

Graz University of Technology

Institut für Materialphysik der Technischen Universität Graz

LABORÜBUNGEN: Fortgeschrittenen Praktikum 1

Betreuer: Armin Zankel

Übungstitel: Rasterelektronenmikroskopie

Gruppennummer: 1A

Name: Maximilian PHILIPP

Name: Matthias STARK

Mat. Nr.: 11839611

Mat. Nr.: 12004907

Datum der Übung: 21.12.2022

WS 2022/23

1. Grundlagen

Anmerkung: Aufgrund des großen Umfangs der Thematik der Rasterelektronenmikroskopie, werden hier nur sehr grob die Grundlagen skizziert. Für weiterführende Informationen, sei auf Zankel und Herbert, 2013 verwiesen, was im Anhang zu finden ist.

Rasterelektronenmikroskopie funktioniert, indem ein gebündelter Elektronenstrahl auf die zu untersuchende Probe gestrahlt wird. Dort finden Wechselwirkungen mit dieser statt, die über die entsprechenden Detektoren aufgefangen und als Grauwertinformation zum Bildschirm übertragen werden. Dieser Abrastvorgang verläuft zeilenweise, bis schließlich wieder oben links begonnen wird.

Bei den einzelnen Detektoren wird zwischen den Sekundärelektronen (SE), die vorwiegend für Topographieuntersuchungen, RückstreuElektronen (BSE), zur Untersuchung der Materialeigenschaften, und Röntgenanalysen (EDX) unterschieden.

Der grobe Aufbau eines Rasterelektronenmikroskops ist im folgenden kurz erklärt und in Abbildung 1 ersichtlich. Von der Elektronenquelle aus werden die Elektronen zur Anode hin mit einer bestimmten Beschleunigungsspannung ausgesendet und durch einen Aufbau von Elektronenlinsen auf die zu untersuchende Probe hin gebündelt. Der gesamte Aufbau befindet sich in Vakuum, um dafür zu sorgen, dass die Elektronen unterwegs nicht mit irgendwelchen anderen Molekülen zusammentreffen oder elektrische Überschläge stattfinden. Die Probenhalterung bietet Platz für mehrere Proben und ist in die 3 Koordinatenachsen, sowie Drehung und Rotation, bewegbar, um möglichst effizientes Arbeiten zu ermöglichen. Zankel und Herbert, 2013

2. Proben- und Geräteliste

In folgender Aufzählung sind alle verwendeten Geräte und Materialien aufgelistet:

- Rasterelektronenmikroskop FEI ESEM Qanta 611
- Computersoftware
- Elektrisch leitende Probenhalter
- Pinzette, um die Proben einlegen zu können
- Doppelseitiges leitendes Kohlenstoffband um leitende Proben befestigen zu können

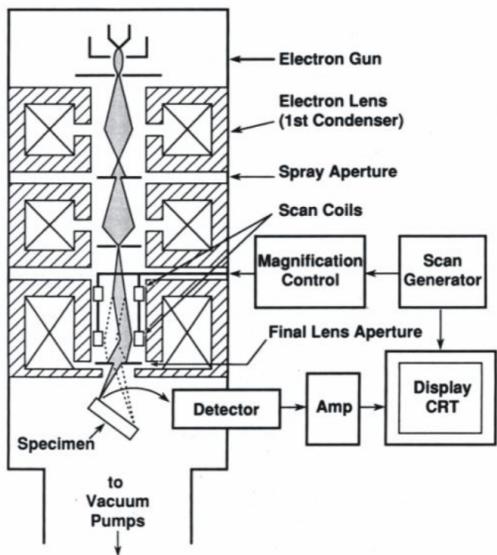


Abbildung 1: Aufbau eines Rasterelektronenmikroskops Zankel und Herbert, 2013

Die untersuchten Proben sind in folgender Liste aufgezählt:

- bedampfte Heuschrecke
- Polypropylen-Gewebe
- Keramik
- 10 c Münze

3. Kennenlernen des REM

Zunächst wird die Probe mit einer Pinzette vorsichtig auf den Probentisch platziert. Für ein effektives Arbeiten können mehrere Proben gleichzeitig auf die Probenbühne gesetzt und diese zwischen den einzelnen Messungen einfach weitergedreht werden. Im Rahmen des Praktikums wird jedoch immer nur eine Probe eingelegt, um das Handling zu lernen und sicherzustellen, dass die “z-Ebene”, also die Höhe, immer richtig eingestellt ist. Die Orientierung in der “z-Achse” wird fixiert, um sicherzustellen, dass kein “crash” verursacht wird.

Bei der Probe ist zu beachten, dass diese elektrisch leitfähig sein muss. Ist die Probe von sich aus schon leitfähig, wird sie mit einem speziellen, leitenden Kohlenstoff-Band am Sockel befestigt. Handelt es sich um eine nicht leitende Probe, so muss

die Leitfähigkeit z.B. durch eine Platin Bedampfung gewährleistet werden, wie im Abbildung 2 sichtbar.



Abbildung 2: Bedampfte, organische Grashüpfer Probe Zankel, n. d. a

Nach dem Einlegen der Probe, die in diesem Fall einer bedampften Heuschrecke entspricht, wird ein Vakuum erzeugt, welches für den Betrieb des Elektronenmikroskops notwendig ist, was (162 ± 1) s, also keine 3 min dauert.

Nun wird das aufgezeichnete Bild im verwendeten Computerprogramm sichtbar. Durch Bewegung mit der Computermaus kann der entsprechende Bereich ausgewählt und die Vergrößerung eingestellt werden. Auch kann über den entsprechenden Knopf die Schärfe, sowie der Kontrast, variiert werden, um ein möglichst gut aufgelöstes Bild zu erreichen. Man muss sich bewusst sein, dass wie bei allen optischen Aufbauten, gewisse Abbildungsfehler vorliegen. Für eine genauere Erklärung hierzu, sei auf Zankel und Herbert, 2013 verwiesen. Der Astigmatismus kann dabei durch eine entsprechende Anpassung im jeweiligen Menüpunkt großteils behoben werden. Zusätzlich muss auch die Grundachse richtig ausgerichtet werden, was unter dem sogenannten "Wobling" verstanden wird.

Im folgenden ist eine Auswahl der erzeugten Bilder angeführt. In Abbildung 3 sind Aufnahmen des Facettenauges sichtbar. In Abbildung 4 links sieht man die Struktur des Flügels und in Abbildung 4 rechts ist eine komisch geformte Struktur sichtbar, die auf einen Fehler in der Bedampfungsschicht zurückzuführen ist. Generell ist zu Beachten, dass der Elektronenstrahl nicht zu lange fokussiert auf eine bestimmte Stelle gerichtet wird, um keinen "Beam-Damage" zu verursachen.

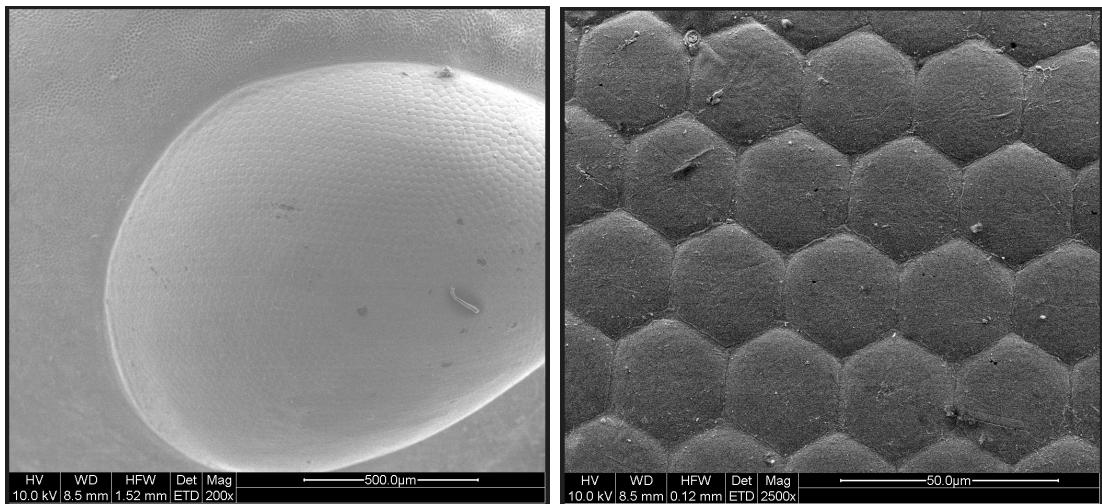


Abbildung 3: Links ein makroskopisches Bild des Facettenauges eines Grashüpfers und recht ein stärker vergrößertes Bild des Facettenauges

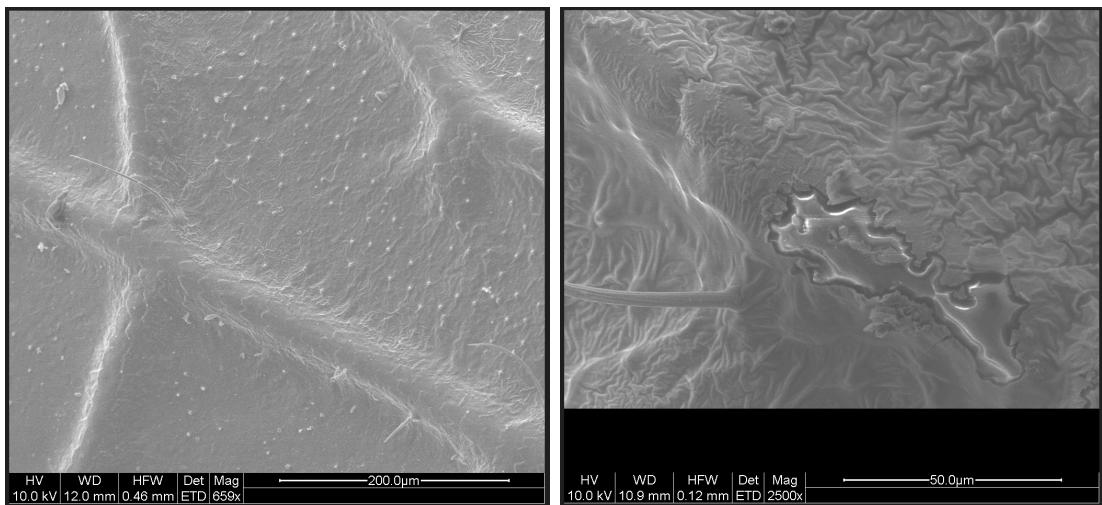


Abbildung 4: Links ist die Struktur des Flügels eines Grashüpfers und rechts ist ein Fehler in der Bedampfungsschicht in dieser Probe ersichtlich

Beim unbedampfte Anteil sind zeitlich fluktuiierende Bewegungen ersichtlich gewesen mehr dazu in Unterabschnitt 4.1

4. Polypropylen-Gewebe

Nun wird ein teilweise beschichtetes Stück eines Polypropylen Gewebes in den Aufbau gegeben, wie in Abbildung 5 sichtbar.



Abbildung 5: Polypropylen Gewebe in Versuchsaufbau

4.1. Vergleich „beschichtet“ und „unbeschichtet“

Zunächst wird jeweils eine Beschichtete und eine unbeschichtete Position auf der Probe als Position markiert, um einen unproblematischen Wechsel zwischen ihnen zu ermöglichen. Die Betrachtung der erzeugten Bilder zeigt sofort, dass im beschichteten Zustand viel schärfere Fotos erzeugt werden können, wie im nächsten Kapitel ersichtlich. Betrachtet man den unbeschichteten Zustand, wie in Abbildung 6 sichtbar, wird deutlich, dass am Präparat feine Bewegungen der Struktur sichtbar sind, was an den ruckartigen Unterbrechungen in folgender Abbildung 6 sichtbar wird. Besonders leicht erkennbar werden diese Bewegungen, wenn mehrere Bilder aufgezeichnet werden und diese dann als Film abgespielt werden, was im Rahmen dieses Protokolls aber leider nicht geteilt werden kann. Diese Bewegungen lassen sich dadurch erklären, dass die unbeschichtete Probe nicht leitfähig ist und sich dadurch, durch die Bestrahlung, Elektronen ansammeln. Diese Elektronenansammlung variiert durch die Bestrahlung und des elektrischen Feldes, wodurch diese Fluktuationen zustande kommen.

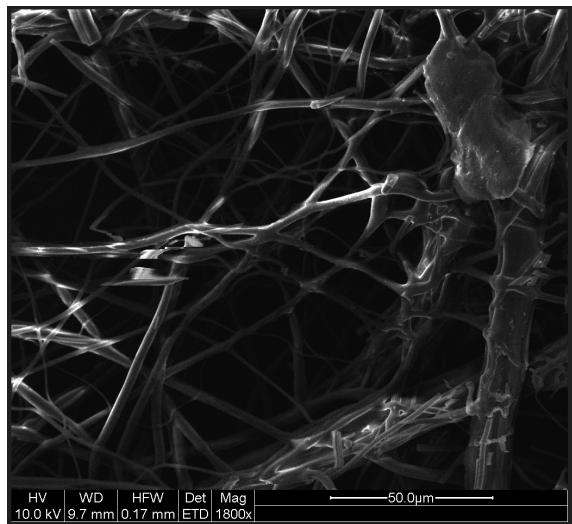


Abbildung 6: Unbeschichtetes Polypropylen Gewebe

4.2. Variation der Beschleunigungsspannung

In diesem Teil des Versuchs wird die Beschleunigungsspannung der Elektronen variiert. Wenn diese größer ist, können die Elektronen in tiefere Schichten der Probe eindringen, weshalb die oberen, dünnen Schichten transparent wirken. Dabei wird erwartet, dass bei der Änderung der Spannung ein Übergang zwischen SE und BSE zu Röntgenstrahlung sichtbar wird.

Die erzeugten Bilder sind in Abbildung 7, 8, 11 und 12 ersichtlich. Zusätzlich wurden Monte Carlo Simulationen zur Verfügung gestellt, die die Bewegung der Elektronen nach den Streuungen darstellen, siehe Abbildung 9, Abbildung 10, Abbildung 13, Abbildung 14.

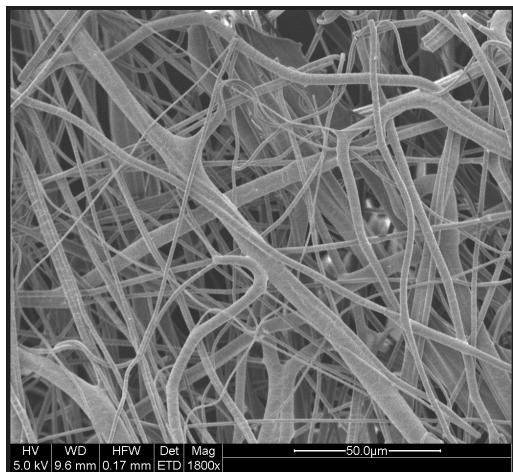


Abbildung 7: Sichtbares Bild bei einer Beschleunigungsspannung von 5 kV

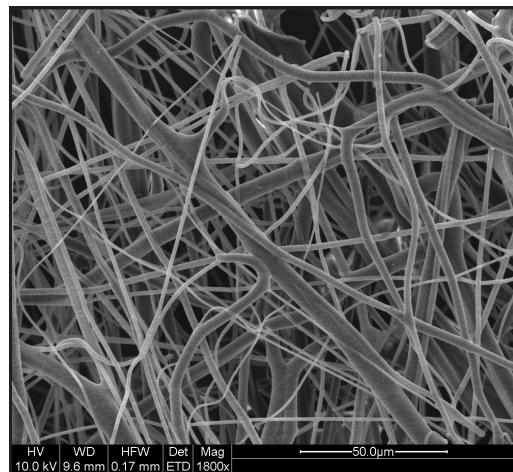


Abbildung 8: Sichtbares Bild bei einer Beschleunigungsspannung von 10 kV

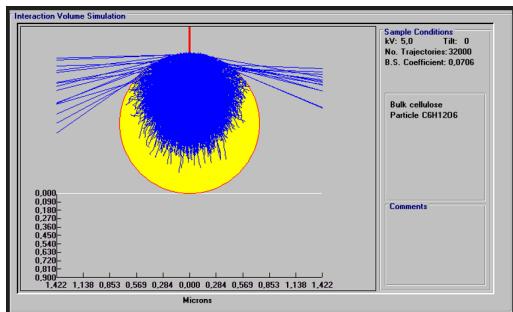


Abbildung 9: Erzeugte Simulation bei einer Beschleunigungsspannung von 5 kV Zankel, n. d. e

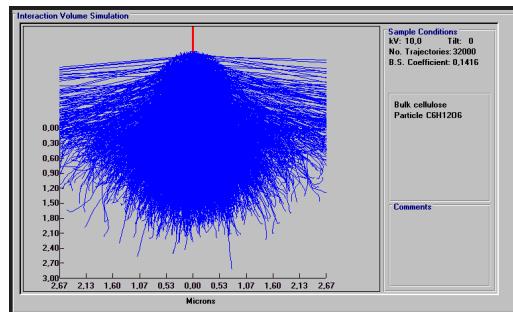


Abbildung 10: Erzeugte Simulation bei einer Beschleunigungsspannung von 10 kV Zankel, n. d. e

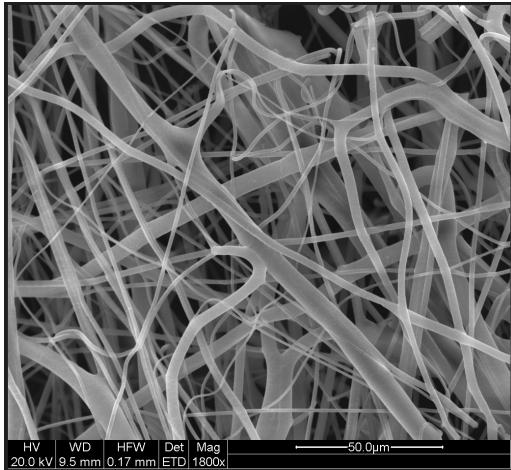


Abbildung 11: Sichtbares Bild bei einer Beschleunigungsspannung von 20 kV

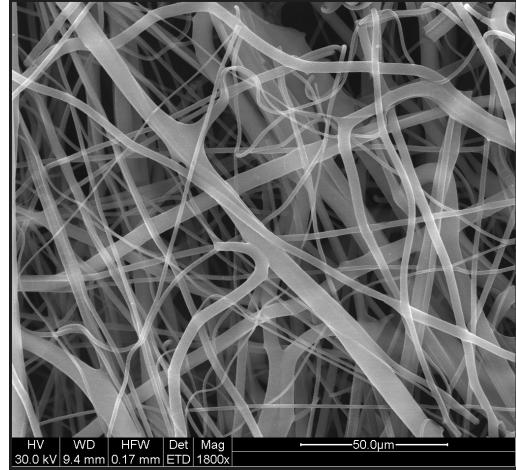


Abbildung 12: Sichtbares Bild bei einer Beschleunigungsspannung von 30 kV

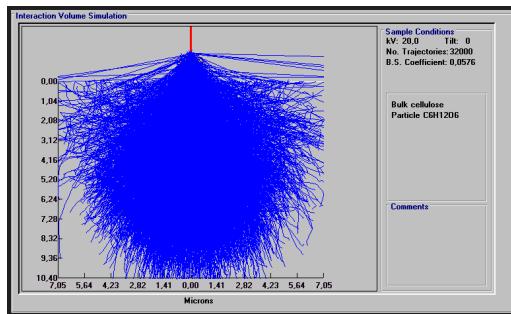


Abbildung 13: Erzeugte Simulation bei einer Beschleunigungsspannung von 20 kV Zankel, n. d. e

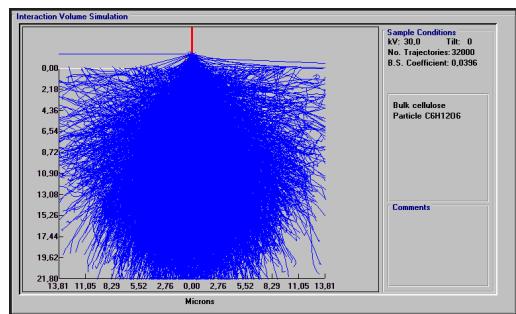


Abbildung 14: Erzeugte Simulation bei einer Beschleunigungsspannung von 30 kV Zankel, n. d. e

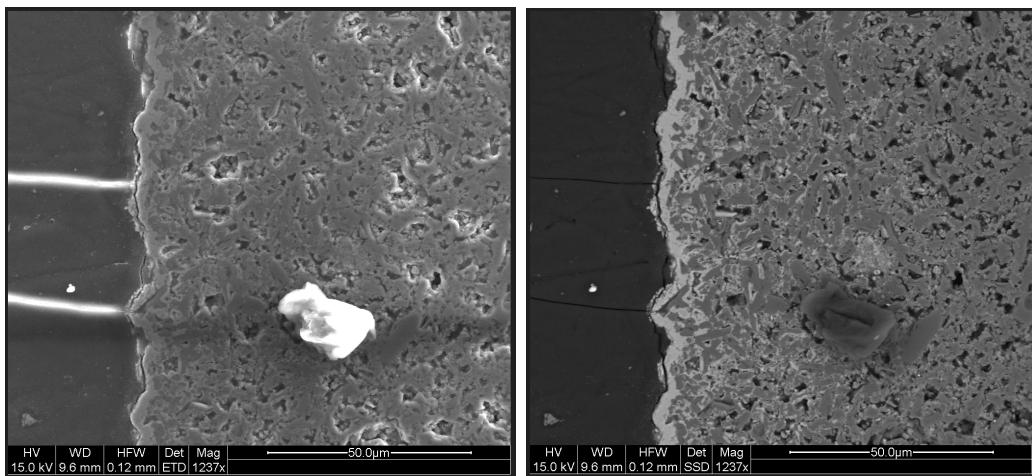
In den erzeugten Fotos ist klar erkennbar, dass bei den kleinen Spannungen besonders die Oberfläche und damit die Topografie detektiert wird. Wird die Spannung erhöht werden diese Feinheiten immer undeutlicher und das Bild ähnelt immer mehr einer Röntgenaufnahme. Auch an den Simulationen ist klar ersichtlich, dass bei der niedrigen Spannung viele Elektronen an der Oberfläche gestreut werden und die Anderen in die Probe eindringen. Bei der höheren Beschleunigungsspannung durchdringen diese jedoch das Gewebe, wodurch die erkennbaren Effekte zu Stande kommen. Die SE, die großteils für die Untersuchung der Oberflächentopografie genutzt werden, spielen bei diesem Teil also nicht so eine große Rolle, wie die BSE und die Röntgenquanten.

5. Keramik

Nun wird eine Keramikprobe in den Versuchsaufbau gegeben.

5.1. Vergleich SE- und BSE-Abbildung

Bei der Keramikprobe wird nun die gleiche Position jeweils an der gleichen Stelle nur unter Betrachtung der SE oder der BSE untersucht. 2 so erzeugte Bilder sind nun beispielhaft in Abbildung 15a und Abbildung 15b sichtbar.



(a) Erzeugtes Bild mit SE an einer Keramikprobe (b) Gleiches Bild mit BSE an der Keramikprobe

Es wird klar ersichtlich, dass bei dem, mit SE erzeugten Bild, insbesondere die Oberflächentopografie sichtbar wird, was besonders an der Erhöhung in der Mitte des Bild erkannt werden kann. Der Grund hierfür ist, dass diese Elektronen weniger Energie haben und daher nicht so weit in die Probe eindringen. Die BSE dringen in die Probe ein und werden von den größeren Atomen stärker zurückgestreut, wodurch ein stärkerer Kontrast, der sogenannte Materialkontrast, sichtbar wird.

5.2. Bestimmung der Schichtdicke

Um die Schichtdicke der Keramikprobe zu bestimmen, wird am BSE Bild die entsprechende Schicht vermessen. Mithilfe des automatisch angezeigten Maßstabs, kann nun die tatsächliche Schichtdicke errechnet werden. Da offensichtlich keine homogen verteilte Dicke vorliegt, wird diese Messung für mehrere Punkte wiederholt, wie in

Abbildung 16 ersichtlich. Dabei wird darauf geachtet, immer den Abstand zu bestimmen, der möglichst orthogonal auf den Rand der Probe liegt. Zusätzlich wurde, wie in Abbildung 16 ersichtlich, rein der Interesse halber, auch noch die Größe von 2 Poren bestimmt.

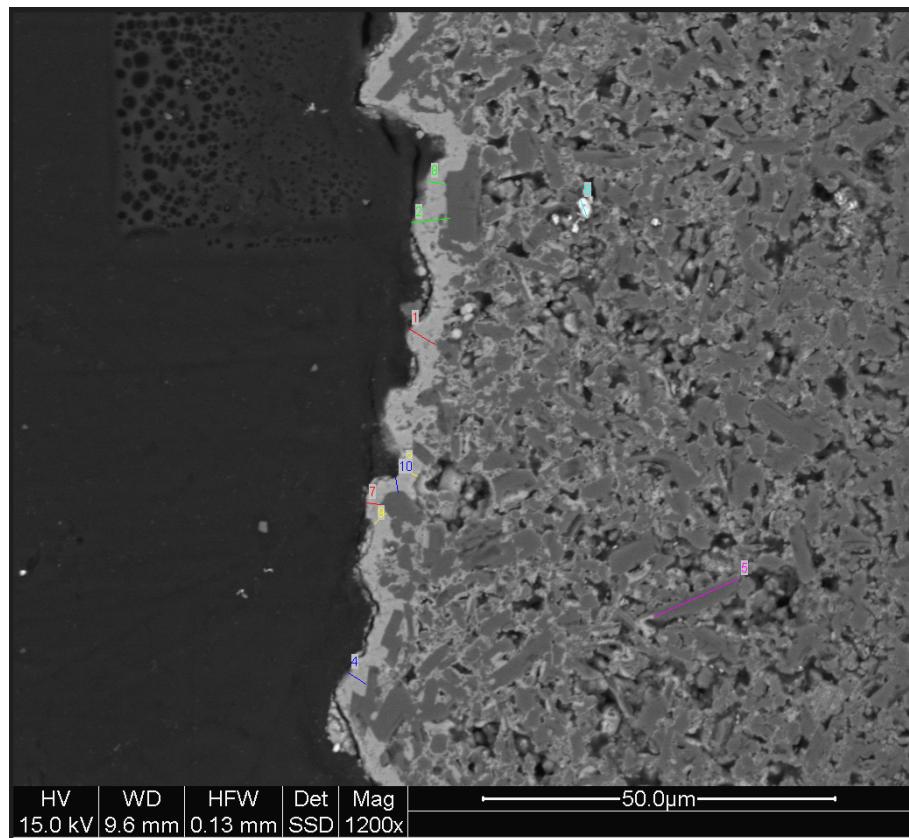


Abbildung 16: Messung der Schichtdicke auf BSE Bild der Keramikprobe

In folgender Tabelle 1 sind die erhaltenen Messwerte der Schichtdicke aufgelistet. Die Unsicherheit wurde dabei als 1 Pixel angenommen, was im konkreten Fall 100 nm entspricht.

Tabelle 1: Erhaltene Messwerte für die Schichtdicke
 $m_i \dots$ entsprechender Messpunkt
 $d \dots$ gemessene Schichtdicke in nm mit einer Unsicherheit von 100 nm

	d / nm
m_1	4330
m_2	5350
m_3	2380
m_4	2950
m_7	2120
m_8	2380
m_9	2190
m_{10}	2140

Aus diesen Werten ergibt sich folgende mittlere Schichtdicke \bar{d} mit der Standardabweichung σ :

$$\begin{aligned}\bar{d} &= 3000 \text{ nm} \\ \sigma &= 1200 \text{ nm}\end{aligned}$$

Für die 2 vermessenen Poren ergeben sich folgende Durchmesser:

$$\begin{aligned}d_{\text{gross}} &= (12900 \pm 100) \text{ nm} \\ d_{\text{klein}} &= (2230 \pm 100) \text{ nm}\end{aligned}$$

6. Qualitative EDX-Analyse

Unter EDX wird “Energy dispersive x-ray spectroscopy” verstanden. Dies ist eine Analysemethode, um auf die Elemente der Probe zu schließen. Dazu wird der Elektronenstrahl auf eine bestimmte Position der Probe gerichtet. Hier werden die entsprechenden Elektronen in den Atomen ionisiert. “Fallen” nun Elektronen in die so entstandenen Löcher zurück, wird Energie frei, die in Form von Röntgenquanten ausgestrahlt wird. Anhand dieser Quanten kann nun auf die entsprechenden Energien und damit auf die Elemente geschlossen werden, da jedem Element ein signifikantes Spektrum zu Grunde liegt.

Dieses vorgehen wurde nun für die Keramikprobe an verschiedenen Positionen wiederholt. Eine höhere Nummer der Position in Abbildung 17 - 20, steht dabei dafür, dass die Analyse weiter innen an der Probe durchgeführt wurde. Auch wurde nur eine Analyse der Beschichtung, Abbildung 21, und von reinem Keramik, Abbildung 22, durchgeführt. Da hier mit einem fokussierten Elektronenstrahl gearbeitet wird, ist besonders darauf zu achten, keinen “Beam-Damage” anzurichten.



Abbildung 17: EDX-Analyse der Keramikprobe an Position 1 Zankel, n. d. d



Abbildung 18: EDX-Analyse der Keramikprobe an Position 2 Zankel, n. d. d

WS22
21.12.2022

STARK Matthias - 12004907
PHILIPP Maximilian - 11839611

FLAB 1
Rasterelektronen
mikroskopie



Abbildung 19: EDX-Analyse der Keramikprobe an Position 3 Zankel, n. d. d



Abbildung 20: EDX-Analyse der Keramikprobe an Position 4 Zankel, n. d. d

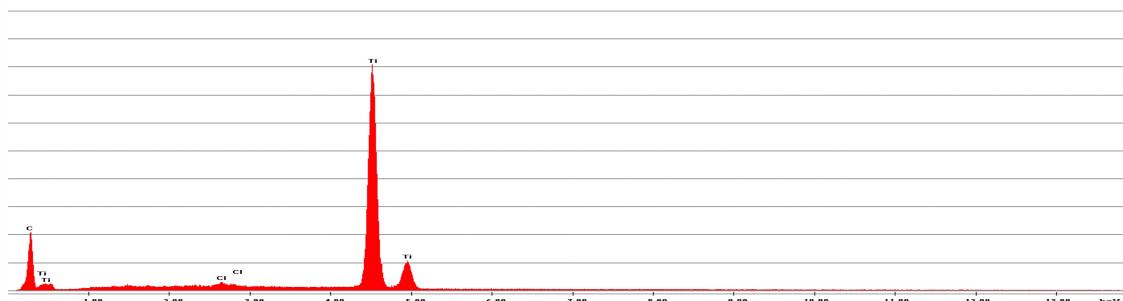


Abbildung 21: EDX-Analyse der Beschichtung Zankel, n. d. d



Abbildung 22: EDX-Analyse der Keramikprobe ohne Beschichtung Zankel, n. d. d

Beim Vergleich der einzelnen Positionen wird klar ersichtlich, dass der Ti-Anteil, welcher nach Vergleich mit Abbildung 21 klar der Beschichtung geschuldet ist, abnimmt, je weiter man sich in das Innere der Probe bewegt. Dies deckt sich auch mit der Erwartung, da es logisch ist, dass die Beschichtung etwas in die Probe eindringt, der Anteil aber geringer wird, je weiter man sich vom Rand weg bewegt, jedoch nie ganz verschwindet.

7. Quantitative EDX-Analyse

Mithilfe der EDX-Analyse kann auch eine quantitative Aussage über eine Probe getroffen werden. Dazu wird eine 10 c Münze als Probe in den Aufbau gegeben und die EDX-Analyse durchgeführt. Bei der Wahl der Position ist darauf zu achten, eine Stelle auszuwählen, an der möglichst keine Verunreinigungen und eine glatte Oberfläche vorliegen, wie in Abbildung 23 sichtbar. Die Analyse wurde mithilfe von 2 verschiedenen Programmen durchgeführt. Das entsprechende Ergebnis ist auch in den Abbildung 24 und Abbildung 25 ersichtlich.

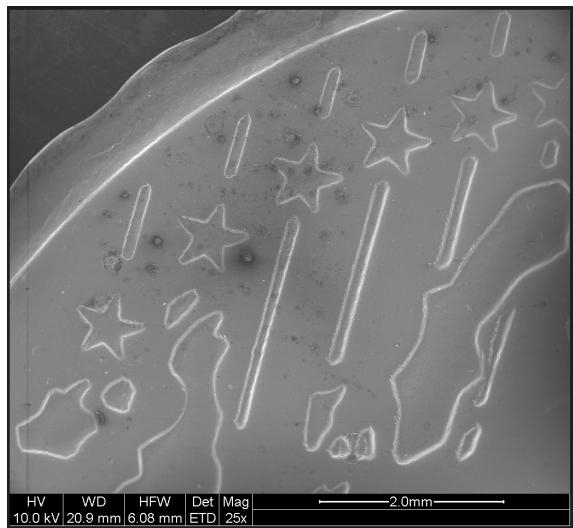


Abbildung 23: SE Bild der Münzoberfläche Zankel, n. d. c

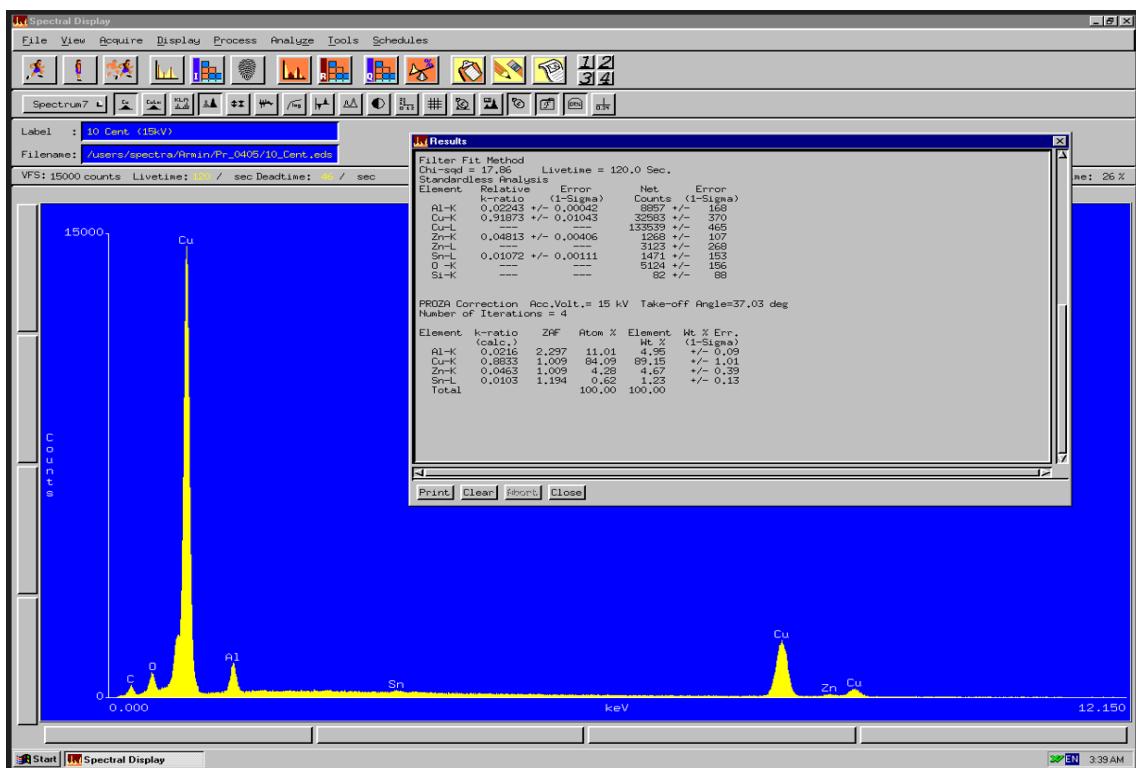


Abbildung 24: Erzeugtes Spektrum der Münzzusammensetzung Zankel, n. d. b

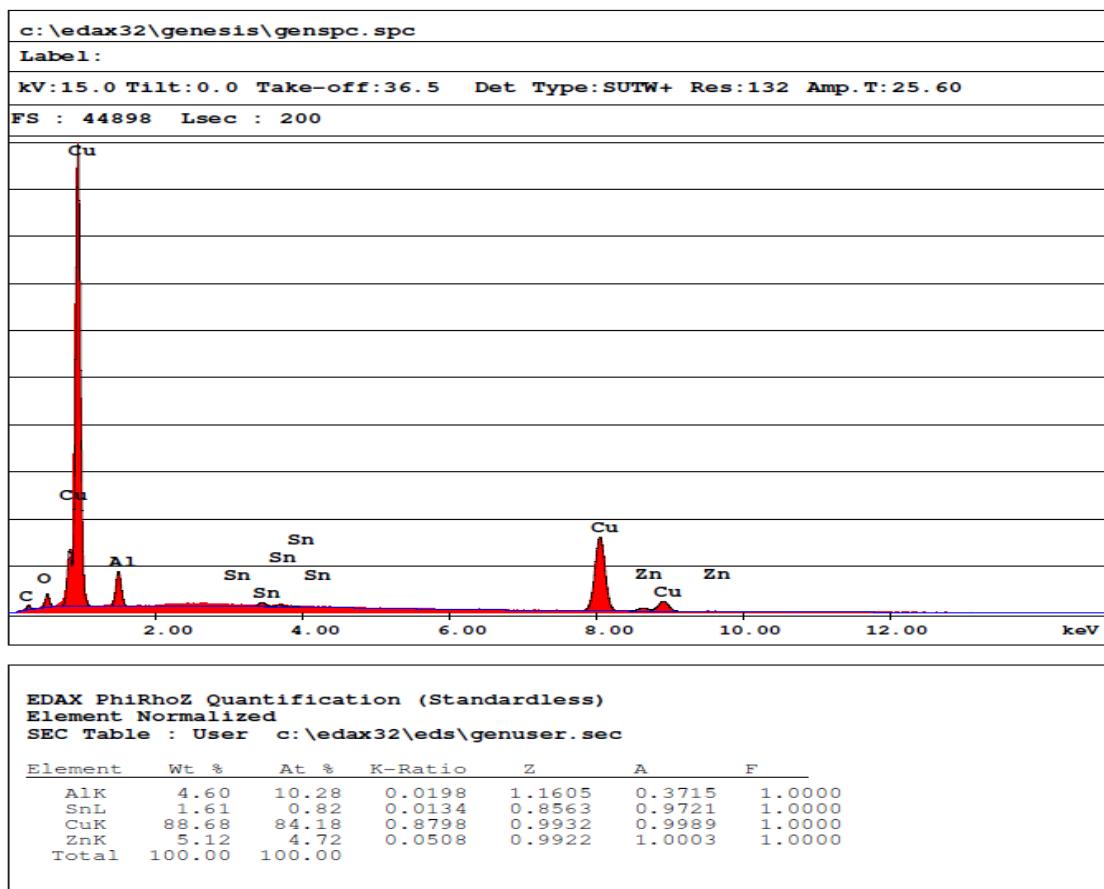


Abbildung 25: Anderes erzeugtes Spektrum der Münzzusammensetzung Zankel, n. d. b

Die so erhaltenen Zusammensetzungen sind in folgender Tabelle 2 den entsprechenden Literaturwerten aus „Amtsblatt NR. 248“, 2001 gegenübergestellt.

Tabelle 2: Gegenüberstellung der erhaltene Zusammensetzung aus der EDX-Analyse der 10 c Münze

Al ... Aluminium

Cu ... Kupfer

Zn ... Zink

Sn ... Zinn

P_{m1} ... erhaltener prozentualer Anteil nach Methode 1

P_{m2} ... erhaltener prozentualer Anteil nach Methode 2

P_{lit} ... erhaltener prozentualer Anteil laut Literatur „Amtsblatt NR. 248“, 2001

Element	P_{m1} / %	P_{m2} / %	P_{lit} / %
Al	(4,95 ± 0,09)	(4,60 ± 0,05)	5
Cu	(89,2 ± 1,1)	(88,68 ± 0,05)	89
Zn	(4,6 ± 0,4)	(5,12 ± 0,05)	5
Sn	(1,23 ± 0,13)	(1,61 ± 0,05)	1

Ein Vergleich der erhaltenen Ergebnisse mit den entsprechenden Literaturwerten zeigt, dass die Literaturwerte nicht im Fehlerintervall der durch die Analyse erhaltenen Werte enthalten sind, jedoch in der gleichen Größenordnung liegen. Es kann auch festgestellt werden, dass die durch Methode 1 erhaltenen Werte meist näher an den entsprechenden Literaturwerten liegen. Eine allgemeine Aussage kann hier jedoch nicht getroffen werden, da jeweils nur eine einzige Position betrachtet wurde und die Literaturwerte sich auf die gesamte Münze beziehen.

Allgemein kann festgehalten werden, dass die EDX-Analyse sehr gut geeignet ist, um sich einen groben Überblick über die Vorkommen und die Häufigkeiten von gewissen Elementen in einer Probe zu bekommen.

8. Zusammenfassung

Rasterelektronenmikroskopie ist ein sehr bedeutendes Themengebiet, welches ein breites Anwendungsspektrum besitzt. Im Rahmen des Praktikums durften wir uns zunächst mit dem Rasterelektronenmikroskop vertraut machen. Dann wurde eine Polypropylen Probe in Hinblick auf beschichtete und unbeschichtete Stellen betrachtet und festgestellt, wie sich die Variation der Beschleunigungsspannung auf das entstehende Bild auswirkt. Mithilfe einer Keramikprobe wurde der Unterschied und die Anwendung zwischen SE- und BSE-Abbildungen in Erfahrung gebracht und die Schichtdicke der Keramikprobe vermessen. Zum Abschluss wurde noch eine qualitative, sowie die quantitative EDX-Analyse durchgeführt, um die Elemente, sowie die prozentuale Zusammensetzung einer Probe zu untersuchen.

Literaturverzeichnis

- Amtsblatt NR. 248. (2001). *Wiener Zeitung*. HTTP:/WWW.WIENERZEITUNG.
AT
- Zankel, A. (n. d. a). Bedampfte Grashüpfer Probe [Place: Steyrergasse 17, A-8010 Graz].
- Zankel, A. (n. d. b). Quantitative EDX Analyse einer 10 cent Münze [Place: Steyrergasse 17, A-8010 Graz].
- Zankel, A. (n. d. c). Rasterelektronenbild einer 10 cent Münze [Place: Steyrergasse 17, A-8010 Graz].
- Zankel, A. (n. d. d). Serie an EDX Spektren von einer 10 cent Münze [Place: Steyrergasse 17, A-8010 Graz].
- Zankel, A. (n. d. e). Serie an Monte-Carlo-Simulationen der Elektronen Trajektorien durch Wechselwirkungen mit der Papier Probe [Place: Steyrergasse 17, A-8010 Graz].
- Zankel, A., & Herbert, R. (2013). Vorbereitungsunterlagen zur Praktikumsübung Rasterelektronenmikroskop: Im Rahmen des Praktikums für Fortgeschrittene, LV 511.121 [Place: Steyrergasse 17, A-8010 Graz].

I. Anhang

Hier werden, wie von der Aufgabenstellung verlangt, nochmals alle Vorbereitungsunterlagen und die Daten zu den Münzen angeführt.

Vorbereitungsunterlagen zur Praktikumsübung

Rasterelektronenmikroskopie

Im Rahmen des Praktikums für Fortgeschrittene, LV 511.121
Sommersemester 2013



Raster-Elektronenmikroskop: FEI ESEM Quanta 200

DI Dr. Armin Zankel, DI Dr. Herbert Reingruber

Forschungsinstitut für Elektronenmikroskopie (FELMI)
Steyrergasse 17
armin.zankel@felmi-zfe.at
Tel: 0316/873-8832

Grundlagen der Rasterelektronenmikroskopie (REM)

Das Rasterelektronenmikroskop basiert auf der Abrasterung der Probenoberfläche mittels eines feingebündelten Elektronenstrahls. Im Gegensatz zum Transmissions-Elektronenmikroskop (TEM) können auch „massive“ Proben untersucht werden (Abb. 1). Die Probe muss also nicht elektronentransparent (dünn) sein. Der komplette Abbildungsvorgang findet im Hochvakuum statt, um Wechselwirkungen von Strahlelektronen mit Atomen und Molekülen in der Probenkammer zu vermeiden und um Überschläge zu verhindern, die die Elektronenquelle und den Detektor zerstören würden.

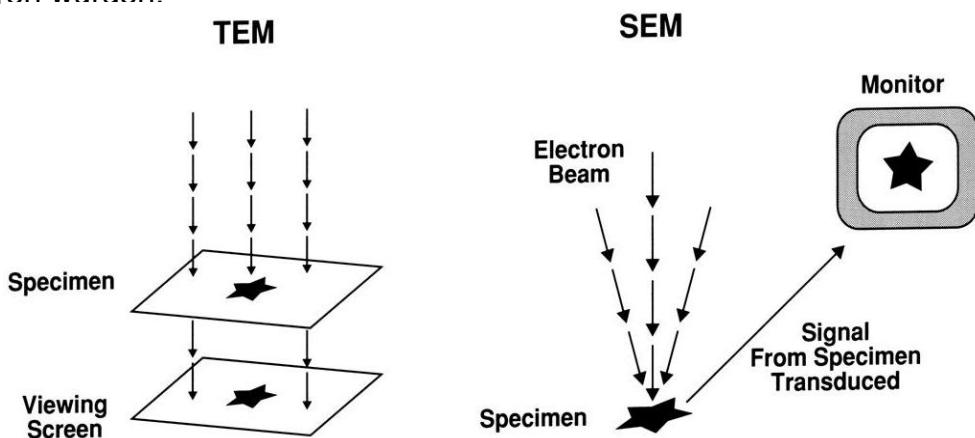


Abb. 1: Die beiden Elektronenmikroskop-Typen: TEM – REM (SEM) [4]

Mit Hilfe von elektromagnetischen Spulen wird der Elektronenstrahl auf einen Punkt auf der Probe fokussiert. Trifft der Elektronenstrahl auf die Probe, sind verschiedene elastische und inelastische Wechselwirkungen möglich, deren Detektion Informationen über die Beschaffenheit der Probe geben. Der Primärelektronenstrahl wird wie bei einem Röhrenmonitor zeilenweise über die Oberfläche der Probe geführt - dieser Vorgang wird als Rastern bezeichnet - während Signale von verschiedenen Detektoren (SE, BSE, EDX) aufgefangen und in Grauwertinformationen umgewandelt und synchron auf einem Bildschirm dargestellt werden. Sind alle Zeilen des Bildes abgetastet, fängt das Rastern wieder am linken oberen Bildrand an und ein neues Bild wird erzeugt. Die vergrößernde Wirkung ergibt sich durch die Darstellung der Signale von der abgerasterten Probenstelle am Bildschirm. Dadurch ergibt sich die Vergrößerung des Bildes:

$$magnification = \frac{\text{width on screen}}{\text{scan length on sample}} \quad (1)$$

Wechselwirkung zwischen Elektronen und Materie

Die Wechselwirkung von Elektronen des Primärstrahls und den Atomen der Probe erzeugt eine Vielzahl von Signalen (Abb. 2). Prinzipiell kann man zwischen zwei Mechanismen unterscheiden, der elastischen und der inelastischen Streuung von Elektronen in Festkörpern. Die Streuprozesse führen zu einer Zick-zack-Bewegung der Elektronen im Festkörper, bis sie die Probe als Rückstreuerelektronen verlassen oder so weit abgebremst werden, dass sie im Festkörper stecken bleiben. Die am häufigsten genutzten Signale in der Rasterelektronenmikroskopie sind Sekundärelektronen (Secondary Electrons, SE), Rückstreuerelektronen (Backscattered Electrons, BSE) und die charakteristische Röntgenstrahlung (Abb. 3).

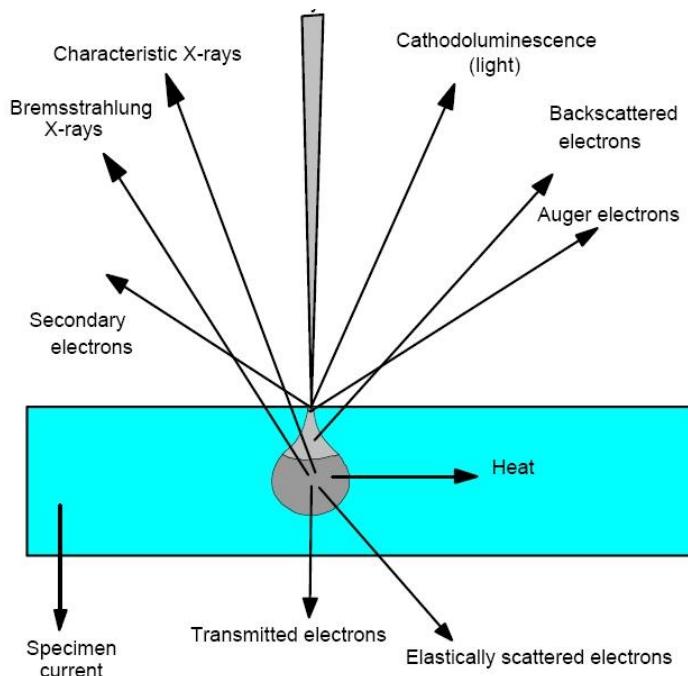


Abb. 2: Wechselwirkung von Primärelektronen mit der Probe [3]

Elastische Streuung

Bei der elastischen Streuung wird das Elektron vom Coulombfeld des Atomkerns der Probe ohne Energieverlust abgelenkt und verändert lediglich seine Bahn. Dabei bleibt die kinetische Energie des Elektrons erhalten. Diese Wechselwirkung ist vor allem bei der Entstehung von Rückstreuerelektronen von großer Bedeutung.

Inelastische Streuung

Bei der inelastischen Streuung wird das Elektron nicht nur abgelenkt, sondern ein Teil seiner kinetischen Energie wird auf die Atome der Probe übertragen. Dies führt dazu, dass Sekundärteilchen, z.B. Sekundärelektronen (locker gebundene Elektronen in den Außenschalen), die Probe verlassen.

Prinzipiell kann die Energieübertragung in eine oder mehrere der folgenden Wechselwirkungen erfolgen.

- Anregung von Schwingungen in Molekülen bzw. von Phononen im Festkörper ($\Delta E = 0,02 - 1 \text{ eV}$)
- Anregung von kollektiven Schwingungen (Plasmonen) der Elektronen im Valenz- oder Leitungsband ($\Delta E = 15 - 30 \text{ eV}$)
- Anregung eines Elektrons von einem Energieniveau einer Schale auf ein anderes (Intrabandübergänge) oder von einer Schale auf eine andere (Interbandübergänge), oder Entstehung von Elektron-Loch-Paaren in Halbleitern ($\Delta E = 1 - 150 \text{ eV}$)
- Ionisierung von Atomen durch die Wechselwirkung der Primärelektronen mit Elektronen der inneren Schalen => indirekte Entstehung von Augerelektronen und charakteristischer Röntgenstrahlung ($\Delta E = 50 \text{ eV} - 100 \text{ keV}$)
- Abbremsung der Elektronen im Coulombfeld des Kerns => Entstehung von Röntgenbremsstrahlung ($\Delta E < \text{Primärenergie}$)

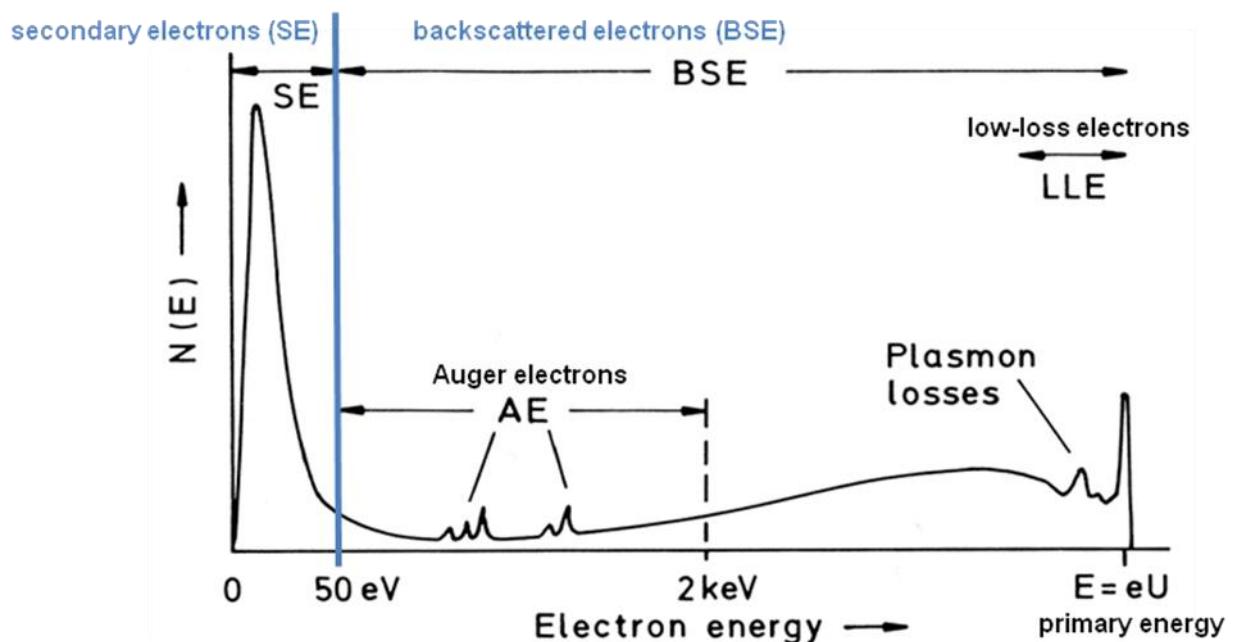


Abb. 3: Energiespektrum von emittierten Elektronen [2]

Aufbau eines REM

• Elektronenquelle

Die Elektronenquelle emittiert Elektronen, die zur Anode hin mit einer definierten Spannung beschleunigt werden (0,1 – 30 keV), wobei ein Elektronenstrahl mit einer gewissen Energiebreite entsteht. Das Kriterium für die Güte einer Elektronenquellen ist der Richtstrahlwert (Brightness), der als Stromdichte pro Raumwinkel definiert ist.

• Elektronenlinsen

Der Elektronenstrahl wird in einem REM durch elektromagnetische Linsen gelenkt und fokussiert. Durch das Linsensystem wird das Bild der Elektronenquelle auf die Probe verkleinert abgebildet, um einen möglichst kleinen Strahldurchmesser zu erzeugen. Kondensorlinsen bündeln den Strahl und die Objektivlinse fokussiert ihn schließlich auf die Probenoberfläche. Mit Hilfe der elektromagnetischen Felder der Ablenkspulen wird er zeilenförmig über die Probenoberfläche bewegt.

• Vakuumsystem

Das Vakuumsystem sorgt dafür, dass die Elektronen auf ihrem Weg nicht durch Kollisionen mit Gasatomen oder mit Gasmolekülen von ihrer Bahn abgelenkt werden. Weiters würde es durch die hohen elektrischen Feldstärken in der Nähe der Elektronenquelle und der Detektoren zu Ionisation kommen und damit zu elektrischen Überschlägen. Solche Überschläge können natürlich sowohl die Elektronenquelle als auch die sensiblen elektronischen Detektoren beschädigen.

• Probenhalterung

Die Probenhalterung (Stage) garantiert eine stabile Lage der Probe in der Probekammer. Sie ist in fünf Koordinaten beweglich in x, y, z, t (tilt) und r (rotation) und ermöglicht somit ein ökonomisches Arbeiten mit mehreren gleichzeitig eingebauten Proben.

• Detektoren

Sie registrieren in einem konventionellen REM RückstreuElektronen (BSE), Sekundärelektronen (SE) und die entstehende charakteristische Röntgenstrahlung (X-rays).

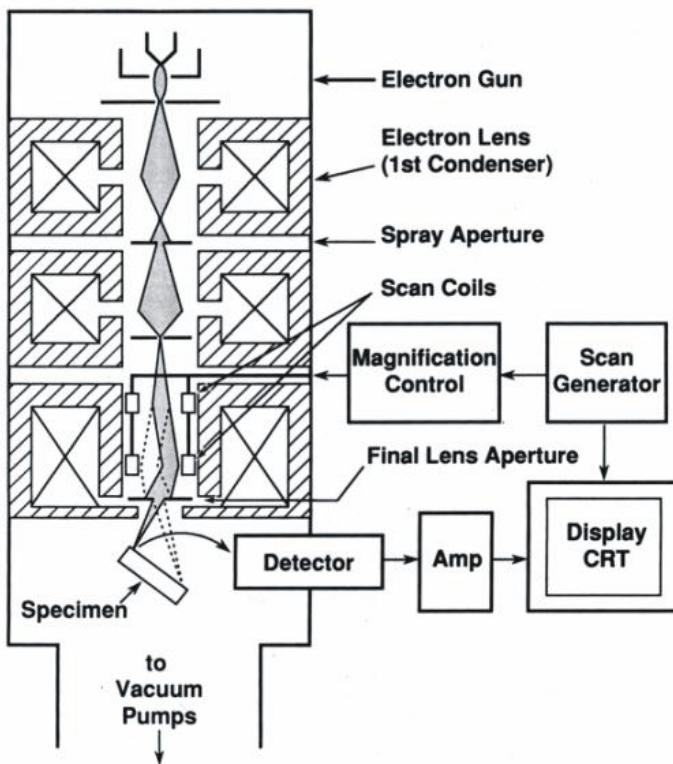


Abb. 4: Aufbau eines REM [1]

Elektronenquelle:

Das strahlerzeugende System eines REM besteht aus Kathode, Wehneltzylinder und Anode. Die Kathode emittiert die Elektronen, die zur Anode hin beschleunigt und durch den Wehneltzylinder am Ort der Anode gebündelt werden. Die Qualität der Elektronenquelle wird durch den Richtstrahlwert definiert, welcher durch Stromdichte pro Raumwinkel definiert ist.

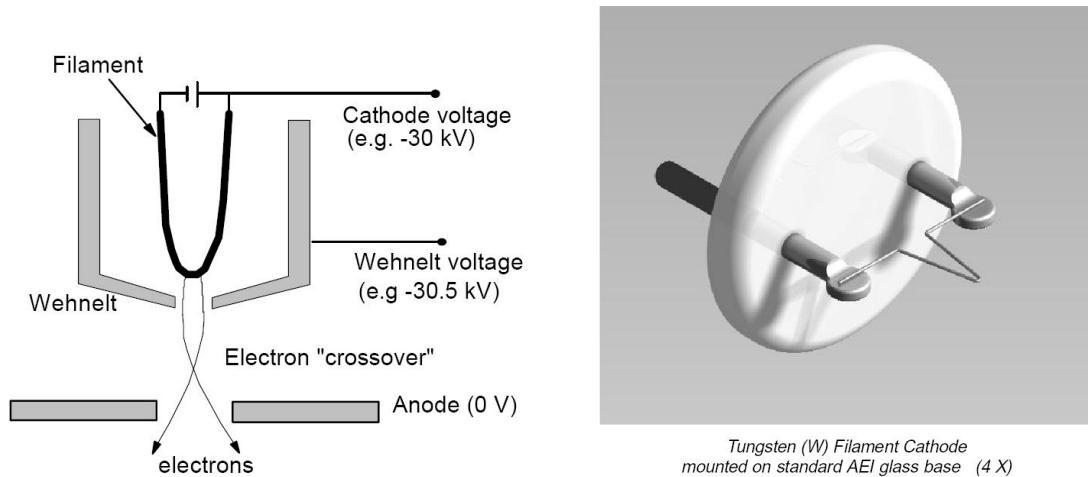


Abb. 5: Elektronenquelle: Kathode aus Wolfram

Die wichtigsten Bauarten von Kathoden sind:

- haarnadelförmige geheizte Kathoden aus Wolfram (relativ billig, einfach in der Handhabung), nachteilig ist die geringe Lebensdauer (ca. 200 h) und der geringe Richtstrahlwert (im ESEM Qanta 200 verwendet, Abb.5)
- Kathoden aus einem LaB₆ (Lanthan-Hexaborid) - Einkristall (Faktor 10-fach höherer Richtstrahlwert, teurer, aber auch längere Lebensdauer)
- Feldemissionskathoden (FEG), durch ein sehr starkes elektrische Feld ($E \sim 10^9$ V/m) können die Elektronen an der feinen Wolframspitze den Potentialwall durchtunneln => Emission von Elektronen ohne thermische Zufuhr von Energie möglich, Faktor 10000-fach höherer Richtstrahlwert, aber UHV (ultra high vacuum) notwendig. Daher ist ein sehr aufwendiges Vakuumssystem notwendig. Das System ist wesentlich teurer, und das Alignment aufwendiger. Es hat aber auch eine höhere Lebensdauer (ca. 10000 h)

Die de Broglie-Gleichung beschreibt die Wellenlänge der austretenden Elektronen:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} \quad (2)$$

λ Wellenlänge [m]

h Plancksches Wirkungsquantum $h = 6,62 \cdot 10^{-32}$ J/s

m relativistische Masse des Elektrons [kg]

v Geschwindigkeit des Elektrons [m/s]

Bei der Berücksichtigung der relativistischen Masse des Elektrons und der Berechnung der Geschwindigkeit aus dem Energieerhaltungssatz erhält man folgenden Zusammenhang:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m_0 \cdot e \cdot U \cdot \left(1 + \frac{e \cdot U}{2 \cdot m_0 \cdot c^2}\right)}} \quad (3)$$

m_0 Ruhemasse des Elektrons ($m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg)

e Elementarladung ($e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ As)

U Beschleunigungsspannung [V]

c Lichtgeschwindigkeit ($c = 2,99 \cdot 10^8$ m/s)

Daraus ergibt sich bei einer Beschleunigungsspannung von 10 kV eine Wellenlänge des Elektrons von 12,2 pm. Bei einem Lichtmikroskop ist die Auflösung durch die Wellenlänge des Lichtes beschränkt. Durch die wesentlich kleinere Wellenlänge der Elektronen lässt sich eine wesentlich bessere Auflösung erzielen. Limitierend bei einem REM ist die Tatsache, dass durch die Linsenfehler nicht auf einen beliebig kleinen Spot fokussiert werden kann und dass die zur Bildgebung genutzten Signale aus einem wesentlich größeren Volumen der Probe stammen (Interaktionsvolumen).

Elektronenoptik:

In einem REM werden meistens 2 oder 3 magnetische Linsen genutzt, um den gebündelten Strahl des Wehneltzylinders auf die Probe zu verkleinern. Ziel ist es, einen möglichst kleinen fokussierten Punkt auf der Probenoberfläche zu realisieren (Abb. 6).

In Analogie zur Lichtoptik werden Elektronen in magnetischen Linsen durch die Lorentzkraft abgelenkt und fokussiert. Im Gegensatz zu einer Glaslinse mit fester Brennweite kann allerdings bei einer elektromagnetischen Linse die Brennweite variiert werden, allerdings können die Elektronen nur gebündelt werden, eine Zerstreuungslinse gibt es in diesem Zusammenhang nicht.

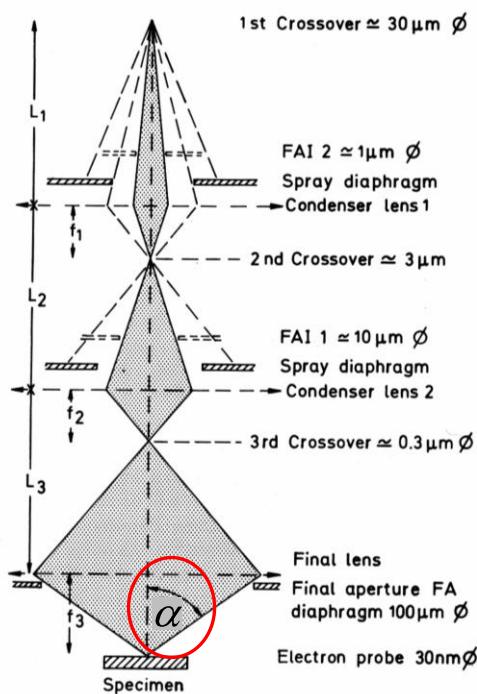


Abb. 6: Linsensystem eines REM's [2] FAI - (Final Apertur Image)

Der Winkel α ist im Gegensatz zum Lichtmikroskop sehr klein (im mrad-Bereich).

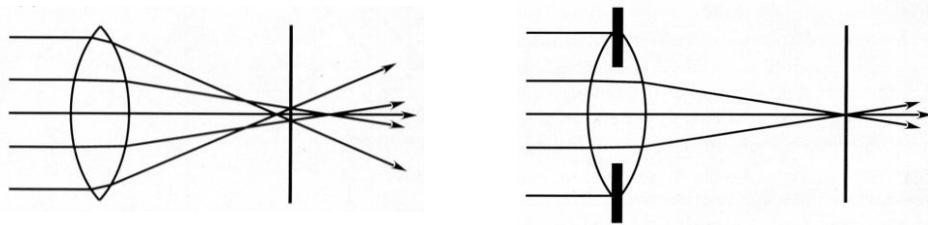
Linsenfehler:

Die wichtigsten Linsenfehler sind:

- **Öffnungsfehler oder sphärische Aberration C_s**

Achsennahe und achsenferne Strahlen haben eine andere Brennweite

→Abhilfe: Verwendung von Blenden

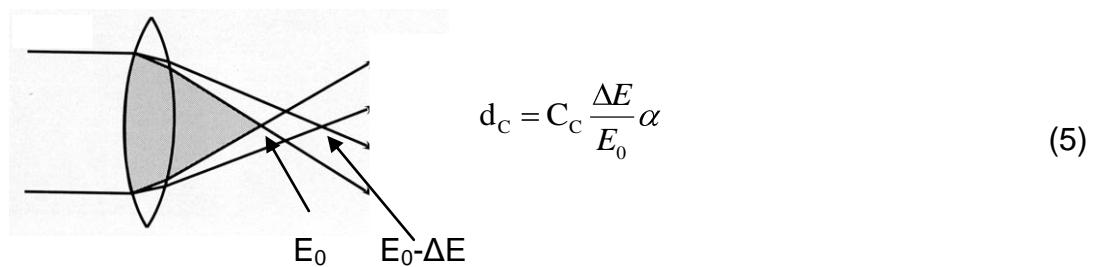


$$d_s = \frac{1}{2} C_s \alpha^3 \quad (4)$$

d_s Strahldurchmesser aufgrund der sphärischen Aberration

- **Farbfehler oder chromatische Aberration C_c**

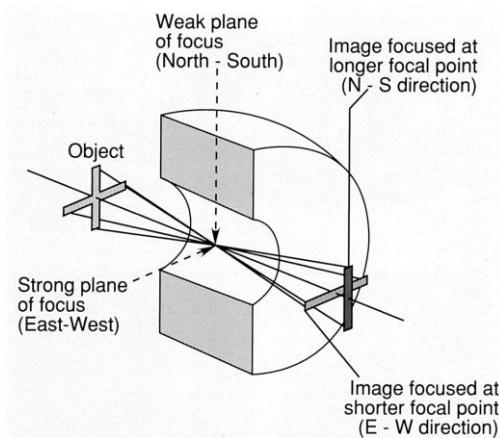
Elektronen mit unterschiedlichen Energien ($E_0 \pm \Delta E$) haben eine andere Brennweite, Elektronen mit einer höheren Energie werden stärker abgelenkt als Elektronen mit geringerer Energie.



d_c Strahldurchmesser aufgrund der chromatischen Aberration

- **Axialer Astigmatismus d_A**

Die rotationssymmetrischen Spulenkörper haben immer eine kleine Abweichung von der Idealform (auch Verunreinigungen und Aufladungen können einen Einfluss haben), Elektronen, die in einer Ebene senkrecht zu einer anderen eindringen, haben unterschiedliche Brennweiten. Der axiale Astigmatismus lässt sich durch zwei zueinander senkrecht stehende Zylinderlinsen korrigieren.



$$d_A = \Delta f_A \alpha \quad (6)$$

- **Beugungsfehler d_d**

Aufgrund der endlichen Ausdehnung der Blenden ergibt sich der Beugungsfehler. Je kleiner die Blende desto größer wird der Beugungsfehler und ist prinzipiell nicht korrigierbar!

$$d_d = \frac{0.6\lambda}{\alpha} \quad (7)$$

vgl. Lichtmikroskop: $d_d = \frac{0.6\lambda}{n \sin \alpha}$ d.h. beim Lichtmikroskop wird α möglichst groß gewählt, um eine bessere Auflösung zu erzielen! → Abstand zw. Probe und Objektiv ist daher sehr klein!

Prinzipiell werden alle Linsenfehler, bis auf den Beugungsfehler, mit abnehmender Apertur kleiner!

Bildentstehung im REM

In einem konventionellen REM werden die Sekundärelektronen (SE) und die Rückstreu elektronen (BSE) zur Bildgewinnung genutzt.

- **Sekundärelektronen - SE**

Sekundärelektronen-Abbildungen liefern die beste Auflösung und durch die Abhängigkeit der SE-Ausbeute vom Neigungswinkel der Probe und dem Kanteneffekt kommt es zum Topographiekontrast in solchen Bildern (Abb.7).

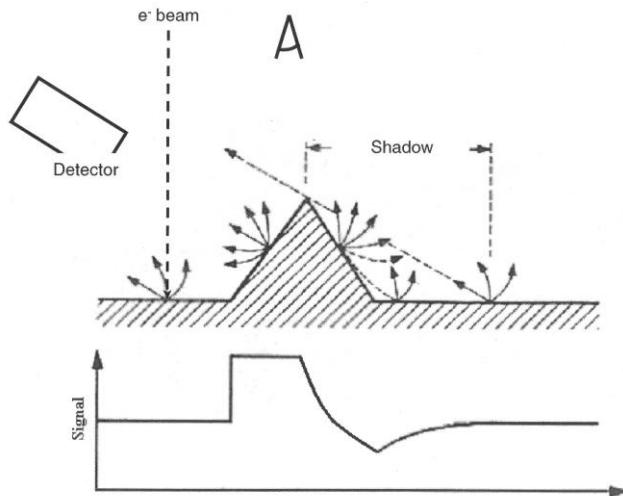


Abb. 7: Topographie- und Flächenneigungskontrast [2]

Aufgrund ihrer relativ geringen Energie werden die SE vom elektrischen Feld des Detektors abgelenkt und können dann detektiert werden. Die positive Saugspannung beschleunigt die SE auf einen Szintillator und der darauf folgende Photomultiplier verstärkt das Signal (Everhart-Thornley Detektor, Abb.8).

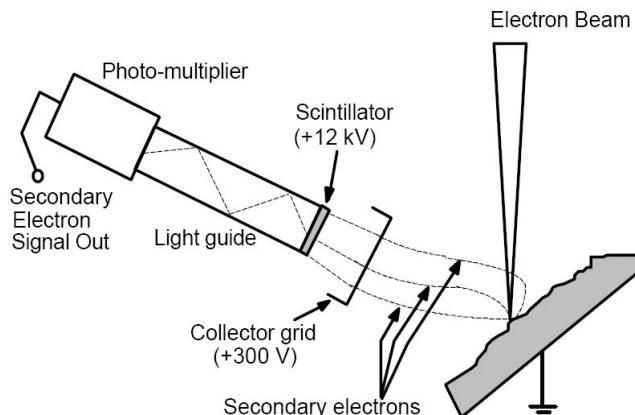


Abb. 8: Everhart Thornley Detektor (ETD)

Wegen ihrer geringen Energie (< 50 eV) können die SE die Probe nur aus einer sehr geringen Tiefe verlassen (Abb.15). Das ist der Grund für das bessere Auflösungsvermögen bei der Detektion der SE gegenüber den BSE.

- **RückstreuElektronen - BSE**

Die BSE-Ausbeute ist abhängig von der mittleren Kernladungszahl Z der Probe. Bereiche mit einer höheren mittleren Kernladungszahl erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer Rückstreuung. Solche Bereiche erscheinen daher in einem BSE-Bild heller, man spricht vom Materialkontrast. Der Materialkontrast ist für kleinere Z größer als für große Z (Abb. 9).

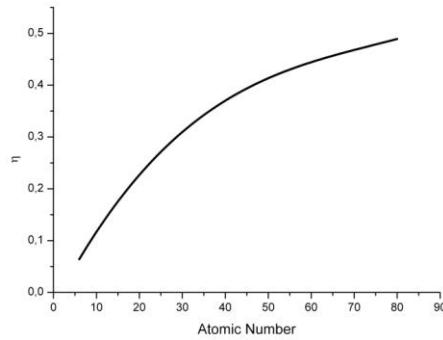


Abb. 9: RückstreuKoeffizient η in Abhängigkeit von der Kernladungszahl Z [2]

Die höher energetischen BSE werden durch den am Ende der Elektronensäule (Polschuh) positionierten Halbleiter- Detektor nachgewiesen. Aufgrund ihrer hohen Energie ist es nicht möglich, sie durch eine Saugspannung abzuziehen. Sie haben deswegen auch geradlinige Trajektorien und es ist notwendig, einen möglichst großen Winkelbereich zu erfassen. Die hochenergetischen BSE erzeugen im Halbleiter eine Vielzahl von Elektron-Loch-Paaren (Si: 3,6 eV pro Elektron-Loch-Paar). Diese Ladungen werden durch eine angelegte Spannung abgezogen (Abb. 10).

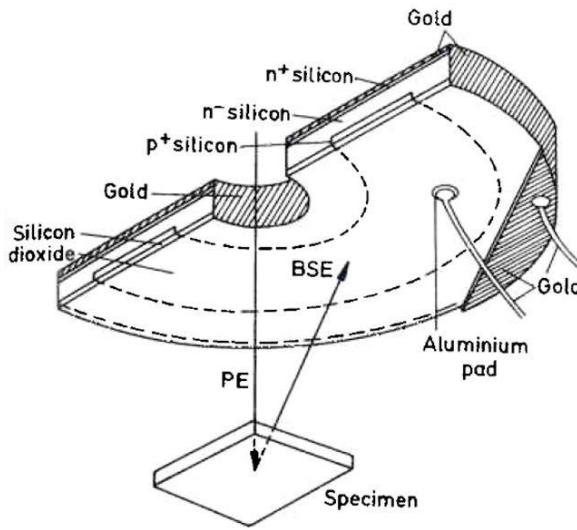


Abb. 10: BSE Halbleiterdetektordiode (PE: Primary Electrons) [2]

Röntgenspektroskopie

Der Beschuss von Festkörpern mit hochenergetischen Elektronen führt zur Ionisierung der Materie. Die leer stehenden Plätze der inneren Schalen werden durch Elektronen der äußeren Schale wieder aufgefüllt und charakteristische Röntgenstrahlung wird emittiert (Abb. 11). Durch Detektion dieser Strahlung ist sowohl die Charakterisierung der Elemente als auch eine quantitative Analyse von Probenbereichen möglich.

Da ein fein fokussierter Elektronenstrahl verwendet wird, ist die röntgenspektroskopische Analyse ortsaufgelöst in mikroskopischen Maßstab möglich.

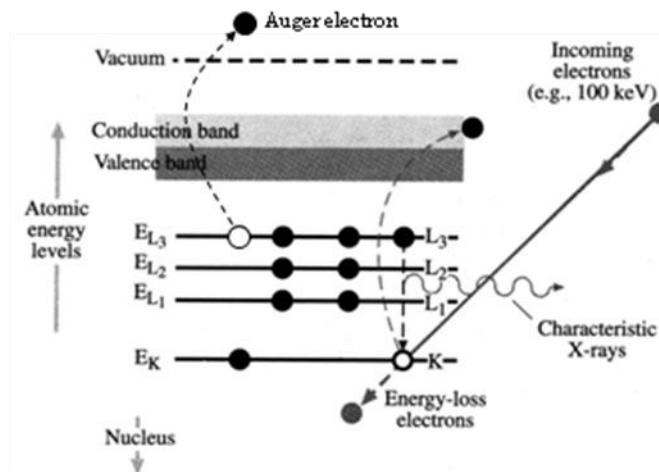


Abb. 11: Entstehung charakteristischer Röntgenstrahlung durch den Beschuss mit Elektronen.

EDX (Energiedispersive Röntgenanalyse)

Das einfallende Röntgenquant erzeugt in einem mit Lithium dotierten Silizium- Kristall (Si(Li)) oder einem hochreinen Germanium- Kristall (HPGe) Ladungsträgerpaare. Die Anzahl dieser Ladungsträgerpaare ist proportional zur Energie der Röntgenstrahlung. Diese entstehenden Signale werden verstärkt und in einem Vielkanalanalysator (MCA) gespeichert, der sie nach Größe sortiert seinen Kanälen zuführt. Der Detektor und der Vorverstärker muss mit flüssigem Stickstoff gekühlt werden, um das Rauschen zu unterdrücken und um die Diffusion von Lithium im Kristall zu verhindern (im Fall eines Si(Li)- Detektors). Um den Detektor vor Kontamination zu schützen, wird ein Fenster verwendet, das den Detektor räumlich von der Probenkammer trennt (Abb. 12). Dieses Fenster (Be, Al, Kunststoff, Diamant...) limitiert allerdings den Detektor, weil es zur Absorption der Röntgenstrahlung im Fenster kommt. Die Verwendung von Be-Fenstern zum Beispiel verhindert die Detektion von Kohlenstoff ($K_{\alpha} = 0,282 \text{ keV}$), da erst Energien größer 1 keV das Fenster passieren können. Die Energieauflösung solcher EDX-Spektrometer liegt bei ungefähr 100 eV, wobei die Detektion in einem großen Raumwinkel (bis etwa 0,1 sr) erfolgt. Allerdings ist eine Kühlung des ganzen Systems notwendig und die Detektoren haben eine relativ große Totzeit (nach Registrierung eines Photons braucht der Detektor eine gewisse Zeit, um die Daten zu verarbeiten, danach ist er für das nächste Photon bereit).

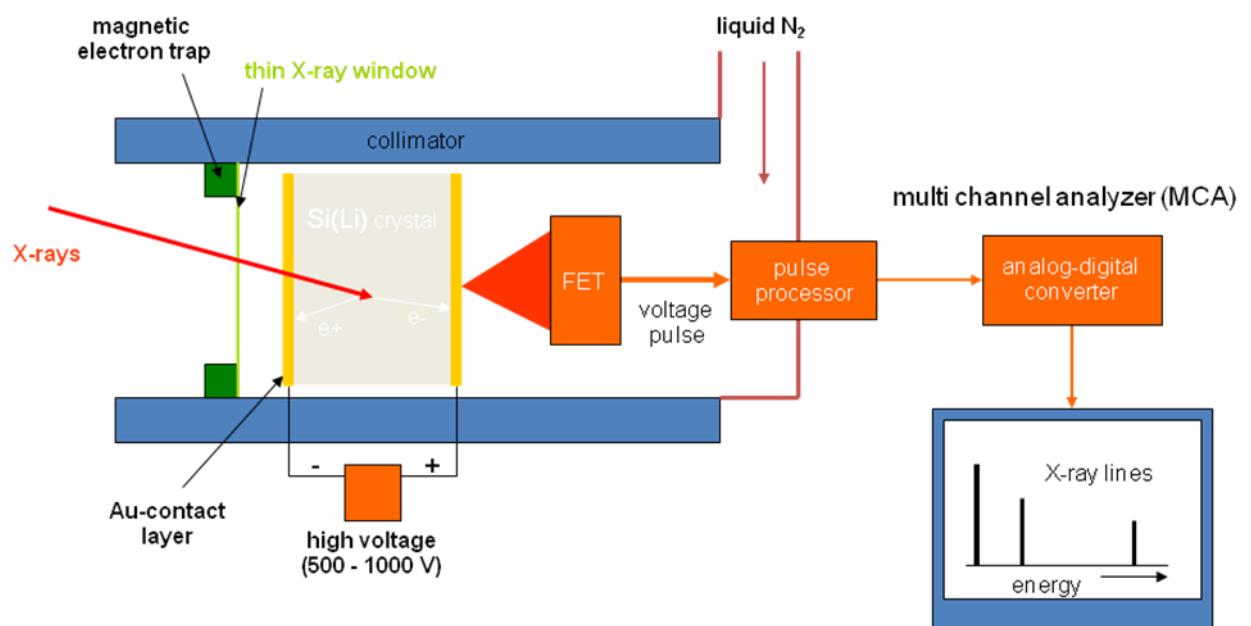


Abb. 12 : Aufbau eines EDX-Systems

Als Ergebnis der Röntgenanalyse erhält man ein Energiespektrum (Abb. 13). Die charakteristischen Linien können den einzelnen Elementen zugeordnet werden.

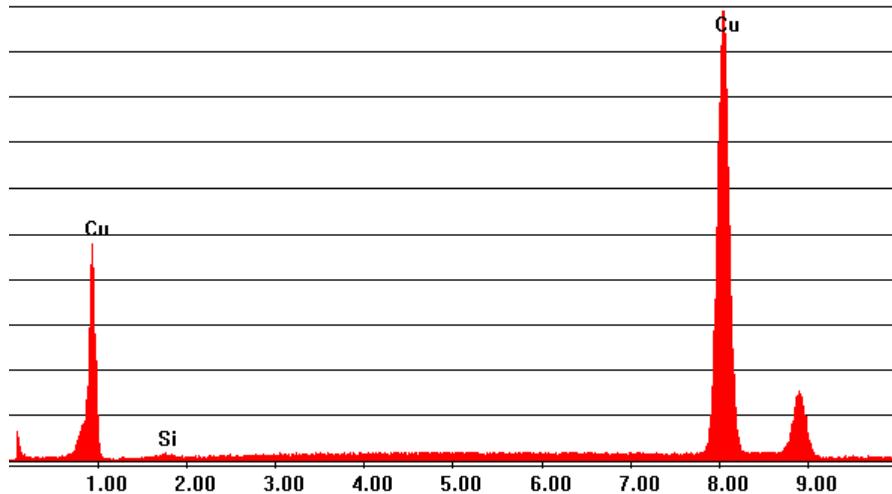


Abb. 13: EDX-Spektrum von Kupfer mit den charakteristischen Linien

Quantitative Röntgenanalyse

Man ist natürlich nicht nur daran interessiert, welche Elemente in der Probe vorkommen (qualitative Analyse), sondern auch in welcher Konzentration diese vorliegen (quantitative Analyse).

In erster Näherung erwartet man, dass die Intensität des Peaks von Element A proportional zur Konzentration von Element A in der Probe ist. Man vergleicht die Intensität von einer Probe mit bekannter Konzentration von Element A (Standard) mit der zu untersuchenden Probe:

$$k = \frac{I_A}{I_{\text{Standard}}} \cong \frac{c_A}{c_{\text{Standard}}} \quad (8)$$

I_A	Intensität des Peaks der zu untersuchenden Probe
I_{Standard}	Intensität des Peaks des Standards
c_A	Konzentration von A in der zu untersuchenden Probe
c_{Standard}	Konzentration von A im Standard (bekannt)

Da sich der Standard natürlich von der Probe unterscheidet, sind weitere Korrekturen nötig. Mit der ermittelten Konzentration k können nun Korrekturfaktoren berechnet werden. Unter Einbeziehung dieser Korrekturen wird die Konzentration c_A neu berechnet → iteratives Verfahren.

$$c_A = k \cdot c_{\text{Standard}} \cdot k_Z \cdot k_A \cdot k_F \quad (9)$$

k_Z, k_A, k_F ZAF - Korrekturfaktoren

Hinter den einzelnen Korrekturfaktoren stehen die folgenden physikalischen Zusammenhänge:

1. Die Primärelektronen verlieren durch inelastische Stöße innerhalb der Probe an Energie. Wenn die Energie unterhalb der Ionisierungsenergie (E_{nl}) liegt ist, können keine weiteren Photonen generiert werden → Abnahme der emittierten Photonen.
2. Erreichen BSE mit einer höheren Energie als die Ionisierungsenergie ($E_B > E_{nl}$) die Oberfläche, nimmt die Anzahl der emittierten Photonen ebenfalls ab. Es könnten mit dieser Energie ja noch weitere Photonen generiert werden, dies ist aber beim Austritt aus der Oberfläche nicht mehr möglich! Diese beiden von der Ordnungszahl abhängigen Effekte werden durch den Faktor k_Z berücksichtigt.
3. Im Inneren der Probe generierte Röntgenquanten können auf ihrem Weg zur Probenoberfläche absorbiert werden. Dies wird durch den Faktor k_A berücksichtigt.
4. Röntgenquanten von Element A können Atome von Element B zur Fluoreszenz anregen. Dabei steigt die Intensität. Dies wird durch den Faktor k_F berücksichtigt.

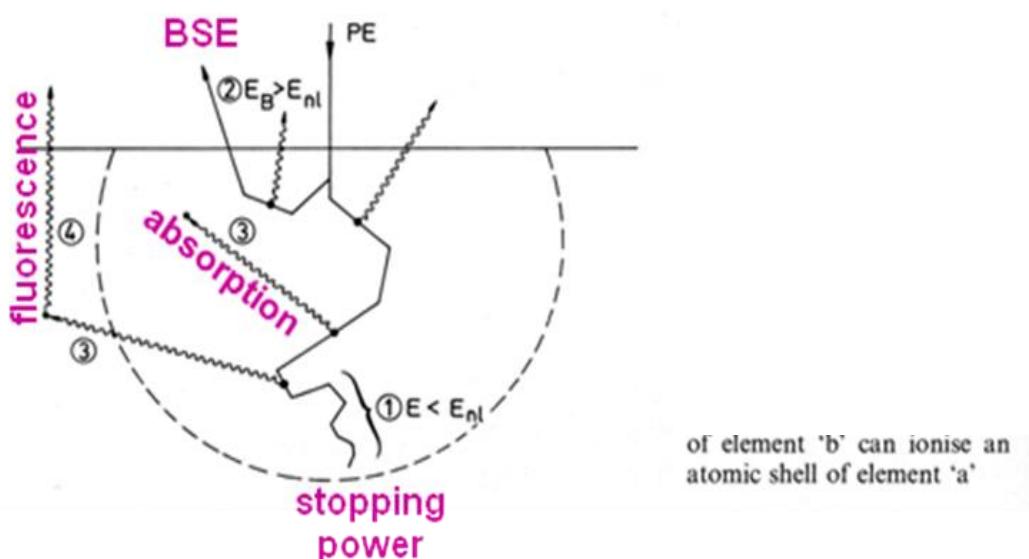


Abb. 14: Effekte, die durch die ZAF Korrektur berücksichtigt werden [2]

Präparation

Elektrisch nichtleitende Proben müssen in einem konventionellen REM mit einer leitfähigen Schicht überzogen werden, um Aufladungen zu vermeiden. Aus diesem Grund werden die Proben entweder mit einer dünnen Schicht Kohlenstoff (20 nm) bedampft oder z.B. mit einer Au/Pd-Schicht besputtert (< 20 nm). Diese Schichten sind dünn genug, um die Oberflächenstruktur der Probe nicht zu verändern, erzeugen allerdings eine durchgehende leitfähige Schicht, die die Untersuchung im REM ermöglicht. C-Bedampfungen werden in erster Linie verwendet, wenn die Probe mittels EDX analysiert werden soll. Bei EDX- Analysen müssen die zusätzlich aufgebrachten Schichten berücksichtigt werden.

Monte-Carlo-Simulationen

Die Wechselwirkungen der Primärelektronen mit der Probe und die daraus resultierenden BSE und Röntgenquanten können mit Programmen wie CASINO® oder Electronflightsimulator® simuliert werden.

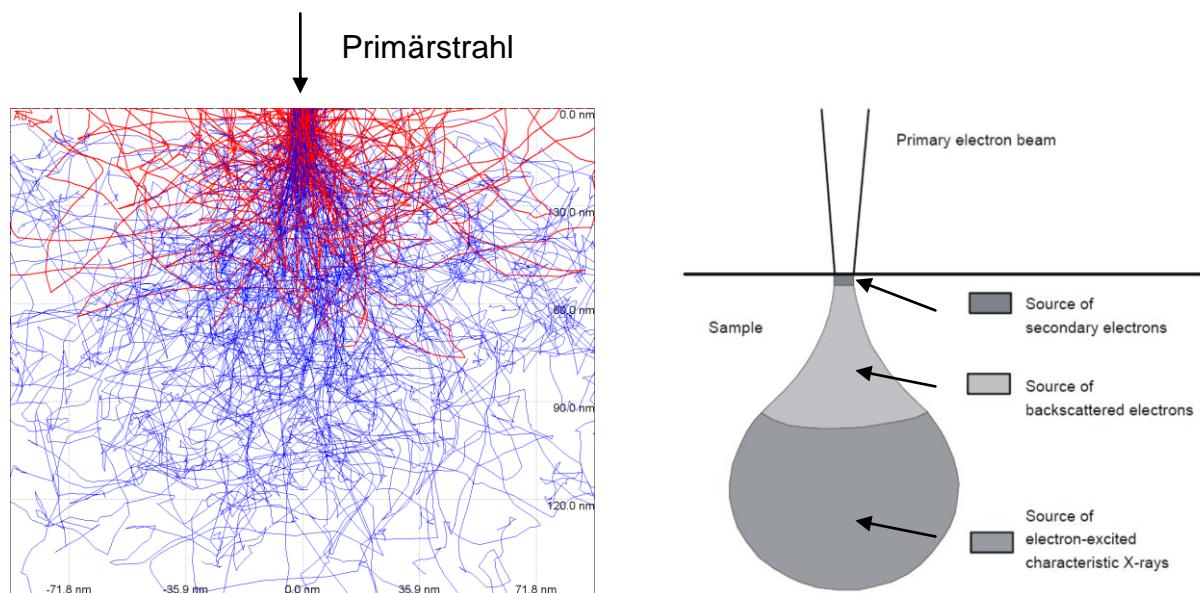


Abb. 15: links: simulierte Elektronen-Trajektorien in Gold; rechts: Austrittsbereiche der einzelnen Elektronen und Photonen (SE, BSE, X-Rays)

In Abb. 15 sind simulierte Trajektorien der Elektronen in Gold bei einer Primärenergie von 10 keV zu sehen. Die blauen Trajektorien stellen jene Elektronen dar, die die Probe nicht verlassen haben. Rot sind die Bahnen der BSE.

Aufgabenstellung:

- **Bedienung eines REM**
Kennelernen des Computerinterfaces und der Steuerelemente für Hochspannung, Blenden, Bühne, Kontrast, Helligkeit usw...
- **Erste Aufnahmen von REM-Bildern**
Aufnahme von interessanten Proben bei unterschiedlichen Vergrößerungen, Abspeicherung der Bilder. Hierbei sollen die unterschiedlichen Kontrastmöglichkeiten mittels SE und BSE kennengelernt werden.
- **Abbildung bei unterschiedlichen Beschleunigungsspannungen**
Aufnahme einer dünnen Probe bei verschiedenen Beschleunigungsspannungen, Vergleich der Bilder mit den Ergebnissen aus Monte-Carlo-Simulationen, die zur Verfügung gestellt werden.
- **EDX - qualitativ**
Kennelernen des EDX- Detektors und der Steuersoftware, Aufnahme von Röntgenspektren, Identifizierung von chemischen Elementen
- **EDX - quantitativ**
Aufnahme von EDX-Spektren einer Legierung und Vergleich der Quantifizierung mit Referenzwerten.

Literatur:

- [1] Goldstein J., Newbury D., Joy D., Echlin P., Lyman C., and Lifshin E., Scanning Electron Microscopy and X Ray Microanalysis, 2003.
- [2] Reimer L., Scanning Electron Microscopy, Springer, 1998.
- [3] Phillips Electron Optics Eindhoven. ESEM Tutor. 1996
- [4] Grogger W. Unterlagen zur Vorlesung "Rasterelektronenmikroskopie" LV 519.003
- [5] Stokes D.J. Principles and Practice of Variable Pressure/Environmental Scanning Electron Microscopy (VP-ESEM)

Anhang (Ist für die Übung nicht vorzubereiten. Bitte nur durchlesen!)

ESEM: Gerät und Methode

In diesem Kapitel soll eine rasterelektronenmikroskopische Technik beschrieben werden, die nicht im Hochvakuum-Bereich arbeitet, sondern andere Vakuum- bzw. Druckbereiche nutzt.

Gemäß [5] wird diese Methode im Englischen auch „Variable Pressure/Environmental Scanning Electron Microscopy (VP-ESEM)“ bezeichnet. Diese eher holprig klingende Bezeichnung versucht der Eigenschaft gerecht zu werden, dass hier in den beiden Vakuum-Bereichen „Low Vacuum-Mode“ (etwa 0,1 bis 1,5 Torr) und „ESEM®-Mode“ (etwa 1,5 bis 15 Torr) gearbeitet wird (Die Druckeinheit „Torr“ ist keine SI-Einheit wird aber in der das ESEM betreffenden Literatur häufig verwendet [1][5]). Am Institut für Elektronenmikroskopie der TU Graz sind zwei dieser Geräte im Einsatz, das ESEM Quanta 200 (s.o.) und das ESEM Quanta 600 FEG.

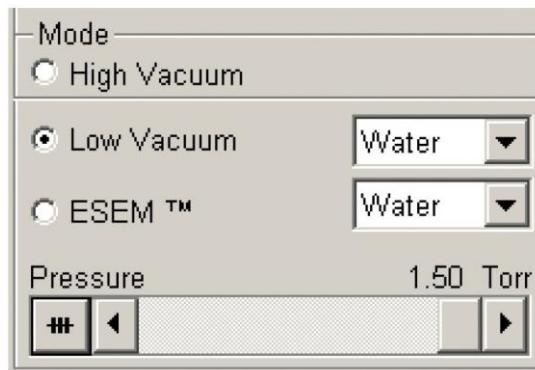


Abb. 16: Detail aus dem Userinterface (UI) des ESEM Quanta 200: Der Vakumsbereich und das Abbildungsgas können gewählt werden

Die wichtigste Eigenschaft eines ESEM ist die Tatsache, dass sowohl im „Low Vacuum“-Modus als auch im ESEM-Modus elektrisch nicht leitfähige Proben untersucht werden können ohne aufwändige Präparation. Der Grund hierfür sind Ionisationsprozesse an Molekülen des Abbildungsgases (Luft, Wasserdampf, Stickstoff etc.), die zu positiven Ionen führen. Diese kompensieren die negativen Ladungen auf der Probenoberfläche, die vom Elektronenstrahl herrühren. Somit kann

im „Low Vacuum“-Modus z.B. eine biologische Probe oder eine Polymerprobe problemlos abgebildet werden, ohne eine leitfähige Schicht im Rahmen der Präparation aufbringen zu müssen (Dies wird für die konventionelle Rasterelektronenmikroskopie mittels Schichten aus Gold, Palladium, Kohlenstoff etc. gemacht.).

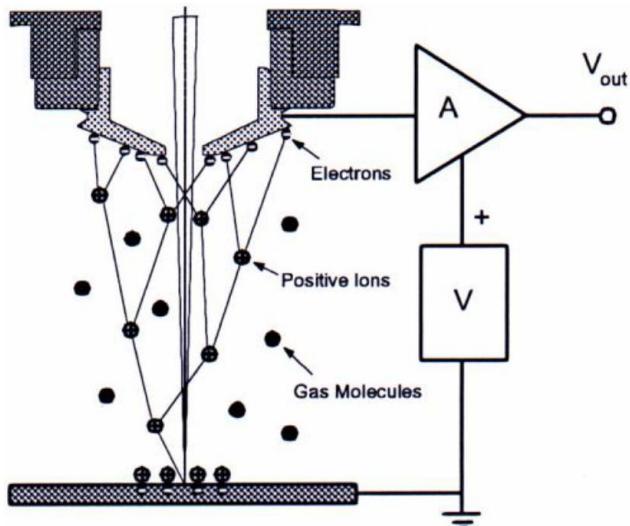


Abb. 17: Die Bildung von positiven Ionen im Abbildungsgas ermöglicht die Abbildung von elektrisch nicht leitfähigen Proben [3]

Der ESEM-Modus bietet darüber hinaus die Möglichkeit, feuchte Proben abzubilden. Dies ist möglich, wenn man die Werte für Druck und Temperatur entsprechend wählt und als Abbildungsgas Wasserdampf verwendet. Die Probenkühlung kann in diesem Fall mit Hilfe eines Peltierkühlisches erfolgen (auch am Institut verfügbar).

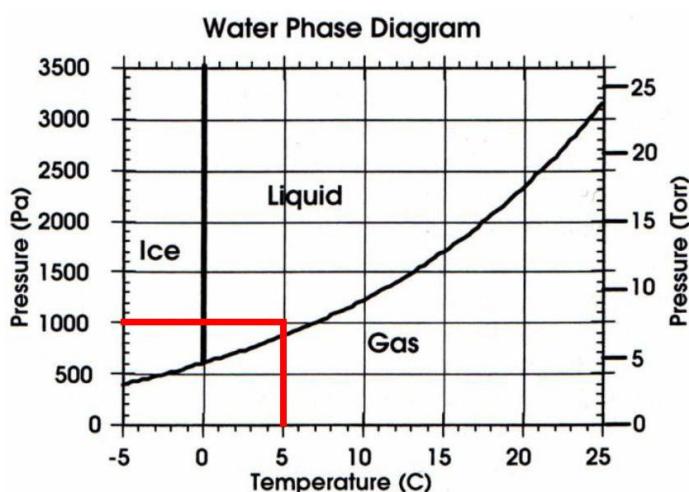


Abb. 18: Phasendiagramm des Wassers. Durch geeignete Wahl der Parameter Druck und Temperatur kann Feuchtigkeit von Proben realisiert und sogar Wasser abgebildet werden [3]

Glossar

Hier finden Sie gewisse englische Fachausdrücke und ihre deutsche Übersetzung. Teilweise sind auch geläufige Abkürzungen angeführt.

SEM: scanning electron microscope	REM: Rasterelektronenmikroskop
SE: secondary electrons	Sekundärelektronen
BSE: backscattered electrons	Rückstreu elektronen
compositional (atomic number) contrast	„Materialkontrast“
specimen, sample	Probe
specimen stage	Probenbühne
flange	Flansch
electron column	Elektronensäule
FEG: field emission gun	Feldemissionskathode
HV: high voltage	Hochspannung
WD: working distance	wird nicht übersetzt
HFW: horizontal field width	Breite des abgerasterten Feldes
Mag: magnification	Vergrößerung
x-rays	Röntgenstrahlen
energy-dispersive x-ray spectrometer	Energiedispersives Röntgenspektrometer
water vapour	Wasserdampf
nitrogen	Stickstoff
oxygen	Sauerstoff
UI: userinterface	Programmoberfläche für Gerätebedienung
Peltier cooling stage	Peltierkühltablett
specimen current	Probenstrom
elastically scattered	elastisch gestreut
PE: primary electrons	Primärelektronen
electron beam	Elektronenstrahl
MCA: multi channel analyzer	Vielkanalanalysator
spherical aberration	Sphärische Aberration
chromatic aberration	Chromatische Aberration
HPGe: High Purity Germanium	Hochreines Germanium
astigmatism	Astigmatismus

AMTSBLATT

NR. 248 HTTP://WWW.WIENERZEITUNG.AT

WIENER ZEITUNG

TEL. 01-206 99-0 – MONTAG, 24. DEZEMBER 2001

HEUTE IM AMTSBLATT

	Seite		Seite
Kundmachungen	25	Firmenbuch	30
Anbotausschreibungen	29	Geschäftliches	31
Aufgebote	30	Feilbietungen	35

Kundmachungen

KUNDMACHUNG der Münze Österreich Aktiengesellschaft

Gemäß § 9 Abs. 1 Scheidemünzengesetz 1988 in der Fassung BGBl. I Nr. 72/2000 vom 8. August 2000, gibt die Münze Österreich Aktiengesellschaft die Ausgabe der österreichischen Euro- und Cent-Münzen wie folgt bekannt:

ERSTAUSGABETAG: 1. Jänner 2002

Nennwert	Durchmesser in mm	Höhe am Rand der Münze in mm	Gewicht in Gramm	Form	Zusammensetzung	Randform
2 EURO	25,75	2,20	8,5	rund	Außenteil: Kupfer-Nickel Cu75Ni25 Innenteil: dreischichtig Nickel-Messing/Nickel/Nickel-Messing Cu75Zn20Ni5/Ni12/Cu75Zn20Ni5	Schriftprägung auf dem Münzrand fein geriffelt
1 EURO	23,25	2,33	7,5	rund	Außenteil: Nickel-Messing Cu75Zn20Ni5 Innenteil: dreischichtig Kupfer-Nickel/Nickel/Kupfer-Nickel Cu75Ni25/Ni7/Cu75Ni25	gebrochen geriffelt
50 CENT	24,25	2,38	7,8	rund	Nordisches Gold Cu89Al5Zn5Sn1	Randprägung mit feiner Wellenstruktur
20 CENT	22,25	2,14	5,7	„Spanische Blume“	Nordisches Gold Cu89Al5Zn5Sn1	ohne Randprägung
10 CENT	19,75	1,93	4,1	rund	Nordisches Gold Cu89Al5Zn5Sn1	Randprägung mit feiner Wellenstruktur
5 CENT	21,25	1,67	3,9	rund	Stahl mit Kupferauflage	glatt
2 CENT	18,75	1,67	3	rund	Stahl mit Kupferauflage	glatt mit Einkerbung
1 CENT	16,25	1,67	2,3	rund	Stahl mit Kupferauflage	glatt

Tieferstehend wird das Aussehen der Münzen in 1½-facher Vergrößerung in Bildern dargestellt und näher beschrieben.

Gemeinsame Seite aller Euro- und Cent-Münzen

1 EURO CENT – 2 EURO CENT – 5 EURO CENT
Die gemeinsame Seite der 1-Cent-, 2-Cent- und 5-Cent-Münze zeigt links die Ziffer des Münzwerts. Rechts oben neben dem Münzwert erscheinen waagerecht untereinander die Worte „EURO CENT“. Das Wort „CENT“ ist in größeren Buchstaben gehalten als das Wort „EURO“, wobei der Anfangsbuchstabe „C“ größer ist als die nachfolgenden Buchstaben. Unterhalb der Ziffer verlaufen sechs gerade Linien schräg von links unten nach rechts oben. Auf diesen Linien sind zwölf Sterne zu erkennen, einer unmittelbar vor jedem Linienende. In der Mitte der Linien ist im rechten unteren Teil der Münze der Erdball abgebildet, auf dem die Europäische Union hervorgehoben ist. Die Initialen des Gestalters „LL“ erscheinen unterhalb des letzten Sterns am rechten äußeren Münzrand.



1 EURO – 2 EURO

Die gemeinsame Seite der 1-Euro- und 2-Euro-Münze zeigt links die Ziffer des Münzwerts. Auf der rechten Seite der Münze verlaufen sechs senkrechte gerade Linien. Auf diesen Linien sind zwölf Sterne zu erkennen, einer unmittelbar vor jedem Linienende. Auf der rechten Münzhälfte ist die Europäische Union dargestellt, wobei die Grenzen zwischen den Mitgliedstaaten durch feine Linien wiedergegeben sind. Der rechte Teil des Motivs überlagert den mittleren Teil der Linien. Das Wort „EURO“ erscheint waagerecht und erhoben etwa in der Mitte der rechten Münzhälfte. Unter dem „O“ in „EURO“ sind die Initialen des Gestalters „LL“ nah am rechten Münzrand zu erkennen.



10 EURO CENT – 20 EURO CENT – 50 EURO CENT
Die gemeinsame Seite der 10-Cent-, 20-Cent- und 50-Cent-Münze zeigt rechts die Ziffer des Münzwerts. Unter dem Münzwert erscheinen waagerecht untereinander die Worte „EURO CENT“. Das Wort „CENT“ ist in größeren Buchstaben gehalten als das Wort „EURO“, wobei der Anfangsbuchstabe „C“ größer ist als die nachfolgenden Buchstaben. Auf der linken Münzhälfte verlaufen sechs senkrechte gerade Linien. Auf diesen Linien sind zwölf Sterne zu erkennen, einer unmittelbar vor jedem Linienende. Die Linien werden im mittleren und oberen Teil von einer Abbildung der Europäischen Union überlagert, in der die 15 Mitgliedstaaten getrennt dargestellt sind. Die Initialen des Gestalters „LL“ erscheinen zwischen dem Münzwert und dem rechten Münzrand.

Die nationale Seite der Münzen zeigt für ÖSTERREICH folgende Darstellung:

1 EURO CENT

Umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union zeigt die Münze den Enzian. Unterhalb der Alpenblume findet sich die heraldische Darstellung der österreichischen Landesfarben Rot-Weiß-Rot, rechts darüber die Jahreszahl. Die Rundschrift lautet „EIN EURO CENT“.



2 EURO CENT

Umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union zeigt die Münze das Edelweiß. Links vom Stiel der Alpenblume befindet sich die heraldische Darstellung der österreichischen Landesfarben Rot-Weiß-Rot, darüber die Jahreszahl. Die Rundschrift lautet „ZWEI EURO CENT“.



5 EURO CENT

Umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union zeigt die Münze die Primel. Hinter dem Stiel der Blume verlaufend befindet sich die heraldische Darstellung der österreichischen Landesfarben Rot-Weiß-Rot, rechts vom Stiel die Jahreszahl. Die Rundschrift lautet „FÜNF EURO CENT“.



10 EURO CENT

Umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union zeigt die Münze eine Ansicht des Turmes des Wiener Stephansdoms. Links davon befinden sich die Wertangabe „10 EURO CENT“, sowie darunter die heraldische Darstellung des österreichischen Landesfarben Rot-Weiß-Rot.



20 EURO CENT

Umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union zeigt die Münze das Schloss Belvedere in Wien mit seinem Schmiedeeisentor. Unterhalb befinden sich die Zahl „20“, die heraldische Darstellung der österreichischen Landesfarben Rot-Weiß-Rot und die Jahreszahl. Der Schriftzug „EURO CENT“ bildet einen Bogen oberhalb des Tores.



50 EURO CENT
Umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union zeigt die Münze das Wiener Ausstellungsgebäude Secession. Der Schriftzug „50 EURO CENT“ sowie die Jahreszahl und daneben die heraldische Darstellung der österreichischen Landesfarben Rot-Weiß-Rot bilden einen Bogen oberhalb der Kuppel.



1 EURO

Umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union zeigt die Münze das Porträt von Wolfgang Amadeus Mozart mit seiner Unterschrift in Schulterhöhe. Links befindet sich die Jahreszahl, rechts von oben nach unten sind die Zahl „1“, das Wort „EURO“ und die heraldische Darstellung der österreichischen Landesfarben Rot-Weiß-Rot.



2 EURO

Umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union zeigt die Münze das Porträt der österreichischen Friedensnobelpreisträgerin (1905) Bertha von Suttner. Rechts steht die Jahreszahl, links befinden sich untereinander die Zahl „2“, das Wort „EURO“ und die heraldische Darstellung der österreichischen Landesfarben Rot-Weiß-Rot.



Münze Österreich Aktiengesellschaft
Der Vorstand

Dietmar Spranz Dipl.-Ing. Kurt Meyer

Das erste Amt,
das durchgehend
geöffnet hat

www.wienerzeitung.at

MONTAG, 24. DEZEMBER 2001

KUNDMACHUNG der Münze Österreich Aktiengesellschaft

Gemäß § 9 Abs. 2 Scheidemünzgesetz 1988 in der Fassung BGBl. I Nr. 72/2000 vom 8. August 2000, gibt die Münze Österreich Aktiengesellschaft zur Information der Bevölkerung die Ausgabe von Euro- und Cent-Münzen, die in allen an der dritten Stufe der Wirtschafts- und Währungsunion teilnehmenden Mitgliedsstaaten gesetzliche Zahlungsmittel sind, wie folgt bekannt:

ERSTAUSGABETAG: 1. Jänner 2002

Nennwert	Durchmesser in mm	Höhe am Rand der Münze in mm	Gewicht in Gramm	Form	Zusammensetzung	Randform
2 EURO	25,75	2,20	8,5	rund	Außenteil: Kupfer-Nickel Cu75Ni25 Innenteil: dreischichtig Nickel-Messing/Nickel/Nickel-Messing Cu75Zn20Ni5/Ni12/Cu75Zn20Ni5	Schriftprägung auf dem Münzrand fein geriffelt
1 EURO	23,25	2,33	7,5	rund	Außenteil: Nickel-Messing Cu75Zn20Ni5 Innenteil: dreischichtig Kupfer-Nickel/Nickel/Kupfer-Nickel Cu75Ni25/Ni7/Cu75Ni25	gebrochen geriffelt
50 CENT	24,25	2,38	7,8	rund	Nordisches Gold Cu89Al5Zn5Sn1	Randprägung mit feiner Wellenstruktur
20 CENT	22,25	2,14	5,7	„Spanische Blume“	Nordisches Gold Cu89Al5Zn5Sn1	ohne Randprägung
10 CENT	19,75	1,93	4,1	rund	Nordisches Gold Cu89Al5Zn5Sn1	Randprägung mit feiner Wellenstruktur
5 CENT	21,25	1,67	3,9	rund	Stahl mit Kupferauflage	glatt
2 CENT	18,75	1,67	3	rund	Stahl mit Kupferauflage	glatt mit Einkerbung
1 CENT	16,25	1,67	2,3	rund	Stahl mit Kupferauflage	glatt

Tieferstehend wird das Aussehen der Münzen in 1½-facher Vergrößerung in Bildern dargestellt und näher beschrieben.

Gemeinsame Seite aller Euro- und Cent-Münzen

1 EURO CENT – 2 EURO CENT – 5 EURO CENT

Die gemeinsame Seite der 1-Cent-, 2-Cent- und 5-Cent-Münze zeigt links die Ziffer des Münzwerts. Rechts oben neben dem Münzwert erscheinen waagerecht untereinander die Worte „EURO CENT“. Das Wort „CENT“ ist in größeren Buchstaben gehalten als das Wort „EURO“, wobei der Anfangsbuchstabe „C“ größer ist als die nachfolgenden Buchstaben. Unterhalb der Ziffer verlaufen sechs gerade Linien schräg von links unten nach rechts oben. Auf diesen Linien sind zwölf Sterne zu erkennen, einer unmittelbar vor jedem Linienende. In der Mitte der Linien ist im rechten unteren Teil der Erdball abgebildet, auf dem die Europäische Union hervorgehoben ist. Die Initialen des Gestalters „LL“ erscheinen unterhalb des letzten Sterns am rechten äußeren Münzrand.



Für BELGIEN zeigt die nationale Seite der Münzen folgende Darstellungen:

Alle Münzen:

Porträt des belgischen Königs Albert II. von links im Profil, umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union, rechts das königliche Monogramm und unten die Jahreszahl.

Randprägung der 2-Euro-Münze: 2 ** in sechsfacher Wiederholung, abwechselnd von der einen und von der anderen Seite zu lesen.



10 EURO CENT – 20 EURO CENT – 50 EURO CENT

Die gemeinsame Seite der 10-Cent-, 20-Cent- und 50-Cent-Münze zeigt rechts die Ziffer des Münzwerts. Unter dem Münzwert erscheinen waagerecht untereinander die Worte „EURO CENT“. Das Wort „CENT“ ist in größeren Buchstaben gehalten als das Wort „EURO“, wobei der Anfangsbuchstabe „C“ größer ist als die nachfolgenden Buchstaben. Auf der linken Münzhälfte verlaufen sechs senkrechte gerade Linien. Auf diesen Linien sind zwölf Sterne zu erkennen, einer unmittelbar vor jedem Linienende. Die Linien werden im mittleren und oberen Teil von einer Abbildung der Europäischen Union überlagert, in der die 15 Mitgliedsstaaten getrennt dargestellt sind. Die Initialen des Gestalters „LL“ erscheinen zwischen dem Münzwert und dem rechten Münzrand.



1 EURO – 2 EURO

Die gemeinsame Seite der 1-Euro- und 2-Euro-Münze zeigt links die Ziffer des Münzwerts. Auf der rechten Seite der Münze verlaufen sechs senkrechte gerade



Für DEUTSCHLAND zeigt die nationale Seite der Münzen folgende Darstellungen:

1 EURO CENT – 2 EURO CENT – 5 EURO CENT
Umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union zeigt die Münze einen deutschen Eichenzweig. Im unteren Bereich befindet sich – durch den Zweig getrennt – links das Münzzeichen und rechts das Prägejahr.



10 EURO CENT – 20 EURO CENT – 50 EURO CENT
Umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union zeigt die Münze das Brandenburger Tor in Berlin. Unterhalb des Tores befinden sich untereinander angeordnet die Jahreszahl und das Münzzeichen.



1 EURO – 2 EURO
Umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union zeigt die Münze den Bundesadler als traditionelles deutsches Hoheitssymbol. Unterhalb des Adlers befindet sich mittig die Jahreszahl, rechts davon das Münzzeichen.

Randprägung der 2-Euro-Münze: EINIGKEIT UND RECHT UND FREIHEIT (Bundesadler).



Für GRIECHENLAND zeigt die nationale Seite der Münzen folgende Darstellungen:

1 EURO CENT
Athensche Trireme (Schiffstyp der Antike), umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union. Unterhalb des Schiffes die Zahl 1 und das Wort ΛΕΙΤΟ (Cent). Oben links das Prägejahr und unmittelbar darunter das Zeichen der Münzanstalt (Fleuron).



2 EURO CENT
Korvette (Segelschiff aus dem griechischen Unabhängigkeitskrieg 1821), umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union. Unterhalb des Schiffes die Zahl 2 und das Wort ΛΕΙΤΑ (Plural von Cent). Links von der Zahl 2 das Zeichen der Münzanstalt und rechts darüber das Prägejahr.



5 EURO CENT

Modernes Tankschiff, umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union. Oberhalb des Schiffes die Zahl 5 und das Wort ΛΕΙΤΑ; unter der Aufschrift das Prägejahr. Unterhalb des Schiffes links das Zeichen der Münzanstalt.



10 EURO CENT

Porträt von Rigas Velestinlis, umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union; die mittleren drei Sterne sind in die Büste eingeprägt. Am unteren Rand des Porträts halbkreisförmig der Name ΡΗΓΑΣ ΦΕΡΑΙΟΣ (Rigas Feréos). Links neben dem Kopf das Prägejahr; rechts oben das Zeichen der Münzanstalt, darunter die Zahl 10 und unmittelbar darunter das Wort ΛΕΙΤΑ.



20 EURO CENT

Porträt von Ioannis Kapodistrias, umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union, von denen zwei (in der Mitte und links unten) in die Büste eingeprägt sind. Am unteren Rand des Porträts halbkreisförmig der Name Ι. ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΣ. Links neben dem Kopf oben das Zeichen der Münzanstalt und unten das Prägejahr; rechts die Zahl 20 und unmittelbar darunter das Wort ΛΕΙΤΑ.



50 EURO-CENT

Porträt von Eleftherios Venizelos, umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union, von denen drei (einer in der Mitte und zwei rechts unten) in die Büste eingeprägt sind. Am unteren Rand des Porträts halbkreisförmig der Name ΕΑ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ. Links neben dem Kopf die Zahl 50, unmittelbar darunter das Wort ΛΕΙΤΑ und darunter das Prägejahr; rechts neben dem Kopf das Zeichen der Münzanstalt.



1 EURO

In der Mitte die alte athenische Drachmen-Münze mit der Eule (d. h. eine „Münze in der Münze“), umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union. Neben dem mittleren Stern unten das Prägejahr in zwei getrennten Zahlguppen. Oberhalb der alten Münze das Zeichen der Münzanstalt. Innerhalb der alten Münze rechts neben der Eule die Zahl 1 und unmittelbar darunter das Wort ΕΥΡΩ (Euro), wobei der Buchstabe Ω des Wortes ΕΥΡΩ auf dem Rand der alten Münze erhaben erscheint.



2 EURO

Im Münzkern Europa auf dem Stier nach einem Mosaik in Sparta (ein Thema aus der griechischen Mythologie: Raub der Europa durch Zeus in der Gestalt eines Stiers), umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union auf dem Münzrand. Neben dem mittleren Stern unten das Prägejahr in zwei getrennten Zahlguppen. In der linken oberen Hälfte des Münzkerns

MONTAG, 24. DEZEMBER 2001

das Wort EΥΡΩΠΗ (Europa) in halbkreisförmiger Anordnung; rechts oben das Zeichen der Münzanstalt; unter dem Münzbild die Zahl 2 und links unterhalb davon, oberhalb des Münzrands das Wort EΥΡΩ.
Randprägung der 2-Euro-Münze: ΕΑΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ (Hellenische Republik).



Für SPANIEN zeigt die nationale Seite der Münzen folgende Darstellungen:

1 EURO CENT – 2 EURO CENT – 5 EURO CENT
Die Münzen zeigen in der Mitte die Kathedrale von Santiago de Compostela sowie links davon, parallel zum Münzring, die halbkreisförmige Aufschrift ESPAÑA sowie rechts das Zeichen der Prägestätte und zwischen den Türmen der Kathedrale das Prägejahr. Umringt wird das Münzbild von den zwölf Sternen der Europäischen Union; fünf davon (die auf einer Uhr den Ziffern 8, 9, 10, 11 und 12 entsprechen) erscheinen als Vertiefung in einem erhabenen Münzringabschnitt.



10 EURO CENT – 20 EURO CENT – 50 EURO CENT
In der Mitte ist rechts das Bildnis von Miguel de Cervantes zu erkennen, links daneben eine stilisierte Feder und der halbkreisförmige Schriftzug CERVANTES. Darauf ist waagerecht das Wort ESPANA angebracht. Unten dem Bildnis Cervantes' erscheinen das Prägejahr und links davon das Zeichen der Prägestätte. Umringt wird das Münzbild von den zwölf Sternen der Europäischen Union; vier davon (die auf einer Uhr den Ziffern 12, 1, 2 und 3 entsprechen) erscheinen als Vertiefung in einem erhabenen Münzringabschnitt.



1 EURO – 2 EURO

Die Münzen zeigen in der Mitte das Bildnis von König Juan Carlos I., links das Wort ESPAÑA in einer halbkreisförmigen erhabenen Fläche parallel zum Münzring und vor dem Schriftzug das Zeichen der Prägestätte. Der äußere Münzring zeigt die zwölf Sterne der Europäischen Union; vier davon (die auf einer Uhr den Ziffern 1, 2, 3 und 4 entsprechen) erscheinen als Vertiefung in einem erhabenen Münzringabschnitt. Unten ist das Prägejahr zu erkennen, in der Mitte geteilt durch einen Stern.

Randprägung der 2-Euro-Münze: 2 * * in sechsfacher Wiederholung, abwechselnd von der einen und von der anderen Seite zu lesen.



Für FRANKREICH zeigt die nationale Seite der Münzen folgende Darstellungen:

1 EURO CENT – 2 EURO CENT – 5 EURO CENT
Umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union zeigen die Münzen die „neue“ Marianne von Fabienne Courtiade, einer Gravurin an der Pariser Münze, sowie rechts die schräg nach unten versetzten Initialen „RF“ der Französischen Republik, das Zeichen der Pariser Münze und die Jahreszahl.



10 EURO CENT – 20 EURO CENT – 50 EURO CENT
Die Münzen zeigen eine moderne Säerin von L. Jorio nach dem Motiv von Oscar Roty aus dem Jahr 1898, umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union, vor dem Hintergrund auseinander laufender Strahlen; links waagerechte Linien und die Jahreszahl, rechts senkrechte Linien und die Initialen „RF“ der Französischen Republik, unten das Zeichen der Pariser Münze.



1 EURO – 2 EURO

Die Münzen zeigen einen Baum von J. Jimenez in einem Sechseck, umgeben von dem Motto 'Liberté, Egalité, Fraternité' (Freiheit, Gleichheit, Brüderlichkeit). Die Wurzeln und Äste des Baums, in denen die Initialen der Französischen Republik zu erkennen sind, weisen auf die Sterne der Europäischen Union am äußeren Münzring, auf dem außerdem vor dem Hintergrund über Kreuz verlaufender Linien oben das Zeichen der Pariser Münze und unten die Jahreszahl zu erkennen sind.

Randprägung der 2-Euro-Münze: 2 * * in sechsfacher Wiederholung, abwechselnd von der einen und von der anderen Seite zu lesen.



Für IRLAND zeigt die nationale Seite der Münzen folgende Darstellungen:

Alle Münzen.
Umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union, zeigen alle Münzen die keltische Harfe zwischen dem Wort EIRE auf der linken und dem Prägejahr auf der rechten Seite.

Randprägung der 2-Euro-Münze: 2 * * in sechsfacher Wiederholung, abwechselnd von der einen und von der anderen Seite zu lesen.



50 EURO CENT

Reproduktion der von Michelangelo gestalteten Piazza del Campidoglio mit dem Reiterstandbild von Marc Aurel, umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union; rechts oben die sich überlagernden Buchstaben R und I; oben links der Buchstabe R; unten mittig die Jahreszahl 2002, unten rechts die Initialen des Gestalters m.



1 EURO

„Uomo vitruviano“ von Leonardo da Vinci, umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union; über dem Motiv die sich überlagernden Buchstaben R und I; links der Buchstabe R, rechts die Jahreszahl 2002; unten links die sich überlagernden Initialen des Gestalters LC.



2 EURO

Porträt von Dante Alighieri, umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union; links die sich überlagernden Buchstaben R und I sowie die Jahreszahl 2002; unten links der Buchstabe R; unter dem Kopfbildnis die Initialen des Gestalters M.C.C.



Für ITALIEN zeigt die nationale Seite der Münzen folgende Darstellungen:

1 EURO CENT

Castel del Monte, umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union. Oben die Jahreszahl 2002, unten mittig die sich überlagernden Buchstaben R und I; unten links der Buchstabe R, unten rechts die sich überlagernden Initialen des Gestalters ED.



2 EURO CENT

Turm von Antonelli, umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union; links die sich überlagernden Buchstaben R und I; rechts der Buchstabe R und die Jahreszahl 2002, unten die sich überlagernden Initialen des Gestalters LDS.



5 EURO CENT

Kolosseum von Rom, von den zwölf Sternen der Europäischen Union; oben links der Buchstabe R; oben rechts die sich überlagernden Buchstaben R und I; unten die Jahreszahl 2002 und die Initialen des Gestalters ELF.



10 EURO CENT

Ausschnitt aus dem Gemälde 'Die Geburt der Venus' von Sandro Botticelli, umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union; links die sich überlagernden Buchstaben R und I sowie die Jahreszahl 2002; rechts der Buchstabe R; unten links die Initialen des Gestalters CM.



20 EURO CENT

Reproduktion der Skulptur „Forme uniche di continuità nello spazio“ von Umberto Boccioni, umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union; links die sich überlagernden Buchstaben R und I; rechts der Buchstabe R und die Jahreszahl 2002; unten die Initialen des Gestalters M.A.C.



10 EURO CENT – 20 EURO CENT – 50 EURO CENT
Die Münzen zeigen das Bildnis des Großherzogs Henri von rechts im Profil als traditionale Linearzeichnung mit den Initialen GC der Graveurin, umrandet von dem Wort LËTZEBUERG auf der linken und zwölf Sternen auf der rechten Seite. Die Jahreszahl 2002 findet sich links zwischen den beiden Zeichen der Münze.



1 EURO – 2 EURO

In der Mitte der Münzen verläuft eine senkrechte Linie. Umringt von zwölf Sternen, in die sich am unteren

MONTAG, 24. DEZEMBER 2001

Rand die Initialen GC der Graveurin einfügen, sind links zwischen den beiden Zeichen der Münze das Ausgabjahr 2002 und das Wort LËTZEBUERG zu erkennen. Rechts erscheint das Bildnis des Großherzogs Henri von rechts im Profil als moderne Linearzeichnung.

Randprägung der 2-Euro-Münze: 2 * * in sechsfacher Wiederholung, abwechselnd von der einen und von der anderen Seite zu lesen.



Für PORTUGAL zeigt die nationale Seite der Münzen folgende Darstellungen:

Alle Münzen.

Im Mittelpunkt der Münzen im Nennwert von 1, 2 und 5 Cents, 10, 20 und 50 Céntimos, kurz als Cents bezeichnet, und 1 und 2 Euro stehen drei Siegel von D. Afonso Henriques in einem Kranz von Burgen und Wappen sowie den zwölf Sternen der Europäischen Union.

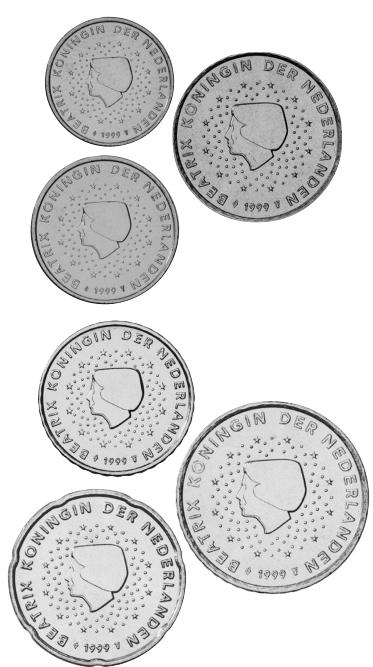
Randprägung der 2-Euro-Münze: fünf Wappen und sieben Burgen im gleichen Abstand.



Für NIEDERLANDE zeigt die nationale Seite der Münzen folgende Darstellungen:

1 EURO CENT – 2 EURO CENT – 5 EURO CENT

10 EURO CENT – 20 EURO CENT – 50 EURO CENT
Im Zentrum eines von zwölf Sternen umrandeten Felds aus Punkten befindet sich das Bildnis Ihrer Königlichen Hoheit Königin Beatrix. Das Motiv wird, links unten beginnend, umgeben von der Aufschrift BEATRIX KONINGIN DER NEDERLANDEN, dem Zeichen der königlichen niederländischen Münzprägeanstalt, der Jahreszahl und dem Zeichen des Leiters der Münzprägeanstalt.



Für FINNLAND zeigt die nationale Seite der Münzen folgende Darstellungen:

1 EURO CENT – 2 EURO CENT – 5 EURO CENT

10 EURO CENT – 20 EURO CENT – 50 EURO CENT

Abgebildet ist das finnische Wappentier, ein aufrechter Löwe. Auf der linken Seite ist direkt unter der erhobenen linken Vorderpfote des Löwen die Jahreszahl angegeben. Unmittelbar unter den Hinterpfoten des Löwen ist ein Schwert abgebildet, unter dessen Griff wiederum der Buchstabe „M“ geprägt ist. Das Motiv ist umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union.



1 EURO – 2 EURO
Auf der linken Hälfte der Münze befindet sich im Zentrum das Bildnis Ihrer Königlichen Hoheit Königin Beatrix, umgeben von zwölf Sternen auf dem linken Rand; auf der rechten Hälfte sind – um 90 Grad gedreht – in drei Zeilen und jeweils durch eine senkrechte Linie getrennt die Worte «BEATRIX», «KONINGIN DER» und «NEDERLANDEN» zu lesen. Unter den Wörtern «NEDERLANDEN» und «KONINGIN DER» sind jeweils zwischen den senkrechten Linien auf dem unteren Rand das Zeichen des Leiters der Münzprägeanstalt und das Zeichen der königlichen niederländischen Münzprägeanstalt aufgeprägt. Unter dem Wort «BEATRIX» steht waagerecht die Jahreszahl.

Randprägung der 2-Euro-Münze: GOD * ZIJ * MET * ONS *.



1 EURO

Abgebildet sind zwei über einer finnischen Seenlandschaft fliegende Schwanen. Vor einer Anhöhe befindet sich auf der rechten Seite der Münze die Jahreszahl. Unmittelbar über der Landschaft ist auf der linken Seite der Münze der Buchstabe "M" geprägt. Das Motiv ist umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union.



2 EURO

Abgebildet sind die Blätter und Früchte der Moltebeere. Die Jahreszahl befindet sich direkt unter der Abbildung; unmittelbar unter dem Stiel der Pflanze ist auf der rechten Seite der Münze der Buchstabe "M" geprägt. Das Motiv ist umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union.

Randprägung der 2-Euro-Münze: „SUOMI FINLAND ***“, wobei die Sternchen für besondere Sicherheitsmerkmale stehen.



2 EURO

In der Mitte der Münze ist das Porträt von Fürst Rainier III. von rechts im Profil zu erkennen. Umrandet wird das Münzbild oben von der Aufschrift MONACO und unten von der Jahreszahl zwischen dem Zeichen der Pariser Münze auf der linken und dem Zeichen des Gravur auf der rechten Seite, während die zwölf Sterne – sechs links und sechs rechts – an den Seiten erscheinen.

Randprägung der 2-Euro-Münze: 2 * * in sechsfacher Wiederholung, abwechselnd von der einen und von der anderen Seite zu lesen.



Für SAN MARINO zeigt die nationale Seite der Münzen folgende Darstellungen:

1 EURO CENT

Dritter Festungsturm des Monte Titano „Il Montale“, links davon die Jahreszahl 2002 und der Buchstabe R sowie rechts davon die Aufschrift SAN MARINO und das Namenszeichen des Gestalters CH; umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union.



2 EURO CENT

Freiheitsstatue, links davon die Aufschrift SAN MARINO und das Namenszeichen des Gestalters CH sowie rechts davon der Buchstabe R und die Jahreszahl 2002; umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union.



5 EURO CENT

Erster Festungsturm des Monte Titano „La Guaita“, oben die Jahreszahl 2002, die Aufschrift SAN MARINO, der Buchstabe R und das Namenszeichen des Gestalters CH; umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union.



10 EURO CENT

Pfarrei Basilica del Santo, oben die Aufschrift SAN MARINO, die Jahreszahl 2002 und das Namenszeichen des Gestalters CH, unten der Buchstabe R; umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union.



20 EURO CENT

Der Heilige Marinus nach einem Gemälde von Guercino, links das Namenszeichen des Gestalters CH und die Aufschrift SAN MARINO, rechts die Jahreszahl 2002 und der Buchstabe R; umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union.



50 EURO CENT

Die drei Festungstürme des Monte Titano (Guaita, Cesta und Montale), oben die Jahreszahl 2002 und die Aufschrift SAN MARINO, das Namenszeichen des

1 EURO

In der Mitte der Münze ist das Doppelporträt der Fürsten Rainier III. und Albert von rechts im Profil zu erkennen. Umrandet wird das Münzbild oben von der Aufschrift MONACO und unten von der Jahreszahl zwischen dem Zeichen der Pariser Münze auf der linken und dem Zeichen des Gravur auf der rechten Seite, während die zwölf Sterne – sechs links und sechs rechts – an den Seiten erscheinen.



MONTAG, 24. DEZEMBER 2001

Gestalters CH und der Buchstabe R; umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union.



1 EURO

Staatswappen von San Marino, oben die Jahreszahl 2002 und der Buchstabe R, unten die Aufschrift SAN MARINO und das Namenszeichen des Gestalters CH; umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union.



1 EURO – 2 EURO

Porträt Seiner Heiligkeit Johannes Paul II., Oberhaupt des Staates Vatikanstadt, aus dem Profil von links. Auf dem äußeren Münzring sind unten die Aufschrift CITTÀ DEL VATICANO und die Jahreszahl 2002 zu lesen, während oben die zwölf Sterne zu sehen sind. Über der



2 EURO

Regierungspalast von San Marino, links die Jahreszahl 2002 und der Buchstabe R, rechts die Aufschrift SAN MARINO und das Namenszeichen des Gestalters CH; umringt von den zwölf Sternen der Europäischen Union.

Randprägung der 2-Euro-Münze: 2 * * in sechsfacher Wiederholung, abwechselnd von der einen und von der anderen Seite zu lesen.



Für VATICAN zeigt die nationale Seite der Münzen folgende Darstellungen:

1 EURO CENT – 2 EURO CENT – 5 EURO CENT
Porträt Seiner Heiligkeit Johannes Paul II., Oberhaupt des Staates Vatikanstadt, aus dem Profil von links. Umrandet wird das Münzbild oben von der Aufschrift CITTÀ DEL VATICANO und unten von der Jahreszahl 2002 zwischen den zwölf Sternen, sechs auf der rechten und sechs auf der linken Seite. Über der Jahreszahl ist der Buchstabe R zu erkennen. Die Initialen des Gestalters „GV“ und des Graveurs „UP“ befinden sich rechts unten zwischen dem zweiten und dritten bzw. dritten und vierten Stern.



10 EURO CENT – 20 EURO CENT – 50 EURO CENT
Porträt Seiner Heiligkeit Johannes Paul II., Oberhaupt des Staates Vatikanstadt, aus dem Profil von links. Umrandet wird das Münzbild links von der Aufschrift CITTÀ DEL VATICANO, unten von der Jahreszahl 2002 und rechts von den zwölf Sternen. Über der Jahreszahl ist der Buchstabe R zu erkennen. Die Initialen des Gestalters „GV“ und des Graveurs „UP“ befinden sich rechts unten zwischen dem dritten und vierten bzw. vierten und fünften Stern.

Jahreszahl ist der Buchstabe R zu erkennen. Die Initialen des Gestalters „GV“ und des Graveurs „UP“ befinden sich am rechten Rand des Münzkerns.

Randprägung der 2-Euro-Münze: 2 * in sechsfacher Wiederholung, abwechselnd von der einen und von der anderen Seite zu lesen.



Münze Österreich Aktiengesellschaft
Der Vorstand
Dietmar Spranz Dipl.-Ing. Kurt Meyer

Anbotausschreibungen

Bundesministerium für soziale Sicherheit und Generationen
GZ 76.101/17-VII/7 a/2001

Offenes Verfahren gemäß ÖNORM A 2050/1993

Ausschreibende Stelle:

Bundesministerium für soziale Sicherheit und Generationen, A-1030 Wien, Radetzkystraße 2.

Gegenstand der Ausschreibung:

Technische Betreuung, Weiterentwicklung und Anwendungsunterstützung im Rahmen des Pharmazeutischen Informationssystems (PharmaS). Implementierung von XML-Schnittstellen. Wartung und Weiterentwicklung von Transferprogrammen und Veröffentlichung im Internet mit Windows 2000, Internet Information Server, Active Server Pages, MS-Access, SQL-Server.

Mindestanforderungen an den Bieter:

- Kenntnisse der Rahmenbedingungen und Besonderheiten für Systeme im pharmazeutischen Bereich.
- Erfahrung mit den im Rahmen des Pharmazeutischen Informationssystems eingesetzten Werkzeugen und Produkten.

Unterlagen:

Ausschreibungsunterlagen, nach denen das Anbot zu erstellen ist, können ab sofort Montag bis Freitag werktags in der Zeit von 9 bis 15 Uhr in der Kanzleistelle der Sektion VII des Bundesministeriums für soziale Sicherheit und Generationen, 1030 Wien, Radetzkystraße 2, Zimmer Nr. 1 K 10, persönlich abgeholt oder telefonisch unter der Telefonnummer 01/71 00 42 13 DW oder 42 48 DW oder per Fax 01/71 55 38 angefordert werden.

Ende der Anbotsfrist:

Angebote müssen bis spätestens 24. Jänner 2002, 10 Uhr, in einem verschlossenen Kuvert und mit der in den Ausschreibungsunterlagen angegebenen Bezeichnung in der Einlaufstelle des Bundesministeriums für soziale Sicherheit und Generationen, A-1030 Wien, Radetzkystraße 2, Zimmer Nr. EE 18, eingelangt sein.

Zuschlagsfrist:

Der Zuschlag wird bis spätestens 31. März 2002 erzielt.

89587

Bundesministerium für soziale Sicherheit und Generationen
GZ 76.101/18-VII/7 a/2001

Offenes Verfahren gemäß ÖNORM A 2050/1993

Ausschreibende Stelle:

Bundesministerium für soziale Sicherheit und Generationen, A-1030 Wien, Radetzkystraße 2.

Gegenstand der Ausschreibung:

Allgemeine Dienstleistungen zur Applikationsunterstützung im Bereich der im Bundesministerium für soziale Sicherheit und Generationen eingesetzten IT-Systeme. Beratung und Analyse, Entwicklung und Installation, Benutzersupport und Schulung, Dokumentation und Monitoring.

Mindestanforderungen an den Bieter:

- Kenntnisse der Rahmenbedingungen und Besonderheiten in der Betreuung und Weiterentwicklung komplexer, heterogener IT-Systeme im Umfeld einer Gesundheitsbehörde.
- Erfahrung mit den beim Bundesministerium für soziale Sicherheit und Generationen eingesetzten Werkzeugen und Produkten.
- Verfügbarkeit entsprechend geeigneter Mitarbeiter vor Ort.

Unterlagen:

Ausschreibungsunterlagen, nach denen das Anbot zu erstellen ist, können ab sofort Montag bis Freitag werktags in der Zeit von 9 bis 15 Uhr in der Kanzleistelle der Sektion VII des Bundesministeriums für soziale Sicherheit und Generationen, 1030 Wien, Radetzkystraße 2, Zimmer Nr. 1 K 10, persönlich abgeholt oder telefonisch unter der Telefonnummer 01/71 00 42 13 DW oder 42 48 DW oder per Fax 01/71 55 38 angefordert werden.

Ende der Anbotsfrist:

Angebote müssen bis spätestens 24. Jänner 2002, 10 Uhr, in einem verschlossenen Kuvert und mit der in den Ausschreibungsunterlagen angegebenen Bezeichnung in der Einlaufstelle des Bundesministeriums für soziale Sicherheit und Generationen, A-1030 Wien, Radetzkystraße 2, Zimmer Nr. EE 18, eingelangt sein.

Zuschlagsfrist:

Der Zuschlag wird bis spätestens 31. März 2002 erzielt.

89588

Amt der Vorarlberger Landesregierung

Offenes Verfahren

Ausschreibende Stelle: Amt der Vorarlberger Landesregierung, Abteilung Prsl-Informatik, namens des Landes Vorarlberg.

Leistungsgegenstand: Lieferung, Installation und Inbetriebnahme von zirka 30 Serversystemen für das Land Vorarlberg einschließlich der Leasing-Finanzierung, Schulung und Wartung.

Leistungsort: Geografisches Gebiet – Land Vorarlberg. Ausführung: Abruf in Tranchen über einen Zeitraum von 24 Monaten.

Veröffentlichung: Die Veröffentlichung erfolgte im Supplement zum Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften mit der Nummer: 2001/S 240-165133. Nähere Informationen können dort entnommen werden.

Ausschreibungsunterlagen: Ausschreibungsunterlagen können schriftlich beim Amt der Vorarlberger Landesregierung, A-6900 Bregenz, Römerstraße 15, Abteilung Prsl-Informatik, zuhanden Ing. Ludwig Wagner, angefordert werden. Mail: Ludwig.wagner@vorarlberg.at, Fax +43 (0) 55 74/92 05 95.

Abgabetermin der Angebote: 4. Februar 2002, 11 Uhr. Ablauf der Zuschlagsfrist: 4. Juni 2002, 24 Uhr.

Bregenz, am 21. Dezember 2001

89597

intellektuell.

