

Analytische Mess- und Vakuumlösungen für die Lithium-Ionen-Batterieindustrie

Zusammenarbeit für Ihren Erfolg



Inhaltsverzeichnis

Die Nachfrage nach sauberer Energie – Motor der Batterieindustrie	3
Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Akkus	5
Abbau und Verarbeitung von Rohstoffen	6
Herstellung von Batteriekomponenten	11
Batteriemontage	17
Recycling von Batterien	20
Forschung und Entwicklung für Batterien	22
Services zur Unterstützung von Einrichtung und Betrieb	23
Produkte von Agilent für die Lithiumbatterieindustrie	27
Nachhaltigkeit und Umweltschutz	28



Die Nachfrage nach sauberer Energie – Motor der Batterieindustrie

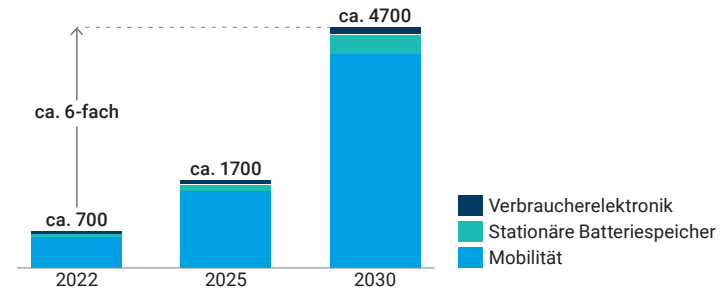


Eine schnell wachsende Industrie braucht einen flexiblen Analytik-Partner mit einer breiten Palette an Produkten und Services an ihrer Seite

Das außergewöhnlich schnelle Wachstum des Marktes für Lithium-Ionen-Akkus (lithium-ion battery, LIB) ist unter anderem auf die wachsende Nachfrage nach Elektrofahrzeugen (EVs) und Speicherlösungen für erneuerbare Energien zurückzuführen. Dieses Wachstum hat auch zu einem sprunghaften Anstieg der Nachfrage nach analytischen Services geführt, um die Qualität von Batterieprodukten zu gewährleisten, die Umwelt- und Arbeitssicherheitsauflagen zu erfüllen und die Kreislaufnutzung der Batteriematerialien zu ermöglichen. Wenn Ausgangsmaterialien, Produkte oder Formulierungen nicht korrekt charakterisiert werden, kann dies zu kostspieligen Verzögerungen, Produktionsunterbrechungen und intensiven Ursachenforschungen führen.

Agilent arbeitet mit Unternehmen zusammen, die den Übergang zu erneuerbaren Energien vorantreiben. Von Analysegeräten bis zu Vakuumpumpen, von Schulungen über die Methodenentwicklung und technische Beratung bis hin zu Einkaufsfinanzierung, Laboraudits und Anlagenmanagement: Wir können jedem Unternehmen helfen, von Start-ups, die Finanzierung und Unterstützung bei der Methodenentwicklung benötigen, bis hin zu großen Batterieherstellern, die ihre Geräte kontinuierlich verfügbar halten müssen, um ihre Produktionsziele zu erreichen.

Globale Nachfrage nach Lithium-Ionen-Akkus, GWh, nach Sektor



Elektrofahrzeuge treiben das Wachstum der Lithium-Ionen-Batterieindustrie weiter voran.

Quelle: [McKinsey & Company](#)

Größe des globalen Marktes für Lithium-Ionen-Akkus (in Mrd. \$)



Der Lithium-Ionen-Akku-Markt wird bis 2025 auf fast 100 Milliarden Dollar anwachsen.



Analytische Geräte

Mit genauen und zuverlässigen Geräten für die Chromatographie, Massenspektrometrie und Spektroskopie, die in der gesamten Lieferkette der Batterieindustrie zum Einsatz kommen, können Sie Ihre Anforderungen an analytische Tests zuverlässig erfüllen.

[Weitere Informationen](#)



Vakuum- und Leckagedetektionsausrüstung

Mit unseren Vakuum- und Leckagedetektionsprodukten stellen Sie in Ihrem Betrieb hohe Standards für Qualität und Effizienz sicher. Dazu gehören integrierte Lösungen, die auf Ihre Anforderungen an Design, Produktion, Montage und Prüfung zugeschnitten sind.

[Weitere Informationen](#)



Laborzubehör

Dank der großen Auswahl, die Agilent an Ersatzteilen und Verbrauchsmaterialien, chemischen Standards, zertifizierten Referenzmaterialien und Zubehör für die Probenvorbereitung bietet, haben Sie die Gewissheit, dass Sie stets genaue Analyseergebnisse erhalten und dass Ihre Geräte optimale Leistung liefern.

[Weitere Informationen](#)



Analytische Methodenentwicklung und Applikationsberatung

Verbessern Sie die Wirtschaftlichkeit Ihrer Tests, indem Sie Ihre Methoden, Geräte und Protokolle optimieren.

[Methodenberatungsservices](#)



Schulungen und Support für Analytiker

Verbessern Sie Ihren Laborbetrieb und minimieren Sie Ausfallzeiten mit Kursen zu Fehlersuche, Wartung, Probenvorbereitung und Softwarebedienung. Eine aktive Online-Community gibt darüber hinaus Antworten auf Probleme von Analytikern.

[Agilent University](#)

[Agilent Community](#)



Produktservice und -wartung

Verringern Sie Ausfallzeiten, erzeugen Sie genaue, zuverlässige Daten und erfüllen Sie die branchenspezifischen Richtlinien mithilfe unserer flexiblen Service- und Wartungspläne.

[Geräteservices](#)

[Asset Performance Management](#)

[CrossLab Connect](#)



Gebrauchtgeräte, Rückkauf von Geräten

Zertifizierte Gebrauchtgeräte bieten eine hohe Leistung und Zuverlässigkeit zu einem erschwinglichen Preis. Unser Programm für Inzahlungnahme und Rückkauf verwandelt Laborbestände in Einnahmen. Produkte am Ende der Lebensdauer werden sicher entsorgt.

[Zertifizierte Gebrauchtgeräte](#)

[Rückkauf von Geräten](#)



Softwarelösungen

Von Datenmanagementsystemen zur sicheren, zentralen Verwaltung Ihrer analytischen Daten bis hin zu Anlagenmanagement-Systemen, die sicherstellen, dass Sie das Optimum aus Ihrer Investition herausholen.

[Weitere Informationen](#)

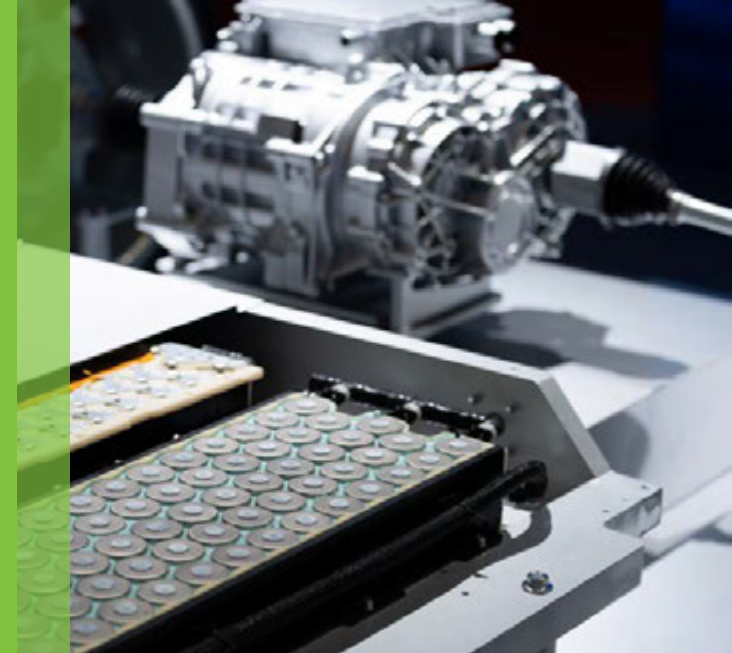


Finanzierungsservices

Agilent bietet flexible Finanzierungspläne für Ihre Investition, Servicepläne für die Wartung Ihrer Geräte und gebündelte Services, Verbrauchsmaterialien und Support mit einer einzigen, vorhersehbaren monatlichen Zahlung.

[Weitere Informationen](#)

Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Akkus



Zu Beginn des Lebenszyklus einer Batterie steht die Suche nach einem Vorkommen an hochwertigen Rohstoffen sowie maximale Ausbeute und Reinheit des extrahierten Materials. Zugleich muss die Umwelt- und Arbeitssicherheit gewährleistet werden.

Die schnell wachsende Industrie des Batterierecyclings ist Teil der Kreislaufwirtschaft. Ziel ist es, den Energiebedarf und die CO₂-Emissionen zu reduzieren und der Rohstoffknappheit entgegenzuwirken.



Mit der Herstellung von hochleistungsfähigen Kathoden, Elektrolyten, Anoden und Separatoren werden leistungsstarke Batterien sicherer.

Bei der Batterieherstellung sind der Zusammenbau der Batteriezellen, die Elektrolytbefüllung und Elektrodenentgasung, die Prüfung der Anode, Kathode und der zusammengebauten Batterie sowie Leckagetests des Batteriegehäuses von entscheidender Bedeutung, um eine hohe Leistung, Lebensdauer und Sicherheit der Batterien sicherzustellen.

Abbau und Verarbeitung von Rohstoffen



Exploration und Gewinnung

Zu den Techniken für die Exploration von Mineralvorkommen, die für die Produktion von Lithium-Ionen-Akkus eingesetzt werden, gehören die Spektroskopie aus der Luft und die Entnahme von Bodenproben und Kernbohrungen. Während bei einer ersten Exploration Remote- oder Basisgeräte vor Ort eingesetzt werden können, erfordert eine umfassendere Analyse umfangreiche Probennahmen und Labortests.

Lithium kann aus Gestein aus Lithium-Aluminosilikat (Spodumen) gewonnen werden. Oder das Lithium wird aus Sole gewonnen, also salzhaltigem, mineralreichem Wasser in einem unterirdischen Reservoir. Hierfür wird das Wasser zur Verarbeitung an die Oberfläche gepumpt. Für die LIB-Produktion sind außerdem Mineralien wie Nickel, Kobalt, Mangan, Kupfer, Aluminium, Eisen, Phosphat und Graphit wichtig. Analytische Methoden wie FTIR, Flammen-AAS, MP-AES, ICP-OES und ICP-MS sind entscheidend für eine zeitnahe Gewinnung genauer Daten, die Geologen und Ingenieuren bei der Entscheidungsfindung helfen.

Bergbaumgebungen sind anspruchsvoll und erfordern robuste, benutzerfreundliche Geräte. Im modernen Bergbau müssen zudem sichere, umweltfreundliche Praktiken Anwendung finden. Regelmäßige Kontrollen und Analysen sind für die Sicherheit der Mitarbeitenden und die Optimierung der Produktion unerlässlich, wobei für die Analyse der verschiedenen Materialien unterschiedliche Geräte benötigt werden. Der Bergbau produziert zudem große Mengen Abfall. Diese gilt es einer sorgfältigen Analyse zu unterziehen, um die Zusammensetzung, den potenziellen künftigen Wert und die Auswirkungen auf die Umwelt zu verstehen.

Für einen effektiven und effizienten Abbau von Mineralien sind robuste, genaue Analysewerkzeuge vonnöten, die für Sicherheit, optimale Erträge und minimalen Abfall sorgen.

Powering the future:

A buyer's guide to elemental analysis instrumentation for unearthing battery minerals

[Leitfaden herunterladen](#)



Bedarf an analytischen Tests

Unternehmen, die im Bereich Exploration und Förderung von Mineralien für die Batterieproduktion tätig sind, haben typischerweise Bedarf an den folgenden analytischen Tests, entweder vor Ort im Bergwerk oder in einem kommerziellen Labor.

Lebenszyklusphase der Mine	Bedarf an analytischen Tests	Erforderliche Geräte	Beispielanwendungen
Mineralienexploration	Nachdem mithilfe geophysikalischer Methoden ein Mineralvorkommen identifiziert wurde, werden Tests an dem Oberflächen- und Untergrundgestein durchgeführt oder Soleproben entnommen, um die vorhandenen Elemente zu bestätigen und zu charakterisieren	Röntgenfluoreszenz (XRF) FTIR, ICP-OES, ICP-MS, AAS	Quantification of Key Elements in Lithium Brines by ICP-OES Ultra-fast determination of base metals in geochemical samples using ICP-OES At Site Rock and Mineral Measurement Using a Handheld Agilent FTIR Analyzer Assay of alkali metals in Pegmatite and Spodumene Ores
Bestimmung der Größe und Qualität von Mineralvorkommen	Anhand von Mineral-Assays prüfen, ob der Abbau des Mineralvorkommens wirtschaftlich und umweltverträglich ist	Röntgenfluoreszenz (XRF) ICP-OES, ICP-MS, AAS, Ionenchromatographie	Analysis of Lithium Content in Pegmatite Ores using AAS Determination of metals in base metal ores using Agilent MP-AES Assay of Alkali Metals in Pegmatite and Spodumene Ores by ICP-OES
Extrahierbarkeit von Mineralien	Metallurgische Tests zur Feststellung, wie einfach das Mineral aus dem Erz gewonnen und verarbeitet werden kann, und zur Bewertung verschiedener Extraktionsmethoden	Röntgenbeugung (XRD), ICP-OES, ICP-MS, AAS, FTIR	Elucidating Rock and Mineral Composition with Handheld Agilent FTIR Analyzers The Measurement of Moisture Content in Mineral Ore Samples (PDF)
Umweltverträglichkeitsprüfungen	Untersuchung der möglichen Auswirkungen auf die Luft-, Wasser- und Bodenqualität sowie auf die Artenvielfalt vor Ort	ICP-MS, ICP-OES, FAAS, Gaschromatographie/ Massenspektrometrie (GC/ MS) und verschiedene mikrobiologische Tests	Analysis of Environmental Waters by ICP-OES per Standard Method Analysis of Soils, Sediments, and Sludges by ICP-OES per US EPA 6010D
Umweltschutz, Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit in Minen und Raffinerien	Überwachung des Ertrags und Optimierung der Nutzung von Betriebsmitteln Überwachung von Gasen und Staub zur Gewährleistung der Arbeitssicherheit Überwachung der Abfallströme, um die Einhaltung der Umweltauflagen zu gewährleisten und Möglichkeiten für den weiteren Abbau zu ermitteln	GC, LC, UV-Vis, FTIR, FAAS, MP-AES, ICP-OES und ICP-MS	Mine gas analysis using micro GC Multi-Element Analysis of Air-Filters using ICP-OES

Verarbeitung von Mineralien

Das Raffinieren von Mineralien erhöht ihre Reinheit und wandelt sie in eine nutzbare chemische Form um. Die Ausgangschemikalien werden während der Verarbeitung mittels chemischer Analysen überwacht, um sicherzustellen, dass sie den Prozess nicht verunreinigen. Auch Zwischenprodukte werden überwacht, um Reinheit und Ausbeute des Prozesses zu gewährleisten. Des Weiteren werden durch chemische Analysen Qualität und Ausbeute des Endprodukts sichergestellt. Aufgrund der Komplexität der Matrix von Metallkonzentraten und Zwischenprodukten sind für die Bedienung der analytischen Geräte fundierte, langjährige Erfahrungen in der Laborchemie oder Spektroskopie erforderlich.

Das aus Spodumen (Lithium-Aluminium-Silikat) gewonnene Lithium wird zu den Lithiumsalzen Lithiumcarbonat und Lithiumhydroxid raffiniert. Die Verarbeitung beginnt in der Regel mit dem Rösten, gefolgt von der Säurelaugung und der Umwandlung in Lithiumcarbonat unter Verwendung von Natriumcarbonat. Anschließend wird das Lithiumsalz erhitzt, gefiltert und getrocknet.

Aus Sole gewonnenes Lithium wird in Verdunstungsteichen konzentriert, um anschließend unerwünschtes Bor und Magnesium zu entfernen. Durch die anschließende Behandlung mit Natriumcarbonat wird das Lithiumcarbonat ausgefällt. Filtern, Waschen und Trocknen sind hier ebenfalls erforderlich.

In der Regel kommt in Lithiumaufbereitungsanlagen ICP-OES zum Einsatz, um den Elementgehalt in den Proben zu bestimmen. Auch FTIR und UV-Vis können für diese Messungen verwendet werden. Batteriehersteller verlangen nach immer reineren Materialien, weshalb Methoden wie ICP-MS mit höherer Empfindlichkeit benötigt werden.

Bedarf an analytischen Tests

Unternehmen, die Batteriemineralien verarbeiten, benötigen in der Regel die folgenden analytischen Testmöglichkeiten.

Phase der Verarbeitung der Mineralien	Bedarf an analytischen Tests	Erforderliche Geräte	Beispielanwendungen
Raffinierung	Identifizierung und Quantifizierung vorhandener Verunreinigungen	ICP-OES oder ICP-MS, FTIR	Determination of Elemental Impurities in Copper Sulfate using ICP-OES
Endprodukt	Prüfung der Reinheit des Endprodukts	ICP-OES oder ICP-MS	Determination of Elemental Impurities in Lithium Carbonate Using ICP-OES Quantifying trace-levels of 64 elements in Lithium Ion Battery raw materials using ICP-MS/MS Determination of Elemental Impurities in Lithium Hydroxide Using ICP-OES

Batteriepass der Global Battery Alliance

Die Global Battery Alliance hat einen sogenannten Batteriepass eingeführt, um mehr Transparenz über die Nachhaltigkeit und zirkuläre Wertschöpfungskette zu schaffen. Der Pass gibt Auskunft zur Herkunft, chemischen Zusammensetzung und Leistung der Batterien. Auch werden Nachhaltigkeitsdaten unter anderem zur CO₂-Emission bei der Produktion, zum Recycling und zur Ressourceneffizienz berichtet. Artikel 65 der Batterieverordnung der Europäischen Union verlangt einen solchen Batteriepass, der Informationen zum Batteriemodell und zur Batterie an sich enthält.

Die chinesische Regierung ist aktuell ebenfalls dabei, einen digitalen Batteriepass einzuführen, um den Handel mit der EU zu erleichtern. Dieser Pass verlangt von der chinesischen Batterieindustrie ähnliche Anforderungen an die Datentransparenz.

Alle Unternehmen, die in die Wertschöpfungskette von Batterien eingebunden sind, müssen diese Berichtspflichten verstehen und einhalten.

Verarbeitung von organischen Rohstoffen

Organische Polymere und Lösemittel kommen in der gesamten Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Akkus zum Einsatz. Materialien, die bei der Raffination und anschließenden Verarbeitung von Rohöl entstehen, sind:

- Ethylen- und Propylen-Polymere,
- Spezialpolymere wie dotiertes Polyacetylen-Polythiophen, beschichtetes behandeltes Polyester (PET) und Polyvinylidendifluorid (PVDF), und
- verschiedene organische Carbonat-Lösemittel mit sowie Spezialadditive.

Mit analytischen Geräten werden die Qualität der Ausgangsmaterialien, die Prozessströme und Endprodukte identifiziert, charakterisiert und bewertet. Diese Tests erfolgen in der Regel nach anerkannten Normen (z. B. ASTM und ISO).

Gaschromatographie- und Gaschromatographie/Massenspektrometrie-Analyser liefern schnell detaillierte Daten zur Speziation komplexer Kohlenwasserstoffströme. Diese Informationen helfen, den Wert des Beschickungsguts sowie die Reinheit und Qualität der im Prozess eingesetzten Lösemittel, Polymere und Spezialchemikalien genau zu berechnen.

Elementspektroskopietechniken wie MP-AES, ICP-OES und ICP-MS werden in den verschiedenen Phasen der petrochemischen Verarbeitung zur Quantifizierung von anorganischen Verunreinigungen verwendet.

Molekülspektroskopie-Geräte wie UV-Vis- und FTIR-Spektrometer können während des gesamten chemischen Prozesses quantitative Erkenntnisse liefern. Mittels UV-Vis kann die Qualität der organischen Lösemittel bestätigt werden. Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie ermöglicht es, die Identität von organischen Lösemitteln und Polymeren zu bestätigen, Studien zur Degradation durchzuführen und den Polymergehalt, Additive und Verunreinigungen zu quantifizieren.



Bedarf an analytischen Tests

Unternehmen, die organische Batteriematerialien verarbeiten, benötigen in der Regel die folgenden analytischen Testmöglichkeiten.

Bedarf an analytischen Tests	Erforderliche Geräte	Beispielanwendungen
Bewertung von Rohöl vor der Verarbeitung	MP-AES, ICP-OES	High-Throughput Multi-Elemental Analysis of Crude Oil Direct multi-elemental analysis of crude oils using the Agilent 4200/4210 Microwave Plasma-Atomic Emission Spectrometer (PDF)
Überwachung von Verunreinigungen während der Produktionsprozesse	GC, GC/MS	Trace Analysis of Ammonia in Ethylene by Gas Chromatography and Nitrogen Chemiluminescence Detection Simultaneous Analysis of Trace Oxygenates and Hydrocarbons in Ethylene Feedstocks Using Agilent 7890A GC Capillary Flow Technology Analysis of Arsine and Phosphine in Ethylene and Propylene Using the Agilent Arsine Phosphine GC/MS Analyzer with a High Efficiency Source Trace analysis of permanent gases in ethylene and propylene hydrocarbon products
	MP-AES, ICP-OES, ICP-MS	Determination of iron, nickel, and vanadium in crude oil residues diluted in o-xylene using MP-AES
Identifizierung und Charakterisierung von Kunststoffmaterialien	FTIR	Material Identification of Plastics Throughout Their Life Cycle by FTIR Spectroscopy Polymeranalytik mit Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie (FTIR) Identification of Solvents Used in Lithium-Ion Batteries by FTIR

Analyser-Lösungen für die Energie- und Chemieindustrie

Dieser Leitfaden gibt einen Überblick über das Analyser-Portfolio von Agilent für die Energie- und Chemieindustrie. Hier finden Sie die für Sie geeignete Workflow-Lösung.

[Leitfaden herunterladen](#)

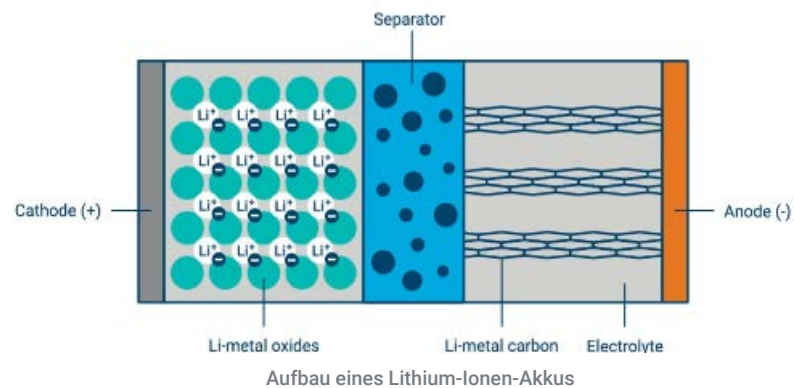


Herstellung von Batteriekomponenten



Jede Komponente eines Lithium-Ionen-Akkus trägt zur Leistung und Lebensdauer des Akkus bei. Eine falsche Zusammensetzung oder Herstellung kann zum frühzeitigen Versagen des Akkus führen.

Ein Lithium-Ionen-Akku besteht aus vier Hauptkomponenten: Kathode, Anode, Elektrolyt und Separator.



Ein praktischer Leitfaden zur Elementanalytik von Materialien für Lithium-Ionen-Akkus mittels ICP-OES

[Leitfaden herunterladen](#)



Kathode

Die Kathode ist für die Leistung der Batterie von besonderer Bedeutung. Die Zusammensetzung des aktiven Vorläufer-Kathodenmaterials (pCAM) und die mechanische Bauweise der Kathode können sich auf die Leistungsspezifikationen auswirken, einschließlich Energiedichte, Sicherheit und Langlebigkeit. Zu den gängigen Kathodenmaterialien gehören: Lithiumeisenphosphat (LFP), Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Oxid (NMC), Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminiumoxid (NCA) und Lithium-Kobalt-Oxid (LCO).

Die Kathode wird durch Auftragen einer pCAM-Aufschlämmung auf das Kathodensubstrat (in der Regel Aluminiumfolie) hergestellt. Die Aufschlämmung wird aus pulverisiertem pCAM, mit Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR) oder Polyvinylidenfluorid (PVDF) als Bindemittel und leitfähigem Pulver (Graphit) in n-Methylpyrrolidon (NMP) als Lösemittel hergestellt.

Die pCAM-Aufschlämmung wird häufig unter Vakuum dispergiert, um Gaseinschlüsse zu vermeiden. Nach Auftragen der Aufschlämmung auf die Kathode sind chemische Tests in situ nicht mehr möglich. Alle Tests auf Verunreinigungen müssen daher vor dem Auftrag auf die Kathode erfolgen. Anschließend wird die Folie erhitzt und getrocknet, um das NMP-Lösemittel vor dem Kalandrieren zu entfernen. Das durch die Hitze entfernte NMP-Lösemittel kann zurückgewonnen und wiederverwendet werden. Um sicherzustellen, dass es keine Verunreinigungen einschleppt, sind jedoch Tests notwendig.

Die Kathode ist nun bereit für den Zuschnitt. Bevor die Kathode in die Batteriezelle eingesetzt werden kann, wird sie unter Vakuum erhitzt, um jegliche Restfeuchte zu entfernen. Anschließend wird sie unter Vakuum trocken verpackt.

Tests auf Verunreinigungen

Metallverunreinigungen in der Kathode wirken sich nachteilig auf die Leistung, Langlebigkeit und Sicherheit der Batterie aus. Analytische Tests der eingesetzten Chemikalien, des Bindemittels, leitenden Pulvers und Aufschlämmungslösemittels sowie der pCAM-Endprodukte gewährleisten vor dem Auftrag auf die Kathode Qualität und Reinheit. Die Bestimmung von Spurenverunreinigungen in konzentrierten Metallsalzlösungen kann schwierig sein und erfordert analytisches Fachwissen und hochentwickelte Geräte.

Test- und Verarbeitungsbedarf

Unternehmen, die Batteriekathoden herstellen, benötigen in der Regel die folgenden analytischen Testmöglichkeiten.

Test- und Verarbeitungsbedarf	Erforderliche Ausrüstung	Beispielanwendungen
Bestätigung der Identität und Reinheit der eingesetzten Chemikalien	ICP-OES ICP-MS FTIR	Determination of Trace Metal Impurities in High Purity Aluminum Nitrate using ICP-OES Elemental Analysis of Intermediate Feedstock Chemicals for Li-Ion Batteries (LIBs) by ICP-OES Quick and Easy Material Identification of Salts Used in Lithium-Ion Batteries by FTIR
Überwachung von Verunreinigungen während der Produktionsprozesse	ICP-OES ICP-MS FTIR	Analysis of Elemental Impurities in Lithium Iron Phosphate Cathode Materials for LIBs by ICP-OES ICP-MS Analysis of Trace Elements in LIB Cathode Materials
Mischen des Grundmaterials	Drehschieberpumpen und Wälzkolbenpumpen	Agilent Vakuum- und Leckagedetektionslösungen für die Elektromobilität
Beschichtung von Stromabnehmern	Diffusionspumpen	
Vakuumtrocknung von laminierten Lithium-Ionen-Elektroden	Ölfreie Scrollpumpen	Agilent Vakuum- und Leckagedetektionslösungen für die Elektromobilität

Beschleunigen Sie die Erstellung Ihrer Verfahrensbeschreibungen

Agilent verfügt über eine vollständig entwickelte Standardarbeitsanweisung (Standard Operating Procedure, SOP) für die Analyse von Verunreinigungen in einer LFP-Kathode (gemäß der Methode GB/T 30835-2014). Die kostenlose SOP ist im Word-Format verfügbar und kann in die Vorlage Ihres Unternehmens kopiert werden.

Ein [Beispiel der SOP](#) ist online verfügbar.



Anode

Die Anoden von Lithium-Ionen-Akkus haben eine relativ einfache Chemie und Konstruktion und basieren auf einer mit Graphit beschichteten Kupferfolie. Kontinuierlich wird an der Verbesserung der Energieeffizienz und Reduzierung von Gewicht und Kosten der Batterien geforscht. Eine hybride Graphit-Silizium-Beschichtung bietet zum Beispiel eine höhere Energiedichte, während kupferbeschichtete Metalle oder kupferbeschichtete Polymere als Anodensubstrat kostengünstiger und leichter sind.

Natürlicher oder synthetischer Graphit (NG oder SG) sind traditionell die Hauptkomponente des aktiven Anodenmaterials (AAM). Die Partikelgröße und Reinheit des Graphits sind dabei wichtige Spezifikationen. NG wird abgebaut und danach gemahlen, um die richtige Partikelgröße zu erhalten. SG wird aus Koks hergestellt, wobei hohe Temperaturen verwendet werden, was den Prozess energieintensiv mit hohen CO₂-Emissionen macht. Allerdings kann SG auch in einem kontrollierten Prozess hergestellt werden, der für eine höhere Reinheit sorgt, wie sie von Batterieherstellern bevorzugt wird.

Für die Herstellung einer Anode wird eine Aufschlammung von Graphit, einem leitfähigen Material wie Graphen, Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR) oder Polyvinylidenfluorid (PVDF) als Bindemittel und einem Dispergiermittel wie Natriumhydroxymethylcellulose (CMC) benötigt. Die Aufschlammung wird dann auf den Stromabnehmer (in der Regel Kupferfolie) aufgetragen. Mittels Vakuumtrocknung mit kohlenwasserstofffreien Vakuumpumpen wird Wasser entfernt. Das Ergebnis ist eine beschichtete Kupferfolie, die anschließend zugeschnitten wird. Der Schritt der Vakuumtrocknung ist essentiell, um Verunreinigungen, Restgaseinschlüsse und Ölrückstände zu beseitigen, die anderenfalls die elektrische Leistung der Batteriezelle beeinträchtigen könnten.

Tests auf Verunreinigungen

Um die Produktqualität aufrechtzuerhalten, müssen die Ausgangsmaterialien vor der Herstellung der Anode auf Verunreinigungen getestet werden. Zu den Ausgangsmaterialien gehören CuSO₄ für die galvanische Abscheidung zur Herstellung des Anodensubstrats sowie Graphit, PVDF, SBR und Wasser zur Beschichtung der Kupferanode.

Test- und Verarbeitungsbedarf

Unternehmen, die Batterieanoden herstellen, benötigen in der Regel die folgenden analytischen Testmöglichkeiten.

Test-/ Verarbeitungsbedarf	Erforderliche Geräte	Beispielanwendungen
Bestätigung der Identität und Reinheit der eingesetzten Chemikalien	ICP-OES ICP-MS	Determination of Elemental impurities in Si-C anode materials via ICP-OES Determination of Elemental Impurities in Copper Sulfate using ICP-OES
Quantifizierung und Identifizierung von Verunreinigungen in einer Anode	ICP-OES ICP-MS	Determination of Elemental Impurities in Graphite-based Anodes using ICP-OES Elemental impurity analysis of Lithium Ion Battery anodes using Agilent ICP-MS Determination of Elemental Impurities in Copper Sulfate using ICP-OES
Mischen des Grundmaterials	Drehschieberpumpen und Wälzkolbenpumpen	Agilent Vakuum- und Leckagedetektionslösungen für die Elektromobilität
Beschichtung von Stromabnehmern	Diffusionspumpen	
Vakuumtrocknung von laminierten Lithium-Ionen-Elektroden	Ölfreie Scrollpumpen	

Beschleunigen Sie die Erstellung Ihrer Verfahrensbeschreibungen

Agilent verfügt über eine vollständig entwickelte Standardarbeitsanweisung (Standard Operating Procedure, SOP) für die Analyse von Verunreinigungen in Graphit- und Silizium-Graphit-Anodenmaterialien (gemäß der Methode GB/T 24533-2019). Die kostenlose SOP ist im Word-Format verfügbar und kann in die Vorlage Ihres Unternehmens kopiert werden.

Ein [Beispiel der SOP](#) ist online verfügbar.



Die Verwendung von Vakuum bei der Herstellung von Kathoden und Anoden

Vakuumtechniken spielen in drei kritischen Phasen der Herstellung von Elektroden für Lithiumbatterien eine zentrale Rolle: beim Mischen des Grundmaterials, beim Beschichten und schließlich bei der Vakuumtrocknung.

Das Mischen des Grundmaterials erfolgt unter Vakuum. Die aktiven Materialien, Bindemittel und leitfähige Stoffe werden unter Vakuumbedingungen gemischt, was die erforderliche Einheitlichkeit, Viskosität und Reinheit gewährleistet. Durch das Vakuum können Luftblasen beseitigt, die Materialreinheit verbessert und die elektrische Gesamtleistung der Elektrode erhöht werden.

In der Beschichtungsphase erfolgt der präzise Auftrag der aktiven Materialien auf die Stromabnehmer für eine optimale elektrochemische Leistung. Das Vakuum ist hierbei entscheidend, um die richtigen Prozessbedingungen zu erzielen.

Schließlich ist die Vakuumtrocknung unverzichtbar, um die Feuchtigkeit aus den laminierten Lithium-Ionen-Elektroden zu entfernen, ohne die Mikrostruktur zu beeinträchtigen. Die Vakuumbedingungen beeinflussen die Extraktionsraten der Wassermasse. Die Aufrechterhaltung des richtigen Vakuumniveaus mithilfe von ölfreien Scroll-Vakuumpumpen ist für die Qualität der Elektroden unerlässlich.



Bild verwendet mit Erlaubnis von Nordmeccanica

Agilent Vakuum- und Leckagedetektionslösungen für die Elektromobilität

[Hier](#) können Sie die Broschüre herunterladen und mehr zu unseren Produkten für die Batterieindustrie erfahren.



Der Elektrolyt

Für eine optimale Leistung und Lebensdauer der Batterie muss der Elektrolyt das richtige Gleichgewicht aus Lithiumsalz, organischen Lösemitteln sowie schützenden und leistungssteigernden Additiven aufweisen. Eine geringe Batterielebensdauer ist oft auf Probleme im Herstellungsprozess zurückzuführen, z. B. auf Verunreinigungen in den Ausgangsmaterialien oder auf falsche Anteile der Additive.

Elektrolyt-Tests

Die Bestätigung der Reinheit des Ausgangsmaterials, der Vorläufermischungen und der Elektrolytformulierungen sind wichtige Schritte der Qualitätskontrolle, insbesondere für Lithiumsalze, der (nach Gewicht) teuersten Komponente von Elektrolytaufschlämmungen. Solche Tests müssen schnell, genau und einfach durchzuführen sein und dürfen keine Verzögerungen in der Produktion verursachen. Auch Studien zur Degradation in Verbindung mit der Produktion müssen schnell durchgeführt werden können. Des Weiteren sind tiefer gehende Untersuchungen zur Produktentwicklung und -verbesserung erforderlich.

Lithiumhexafluorophosphat ist das am häufigsten verwendete Lithiumsalz für den Elektrolyten in Autobatterien. Dieses Lithiumsalz wird in einer Reihe von Lösemitteln wie organischen Carbonaten oder Organophosphaten, aufgelöst. Bei der Produktion können proprietäre Materialien verwendet werden, für die es keine Referenzstandards im Handel gibt. Auch werden neue Produkte/Formulierungen mit neuartigen Materialien getestet.

Bei organischen Lösemitteln handelt es sich in der Regel um eine Mischung aus zyklischen und linearen Alkylcarbonaten. Deren Aufgabe ist es, das Lithiumsalz effizient aufzulösen und für eine hohe Dissoziation der Ionen zu sorgen. Da das Lösemittel Hauptbestandteil (nach Gewicht) der Aufschlämmung ist, ist es wichtig, seine Reinheit zu testen und zu überwachen. Additive unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung und Funktion, z. B. filmbildende und Hoch-/Tieftemperatur-Additive, und sind der Schlüssel für eine verbesserte Leistung des Elektrolyten, auch wenn ihr Gehalt gering ist. Diese komplexen Proben erfordern zur vollständigen Analyse eine chromatographische Trennung. Auch diese Tests müssen schnell und einfach durchführbar sein.

Die Anforderungen an die Handhabung der Proben müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Um beispielsweise Lithiumsalze sicher zu testen, wird empfohlen, diese Materialien nur in einer sauerstoff- und feuchtigkeitskontrollierten Umgebung zu handhaben, z. B. in einer Handschuhbox. Geräte, die in einer Handschuhbox zum Testen der Lithiumsalze verwendet werden können, tragen zum Arbeitsschutz bei und erleichtern die Messungen.

Test- und Verarbeitungsbedarf

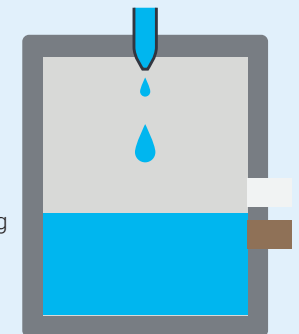
Für die Herstellung von Batterie-Elektrolyten ist Folgendes notwendig:

Test-/Verarbeitungsbedarf	Erforderliche Geräte	Beispielanwendungen
Bestätigung der Identität und Reinheit der eingesetzten Chemikalien	ICP-OES und ICP-MS FTIR GC/MS GC/FID	Quick and Easy Material Identification of Salts Used in Lithium-Ion Batteries by FTIR Quick and Easy Material Identification of Solvents Used in Lithium-Ion Batteries by FTIR
Quantifizierung und Identifizierung von Verunreinigungen im Elektrolyten während des gesamten Produktionsprozesses	ICP-OES und ICP-MS FTIR GC/MS GC/FID	Rapid Analysis of Elemental Impurities in Battery Electrolyte by ICP-OES Accurate ICP-MS Analysis of Elemental Impurities in Electrolyte Used for Lithium-Ion Batteries Determination of Carbonate Solvents and Additives in Lithium Battery Electrolyte Using GC/MSD
Bestätigen der Zusammensetzung des Elektrolyten		Analysis of Carbonate Esters and Additives in Battery Electrolyte Using Agilent 8860 GC
Prozess der Elektrolytbefüllung	Drehschieberpumpen, Wälzkolbenpumpen und ölfreie Scrollpumpen	Agilent Vakuum- und Leckagedetektionslösungen für die Elektromobilität

Prozesskontrolle – Batteriebefüllung

Die Befüllung von Batterien mit dem Elektrolyten kann die Effizienz und Lebensdauer der Batterie beeinflussen. In diesem Prozess sorgt Vakuumtechnik dafür, dass die folgenden zwei Ziele erreicht werden:

- Einheitliche Verteilung des Elektrolyten innerhalb der Zelle. Dies ist von entscheidender Bedeutung, da der Elektrolyt das Medium ist, in dem die Bewegung der Lithium-Ionen zwischen den Elektroden ermöglicht wird. Eine ungleichmäßige Verteilung des Elektrolyten kann zu einer ineffizienten Leistung der Batterie führen.
- Vollständige Benetzung der Elektroden und Verhinderung der Bildung eingeschlossener Gasblasen. Der Elektrolyt muss die Oberfläche der Elektroden komplett bedecken und jegliches Restgas muss entfernt werden. So sind die Effektivität der Kathode und eine reibungslose Bewegung der Lithium-Ionen sichergestellt.



Separator

Der Separator im Lithium-Ionen-Akku isoliert die Anode elektrisch von der Kathode und ermöglicht gleichzeitig den Fluss der Lithium-Ionen zwischen den beiden Elektroden. Die Bauweise und Qualität des Separators beeinflussen die Sicherheit, die thermische Stabilität und die Gesamtleistung der Batterie. Der Separator muss porös sein, um den Transport von Ionen zu ermöglichen. Zugleich muss er eine ausreichende Steifigkeit und mechanische Leistung aufweisen. Bei übermäßiger Hitze muss der Separator den Ionen transport deaktivieren können, um ein thermisches Durchgehen zu verhindern. Polypropylen (PP) oder Polyethylen (PE) sind die in Elektrofahrzeugen am häufigsten verwendeten Materialien. Neue Polymerformulierungen und keramische Additive befinden sich in der Entwicklung. Verunreinigungen in den Separatormaterialien müssen minimiert werden, um unerwünschte und unkontrollierte Reaktionen zu verhindern. Bei Verwendung von Keramiken müssen diese von höchster Reinheit sein. Durch schnelle Prüfung der Reinheit und Zusammensetzung kann der Herstellungsprozess erheblich verbessert werden. Eine einfache Möglichkeit zur Bestätigung der Materialqualität direkt an oder in der Produktionslinie mit klaren Ergebnissen ist wichtig für gute Produktionsentscheidungen. Fehlerhafte Chargen verzögern nachgelagerte Prozesse und treiben die Kosten in die Höhe.

Bedarf an analytischen Tests

Unternehmen, die Batterieseparatoren herstellen, benötigen in der Regel die folgenden analytischen Testmöglichkeiten.

Bedarf an analytischen Tests	Erforderliche Geräte	Beispielanwendungen
Studien der Degradation von Batterien – Untersuchung der Bindemittel- und Separatormaterialien auf Veränderungen ihrer chemischen Bindung während des Ladens und Entladens	FTIR	Polymeranalytik mit Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie (FTIR)
Bestätigung der Identität von Ausgangsmaterialien und unfertigen Produkten während der Herstellung, einschließlich Studien zur Oberflächenmodifikation und Funktionalisierung sowie zur Überwachung der Konzentrationen von Additiven, des Comonomergehalts, der Verzweigung und Taktizität	FTIR	Material Identification of Plastics Throughout Their Life Cycle by FTIR Spectroscopy Polymeranalytik mit Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie (FTIR) Determination of Percent Polyethylene in Polyethylene/Polypropylene Blends Using Cast Film FTIR Techniques

Batteriemontage



In der letzten Phase der Batterieproduktion werden die einzelnen Zellen zu Batteriepacks zusammengesetzt. Die Produktionsanforderungen variieren je nach endgültiger Batteriekonfiguration und -anwendung. Wie bei den anderen Produktionsschritten auch, steht hohe Qualität an erster Stelle, um eine optimale Lebensdauer, Leistung und Sicherheit zu gewährleisten. Die Dichtigkeit des Batteriemoduls und des endgültigen Batteriepacks ist entscheidend.

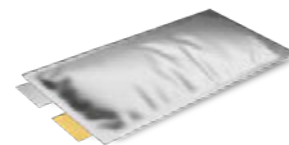
Batterie-Formfaktoren



Prismatische Lithium-Batterie



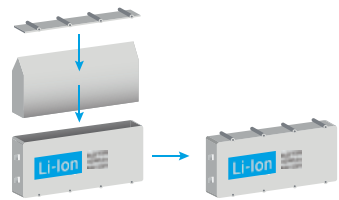
Zylindrische Lithium-Batterie



Lithium-Batterie in Form einer Pouch-Zelle

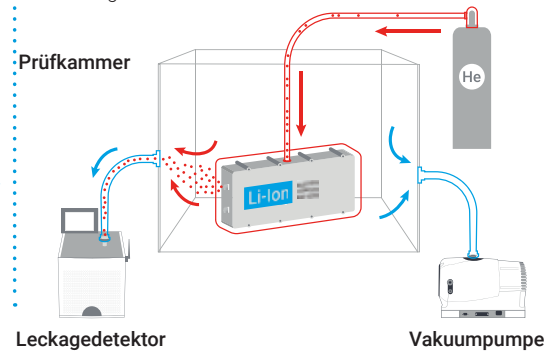
Das äußere Batteriegehäuse umschließt die Batteriezellen und schützt sie vor Schäden und Umwelteinflüssen. Dieses Gehäuse muss wasser- und staubdicht sein sowie eine ausreichende Korrosionsfestigkeit, elektromagnetische Abschirmung und effiziente Kühlung aufweisen. Das Gehäuse besteht in der Regel aus einem robusten Material wie Aluminium, Stahl oder Polymer und ist so konstruiert, dass es hohen Temperaturen und anderen rauen Bedingungen standhält. Die Batteriezellen können auch in weichen Beuteln (Pouch-Zelle) untergebracht werden.

Batteriemontage



Prüfen der Batterie

- Die Prüfkammer wird evakuiert.
- Der Batteriepack wird mit He gefüllt.
- Das aus Leckagen austretende He wird vom Leckagedetektor detektiert.



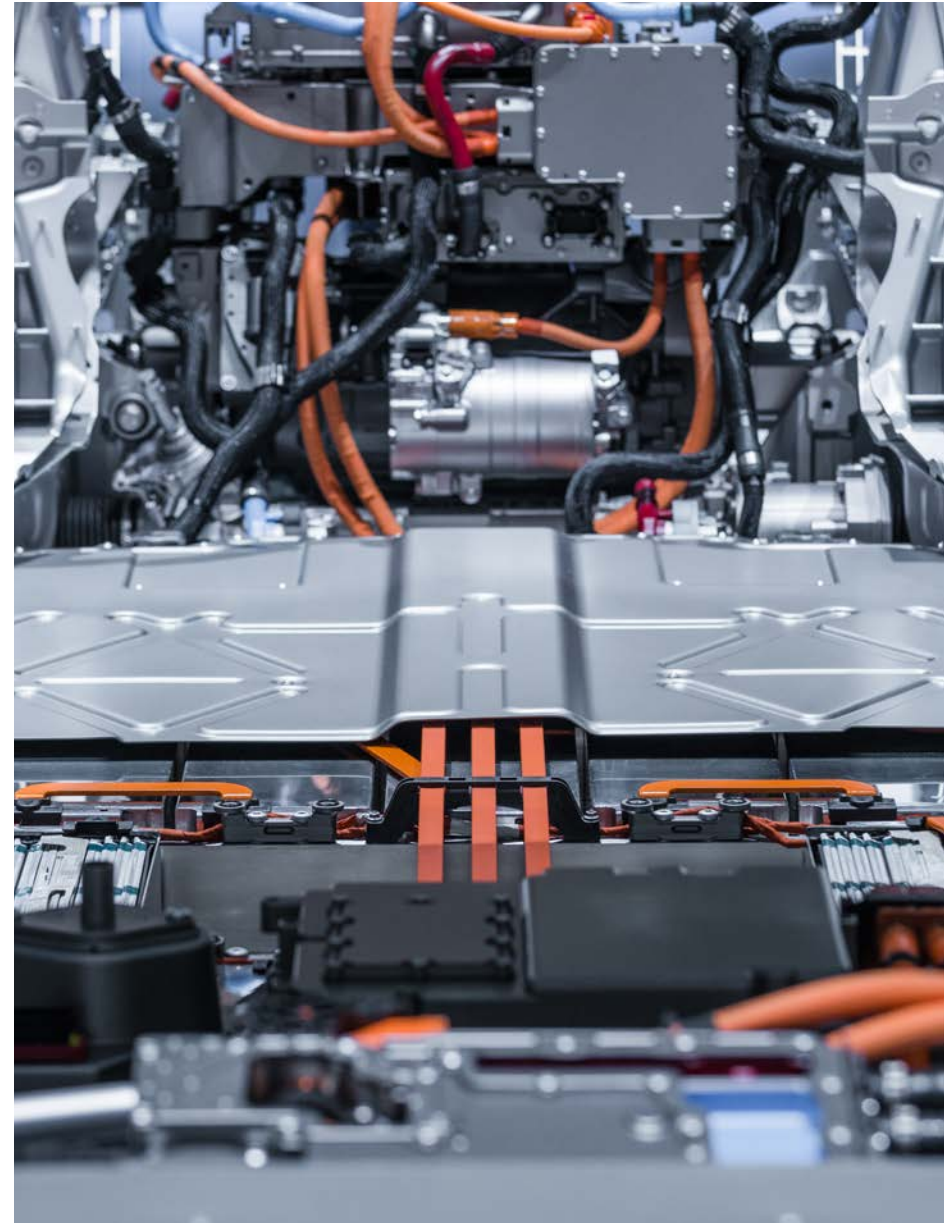
Prüfung auf Dichtigkeit

Eine typische Konfiguration für die Prüfung auf Dichtigkeit beinhaltet das Evakuieren einer Prüfkammer mit einer Vakuumpumpe. Ein in der Kammer platzierter Batteriepack wird mit Helium befüllt, bevor ein Helium-Leckagedetektor an die Kammer angeschlossen wird. Mit diesem Test können Heliumemissionen identifiziert werden, die aus eventuellen Leckagen oder Rissen im Batteriegehäuse stammen.

Die Akkumulationsprüfung ist eine alternative Methode der Leckagedetektion, mit der Leckagen in Batterien erkannt werden, wenn im Detektionssystem kein Vakuum verfügbar ist. Bei dieser Methode wird der Einlass einer Schnüffelsonde eines Helium-Leckagedetektors an einer Hülle angebracht, die die potenzielle Leckage umgibt. Die Hülle muss ausreichend dicht sein, damit sich das Helium aus einer möglichen Leckage zu einer erhöhten Konzentration ansammeln kann. Das Batteriegehäuse ist so konzipiert, dass es wasser- und staubdicht ist, und erfordert spezielle Dichtigkeitsprüfungen.

Management der Batterietemperatur

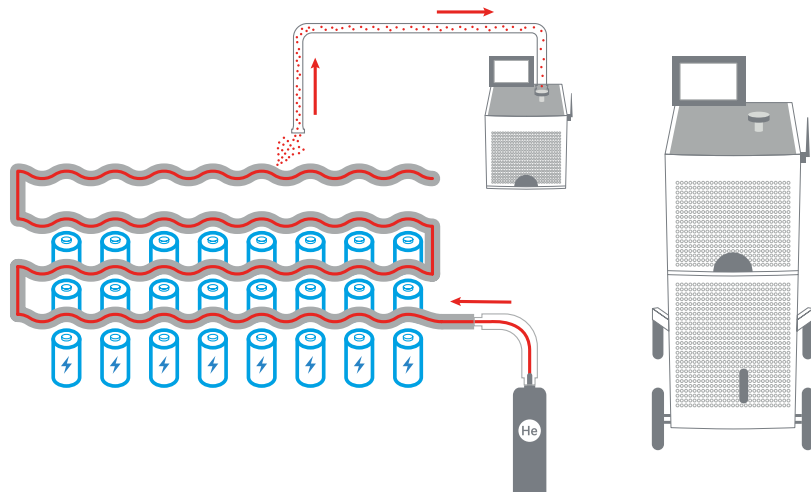
Das Batteriegehäuse enthält ein Temperaturmanagementsystem zur Kontrolle der Temperatur. Die Temperatur hat einen großen Einfluss auf den Betrieb, die Kapazität, die Lebensdauer, das Aufladen und die Sicherheit von Batterien. Niedrige Temperaturen können zu Kapazitätsverlust führen, da sie eine Verlangsamung der chemischen Reaktionen innerhalb der Batterie bewirken. Hohe Temperaturen können eine ernsthafte Gefahr darstellen, einschließlich der Gefahr von Feuer und Explosion. Erhöhte Temperaturen beschleunigen den Degradationsprozess der Batterieelektroden, was sich im Laufe der Zyklen auf die maximale Speicherkapazität auswirkt.



Durch die neuesten Kühlsystemen für Elektrofahrzeuge wird Flüssigkeit zirkuliert, um die Temperatur aller wichtigen Komponenten, einschließlich der Elektronik, der Motoren, des Innenraums und der Batterie selbst, präzise zu steuern. Potenzielle Leckagen im Kühlsystem der Batterie und der mögliche Kontakt mit den Batterieelementen gefährden sowohl die Haltbarkeit der Batterie als auch die Sicherheit des Packs. Die rechtzeitige und genaue Erkennung solcher Leckagen im Produktionsprozess der Kühlung ist entscheidend.

Prüfung von Kühlsystemen

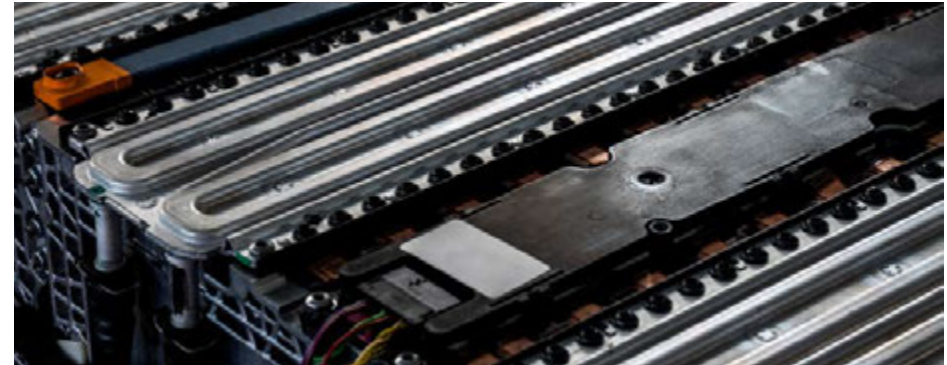
- Die Prüfung wird an der freien Luft durchgeführt.
- Die Kühlschlange wird mit He gefüllt.
- Das aus Leckagen austretende He wird vom Leckagedetektor erfasst und detektiert.



Ein Helium-Leckagedetektor wird verwendet, um Leckagen im Kühlsystem der Batterie während und nach der Produktion zu finden.

Studien zu Degradation, Schwellgas und Alterung

Je älter die Batterie, desto geringer ihre Leistung. Oft ist das auf die Degradation des Elektrolyten zurückzuführen. Bei dieser Degradation entstehen im Inneren der Batterie Gase (sogenanntes Schwellgas). In der Regel handelt es sich um Permanentgase und leichte Kohlenwasserstoffe. Anhand der Zusammensetzung des Schwellgases können Produktionsprobleme erkannt und die Konstruktion der Batterie verbessert werden. Tatsächlich werden die Batterien während der Entwicklung oft künstlich einem Alterungsprozess unterzogen, um die Degradation zu beschleunigen und eine Analyse sowie eine Prozess- und Formulierungsoptimierung zu ermöglichen. Gaschromatographie ist die ideale Methode, um Schwellgase zu analysieren, da sie einfach anzuwenden ist und eine sichere Identifizierung von Verbindungen ermöglicht.



Bedarf an analytischen Tests

Unternehmen, die Batteriegehäuse und -hüllen herstellen, benötigen in der Regel die folgenden analytischen Testmöglichkeiten.

Bedarf an analytischen Tests	Erforderliche Geräte	Beispielanwendungen
Detektion von Leckagen im Batteriegehäuse	Helium-Leckagedetektor	The Analysis of Swelling Gas in Lithium-Ion Batteries with a Micro GC
Detektion von Leckagen im Batteriegehäuse und Kühlsystem	GC	Prüfung auf Dichtigkeit des Batteriekühlsystems – siehe Seite 8 HLD Helium-Massenspektrometer-Leckagedetektoren Helium Leak Testing Pressurized Components Using the Accumulation Method
Bestätigen der Identität von Rohstoffen und unfertigen Produkten während der Herstellung	FTIR	Material Identification of Plastics Throughout Their Life Cycle by FTIR Spectroscopy Polymeranalytik mit Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie (FTIR) Determination of Percent Polyethylene in Polyethylene/Polypropylene Blends Using Cast Film FTIR Techniques
Detektion von Elektrolytdegradation und Gasbildung in Batteriezellen	GC	The Analysis of Swelling Gas in Lithium-Ion Batteries with a Micro GC

Recycling von Batterien



Das Recycling von Lithium-Ionen-Akkus ist wichtig für den Schutz der Umwelt, die Vermeidung von Abfall und die ökonomische Nachhaltigkeit. Das Recycling ist entscheidend, um das Umwelt- und Nachhaltigkeitsversprechen von Elektrofahrzeugen zu erfüllen. Die wachsende Beliebtheit von Elektrofahrzeugen hat die möglichen Auswirkungen der Metalle oder organischen Verbindungen aus verbrauchten Batterien auf die Umwelt erhöht.

Während die Leistung einer Batterie im Laufe der Zeit nachlassen kann, bleiben die Materialien (Lithium, Nickel, Kobalt usw.) bestehen und können in einem kontinuierlichen Zyklus wiedergewonnen und recycelt werden. Lösemittel wie NMP können ebenfalls wiederverwendet werden, vorausgesetzt, das zurückgewonnene Material weist eine ausreichende Reinheit auf.

Da der Markt für Lithium-Ionen-Akkus stetig wächst, werden künftig immer mehr Rohstoffe aus dem Batterierecycling und nicht aus dem Bergbau stammen.

Der Aufbau und Betrieb einer Recyclinganlage ist jedoch eine Herausforderung. Batterien sind nicht standardisiert oder auf Recycling ausgelegt. Die Chemie der Batterien variiert von Hersteller zu Hersteller, was ein kosteneffektives Recycling schwierig macht.

Was die analytischen Tests betrifft, so sind beim Recycling von Batterien ähnliche Prüfungen erforderlich wie bei der Herstellung von Batterien. Erforderliche Prüfungen sind Tests zur Identifizierung von Materialien, zur Analyse von Verunreinigungen und zur Sicherstellung, dass die Materialien den Spezifikationen entsprechen. Es gibt nur wenige branchenspezifische Standardmethoden für recycelte Materialien. Darum werden üblicherweise standardmäßige Analysemethoden zur Qualitätskontrolle angepasst, um die wiedergewonnenen Materialien zu testen.

Bei der Batterieherstellung anfallender Abfall

Batteriehersteller gewinnen auch Rohstoffabfälle zurück, um sie der Produktionskette zurückzuführen. Diese zurückgewonnenen Materialien werden einer bestehenden Qualitätskontrolle unterzogen.

Bedarf an analytischen Tests

Unternehmen, die Batterien recyceln, benötigen in der Regel die folgenden Testmöglichkeiten.

Bedarf an analytischen Tests	Erforderliche Geräte	Beispielanwendungen
Messung der in „Black Mass“ enthaltenen Elemente zur Optimierung von Recyclingprozessen	ICP-OES ICP-MS	Elemental Analysis of Intermediate Feedstock Chemicals for Li-Ion Batteries by ICP-OES (from recycled batteries) Determination of Metals in Recycled Li-ion Battery Samples by ICP-OES
Messung der Elemente in recycelten Batteriematerialien zur Bestimmung der Materialreinheit	ICP-OES ICP-MS	Diese Messungen sind die gleichen, die auch bei der Herstellung von Batterien zum Einsatz kommen. Siehe die Abschnitte Anode und Kathode weiter oben in diesem Dokument.
Überwachung von Umweltbelastungen und Arbeitssicherheit	ICP-OES, UV-Vis, GC, GC/MS, LC, LC/MS	Measuring fluorides in water Fast, Robust Analysis of Various Types of Waters by ICP-OES following Method HJ 776-2015 Multi-element Analysis of Air Filters

Recyclingprozess für Batterien

Der Recyclingprozess für Batterien bedarf Folgendes:

Hydrometallurgischer Prozess:

Das feine Pulver, das durch die Zerkleinerung oder den Schmelzprozess entsteht, wird einer hydrometallurgischen Behandlung unterzogen. Dabei werden Chemikalien eingesetzt, um die Metalle aus den Rückständen herauszulösen. Mithilfe eines Säurelaugungsprozesses kann beispielsweise Lithium als Lithiumcarbonat extrahiert werden, das dann weiterverarbeitet und in neuen Batterien wiederverwendet werden kann.

Physikalische Trennung:

Einige fortschrittliche Recyclingmethoden verwenden physikalische Verfahren wie Schaumflotation oder Schwerkraftabscheidung, um Materialien anhand ihrer physikalischen Eigenschaften zu unterscheiden und zu extrahieren.

Aufreinigung:

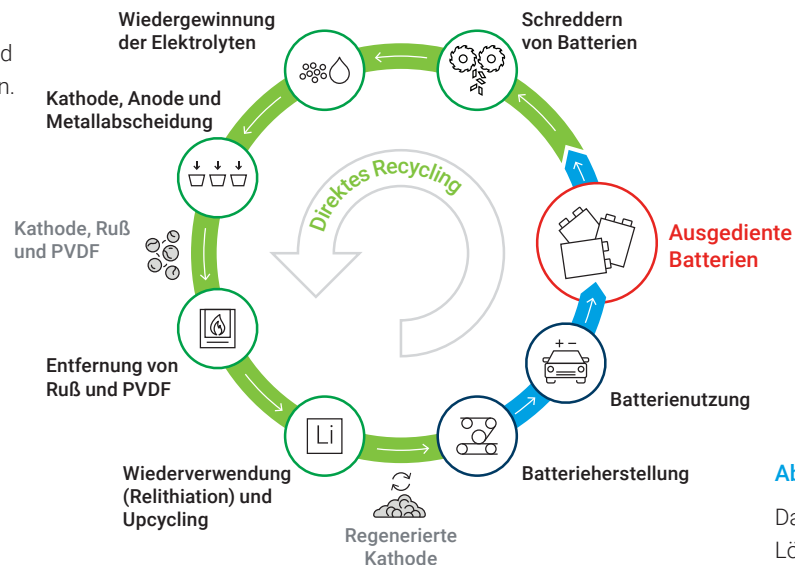
Die extrahierten Metalle durchlaufen Aufreinigungsprozesse, um Verunreinigungen zu entfernen und sicherzustellen, dass sie die für die Wiederverwendung erforderlichen Qualitätsstandards erfüllen.

Pyrometallurgisches Verfahren (Schmelzen):

Dabei handelt es sich um ein Hochtemperaturverfahren, bei dem Batterieschrott in einen Ofen geführt wird. Durch die Hitze brennen die organischen Bestandteile ab und Metalle wie Kobalt, Nickel und Kupfer werden in Form von Legierungen aus der geschmolzenen Schlacke zurückgewonnen. Diese Methode ist effizient für die Gewinnung von Kobalt und anderen Metallen, aber weniger effektiv für Lithium.

Wiederaufbereitung (Schreddern oder Zerkleinern):

Die Batterien werden geschreddert oder in kleine Stücke zerkleinert, wobei eine Mischung aus Metall und anderen Materialien entsteht. Diese Mischung wird gesiebt, um größere Metallteile von feinerem, pulverförmigem Material, das als ‚Black Mass‘ übrigbleibt, zu trennen.



Materialveredelung und Vorbereitung zur Wiederverwendung:

Nachdem die Metalle aufgereinigt wurden, werden sie in Formen gebracht, die für die Herstellung geeignet sind, wie Metallsalze oder Vorläufermaterialien. Diese Materialien können dann in die Batterieproduktionskette zurückgeführt oder in anderen Industrien verwendet werden.

Abfallbehandlung:

Das Restmaterial, das Elektrolyte, organische Lösemittel und andere nicht wiederverwertbare Materialien enthält, wird behandelt, um schädliche Substanzen zu neutralisieren. Dieser Abfall wird anschließend gemäß den Umweltvorschriften entsorgt.

Forschung und Entwicklung für Batterien



Die Forschung und Entwicklung (F&E) in der Batterieindustrie treibt Innovationen zur Verbesserung der Leistung, Langlebigkeit, Sicherheit und Kosteneffizienz von Batterien voran. F&E erforscht neue Materialien und chemische Verfahren zur Erhöhung der Energiedichte – entscheidend für eine größere Reichweite von Elektrofahrzeugen und mehr Speicherkapazität in den Stromnetzen. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Verbesserung von Fertigungsprozessen, um die Produktion zu skalieren und die Kosten zu senken, sowie die Behebung von Fertigungsproblemen. F&E trägt außerdem zur Nachhaltigkeit bei, indem nach Möglichkeiten gesucht wird, mit denen die Umweltauswirkungen durch effizientere Recyclingtechniken und durch Reduzierung oder Vermeidung von giftigen oder seltenen Materialien minimiert werden können.

So kann eine Forschungs- und Entwicklungsgruppe die Produktion unterstützen, indem sie die weiter oben in diesem Leitfaden beschriebenen Analysen durchführt. F&E benötigt immer häufiger noch empfindlichere und flexiblere analytische Geräte, als sie in einem herkömmlichen Qualitätskontrolllabor zu finden sind, um neue Materialien und Formulierungen erforschen sowie Leistungs- und Degradationsstudien durchführen zu können. Ein F&E-Labor muss ein breiteres Spektrum an Proben verarbeiten, um neue Materialien zu testen und nach Spuren von Verunreinigungen zu suchen. Methoden, die Massenspektrometrie nutzen, wie ICP-MS, GC/MS und LC/MS, sowie UV-Vis bieten die höhere Empfindlichkeit, die für F&E-Anwendungen erforderlich ist.

Beispielanwendungen

[Investigation and profiling of organic solvent-based lithium ion Battery electrolytes and composition products using quadrupole time of flight LC/MS](#)

[Quantifying trace-levels of 64 elements in lithium carbonate using ICP-MS/MS](#)

[Accurate ICP-MS analysis of elemental impurities in electrolyte used for lithium-ion batteries](#)

[Quality control of lithium-ion battery electrolytes using LC/MS](#)

Services zur Unterstützung von Einrichtung und Betrieb



Ob Sie eine Finanzierung für den Kauf von Geräten, Hilfe bei der Schulung Ihres Personals oder technischen Support benötigen – Agilent ist Ihr zuverlässiger Partner. Lesen Sie hier, in welchen Bereichen wir Sie unterstützen können.

Finanzierungsservices

Ob Sie Ihre Kapazitäten erweitern, Ihren Betrieb auf andere Bereiche der Wertschöpfungskette ausdehnen oder die Forschung und Entwicklung neuer Batterieformulierungen und -typen vorantreiben wollen, Ihr Budget kann für Ihre Ziele ein Hindernis sein – muss es aber nicht.

Wer im Umfeld sich stetig weiterentwickelnder Technologien und sich ändernder gesetzlicher Vorschriften wettbewerbsfähig bleiben will, für den kann der Besitz von Geräten ein potenzielles Risiko darstellen – insbesondere angesichts schrumpfender Kapitalbudgets und inflationsbedingter Budgeteinschnitte. Mit den Agilent Finanzierungslösungen können Sie wichtige Labortechnik erwerben, ohne Ihr Budget zu überlasten.

Agilent bietet passende, flexible Finanzierungspläne, die Ihren geschäftlichen und analytischen Anforderungen gerecht werden. Sie können Ihre Zahlungen an Ihren Budgetzyklus anpassen: Erhöhen, verringern oder verschieben Sie Zahlungen. Oder noch besser: Fassen Sie Services, Verbrauchsmaterialien und Support zu einer einzigen, planbaren monatlichen Zahlung zusammen. Mit den Agilent Flexible Spend Plans können Sie Ihre operativen Budgets zudem effektiv verwalten.

Oder nutzen Sie die Vorteile eines Serviceplans für einzelne Geräte. Agilent ist Ihr Partner, um Ihre Beschaffung, Ihren Einkauf und Ihre Budgetplanung zu vereinfachen.

Weitere Informationen

Agilent Technologies bietet seinen Kunden Finanzlösungen durch Kooperationen mit bevorzugten Finanzierungsanbietern in den entsprechenden Ländern. Die Angebote sind abhängig von der Kreditgenehmigung und der Vollständigkeit aller erforderlichen Unterlagen nach alleinigem Ermessen des Finanzierungsanbieters. Änderungen dieser Informationen ohne vorherige Ankündigung vorbehalten.

Stärken Sie Ihr Budget mit zertifizierten Gebrauchtgeräten.

Zertifizierte Gebrauchtgeräte liefern hohe Leistung, Zuverlässigkeit und Mehrwert im Labor. Gebrauchtgeräte werden umfassend überholt, getestet und mit einer einjährigen Garantie bereitgestellt, die der eines neuen Geräts entspricht. Dies umfasst werkseitige Aktualisierungen, Verschleißteile, Starterkits sowie äußerliche Überholungen, damit die Qualität und Leistung, für die Agilent bekannt ist, erschwinglich werden. Mit überholten Geräten erhalten Sie Zugang zu den neuesten Innovationen zu einem attraktiven Preis.

[Weitere Informationen](#)

Reduzieren Sie die Kosten für die neueste Technologie durch den Rückkauf von Geräten

Agilent bietet auch die Möglichkeit, Laborgeräte einzutauschen und zurückzukaufen. Nicht ausreichend genutzte Geräte können Sie so zu Geld machen. Wir kümmern uns um die kostenlose Entsorgung Ihrer gebrauchten Geräte, damit sie deren Restwert optimal nutzen können. Gleichzeitig unterstützen wir Sie so dabei, Ihre Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Die Abfallreduzierung, die ordnungsgemäße Entsorgung gebrauchter Geräte und der korrekte Umgang mit Laborgeräten am Ende ihres Lebenszyklus sind hierbei wichtige Faktoren.

[Weitere Informationen](#)





Produktservice und -wartung

Wenn die Produktion oder Ihre Analysen zeitkritisch sind, müssen Sie darauf vertrauen können, dass Ihre Geräte stets zuverlässig arbeiten. Befähigen Sie Ihr Team mithilfe unserer flexiblen, an Ihre Anforderungen zugeschnittenen Service- und Wartungspläne, Ausfallzeiten zu verringern, genaue, zuverlässige Daten zu erzeugen und branchenspezifische Richtlinien zu erfüllen.

Bestimmte Servicepläne decken auch die vorbeugende Wartung ab, die nachgewiesenermaßen die Reparaturkosten senkt und Ihnen jedes Jahr tagelange Ausfallzeiten erspart. Optionen für die Ferndiagnose in Echtzeit können helfen, Probleme zu erkennen und zu beheben, bevor sie kritisch werden. Support und Wartung für Geräte von Agilent und Drittanbietern ist ebenfalls erhältlich.

Geräteservices

Vakuum- und Leckagedetektionsservice

Softwarelösungen

Wenn Sie das Optimum aus Ihren analytischen Geräten herausholen wollen, bietet Agilent Datensysteme für Gerätesteuerung, Datenanalyse und Laborinformatik sowie Automatisierungssoftware, Daten- und Workflow-Management und weitere Laborsoftwarepakete zur Verbesserung der Datenvisualisierung und -auswertung.

Unser Engagement für offene Daten bildet dabei das Herzstück unserer Lösungen für Ihre analytischen Herausforderungen und geschäftlichen Anforderungen. Damit wichtige Entscheidungen getroffen werden können, müssen die Daten zur richtigen Zeit am richtigen Ort sein. In einer Umgebung mit mehreren Datenströmen und Prozessen benötigen Sie eine nahtlose Integration von Analysegeräten und Informatik. Agilents Engagement für ein Instrument Control Framework bedeutet, dass Sie unsere Geräte problemlos in Ihre bestehenden Systeme integrieren können. Oder nutzen Sie unsere maßgeschneiderten Lösungen.

Das Agilent OpenLab Software-Portfolio ist eine integrierte Produktsuite, die Probenmanagement, Datenakquisition, Datenanalyse, Datenmanagement und Labor-Workflow-Management umfasst. Diese Produkte lassen sich leicht integrieren und decken zusammen den analytischen Arbeitsablauf von der Erstellung der Analyseanforderung bis zur Archivierung der Daten ab. Die Agilent OpenLab-Software verbessert den Labordurchsatz und die Qualität Ihrer Ergebnisse und ist ein wesentlicher Bestandteil Ihrer Datenintegritätsstrategie.

Das Agilent SLIMS Workflow-Management ist eine Lösung zur Straffung und Organisation von Laborabläufen. Sie bietet eine Reihe von Funktionen, darunter das Verfolgen von Proben, das Experimentmanagement und automatische Ergebnisberichte. Mit einer intuitiven Bedienoberfläche und flexiblen Optionen lässt sich Agilent SLIMS an die speziellen Bedürfnisse Ihres Labors anpassen, unabhängig von dessen Größe, Komplexität oder Qualitätssystem.

Agilent OpenLab Suite Datenmanagement

SLIMS

Analytische Methodenentwicklung und Applikationsberatung

Methodenberatungsservices

Verbessern Sie die Wirtschaftlichkeit Ihrer Tests, indem Sie Ihre Methoden und Protokolle gemäß Ihren Anforderungen optimieren. Kleine Veränderungen können große Auswirkungen haben. Unsere Teams nutzen ihre Erfahrungen und Erkenntnisse, um neue Methoden zu entwickeln oder Ihnen dabei zu helfen, die Leistungsfähigkeit Ihrer derzeitigen Methoden aufrechtzuerhalten. Sie können auch Methoden von einem anderen Gerät oder einem Standort irgendwo auf der Welt als Teil Ihrer lokalen Installation und Funktionsprüfung übertragen, damit Sie sofort produktiv arbeiten können.

[Methodenberatungsservices](#)

Qualitätssystemservices

Die Funktionsprüfungsservices erstellen einen dokumentierten Nachweis der optimalen Geräteleistung und stellen sicher, dass Sie die Anforderungen Ihres Qualitätssystems erfüllen. Agilent CrossLab Funktionsprüfungsservices liefern kosteneffiziente Funktionsprüfungsnachweise für eine Reihe von analytischen Geräten. Die Funktionsprüfung umfasst die vom Hersteller empfohlenen Tests Ihrer Agilent Systeme und liefert einen dokumentierten Nachweis über die optimale Geräteleistung. Die messtechnische Prüfung bestätigt die Genauigkeit und Funktionsprüfung kritischer Gerätefunktionen.

[Funktionsprüfungsservices](#)

Schulungen und Support für Analytiker

Weiterentwicklung und Schulung sind entscheidend für den Aufbau eines Teams, das den Anforderungen von heute wie auch von morgen gewachsen ist. Die Schulungen von Agilent helfen, selbstbewusste Teams aufzubauen, indem sie Analytikern die Grundlagen neuer Techniken und Applikationen aus der Praxis mit fortschrittlichen Methoden vermitteln. Sie können mit Kursen zu Fehlersuche, Wartung und Probenvorbereitung Ihren Laborbetrieb verbessern und Ausfallzeiten minimieren. Es werden auch Kurse zur Betriebssoftware für Chromatographie, Massenspektrometrie und Spektroskopie angeboten.

[Schulungsservices](#)



CrossLab Connect

Die Optimierung der Laborleistung gelingt einfacher, wenn Sie einen Partner an Ihrer Seite haben, der sich mit dem Laborbetrieb auskennt. So können sich die Labore auf die Wissenschaft konzentrieren. Im digitalen Labor bietet eine solche Partnerschaft eine noch nie dagewesene Transparenz und Kontrolle über die Geräte, während gleichzeitig die Kosten gesenkt und die Nachhaltigkeit erhöht werden. Agilent CrossLab Connect ist das digitale Rückgrat eines umfassenden Leistungsmanagements für die Anlagen des Labors.

Durch die Kombination von Aspekten des Anlagenmanagements und der Datenanalyse mit Branchenkenntnissen gibt Ihnen CrossLab Connect einen Überblick über Ihr gesamtes Labor. Eine Reihe von digitalen Tools, die speziell auf Ihr Labor zugeschnitten sind, liefern wichtige Informationen, mit denen Sie Ihre analytischen Verpflichtungen effizient, effektiv und nachhaltig erfüllen.

[Asset Performance Management](#)

[CrossLab Connect](#)

Entscheiden Sie sich für die Produkte von Agilent für die Lithiumbatterieindustrie



5800 ICP-OES



7850 ICP-MS



Cary 630 FTIR



Cary 60 UV-Vis



Vakuumpumpen und
Leckagedetektoren



Revident LC/Q-TOF und
1290 Infinity II HPLC



990 Micro GC



5977C GC/MSD und 8860 GC

Nachhaltigkeit und Umweltschutz



Das Umweltversprechen von Elektrofahrzeugen bestimmt die Handlungen und Ergebnisse der Hersteller. Die Wiederaufbereitung, das Recycling der Batteriezellen und die Einhaltung von Auflagen bezüglich Umweltschutz und Arbeitssicherheit sind nur einige Beispiele dafür, wie Sie Ihre Umwelt- und Nachhaltigkeitswerte täglich umsetzen.

Bei Agilent teilen wir diese Werte. Wir befassen uns konsequent mit Fragen der Nachhaltigkeit und [berichten über unseren Fortschritt](#). Jetzt gehen wir darüber noch hinaus, indem [wir uns zu Netto-Null-Emissionen von Treibhausgasen verpflichten](#), mit Zwischenzielen entsprechend dem Übereinkommen von Paris. Unsere Verpflichtung zu Netto-Null-Emissionen erstreckt sich auf die von uns produzierten Produkte, die Art und Weise, wie wir mit Kunden und Lieferanten arbeiten und wie wir unseren internen Betrieb führen, sowie auf unsere Verantwortbarkeit für das Erreichen unserer Ziele.

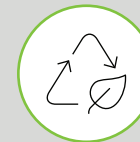
Viele unserer Bemühungen sind speziell darauf ausgerichtet, dass unsere Kunden ihre eigenen Nachhaltigkeitsziele erreichen können, ohne ihre geschäftlichen Ziele zu gefährden. Zu diesen Bemühungen gehören:

- Erhöhung der Anzahl an Geräten, die das My Green Lab Accountability, Consistency, and Transparency (ACT) Label erhalten haben
- Hinzufügen von „How2Recycle“-Etiketten auf Produktverpackungen
- Erhalt der My Green Lab Zertifizierung für Agilents Kundenvorführlabore
- Einführung der Hydrolnert-Quelle für GC/MS, die mit erneuerbarem Wasserstoff als Trägergas anstelle von nicht erneuerbarem Helium betrieben wird
- Software für das Asset Performance Management, mit der der Energieverbrauch im Labor gesenkt werden kann

Unser Ziel ist es, durch Menschen, Produkte und Prozesse tagtäglich Nachhaltigkeit in allen Aspekten unserer Arbeit zu verankern



Geringere
CO₂-Emission



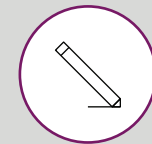
Weniger Abfall
und maximale
Recyclingquote



Begrenzter
Wasserverbrauch



Optimierter
Energieverbrauch



Nachhaltiges
Produktdesign

[Erfahren Sie mehr](#) über Agilents ESG-Ansatz



Durch unsere Partnerschaft mit MyGreenLab – einer gemeinnützigen Organisation, die sich dem Aufbau einer globalen Kultur der Nachhaltigkeit in der Wissenschaft verschrieben hat – verfügen wir über Anleitung und Prüfungsverfahren einer Drittpartei, um die Prinzipien der Nachhaltigkeit in unserem Test- und Forschungsalltag effektiv umzusetzen. Geräte, Arbeitsabläufe und sogar ganze Labore können zertifiziert werden.

Diese Förderungen und Zertifizierungen basieren auf der fortlaufenden Partnerschaft von Agilent mit My Green Lab. Ziel ist, die ACT-Labels von My Green Lab zu erhalten. Mit solchen Labels erhalten Verbraucher von einer Drittpartei geprüfte Informationen über die Umweltauswirkungen der Agilent Produkte und Services. Das macht es für Labors einfacher, nachhaltige Entscheidungen zu treffen.

[Produkte mit dem ACT-Label](#)

Erfahren Sie mehr:

www.agilent.com/en/solutions/materials-testing-research/battery-testing

Online-Store:

www.agilent.com/chem/store

Erhalten Sie Antworten auf Ihre technischen Fragen und greifen Sie auf Ressourcen in der Agilent Community zu:

community.agilent.com

Weitere Informationen anfordern

explore.agilent.com/materials-testing-research

Sprechen Sie mit einem Experten

www.agilent.com/en/contact-us/page

DE99519736

Änderungen dieser Informationen ohne vorherige Ankündigung vorbehalten.

© Agilent Technologies, Inc. 2023
Veröffentlicht in den USA, 30. November 2023
5994-6848DEE

