

A deep-sea anglerfish is shown on the left, its mouth wide open, revealing sharp teeth. A long, thin, glowing blue lure extends from its head towards the right. In the center-right, a clear plastic bottle is shown, appearing to be part of the lure or a separate object. The background is a dark blue, deep-sea environment with some light particles. The text 'Sensor' is written in a stylized, italicized font above the lure, and 'Instruments' is written below it. A bright, starburst light is positioned between the two words.

*Sensor*

*Instruments*

Wie lässt sich vermeiden,  
dass Kunststoff ins Meer gelangt?

---

Lieferkettenkontrolle mit Hilfe von phosphoreszierenden Markern

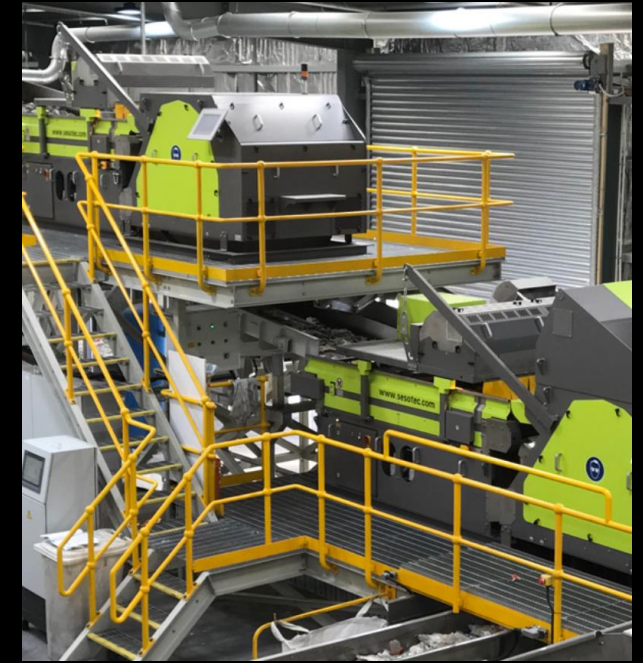
# Wie gelangt der Kunststoff eigentlich ins Meer?

---

Etwa 80% der Kunststoffabfälle, die ins Meer gelangen, stammen aus den Flüssen. Das ist auch mit der Grund, warum die meisten Initiativen darauf ausgerichtet sind, den Plastikabfall bereits vor Erreichen der Meere abzufangen. Andere, meist lokale Umweltorganisationen, konzentrieren sich wiederum auf das Entmüllen der Strände von angeschwemmten oder weggeworfenen Kunststoffartikeln.

Das Einsammeln von Kunststoffabfällen auf offener See ist hingegen eine große technische Herausforderung. Dabei gibt es verschiedene Initiativen, um diese Plastikmüllansammlungen, wie beispielsweise den sog. Great Pacific Garbage Patch, aufzulösen. Verglichen mit der Menge an Kunststoffabfällen, die aus den Flüssen gefischt wird, ist dieser Anteil jedoch noch relativ gering.



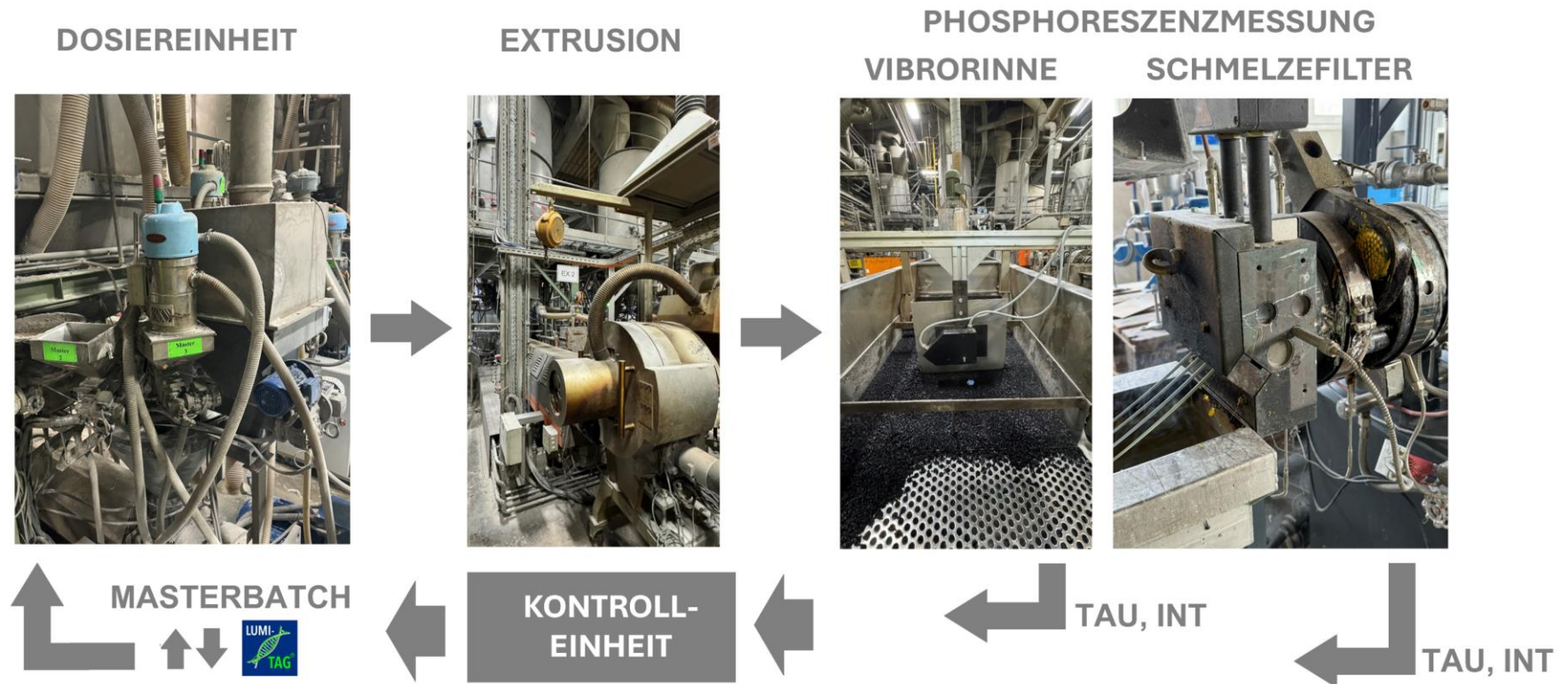


## Vom Einsammeln und der Aufbereitung von Kunststoffabfällen hin zur Produktion von Rezyklaten

Nach dem Einsammeln des Plastikmülls geht es, unter Einhaltung der Lieferkettenkontrolle, weiter zum Recyclingunternehmen. Der Ablauf ist hierbei vergleichbar mit der üblichen Kunststoffmüllweiterverarbeitung: Vorsortierung, Schreddern, Waschen, Trocknen und Feinsortierung der Flakes, bevor diese schlussendlich in den Extruder gelangen.

# Das Extrusionsverfahren

Eine zuverlässige Methode, um zu erkennen, ob ein Rezyklat tatsächlich aus Kunststoffabfällen gefertigt wurde, die aus dem Meer, aus dem Fluss oder aber vom Strand stammen, ist das sog. markerbasierte Verfahren. Dabei wird ein Masterbatch, das über einen lumineszierenden anorganischen Marker verfügt, mit Hilfe einer Dosiereinheit hinzugefügt. Die Dosiermenge kann dabei über eine geeignete Sensorik ermittelt und über ein Kontrollsystem geregelt werden. Angebracht wird die Sensorik dabei im Extruder, unmittelbar nach dem Schmelzefilter, oder aber auf der Vibrorinne nach der Granulierung.



# MARKER

## Wie funktioniert das nun mit dem Marker?

---

Bei der Auswahl der Marker muss berücksichtigt werden, dass diese den hohen Temperaturen und Drücken in der Extrusionsanlage standhalten. Ferner müssen diese eine signifikante und individuelle Signalantwort liefern, die zudem noch bei äußerst geringer Markerkonzentration bis hinunter in den zweistelligen ppm-Bereich, detektiert werden können. Die Markerpartikelgröße liegt dabei im Bereich von wenigen  $\mu\text{m}$ . Passende anorganische Marker sind in den Masterbatches der Marken TAGTEC sowie LUMI-TAG enthalten.

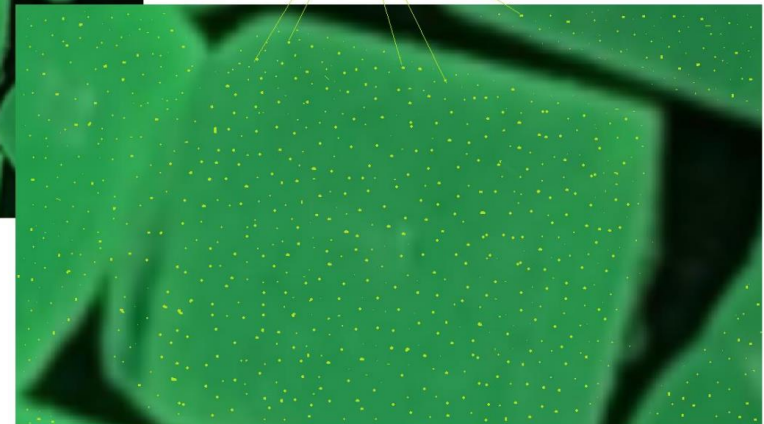
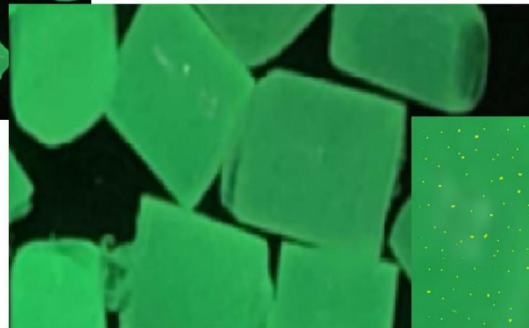
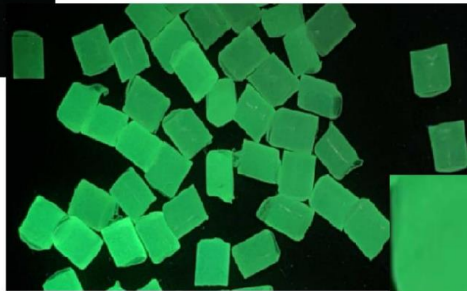
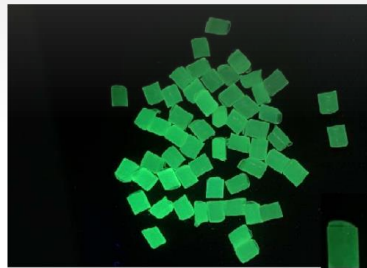


# Der fluoreszierende bzw. phosphoreszierende Marker wird ins Masterbatch integriert



# Für eine homogene Verteilung der Markerpartikel im Masterbatch wird während des Herstellungsprozesses gesorgt

Bei genauerer Betrachtung der Pellets der TAGTEC bzw. LUMI-TAG Masterbatches zeigt sich Folgendes:



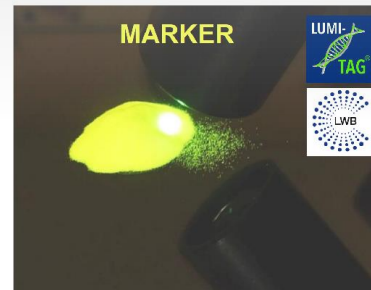
LUMI-TAG  
TAGTEC  
PARTICLES

Zoomt man mit einer Kamera ins TAGTEC bzw. LUMI-TAG Masterbatch (z.B. UV-A anregbar) bis nur noch ein Korn zu sehen ist, so können bei geeigneter Beleuchtung die einzelnen Markerpartikel betrachtet werden. Die Partikelgröße liegt dabei, je nach Produkt, im Bereich von 1µm und 10µm.

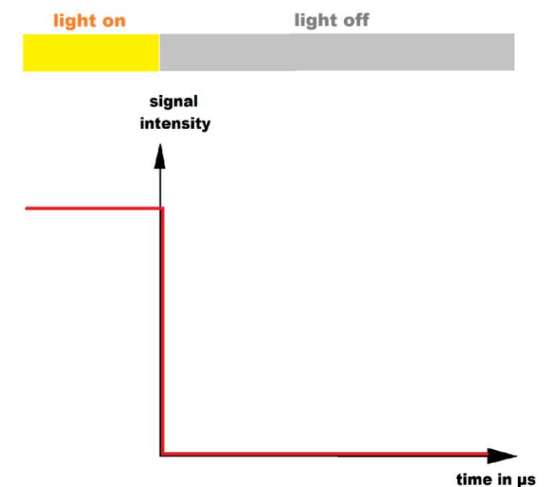
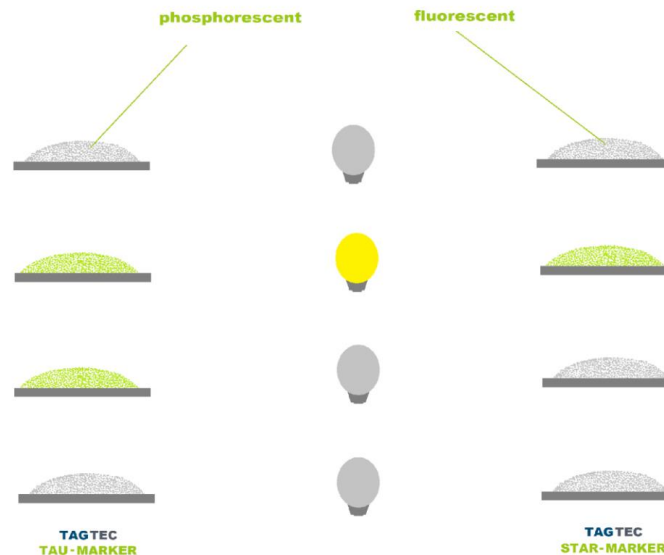
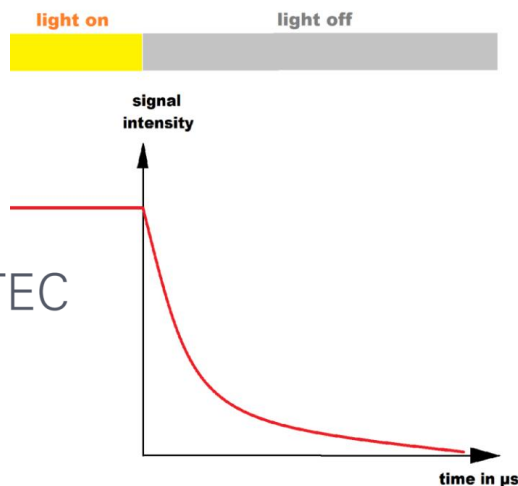


# Fluoreszierende und phosphoreszierende TAGTEC und LUMI-TAG Marker

Das Nachleuchten des **TAGTEC TAU-MARKERS** nach dem Erlöschen der Primärlichtquelle klingt exponentiell ab. Nach ein paar hundert Mikroskunden (abhängig vom jeweiligen **TAGTEC TAU-MARKER**) geht das Nachleuchten gegen Null.



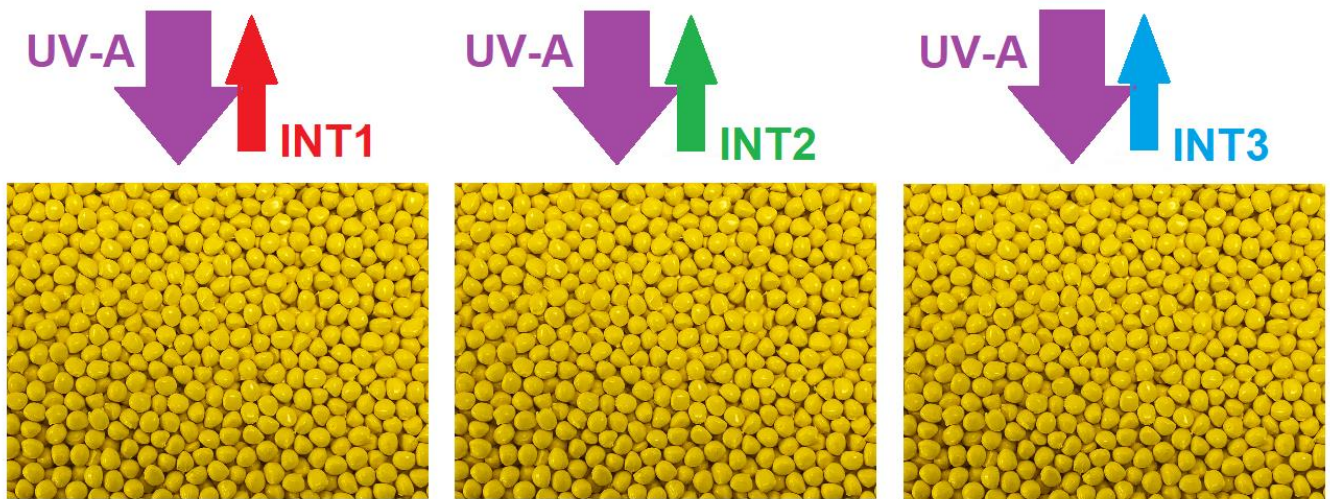
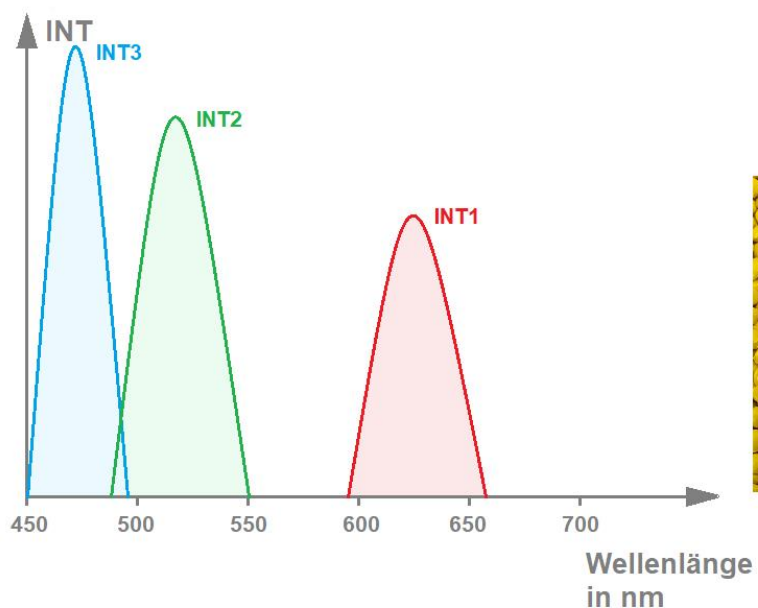
Der **TAGTEC STAR-MARKER** leuchtet nur solange die Primärlichtquelle eingeschaltet ist und erlischt somit unmittelbar nachdem die Anregungslichtquelle ausgeschaltet ist.



# Fluoreszierende TAGTEC und LUMI-TAG Marker

Typischerweise werden fluoreszierende Marker mit UV-A Licht angeregt (es gibt aber auch Marker, die beispielsweise mit blauem Licht angeregt werden). Abhängig vom jeweiligen Markertyp kann bei Anregung ein Leuchten im sichtbaren Wellenlängenbereich beobachtet werden.

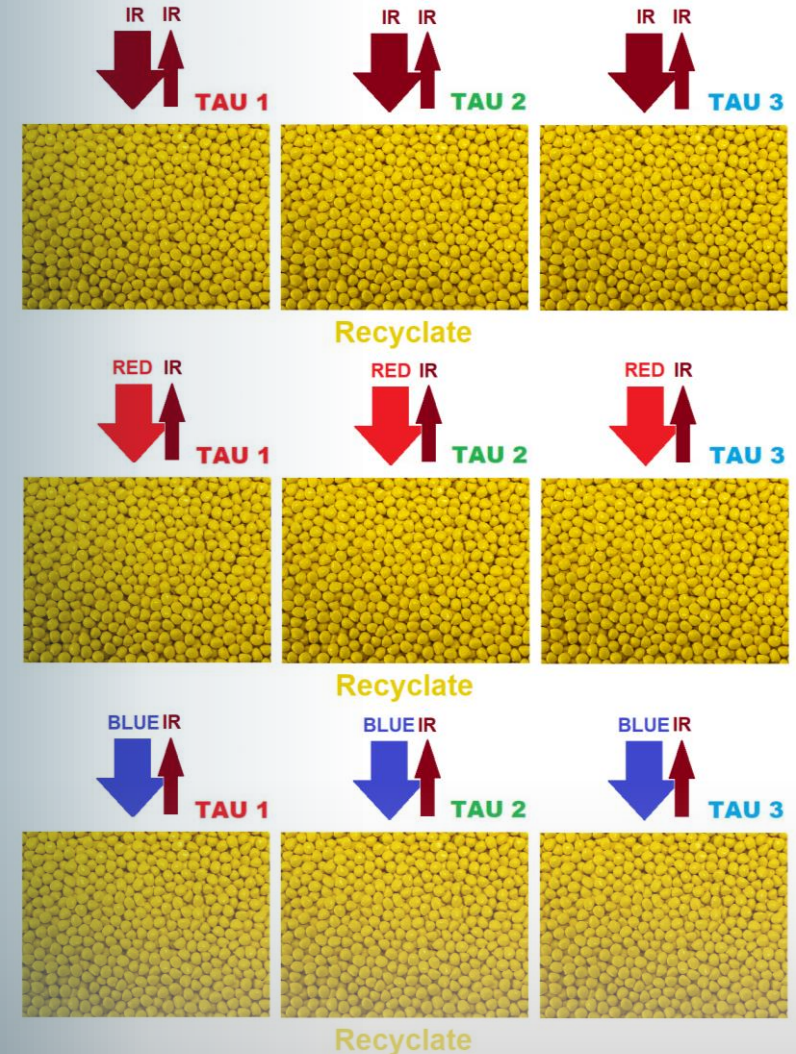
Dieses fluoreszierende Markerverhalten kann mit Detektoren der Firma Sensor Instruments GmbH gemessen werden. Geeignet hierfür sind beispielsweise der SPECTRO-3-30-UV/BL-MSM-ANA oder der SPECTRO-T-1-200-UV/BL.



Recyclate

# Beispiele von phosphoreszierenden Markern

Zur Anregung kann, je nach Markertyp, UV-A-, sichtbares oder aber auch IR-Licht verwendet werden. Üblicherweise werden in der Praxis Marker eingesetzt, die sich im IR-Bereich anregen lassen. Daneben werden aber auch Marker verwendet, die sich im roten bzw. blauen oder aber im UV-A-Wellenlängenbereich anregen lassen.



Die Abklingzeit (definiert durch die Zeitkonstante TAU) ist dabei signifikant für den jeweiligen Marker. Eine Mischung, z.B. eines IR- und rot-anregbaren Markers, ist somit auch denkbar, da es hierbei, bedingt durch die unterschiedlichen Anregungswellenlängen, zu keiner gegenseitigen Beeinflussung kommt. Mit der LUMI-TAU-INLINE und der LUMI-TAU-MOBILE Serie können dabei die Zeitkonstante und die Intensität der Phosphoreszenz ermittelt werden.

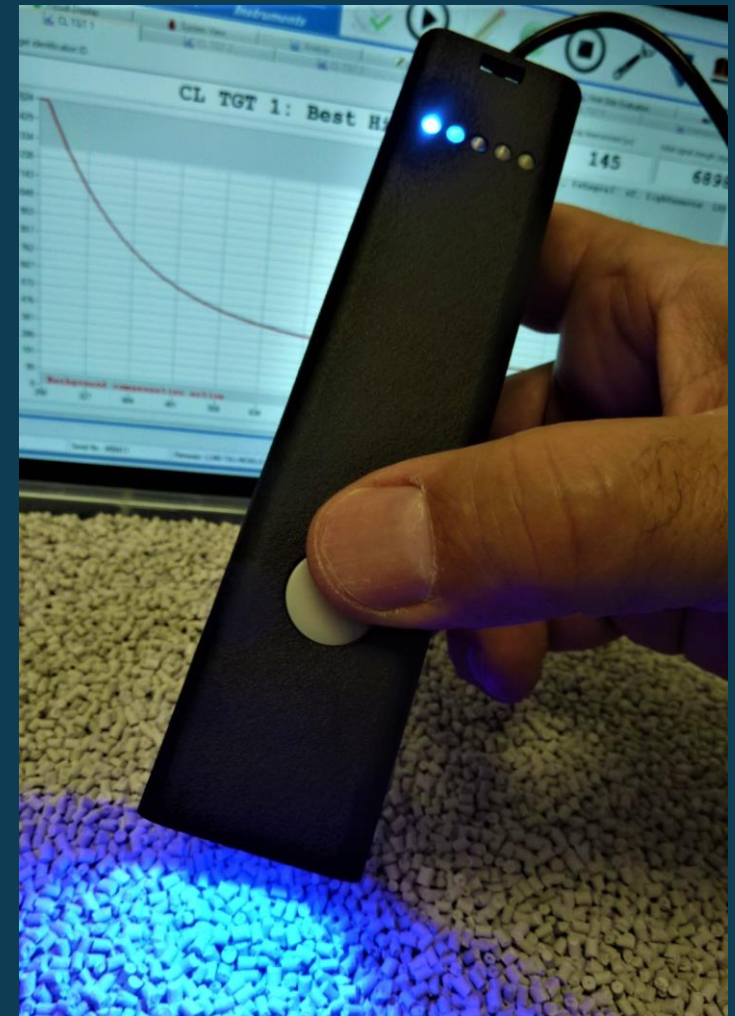
# Die LUMI-TAU-MOBILE Serie

---

Mit der LUMI-TAU-MOBILE Handgeräte-Serie können alle TAGTEC und LUMI-TAG Marker detektiert werden. Die verschiedenen Wellenlängenbereiche (IR, Rot, Blau und UV-A, aber auch Grün und Gelb) können mit dieser Geräte-serie abgedeckt werden. Beispielsweise eignet sich der LUMI-TAU-MOBILE-CL-IR/IR für IR-anregbare und im IR phosphoreszierende Marker, während mit dem LUMI-TAU-MOBILE-CL-RD/IR Rot-anregbare und im IR phosphoreszierende Marker erfasst werden können.

Alle MOBILE-Geräte der CL Serie verfügen über Bluetooth, eine Li-Ion Batterie und USB-C und können somit mit einem Smartphone sowie auch mit einem PC kommunizieren.

Über die Bluetooth-Schnittstelle werden die TAU- und INT-Daten der jeweiligen Probe an eine spezielle App auf dem Smartphone weitergereicht, um damit z.B. eine Lieferkettenkontrolle zu realisieren. Über die fünf im Gerät integrierten LEDs können fünf verschiedene Produkte oder aber fünf verschiedene Zustände des gleichen Produktes angezeigt werden. Wird ein Produkt erkannt, leuchtet die entsprechende LED grün, bei Anwesenheit eines falschen Markers rot und bei Nichtanwesenheit eines Markers türkis.





## Die LUMI-TAU-INLINE Serie

Die LUMI-TAU-INLINE Sensoren können zur Rezyklatkontrolle während der Produktion oder aber auch zur Überwachung der daraus entstehenden Fertigteile eingesetzt werden. Dabei können alle phosphoreszierenden TAGTEC and LUMI-TAG Marker detektiert werden.

Die Sensoren können sowohl an Dosieranlagen als auch an Silos mit Hilfe von Sichtgläsern montiert werden, ferner aber auch oberhalb von Vibrationsrinnen, unmittelbar nach dem Granulieren, angebracht werden.

Verschiedene Adapter zur Kommunikation mit einem PC oder einer SPS über RS232, USB, Ethernet oder Profinet stehen zur Auswahl.

## Die KL-PROBE Serie

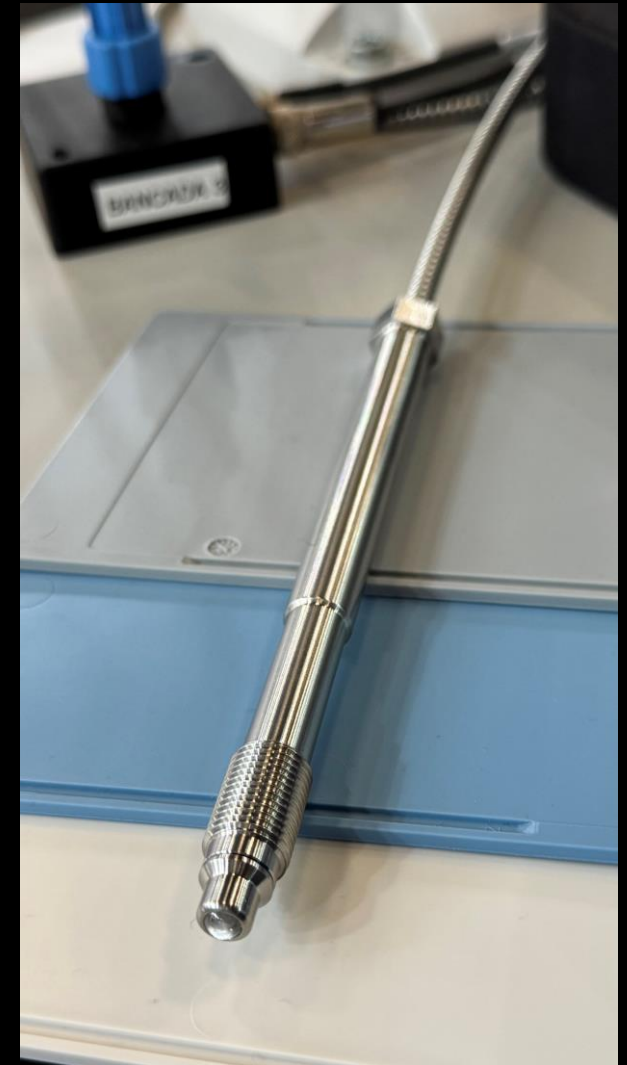
---

Eine der ersten Stellen, an denen das Rezyklat, wenn auch in flüssiger Form, kontrolliert werden kann, ist unmittelbar nach dem Schmelzefilter.

Die Spitze der KL-PROBE schaut dabei direkt in die Schmelze und misst die Intensität als auch die Zeitkonstante TAU des jeweiligen Markers in der Schmelze. Hierfür werden ebenfalls verschiedene LUMI-TAU-INLINE-FIO-SL-...

Auswerteeinheiten angeboten (UV-A, blau, grün, gelb, rot,

IR-Anregung und Response im sichtbaren bzw. im IR-Bereich). Bei dem Edelstahlgehäuse handelt es sich um eine Standardbauform mit einem  $\frac{1}{2}$ "-Gewinde. Die KL-PROBE kann in Bereichen eingesetzt werden, in denen hohe Temperaturen und Drücke vorherrschen.





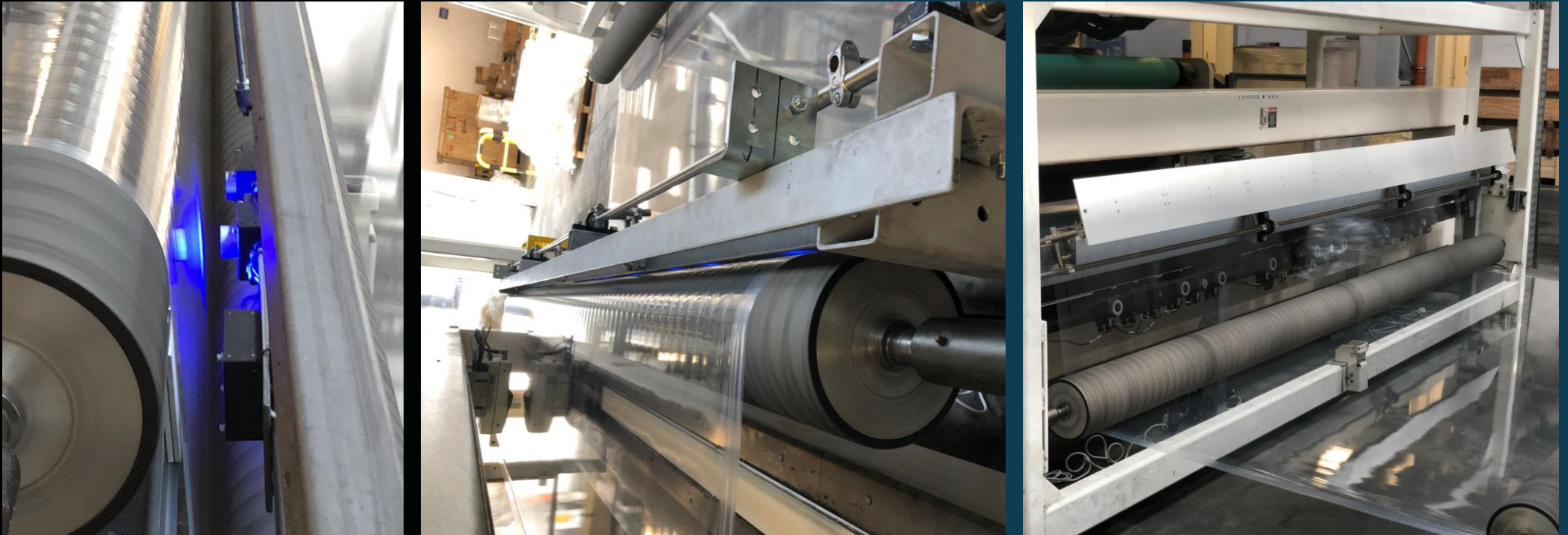
## Vom Rezyklat zum fertigen Produkt

---

Abhängig vom Produkt, welches hergestellt werden soll, geht's entweder ab in den Extruder oder in die Spritzgussmaschine. In beiden Fällen befindet sich in der Regel eine Dosiereinheit vor der eigentlichen Anlage, über die das Rezyklat zugeführt wird.

Auch an dieser Stelle kann eine Version des LUMI-TAU-INLINE-SL-... (ausgestattet mit einer UV-A-, Blau-, Grün-, Gelb-, Rot- oder IR-LED-Lichtquelle, die zum Marker im jeweiligen Rezyklat passt) zum Einsatz kommen. Dabei prüft der Sensor, ob das richtige Rezyklat mit dem jeweiligen Marker (TAU) in der richtigen Konzentration (INT) vorhanden ist.

# Inline-Überwachung einer markierten Folie während des Extrusionsprozesses



Auf einer 5m breiten Anlage wird an einer 20 $\mu$ m dicken Stretchfolie an verschiedenen Stellen, quer zur Folientransportrichtung, das Vorhandensein eines TAGTEC bzw. LUMI-TAG Markers kontrolliert. Zusätzlich zum TAU-Wert, der über die Authentizität der Folie informiert, wird der Intensitätswert INT im weiteren Verfahren dazu genutzt, um festzustellen, ob eine Überdehnung der Folie vorliegt. Die Folie wird mit einer Geschwindigkeit von ca. 10 m/s produziert. An den verschiedenen Messstellen quer zur Laufrichtung wird kontrolliert, wie homogen die Folie produziert wird.

# Inline-Kontrolle von Kunststoffflaschen

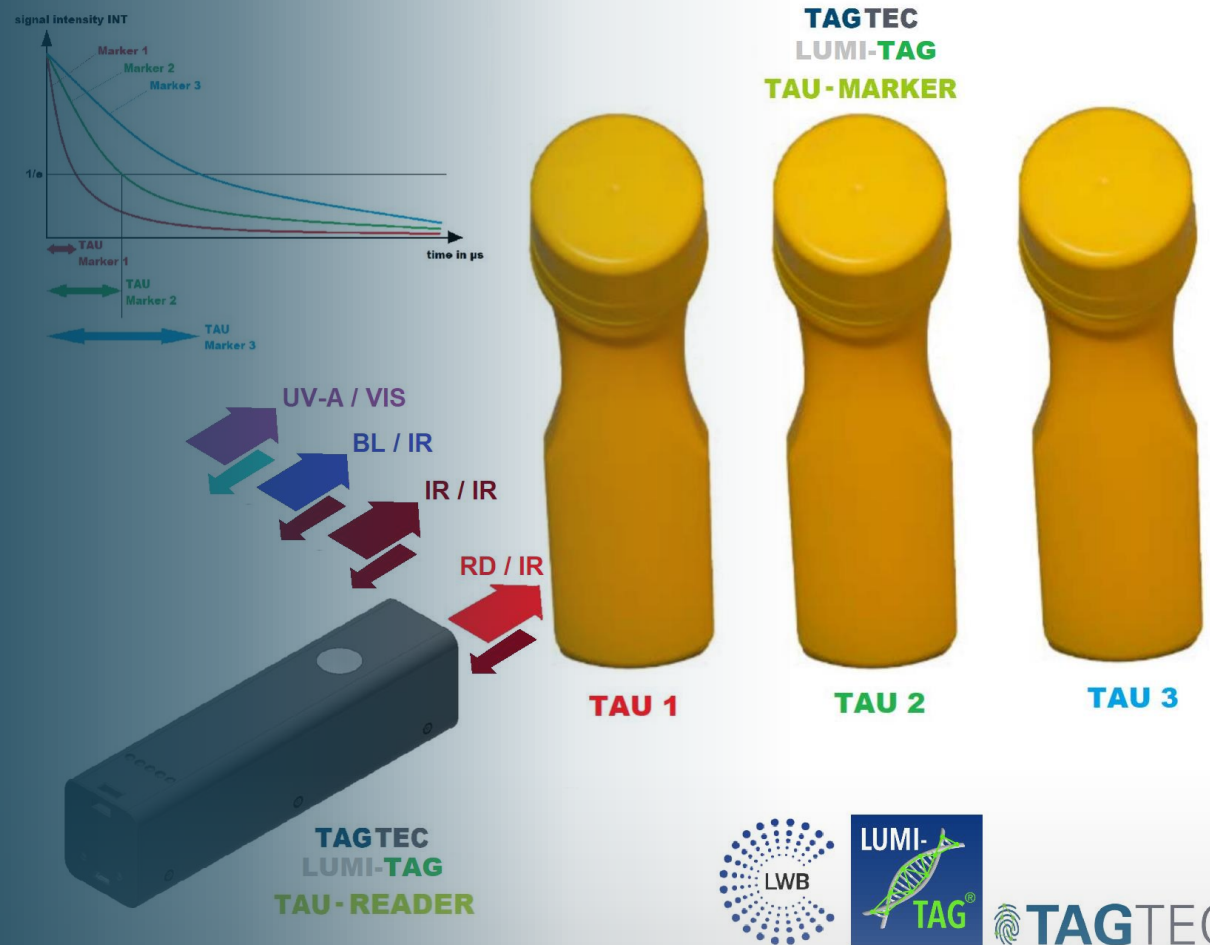
Während der Produktion von Plastikflaschen soll die Markerkonzentration (INT) überwacht werden und des Weiteren, ob der korrekte Marker (TAU) vorhanden ist. Dabei gilt: Je heller ein Objekt ist, desto geringer kann die Markerkonzentration ausfallen, um einen gewissen, zur Auswertung notwendigen INT-Wert zu liefern. Die hellen Objekte wirken dabei gewissermaßen als Reflektor, wodurch mehr phosphoreszierendes Licht in Richtung Sensor gelangt.

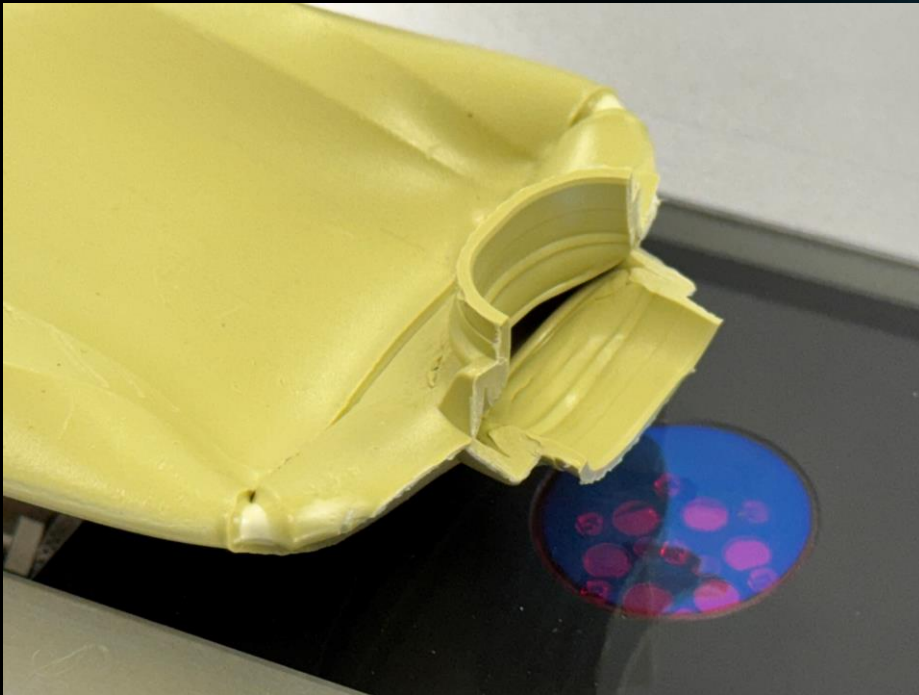
Andererseits muss für dunkle Objekte die Markerkonzentration erhöht werden. Da schwarzer Kunststoff (Carbon Black) NIR-Licht nahezu vollständig absorbiert, ist hier die Auswahl an in Frage kommenden Markern limitiert. In diesem Fall wird auf Marker, die mit UV-A Licht angeregt werden, zurückgegriffen. Diese Marker phosphoreszieren im sichtbaren Wellenlängenbereich, sodass bei ausreichender Markerkonzentration ein auswertbares Signal zustande kommt.



# Messung des TAU-Wertes (Zeitkonstante) sowie des INT-Wertes (Markerkonzentration) am fertigen Produkt unter Verwendung von Handmessgeräten

Die Geräte der LUMI-TAU-MOBILE-CL-... Serie sind für die mobile Messung des TAU- und INT-Wertes gedacht. Abhängig vom jeweiligen Markertyp wird ein Gerät mit LEDs im UV-A, blauen, grünen, gelben, roten sowie infraroten Wellenlängenbereich zur Anregung eingesetzt. Da die Abklingzeit der Sekundäremission (Phosphoreszenz) vom jeweiligen Markertyp abhängig ist, können auch mehrere Marker mit derselben Anregungswellenlänge unterschieden werden.



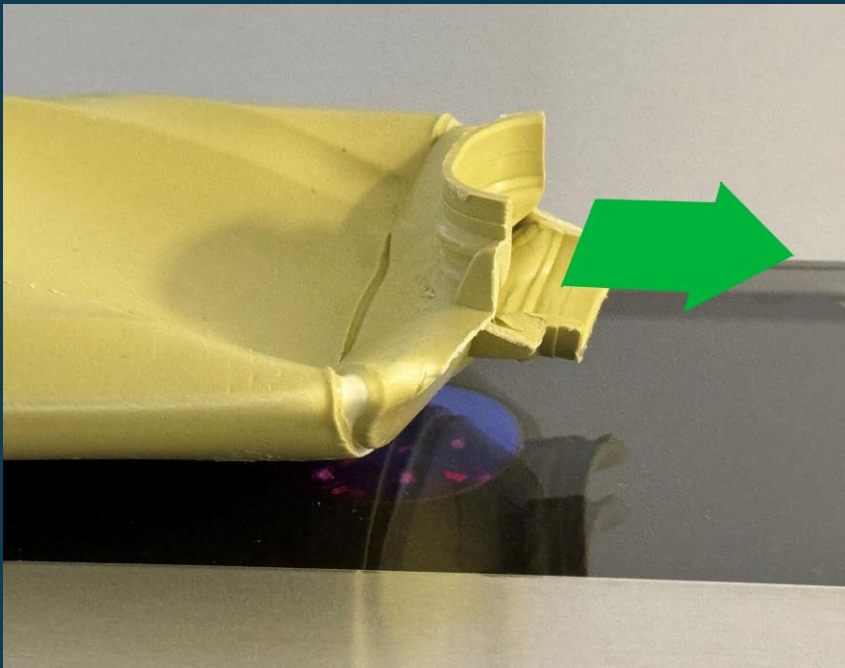


Messung vom TAU- und INT-Wert im Labor mit den LUMI-TAU-INLINE-SL-... Geräten, welche unmittelbar unterhalb einer Glasplatte angebracht sind

---

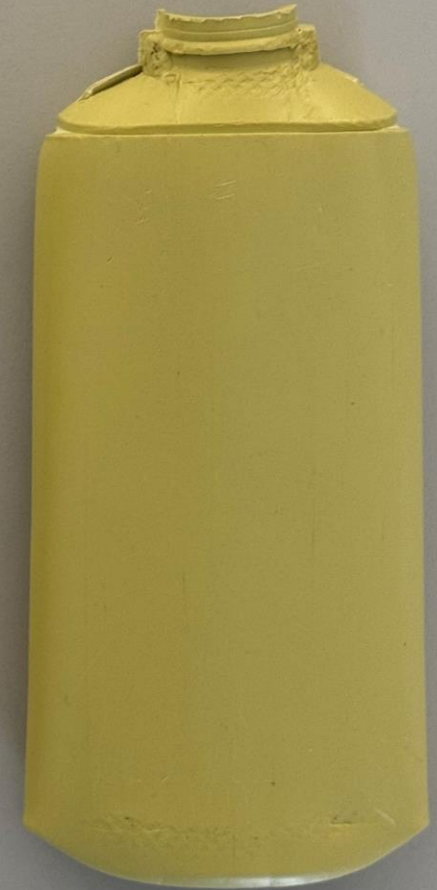
Die Unterscheidung zwischen markierten Objekten und Objekten ohne Marker bzw. mit vom Original abweichenden Markern, gestaltet sich hierbei sehr einfach: Die zu untersuchenden Objekte werden über die Glasplatte geschoben. Bei Anwesenheit eines Markers im Objekt werden ein TAU- und ein INT-Wert numerisch sowie graphisch auf der Windows-Software am PC angezeigt.

# Unterscheidung des Originals von einer Fälschung mit einem LUMI-TAU-INLINE-SL-IR/IR-Gerät im Labor



LWB - Marker

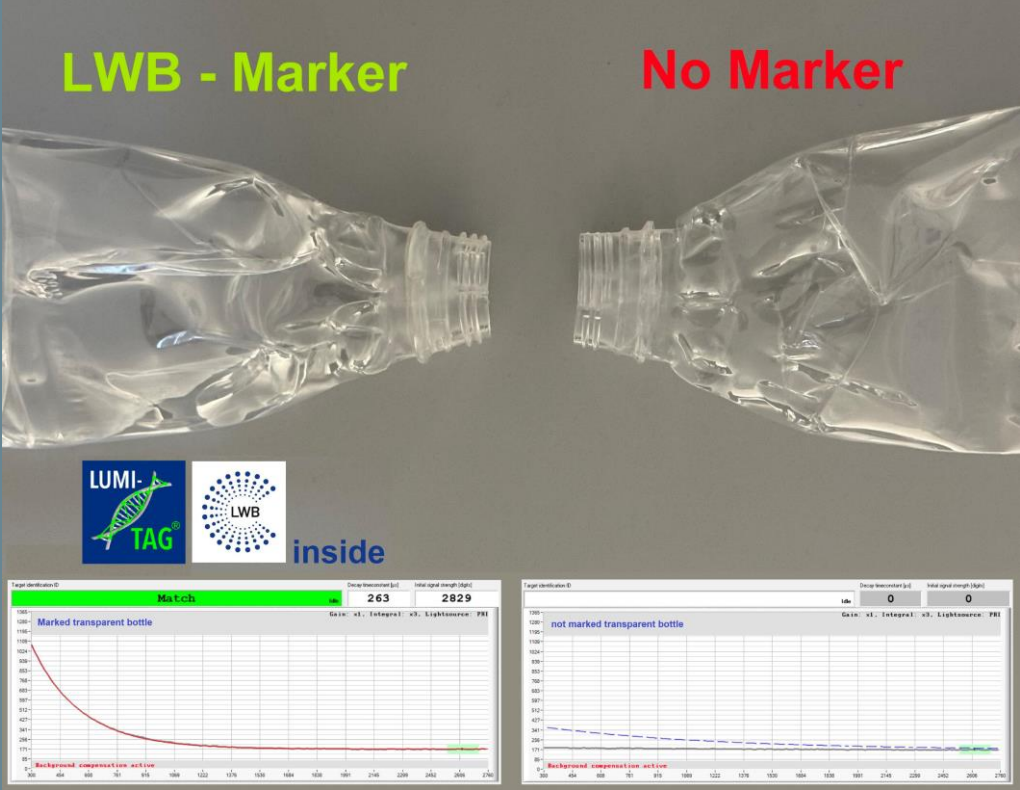
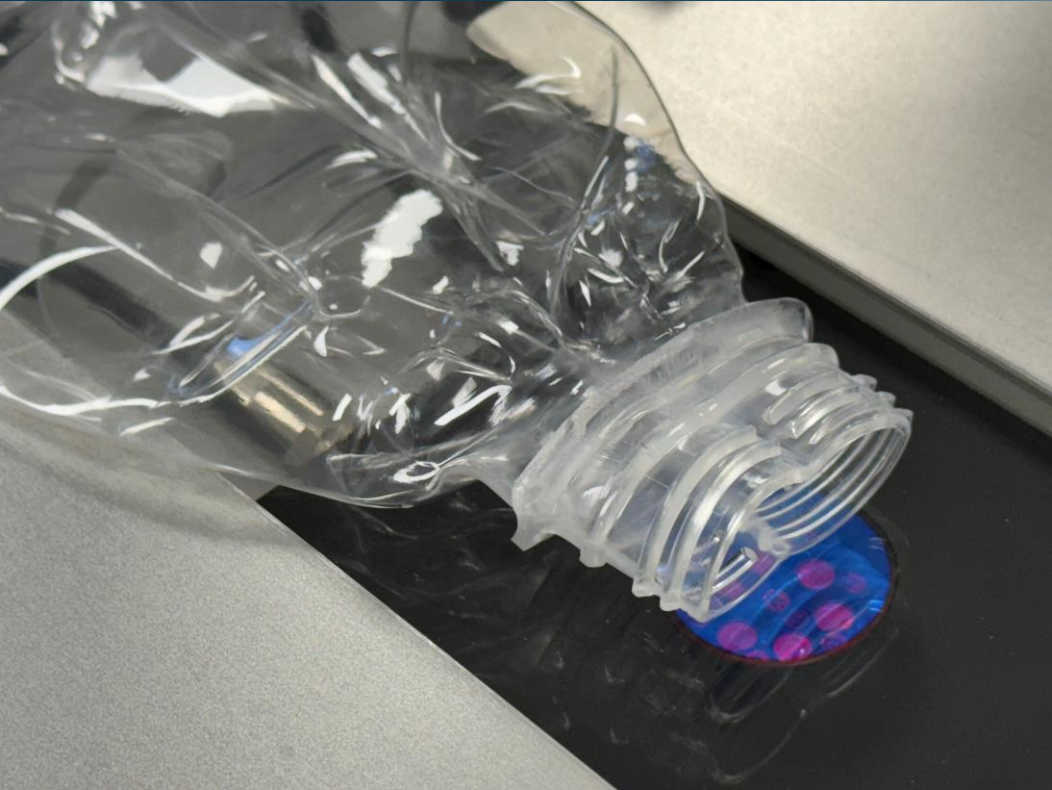
No Marker



inside



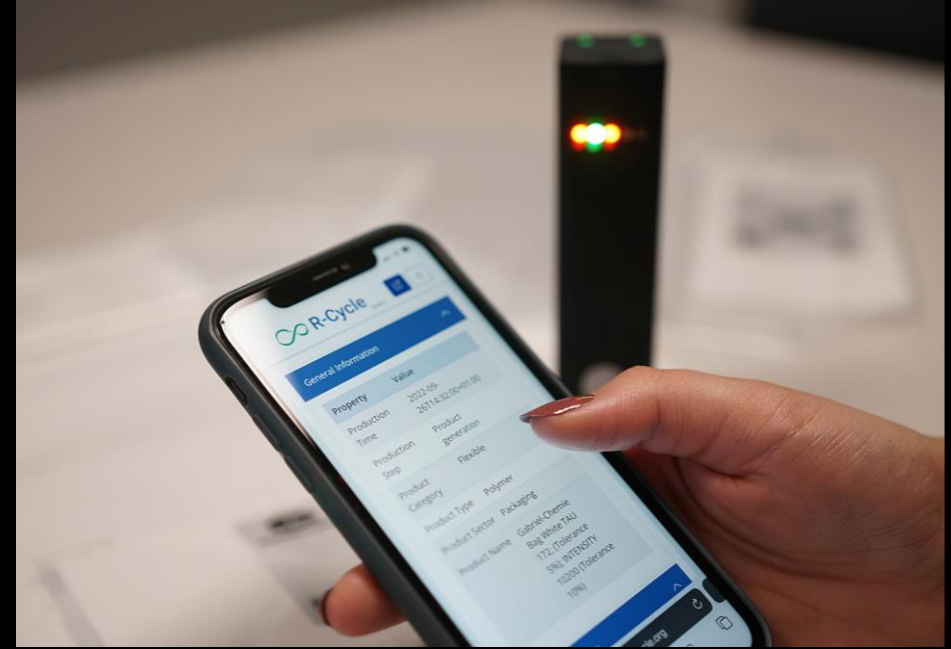
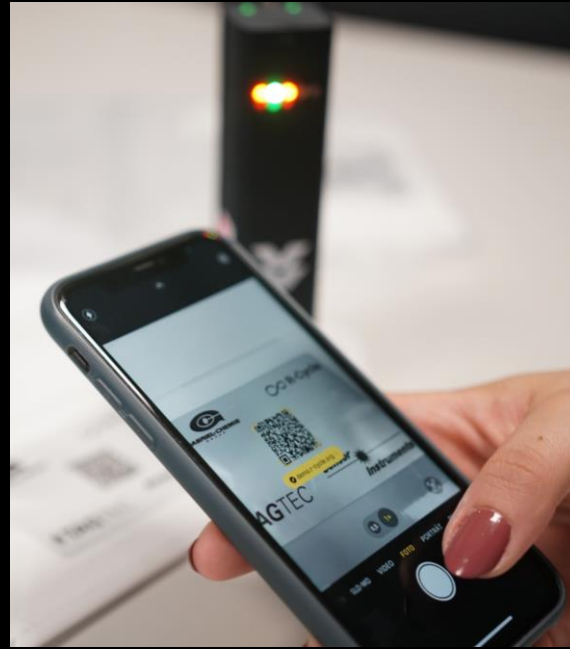
# Unterscheidung zweier transparenter Flaschen mittels LUMI-TAU-INLINE-SL-IR/IR im Labor, wobei es sich bei einer Flasche um eine Fälschung handelt



# Lieferkettenkontrolle mit dem LUMI-TAU-MOBILE Handmessgerät und einer App auf dem Smartphone

Zu diesem Zwecke werden die markierten Objekte mit einem individuell aufgelaserten Data Matrix Code, aufgetragen während der Produktion, versehen. Mit einem für den jeweiligen Marker passenden LUMI-TAU-MOBILE-CL-... Handmessgerät wird kontrolliert, ob sich der TAU - sowie der INT - Wert innerhalb der vorgegebenen Toleranzen befindet. Falls das der Fall ist, werden beide Werte via Bluetooth an eine spezielle APP eines Smartphones übermittelt und die Messwerte mit der Info im Data Matrix Code verglichen. Bei Übereinstimmung der Werte wird der Zugriff auf den sog. digitalen Produktpass ermöglicht.





## R-Cycle – der digitale Produktpass für Kunststoffprodukte

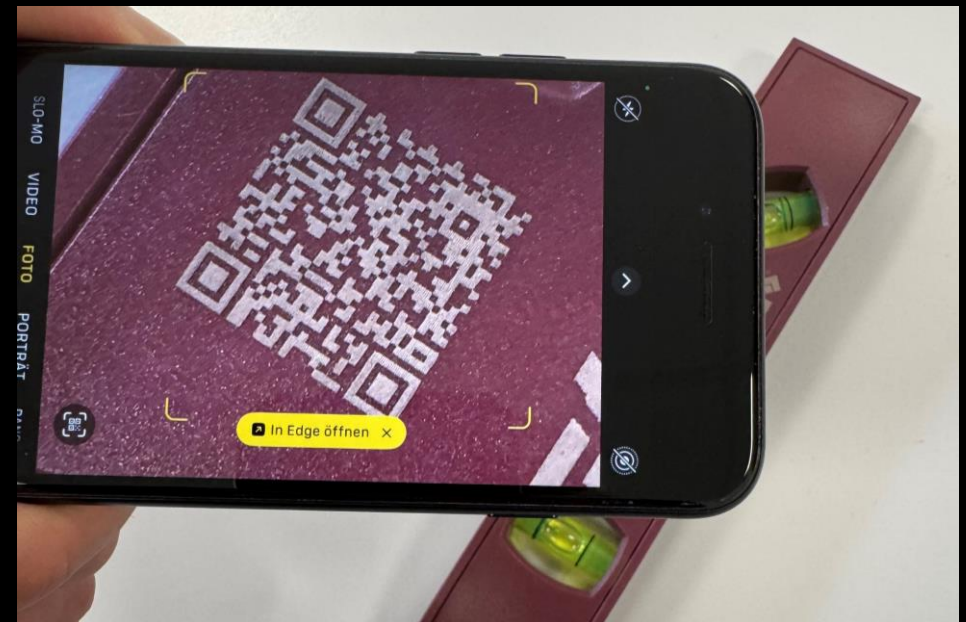


Mit phosphoreszierendem Marker gekennzeichnete Kunststoffbeutel, die zudem mit einem Data Matrix Code versehen sind, sollen kontrolliert werden. Nachdem geprüft worden ist, ob der korrekte Marker in der richtigen Konzentration vorhanden ist, wird der Data Matrix Code mittels R-Cycle App auf dem Smartphone abgefragt; anschließend werden die Produktdaten im digitalen Produktpass angezeigt.

# Individueller Data Matrix Code auf markierten Kunststoffartikeln

Mit dieser Methode wird jedes Objekt mit einem individuellen Data Matrix Code versehen.

Während der Überprüfung werden zunächst mittels eines passenden LUMI-TAU-MOBILE-CL-... Handgerätes der TAU- und der INT-Wert ermittelt. Falls diese beiden Werte innerhalb der vorgegebenen Toleranzen liegen, erfolgt die Gegenprobe mit dem individuellen Data Matrix Code und ein Link zum digitalen Produktpass wird hergestellt.



# Clarity about the Origin of the Plastic

Authenticity Check Using a Phosphorescent Marker Embedded in the Plastic Product

Lieferkettenkontrolle über den gesamten Lebenszyklus

*Unsere Spezialisten beraten Sie gerne*

☎ +49 (0)8544 9719-0

✉ info@sensorinstruments.de

🌐 sensorinstruments.de

**Sensor**



*Let's make sensors more individual*

**Instruments**

