

**Schön dich  
zu sehen.  
Unbekanntes  
sichtbar machen.**



5  $\mu\text{m}$

**ZEISS REM**

**Portfolio der Rasterelektronenmikroskopie**



Seeing beyond



1  $\mu\text{m}$



**Höchste Auflösung und Elementaranalyse:**

Dieses Bild von Zinkoxid-Dendriten hilft dabei, in Energiespeichersystemen bei Elektroden morphologische Veränderungen zu erkennen. Das Bild wurde aufgenommen mit dem Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop ZEISS Sigma.

# Mehr Informationen, mehr Möglichkeiten. Analysen für die Industrie

Die Rasterelektronenmikroskopie (REM, engl. SEM) wird in der hochpräzisen Strukturanalyse von Bauteilen eingesetzt. Die Technologie liefert herausragende Schärfentiefe mit gestochen scharfer Auflösung. Dadurch lassen sich Probenoberflächen mit enorm hoher Vergrößerung abbilden. Darüber hinaus kann an einem REM auch die energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX) durchgeführt werden, also die Bestimmung der Elementzusammensetzung. Das ermöglicht eine tiefgehende Analytik des Materials. Mit seinen Rasterelektronenmikroskopen bietet ZEISS ein breites Portfolio an Systemen für eine Vielzahl von Anwendungen im Bereich der industriellen Qualitätssicherung.



*ZEISS EVO ist ein konventionelles System für den Einstieg in die Rasterelektronenmikroskopie. Ausgestattet mit Wolfram- oder LaB6-Glühkathode eignet es sich für alltägliche und repetitive Imaging-Aufgaben mit weitgehend automatisierten Workflows, z. B. für die hochauflösende Materialanalyse. ZEISS EVO bietet Flexibilität für einfachere Strukturgrößen.*



*ZEISS Sigma ist das Feldemissions-REM-System für zuverlässige, hochauflösende Bildgebung und Analytik. Es bietet hohe Stabilität für kleinere Strukturen und ist geeignet für Oberflächenstrukturen wie dünne Beschichtungen. Einfache Bedienung, gute Optik, höhere Kontraste und eine hohe Benutzerfreundlichkeit zeichnen dieses System aus.*



*ZEISS GeminiSEM ist das System für höchste Anforderungen: Mühelos ermöglicht es den nahtlosen Wechsel zwischen Imaging- und Analysebedingungen sowie weiteren, komplexen Aufgaben. So erhalten Sie bei niedriger Spannung nicht nur Bilder mit außergewöhnlicher Auflösung im Subnanometer-Bereich, sondern auch Informationen zur oberflächennahen Beschaffenheit von Proben – und das schnell, präzise und vielseitig.*

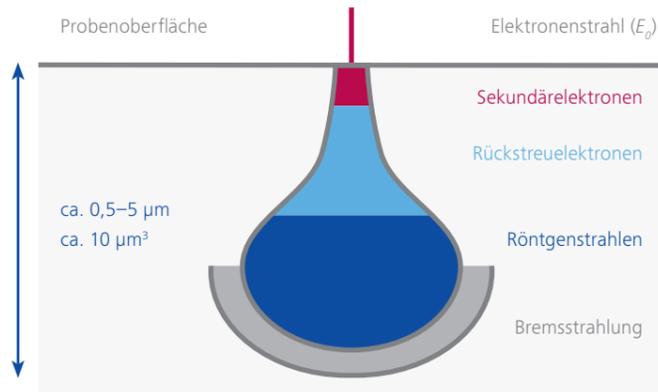


*ZEISS Crossbeam ist das hochauflösende FE-REM-System der Spitzenklasse. Es verfügt über die herkömmliche Ausstattung hinaus auch über einen fokussierten Ionenstrahl (Ga-FIB) und einen integrierten Femtosekundenlaser (optional). Auf diese Weise kann nach einem lokalen Materialabtrag das Innere einer Probe erforscht werden; und auch kontrastreiche Querschnitte für das REM-Imaging in der dritten Dimension können damit freigelegt werden. Der Schlüsselbeitrag des Systems sind automatisierte Workflows zur TEM-Lamellenpräparation.*

# ZEISS REM-Technologie

## Was ist eine REM-Analyse?

Die Rasterelektronenmikroskopie ist Teil der erweiterten Oberflächenanalyse und stellt ein wichtiges Element innerhalb der Schadensanalyse dar. Bei dieser sogenannten REM-Analyse wird die Probenoberfläche mit einem Strahl aus Elektronen abgetastet. Dafür werden in einer Elektronenquelle, in diesem Fall eine Kathodeneinheit, Elektronen erzeugt und als Primärelektronenstrahl in Richtung der Anode beschleunigt. Dieser Primärelektronenstrahl wird dann mittels elektromagnetischer Optik auf die Probenoberfläche fokussiert. Der präzise fokussierte Elektronenstrahl wird zeilenförmig über die Probe bewegt, wodurch diese abgerastert wird. Wenn der Strahl aus Primärelektronen auf die Probe trifft, werden Wechselwirkungen des Elektronenstrahls mit dem Probenmaterial provoziert und die dadurch erzeugten materialspezifischen Signalintensitäten detektiert.

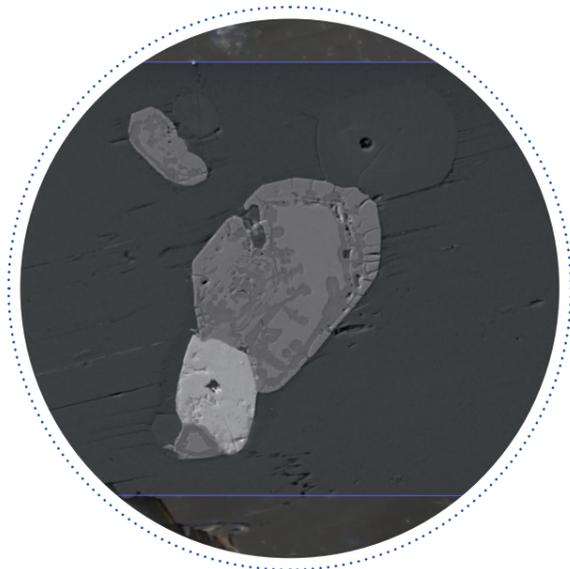


- Unterschiedliche Anregungsbereiche für:
- Charakteristische Röntgenstrahlung und Bremsstrahlung im Hintergrund
  - Rückstreuelektronen (BSE)
  - Sekundärelektronen (SE)

### 01 Detektion von Sekundärelektronen (SE) für topografische Bilderzeugung

Die Oberflächenabbildung mittels Sekundärelektronen eignet sich, um Informationen zur topographischen und oberflächennahen Beschaffenheit der Probe zu erheben.

- Niederenergetisch
- Oberflächenstrukturabhängige Darstellung
- Aussagekräftige topografische Abbildung
- Bruchflächen- und Schadensanalyse



### 02 Detektion von Rückstreuelektronen (BSE) für Informationen über den Materialkontrast

Bei der Bilderzeugung mit Rückstreuelektronen entstehen Bilder mit hohem Materialkontrast. Dies ermöglicht das Sichtbarmachen unterschiedlicher Materialzusammensetzungen bzw. die Verteilung verschiedener Materialmikrostrukturen in der Probe.

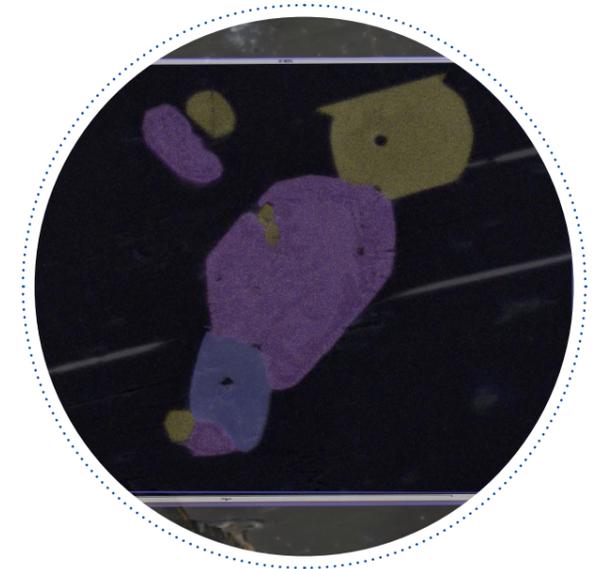
- Höher-energetisch
- Kernladungsabhängige Darstellung
- Informationen zur Materialzusammensetzung
- Kontrastreiche Abbildung
- Erkennung von Einschlüssen und Unreinheiten



### 03 Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX)

Die Elementaranalyse EDX in einem REM wird eingesetzt, um die chemische Elementzusammensetzung zu erfassen. Dabei wird die Konzentration der jeweiligen chemischen Elemente untersucht.

- Informationstiefe abhängig vom Anregungsbereich
- Materialanalyse
- Identifizierung der Elemente und elementspezifischer Einschlüsse
- Quantitative Identifizierung chemischer Phasen



EDX-Elementverteilungsbild: Thorium (Th), Zirkonium (Zr) und Phosphor (P)



EDX-Bild: Th



EDX-Bild: Zr



EDX-Bild: P

# ZEISS EVO

Hochwertige Daten intuitiv erfassen –  
mit nur einem EM für alles

Die Systeme der ZEISS EVO Produktfamilie kombinieren leistungsstarke Rasterelektronenmikroskopie mit einem intuitiven Bedienkonzept, das für erfahrene Anwender und Neueinsteiger gleichermaßen gut geeignet ist. Mit den umfangreichen Optionen lässt sich ZEISS EVO präzise auf Ihre Anforderungen abstimmen – für die Materialwissenschaften ebenso wie für die routinemäßige industrielle Qualitätskontrolle und Schadensanalyse.

Erleben Sie eine neue Qualität bei der Prüfung Ihrer Proben. Bei ZEISS EVO stehen Ihnen eine Reihe an Konfigurationsoptionen zur Verfügung. So können Sie sich genau das System zusammenstellen, das Ihren Anforderungen entspricht – sowohl im Bezug auf die Leistung als auch auf Ihr Budget. Sie haben die Wahl zwischen drei Kammergrößen und können dazu die Auflösung konfigurieren, die zu Ihrer Anwendung passt. Darüber hinaus können Sie auch Modi für Hochvakuum, variablen Druck oder Umgebungsdruck ausrüsten, je nach den von Ihnen untersuchten Proben. Um das System auf Ihre Anwendung zuzuschneiden, können Sie außerdem zwischen SE-, BSE-, EDX-, VP- und C2D-SE-Detektoren wählen. Mit ZEISS EVO kommen Sie zum erschwinglichen Preis in den vollen Genuss der Vorteile der Rasterelektronenmikroskopie.

#### Anwendungsfelder

- Qualitätsanalyse und Qualitätskontrolle
- Schadensanalyse/Materialographie
- Technische Sauberkeitsprüfung
- Morphologische und chemische Analyse von Partikeln nach ISO 16232 und VDA 19 Teil 1 und 2
- Analyse von metallischen und nichtmetallischen Einschlüssen und Phasen

# ZEISS EVO

mit intuitiver und einfacher Bedienung für Routineanwendungen und Schadensanalysen

## Eine vielseitige Mehrzwecklösung

Konfigurieren Sie eine vielseitige, flexible Lösung für die industrielle Qualitätskontrolle: Passend zu Ihren Anwendungen können Sie aus verschiedenen Kammergrößen wählen – auch für große Industrieteile und Proben, deren Verarbeitung mit einem REM anspruchsvoll sein kann. Indem Sie sich für den Lathanhexaborid-Emitter (LaB6) entscheiden, erreichen Sie optimale Bildqualität bei Ihren REM-Untersuchungen. Diese bewährte Technologie erzeugt einen helleren Strahl, der für eine höhere Bildauflösung und überlegene Rauschunterdrückung sorgt. Zur Untersuchung nichtleitender Proben können Sie den variablen Druckmodus nutzen, um so herausragende Imaging- und Analyseergebnisse zu erzielen. Profitieren Sie von dem Designkonzept: Es ist Platz für mehrere Analysedetektoren vorgesehen, zur Unterstützung industrieller Anwendungen.

## Klassenbeste Benutzerfreundlichkeit

ZEISS EVO ist für alle Arten von Anwendern geeignet, denn es ist mit gleich zwei Benutzeroberflächen ausgerüstet: SmartSEM Touch und SmartSEM. Mit SmartSEM Touch, das über einen Touchscreen bedient wird, kontrollieren Sie Ihren Workflow interaktiv. Da die Bedienung über diese Oberfläche schnell und einfach zu erlernen ist, erzielen selbst Neueinsteiger in Minutenschnelle fantastische Bilder. Die Benutzeroberfläche unterstützt industrielle Anwender, die automatisierte Workflows für wiederkehrende Aufgaben benötigen. Erfahrene EVO Nutzer greifen über die Benutzeroberfläche SmartSEM auf sämtliche Funktionen zu, die sie für die erweiterte Bildgebung benötigen.

## Ausgezeichnete Bildqualität

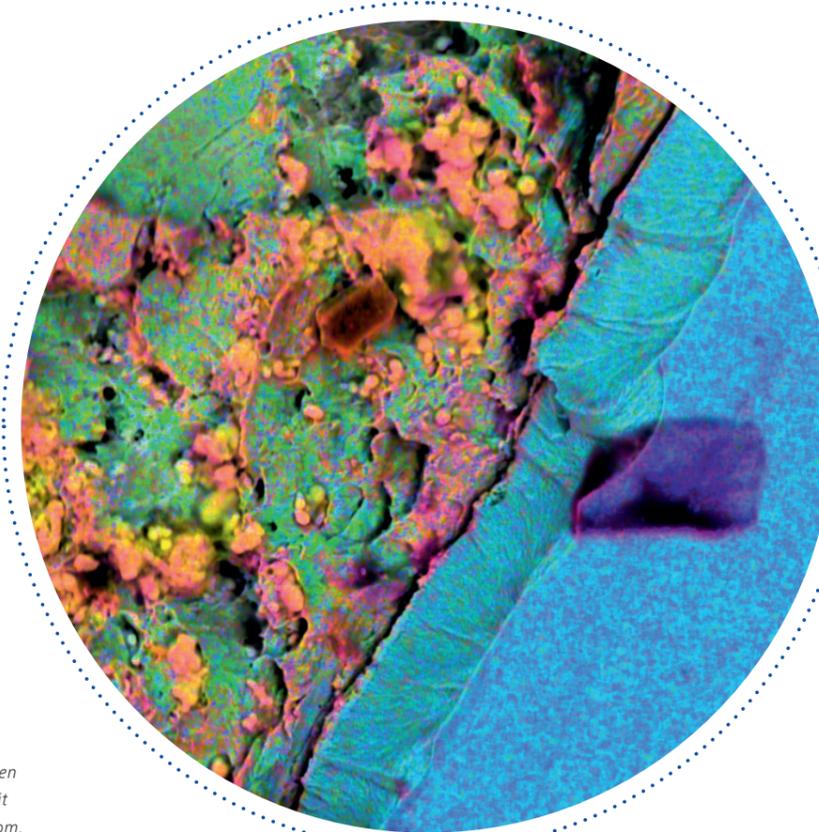
Die Bildqualität hängt entscheidend davon ab, auf welche Weise die Probe im REM untersucht wird. Der variable Druckmodus und unsere VP- und C2D-SE-Detektoren sorgen in Kombination bei allen nichtleitenden Proben für eine optimale Bildqualität. Der erweiterte Druckmodus stellt in Verbindung mit Wasserdampf und dem C2DX-Detektor die Qualität von Daten hydrierter und stark verschmutzter Proben sicher. Der LaB6-Emitter sorgt für zusätzliche Auflösung, Kontraststärke und ein gutes Signal-Rausch-Verhältnis.

## Workflow-Automatisierung und Datenintegrität

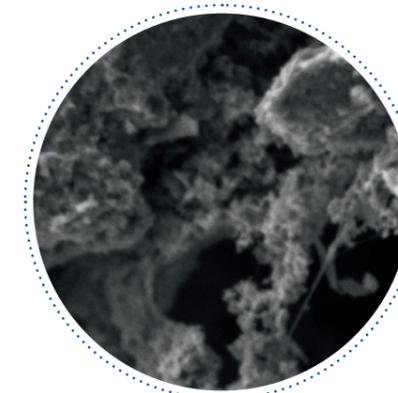
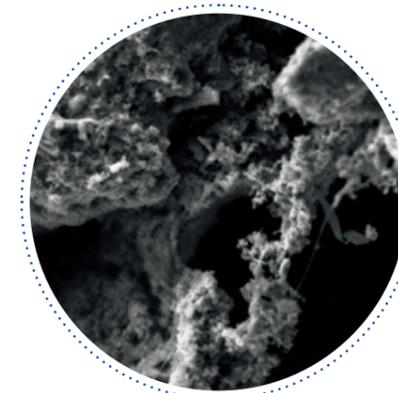
ZEISS EVO ist hochkompatibel: Das System kann als Teil eines halbautomatisierten, multimodalen Workflows konfiguriert werden. Möglich wird das durch Hilfstoos, mit denen Sie relevante Bereiche nahtlos wiederfinden und die Datenintegrität sicherstellen – auch wenn die Proben mit mehreren Modalitäten untersucht wurden. Kombinieren Sie EVO mit Smartzoom 5, dem digitalen Lichtmikroskop von ZEISS, oder einem beliebigen anderen Lichtmikroskop, um Daten aus Licht- und Elektronenmikroskopen für die Materialcharakterisierung oder Teileprüfung zusammenzuführen. Auch für die korrelative Partikelanalyse können Sie ZEISS EVO mit ZEISS Lichtmikroskopen kombinieren.

## ZEISS EVO eignet sich für eine Vielzahl industrieller Anwendungen

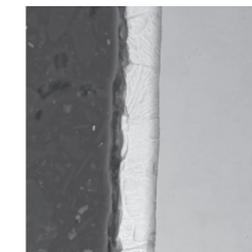
- Imaging und Analyse der Struktur, chemischen Zusammensetzung und Kristallografie von metallischen Proben und Einschlüssen
- Analyse von Phasen, Partikeln und Schweißnähten
- Sichtprüfung von elektronischen Komponenten, integrierten Schaltungen, MEMS und Solarzellen
- Untersuchung von Kupferdrahtoberflächen und Kristallstrukturen
- Korrosionsprüfung an metallischen Proben
- Querschnittschadensanalysen
- Bondfuß-Untersuchungen
- Imaging von Kondensatoroberflächen
- Morphologie, Mineralogie und kompositorische Analysen
- Imaging und Analyse von Metallstrukturen, Rissen und nichtmetallischen Einschlüssen
- Morphologische und kompositorische Analysen von chemischen Rohstoffen und Wirkstoffen bei Mikronisierungs- und Granulationsprozessen



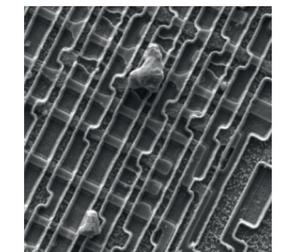
BSE-Bilder von repräsentativen korrodierten Oberflächen mit EDX-Elementverteilung: Chrom, Blei, Kupfer, Nickel, Kohlenstoff und Sauerstoff.



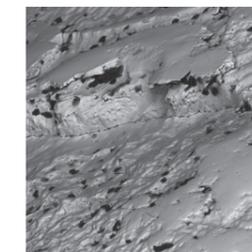
Brennstoffzellen bestehen üblicherweise aus Platinelektroden, zwischen denen Polymerelektrolytmembranen liegen. Diese kritischen Bauteile müssen bei niedrigen Spannungen abgebildet werden, um präzise Oberflächeninformationen in hoher Auflösung zu erhalten. Querschnitt mit LaB6-Quelle (links) und Wolfram-Quelle (rechts) bei 3 kV. Die LaB6-Quelle liefert mehr Oberflächeninformationen, bei niedriger Beschleunigungsspannung.



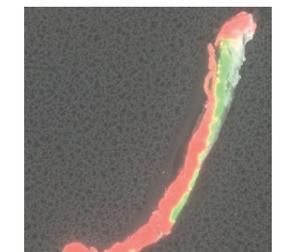
Querschnitt von verzinktem Weichstahl, abgebildet mit dem SE-Detektor auf ZEISS EVO 15. Links: Gießharz; Mitte: Zinkschicht; rechts: Weichstahl.



Deutlich erkennbare Verschmutzungen und Fremdkörper auf der Oberfläche einer integrierten Schaltung. Abgebildet mit dem SE-Detektor im Hochvakuum bei 10 kV.



Die Oberfläche eines Kugellagers mit Rissen und Abplatzungen in der Struktur. Abgebildet mit dem BSE-Detektor.



Partikel eines Partikelfilters: technische Sauberkeitsanalyse und Qualitätskontrolle.

Feldemissions-REM

## ZEISS Sigma

### Zuverlässige, hochauflösende Imaging- und Analysetechnik

ZEISS Sigma basiert auf der bewährten Gemini-Technologie von ZEISS. Das Gemini-Objektivlinsendesign kombiniert elektrostatische und magnetische Felder, um die optische Performance zu maximieren und gleichzeitig die Feldeinflüsse auf die Probe auf ein Minimum zu reduzieren. Das sorgt für ein ausgezeichnetes Imaging, auch bei schwierigen Proben wie magnetischen Materialien. Die Inlens-Detektion von Gemini erfasst Sekundärelektronen (SE) bzw. Rückstreuelektronen (BSE) und sorgt so für eine effiziente Signaldetektion bei gleichzeitig kürzester Bilderfassungszeit. Die Gemini Beambooster-Technologie ermöglicht geringe Sondengrößen und ein hohes Signal-Rausch-Verhältnis.

Mit der neuesten Detektionstechnologie können Sie alle Ihre Proben charakterisieren. Mit dem neuartigen ETSE-Detektor und dem Inlens-Detektor für Hochvakuum erfassen Sie topografische Informationen in hoher Auflösung. Im variablen Druckmodus mit VPSE- oder C2D-Detektor erhalten Sie gestochen scharfe Bilder. Mit dem STEM-Detektor erstellen Sie hochauflösende Transmissionsbilder. Und mit dem HDBSD- oder YAG-Detektor schließlich untersuchen Sie die Zusammensetzung Ihrer Proben.

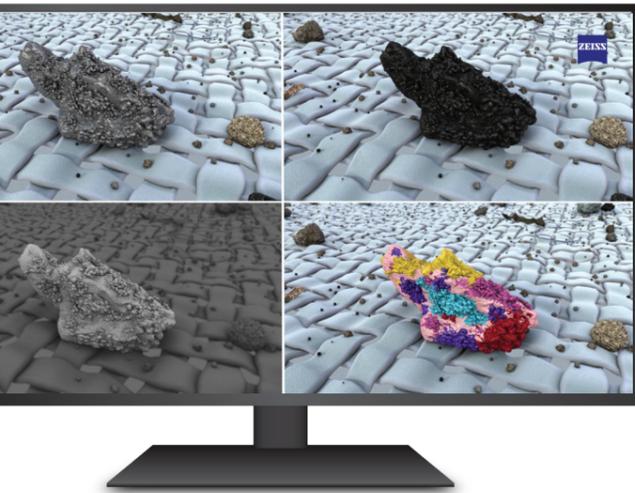
#### Anwendungsfelder

- Schadensanalysen von Materialien und gefertigten Bauteilen
- Imaging und Analyse von Stählen und Metallen
- Prüfen von medizinischen Geräten
- Charakterisierung von elektronischen und Halbleitergeräten in der Prozesssteuerung und -diagnose
- Ermittlung des chemischen Fingerabdrucks von Halbleitermaterialien und -geräten durch Identifizierung der einzigartigen Strukturen, die das Schwingungs- und Rotationsenergieniveau bestimmen
- Hochauflösendes Imaging und Analysen neuer Nanomaterialien
- Analysen von Beschichtungen und Dünnschichten
- Charakterisierung verschiedener Formen von Kohlenstoff und anderen 2D-Materialien
- Imaging, Analyse und Differenzierung von Polymermaterialien
- Durchführen von Batterieforschung, um Alterungseffekte und Qualitätsverbesserungen nachzuvollziehen

# ZEISS Sigma

## Automatisierte Partikelanalyse und multimodale korrelative Bildgebung

Mit Lösungen von ZEISS automatisieren Sie Ihren Workflow für die Partikelanalyse auf Elektronenmikroskopen und verbessern so die Reproduzierbarkeit. Die Einsatzmöglichkeiten reichen von der Einhaltung von Sauberkeitsrichtlinien in der Fertigung über die Prognose von Maschinenverschleiß, die Stahlproduktion und die additive Fertigung bis zum Umweltmanagement.



### Korrelative automatische Partikelanalyse

Korrelierte Analyse über Licht- und Elektronenmikroskope hinweg in einem nahtlos integrierten Workflow

- ✓ Profitieren Sie von automatischer, integrierter Berichterstellung für Licht- und Elektronenmikroskope
- ✓ Lokalisieren Sie Kontaminationsquellen
- ✓ Treffen Sie schneller fundierte Entscheidungen
- ✓ Verbessern Sie kontinuierlich die Produktionsqualität
- ✓ Erhalten Sie zügiger Ergebnisse dank der automatisierten Analyse und der schnelleren Partikelinspektion und -prüfung über integrierte ML-Algorithmen

### ZEISS SmartPI

ZEISS SmartPI wurde für Routine-Analysen großer Probenmengen in der Fertigung entwickelt und sorgt für reproduzierbare Ergebnisse. Mit der Möglichkeit, Verunreinigungen zu erkennen, zu analysieren und in Ergebnisberichten darzustellen, eröffnen sich neue Ansätze für die Prozesssteuerung. Profitieren Sie von den erheblichen Fortschritten in der vollautomatischen Partikelanalyse und -klassifikation auf REMs. Steigern Sie mit ZEISS SmartPI Ihre Produktivität, verbessern Sie die Qualität Ihrer Ergebnisse und reduzieren Sie durch verunreinigte Bauteile verursachte Kosten.

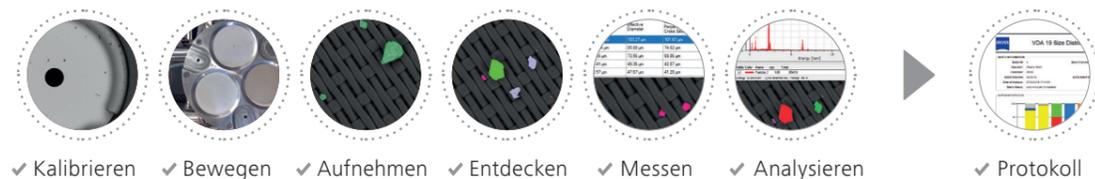
ZEISS SmartPI erkennt, misst, zählt und klassifiziert Partikel automatisch anhand deren Morphologie und Elementzusammensetzung.

- Automatische Erstellung von Berichten nach Industrienormen, z. B. VDA 19.1 oder ISO 16232
- Vollintegriert und kompatibel mit EDX-Systemen von Bruker und Oxford Instruments

**ZEISS SmartPI**  
Quantifizierung und erweiterte Klassifikation

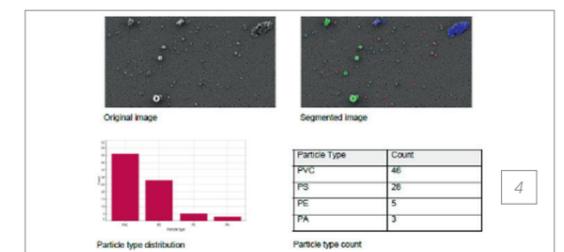
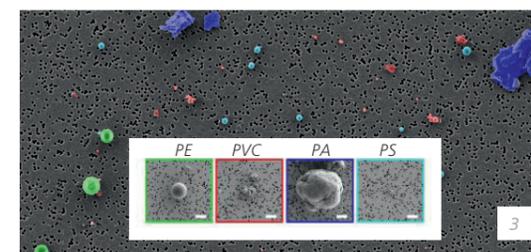
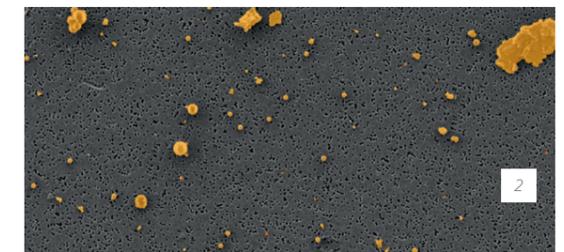
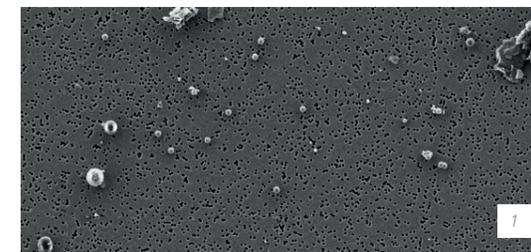
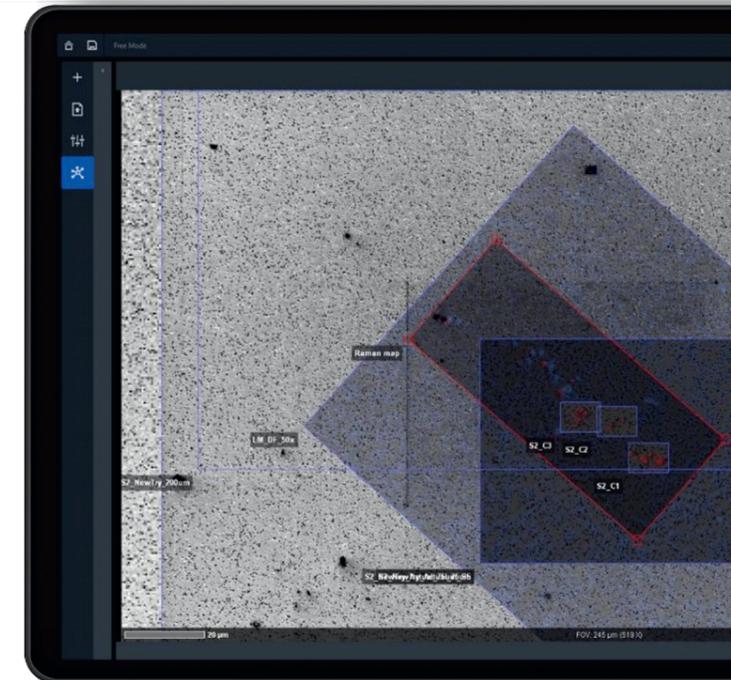
**Reporting**  
SmartPI Reporter

### SOFTWARE



### Multimodale korrelative Bildgebung für die Mikropartikelanalyse

ZEISS ZEN Intellesis ermöglicht die Partikelidentifizierung über Machine-Learning-Algorithmen. Die errechneten Ergebnisse können in der Software ZEISS ZEN Connect visualisiert werden. Die ML-Algorithmen von ZEISS ZEN Intellesis vollziehen automatisch die Bildsegmentierung und die Objektklassifizierung, wodurch weitere Einblicke in die Partikelverteilung möglich werden. Auf ein REM-Bild (1) wird „Image Analysis“ angewandt, um alle Partikel zu segmentieren (2) und ausgewählte Parameter zu messen. Die Ergebnisse der Messungen können z. B. in Form einer Größenverteilung grafisch dargestellt werden. Nun können mithilfe von „Object Classification“ von ZEN Intellesis die segmentierten Partikel weiter klassifiziert und in Unterklassen eingeteilt werden (3). Anhand dieser Informationen kann die Partikelzählung pro Klasse durchgeführt werden. Die Objektklassifizierung wird durchgeführt für übliche Nano- und Mikroplastikpartikel (Polystyren [PS] – hellblau; Polyethylen [PE] – grün; Polyamid-nylon 6 [PA] – dunkelblau; Polyvinylchlorid [PVC] – rot) auf einem Polycarbonatfilter, der mit ZEISS Sigma abgebildet wurde. Diese korrelative Untersuchung führt die hohe Auflösung eines Elektronenmikroskops mit den Analyse-möglichkeiten eines Raman-Mikroskops zusammen.



Die Korrelation der beiden Mikroskopieverfahren REM und Raman führt bei der Analyse zum größtmöglichen Informationsgehalt – insbesondere bei Polymerpartikeln. In ZEN Connect können die REM-Bilder mit anderen Bildern überlagert werden: für die Standardanalyse mit denen der Raman-Spektroskopie und für die automatische Klassifizierung mit denen aus ZEN Intellesis. Das Reporting-Tool dient der automatischen, vorlagenbasierten Berichterstellung (4) in ZEN core, für Berichte im pdf- oder doc-Format.

# ZEISS GeminiSEM

## Höchste Probenflexibilität seiner Mikroskopklasse

Erforschen Sie das Unbekannte mit diesem Feldemissions-REM für höchste Anforderungen an Subnanometer-Imaging, Analytik und Probenflexibilität.

Das System ermöglicht Analysen mit hohem Durchsatz und sorgt gleichzeitig für rasche Ergebnisse mit hervorragender Auflösung – selbst bei geringer Spannung oder hoher Sondenstromstärke. Mit dem großen Sehfeld und der weiträumigen Probenkammer können auch sehr große Proben problemlos untersucht werden. Mit ZEISS GeminiSEM charakterisieren Sie die chemische Zusammensetzung und die Kristallorientierung effizient mit zwei diametral gegenüberliegenden EDX-Anschlüssen und einer komplanaren EDX/EBSD-Konfiguration. Verlassen Sie sich auf die schnelle Erstellung von Elementverteilungsbildern ohne Abschattungen. Personalisieren und automatisieren Sie Ihre Workflows: Wenn Sie Materialien bis an deren technische Grenzen testen müssen, dann stellt ZEISS Ihnen ein automatisiertes In-situ-Labor für Hochtemperatur-Minuzugversuche zur Verfügung.

### Anwendungsfelder

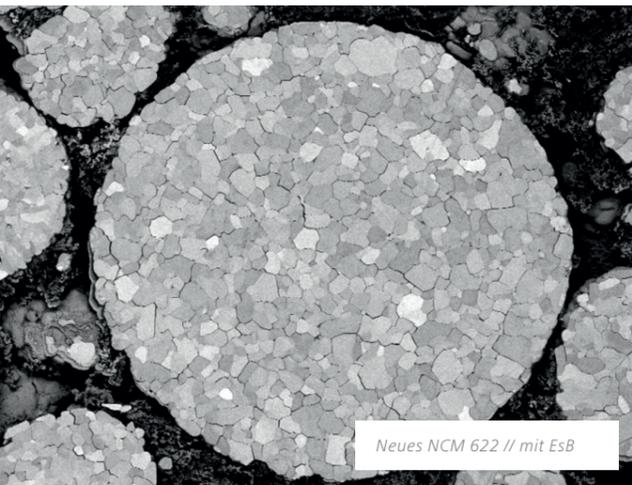
- Schadensanalyse an nichtleitenden und spröden Materialien im Elektronik-, Medizin- und Batteriesektor
- Bruchflächenanalyse und Metallographie
- Charakterisierung von oberflächennahen Mikrostrukturen und ganzen Bauteilelementen
- Schnelle Erfassung von Elementzusammensetzung und Phasenverteilung
- Bestimmung von Verunreinigungen und Einschlüssen



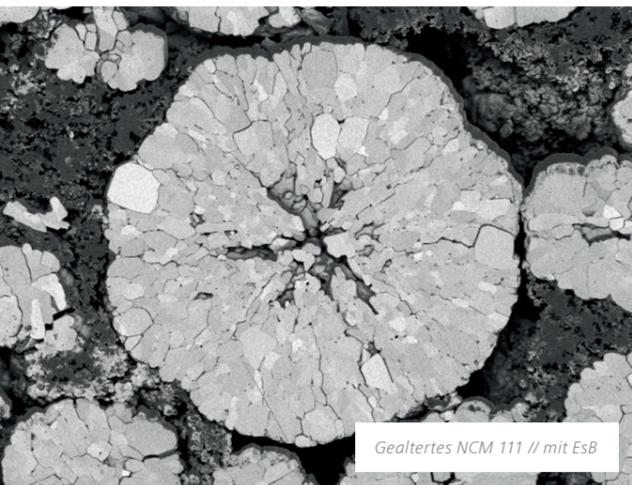
# ZEISS GeminiSEM

## Imaging und Materialanalyse an Lithium-Ionen-Batterien

Die Zukunft der Energieversorgung hängt von der Entwicklung neuer funktionaler Materialien und fortschrittlicher Geräte wie Batterien, Solarzellen und Brennstoffzellen ab. Die Leistungsfähigkeit dieser Geräte ist stark abhängig von deren Mikrostruktur – also der Mikrostruktur der verwendeten Werkstoffe. Damit diese komplexen Materialverbunde auch die gewünschte Leistung erbringen können, muss das Zusammenspiel vieler verschiedener Materialien reibungslos funktionieren.



Neues NCM 622 // mit EsB

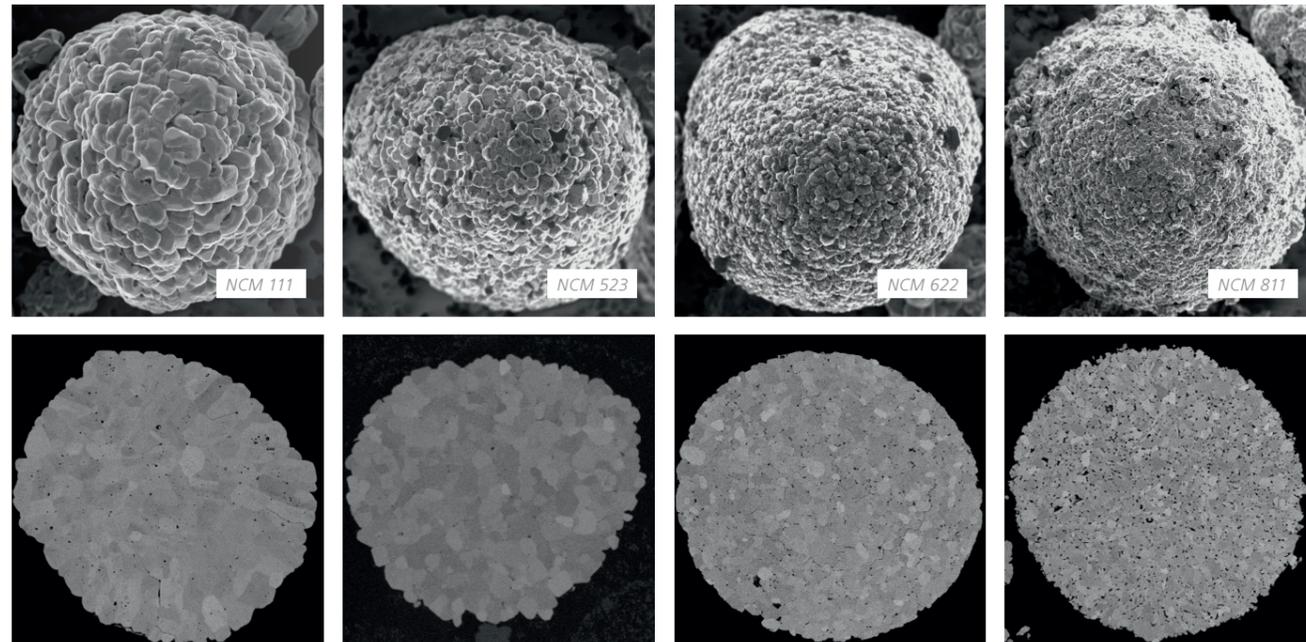


Gealtertes NCM 111 // mit EsB

Das Beispiel zeigt den Querschnitt einer Lithium-Ionen-Batterie mit einer Kathode aus NCM 111. Das Auf- und Entladen von Lithium-Ionen-Batterien führt zu Veränderungen in der Mikrostruktur. Es entstehen Risse, durch die sich die Oberfläche der SEI-Schicht vergrößert. Dadurch verringert sich die Batterieleistung.

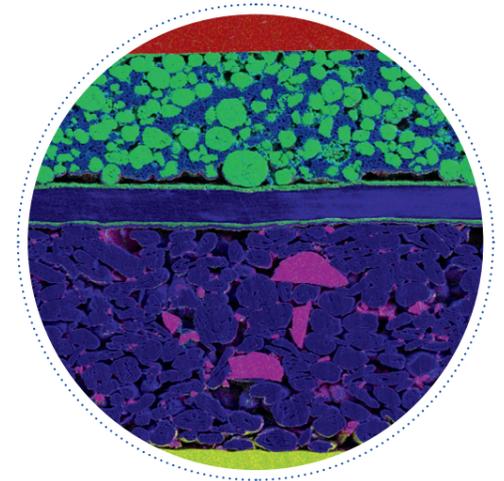
Einer der technischen Forschungsschwerpunkte im Feld der Lithium-Ionen-Batterien für die Automobilbranche ist die Weiterentwicklung von Kathodenmaterialien mit hohem Nickelanteil: Im Fokus stehen dabei die Materialien Nickel, Mangan und Kobalt. Dieser Akkutyp wird Li-NMC, LNMC, NMC oder NCM genannt. Die Bezeichnungen NCM 111, 523 usw. geben das jeweilige Zusammensetzungsverhältnis von Nickel, Cobalt und Mangan an. Kobalt ist ein bekanntermaßen teurer Rohstoff, dessen geringe Verfügbarkeit für Hersteller ein Versorgungsrisiko darstellt. Mit Blick auf die Materialkosten ist eine Reduzierung des Kobaltanteils daher durchaus reizvoll. Darüber hinaus weisen Kathodenmaterialien mit hohem Nickelanteil bessere Eigenschaften auf, wie z. B. eine höhere Kapazität bei ähnlicher Energiedichte. Der Nachteil ist, dass NCM 622 und NCM 811 derzeit nur sehr schwer in großen Mengen hergestellt werden können. Das liegt auch daran, dass die derzeitigen Herstellungsverfahren nur zu unzureichenden Erträgen führen. Die wirtschaftliche Herstellung von nickelreichem NCM-Kathodenpulver im industriellen Maßstab ist das Hauptziel der Wettbewerbsstrategien von führenden Batterieherstellern. Mithilfe eines Rasterelektronenmikroskops lassen sich weitere strukturelle Unterschiede zwischen den NCM-Varianten erkennen, die auf andere Produktionsfaktoren zurückzuführen sind. Im Querschnitt erkennt man, dass die Primärpartikel von 811 viel kleiner sind als die von 532 oder 111.

Dieser ausgezeichnete Materialkontrast in der Subkornstruktur ist nur durch ein einzigartiges Funktionsmerkmal der ZEISS Rasterelektronenmikroskope möglich: dem Energy-Selective-Backscatter-Detektor (EsB-Detektor).



Die Mikrostruktur von NCM-Batteriematerialien ist abhängig von dem Verhältnis ihrer Zusammensetzung (Nickel, Kobalt und Mangan). Bei gleichbleibenden Produktionsbedingungen führt ein höherer Nickelanteil in der Regel zu einer geringeren Korngröße. Das Auf- und Entladen von Lithium-Ionen-Batterien führt zu Veränderungen in der Mikrostruktur. Es entstehen Risse, durch die sich die Oberfläche der SEI-Schicht vergrößert. Dadurch verringert sich die Batterieleistung. Eine bessere Zusammensetzung der Elektrolyte kann dazu führen, dass der physikalische Abnutzungsprozess der Kathodenmaterialien weniger stark ausfällt. Mit besseren chemischen Verfahren können Kathodenmaterialien mit größeren Kornpartikeln hergestellt werden. Das könnte den Weg für die nächste Generation von Festkörperbatterien ebnen.

Querschnitt einer vollständigen Lithium-Ionen-Batterie: EDX-Elementverteilungsbild (O, Al, F, Si und C). Mittels energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX) lässt sich die Elementzusammensetzung der untersuchten Objekte unter dem Mikroskop ermitteln. Dieses Bild belegt einen hohen Gehalt an Fluor auf der Kathodenseite, wie es bei einer gealterten Probe zu erwarten ist. Fluor ist im Elektrolyten enthalten und verbindet sich mit der SEI-Schicht, die mit der Nutzungsdauer größer wird. Der Separator erzeugt erwartungsgemäß Aluminium- und Sauerstoffsignale. Kohlenstoff wird als Leitmaterial im Bindemittel verwendet. Da das Polymer des Separators aus Kohlenwasserstoff besteht, ist Kohlenstoff überall in der Batterie nachweisbar.



# ZEISS Crossbeam

## Zielgerichtet in die dritte Dimension

Die Kombination aus Rasterelektronenmikroskop (REM) und fokussiertem Ionenstrahl (FIB) erlaubt es, auf kleinster Skala im Nanometerbereich gezielt in Material hineinzuschneiden und die Materialstruktur unterhalb der Oberfläche direkt abzubilden. Zu den typischen Anwendungen gehören die präzise Lokalisierung und chemische Analyse (EDX) von lokalen Defekten.



Bereiten Sie dünne Lamellen für die Analyse im Transmissionselektronenmikroskop (TEM) oder Rastertransmissionselektronenmikroskop (STEM) vor. ZEISS Crossbeam bietet eine umfassende Lösung für die Präparation von TEM-Lamellen, auch für Probensätze.

Durch die beeindruckende Leistung der Ion-sculptor FIB-Säule erhalten Sie schon bei geringer Spannung qualitativ hochwertige Lamellen, ohne dass es bei empfindlichen Proben zur Amorphisierung kommt. Verwenden Sie zu Beginn einen einfachen Workflow und warten Sie auf die automatische Ausführung. Profitieren Sie von einer Endpunktdetektionssoftware, die korrekte Informationen zur Dicke Ihrer Lamellen liefert.

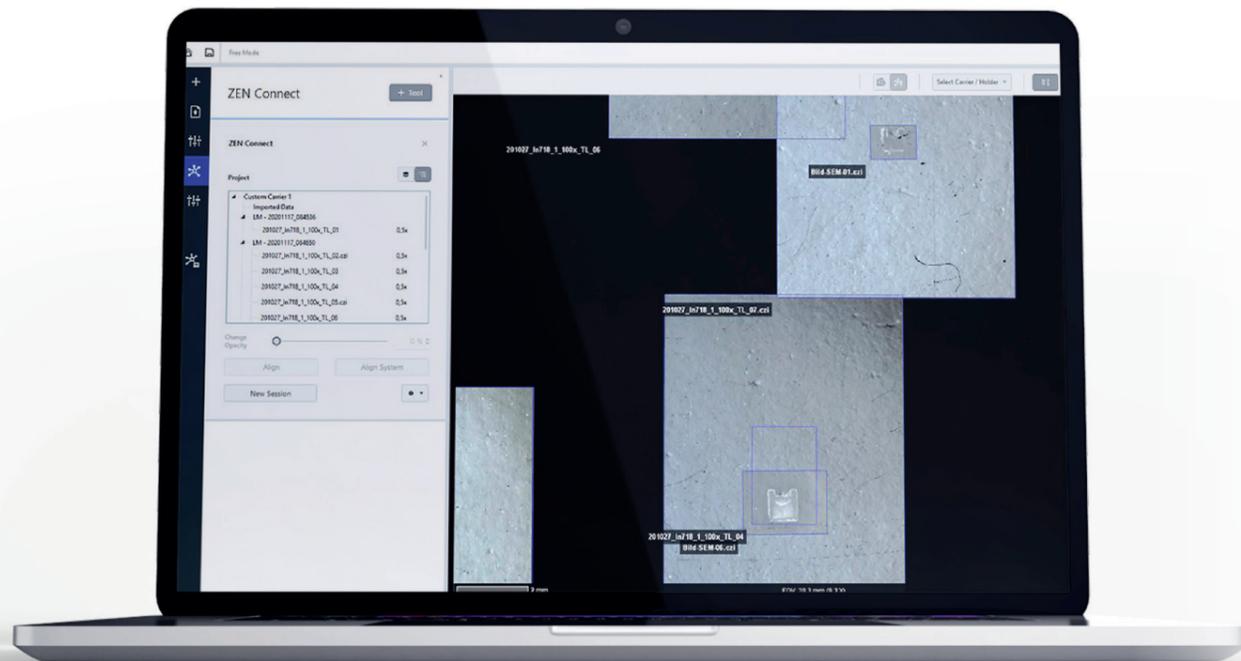
### Anwendungsfelder

- Lokale Querschnitte, z. B. an Defektstellen (Wachstumsdefekte dünner Schichten, Korrosion, eingeschlossene Partikel usw.)
- TEM-Lamellen-Präparation
- Hochaufgelöste Querschnittsuntersuchungen in Transmission (STEM)
- 3D-Tomographie der Mikrostruktur oder von lokalen Defekten
- Freilegen von Strukturen durch gezielten Materialabtrag

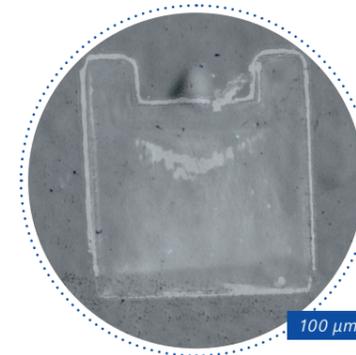
# ZEISS Crossbeam

## FIB-REM-Defektanalyse an Karosseriebauteilen

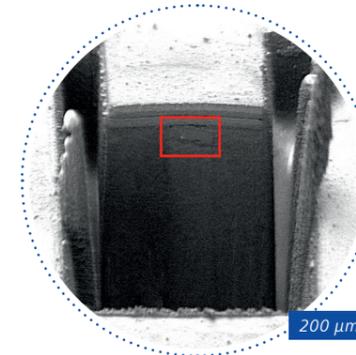
Angesichts der höheren Fertigungsqualität und modernster Technologien zur Oberflächenbearbeitung sind Defekte heute kleiner und seltener. Aus diesem Grund müssen Mikroskopieverfahren eingesetzt werden, um Oberflächendefekte zu finden, zu lokalisieren, zu präparieren, zu untersuchen und ihre Ursachen zu bestimmen. In dieser Broschüre wird ein korrelativer Ansatz zur effizienten mikroskopischen Untersuchung bei der Defektanalyse vorgestellt. Dabei werden Aufgaben der Lichtmikroskopie mit dem Digitalmikroskop ZEISS Smartzoom 5 und die Präparation und Untersuchung mit ZEISS Crossbeam laser durchgeführt. Die Korrelation beider Systeme zur präzisen Fehlerlokalisierung im FIB-REM erfolgt über ZEISS ZEN Connect.



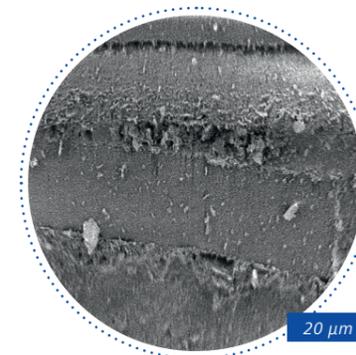
Überlagerung des lasergefrästen Spalts, Ausschnitt des Lichtmikroskop-Bilds; REM, SESI, 450x.



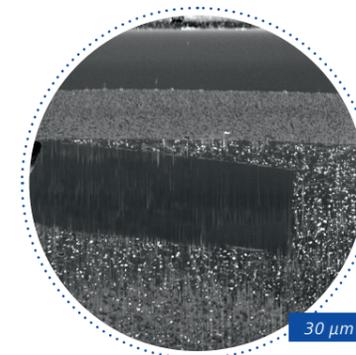
Überlagerung des lasergefrästen Spalts, Ausschnitt des Lichtmikroskop-Bilds.



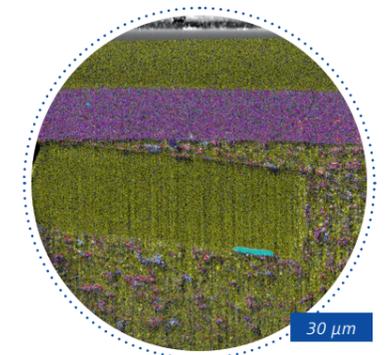
Lasergefräster Querschnitt durch Oberflächendefekt, verdächtiges Detail unter Farbschichten erkennbar; REM, SESI, 50x.



Verdächtiges Detail im Grundmaterial unter Farbschicht, lasergefräste Oberfläche; REM, SESI, 450x.



FIB nach Polieren, gute Oberflächenqualität mit deutlich erkennbaren Details; REM, Inlens, 450x.



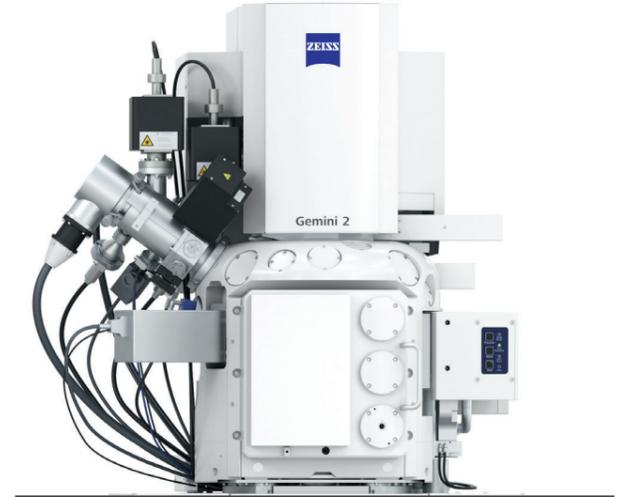
EDX-Elementverteilungsbild des FIB-polierten Bereichs; Gelb: Intensität von C, Blau: Intensität von Al, Rosa: Intensität von Ti, Rot: Intensität von Si.

Die Suche nach der Ursache einzelner und kleiner Defekte auf großen Proben kann viel Zeit in Anspruch nehmen. Um bei der Defektanalyse dennoch effizient zu bleiben, benötigen Sie einen Workflow, mit dem sich Bildbereiche komfortabel lokalisieren, dokumentieren, wiederauffinden, präparieren und untersuchen lassen. Rasterelektronenmikroskope mit einem fokussierten Ionenstrahl (FIB-REM) überwinden die Grenzen der konventionellen materialografischen Probenpräparation. Da Elektronenmikroskope jedoch typischerweise über ein recht enges Sehfeld verfügen, ist es manchmal einfacher, den Lokalisierungsschritt an einem Lichtmikroskop durchzuführen. Aus diesem Grund benötigen Benutzer ein System, mit dem sie im Lichtmikroskop den Bildbereich lokalisieren und im FIB-REM dann wiederauffinden können.

Genau das bietet die Softwarelösung ZEISS ZEN Connect in Kombination mit ZEISS ZEN Data Storage. Der neue Femtosekundenlaser der ZEISS Crossbeam Produktfamilie ermöglicht zudem die punktgenaue Präparation auch über große Bereiche. Sehen Sie sich das Beispiel oben an: Durch die Querschnittserstellung mit dem FIB, dem Polieren mit dem Femtosekundenlaser und die anschließende EDX-Analyse konnten Reste von Kohlenstofffasern als Ursache für die Oberflächendefekte ausgemacht werden. Durch diese Form von korrelativer Mikroskopie können auch mehrere Bildbereiche hintereinander ganz effizient untersucht werden. Sämtliche Ergebnisse werden anschließend in einem gemeinsamen Projekt gespeichert. Mit der Softwareoption ZEISS ZEN Data Storage können Sie jederzeit vollständig auf diese Daten zugreifen und erneut für weitere Untersuchungen oder Berichte heranziehen.

# Lösungen für alle Ansprüche

## Die Rasterelektronenmikroskop-Serien von ZEISS



### ZEISS EVO Produktfamilie Einstiegs-System

Konventionelles Rasterelektronenmikroskop für anspruchsvolle analytische EDX-Workflows

- Geeignet für Routineanwendungen
- Doppelkondensator für beste Materialsignale in Ihrer EDX-Routine
- Flexibel, leistungsstark und erschwinglich
- Die intelligente Alternative zum Tisch-REM
- Hoher Durchsatz und schnelle Ergebnisse

#### Vereinfachte Bedienoberfläche: ZEISS SmartSEM Touch

Vordefinierte Workflows und anwendungsübliche Parameter für Mikroskopie-Einsteiger in Mehrbenutzerumgebungen.

#### Erweiterter Druckmodus

Hydrierte, verschmutzte Proben können dank TTL-Pumpe (Through the Lens) in ihrem natürlichen Zustand untersucht werden.

#### Große Kammer

Untersuchung großer Proben oder mehrerer Proben gleichzeitig zur Steigerung der Effizienz.

#### Langlebigkeit

Eine lohnende Investition, die weit mehr als ein Jahrzehnt lang gute Dienste leisten kann.

#### ZEISS SmartPI (Smart Particle Investigator)

Vollautomatisierte Lösung für die Partikelanalyse entsprechend den Normen ISO 16232 und VDA 19 Teil 1 und 2.

**Auflösung bei 1 kV:** 9 nm



Weitere Informationen zur  
ZEISS EVO Produktfamilie:  
[www.zeiss.com/evo](http://www.zeiss.com/evo)

### ZEISS Sigma Produktfamilie Fortgeschrittenes System

Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop für Imaging mit höchstem Qualitätsanspruch und analytische Mikroskopie auf höchstem Niveau

- Präzise, reproduzierbare Resultate von jeder Probe
- Schneller und einfacher Versuchsaufbau
- Auf Grundlage der bewährten Gemini-Technologie
- Flexible Detektion für kristallklare Bilder
- Sigma 500 verfügt über die beste EDX-Geometrie seiner Klasse

#### Vereinfachte Bedienoberfläche: ZEISS SmartSEM Touch

Vordefinierte Workflows und anwendungsübliche Parameter für Mikroskopie-Einsteiger in Mehrbenutzerumgebungen.

#### RISE (Raman-Imaging- und Rasterelektronenmikroskopie)

Integrierte Lösung für konfokale Raman-Analysen desselben Interessensbereichs.

#### Inlens-Duo-Detektor

Detektion hochaufgelöster topographischer Informationen im Hochvakuummodus.

#### ZEISS SmartPI (Smart Particle Investigator)

Vollautomatisierte Lösung für die Partikelanalyse entsprechend den Normen ISO 16232 und VDA 19 Teil 1 und 2.

#### 3D-Oberflächenmodelle mit 3DSM

Echtzeit-Rekonstruktion der Topografie mittels BSD-Detektor mit 4 parallelen Kanälen für schnelle quantitative Informationen.

**Auflösung bei 1 kV:** 1,3 nm



Weitere Informationen zur  
ZEISS Sigma Produktfamilie:  
[www.zeiss.com/sigma](http://www.zeiss.com/sigma)

### ZEISS GeminiSEM Produktfamilie High-End-System

Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop für höchste Anforderungen an Subnanometer-Imaging, Analytik und Probenflexibilität

- Höchste Bildqualität und Flexibilität
- Erweiterte Imaging-Modi
- Hocheffiziente Detektion, erstklassige Analytik
- ZEISS Gemini Technologie: Seit über 25 Jahren immer weiter perfektioniert
- Große Auswahl an Detektoren für umfassende Abdeckung von Anwendungsmöglichkeiten

#### NanoVP

Marktführendes Vakuum mit variablem Druck bis 500 Pa, zur Reduzierung von Aufladungseffekten nichtleitender Proben.

#### Inlens-EsB-Detektor

Energieselektiver Inlens-Rückstreudetektor für besonders oberflächen-sensiblen Materialkontrast, z. B. für Faserdickenmessungen.

#### Smart Autopilot

Neue elektronenoptische Engine für klare, scharfe Bilder innerhalb von Sekunden.

#### Analyse

Verfügt über Gemini 2 und Doppelkondensator, ideal für EBSD- und EDX-Analysen im Rahmen anspruchsvollster Workflows.

#### Mechanische In-situ-Tests

Automatische Hochtemperatur-Minuzugversuche für Spannungs-Dehnungs-Diagramme in Echtzeit.

**Auflösung bei 1 kV:** 0,8 nm



Weitere Informationen zur  
ZEISS GeminiSEM Produktfamilie:  
[www.zeiss.com/geminiSEM](http://www.zeiss.com/geminiSEM)

### ZEISS Crossbeam Produktfamilie Premium-System

Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop für 3D-Analysen und Probenpräparation mit hohem Durchsatz

- FIB-REM-Analysen in bester 3D-Auflösung
- Ionenstrahl- und Elektronenstrahl-System
- Tool zur Probenpräparation
- Umfassende Probencharakterisierung
- EDX, EBSD, WDX, SIMS und weitere auf Anfrage
- Maximaler Einblick in die Proben durch zielgerichtete Analyse in der dritten Dimension

#### TEM-Probenpräparation

Ganzheitliche automatisierte Präparation von TEM-Lamellen, mithilfe eines dreistufigen Workflows für genaueste Informationen zur Dicke.

#### Kombination aus Laser und FIB

Mithilfe eines Femtosekundenlasers an ZEISS Crossbeam profitieren Sie von massivem Materialabtrag bei minimaler Probenschädigung.

#### Höherer Probendurchsatz bei FIB-Anwendungen

Intelligente Strategien zum Materialabtrag verkürzen Arbeitsabläufe um bis zu 40 %.

**Auflösung bei 1 kV:** 1,4 nm



Weitere Informationen zur  
ZEISS Crossbeam Produktfamilie:  
[www.zeiss.com/crossbeam](http://www.zeiss.com/crossbeam)

# ZEN – ZEISS

## Efficient Navigation

ZEISS ZEN core: Die Software-Suite für vernetzte Mikroskopie und Bildanalyse

### Komplette Übersicht auf einen Blick: eine Benutzeroberfläche für die Ergebnisse aller Mikroskope

ZEISS ZEN core kann mehr als simples Imaging in Mikroskopieanwendungen – ZEN core ist die umfangreichste Lösung für Bildgebung, Segmentierung, Analyse und Datenkonnektivität. Es ist Ihr Knotenpunkt in der vernetzten Mikroskopie. Passen Sie die Funktionen an Ihre spezifischen Anwendungen an und definieren Sie Workflows, die den Erfahrungsstand der Mikroskopnutzer in Ihrer Mehrbenutzerumgebung berücksichtigen.

Bei der Verarbeitung werden die Daten der verschiedenen Geräte zu einem einzigen Analyseergebnis zusammengeführt. Ein gutes Beispiel ist die Qualitätssicherung: Ganz gleich, ob Sie elektrische Bauelemente oder lackierte Karosserieteile auf Defekte prüfen – im ersten Schritt wird die Probe immer einer Sichtprüfung unter dem Lichtmikroskop unterzogen. Sobald ein Fehler lokalisiert wurde, beginnt die Ursachenanalyse. An diesem Punkt kommt das Rasterelektronenmikroskop für die Materialanalyse und hochauflösendes Imaging ins Spiel.

Obwohl Proben je nach verwendetem Mikroskop völlig unterschiedlich aussehen, kann ZEISS ZEN core markierte Bereiche während des Analyseprozesses immer wieder auffinden. Dafür werden Daten und Bilder einfach zusammengeführt. Auf diese Weise gehört die mühsame Suche nach dem Prüfpunkt nach Wechsel der Mikroskopiemethode der Vergangenheit an. Die Bilder werden automatisch überlagert oder kombiniert, um die größtmögliche Menge an Informationen sichtbar zu machen. Dies erleichtert die standortübergreifende datenbasierte Zusammenarbeit.

### Automatisierte Workflows für die Mikroskopie auf Knopfdruck

Durch die vollständige Automatisierung von Workflows mithilfe künstlicher Intelligenz (KI) erreicht Ihre Produktivität eine neue Dimension.

Die automatisierte Bildaufnahme mit KI-gestützter Markierung von Interessensbereichen ist bereits länger eine Standardfunktion. Darüber hinaus kann die KI aber auch die Segmentierung von Bildern vornehmen – eine bahnbrechende Funktion, die bis vor kurzem noch eine rein menschliche Aufgabe war. Und auch Analysen und Berichterstellung sind mittlerweile automatisierte Tätigkeiten.

Für präzise Ergebnisse ist jedoch mehr erforderlich als nur die korrekte Erkennung von Partikeln oder Phasen: Auch die automatische Klassifizierung der untersuchten Objekte in der Mikrostruktur muss jederzeit korrekt sein. Eine grundlegende Verbesserung dieser Funktion wird bei ZEN durch maschinelles Lernen erreicht.

### Personalisierter Workflow vom ZEISS Solutions Lab

#### 1 Input

2 **Bildaufnahme und Verarbeitung:** z. B. KI-gestützte Rauschunterdrückung

3 **Bildsegmentierung:** z. B. KI-gestützte Phasen- und Partikelunterscheidung

4 **Klassifizierung/Messung:** z. B. KI-gestützte Unterklassenbestimmung und Messung

5 **Bericht:** direkt aus ZEN core



Erfahren Sie mehr unter:  
[www.zeiss.com/solutions-lab](http://www.zeiss.com/solutions-lab)

# Korrelative Mikroskopie im Blickpunkt. ZEISS ZEN Connect.



ZEISS ZEN Connect ermöglicht die korrelierte Darstellung von Bildern verschiedener Mikroskoptypen (z. B. Licht- und Elektronenmikroskop) in einer zusammenhängenden Darstellung. Besonders für die detaillierte Untersuchung von großen Übersichtsbildern, wie z. B. von Batteriezellen, ist dies ein großer Vorteil.

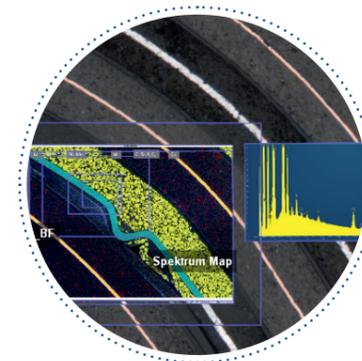
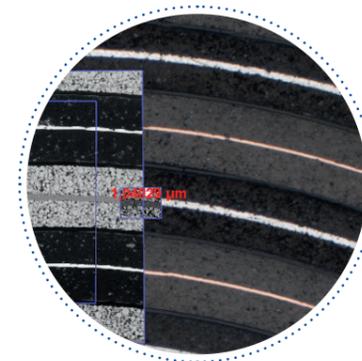
Organisieren und visualisieren Sie unterschiedliche Mikroskopiebilder, um multimodale Daten zu verbinden – und das alles an einem Ort. Diese offene Plattform versetzt Sie in die Lage, schnell von allgemeinen Übersichten zur hochauflösenden Bilddarstellung zu wechseln, auch wenn Sie Daten von Drittanbietern verwenden. Mit ZEN Connect können Sie nicht nur alle Bilddaten ausrichten, überlagern und im Kontext darstellen – Sie können sogar die Bildformate Ihrer externen Bilder speichern, solange diese dem etablierten Bio-Formats-Standard entsprechen. So können Sie problemlos Proben und Bilddaten zwischen verschiedenen Licht- und Elektronenmikroskopen übertragen.

ZEN Connect liefert Ihnen mit einem Minimum an Aufwand ein Maximum an relevanten Daten: Sämtliche Interessensbereiche werden nach einmaliger Ausrichtung automatisch wiedergefunden und im Kontext dargestellt. Zusätzlich

können Sie Daten aus unterschiedlichen Modalitäten zusammenführen. ZEN Connect stellt Ihnen auch eine Reihe von Softwareoptionen zur Verfügung, um eine perfekte Ausrichtung der Bilder zu gewährleisten.

Alle mit ZEN Connect erfassten Bilder können in einer übersichtlich strukturierten Datenbank gespeichert werden. Jede Bilddatei erhält dabei automatisch eine individuell vordefinierte Bezeichnung. Jedes Überlagerungsbild und der dazugehörige Datensatz sind leicht zu finden, und mit der neuen Schnell-Filterfunktion kann der Benutzer sogar nach Mikroskoptyp und Imaging-Parametern suchen. Weitere Schritte können die integrierten Berichtsfunktionen und die vielfältigen Exportfunktionen sein, wie z. B. für Videos.

- Grafische Datenerfassung: Unterstützt den Import und das Anhängen von Bildern und anderen Dateien, z. B. Berichte und Beschreibungen (pdf, pptx, xlsx, docx, usw.).
- Einfache Navigation: Durch Anklicken des Übersichtsbildes können alle ROIs mit Überlagerung des vollständigen Bildes neu untersucht oder ausgewertet werden.

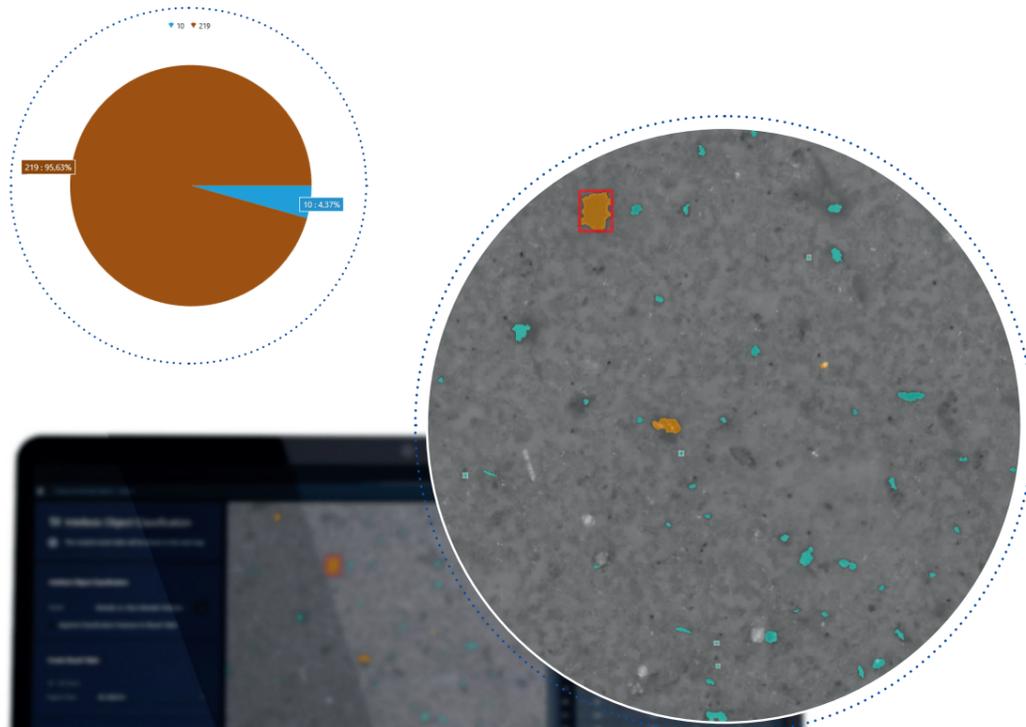


ZEISS ZEN Connect ermöglicht sogar den Import und die Korrelation anderer Daten, wie EDX-Ergebnissen. Kompatibel mit EDX-Systemen führender Hersteller.

# Intelligenter. Zeitsparender. ZEISS ZEN Intellesis.

Dank bewährter Verfahren des maschinellen Lernens wie Pixelklassifizierung oder Deep Learning erzielen auch fachfremde Anwender mit ZEN Intellesis belastbare, reproduzierbare Segmentierungsergebnisse. Sie laden einfach Ihr Bild in die Software-Suite ZEN core, definieren Ihre Klassen, kennzeichnen Pixel, trainieren Ihr Modell und lassen die Segmentierung durchführen – und bleiben dabei stets in der gleichen Benutzeroberfläche.

Die Software muss nur einmal an einigen wenigen Bildern trainiert werden, um Stapel mit Hunderten von Bildern automatisch segmentieren zu können. Das spart nicht nur Zeit, sondern reduziert auch den Raum für benutzerbedingte Abweichungen. Sämtliche zeitaufwendigen Segmentierungsschritte für die unzähligen ähnlichen Bilder werden dann von den leistungsstarken Machine-Learning-Algorithmen ausgeführt. Komplexe multidimensionale und multimodale Daten lassen sich unabhängig von ihrer Quelle analysieren. Sie können sogar Ihre eigenen Deep-Learning-Modelle importieren und verwenden.



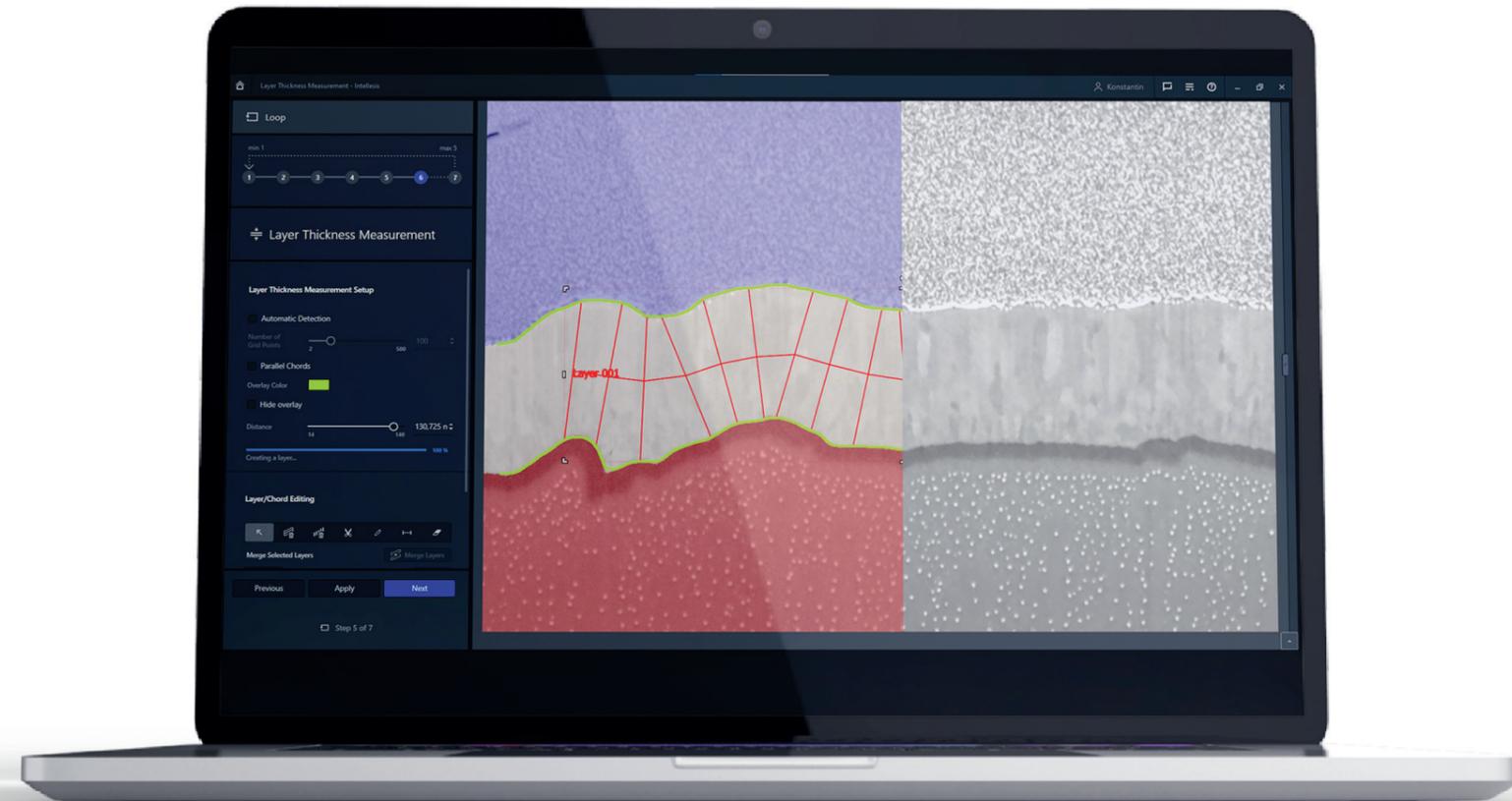
ZEISS ZEN Intellesis ermöglicht die Partikelidentifizierung mittels maschinellem Lernen, woraus sich eine höhere Präzision bei der Partikelidentifizierung ergibt. Darüber hinaus können die Algorithmen für maschinelles Lernen auch auf die Bildsegmentierung und Objektklassifizierung angewandt werden.

Mithilfe von „Object Classification“ von ZEN Intellesis können die segmentierten Partikel weiter klassifiziert und in Unterklassen eingeteilt werden. Anhand dieser Informationen kann die Partikelzählung pro Klasse durchgeführt werden.

ZEN Intellesis unterstützt die einfache Segmentierung multidimensionaler Bilder aus zahlreichen unterschiedlichen Imaging-Quellen, darunter Weitfeld-, Superauflösungs-, Fluoreszenz-, Elektronen- und Röntgenmikroskopie mit konfokaler Abbildung. Die Bildanalyse-Apps zur Auswertung ermöglichen dann die automatische Erstellung von Berichten und die Messung gemäß internationaler Industriennormen, wie DIN EN ISO, ASTM und GB/T.

Einen innovativen Ansatz verfolgt ZEN Intellesis bei der Klassifizierung nach der Segmentierung. Anders als bei einer typischen Lösung auf Basis von maschinellem Lernen werden nicht einzelne Pixel betrachtet, sondern mehr als 50 gemessene Eigenschaftskriterien pro Objekt verwendet, um diese automatisch zu unterscheiden und zu unterklassifizieren. Dieser Klassifizierungsprozess arbeitet mit tabellarischen Daten und ist damit wesentlich schneller als etwa die Segmentierung durch speziell trainierte neuronale Netzwerke mit Deep Learning.

*Halbautomatische Schichtdickenmessung:  
Überlagerung des FIB-Querschnitts von CIGS-Solarzellschichten: Ergebnis nach Erfassung mit Crossbeam 550 Inlens-Detektor (rechts) und nach Segmentierung mittels maschinellem Lernen mit ZEISS Intellesis (links).*



# Intelligenten Stahl herstellen mit KI-gestützter Softwareanalyse



ArcelorMittal, das weltweit führende Stahl- und Bergbauunternehmen, setzt auf die Entwicklung intelligenterer Stähle, die sauberer, stärker und wiederverwendbar sind.



*Wir verwenden ZEISS ZEN Intellesis für die automatische Segmentierung und um so bei Dualphasenstahl die Bestandteile der zweiten Phase besser analysieren zu können. Es verändert die Art, wie wir Materialien charakterisieren, und führt zu schnelleren und zuverlässigeren Ergebnissen.*

**Das Team von ArcelorMittal Tubarão**

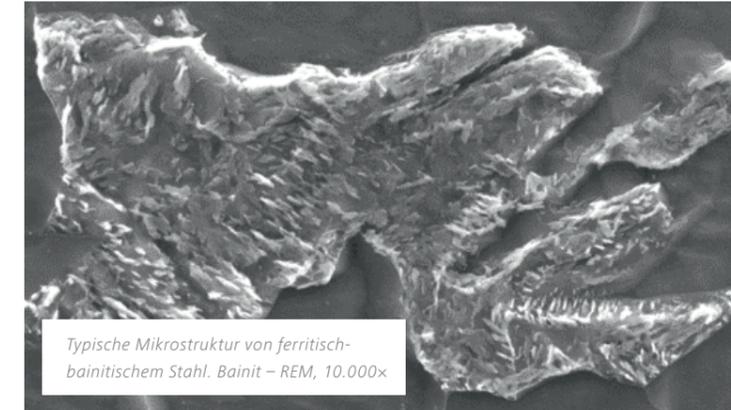
ArcelorMittal nutzt sein metallurgisches Fachwissen, um Legierungskonzepte und Prozessparameter zu entwickeln, die den spezifischen Kundenanforderungen entsprechen. Davon ausgehend wird eine ganze Reihe von Qualitätskontrollkriterien erarbeitet, die gewährleisten, dass der Stahl für die jeweilige Anwendung geeignet ist.



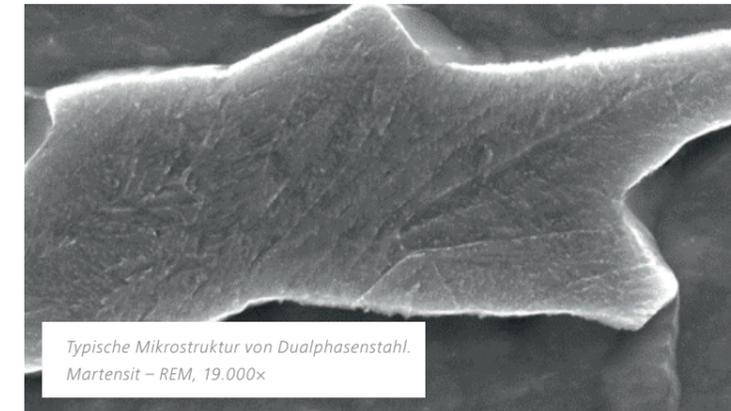
Den vollständigen Kundenbericht finden Sie hier:  
[zeiss.ly/40a8](https://zeiss.ly/40a8)

## Mit ZEISS Intellesis profitiert das Unternehmen von der Rasterelektronenmikroskopie und künstlicher Intelligenz (KI).

Die Klassifizierung mit ML-Algorithmen ist wesentlich störungsresistenter als eine konventionell durchgeführte Klassifikation. Mit ihrer Hilfe können Merkmale unterschieden werden, die sich in ihren REM-Graustufenwerten kaum oder gar nicht unterscheiden und sich nur anhand ihrer Textur differenzieren lassen. Das ist eine enorme Leistungssteigerung im Vergleich zur typischen Softwarecharakterisierung, die sich ausschließlich auf 2D-Bilder und Graustufenunterschiede stützt. Je nach Fertigungsbedingungen können sich in ein und demselben Stahl sehr unterschiedliche und komplexe Wechselwirkungen ausbilden. Diese mikrostrukturellen Prozesse münden letztendlich in abweichenden mechanischen Eigenschaften. Die großflächige, zuverlässige und schnelle Charakterisierung dieser Phasen ist für viele Anwendungen von größter Bedeutung, u. a. für die Entwicklung neuer Produkte oder für die Schadensanalyse. Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die bei der Entwicklung neuer und fortschrittlicherer Stähle eine Führungsrolle einnehmen wollen, müssen ihre Fähigkeiten und Möglichkeiten in den Bereichen Fertigungssimulation und Produktcharakterisierung deutlich ausbauen. Nur so lässt sich mit den zunehmend komplexen und anspruchsvollen technischen Entwicklungen in der Stahlproduktion Schritt halten.



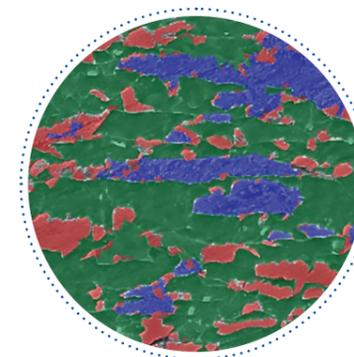
Typische Mikrostruktur von ferritisch-bainitischem Stahl. Bainit – REM, 10.000x



Typische Mikrostruktur von Dualphasenstahl. Martensit – REM, 19.000x



Prozentwerte: Martensit 22,86 % //  
Bainit 12,16 % // Ferrit 64,98 %  
Dauer: 18 min



Martensit 22,82 % // Bainit  
13,39 % // Ferrit 63,79 %  
Dauer: 2 min

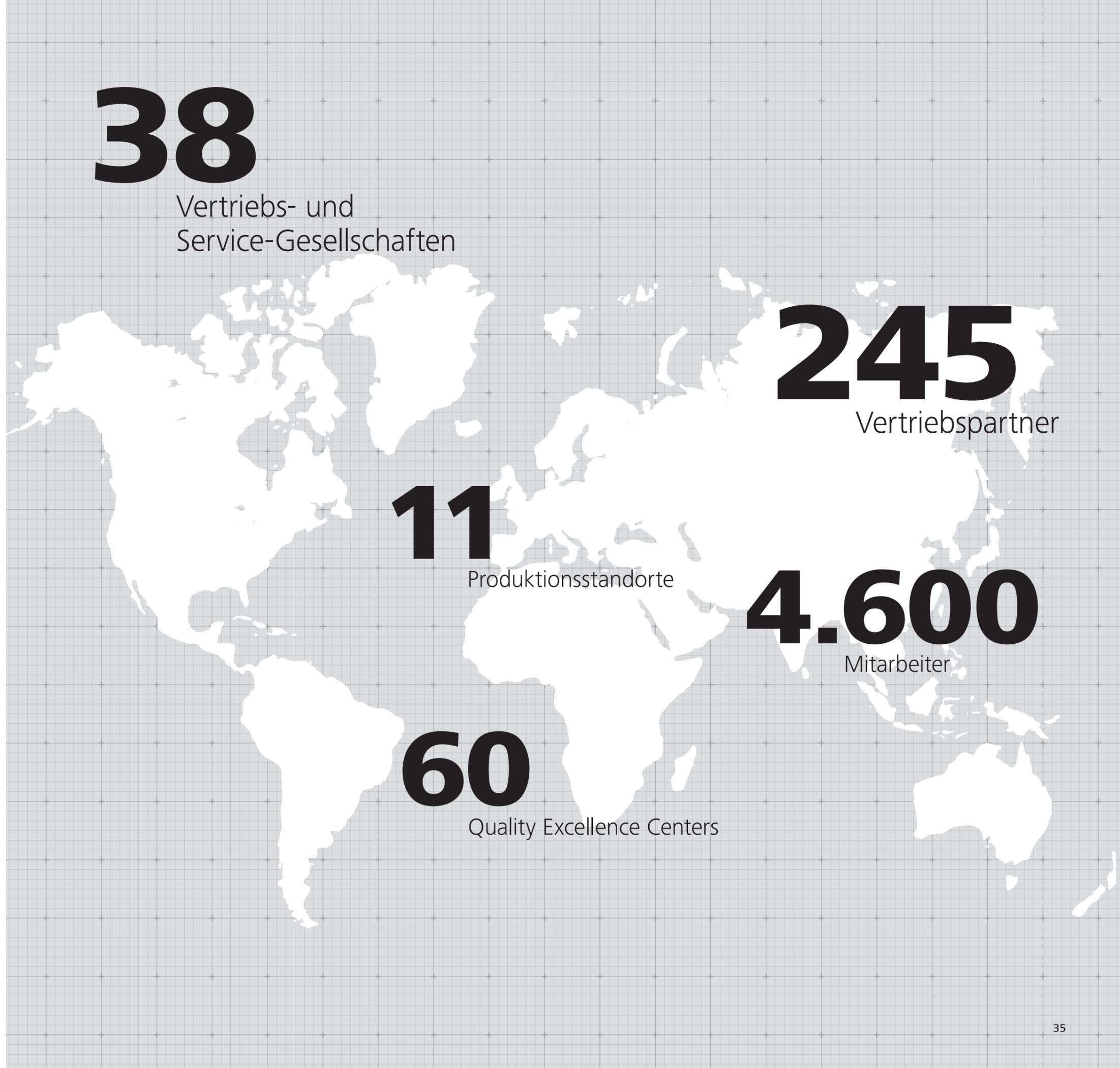
*Klassifizierung in Bainit, Martensit und Ferrit.  
Links: Die Punkte, die für die Zählung des Stahlgitters verwendet werden, und insbesondere die Verwendung von zwei verschiedenen Farben ermöglichen eine genaue Unterscheidung zwischen den verschiedenen Phasen innerhalb derselben Mikrostruktur.  
Rechts: Hier unterscheidet ZEISS ZEN Intellesis die Stahlphasen anhand der KI-gestützten Pixel-Einfärbung. Das ist nicht nur schneller, sondern auch wesentlich effizienter. Die Primärphase besteht aus Ferrit (grün) und die Sekundärphasen aus Bainit (blau) und Martensit (rot).*

# DAS GLOBAL Quality NETWORK

ZEISS Industrial Quality Solutions ist ein weltweit führender Anbieter im Bereich Qualitätssicherung und -prüfung. Mehr als 4.600 Mitarbeiter in über 100 Vertriebs- und Servicezentren unterstützen Kunden rund um den Globus. ZEISS ist ein anerkannter führender Partner für Automobilbau, Luft- und Raumfahrt, Maschinenbau, Medizintechnik, Elektronikbranche und Kunststoffindustrie.

Das Lösungsspektrum reicht von Koordinatenmessgeräten über optisches 3D-Scanning und 3D-Tests bis hin zu Computertomografie und Mikroskopie. ZEISS kombiniert erprobte Hardware mit leistungsfähiger Software zur Prüfung, Analyse und Auswertung von Qualitätsdaten.

Alle Hauptkomponenten wie Steuerung, Software, Messsysteme und Sensorik werden selbst entwickelt und hergestellt. Durch umfassende Kompetenzen in den Bereichen Lade- und Automatisierungssysteme sowie schlüsselfertige Komplettlösungen bietet ZEISS die nahtlose Einbindung in kundenseitige Qualitätssicherungsprozesse. Abgerundet werden diese Vorteile durch ein breites Produktportfolio, das es unseren Kunden ermöglicht, sowohl aktuelle als auch zukünftige Herausforderungen erfolgreich zu meistern.



**Carl Zeiss IQS Deutschland GmbH**

Carl-Zeiss-Straße 22  
73447 Oberkochen, Deutschland  
Tel.: +49 7364 20-6337  
Fax: +49 7364 20-3870

[info.metrology.de@zeiss.com](mailto:info.metrology.de@zeiss.com)  
[www.zeiss.de/imt](http://www.zeiss.de/imt)