



# **"NANO" – eine Dimension mit hohem didaktischen Potenzial für den Chemieunterricht**

Timm WILKE <sup>a</sup> | Erhard IRMER <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Georg-August-Universität Göttingen, <sup>b</sup>Otto-Hahn-Gymnasium Göttingen

13. April 2014

# Inhalt

---

- 1 Nano – ein Thema für den Chemieunterricht?**
- 2 Unterrichtsprojekt "Nanomaterialien in unserem Alltag"
- 3 Der Nutzen der Nanochemie für den Unterricht

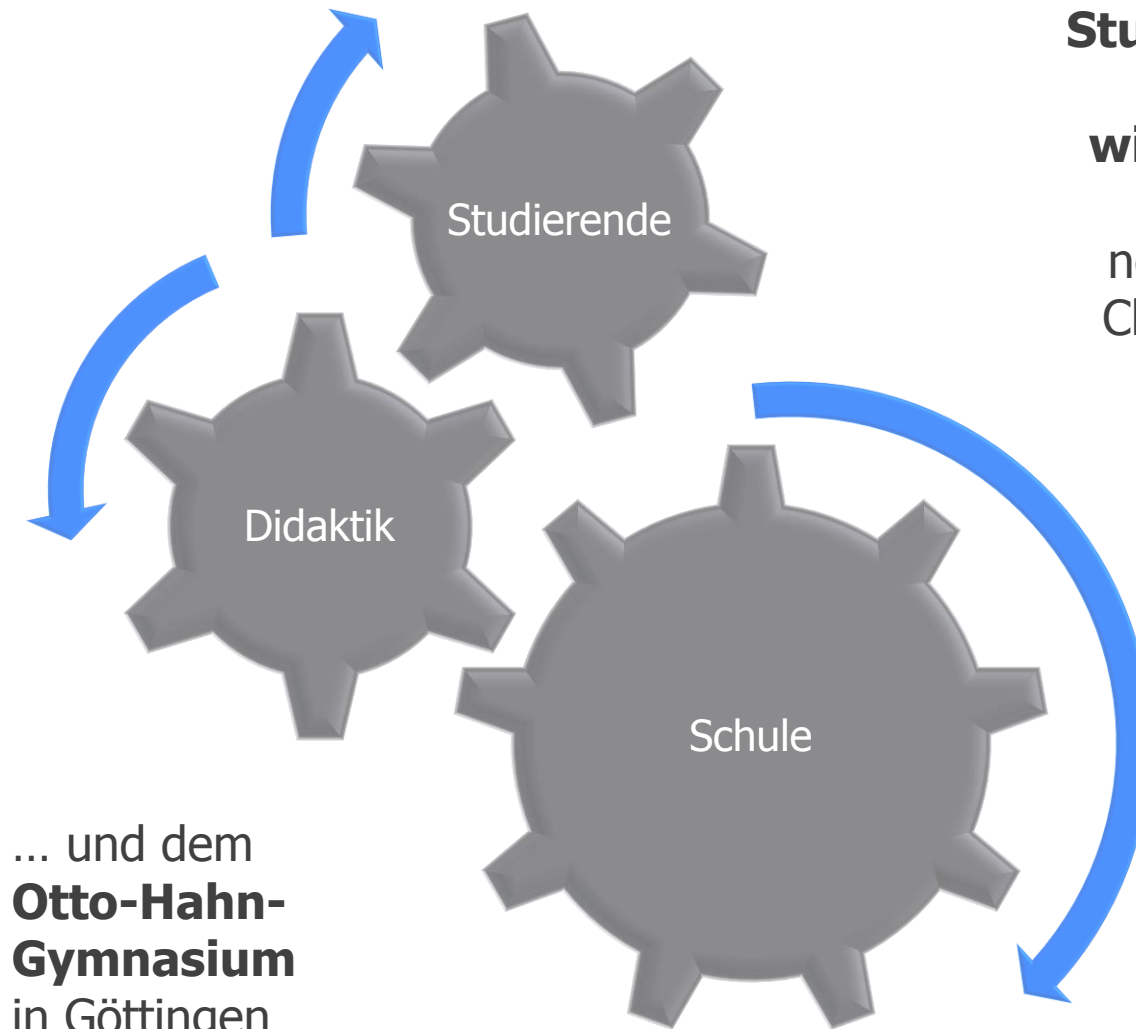
# Nano - ein Thema für den Chemieunterricht?

## Kooperation

### Kooperation

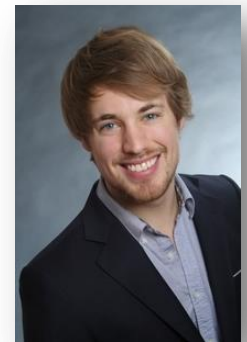


... zwischen der  
Abteilung  
**Fachdidaktik** der  
Fakultät für Chemie  
...



... und dem  
**Otto-Hahn-  
Gymnasium**  
in Göttingen

**Studierende und  
Nachwuchs-  
wissenschaftler**  
erproben  
neue Themen im  
Chemieunterricht



# Nano - ein Thema für den Chemieunterricht?

## Überblick



Nano ist überall!

Nano ist nicht unumstritten!

Nano bietet ein vielversprechendes Berufsfeld!

## Einwände gegen Nano im Chemieunterricht



# Inhalt

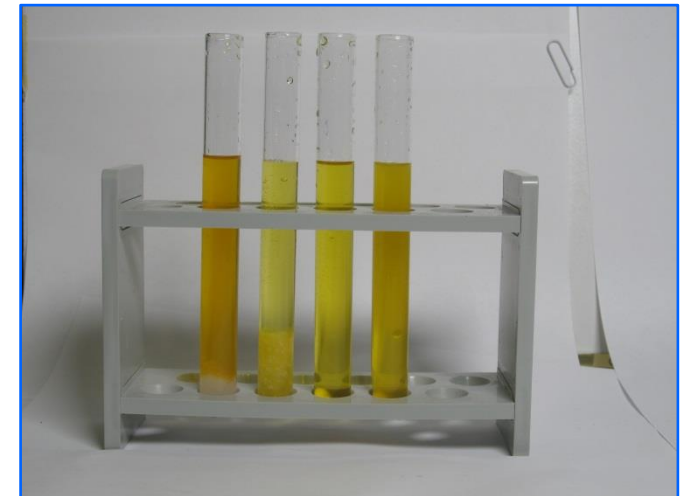
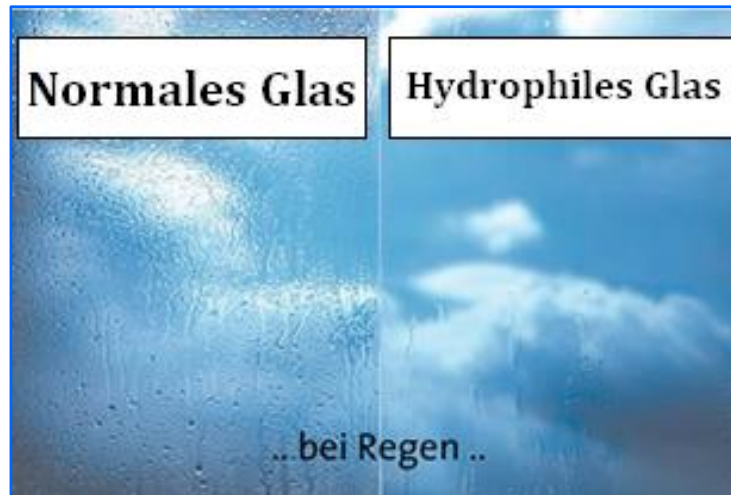
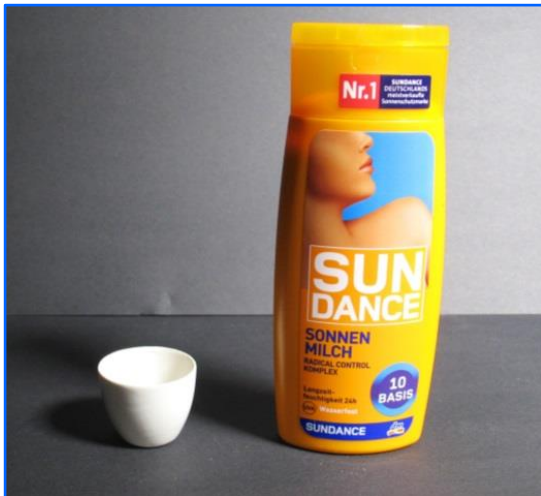
---

- 1 Nano – ein Thema für den Chemieunterricht?
- 2 Unterrichtsprojekt "Nanomaterialien in unserem Alltag"**
- 3 Der Nutzen der Nanochemie für den Unterricht

## Nanomaterialien in unserem Alltag

### Experimente mit $\text{TiO}_2$

Ein Unterrichtsprojekt in Kooperation mit dem OHG (Göttingen)



# Unterrichtsprojekt "Nano in unserem Alltag"

## Lerngruppe

---

- Lerngruppe:
  - Klassenstufe 11 / 1. Jahr Kursstufe (17 Schülerinnen und Schüler)
  - Erweiterungsfach ("Abdeckerkurs"), 2stündig
  - Äußerst inhomogenes Leistungsniveau
  - Grundsätzliche Bereitschaft zur Mitarbeit



# Unterrichtsprojekt "Nano in unserem Alltag"

## Skizzierung der Unterrichtseinheit

### Einführungsseminar (ca. 1 Std.)

- Schwerpunkt: Betrachtung der Größendimensionen
- Eigenschaften von Nanomaterialien (Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis)
- Nanomaterialien im Alltag

### Praktikum (ca. 2-4 Std.)

- Experimente: Isolierung von  $\text{TiO}_2$  aus Alltagsprodukten
- Eigenschaften und Anwendungen von  $\text{TiO}_2$ -Nanopartikeln

### WebQuest (ca. 3 Std.)

- Kritische Auseinandersetzung mit dem Einsatz verschiedener Nanomaterialien in diversen Bereichen unseres Alltages.

#### Einführungsseminar (1 Std.)



#### Praktikum (2-4 Std.)



#### WebQuest (3 Std.)



## Was ist Nanotechnologie?



Ein Nanometer verhält sich zu einem Meter wie eine Haselnuss zur Erde

Foto: *Picture-Alliance /  
Photoshot*

Normalerweise bestimmen sich Technologien durch ihren Anwendungsbezug. Die Luftfahrttechnologie beispielsweise beschäftigt sich mit der Entwicklung und Verbesserung von Flugzeugen.

Die Nanotechnologie jedoch grenzt sich nicht durch ihren Anwendungsbezug von anderen Technologien ab.

Vielmehr bestimmt sich die Nanotechnologie zunächst

nur durch die Größe der Materialien, die untersucht werden. Ganz allgemein sind diese kleiner als 100 Nanometer bis hin



Ziel: Erschließen der Nanodimension

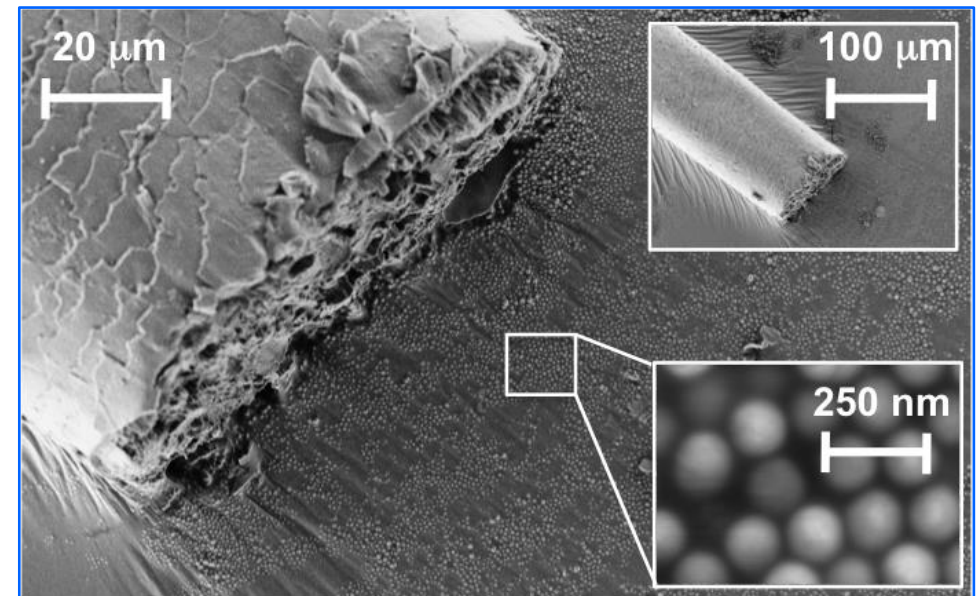
Vergleich der Größe von Nanopartikeln mit dem menschlichem Haar

- Wie viele Nanopartikel muss man nebeneinander legen, um den Durchmesser eines Haares zu erhalten?"

8 Partikel  $\triangleq$  1000 nm  $\triangleq$  1  $\mu$ m

1 Haar  $\triangleq$  100  $\mu$ m

$\triangleq$  800 Partikel



**Abb:** REM-Aufnahme eines menschlichen Haares und mehrerer Stöberpartikel

## Beispiele aus dem Einführungsseminar - Nanowürfel-Experiment



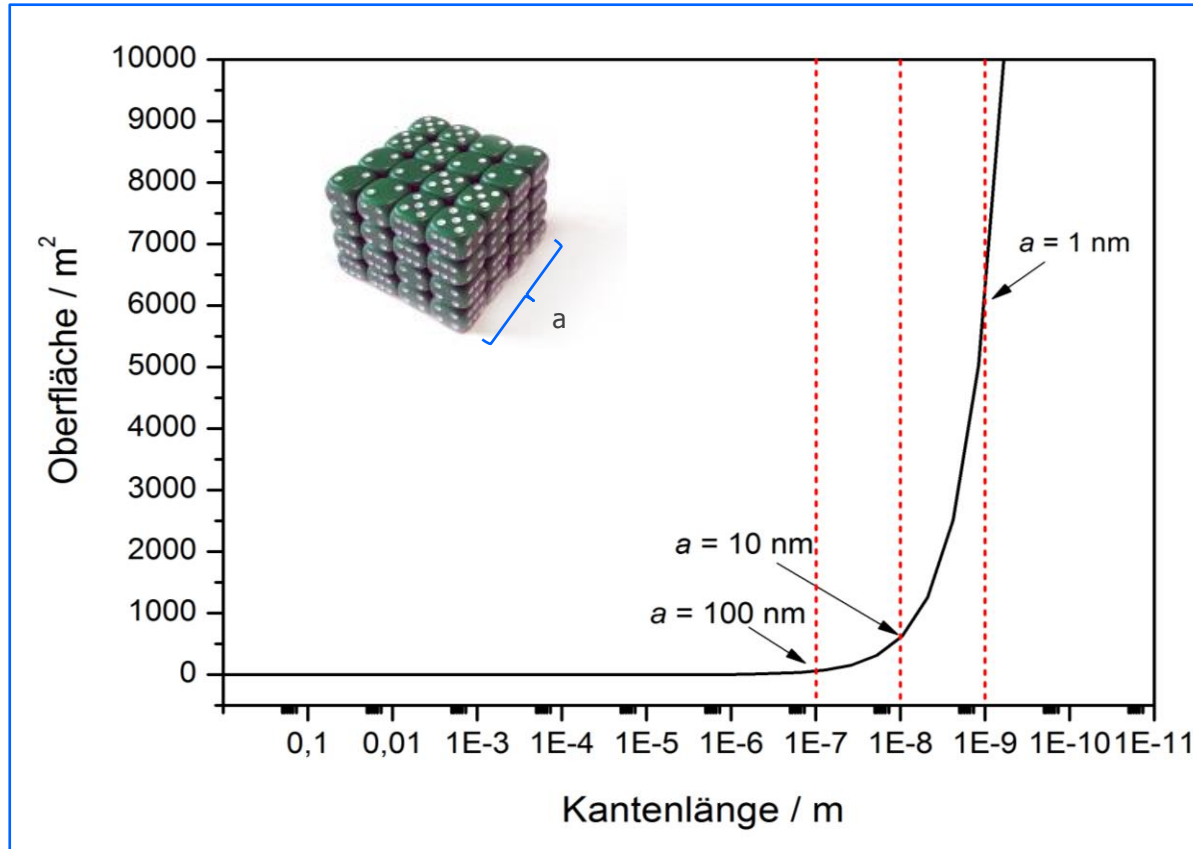
- Mehrfache Teilung eines Würfels ( $a = 1 \text{ cm}$ ) in kleinere, gleichartige Würfel.

→ *Wie groß ist die resultierende Oberfläche?*

Teilungen	Anzahl der Würfel	Kantenlänge $a$ [cm]	Oberfläche $A$
0	1	1	$6 \text{ cm}^2$
1	8	$\frac{1}{2}$	$12 \text{ cm}^2$
2	64	$\frac{1}{4}$	$24 \text{ cm}^2$
$n$	$8^n$	$\frac{1}{2^n}$	$8^n \cdot 6 \cdot \left(\frac{a}{2^n}\right)^2$



## Beispiele aus dem Einführungsseminar - Nanowürfel-Experiment



**Abb:** Abhängigkeit der Oberfläche zur Kantenlänge eines Würfels

- Oberfläche steigt mit sinkender Partikelgröße, insbesondere in nanoskopischen Dimensionen ( $< 100 \text{ nm}$ )
- Einführung des "Oberflächen-zu-Volumen-Verhältnisses"
- Verknüpfungen: Katalyse, Reaktivität, Adsorption

## Nanomaterialien



### Isolierung aus Alltagsprodukten und Nachweis

---

- Isolierung, Nachweis und Charakterisierung von  $\text{TiO}_2$  aus Sonnencreme (alternativ: Kaugummi, Zahnpasta, Smarties, ...)
- Nasschemischer Nachweis

### Eigenschaften und Anwendungen

---

- Untersuchung und Herstellung von Nanomaterialien
  - Photokatalytische Aktivität
  - Thermochromie
  - Antimikrobieller Effekt
  - Herstellung einer superhydrophilen  $\text{TiO}_2$ -Schicht
  - Diffusionsexperiment (Modellsystem einer menschlichen Zellwand)

# Unterrichtsprojekt "Nano in unserem Alltag"

## Gewinnung von $\text{TiO}_2$ aus Alltagsprodukten

V1

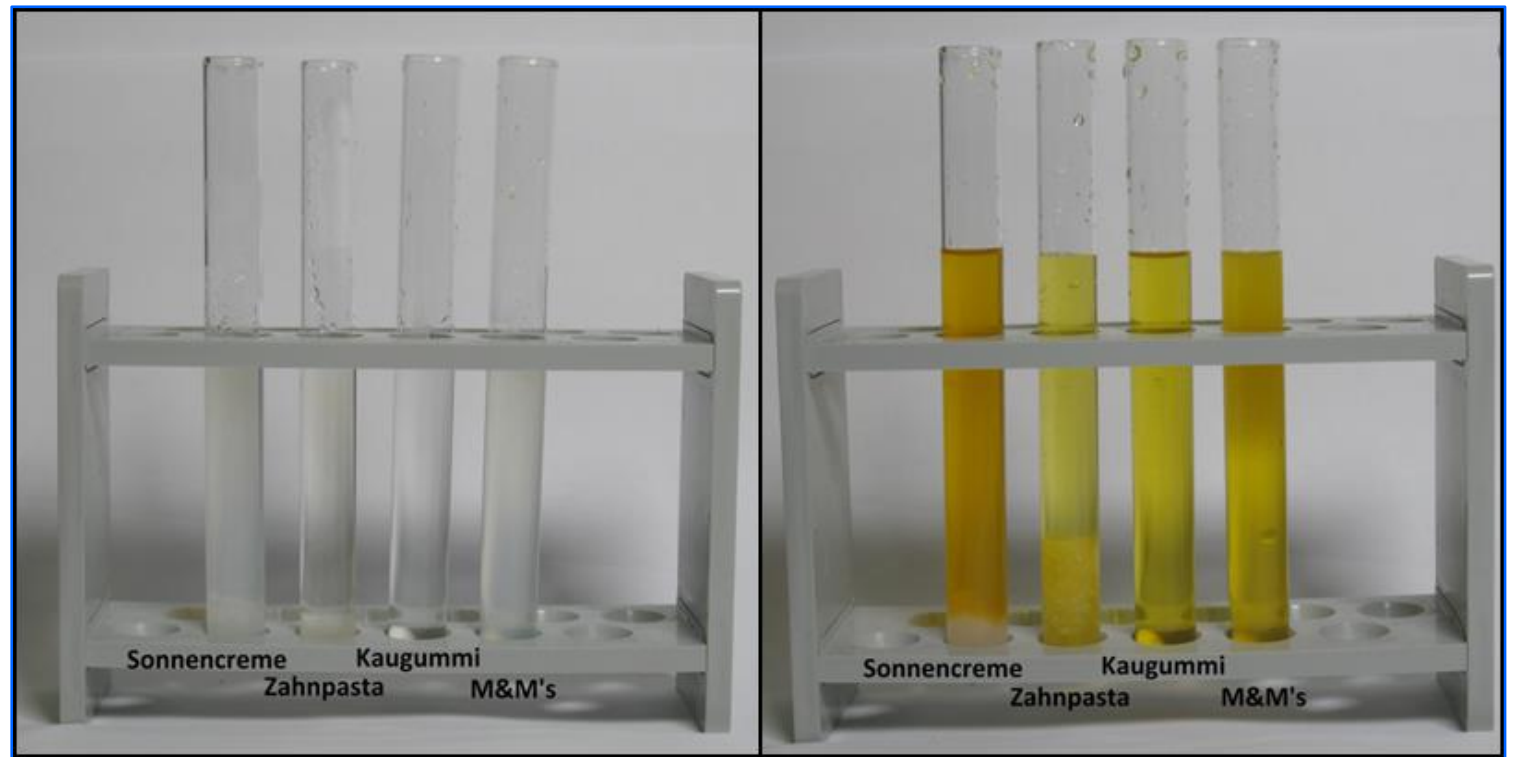
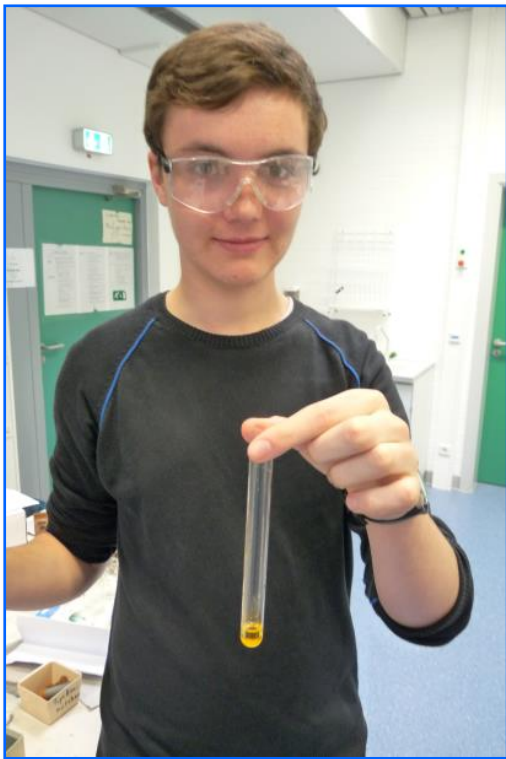
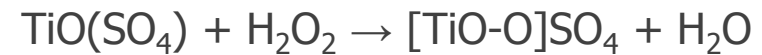
- Am häufigsten verwendetes Nanomaterial (65 %), viele Anwendungen
- Gewinnung durch Kalzinierung in zwei Schritten
- Vorherige Trocknung im Trockenschrank zur Vermeidung von Siedeverzug



### 1. Saurer Aufschluss, Titanylsulfat



### 2. Nachweis als Titanperoxosulfat



### Versuchsdurchführung:

Eine Spatelspitze des Titandioxids wird mit fünf Spatelspitzen Kaliumhydrogensulfat in einem Porzellantiegel gemischt und erhitzt, bis eine klare Schmelze entstanden ist und weiße  $\text{SO}_3$ -Nebel aufsteigen. Nach Erkalten der Schmelze wird etwa dieselbe Menge verdünnte schwefelsaure Lösung hinzugegeben und anschließend kurz aufgekocht, bis sich der sogenannte Schmelzkuchen gelöst hat. Der Tiegelinhalt wird über einen Trichter mit Faltenfilter in ein Reagenzglas filtriert. In das Filtrat werden einige Tropfen 3%-ige Wasserstoffperoxidlösung gegeben.

### Beobachtung:

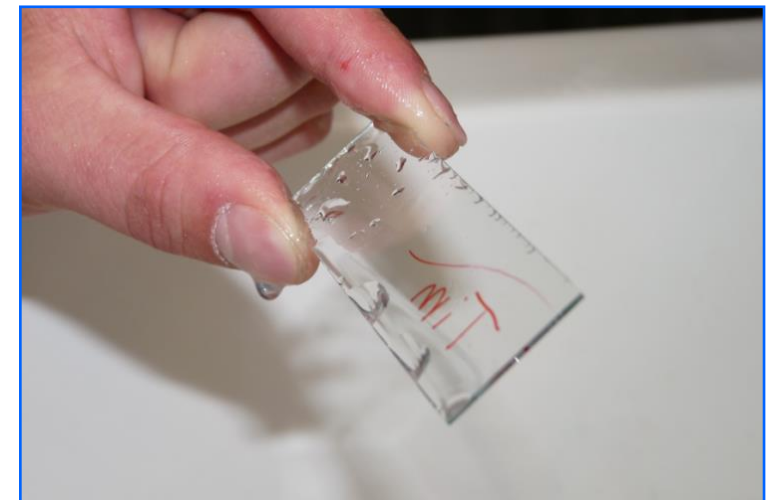
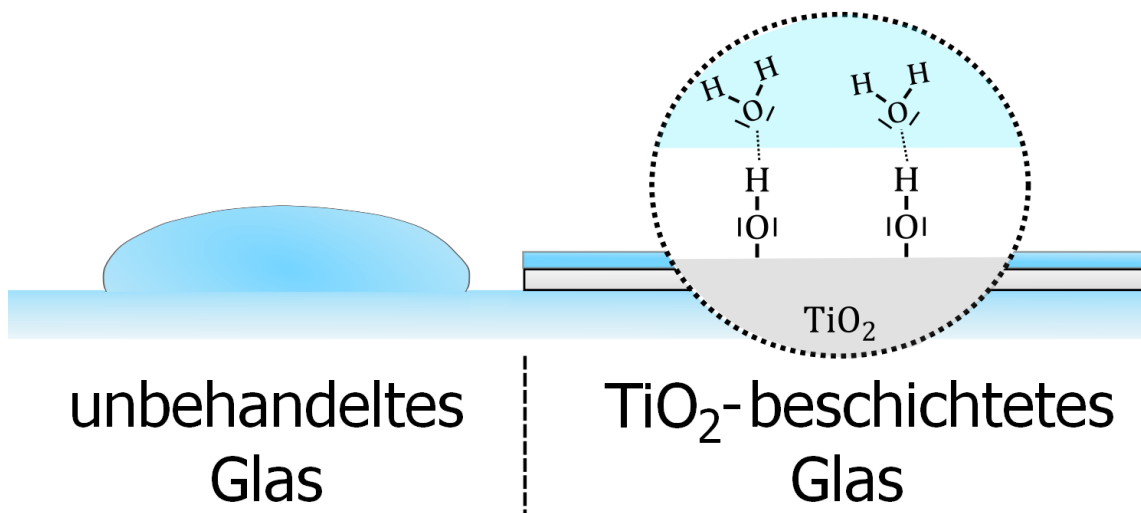
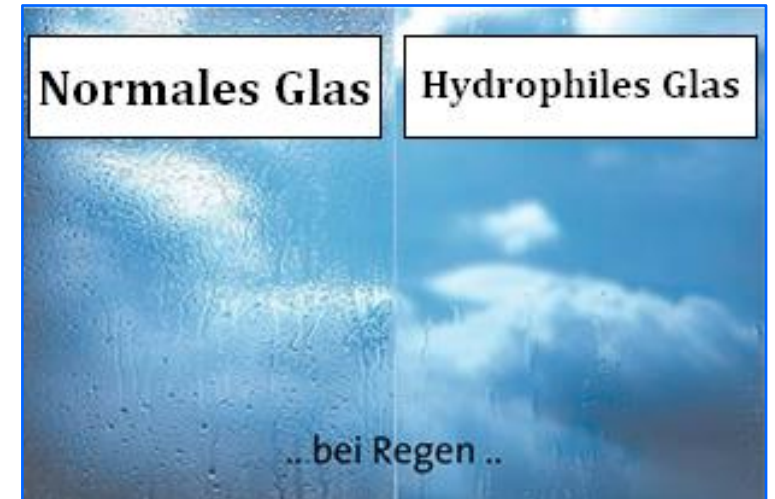
---

---

Deutung:



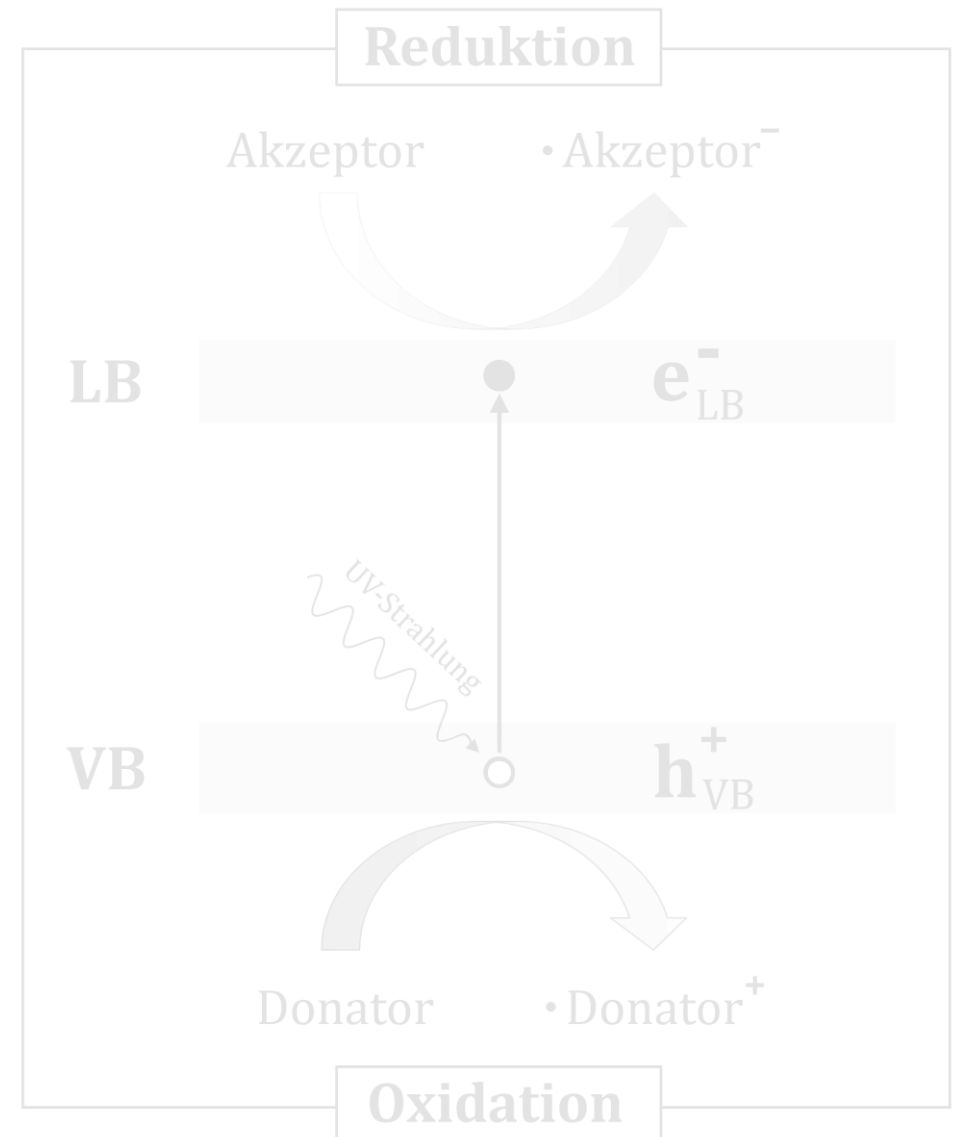
- **TTIP-Lösung:** Ethanol, Salzsäure, **Titan(IV)-tetraisopropoxid** (Kosten: 0,50 € pro Klassensatz)
- In Schichten kleiner als 100 nm ist  $\text{TiO}_2$  transparent
- Anwendungen: Easy-to-clean<sup>®</sup>, selbstreinigende Fenster

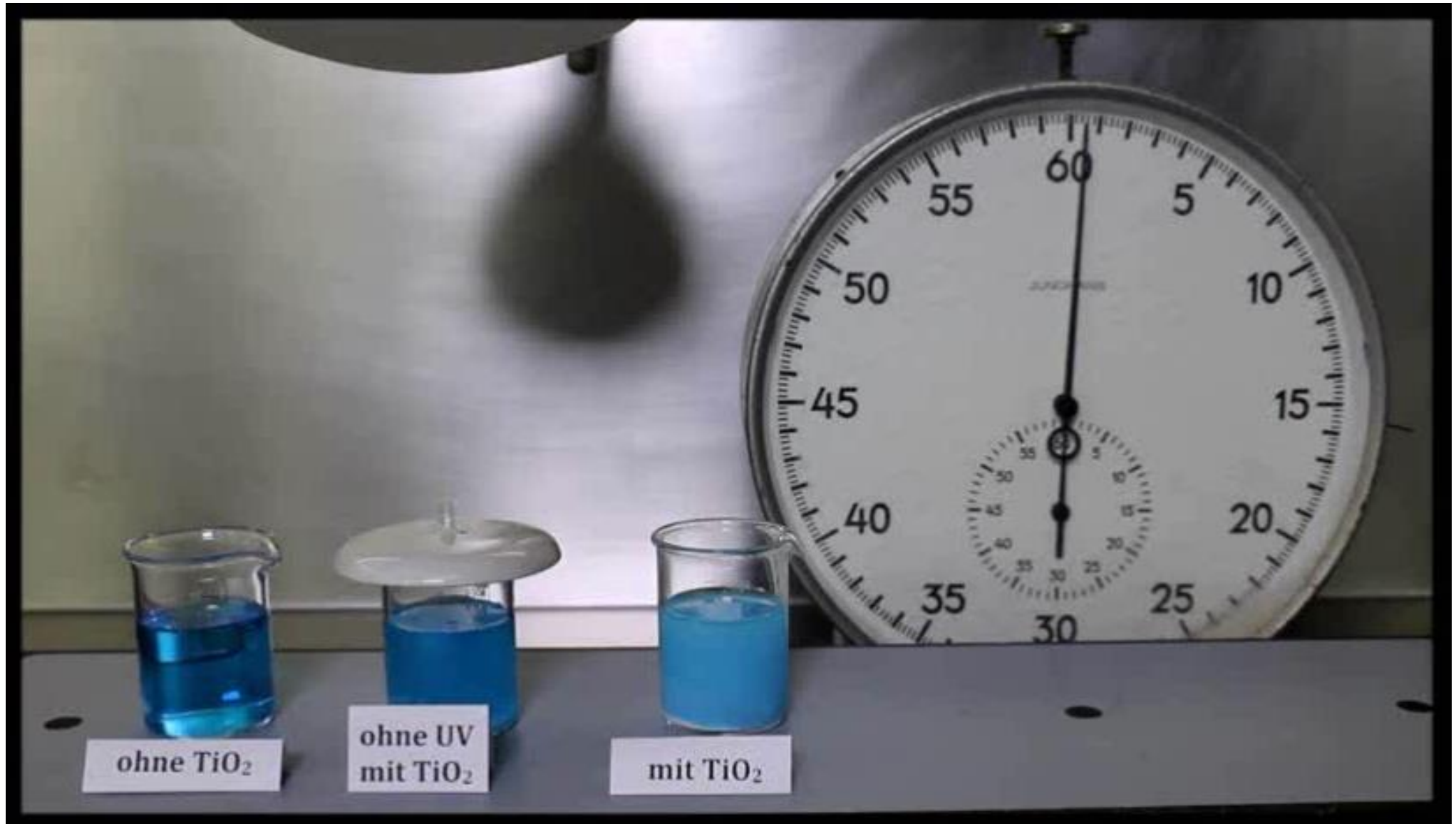


- Prinzip photochemischer Reaktionen
  - Zersetzung von Farbstoffen, Medikamentenresten, ...
- Modellexperiment
  - Zersetzung von Methylenblau mit  $\text{TiO}_2$

### Lösungen

- 1 Referenz
- 2  $\text{TiO}_2$  **ohne UV**
- 3  $\text{TiO}_2$  **mit UV**





- Antimikrobielle Wirkung von nanoskaligem  $\text{TiO}_2$
- Einfluss von  $\text{TiO}_2$  auf das Wachstum der Bakterienkultur des Joghurts

**Schimmel**

1



3



**Dickflüssig**

**Schimmel**

2



4



**Flüssig**

**Schlussfolgerung:** Radikale schädigen Mikroorganismen

# Unterrichtsprojekt "Nano in unserem Alltag"

## WebQuest zum Thema Nano

### NANO

START AUFGABEN GRUPPE 1 GRUPPE 2 GRUPPE 3 GRUPPE 4



#### GRUPPE 4 - SILICA-NANOPARTIKEL

Siliziumdioxid-Nanopartikel finden sich bereits seit Jahren als Riesel- oder Fließhilfe in Nahrungsmitteln, wie etwa Salz, Gewürzen oder Ketchup. Die Verbesserungen werden dabei aufgrund ihrer großen Oberfläche und der hygroskopischen ("wasserziehenden") Eigenschaften erzielt. Indem Feuchtigkeit von den Silica adsorbiert wird, können die Körner nicht verklumpen; Ketchup hingegen wird durch Siliciumdioxid verdickt, zudem werden die Fließeigenschaften verbessert.



Salz,



Silica



und Ketchup

Allerdings sind die Risikenpotenziale nicht endgültig geklärt; Nanopartikel unter einer gewissen Größe können die Zellmembran

## Durchführung

- Strukturierte Internetrecherche
- Erarbeitung und Bewertung eines Einsatzbereiches von Nanomaterialien
- Präsentation der Ergebnisse  
*(Problemstellung, fachliche Relevanz, verantwortungsvoller Einsatz, ...)*

**Abb:** Screenshot des fertigen WebQuests

# Unterrichtsprojekt "Nano in unserem Alltag"

## WebQuest zum Thema Nano



### **TiO<sub>2</sub> Nanopartikel**

TiO<sub>2</sub>

*versus*

Organische  
Filtersysteme

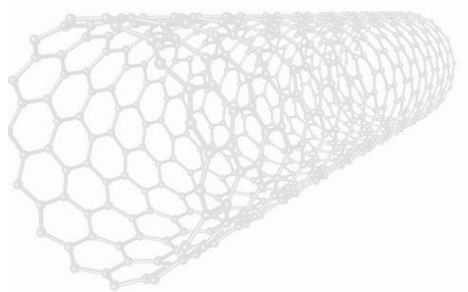


### **Kohlenstoff Nanotubes**

Energieeinsparung

*versus*

Gefahr von Entzündungsreaktionen



### **Silber Nanopartikel**

Hygienebedürfnis

*versus*

Abwasser- und  
Umweltbelastung

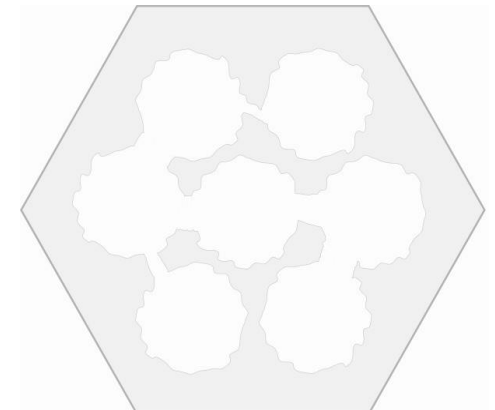


### **Silica Nanopartikel**

Handhabbarkeit

*versus*

Gesundheitsrisiken





### Schülerfeedback zur Unterrichtseinheit

- Deutlich mehr positive Statements als negative
- Experimente wurden besonders hervorgehoben (*Joghurt, Superhydrophilie, Entfärbung*)
- Neue Erkenntnisse: „*Nano ist fast überall*“ ...
- ... führten zu einem *"kritischeren Umgang in der Gesellschaft mit diesem Thema"*.

Das WebQuest und das Skript sind kostenlos verfügbar unter:

<http://unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/wip/nanomaterialien/>

# Inhalt

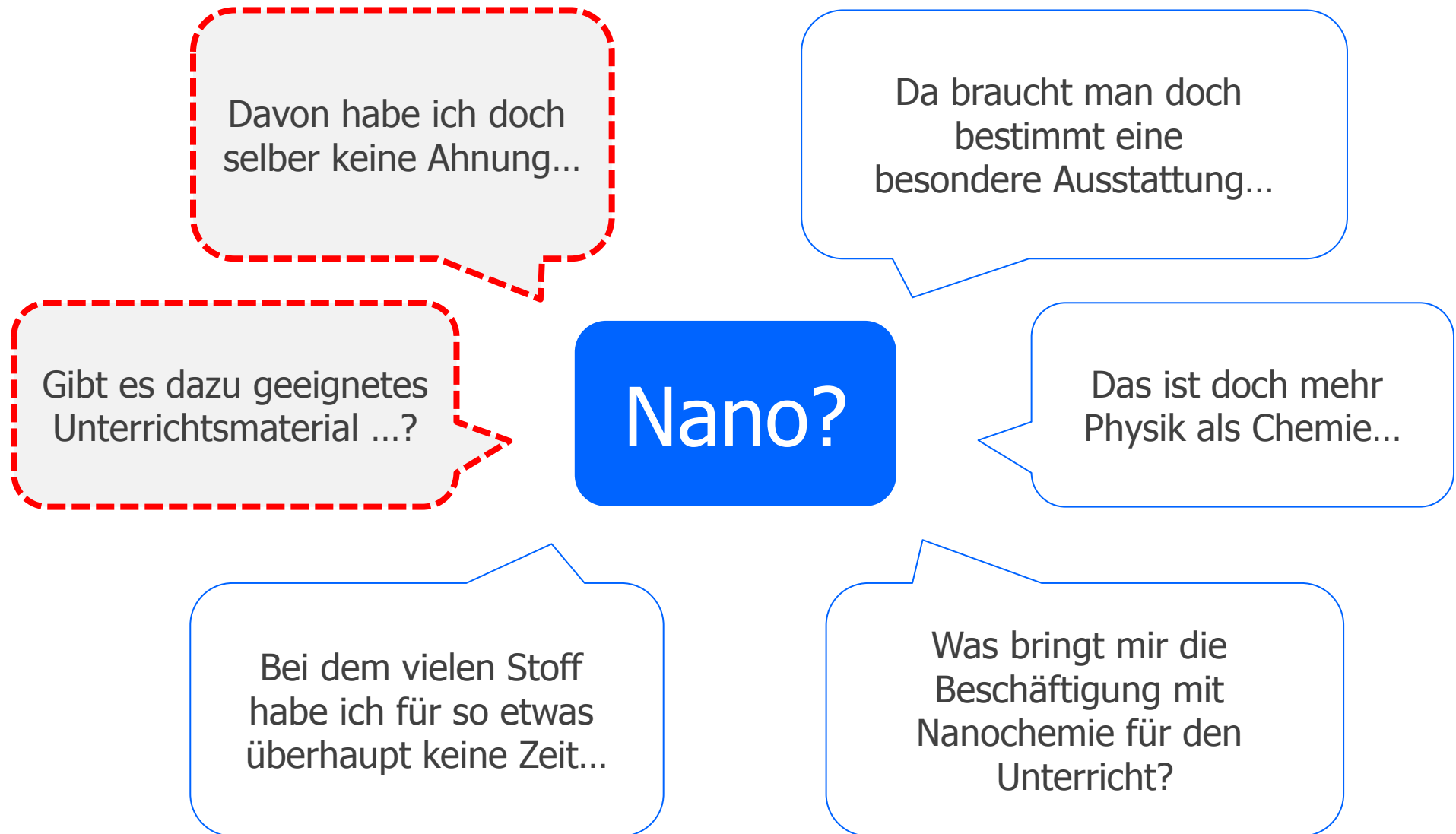
---

- 1 Warum "Nano" unterrichten?
- 2 Unterrichtsprojekt "Nanomaterialien in unserem Alltag"
- 3 Der Nutzen der Nanochemie für den Unterricht**

# Der Nutzen der Nanochemie für den Unterricht

## Einwände gegen Nano im Chemieunterricht

---

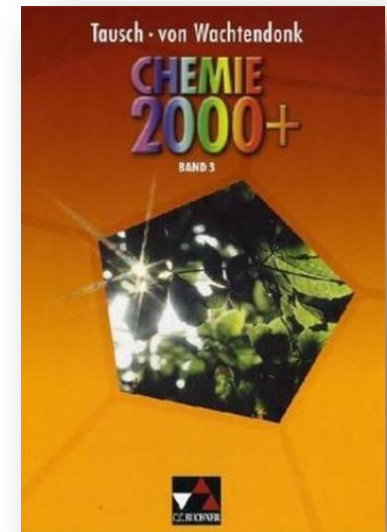


# Der Nutzen der Nanochemie im Unterricht

## Nano im Schulbuch

---

- **Tausch/v. Wachtendonk, Chemie 2000+ Bd. 3 (2005):  
„Vom Blattgrün zum Farbmonitor“**  
Titandioxid als UV-Absorber und Photokatalysator  
Exkurs zur Nanotechnologie  
*(Effektpigmente, elektrochrome Fenster, Nanoagglomerate für Katalysatoren, Lotus-Effekt)*
- **Elemente Chemie Nordrhein-Westfalen Oberstufe  
Einführungsphase (2014)**
  - Neue Materialien aus Kohlenstoff  
*(Fullerene, Kohlenstoff-Nanotubes, Graphen, Carbonfasern)*
  - Exkurs: Nanopartikel sind weit verbreitet  
*(Das Besondere der Nanopartikel, Selbstreinigende Oberflächen, Nanopartikel in der Sonnencreme, Sind Nanopartikel gefährlich?)*
  - Praktikum Nanochemie  
*(Natürlicher und künstlicher Lotuseffekt, Nachweis von Titan in Sonnencreme)*



# Der Nutzen der Nanochemie im Unterricht

## Literatur zu Nano in der Schule

- **Themenhefte**  
**„Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule“**
- Nanomaterialien im Alltag 1/55 (2006)
- Titandioxid 3/54 (2005)
- Nanotechnologie – Von der Forschung in die Schule 4/64 (2015)  
*in Vorbereitung*
- **Weitere ausgewählte Literatur:**
- M. Weitze, Von (Nano-)Strukturen zu makroskopischen Eigenschaften, Unterricht Chemie 100/101 (2007), S. 42
- S. Becht, S. Ernst, R. Bappert, C. Feldmann, Do-it-yourself! Nanomaterialen zum Anfassen. Chemie in Unserer Zeit (2010), 44 (1), S. 14.



# Der Nutzen der Nanochemie für den Unterricht

## Einwände gegen Nano im Chemieunterricht

---



# Der Nutzen der Nanochemie für den Unterricht

## Benötigte Geräte und Chemikalien

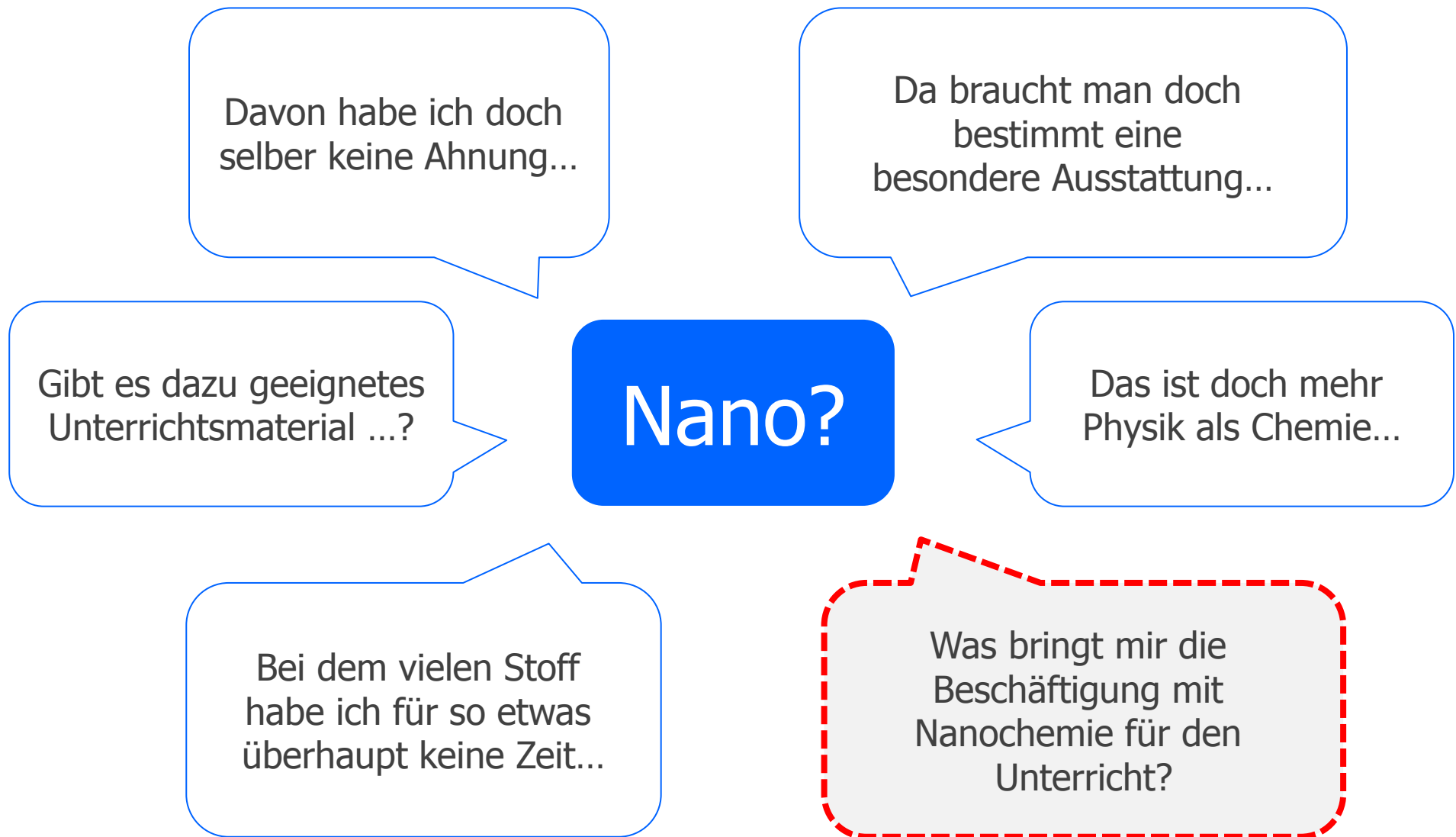
---

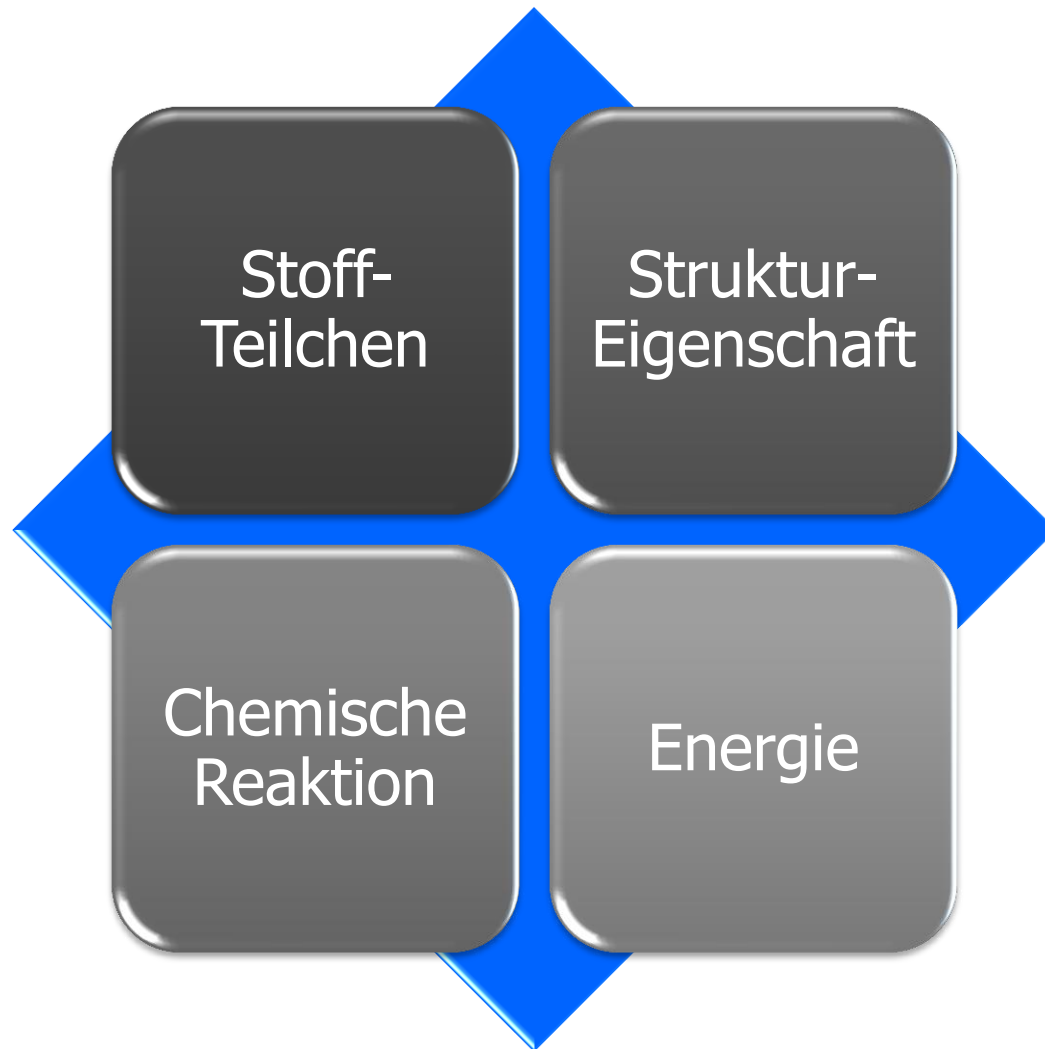


# Der Nutzen der Nanochemie für den Unterricht

## Einwände gegen Nano im Chemieunterricht

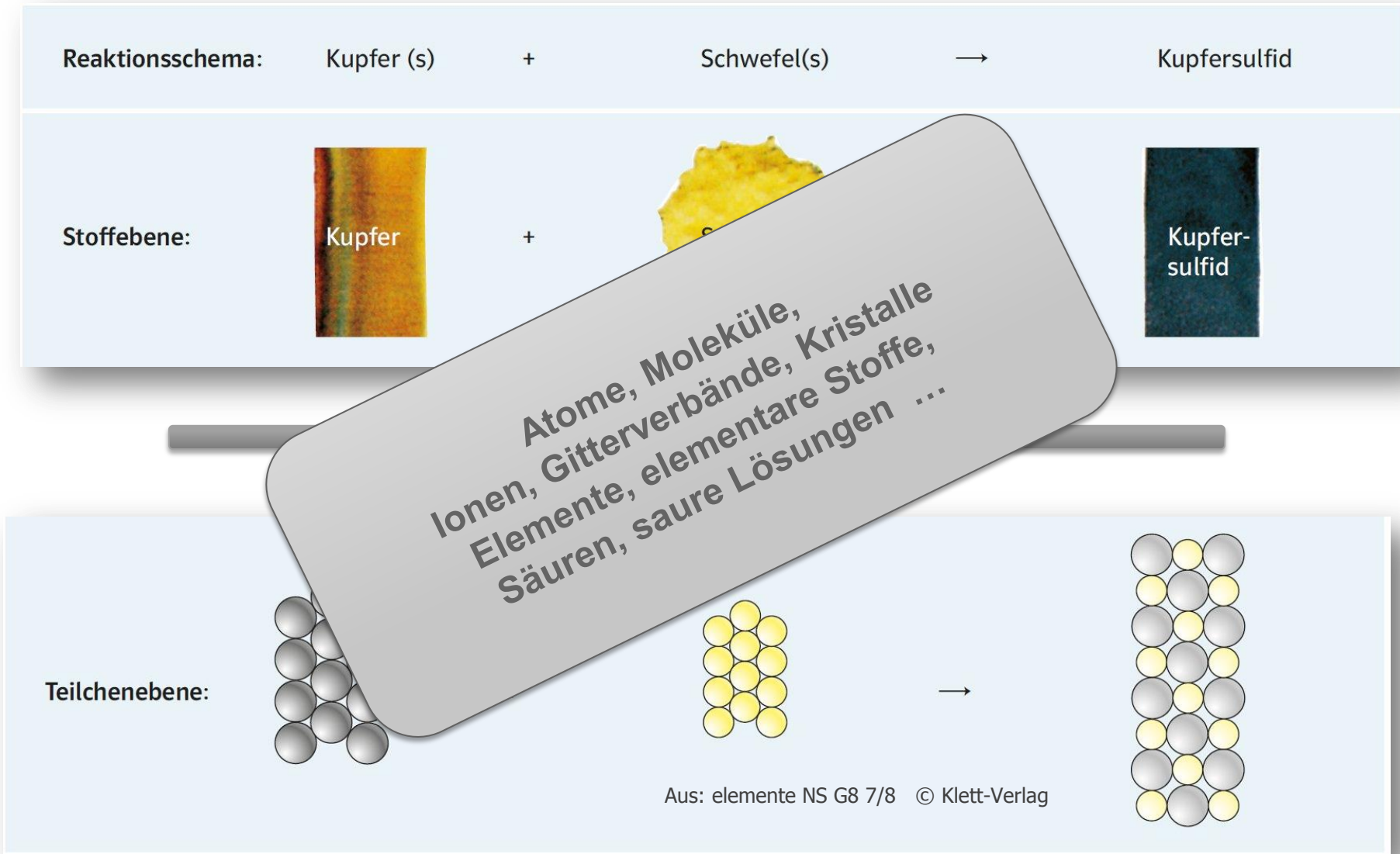
---





# Der Nutzen der Nanochemie im Unterricht

## Stoff-Teilchen-Konzept



# Der Nutzen der Nanochemie für den Unterricht

## Stoff-Teilchen-Konzept

- Nanochemie **erweitert** das Stoff-Teilchen-Konzept um eine Mesoebene



Titandioxid-Pigment

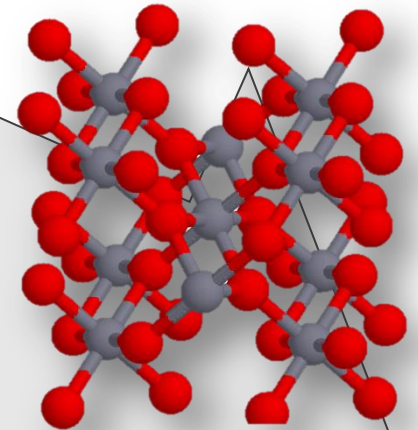
*4,2 g  $\text{TiO}_2$  (Rutil):  
 $3 \cdot 10^{22}$   $\text{TiO}_2$ -Einheiten*

*Ein 10nm-Würfel enthält  
ca. 30.000  $\text{TiO}_2$ -Einheiten*



Nanoskaliges Titandioxid

$\varnothing \text{Ti}^{4+}$  0,15 nm  
 $\varnothing \text{O}^{2-}$  0,25 nm



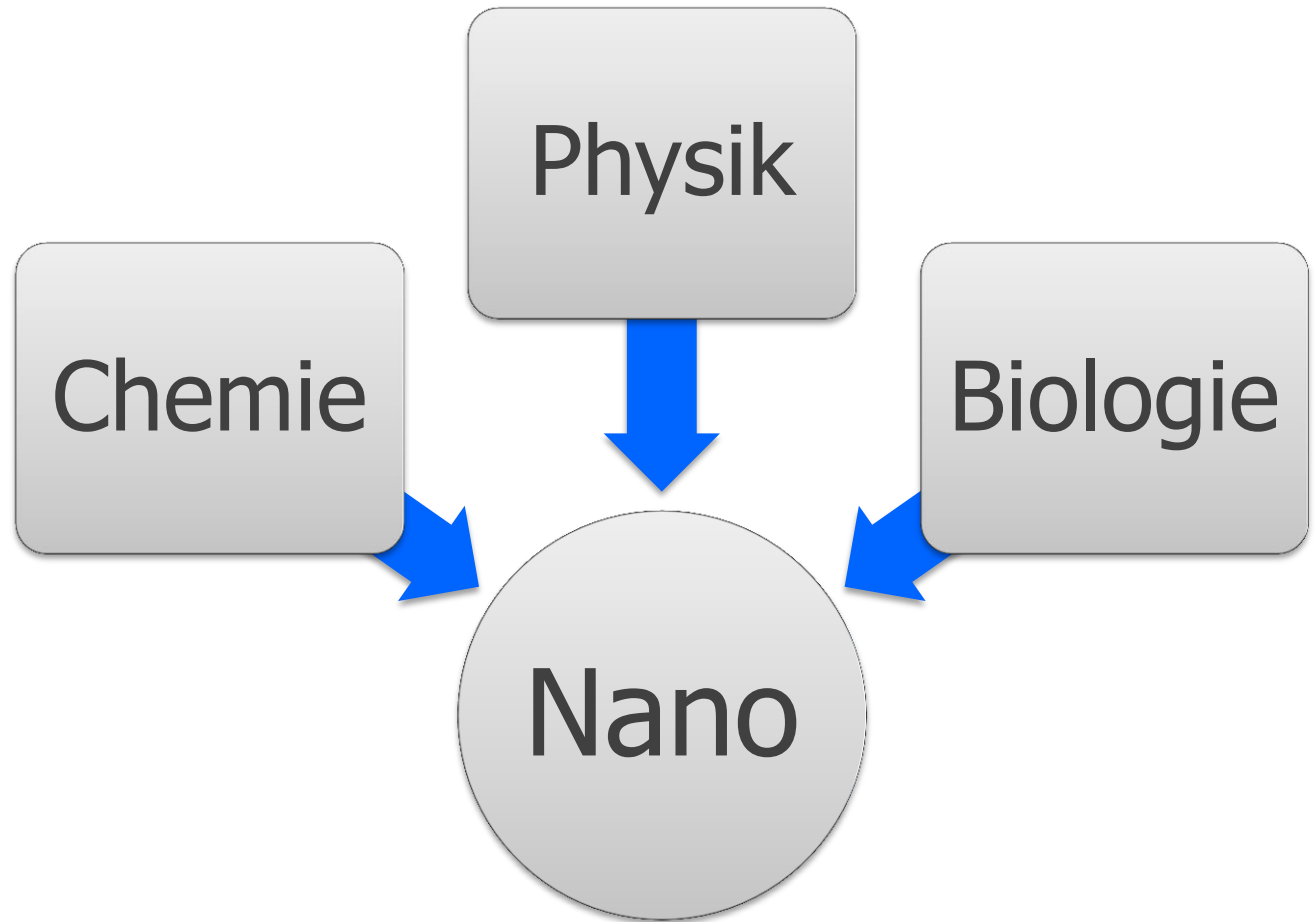
Titandioxid-Kristallstruktur (Rutil)

# Der Nutzen der Nanochemie für den Unterricht

## Struktur-Eigenschafts-Konzept

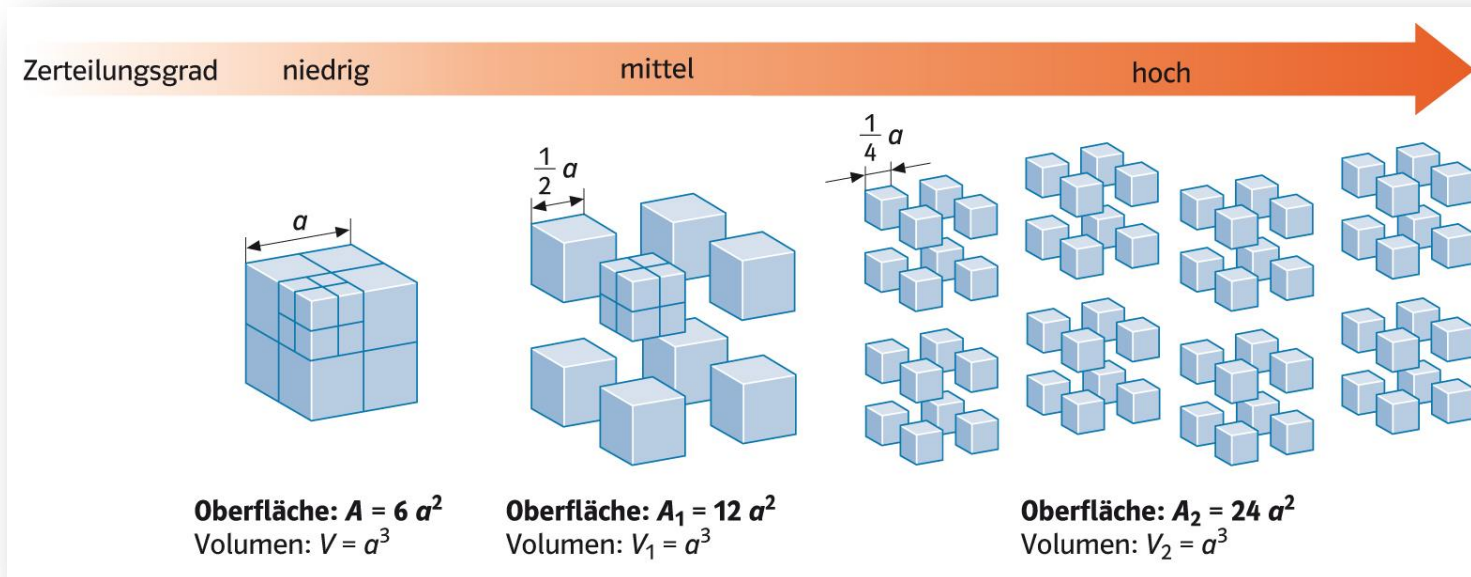
---

- Mechanische Eigenschaften
- Farbe
- Magnetisierbarkeit
- Elektrische Leitfähigkeit
- Schmelztemperatur
- ...
- Katalytische Eigenschaften
- Photoaktivität
- ...
- Antibakterielle Wirkung
- Selbstorganisierende Systeme
- ...



## Konzept der chemischen Reaktion / Energie-Konzept

- Zerteilungsgrad und Heftigkeit einer chemischen Reaktion



Aus: Elemente NS G8 7/8 © Klett-Verlag

- Oberflächendominiertes Verhalten: Vertiefung von Themen wie **Katalyse**, Photoaktivität, Wirkung von Radikalen ...

# Nano im Chemieunterricht

Nano im Chemieunterricht –  
lassen Sie sich mal drauf ein!



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**