

PHYSICS MEETS CHEMISTRY

Die Halbleiterdiode

Friedrich Herrmann

Abteilung für Didaktik der Physik

www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de

friedrich.herrmann@physik.uni-karlsruhe.de

~~Bändermodell~~

~~Sperrschicht~~

~~Raumladung~~

1. Aufbau der Halbleiterdiode, der stromlose pn-Übergang
2. Die Halbleiterdiode als Gleichrichter und als Leuchtdiode
3. Die Halbleiterdiode als Photoelement
4. Zusammenfassung und Versuch

1. Aufbau der Halbleiterdiode, der stromlose pn-Übergang

1.1 Die drei Stoffe e, h und γ

e: bewegliche Elektronen, e-Stoff

h: bewegliche Löcher, h-Stoff

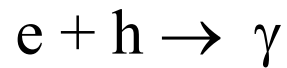
γ : Photonen, Licht

Wir gehen mit e, h und γ um wie mit Stoffen
im Sinne der Chemie.

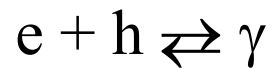
Erzeugung von e-Stoff und h-Stoff aus Licht:



Erzeugung von Licht aus e-Stoff und h-Stoff:



Chemisches Gleichgewicht:

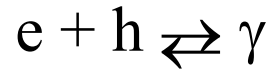


**Umgebungsstrahlung**

n-dotiertes Si: mit fünfwertigem Arsen leitfähig durch e-Stoff

p-dotiertes Si: mit dreiwertigem Bor leitfähig durch h-Stoff

1.2 Das Massenwirkungsgesetz





Im chemischen Gleichgewicht ist

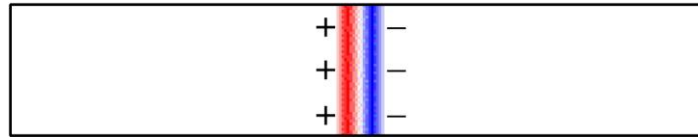
$$c_e \cdot c_h = \text{const}$$

	c_e	c_h	$c_e \cdot c_h$	
nicht dotiert	10^{10}	10^{10}	10^{20}	nicht leitfähig
n-dotiert	10^{17}	10^3	10^{20}	leitfähig für Elektronen
p-dotiert	10^3	10^{17}	10^{20}	leitfähig für Löcher

(Konzentrationen in cm^{-3})

1.3 Der Kontakt zwischen p- und n-Material

 e-Stoff
 h-Stoff

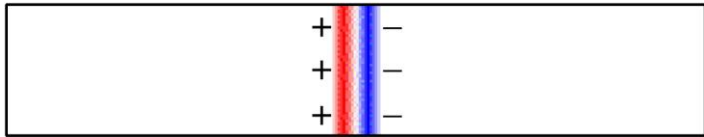


Ladungsdoppelschicht (wie Kondensator)
mit elektrischem Potenzialsprung

etwa $0,1 \mu\text{m}$ dick

 e-Stoff

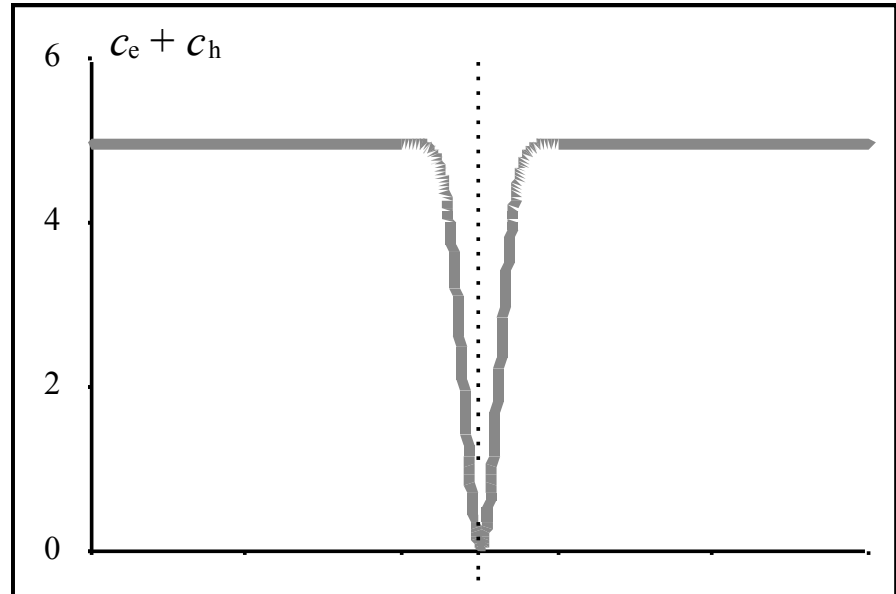
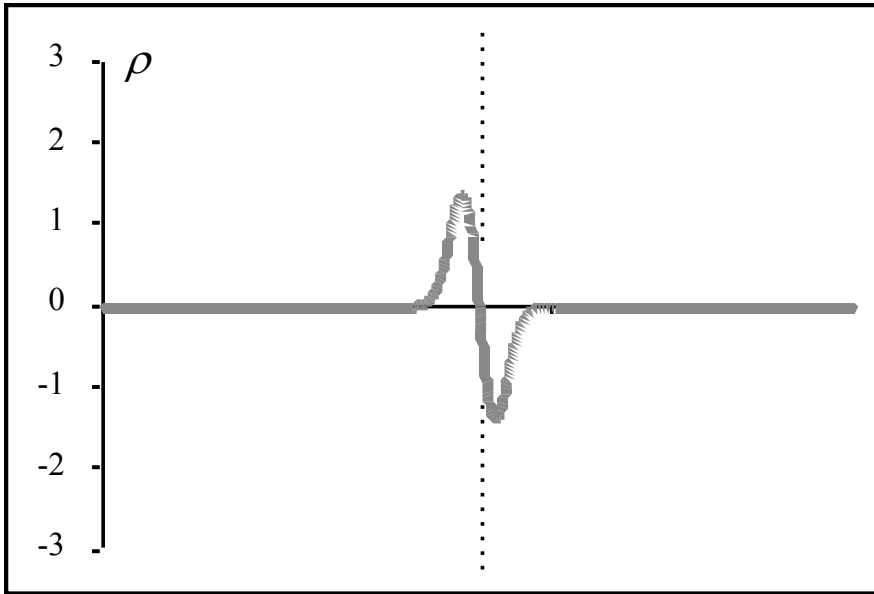
 h-Stoff



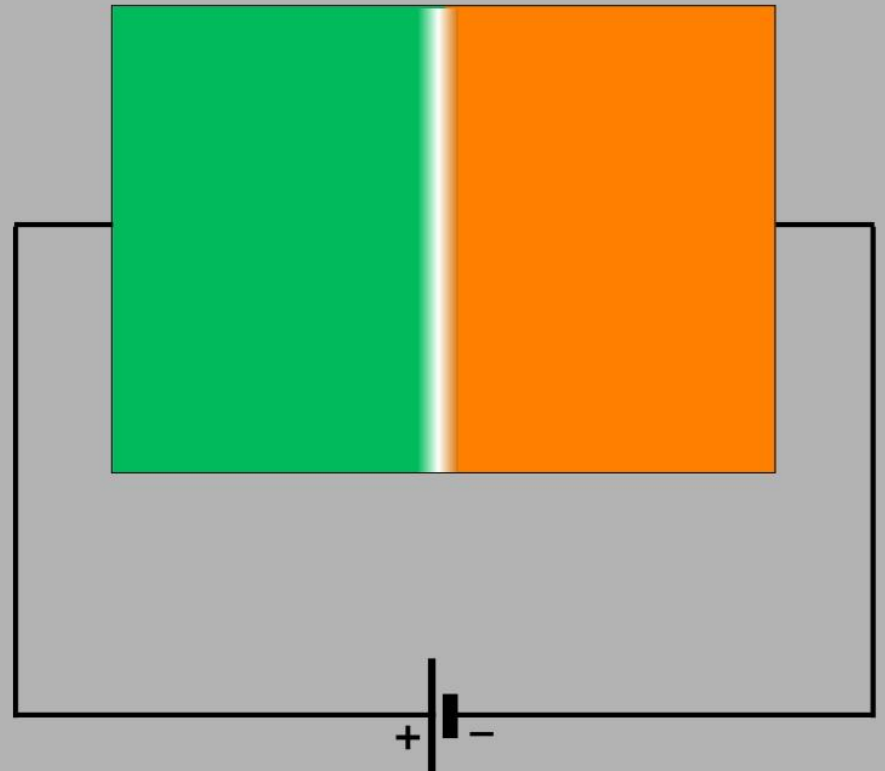
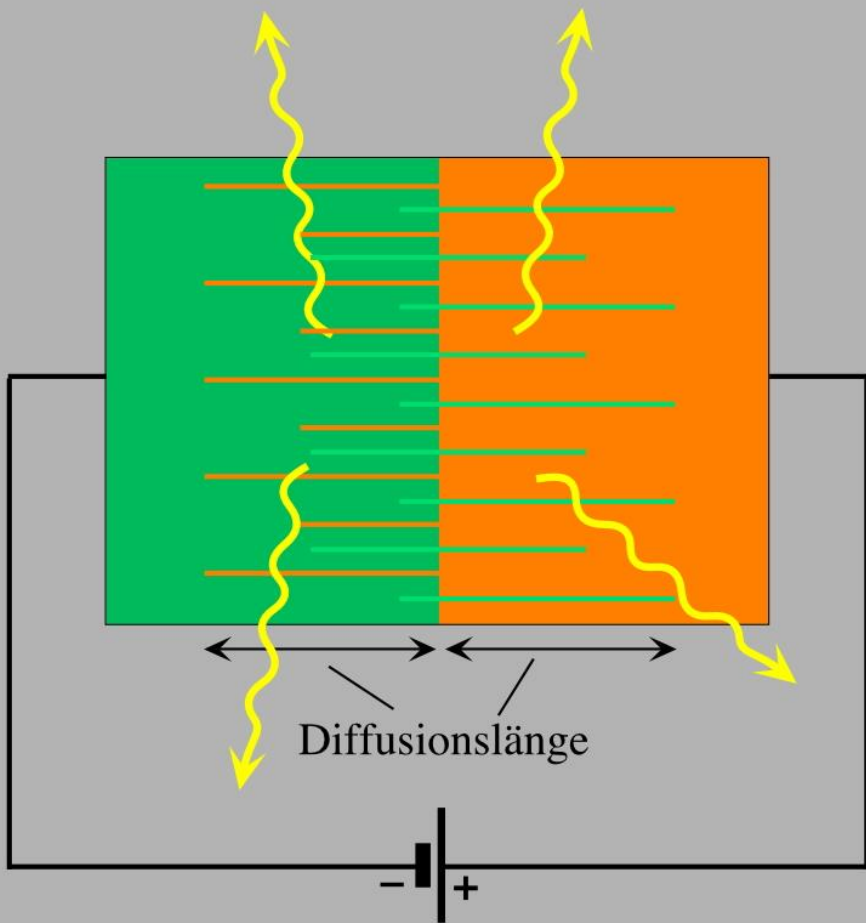
	c_e	c_h	$c_e \cdot c_h$
links	10^{17}	10^3	10^{20}
rechts	10^3	10^{17}	10^{20}
Mitte	10^{10}	10^{10}	10^{20}

$$c_e \cdot c_h = \text{const}$$

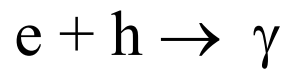
Verarmung an beweglichen Ladungsträgern



2. Die Halbleiterdiode als Gleichrichter und als Leuchtdiode



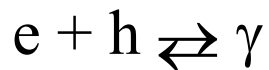
- e-Stoff
- h-Stoff
- Licht, γ



Diffusionslänge $\approx 100 \mu\text{m}$

Dicke der Verarmungsschicht $\approx 0,1 \mu\text{m}$

Die Halbleiterdiode ist in einer Richtung durchlässiger als in der anderen wegen der Unsymmetrie der Reaktion

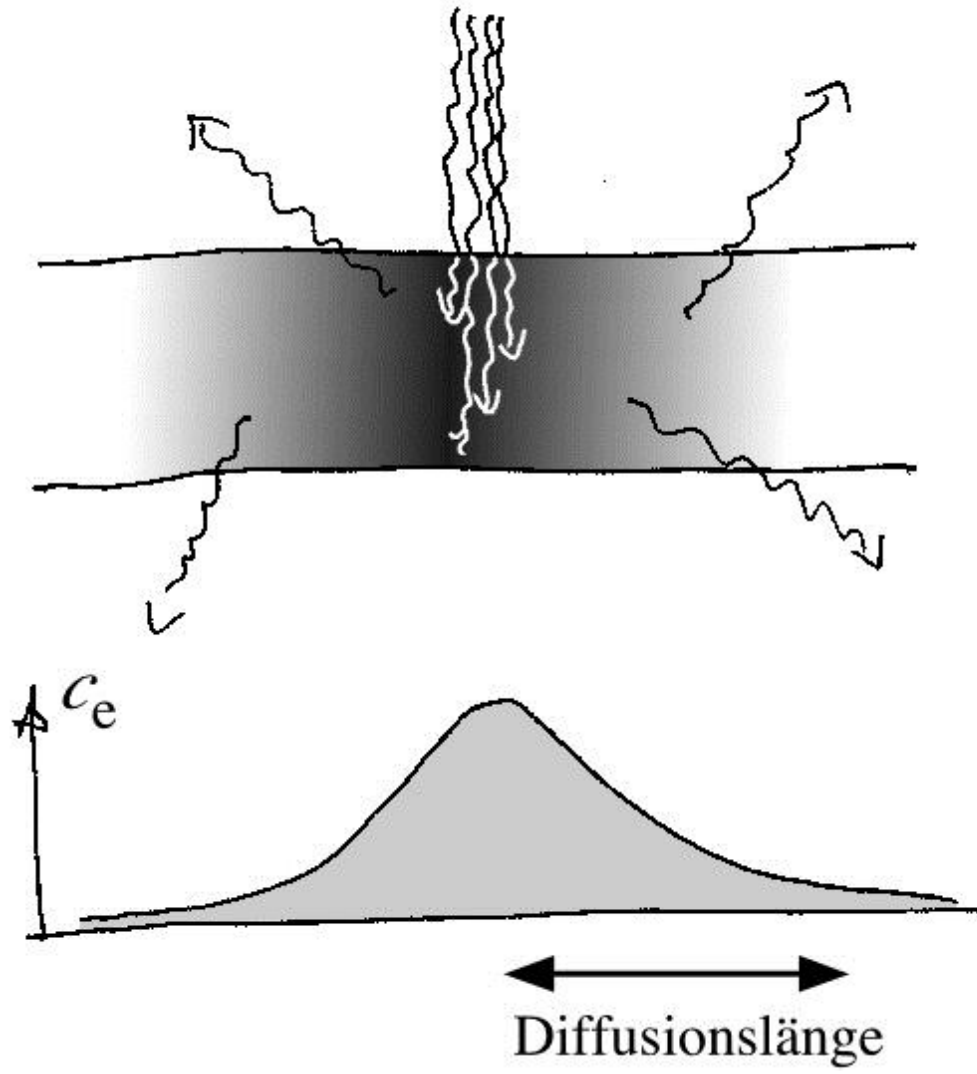


Erzeugtes Licht kommt zwar leicht weg, aber zur e-h-Erzeugung notwendiges Licht wird nur begrenzt nachgeliefert.

*„Die trägerverarmte Grenzschicht wird breiter und hochohmig:
Der pn-Übergang ist gesperrt.“*

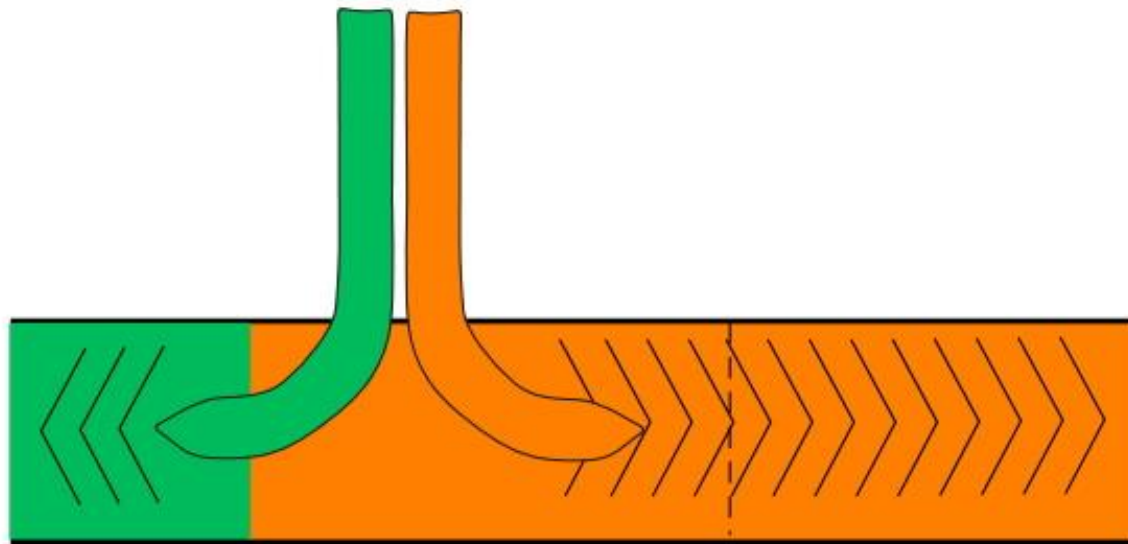
Kuhn, Band 2, 12/13, S. 308

3. Die Halbleiterdiode als Photozelle



 e-Stoff

 h-Stoff



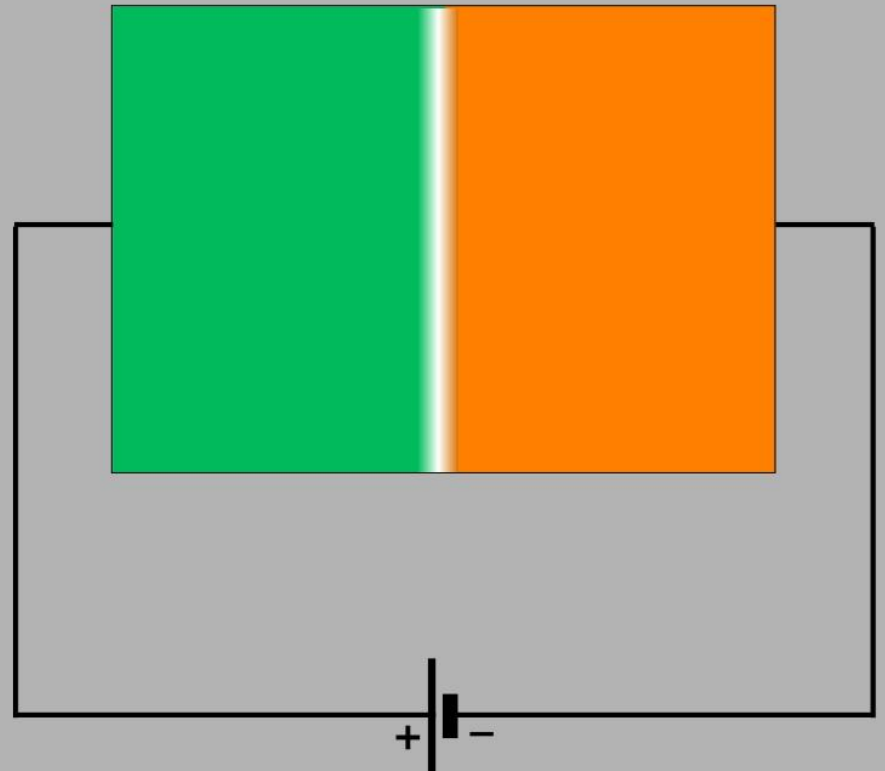
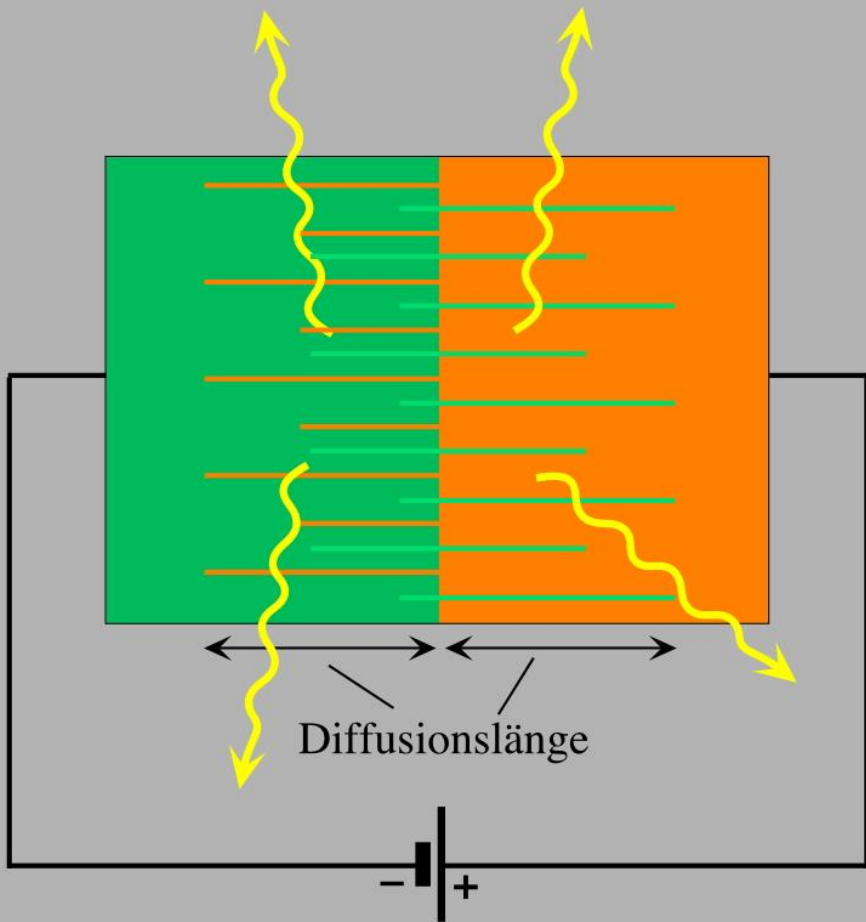

Diffusionslänge

Der Antrieb des elektrischen Ladungsträgerstroms in einer Photozelle ist ein Konzentrationsüberschuss von e-h-Pärchen, der durch das Licht hervorgerufen wird.

„Auf Grund von elektrischen Kräften werden die freigesetzten Elektronen in die n-Schicht und die entstehenden Löcher in die p-Schicht getrieben.“

Cornelsen, Oberstufe, S. 376

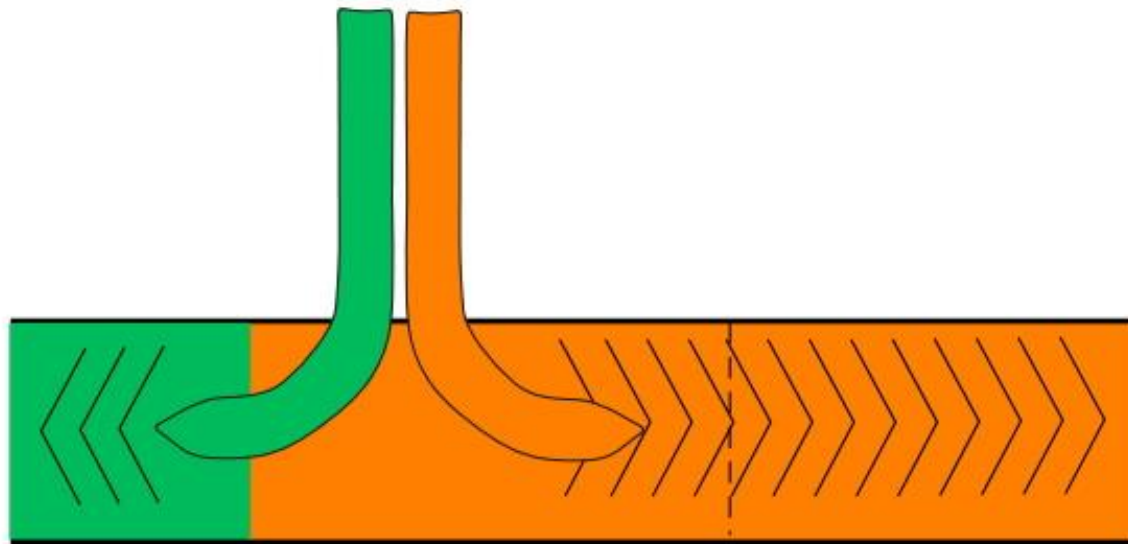
4. Eine einfache Erklärung für den Schulunterricht



- e-Stoff
- h-Stoff
- Licht, γ

 e-Stoff

 h-Stoff




Diffusionslänge

