

Einsatz von LIBS-Elementanalysatoren in der Recyclingindustrie

Präzisionsrecycling von Metallschrotten

- Analytik
- Klassifikation
- Sortierung



Unternehmensprofil SECOPTA analytics GmbH

Die SECOPTA analytics GmbH ist ein mittelständisches Unternehmen mit Sitz in Berlin und Brandenburg. Der Fokus liegt auf der Bereitstellung robuster laserspektroskopischer Messsysteme für schnelle und präzise Prozessanalytik. Im Bereich der industriell eingesetzten *Laser Induced Breakdown-Spectroscopy* (LIBS) ist SECOPTA der führende Anbieter.

Besonders Inline-Qualitätskontrolle und Präzisionsrecycling profitieren von den herausragenden Vorteilen des LIBS-Verfahrens. Ein großer Vorteil der LIBS-Technologie besteht im schnellen berührungslosen Messen von beliebigen Materialien selbst in hochautomatisierten Prozessen, etwa auf schnell bewegten Transportbändern. Neben robuster, wartungsarmer und langzeitstabiler Hardware bietet SECOPTA einzigartig leistungsfähige Softwaremodule auf Basis modernster chemometrischer Verfahren.

Präzise Analysen der elementaren Zusammensetzung von Proben bzw. Materialströmen ermöglichen die Prozesssteuerung in Echtzeit, die inline-Qualitätskontrolle und sortenreine Trennung unterschiedlicher Materialtypen in Fraktionen mit quantitativ vordefinierter Legierungszusammensetzung.

Zum Einsatz kommen Gerätetypen, die in ihrer Funktionalität und Ausstattung für die unterschiedlichsten Anwendungen optimiert wurden. Im Bereich Qualitätskontrolle werden überwiegend die Multielement-Analysatoren *FiberLIBS inline* eingesetzt.

Die besonders schnellen MopaLIBS-Systeme kommen vorzugsweise bei der Analyse und Klassifizierung von Metalllegierungen im Präzisionsrecycling und bei der online Analyse von Primärrohstoffen zum Einsatz.



SECOPTA Standort im TelTower bei Berlin

Inhaltsverzeichnis

Unternehmensprofil SECOPTA	2
Kooperation mit Partnern	3
Fragestellungen im Recycling	4
MopaLIBS-Elementanalysatoren	5
Legierungsgruppen Aluminium	6
Niedrig legierte Stahlschrotte	7
Trennung von Edelstahlschrotten	8
Massenströme NE-Metalle	9
Klassifikation von Titanschrotten	10
Materialanalyse für Feuerfeststeine	11
Volumenstrom-Monitoring	12

Kooperation mit Partnern aus dem Maschinen- und Anlagenbau

Im Bereich Recycling arbeitet SECOPTA mit den führenden Firmen aus den Bereichen Maschinen- und Anlagenbau zusammen. Unsere Partner integrieren hierbei die von SECOPTA entwickelten LIBS-Sensorsysteme der Baureihe MopaLIBS als OEM-Komponenten in das jeweilige Gesamtkonzept der eigenen Maschinen.

Speziell im Bereich Recycling, in dem der Einsatz optischer Sensormesstechnik seit vielen Jahren etablierter Standard ist, bieten die LIBS-Systeme der SECOPTA gegenüber standardmäßiger Optik-Lösungen erhebliche Vorteile.

Fortschritt im Bereich Recycling bedeutet:

Einsatz moderner Technologien für die Sortierung komplexer Materialströme. Mittels innovativer Verfahrens- und Analysetechnik ist heutzutage nahezu in jeder Phase des Recyclingprozesses eine objektive Bewertung des Materials möglich. Damit kann eine gleichbleibend hohe Qualität der ausgetragenen Stoffströme garantiert werden.

Wirtschaftlich und ökologisch ist besonders das Recycling von Stahl, Aluminium sowie anderer Metalle sinnvoll, da diese Materialien ohne Qualitätsverluste beliebig oft den Recycling-Kreislauf durchlaufen können.

Die MopaLIBS-Analysesysteme der SECOPTA können hierbei einen wichtigen Beitrag leisten.

Im Vergleich zu aktuell auf dem Markt angebotenen optischen Standard-Lösungen vereinen unsere OEM-Komponenten gleichzeitig die einzigartigen Merkmale:

- Schnell.
- Präzise.
- Robust.



Auf LIBS-Technik basierte Sortieranlage eines Partners

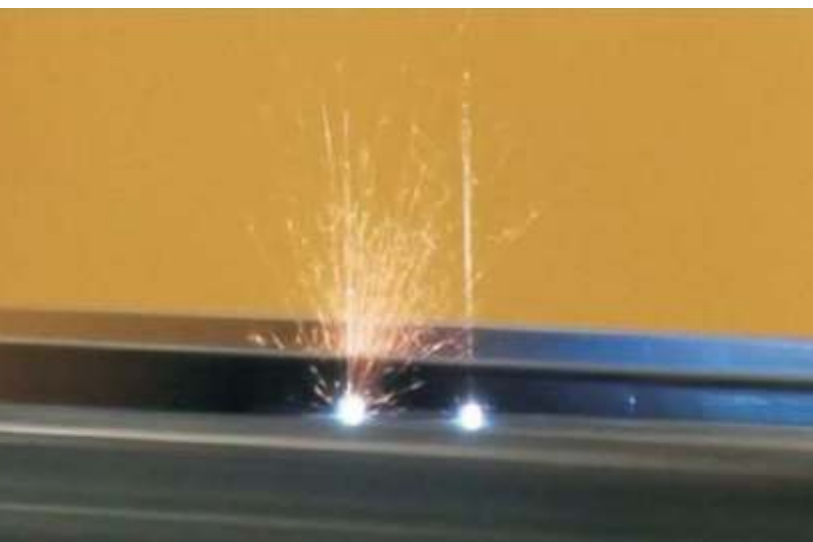
Einsatz der LIBS Technologie zur Lösung von Fragestellungen im Recycling

Die Laserinduzierte Breakdown-Spektroskopie (LIBS) ermöglicht schnelle, präzise und berührungslose Multielementanalytik. Hierbei wird ein intensiver Laserpuls auf die zu untersuchende Oberfläche fokussiert. Innerhalb des Messpunktes von etwa 100µm Durchmesser bildet sich ein Plasma, dessen Emission charakteristisch für das zu analysierende Material ist. Durch Spektralanalyse der Plasmaemission und Auswertung charakteristischer Spektrallinien können qualitative und quantitative Aussagen über die elementare Zusammensetzung im Messpunkt innerhalb weniger Millisekunden getroffen werden. Die Methode ist universell und flexibel, da der spektrale Fingerabdruck aller Elemente simultan erfasst wird.

Die exakte Ermittlung des vorhandenen Werkstoffes ist für viele industrielle Prozessabläufe von herausragender Bedeutung. Durch Einsatz von Vorablationslasern lassen sich auch verschmutzte Oberflächen ohne vorherige Probenvorbereitung schnell und präzise analysieren.

Besondere Vorteile der LIBS-Technologie

- Online - Datenanalyse in Millisekunden
- Inline - Berührungslose Messung und kompakte Messköpfe zur Integration in bestehende Anlagentechnik
- Insitu - Direkte Messung ohne aufwendige Materialaufbereitung



LIBS-Plasma auf Metall
Bewegung des Materials auf einem Transportband bei 3m/s

Highlights der LIBS-Systeme von SECOPTA

- Messergebnisse in Sekundenbruchteilen
- Hohe Sensitivität auch bei Analyse kleiner Konzentrationsgehalte
- Einfache Integration in die Anlagentechnik
- Industrietauglich, auch unter extremen Bedingungen
- Simultane Messung aller Elemente
- Berührungslose Auswertung in Echtzeit
- Analyse von Objekten in Bewegung, z.B. direkt auf dem Fließband (3m/s)
- Parallele Reinigung von Oberflächen mittels Vorablation (PA Feature)
- Quantitativer Methoden in Verbindung mit kundenspezifischen Materialklassen
- Qualitativ arbeitender Klassifikationsmethoden durch Ermittlung des signifikanten „Spektralen Fingerabdrucks“
- Industry 4.0-Ready

MopaLIBS-Elementanalytoren

Die Multielement-Analytoren der Serie MopaLIBS von SECOPTA wurden für den Einsatz im industriellen Umfeld zur Analyse der chemischen Zusammensetzung von Stoffströmen entwickelt. Die Anwendungsmöglichkeiten sind vielfältig und liegen vorzugsweise in den Bereichen Materialsortierung und Volumenstromanalyse.

Standardmäßig werden Applikationen zur Analyse der Legierungszusammensetzung von Metallen sowie für mineralische Industrieprodukte angeboten. Das Messsystem arbeitet mit höchster analytischer Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der bereitgestellten Ergebnisse.

Die Ausführung „MineralLIBS“ ist speziell an die Analyse und Sortierung nichtmetallischer Materialien optimiert.

Die **MopaLIBS-Messsysteme** sind in zwei unterschiedlichen Konfigurationen verfügbar:

- MopaLIBS line (Messung in einer Spur) und
- MopaLIBS scan (Messung auf Breite)

Die MopaLIBS line Variante ist optional um einen Vorablationslaser (Preablation-PA) erweiterbar und ermöglicht bei seitlichem Austrag die Sortierung einer Vielzahl von Fraktionen gleichzeitig.

MopaLIBS-Messsysteme zeichnen sich aus durch:

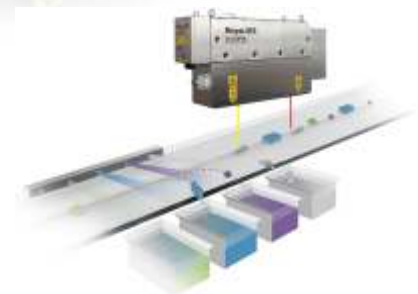
- Robustheit
- Flexibler Einsatz
- Kurze Mess- und Analysezeiten
- Präzise Elementanalytik auch bei geringen Konzentrationsgehalten
- Schnelle Ergebnisbereitstellung

Die MopaLIBS-Geräte werden stets über einem Transportband installiert. Variierende Probenhöhen bis 120mm werden mit einer schnellen Autofocustechnik ausgeglichen.

Zum Einsatz kommen robuste Messlaser, die mit Folgefrequenzen von 20 kHz bei konstanter Laserleistung arbeiten. Optional kann auf 100 kHz erweitert werden oder ein zweiter Laser zur Vorablation eingesetzt werden.. Die daraus resultierenden kurzen Messzeiten gewährleisten berührungsloses Messen selbst kleiner Objekte bei Bandgeschwindigkeiten bis zu 3 m/s. Alle Messergebnisse werden zeitnah über ein Industrie-Interface an eine übergeordnete Steuereinheit (SPS etc.) übertragen. Diese organisiert den Austrag vordefinierter Materialgruppen.



Einsatz im Recycling - Elementanalytator MopaLIBS



Seitlicher Austrag mit MopaLIBS line

Anwendungsbereich Sortierung Bestimmung der Legierungsgruppen Aluminium

Die Sortierung von Aluminium in die Legierungsgruppen 1.xxx – 7.xxx war für Aluminiumschrotte im technologischen Maßstab bisher nicht praktikabel, da hierfür keine inline arbeitende Industrieanalytik zur Verfügung stand. Mit dem MopaLIBS-Elementanalysator lassen sich diese Materialien im Prozess schnell und zuverlässig in enge Spezifikationsklassen sortieren. Durch die sortenreine Trennung in Aluminium-Legierungsgruppen 1.xxx – 7.xxx wird die Wiederverwertung auf gleicher Wertschöpfungsstufe möglich. Für den Kunden bedeutet das eine deutliche Wertsteigerung gegenüber dem Ausgangsmaterial. Der Einsatz dieser Technologie im Recycling hat das Potential der Schaffung geschlossener Rohstoffkreisläufe.

Im Gerät hinterlegte Kalibriermethoden analysieren aus den gemessenen Spektren die Konzentrationen für die Elemente Cu, Fe, Mg, Mn, Si, Zn. Anhand der Konzentrationsverhältnisse wird das Objekt anschließend einer Kundenklasse zugeordnet.

Vorteile des Verfahrens

- Analyse auch der leichten Elemente Si, Mg
- Sortierung in viele Fraktionen
- Einfache Integration in die Anlagentechnik

Kundennutzen

- Hohe Wertschöpfung
- 24/7 Betrieb bei geringen Wartungskosten
- keine Materialvorbereitung, Kostenersparnis



Altschrotte Aluminium, KG 40 -100 mm

Mögliche Trennkategorien für Aluminium-Massenströme:

- Analyse der Elemente Cu, Fe, Mg, Mn, Si, Zn, Cr
- Erstellung kundenspezifischer Materialklassen, in Abhängigkeit vom Massenanteil der zuvor analysierten Legierungselemente

Sortierbeispiele:

- Al-Gruppen 1.xxx - 7.xxx
- Al-Knetlegierungen / Al-Gusslegierungen
- hoch Cu-haltige Materialien
- spezielle Fe-Legierungen
- mögliche Trennung von Al Untergruppen, wie z.B. 7050 / 7075

Anwendungsbereich Sortierung Assortierung niedrig legierter Stahlschrotte

Bei der Produktion von Sphäroguss dürfen fast ausnahmslos nur Stahlschrotte mit niedrigem Mn-Gehalt zum Einsatz kommen. Im Wareneingang der Gießereien wird mittels Stichprobenkontrollen die Legierungszusammensetzung geringer Materialmengen kontrolliert. Dabei kann deren chemische Zusammensetzung erheblich von der Legierungszusammensetzung der Gesamtmasse einer Schrottlieferung abweichen.

Mit einem neuen, ausbringungsoptimierten Verfahren zum präzisen Sortieren von Neu- und Altschrotten können diese Materialströme vor ihrer Verwendung in den Gießereien mit dem Prozessmesssystem MopaLIBS analysiert werden.

Mögliche Trennkategorien für Stahl-Massenströme:

- Analyse der Elemente Mn, Cr, Al, Ti, Cu
- Erstellung kundenspezifischer Materialklassen, in Abhängigkeit vom Massenanteil der zuvor analysierten Legierungselemente

Sortierbeispiel:

- Mn-haltige Stähle in Gruppen
<0,2 m% / 0,2 - 0,4 m% / >0,4 m%

Die stückbezogene Analyse für Mn, Cr, Al, Ti und Cu erfolgt standardmäßig, bei Bedarf kann um weitere Legierungselemente erweitert werden. Basierend auf den ermittelten Analysewerten, können die gemessenen Objekte vordefinierten Kundenklassen zugeordnet und nachfolgend sortiert werden.

Vorteile des Verfahrens

- Präzise Mn- und Cr-Bestimmung
- Vollautomatisierte Sortierung
- keine Oberflächenvorbereitung

Kundennutzen

- Sicherheit bei den verwendeten Eingangsmaterialien
- Hohe Wertschöpfung



Niedrig legierte Stähle - Produktionsschrotte

Anwendungsbereich Sortierung Trennung von Edelstahlschrotten

Durch die sortenreine Trennung von hochlegierten Edelstahlschrotten in ihre Legierungsgruppen lässt sich, im Vergleich zum unsortierten Ausgangsmaterial, eine deutliche Verbesserung in der Wertschöpfung im Recycling erzielen. Um die Anforderungen an den Durchsatz im Recycling zu erfüllen, ist eine schnelle, inline arbeitende Industrieanalytik nötig.

Der MopaLIBS-Elementanalysator führt im Prozess eine stückbezogene Analyse der Edelstahlschrotte zur schnellen und zuverlässigen Sortierung durch. Mit dem Einsatz dieser Technologie lässt sich das Potential für geschlossene Rohstoffkreisläufe von hochlegierten Edelstahlschrotten im Recycling erschließen.

Kalibriermethoden analysieren standardmäßig aus den gemessenen Spektren die Konzentrationen für die Elemente Cr, Ni und Mo. Bei Bedarf kann um zusätzliche Legierungselemente erweitert werden. Anhand der Analysewerte wird das Objekt einer Kundenklasse (hier einer Edelstahl-Legierungsgruppe) zugeordnet, nach der es nachfolgend sortiert werden kann.

Vorteile des Verfahrens

- Universell anpassbar
- Sortierung in viele Fraktionen

Kundennutzen

- Hohe Wertschöpfung
- 24/7 Betrieb bei geringen Wartungskosten
- Entfall Vorreinigung, Kostenersparnis

Mögliche Trennkategorien für Edelstahl-Massenströme:

- Analyse der Elemente Cr, Ni, Mo, Cu, Nb, Ti, V, W, Ta
- Erstellung kundenspezifischer Materialklassen, in Abhängigkeit vom Massenanteil der zuvor analysierten Legierungselemente

Sortierbeispiele:

- Stahlgruppen 1.40 – 1.49
- V2A / V4A
- Spezielle Legierungen (entsprechend den Werkstoffnummern)
- Nickel-Basislegierungen



Edelstahlschrott aus Verbrennungsanlagen

Anwendungsbereich Sortierung Wertstoffe aus Massenströmen NE-Metalle

Mit dem Multielement-Analysator MopaLIBS von SECOPTA kann die elementare Zusammensetzung von NE-Altmetallstücken in einem Stoffstrom bestimmt werden.

Hochwertige Materialgruppen mit hohen Kupfer-, Zink-, Zinn- oder Silberanteilen können klassifiziert und im Inline-Produktionsprozess mittels anschließender Sortierung voneinander getrennt werden.

Das Verfahren ist einsetzbar für Massenströme aus den Bereichen:

- Neuschrotte / Produktionsabfälle
- Hausmüll / Gewerbemüll
- Altmetalle aus der Verbrennung

Mögliche Trennkategorien für NE-Metall-Massenströme

- Klassifikation nach Reinfractionen (Al, Cu, Messing, Bronze, Mg, Zn, Ni, Pb u.a.)
- Klassifikation von Zinkschrotten in Guss- und Blechfraktionen
- Klassifikation von Aluminiumschrotten in Knet- und Gussfraktionen
- Klassifikation von Aluminiumschrotten nach Legierungsgruppen 1000 - 6000
- Klassifikation von Titanschrotten nach Legierungsgruppen
- Klassifikation von Kupferschrotten nach Legierungsgruppen

Die Trennung des Mischschrotts in sortenreine Fraktionen ermöglicht ein effektiveres Recycling bei gleichzeitig hoher Wertschöpfung für die Aufbereitungsunternehmen.

Vorteile des Verfahrens

- Universell und flexibel, da alle Elemente erfasst werden
- Schnelle Messung
- Keine Probenvorbereitung
- Vollautomatisiert

Kundennutzen

- 24/7 Betrieb bei geringen Wartungs- und Instandhaltungskosten
- Hohe Wertschöpfung durch saubere Fraktionen



NE-Metall-Reinfraktion Zinkblech

Anwendungsbereich Sortierung Klassifikation von Titanschrotten nach Legierung

Titan wird aufgrund seiner Eigenschaften in vielen Industriezweigen als Hochleistungswerkstoff eingesetzt. Bei der Herstellung von Titanbauteilen fallen große Mengen des Ausgangsmaterials in Form von Spänen an. Spanabfälle werden derzeit „entsorgt“, indem sie zur Herstellung von Farben oder als Legierungszugabe in der Stahlproduktion verwendet werden. Diese als Downcycling bezeichnete Verfahrensweise ist wirtschaftlich unrentabel. Andererseits ist eine Wiederverwertung der Späne als Primärwerkstoff (Upcycling) gegenwärtig kritisch, da die Abnehmer von Titanbauteilen sehr hohe Ansprüche an die Qualität der herzustellenden Produkte stellen.

Bei Einsatz des MopaLIBS der SECOPTA lassen sich Titan-Produktionsabfälle schnell und zuver-

lässig in enge Spezifikationsklassen sortieren.

Kontaminationen können zu minderwertigen Titanfraktionen führen und etwa in der Luftfahrtindustrie zu katastrophalen Folgen führen. Durch die sortenreine Trennung wird die Wiederverwertung von Titan auf gleicher Wertschöpfungsstufe möglich.

Vorteile des Verfahrens

- Präzise Multielementanalytik
- Schnelle Messung

Kundennutzen

- Materialwiederverwertung auf gleicher Wertschöpfungsstufe
- Sicherheit vor Verunreinigungen



Produktionsabfälle Titan

Mögliche Trennkategorien für Titan-Produktionsabfälle

- Klassifikation zwischen Ti und anderen Metallen
- Klassifikation zwischen unterschiedlichen Titan-Legierungen wie
 - Ti rein
 - Ti-Al6-V4
 - Ti-Al3-V2.5
 - Ti-Al4-V2.5-Fe1.5
 - Ti-Al6-Mo2-Zr4
 - Ti 0,8Ni 0,3Mo
 - weitere auf Anfrage

Anwendungsbereich Sortierung Materialanalyse für Feuerfeststeine

Feuerfestmaterialien finden vielfältige Verwendung in der Metall-, Glas- und Zementindustrie, insbesondere bei der Auskleidung von Öfen und Wannen. Die anorganischen, nichtmetallischen Werkstoffe unterliegen im Einsatz starken Temperaturschwankungen und haben somit oftmals nur eine sehr begrenzte Einsatzdauer. Nach dem Ausbruch lassen sich Feuerfestmaterialien mahlen und zu neuen Bauteilen recyceln. Grundvoraussetzung hierfür ist jedoch eine typenreine und präzise Vorsortierung der Materialien, da nur so ein geschlossener Materialkreislauf und eine höchstmögliche Rohstoffwiederverwertung zu realisieren ist.

Mit den MopaLIBS-Systemen der SECOPTA analytics GmbH lassen sich Feuerfestmaterialien präzise analysieren. In Kombination mit einer geeigneten Sortieranlage wird sortenreines Präzisionsrecycling mit Durchsätzen von bis zu 10t/h je Messspur möglich. Dabei kann die Sortierung in parallel 10 oder mehr Fraktionen erfolgen.

Unsere Partner vertrauen seit mehreren Jahren auf unsere Systeme bei dieser herausfordernden Anwendung.

Trennkategorien für Feuerfest-Massenströme

- Analyse der Elemente Al, Mg, Si, Zr, Cr, Ca
- Klassifikation in kundenspezifische Materialgruppen, abhängig von den Konzentrationsgehalten Al_2O_3 , MgO, SiO_2

Vorteile des Verfahrens

- Vollautomatisierte Sortierung
- Hohe Präzision
- Individuell konfigurierbare Sortierkriterien

Kundennutzen

- Hohe Wertschöpfung
- Geringe Sortierkosten
- Verlässliche Verfügbarkeit



LIBS-Sortieranlage für Feuerfestmaterialien eines Partners

Anwendungsbereich Volumenstrom-Monitoring Analyse der chemischen Zusammensetzung

Die Überwachung der chemischen Zusammensetzung von Materialströmen im Monitoring-Verfahren ist für viele Anwendungen wichtig. Herkömmliche Verfahren erfordern aufwendige Sampling- und Aufbereitungsprozeduren, um aus der Menge des geförderten Materials ein statistisch abgesichertes Messergebnis zu generieren. Mit dem Elementanalysator MopaLIBS von SECOPTA erfolgt die Materialanalyse inline, direkt auf der Oberfläche des geförderten Volumenstromes.

Im Wesentlichen können zwei Anwendungsbe-
reiche unterschieden werden:

- Erfassung von Schwankungen der chemischen Zusammensetzung im Massenstrom
- Erfassung von Änderungen der Materialzusammensetzung innerhalb des Massenstromes (Verwechslungskontrolle)

Durch den Einsatz des MopaLIBS zum inline-Monitoring ist die unmittelbare systematische Erfassung vordefinierter Parameter in Form von Beobachtung, Protokollierung bis hin zur Überwachung von Prozessen möglich. Darauf aufbauend kann steuernd in den Prozess eingegriffen werden, sofern dieser nicht den vordefinierten Verlauf nimmt bzw. bestimmte Schwellwerte unter- oder überschreitet.

Vorteile des Verfahrens

- Vollautomatische Messung
- Alle Elemente simultan
- Automatische Höhenanpassung

Kundennutzen

- Keine aufwendige Probenentnahme
- Keine Stillstandszeiten
- Keine Materialverwechslungen
- Volle Prozesskontrolle

Typische Anwendungsbereiche für das Volumenstrom-Monitoring:

- Analyse von Spänen unterschiedlichster Metalle vor oder nach der Brikettierung (Verwechslungskontrolle)
- Analyse metallhaltiger Volumenströme mit kleinen Korngrößen
- Metallgehalt in Erzen
- Aschewert und Elemente in Kohle
- Verwechslungskontrolle bei der Zuführung in Hochöfen und andere metallurgische Prozesse
- Steuerung von Aufbereitungsprozessen
- Vorsortierung Salze (KCl, NaCl)



Analyse des Volumenstroms eines Partners für einen
Hochofen

SECOPTA analytics GmbH
Ostendstraße 25
12459 Berlin
Tel.: +49.30.5304-1360
Fax: +49.30.5304-1355
Mail: info@secopta.de