

Übersicht über Kapitel 3

3. Methoden der Oberflächenphysik

3.1 Kristallpräparation

3.2 Chemische Oberflächenanalyse

3.3 Beugungsmethoden

3.4 Frühe Realraumabbildung

3.5 Transmissionselektronenmikroskopie

3.6 Rasterelektronenmikroskopie

3.7 Rastertunnelmikroskopie

3.8 Rasterkraftmikroskopie

....

3.1 Kristallpräparation

Aus der Natur



Magnetit: Fe_3O_4



NaCl

3.1 Kristallpräparation

Czochralski-Verfahren

GaAs

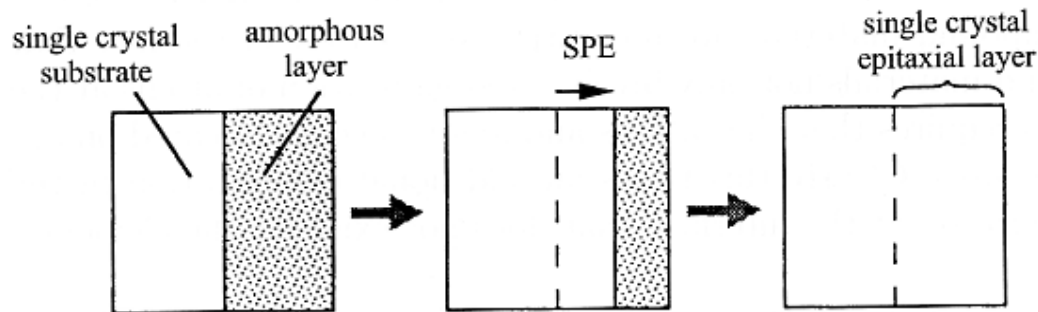
Si



innerhalb des Ostwald-Miers-Bereiches, in dem keine spontane Keimbildung stattfindet

3.1 Kristallpräparation

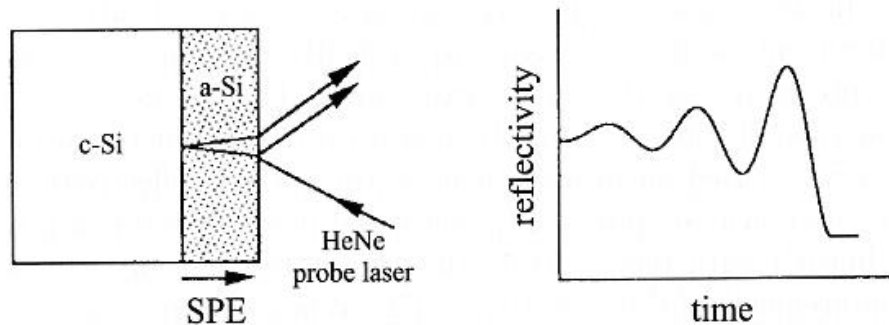
Solid-Phase-Epitaxy



➤ kein Oberflächen-, sondern
Interface-Wachstum

1000 Å ... μm amorphe Schicht, aber auch Sputter-geschädigte Schicht auf Einkristall.

- Bsp.: Amorphes Si auf Si(100)
- Anwendung: Buffer-Schichten für stark verspannte Systeme
GaN / Saphir(001) mit Gitterfehlانpassung 14%

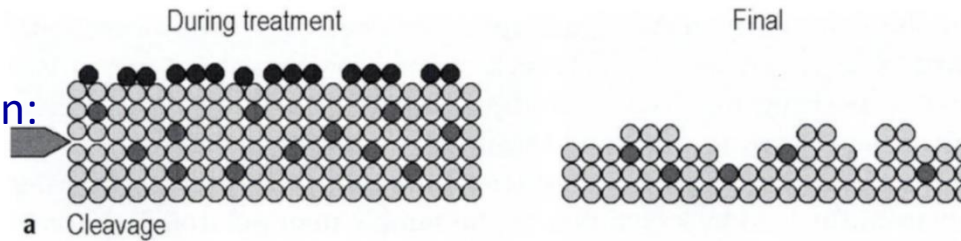


Beobachtung des Wachstums mit
optischer Interferometrie

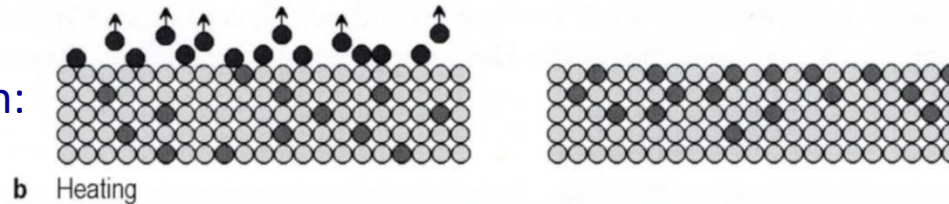
3.1 Präparationsverfahren

Übersicht:

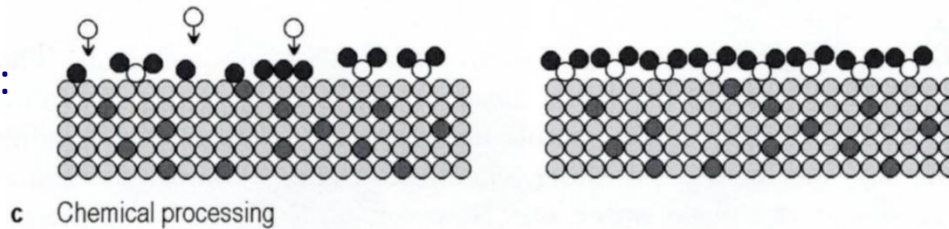
Spalten:



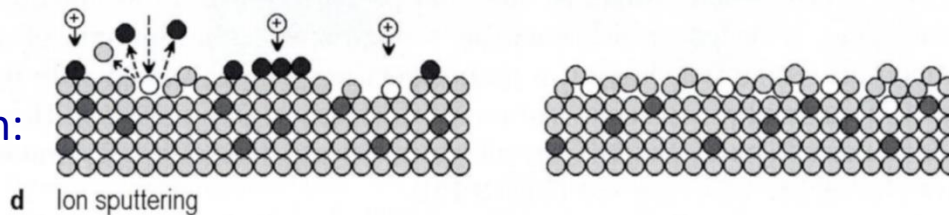
Tempern:



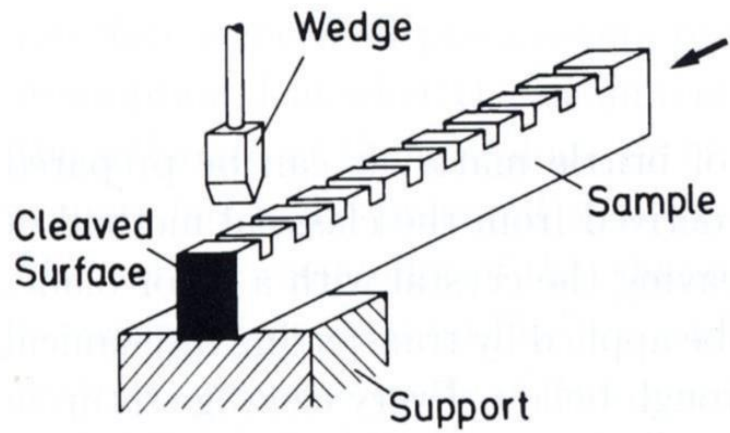
Chemische Reaktion:
(Ätzen, Aufdampfen,
-wachsen: MBE, CVD)



Ionen-Sputtern:

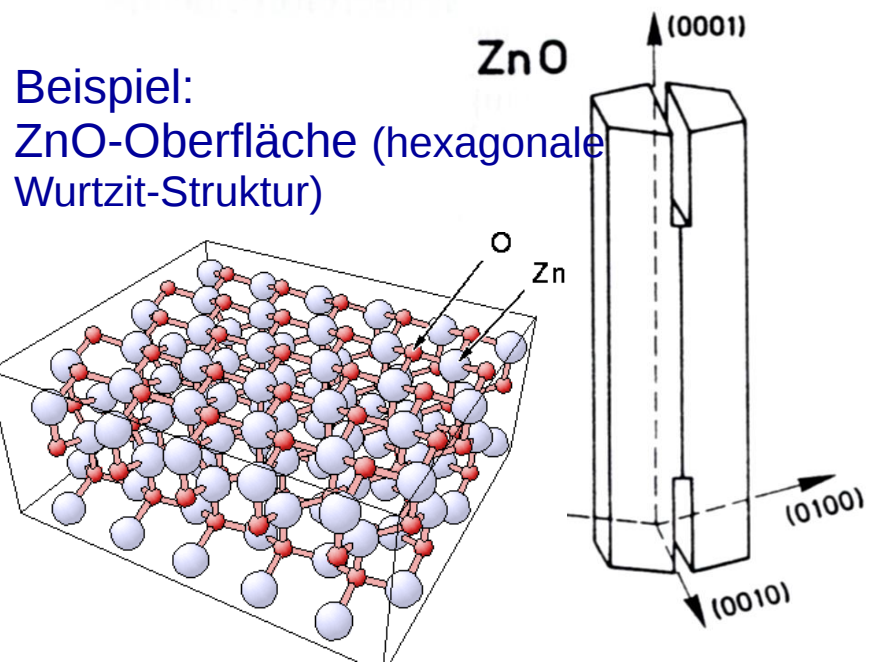


3.1 Präparationsverfahren:Spalten entlang von Hochsymmetrierichtungen

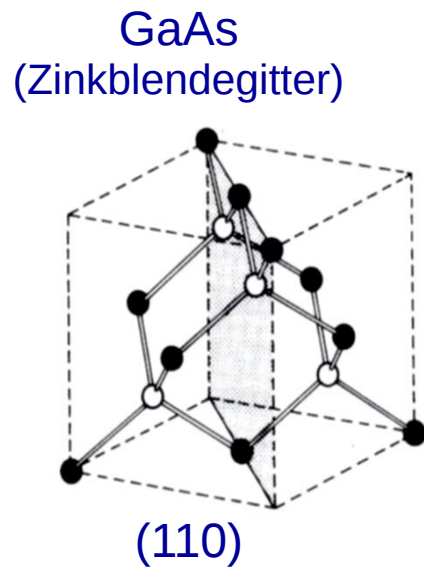
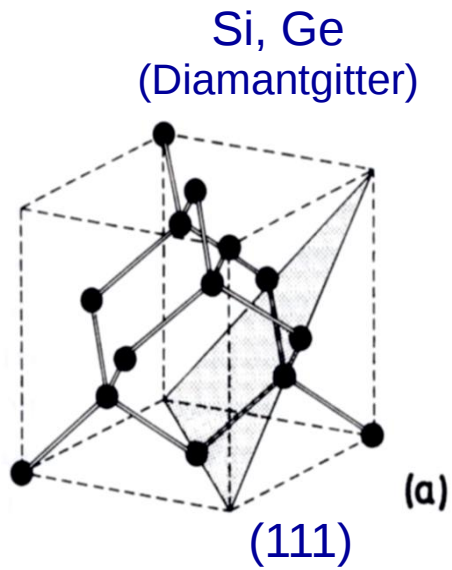


„Spröde“ Materialien: z.B. ZnO, TiO₂, NiO, NaCl, Si, Ge, GaAs, InP

Beispiel:
ZnO-Oberfläche (hexagonale
Wurtzit-Struktur)

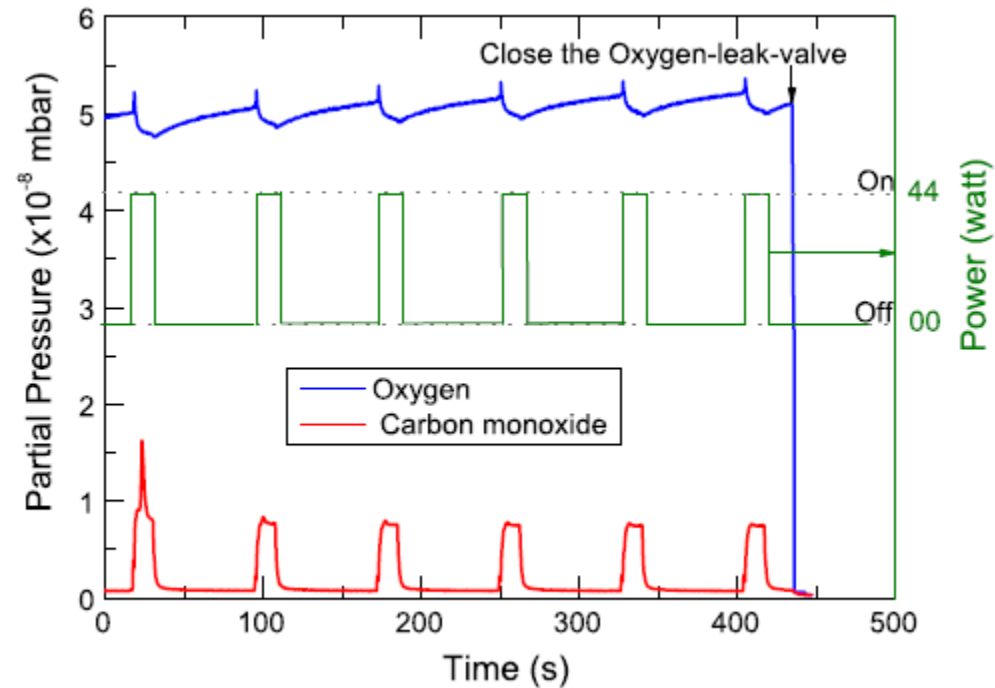
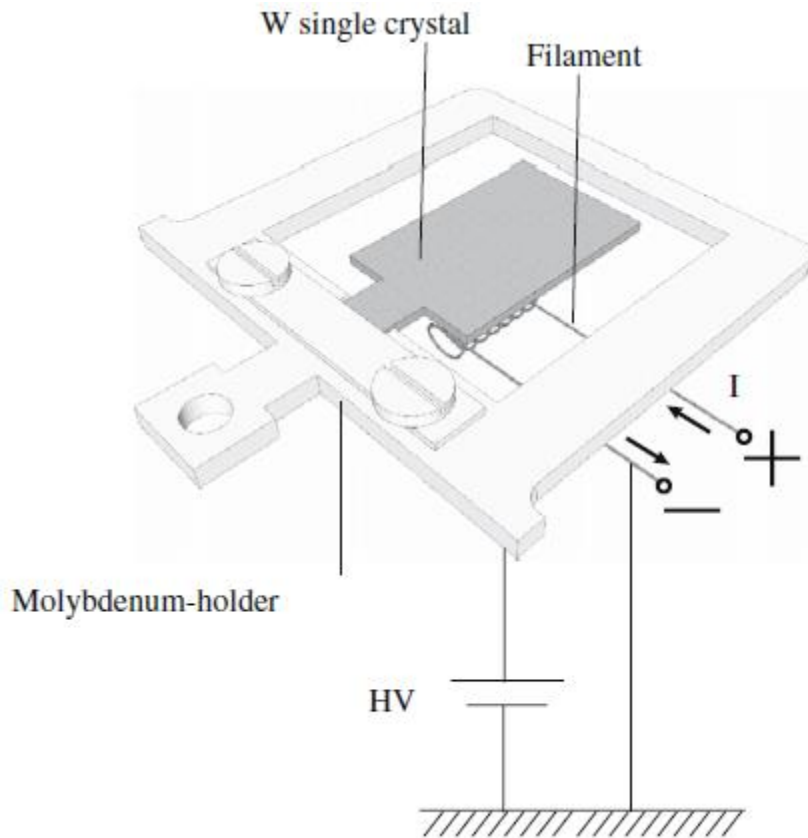


Mögliche Spaltflächen:



3.1 Präparationsverfahren

Chemische Reaktion:
Beispiel: Wolframoberfläche

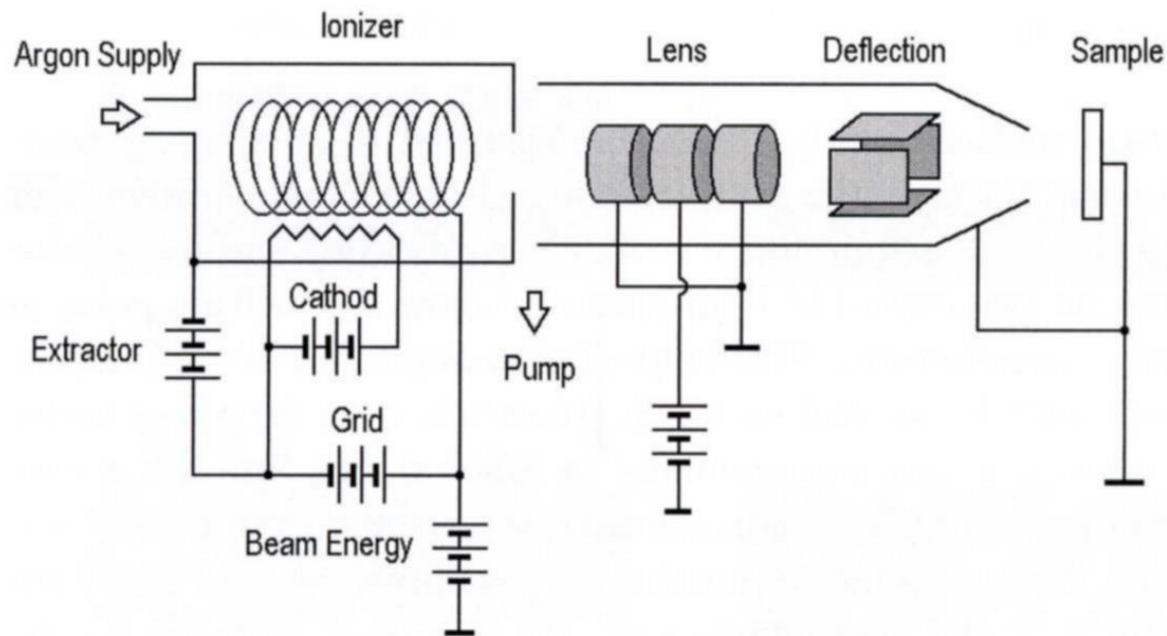


Cycles: $T \sim 1200$ K $P_{O_2} = 5 \cdot 10^{-8}$ mbar

Single: $T \sim 2000$ K UHV

Surface Science 604 (2010) L1–L3

3.1 Präparationsverfahren : Ionen-Sputtern und Tempern



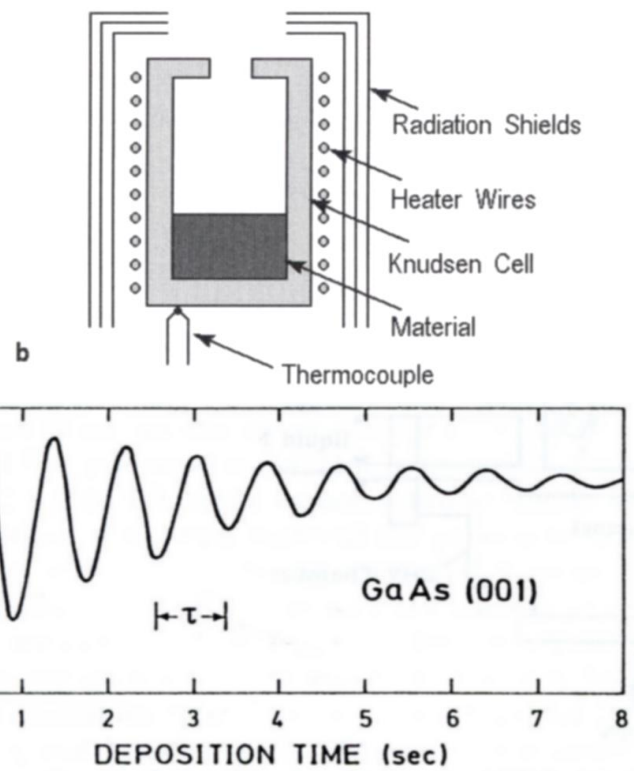
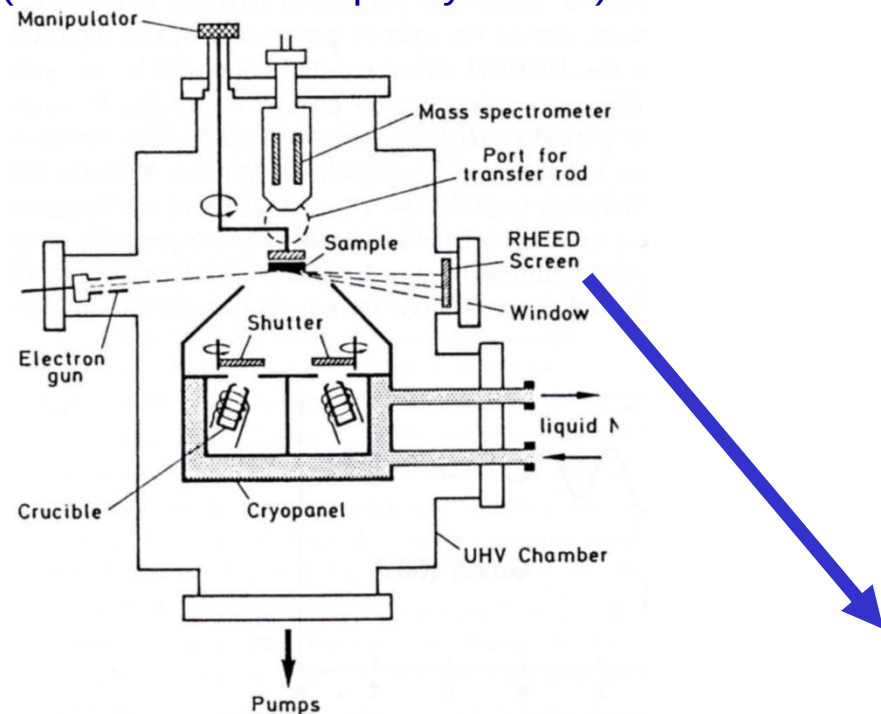
Ar^+ -Ionen
 $E_{\text{kin}} = 0,5 - 3 \text{ keV}$
Typ. Ausbeute: 0,5 - 5
Oberflächenatome / Ar^+ -Ion

- Materialabtrag durch Stöße.
- Notwendig: Ausheilen der Sputterschäden (amorphe Lage) durch Tempern

3.1 Präparationsverfahren : Aufdampfen - Epitaxie

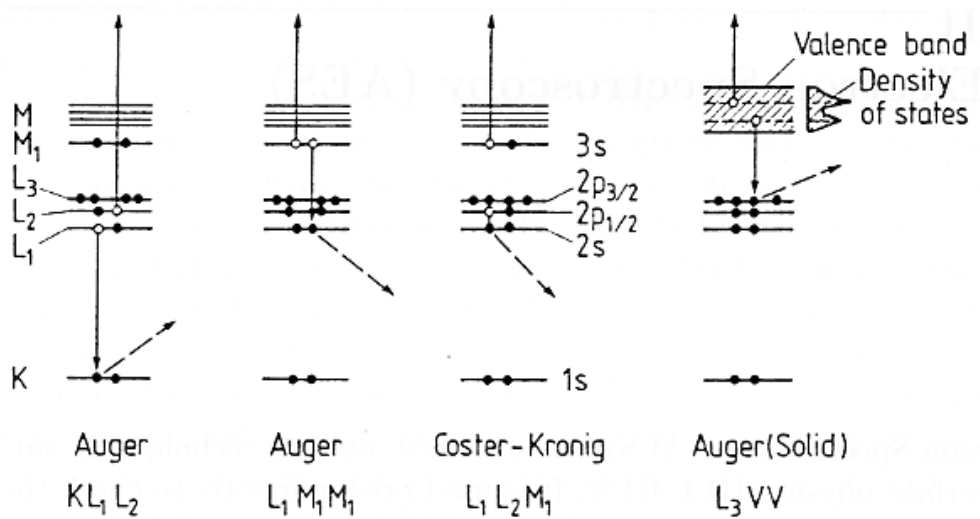
Verdampfung mittels Knudsenzelle:

Molekularstrahlepitaxie (Molecular beam epitaxy - MBE)



3.2 Chemische Oberflächenanalyse : Auger Spektroskopie (AES)

Abregung eines Rumpflochzustands



Primärprozess:
 Ionisation des Atoms mit $h\nu$ oder Elektron
 → Loch in einer der inneren Schalen

Sekundärprozess:
 Rumpfloch hat Lebensdauer τ
 Energiebreite $\Delta E \approx \hbar / \tau$
 Zerfall über: - Röntgenfluoreszenz
 - Augerelektronenemission

Endzustand bei Auger-Zerfall besitzt 2 Löcher

Energiebilanz:

$$E_{\text{Auger}} = E_i(N-1) - E_f(N-2) = E_B(K) - E_B(L_1) - E_B(L_2) - U_{\text{eff}}$$

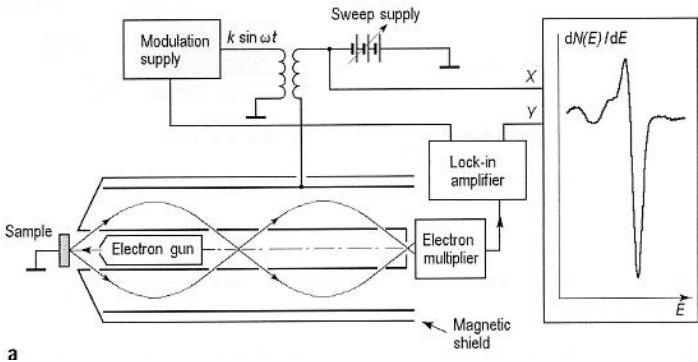
$E_B(X)$: Bindungsenergie eines X - Elektrons

U_{eff} : (Coulomb-) Wechselwirkung der beiden Elektronen bzw. Löcher in L_1 und L_2

Das Augerelektron besitzt also eine definierte kinetische Energie E_{Auger}

Wirkungsquerschnitt für KL_1L_2 -Augerprozess:

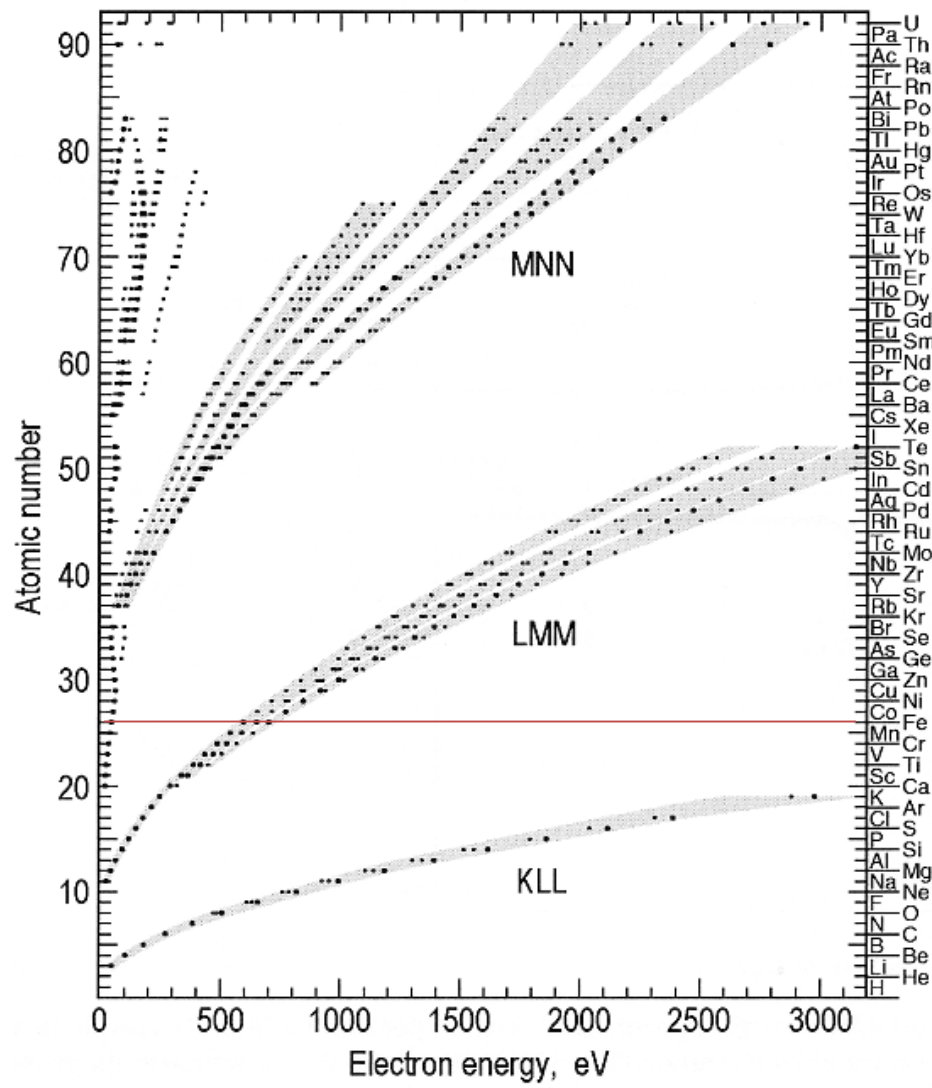
$$W_{\text{KLL}} \propto \left| \left\langle \psi_{1s}(\mathbf{r}_1) e^{i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}_2} \left| \frac{e^2}{|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|} \right| \psi_{2s}(\mathbf{r}_1) \psi_{2p}(\mathbf{r}_2) \right\rangle \right|^2$$



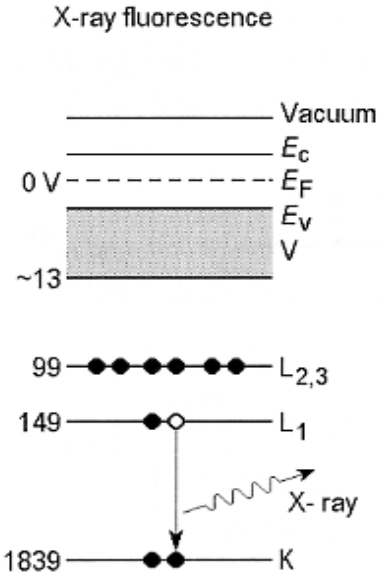
Typischer exp. Aufbau
 (Elektroneninduziertes AES)
 Messung mit Lock-in-Technik

3.2 Chemische Oberflächenanalyse : Auger Spektroskopie (AES)

E_{Auger} ist elementspezifisch und kann zur Bestimmung der Elementzusammensetzung verwendet werden

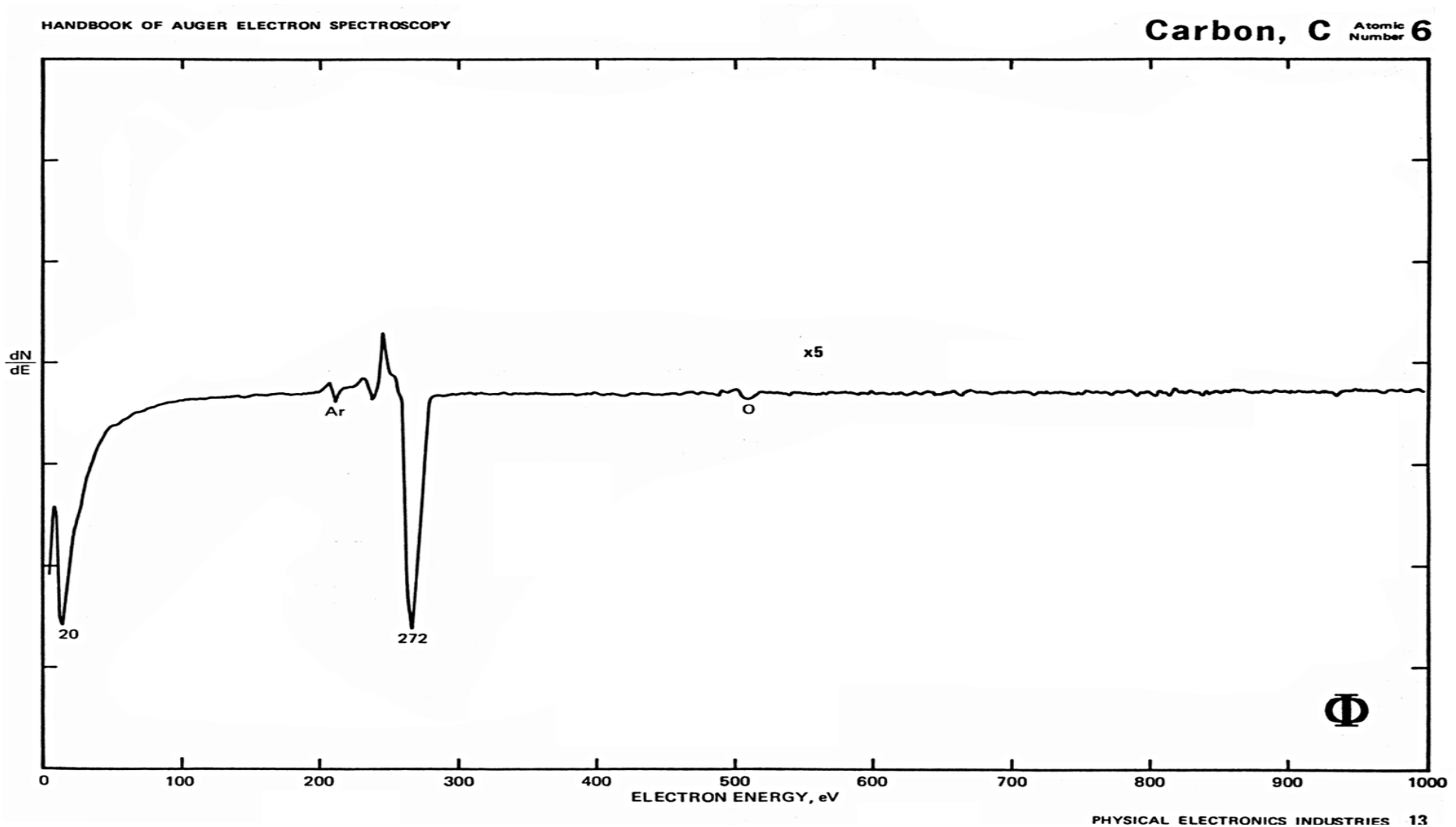


Konkurrenzprozess:
Röntgenfluoreszenz

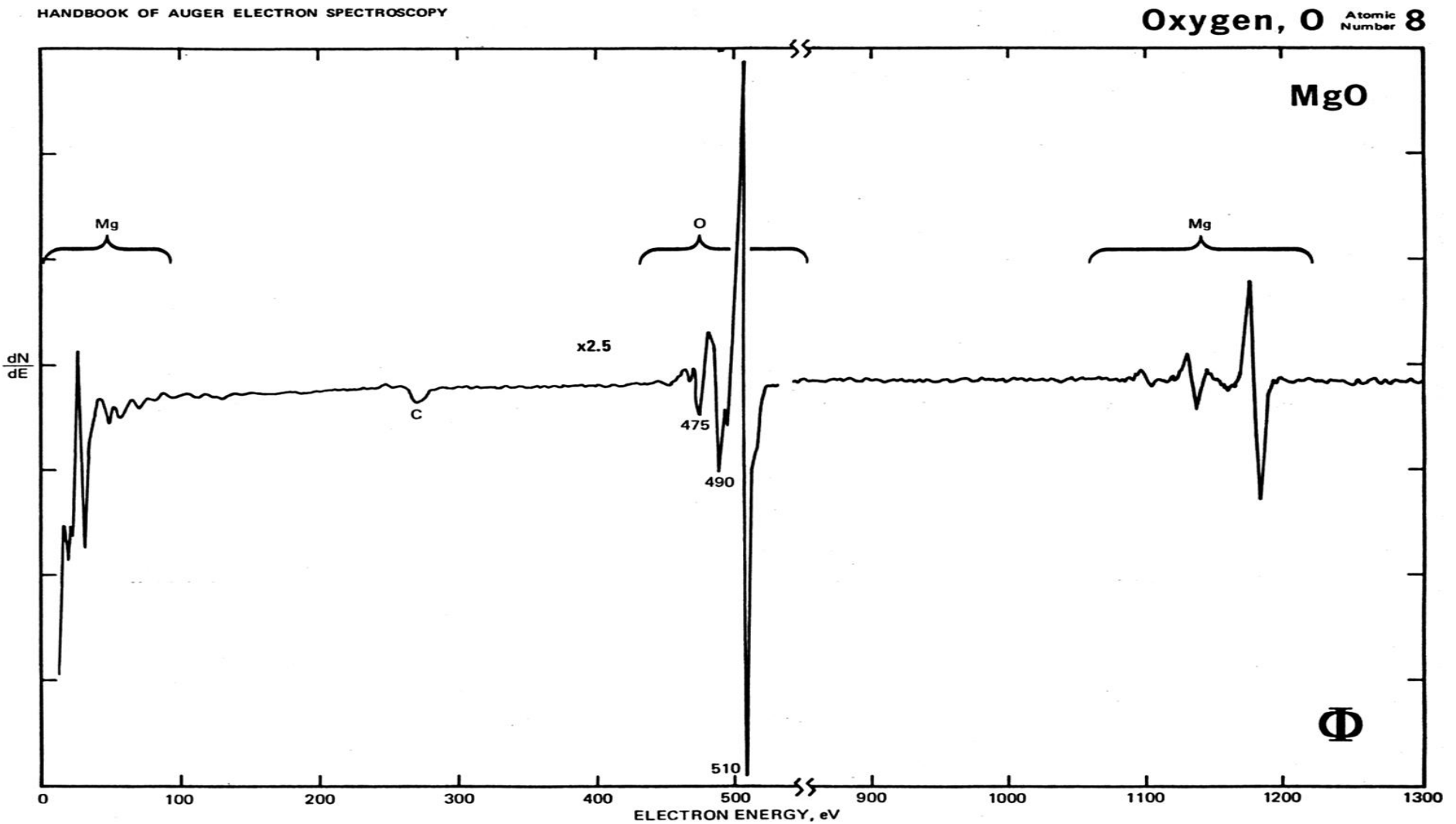


Überwiegt bei großem Z

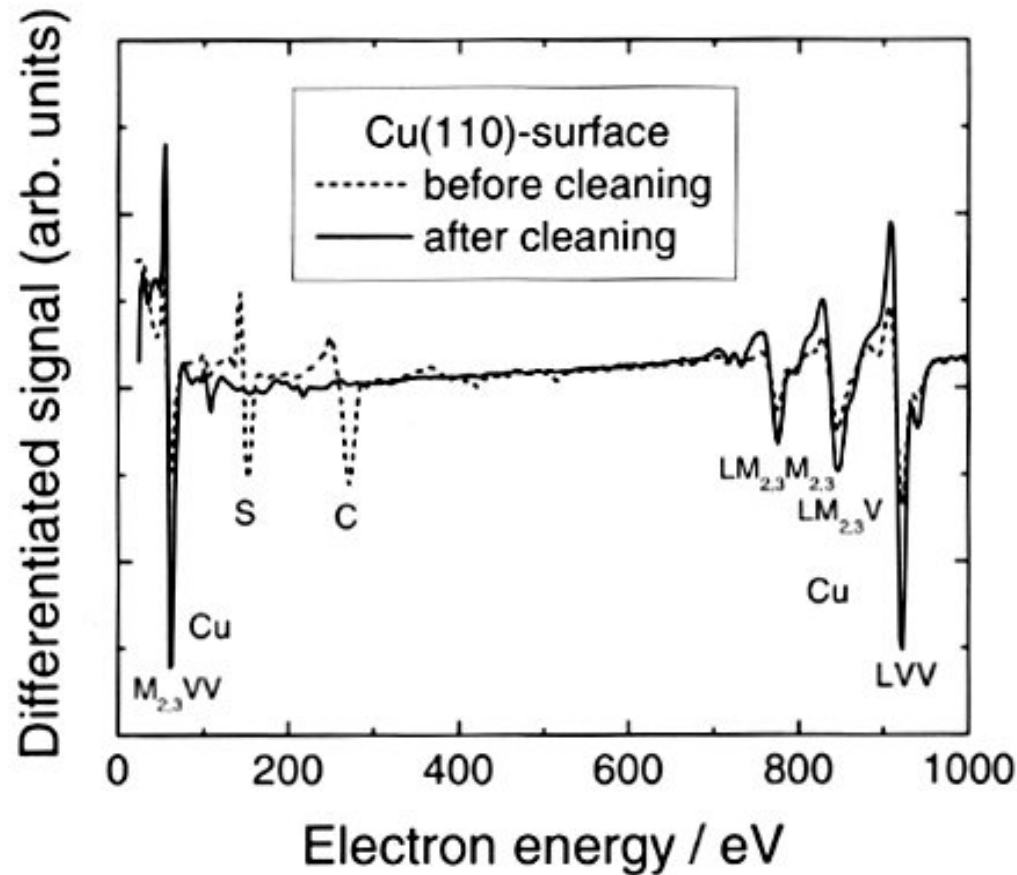
3.2 Chemische Oberflächenanalyse : Auger Spektroskopie (AES)



3.2 Chemische Oberflächenanalyse : Auger Spektroskopie (AES)



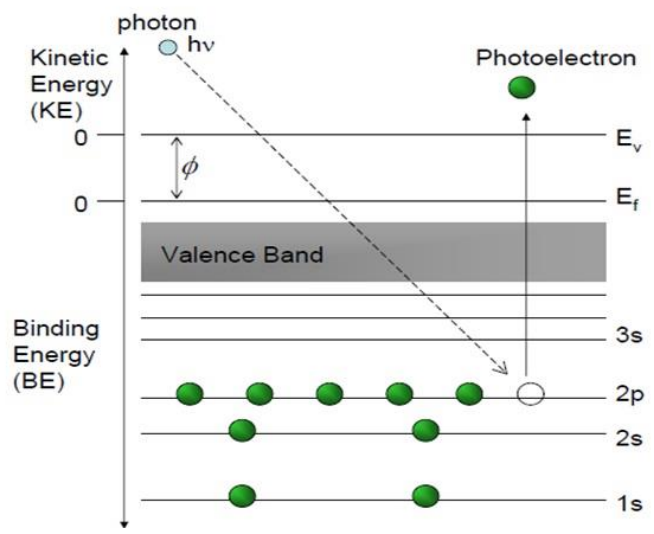
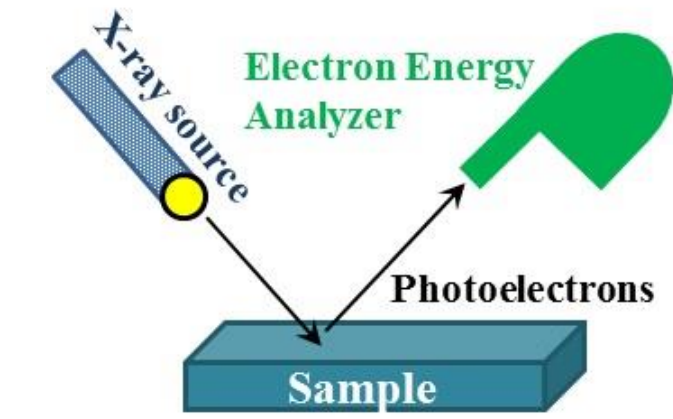
3.2 Chemische Oberflächenanalyse : Auger Spektroskopie (AES)



Empfindlichkeit eines guten AES liegt bei 1% einer Atomlage.

Bei unterschiedlichen Energien schaut man mittels AES unterschiedlich tief in die Oberfläche hinein!

3.2 Chemische Oberflächenanalyse: Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS)



$$h\nu = KE + BE + \Phi$$

