

**HAWK FH Hildesheim/Holzminden/Göttingen**  
**Studiengang Konservierung/Restaurierung**  
**Studienfach Konservierung und Restaurierung von Buch und Papier**

---

# **Azurit/Malachit**

Referat im Kurs Pigmentanalytik II

**Stephanie Schröder**

# Inhalt

---

## 1. Azurit

1.1 Herstellung, Verwendung

1.2 Chemische Beständigkeit

1.3 Polarisationsmikroskopie

## 2. Malachit

2.1 Herstellung, Verwendung

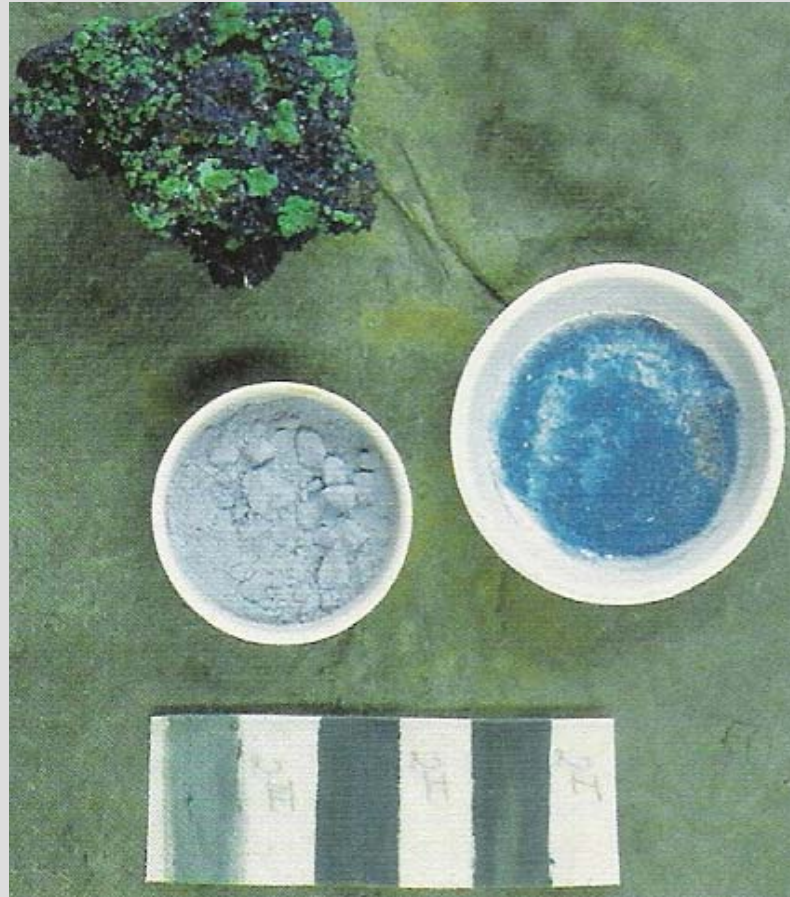
2.2 Chemische Beständigkeit

2.3 Polarisationsmikroskopie

## 3. Mikrochemischer Nachweis von Azurit/Malachit

# Azurit

---



**Azurit**

Quelle: FH Köln, Mineralische und künstliche Pigmente in Buchmalerei und Graphik, S. 5



# 1. Azurit

---

## 1.1 Herstellung, Verwendung



# 1. Azurit

---

## 1.1 Herstellung, Verwendung

- Basisches Kupfercarbonat:  $2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$



# 1. Azurit

---

## 1.1 Herstellung, Verwendung

- Basisches Kupfercarbonat:  $2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$
- Trivialnamen: Azurblau, Azur, Azuro, Bergblau und Kupferlasur



# 1. Azurit

---

## 1.1 Herstellung, Verwendung

- Basisches Kupfercarbonat:  $2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$
- Trivialnamen: Azurblau, Azur, Azuro, Bergblau und Kupferlasur
- Natürliches blaues Mineralpigment, das seit der Antike bekannt ist



# 1. Azurit

---

## 1.1 Herstellung, Verwendung

- Basisches Kupfercarbonat:  $2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$
- Trivialnamen: Azurblau, Azur, Azuro, Bergblau und Kupferlasur
- Natürliches blaues Mineralpigment, das seit der Antike bekannt ist
- Herstellung durch Zerkleinern, Mahlen und Schlemmen



# 1. Azurit

---

## 1.1 Herstellung, Verwendung

- Basisches Kupfercarbonat:  $2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$
- Trivialnamen: Azurblau, Azur, Azuro, Bergblau und Kupferlasur
- Natürliches blaues Mineralpigment, das seit der Antike bekannt ist
- Herstellung durch Zerkleinern, Mahlen und Schlemmen
- Künstliche Herstellung durch Fällung aus Kupfersalzen

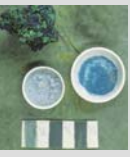


# 1. Azurit

---

## 1.1 Herstellung, Verwendung

- Basisches Kupfercarbonat:  $2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$
- Trivialnamen: Azurblau, Azur, Azuro, Bergblau und Kupferlasur
- Natürliches blaues Mineralpigment, das seit der Antike bekannt ist
- Herstellung durch Zerkleinern, Mahlen und Schlemmen
- Künstliche Herstellung durch Fällung aus Kupfersalzen
- Verwendung bis in das 19. Jh., für Wandmalereien, Buchmalerei



# 1. Azurit

---

## 1.2 Chemische Beständigkeit



# 1. Azurit

---

## 1.2 Chemische Beständigkeit

- Beständig in Öl, Tempera, Kalk und im Wässrigen



# 1. Azurit

---

## 1.2 Chemische Beständigkeit

- Beständig in Öl, Tempera, Kalk und im Wässrigen
- Verschwärzung durch Anwesenheit von Schwefelwasserstoff oder Sulfidpigmenten



# 1. Azurit

---

## 1.2 Chemische Beständigkeit

- Beständig in Öl, Tempera, Kalk und im Wässrigen
- Verschwärzung durch Anwesenheit von Schwefelwasserstoff oder Sulfidpigmenten
- Vergrünungen durch Ölbindemittel oder Firnisse

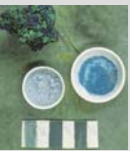


# 1. Azurit

---

## 1.2 Chemische Beständigkeit

- Beständig in Öl, Tempera, Kalk und im Wässrigen
- Verschwärzung durch Anwesenheit von Schwefelwasserstoff oder Sulfidpigmenten
- Vergrünungen durch Ölbindemittel oder Firnisse
- Seltener auch chemische Umwandlung in Malachit



# 1. Azurit

---

## 1.3 Polarisationsmikroskopie

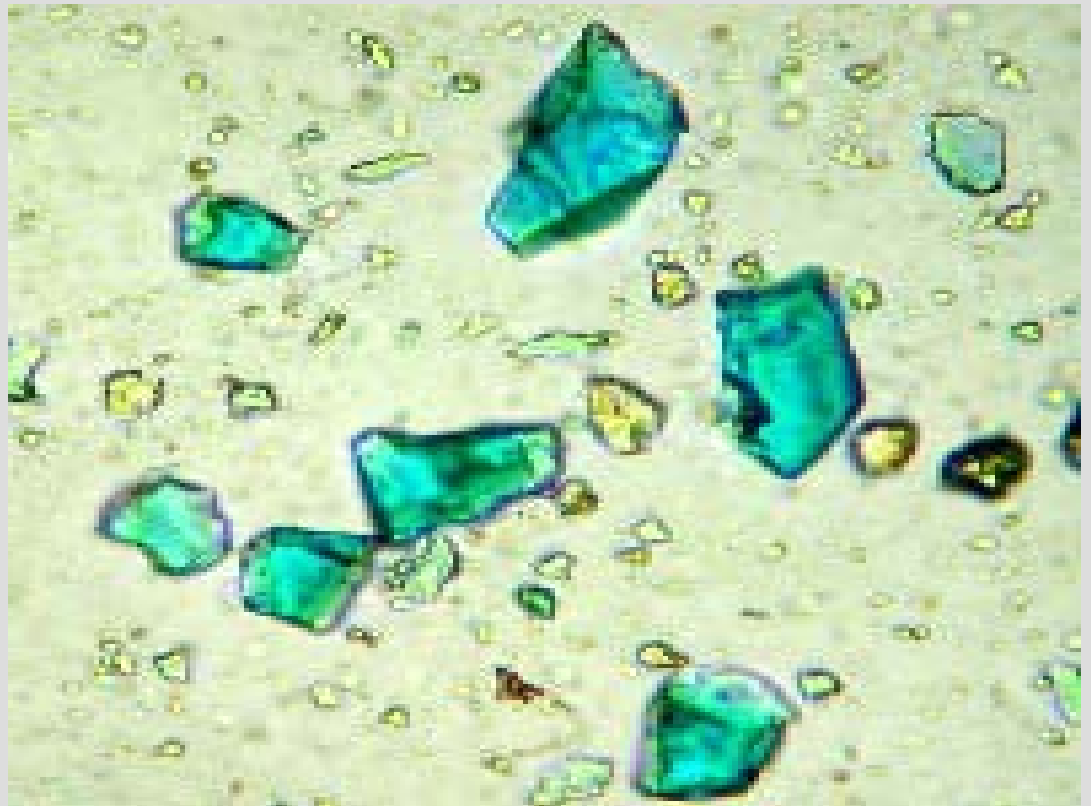


# 1. Azurit

---

## 1.3 Polarisationsmikroskopie

- Hellblaue, monokline Teilchen





# 1. Azurit

---

## 1.3 Polarisationsmikroskopie

- Hellblaue, monokline Teilchen
- Dichte  $\rho = 3,8 \text{ g/cm}^3$

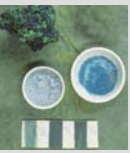


# 1. Azurit

---

## 1.3 Polarisationsmikroskopie

- Hellblaue, monokline Teilchen
- Dichte  $\rho = 3,8 \text{ g/cm}^3$
- Brechungsindex von  $n_D = 1,7 \dots 1,8$



# 1. Azurit

---

## 1.3 Polarisationsmikroskopie

- Hellblaue, monokline Teilchen
- Dichte  $\rho = 3,8 \text{ g/cm}^3$
- Brechungsindex von  $n_D = 1,7 \dots 1,8$
- Pleochroismus zwischen Blau und Farblos



# 1. Azurit

---

## 1.3 Polarisationsmikroskopie

- Hellblaue, monokline Teilchen
- Dichte  $\rho = 3,8 \text{ g/cm}^3$
- Brechungsindex von  $n_D = 1,7 \dots 1,8$
- Pleochroismus zwischen Blau und Farblos
- Bei gekreuzten Polarisatoren: Anisotrop

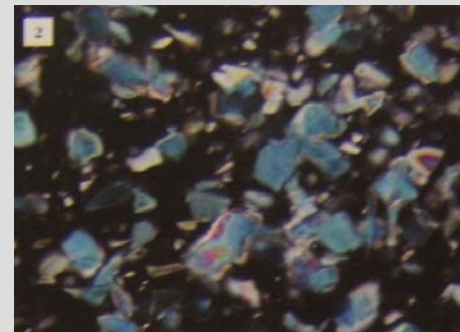


# 1. Azurit

---

## 1.3 Polarisationsmikroskopie

- Hellblaue, monokline Teilchen
- Dichte  $\rho = 3,8 \text{ g/cm}^3$
- Brechungsindex von  $n_D = 1,7 \dots 1,8$
- Pleochroismus zwischen Blau und Farblos
- Bei gekreuzten Polarisatoren: Anisotrop, Interferenz 2. Ordnung



Azurit unter gekreuzten Polarisatoren

Quelle: Eastaugh et al., 2004, S. 51



# 1. Azurit

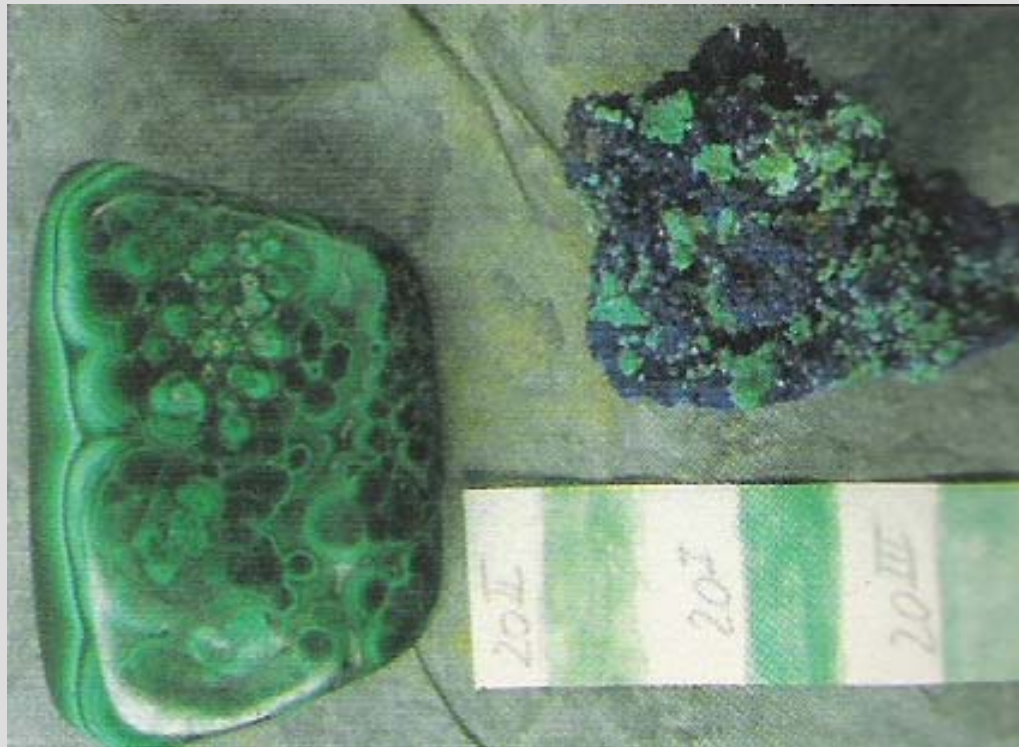
---

## 1.3 Polarisationsmikroskopie

- Hellblaue, monokline Teilchen
- Dichte  $\rho = 3,8 \text{ g/cm}^3$
- Brechungsindex von  $n_D = 1,7 \dots 1,8$
- Pleochroismus zwischen Blau und Farblos
- Bei gekreuzten Polarisatoren: Anisotrop, Interferenz 2. Ordnung, Vollständige Auslöschung

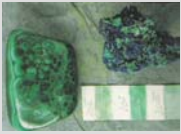
## 2. Malachit

---



**Malachit**

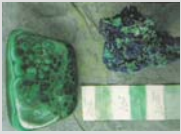
Quelle: FH Köln, Mineralische und künstliche Pigmente in Buchmalerei und Graphik, S. 5



## 2. Malachit

---

### 2.1 Herstellung, Verwendung

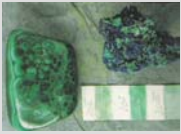


## 2. Malachit

---

### 2.1 Herstellung, Verwendung

- Basisches Kupfercarbonat:  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$

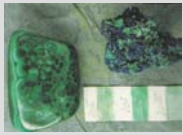


## 2. Malachit

---

### 2.1 Herstellung, Verwendung

- Basisches Kupfercarbonat:  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$
- Trivialnamen: Berggrün, Kupfergrün und Malachitgrün

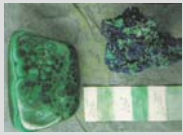


## 2. Malachit

---

### 2.1 Herstellung, Verwendung

- Basisches Kupfercarbonat:  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$
- Trivialnamen: Berggrün, Kupfergrün und Malachitgrün
- Natürliches grünes Mineralpigment, das seit der Antike bekannt ist

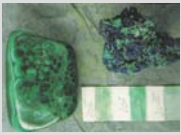


## 2. Malachit

---

### 2.1 Herstellung, Verwendung

- Basisches Kupfercarbonat:  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$
- Trivialnamen: Berggrün, Kupfergrün und Malachitgrün
- Natürliches grünes Mineralpigment, das seit der Antike bekannt ist
- Herstellung durch Zerkleinern, Mahlen und Schlemmen

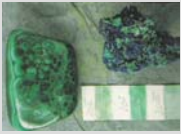


## 2. Malachit

---

### 2.1 Herstellung, Verwendung

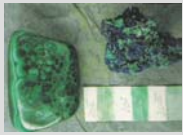
- Basisches Kupfercarbonat:  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$
- Trivialnamen: Berggrün, Kupfergrün und Malachitgrün
- Natürliches grünes Mineralpigment, das seit der Antike bekannt ist
- Herstellung durch Zerkleinern, Mahlen und Schlemmen
- Verwendung bis in das 18. Jahrhundert in der Wand- Tafel- und Buchmalerei



## 2. Malachit

---

### 2.2 Chemische Beständigkeit

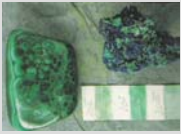


## 2. Malachit

---

### 2.2 Chemische Beständigkeit

- Lichtbeständig und widerstandsfähig gegen verdünnte Alkalien

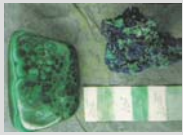


## 2. Malachit

---

### 2.2 Chemische Beständigkeit

- Lichtbeständig und widerstandsfähig gegen verdünnte Alkalien
- Fast ausschließlich in wässrigen Bindemitteln

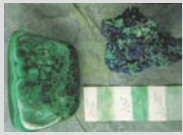


## 2. Malachit

---

### 2.2 Chemische Beständigkeit

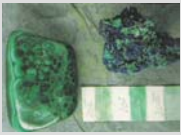
- Lichtbeständig und widerstandsfähig gegen verdünnte Alkalien
- Fast ausschließlich in wässrigen Bindemitteln
- Unbeständig gegen Schwefelwasserstoff und Sulfidpigmenten



## 2. Malachit

---

### 2.3 Polarisationsmikroskopie

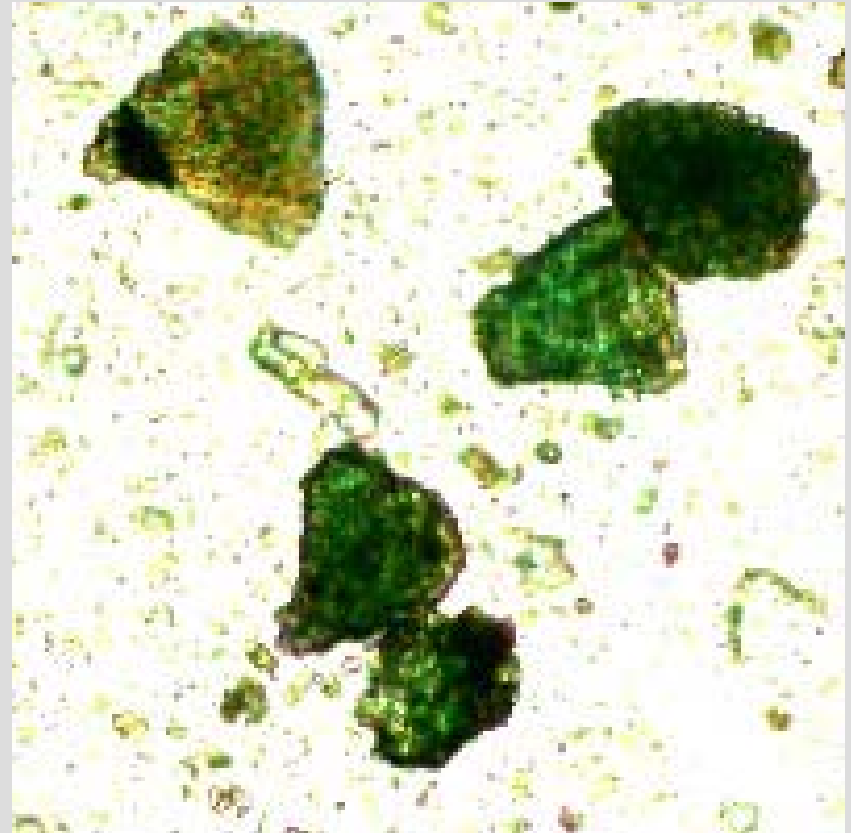


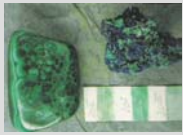
## 2. Malachit

---

### 2.3 Polarisationsmikroskopie

- Blassgrüne, monokline Teilchen



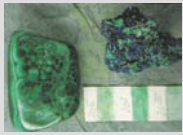


## 2. Malachit

---

### 2.3 Polarisationsmikroskopie

- Blassgrüne, monokline Teilchen
- Dichte  $r = 4,0 \text{ g/cm}^3$

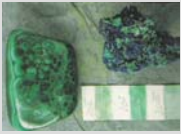


## 2. Malachit

---

### 2.3 Polarisationsmikroskopie

- Blassgrüne, monokline Teilchen
- Dichte  $r = 4,0 \text{ g/cm}^3$
- Brechungsindex  $n_D = 1,6...1,9$

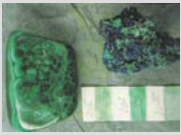


## 2. Malachit

---

### 2.3 Polarisationsmikroskopie

- Blassgrüne, monokline Teilchen
- Dichte  $r = 4,0 \text{ g/cm}^3$
- Brechungsindex  $n_D = 1,6...1,9$
- Pleochroismus zwischen Grün und Farblos

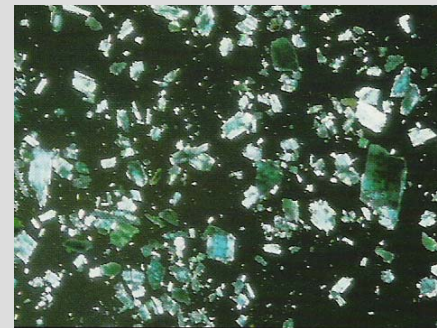


## 2. Malachit

---

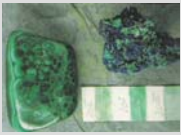
### 2.3 Polarisationsmikroskopie

- Blassgrüne, monokline Teilchen
- Dichte  $r = 4,0 \text{ g/cm}^3$
- Brechungsindex  $n_D = 1,6...1,9$
- Pleochroismus zwischen Grün und Farblos
- Bei gekreuzten Polarisatoren: Anisotrop



**Malachit bei gekreuzten Polarisatoren, 15-fach**

Quelle: Schramm/Hering, 1988, S. 148, Abb. 4.10

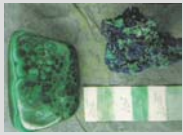


## 2. Malachit

---

### 2.3 Polarisationsmikroskopie

- Blassgrüne, monokline Teilchen
- Dichte  $r = 4,0 \text{ g/cm}^3$
- Brechungsindex  $n_D = 1,6...1,9$
- Pleochroismus zwischen Grün und Farblos
- Bei gekreuzten Polarisatoren: Anisotrop, Interferenz 2. Ordnung



## 2. Malachit

---

### 2.3 Polarisationsmikroskopie

- Blassgrüne, monokline Teilchen
- Dichte  $r = 4,0 \text{ g/cm}^3$
- Brechungsindex  $n_D = 1,6...1,9$
- Pleochroismus zwischen Grün und Farblos
- Bei gekreuzten Polarisatoren: Anisotrop, Interferenz 2. Ordnung, Vollständige Auslöschung

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

---

### 3. Nachweis von Azurit/Malachit

---

Beide Pigmente enthalten Carbonat ( $\text{CO}_3^-$ ) und  $\text{Cu}^{2+}$ , daher Nachweis von Carbonat und Kupfer

Azurit:  $2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

Malachit:  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$



# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

---

Carbonatnachweis

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

---

## Carbonatnachweis

Reaktion mit verdünnten Mineralsäuren, Bildung von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

---

Kupfernachweis

Nachweis mit Kaliumhexacyanoferrat(II)

Erfassungsgrenzen:

Azurit/Malachit 0,03  $\mu\text{g}$

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

## Nachweis mit Kaliumhexacyanoferrat(II)

Reagenzien: Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ )

Kaliumhexacyanoferrat(II) ( $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ )

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

---

Kupfernachweis

Nachweis mit Kaliumhexacyanoferrat(II)

- Versetzen der Probe mit Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ )

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

## Nachweis mit Kaliumhexacyanoferrat(II)

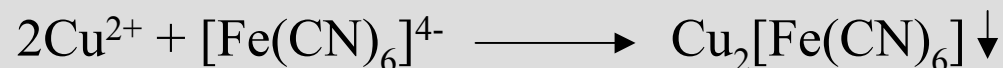
- Versetzen der Probe mit Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ )
- Zugabe eines Tropfen Kaliumhexacyanoferrat(II) ( $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ )

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

## Nachweis mit Kaliumhexacyanoferrat(II)

- Versetzen der Probe mit Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ )
- Zugabe eines Tropfen Kaliumhexacyanoferrat(II) ( $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ )
- Bei Anwesenheit von Kupfer bildet sich eine rot-braune Ausflockung von Kupfer(II)hexacyanoferrat(II)



# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

## Nachweis mit Rubeanwasserstoffsäure

Erfassungsgrenzen:

Azurit/Malachit 0,02-0,06  $\mu\text{g}$

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

## Nachweis mit Rubeanwasserstoffsäure

Reagenzien:        2 N Salzsäure (HCl)  
                          konz. Ammoniak (NH<sub>3</sub>)  
                          1%ige, alkoholische Rubeanwasserstoffsäure

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

---

Kupfernachweis

## Nachweis mit Rubeanwasserstoffsäure

- Aufschließen der Probe mit 2 N Salzsäure (HCl) und Auftragen auf Filterpapier

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

## Nachweis mit Rubeanwasserstoffsäure

- Aufschließen der Probe mit 2 N Salzsäure (HCl) und Auftragen auf Filterpapier
- Filterpapier über geöffneter Flasche mit konz. Ammoniak (NH<sub>3</sub>) halten

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

## Nachweis mit Rubeanwasserstoffsäure

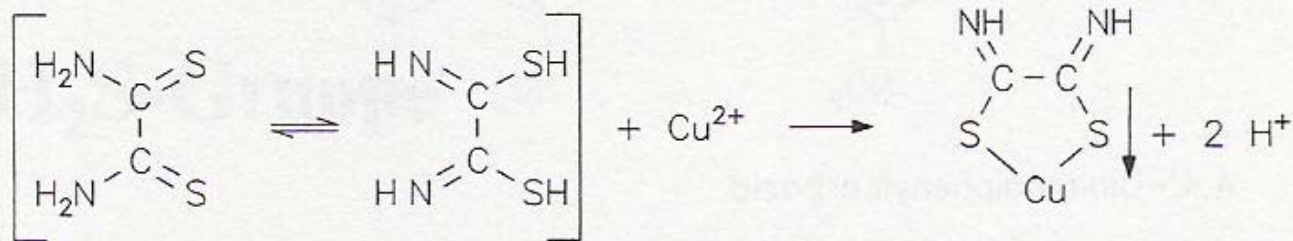
- Aufschließen der Probe mit 2 N Salzsäure (HCl) und Auftragen auf Filterpapier
- Filterpapier über geöffneter Flasche mit konz. Ammoniak (NH<sub>3</sub>) halten
  - Auf das Filterpapier einen Tropfen 1%ige, alkoholische Rubeanwasserstofflösung geben

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

## Nachweis mit Rubeanwasserstoffsäure

- Aufschließen der Probe mit 2 N Salzsäure (HCl) und Auftragen auf Filterpapier
- Filterpapier über geöffneter Flasche mit konz. Ammoniak (NH<sub>3</sub>) halten
  - Auf das Filterpapier einen Tropfen 1%ige, alkoholische Rubeanwasserstofflösung geben
- Bei Anwesenheit von Kupfer bildet sich ein olivgrüner Fleck



Rubeanwasserstoff

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

---

Kupfernachweis

## Tripelnitritreaktion

Erfassungsgrenzen:

Azurit/Malachit 0,016  $\mu\text{g}$

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

## Tripelnitritreaktion

Reagenzien: Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ )

Bleiacetat

Essigsäure ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), angereichert mit Ammoniumacetat

Kaliumnitritkristalle

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

---

Kupfernachweis

## Tripelnitritreaktion

- Probe wird mit verd. Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) versetzt und eingedampft

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

---

Kupfernachweis

## Tripelnitritreaktion

- Probe wird mit verd. Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) versetzt und eingedampft
  - Lösung des Rückstandes mit Bleiacetat

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

## Tripelnitritreaktion

- Probe wird mit verd. Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) versetzt und eingedampft
  - Lösung des Rückstandes mit Bleiacetat
  - Zugabe eines Tropfens Essigsäure ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), die mit Ammoniumacetat gesättigt wurde

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

## Tripelnitritreaktion

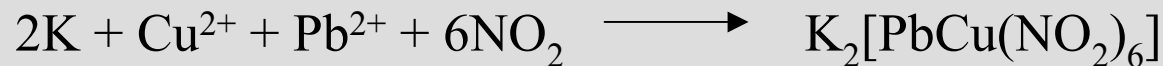
- Probe wird mit verd. Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) versetzt und eingedampft
  - Lösung des Rückstandes mit Bleiacetat
  - Zugabe eines Tropfens Essigsäure ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), die mit Ammoniumacetat gesättigt wurde
    - Zugabe von Kaliumnitritkristallen

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

## Tripelnitritreaktion

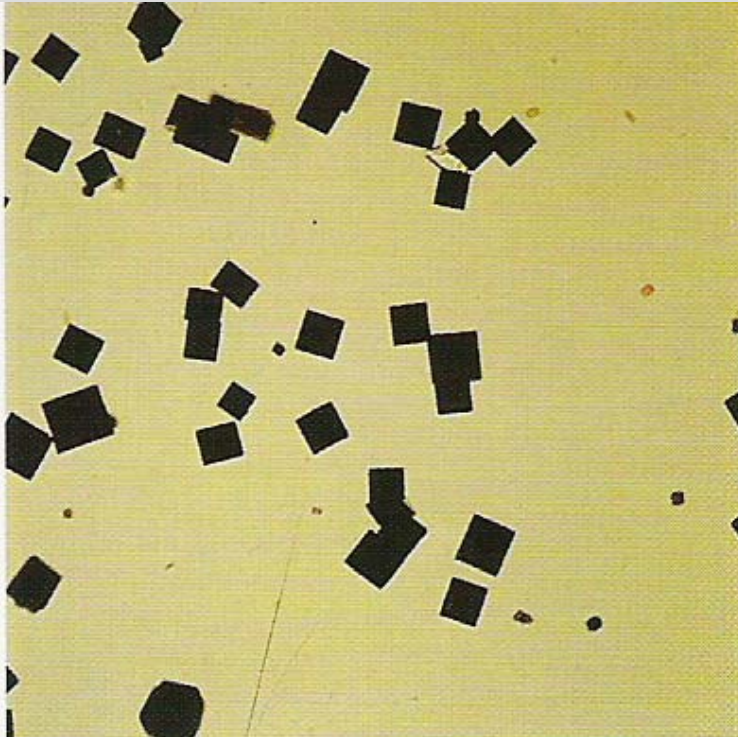
- Probe wird mit verd. Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) versetzt und eingedampft
  - Lösung des Rückstandes mit Bleiacetat
    - Zugabe eines Tropfens Essigsäure ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), die mit Ammoniumacetat gesättigt wurde
      - Zugabe von Kaliumnitritkristallen
- Bei Anwesenheit von Kupfer bilden sich schwarze Kristalle



# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

## Tripelnitritreaktion



**Tripelnitritreaktion**

Quelle: Jander/Blasius, 1994, S. 703, Abb. 30



**Tripelnitritreaktion**

Quelle: Schramm/Hering, 1988, S. 153, Abb. 7.6

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

Kristallchemischer Nachweis mit Ammonium-  
tetrathiocyanomercurat(II)

Erfassungsgrenzen:

Azurit/Malachit 0,016 µg

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

## Kristallchemischer Nachweis mit Ammonium-tetrathiocyanomercurat(II)

Reagenzien:      Zinkchloridlösung ( $\text{ZnCl}_2$ )  
                      2 N Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  
                      Ammoniumtetrathiocyanomercurat(II) ( $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$ )

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

Kristallchemischer Nachweis mit Ammonium-  
tetrathiocyanomercurat(II)

- Gelöste Probe (neutral, sauer) wird auf eine Tüpfelplatte gegeben

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

## Kristallchemischer Nachweis mit Ammonium-tetrathiocyanomercurat(II)

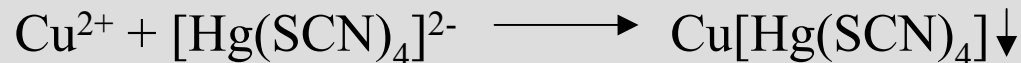
- Gelöste Probe (neutral, sauer) wird auf eine Tüpfelplatte gegeben
- Versetzen der Lösung mit einem Tropfen Zinklösung, 2 N Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) und Ammoniumtetrathiocyanomercurat(II)  $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

## Kristallchemischer Nachweis mit Ammonium-tetrathiocyanomercurat(II)

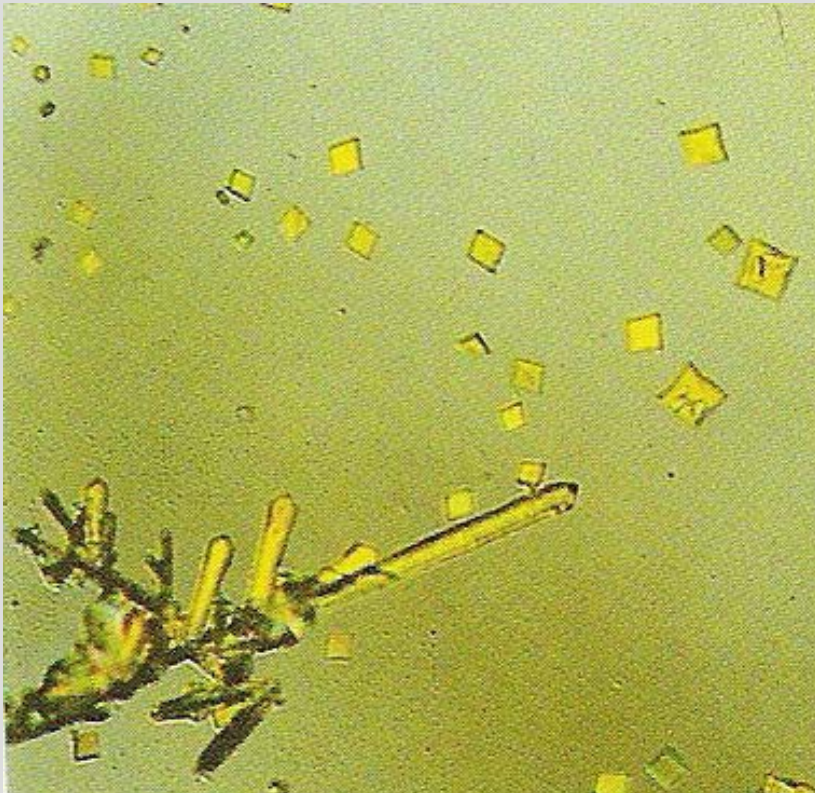
- Gelöste Probe (neutral, sauer) wird auf eine Tüpfelplatte gegeben
- Versetzen der Lösung mit einem Tropfen Zinklösung, 2 N Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) und Ammoniumtetrathiocyanomercurat(II)  $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$
- Bei Anwesenheit von Kupfer bilden sich gelbe bis fliederfarbene Mischkristalle



# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

Kristallchemischer Nachweis mit Ammonium-tetrathiocyanomercurat(II)



**Kristallchemischer Kupfernachweis**

Quelle: Jander/Blasius, 1994, S. 701, Abb. 20



**Kristallchemischer Kupfernachweis**

Quelle: Schramm/Hering, 1988, S. 153, Ab. 7.7

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

Nachweis durch katalytische Beschleunigung der Reduktion  
von  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  durch  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Erfassungsgrenzen:

Azurit/Malachit 0,002 - 0,004  $\mu\text{g}$

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

Nachweis durch katalytische Beschleunigung der Reduktion  
von  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  durch  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Reagenzien:      0,1N Salzsäure (HCl)  
                      Eisenthiocyanat ( $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ )  
                      Natriumthiosulfat  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

Nachweis durch katalytische Beschleunigung der Reduktion  
von  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  durch  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

- Eindampfen der Probelösung und versetzen mit 0,1N Salzsäure (HCl) auf einer Tüpfelplatte

# 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

Nachweis durch katalytische Beschleunigung der Reduktion  
von  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  durch  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

- Eindampfen der Probelösung und versetzen mit 0,1N Salzsäure (HCl) auf einer Tüpfelplatte
  - Daneben wird ein Tropfen 0,1 N HCl gesetzt

### 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

---

Nachweis durch katalytische Beschleunigung der Reduktion von  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  durch  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

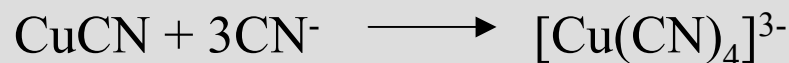
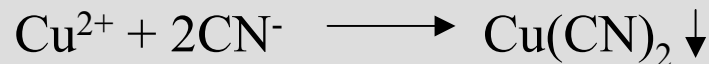
- Eindampfen der Probelösung und versetzen mit 0,1N Salzsäure (HCl) auf einer Tüpfelplatte
  - Daneben wird ein Tropfen 0,1 N HCl gesetzt
- Auf jede Probe wird ein Tropfen Fe-Lösung und anschließend ein Tropfen Natriumthiosulfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) gegeben

### 3. Nachweis von Azurit/Malachit

Kupfernachweis

Nachweis durch katalytische Beschleunigung der Reduktion  
von  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  durch  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

- Eindampfen der Probelösung und versetzen mit 0,1N Salzsäure (HCl) auf einer Tüpfelplatte
  - Daneben wird ein Tropfen 0,1 N HCl gesetzt
- Auf jede Probe wird ein Tropfen Fe-Lösung und anschließend ein Tropfen Natriumthiosulfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) gegeben
  - Bei Anwesenheit von Kupfer entfärbt sich die Probe schneller als die Blindprobe



# Azurit/Malachit

---

## Literaturnachweis

**Buder**, Andreas: Entwicklung einer interaktiven CD-Rom zur Pigmentanalytik unter besonderer Berücksichtigung der Polarisationsmikroskopie, CD-ROM, Hildesheim 1999/2000

**Eastaugh**, Nicholas et al.: Pigment Compendium, 2 Bände, Oxford 2004

**Fachhochschule Köln**: Mineralische Pigmente in Buchmalerei und Graphik, Köln, ohne Zeitangabe

**Jander**, Gerhart, Blasius E.: Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie, Stuttgart 1995

**Schramm**, Hans-Peter, Hering, Bernd: Historische Malmaterialien und ihre Identifizierung, Berlin 1988

**Schweppe**, Helmut: Handbuch der Naturfarbstoffe, Landsberg/Lech 1993