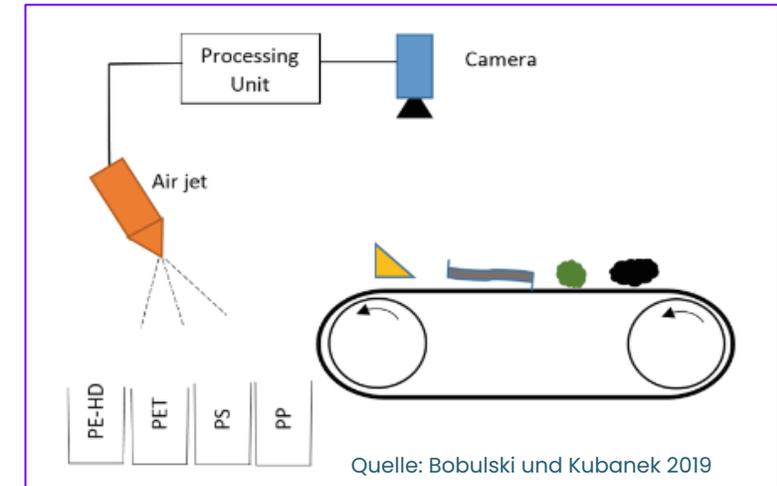
- Kompatibel mit der vorliegenden Sortiertechnik
- Identifizierung bei hoher Bandgeschwindigkeit
- Identifikation über den gesamten Verpackungsbereich
- Identifikation trotz Schmutz und Feuchtigkeit
- Unsichtbar
- Für bedruckte und unbedruckte Verpackungen
- Die Kennzeichnung darf nicht in das Rezyklat übertragen werden
- Die Kennzeichnung darf die Verwendbarkeit des Rezyklats nicht beeinträchtigen



# Marker-basierte Kennzeichnung und Identifizierung von Kunststoffen



# Neue Markierungstechniken als Lösungsansatz



Tracer-Based-  
Sorting (TBS)

Digitales  
Wasserzeichen

Bildererkennung & KI

# Beispiel: Fluoreszierende Tracer (Polysecure)

- Die Tracer sind hochglühende anorganische Kristallpartikel, die chemisch sehr inert und weitgehend unlöslich sind
- Über die Druckfarbe oder das Etikett, oder durch eine homogene Verteilung des Tracers in der Kunststoffmatrix
- Für die Tracer-Erkennung reichen 100 – 500 µg Tracer pro Verpackung

Tracer  
Integration



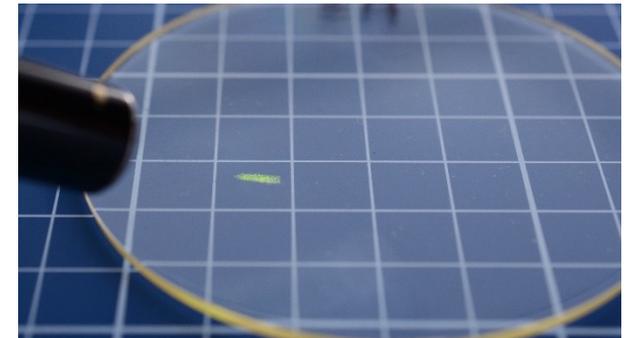
Anregung



Erkennung



Sortierung



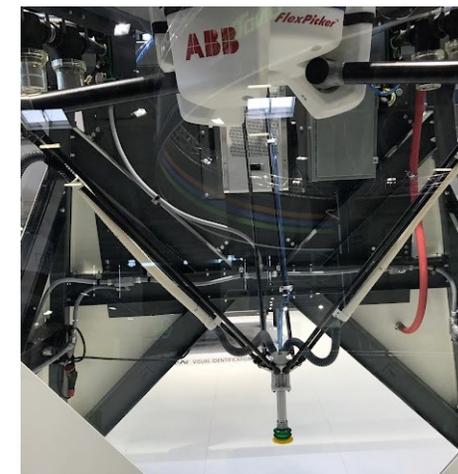
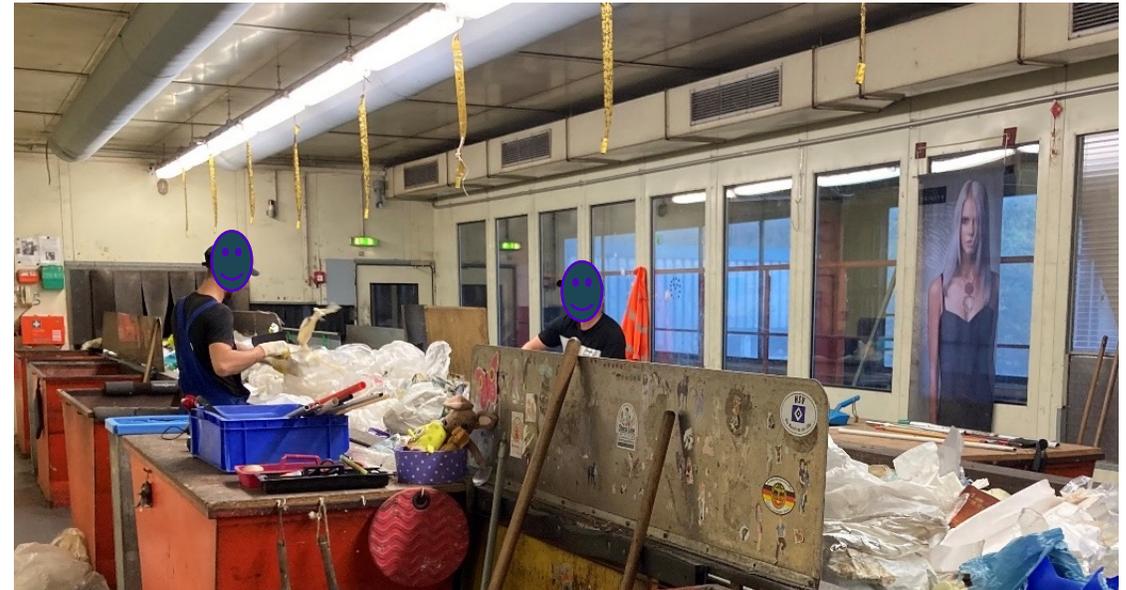
# Digitales Wasserzeichen (Digital Watermark)

- Auf der Oberfläche der Verpackung aufgedruckt oder eingeprägt
- Verändert nicht die chemische Zusammensetzung der Verpackung
- Größe der Informationseinheit ca. 1 cm<sup>2</sup>).
- Diese Pixelanordnungen sind für das menschliche Auge nicht sichtbar, können aber von Farbkameras erkannt und ausgelesen werden.



# Bildererkennung & KI

- Ausgereifte Technologie/ Algorithmus
- Kann in pneumatische Sortierer oder Roboter integriert werden
- Ein Ersatz des Sortierers am Ende des Sortierprozesses



# Zusammenfassung

- Ein Ansatz zur Verbesserung der automatischen Erkennung und Sortierung ist die "Kennzeichnung" eines Artikels mit einem 'Code',
- Es gibt verschiedene Methoden und Markern
- Als maschinenlesbare Technologien zur Kennzeichnung und Identifizierung von Kunststoffen wurden die Verfahren „Tracer-based-Sorting (TBS)“ und „Digitales Wasserzeichen“ hier betrachtet
- Die Markierung mit maschinenlesbaren Markern kann den Sortierprozess unterstützen, unter gewissen Voraussetzungen verbessern und die Wirtschaftlichkeit erhöhen
- Es ist jedoch wichtig zu beurteilen, wie sich diese Technologien in das breitere Recycling-Ökosystem

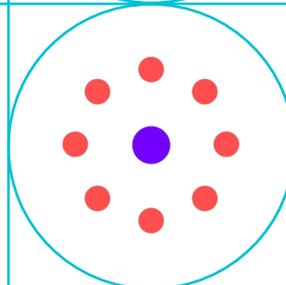
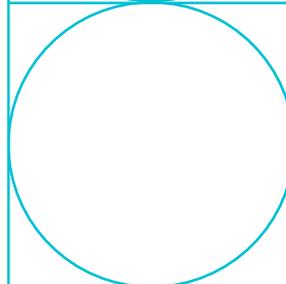
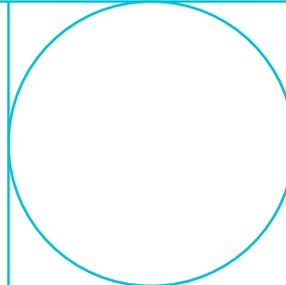


Vielen Dank für  
Ihre  
Aufmerksamkeit!

Dr.-Ing. Ayah Alassali  
Polymer Recycling Lab  
***Circular Resource Engineering and  
Management (CREM)***

T: +49(0)40 428 78 - 2438  
E-Mail: [ayah.alassali@tuhh.de](mailto:ayah.alassali@tuhh.de)

[tuhh.de](https://www.tuhh.de)



**TUHH**  
Technische  
Universität  
Hamburg

# Literaturverzeichnis

- AIM, Holy Grail 2.0, Alliance to end plastic waste: PIONEERING DIGITAL WATERMARKS FOR SMART PACKAGING RECYCLING IN THE EU. Digital Watermarks Initiative HolyGrail 2.0. Online verfügbar unter <https://www.aim.be/wp-content/themes/aim/pdfs/Digital%20Watermarks%20Initiative%20HolyGrail%202.0%20-%20general%20presentation%20for%20PDF.pdf>.
- Bobulski, Janusz; Kubanek, Mariusz: Waste Classification System Using Image Processing and Convolutional Neural Networks 11507, S. 350–361. DOI: 10.1007/978-3-030-20518-8\_30.
- Gasde, Johannes; Woidasky, Jörg; Moesslein, Jochen; Lang-Koetz, Claus (2021): Plastics Recycling with Tracer-Based-Sorting: Challenges of a Potential Radical Technology. In: Sustainability 13 (1), S. 258. DOI: 10.3390/su13010258.
- [https://www.mondigroup.com/media/10857/holygrail\\_designed-proof.pdf](https://www.mondigroup.com/media/10857/holygrail_designed-proof.pdf)
- Kalverkamp, Matthias; Pehlken, Alexandra; Wuest, Thorsten (2017): Cascade Use and the Management of Product Lifecycles. In: Sustainability 9 (9), S. 1540. DOI: 10.3390/su9091540.
- Picuno, Caterina (2020): Post-consumer plastic packaging sector and its path for sustainable development in Germany. Dissertation. Unter Mitarbeit von Kerstin Kuchta und Johann Fellner (Hamburger Berichte / Technische Universität Hamburg-Harburg Abfallressourcenwirtschaft, Band 53).
- Picuno, Caterina; Alassali, Ayah; Chong, Zhi Kai; Kuchta, Kerstin (2021): Flows of post-consumer plastic packaging in Germany: An MFA-aided case study. In: Resources, Conservation and Recycling 169, S. 105515. DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105515.
- Ragaert, Kim; Delva, Laurens; van Geem, Kevin (2017): Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. In: Waste management (New York, N.Y.) 69, S. 24–58. DOI: 10.1016/j.wasman.2017.07.044
- Umweltbundesamt, Ermittlung der Praxis der Sortierung und Verwertung von Verpackungen im Sinne des § 21 VerpackG, Januar 2021