



Safety First

Chemische Analytik
für Defense & Security

PEOPLE
YOU
CAN
TRUST

 **Metrohm**

1. Inhaltsverzeichnis

2.	SAFETY FIRST.....	6
-----------	--------------------------	----------

3.	KORROSION.....	7
-----------	-----------------------	----------

3.1	KORROSION MESSEN	8
3.1.1	KORROSIONSMESSUNGEN AN METALLEN	8
3.1.1.1	Korrosionsmessungen an Metallen und metallischen Oberflächen.....	8
3.1.2	KORROSIONSMESSUNGEN IN BAUMATERIALIEN	9
3.1.2.1	Korrosionsmessungen fester Substanzen.....	9
3.1.3	KORROSIONSMESSUNGEN IM KÜHLWASSER	9
3.1.3.1	Kesselspeisewasser	9
3.2	KORROSION VERHINDERN	10
3.2.1	KORROSIONSKONTROLLE IN BRENNSTOFFEN	10
3.2.1.1	Bestimmung von Halogenen und Schwefel in Brennstoffen	10
3.2.2	KORROSIONSMESSUNGEN IM KESSELSPEISE- UND KÜHLWASSER.....	11
3.2.2.1	Messung von Korrosionsindikatoren und -inhibitoren in Kesselspeisewasser	11
3.2.2.2	Korrosionsinhibitoren in Kühlwasser und Kühlmitteln	11
3.2.2.3	Bestimmung des pH-Wertes.....	11
3.3	VOR KORROSION SCHÜTZEN	12
3.3.1	ÜBERWACHUNG VON SCHUTZANSTRICHEN	12
3.3.1.1	Bestimmung von Grundierungen	13
3.3.2	ÜBERWACHUNG GALVANISCHER BÄDER.....	13
3.3.2.1	Galvanische Bäder (generell).....	13
3.3.2.2	Überwachung galvanischer Anodisierbäder	13
3.3.2.3	Überwachung von Ätzbädern	13
3.3.2.4	Überwachung von Bleibädern.....	14
3.3.2.5	Überwachung von Bronzebädern.....	14
3.3.2.6	Überwachung von Chrombädern.....	14
3.3.2.7	Überwachung von Kadmiumbädern	14
3.3.2.8	Überwachung von Kupfer- und Solebädern.....	15
3.3.2.9	Überwachung von Messingbädern.....	15
3.3.2.10	Überwachung von Nickelbädern	15
3.3.2.11	Überwachung von Phosphatierungsbädern.....	16
3.3.2.12	Überwachung von Reinigungsbädern	16
3.3.2.13	Überwachung von Silberbädern	16
3.3.2.14	Überwachung von Solebädern.....	16
3.3.2.15	Überwachung von Zinkbädern.....	16
3.3.2.16	Überwachung von Zinnbädern	16

4.	QUALITÄTS-KONTROLLE VON HYDRAULIKÖLEN, KÜHLMITTELN SOWIE SCHMIER- UND TREIBSTOFFEN.....	17
-----------	--	-----------

4.1	QUALITÄTSBESTIMMUNG IN HYDRAULIKÖLEN.....	18
4.1.1	Bestimmung der Basenzahl in Hydraulikölen.....	18
4.1.2	Bestimmung der Säurezahl in Hydraulikölen.....	18
4.1.3	Bestimmung des Wassergehalts in Hydraulikölen	19
4.2	QUALITÄTSBESTIMMUNG IN KÜHL- UND ROSTSCHUTZMITTELN	20
4.2.1	Bestimmung des pH-Wertes in Motorkühlmitteln und Rostschutzmitteln	20
4.2.2	Bestimmung der Reservealkalität in Kühlmitteln.....	20
4.2.3	Bestimmung des Wassergehaltes in Kühl- und Schmiermitteln.....	20
4.2.4	Bestimmung des Chloridgehaltes (Spuren) in Kühlmitteln.....	21
4.2.5	Bestimmung der Halogenide und weiterer Anionen in Kühlmitteln	21
4.2.6	Bestimmung von Sulfat in Kühlmitteln	21
4.3	QUALITÄTSBESTIMMUNG VON SCHMIERSTOFFEN.....	22
4.3.1	Bestimmung von Antioxidantien in Schmierölen.....	22
4.3.2	Bestimmung der Basenzahl	22
4.3.3	Bestimmung der Oxidations- beständigkeit von Schmierstoffen	22
4.3.4	Bestimmung von Anionen in Kühlschmierstoffen.....	22
4.3.5	Bestimmung von Aminen in Kühlschmierstoffen.....	23
4.3.6	Bestimmung der Säurezahl.....	23
4.3.7	Bestimmung des Wassergehalts mittels Karl Fischer Titration.....	23
4.4	BESTIMMUNG DER TREIBSTOFFQUALITÄT.....	24
4.4.1	ANALYSE KONVENTIONELLER TREIBSTOFFE.....	24
4.4.1.1	Bestimmung der Basenzahl in Treibstoffen.....	24
4.4.1.2	Bestimmung des Cetan-Index in Treibstoffen	24
4.4.1.3	Bestimmung anorganischen Chlorids in Treibstoffen	24
4.4.1.4	Bestimmung der Hydroperoxidzahl in Treibstoffen.....	24
4.4.1.5	Bestimmung der Merkaptane in Treibstoffen	24
4.4.1.6	Bestimmung des Säuregehaltes in Treibstoffen	25
4.4.1.7	Bestimmung der Säurezahl in Treibstoffen	25
4.4.1.8	Bestimmung des Wassergehalts mittels Karl Fischer Titration in Treibstoffen	25
4.4.2	ANALYSE VON BIOKRAFTSTOFFEN.....	26
4.4.2.1	Bestimmung der Leitfähigkeit von Biokraftstoffen	26
4.4.2.2	Oxidationsbeständigkeit von alternativen Brennstoffen	26
4.4.2.3	Bestimmung des pHe	27
4.4.2.4	Bestimmung des anorganischen Sulfates in Biokraftstoffen.....	27
4.4.2.5	Bestimmung des Säuregehaltes von Biokraftstoffen	27
4.4.2.6	Bestimmung des Wassergehaltes in Biodiesel	28
4.4.2.7	Bestimmung des Wassergehaltes in Ethanol-Kraftstoffgemischen.....	28

5.	LUFT	29
5.1	SICHERSTELLUNG DER ATEMLUFTQUALITÄT AUF U-BOOTEN.....	29
5.1.1	Analyse aminhaltiger Waschlösungen	29
6.	WASSER	30
6.1	ÜBERWACHUNG VON KESSELSPEISEWASSER UND KÜHLWASSER	30
6.1.1	Bestimmung der Leitfähigkeit.....	30
6.1.2	Bestimmung des pH-Wertes bei niedriger Leitfähigkeit.....	31
6.1.3	Bestimmung des pH-Wertes bei regulärer Leitfähigkeit.....	31
6.1.4	Bestimmung der Wasserhärte	31
6.1.5	Bestimmung der Alkalinität.....	32
6.1.6	Bestimmung von Anionen und Kationen	32
6.2	TRINKWASSERSICHERHEIT	33
6.2.1	PH- UND LEITFÄHIGKEITSMESSUNG	33
6.2.1.1	Bestimmung des pH-Wertes in Trinkwasser.....	33
6.2.1.2	Bestimmung der Leitfähigkeit von Trinkwasser	33
6.2.2	BESTIMMUNG VON SUMMENPARAMETERN MITTELS TITRATION.....	33
6.2.2.1	Freies Chlor und Restchlorgehalt im Trinkwasser	33
6.2.2.2	Bestimmung des Permanganat-Index mittels Titration	34
6.2.2.3	Bestimmung des Sauerstoffgehaltes im Trinkwasser	35
6.2.2.4	Bestimmung des chemischen Sauerstoffbedarfes	35
6.2.2.5	Bestimmung der Wasserhärte	35
6.2.3	BESTIMMUNG INDIVIDUELLER IONEN UND MOLEKÜLE MITTELS IONENCHROMATOGRAPHIE.....	36
6.2.3.1	Bestimmung der Anionen.....	36
6.2.3.2	Bestimmung von Bromat	37
6.2.3.3	Bestimmung von Cyanid	37
6.2.3.4	Bestimmung von Kationen	37
6.2.3.5	Bestimmung von Perchlorat	37
6.2.3.6	Bestimmung von Chrom (VI).....	37
6.2.4	BESTIMMUNG INDIVIDUELLER IONEN UND MOLEKÜLE MITTELS VOLTAMMETRIE....	38
6.2.4.1	Bestimmung von Arsen	38
6.2.4.2	Bestimmung von Cadmium und Blei	38
6.2.4.3	Bestimmung von Chrom.....	38
6.2.4.4	Bestimmung von Cyanid	38
6.2.4.5	Bestimmung von Uran	38
6.2.4.6	Bestimmung von Zink, Cadmium, Blei und Kupfer.....	38

6.3	ANALYSE VON DESINFIZIERENDEN MITTELN UND DESINFIZIERENDEN STOFFEN.....	39
6.3.1	Bestimmung von Javelwasser (Natriumhypochlorit in wässrigen Lösungen).....	39
6.3.2	Bestimmung von Natriumhypochlorit und Natriumchlorid	39
6.3.3	Bestimmung von Ozon	39
6.3.4	Bestimmung von Wasserstoffperoxid.....	39
7.	SPRENGSTOFFE	40
7.1	QUALITÄTSKONTROLLE VON SPRENGSTOFFEN	40
7.1.1	Wassergehaltsbestimmung in Sprengstoffen	40
7.1.2	Bestimmung von Natriumhydrogencarbonat in Feuerlöschpulver	41
7.1.3	Wassergehalt in Nitroverbindungen und Spezialchemikalien.....	41
7.1.4	Wassergehalt in Ammoniumnitrat.....	41
7.1.5	Bestimmung von Pikrin- und Stifninsäure	41
7.1.6	Bestimmung von Tetrazen in Zündgemischen	41
7.1.7	Bestimmung von Uran in Lösung, in Uranhexafluorid und in Feststoffen	41
7.2	BESTIMMUNG INDIVIDUELLER SPRENGSTOFFE	42
7.3	BESTIMMUNG VON CHEMISCHEN KAMPFSTOFFEN UND DEREN AUSGANGSSTOFFEN ..	44
8.	QUALITÄTSKONTROLLE VON PHARMAZEUTIKA.....	46

2. Safety First

Präzisionsanalytik für Sicherheit & Verteidigung

Der Notwendigkeit für chemische Analytik ist in Defense & Security allgegenwärtig. Es gilt den sicheren Betrieb von Fahrzeugen, Flugzeugen und Schiffen immer zu gewährleisten und so die Einsatzfähigkeit zu garantieren. Stimmen die Parameter und werden analytische Normen und Standards erfüllt, ist bereits ein wichtiger Schritt zur Auftragserfüllung geleistet.

Gleiches gilt für die Sicherheit der Soldatinnen und der Soldaten. Auch hier leistet die Analytik einen wichtigen Beitrag zu Gesundheit und Sicherheit.

Der Fokus liegt im Folgenden deshalb darauf, analytische Verfahren zu präsentieren, die den sicheren Einsatz gewährleisten. Mit «sicherem Einsatz» steht eben nicht nur die Technik im Fokus, sondern insbesondere die Truppe als integraler Bestandteil des Systems.

Mit **Korrosion** wird ein zentraler Bereich adressiert, der für hohe laufende Kosten verantwortlich und sicherheitsrelevant ist. Die **Qualitätskontrolle von Hydraulikölen, Kühlmitteln, Schmierstoffen und Treibstoffen** ist unabdingbar für den sicheren Einsatz und trägt dazu bei, dass technische Systeme einwandfrei und langfristig funktionieren. Die Analyse der **Atemluft** ist eine integrale Nischenapplikation. Im Gegensatz dazu steht die **Wasseranalytik**: Diese ist für viele Bereiche von zentraler Bedeutung: Schlechte Trinkwasserqualität ist für die Soldatinnen und Soldaten verheerend. Imminent wichtig ist Wasserqualität aber auch in den Bereichen von Antrieben und Kraftwerken. Dass nasses Pulver nicht schießt ist eine Trivialität. Gerade dann, wenn **Treib- und Sprengladungen** langfristig gelagert sind, ist die regelmäßige Überprüfung von Zustand und Qualität unbedingt erforderlich. Neben der Qualitätskontrolle spielt der qualitative Nachweis von **Sprengstoffen** in der Kampfmittelbeseitigung und Forensik eine grosse Rolle. Ein weiterer sicherheitsrelevanter Bereich ist die qualitative und quantitative Analyse von **chemischen Kampfstoffen**. Darüber hinaus gewährleistet Analytik, dass nur geprüfte **Pharmaka** zum Einsatz kommen. Auch hier leisten Analysengeräte von Metrohm einen wichtigen Beitrag.

METROHM – PEOPLE YOU CAN TRUST



Korrosion ist gefährlich und verursacht sehr hohe Kosten.

3. Korrosion

Die meisten Korrosionserscheinungen sind elektrochemischer Natur und bestehen aus mindestens zwei Reaktionen an der Oberfläche des korrodierenden Metalls. Eine der Reaktionen ist die Oxidation (z.B. Auflösen von Eisen), auch als anodische Teilreaktion bezeichnet. Die andere ist eine Reduktionsreaktion (z. B. Reduktion von Sauerstoff), und wird als kathodische Teilreaktion bezeichnet. Die Produkte der elektrochemischen Reaktionen können nichtelektrochemisch miteinander reagieren und das Endprodukt (z. B. Rost) bilden.

Korrosion ist ein Verschleissprozess, der Metalle und deren Legierungen angreift und im Laufe der Zeit zersetzt. Der sichtbare Effekt ist die Bildung von Rost. Metrohm bietet den Streitkräften umfangreiches Know-how und technische Lösungen für die Korrosionsmessung, Korrosionsvermeidung und den Korrosionsschutz an. Ein Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der Überwachung von Galvanisierungsbädern. Des Weiteren können der Korrosion zugrunde liegende Prozesse auch direkt gemessen werden und so Aufschluss über die Ursachen geben.

Dokumentation **WP-044** «Grundlagen der elektrochemischen Korrosionsforschung»
AN-COR-001 «Korrosion Teil 1 – Grundbegriffe»
AN-COR-002 «Korrosion Teil 2 – Berechnung von Korrosionsparametern mit NOVA»
AN-COR-003 «Korrosion Teil 3 – Messung des Polarisationswiderstands»
AN-COR-004 «Korrosion Teil 4 – Äquivalente Ersatzschaltbilder»
AN-COR-005 «Korrosion Teil 5 – Korrosionsschutzmittel»

3.1 Korrosion messen

Veränderungen der elektrochemischen Verhältnisse metallischer Oberflächen zeigen Korrosionsprozesse auf, die im Verborgenen stattfinden. Diese Prozesse gilt es zu messen und zu unterbinden, bevor sie kritisch werden.

3.1.1 KORROSIONSMESSUNGEN AN METALLEN

3.1.1.1 Korrosionsmessungen an Metallen und metallischen Oberflächen

Applikation	Korrosionsmessungen an verschiedenen Metallen
Technik	Elektrochemische Impedanzspektroskopie Potentiodynamische Polarisation
Dokumentation	AN-COR-010 «Elektrochemische Korrosionsstudien an verschiedenen Metallen»



Die Veränderung metallischer Oberflächen kann mit Metrohm-Geräten gemessen werden.

3.1.2 KORROSIONSMESSUNGEN IN BAUMATERIALIEN

3.1.2.1 Korrosionsmessungen fester Substanzen

Applikation	Bestimmung von Fluor und Chlor
Technik	Ionenchromatographie für Anionen mit chemischer Suppression nach Verbrennung (Combustion-Ion-Chromatography)
Dokumentation	Broschüre 8.000.5248 «Schnelle und zuverlässige Bestimmung von Halogenen und Schwefel mittels Pyrohydrolyse»

So unterschiedlich die vielen Zementsorten auch sein mögen, das was alle gleichermaßen charakterisiert, ist das Vorkommen der Elemente Kalzium, Magnesium, Eisen, Aluminium und Silizium.

Applikation	Bestimmung von Aluminium in Zement
Technik	Photometrische Titration mit der Optrode
Dokumentation	AB-063 «Silicium, Calcium, Magnesium, Eisen und Aluminium in Zement nach Aufschluss und photometrischer Titration» AN-T-078 «Bestimmung von Aluminium in Zement mittels photometrischer Titration»
Normen	EN 196-2, ISO 29581-1

Applikation	Bestimmung von Chlorid in Zement
Technik	Potentiometrische Titration mit der Ag-Titrode
Dokumentation	AN-T-006 «Chloridspuren in Zement und Klinker»
Normen	ISO 29581-1

Applikation	Bestimmung von Eisen in Zement
Technik	Photometrische Titration mit der Optrode
Dokumentation	AB-063 «Silicium, Calcium, Magnesium, Eisen und Aluminium in Zement nach Aufschluss und photometrischer Titration» AN-T-080 «Bestimmung von Eisen in Zement mittels photometrischer Titration»
Normen	EN 196-2, ISO 29581-1

Applikation	Bestimmung von Kalzium in Zement
Technik	Photometrische Titration mit der Optrode
Dokumentation	AB-063 «Silicium, Calcium, Magnesium, Eisen und Aluminium in Zement nach Aufschluss und photometrischer Titration» AN-T-079 «Bestimmung von Calcium in Zement mittels photometrischer Titration des gelösten Produktes gemäss EN 196-2»
Normen	EN 196-2, ISO 29581-1

Applikation	Bestimmung von Magnesium in Zement
Technik	Photometrische Titration mit der Optrode
Dokumentation	AB-063 «Silicium, Calcium, Magnesium, Eisen und Aluminium in Zement nach Aufschluss und photometrischer Titration» AN-T-081 «Bestimmung von Magnesium in Zement mittels photometrischer Titration»
Normen	EN 196-2, ISO 29581-1

3.1.3 KORROSIONSMESSUNGEN IM KÜHLWASSER

3.1.3.1 Kesselspeisewasser

Korrosion ist der natürliche Feind von dampfbetriebenen Kraftwerken und Antriebssystemen. Sie betrifft Rohre, Turbinenschaufeln, Ventile und Rotoren von Anlagen unabhängig davon, ob die betreffenden Systeme konventionell oder nuklear betrieben werden. Besonders kritisch ist Korrosion in superkritischen Kraftwerken, da die Korrosionsprozesse aufgrund der fehlenden Phasenübergänge besonders aggressiv sind.

Der Schutz der Anlagen, der gleichzeitig auch den sicheren Betrieb garantiert, ist bereits für landgestützte Systeme imminently wichtig. Auf See ist er überlebenswichtig.

Applikation	Bestimmung von Anionen in Kesselspeisewasser (Spuren und Ultraspuren)
Technik	Ionenchromatographie für Anionen mit chemischer Suppression
Dokumentation	AN-S-206 «Online-Überwachung von Spuren anionen in Kesselspeisewasser»

Die Eisenkonzentration im Kesselspeisewasser muss überwacht werden, um einen zuverlässigen und sicheren Betrieb des Wasser-Dampf-Kreislaufs zu gewährleisten. Verschiedene Richtlinien legen Grenzwerte für den maximalen Eisengehalt fest.

Applikation	Bestimmung von Eisen in Kesselspeisewasser
Technik	Adsorptive Stripping Voltammetry (AdSV)
Dokumentation	AN-V-179 «Eisen in Kesselspeisewasser – Unkomplizierte, empfindliche und kosteneffiziente Bestimmung mittels adsorptiver Stripping-Voltammetrie (DHN-Methode)»

3.2 Korrosion verhindern

3.2.1 KORROSIONSKONTROLLE IN BRENNSTOFFEN

Verunreinigungen in Brennstoffen (Benzin, Kerosin, Rohöl, Heizöl, Kohle, Butan, Propan, Erdgas, etc.) durch Halogene und Schwefelverbindungen fördern die Korrosion metallischer Oberflächen in Rohrleitungen, Tanks, Ventilen und Motoren. Eine genaue Kontrolle ist deshalb unerlässlich.

3.2.1.1 Bestimmung von Halogenen und Schwefel in Brennstoffen

Applikation	Bestimmung von Fluorid, Chlorid, Bromid und Sulfat in Brennstoffen
Technik	Ionenchromatographie für Anionen mit Combustion Ion Chromatography
Dokumentation	Prospekt 8.000.5248 «Combustion Ion Chromatography – Schnelle und zuverlässige Bestimmung von Halogenen und Schwefel mittels Pyrohydrolyse»
Normen	ASTM D7359, UOP991, ASTM D5987, ASTM D7994



Die Hochtemperaturverbrennung wird eingesetzt, um Korrosionsindikatoren zu messen

3.2.2 KORROSIONSMESSUNGEN IM KESSELSPEISE- UND KÜHLWASSER

Im laufenden Betrieb von Turbinen von konventionellen und atomaren Schiffsantrieben lässt sich Korrosion durch das Alkalisch-Stellen des Kühl- und Speisewassers oder die Zugabe von Inhibitoren (z.B. Phosphate und Amine) verlangsamen oder ganz unterbinden. Die Messung der Korrosions-Inhibitoren garantiert somit auch den sicheren und dauerhaften Betrieb der Anlagen.

3.2.2.1 Messung von Korrosionsindikatoren und -inhibitoren in Kesselspeisewasser

Kesselspeisewasser ist das Betriebsmedium in thermischen Kraftwerken. Zur Unterdrückung von Korrosion wird der pH-Wert des Speisewassers mit Aminen eingestellt. Deren Zugabe muss regelmässig kontrolliert werden. Ausserdem ist die Überwachung der Natriumkonzentration entscheidend, da ein Anstieg wahrscheinlich auf eindringendes Kühlwasser durch ein Leck im Kondensator hinweist. Die Ionenchromatographie mit Leitfähigkeitsdetektion nach sequenzieller Suppression ist ein leistungsfähiges Überwachungswerkzeug, insbesondere in Kombination mit der intelligenten Anreicherungstechnik und Matrixeliminierung.

Applikation	Bestimmung von Lithium und Natrium neben Monoethanolamin im Wasser-Dampf-Kreislauf von thermischen Kraftwerken
Technik	Ionenchromatographie für Kationen
Dokumentation	AN-CS-010 «Lithium- und Natriumspuren neben Monoethanolamin in Wasser-Dampf-Kreisläufen von Kraftwerken»

3.2.2.2 Korrosionsinhibitoren in Kühlwasser und Kühlmitteln

In industriellen Kühlwassersystemen und in Kühlsystemen von Schiffen werden meist Kupfer und Kupferlegierungen eingesetzt, da diese die Wärme hervorragend leiten. Diese Materialien sind jedoch korrosionsempfindlich. Als Korrosionsschutz für Kupfer und seine Legierungen dienen Azole. Ihre Bestimmung erfolgt mittels Ionenchromatographie und UV/VIS-Detektion.

Applikation	Bestimmung Korrosionsinhibitoren (Benzotriazol, Tolytriazol, Mercaptobenzotriazol) im Kühlwasser
Technik	Ionenchromatographie für Kationen mit UV/Vis-Detektion
Dokumentation	AN-U-060 «Korrosionsinhibitoren in Kühlwasser»

3.2.2.3 Bestimmung des pH-Wertes

Die Korrosion von metallischen Komponenten ist ein inhärentes Problem für Motoren, da Metalle natürlicherweise dazu neigen, in Gegenwart von Wasser und/oder Säuren zu oxidieren. Ein erhöhter Säuregehalt wird durch einen niedrigen pH-Wert angezeigt und kann zu einer Vielzahl von Problemen führen, wie z. B. einer kürzeren Lagerfähigkeit (Stabilität) oder einer reduzierten Pufferkapazität des verwendeten Motorkühl- oder Rostschutzmittels.

Applikation	pH-Wert von Motorkühlmitteln oder Rostschutzmitteln – Schnellbestimmung nach ASTM D1287
Technik	pH-Messung, Direktmessung mit der Profitrode
Dokumentation	AN-T-201 «pH-Wert von Motorkühlmitteln oder Rostschutzmitteln – Schnelle Bestimmung nach ASTM D1287»
Normen	ASTM D1287

Die Überwachung des pH-Wertes im Primär- und Sekundärkühlwasserkreislauf von atomar betriebenen Schiffen gibt Aufschluss über die Lebensdauer von Korrosionsinhibitoren.

Applikation	Bestimmung des pH-Wertes im Kühlwasser
Technik	pH-Messung, Direktmessung mit der Aquatrode plus
Dokumentation	AN-T-076 «Leitfähigkeit, pH-Wert, Alkalinität, Härte und Chloridgehalt von Leitungswasser – Vollautomatisierte Bestimmung einschliesslich Probenvorbereitung» AN-T-205 «Vollautomatische Wasseranalyse mit OMNIS» AB-188 «pH-Messtechnik»
Normen	ASTM D1293, ASTM D5464, EN ISO 10523, EPA 150.1

3.3 Vor Korrosion schützen

Metallische Oberflächen (z.B. Stahl) lassen sich durch elektrochemische Beschichtungsverfahren (Galvanisierung) oder Schutzanstriche wirksam vor Korrosion schützen. Dies erhöht die Lebensdauer der Komponenten und erhöht die Betriebssicherheit.

3.3.1 ÜBERWACHUNG VON SCHUTZANSTRICHEN

Zinkchromat-Pigment wurde früher in der Luftfahrtindustrie aufgrund seiner rostschützenden und korrosionshemmenden Eigenschaften häufig verwendet.

Als Zusatzstoff in Farbgrundierungen für Stahl- und Aluminiumoberflächen erwies es sich als besonders leistungsfähig, um die strukturelle Integrität von Militärfahrzeugen sowie von Verkehrs- und Privatflugzeugen zu erhalten. Die seit Langem bestehende Besorgnis über die Gesundheitsrisiken, die mit der Exposition gegenüber Zinkchromat verbunden sind, führte jedoch in den 1970er Jahren zu strengen Vorschriften und anschließend zu einer schrittweisen Einstellung der Verwendung von zinkchromathaltigen Produkten in kommerziellen und industriellen Anwendungen. Daraus ergibt sich ein Bedarf an robusten forensischen Technologien für die schnelle und



Schutzanstriche konservieren metallische Oberflächen

genaue Identifizierung von Zinkchromat und anderen sechswertigen Chromverbindungen in komplexen Testproben. Handheld-Raman ist eine bekannte Lösung, die die Kriterien für eine schnelle und flexible Identifizierung von Materialien erfüllt, aber das Ziel-signal von 785-nm-Systemen kann durch Fluoreszenz gestört werden, was insbesondere bei Gemischen, Farben und Farbstoffen ein Problem darstellt. Eine Lösung für diese Herausforderung ist das MIRA XTR DS-Analysegerät, das dank Fluoreszenzunterdrückung sichere, präzise Ergebnisse bei der Analyse von potenziell chromhaltigen Farben gewährleistet.

3.3.1.1 Bestimmung von Grundierungen

Anwendung	Mobile Detektion von Chrom (VI) in Schutzanstrichen in verschiedenen Chromaten (Ag, Na, Ba, Ca, Zn)
Technik	Raman Spektroskopie mit dem MIRA DS XTR @ 785 nm
Dokumentation	Whitepaper WP-073 «Vor-Ort-Bestimmung von sechswertigem Chrom in Schutzgrundierungen»

3.3.2 ÜBERWACHUNG GALVANISCHER BÄDER

3.3.2.1 Galvanische Bäder (generell)

Applikation	Bestimmung von Fluorid, Lactat, Acetat, Amidosulfonat, Nitrit, Nitrat, Sulfat, Tartrat, Oxalat und Citrat in galvanischen Bädern
Technik	Ionenchromatographie für Anionen mit chemischer Suppression
Dokumentation	AN-S-165 «Hypophosphite, phosphite, tartrate, tungstate, phosphate, citrate, and pyrophosphate in an electroplating bath» AN-S-166 «Hypophosphite, phosphite, tartrate, tungstate, phosphate, citrate, and pyrophosphate in the presence of standard anions»

3.3.2.2 Überwachung galvanischer Anodisierbäder

Applikation	Bestimmung von Aluminium (Gesamtmetall) in Anodisierbädern
Technik	Potentiometrische Titration mit der Profitrode (Säure-Base-Titration)
Dokumentation	AB-089 «Potentiometrische Analyse von Anodisierbädern»

Applikation	Bestimmung von Chlorid in Anodisierbädern
Technik	Potentiometrische Titration mit der Ag-Titrode (Fällungstitration)

Dokumentation [AB-130](#) «Potentiometrisch indizierte Chloridtitrationen»
[AB-089](#) «Potentiometrische Analyse von Anodisierbädern»

Applikation	Bestimmung Chromsäure in Anodisierbädern
Technik	Potentiometrische Titration mit der Pt-Titrode (Redox-Titration)

Dokumentation [AB-089](#) «Potentiometrische Analyse von Anodisierbädern»

Applikation	Bestimmung von Oxalsäure in Anodisierbädern
Technik	Potentiometrische Titration mit Pt-Titrode (Redox-Titration)

Dokumentation [AB-089](#) «Potentiometrische Analyse von Anodisierbädern»

Applikation	Bestimmung von Schwefelsäure in Anodisierbädern
Technik	Potentiometrische Titration mit der Profitrode (Säure-Base-Titration)

Dokumentation [AB-089](#) «Potentiometrische Analyse von Anodisierbädern»

Applikation	Bestimmung von Schwefelsäure und Weinsäure in Anodisierbädern
Technik	Thermometrische Titration

Dokumentation [AN-H-143](#) «Schwefelsäure und Weinsäure in Weinsäure-Schwefelsäure-Anodisierbädern – Schnelle, sequenzielle Bestimmung mit einem thermometrischen Sensor (thermometrische Titration)»

3.3.2.3 Überwachung von Ätzbädern

Applikation	Bestimmung von Anionen in Ätzbädern
Technik	Ionenchromatographie für Anionen mit chemischer Suppression und Leitfähigkeits- und UV-Detektion

Dokumentation [AN-S-284](#) «Anionen in Ätzbädern»

Applikation	Automatisierte Bestimmung der Mischungen aus HNO ₃ , HF und H ₂ SiF ₆ im Bereich von ca. 200-600 g/L HNO ₃ , 50-160 g/L HF und 0-185 g/L H ₂ SiF ₆ in Ätzsäuregemischen
Technik	Thermometrische Titration

Dokumentation [AB-344](#) «Automatisierte Analyse von Ätzflüssigkeitsmischungen mit dem 859 Titrotherm und dem 814 USB Sample Processor»

3.3.2.4 Überwachung von Bleibädern

Applikation	Bestimmung von Blei
Technik	Potentiometrische Titration mit der Kupfer-ISE und der Profitrode
Dokumentation	AB-092 «Potentiometrische Analyse von Bleibädern»

3.3.2.5 Überwachung von Bronzebädern

Applikation	Bestimmung von Kupfer, Zinn und freiem Cyanid
Technik	Potentiometrische Titration mit der Kupfer-ISE und der Ag-Titrode
Dokumentation	AB-091 «Potentiometrische Analyse von Messing- und Bronzierbädern»

3.3.2.6 Überwachung von Chrombädern

Applikation	Bestimmung von Cr(VI) und Cr(III) in Chrombädern
Technik	Potentiometrische Titration mit Pt-Titrode (Redox-Titration)
Dokumentation	AN-T-020 «Cr(VI) und Cr(III) in Chrombädern»

Applikation	Bestimmung von Sulfat und Katalysatoren in Chrombädern
Technik	Anionen Chromatographie mit chemischer Suppression und Leitfähigkeitsdetektion
Dokumentation	AN-S-328 «Sulfat neben Chromat in Glanzchrombädern»

3.3.2.7 Überwachung von Kadmiumbädern

Applikation	Bestimmung von H ⁺ oder OH ⁻ in Kadmiumbädern
Technik	Potentiometrische Titration mit der Profitrode (Säure-Base-Titration)
Dokumentation	AB-093 «Potentiometrische Analyse von Cadmiumbädern»

Applikation	Bestimmung von freiem Cyanid in Kadmiumbädern
Technik	Potentiometrische Titration mit der Ag-Titrode (Fällungstitration)
Dokumentation	AB-046 «Potentiometrische Cyanidbestimmung» AB-093 «Potentiometrische Analyse von Cadmiumbädern»

Applikation	Bestimmung von Cadmium in Kadmiumbädern
Technik	Potentiometrische Titration mit der Cu-ISE (Ag/AgCl-Referenz) (Komplexometrische Titration)
Dokumentation	AB-101 «Komplexometrische Titrations mit der Cu-ISE» AB-093 «Potentiometrische Analyse von Cadmiumbädern»

3.3.2.8 Überwachung von Kupfer- und Solebädern

Applikation	Bestimmung von H ⁺ oder OH ⁻ in Kupfer- und Solebädern
Technik	Potentiometrische Titration mit der Profitrode (Säure-Base-Titration)
Dokumentation	AN-T-023 «Hydroxid und Carbonat in alkalihaltigen Galvanisierbädern für Cadmium, Kupfer, Blei oder Zink»

Applikation	Bestimmung von freiem Cyanid in Kupferbädern
Technik	Potentiometrische Titration mit der Ag-Titrode (Fällungstitration)
Dokumentation	AB-046 «Potentiometrische Cyanidbestimmung»

Applikation	Bestimmung von Kupfer in Kupferbädern
Technik	Potentiometrische Titration mit der Cu-ISE (Ag/AgCl-Referenz) (Komplexometrische Titration)
Dokumentation	AB-101 «Komplexometrische Titrations mit der Cu-ISE»

3.3.2.9 Überwachung von Messingbädern

Applikation	Bestimmung von Zink, freiem Cyanid, Ammonium, Carbonat, Sulfit in Messingbädern
Technik	Potentiometrische Titration mit der Kupfer-ISE und der Ag-Titrode
Dokumentation	AB-091 «Potentiometrische Analyse von Messing- und Bronzierbädern»

3.3.2.10 Überwachung von Nickelbädern

Applikation	Bestimmung von Antimon in stromlosen Nickelbädern
Technik	Anodische Stripping Voltammetrie (ASV)
Dokumentation	AN-V-151 «Antimon (III) und Antimon (total) in einem stromlosen Nickel-Bad»



Die konstante Online-Überwachung galvanischer Bäder garantiert verlässliche Resultate



Galvanisierung schützt vor Korrosion und garantiert damit den sicheren Betrieb – hier des Bugfahrwerks eines Flugzeugs

Applikation	Bestimmung von Borsäure in Nickelbädern
Technik	Potentiometrische Titration mit der Profitrode (Säure-Base-Titration)

Dokumentation [AB-195](#) «Titrimetrische Bestimmung der freien Borsäure und Tetrafluoroborsäure in Nickelbädern»

Applikation	Bestimmung von Chlorid in Nickelbädern
Technik	Potentiometrische Titration mit der Ag-Titrode (Fällungstitration)

Dokumentation [AB-130](#) «Potentiometrisch indizierte Chloridtitrationen»

Applikation	Bestimmung von Hypophosphit, Phosphit und Phosphat in Nickelbädern
-------------	--

Technik Anionen Chromatographie mit chemischer Suppression und Leitfähigkeitsdetektion

Dokumentation [AN-S-247](#) «Hypophosphit, Phosphit und Phosphat in einem Vernickelungsbad»

Applikation	Bestimmung von Nickel in Nickelbädern
-------------	---------------------------------------

Technik Potentiometrische Titration mit der Cu-ISE (Ag/AgCl-Referenz) (Komplexometrische Titration)

Dokumentation [AB-101](#) (allgemein Titrationen mit der Cu ISE)

Applikation	Bestimmung von Fluorid, Chlorid und Nitrat in Nickelbädern
-------------	--

Technik Anionen Chromatographie mit chemischer Suppression und Leitfähigkeitsdetektion

Dokumentation [AN-S-024](#) «Fluorid, Chlorid und Nitrat in einem sauren Nickel-/Zinkbad»

Applikation	Bestimmung von Phosphorsäure in Nickelbädern
-------------	--

Technik Potentiometrische Titration mit Pt-Titrode (Redox-Titration)

Dokumentation [AN-N-063](#) «Nitrat in einem Nickel-galvanisierbad»

3.3.2.11 Überwachung von Phosphatisierungsbädern

Applikation	Säuregehalt in Phosphatisierungsbädern
Technik	Potentiometrische Titration mit der Profitrode (Säure-Base-Titration)

Dokumentation [AB-289](#) «Überwachung von Parametern bei einem Phosphatisierungsprozess (pH, Leitfähigkeit, Säuregehalt, Alkalinität, Fluorid und Zink)»

3.3.2.12 Überwachung von Reinigungsbädern

Applikation	Bestimmung von H ⁺ oder OH ⁻ in Reinigungsbädern
Technik	Nahinfrarot Spektroskopie (NIRS) mit dem XDS Prozess Analyzer

Dokumentation [AN-PAN-1055](#) «Überwachung der Qualitätsparameter in Standard-Reinigungsbädern – Gleichzeitige Messung von Ammoniumhydroxid, Wasserstoffperoxid und Salzsäure mittels Inline-Analyse»

3.3.2.13 Überwachung von Silberbädern

Applikation	Bestimmung von freiem Cyanid in Silberbädern
-------------	--

Technik Potentiometrische Titration mit der Ag-Titrode (Fällungstitration)

Dokumentation [AB-046](#) «Potentiometrische Cyanidbestimmung»

Applikation	Bestimmung von Silber in Silberbädern
-------------	---------------------------------------

Technik Potentiometrische Titration mit der Ag-Titrode (Fällungstitration)

Dokumentation [AB-046](#) «Potentiometrische Cyanidbestimmung», [AB-061](#) «Potentiometrische Bestimmung von Silber – Genaue Bestimmung nach den Normen EN ISO und GB/T»

Normen EN ISO 11427, ISO 13756, GB/T 17823, GB/T 18996

3.3.2.14 Überwachung von Solebädern

Applikation	Bestimmung von Chlorid in Solebädern
-------------	--------------------------------------

Technik Potentiometrische Titration mit der Ag-Titrode (Fällungstitration)

Dokumentation [AB-130](#) «Potentiometrisch indizierte Chloridtitrationen»

3.3.2.15 Überwachung von Zinkbädern

Applikation	Bestimmung von Zink in Zinkbädern
-------------	-----------------------------------

Technik Potentiometrische Titration mit der Cu-ISE (Ag/AgCl-Referenz) (Komplexometrische Titration)

Dokumentation [AB-101](#) «Komplexometrische Titrationen mit der Cu-ISE»

Applikation	Bestimmung von Fluorid, Chlorid und Nitrat in Zinkbädern
-------------	--

Technik Anionen Chromatographie mit chemischer Suppression und Leitfähigkeitsdetektion

Dokumentation [AN-S-024](#) «Fluorid, Chlorid und Nitrat in einem sauren Nickel-/Zinkbad»

3.3.2.16 Überwachung von Zinnbädern

Applikation	Bestimmung von Zinn(II), Zinn(IV) und Gesamtzinn
-------------	--

Technik Potentiometrische Titration mit der Pt-Titrode

Dokumentation [AB-090](#) «Potentiometrische Analyse von Zinnbädern»



In jeder Sekunde muss die Hydraulik einwandfrei funktionieren. Die Qualität der eingesetzten Hydrauliköle ist hierfür essenziell

4. Qualitätskontrolle von Hydraulikölen, Kühlmitteln sowie Schmier- und Treibstoffen

Treibstoffe wie Flugbenzin, Diesel und Benzin müssen von höchster Güte sein. Zudem lassen diese sich nicht unbegrenzt lagern, da sie Alterungsprozessen unterliegen. Dasselbe gilt für Hochleistungsschmierstoffe und -öle. Entsprechend anspruchsvoll ist die Qualitätskontrolle, bei der zahlreiche Parameter bestimmt werden müssen. Metrohm bietet der Kraft- und Schmierstoffanalytik modernste Messgeräte, die präzise, reproduzierbare Messergebnisse liefern.

4.1 Qualitätsbestimmung in Hydraulikölen

Hydrauliköle sind essenziell für Steuerung und Betrieb von Fahrzeugen, Flugzeugen, Helikoptern und Schiffen. Obwohl diese Öle meistens in geschlossenen Systemen eingesetzt werden, stehen sie im Austausch mit der Umgebungsluft und sind so Oxidationsprozessen ausgesetzt. Die teilweise hygroskopischen Substanzen lagern Wasser ein. Dies kann bei der Verwendung unter 0 °C zu Eisbildung führen und somit zum akuten Risiko werden. Ausserdem sind Hydrauliköle thermischen Belastungen ausgesetzt, die sie altern lassen und ihre Funktionsfähigkeit vermindern. Qualitätskontrollen und periodische Überprüfungen sind deshalb unabdingbar.

4.1.1 Bestimmung der Basenzahl in Hydraulikölen

(Findet auch Anwendung bei Schmier- und Treibstoffen)

Mit der Alterung von Hydraulikölen bilden sich Säuren, die zu massiver Korrosion führen können. Aus diesem Grund werden den Hydraulikölen von den Herstellern basische Additive zugegeben. Als Indikator wird die (verbleibende) Basenzahl bestimmt.

Basische Chemikalien werden Hydraulikölen zugesetzt, um Korrosion zu verhindern, da sie saure Bestandteile neutralisieren, die sich während des Gebrauchs und der Alterung dieser Produkte bilden. Die Basenzahl (BN) gibt einen Hinweis auf die Menge dieser basischen Zusätze und kann als Mass für die Degradation des betreffenden Hydrauliköls verwendet werden.

In der Literatur findet sich häufig noch die Bezeichnung TBN = Total Base Number. Dieser Begriff ist wurde inzwischen durch das Kürzel BN = Base Number ersetzt.

Anwendung	Bestimmung der Basenzahl (BN) in Hydraulikölen
Applikation	Bestimmung der Basenzahl
Technik	a) Potentiometrische Titration mit der Solvotrode easyClean b) Photometrische Titration mit der Optrode c) Thermometrische Titration mit der Thermo- probe
Dokumentation	a, b, c) AB-405 «Bestimmung der Gesamtbasenzahl in Mineralölprodukten» a) AN-T-179 «Bestimmung der Säurezahl von frischem Motoröl nach ASTM D664 und IP 177 sowie der Basenzahl nach ISO 3771» b) AN-T-093 «Gesamtbasenzahl in gebrauchtem Motoröl» c) AN-H-096 «Bestimmung der Gesamtbasenzahl von Schmierölen»
Normen	ASTM D2896, ISO 3771 IP 276 (Potentiometrische Titration) ASTM D974 ISO 6618 (Photometrische Titration) ASTM in Diskussion (Thermometrische Titration) IP 400 (Konduktometrische Titration)

4.1.2 Bestimmung der Säurezahl in Hydraulikölen

(Findet auch Anwendung bei Schmier- und Treibstoffen)

Die Bestimmung der Säurezahl ist ein wichtiger Parameter in der Qualitätskontrolle der «POL» (Petrol, Oil, Lubricants). Dieser Parameter muss zwingend periodisch bestimmt werden, um die Betriebssicherheit von Fahrzeugen, Flugzeugen und Schiffen zu gewährleisten.

Während des Gebrauchs hydraulisch betriebener Gerätschaften kommt das Hydrauliköl in Kontakt mit Luftsauerstoff. Dies führt zu Oxidation und zur Bildung von Säuren. Hohe Temperaturen und Metalle als Katalysatoren beschleunigen diesen Prozess. Die Säuremenge «AN» bestimmt die Qualität des Hydrauliköls und kann als Indikator für einen allfälligen Austausch des Öls genommen werden.

Sowohl frische als auch gebrauchte Hydrauliköle können saure Bestandteile als Additive oder Abbauprodukte enthalten. Die Säurezahl (AN) ist ein Mass für die relative Menge der vorhandenen Säuren, ausgedrückt als mg KOH pro Gramm Probe. Darüber hinaus wird die AN als Qualitätsparameter von Schmierölen sowohl zur Beurteilung der Qualität neuer Formulierungen als auch als Indikator für die Degradation solcher Formulierungen während des Betriebs verwendet.

Die Bestimmung der Säurezahl spielt bei der Analyse von Mineralölprodukten eine bedeutende Rolle. Dies manifestiert sich in den zahlreichen Standardverfahren, die weltweit im Einsatz sind (interne Spezifikationen multinationaler Unternehmen, nationale und internationale Spezifikationen von ASTM, DIN, IP, ISO usw.). Diese Verfahren unterscheiden sich hauptsächlich in der Zusammensetzung der verwendeten Lösungs- und Titriermittel.

In der Literatur finden sich häufig noch die Bezeichnung TAN = Total Acid Number. Dieser Begriff wurde inzwischen durch das Kürzel AN = Acid Number ersetzt.

Die beschriebenen Verfahren unterscheiden sich hauptsächlich in der Zusammensetzung der verwendeten Lösungsmittel und Titriermittel.

Applikation	Bestimmung der Säurezahl (AN = Acid Number)
Technik	a) Potentiometrische Titration mit der Solvotrode easyClean b) Photometrische Titration mit der Optrode c) Thermometrische Titration mit der Thermo- probe
Dokumentation	a, b, c) AB-404 «Bestimmung der Gesamtsäurezahl in Mineralölprodukten» a) AN-T-096 «Säurezahl von Schmier- und Motoröl – Zuverlässige Bestimmung nach ASTM D664 und IP 177» a) AN-T-179 «Bestimmung der Säurezahl von frischem Motoröl nach ASTM D664 und IP 177 sowie der Basenzahl nach ISO 3771» b) AN-T-092 «Säurezahl von Isolier-, Transformator- und Turbinenölen – Die Verwendung eines photometrischen Sensors erhöht die Präzision und Zuverlässigkeit bei der Bestimmung nach ASTM D974» c) WP-012 «Korrosion vermeiden: Eine neue Methode zur TAN-Bestimmung in Rohöl und Mineralölprodukten» c) WP-013 «Säurezahl in Rohöl und Mineralölprodukten» c) AB-427 «Säurezahl in Rohölen und Petroleumprodukten durch thermometrische Titration gemäss ASTM D8045»

Normen	a) ASTM D664, IP 177 (Potentiometrische Titration) b) ASTM D974 (Photometrische Titration) c) ASTM D8045 – die thermometrische Titration – ist im Verhältnis zur ASTM D664 viel schneller, benötigt weniger Reagenzien und nur eine minimale Wartung des Sensors, wodurch sie viel kostengünstiger ist.
--------	---

4.1.3 Bestimmung des Wassergehalts in Hydraulikölen

(Findet auch Anwendung bei Schmier- und Treibstoffen)

Wasser in Roh-, Isolier-, Schmier- und Turbinenöl kann Korrosion verursachen, was wiederum zu einer erhöhten Schmutzfracht und damit zu verminderter Schmierleistung und verstopften Filtern führt. In der Folge kann ein hoher Wassergehalt zu Schäden an der Infrastruktur, höheren Wartungskosten oder sogar zu unerwünschten Stillstandzeiten führen.

Aufgrund der oben genannten Faktoren ist der Wassergehalt ein wichtiger Faktor, der in vielen Handelsspezifikationen geregelt ist und auch den Preis dieser Stoffe bestimmt. Eine genaue und zuverlässige Bestimmung ist daher notwendig, da schon kleine Abweichungen einen großen Einfluss auf Qualität und Preis haben können.

Applikation	Bestimmung des Wassergehaltes mittels Karl Fischer Titration
Technik	Karl Fischer Titration (volumetrisch und coulometrisch)
Dokumentation	a) AB-209 «Wasser in Isolieröl, Kohlenwasserstoffen und ihren Produkten – Präzise und zuverlässige Bestimmung mittels Karl-Fischer-Titration» b) AB-137 «Coulometrische Wassergehaltsbestimmung nach Karl Fischer» c) AN-K-070 «Wasser in Erdölprodukten – Voll automatisierte Bestimmung nach ASTM D6304», WP-061 «Wassergehalt in Erdölprodukten nach ASTM D6304»
Normen	a) ASTM D6304, ASTM E1064, ASTM D1533, ASTM D3401, ASTM D4928, EN IEC 60814, EN ISO 12937, ISO 10337, DIN 51777 und GB/T 11146. Die Trockenschrankmethode wird nach ASTM D6304, EN IEC 60814 und DIN 51777 beschrieben b) ASTM E1064 c) ASTM D6304

4.2 Qualitätsbestimmung in Kühl- und Rostschutzmitteln

4.2.1 Bestimmung des pH-Wertes in Motor kühlmitteln und Rostschutzmitteln

Korrosion an metallischen Bauteilen ist ein inhärentes Problem für Motoren, denn Metalle neigen von Natur aus dazu in Gegenwart von Wasser und/oder Säuren zu oxidieren. Ein erhöhter Säuregehalt wird durch einen niedrigen pH-Wert angezeigt, und kann zu einer Vielzahl von Problemen führen, wie z. B. einer kürzeren Lagerfähigkeit (Stabilität) oder eine reduzierte Pufferkapazität des verwendeten Motorkühl- oder Rostschutzmittels. Dies wiederum führt zu einer verkürzten Lebensdauer von z.B. Motoren. Ohne geeignete Kühlmittel und Rostschutzmittel können Motoren überhitzen und sich festfressen, was zu kostspieligen Schäden und zusätzlicher Wartung führen oder sogar einen kompletten Austausch der betroffenen Teile nach sich ziehen kann.

Applikation	Bestimmung des pH-Wert
Technik	pH-Messung mit der Profitrode
Dokumentation	AN-T-201 «pH-Wert von Motorkühlmitteln oder Rostschutzmitteln – Schnelle Bestimmung nach ASTM D1287»
Normen	ASTM D1287 (Kühlmittel, Antirostmittel) ASTM D8086 (Nicht-wässrige Kühlmittel) ASTM D3306, D7713, E1177 (Glykolbasierte Kühlmitteln für Fahrzeuge) ASTM D7388, D7518 (1,3-Propandiol (PDO)-basierte Kühlmittel) ASTM D4985, D5752 (Kühlmittel für Hochleistungsmotoren) ASTM D7640, D7714 (Glycerinbasierte Kühlmittel)

4.2.2 Bestimmung der Reservealkalinität in Kühlmitteln

Die Reservealkalität von Motorkühlmitteln und Rostschutzmitteln ist ein Indikator für die Pufferfähigkeit bzw. die Kapazität Säuren zu absorbieren. Solche Säuren können z.B. durch Abgasleckagen,

durch Reste von saurem Reiniger oder durch die Oxidation von Ethylenglykol oder Propylenglykol eingebracht werden.

Die Reservealkalität wird häufig zur Qualitätskontrolle während der Produktion verwendet und oft in den Spezifikationen der Kühlmittel aufgeführt. Eine schnelle und genaue Bestimmung ist daher wichtig.

Die Verwendung des vollautomatischen Metrohm OMNIS-Titrations-System für diese Routineanalytik ermöglicht eine genauere und zuverlässigere Bestimmung, weil durch Automatisierung das Risiko von menschlichen Fehlern reduziert wird. Außerdem ist der Bediener frei, andere Aufgaben zu erledigen, was die Effizienz des Labors erhöht.

Applikation	Bestimmung der Reservealkalinität in der Qualitätskontrolle
Dokumentation	AN-T-202 «Reservealkalität von Motorkühlmitteln – Unkomplizierte Bestimmung nach ASTM D1121»
Technik	potentiometrische Titration mit der Profitrode
Normen	ASTM D1121 (Kühlmittel, Antirostmittel) ASTM D8085 (Nicht-wässrige Kühlmittel) ASTM D3306 (Glykolbasierte Kühlmitteln für Fahrzeuge) ASTM D7518 (1,3-Propandiol (PDO)-basierte Kühlmittel) ASTM D4985, D5752 (Kühlmittel für Hochleistungsmotoren) ASTM D7714 (Glycerinbasierte Kühlmittel)

4.2.3 Bestimmung des Wassergehaltes in Kühl- und Schmiermitteln

Anwendung	Wassergehaltsbestimmung in Kühl- und Schmiermitteln
Applikation	Bestimmung des Wassergehaltes in nicht-wässrigen Kühlmitteln zur Qualitätskontrolle

Dokumentation	a) AB-077 «Volumetrische Wassergehaltsbestimmung nach Karl Fischer – Tipps und Tricks für die volumetrische Karl-Fischer-Titration» b) AB-137 «Coulometrische Wassergehaltsbestimmung nach Karl Fischer»
Technik	Volumetrische oder coulometrische Karl Fischer Titration
Normen	a) ASTM E203 b) ASTM E1064

4.2.4 Bestimmung des Chloridgehaltes (Spuren) in Kühlmitteln

Applikation	Bestimmung des Chloridgehaltes (Spuren)
Technik	Potentiometrische Titration mit der Ag-Titrode
Dokumentation	AB-130 «Potentiometrisch indizierte Chloridtitrationen» (ASTM D3634)
Normen	ASTM D3634

4.2.5 Bestimmung der Halogenide und weiterer Anionen in Kühlmitteln

Applikation	Bestimmung von Halogeniden in Kühlmitteln
Dokumentation	AN-S-219 «Anionen und organische Säuren in Motorkühlmittel» AN-S-285 «Anionen in Kühlschmierstoff nach Metrohm Inline-Dialyse»
Technik	Ionenchromatographie für Anionen mit chemischer Suppression
Normen	ASTM D5827

4.2.6 Bestimmung von Sulfat in Kühlmitteln

Applikation	Bestimmung von Sulfat in Kühlmitteln
Dokumentation	AN-S-041 «Sulfat in Dieselmotor-Kühlmittel mittels Dialyse für die Probenvorbereitung»
Technik	Ionenchromatographie für Anionen mit chemischer Suppression



Metrohm OMNIS ist das System der Wahl für vollautomatische Analysen

4.3 Qualitätsbestimmung von Schmierstoffen

4.3.1 Bestimmung von Antioxidantien in Schmierölen

Das Testen von in Betrieb befindlichen Schmierölen auf ihren verbleibenden Gehalt an Antioxidantien ist entscheidend für die Verfügbarkeit von Fahrzeugen sowie für die Senkung der Betriebskosten und Reparaturkosten. Testmethoden wie der RPVOT (rotating pressure vessel oxidation test) sind zeitaufwändig und teuer in der Durchführung. Eine bewährte Methode zur Prüfung des verbleibenden Gehalts an aktiven Antioxidantien innerhalb von Minuten ist die Voltammetrie mit dem Metrohm Professional VA 884 (Bestimmung «Remaining Useful Life»). Je nach Elektrolyten können aromatische Amin- und phenolische Antioxidantien oder gehinderte phenolische Antioxidantien bestimmt werden.

Applikation	Bestimmung der Antioxidantien
Technik	Differential Puls Voltammetrie mit der Glassy Carbon Elektrode
Dokumentation	AN-V-220 «Restnutzungsdauer von Schmierstoffen – Vollautomatische Bestimmung des Restgehalts an Antioxidantien mittels Voltammetrie»
Normen	ASTM D6971, ASTM D6971, ASTM D6971, ASTM D5727, ASTM D7590

4.3.2 Bestimmung der Basenzahl (BN = Base number)

(Vergl.: Bestimmung der Basenzahl in Hydraulikölen, 4.1.1)

4.3.3 Bestimmung der Oxidationsbeständigkeit von Schmierstoffen

Die Gesetzgebung, wie z. B. das US Vessel General Permit, das von der Environmental Protection Agency (EPA) eingeführt wurde, setzt strenge Grenzen für unbeabsichtigte Einleitungen von Schmierstoffen für Schiffe. In Europa schreiben die Empfehlungen der OSPAR-Kommission und des Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (Cefas) vor, dass Schmierstoffe besondere Anforderungen hinsichtlich biologischer Abbaubarkeit erfüllen müssen.

Neben der biologischen Abbaubarkeit sind aber auch die Qualität und Stabilität der Öle wichtig. Die Oxidationsstabilität von biologisch abbaubaren Schmierölen kann einfach und direkt mit dem Metrohm Rancimat bestimmt werden.

Applikation	Oxidationsstabilität von biologisch abbaubarem Schmieröl
Technik	Rancimat Methode
Dokumentation	AN-R-010 «Oxidationsstabilität von biologisch abbaubarem Schmieröl»

4.3.4 Bestimmung von Anionen in Kühlschmierstoffen

Applikation	Bestimmung von Chlorid, Nitrit, Nitrat und Sulfat in Kühlschmierstoffen nach Inline-Dialyse
Technik	Anionen Ionenchromatographie mit direkter Leitfähigkeits- und UV-Detektion, nach Dialyse
Dokumentation	AN-U-019 «Chlorid, Nitrit, Nitrat und Sulfat in Kühlschmierstoffen (Leitfähigkeits- und UV-Detektion)»

4.3.5 Bestimmung von Aminen in Kühlschmierstoffen

Applikation	Bestimmung von Dicyclohexylamin (DCHA) und Methyldicyclohexylamin (MDCH) in kühlenden Schmierstoffen
Technik	Kationen Ionenchromatographie mit direkter Leitfähigkeitsdetektion nach Dialyse
Dokumentation	AN-C-177 «Dicyclohexylamin (DCHA) und Methyldicyclohexylamin (MDCHA) in Kühlschmierstoff mittels Inline-Dialyse»

4.3.6 Bestimmung der Säurezahl (AN = Acid Number)

(Vergl.: Bestimmung der Säurezahl (AN = Acid Number) in Hydraulikölen, 4.1.2)

4.3.7 Bestimmung des Wassergehalts mittels Karl Fischer Titration

(Vergl.: Bestimmung des Wassergehalts mittels Karl Fischer Titration in Hydraulikölen, 4.1.3)



Nicht nur Sand im Getriebe, sondern mangelnde Motorölqualität kann sicheres Fortkommen verhindern

4.4 Bestimmung der Treibstoffqualität

4.4.1 ANALYSE KONVENTIONELLER TREIBSTOFFE

4.4.1.1 Bestimmung der Basenzahl (BN = Base number) in Treibstoffen

(Vergl.: Bestimmung der Basenzahl, BN = Base Number, in Hydraulikölen, 4.1.1)

4.4.1.2 Bestimmung des Cetan-Index in Treibstoffen

Applikation	Bestimmung des Cetan Index, der Dichte, des Sättigungsgrades und der Aromaten
Technik	Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) für Flüssigkeiten mit dem NIRS XDS RapidLiquid Analyzer
Dokumentation	AN-NIR-080 «Qualitätskontrolle von Dieselmotorkraftstoff – Schnelle und einfache Bestimmung von Cetanindex, Flammpunkt, CFPP, D95 und Viskosität mittels NIRS»

4.4.1.3 Bestimmung anorganischen Chlorids in Treibstoffen

Die titrimetrische Chloridbestimmung ist neben der Säure-Base-Titrationsmethode eines der am häufigsten angewandten nassanalytischen Analyseverfahren.

Applikation	Bestimmung des anorganischen Chlorids
Technik	Potentiometrische Titration
Dokumentation	AB-130 «Potentiometrisch indizierte Chloridtitrationen»
Normen	EN 15484

4.4.1.4 Bestimmung der Hydroperoxidzahl in Treibstoffen

Die Grösse der Hydroperoxidzahl ist ein Hinweis auf die Menge der vorhandenen oxidierenden Bestandteile. Die Zersetzung der Brennstoffe führt zur Bildung

von Hydroperoxiden und anderen sauerstofftragenden Verbindungen. Die Hydroperoxidzahl ist ein Mass für die Verbindungen, die sich mit Kaliumjodid oxidieren lassen.

Die Bestimmung der Hydroperoxidzahl von Benzin ist von Bedeutung, weil Hydroperoxide die Motor-Oktananzahl senken. Darüber hinaus haben Hydroperoxide nachteilige Auswirkungen auf bestimmte Komponenten des Kraftstoffsystems (z.B. Elastomere).

Die Bestimmung der Hydroperoxidzahl von Dieselmotorkraftstoff ist von Bedeutung, da Hydroperoxide nachweislich die Cetanzahl erhöhen.

Technik	Potentiometrische Titration mit der Pt-Titrode
Normen	ASTM D3703

4.4.1.5 Bestimmung der Merkaptane in Treibstoffen

Mercaptan-Schwefel hat einen unangenehmen Geruch, eine nachteilige Wirkung auf Elastomere des Kraftstoffsystems und ist korrosiv für die Komponenten des Kraftstoffsystems.

Applikation	Bestimmung des Mercaptan-Gehaltes
Dokumentation	AB-135 «Potentiometrische Bestimmung von Schwefelwasserstoff, Carbonylsulfid und Mercaptanen in Erdölprodukten»
Technik	Potentiometrische Titration mit der Ag-Titrode mit Sulfid-Beschichtung
Normen	ASTM D3227 IP342 ISO 3012

4.4.1.6 Bestimmung des Säuregehaltes in Treibstoffen

Diverse Säuren können in Fluggasturbinenkraftstoffen vorhanden sein, entweder durch die Säurebehandlung während des Raffinationsprozesses oder als natürlich vorkommende organische Säuren. Eine signifikante Säureverunreinigung ist unwahrscheinlich aufgrund der vielen Überprüfungen, die während der verschiedenen Stufen der Raffination durchgeführt werden. Spuren von Säuren können jedoch vorhanden sein und sind unerwünscht, da der Kraftstoff dann dazu neigt, Metalle, mit denen er in Kontakt kommt, zu korrodieren oder die Wasserabscheidungseigenschaften des Fluggasturbinenkraftstoffs zu beeinträchtigen.

Das Prüfverfahren dient zur Messung der von Säurespuren, die in Fluggasturbinenkraftstoff vorhanden sein können. Es ist nicht zur Bestimmung einer signifikanten Säurekontamination geeignet.

Die Verwendung eines Titrators mit einem photometrischen Sensor – der Metrohm Optrode – zur Erkennung des Endpunkts stellt sicher, dass die Titrations immer unter den gleichen Bedingungen durchgeführt

werden. Dies erhöht die Präzision und Zuverlässigkeit der Ergebnisse erheblich, was wiederum zu einer verbesserten Überwachung für Ihren Betrieb führt.

Applikation	Säuregehalt in flüchtigen Lösungsmitteln
Technik	Photometrische Titration mit der Optrode
Dokumentation	AN-T-203 «Säuregehalt in flüchtigen Lösungsmitteln und chemischen Zwischenprodukten – objektive und zuverlässige Bestimmung nach ASTM D1613»
Normen	ASTM D1613

4.4.1.7 Bestimmung der Säurezahl (AN = Acid Number) in Treibstoffen

(Vergl.: Bestimmung der Säurezahl, AN = Acid Number, in Hydraulikölen, 4.1.2)

4.4.1.8 Bestimmung des Wassergehalts mittels Karl Fischer Titration in Treibstoffen

(Vergl.: Bestimmung des Wassergehalts mittels Karl Fischer Titration in Hydraulikölen, 4.1.3)



Take off & Landing – die Qualität des Treibstoffs muss stimmen

4.4.2 ANALYSE VON BIOKRAFTSTOFFEN

Die ausgewählten Applikationen stammen aus den ASTM Spezifikationen für Ethanol bzw. Methanol welches Benzin beigemischt wird (ASTM D4806, ASTM D5797, ASTM D5798).

4.4.2.1 Bestimmung der Leitfähigkeit von Biokraftstoffen

Ethanol, Bioethanol und Biokraftstoff (E85) werden zunehmend als Ersatz für Kraftstoffe auf Erdölbasis verwendet. Während der Lagerung kommen diese häufig mit metallischen Substraten oder Oberflächen in Berührung, z. B. in Fässern, Tanks oder anderen Behältern. Übermäßige Ionenkonzentrationen im gelagerten Kraftstoff fördern die Korrosion. Die Überwachung der Gesamtkonzentration der in der Kraftstoffmatrix vorhandenen Ionen ist der erste Schritt einer wirksamen Korrosionsschutzstrategie.

Eine einfache, schnelle und kostengünstige Methode zur Bestimmung der Gesamtmenge an Ionen ist die Messung der elektrischen Leitfähigkeit nach DIN 15938.

Applikation	Bestimmung der Leitfähigkeit
Technik	Direkte Leitfähigkeitsmessung mit der Leitfähigkeitsmesszelle 6.0916.040 oder 6.0918.040
Dokumentation	AN-T-209 «Elektrische Leitfähigkeit von Ethanol, Bioethanol und Biokraftstoff – Schnelle und einfache Leitfähigkeitsmessung nach DIN 15938»
Normen	DIN 15938

4.4.2.2 Oxidationsbeständigkeit von alternativen Brennstoffen (Biokraftstoff)

Die Verwendung von alternativen Brennstoffen aus erneuerbaren pflanzlichen Quellen hat in den letzten Jahren zunehmend Verbreitung gefunden und wird weiter ansteigen. Neben alternativen Brennstoffen wie Ethanol, Methanol oder Biogas (Methan) hat sich Fettsäuremethylester, der auch als Biodiesel, RME (Rapsölmethylester) oder FAME (fatty acid methyl ester) bezeichnet wird, als weitere wichtige regenerative Energiequelle etabliert. Fettsäuremethylester werden meist aus Ölsaaten gewonnen und entweder in reiner Form oder im Gemisch mit herkömmlichem Dieselmotorkraftstoff als Biodieselblend im Kraftfahrzeugbereich ver-

wendet. Zur Herstellung wird meist Pflanzenöl verwendet, es können aber auch Fette tierischen Ursprungs oder Abfallstoffe aus der Lebensmittelherstellung oder -verarbeitung genutzt werden. Das Öl wird in einem katalysierten Prozess mit Methanol umgeestert. Dabei entstehen die Methylester der im Öl vorhandenen Fettsäuren und als Nebenprodukt Glycerin. Fettsäuremethylester sind nur eingeschränkt lagerstabil, da sie wie alle natürlichen Fette und Öle langsam vom Luftsauerstoff oxidiert werden. Die da bei entstehenden Substanzen können zu Schäden im Motor führen. Aus diesem Grund ist die Oxidationsstabilität ein wichtiges Qualitätskriterium für Biodiesel und wird bei der Herstellung regelmässig bestimmt. Mit Hilfe des «893 Professional Biodiesel Rancimat» lässt sich diese Bestimmung einfach und zuverlässig durchführen.

Applikation	Bestimmung der Oxidationsbeständigkeit der Fettsäuremethylester (FAME) und Biodieselblends
Technik	Rancimat-Methode unter Verwendung des Biodiesel Rancimats
Dokumentation	AN-R-009 «Oxidationsstabilität von Fettsäuremethylestern (FAME, Biodiesel)»
Normen	EN 15751

4.4.2.3 Bestimmung des pHe (Biokraftstoffe)

Der pHe ist ein Maß für die Säurestärke in alkoholischen Kraftstoffen und Ethanol. Er kann als Prädiktor für das Korrosionspotenzial eines Ethanolkraftstoffs verwendet werden. Die Bestimmung des pHe wird gegenüber der Gesamtsäure bevorzugt, da die Gesamtsäure den Beitrag von schwachen Säuren (z. B. Kohlensäure) überschätzt und den Beitrag von starken Säuren (z. B. Schwefelsäure) unterschätzt. Außerdem ist die Säurestärke ein wichtiger Parameter, um das Risiko eines Motorsausfalls zu reduzieren.

Der pHe-Wert ist ein Indikator für die Säurestärke und zeigt die Anwesenheit von starken Säuren oder Basen in Ethanol an. In Europa wird Ethanol als Mischungsbestandteil in Benzin verwendet und muss einen pHe-Wert zwischen 6,5 und 9,0 haben.

Applikation	Bestimmung des pHe von Treibstoffen auf (Bio)ethanolbasis
Technik	pH-Messung mit der EtOH-Trode

Dokumentation	a) AN-T-173 «pHe-Wert von denaturiertem Ethanolkraftstoff – Schnelle und genaue Messung nach ASTM D6423» b) AN-T-183 «Ethanol als Beimischung für Benzin – Bestimmung des pHe-Werts nach EN 15490»
Normen	a) ASTM D6423 b) EN 15490

4.4.2.4 Bestimmung des anorganischen Sulfates in Biokraftstoffen

Ethanol wird als Mischungsbestandteil von Benzin verwendet. Wenn Ethanolhaltiger Kraftstoff verbrannt wird, können Sulfate zu Schwefelsäureemissionen beitragen. Sulfate zeigen sich außerdem in Ablagerungen, die den Filter verstopfen und in Ablagerungen in der Kraftstoffeinspritzung. Die Zulässigkeit der Verwendung von Ethanol hängt vom Sulfatgehalt ab. Der mit der Prüfmethode nach ASTM D7318 gemessene Sulfatgehalt kann als ein Mass für die Akzeptanz von Ethanol als Kraftstoff für Kraftfahrzeuge mit Fremdzündung verwendet werden.

Applikation	Bestimmung des anorganischen Sulfatgehaltes
Technik	Potentiometrische Titration mit der Pb ISE und Ag/AgCl Referenzelektrode
Dokumentation	Poster 8.000.6020 «Titrimetrische Analytik von Biokraftstoffen»
Normen	ASTM D7318

4.4.2.5 Bestimmung des Säuregehaltes von Biokraftstoffen

Denaturiertes Kraftstoff-Ethanol kann Additive wie Korrosionsinhibitoren und Reinigungsmittel sowie Verunreinigungen aus der Herstellung enthalten, die den Säuregrad des fertigen Ethanol-Kraftstoffs beeinflussen können. Stark verdünnte wässrige Lösungen von organischen Säuren mit niedrigem Molekulargewicht, wie z. B. Essigsäure, sind für viele Metalle hochkorrosiv. Es ist wichtig, solche Säuren auf einem sehr niedrigen Niveau zu halten.

Die Prüfmethode nach ASTM D7795 misst den Säuregehalt in Ethanol oder Ethanolmischungen quantitativ. Der akzeptable Säuregehalt in Ethanol oder Ethanolmischungen kann je nach Spezifikation variieren, liegt aber im Allgemeinen unter 200 mg/kg (ppm). Die Kenntnis des Säuregehalts kann erforderlich sein, um



Raps – nachhaltiger Rohstoff für Biokraftstoffe

festzustellen, ob die Produktqualität der Spezifikation entspricht.

Applikation	Bestimmung des Säuregehaltes von Treibstoffen auf (Bio)ethanolbasis oder Biodiesel
Technik	Photometrische Titration mit der Optrode
Dokumentation	a) AN-T-199 «Photometrische Bestimmung des Säuregehaltes von Ethanol nach ASTM D7795» b) Poster 8.000.6020 «Titrimetrische Analytik von Biokraftstoffen»
Normen	a) D7795 b) EN 15491

4.4.2.6 Bestimmung des Wassergehaltes in Biodiesel

Applikation	Bestimmung des Wassergehaltes in Brennstoffen
Technik	Coulometrische Karl Fischer Titration
Dokumentation	8.026.5013 Monographie «Wasserbestimmung durch Karl-Fischer-Titration» Poster 8.000.6077 «Wassergehaltsbestimmung in Biodiesel mittels Karl-Fischer-Titration gemäss EN ISO 12937»
Normen	ASTM D6304, IP 471, EN ISO 12937 (Biodiesel)

4.4.2.7 Bestimmung des Wassergehaltes in Ethanol-Kraftstoffgemischen

Gemische aus Kraftstoff-Ethanol und Kraftstoff-Kohlenwasserstoffe haben eine begrenzte Löslichkeit für Wasser, welche wiederum von der Temperatur und dem Verhältnis von Ethanol zu Kohlenwasserstoff abhängig ist. Gute Handhabungspraktiken sind während des Mischens, der Lagerung und des Transports von Kraftstoff wichtig, um den Eintrag von Wasser zu vermeiden. Hohe Wasserkonzentrationen können Trübungen oder Phasentrennung in Ethanol- und Kohlenwasserstoffmischungen verursachen und zu Gefrierproblemen bei niedrigen Temperaturen führen. Wasser wird auch mit Korrosion und Verstopfung von Filtern in Verbindung gebracht.

Applikation	Bestimmung des Wassergehaltes nach Karl Fischer
Technik	Coulometrische Wassergehaltsbestimmung (0.004% – 1.63%) Volumetrische Wassergehaltsbestimmung (0.02 – 5.41%) nach ASTM D7923

Dokumentation	a) AB-077 «Volumetrische Wassergehaltsbestimmung nach Karl Fischer – Tipps und Tricks für die volumetrische Karl-Fischer-Titration» b) AB-137 «Coulometrische Wassergehaltsbestimmung nach Karl Fischer»
Technik	Volumetrische oder coulometrische Karl Fischer Titration
Normen	a) ASTM E203 b) ASTM E1064 ASTM D7923



Die Kontrolle der Atemluft ist auf U-Booten überlebenswichtig

5. Luft

5.1 Sicherstellung der Atemluftqualität auf U-Booten

5.1.1 Analyse aminhaltiger Waschlösungen

Zur Entfernung des ausgeatmeten Kohlendioxids (CO₂) werden auf U-Booten aminhaltige Waschlösungen eingesetzt, die das CO₂ binden und aus der Atemluft entfernen. Die ordnungsgemässe Funktion der Waschlösungen muss kontinuierlich überprüft werden.

Anwendung	Sicherstellung der Atemluftqualität
Applikation	Online-Analyse von aminhaltigen Waschlösungen
Technik	Potentiometrische Säure-Base-Titration
Normen	CO ₂ < 0.5%: NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)



6. Wasser

6.1 Überwachung von Kesselspeisewasser und Kühlwasser

6.1.1 Bestimmung der Leitfähigkeit

Dieses Messverfahren ist zum Nachweis von Verunreinigungen und in einigen Fällen zur quantitativen Messung von in Wässern gelösten ionischen Bestandteilen geeignet. Dazu gehören gelöste Elektrolyte in natürlichen und aufbereiteten Wässern, wie Kesselwasser, Kesselspeisewasser, Kühlwasser sowie Salz- und Brackwasser.

Deren Konzentration kann von Spuren in reinem Wasser bis hin zu signifikanten Konzentrationen in kondensiertem Dampf (siehe Prüfverfahren D2186 und D4519) oder reinen Salzlösungen reichen.

Wenn das Hauptinteresse bei der Anwendung von Leitfähigkeitsmethoden in der Bestimmung der Reinheit von Dampf liegt, können diese Prüfmethode auch zur Überprüfung der Korrektheit von Wasseranalysen verwendet werden.

Applikation	Bestimmung der Leitfähigkeit
Technik	Direktmessung mit Leitfähigkeitsmesszelle
Dokumentation	AB-102 «Konduktometrie» AB-178 «Vollautomatische Wasseranalyse» AN-T-205 «Vollautomatische Wasseranalyse mit OMNIS»
Normen	ASTM D1125, EPA 120.1, ISO 7888, EN 27888

6.1.2 Bestimmung des pH-Wertes bei niedriger Leitfähigkeit

Die pH-Messung von Wasser mit niedriger Leitfähigkeit wird häufig bei Kraftwerkswasser- und Dampfkondensatproben zur Vermeidung von Korrosion und Kesselsteinbildung eingesetzt. Sie kann auch in Reinstwasseraufbereitungssystemen zwischen Mehrfachmembranen eingesetzt werden, um die Leistung zu optimieren.

Hochreines Wasser ist in hohem Masse ungepuffert und kleine Mengen an Verunreinigungen können den pH-Wert erheblich verändern. Insbesondere absorbiert hochreines Wasser schnell Kohlendioxid aus der Atmosphäre, was den pH-Wert der Probe senkt. Der spezielle Probenbehälter und die zugehörige pH-Messmethode minimieren die Exposition der Reinstwasserprobe gegenüber der Atmosphäre.

Anwendung	Überwachung des Kühlwassers
Applikation	Bestimmung des pH-Wertes
Technik	pH-Messung, Direktmessung mit der Aquatrode plus
Dokumentation	AB-188 «pH-Messtechnik» AB-178 «Vollautomatische Wasseranalyse»
Normen	ASTM D5464

6.1.3 Bestimmung des pH-Wertes bei regulärer Leitfähigkeit

Der pH-Wert des Wassers ist ein entscheidender Parameter, der die Löslichkeit von Spurenmineralien, die Fähigkeit des Wassers, Kesselstein zu bilden oder Metallkorrosion zu verursachen, beeinflusst. Eine Veränderung des pH-Wertes gibt damit auch Aufschluss über die Wirksamkeit der zugesetzten Korrosionsinhibitoren. Der neutrale Punkt von chemisch reinem Wasser liegt bei einer Temperatur von 25 °C bei einem pH-Wert von 7,0, variiert jedoch je nach Temperatur und Ionenstärke der Probe. Reines Wasser, das sich im Gleichgewicht mit der Luft befindet, hat einen

pH-Wert von etwa 5,5, die meisten natürlichen, nicht verschmutzten Wässer liegen zwischen pH 6 und pH 9.

Applikation	Bestimmung des pH-Wertes
Technik	pH-Messung, Direktmessung mit der Aquatrode plus
Dokumentation	AB-188 «pH-Messtechnik» AB-178 «Vollautomatische Wasseranalyse»
Normen	ASTM D1293, ASTM D5464, EPA 150.2, EN ISO 10523

6.1.4 Bestimmung der Wasserhärte

Härtebildner im Wasser, insbesondere Kalzium und Magnesium, sind die Hauptursache für die Verkalkung von Rohren und Leitungen, die häufig zu Ausfällen und zum Verlust der Prozesseffizienz aufgrund von Verstopfung oder Verlust der Wärmeübertragung oder beidem führt.

Härte wird durch alle mehrwertigen Kationen verursacht, vor allem aber durch Calcium und Magnesium. Alle übrigen mehrwertigen Kationen sind selten in mehr als Spuren vorhanden. Der Begriff Härte wurde ursprünglich für Wasser verwendet, mit dem sich nur schwer waschen lässt, weil es einen hohen Einsatz von Seife erfordert. Bei den meisten normalen Wässern steht diese - nicht gewünschte - Eigenschaft in direktem Zusammenhang mit dem Calcium- und Magnesiumgehalt.

Applikation	Bestimmung der Wasserhärte
Technik	a) Potentiometrische Titration mit der Ca ISE b) Photometrische Titration mit der Optrode
Dokumentation	a, b) AB-125 «Simultane Bestimmung von Calcium und Magnesium sowie der Alkalinität durch komplexometrische Titration mit potentiometrischer oder photometrischer Indikation in Wasser- und Getränkeproben» a) AB-178 «Vollautomatische Wasseranalyse» a) AN-T-205 «Vollautomatische Wasseranalyse mit OMNIS» b) AN-T-084 «Vollautomatische Bestimmung der totalen, der Calcium- und der Magnesiumhärte von Wasserproben mittels photometrischer Titration»
Normen	ASTM D511, ASTM D1126, EPA 130.2, EPA 215.2, ISO 6058, ISO 059

6.1.5 Bestimmung der Alkalinität

Messungen des Säuregrads und der Alkalinität dienen der Festlegung von ggf. erforderlichen chemischen Behandlungsstufen z.B. zur Kontrolle/Vermeidung von Kesselstein und Korrosion.

Die Säure- und Alkalinitätswerte sind entscheidend für die Bestimmung der Löslichkeit einiger Metalle, der Toxizität einiger Metalle und der Pufferkapazität einiger Wässer.

Applikation	Bestimmung der Alkalinität
Technik	Endpunkt-Titration auf vordefinierte pH-Werte mit der Aquatrode plus
Dokumentation	AB-178 «Vollautomatische Wasseranalyse» AN-T-205 «Vollautomatische Wasseranalyse mit OMNIS»
Normen	ASTM D1067, EPA 310.1, EN ISO 9963-1, EN ISO 9963-2

6.1.6 Bestimmung von Anionen und Kationen

Die Messung von Anionen und Kationen im Kühl- und Kesselspeisewasser liefert wichtige Informationen über Korrosion, Korrosionsvermeidung und die Qualität des eingesetzten Wassers.

Applikation	Bestimmung von Anionen und Kationen
Technik	Ionenchromatographie mit chemischer Suppression und Leitfähigkeitsdetektion (Anionen); Nicht supressierte Ionenchromatographie mit Leitfähigkeitsdetektion (Kationen)
Dokumentation	Broschüre 8.000.5148 «Kraftwerksanalytik»
Normen	EPA 300.1

6.2 Trinkwassersicherheit

Die Soldatinnen und Soldaten sind zur Auftragserfüllung sowie zur Erhaltung ihrer Leistungs- und Durchhaltefähigkeit auf sauberes Trinkwasser angewiesen – immer und überall. Neben der Analytik für die Bestimmung von Standardparametern wie Calcium, Magnesium, pH-Wert, Chlorid u.a.m. bietet Metrohm Komplettlösungen für die hochempfindliche Spurenanalytik von giftigen Schwermetallen (Uran, Chrom, Quecksilber, Arsen u.a.m.) sowie anderen Kontaminanten an.

Mit Messgeräten für die Ionenchromatographie, Voltammetrie und Titration bietet Metrohm robuste Lösungen, die einfach zu bedienen sind und präzise Ergebnisse liefern – in wenigen Minuten.

Für die gezielte Bestimmung einzelner Inhaltsstoffe bietet die chemische Analytik Verfahren, die sich bequem in der Routine einsetzen lassen. Der geschärfte Blick auf einzelne Parameter ist für die Bestimmung hochtoxischer Substanzen elementar wichtig: Cyanid wirkt tödlich im Milligrammbereich, Oxohalogenide schädigen nachhaltig im Mikrogrammbereich und Schwermetalle wie Plutonium und Uran entfalten ihre schädliche Wirkung bereits im Nano-grammbereich.

6.2.1 PH- UND LEITFÄHIGKEITSMESSUNG

6.2.1.1 Bestimmung des pH-Wertes in Trinkwasser

Der pH-Wert ist der wohl am häufigsten gemessene Parameter von wässrigen Lösungen – von der mobilen Messung in Trink-, Oberflächen-, Grund- und Abwässern bis hin zur präzisen Bestimmung des pH-Wertes von Wasser für den pharmazeutischen Gebrauch. Wo auch immer der pH-Wert bestimmt wird, Metrohm bietet für jede Anwendung die optimale Lösung.

Applikation	Messung des pH-Wertes
Technik	Direktmessung

Dokumentation	AN-T-073 «Vollautomatische Bestimmung der Leitfähigkeit, des pH-Wertes und der Alkalinität in Leitungswasser nach Proben-vorbereitung» AN-T-205 «Vollautomatische Wasseranalyse mit OMNIS»
Normen	EPA 150.1, DIN 38404-5

6.2.1.2 Bestimmung der Leitfähigkeit von Trinkwasser

Applikation	Messung der Leitfähigkeit
Technik	Direktmessung
Dokumentation	AN-T-073 «Vollautomatische Bestimmung der Leitfähigkeit, des pH-Wertes und der Alkalinität in Leitungswasser nach Proben-vorbereitung» AN-T-205 «Vollautomatische Wasseranalyse mit OMNIS»
Normen	EPA 120.1, DIN EN 27888

6.2.2 BESTIMMUNG VON SUMMENPARAMETERN MITTELS TITRATION

6.2.2.1 Freies Chlor und Restchlorgehalt im Trinkwasser

Zu Desinfektionszwecken wird dem Trinkwasser häufig Chlor in geringen Konzentrationen zugesetzt. Da Chlor hochgiftig ist, werden Organismen wie Bakterien abgetötet und das Auftreten von durch Wasser übertragenen Krankheiten wie Cholera wird verhindert. Aber Chlor ist nicht nur für Mikroorganismen giftig, sondern auch für den Menschen. Abhängig von der Reaktivität und der Konzentration des Chlors können dabei giftige Desinfektionsnebenprodukte entstehen und freigesetzt werden. Der Hauptgrund für die Toxizität ist die Tatsache, dass Chlor mit anderen organischen Verbindungen reagieren und Desinfektionsnebenprodukte (DBP) wie z.B. Trichlor-methan und Chloressigsäure bilden kann.

Die Chlorkonzentration im Trinkwasser muss deshalb präzise kontrolliert und überwacht werden, um die durch Vorschriften, Verordnungen und gesetzliche Regelungen, wie z.B. die Trinkwasserverordnung, vorgegebenen Grenzwerte sicher einzuhalten.

Applikation	Bestimmung von freiem Chlor und des Restchlorgehaltes
Technik	Potentiometrische Titration mit der Pt-Titrode
Dokumentation	AB-249 «Bestimmung von freiem Chlor und Restchlorgehalt gemäss DIN EN ISO 7393-1 und APHA 4500-Cl»
Normen	EN ISO 7393-1 APHA 4500-Cl Methode B APHA 4500-Cl Methode I

6.2.2.2 Bestimmung des Permanganat-Index mittels Titration

(Gemäss DIN EN ISO 8467 und CSB DIN 38409-12)

Im Hinblick auf die Oxidationskraft der eingesetzten Oxidationsmittel unterscheidet man zwischen dem

Permanganat-Index und dem chemischen Sauerstoffbedarf (CSB). Ist der Permanganat-Index für kaum bis schwach belastete Proben der aussagekräftigere Parameter, so eignet sich der CSB für stark belastete Proben.

Der Permanganatindex dient im weiteren Sinne als Mass zur Beurteilung der organisch-chemischen Belastung in kaum oder gering belasteten Wässern wie Trinkwasserproben.

Mit dem Permanganatindex wird der leicht oxidierbare Anteil der organischen Inhaltsstoffe im Wasser bestimmt.

Applikation	Bestimmung des Permanganat-Index
Technik	Potentiometrische Titration mit der Pt Titrode
Dokumentation	AN-T-204 «Permanganat-Index in Wasser – Vollautomatische Bestimmung nach GB/T 11892» AN-T-094 «Vollautomatische Bestimmung des Permanganatindex nach EN ISO 8467»
Normen	GB/T 11892, EN ISO 8467, DIN EN ISO 8467, CSB DIN 38409-12

6.2.2.3 Bestimmung des Sauerstoffgehaltes im Trinkwasser

In der Trinkwasserversorgung ist ein höherer DO-Gehalt (DO = Dissolved Oxygen = gelöster Sauerstoff) wünschenswert, weil er den Geschmack des Trinkwassers verbessert. Ist der DO-Gehalt zu niedrig, kann das Geschmackserlebnis als fade empfunden werden.

Applikation	Bestimmung des Sauerstoffgehaltes
Technik	Messung der Lumineszenz
Dokumentation	AN-I-030 «Gelöster Sauerstoff in Leitungswasser – Schnelle Online-Bestimmung mithilfe eines optischen Sensors nach ISO 17289»
Normen	ISO 17289

6.2.2.4 Bestimmung des chemischen Sauerstoffbedarfes

Der Chemische Sauerstoffbedarf (CSB) ist eine Masszahl für die Summe der in einem bestimmten Wasservolumen durch Chromat oxidierbaren Stoffe. In

Kläranlagen gilt der CSB als aussagekräftiger Leitparameter zur Beurteilung der Klärleistung und damit für die Qualität des Trinkwassers.

Applikation	Bestimmung des chemischen Sauerstoffbedarfes (CSB)
Technik	Potentiometrische Titration mit der Au-Ringelektrode
Dokumentation	AB-178 «Vollautomatische Wasseranalyse»
Normen	DIN 38409-44, ASTM D1252

6.2.2.5 Bestimmung der Wasserhärte

(Calcium und Magnesium nach DIN 38406-3)

Bei der Wasserhärte unterscheidet man zwischen temporärer (Carbonathärte) und permanenter Härte (Sulfathärte). Ein weiterer wichtiger Parameter ist die Gesamthärte, welche die Summe der Erdalkalimetallkationen angibt und sich näherungsweise aus der Summe der Calcium- und Magnesiumhärte zusammensetzt.



Sauberes Trinkwasser bildet das Rückgrat für die Einsatzfähigkeit der Soldatin und des Soldaten



PH- und Leitfähigkeitsmessung im Feld.

Bildquelle: Deutsche Bundeswehr

Applikation	Bestimmung der Wasserhärte
Technik	Potentiometrische Titration mit der kombinierten Ca-ISE
Dokumentation	AB-125 «Simultane Bestimmung von Calcium und Magnesium sowie der Alkalinität durch komplexometrische Titration mit potentiometrischer oder photometrischer Indikation in Wasser- und Getränkeproben» AB-178 «Vollautomatische Wasseranalyse»
Normen	DIN 38406-3

6.2.3 BESTIMMUNG INDIVIDUELLER IONEN UND MOLEKÜLE MITTELS IONENCHROMATOGRAPHIE

6.2.3.1 Bestimmung der Anionen

Obwohl ihre analytische Leistungsfähigkeit sehr hoch ist, lassen sich die robusten IC-Systeme von Metrohm einfach bedienen, ganz gleich, ob im stationären Labor, im mobilen Feldlabor, auf dem Schiff oder im Flugzeug. Für den Betrieb muss lediglich die Stromversorgung über eine Steckdose verfügbar sein. Mit

den IC-Systemen lassen sich die Standardanionen sicher und schnell bestimmen.

Chlorat, Chlorit und Bromat sind Nebenprodukte, die bei der Desinfektion des Trink- und Mineralwassers durch Oxidation der im Wasser vorhandenen Halogenide entstehen können. Aufgrund ihrer karzinogenen und die Schilddrüse schädigenden Eigenschaften schreibt die Trinkwasserverordnung die Einhaltung von Grenzwerten für diese Stoffe vor. Ihre Konzentration im Trinkwasser muss entsprechend den Vorgaben der Trinkwasserverordnung auf die Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte kontrolliert werden.

Mittels Ionenchromatographie (IC) lassen sich diese unerwünschten Nebenprodukte sowie gleichzeitig auch alle weiteren im Wasser vorhandenen Anionen und Kationen bestimmen: der Blick auf das Etikett einer Mineralwasserflasche zeigt die gemessenen Werte.

Applikation	Bestimmung von Anionen
Technik	Ionenchromatographie für Anionen mit chemischer Suppression und Leitfähigkeitsdetektion (Anionen);



Metrohm IC-Geräte: bereit für den Einsatz im mobilen Feldlabor

Dokumentation	AN-S-236 «Trinkwasserqualität nach EPA 300.1 – Kombination von Teil A und B der EPA-Methode 300.1 in einer IC-Analyse»
Normen	EPA 300.1, EN ISO 10304-1, EN ISO 10304-4

6.2.3.2 Bestimmung von Bromat

Bromat ist ein Desinfektionsnebenprodukt, das durch Ozonierung bei der Trinkwasseraufbereitung entsteht. Es ist unerwünscht, da es im Verdacht steht, für den Menschen krebserregend zu sein und die Schilddrüse zu schädigen. Der in der Trinkwasserverordnung enthaltene Grenzwert ist nach den Vorgaben der Trinkwasserverordnung zu überwachen.

Applikation	Bestimmung von Bromat in Trinkwasser
Technik	Ionenchromatographie für Anionen mit Nachsäulenderivatisierung und UV-Detektion
Dokumentation	AN-U-051 «Spurenanalyse von Bromat in Trinkwasser Bestimmung nach ISO 11206 mittels Triiodid-Nachsäulenderivatisierung und anschließender UV-Detektion»
Normen	ISO 11206, EPA 326

6.2.3.3 Bestimmung von Cyanid

Auf Grund seiner hohen Toxizität kommt der Bestimmung von Cyanid in Trinkwasser sehr große Bedeutung zu. Der in der Trinkwasserverordnung enthaltene Grenzwert ist nach den Vorgaben der Trinkwasserverordnung zu überwachen.

Die Cyanidbestimmung kann je nach Art der Wasserprobe schnell und zuverlässig mittels Ionenchromatographie (IC), Voltammetrie (VA) oder auch mittels Titration erfolgen.

Applikation	Bestimmung von Cyanid
Technik	Ionenchromatographie für Anionen mit direkter Leitfähigkeitsdetektion

Dokumentation **AN-N-068** «Cyanid in Abwasser»

Applikation	Bestimmung von Cyanid
Technik	Ionenchromatographie für Anionen mit amperometrischer Detektion

Dokumentation **AN-P-052** «Spurenanalyse von Cyanid und Sulfid in wässrigen Proben – amperometrische Bestimmung im Gleichstrom-Modus (DC) nach ionenchromatographischer Trennung»

Applikation	Bestimmung von freiem Cyanid
Technik	Polarographie

Dokumentation	AB-110 «Bestimmung von freiem Cyanid mittels Polarographie»
Applikation	Bestimmung von Cyanid
Technik	Potentiometrische Titration mit Ag-Titrode (Fällungstitration)
Dokumentation	AB-046 «Potentiometrische Cyanidbestimmung»

6.2.3.4 Bestimmung von Kationen

Trinkwasseranalysen und damit die Bestimmung der Kationen sind durch Normen wie z.B. die ISO 14911 verbindlich geregelt. Die Ionenchromatographie liefert verlässliche Ergebnisse.

Anwendung	Trinkwassersicherheit
Technik	Ionenchromatographie für Kationen mit Leitfähigkeitsdetektion
Dokumentation	AN-C-135 «Kationen im Leitungswasser mittels der Säule Metrosep C4 – 150/4.0 gemäss ISO 14911»
Normen	ISO 14911

6.2.3.5 Bestimmung von Perchlorat

Perchlorat gelangt häufig aus anthropogenen Quellen ins Wasser, etwa aus Düngemitteln, Feuerwerkskörpern, Raketentreibstoff usw. Die Spurenanalyse von Perchlorat in Wasserproben ist eine kritische Anwendung.

Anwendung	Bestimmung von Perchlorat in Trinkwasser
Technik	Ionenchromatographie für Anionen mit Leitfähigkeitsdetektion nach chemischer Suppression
Dokumentation	AN-S-342 «Bestimmung von Perchlorat in Trinkwasser nach ISO 19340 unter Anwendung von Anhang B»

6.2.3.6 Bestimmung von Chrom (VI)

Applikation	Bestimmung von Chrom (VI)
Technik	Anionenchromatographie mit UV-Detektion
Dokumentation	Poster 8.000.6087 «Bestimmung von Chrom(VI) in Trinkwasser gemäss der U.S. Umweltbehörde EPA» AN-U-057 «Chromat in Trinkwasser mittels Ionenchromatographie und Nachsäulenreaktion mit UV/VIS-Detektion gemäss EPA-Methode 218.7»
Normen	EPA 218.7

6.2.4 BESTIMMUNG INDIVIDUELLER IONEN UND MOLEKÜLE MITTELS VOLTAMMETRIE

Zahlreiche Schwermetalle lassen sich mittels Voltammetrie (VA) in sehr geringen Konzentrationen bestimmen. Dazu gehören die «bösen vier» Zink, Cadmium, Blei und Kupfer, die gemäss DIN 38406-16 analysiert werden.

VA-Systeme sind für den mobilen Einsatz geeignet. Sie haben sich bei den Einsätzen der Deutsche Bundeswehr, u.a. in Afghanistan, bewährt und Soldatinnen und Soldaten vor der Gefahr durch Schwermetalle im Trinkwasser geschützt.

VA-Systeme überzeugen durch geringen apparativen Aufwand, niedrige Investitions- und Betriebskosten, einfache Probenvorbereitung, kurze Analysenzeiten sowie durch die hohe Genauigkeit und Empfindlichkeit der Messungen.

Ein besonderer Vorteil liegt in der Möglichkeit der Speziationsanalytik: Der Analyt wird nicht in seiner Gesamtheit, sondern in den vorliegenden verschiedenen Oxidationsstufen und Bindungsformen bestimmt, wie im Fall von Cr(III) und Cr(VI) – nur Chrom der Oxidationsstufe (VI) ist toxisch.

VA-Systeme können auch für die Ultrapurenanalytik von Uran eingesetzt werden.

6.2.4.1 Bestimmung von Arsen

Applikation	Bestimmung von Arsen (gesamt) und Arsen (III)
Technik	Anodische Strippingvoltammetrie mit der scTrace Gold Elektrode
Dokumentation	AB-416 «Bestimmung von Arsen in Wasser mittels der scTrace Gold»

6.2.4.2 Bestimmung von Cadmium und Blei

Applikation	Bestimmung von Cadmium und Blei
Technik	Voltammetrie
Dokumentation	AN-V-221 «Cadmium und Blei in Trinkwasser – Gleichzeitige Bestimmung mittels Voltammetrie an einer Bi-Tropfenelektrode»

6.2.4.3 Bestimmung von Chrom

Applikation	Bestimmung von Chrom
Technik	Voltammetrie
Dokumentation	AN-V-227 «Chrom(VI) in Trinkwasser – Hochempfindliche Bestimmung an der mit einem Quecksilberfilm modifizierten Glassy Carbon-Elektrode (DTPA-Methode)» AN-V-230 «Chrom(VI) in Trinkwasser – Empfindliche Bestimmung an der mit einem Quecksilberfilm modifizierten scTRACE Gold (DTPA-Methode)»

6.2.4.4 Bestimmung von Cyanid

(vergl. auch Ionenchromatographie)

Applikation	Bestimmung von freiem Cyanid
Technik	Polarographie
Dokumentation	AB-110 «Bestimmung von freiem Cyanid mittels Polarographie»

6.2.4.5 Bestimmung von Uran

Applikation	Bestimmung von Uran
Technik	Voltammetrie
Dokumentation	AN-V-045 «Uran in Trinkwasser» AB-430 «Bestimmung von Uran mittels adsorptiver Stripping-Voltammetrie gemässe DIN 38406-17»
Normen	DIN 38406-17

6.2.4.6 Bestimmung von Zink, Cadmium, Blei und Kupfer

Applikation	Bestimmung von Zink, Cadmium, Blei und Kupfer in Abwasser
Technik	Voltammetrie
Dokumentation	AN-V-083 «Bestimmung von Zink, Cadmium, Blei und Kupfer in Abwasser nach UV-Aufschluss»

6.3 Analyse von Desinfektionsmitteln und desinfizierenden Stoffen

Desinfektionsmittel spielen weltweit eine wichtige Rolle. Besonders in Zeiten weit verbreiteter Krankheiten ist es unerlässlich, Menschen und Tiere vor schädlichen Bakterien, Viren oder Pilzen zu schützen. Tierseuchen wie die Vogel- oder Schweinegrippe oder übertragbare Viren wie COVID-19 können wirtschaftliche Schäden in Milliardenhöhe verursachen und sogar ganze Industriezweige zerstören. Calciumhypochlorit «C8», Natriumhypochlorit und Natriumchlorid werden wirksam als Desinfektionsmittel für Wasser und für Oberflächen verwendet. Sie sind weit hin verfügbar und kostengünstig. Es ist jedoch wichtig, die richtige Verdünnung vorzunehmen, um eine möglichst effiziente Desinfektion zu erreichen.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfiehlt (je nach Anwendung) Konzentrationen in Desinfektionsmitteln von 1000–5000 mg/L NaOCl und bis zu 200 g/L NaCl

6.3.1 Bestimmung von Javelwasser (Natriumhypochlorit in wässrigen Lösungen)

Applikation	Analyse von Desinfektionsmitteln
Applikation	Bestimmung von Javel-Wasser (Natriumhypochlorit in wässrigen Lösungen) Natriumhypochlorit
Technik	Potentiometrische oder thermometrische Titration mit der Pt-Titrode bzw. der Thermoprobe
Dokumentation	AN-H-019 «Bestimmung von Chlor in Haushaltsbleichmitteln»
Technik	ASTM D2022

6.3.2 Bestimmung von Natriumhypochlorit und Natriumchlorid

Applikation	Bestimmung von Natriumhypochlorit und Natriumchlorid Zuverlässige All-in-One-Bestimmung von Natriumhypochlorit und Natriumchlorid
Technik	Potentiometrische Titration mit der Ag-Titrode (Argentometrische Titration)

Dokumentation	AN-T-217 «Hypochlorit und Natriumchlorid in Desinfektionsmittel – Zuverlässige kombinierte Bestimmung mittels argentometrischer Titration»
Normen	DIN 38408-3

6.3.3 Bestimmung von Ozon

Die Wasserbehandlung mit Ozon (O₃) ist ein gängiges Verfahren zur Desinfektion.

Applikation	Bestimmung von Ozon (O ₃)
Technik	Potentiometrische Titration mit der Doppel-Pt-Blech-Elektrode
Dokumentation	AN-T-213 «Einfache Bestimmung von Ozon in Wasser»
Normen	DIN 38408-3

6.3.4 Bestimmung von Wasserstoffperoxid

Peroxide werden aufgrund ihrer antiseptischen Eigenschaften häufig zur Desinfektion und in der Wasseraufbereitung verwendet. Niedrigere Konzentrationen zwischen 0,3–3 % werden in Haushalten verwendet, während höhere Konzentrationen für Sterilisationszwecke eingesetzt werden können.

Applikation	Bestimmung von Wasserstoffperoxid
Technik	Potentiometrische Titration mit der kombinierten Pt-Ringelektrode
Dokumentation	AN-T-025 «Wasserstoffperoxidgehalt in wässrigen Lösungen – Zuverlässige und kostengünstige Bestimmung nach ASTM D2180»
Normen	ASTM D2180



Sprengstoffe und Treibladungen müssen in regelmässigen Abständen kontrolliert werden

7. Sprengstoffe

7.1 Qualitätskontrolle von Sprengstoffen

Auch auf dem Feld der Qualitätskontrolle von Treib- und Explosivstoffen verfügt Metrohm über die benötigte Analytik und das Know-how eigener Applikations-spezialisten. Eine Schlüsselanwendung ist hier die hochempfindliche Bestimmung des Feuchtegehalts. Mit bewährten Lösungen für die Karl-Fischer-Titration bietet Metrohm eine Primär-Methode, mit denen Wasserkonzentrationen noch im ppm-Bereich einfach und sicher bestimmt werden können – vollautomatisch.

7.1.1 Wassergehaltsbestimmung in Sprengstoffen

Um den sicheren Abbrand bzw. die Explosionsfähigkeit sicherzustellen, muss in regelmässigen Abständen der Wassergehalt der Treib- und Sprengmittel überprüft werden.

Applikation	Bestimmung des Wassergehaltes in Sprengstoffen
Technik	Volumetrische und coulometrische Karl Fischer Titration (KF) oder mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)

Dokumentation	AN-K-009 «Wasser in explosiven Pellets» AN-K-013 «Wasser in organischen Peroxiden» AN-K-064 «Bestimmung von Wasser in Dimethylether (DME)» AN-NIR-064 «Qualitätskontrolle von Ammoniumnitrat – Schnelle und zerstörungsfreie Feuchtigkeitsbestimmung»
---------------	--

7.1.2 Bestimmung von Natriumhydrogencarbonat in Feuerlöschpulver

Carbonat ist die wichtigste Verunreinigung im Feuerlöschpulver auf Natriumhydrogencarbonat-Basis. Für den Test ist daher eine selektive Methode erforderlich. Eine Trennung der beiden Spezies Carbonat – Hydrogencarbonat durch Ionenchromatographie ist nicht möglich, da der Eluent das Verhältnis von Carbonat und Hydrogencarbonat verändert und das Ergebnis verfälscht. Aufgrund ihrer unterschiedlichen pKa-Werte können Carbonat und Hydrogencarbonat selektiv durch Titration bestimmt werden

Applikation	Bestimmung von Natriumhydrogencarbonat in Feuerlöschpulvern
Technik	Potentiometrische Titration mit der Nitrode
Dokumentation	AN-T-210 «Analyse von Kaliumcarbonat und Kaliumhydrogencarbonat – zuverlässige und selektive Bestimmung beider Stoffe»

7.1.3 Wassergehalt in Nitroverbindungen und Spezialchemikalien

Nitroverbindungen und Spezialchemikalien müssen eine Reihe von Qualitätsanforderungen erfüllen. Einer dieser Qualitätsparameter, der in fast allen Analysezertifikaten und Spezifikationen auftaucht, ist der Feuchtigkeitsgehalt. Alternativ zur Karl Fischer Titration kann zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) eingesetzt werden. Bei diesem Verfahren können Proben ohne Vorbereitung und ohne Chemikalieneinsatz analysiert werden.

Applikation	Bestimmung des Wassergehaltes in Nitroverbindungen
Technik	Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)
Dokumentation	AN-NIR-064 «Qualitätskontrolle von Ammoniumnitrat – Schnelle und zerstörungsfreie Feuchtigkeitsbestimmung»

7.1.4 Wassergehalt in Ammoniumnitrat

Applikation	Bestimmung des Wassergehaltes in Ammoniumnitrat
Technik	Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)
Dokumentation	AN-NIR-064 «Qualitätskontrolle von Ammoniumnitrat – Schnelle und zerstörungsfreie Feuchtigkeitsbestimmung»

7.1.5 Bestimmung von Pikrin- und Stifninsäure

Applikation	Quantifizierung von Pikrin- und Stifninsäure
Technik	Bestimmung mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)

7.1.6 Bestimmung von Tetrazen in Zündgemischen

Anwendung	Qualitätskontrolle von Sprengstoffen
Applikation	Quantifizierung von Tetrazen in Zündgemischen
Technik	Bestimmung mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)

7.1.7 Bestimmung von Uran in Lösung, in Uranhexafluorid und in Feststoffen

Die Uranbestimmung nach ASTM C1267 kann für verschiedenste Produkte wie z. B. Uranhexafluorid oder Uranerzkonzentrat sowie auch Brennstoffe und Schrott verwendet werden. Mit dieser Methode werden 20 bis 200 mg Uran bestimmt, nachdem das Material aufgelöst wurde. Die Analyse ist tolerant gegenüber den meisten metallischen Verunreinigungen, die üblicherweise in Produkten und Brennstoffen enthalten sind, und erfordert keine spezielle Ausrüstung.

Diese Methode ist auch wichtig in Bezug auf die Qualitätskontrolle in «Nuclear Fuels».

Applikation	Quantifizierung von Uran
Technik	Potentiometrische Titration mit der kombinierten Pt-Ringelektrode
Dokumentation	AB-223 «Vollautomatische Bestimmung von Uran»
Normen	ASTM C1267 ISO 7097-1

7.2 Bestimmung individueller Sprengstoffe

Die Bestimmung von Sprengstoffen ist zum Beispiel in der Kampfmittelräumung von zentraler Bedeutung. Die Analyse unbekannter Substanzen unmittelbar am Fundort gibt ein wichtiges Indiz dafür, ob diese gefährlich oder ungefährlich sind. Auch im Bereich der Forensik liefert der Nachweis von Sprengstoffen unmittelbare Hinweise auf deren Provenienz.

Metrohm Raman Spektrometer, wie z.B. das MIRA DS XTR, sind speziell für die Sprengstoffanalytik konzipiert. Sie arbeiten standardmässig mit niedriger Energie (< 50 mW) und verwenden das patentierte «Orbital Raster Scan-Verfahren», das die eingestrahlte

Laserenergie pro Fläche deutlich reduziert. Die Messung kann mit zeitlicher Verzögerung oder aber auch ferngesteuert erfolgen. Aufgrund ihrer Fernsteuerbarkeit und des geringen Gewichts sind die Metrohm Raman Spektrometer speziell für den Einsatz auf Robotern und mit Drohnen geeignet.



Sprengstoffsuche in rauem Terrain: Das MIRA XTR DS im Einsatz mit dem Quadruped von ANYbotics

Applikation	Qualitative Bestimmung von Sprengstoffen
Technik	Raman Spektroskopie mit dem MIRA DS XTR @ 785 nm
Dokumentation	Whitepaper WP-027 «Smart Acquire – Automatisierte Materialidentifikation mittels Raman-Spektroskopie für Fachkräfte im Bereich Sicherheit und Verteidigung» Whitepaper WP-072 «Fluoreszenzfreie Materialidentifizierung mit dem MIRA XTR DS bei 785 nm»
Normen	Gerät erfüllt MIL-STD 810G
Applikation	Forensische Untersuchungsanalyse von Sprengstoffen
Technik	Ionenchromatographie für Anionen mit chemischer Suppression und Leitfähigkeitsdetektion
Dokumentation	AN-S-305 «Forensische Untersuchungsanalyse – Bestimmung niedriger Konzentrationen von Chlorat, Thiosulfat, Thiocyanat und Perchlorat neben wichtigen Anionen in Sprengstoffen und Explosionsrückständen»

Bitte kontaktieren Sie Ihre lokale Metrohm-Vertretung für die Liste der bestimmmbaren Sprengstoffe.

7.3 Bestimmung von chemischen Kampfstoffen und deren Ausgangsstoffen

Nach den Anschlägen vom 11. September 2001 in New York und den Angriffen mit biologischen (Anthrax) und chemischen Waffen (Novitschok) hat die Entwicklung analytischer Methoden für die Bestimmung von chemischen und biologischen Kampfstoffen sehr grosse Fortschritte gemacht. Der Raman Spektroskopie fällt dabei eine zentrale Rolle zu, da sehr viele Substanzen schnell und zuverlässig bestimmt werden können, ohne dass der Benutzer mit diesen in unmittelbaren Kontakt treten muss. Die Raman Spektrometer von Metrohm – namentlich das MIRA XTR DS – sind klein, handlich, hoch-performant und können bis zu 20'000 Substanzen sicher und

zuverlässig bestimmen. Auch fluoreszierende Proben stellen heute kein Problem mehr dar, so dass mit einer geringen Wellenlänge von nur 785 nm gemessen werden kann.

Anwendung	Bestimmung von chemischen Kampfstoffen und deren Ausgangssubstanzen
Applikation	Bestimmung chemischer Kampfstoffe
Dokumentation	Whitepaper WP-72 «Fluoreszenzfreie Materialidentifizierung mit dem MIRA XTR DS bei 785 nm»
Normen	Gerät erfüllt MIL-STD 810G



Das MIRA XTR DS ermöglicht es, Chemikalien und Gefahrstoffe berührungslos und aus sicherer Entfernung zu qualifizieren

Bitte kontaktieren Sie Ihre lokale Metrohm-Vertretung für die Liste der bestimmmbaren Kampfstoffe und deren Ausgangsstoffe.



Präzise Analytik sichert Qualität in der Produktion und Sicherheit in der Anwendung

8. Qualitätskontrolle von Pharmazeutika

Aufgrund jahrelanger Erfahrung in der Anwendungsentwicklung für die pharmazeutische Analytik ist Metrohm ein kompetenter Partner für Industrie, Behörden und Sanitätsdienste.

Die Expertise von Metrohm umfasst Hunderte von Anwendungen, mit denen Wirkstoffe und ihre Konzentration bestimmt, Verunreinigungen gemessen und der auch Fälschungen identifiziert werden können (Counterfeit Detection). Die Methoden, nach denen diese Anwendungen durchgeführt werden, sind häufig genormt (USP, EN, ISO) und reichen von der pH-Messung über die Titration und Ionenchromatographie bis hin zu spektroskopischen Methoden für Echtzeitanalysen direkt im Feld.

Bezüglich der Qualität und Sicherheit von Arzneimitteln stellen Behörden weltweit sehr hohe Anforderungen an die Pharmaindustrie. Diese sind in Form amtlicher Sammlungen anerkannter pharmazeutischer Regeln in Arzneibüchern dokumentiert. Als rechtliche Mittel des Verbraucherschutzes gewährleisten sie die sichere Anwendung der Arzneimittel.

Erst die im Rahmen der Arzneimittelprüfung eingesetzten Mess- und Prüfverfahren identifizieren ein Arzneimittel und entscheiden über seine Freigabe. Um diese hohen Qualitäts- und Sicherheitsstandards zu gewährleisten, sind zuverlässige Geräte und Methoden gefragt.

Anwendung	Qualitätskontrolle von Pharmazeutika
Dokumentation	Broschüre 8.000.5139 «Pharmazeutische Analytik – Qualitätskontrolle von Pharmazeutika»

