

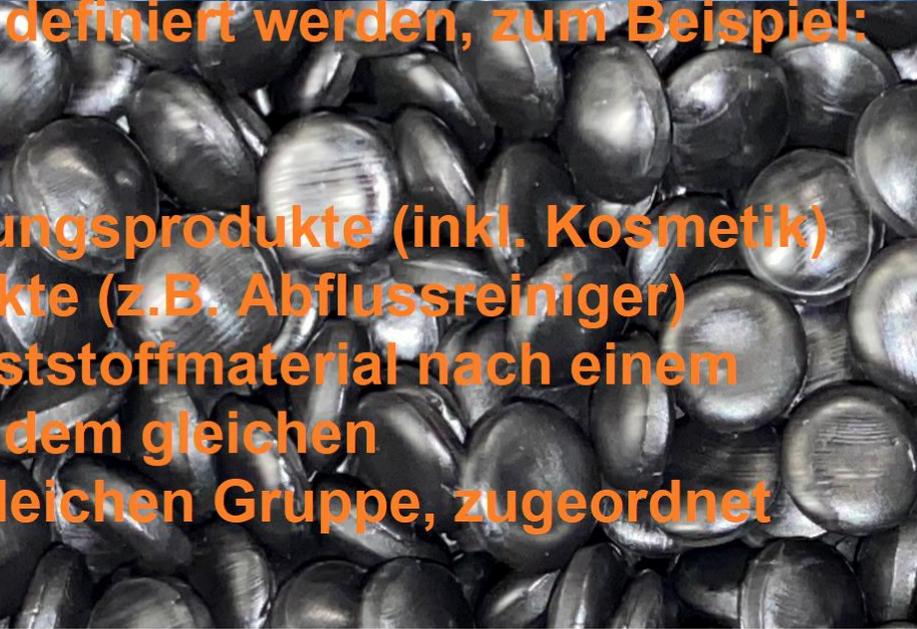
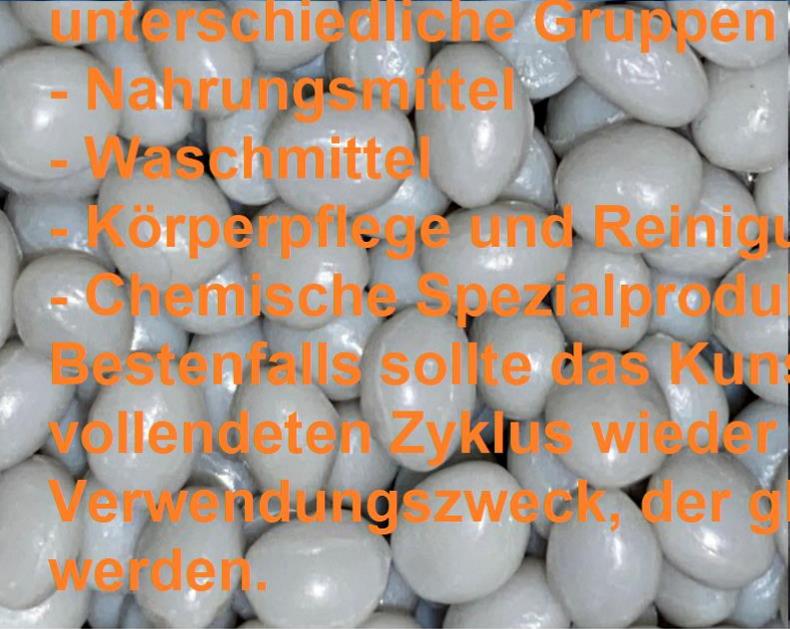


Im Folgenden soll ein Konzept vorgestellt werden, das eine eindeutige Zuordnung der Kunststoffverpackung im jeweiligen physischen Zustand ermöglicht.

Mittels geeigneter Markertechnologie sowie passender Sensorik kann eine markierte Verpackung oder Teile der Verpackung, beispielsweise Flakes oder aber Pellets, einer bestimmten Gruppe zugeordnet werden.

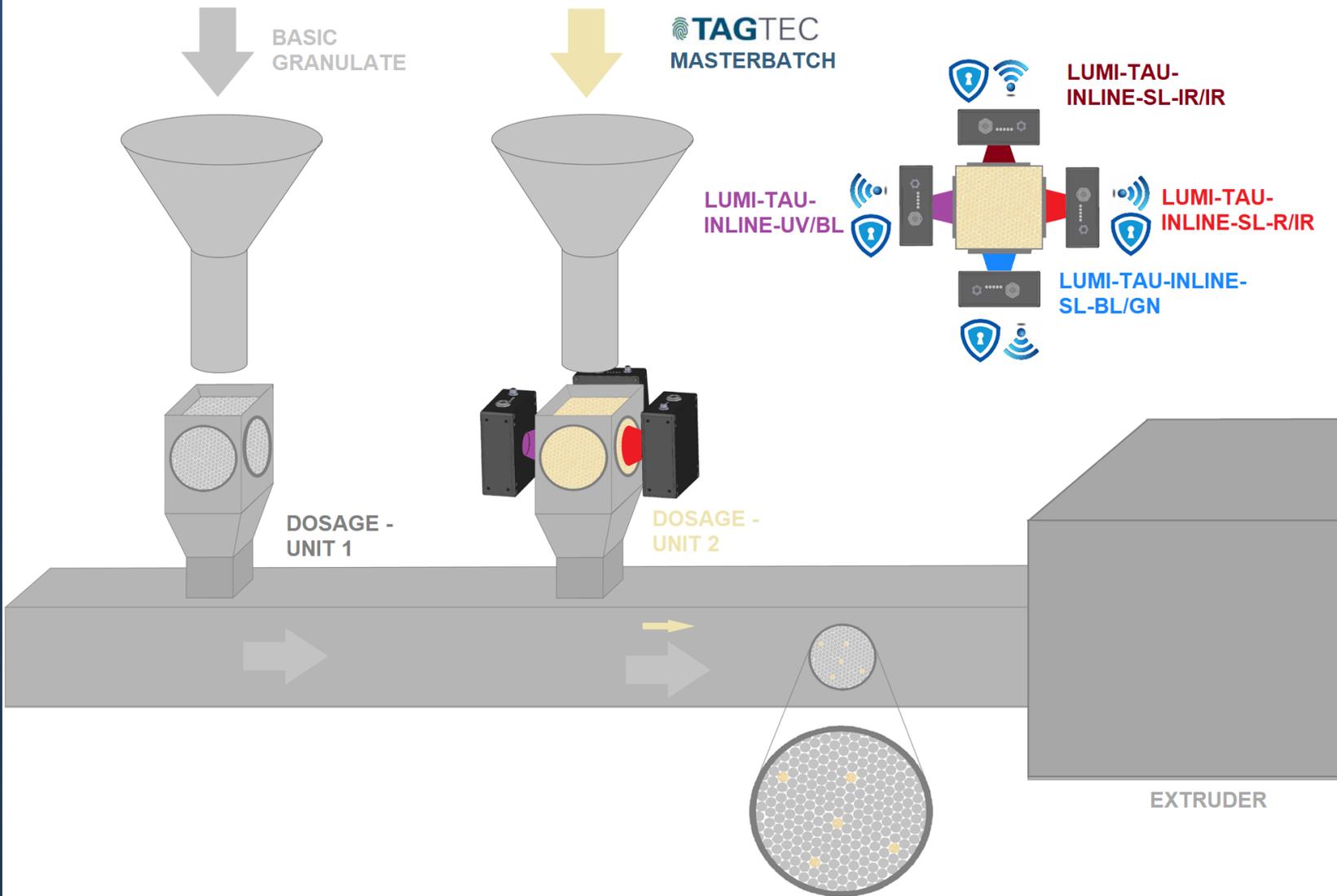
Durch den Einsatz verschiedener Marker können unterschiedliche Gruppen definiert werden, zum Beispiel:

- Nahrungsmittel
- Waschmittel
- Körperpflege und Reinigungsprodukte (inkl. Kosmetik)
- Chemische Spezialprodukte (z.B. Abflussreiniger)

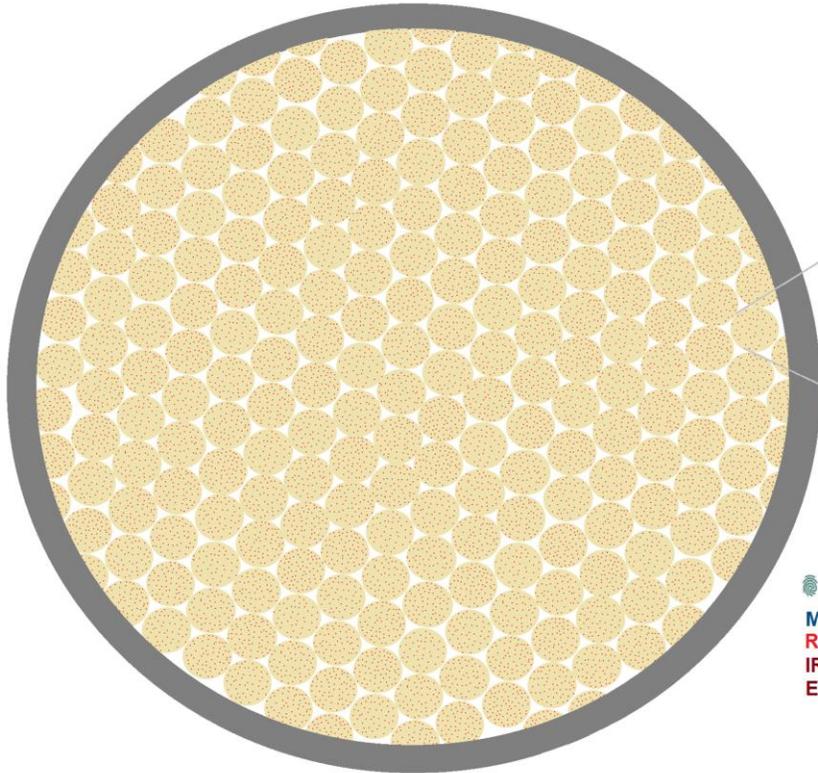


Bestenfalls sollte das Kunststoffmaterial nach einem vollendeten Zyklus wieder dem gleichen Verwendungszweck, der gleichen Gruppe, zugeordnet werden.

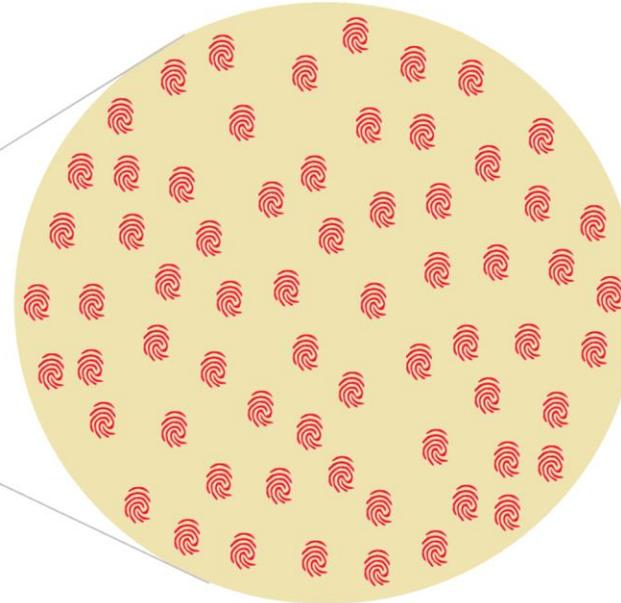
FROM PELLETT TO PELLETT



Der erste Lebenszyklus einer Kunststoffverpackung startet beispielsweise mit einem Grundgranulat sowie einem entsprechend markierten (mit TAGTEC - Marker), der abhängig von der jeweiligen Gruppenzugehörigkeit ausgewählt wird: FOOD, DETERGENTS, BODY CARE bzw. CHEMICAL SPECIAL PRODUCTS. Mit Hilfe der Dosiereinheiten kann die Markerkonzentration in der Kunststoffverpackung bestimmt werden. Mittels Sensorik wird kontrolliert, ob der richtige Marker in der richtigen Konzentration, eingesetzt wird. Die TAGTEC - Marker sind dabei so beschaffen, dass eine gegenseitige Beeinflussung ausscheidet. Im Extruder wird das Granulatgemisch verflüssigt und mit Hilfe einer geeigneten Spritzgussform kann die Herstellung der gewünschten Kunststoffverpackung erfolgen. Der TAGTEC - Marker ist dabei entsprechend robust und somit temperatur- und druckresistent. Die TAGTEC - Marker - Partikelgröße liegt dabei bei wenigen μm .



TAGTEC
MASTERBATCH
RED EXCITATION
IR SECONDARY
EMISSION



TAGTEC

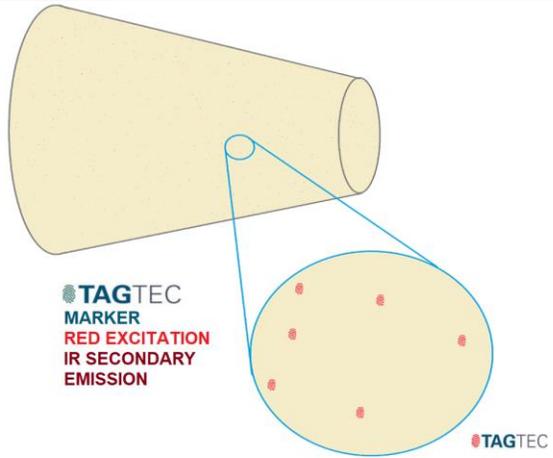
Der hier gezeigte TAGTEC - Marker kann mittels Rotlicht angeregt werden, die Sekundäremission liegt dabei im nahen Infrarotbereich (NIR). Der Marker zeigt phosphoreszierendes Verhalten. Die Dauer des Nachleuchtens dient dabei als Messgröße (TAU).

Neben den Rot anregbaren und im NIR - Bereich antwortenden TAGTEC - Markern gibt es Marker, die im UVA - Bereich angeregt werden können und eine zeitverzögerte optischen Antwort im sichtbaren Wellenlängenbereich liefern. Des Weiteren gibt es Marker, die sich mit Blaulicht anregen lassen (die zeitverzögerte optische Antwort liegt dann beispielsweise im grünen Bereich) und dann gibt es noch die NIR - anregbaren Marker, deren zeitverzögerte optische Antwort ebenfalls im NIR - Bereich liegt. Geringste Markermengen reichen dabei aus, damit die Kunststoffverpackung sowie Teile der Kunststoffverpackung (Flakes, Pellets) zuverlässig von der jeweiligen Sensorik erkannt werden können.

LUMI-STAR - TECHNOLOGY:
INDIVIDUAL RECOGNITION AND TRACKING



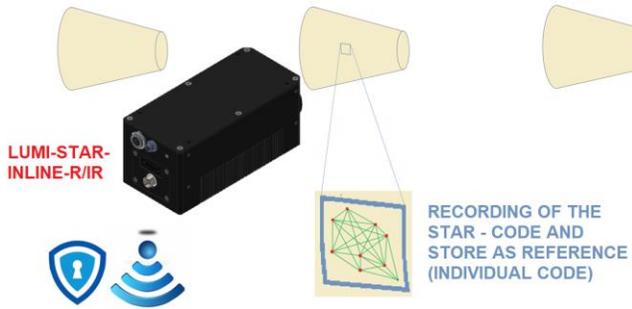
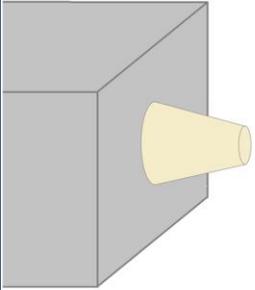
LUMI-STAR-INLINE-R/IR



TAGTEC



EXTRUDER

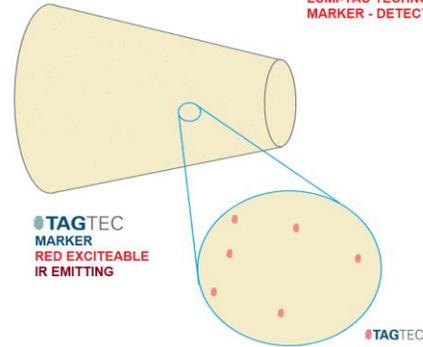


LUMI-STAR-INLINE-R/IR



RECORDING OF THE STAR - CODE AND STORE AS REFERENCE (INDIVIDUAL CODE)

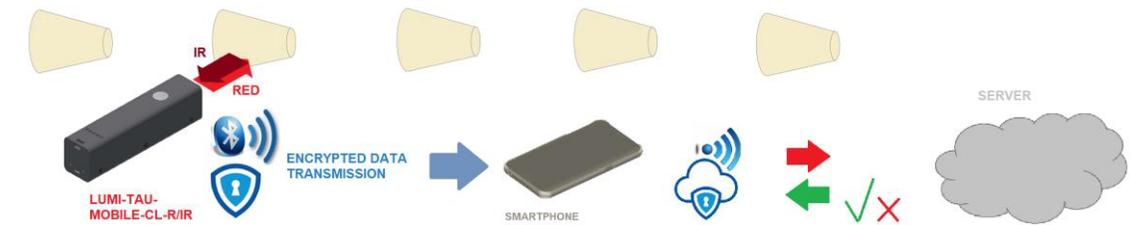
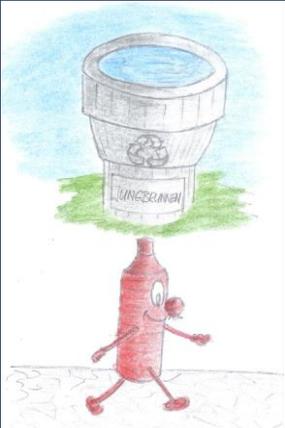
LUMI-TAU TECHNOLOGY:
MARKER - DETECTION



TAGTEC



LUMI-TAU-MOBILE-CL-R/IR

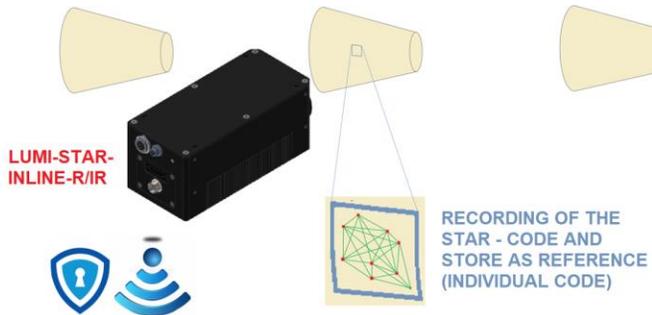
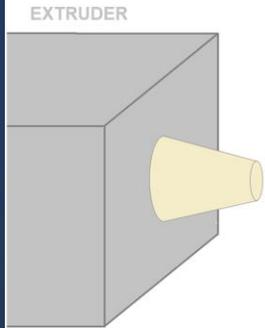
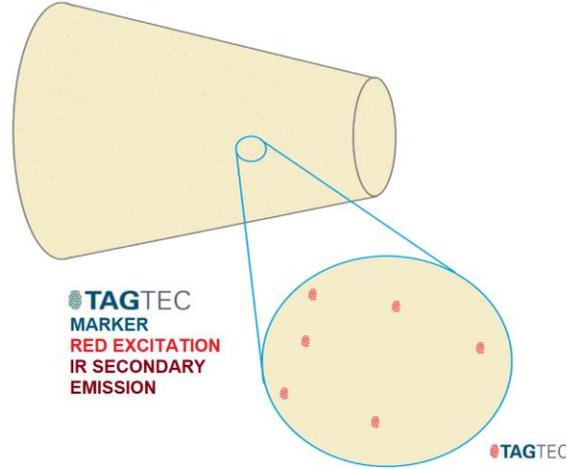


LUMI-TAU-MOBILE-CL-R/IR

SMARTPHONE

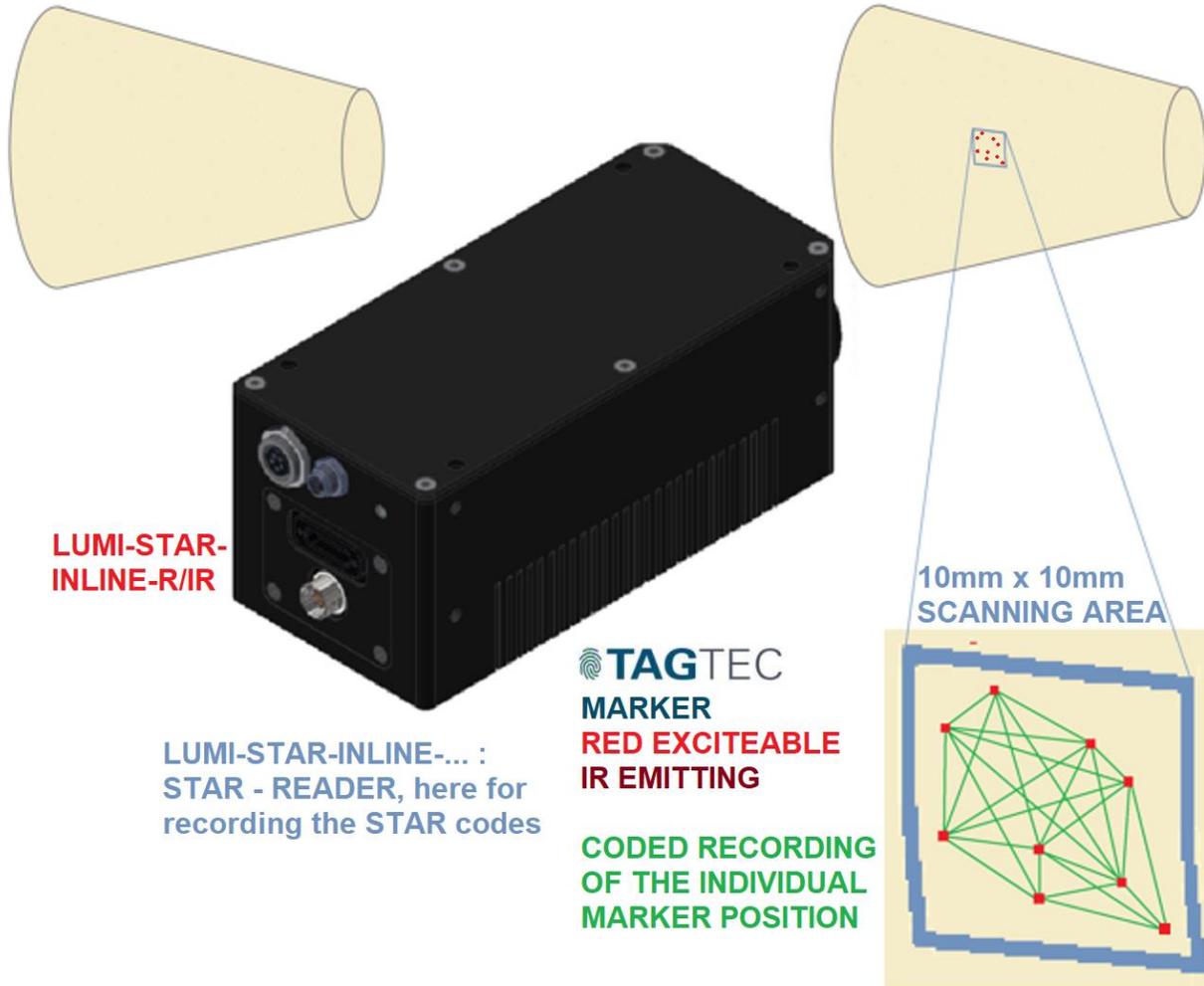
SERVER

LUMI-STAR - TECHNOLOGY:
INDIVIDUAL RECOGNITION AND
TRACKING

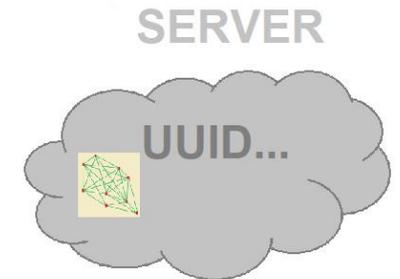


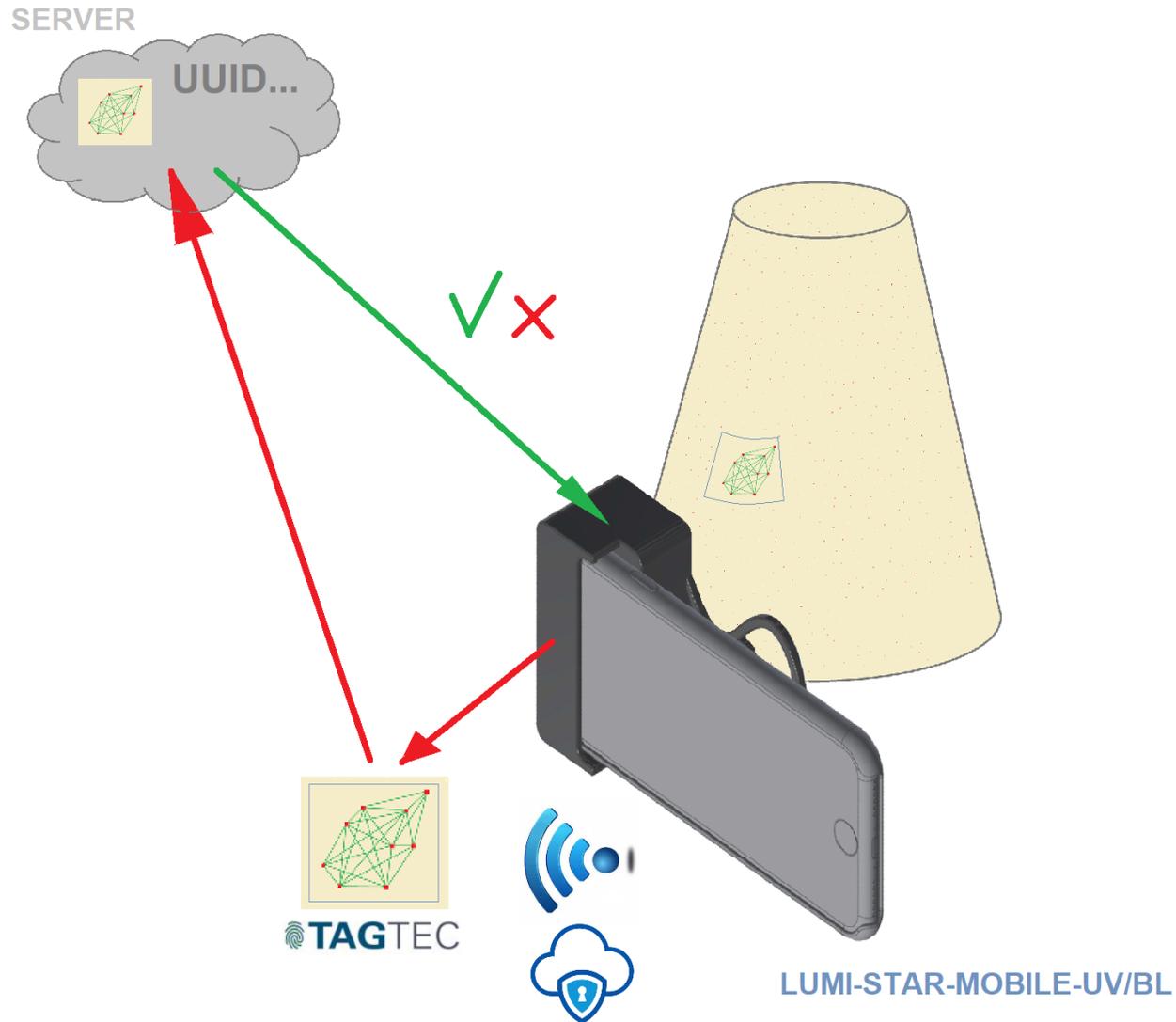
Neben der durch den jeweiligen TAGTEC - Marker definierten Kennzeichnung der Gruppenzugehörigkeit, besteht nun auch die Möglichkeit, den Kunststoff nach dem Spritzgussvorgang mittels STAR - Technologie einen individuellen Code (den sog. STAR - Code) zu generieren. Während der Beleuchtung einer bestimmten Fläche (ca. 10mm x 10mm) auf der Verpackung, mit Licht der passenden Anregungswellenlänge, werden die TAGTEC - Markerpartikel zum Fluoreszieren angeregt und bilden dabei ein individuelles "Sternmuster". Die Konstellation der leuchtenden Partikel wird dabei in kodierter Form im System je Kunststoffverpackung als Referenz hinterlegt. Üblicherweise werden neben der sog. UUID (Universally Unique Identifier) weitere Daten wie Datum, Uhrzeit, Geodaten, Maschinendaten sowie Produktionsdaten im System hinterlegt. Bei späterer Abfrage kann nun die UUID der Kunststoffverpackung mittels des LUMI-STAR Systems eindeutig wiedererkannt werden.

LUMI-STAR - TECHNOLOGY: INDIVIDUAL CAPTURE



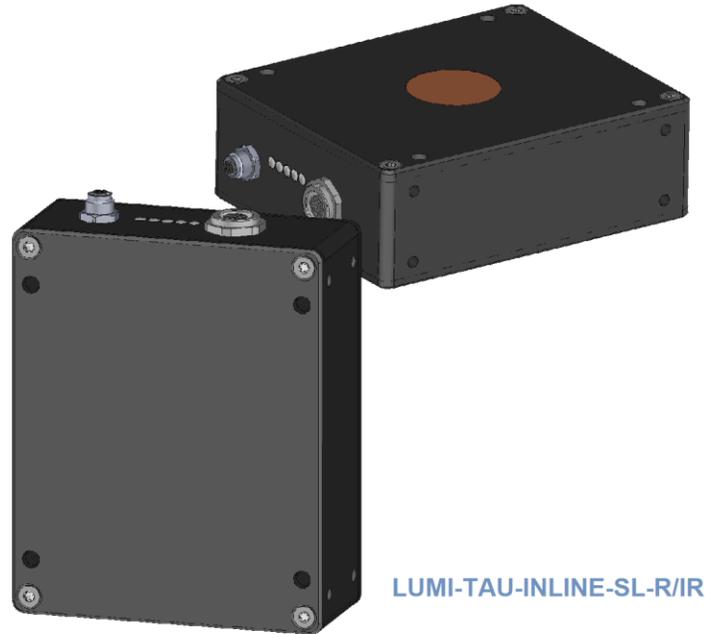
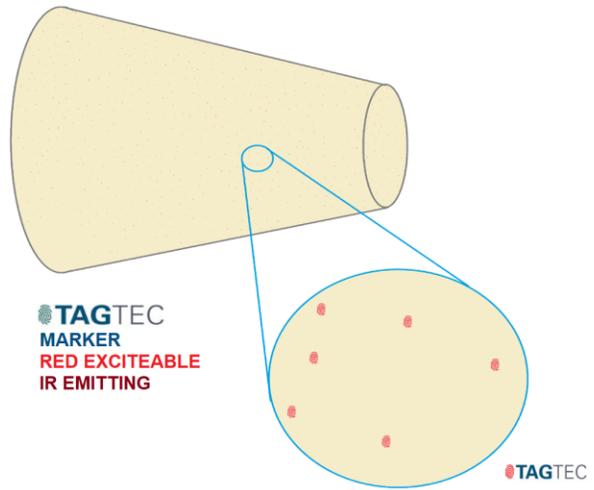
Wenige fluoreszierende Partikel in einer Fläche von 10mm x 10mm reichen aus, um einen eindeutigen individuellen Code zu generieren. Die Partikelkonstellation (Partikel - Code) wird mittels LUMI-STAR-INLINE-... verschlüsselt via LAN an einen Server vermittelt und dort als Referenz abgespeichert -> Partikel - Code Aufnahme.





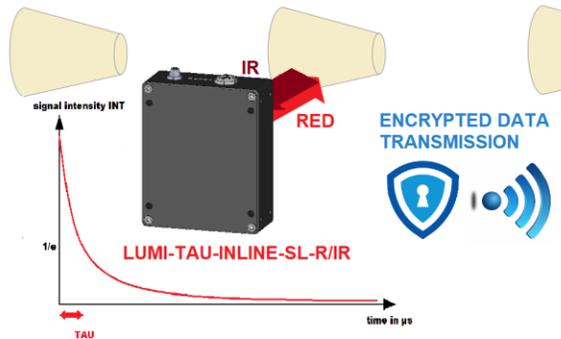
Eine Erfassung des STAR - Codes kann mit Hilfe der LUMI-STAR-MOBILE-... Geräte auch mobil erfolgen. Die Sensorik ist zu diesem Zweck als Schale konzipiert worden und ermöglicht dadurch die Aufnahme eines Smartphones. Mittels Bildverarbeitungseinheit des Smartphones kann nun eine Aufnahme des STAR - Codes an der Stelle der Verpackung erfolgen, an der ursprünglich, während der Produktion der Kunststoffverpackung, der Referenz - Code mittels LUMI-STAR-INLINE-... aufgezeichnet wurde. Der STAR - Code inkl. Geo - Daten, Datum und Uhrzeit wird anschließend via WLAN verschlüsselt an den dafür vorgesehenen Server weitergeleitet. Dieser prüft den STAR - Code und sucht nach der Referenz, dem sogenannten digitalen Zwilling. Bei Übereinstimmung erfolgt ein entsprechender Eintrag in die Lieferkettensoftware, ansonsten eine Fehlermeldung.

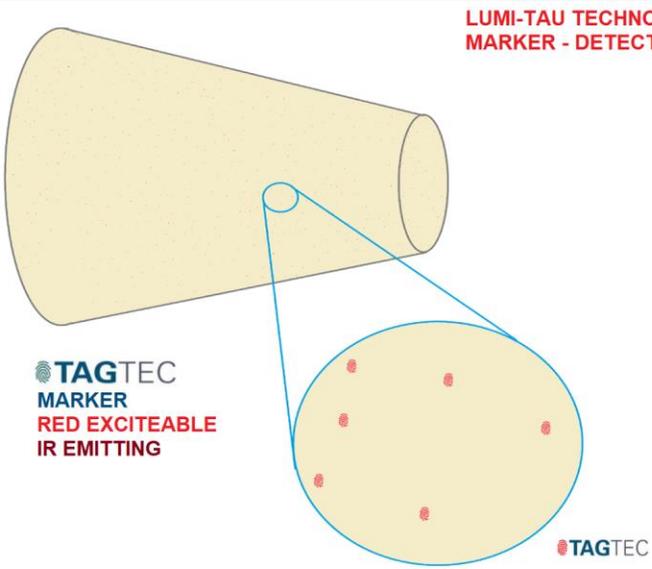
LUMI-TAU TECHNOLOGY:
MARKER - DETECTION



Während der Produktion der Kunststoffverpackungen kann mittels der TAU-Reader LUMI-TAU-INLINE-SL-R/IR inline überprüft werden, ob der richtige TAGTEC - Marker in der passenden Konzentration verwendet wird. Sowohl der TAU - Wert (die Abklingzeitkonstante des Response - Signals) als auch der Intensitätswert des Signals können dabei gemonitort werden, fehlerhaft produzierte Objekte können dadurch quasi in Echtzeit aussortiert werden. Des Weiteren können die Daten verschlüsselt an eine Software zur Lieferkettenüberwachung weitergegeben werden. Mittels Blockchain - Technologie kann dann bei Bedarf die Produktgruppe über den gesamten Lebenszyklus verfolgt werden.

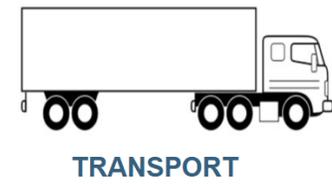
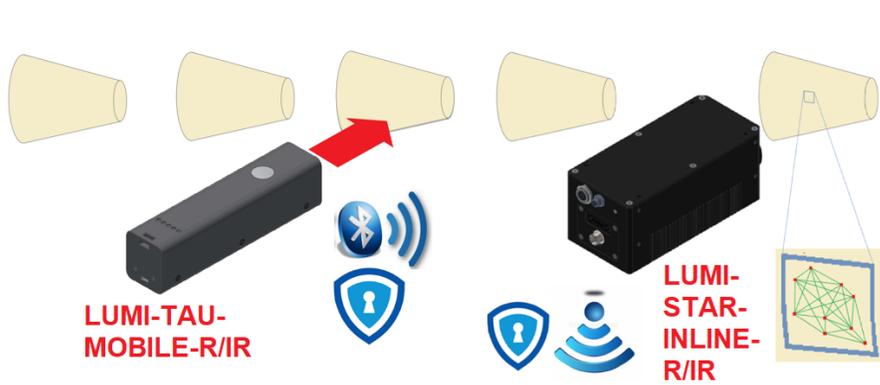
EXTRUDER





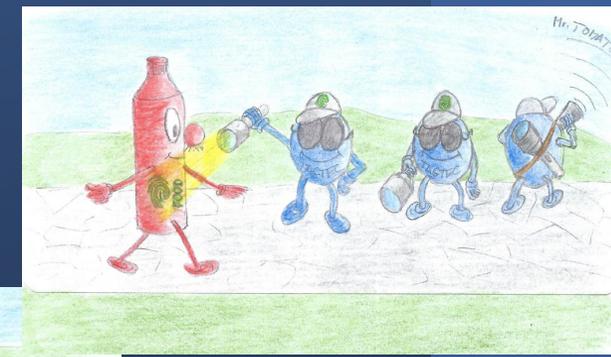
Die für den TAGTEC - Marker charakteristische physikalische Größe kann nun ebenfalls mit Hilfe der mobilen Einheit LUMI-TAU-MOBILE-... erfasst werden. Das mobile Gerät kann die Messdaten Zeitkonstante (TAU) und Signalintensität (INT) zusammen mit den Geo - Daten, dem Datum und der Uhrzeit verschlüsselt via Bluetooth über ein Smartphone an den Server übergeben, dessen Software u.a. die Lieferkette überwacht. An die APP des Smartphones erfolgt dann eine Rückmeldung vom Server, dass die Lieferkette bis dahin korrekt eingehalten oder eben nicht eingehalten wurde.

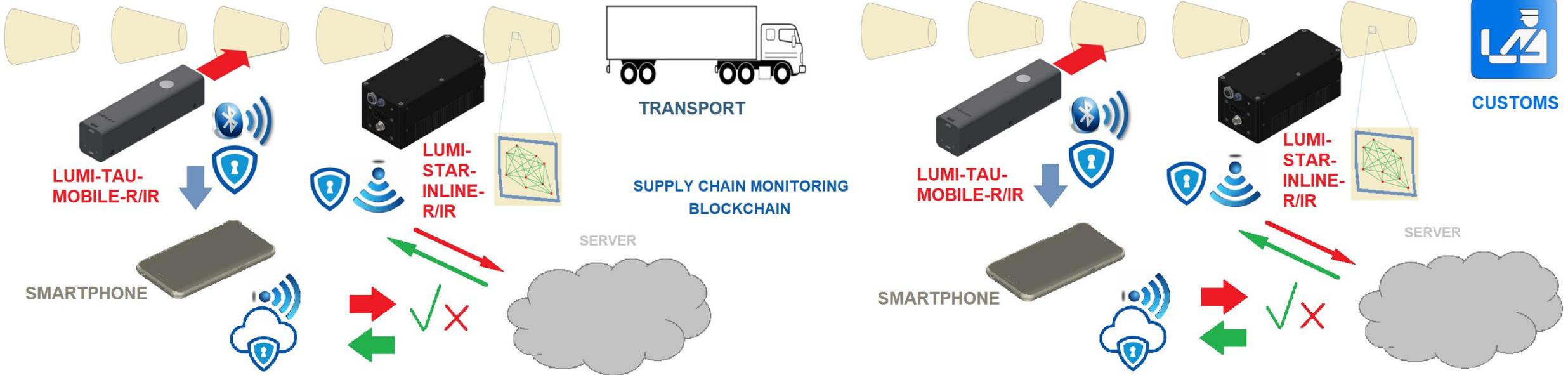




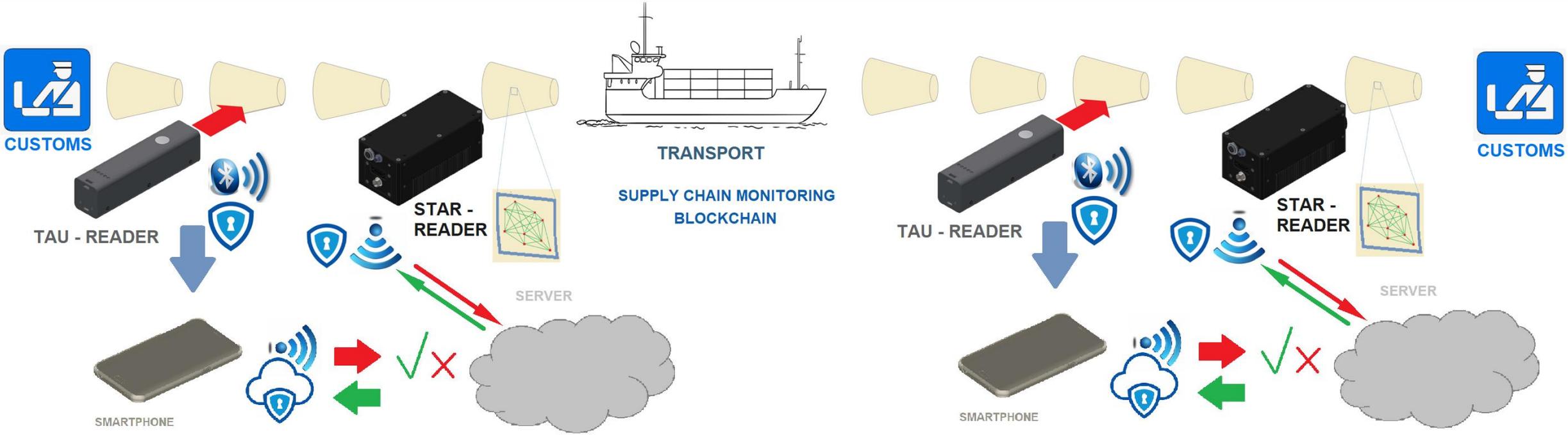
SUPPLY CHAIN MONITORING
BLOCKCHAIN

SUPPLY CHAIN MONITORING
BLOCKCHAIN





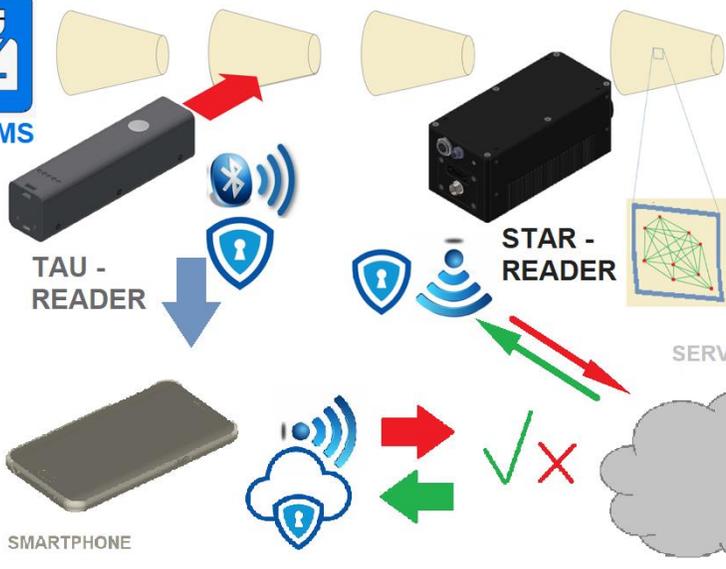
An den einzelnen Stellen der Lieferkette kann nun eine Kontrolle mittels INLINE bzw. MOBILE - Geräten erfolgen. Mit Hilfe der TAU - Geräte kann dabei der Gruppencode überwacht werden, während die STAR - Geräte einen individuell auf das jeweilige Objekt zutreffenden Code ermitteln.



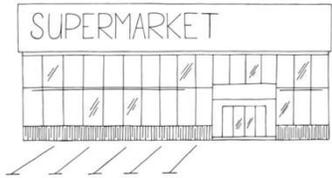
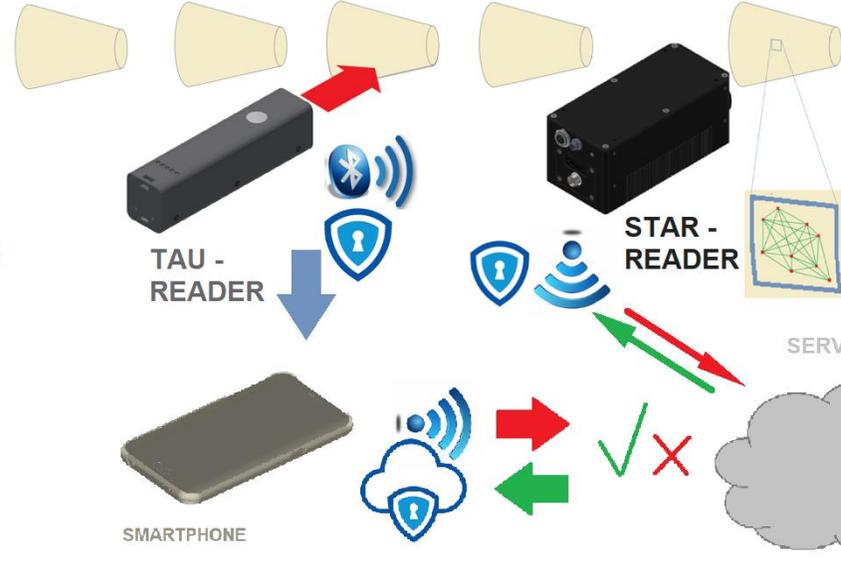
Mit Hilfe der Blockchain - Technologie können nun an den einzelnen Kontrollstellen die jeweils relevanten Daten abgefragt werden. Ein Fehler in der Kette kann sofort erkannt werden.



CUSTOMS

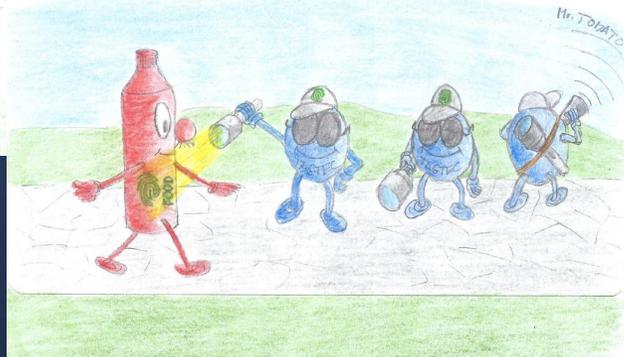
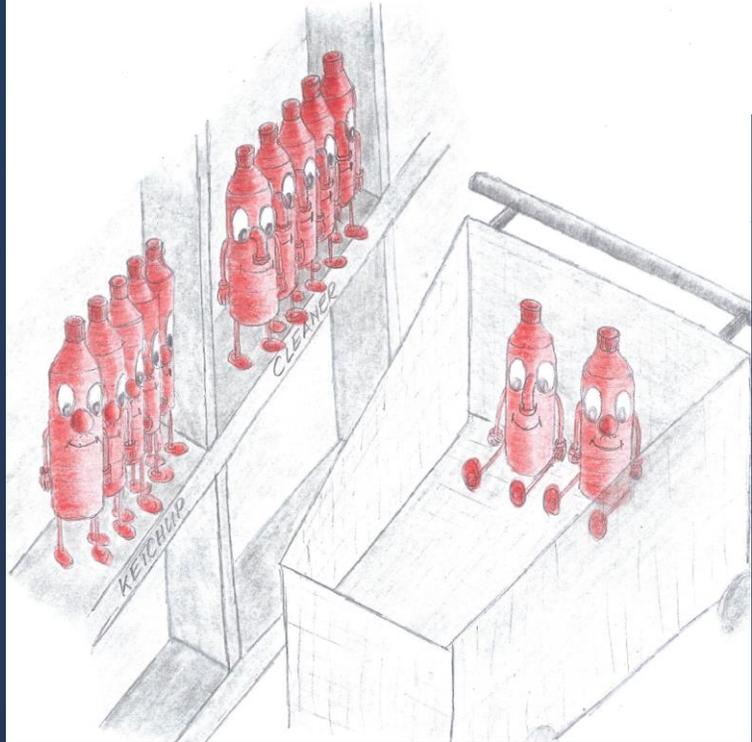
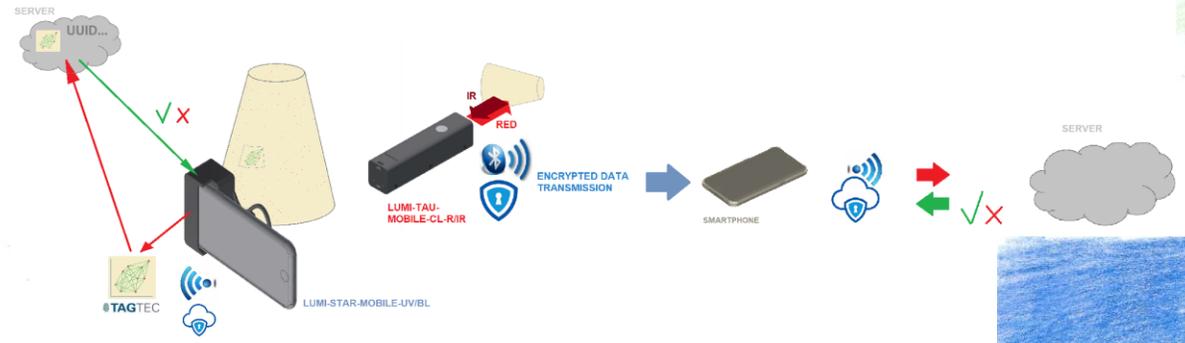
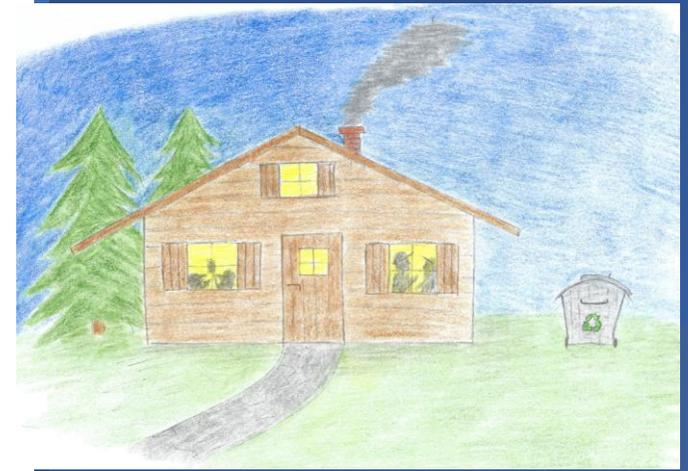
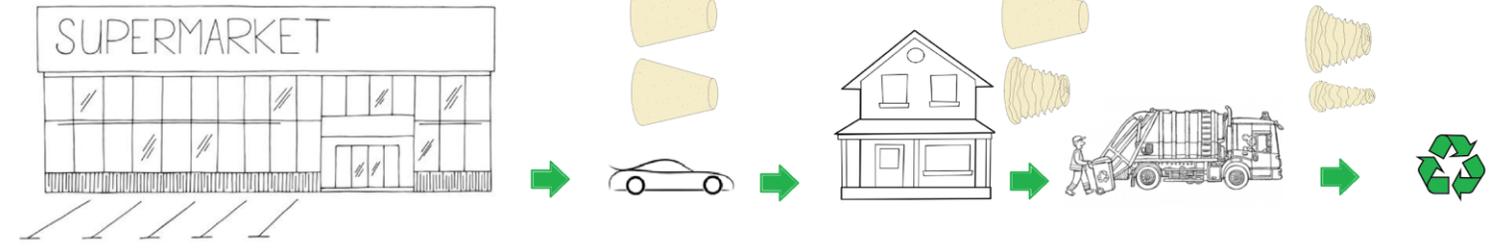


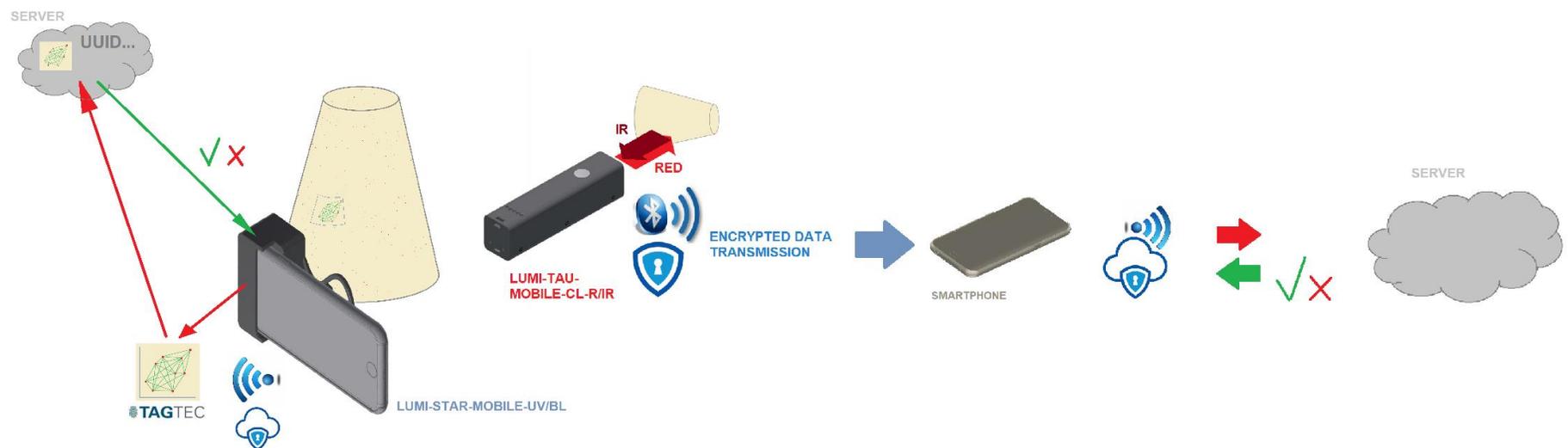
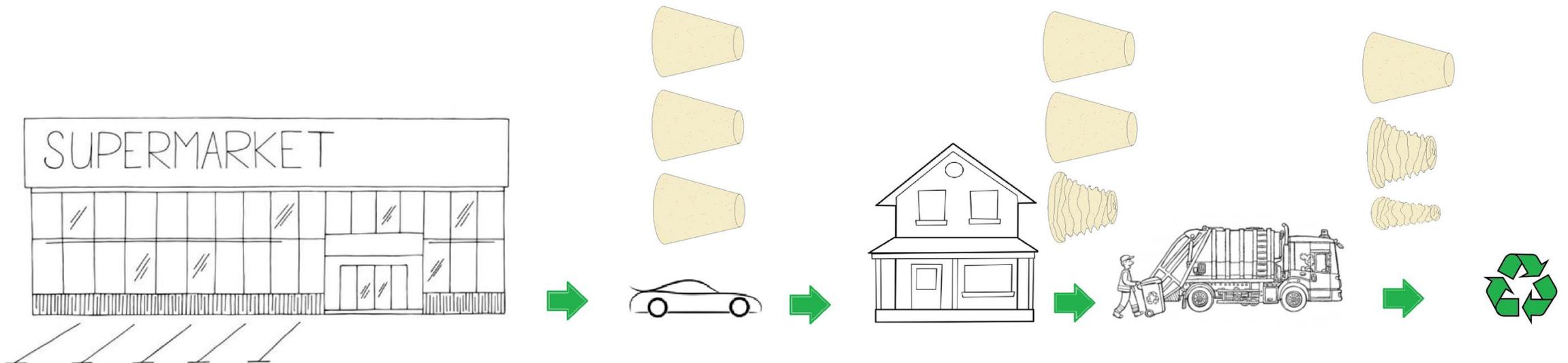
WAREHOUSE
SUPPLY CHAIN MONITORING
BLOCKCHAIN



SUPERMARKET

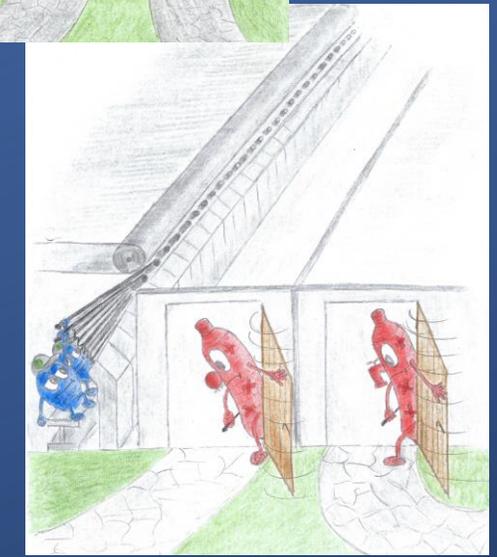
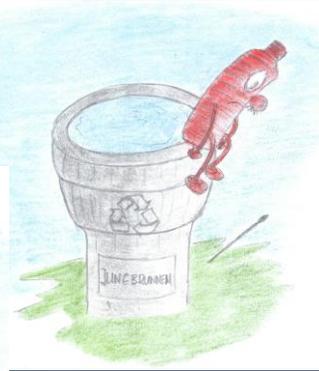
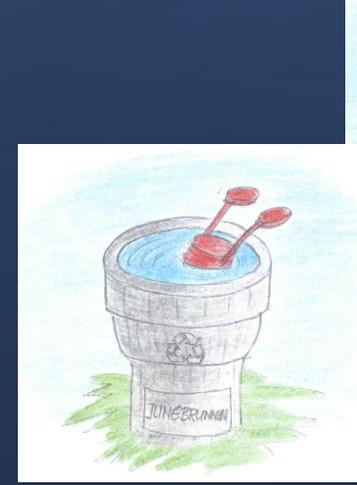
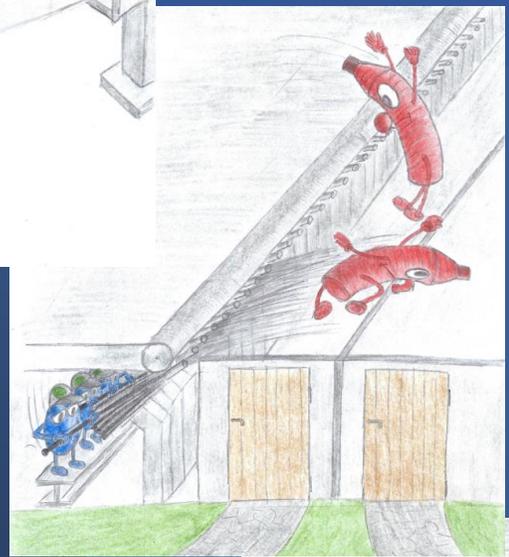
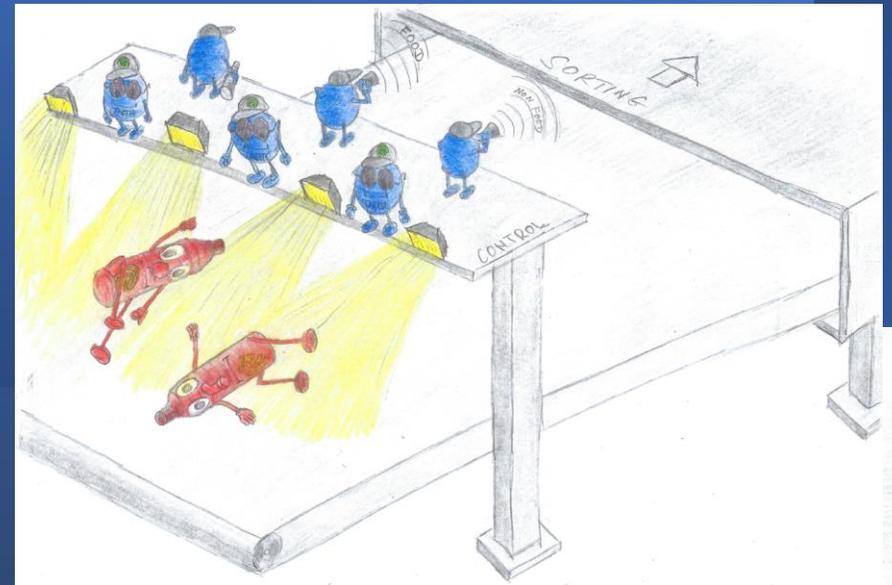
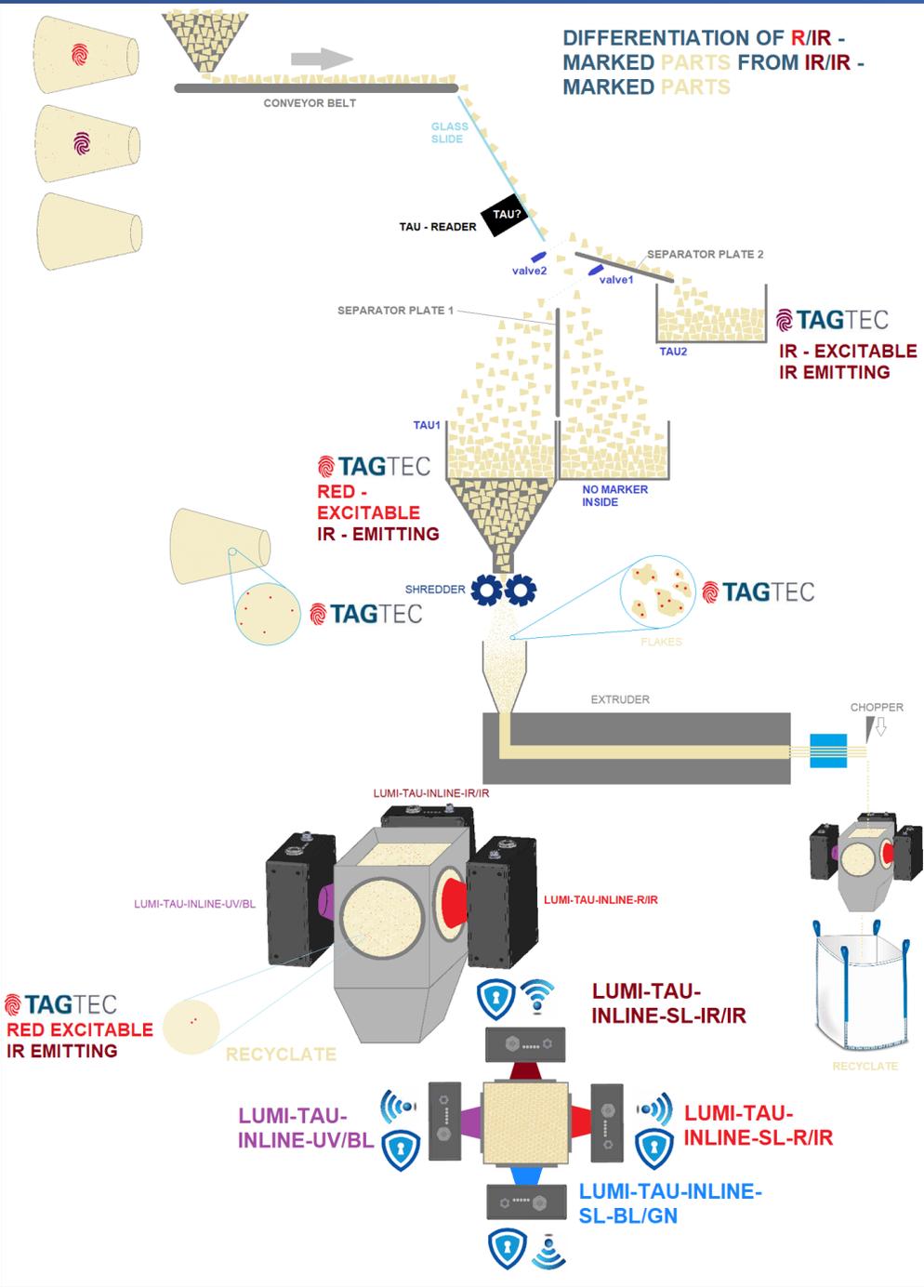
Die Überprüfung der Lieferkette erstreckt sich normalerweise auf den B2B - Warenaustausch, somit endet die Produktverfolgung üblicherweise am B2C - Warenaustausch.

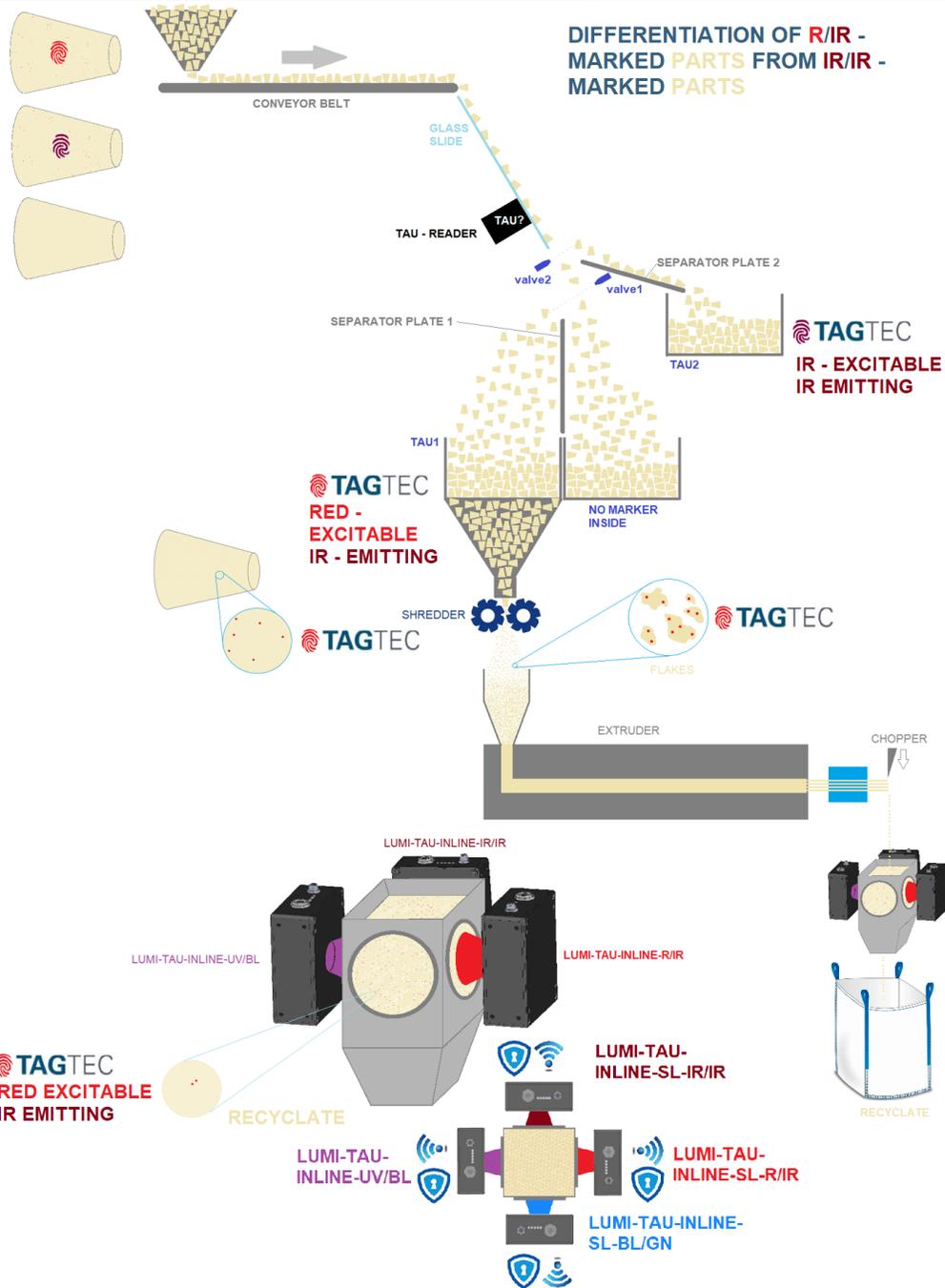




Aber auch im C - Bereich hat der Konsument die Möglichkeit, die Kunststoffverpackung mittels eines mobilen STAR - bzw. TAU - Readers zu kontrollieren.

Die Überprüfung des STAR - Codes endet aber in der Regel bei einer Deformation der Verpackung. Mit dem TAU - Reader können allerdings auch deformierte Verpackungen noch sauber erkannt werden.

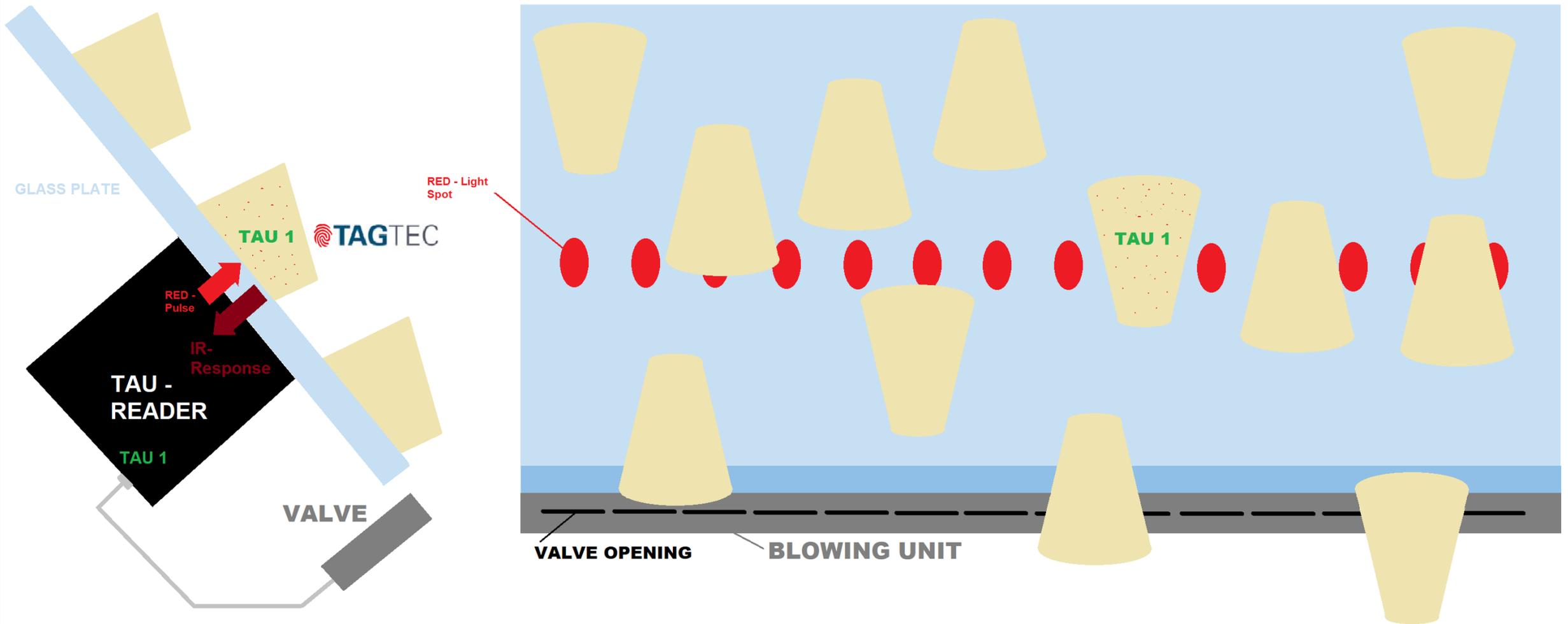




Die von den Konsumenten vorsortierten Kunststoffverpackungen werden nun im Anschluss im Recyclingbetrieb zunächst nach Farbe sortiert und anschließend mittels NIR - Sensorik bzw. NIR - Spektralzeilenkamerasystem nach Kunststoffart (PP, PE, PET, PVC, HDPE, ...) unterschieden und anschließend sortiert. Je System werden dabei üblicherweise drei Fraktionen getrennt. Damit eine vollständige Produktstromtrennung erreicht werden kann, muss auch hierbei kaskadiert vorgegangen werden. Jedes System verfügt dabei über zwei Aussortiereinheiten, aussortiert (zwei Einheiten je System) wird mit Blasluftventilleisten, deren Ventile gezielt, nach Erkennen der jeweiligen Kunststoffart, angesteuert werden. Je System sortieren Ventile der Blasluftleiste lokal typischerweise unter 90° zum Produktstrom aus, während eine zweite Leiste genau entgegengesetzt (also unter -90°) die erkannten Objekte aussortiert. In ähnlicher Weise wird nun nach der Farbsortierung und der Kunststoffartsortierung bei der Trennung nach Einsatzart verfahren. Die bereits nach Farbe und Kunststoffart sortierten Kunststoffverpackungen werden nun in Hinblick auf den Verwendungszweck untersucht und sortiert:

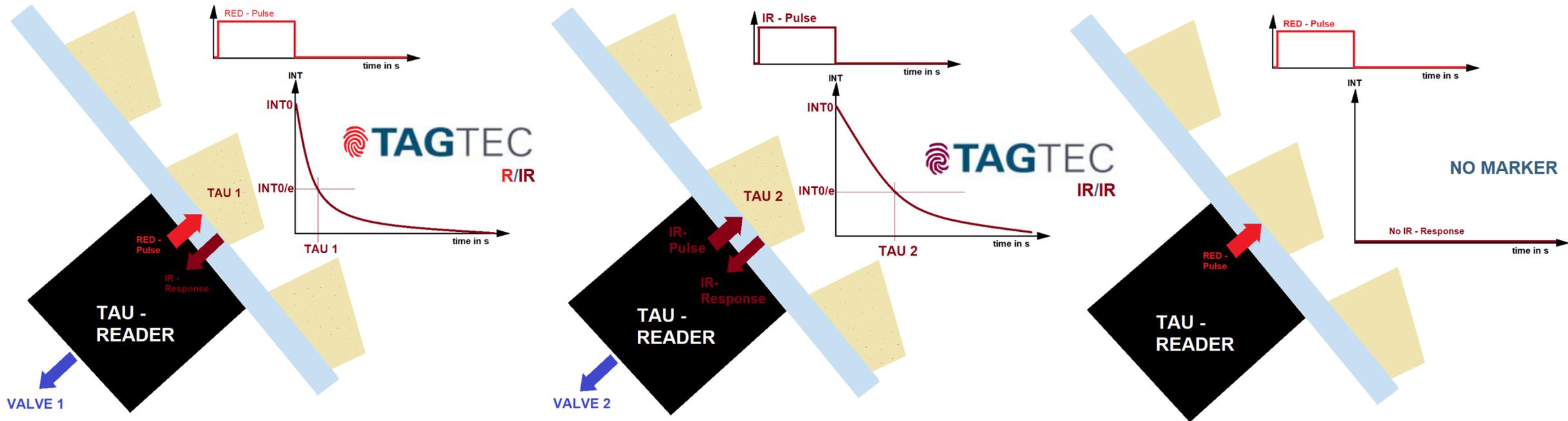
- Nahrungsmittel **TAGTEC** (FOOD)
- Waschmittel **TAGTEC** (DETERGENTS)
- Körperpflege **TAGTEC** (BODY CARE)
- Chemische Spezialprodukte **TAGTEC** (SPECIAL CHEMICAL PRODUCTS)

Je Sortiereinheit können auch hierbei drei Fraktionen getrennt werden. Die Sensorik, der TAU - Reader, kann dabei zwei unterschiedliche **TAGTEC** - Marker erkennen. Die Objekte werden anschließend über zwei Blasluftleisten getrennt. Die jeweiligen **TAGTEC** - Marker reagieren dabei nur auf die jeweilige Anregungslichtquelle, eine Beeinflussung durch die jeweils andere Lichtquelle ist nicht vorhanden. Damit nun eine Trennung der 4 Fraktionen erfolgen kann, müssen die noch nicht detektierten Kunststoffverpackungen durch eine zweite Sortiereinheit, dessen TAU - Reader nach den beiden anderen **TAGTEC** - Markern sucht, geschickt werden (kaskadiertes Verfahren). Nach der Trennung nach Einsatzart werden die Objekte zunächst geschreddert und anschließend im Extrudiervorgang zu Rezyklat verarbeitet. Vor dem Abfüllen des Rezyklats erfolgt abschließend noch eine Überprüfung in Hinblick auf den Anteil der jeweiligen **TAGTEC** - Marker im Rezyklat. Diese Information kann dann auch wieder an die Lieferkettenüberwachung weitergegeben werden.

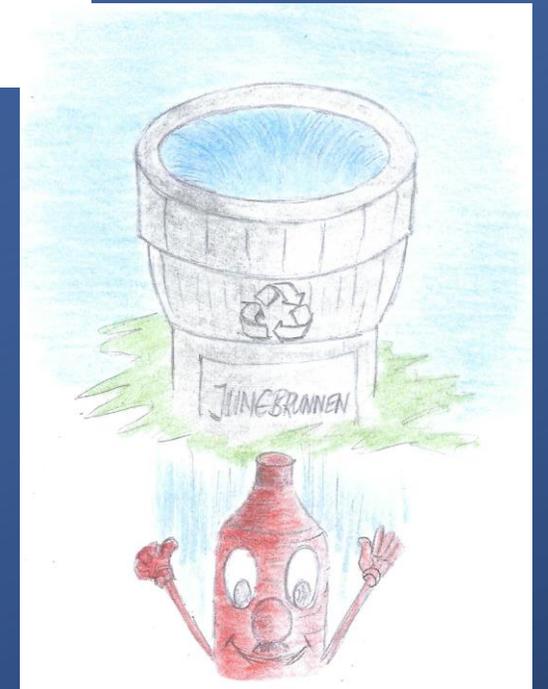
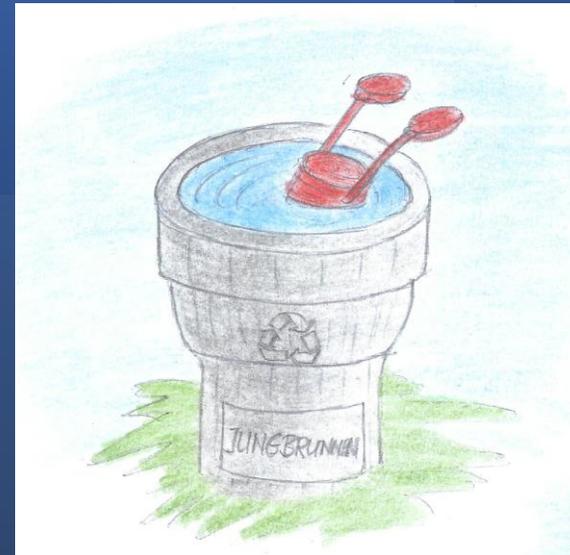
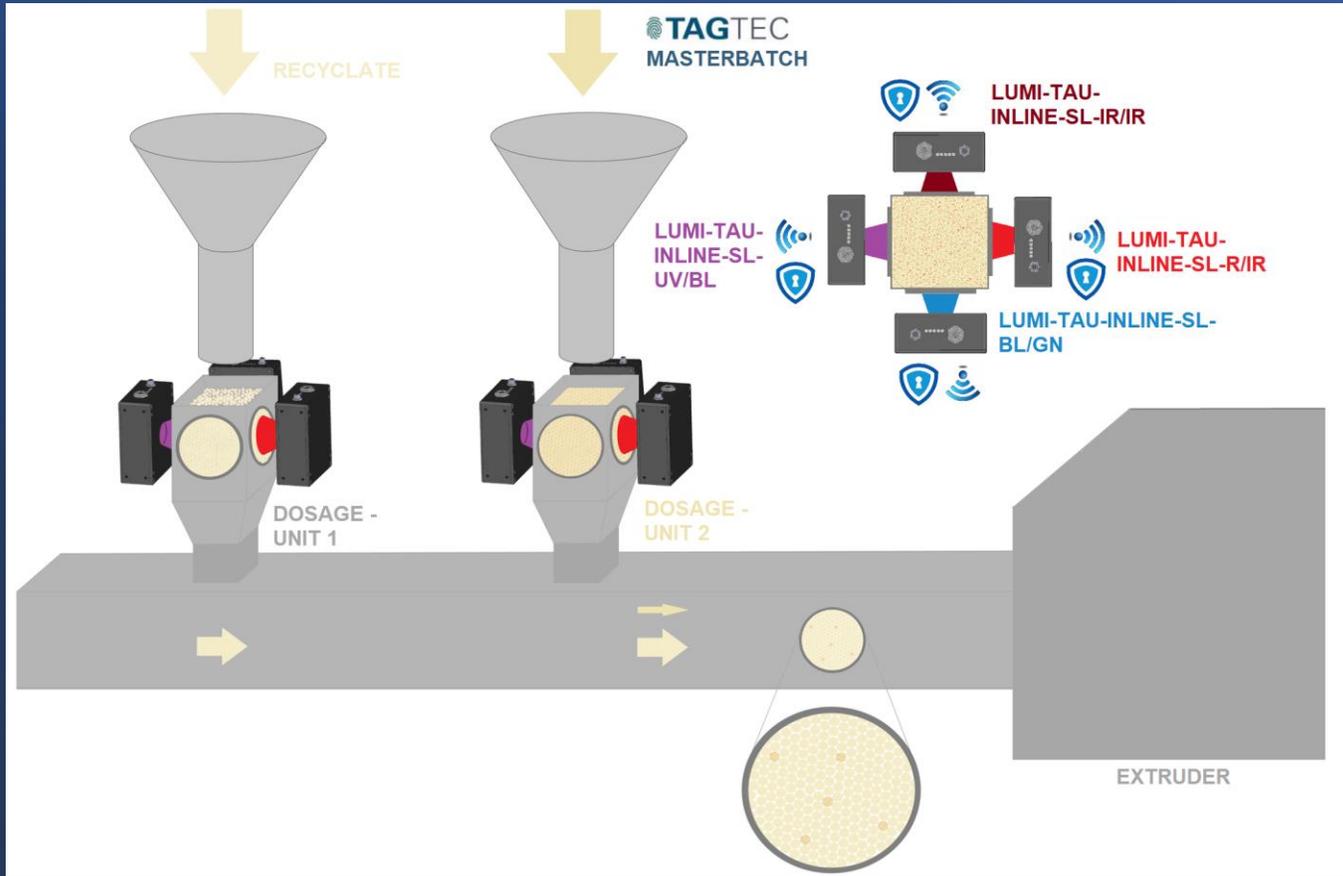


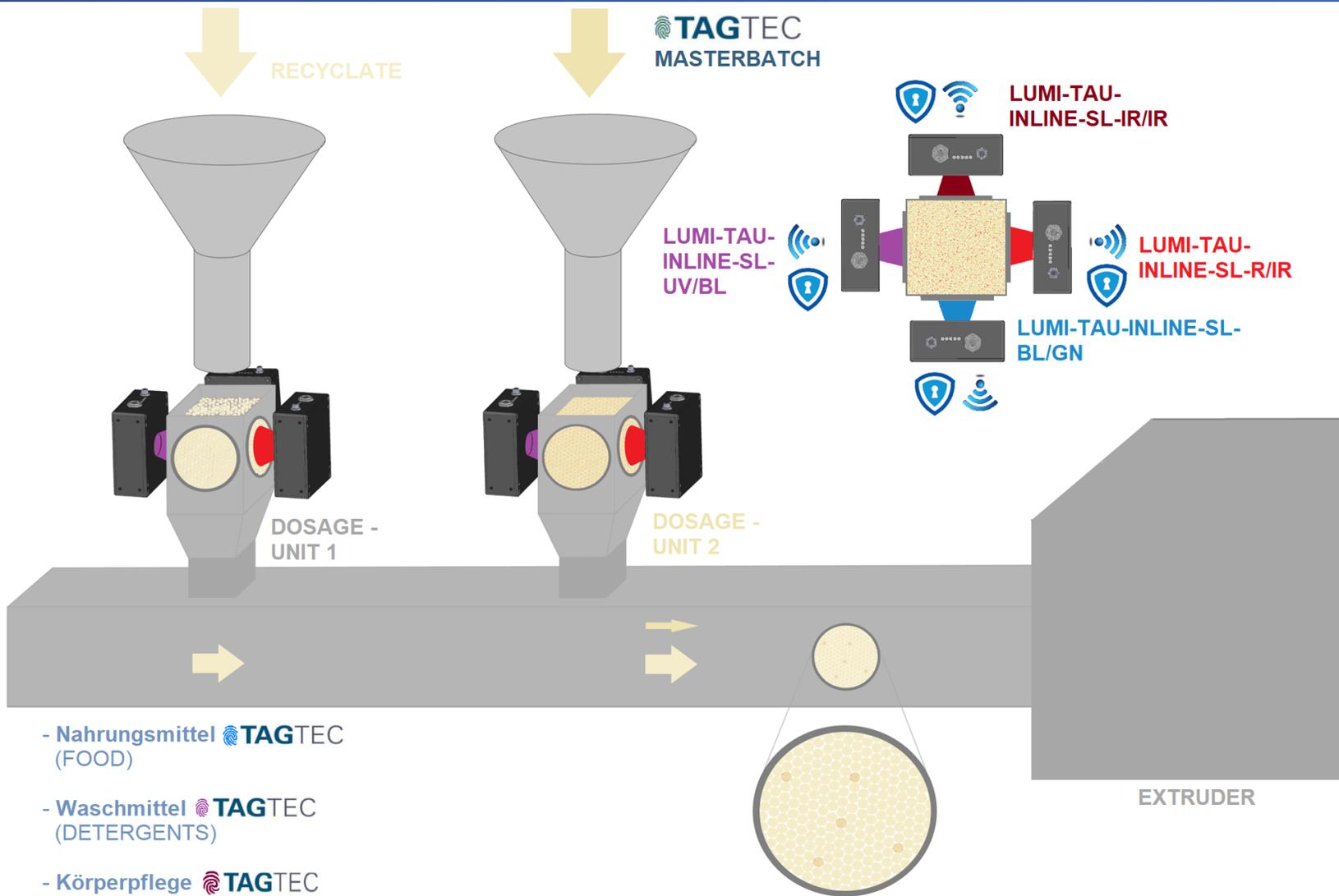
Damit nun eine ausreichende Menge an Kunststoffverpackungen je Zeiteinheit sortiert werden kann, müssen mehrere TAU - Reader nebeneinander angeordnet werden. Zusammen bilden diese dabei eine Detektorlinie. Wird ein Objekt von einem TAU - Reader erkannt, jeder TAU - Reader verfügt dabei über zwei Anregungslichtquellen und kann quasi zeitgleich zwei **TAGTEC** - Marker erkennen, werden zeitverzögert die dem jeweiligen TAU - Reader zugeordneten Ausblasventile aktiviert, die detektierte Kunststoffverpackung wird somit entsprechend vom Produktstrom aussortiert.

LUMI-TAU TECHNOLOGY: MARKER - DETECTION



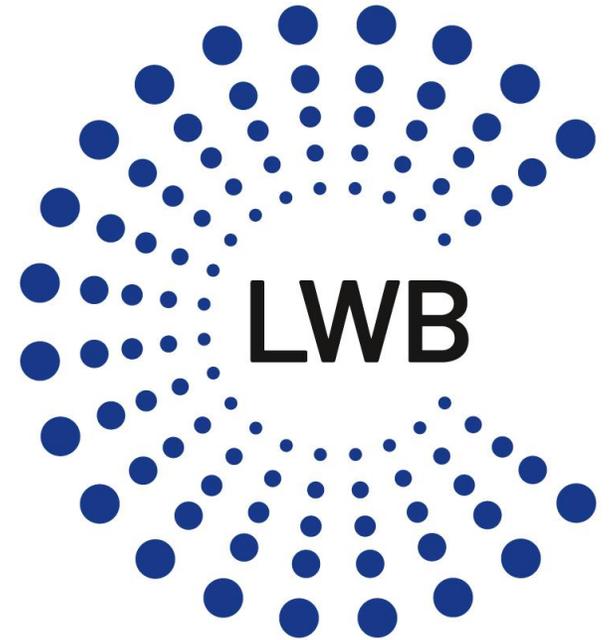
Um eine gegenseitige Beeinflussung der TAGTEC - Marker zu vermeiden, werden TAGTEC - Marker verwendet, die sich gegenseitig nicht beeinflussen können. Das wird mit Hilfe von TAGTEC - Markern erreicht, die auf unterschiedlichen Anregungswellenlängen reagieren, im restlichen Wellenlängenbereich allerdings keine Signalantwort (keine Sekundäremission) liefern. Die Zeitkonstante (Abklingzeit der Signalantwort) ist dabei ein weiterer Indikator für den jeweiligen TAGTEC - Marker.





Von Pellet zu Pellet:
 Nun schließt sich der Kreislauf, anstatt "Virgin"- Granulat kann nun Rezyklat verwendet werden. Mittels der beiden Dosiereinheiten kann nun der für die jeweilige Kunststoffverpackung vorgesehene TAGTEC - Markeranteil eingestellt werden. Beide Dosiereinheiten verfügen dabei über die zur Erfassung der jeweiligen TAGTEC - Markeranteile erforderliche Sensorik. Somit kann auch gezielt nach Restanteilen etwaiger TAGTEC - Marker gesucht werden. Werden beispielsweise FOOD - Kunststoffverpackungen hergestellt, sollte der Anteil an TAGTEC Markern im Rezyklat möglichst hoch sein, während die restlichen TAGTEC - Marker (DETERGENTS, BODY CARE, SPECIAL CHEMICAL PRODUCTS) eine gewisse prozentuale Schwelle nicht überschreiten sollten. Mittels geeignetem Masterbatch wird anschließend die noch fehlende Menge am TAGTEC - Marker (hier im Beispiel TAGTEC) entsprechend ergänzt.

- Nahrungsmittel TAGTEC (FOOD)
- Waschmittel TAGTEC (DETERGENTS)
- Körperpflege TAGTEC (BODY CARE)
- Chemische Spezialprodukte TAGTEC (SPECIAL CHEMICAL PRODUCTS)



Unser Kunststoff findet "mit Sicherheit" seinen Weg - Ihrer auch?



TAGTEC