

# Untersuchung des Wachstums von Au auf Re(0001) mittels LEED und STM sowie Aufbau und Test einer Spraydepositionsapparatur

---

Verena Grimm

Vortrag zur Bachelorarbeit in Physik  
Fachbereich Physik, Mathematik und Informatik (FB 08)  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

14.08.2014



JOHANNES GUTENBERG  
UNIVERSITÄT MAINZ

# Inhalt

## 1 Wachstum von Au auf Re(0001)

- Motivation
- Grundlagen: STM und LEED
- Versuchsaufbau
- Ergebnisse LEED
- Ergebnisse STM

## 2 Aufbau und Test einer Spraydepositionsapparatur

- Einleitung
- Versuchsaufbau
- Test der Apparatur

## 3 Zusammenfassung

## 1. Teil:

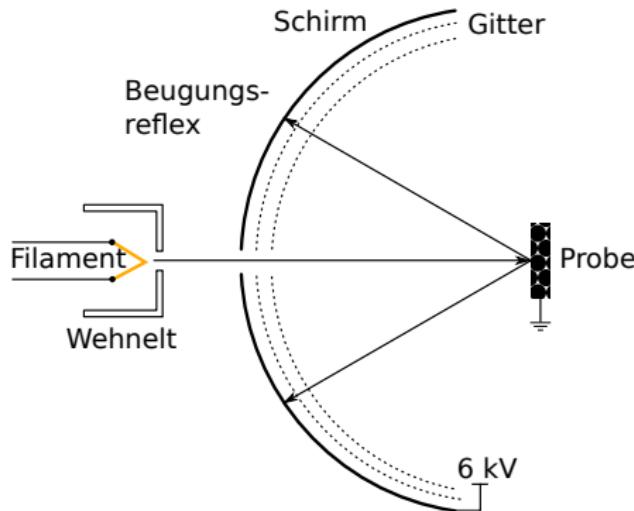
Untersuchung des Wachstums von Au  
auf Re(0001)

# Warum Gold? Warum Rhenium?

- Gold inert, d.h. wenig Reaktion mit Restgasmolekülen im Ultrahochvakuum
- gute Adsorption organischer Moleküle auf Goldoberflächen
- Rhenium: hoher Schmelzpunkt ( $3186^{\circ}\text{C}$ )
- bleibt nach Verarbeitung (Schweißen, Schmieden, ...) duktil

# LEED (Low Energy Electron Diffraction)

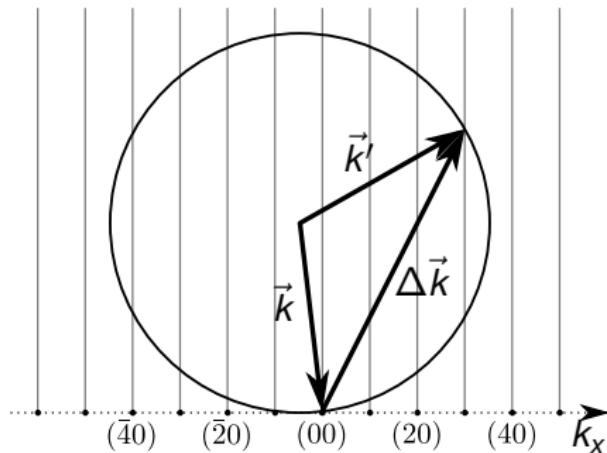
Beugung niederenergetischer Elektronen an Oberflächen



- Elektronenstrahl durch Glühemission mit 20 eV bis 400 eV
- niedrige Eindringtiefe der Elektronen
- Fokussierung und Filterung durch Gitter vor Schirm
- betrachte elastisch rückgestreute Elektronen auf fluoreszierendem Schirm

# LEED (Low Energy Electron Diffraction)

- Betrachte elastische Streuung an oberster Schicht mit  $k = k'$
- konstruktive Interferenz allgemein, wenn  
 $\vec{k} - \vec{k}' = \Delta\vec{k} = \vec{G}$  und  
 $\vec{a}_i \cdot \Delta\vec{k} = 2\pi h_i, \quad i = 1, 2, 3$
- bei Oberflächenstreuung:  
 $\Delta\vec{k}_{||} = \vec{k}_{||} - \vec{k}'_{||} \stackrel{!}{=} \vec{G}$
- in Ewald-Konstruktion werden Punkten  $(h_1, h_2)$  Linien  $h_3$  zugeordnet
- Schnittstellen Linien-Kugel: Interferenz!



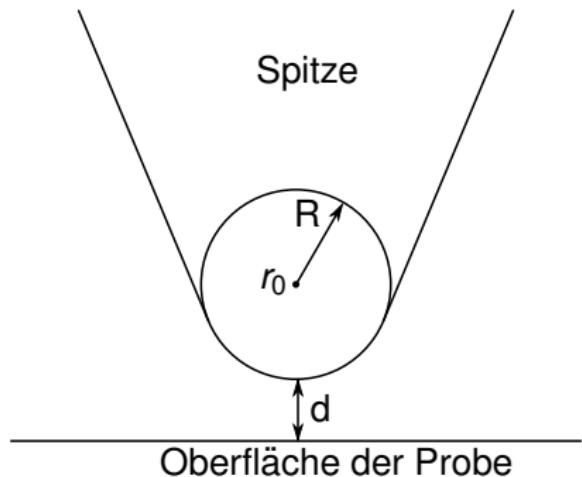
# STM (Scanning Tunneling Microscope)

## Rastertunnelmikroskopie

- 3D Aufnahme von Oberflächen elektrisch leitender Festkörper
- Annäherung leitender Spitze an Oberfläche bis auf wenige Å ⇒ mit angelegter Spannung fließt messbarer Strom
- Mechanismus beruht auf Tunneleffekt
- Rastern der Oberfläche mit Spalte bei Messung des Stroms:  
topographisches Bild der Oberfläche mit atomarer Auflösung

# STM (Scanning Tunneling Microscope)

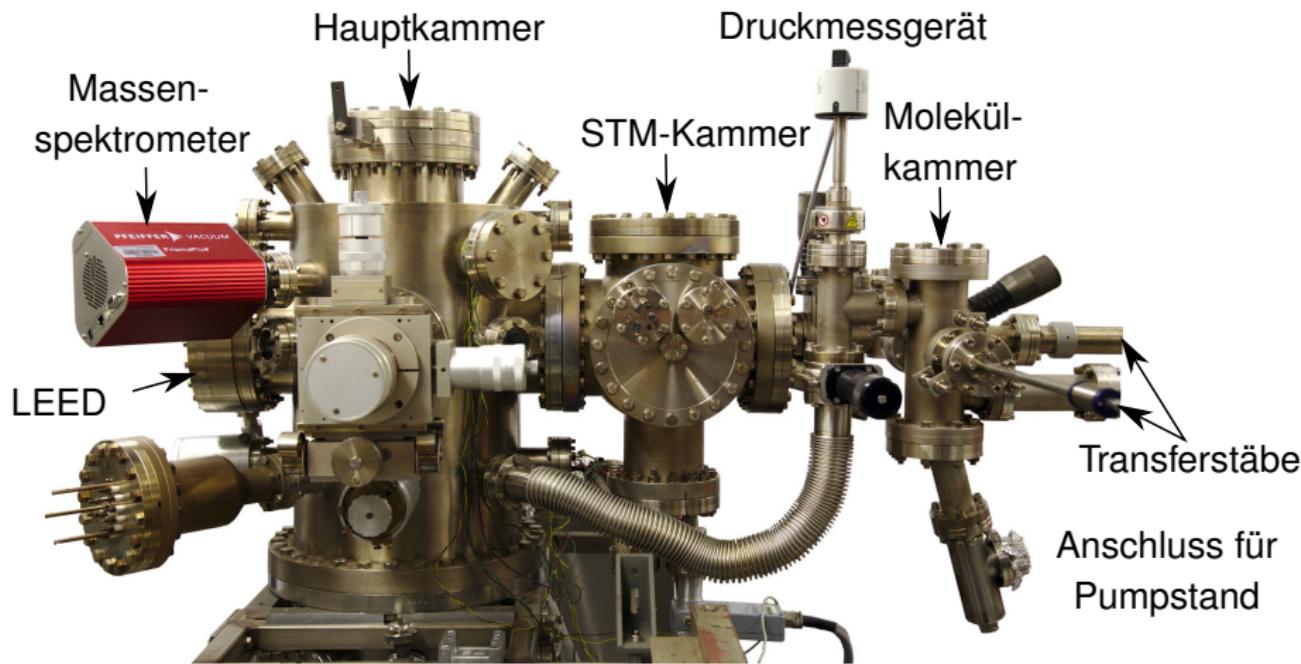
- Berechnungen schwer durch i.A. unbekannte Wellenfunktion der Spitze
- Ausdruck für Strom nur durch Näherungen erreichbar
- $I \propto U \rho_s(E_F) \rho_P(\vec{r}_0, E) e^{-2\kappa d}$



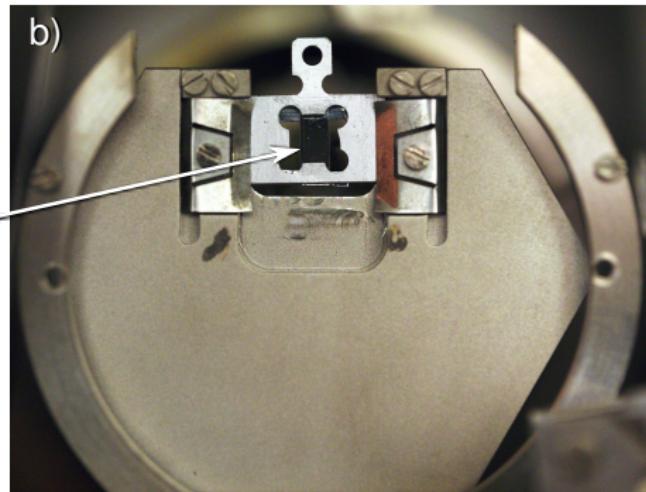
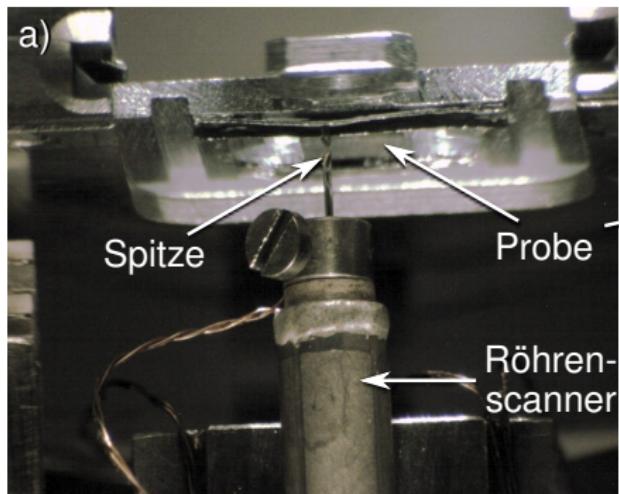
# Versuchsaufbau

- UHV-Apparatur mit  $10^{-10}$  mbar
- Flashen, Tempern, Bedampfen der Probe mit Gold
- Bestimmung der aufgedampften Menge über Schwingquarz
- LEED, STM

# Aufbau der UHV-Apparatur

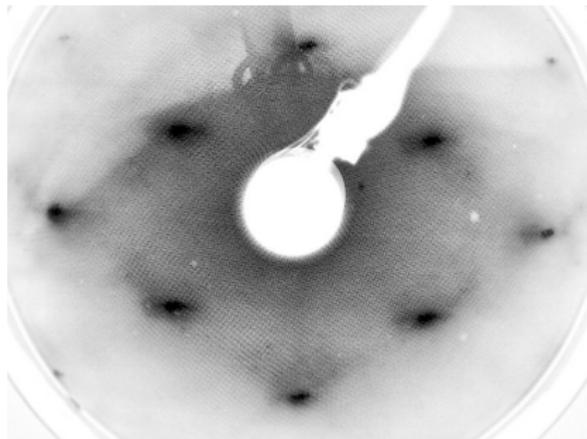


# Das STM

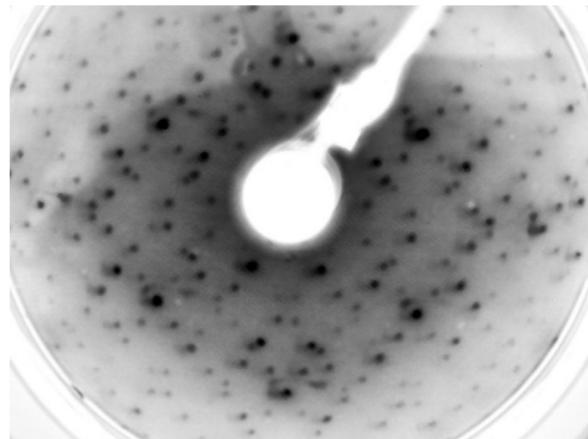


# LEED des Re-Kristalls

$E = 208 \text{ eV}$

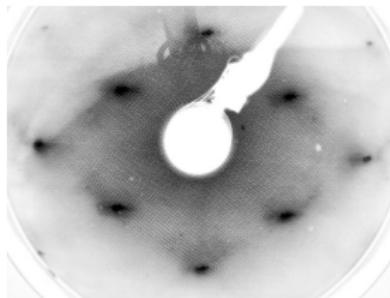


Rand des Kristalls

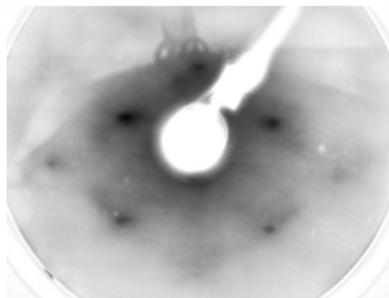


Mitte des Kristalls

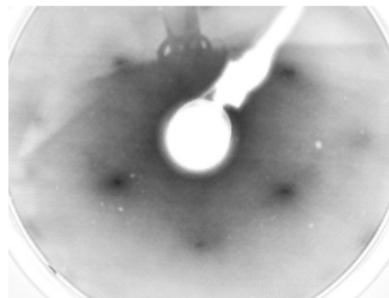
# LEED des bedampften Re-Kristalls



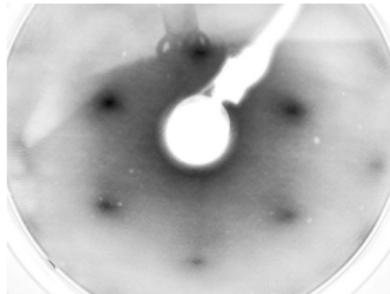
Re-Oberfläche



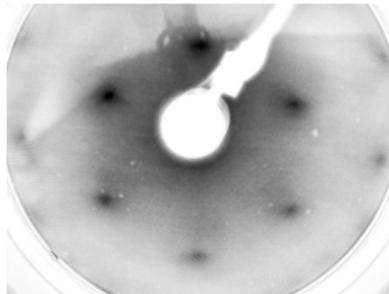
1/2 Monolage Au



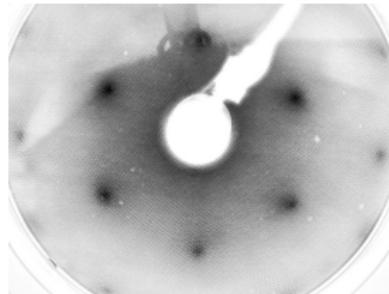
1 Monolage Au



6 Monolagen Au



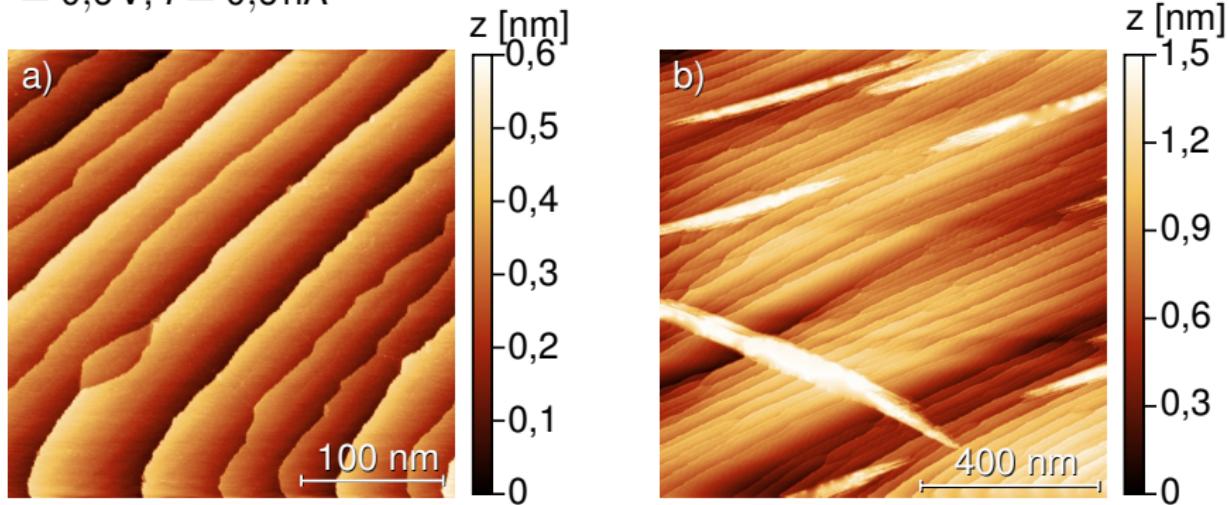
10 Monolagen Au



30 Monolagen Au

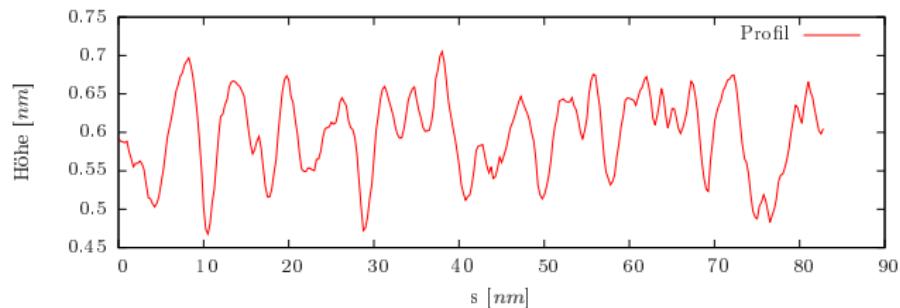
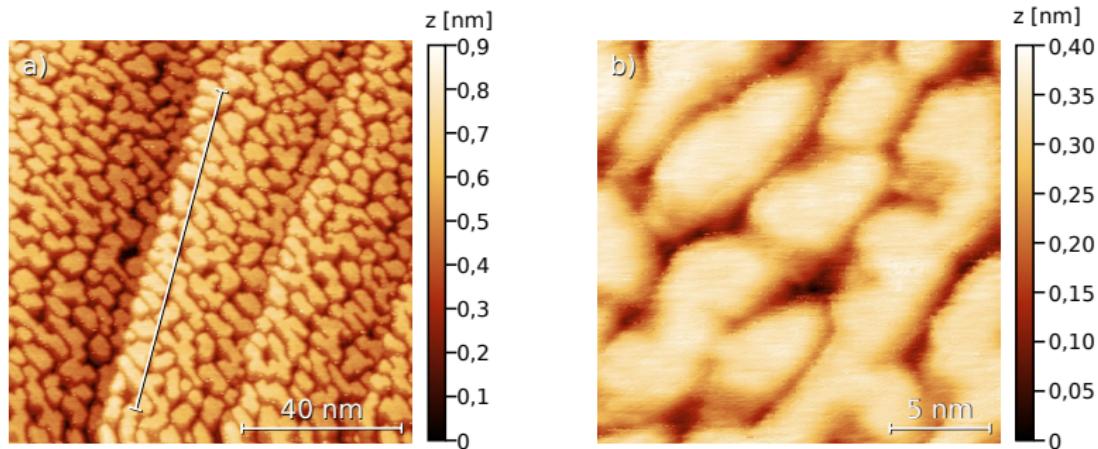
# STM des Re-Kristalls

$V = 0,6 \text{ V}$ ;  $I = 0,6 \text{ nA}$

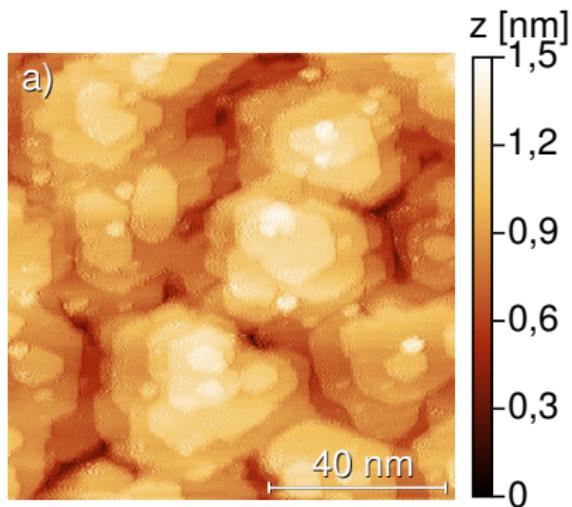


Regelmäßig angeordnete Terrassen, Breite etwa 35 nm

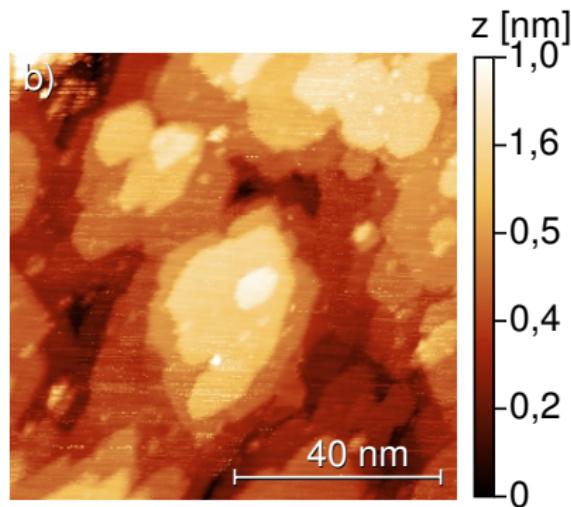
# STM halbe Monolage Au



# STM mehrere Monolagen Au

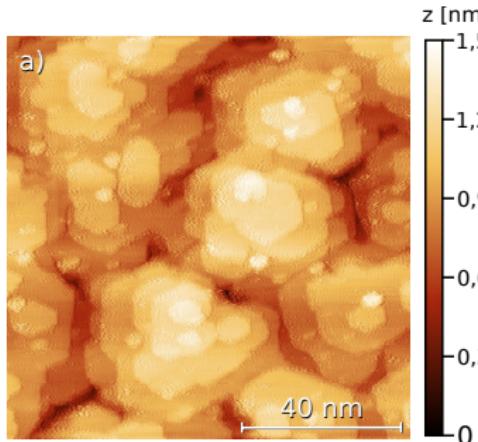


20 Monolagen Gold

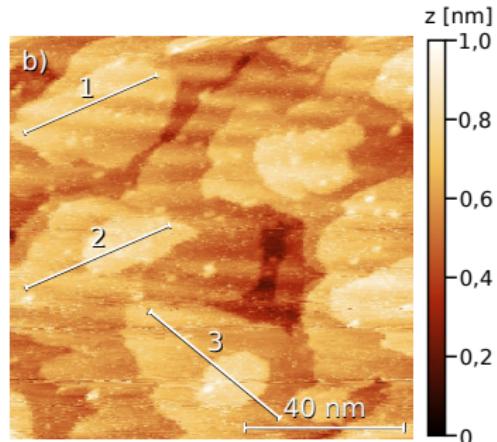


30 Monolagen Gold

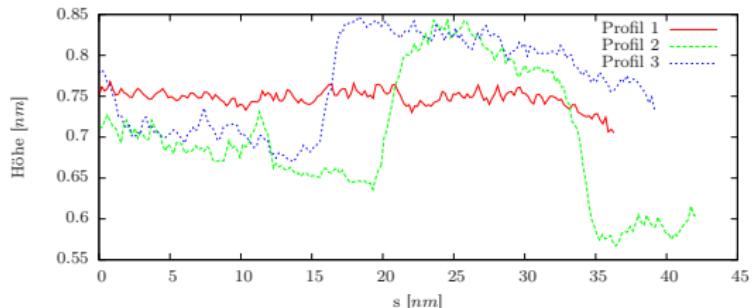
# STM 20 Monolagen



20 ML ungetempert



20 ML 10 min getempert bei 2,0 Å



## Zusammenfassung

- Art des Wachstums nicht eindeutig, aber:
- 30 Monolagen als Molekülsubstrat geeignet
- gleiches Ergebnis für 20 Monolagen getempert: ca. 30 nm bis 35 nm im Durchmesser große, glatte Inseln
- periodische angeordnete Oberfläche (LEED)
- genügend große Flächen, um Anordnung von aufgebrachten organischen Molekülen zu untersuchen

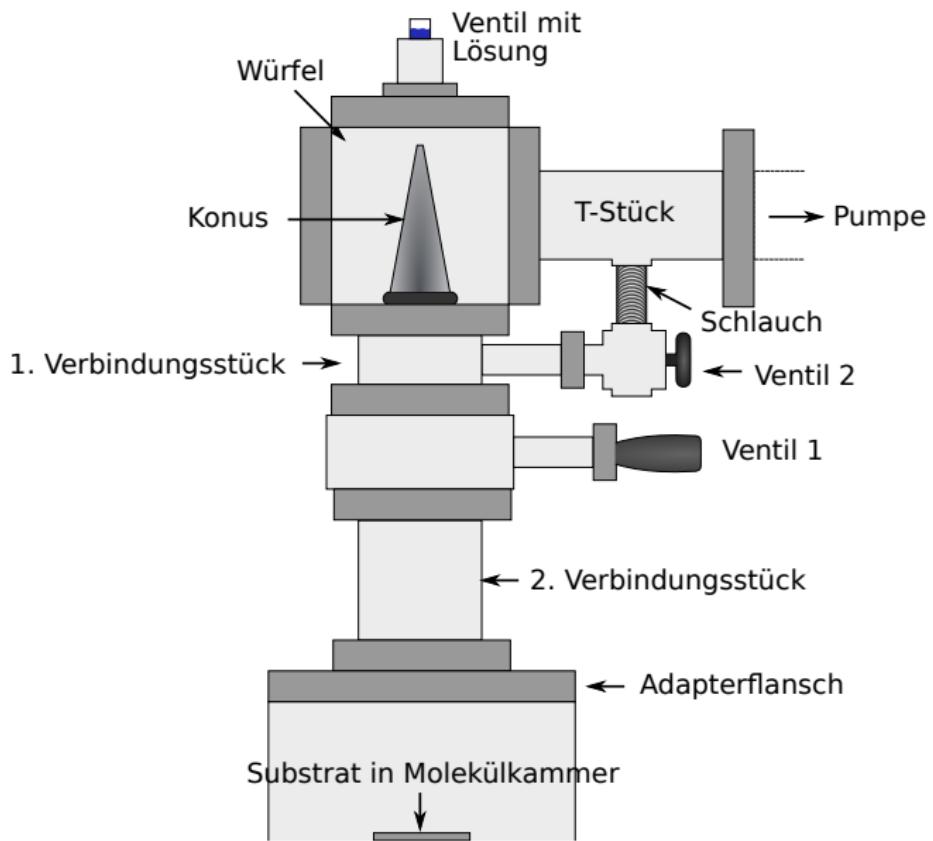
## 2. Teil:

# Aufbau und Test einer Spraydepositionsapparatur

# Wozu das Ganze?

- Funktioniert über ein Druckgefälle innerhalb der Apparatur
- Moleküle in Lösung werden auf Substrat „gesprüh“
- Vorteil: kein thermisches Verdampfen  $\Rightarrow$  keine Verformung der Moleküle

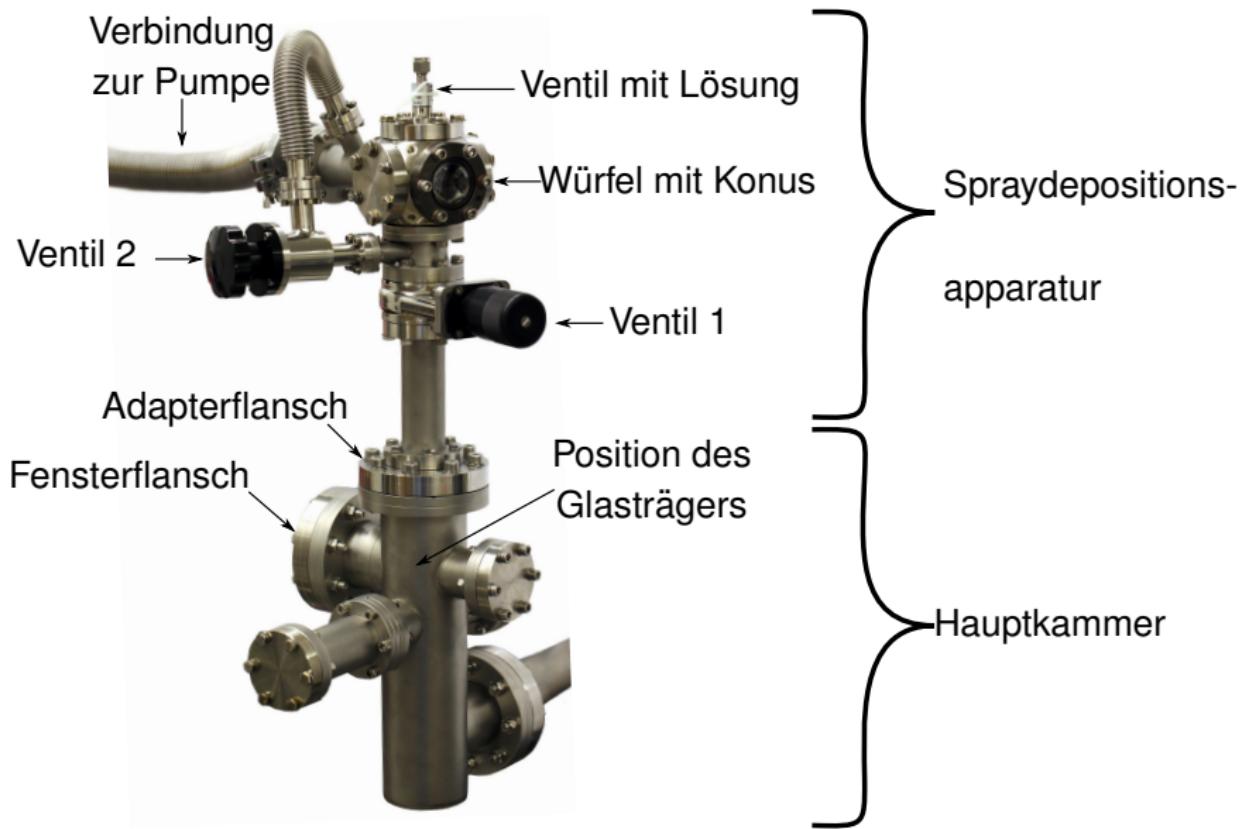
# Schema der Spraydepositionsapparatur



# Aufbau der Apparatur (1)

- Test an HV-Apparatur inkl. Vorpumpe & Hauptpumpe, Druckmessgerät  
(Vorteil kleineres Volumen)
- Substrat: Glasträger
- gelöste Moleküle:  
Kupfer-2-Phthalocyanin (CuPc) in Dimethylsulfoxid bzw.  
Dimethylformamid  
Tetracyanoquinodimethan (TCNQ) in Tetrahydrofuran

## Aufbau der Apparatur (2)



## Erste Tests

- Getestete Zeiten:  
1 ms bis 50 ms offenes Ventil („On-Time“), dazwischen 7 ms bis 4 s geschlossenes Ventil („Off-Time“)  
gesamte Zyklusdauer bis 15 Minuten
- Druckanstieg in der Hauptkammer, aber nichts zu sehen auf Glasträger!
- Nach einigen Umbauten: Sichtbare farbige Spritzer auf Glasträger erst ohne Pumpe am Würfel

## Beobachtungen zwischendrin

- Ausgangsdruck in Hauptkammer  $10^{-5}$  mbar  $\Rightarrow$  Druckanstieg bei Öffnen des Ventils auf  $10^{-3}$  mbar  
Druck in Würfel nur  $10^{-2}$  mbar
- Öffnungen von Ventil & Konus anfällig für Verstopfungen  $\Rightarrow$  kein Druckanstieg mehr in Hauptkammer
- Turbopumpe stark am Limit:  
Austausch der internen Vorpumpe durch externe Membranpumpe

# Test mit Quarzwaage

- Einbau von Quarzwaage statt Glasträger
- Beobachtung der relativen Frequenzänderung mit digitaler Anzeige
- On-Time von 3 ms, Off-Time von 500 ms (fast kein Anstieg des Drucks in der Hauptkammer)
- Anstieg von  $30 \pm 1$  SKT in 30 min
- bei nachfolgender Reinigung: Abfall um  $15 \pm 1$  SKT
  - ⇒ Nettozunahme um  $15 \pm 1$  SKT
  - ⇒ Deposition der Moleküle auf Quarz

## Alles in allem...

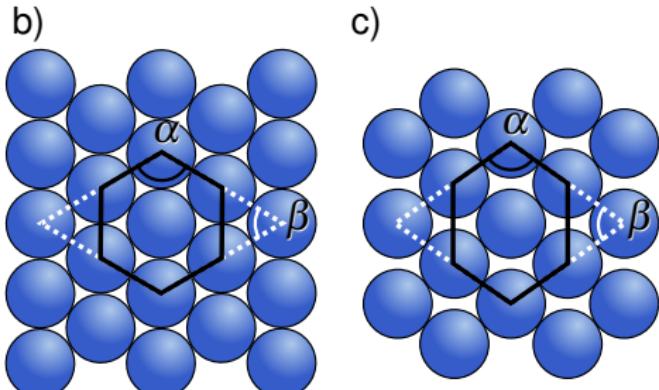
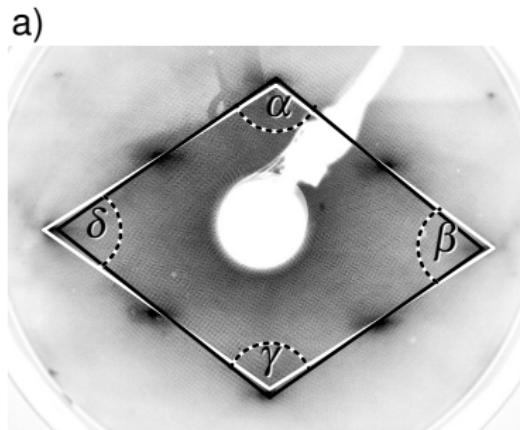
- Gold auf Rhenium:
  - Inselwachstum
  - 20-30 Monolagen ausreichend
  - durch Tempern Glättung der Oberfläche
- Spraydepositionsapparatur:
  - Scheint zu funktionieren!

# Was bleibt zu tun?

Weitere Tests!

- Wieviele SKT sind wieviele Moleküle?
- Verdampft das Lösungsmittel?
- Wie stark muss man die Lösung verdünnen?
- Was kann man am Druck verbessern?
- Behalten die Moleküle bei dieser Methode ihre Form?
- ...

# LEED des Re-Kristalls



- a) Eingezeichnete größt- und kleinstmögliche Winkel.  
 b) (0001)-Oberfläche der hcp-Struktur,  $\alpha = 120^\circ$  und  $\beta = 60^\circ$ .  
 c) (110)-Oberfläche der bcc-Struktur,  $\alpha \approx 109,5^\circ$  und  $\beta \approx 70,5^\circ$ .

Winkel	min	max	Mittel
$\alpha$	$105,8^\circ$	$111,4^\circ$	$108,6^\circ$
$\beta$	$71,5^\circ$	$74,4^\circ$	$73,0^\circ$
$\gamma$	$106,7^\circ$	$112,9^\circ$	$109,8^\circ$
$\delta$	$67,2^\circ$	$73,1^\circ$	$70,2^\circ$