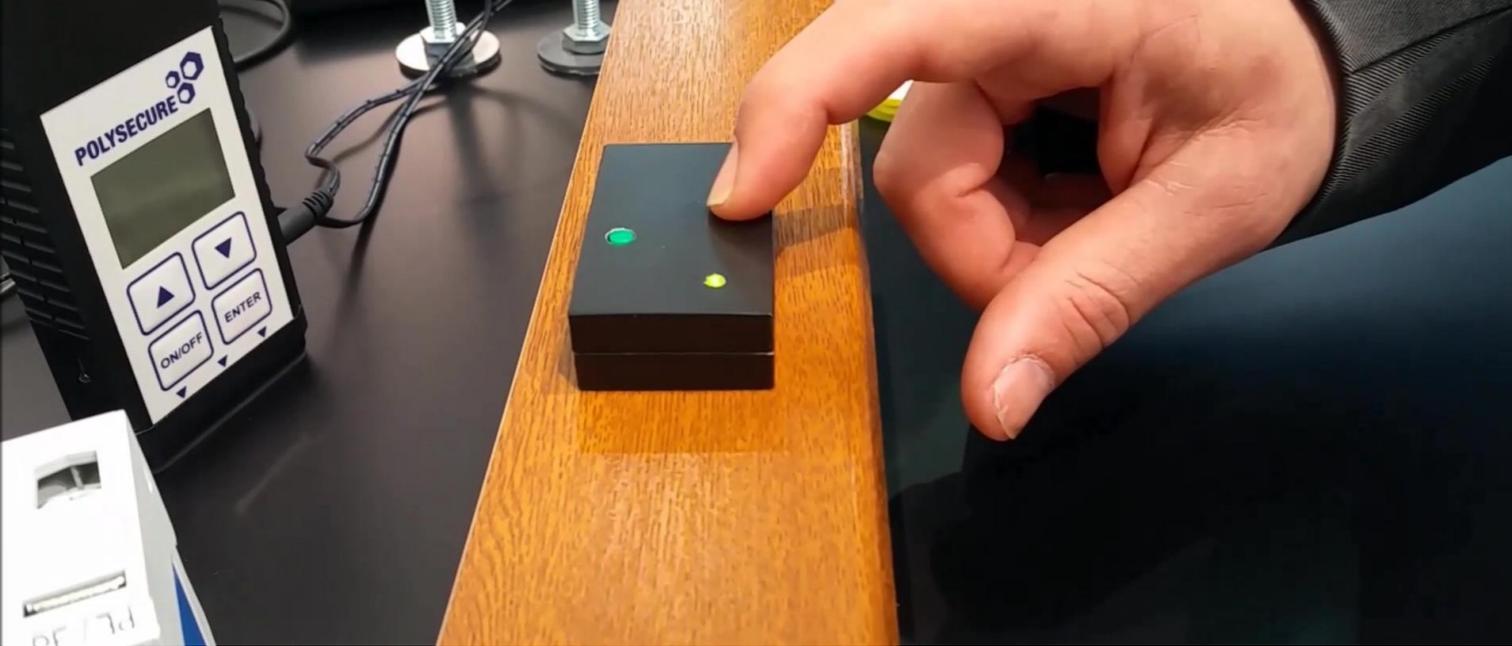


Fachgespräch "Kunststoffrecycling", 09.04.2018, Umweltministerium RP / Mainz:

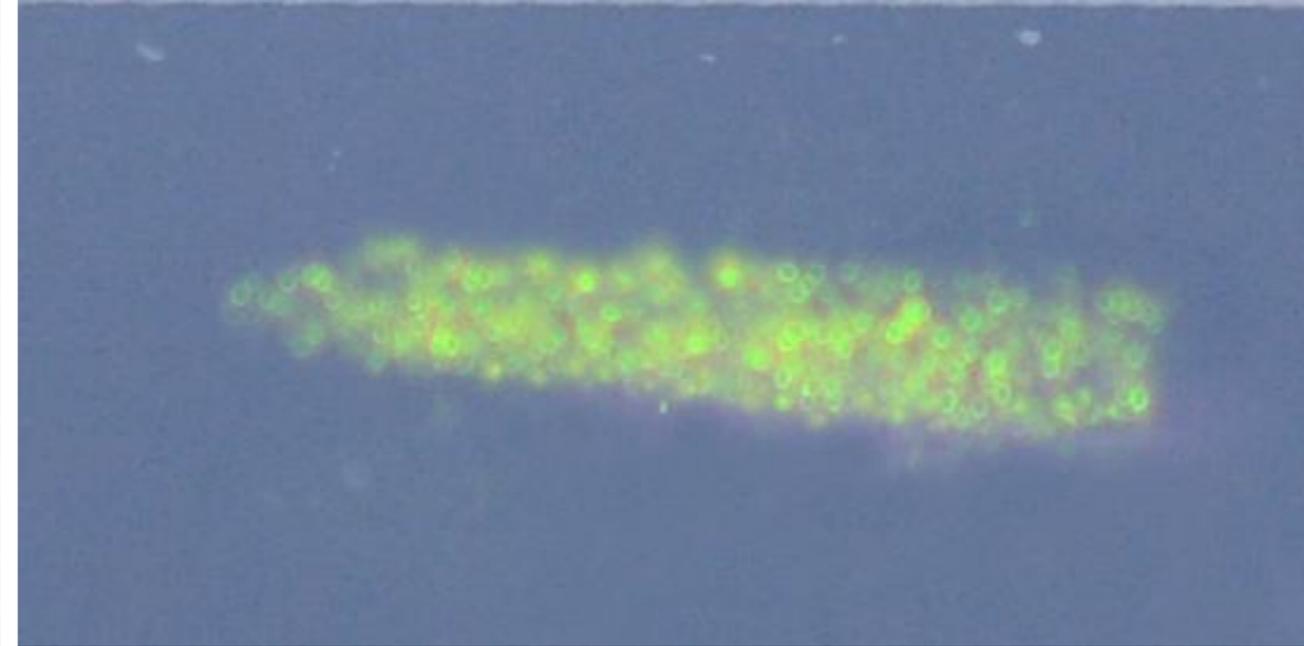
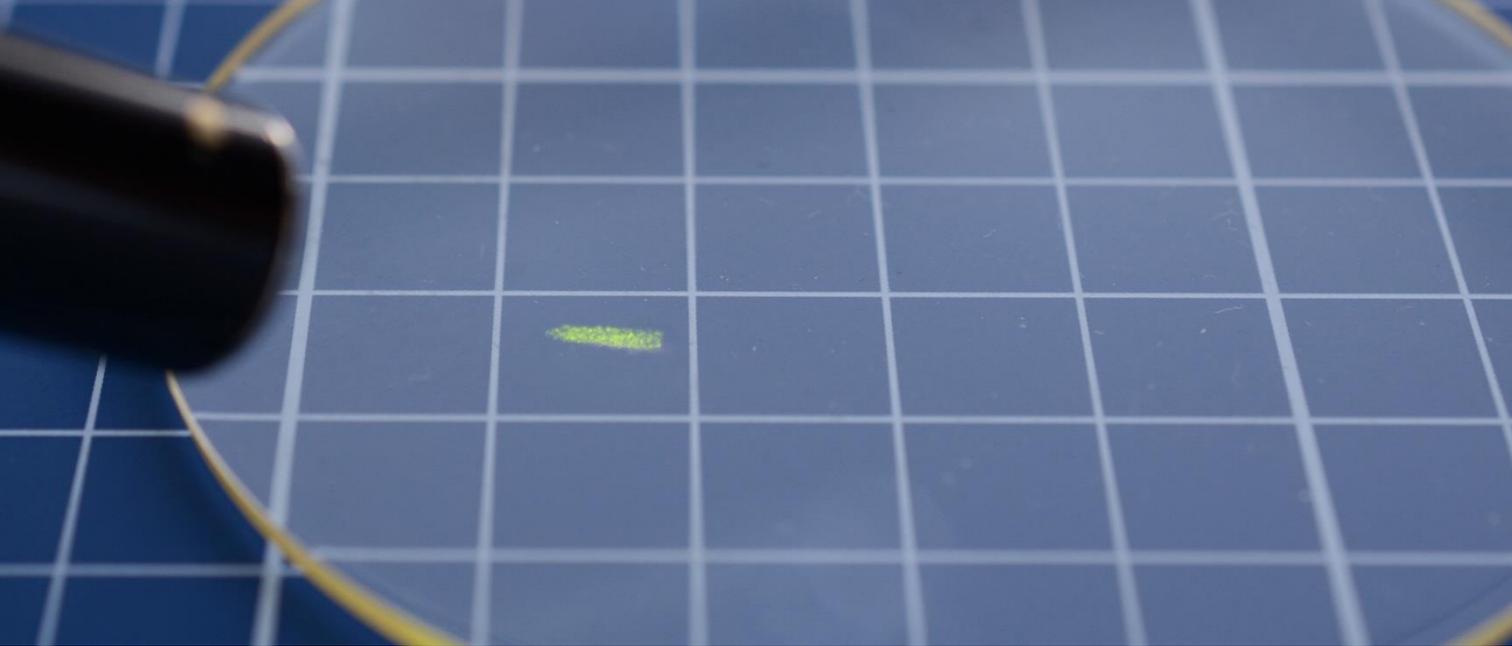
Markiergestütztes Sortieren Tracer Based Sorting (TBS)

Jochen Moesslein, Gründer und Geschäftsführer Polysecure GmbH



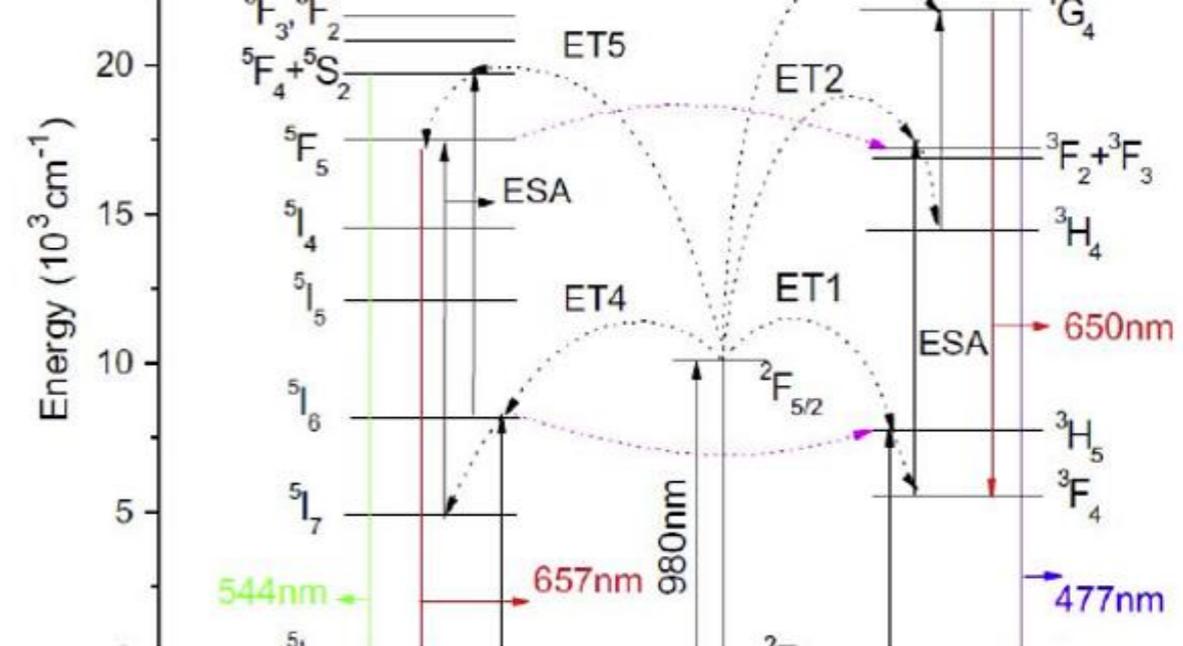
Überblick zu Polysecure

- » Junges Technologieunternehmen mit Fokus auf innovative Materialmarker & deren Detektion: anorganische fluoreszierende Partikel, glaskeramische Partikel...
- » Vision: Materialien durch Marker-Additive „intelligenter“ machen, z.B. für Kreislaufwirtschaft
- » Erste Anwendung: Produktauthentifizierung (Plagiatschutz)
 - Eigene, robuste Markerpartikel, eigene Detektoren -> Kosten in 3 Jahren um Faktor 10 reduziert
 - Erweiterbar auf Pfandflaschen, Drucker-Tinte-Modelle (Inline-Authentifizierung)
- » Zweite Anwendung: Materialsortierung (Tracer Based Sorting)
 - Erste TBS-Sortiermaschine und industrielle Umsetzung für PVC-Mahlgut mit Glasfaser
 - Aktuelles BMBF-Projekt „MaReK“ zu Verkaufsverpackungen mit Grünem Punkt, Werner & Mertz, KIT und HS Pforzheim



Überblick zu Polysecure

- » Dritte Anwendung: Produktidentifizierung (Product- / Device-ID) -> in Entwicklung
 - Zufälliges Muster der Markerpartikel in Kunststoffen als robuste, fälschungssichere Produkt-ID
 - Verknüpfung von Sortieren, Produktverfolgung (Material Passport, optimale Nutzungsdauer, bestmögliche Verwertung) und Plagiatschutz ohne Mehrkosten
- » Interdisziplinäres Team (Physiker, Chemiker, Ingenieure etc.), das Materialentwicklung, Messtechnik, Masterbatching und Kunststoff-Anwendungstechnik abdeckt, zusätzlich strategische Entwicklungspartner wie das KIT -> Synergien heben, One Stop für Anwender
- » Absicherung des IP durch zahlreiche Patente
- » Einige Marktführer setzen bereits Polysecure-Markerlösungen in der Serie ein -> in 2017 wurden mehr als 10.000to Kunststoff mit Polysecure-Markern markiert



Unsere Fluoreszenz-Marker in Kunststoffen

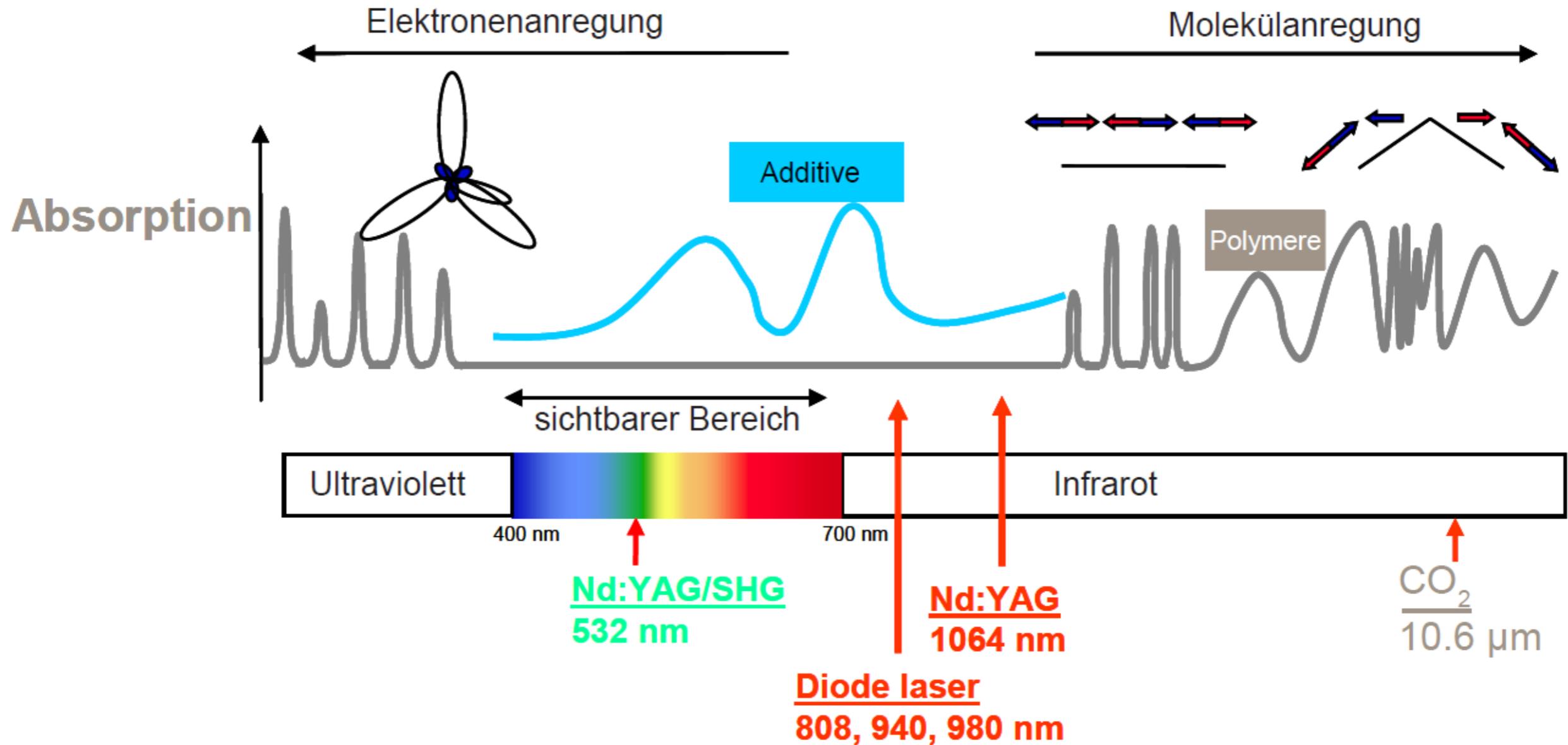
- » Charakteristische Eigenschaften: distinkte Emissionspeaks, Intensitätsverhältnisse von Emissionspeaks, Anregungswellenlänge, Abklingverhalten
- » Hohe Leuchtstärken möglich. Signalstärke kann durch Strahlungsdichte der Anregung erhöht werden
- » Special: Upconversion -> Anregung erzeugt keine anderen Emissionen -> sehr gutes Signal-zu-Rausch-Verhältnis
- » Konzentrationen in Kunststoffen: 10-1.000 ppm
- » Zudosierung über Masterbatches, Pasten, Dispersionen
- » Gute chemische und thermische Stabilität -> bei Kunststoffen praktisch unbegrenzte Nutzung über mehrere Lebenszyklen

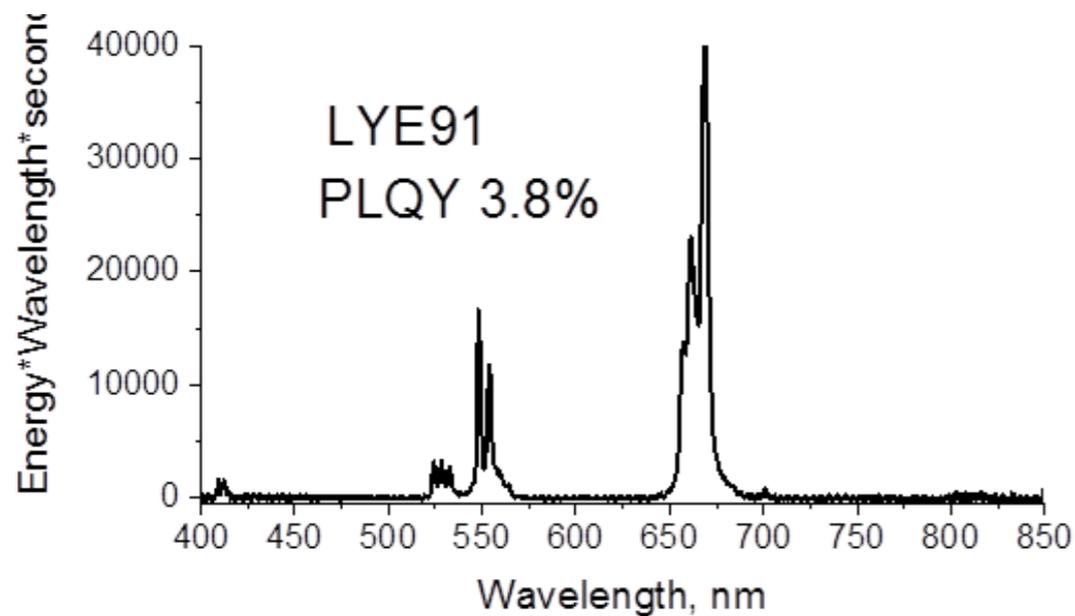


Getestete, eingeführte POLYSECURE® Markerlösungen

- » Spritzgegossene & extrudierte Polymerprodukte, Filamente, Filme
- » Elastomere, Beschichtungen, Klebstoffe, Schmierstoffe, Computerchips, Keramiken
- » Sicherheitsdokumente und –druck, Farben, Lacke
- » Metallprodukte -> Markertropfen, Marker in galvanischen und thermisch gespritzten Schichten
- » Marker für Produkte mit speziellen Zulassungen: Dentalkeramiken, Trinkwasser-führende Produkte, elektrische Schalter
- » Marker, die den Verschleiß von Schichten und die Nutzung von Bauteilen anzeigen

Lichtabsorption von Polymeren und Laserwellenlängen





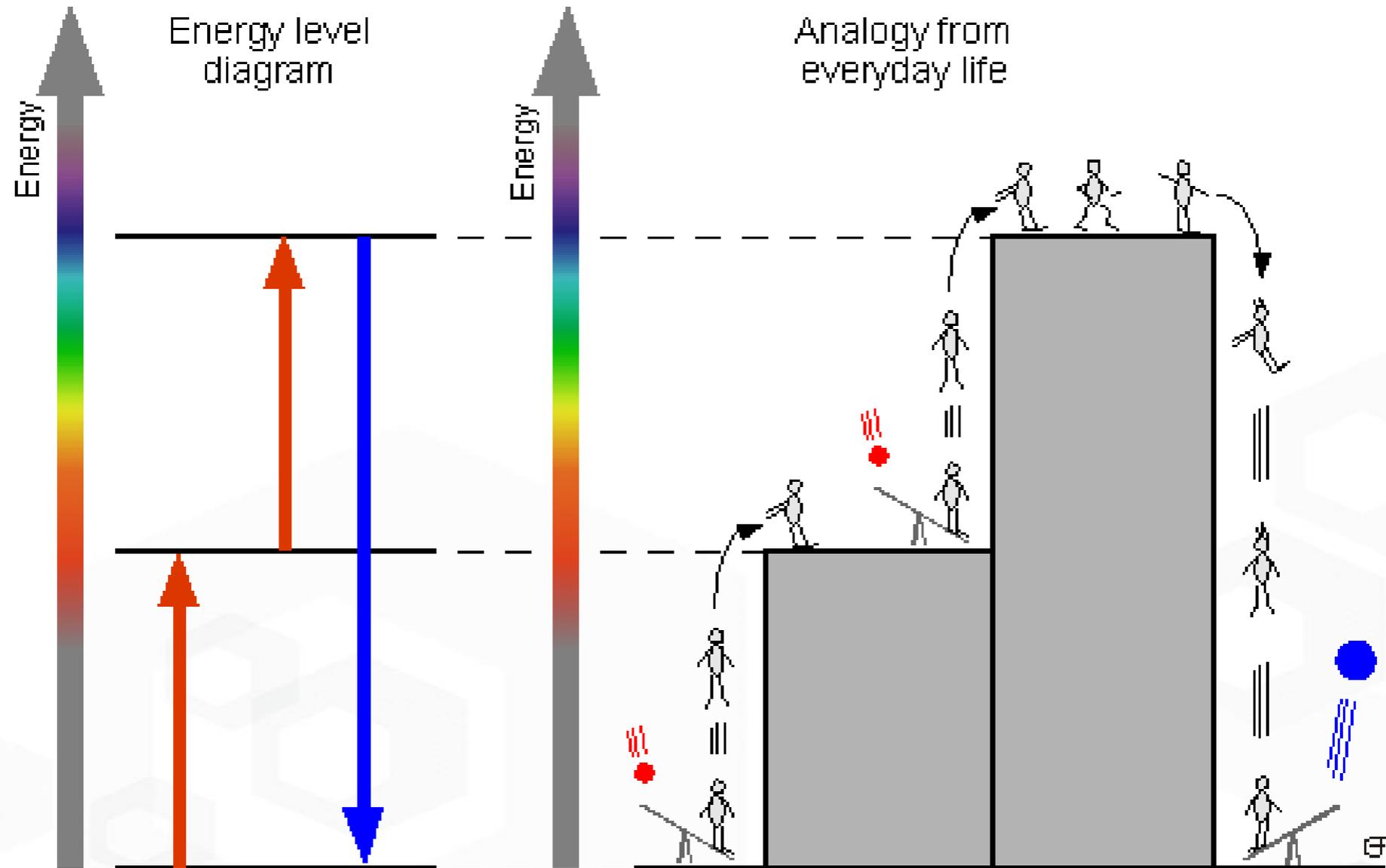
Tracer Based Sorting (TBS) – Wie funktioniert es?

- » Bestimmte Materialien werden einheitlich mit bestimmtem Tracer markiert, der in der Sortiermaschine mit einer Laseroptik zur Fluoreszenz angeregt wird. Die Fluoreszenz wird identifiziert, das markierte Material entsprechend ausgeschleust.
- » Detektion der Tracer:
 - Vorhandensein und Kombination von Emissionslinien, insbesondere Upconversion -> Animation Anti-Stokes-Effekt -> sehr gutes Signal-zu-Rausch-Verhältnis
 - Charakteristische Emissionspeaks -> klassische Stokes-Fluoreszenz
 - Abklingverhalten -> Relativmessung in sich

Anti-Stokes-Fluoreszenz

Upconversion

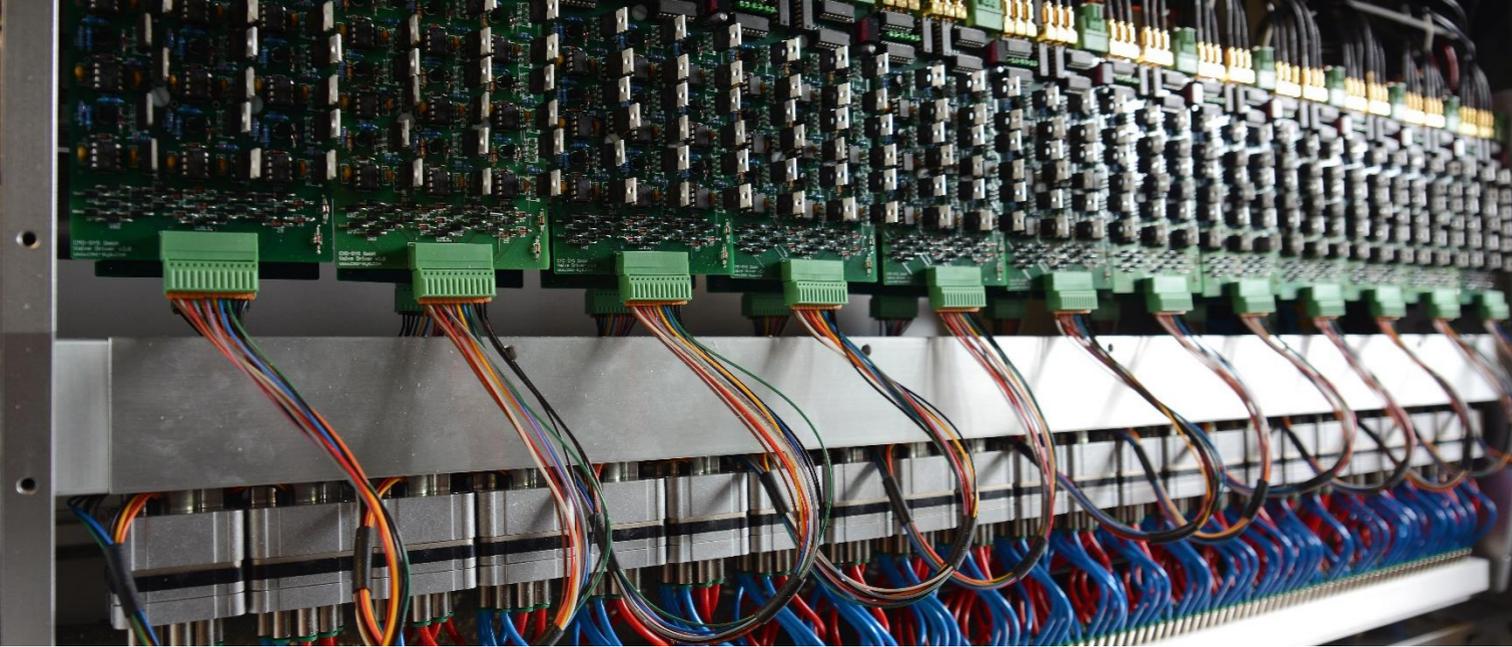
Making 1x blue out of 2x red





Tracer Based Sorting (TBS) – Wie funktioniert es?

- » Option 1: **Tracer ist homogen im Kunststoff** dispergiert
 - für Sortierung nach Schreddern / auf Flake-Level ein Muss
 - über Tracer kann auch Umriss erkannt werden -> Ausblasung
 - Tracer bleibt nach der Sortierung im Kunststoff und kann aufgrund seiner Robustheit beliebig oft zum Sortieren (und Authentifizieren) genutzt werden -> marginale Kosten
 - Vermischungen können entmischt und aufkonzentriert werden
- » Option 2: **Tracer in Etiketten, Schrumpffolien, Drucktinten**
 - Kunststoff enthält keinen Tracer
 - Label kann nach Sortierung abgetrennt, Tracer kann recycelt werden



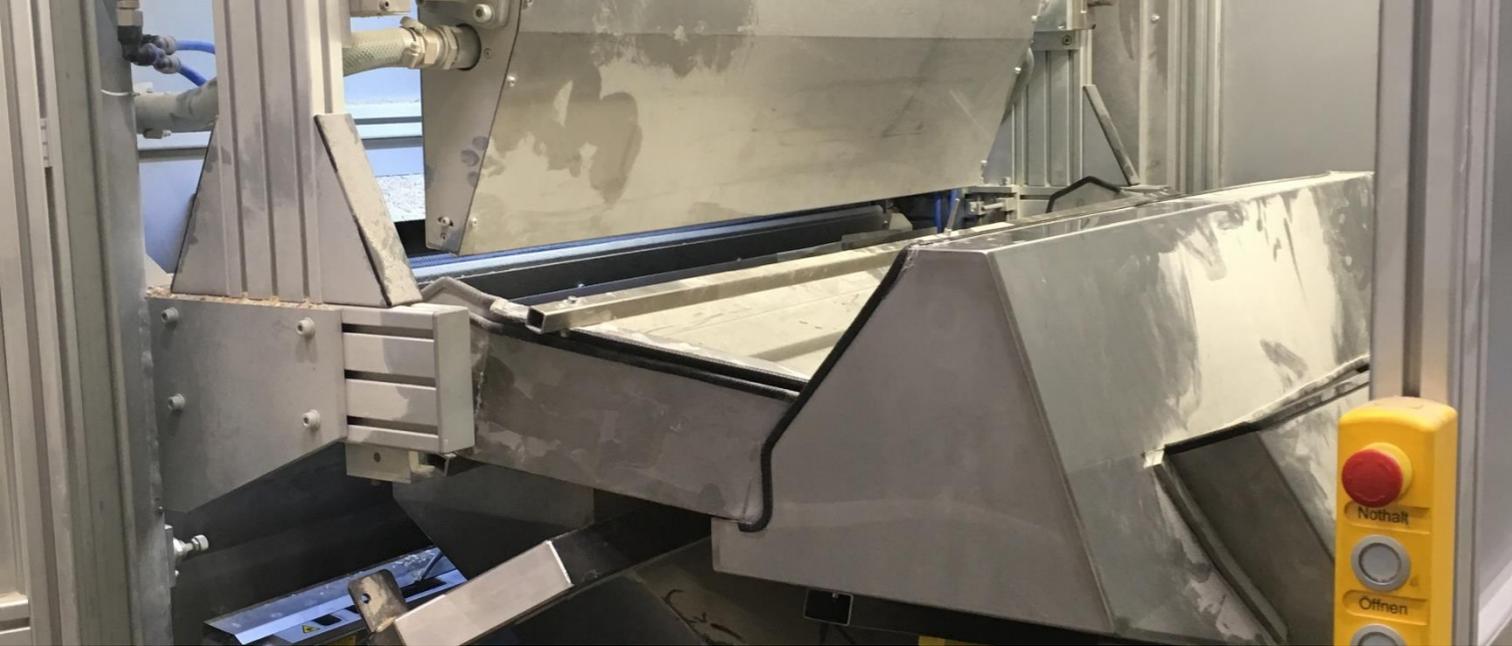
Tracer Based Sorting (TBS) – Grundsätzliche Vorteile

- » Sortieren über isotrope Eigenschaften -> praktisch unabhängig von Lage und Deformation der Objekte
- » Durch Tracer volle Kontrolle über Signal unabhängig von Änderungen der Materialrezeptur und „Schlüssel-Schloss-Prinzip“ zwischen Anregung, Tracer und Detektion
 - > praktisch 100%ige Identifikation (siehe PVC-Projekt)
- » Verlässliche Identifikation unabhängig von der Materialzusammensetzung, und Anwendung
 - > Nonfood versus Food
 - > Untergruppen der Polymere HDPE, LDPE, PET, PA differenzieren
 - > Störstoffe entfernen, z.B. HDPE-Silikonkartuschen
 - > Kontrolle über Registrierung
 - > Anteil von Recyclaten in Compounds nachweisen -> Consumer Electronics



Referenzanwendung: Trennung von PVC-Mahlgut aus Fensterprofilen mit und ohne Glasfasern

- » Typische Anforderung: Branche will und muss 100% Recycling verfolgen, will sich aber neuen, innovativen Rezepturen öffnen, die getrennt recycelt und wiederverwendet werden müssen.
- » Beispiel: co-extrudierte PVC-Profile mit Glasfaser im Kernbereich
- » Sortieraufgabe: Trennung von PVC-Krümel mit und ohne Glasfaser -> Referenzkunde Rehau
- » Andere Sortieransätze schlugen fehl, weil das Mahlgut oder die Eigenschaftsunterschiede zu klein sind.
- » Polysecure-Lösung: PVC mit Glasfaser wird vor der Extrusion mit einem Tracer markiert und in einer neuen Sortiermaschine vom Hauptstrom abgetrennt



Referenzanwendung – Ergebnisse

- » Sortierung mit gutem Durchsatz und guter Qualität:
 - Bandbreite 1m, Bandgeschwindigkeit 3m/s, Durchsatz ~10.000 to/a
 - Reduktion Glasfaser-PVC von 10% auf 1% in einem Sortierdurchgang bei 2-8mm kleinen Flakes
- » Marker bleibt im markierten Anteil und überlebt zahlreiche Extrusionen -> Markerkosten können über mehrere Produktzyklen umgelegt werden
- » Bei Rehau wurden einige 10.000 to PVC in der Serie markiert -> Zudosierung des Tracers problemlos und stabil

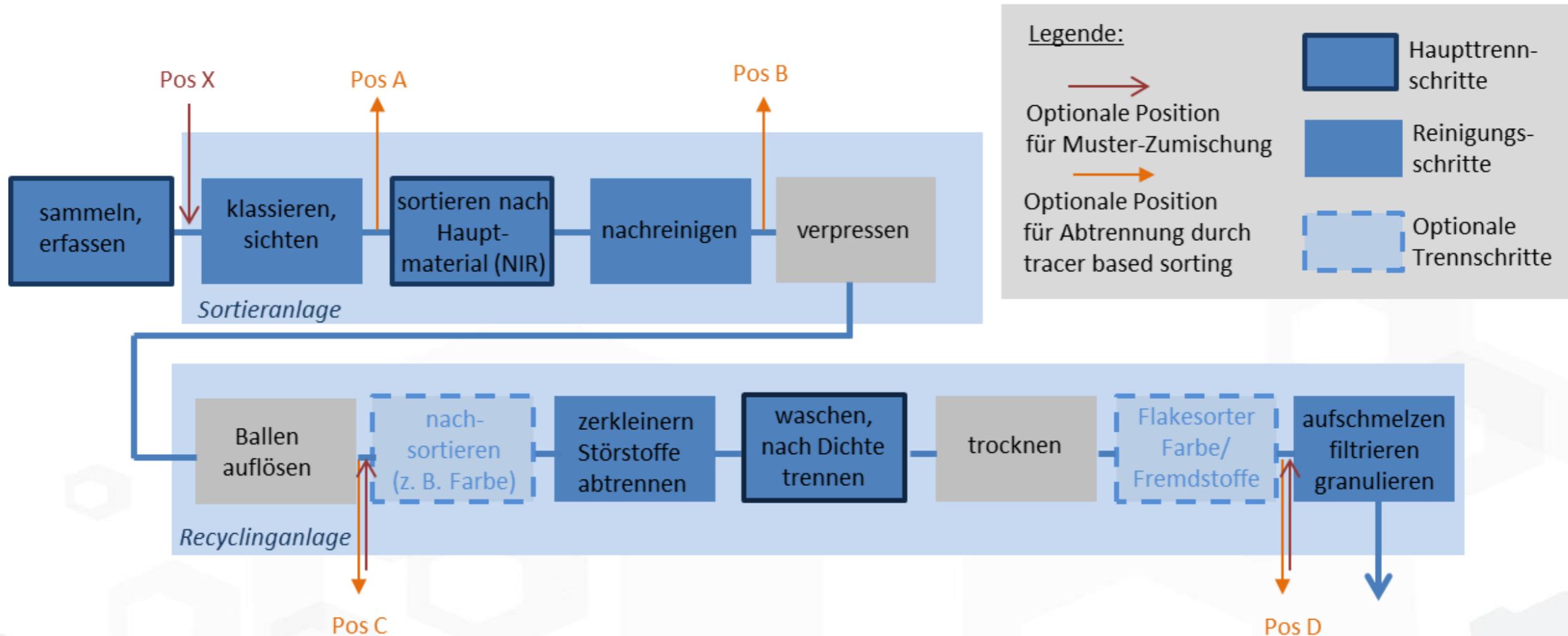


BMBF-Projekt „MaReK“ -> Anwendung TBS auf Kunststoffverpackungen



- » Projektpartner: DSD Grüner Punkt, Werner & Mertz, KIT, Polysecure und Hochschule Pforzheim
- » Piloteinsatz Tracer und TBS bei Kunststoff-Verkaufsverpackungen unter industriellen Bedingungen
- » KIT und Polysecure entwickeln weitere Tracer, Polysecure baut mit Partnern neues Sortiertechnikum für TBS in Freiburg
- » Verpackungen werden im Kunststoff selbst und auf dem Etikett markiert, Verpackungsabfall zugemischt und bei Polysecure sortiert
- » Umfassender Stakeholder-Prozess, um Anwendungen und Akzeptanz von TBS vorzubereiten
- » Biokompatibilität, Lebensmittelkontakt, Compliance

Positionierungsoptionen für TBS im Sortier-/Aufbereitungsprozess





Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Tracer Based Sorting

- » Die erforderliche Markerkonzentration hängt stark von der Pigmentierung und Schichtdicke der Kunststoffe sowie der Anzahl der gewünschten Sortiercodes ab.
- » Insbesondere bei der Sortiermaschine sind jedoch weiterhin erhebliche Verbesserungen möglich. Ferner können die Tracer aufgrund ihrer Beständigkeit bei Kunststoffen über praktisch unbegrenzt viele Zyklen genutzt werden. Im Ergebnis sind daher durchschnittliche Markerkosten von 10 Euro pro to erreichbar.
- » TBS-Sortiermaschinen werden bei einem Durchsatz von 10.000 to/a Sortierkosten von rund 10 Euro/to Durchsatz haben.
- » Ein wesentlicher Aspekt ist, dass durch das zufällige Muster der Markerpartikel gleichzeitig eine Produkt-ID möglich ist, die alleine einen beträchtlichen Nutzen darstellt.



Fazit

- » Grundsätzlich können alle Kunststoffe markiert werden. Je dunkler der Kunststoff, desto mehr Tracer.
- » Durch TBS kann sowohl auf Artikel- als auch auf Flake-Ebene sortiert werden.
- » Die Tracer überleben im Polymer viele Nutzungszyklen. Diese Beständigkeit sollte im Sinne einer Kreislaufwirtschaft genutzt werden.
- » Durch TBS kann nach den Spezifikationen sortiert werden, die vom Sekundärmarkt gefordert werden: Untergruppen der Polymere, Food getrennt von Nonfood, faserhaltig getrennt von nicht faserhaltig usw.
- » Tracer könnten als neues Additiv betrachtet werden, das Sortierung, Produktverfolgung und Plagiatschutz in Einem leistet.