

# DIN CEN ISO/TS 23359:2026-03 (D)

Nanotechnologien - Chemische Charakterisierung von mit Graphen verwandten zweidimensionalen Materialien aus Pulvern und flüssigen Dispersionen (ISO/TS 23359:2025); Deutsche Fassung CEN ISO/TS 23359:2025

---

Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort.....	8
Vorwort.....	9
Einleitung.....	10
1 Anwendungsbereich.....	11
2 Normative Verweisungen.....	11
3 Begriffe.....	12
4 Abkürzungen.....	15
5 Ansätze zur chemischen Charakterisierung.....	16
6 Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS).....	18
6.1 Einleitung.....	18
6.2 Messgerätevorbereitung.....	18
6.3 Probenvorbereitung.....	19
6.4 Verfahren.....	19
6.5 Quantitative Analyse.....	22
7 Thermogravimetrische Analyse (TGA).....	23
7.1 Einleitung.....	23
7.2 Probenvorbereitung.....	25
7.2.1 Allgemeines.....	25
7.2.2 Gerätebedingungen und -vorbereitung.....	25
7.2.3 Vorbereitung des Tiegels.....	26
7.2.4 Durchführung der Messung.....	26
7.3 Datenverarbeitung und quantitative Analyse.....	26
7.3.1 Darstellung der Daten.....	26
7.3.2 Bestimmung der Anzahl der Massenänderungsschritte.....	27
7.3.3 Bestimmung der Temperatur der maximalen Massenänderungsrate ( $T_{max}$ ).....	27
7.3.4 Identifizierung des Vorhandenseins von GR2M.....	27
7.3.5 Bestimmung des Massenanteils in Prozent.....	28
8 Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS).....	30
9 Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (FTIR).....	31
10 Bericht.....	31
10.1 Einleitung.....	31
10.2 Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS).....	31
10.3 Thermogravimetrische Analyse (TGA).....	31
10.4 Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS).....	32
10.5 Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (FTIR).....	32
Anhang A (informativ) Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS).....	33
A.1 Einleitung.....	33
A.2 Gerätevorbereitung.....	33
A.3 Reagenzien.....	33
A.3.1 Chemische Reagenzien.....	33

A.3.2	Interne Standardlösungen .....	34
A.3.3	Blindlösung .....	34
A.4	Probenvorbehandlung .....	34
A.4.1	Einleitung.....	34
A.4.2	Mikrowellenaufschlussystem.....	35
A.4.3	Probenvorbehandlung und -vorbereitung.....	35
A.4.4	Mikrowellenunterstützter Säureaufschluss .....	35
A.5	Verfahren.....	36
A.5.1	Allgemeines.....	36
A.5.2	Messung der Probe .....	36
A.6	Analyse .....	37
A.6.1	Standardkalibrierkurve.....	37
A.6.2	Massenkonzentration .....	37
A.7	Messbericht.....	37
<b>Anhang B (informativ) Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (FTIR).....</b>		<b>39</b>
B.1	Einleitung.....	39
B.2	Gerätevorbereitung.....	39
B.3	Vorbereitung der Probe .....	39
B.4	Messvorgang .....	40
B.4.1	Anfangseinstellungen .....	40
B.4.2	Untergrundabtastung .....	40
B.4.3	Kalibrierung mittels Referenzmaterial.....	40
B.4.4	Messung der Probe .....	41
B.4.5	Datenanalyse .....	41
B.5	Berichterstattung.....	42
<b>Anhang C (informativ) Zusammenfassung der Ringversuche mit Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS).....</b>		<b>43</b>
C.1	Einleitung.....	43
C.2	Versuch 1: Atomare Verhältnisse des C/O-Verhältnisses (O/C-Verhältnisses) .....	43
C.2.1	Einleitung.....	43
C.2.2	Ergebnisse .....	43
C.3	Versuch 2: Funktionalisierte Graphen-Nanotäfelchen (GNPs).....	45
C.3.1	Einleitung.....	45
C.3.2	Ergebnisse .....	46
<b>Anhang D (informativ) Zusammenfassung des Ringversuchs mittels thermogravimetrischer Analyse (TGA).....</b>		<b>49</b>
D.1	Einleitung.....	49
D.2	Ziel und Verfahren .....	49
D.3	Ergebnisse .....	49
<b>Anhang E (informativ) Zusammenfassung des Ringversuchs mit Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) .....</b>		<b>56</b>
E.1	Einleitung.....	56
E.2	Versuch und Verfahren .....	56
E.3	Ergebnisse .....	56
<b>Anhang F (informativ) Zusammenfassung des kleinen Ringversuchs mit Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (FTIR) .....</b>		<b>59</b>
F.1	Einleitung.....	59
F.2	Verfahren.....	59
F.3	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	59
<b>Literaturhinweise .....</b>		<b>62</b>

## Bilder

Bild 1 — Reihenfolge der eingesetzten Verfahren zur Bestimmung der chemischen Eigenschaften von GR2Ms aus Pulver oder flüssiger Dispersion .....	17
Bild 2 — Beispiel eines gepressten Pellets, das auf ein Silicium-Wafer aufgebracht ist.....	19
Bild 3 — Beispiel eines XPS-Spektrums.....	22
Bild 4 — Beispiele für TG- und DTG-Diagramme für Pulver, die unterschiedliche GR2Ms enthalten .....	24
Bild 5 — Beispielergebnisse von TG-, DTG- und d2TG-Kurven für GO .....	30
Bild C.1 — Ergebnisse aus den Messungen des C/O-Verhältnisses mittels XPS.....	45
Bild C.2 — Einfluss des Pressdrucks auf die Messung des O/C-Verhältnisses mittels XPS .....	46
Bild C.3 — Vergleich der Messungen des F/C-Verhältnisses mittels XPS und HAXPES .....	47
Bild C.4 — Ergebnisse des XPS-Ringversuchs .....	48
Bild D.1 — Beispiele für TG-Kurve (oben), DTG-Kurve (mittig) und d2TG-Kurve (unten) für GO-, rGO- und FLG-Proben .....	50
Bild D.2 — Ringversuchsergebnisse für $T_{max}$ für Kohlenstoff aus GO-, rGO- und FLG-Proben.....	53
Bild D.3 — Ringversuchsergebnisse für den prozentualen Sauerstoffanteil der GO-Probe.....	54
Bild D.4 — Statistische Konformität ausgewählter Charakterisierungsparameter.....	54
Bild E.1 — ICP-MS-Ringversuchsergebnisse für Metallverunreinigungen in Probe 1 (S1).....	57
Bild E.2 — ICP-MS-Ringversuchsergebnisse für Metallverunreinigungen in Probe 2 (S2).....	58
Bild F.1 — Ringversuchsergebnisse mittels FTIR für eine GO-Probe.....	60
Bild F.2 — Ringversuchsergebnisse mittels FTIR für eine rGO-Probe.....	60
Bild F.3 — Ringversuchsergebnisse mittels FTIR für eine FLG-Probe.....	61

## Tabellen

Tabelle 1 — Ansätze zur chemischen Charakterisierung .....	16
Tabelle 2 — Beispielergebnisse aus der thermogravimetrischen Analyse (TGA) einer GR2M-Probe.....	30
Tabelle B.1 — Schwingungsformen und Peak-Positionen von typischen funktionellen Gruppen von GR2M .....	41
Tabelle C.1 — Ergebnisse eines VAMAS-Ringversuchs mittels XPS für eine GNP-Probe .....	43
Tabelle D.1 — Beispiel für verarbeitete TG-Daten für eine GO-Probe.....	50