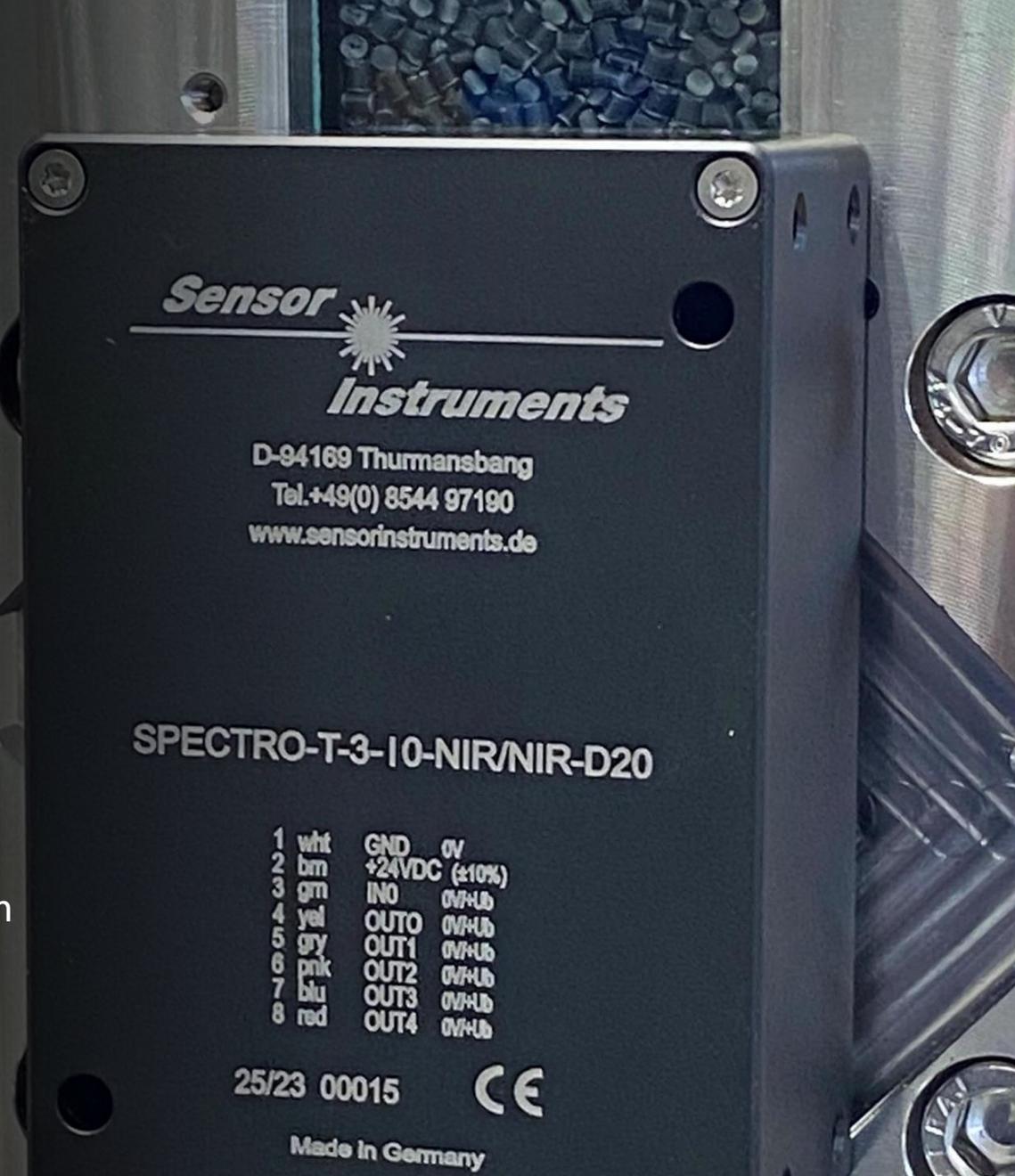


Kunststofftyp- Unterscheidung von Rezyklaten

Mit Hilfe des Dreibereichsverfahrens im NIR-Bereich



NIR-Messung von Rezyklaten

Unmittelbar nach dem Extrusionsprozess
im Recyclingunternehmen, während der
Materialaufgabe beim Kunststoffverarbeiter
sowie während des Dosiervorgangs
unmittelbar vor dem Spritzgussprozess.



Zunehmender Einsatz von Rezyklaten

Der weltweit verstärkte Einsatz von Rezyklaten ist aus mehreren Gründen von großer Bedeutung:

- **Umweltschutz:** Durch die Verwendung von recycelten Materialien wird der Bedarf an neuen Rohstoffen reduziert, was wiederum den Abbau natürlicher Ressourcen und die damit verbundenen Umweltschäden verringert.
- **Reduzierung von Abfall:** Rezyklate helfen, die Menge an Kunststoffabfällen zu reduzieren, die auf Deponien landen oder in die Umwelt gelangen.
- **Kreislaufwirtschaft:** In einer Kreislaufwirtschaft werden Materialien so lange wie möglich im Wirtschaftskreislauf gehalten.
- **Energieeinsparung:** Die Herstellung von Produkten aus recycelten Materialien erfordert weniger Energie als die Produktion aus neuen Rohstoffen.
- **Gesetzliche Vorgaben:** In vielen Regionen der Welt werden Vorgaben für den Einsatz von Rezyklaten festgelegt, mit dem Ziel, die Nachhaltigkeit zu fördern und die Umweltbelastung zu reduzieren.

Kunststoffrecycling

- Sammeln von Kunststoffabfällen
- Wiederaufbereiten der Kunststoffabfälle
- Trennen und Sortieren der Grobfraktion
- Schreddern der Grobfraktion
- Reinigen der Feinfraktion
- Trennen und Sortieren der Feinfraktion
- Extrudieren, Filtern und Regranulieren der Feinfraktion
- NIR-Kontrolle des Rezyklats
- Abfüllen des Rezyklats
- Lieferung an die kunststoffverarbeitende Industrie



NIR-Messung von Rezyklaten während der Herstellung

Reichte es in der Vergangenheit noch aus, Rezyklate herzustellen, die lediglich für weniger hochwertige Produkte eingesetzt werden konnten (sogenanntes Downcycling) fordern die kunststoffverarbeitende Industrie sowie der Gesetzgeber zunehmend eine Rezyklatqualität, die an die Eigenschaften von Kunststoffneuware heranreicht. Moderne Recyclingansätze zielen darauf ab, Materialien so lange wie möglich in hoher Qualität im Kreislauf zu halten.

Die Kunststoffart des Rezyklats ist dabei ein wichtiges Qualitätskriterium, kann sie doch als Indikator für eventuelle Verunreinigungen dienen. Abweichungen vom jeweiligen Referenzwert können darauf hinweisen, dass das Rezyklat nicht vollständig gereinigt wurde oder dass es aus verschiedenen Kunststoffarten besteht. Für viele Endprodukte ist die Reinheit einer Kunststoffart entscheidend.



Inline-Rezyklat-NIR-Messung in einem Recyclingbetrieb

Die erste Möglichkeit, die Art des Kunststoffes in Rezyklaten zu bestimmen, besteht unmittelbar nach dem Extrusionsprozess. Die NIR-Sensorik wird dabei auf den auf einer Vibrorinne beförderten Rezyklatstrom gerichtet. Mit Hilfe des robusten Aufbaus der Sensorik kann auch bei hohen Rezyklattemperaturen zuverlässig gemessen werden.

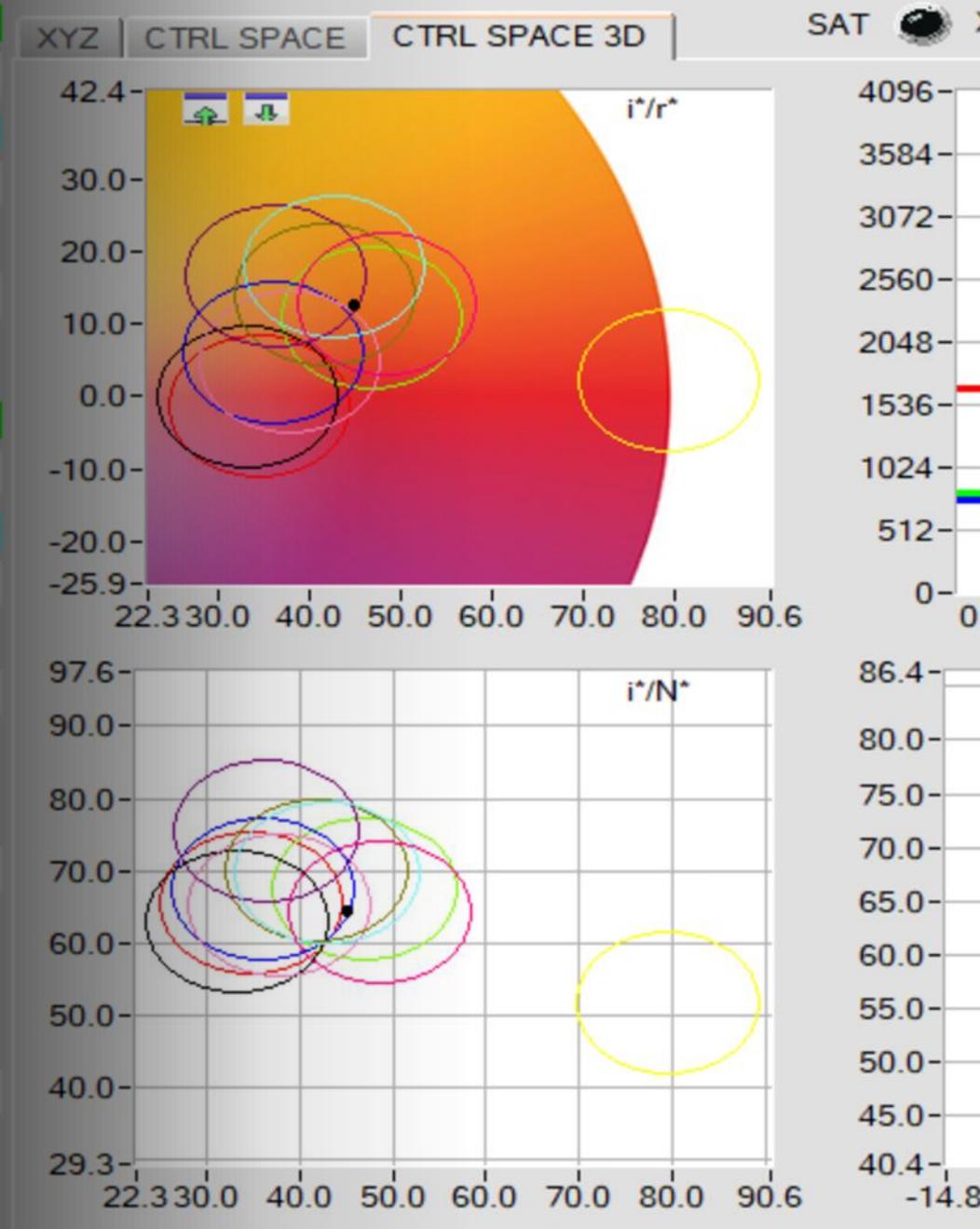


Messgenauigkeit und Vergleichbarkeit der N^* i^* r^* -Werte

In vielen Recyclingbetrieben wird bislang meistens nur der $L^*a^*b^*$ -Farbwert eines Rezyklats im Labor gemessen. Die Untersuchung der Art des Kunststoffes hingegen steht bislang weniger im Fokus, vertraut man doch auf die Vorsortierung sowie auf die Sortierung nach dem Waschen und Schreddern des Kunststoffmaterials, in der Regel mittels Hyperspektralkameras und anschließender pneumatischer Trennung.

Ähnliches geschieht jedoch auch bei der Sortierung nach Farbe. Auch dort erfolgt eine Vorsortierung sowie eine Sortierung der Feinfraktion unter Verwendung von Farbzeilenkameras und Druckluftdüsen in zeilenförmiger Anordnung. Aber trotz dieses Aufwands wird dennoch zusätzlich eine Farbkontrolle des jeweiligen Rezyklats im Labor durchgeführt.

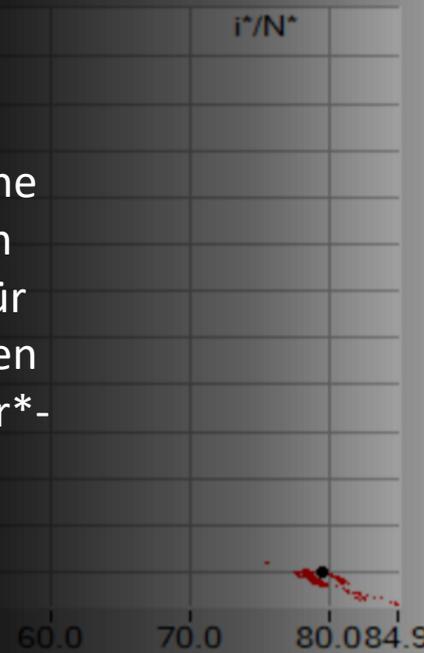
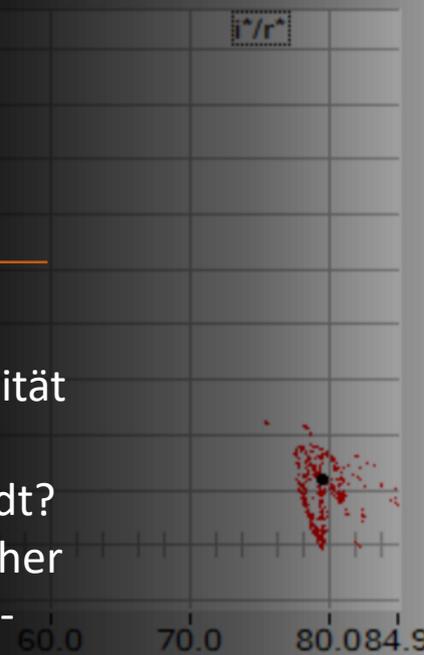
i^*	44.89
r^*	12.84
N^*	64.40
Δi^*	-3.75
Δr^*	0.18
ΔN^*	0.25
ΔE	3.77
No:	9



Ermittlung der $N^*i^*r^*$ -Werte

Warum wird nun dieser, was die Farbqualität des Rezyklats anbelangt, sinnvolle Schritt nicht auch auf die Kunststoffart angewandt? Der Grund hierfür liegt vermutlich am bisher recht überschaubaren Angebot an kostengünstigen NIR-Messgeräten, die sowohl im Labor als auch Inline verwendet werden können.

Mit der SPECTRO-T-3 Serie stehen nun eine Reihe von preislich attraktiven und zudem leistungsfähigen Messsystemen sowohl für das Labor als auch für Inline-Anwendungen zur Verfügung. Aber was genau sind $N^*i^*r^*$ -Werte und wie werden diese ermittelt?



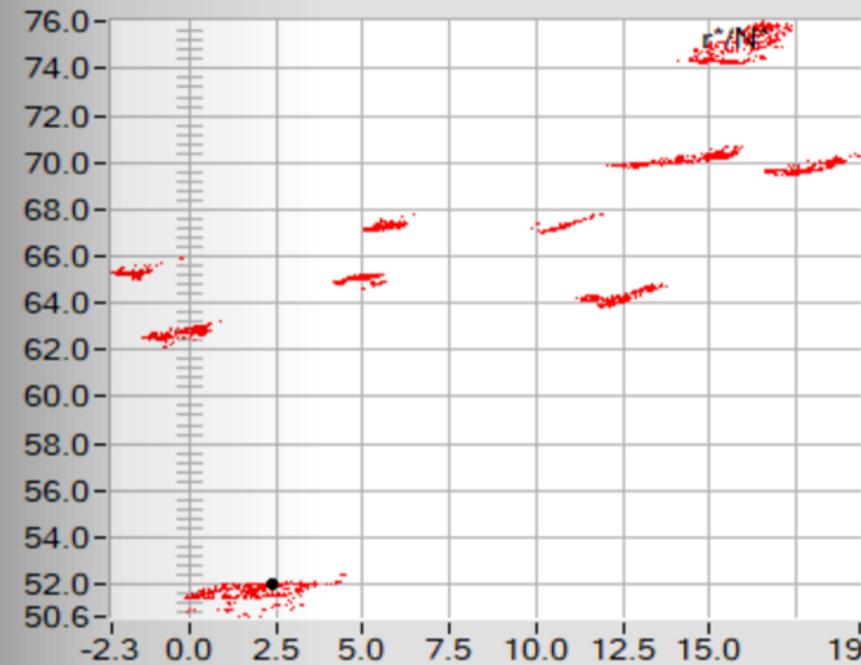
CLOSE

START STOP

COUNTER 5454 RESET

i^*	r^*	N^*
79.50	2.37	52.02

TEACH TO TABLE

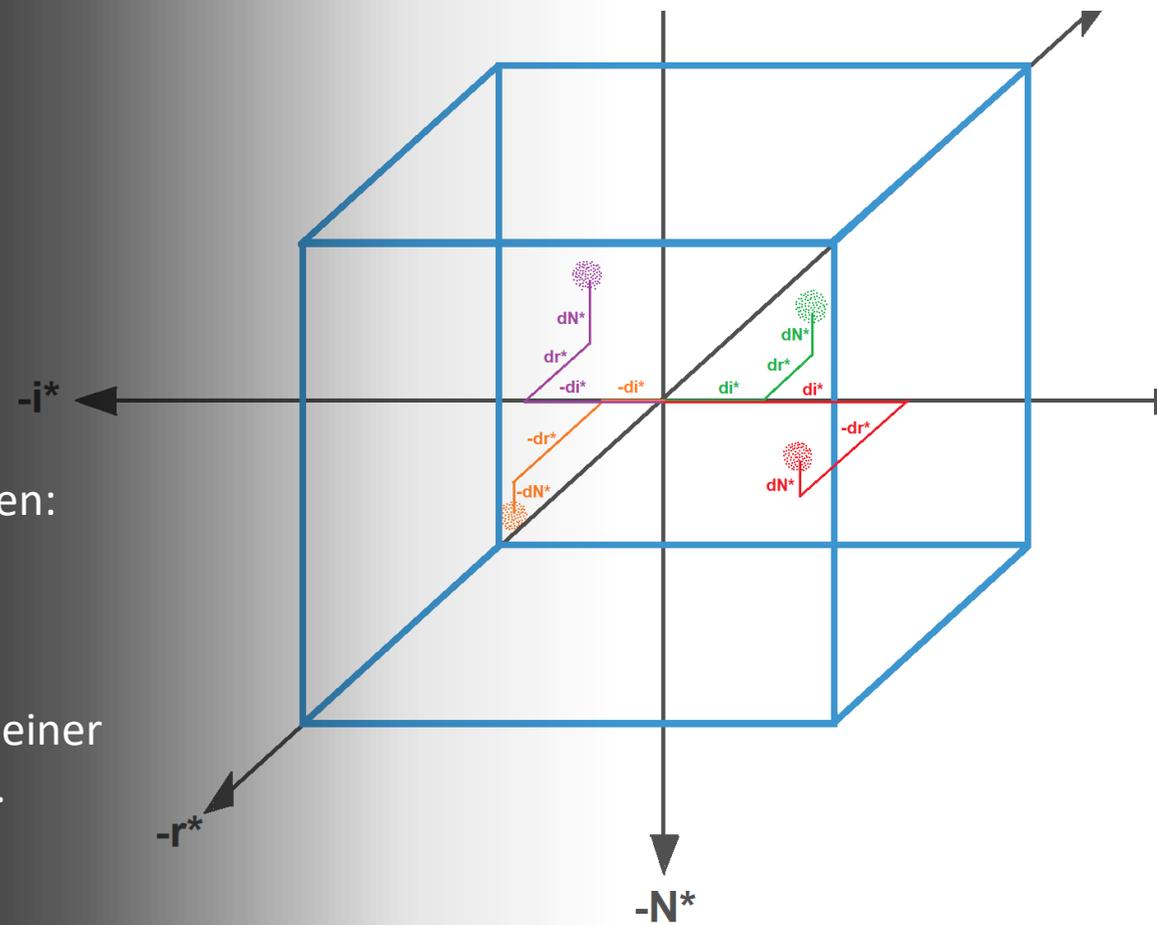


Definition des $N^*i^*r^*$ -Wertes

Um die Farbe zu ermitteln, gibt es im sichtbaren Wellenlängenbereich prinzipiell zwei Messverfahren:

- Verwendung eines Spektrometers und einer passenden Weißlichtquelle.
- Einsatz eines RGB-Detektors in Verbindung mit einer D65-ähnlichen, modulierbaren Weißlichtquelle.

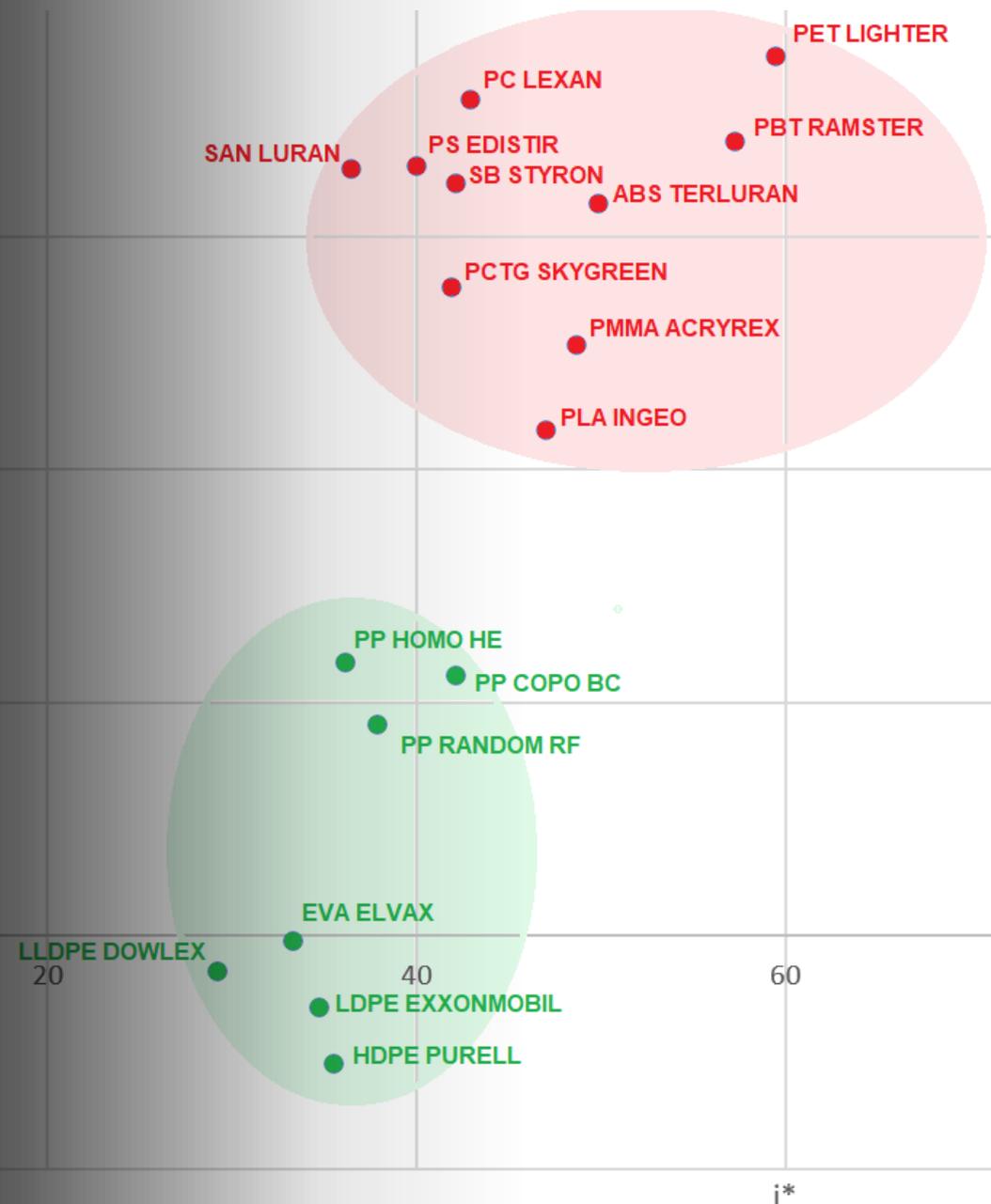
Bei beiden Verfahren werden für die weitere Berechnung des $L^*a^*b^*$ -Wertes zunächst die XYZ-Ausgangsrohwerte ermittelt. Der $L^*a^*b^*$ -Farbraum, auch bekannt als CIELAB, wurde 1976 von der Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) standardisiert. Ein großer Vorteil des $L^*a^*b^*$ -Farbraums ist seine perzeptive Gleichabständigkeit. Das bedeutet, dass gleiche Abstände im $L^*a^*b^*$ -Farbraum auch als gleiche Farbabstände bei Betrachtung durch das menschliche Auge wahrgenommen werden.



Das Dreibereichsverfahren im NIR-Bereich

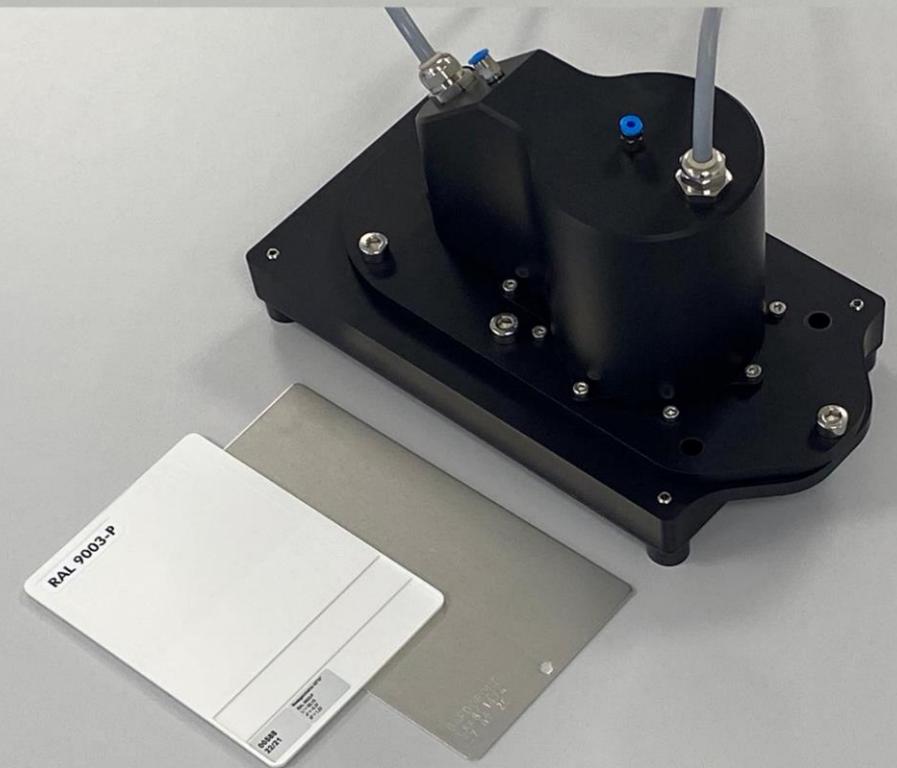
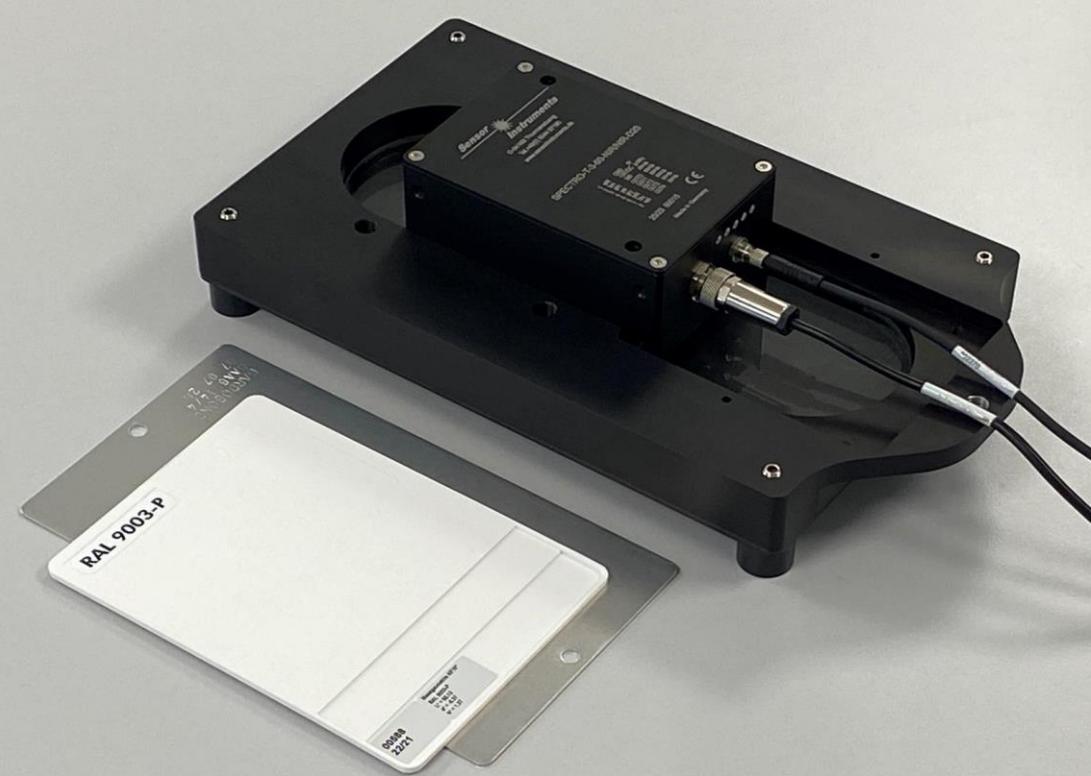
Ausgehend von den Erkenntnissen, die mit dem $L^*a^*b^*$ -Farbwert im sichtbaren Wellenlängenbereich gemacht worden sind, wurde diese Methode mittels Dreibereichsverfahren nun konsequenterweise auch im NIR-Bereich angewendet. Dabei werden die Messdaten von drei Wellenlängenbereichen im NIR (NIR-L, NIR-C und NIR-R) als XYZ-Werte verwendet und anstelle von $L^*a^*b^*$ wird nun $N^*i^*r^*$ berechnet.

Zahlreiche Untersuchungen an einer Vielzahl unterschiedlichster Neuware-Granulate sowie Rezyklate im $N^*i^*r^*$ -Raum bildeten die Basis für dieses aus dem VIS-Bereich in den NIR-Bereich übertragene Dreibereichsverfahren.



Kalibrierung im N*i*r*-Raum

Mittels DOCAL Windows® Software ist die Kalibrierung im N*i*r*-Raum denkbar einfach. Wie im VIS-Bereich (RAL-Farbkarten) stehen auch hier verschiedene Kunststoffkarten mit definiertem N*i*r*-Wert zur Verfügung. Für den Weißabgleich kommt hierbei eine Aluminiumkarte zum Einsatz, da diese eine neutrale Reflexion des eingesetzten NIR-Lichts liefert. Zusätzlich stehen aber auch Kunststoffkarten mit definiertem N*i*r*-Wert zur Verfügung, die während der Vor-Ort-Kalibrierung die Referenzpunkte definieren.



Darstellung und Aufzeichnung der Inline ermittelten $N^*i^*r^*$ -Werte

Mit Hilfe der DOCAL Windows® Software erfolgt sowohl eine numerische sowie graphische Darstellung der $N^*i^*r^*$ -Werte als auch die Darstellung von deren Abweichung $dN^*di^*dr^*$ zum Sollwert.

Parallel dazu werden die Daten in einem File auf dem Panel-PC abgelegt, desweiteren können die Daten über Feldbus (ProfiNet) oder Ethernet übertragen werden.



Kalibrierung der Inline-NIR-Sensorik vor Ort

Die Kalibrierung der Inline-NIR-Sensoren gestaltet sich denkbar einfach und kann ohne Ausbau des Systems durchgeführt werden. Lediglich für den Weißabgleich muss eine Aluminiumkarte (im Lieferumfang enthalten) im vorgeschriebenen Abstand vor dem Sensor platziert werden. Die Kalibrierung (UCAL) auf das jeweilige Produkt erfolgt mittels Rezyklat und den Messdaten aus dem Labor. Nach einmaliger Kalibrierung auf die jeweilige Rezyklatorte können die Kalibrierdaten problemlos aus dem jeweiligen File importiert werden.



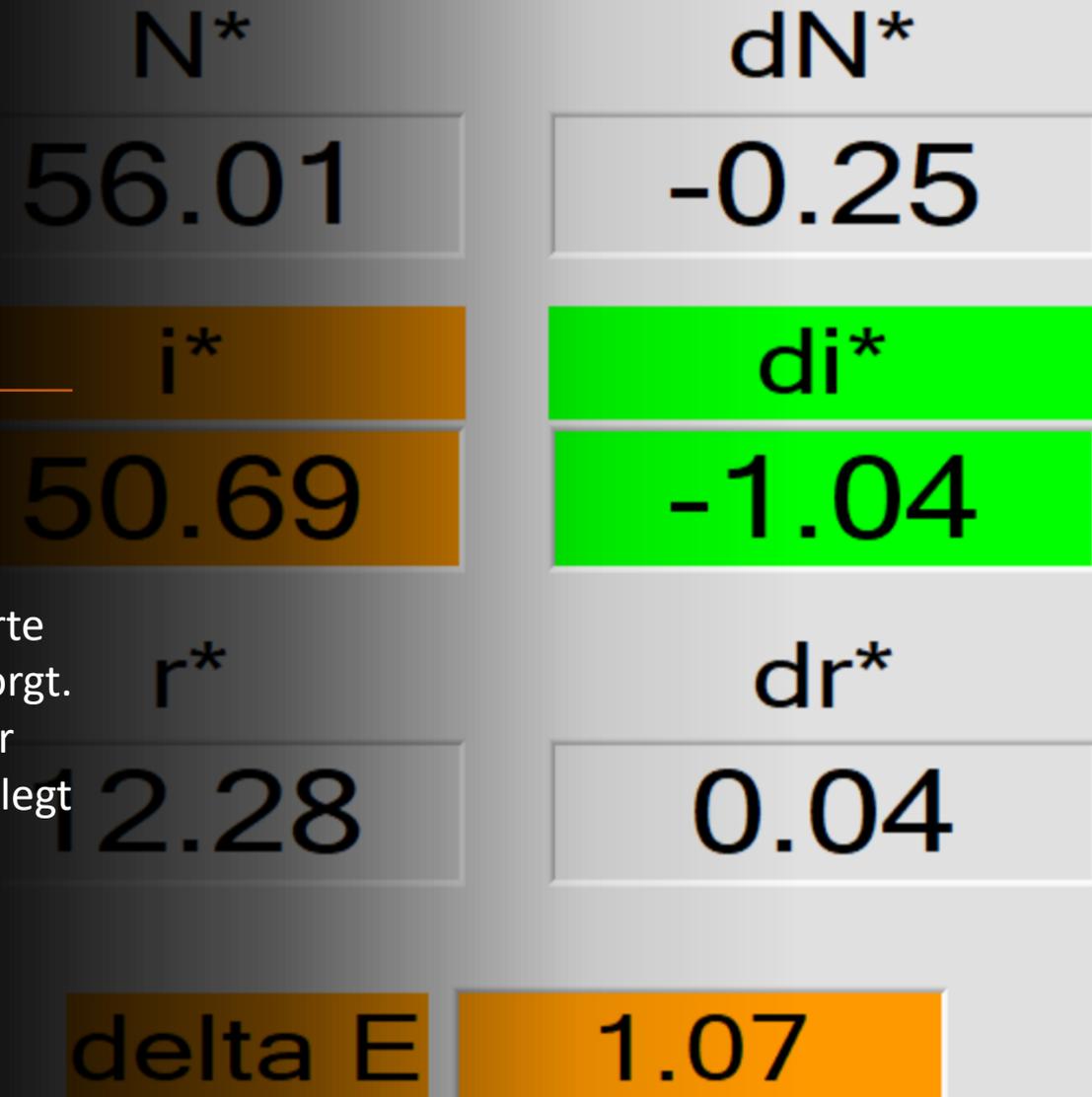
Ermitteln der Rezyklat-N*ir*-Werte mittels mobilem NIR-Messsystem

Um auch ohne installierte NIR-Sensorik, im Vergleich zum Labor, schneller an die N*ir*-Messdaten zu gelangen, kann auf das mobile NIR-Messsystem zurückgegriffen werden. Eine Rezyklatprobe kann dabei vor Ort aus der Produktion entnommen und der mobilen Einheit zugeführt werden (Fassungsvermögen des Trichters: 11 Liter). Die Kalibrierung des mobilen NIR-Messsystems erfolgt in gleicher Weise wie bei der Inline-Einheit.



Darstellung der $N^*i^*r^*$ -Werte mittels DOCAL Software

Eine Software, die sowohl einfaches Kalibrieren ermöglicht als auch für eine komfortable Darstellung der $N^*i^*r^*$ -Werte in numerischer und graphischer Form sorgt. Ferner können auch die Toleranzen einer Rezyklatreferenzprobe individuell festgelegt und bei Bedarf aufgerufen werden.



Ermittlung der Rezyklat-Nⁱr*-Werte im Labor

Mit Hilfe des NIR-Laborgerätes kann der Nⁱr*-Wert einer Rezyklatprobe hochgenau (dE typ. 0.3) ermittelt werden. Die hohe Messgenauigkeit wird durch Messung auf den Rezyklatfluss und fortlaufende Mittelung der Messwerte erreicht. Dadurch schwindet der Einfluss der zufälligen Lage der einzelnen Granulatkörner im Lichtspot des Messgerätes.



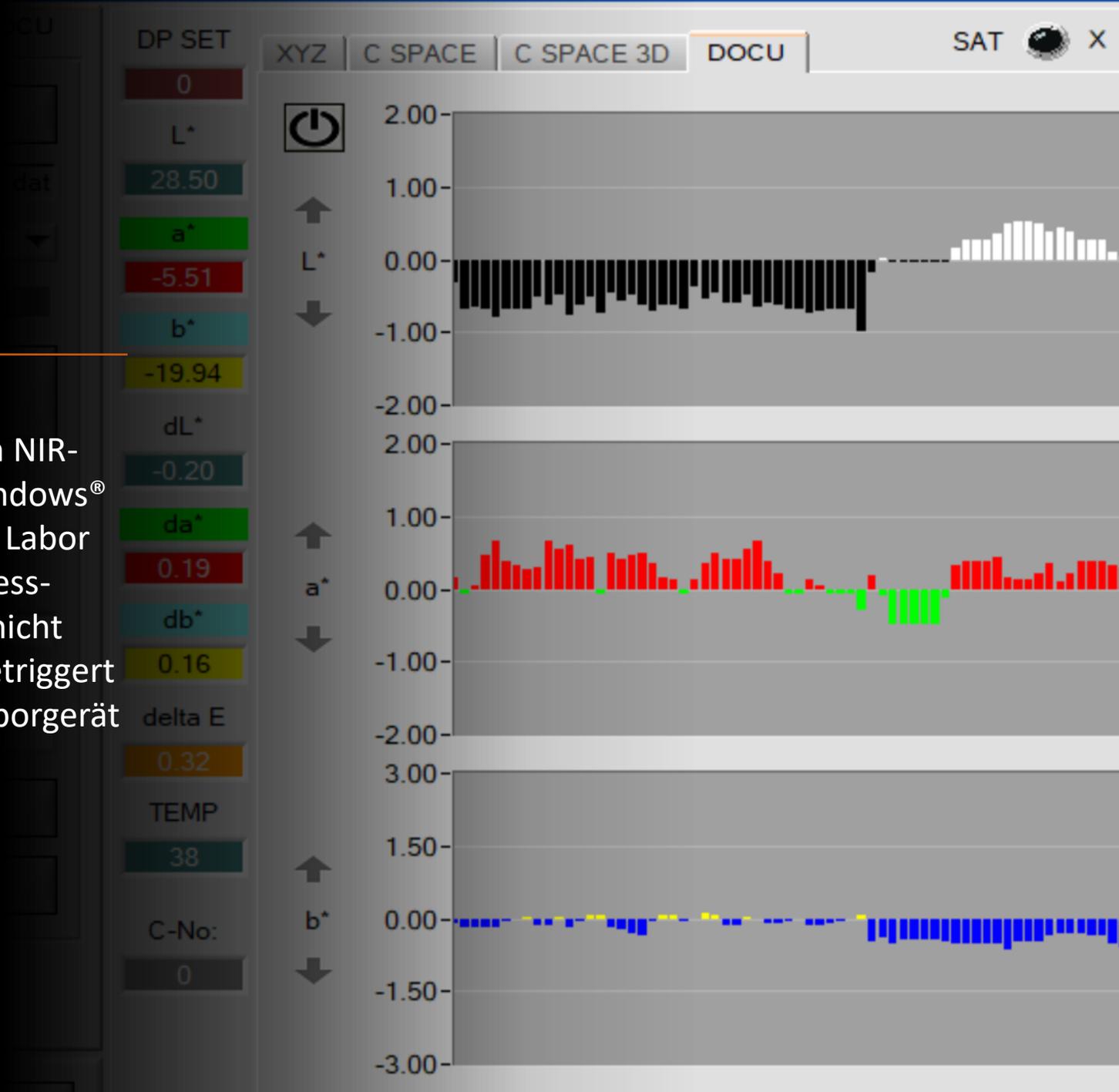
Kompaktes Laborsystem zur N*i*r*-Messung von Rezyklaten

Ein sehr kompaktes und zudem kostengünstiges NIR-Messsystem (MST Serie) wurde mit Hilfe einer Messtischplatte und einer optomechanischen Schiene realisiert. Die Rezyklatprobe wird dabei in die mitgelieferten Schälchen gefüllt und unter dem Lichtspot in einer Achter-Bewegung seitwärts verschoben. Damit wird ebenfalls eine mit der Inline-Messung vergleichbare Genauigkeit erreicht.



DOCAL Software für die Laborgeräte

Neben den Inline- und den mobilen NIR-Messsystemen kann die DOCAL Windows® Software in gleicher Weise auch im Labor eingesetzt werden. Lediglich die Messdatenaufzeichnung erfolgt hierbei nicht kontinuierlich, sondern vielmehr getriggert mittels zusätzlicher Sensorik am Laborgerät oder per Mausklick.



Kunststoffverarbeitung

- **Einlagerung des Rezyklats in Silos:** Moderne Siloanlagen sind mit fortschrittlicher Technik ausgestattet, die den Betrieb überwacht und steuert, um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten.
- **Trocknen des Rezyklats:** Rezyklat kann bei der Lagerung Feuchtigkeit aufnehmen, was die Materialeigenschaften negativ beeinflussen kann.
- **Förderung und Dosierung des Rezyklats:** Das Rezyklat wird aus dem Trockner zu den Verarbeitungsmaschinen transportiert. Hierbei kommen Fördersysteme wie Schneckenförderer oder pneumatische Fördersysteme zum Einsatz.
- **Mischen und Homogenisieren:** Um eine gleichmäßige Materialqualität zu gewährleisten, wird das Rezyklat oft mit Neuware oder anderen Additiven gemischt.
- **Extrusion:** Das gemischte Material wird in Extrudern aufgeschmolzen und durch eine Düse gepresst, um neue Kunststoffprodukte wie Folien, Profile oder Granulate herzustellen.
- **Spritzgießen:** Alternativ kann das Rezyklat in Spritzgießmaschinen verarbeitet werden, um komplexe Formteile zu produzieren. Hierbei wird das Material in eine Form gespritzt und unter Druck abgekühlt.

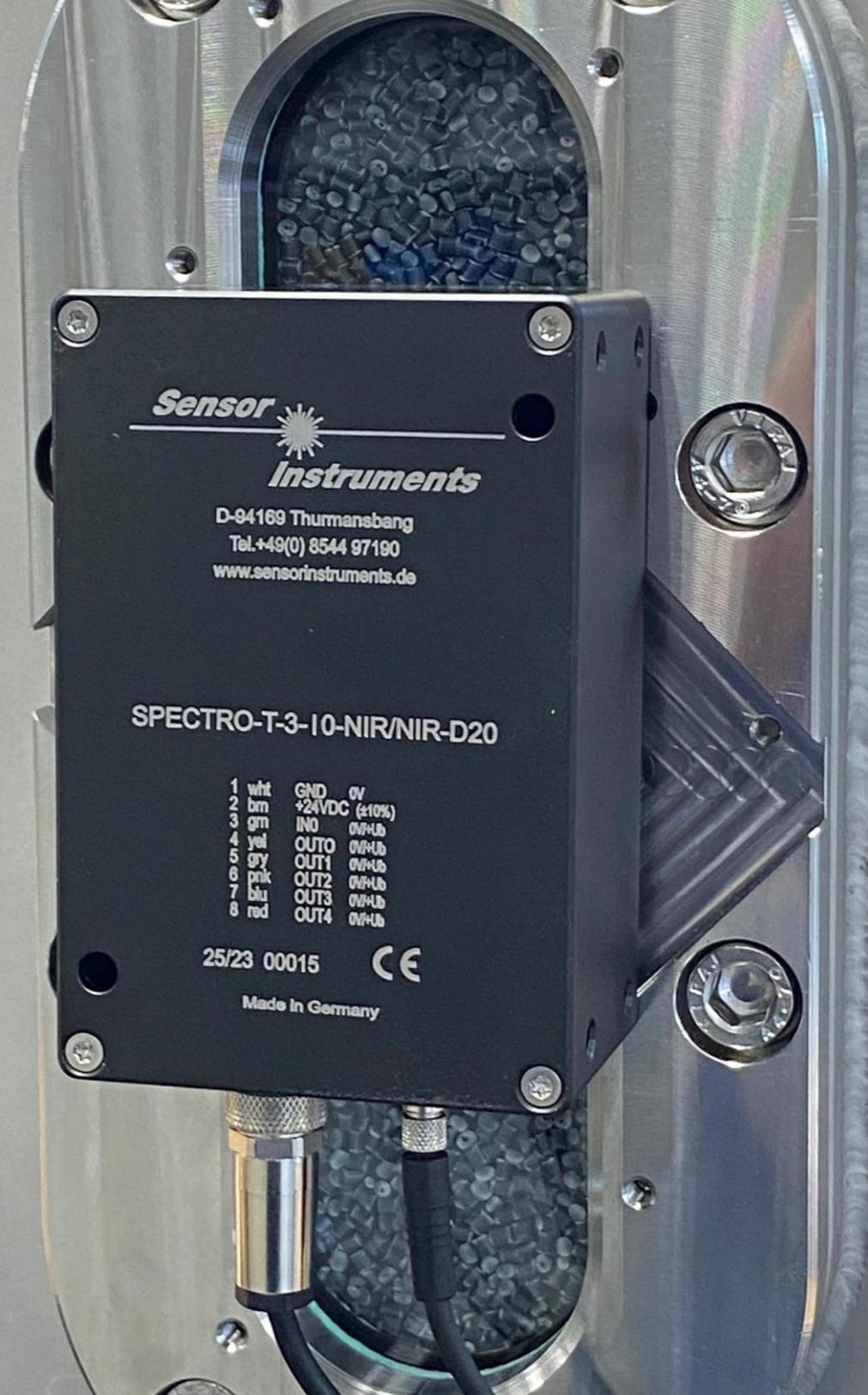


N*i*r*-Messung von Rezyklaten in der kunststoffverarbeitenden Industrie

Durch den zunehmenden Einsatz von Rezyklaten in der verarbeitenden Industrie ist es ratsam, eine Eingangskontrolle durchzuführen, um etwaigen Qualitätsschwankungen des Rezyklatmaterials vorzubeugen.

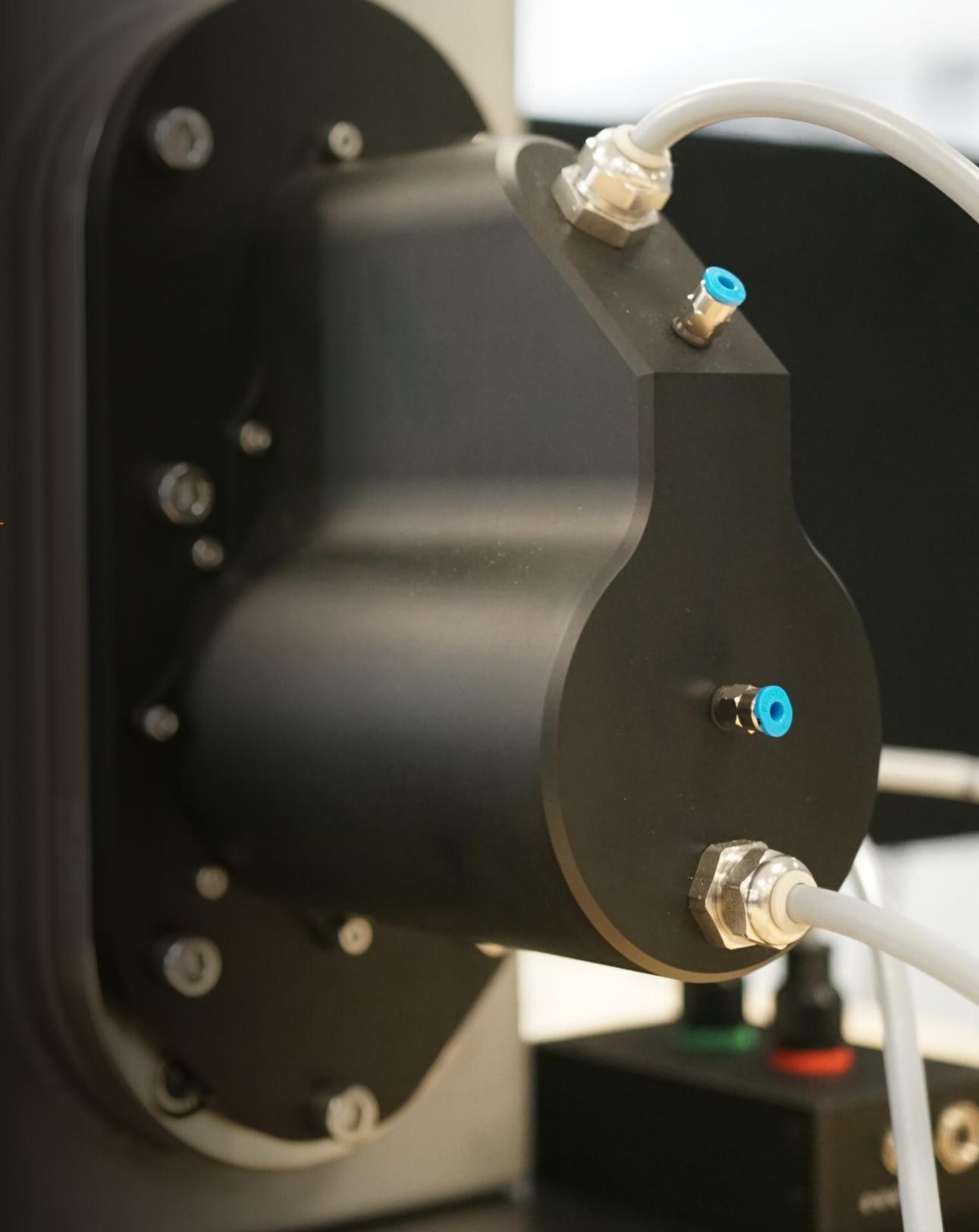
Eine Kontrolle des Kunststofftyps des Rezyklats kann dabei an verschiedenen Stellen im Verarbeitungsprozess durchgeführt werden:

- Im Silo
- Im Materialaufgabebehälter
- An der Dosiereinheit



Rezyklat-Nⁱr^{*}-Messung am Silo

Hierbei wird am Granulatsilo an geeigneter Stelle ein Schauglas platziert und anschließend eine passende NIR-Sensorik (0°/45°- oder d/0°-Methode) montiert. Die Auswertung der Nⁱr^{*}-Werte erfolgt hierbei ebenfalls mit Hilfe der DOCAL Windows[®] Software.



Rezyklat-NIR-Prüfung während der Materialaufgabe

Eine Rezyklat-NIR-Kontrolle kann aber auch schon am Materialaufgabebehälter erfolgen. Der Anlagenbediener wird dabei frühzeitig über die N*ir*-Qualität des eingesetzten Rezyklats informiert. Desweiteren können die N*ir*-Messdaten in Echtzeit an die Qualitätssicherung übermittelt werden.



Nⁱr^{*}-Messung von Rezyklaten an der gravimetrischen Dosierungseinheit

An der Dosieranlage bietet sich eine weitere Möglichkeit, den Nⁱr^{*}-Wert des jeweiligen Rezyklats zu messen. Nach Anbringen eines entsprechenden Schauglases kann die NIR-Sensorik montiert werden. Die Nⁱr^{*}-Auswertung erfolgt mittels DOCAL Windows[®] Software.



Clarity about the Recyclate

Detect the Plastic Types

NIR-Unterscheidung von Kunststoffgranulat und Kunststoffflakes

Unsere Spezialisten beraten Sie gerne

 +49 (0)8544 9719-0

 info@sensorinstruments.de

 sensorinstruments.de

Sensor



Let's make sensors more individual

Instrumentals

