

SGS-GRUPPE **DEUTSCHLAND**

**Analytik für Charakterisierung und Innovation
Tribologischer System-Komponenten**

Dr. Olaf Günnewig

WHEN YOU NEED TO BE SURE



DATEN & FAKTEN



N°1
WELTWEIT DIE
NUMMER EINS

95,000
MITARBEITER

2,400
STANDORTE UND
LABORE



14
BRANCHEN, DIE
SGS WELTWEIT
BEAUFTRAGEN

1878
GRÜNDUNG IN
ROUEN (F)

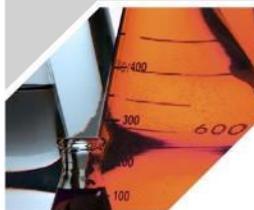
LANDWIRTSCHAFT
UND LEBENSMITTEL



AUTOMOTIVE



CHEMIKALIEN



BAUWERBE



KONSUMGÜTER UND
HANDEL



ENERGIE



INDUSTRIE-
FERTIGUNG



BRANCHEN WELTWEIT

LIFE SCIENCES



LOGISTIK



BERGBAU



ÖL UND GAS



ÖFFENTLICHER
SEKTOR



FINANZWESEN



LUFTFAHRT



Tribologie

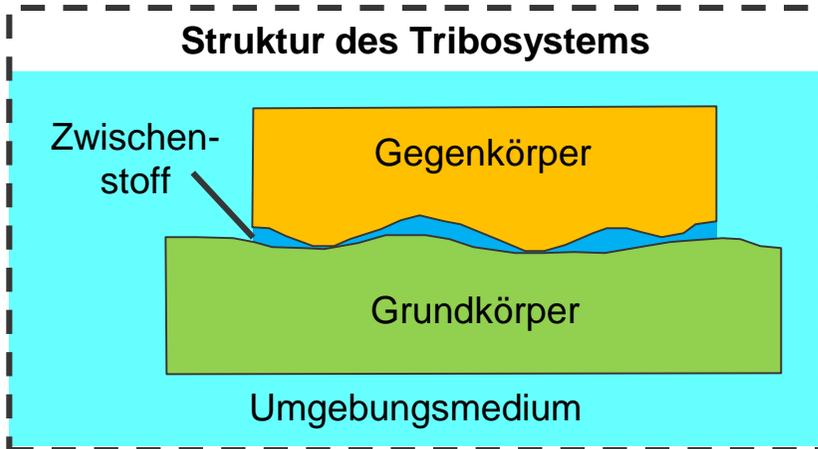
- Tribologie ist die Wissenschaft und Technik von aufeinander einwirkenden Oberflächen in Relativbewegung. Sie umfasst das Gesamtgebiet von Reibung und Verschleiß, einschließlich Schmierung, und schließt entsprechende Grenzflächenwechselwirkungen sowohl zwischen Festkörpern als auch zwischen Festkörpern und Flüssigkeiten oder Gasen ein.
- Tribologie trägt durch Minderung von Verschleiß und Optimierung von Reibungsbedingungen zur Erhaltung von Werten bei.

Tribologisches System (Tribosystem)

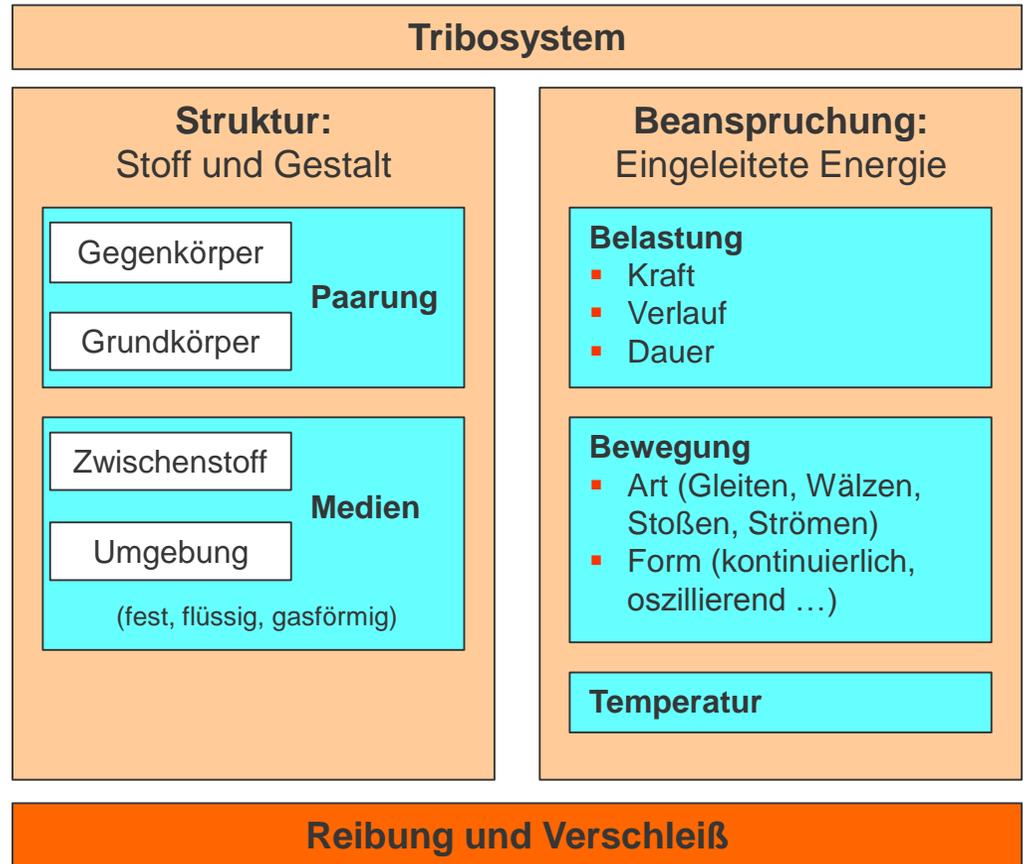
- Das tribologische System beinhaltet alle an einer tribologischen Beanspruchung beteiligten stofflichen Komponenten und ihre Eigenschaften mit den sich bei ihnen ergebenden Veränderungen sowie die für die Beanspruchung charakteristischen Vorgänge und Größen.

Schema eines tribologischen Systems

Beanspruchung

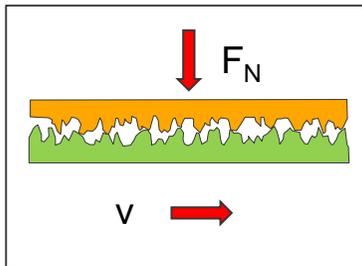


Kennzeichnende Elemente eines Tribosystems

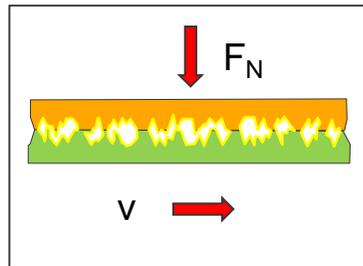


Reibungszustände

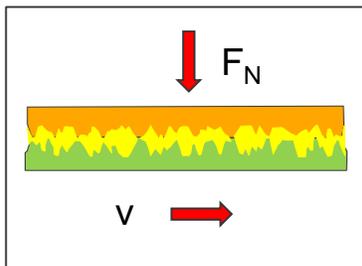
Festkörperreibung



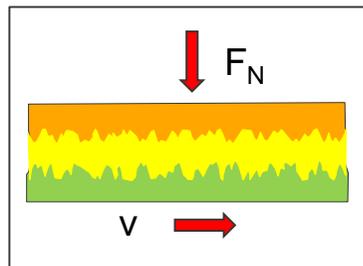
Grenzreibung



Mischreibung

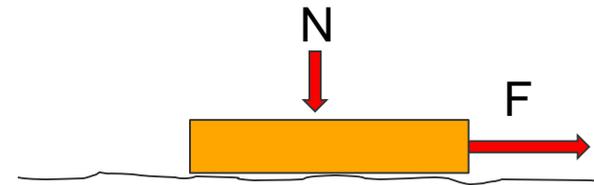


Flüssigkeitsreibung



Reibungskoeffizient

$$F = \mu N$$

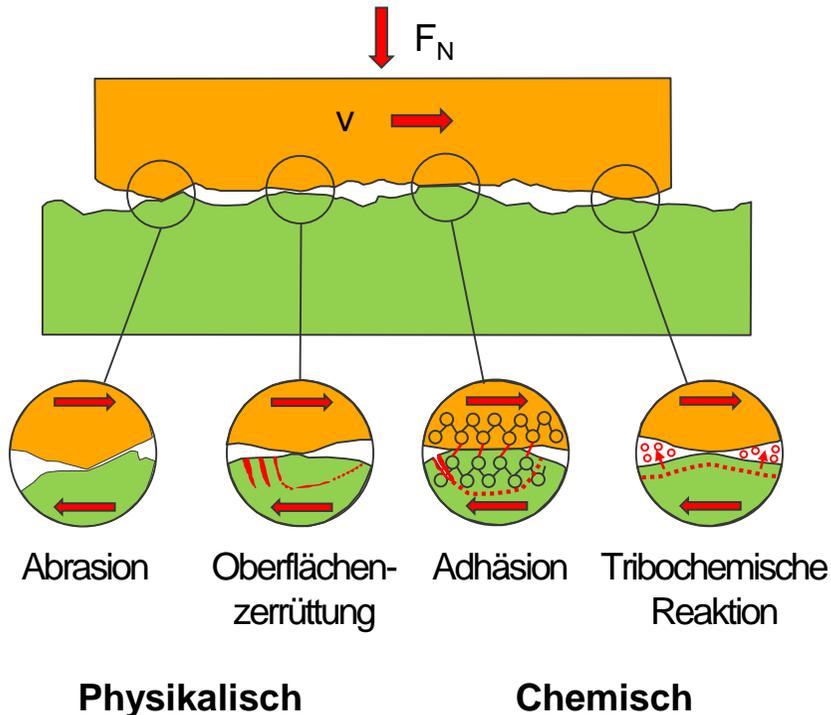


Der Reibungskoeffizient
 $\mu = F/N$

Der Reibungskoeffizient hängt ab von

- Oberflächenrauheit
- Schmiermittel / Zwischenstoff
- Oberflächenchemie
- Kontaktstress
- Kontaktgeometrie
- Umgebungsbedingungen
- Temperatur
- Gleitgeschwindigkeit
- Zeit, ...

Verschleißmechanismen



■ Adhäsion

Bildung von Haftverbindungen an den Grenzflächen, wobei der Verschleiß durch die nachfolgende Trennung der Grenzflächen auftritt (Materialübertrag: z.B. Kaltverschweißen)

→ *Fresser, Löcher, Kuppen, Schuppen, ...*

■ Abrasion

Abtrag von Material infolge von furchenden oder ritzen- den Beanspruchungen (Mikrozerspannung)

→ *Kratzer, Riefen, Mulden, Wellen, ...*

■ Oberflächenzerrüttung

Ermüdung und Rissbildung in oberflächennahen Bereichen infolge der tribologischen Wechselbeanspruchung

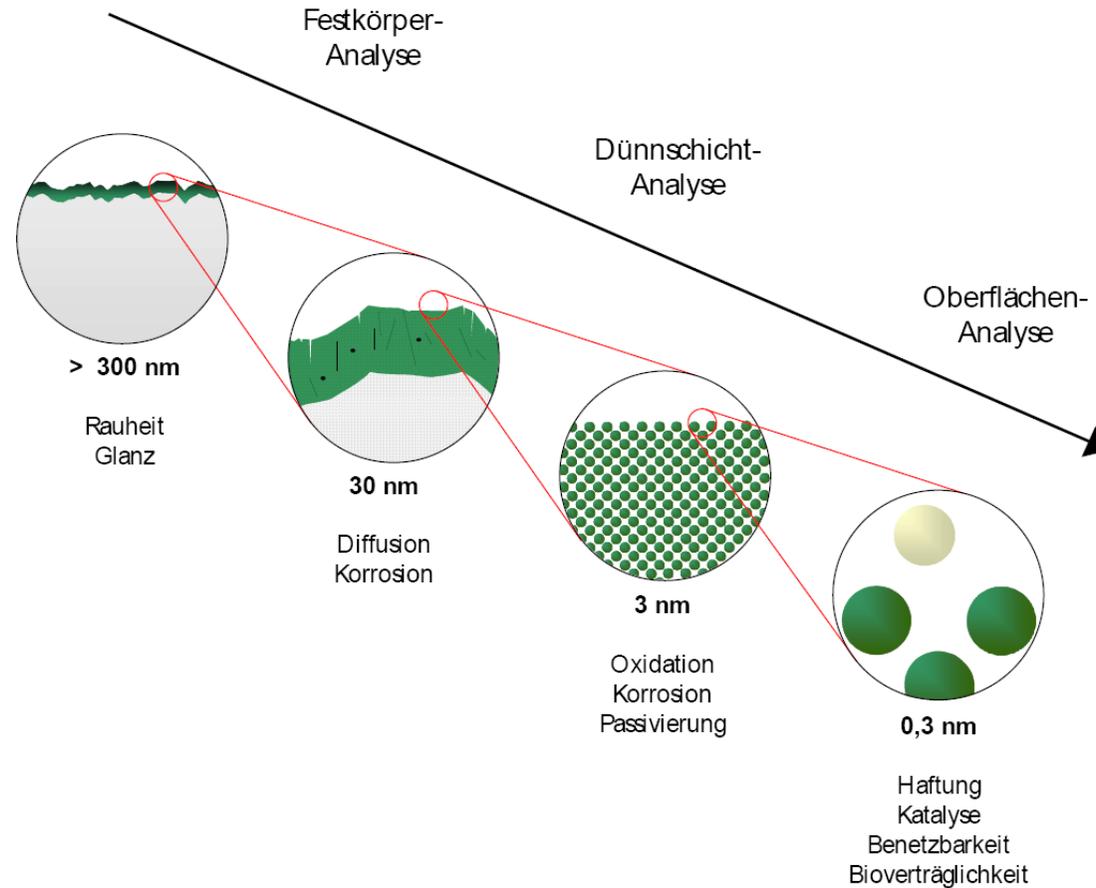
→ *Risse, Grübchen, ...*

■ Tribochemische Reaktion

Infolge der tribologischen Beanspruchung induzierte chemische Reaktion zwischen Grundkörper, Gegenkörper und angrenzenden Medien unter Entstehung von Reaktionsschichten oder -partikeln

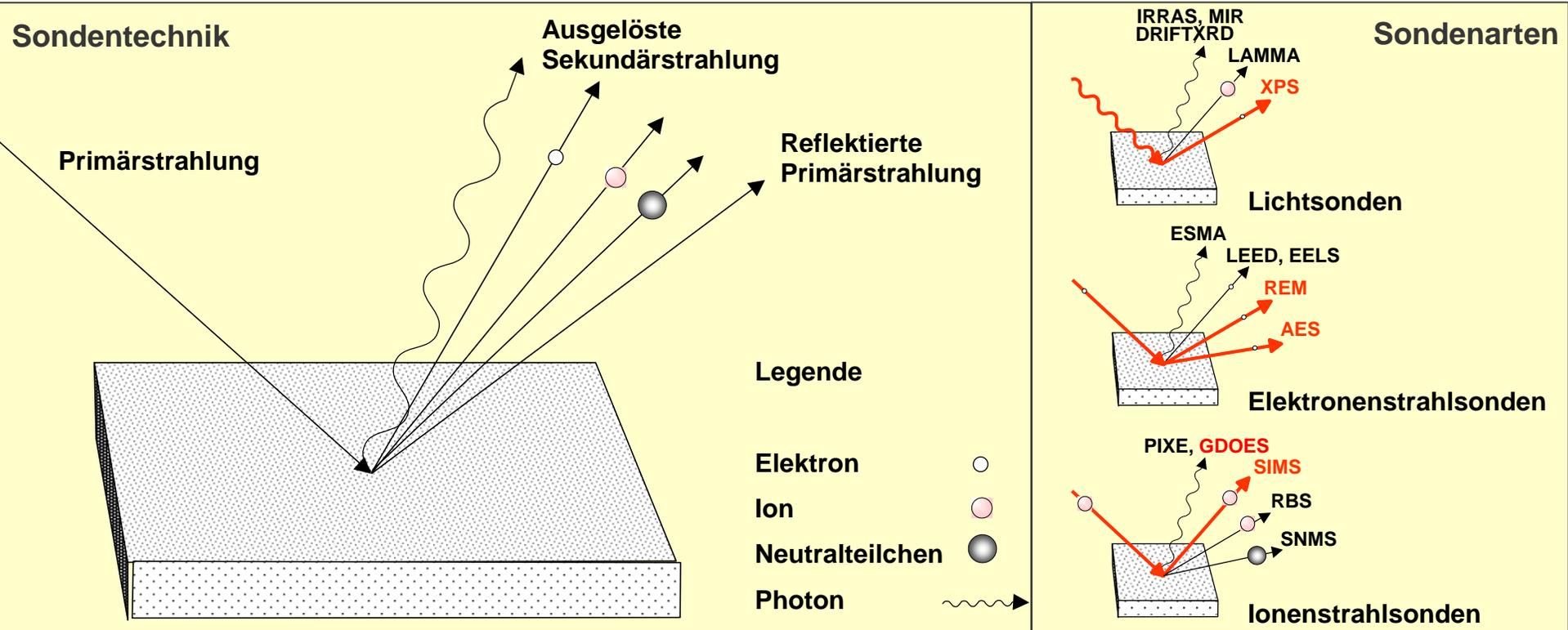
→ *Reaktionsprodukte (Schichten, Oxidation, Partikel) ...*

Charakterisierung der Werkstoffgrenzschichten erfordert oberflächenanalytische Methoden



Physikalische Verfahren in der Oberflächenanalytik

1. Beschuss des zu untersuchenden Objekts (Probe) mit einer Sondenstrahlung = **Primärstrahlung**.
2. Der bestrahlte Probenbereich wird von der Primärstrahlung angeregt. Hierbei kann es sich um Elektronen, Ionen, Neutralteilchen oder Photonen handeln.
3. Dieser Probenbereich emittiert die **Sekundärstrahlung** (Elektronen, Ionen, Neutralteilchen, Photonen)
4. Die Sekundärstrahlung wird detektiert. Sie enthält Informationen über die beschossenen Objektbereiche

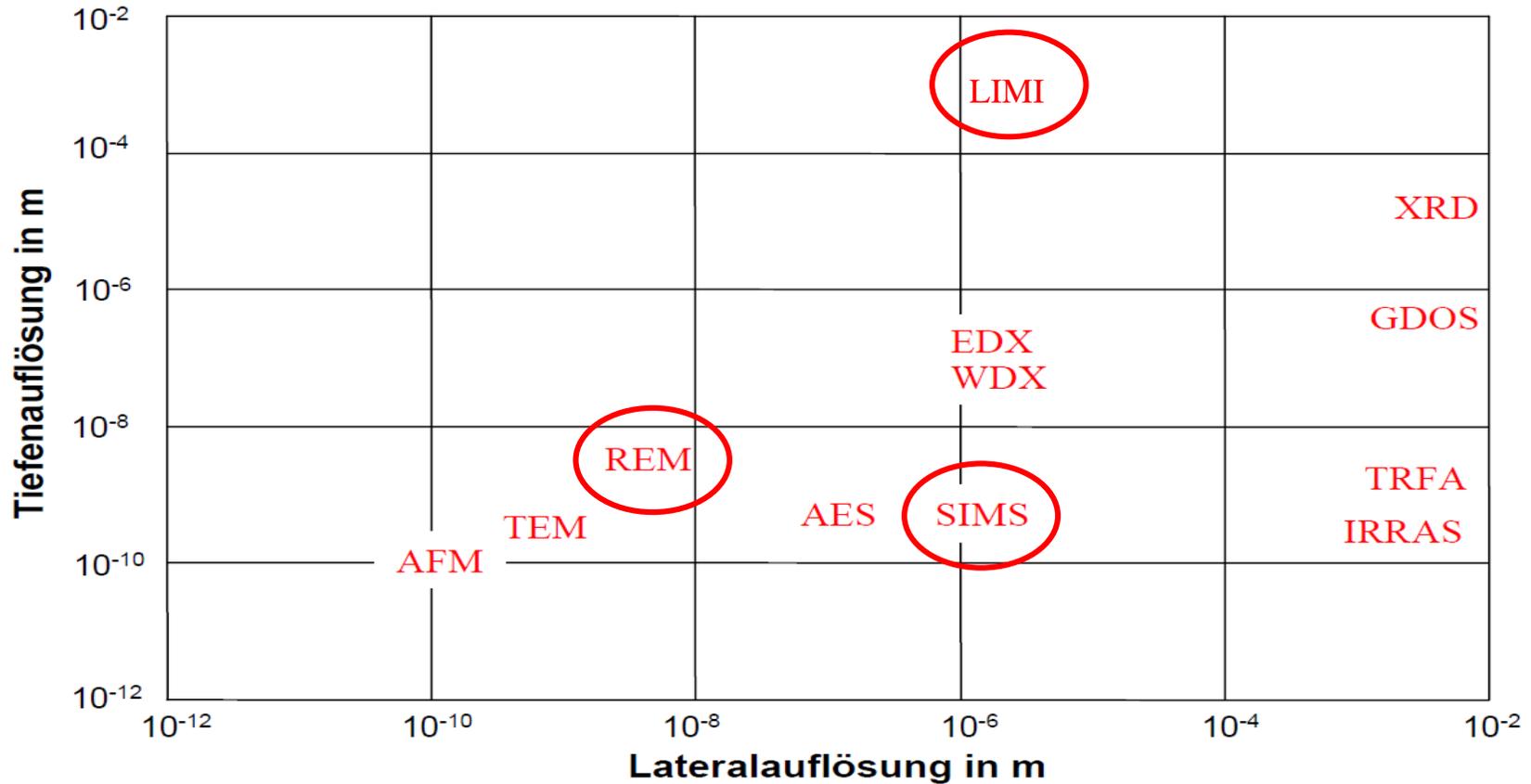


Ausgewählte Sondenverfahren und Verfahrensvarianten der Oberflächen- und Dünnschichtanalytik

Abkürzung	Verfahrensname
AES (SAM)	Augerelektronenspektroskopie (Scanning-Auger-Mikrosonde)
AFM	Atomic Force Microscopy (Raster-Kraftmikroskopie)
MFM	Magnetic Force Microscope (Magnetkraft-Mikroskop)
EFM	Electrostatic Force Microscope (elektrostatisches Kraftmikroskop)
LFM	Lateral Force Microscope (Lateralkraft-Mikroskop)
EELS (EEVS)	Electron Energy Loss Spektroskopie (Elektronen-Energieverlustspektroskopie)
ESMA (EMPA) ~ EDX ~ WDX	Elektronenstrahlmikroanalyse (Electron MicroProbe Analysis) Energiedispersive Röntgenspektroskopie Wellenlängendispersive Röntgenspektroskopie
GDOS	Glow Discharge Optical Spectroscopy (Glimmlampenemissions-Spektralanalyse)
GDMS	Glow Discharge Mass Spectroscopy (Glimmladungsmassen-Spektralanalyse)
IRRAS	Infra-Red Reflection Absorption Spectroscopy (Infrarot-Reflexions-Absorptionsspektroskopie)
LAMMA (LIMS)	Laser-Mikrosonden-Massenanalyse (Laser Ionization Mass Spectrometry)

Abkürzung	Verfahrensname
PTS	Gepulste Photothermische Spektroskopie
RBS	Rutherford-Backscattering-Spectroscopy (Rutherford-Rückstreu-Spektroskopie)
REM (SEM)	Rasterelektronenmikroskopie (Scanning Electron Microscopy)
SIMS	Sekundärionenmassenspektrometrie
TOF-SIMS	Time-Of-Flight Secondary Ion Mass Spectrometry (Flugzeit-Sekundärionenmassenspektrometrie)
SNMS	Sekundärneutralteilchen-Massenspektrometrie
STM	Scanning Tunneling Microscopy
TEM	Transmissionselektronenmikroskopie
TRFA (TXRF)	Totalreflexionsröntgenfluoreszenzanalyse (Total Reflection X-Ray Fluorescence)
XPS	X-Ray Photoelectron Spectroscopy (Röntgenphotoelektronen-Spektroskopie)
XRD	X-Ray-Diffraction (Röntgendiffraktometrie)

Verfahren in der Oberflächenanalytik



- | | | | |
|------|-----------------------------------|-----|---|
| LIMI | Lichtmikroskopie | TEM | Transmissionselektronenmikroskopie |
| REM | Rasterelektronenmikroskopie | XPS | Röntgenangeregte Photoelektronenspektroskopie |
| EDX | Energiedispersive Röntgenanalyse | AES | Augerelektronenspektroskopie |
| SIMS | Sekundärionen-Massenspektrometrie | AFM | Atomic Force Microscopy |

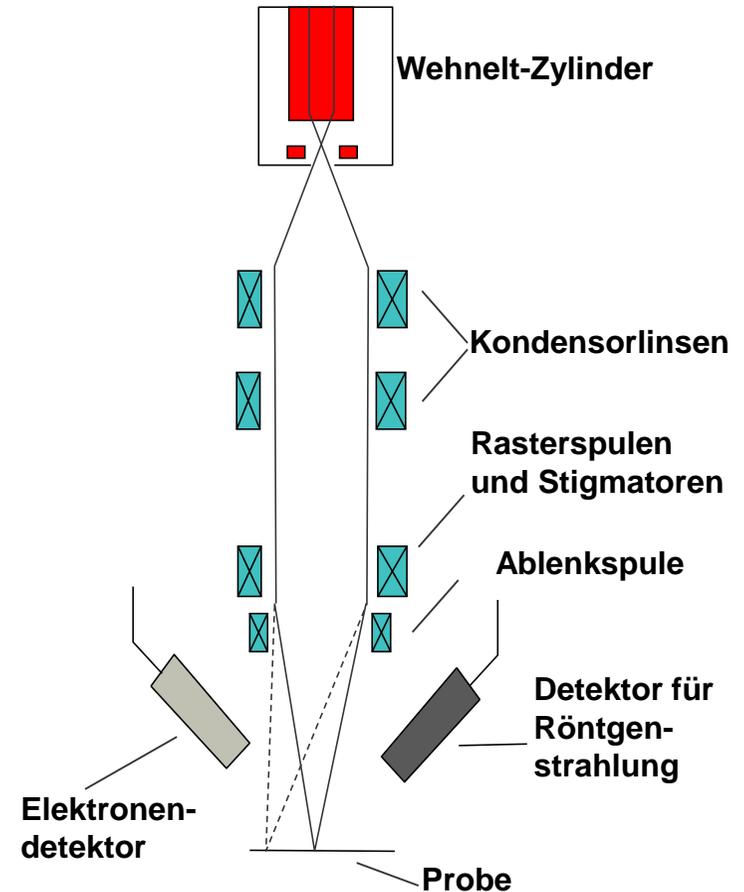
■ Rasterelektronenmikroskopie (REM / SEM)

Detektor für Elektronen: Topographie / Material

- Hohe laterale Auflösung (< 5 nm)
- Hohe Tiefenschärfe
- Präzise Messung von Längen
- SE-Detektor: Topographiekontrast
- BSE-Detektor: Materialkontrast

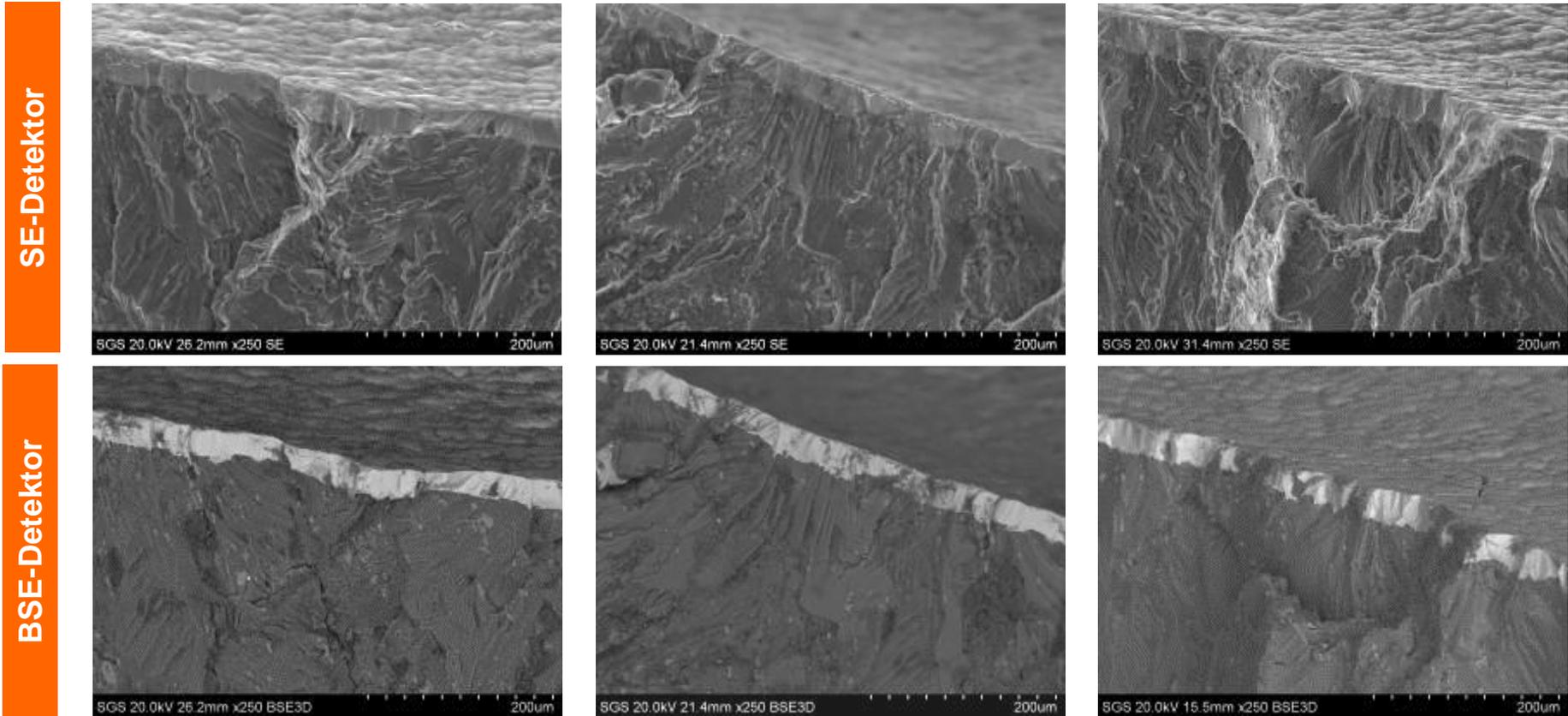
Detektor für Röntgenstrahlung: EDX-Analyse

- Laterale und vertikale Auflösung: 0,1...1 µm
- Laterales Element-Mapping, vertikale Elementprofile (letztere nur am Querschliff)
- Nachweisgrenze: etwa 0,1 at.-%
- Detektierbare Elemente: B / C bis U
- Semiquantitative Analyse



- **Rasterelektronenmikroskopie (REM / SEM)**

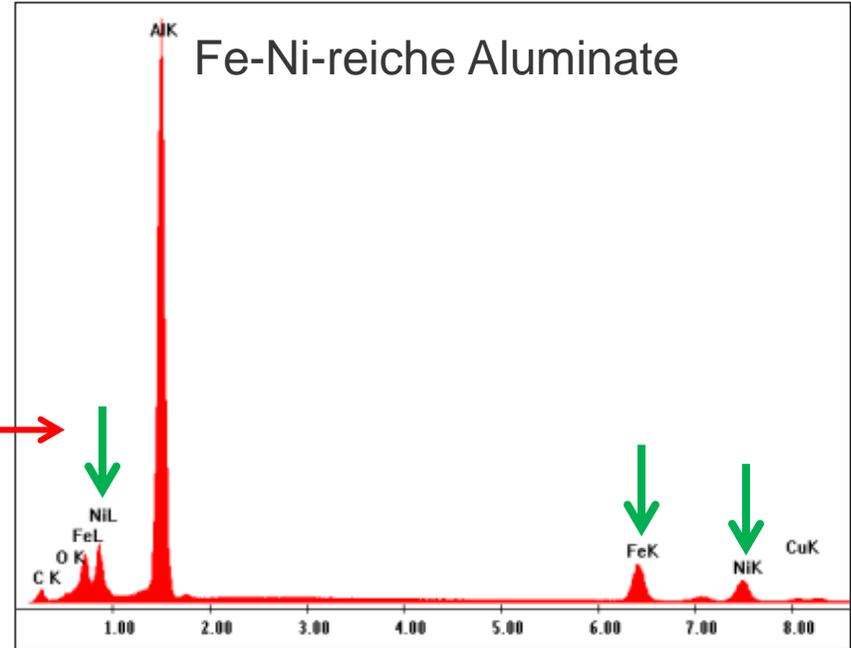
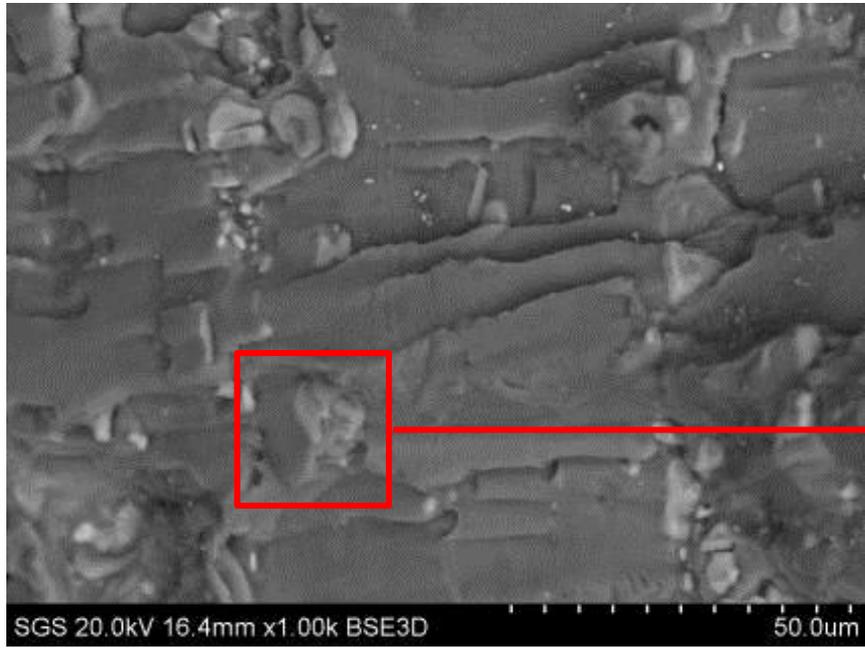
(Spröde gebrochenes Aluminium-Bauteil mit Nickel-Beschichtung und Ausscheidungen im Aluminium)



- **Rasterelektronenmikroskopie (REM / SEM)**

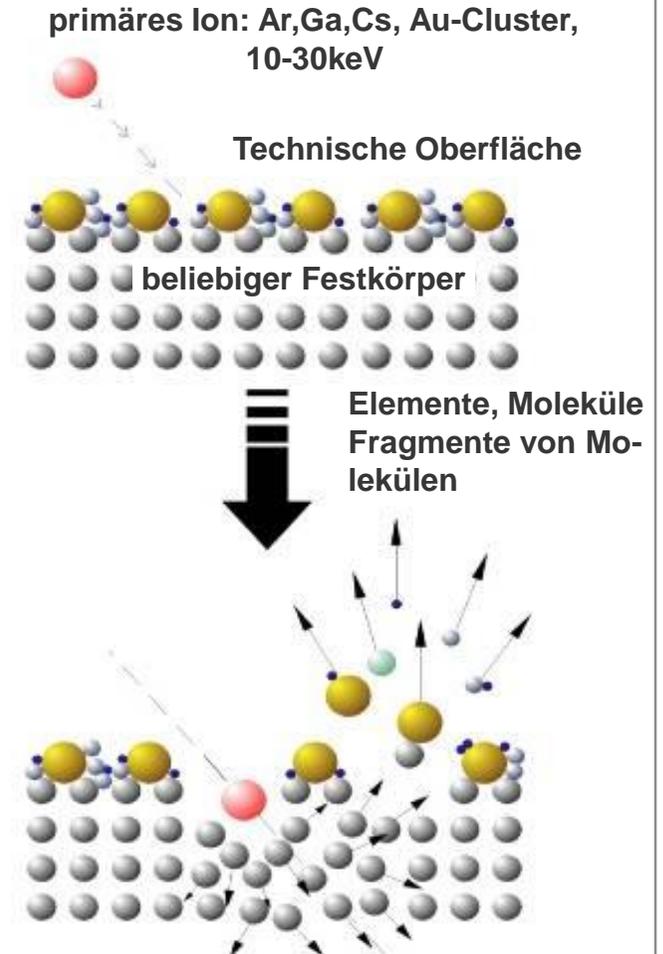
(Spröde gebrochenes Aluminium-Bauteil mit Nickel-Beschichtung und Ausscheidungen im Aluminium)

EDX-Analytik



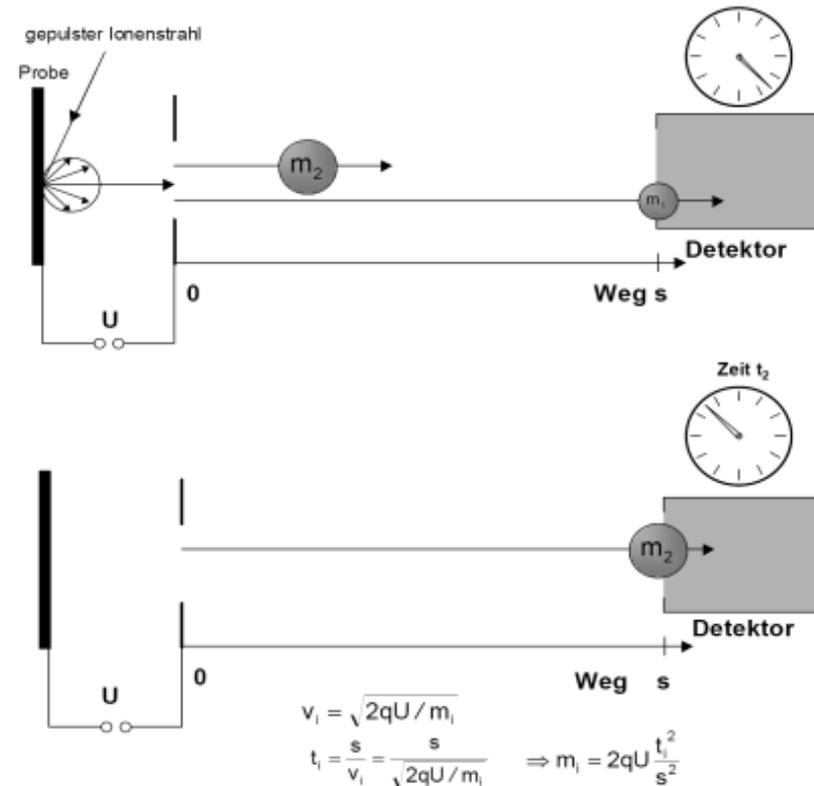
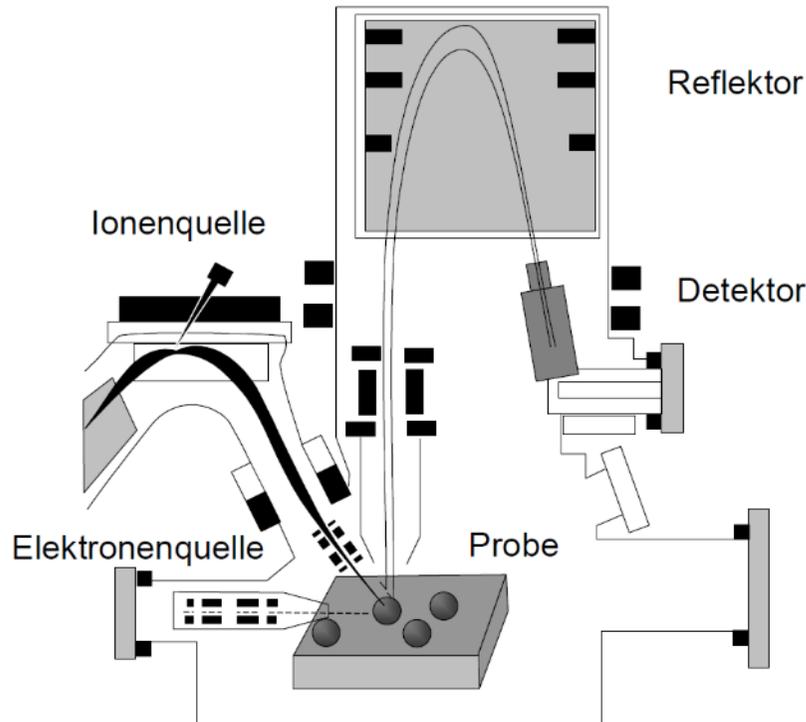
■ Zeitaufgelöste Sekundärionen-Massenspektrometrie (TOF-SIMS)

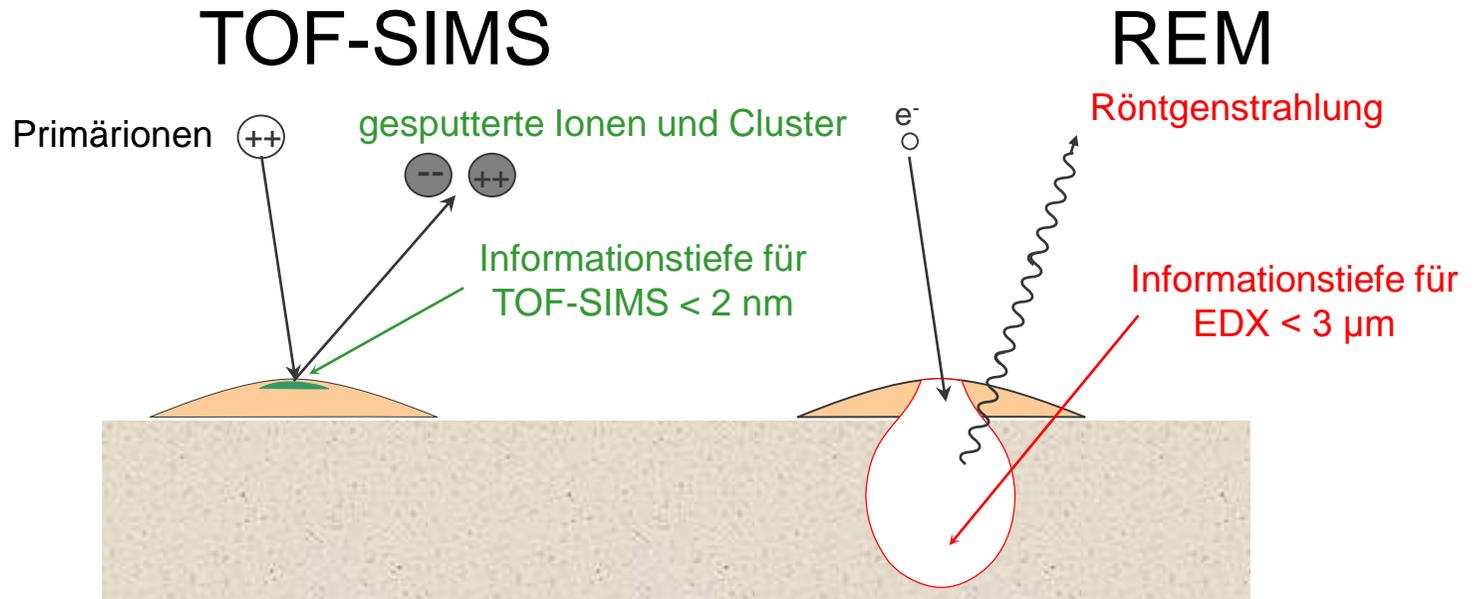
- Desorption charakteristischer „Fragmente“ aus den obersten Atomlagen der Probe (Elemente, Ionen, Moleküle, Fragmente von Molekülen)
- Chemischer Aufbau der Oberfläche und Bestimmung der lateralen Element- und Molekülverteilung („chemical mapping“)
- Nachweis aller Elemente und Isotope sowie organischer Verbindung im Spurenbereich
- Laterale Auflösung: $< 1 \mu\text{m}$
- Tiefenauflösung: $0,5 \dots 2 \text{ nm}$
- Nachweisgrenze: ppb ... ppm



■ Zeitaufgelöste Sekundärionen-Massenspektrometrie (TOF-SIMS)

In dem TOF-SIMS Verfahren wird die Probe mit einem gepulsten Ionenstrahl angeregt. Von der Probe emittierte Sekundärionen werden in einem Flugzeitmassenspektrometer analysiert. Das Prinzip dieses Spektrometers beruht darauf, dass die Geschwindigkeit v der Sekundärionen, die in einem elektrischen Feld die gleiche Energie E aufnehmen, mit zunehmender Masse m sinkt. Somit brauchen schwerere Sekundärionen größere Zeiten, um eine nachfolgende feldfreie Driftstrecke zu durchlaufen. (Abb. rechts). Durch die Messung der Flugzeiten der Sekundärionen bis zum Detektor kann dann ihre Masse sehr genau berechnet werden (Abb. links).





Quelle:	Argon Strahl, sputternd
Signal:	Ionen und Cluster
Informationstiefe:	$< 2 \text{ nm}$
Sättigung der Signalintensitäten:	etwa 3 Monolagen

Elektronen
Röntgenstrahlung
$< 3 \mu\text{m}$
einige μm Dicke

Hochempfindlicher Nachweis von:

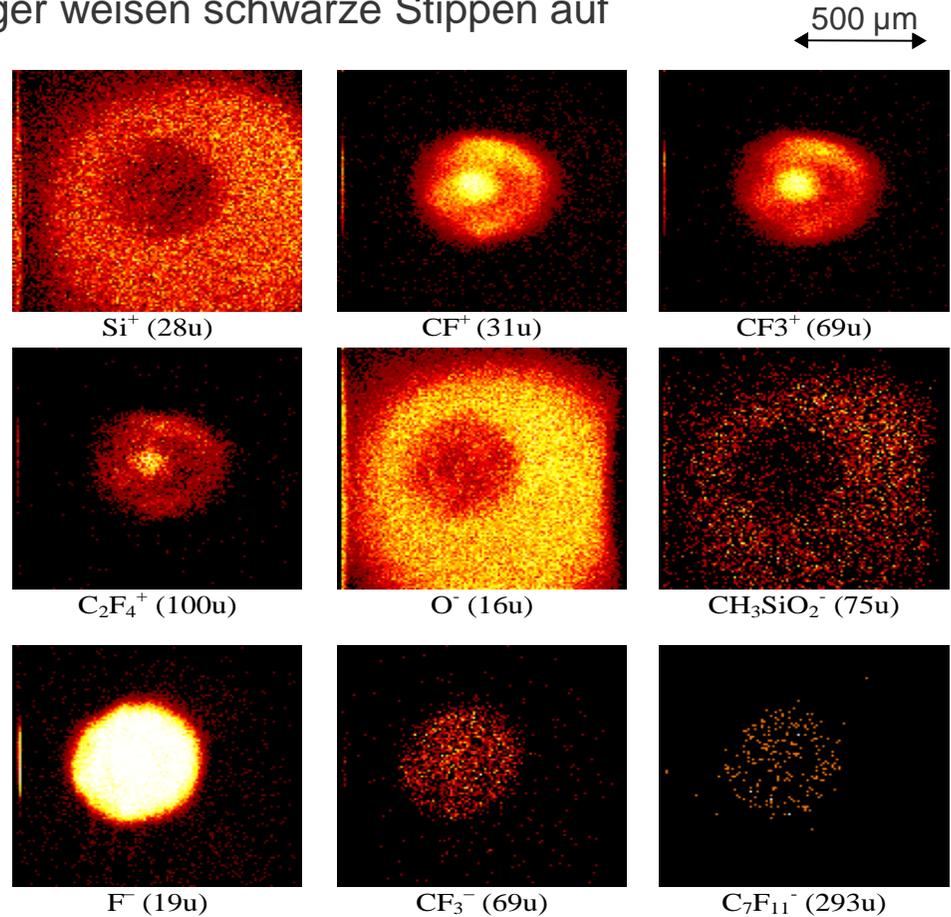
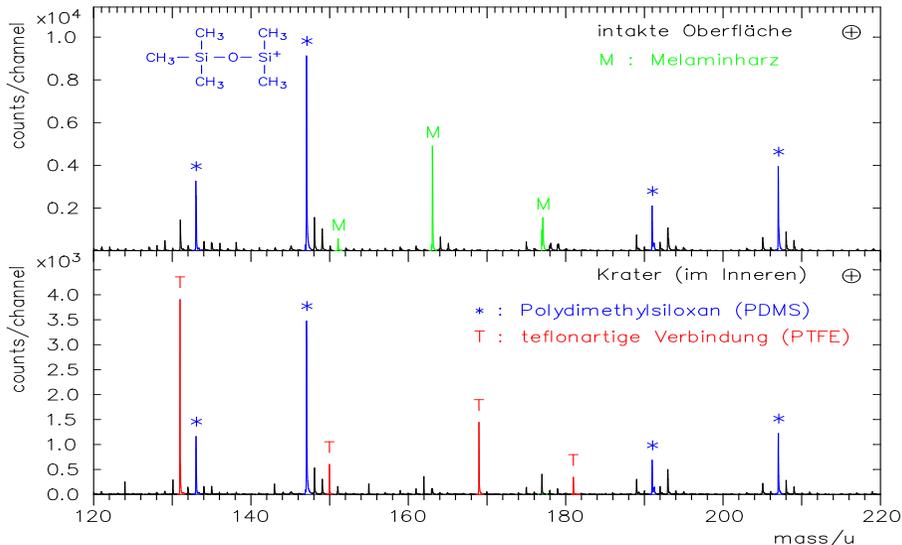
- ◆ allen Elementen
- ◆ Silikonen
- ◆ Fetten/Diglyceriden
- ◆ Additiven
- ◆ ionische/nichtionische Tenside
- ◆ polymeren Verbindungen
- ◆ Weichmachern
- ◆ Schmiermitteln
- ◆ Zieh- und Stanzölen
- ◆ ...

Substanz	Probe 1	Probe 2	Probe 3
<u>Additive:</u>			
Irgafos 168	■	■	□
Irganox 1010	■	■	—
Tinuvin 770	—	—	■
<u>Alkali / Erdalkalimetalle:</u>			
Calcium	—	□	■
Kalium	—	■	■
Magnesium	■	—	■
Natrium	■	—	■
<u>Fettsäureester:</u>			
Diglyceride / Fette	—	—	■
Octylpalmitat	—	—	■
<u>Fettsäuren:</u>			
mittlere (C12 – C18)	—	□	■
höhere (C12 – C18)	□	■	■
<u>Schmiermittel:</u>			
Langkettige Kohlenwasserstoffe	—	—	■
<u>Phthalsäureester:</u>			
Phthalatkationen	■	■	■
Diocylphthalat	■	■	□
Silikon: Polydimethylsiloxan	—	—	■

Zeitaufgelöste Sekundärionen-Massenspektrometrie (TOF-SIMS)



◆ Stoßfänger weisen schwarze Stippen auf

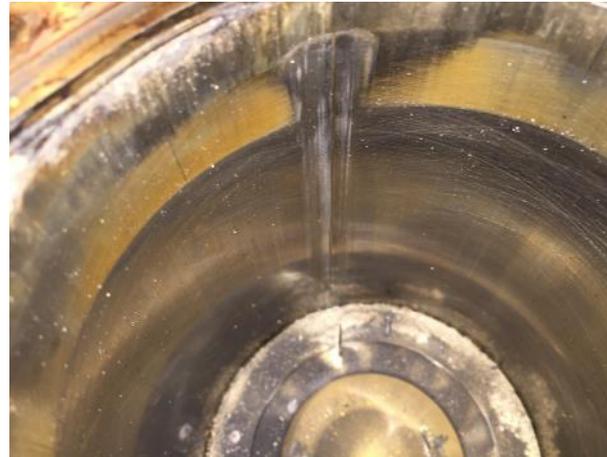
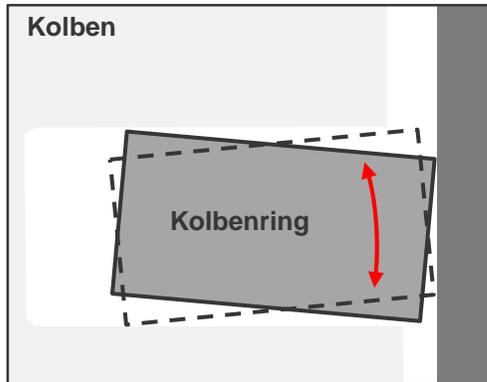


Motorschäden infolge von Kolbenfressern

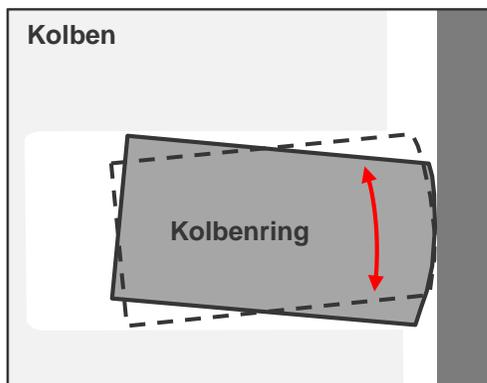
Entstehung von Motorschäden durch Kolbenfresser infolge von gebrochenen Kolbenringen

- Ermüdungsbruch der Kolbenringe infolge falscher (zu großer) Spaltweiten der Nuten in den Kolben

Niedrige Laufleistung



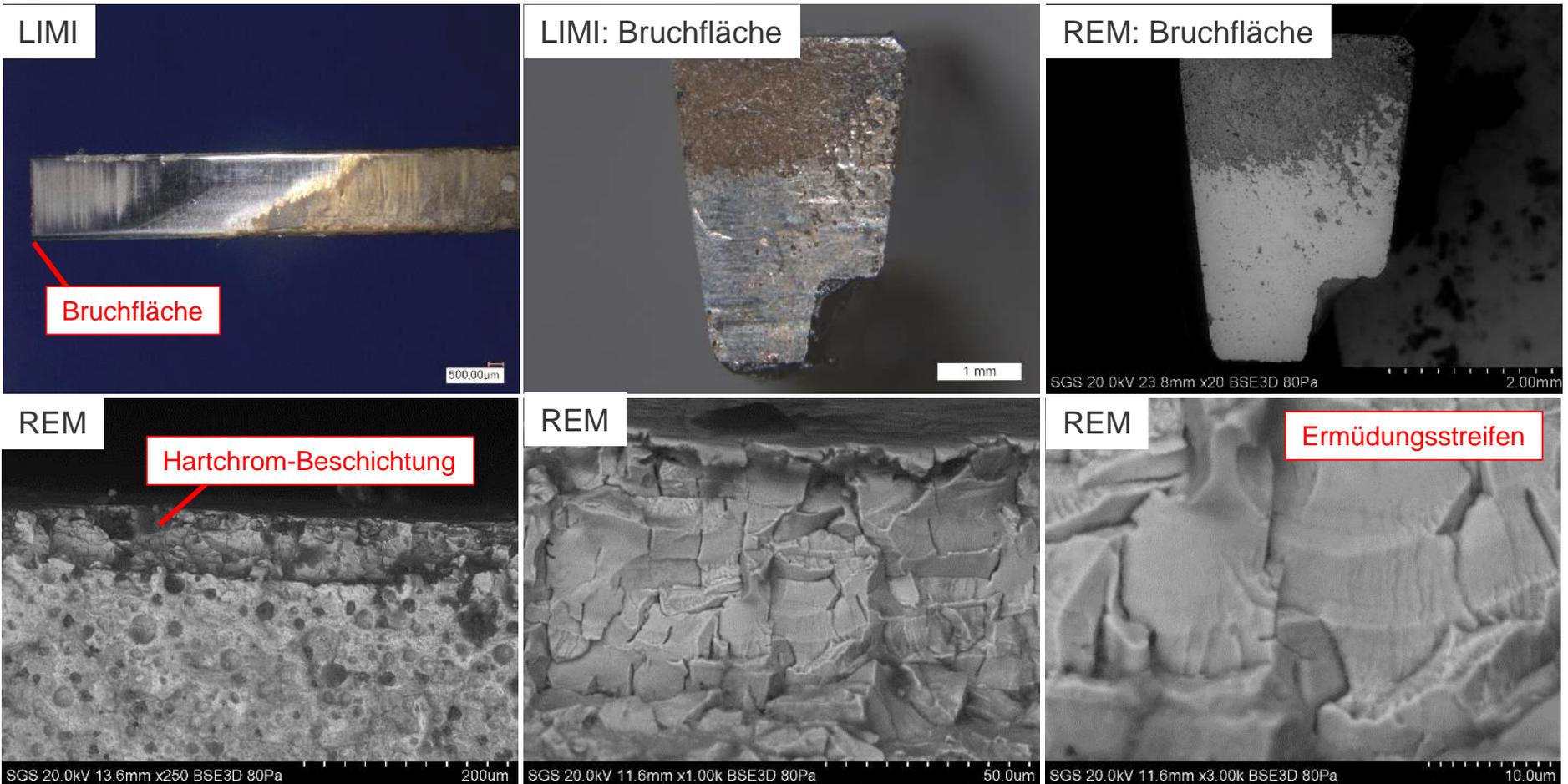
Hohe Laufleistung



Motorschäden infolge von Kolbenfressern

Entstehung von Motorschäden durch Kolbenfresser infolge von gebrochenen Kolbenringen

- Ermüdungsbruch der Kolbenringe infolge falscher (zu großer) Spaltweiten der Nuten in den Kolben



Kolbenfresser an einem Großmotor

Kolbenfresser in einem Grossmotor zum Einsatz in Schiffen und Kraftwerken

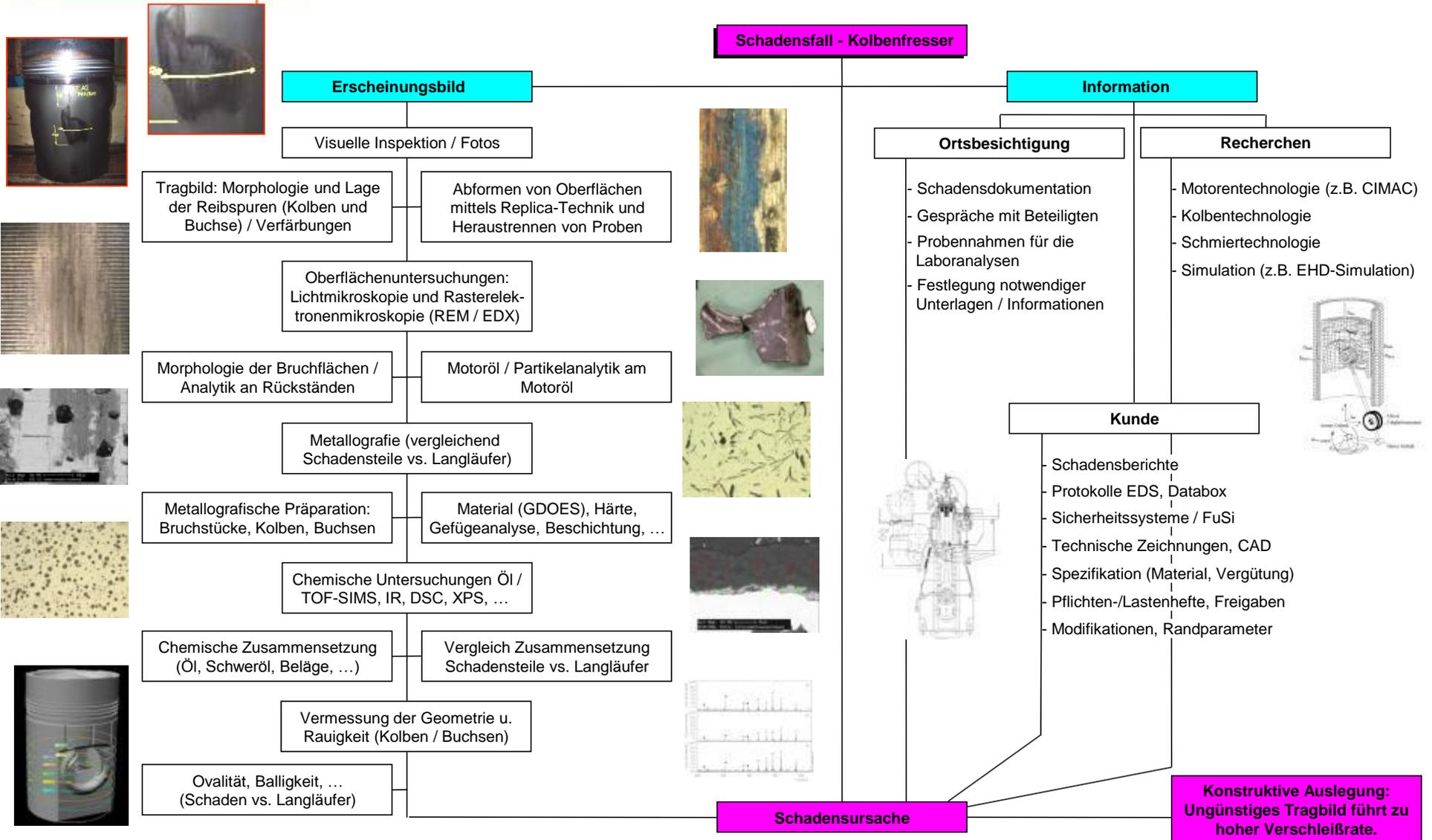
Der Kolbenfresser in einem 18-Zylinder Großmotor hat zu einer Explosion der Maschine in einem stationären Kraftwerk in Südamerika geführt.



Reibspuren in einem Kolben



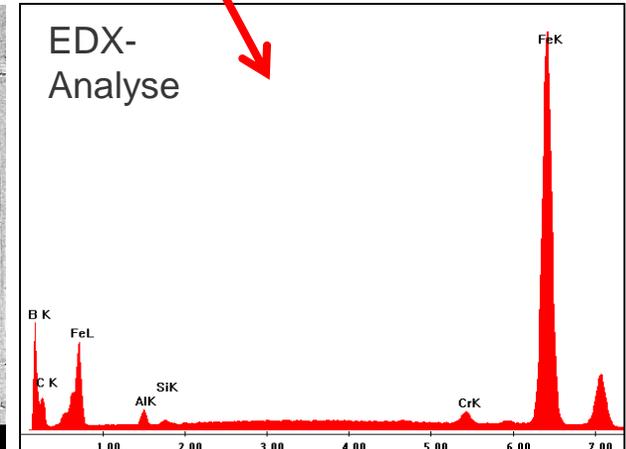
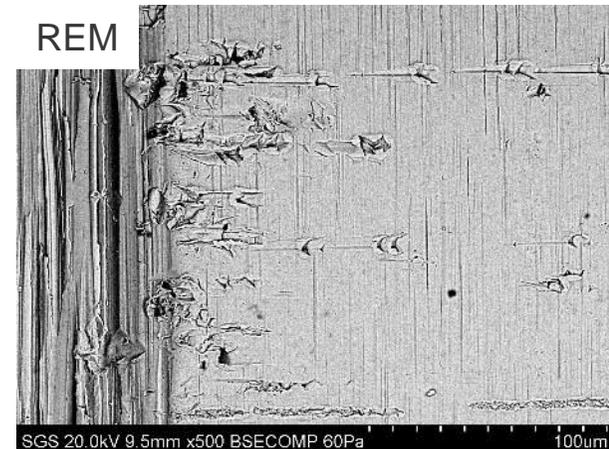
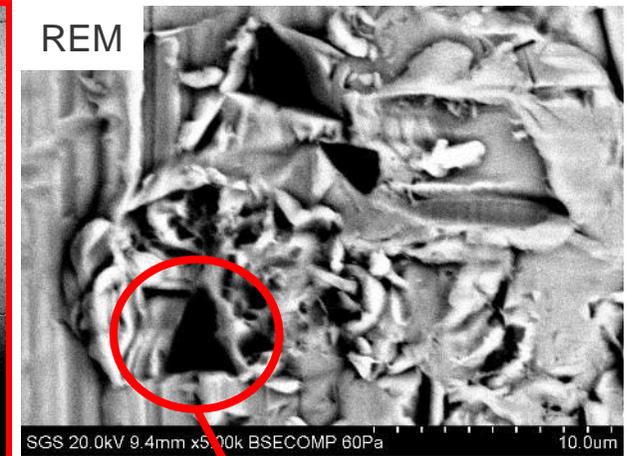
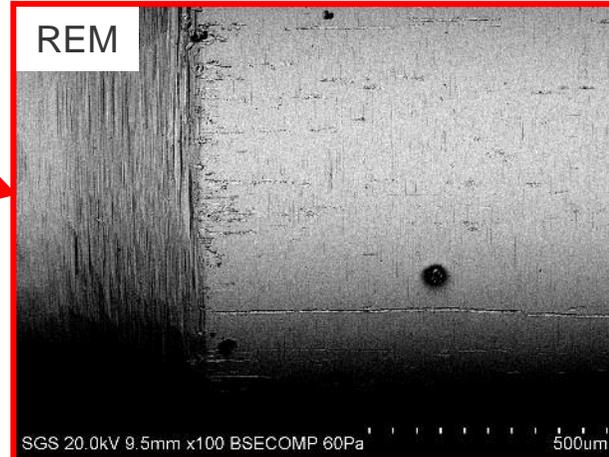
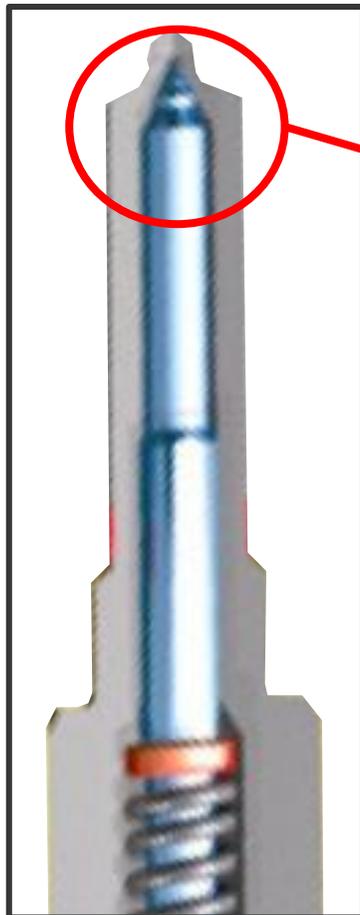
Fragmente eines Kolbens aus dem betroffenen Motor



Verschleiß an Komponenten von CR-Injektoren

Common Rail Dieselinjektoren

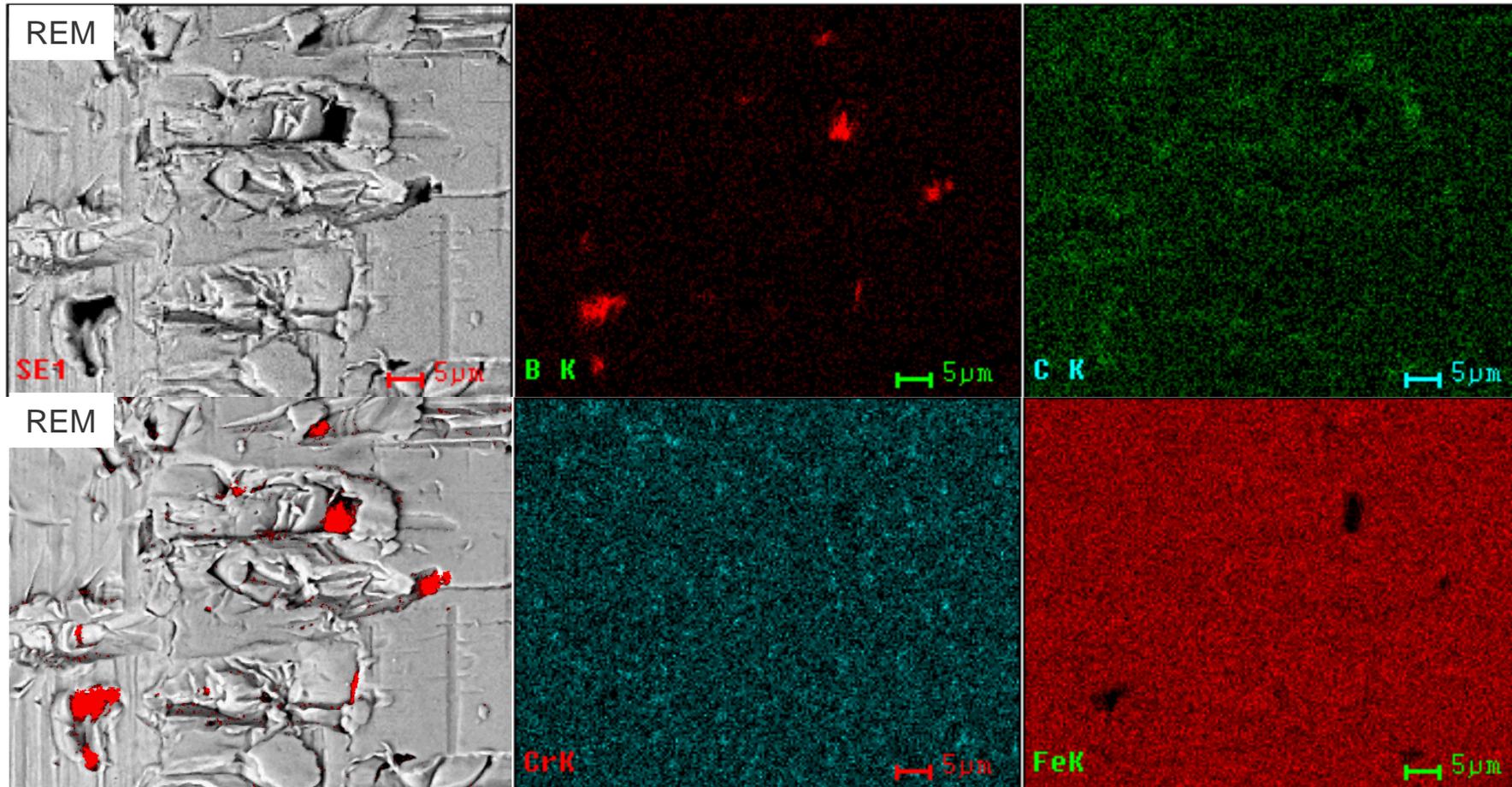
- Verschleißfurchen in Injektornadeln verursacht durch Schleifmittelreste (Borcarbide) von ca. 5µm Größe.

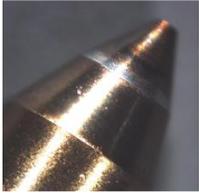


Verschleiß an Komponenten von CR-Injektoren

Common Rail Dieselinjektoren

- Verschleißfurchen in Injektornadeln verursacht durch Schleifmittelreste (Borkarbid) von ca. 5µm Größe.





Beläge auf CR-Injektornadeln

Erscheinungsbild

Funktionstest / Demontage

Bewertung der Funktion des Common Rail Injektors
→ Mechanisch blockiert ?

Demontage und visuelle Inspektion aller Komponenten

Rasterelektronenmikroskopie (REM / EDX)

Morphologie und Elementzusammensetzung der Beläge

Infrarotspektroskopie (FT-IR) und TOF-SIMS

Exakte chemische Zusammensetzung der Beläge

Oberflächenanalytik (TOF-SIMS, XPS, AES, ...)

Analytik der Homogenität der Beläge (Tiefenprofile)

FIB-Schnitte und Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)

Lagenaufbau / Morphologie der Beläge

Klassifikation der Beläge:

- Organisch oder anorganisch ?
- Kristallin oder amorph ?
- Petrochemie (z.B. Na-Seifen) ?
- Treibstoff (z.B. Diesel-Additive) ?
- Fahrzeug (z.B. aus Polymeren) ?

Anbindungsmechanismus:

- Bindungsmechanismus der Beläge an die Metalloberfläche ?
- Belagsstruktur und Homogenität (z.B. einzelne Schicht oder Multi-layer-Aufbau) ?

Informationen

Ortstermin / Fahrzeugdaten

- Fahrzeugdaten (z.B. Laufleistung, Einsatzort, Treibstoffmarke ...)
- Gespräch mit Halter ...
- Individuelle ECU-Daten (z.B. Einspritzzeiten ...)
- Treibstoff-Probe ...

Recherchen

- Recherche potentieller Quellen für die Belagsbildung
- Diesel-Additivierung
- Chemikalien / Hilfsstoffe in der Petrochemie
- OGC Diesel survey

Kunde

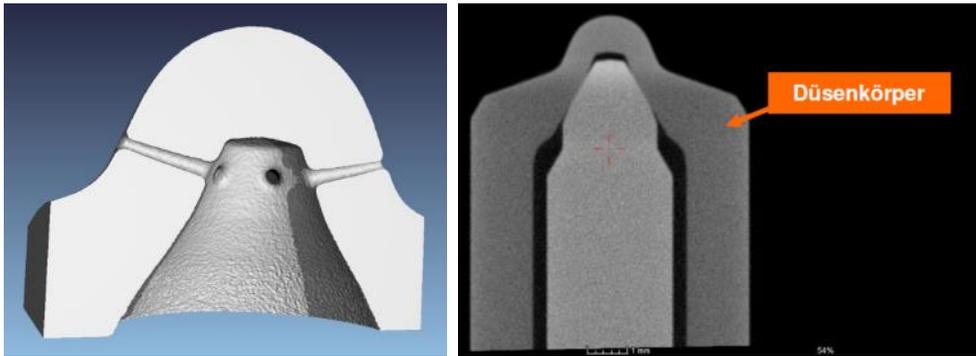
- Schadensberichte (z.B. Felddaten / Werkstatt)
- Protokolle (OBD – On Board Diagnostics)
- Treibstoff- und Ölspezifikationen
- Technische Zeichnungen des Injektorsystems
- Spezifikationen (Werkstoffe, Beschichtungen)

Ursache für die Belagsbildung

Analyse-Pfad

Ergebnisse von Analysen zur Belagsbildung auf Komponenten von CR-Injektoren

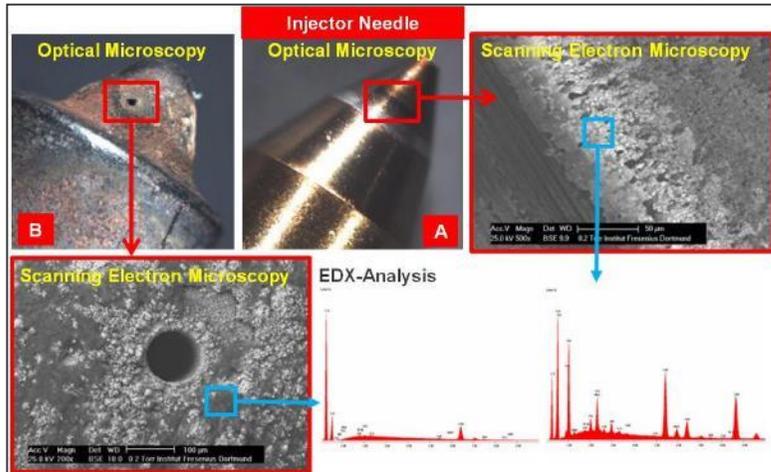
Industrielle 3D-Computertomographie



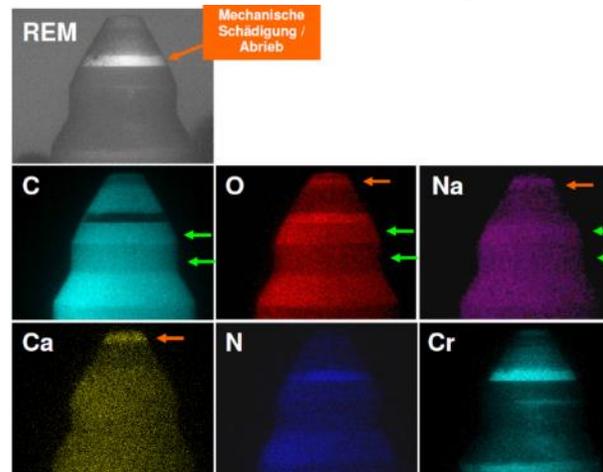
TOF-SIMS

substance	preparations (06R7-)			
	2A.1	2B	2A.2	
alkali / alkaline earth metals and compounds:				
calcium	■	■	■	Na-Verbindungen in allen 3 Bereichen
potassium	■	■	■	
sodium	■	■	■	
sodium hydroxide	■	■	■	
sodium carbonate	■	■	■	
sodium sulfate	■	■	■	
anions (nonspecific):				
CN ⁻ / CNO ⁻	■	■	■	Formiate
SO ₄ ⁻	■	■	■	
PO ₄ ⁻	■	■	■	Fettsäuren
COOH ⁻ (→ formate)	■	■	■	
fatty acids:				
medium (mostly palmitic acid)	■	■	■	
higher (mostly palmitic-/oleic acid)	■	■	■	
half metals:				
silicon	■	■	■	Silikon (PDMS)
halogens:				
fluorine	■	■	■	
chlorine	■	■	■	
metal / metal compounds:				
iron	■	■	■	
manganese	■	■	■	
alkalis:				
poly(dimethyl siloxane)	■	■	■	
other compounds:				
alkyl sulfates	■	■	■	Alkylsulfate
sulphur	■	■	■	

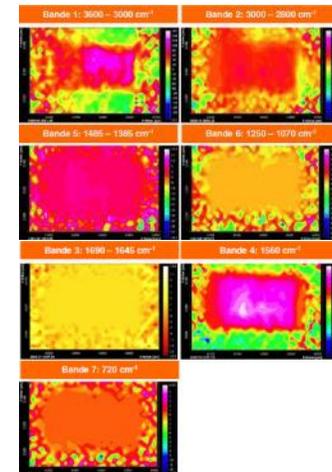
Licht- und Rasterelektronenmikroskopie



Element Mapping



Infrarotspektroskopie



Analyse von Schmierstoff-Additiven auf Oberflächen

- Einteilung von Schmierstoffadditiven nach ihrer Funktion (Auswahl)

Additive verändern Eigenschaften von Schmierstoffen

Physikalisch	Chemisch	Reiboberflächen
Viskositätsindex Verbessern des Viskositäts-Temperatur Verhaltens	Detergenzien Die Entstehung von Ablagerungen bei hohen Temperaturen wird gemindert	Korrosionsinhibitoren Die Bildung von Korrosion an metallischen Oberflächen wird verhindert
Anti-Schaum-Additive Die Oberflächenbespannung wird beeinflusst	Dispergatoren Die Entstehung von Schlammablagerung bei niedrigen Temperaturen wird gemindert	Anti-Wear-Additive (AW) Abrasiver Verschleiß bei mäßigen Bedingungen wird verhindert
Stockpunkterniedriger Das Ausfällen von Paraffin-Kristallen bei tiefen Temperaturen wird behindert	Oxidationsinhibitoren Die Oxidation des Grundöls wird verzögert / verringert	Extreme-Pressure-Additive (EP) Mikroverschweißung (Fretting) bei hoher Belastung wird reduziert



Analyse von Schmierstoff-Additiven auf Oberflächen

- Einteilung von Schmierstoffadditiven nach ihrer Funktion (Auswahl)

Additive verändern Eigenschaften von Schmierstoffen

Physikalisch	Chemisch	Reiboberflächen
Viskositätsindex Verbessern des Viskositäts-Temperatur Verhaltens	Detergenzien Die Entstehung von Ablagerungen bei hohen Temperaturen wird gemindert	Korrosionsinhibitoren Die Bildung von Korrosion an metallischen Oberflächen wird verhindert
Anti-Schaum-Additive Die Oberflächenbespannung wird beeinflusst	Dispergatoren Die Entstehung von Schlammablagerung bei niedrigen Temperaturen wird gemindert	Anti-Wear-Additive (AW) Abrasiver Verschleiß bei mäßigen Bedingungen wird verhindert
Stockpunkterniedriger Das Ausfällen von Paraffin-Kristallen bei tiefen Temperaturen wird behindert	Oxidationsinhibitoren Die Oxidation des Grundöls wird verzögert / verringert	Extreme-Pressure-Additive (EP) Mikroverschweißung (Fretting) bei hoher Belastung wird reduziert

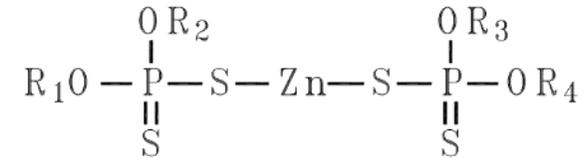
Zindialkyldithiophosphate (ZDDP)



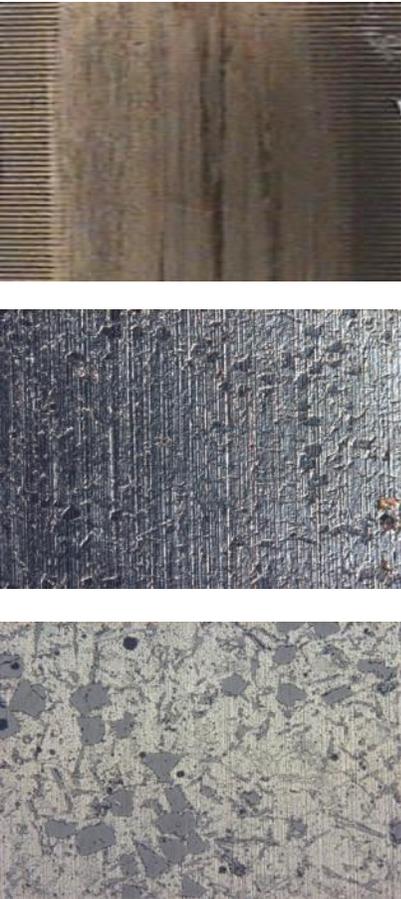


Analyse von Schmierstoff-Additiven auf Oberflächen

- Zinddialkyldithiophosphate (ZDDP) als Verschleiß- und Alterungsschutz verbessert die tribologischen Eigenschaften des Schmierstoffs

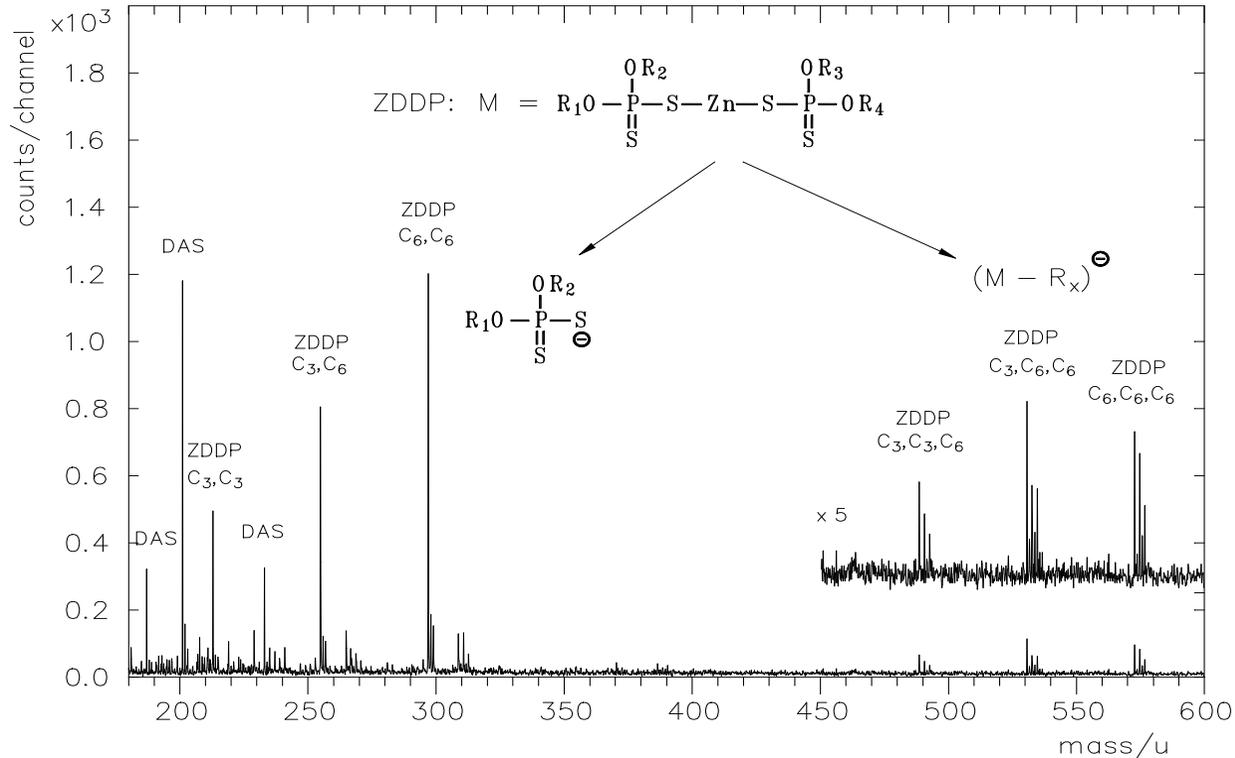


- Bildung von Metallsulfiden aus ZDDP unter höherer mechanischer Belastung verhindert Mikroverschweißen (Adhäsion / Fretting) zwischen den Metalloberflächen
- Transformation angelagerter ZDDP-Moleküle zu einer Phosphatglas-schutzschicht bewirkt Korrosions- und Verschleißschutz



Analyse von Schmierstoff-Additiven auf Oberflächen

- TOF-SIMS Analytik kann das Vorhandensein von ZPPD und die Reaktionsprodukte auf metallischen Oberflächen nachweisen





Verteilung von Schmierstoff-Additiven auf Oberflächen

Antioxidantien

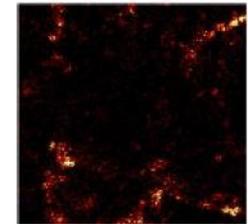
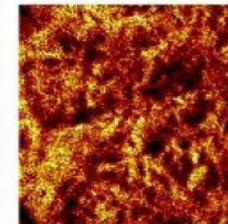
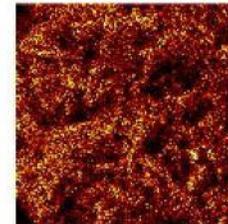
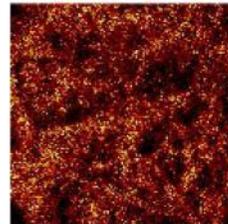
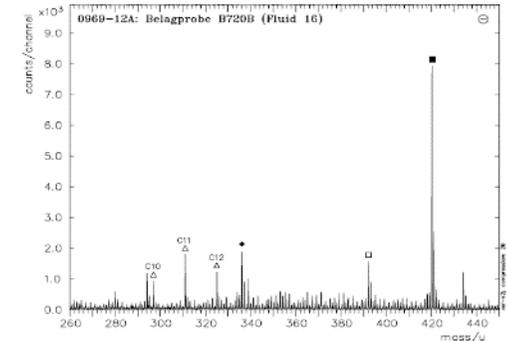
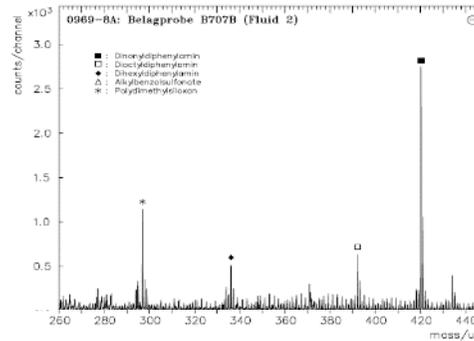
- DHDPA
- DODPA
- DNDPA

Korrosionsschutz

- TT
- ABS

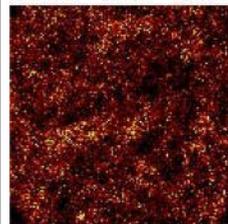
Entschäumer

- PDMS

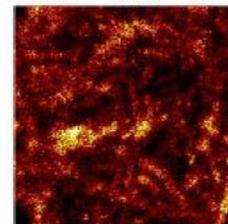


Abk.	Verbindung	Masse
MA	Verb. auf Basis Methacrylsäure/Methacrylat	-85 u
DHDPA	Dihexyldiphenylamin	-336 u
DODPA	Dioctyldiphenylamin	-392 u
DNDPA	Dinonyldiphenylamin	-420 u
TT	Tolyltriazol	-132 u
PDMS	Polydimethylsiloxan	-223 u
FePOx	Eisenphosphate	-215 u
ABS	Alkylbenzolsulfonate	-183 u

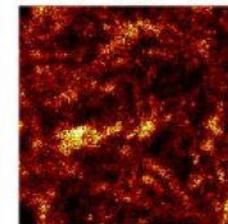
DIIDPA mc:12 tc:4.8e4



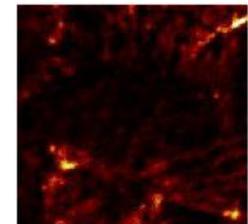
DODPA mc:13 tc:5.6e4



DNDPA mc:40 tc:2.3e5



FePO_x mc:13 tc:8.8e3



TT mc:8 tc:2.4e4

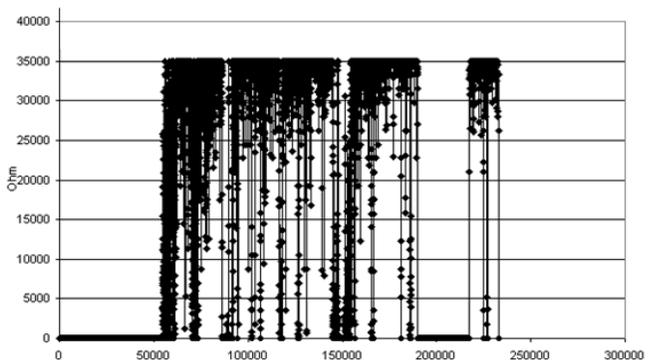
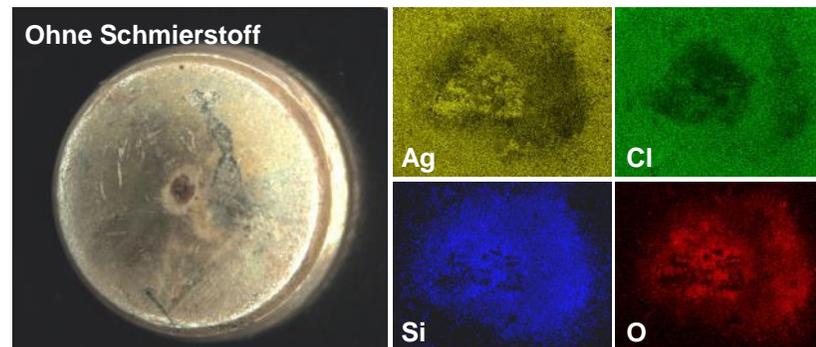
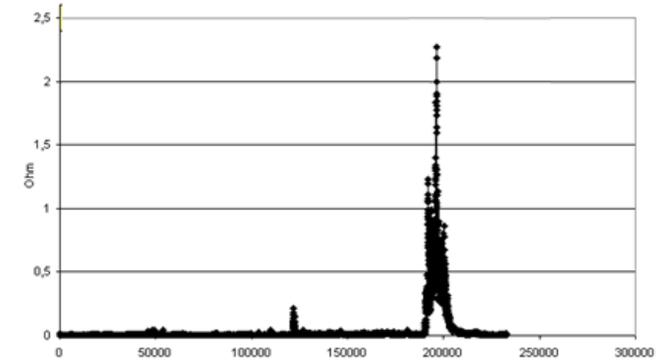
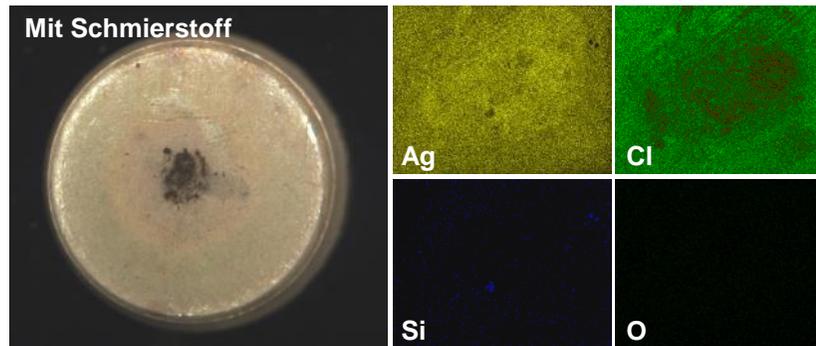
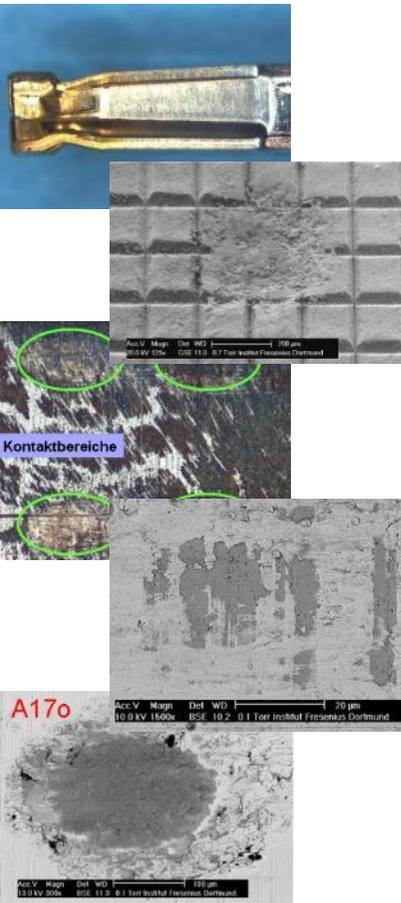
ABS mc:12 tc:5.0e4

PDMS mc:18 tc:8.8e4

PO₄⁻ mc:202 tc:2.9e5

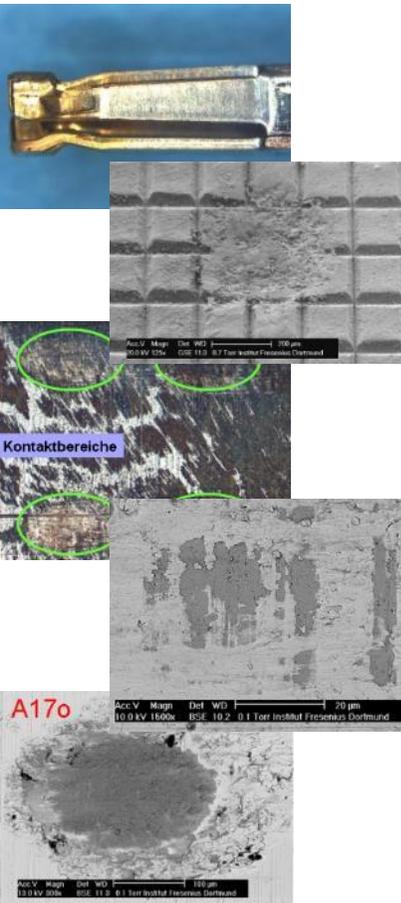
Entwicklung eines Schmierstoffsystems für elektrische Kontakte

- Vermeidung erhöhter Übergangswiderstände und Abrasion
 - Auswahl und Qualifizierung der Chemie zur Unterdrückung von Silikoneinflüssen



Beschichtungen auf elektrischen Steckverbindern

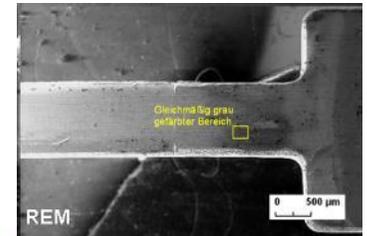
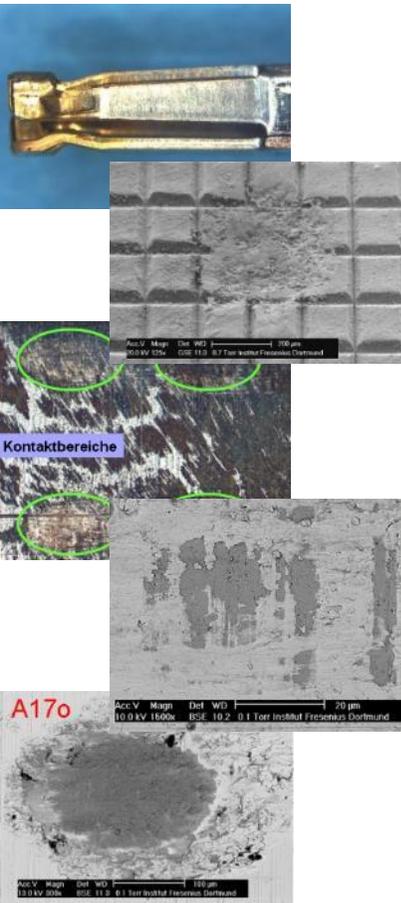
■ Oberflächenanalytik an verschiedenen Systemen auf Silber-Kontakten



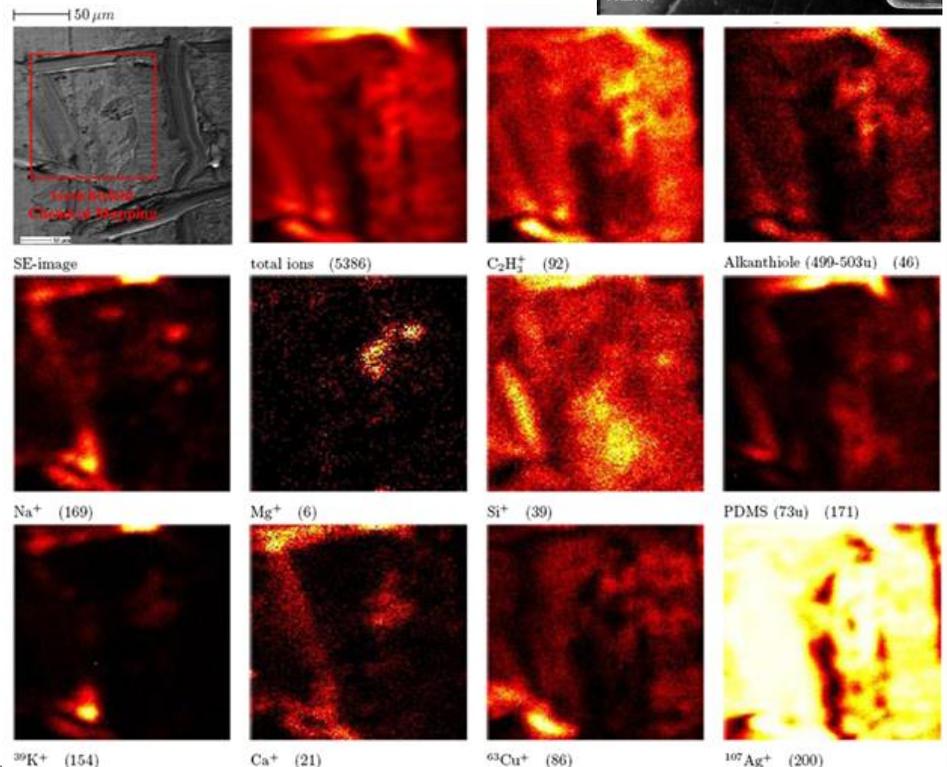
Alkanthiole	Chromate	Palladium
<ul style="list-style-type: none"> Organische Beschichtung X-(CH₂)_n-SH, n=18 Tauchprozess, Realisierung von Monolagen oder auch Reservoirs möglich Selbstheilung d. Beschichtung nach mechanischer Abrasion Transparent, kein Verharzen Reduktion der Steck- und Ziehkräfte (→ Tribologie) Negative Eigenschaften auf Bond- und Klebeverhalten Nachweis der Ausstattung: TOF-SIMS 	<ul style="list-style-type: none"> Anorganische Beschichtung Beschichtungsabscheidung im nm-Bereich Beschichtung mechanisch nicht widerstandsfähig; nur temporärer Schutz Transparente oder gelbliche Farbe Negativer Einfluss auf den elektrischen Übergangswiderstand bei kleinen Spannungen Nachweis der Ausstattung: AES oder XPS Schichtdicke: AES, TEM 	<ul style="list-style-type: none"> Metallische Beschichtung Beschichtungsabscheidung im Bereich von 20-30 nm Beschichtung mechanisch nicht widerstandsfähig; Schutz unter Lagerbedingungen >7 Monate Gute Anbindung z.B. beim Umspritzen, Klebung und Lötung möglich Bonden möglich: Al-Dickdraht Nachweis der Ausstattung: AES oder XPS Schichtdicke: AES, TEM

Beschichtungen auf elektrischen Steckverbindern

■ Alkanthiol-Passivierung auf einem Ag-Steckverbinder

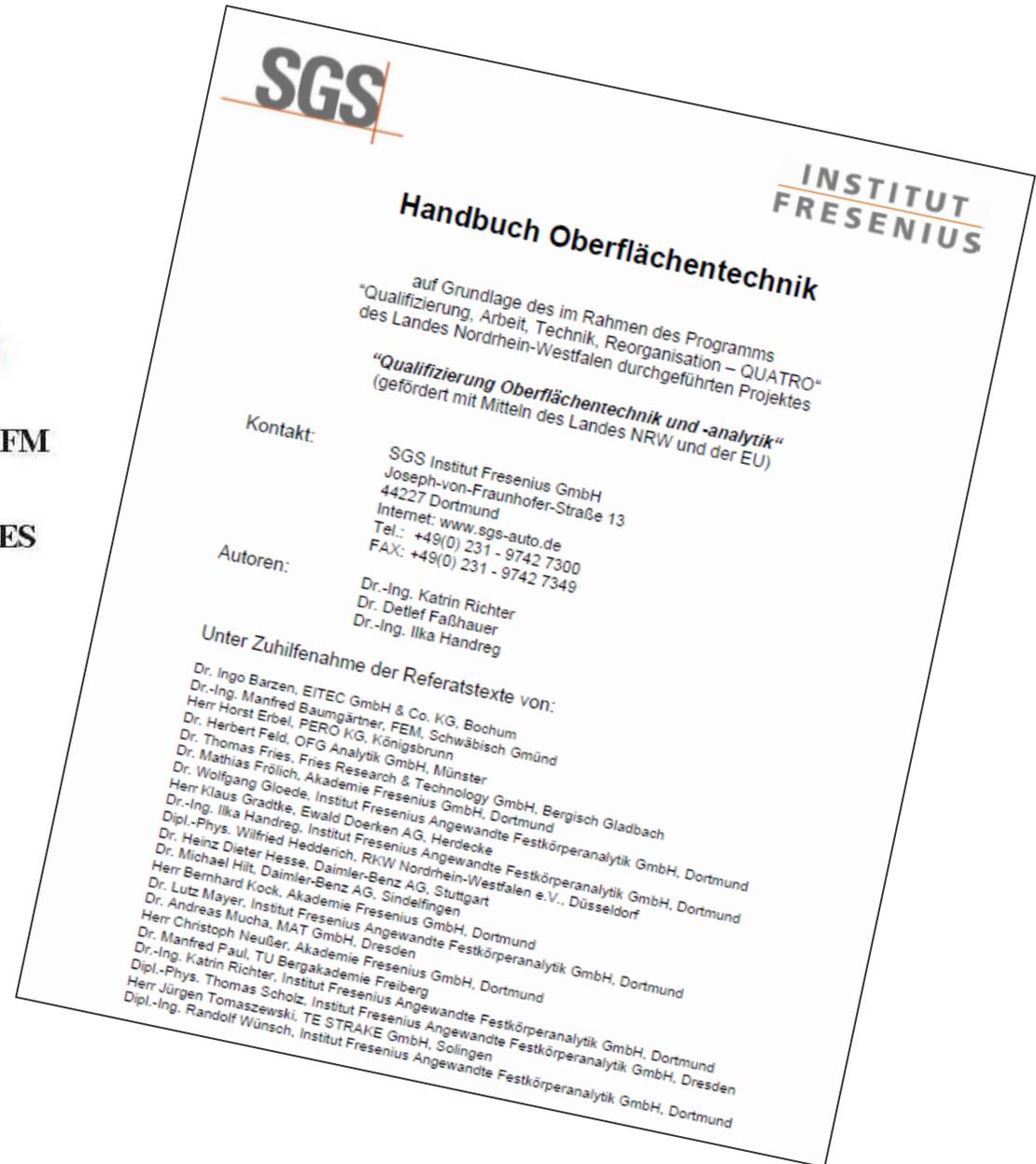


Substanz	Präparate 05	
	01A	01B
Additive:		
Alkanthiol (1-Octadecanthiol)	■	■
Alkansulfonat (C18)	■	■
Alkali-/Erdalkalimetalle u. Verb.		
Calcium	■	■
Kalium	■	■
Magnesium	□	■
Natrium	■	■
Anionen (semispezifisch)		
CN ⁻	■	■
NO _x ⁻	□	□
PO _x ⁻	□	□
SO _x ⁻	■	■
Fettsäuren (FS):		
höhere Fettsäuren (≥ C13 = Tridecansäure)	—	■
Fluorhaltige Verbindungen:		
Fluorhaltige Verbindung (teflonartig)	—	□
Halogene:		
Chlor	■	■
Fluor	■	■
Iod	■	■
Brom	■	■
Metalle / Metallverbindungen:		
Aluminium	□	□
Eisen	—	■
Kupfer	■	■
Silber	■	■
Silberverbindungen	■	■
Zinn	■	■
Schwefel	■	■
Silicium	■	■
Silikone		
Polydimethylsiloxan	■	■





Fordern Sie unser kostenloses „Handbuch Oberflächentechnik“ an, das alle Methoden im Detail mit Beispielen beschreibt.



CONTACT TO US

**MANY THANKS FOR
YOUR ATTENTION!**

SGS IS THE WORLD'S LEADING
INSPECTION, VERIFICATION, TESTING
AND CERTIFICATION COMPANY.

Dr. Olaf Günnewig
Business Development Manager Aerospace

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Joseph-von-Fraunhofer-Str.13
44227 Dortmund | GERMANY

t +49 231 97427303

m +49 172 4013319

olaf.guennewig@sgs.com

www.sgs.com

WWW.SGS.COM
WWW.SGSGROUP.DE

WHEN YOU NEED TO BE SURE

