



Herausforderung

Automatisierte und zuverlässige Bestimmung von TC-, TN-, TS- und TCI-Gehalten in viskosen hochreaktiven Pyrolyseölen und Folgeprodukten in einem weiten Konzentrationsbereich

Lösung

Verbrennungsbasierte Elementaranalyse mit Flammensensor-optimierter Verbrennung und Weitbereichsdetektion mit dem multi EA 5100

Zielpublikum

Betreiber von Pyrolyseanlagen, Akteure im Bereich chemisches Recycling, Weiterverarbeiter von Pyrolyseöl, Betreiber von Raffinerien, Auftragslabore

Chemisches Recycling von Plastik - Analyse von Chlor, Schwefel, Stickstoff und Kohlenstoff in Pyrolyseölen und -wachsen und ihren Folgeprodukten

Einleitung

Plastikmüll ist eines der großen Probleme unserer Zeit. Das weltweite Aufkommen an Plastikmüll wird sich voraussichtlich bis zum Jahr 2060 verdreifachen. Aktuell werden davon nur 9 % recycelt, der Rest wird deponiert, unter CO₂-Ausstoß verbrannt oder gelangt in die Umwelt, insbesondere ins Meer, wo es schwere ökologische Schäden verursacht. Gleichzeitig werden fossile Ressourcen, aus denen Kunststoffe bislang überwiegend hergestellt werden, immer knapper und sind aus Gründen des Klimaschutzes bedenklich. Deshalb gewinnt Plastikrecycling als Kreislaufprozess immer mehr an Bedeutung. Für das bislang vorherrschende mechanische Recycling eignen sich nur bestimmte Kunststoffe, die zusätzlich sortenrein vorliegen müssen, weshalb mit mechanischem Recycling allein die Recyclingquote nicht erheblich gesteigert werden kann. Eine Lösung bietet das chemische Recycling, bei dem auch gemischte Kunststoffabfälle und andere organikreiche Abfälle eingesetzt werden können. Beim Pyrolyseverfahren

werden die Polymerketten gemischter Plastikabfälle, vornehmlich Polyolefine wie PE und PP, bei Temperaturen um die 600 °C unter Sauerstoffausschluss aufgeschlossen. Es entsteht ein meist dickflüssiges, manchmal inhomogenes, braunes Pyrolyseöl, welches aus einem Spektrum von mehreren hundert unterschiedlich langen und verzweigten Kohlenwasserstoffketten und Aromaten bestehen kann und für die Herstellung organischer Grundchemikalien, die Produktion neuer Kunststoffe oder sogar als Kraftstoff verwendet werden kann. Da für die Herstellung neuer Produkte einfache Monomere wie z.B. Ethen, Propen und Buten benötigt werden, müssen die Kohlenwasserstoffketten des Pyrolyseöls noch weiter heruntergebrochen werden. Je nachdem wie schwer oder leicht das Pyrolyseöl ist, geschieht dies je nach Verfahren nach dem Raffinieren oder direkt, in einem Steamcracker. Um Korrosion, Katalysatorvergiftung und andere Probleme zu vermeiden, darf das Pyrolyseöl, das in die petrochemischen Anlagen eingespeist wird,

festgelegte Grenzwerte für Heteroatome und Metalle nicht überschreiten. Dies dient dem Katalysatorschutz, aber auch der Prozesssicherheit und Qualitätssteuerung der Endprodukte.

Chlorverbindungen, welche z.B. aus dem eingesetzten gemischten Polymerabfall (z.B. PVC), aus Additiven oder Farbstoffen stammen, können im Aufbereitungsprozess zu Korrosion durch HCl-Gase führen. Schwefelverbindungen, die ebenfalls aus Bestandteilen des Polymerabfalls stammen können (z.B. Autoreifen oder Gummiprodukte), führen gleichermaßen zu Korrosion, zur Vergiftung der Katalysatoren und zu weiteren Problemen im Steamcracker. Auch stickstoffhaltige Verbindungen, welche aus den eingesetzten Polymeren (z.B. ABS, NBR oder PA), aus Additiven und Verunreinigungen stammen können, führen zur Katalysatorvergiftung und zu unerwünschten Ablagerungen. Aus Stickstoffverbindungen können Ammoniak und Cyanide gebildet werden, auch das Fouling hat hier seine Ursache. Bei der Verwendung zur Kraftstofferzeugung muss das Pyrolyseöl ebenfalls strenge Grenzwerte für die Elementkonzentrationen, hier besonders für den Schwefel einhalten. Wenn das Pyrolyseöl nicht die erforderlichen Eigenschaften hat, ganz besonders aber die elementspezifischen Grenzwerte überschreitet, sind weitere Bearbeitungsschritte notwendig. Um dies zu prüfen und erforderliche Maßnahmen einleiten zu können, ist eine zuverlässige Analytik für die Bestimmung

von Chlor-, Schwefel- und Stickstoff-Gehalten nötig.

Der Kohlenstoffgehalt wird manchmal zur Bewertung des Pyrolyseschrittes mitbestimmt. Das ermöglicht eine Massenbilanzierung des Verfahrens.

Während andere Techniken wie die Röntgenfluoreszenz-analytik (RFA) oder die Combustion IC (CIC) bereits bei der Abdeckung der relevanten Elementkombination ihre Grenzen erreichen, ermöglicht die verbrennungsbasierte Elementaranalytik alle vier Elemente mit ein und demselben Gerät zu bestimmen. Die Technik ist im Bereich der Raffinerie-Analytik für die Bestimmung von Nichtmetallen etabliert.

Für eine so anspruchsvolle Messaufgabe ist der multi EA 5100 – ein Multi-Elementanalysator – bestens geeignet. Durch intelligente Ventiltechnik und seinen modularen Aufbau ermöglicht er die Bestimmung aller relevanten Elemente in nur einem Analysenzyklus, wobei C-, N- und S-Gehalte simultan bestimmt werden. Die Cl-Bestimmung erfolgt sequenziell und völlig automatisch, ein Geräteumbau ist hierfür nicht erforderlich. In einigen Fällen ist auch die weiterführende, prozessbegleitende Analytik von Interesse, dann nämlich, wenn aus dem Pyrolyseöl direkt hochwertige und hochreine chemische Spezialitäten (z.B. Weißöl, Lösemittel) produziert werden. Dank seines weiten linearen Messbereichs und der niedrigen Nachweisgrenzen erlaubt der multi EA 5100 eine Erweiterung der Analytik auch für diese Probentypen.

Material und Methoden

Proben

Pyrolyseprodukte

- Probe A1 (dunkelbraun, flüssig, starker Geruch, homogen)
- Probe A2 (dunkelbraun, flüssig, starker Geruch, inhomogen, partikelhaltig)
- Probe B1 (dunkelbraun, flüssig)
- Probe B2 (hellbraun, wachsartig)

Folgeprodukte

- Proben C1, C2, C3 (braun, wachsartig) Prozessintermediate
- Proben C4, C5, C6 (gelb, ölig) Weißöle
- Proben C7, C8, C9 (weiß, wachsartig) Paraffinwachse
- Probe C10 (farbloses, flüssig) – aliphatisches Lösungsmittel

Reagenzien

- Isooktan (für die Gaschromatographie ECD und FID, SupraSolv, Merck/Supelco, Art. No. 1.15440.1000), als Standardmaterial für die Kalibrierung, c: 580,41 g/l Kohlenstoff
- o-Xylol 99 % (Thermo Fisher Scientific/Alpha Aesar, Art. No. A11358.AP), als Lösemittel zur Verdünnung

- Kit Kalibrierlösungen 0,1 - 10 mg/l Chlor, (Analytik Jena GmbH+Co. KG, 402-889.071)
- Kit Kalibrierlösungen 0,10 - 25 mg/l Stickstoff, (Analytik Jena GmbH+Co. KG, 402-889.075)
- Kit Kalibrierlösungen 0,1 - 10 mg/l Schwefel, (Analytik Jena GmbH+Co. KG, 402-889.070)
- Kit Kalibrierlösungen 10 - 100 mg/l Chlor, (Analytik Jena GmbH+Co. KG, 402-889.166)
- Kit Kalibrierlösungen 10 - 100 mg/l Stickstoff, (Analytik Jena GmbH+Co. KG, 402-889.165)
- Kit Kalibrierlösungen 10 - 100 mg/l Schwefel, (Analytik Jena GmbH+Co. KG, 402-889.167)

Probenvorbereitung

Die Probentypen A und B wurden für die N-, S- und Cl-Bestimmung vor der Analyse aufgrund der erwarteten hohen Konzentrationen, der erhöhten Viskosität und partiellen Inhomogenität durch eine Probenverdünnung homogenisiert. Hierzu wurden die wachsartigen und inhomogenen Proben bei 60 °C in einem Wasserbad durch Aufschmelzen homogenisiert. Ein Aliquot dieser homogenen Proben wurde danach mit o-Xylol als

Lösemittel massenbasiert (m/m) verdünnt. Die verwendeten Verdünnungsfaktoren lagen, probenabhängig, zwischen 3 und 100. Der Blindwert des Verdünnungsmittels wurde mitbestimmt und bei der Berechnung der Endergebnisse berücksichtigt. Das gleiche Lösemittel wurde auch für die homogenen Ölproben verwendet, nur dass hier der Aufwärm-Schritt entfallen kann. Diese Strategie ermöglicht eine schnelle und gemeinsame Abarbeitung aller Proben mit einem Flüssigprobengeber. Alternativ kann auch ein temperierbarer Probengeber verwendet werden. Auf Kohlenstoff wurden nur die beiden A-Proben untersucht. Hierfür wurden sie direkt, ohne vorherige Verdünnung dosiert. Alle Kontrollstandards wurden ebenfalls direkt und ohne Probenvorbehandlung analysiert.

Kalibrierung

Vor den Messungen der Proben wurde der multi EA 5100 kalibriert. Hierzu wurden flüssige Kalibrierstandards im Konzentrationsbereich von 0 bis 100 mg/l für die Elemente Stickstoff, Schwefel und Chlor verwendet. Für die Kohlenstoff-Kalibrierung kann eine geeignete organische Flüssigkeit, hier Isooktan, verwendet werden. Die verwendeten Materialien und weitere Parameter sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Für die N-, S-Kalibrierungen wurde ein Injektionsvolumen von 40 µl, für die Cl-Kalibrierungen 100 µl, verwendet. Die Kohlenstoff-Kalibrierung erfolgte, wie bei der Bestimmung sehr hoher Elementgehalte üblich, nur mit einem Standard. Zur Variation der Elementgehalte wurden hier unterschiedliche Volumina des Standards dosiert. Die Abbildungen 1 bis 4 zeigen exemplarisch Beispiele für die verwendeten Kalibrierkurven.

Tabelle 1: Kalibrierparameter

Parameter	Standard	Konzentrationsbereich	Elementgehalt (absolute)
TC	Isooktan	580,41 g/l	5,8 – 29 µg C
TN	Pyridin in Isooktan	0,1 – 100 mg/l	0,004 – 4 µg N
TS	Dibenzothiophen in Isooktan	0,1 – 100 mg/l	0,004 – 4 µg S
TCl	2,4,6-Trichlorphenol in Isooktan	0,1 – 100 mg/l	0,01 – 1 µg Cl

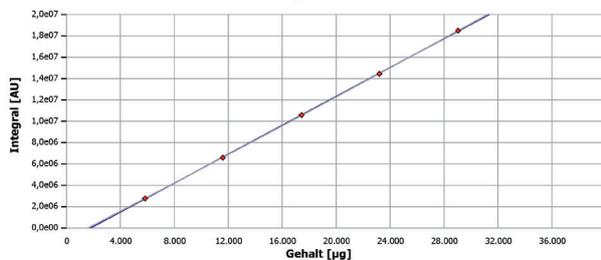


Abb. 1: TC-Kalibrierkurve

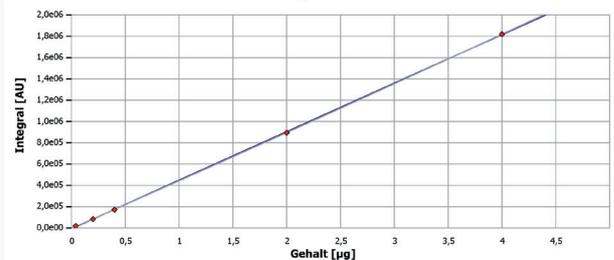


Abb. 2: TN-Kalibrierungskurve

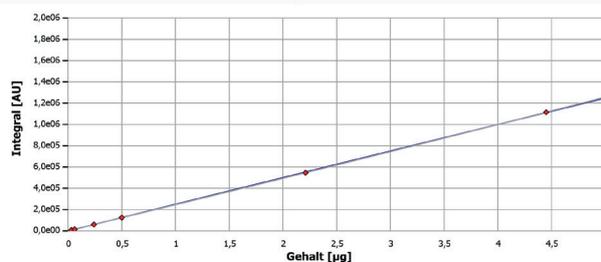


Abb. 3: TS-Kalibrierkurve

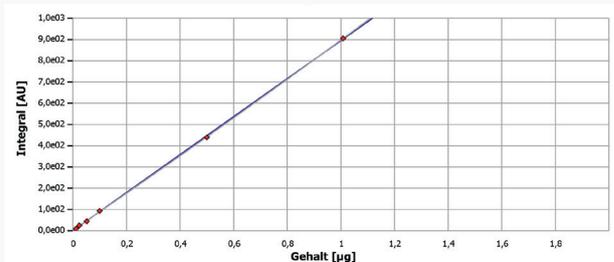


Abb. 4: TCl-Kalibrierkurve

Geräte- und Methodenparameter

Ein multi EA 5100 wurde im horizontalen Betriebsmodus für die Analyse aller Proben und Standards verwendet. Für die Bestimmung der Schwefelgehalte wurde ein UV-Fluoreszenzdetektor (UVFD) mit MPO-Technologie verwendet. MPO bedeutet Micro-Plasma-Optimierung und ist eine patentierte Technologie, um störende Interferenzen durch hohe Stickstoffkonzentrationen bei der Bestimmung von Schwefelspuren und somit falsche, zu hohe Messwerte zu verhindern. Für die Bestimmung von Kohlenstoff kam ein nicht-dispersiver IR-Detektor (NDIR), für die Stickstoffbestimmung ein Chemolumineszenz-Detektor (CLD) und für die Chlorbestimmung die coulometrische Titration mittels high sensitive Messzelle zum Einsatz. Die erreichbaren Nachweisgrenzen des verwendeten Messsystems liegen bei 50 µg/l Cl, 5 µg/l für S und 10 µg/l N.

Für die automatisierte Probenaufnahme und -überführung in den Verbrennungsofen war das System mit einem automatischen Schiffchenvorschub mit Flammensensor und einem Multi-Matrix-Probengeber des Typs MMS ausgestattet. Der Flammensensor sorgt für eine sichere, und vollständige Verbrennung jeder Probenmatrix bei kürzester Messzeit. Eine zeitaufwändige Methodenentwicklung und Erstellung von Bootprogrammen für jede Probenart werden somit überflüssig. Das macht die Analytik einfach und reproduzierbar, darüber hinaus werden Fehlerquellen eliminiert und der Wartungsaufwand im Vergleich zu klassischen Bootprogrammen signifikant reduziert.

Methodenparameter

Für die Analyse der Standards und Proben wurde eine Multi-Elementmethode aus der Methodenbibliothek verwendet. Die Parameter für die Verbrennung und Detektion sind in den Tabellen 2 und 3 zusammengefasst. Das Injektionsvolumen für die C-, N- und S-Bestimmung lag bei 40 µl, für die Cl-Bestimmung bei 100 µl.

Für die Messungen wurde mit Hilfe der µL-Spritze des MMS ein genau definiertes Probenvolumen in ein Quarzprobenschiffchen, das sich bereits im ABD befindet, dosiert. Anschließend wird dieses automatisch, vom Flammensensor kontrolliert, in den Verbrennungsofen überführt. Der Flammensensor passt dabei den Prozess an die speziellen Bedürfnisse der jeweiligen Probenkomponente an. Dies gewährleistet matrixunabhängige, optimale Ergebnisse.

Der Probenaufschluss erfolgte durch eine effiziente katalysatorfreie Hochtemperaturverbrennung. Der Prozess ist in zwei Phasen unterteilt. In der ersten Prozessphase erfolgt die Verdampfung der flüchtigen Probenbestandteile in einem Inertgasstrom, gefolgt von der Verbrennung der gebildeten gasförmigen Produkte in einer sauerstoffreichen Atmosphäre. In der zweiten Phase werden die schwereren, nicht flüchtigen Probenbestandteile und die gebildeten Pyrolyseprodukte in reinem Sauerstoff quantitativ oxidiert. Die gebildeten gasförmigen Reaktionsprodukte SO₂, NO_x, CO₂ und HX werden nach vollständiger Trocknung ohne Kondensationsverlust zu den jeweiligen Detektionssystemen überführt. Das Auto-Protection-System garantiert dabei höchste Betriebssicherheit und effizienten Schutz, Partikel und Aerosole werden zurückgehalten, nur die Analyten können passieren.

Der Wechsel zwischen der Verwendung der optischen Detektoren (TC, TN, TS) und des elektrochemischen Chlordetektors ist ohne Umbau schnell und automatisch möglich.

Tabelle 2: Prozessparameter multi EA 5100 – horizontaler Modus

Parameter	Einstellung
Ofentemperatur	1050 °C
Nachverbrennung	60 s
Ar-Fluss (1. Phase)	200 ml/min
O ₂ Haupt-Fluss	200 ml/min
O ₂ Fluss (2. Phase)	200 ml/min
Probe: aufziehen	2,0 µl/s
Probe: dosieren	2,0 µl/s
ABD Modus	automatic*

* Flammensensor-kontrollierte, automatische Optimierung der Verbrennung

Tabelle 3: Detektionsparameter für die C (NDIR), N (CLD), S (UVFD) und Cl (high sensitive Zelle) Bestimmung

Parameter	Kohlenstoff	Schwefel	Stickstoff	Chlor
Max. Integrationszeit	500 s	700 s	700 s	1200 s
Block	7	7	7	-
Start	0,12 ppb	0,2 ppm	0,5 ppb	-
Basisannäherung	0,20 ppb	0,2 ppm	0,5 ppb	25 cts
Zelltemperatur	-	-	-	22 °C
Titrationverzögerung	-	-	-	1
Schwellwert	-	-	-	300 cts
Basislinie/Drift-Korrektur	-	-	-	automatisch

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse für die simultanen N-, S-Bestimmungen und die Cl-Bestimmung der Kontrollstandards und verschiedenen Probenotypen sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Es handelt sich um Mittelwerte aus Dreifach-Bestimmungen. Die hohe Effizienz der Verbrennung und Probenaufgabe spiegeln sich in der sehr guten Reproduzierbarkeit und geringen Streuung der Messwerte wider, die unter 3 % lagen.

Tabelle 4: Ergebnisse der N-, S- und Cl-Bestimmungen für Proben und Standards

Probe	c _N [mg/l]	RSD [%]	c _S [mg/l]	RSD [%]	c _{Cl} [mg/l]	RSD [%]
C1	64,9	0,59	15,8	0,72	6,7	0,74
C2	78,6	0,35	17,9	1,48	34,2	1,17
C3	59,5	0,75	16,6	2,01	45,2	0,01
C4	83,2	0,12	22,6	1,39	12,5	0,52
C5	63,7	0,27	38,7	2,18	73,7	1,49
C6	50,5	0,39	39,6	0,90	930	0,37
C7	0,46	1,76	0,26	2,99	0,37	2,21
C8	0,46	5,54	0,24	3,86	0,85	3,70
C9	73,0	3,21	0,85	0,21	0,51	2,54
C10	5,70	0,30	35,1	1,13	0,75	0,93
Pyrolyseöle und -wächse						
B1	3250	0,6	2500	0,8	498	2,4
B2	1410	1,0	78,6*	1,8	84,1	0,4
A1	1050	0,6	33,9*	1,6	36,4	1,2
A2	1540	0,01	37,1*	2,5	28,6	3,4

Fortsetzung Tabelle 4: Ergebnisse der N-, S- und Cl-Bestimmungen für Proben und Standards

		Teststandards			
Standard 12,5 mg/IS		12,5	2,45		
Standard 10,1 mg/l N	10,2	0,60			
Standard 10,0 mg/l Cl				9,99	1,24

* TS mit MPO

Die Proben der Typen A und B sind Pyrolyseprodukte und weisen wie erwartet sehr hohe Anteile an unerwünschten Schwefel-, Stickstoff und Chlorverbindungen auf. Durch geeignete Maßnahmen werden diese vor und während der Weiterverarbeitung merklich bis in den Spurenbereich reduziert, was die Messwerte der Proben des Typs C, insbesondere C7 und C8 deutlich zeigen.

Bei den Proben B1, B2, A2 und A2 wurde bei der TS-Messung die MPO-Funktionalität verwendet, um einen störenden Einfluss der sehr viel größeren TN-Konzentration (> 1 g/l TN bei TS-Konzentrationen im mg/l-Bereich) auf das TS-Ergebnis zu vermeiden. Im UVFD verursacht das Molekül NO eine Interferenz, wodurch, völlig unabhängig vom verwendeten Analysengerät, ca. 1 % der Stickstoffkonzentration, falsch positiv als Schwefel detektiert wird. Bei den Proben C1 bis C10 dagegen lagen die TN- und TS-Werte in einem ähnlichen Konzentrationsbereich, weshalb hier das MPO-Modul nicht erforderlich ist. Um die Wirkung der MPO-Technik auf die Messergebnisse zu zeigen, wurden die Proben A1 und A2 sowohl mit als auch ohne Verwendung des MPO gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Vergleich der TS-Messungen für Probe A1 und A2 – mit und ohne Interferenz-Korrektur

Modus Sample	UVFD		UVFD mit MPO	
	c _s [mg/l]	RSD [%]	c _s [mg/l]	RSD [%]
A1	43,1	0,5	33,9	1,6
A2	54,9	1,6	37,1	2,5

Die Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes erfolgte nur für die Pyrolyseöle A1 und A2. Dazu wurden die Proben unverdünnt gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Ergebnisse der TC-Bestimmung für die Proben A1 und A2

Probe	c _c [g/l]	RSD [%]
A1	666	0,4
A2	666	0,5
Isooktan, 580,41 g/l C	580,41	0,4

In den Abbildungen 5 bis 18 sind stellvertretend die N-, S- und Cl-Messkurven für die Kontrollstandards und für jeweils eine Probe aus den drei verschiedenen Probengruppen (C3, B2, A1) dargestellt, eine Kohlenstoff-Messkurve für die Probe A1 und Isooktan ist ebenfalls enthalten.

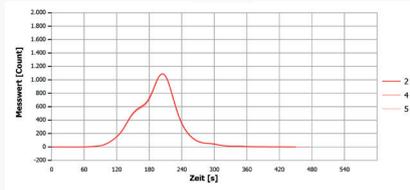


Abb. 5: Messkurve für TN-Standard 10,1 mg/l

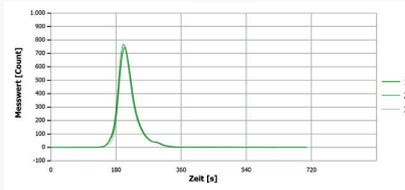


Abb. 6: Messkurve für TS-Standard 12,5 mg/l

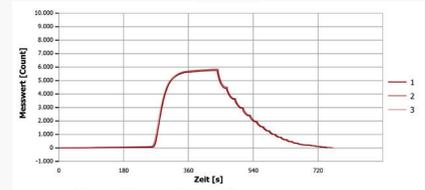


Abb. 7: Messkurve für TCI-Standard 10 mg/l

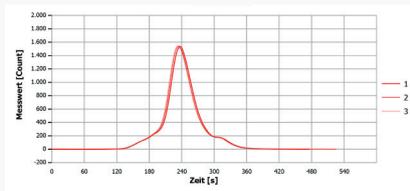


Abb. 8: TN-Messkurve für C3

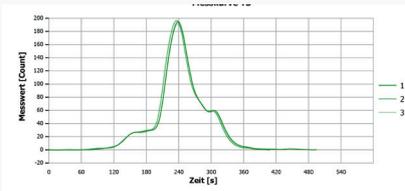


Abb. 9: TS-Messkurve für C3

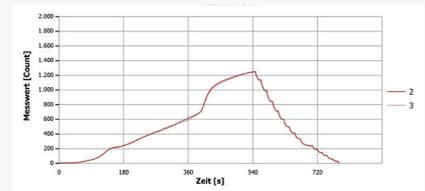


Abb. 10: TCI-Messkurve für C3

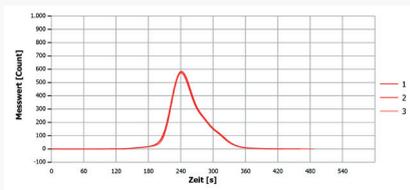


Abb. 11: TN-Messkurve für B2

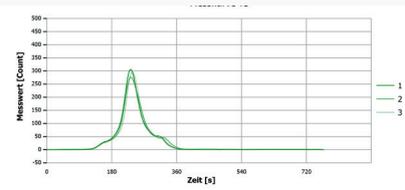


Abb. 12: TS-Messkurve für B2

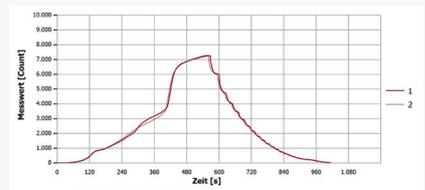


Abb. 13: TCI-Messkurve für B2

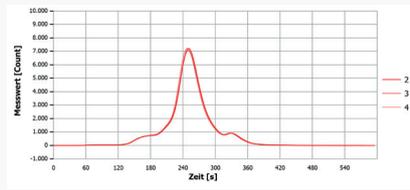


Abb. 14: TN-Messkurve für A1

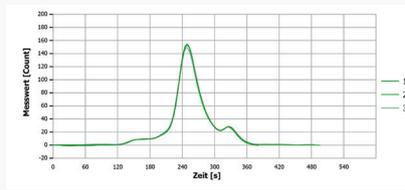


Abb. 15: TS-Messkurve für A1

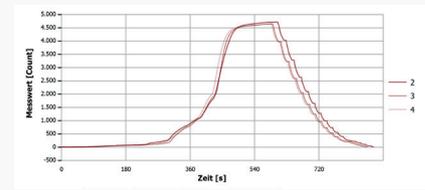


Abb. 16: TCI-Messkurve für A1

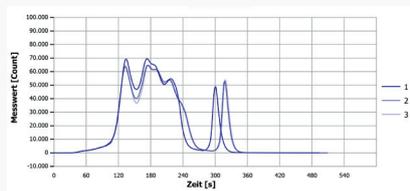


Abb. 17: TC-Messkurve für A1

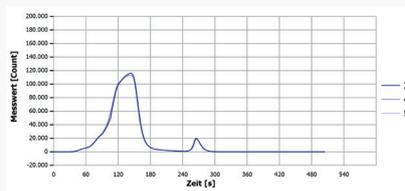


Abb. 18: TC-Messkurve für Isooktan

Der Verlauf der Messkurven für die Kohlenstoffbestimmung erscheint optisch stark variierend. Dies spiegelt das Regelverhalten des Flammensensors zur Schaffung optimaler Verbrennungsbedingungen wider. Beim Blick auf die Analysenergebnisse, zeigt sich jedoch die hohe Reproduzierbarkeit mit weniger als 1 % RSD.

Zusammenfassung

Der Elementaranalysator multi EA 5100 bietet eine einfache und zuverlässige Lösung für die präzise und schnelle Multi-Elementanalyse in Pyrolyseölen und -wachsen und ihren Folgeprodukten. Schwefel-, Stickstoff- und Kohlenstoffgehalt werden simultan bestimmt. Die Bestimmung von Chlor erfolgt sequenziell mit ein und demselben Analysensystem ohne einen Umbau des Gerätes zu erfordern. Die HiPerSens-Detektion liefert niedrigste Nachweisgrenzen und einen sehr weiten linearen Messbereich für C, N, S und Cl. Das erlaubt es, sowohl im erheblichen Maße verunreinigte Pyrolyseöle, Prozessintermediate als auch die daraus resultierenden hochreinen Endprodukte mit dem selben Gerät und ein und derselben Analysenmethode zu untersuchen. Das spart zusätzlich Zeit.

Der Flammensensor ermöglicht einen sicheren, reproduzierbaren und schnellen Aufschluss jeder Probenmatrix ohne Methodenentwicklung und garantiert somit exakte Ergebnisse in kürzester Messzeit. Die Entstehung von Ruß oder anderen unerwünschten Pyrolyseprodukten und daraus resultierend ein erhöhter



Abb. 19: multi EA 5100 mit ABD und MMS Autosampler im Flüssigkeitsmodus

Wartungsaufwand und falsche Analyseergebnisse sind damit von vornherein ausgeschlossen. Sollten weitere analytische Aufgaben in den Fokus treten, kann das Analysensystem durch geeignete Module auch für die Analyse gasförmiger Pyrolyseprodukte mit einem Gas- oder Flüssiggasprobengeber ausgestattet werden.

Übersicht benötigter Geräte und Zubehöre

Tabelle 7: Konfiguration des verwendeten Analysensystems

Artikel	Artikelnummer	Beschreibung
multi EA 5100	450-300.011	Basismodul mit Verbrennungssofen
C/N/S High Performance Trockner-Kit multi EA 5100	450-300.012	High-Performance Messgastrocknung
N-Modul 5100	450-300.022	Chemolumineszenz-Detektor für die Stickstoffbestimmung
S-Module MPO 5100	450-300.020	UV-Fluoreszenz-Detektor für die Schwefelbestimmung mit MPO Technologie
C-Modul 5100	450-300.028	NDIR-Detektor für die Bestimmung von Kohlenstoffgehalten
Cl-Modul 5100	450-300.023	Modul zur Bestimmung von Chlorgehalten mittels coulometrischer Titration
Erweiterungs-Kit Cl "high sensitive"	450-300.024	Erweiterung zur Bestimmung von Chlorgehalten im Spurenbereich
ABD - Automatischer Schiffchenvorschub	450-300.013	Automatischer Schiffchenvorschub mit Flammensensor Technologie – Probenzuführung im horizontalen Betriebsmodus
Multi-Matrix Probengeber - MMS	450-300.030	Probengeber für die automatische Dosierung von Flüssigkeiten, Feststoffen, AOX, EOX und TOC-Proben
Liquids Kit für MMS	450-300.033	Erweiterung für die automatische Dosierung von Flüssigkeiten
multiWin Software	450-011.803	Steuer- und Auswertesoftware

Die beschriebene Gerätekonfiguration kann auch zur Analyse von Feststoffproben wie bei der Pyrolyse anfallender Aktivkohle eingesetzt werden.

Dieses Dokument ist zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wahr und korrekt; die darin enthaltenen Informationen können sich ändern. Dieses Dokument kann durch andere Dokumente ersetzt werden, einschließlich technischer Änderungen und Korrekturen.

Markenrechtlicher Hinweis: Die in der Applikationsschrift genannten Markennamen von Drittprodukten sind in der Regel eingetragene Marken der jeweiligen Unternehmen.

Unternehmenshauptsitz

Analytik Jena GmbH+Co. KG
Konrad-Zuse-Straße 1
07745 Jena · Deutschland

Tel. +49 3641 77 70
Fax +49 3641 77 9279

info@analytik-jena.com
www.analytik-jena.com

Version 1.0 · Autor: IH, AnGr
de · 11/2023

© Analytik Jena GmbH+Co. KG | Bilder ©: Istock/nevodka