



# Experimentalvorlesung

## Hauptgruppenchemie

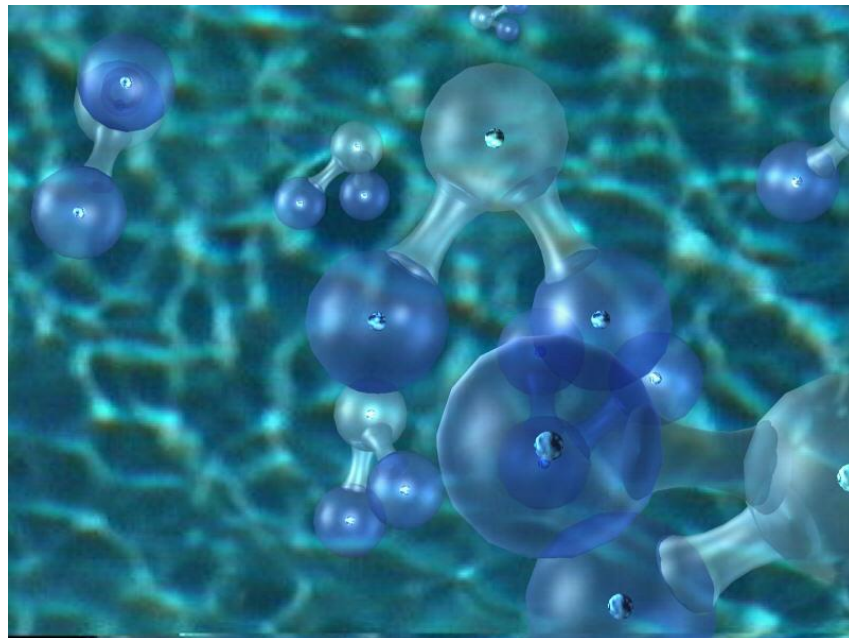
*Axel Schulz  
Institut für Chemie  
der Universität Rostock  
2015*



# Das Wasser

## ■ Inhalt

- **Vorkommen**
- **Eigenschaften**
- **Darstellung**
- **Osmose**



Alle Folien sind im Internet als pdf Dokument erhältlich:

<http://www.schulz.chemie.uni-rostock.de/>



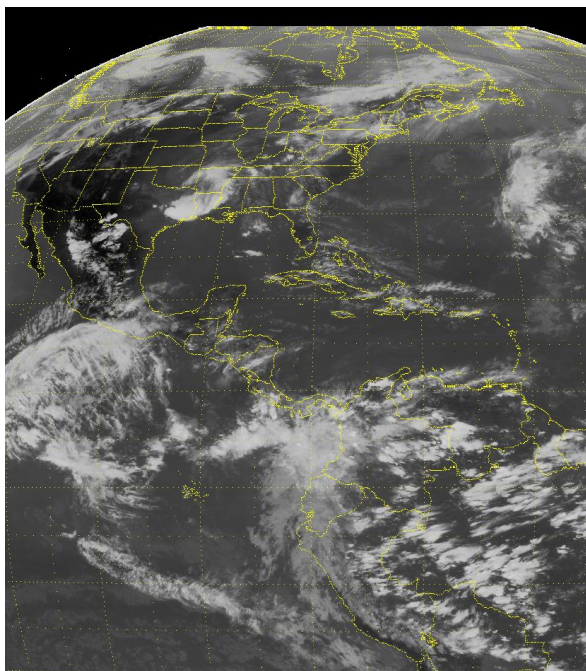
# Wasserstoffverbindungen: Hydride

## Kovalente, ionische und eingelagerte Hydride

		gasförmig			flüssig			
HH							He	
LiH	BeH <sub>2</sub>	BH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	HF	Ne	
NaH	MgH <sub>2</sub>	AlH <sub>3</sub>	SiH <sub>4</sub>	PH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S	HCl	Ar	
KH	CaH <sub>2</sub>	GaH <sub>3</sub>	GeH <sub>4</sub>	AsH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> Se	HBr	Kr	
RbH	SrH <sub>2</sub>	InH <sub>3</sub>	SnH <sub>4</sub>	SbH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> Te	HI	Xe	
CsH	BaH <sub>2</sub>	TlH <sub>3</sub>	PbH <sub>4</sub>	BiH <sub>3</sub>				
<b>fest</b>								



# Begann das Leben im Wasser?



$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

$\text{H}_2\text{O}(\text{g}, \text{l}, \text{s})$



$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$



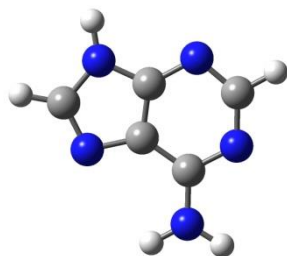
$\text{H}_2\text{O}(\text{s})$



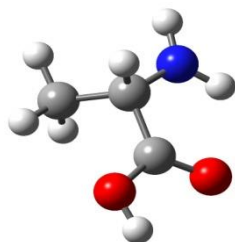


# Von der Anorganischen zur **Organischen** Chemie

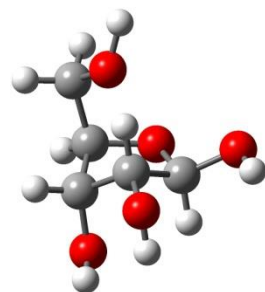
Nucleinsäurebasen



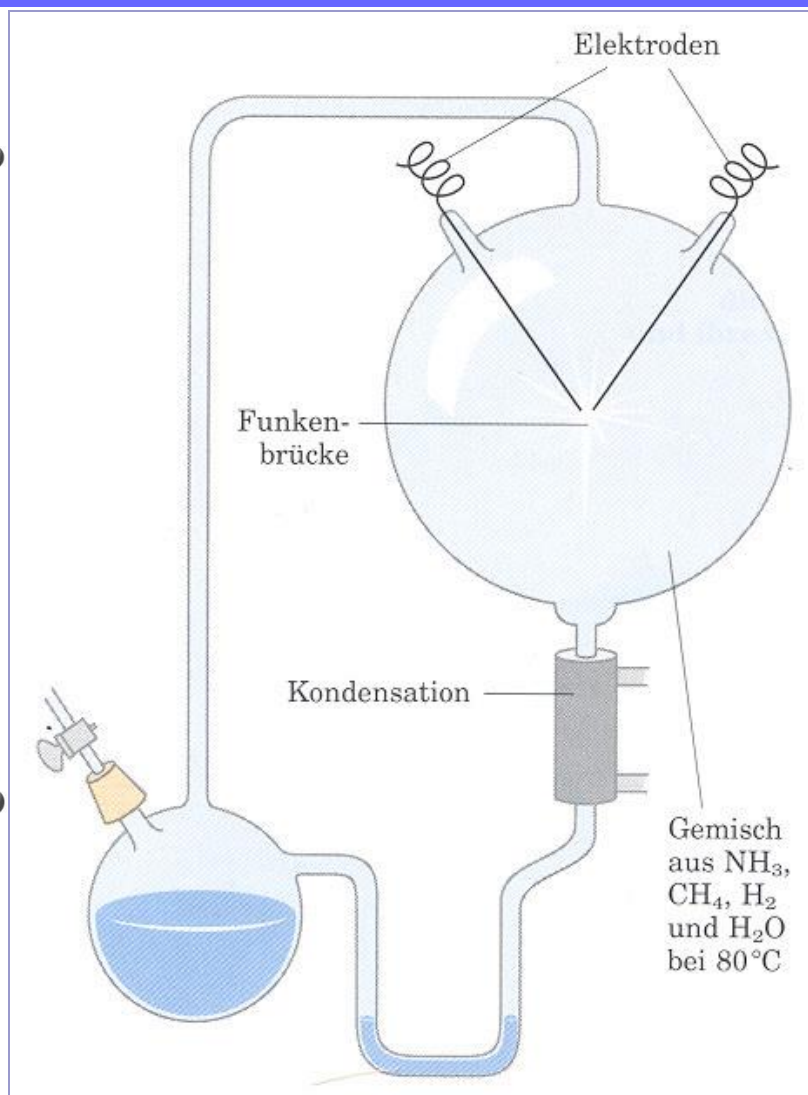
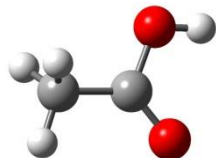
Aminosäuren



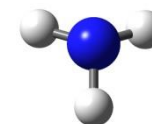
Zucker



Carbonsäure



Ammoniak



Methan



Wasser

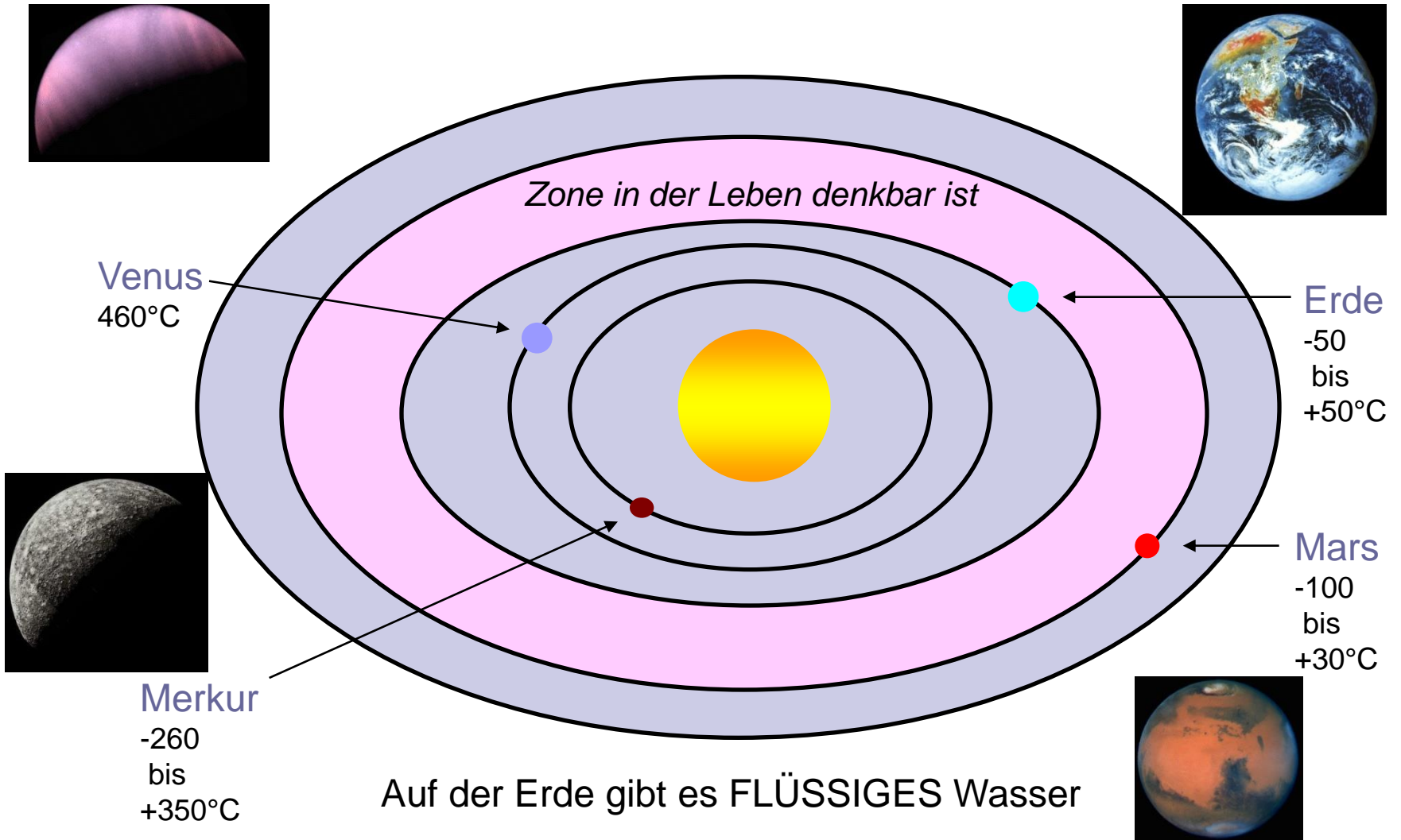


Wasserstoff





# Lebensraum Erde



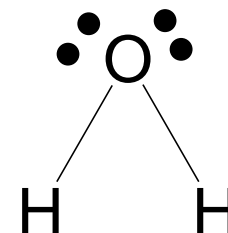
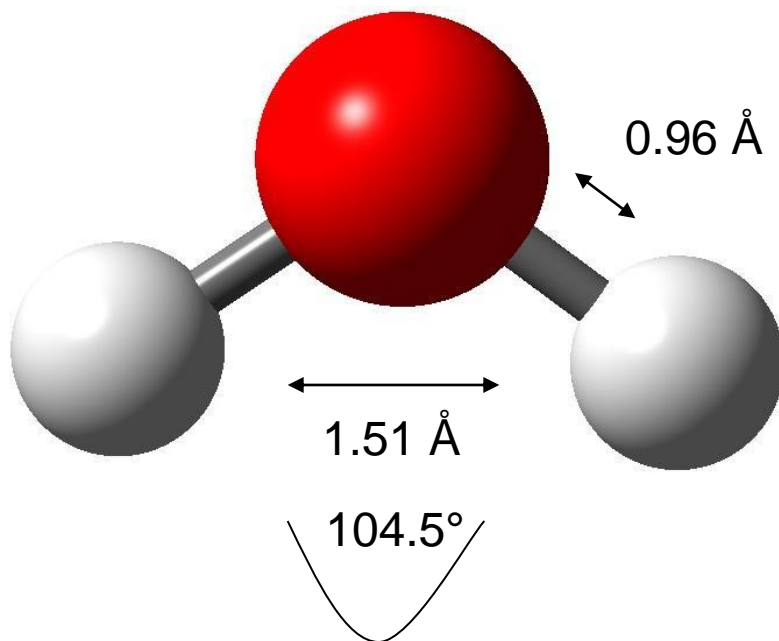


# Wasser: Vorkommen

- Die Oberfläche des Planeten Erde wird von Wasser beherrscht. Wasser ist die wichtigste chemische Verbindung. Wasser ist der wichtigste Bestandteil aller Pflanzen sowie aller Tiere und Mikroorganismen.
- Der **menschliche Körper** besteht zu etwa  $\frac{2}{3}$  aus  $\text{H}_2\text{O}$ , manche Gemüse und Früchte zu  $\frac{9}{10}$  und mehr.
- **Alle Lebensprozesse spielen sich in wässrigem Milieu ab** (man könnte auch sagen: sind auf Wasser eingespielt).
- Die **Wasservorräte der Erde** sind seit Milliarden von Jahren in ihrer Gesamtmenge unverändert. Sie liegen bei rund  $1.38 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$ . In Volumenanteilen gemessen, entfallen **97,4 %** davon auf **salziges Meerwasser** – gut zwei Drittel der Erdoberfläche (71 %) werden von Ozeanen und Randmeeren bedeckt – und **2,6%** auf **Süßwasser**. Demgegenüber ist der gesamte Wasservorrat der Atmosphäre mit einem Volumenanteil von 0,001 % verschwindend gering. Dies entspricht einer Wasserschicht von nur 25 mm auf der Erdoberfläche.



# Struktur des Wassermoleküls

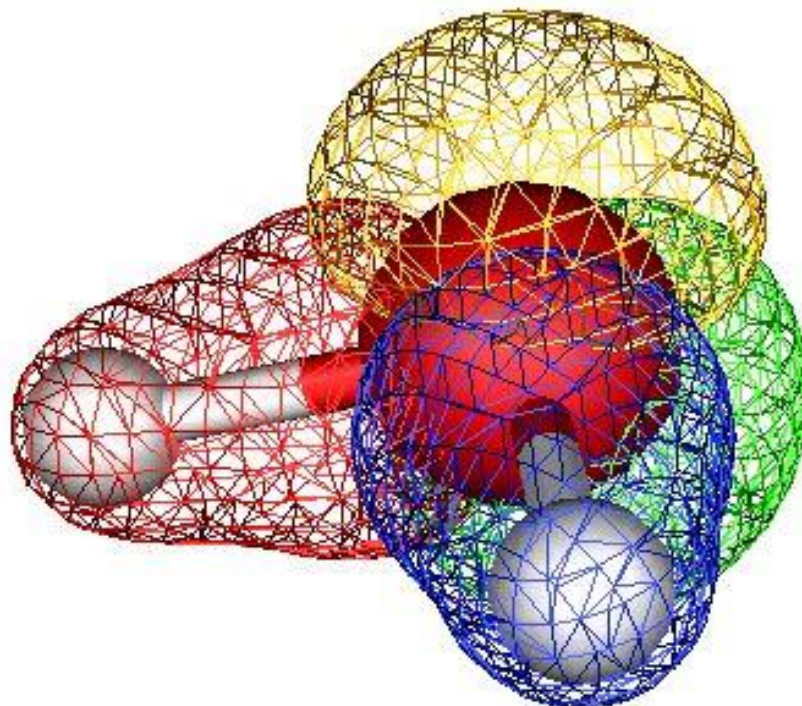


formale  $sp^3$ -Hybridisierung  
am Sauerstoff

$AB_2E_2$ -System  
 $\Psi$ -tetraedrisch  
gewinkelt

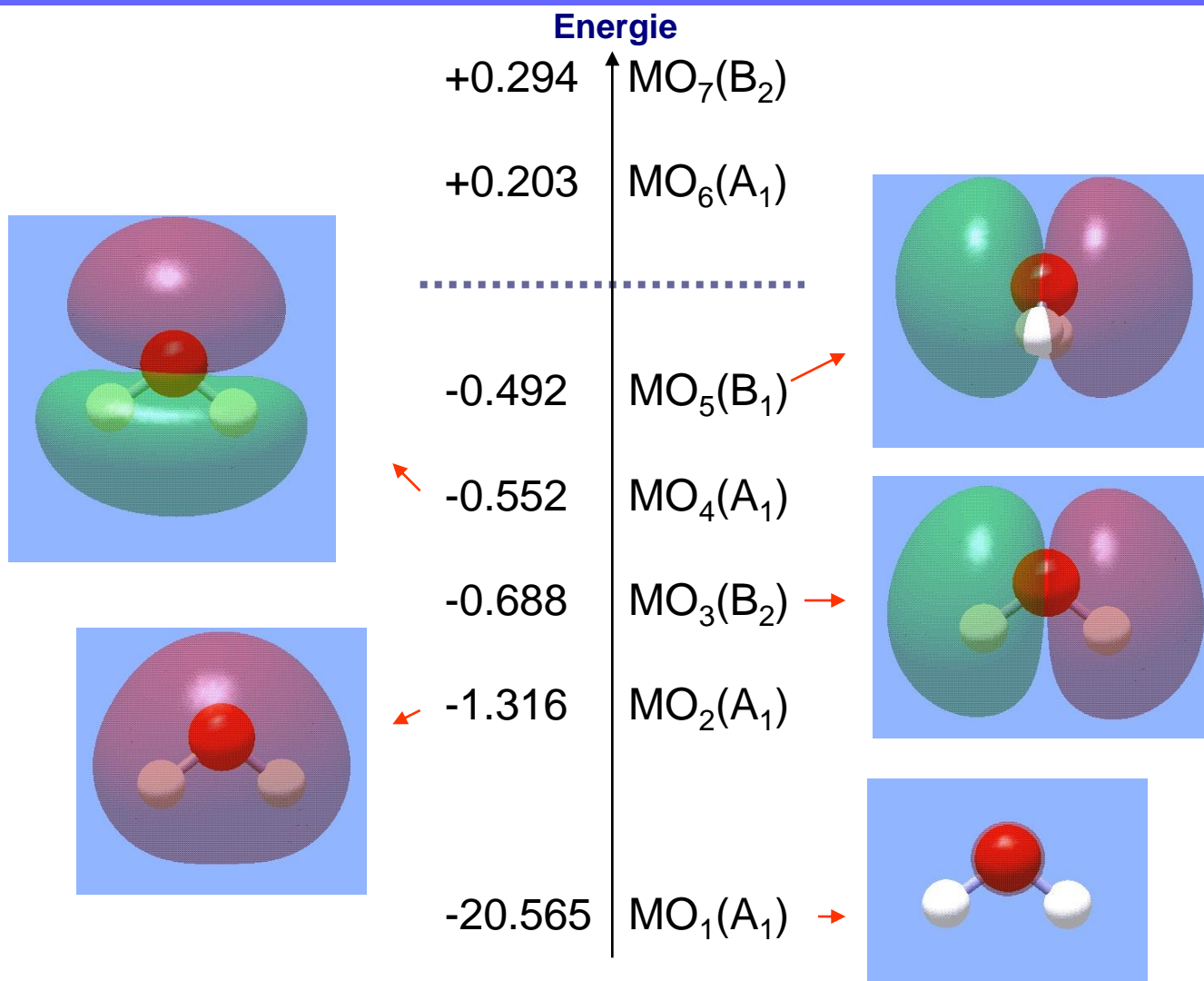


# Darstellung der lokalisierten Orbitale



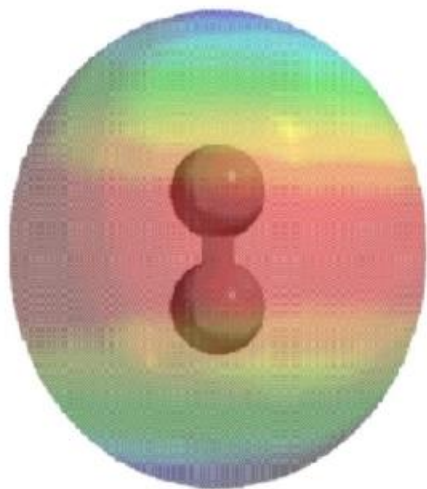


# Chemische Bindung im Wasser: MO-Darstellung

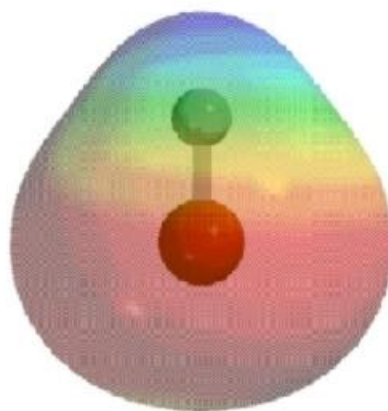




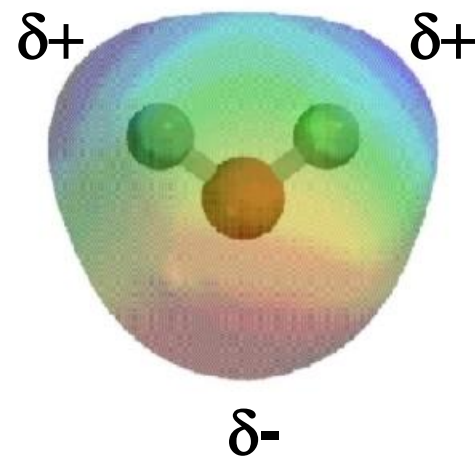
# Dipolmoment - Ladungsverteilung



H<sub>2</sub>



HCl



H<sub>2</sub>O

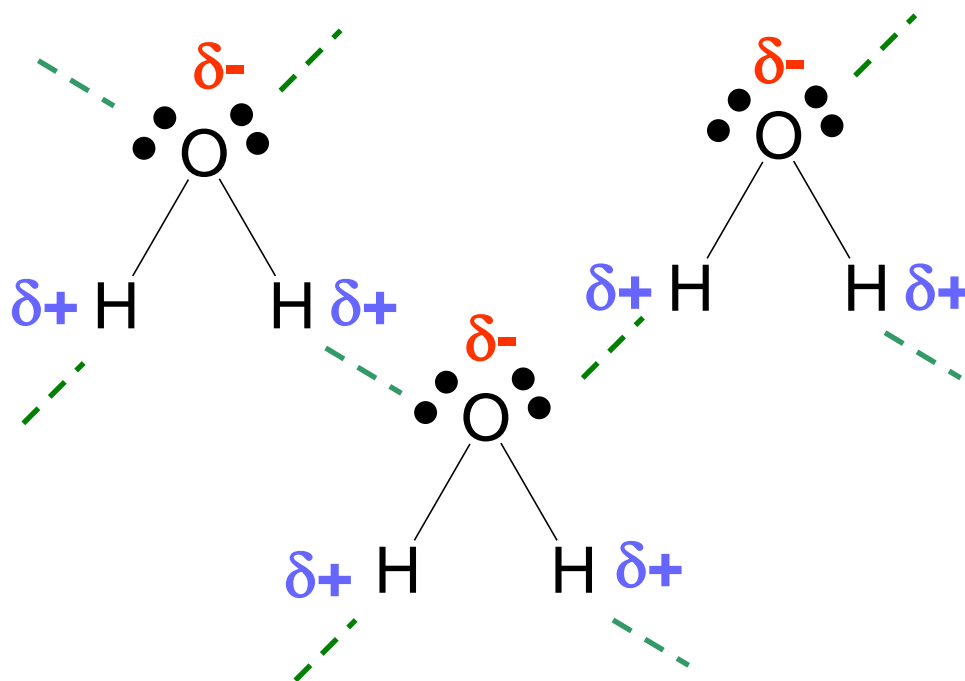


**Wasser besitzt ein permantes Dipolmoment**



# Wasserstoffbrückenbindung

*Bindungsenergien der Wasserstoffbindungen liegen im Bereich bis 40 kJ/mol*



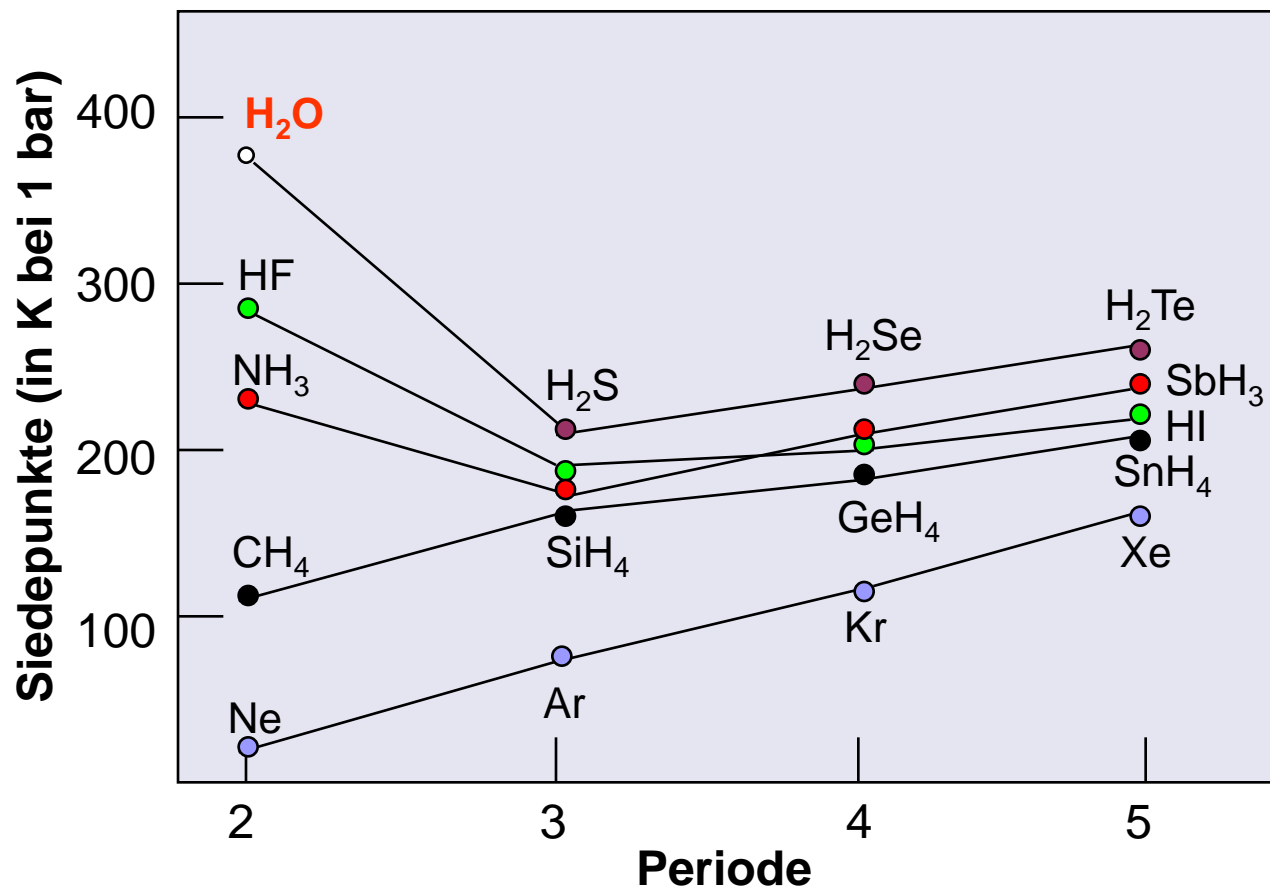
*Wasser besitzt "zu hohen" Siedepunkt und Schmelzpunkt*

ALLE anderen nichtmetallischen einkernigen H-Verbindungen sind Gase

Ohne H-Brücken wäre der hypothetische **Schmp.: -100°C, Sdp.: -80°C**



# Verlauf der Siedepunkte für $H_xE$ -Verbindungen

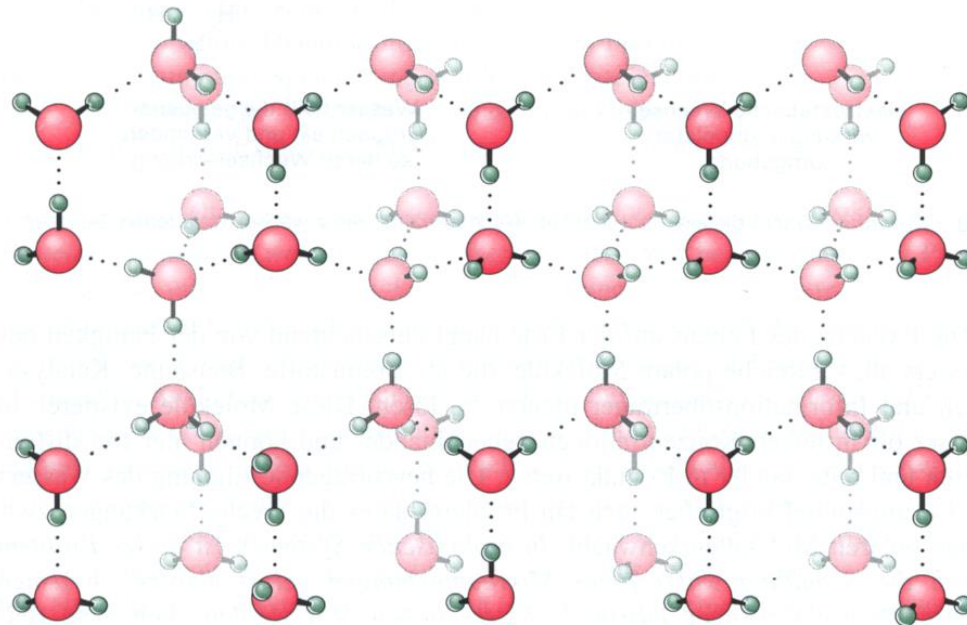


*Bedingt durch die Wasserstoffbrückenbindungen im  $HF$ ,  $H_2O$  und  $NH_3$  besitzen diese drei Verbindungen anomal hohe Siedepunkte*



# Festes Wasser - Eis

## Eisstruktur mit Wasserstoffbrücken

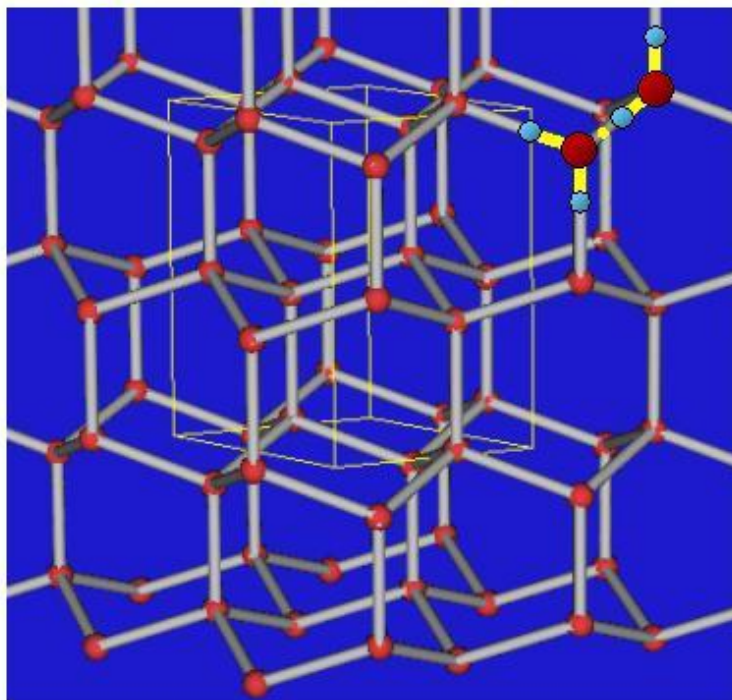


**Die Tetraederstruktur erzeugt Hohlräume.**

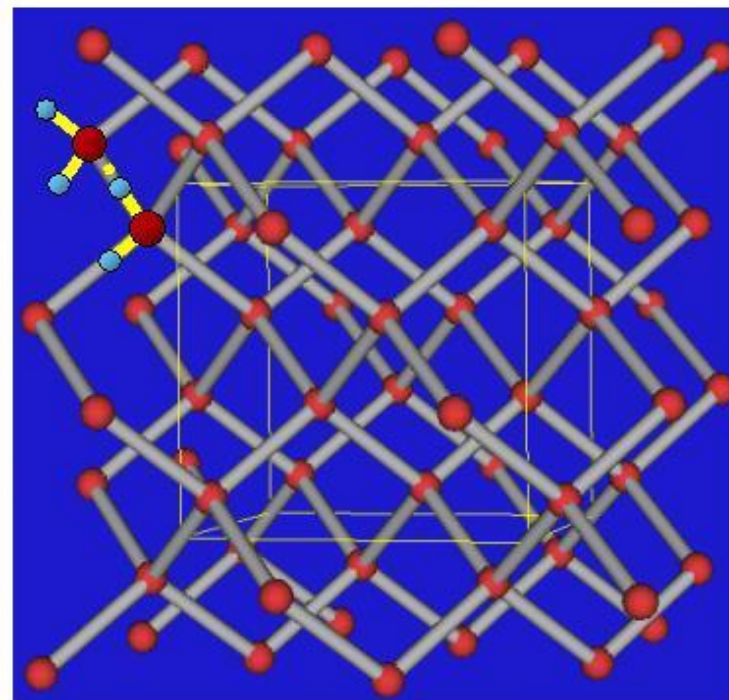
- Pro O-Atom
- 2 kovalent gebundene H-Atome
- 2 H-Brücken gebundene H-Atome



# Eis-Struktur



hexagonales Eis I<sub>H</sub>  
(Tridymit-Struktur)  
„normales Eis“

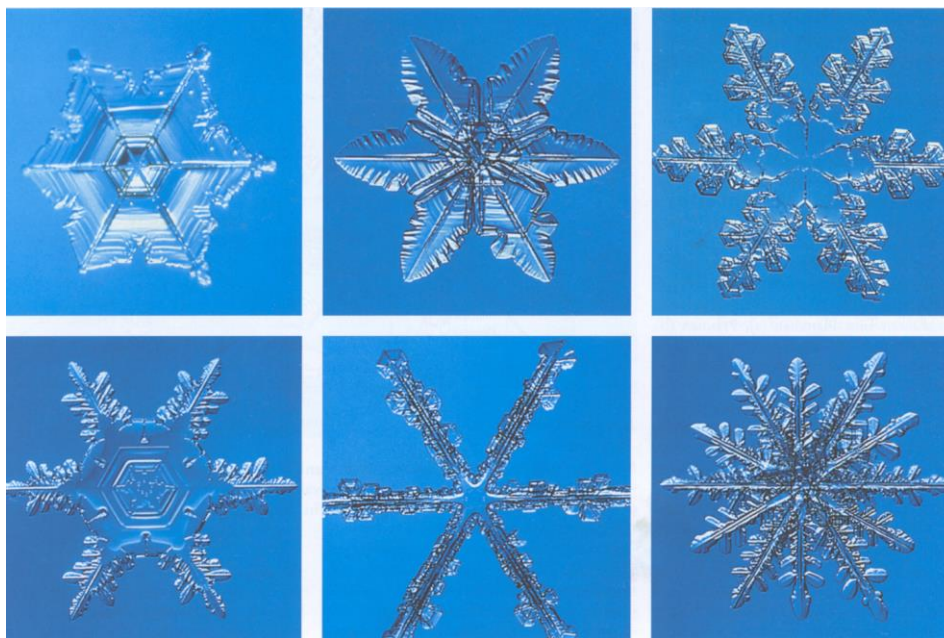


kubisches Eis I<sub>C</sub>  
(Cristobalit-Struktur)



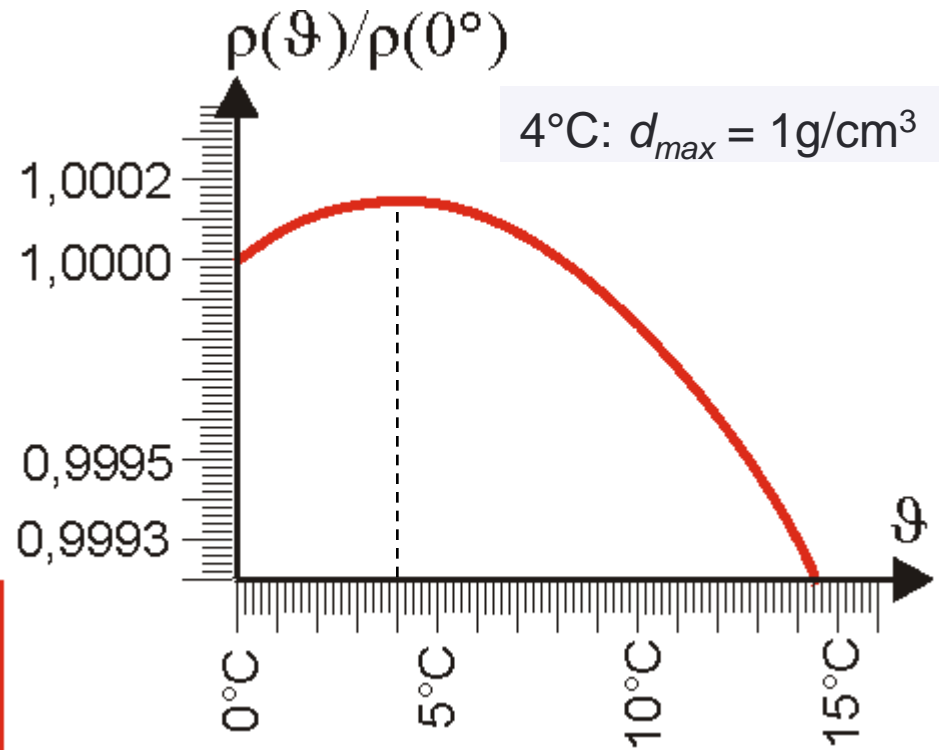
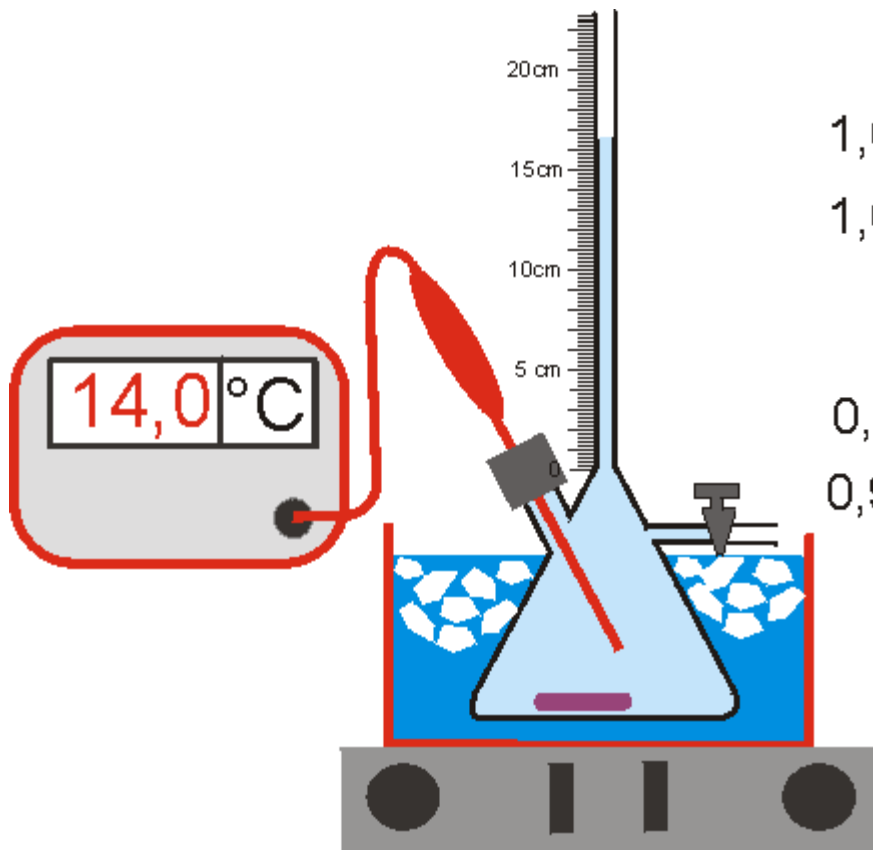
# Wasserstoffbrückenbindungen im Eis

## Mikrophotographien natürlicher Schneekristalle





# Die Dichte-Anomalie des Wassers





# Experiment

## ■ **Volumenvergrößerung des Wassers beim Gefrieren**

Eine Kugel aus Gusseisen wird mit destilliertem Wasser gefüllt und fest verschlossen. Die Kugel wird jetzt vollständig in eine Kältemischung (Eis/Kochsalz) getaucht und das Kältegefäß zugedeckt. Gefäß mit Kältemischung so lange abgedeckt lassen, bis die Kugel nach einer Abkühlzeit von ca. 10min bis 45min zersprungen ist. Die Sprengkugeln dienen zum Nachweis der Volumenvergrößerung des Wassers beim Gefrieren.

## ■ **Schmelzpunkterniedrigung durch Druck**

Ein Eisblock von 25cm Länge und 10cm Breite wird am Vortag mit dest. Wasser hergestellt. Dieser Eisblock wird hochkant in die Kerbungen des Holzgestells eingesetzt. Zum Versuch legt man eine passende Drahtschlinge um die Mitte des Eisblocks, an dem ein 5kg-Gewicht hängt. Nach ca. 15min wandert der Draht durch den Block ohne ihn zu zerschneiden und das Gewicht fällt zu Boden.



# Auswirkungen der Dichteanomalie

Temperatur [° C]	Dichte [g/ml]
0 (Eis)	0,91680
0 (Wasser)	0,99984
4	1,00000
10	0,99970
20	0,99821



- Eisberge nur zu 12 % sichtbar
  - Wasser gefriert von der Oberfläche her
- ↓
- Überlebenschance für Organismen
  - Platzen von gefrierenden Wasserleitungen und Gesteinen mit Wassereinschlüssen gesprengt werden können.



# Wärmekapazität des Wassers

Substanz	c[J/gK]
Kupfer	0.38
Luft	1.01
Glas	0.80
Ziegel	0.92
Wasserdampf	2.01
Eis	2.03
Ethanol	2.40
Holz	2.42
<b>Wasser</b>	<b>4.18</b>

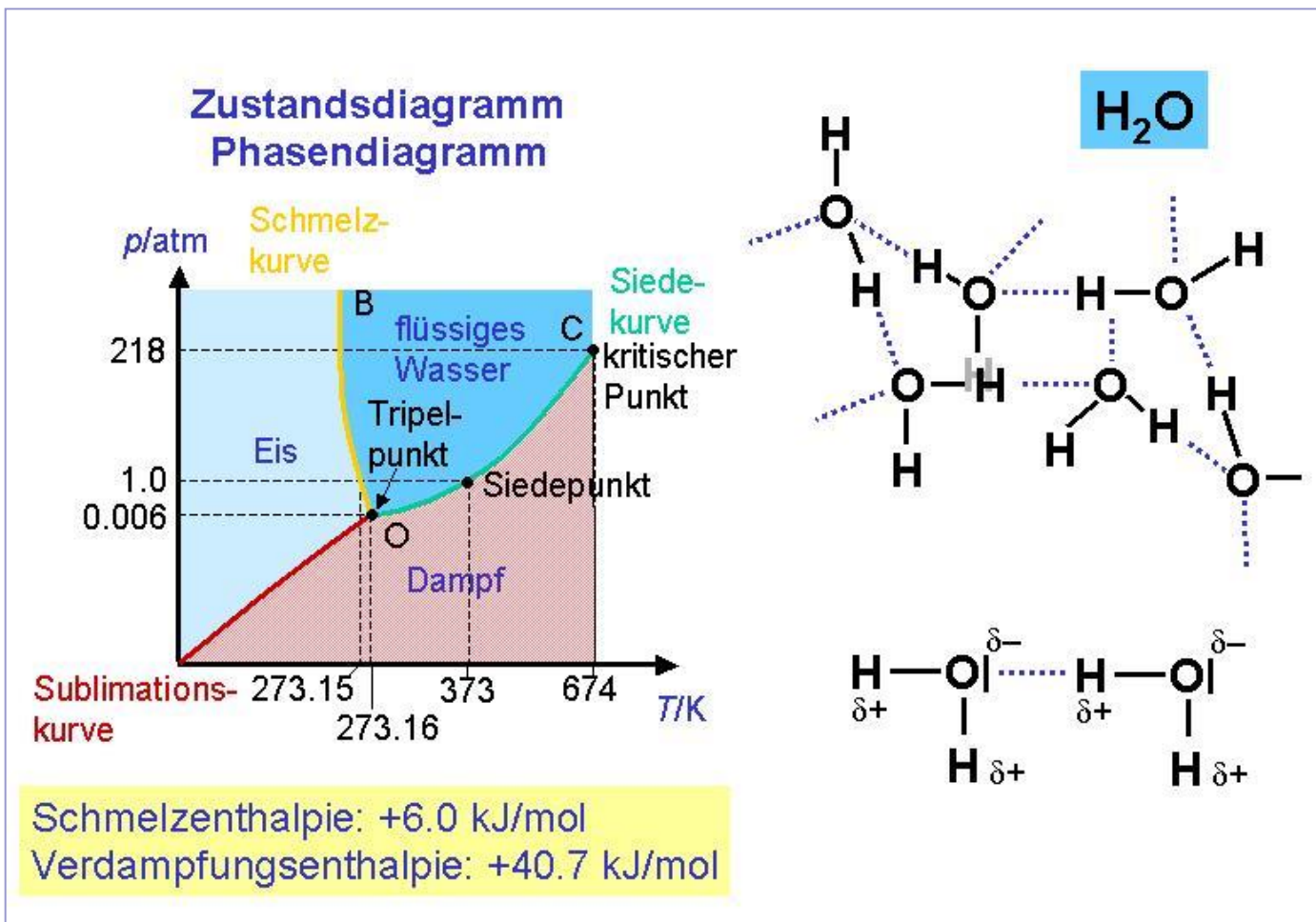
Hohe Wärmekapazität



Klima am Meer  
ist gemäßigt



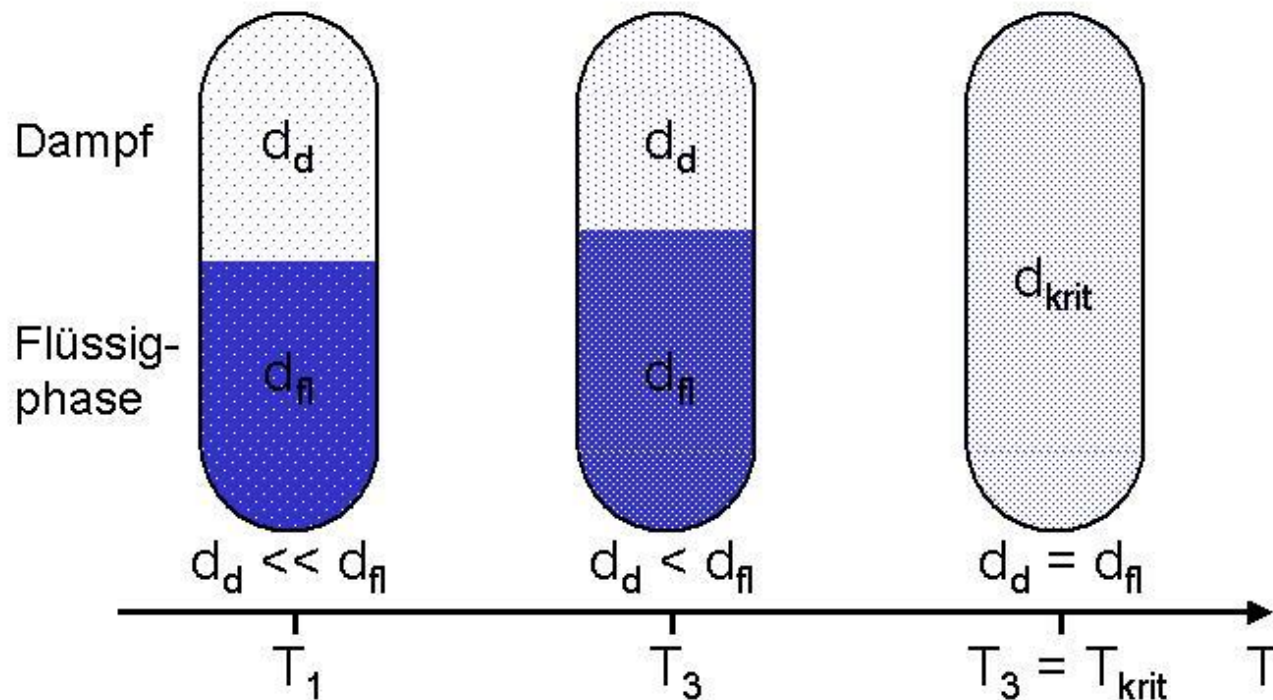
# Physikalisch-Chemisches Verhalten von Wasser





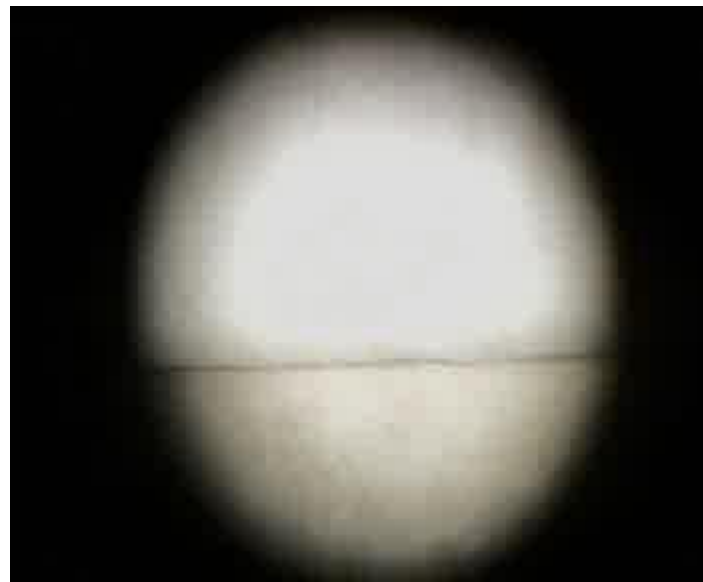
## Zusatz: Der kritische Punkt

Für jedes Gas gibt es eine **kritische Temperatur**, oberhalb derer es sich auch unter Anwendung noch so hohen Drucks nicht verflüssigen läßt. Dieser **kritischen Punkt** ist auch charakterisiert von einer **kritischer Dichte** und einem **kritischem Druck**



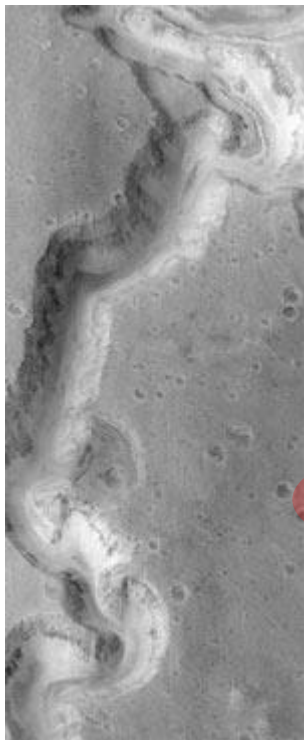


# Zusatz: Der Kritische Punkt

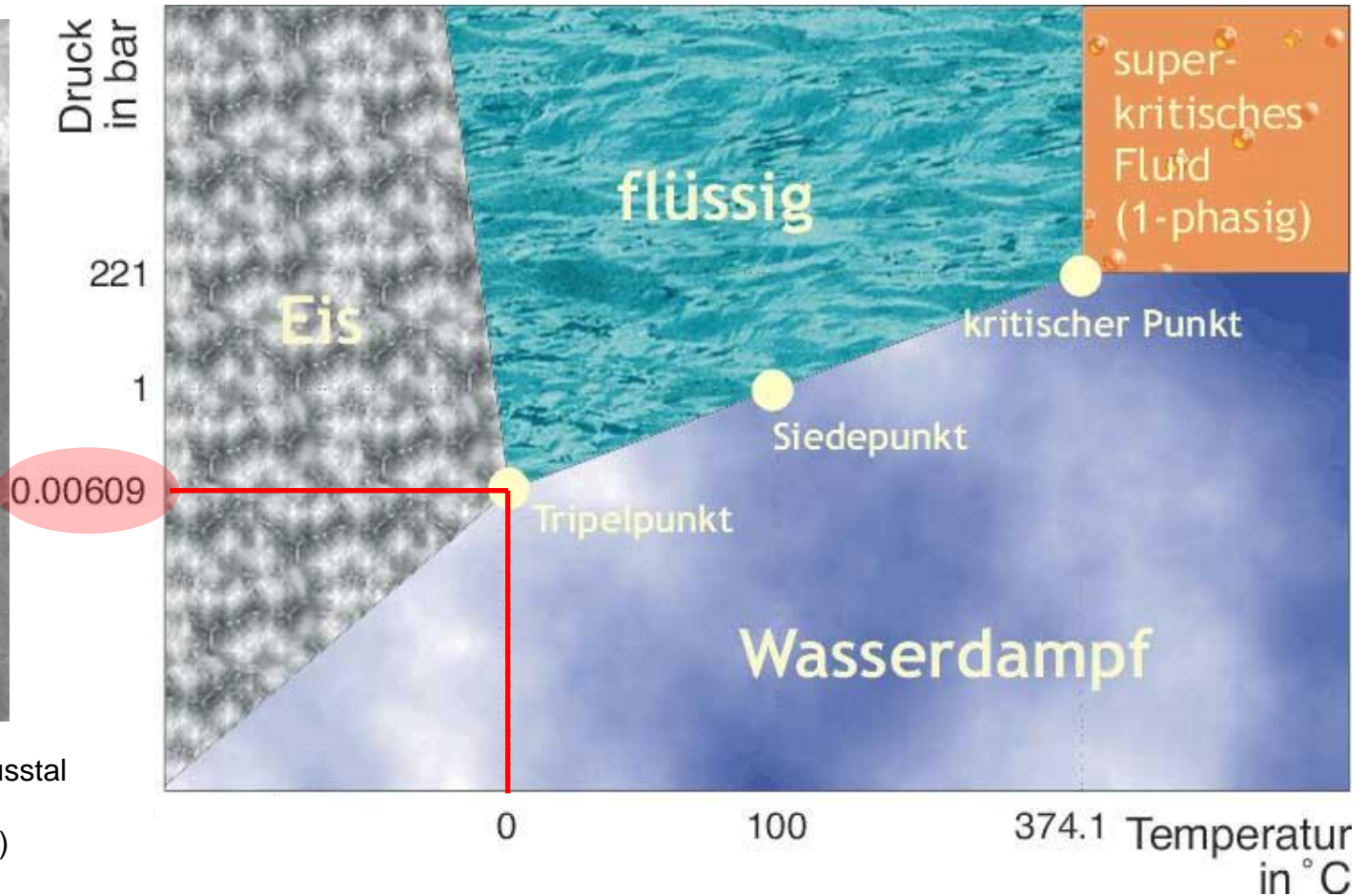




# Wasser auf dem Mars = Leben auf dem Mars ?

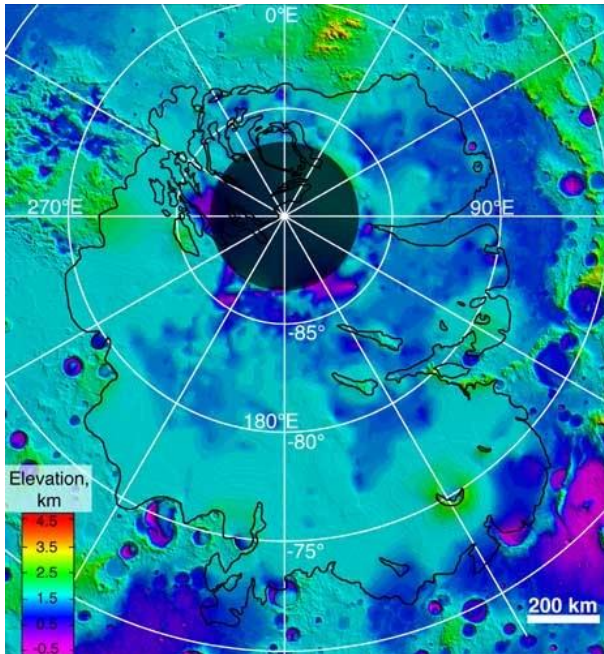


Ausgetrocknetes Flusstal  
auf dem Mars  
MGS (© NASA, JPL)





# Dicke Eismassen am Nord- und Südpol des Mars



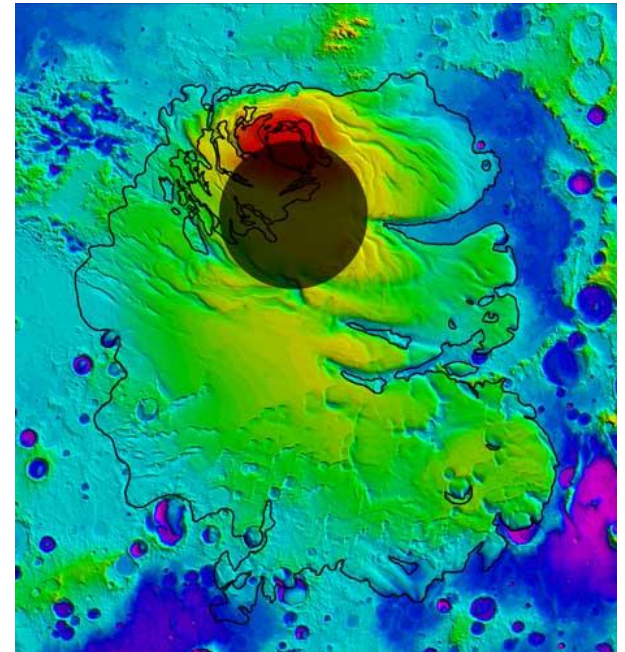
1,6 Millionen  
Kubikkilometern

=

Bis zu 3700 m  
dicke Schicht

=

11m tiefer Ozean auf  
dem Mars, wenn flüssig

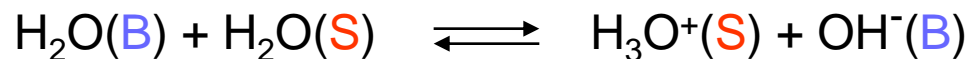


Topografie der Region um den Mars-Südpol: Der Eispanser (schwarzer Umriss) wurde hier weggerechnet, so dass die Landschaft darunter sichtbar wird

Radarbild des Mars-Südpols, diesmal mit Eis: Die Eiskappe hat einen Durchmesser von rund 1000 Kilometern. Diese Karte zeigt ein Gebiet von 1670 mal 1800 Kilometern



# Autoprotolyse des Wassers



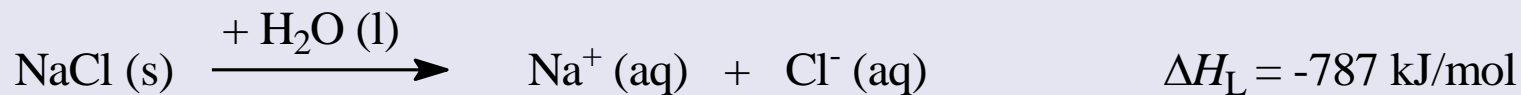
$$K_W = [\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

Standardbedingungen:  
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol/L}$

mit  
 $\text{pH} = 7$

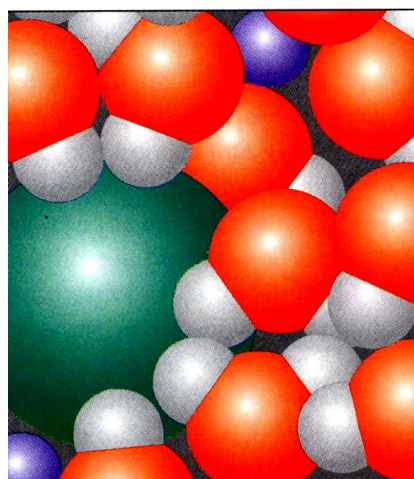
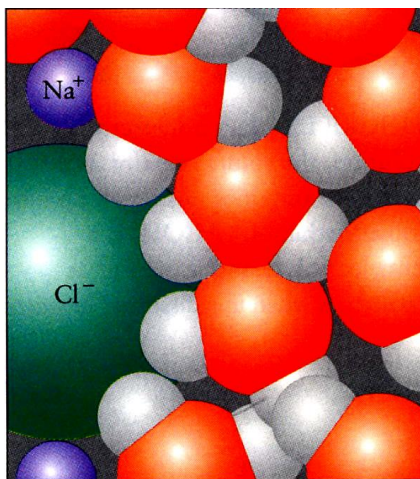


# Wasser als Lösemittel



$\Delta H_{\text{L}}$  = Lösungsenthalpie

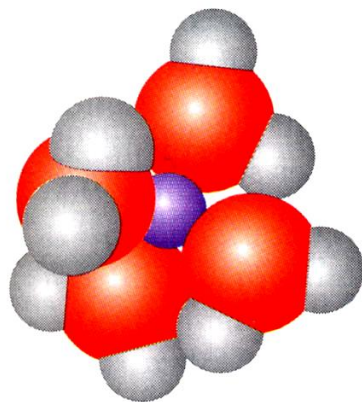
**Trennung von  $\text{Na}^+$ - und  $\text{Cl}^-$ -Ionen  
durch  $\text{H}_2\text{O}$ -Moleküle**



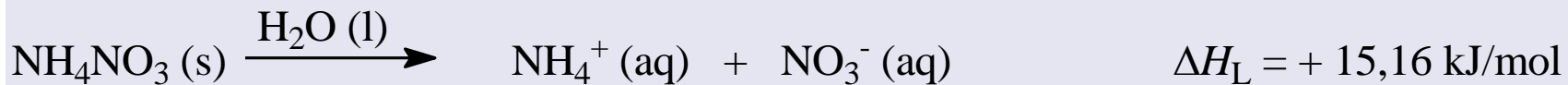
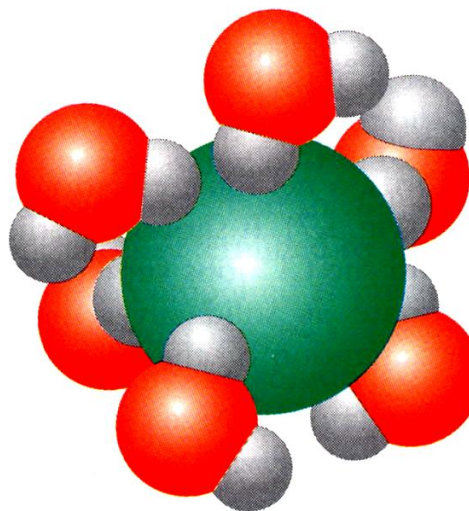


# Hydratation

**Na<sup>+</sup> (aq)**



**Cl<sup>-</sup> (aq)**





# Ionenbeweglichkeit in Wasser

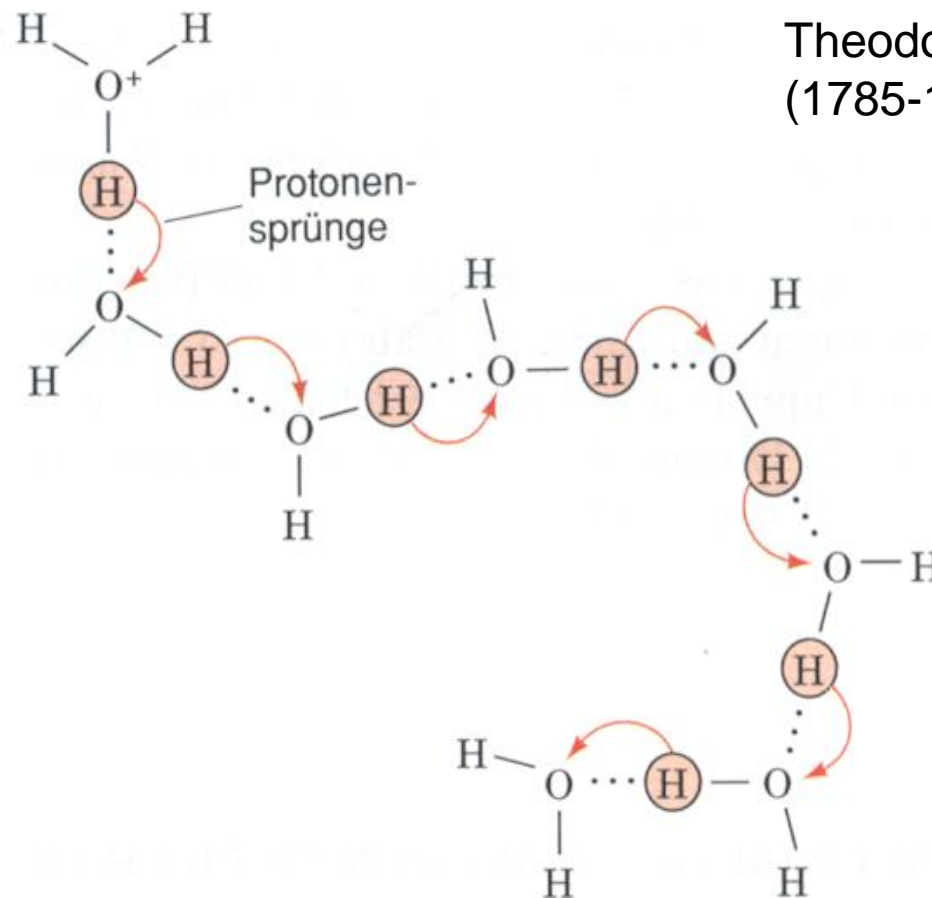
## Ionenbeweglichkeiten in Wasser bei 25°C

<b>Ion</b>	<b>Beweglichkeit · 10<sup>-5</sup> in cm<sup>2</sup> · V<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup></b>
<b>H<sub>3</sub>O<sup>+</sup></b>	<b>362.4</b>
<b>Li<sup>+</sup></b>	<b>40.1</b>
<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>51.9</b>
<b>K<sup>+</sup></b>	<b>76.1</b>
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	<b>76.0</b>
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>55.0</b>
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>61.6</b>
<b>OH<sup>-</sup></b>	<b>197.6</b>
<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>76.3</b>
<b>Br<sup>-</sup></b>	<b>78.3</b>
<b>CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup></b>	<b>40.9</b>
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	<b>79.8</b>



# Protonensprung-Mechanismus der Wanderung von Hydronium-Ionen durch wässrige Lösungen

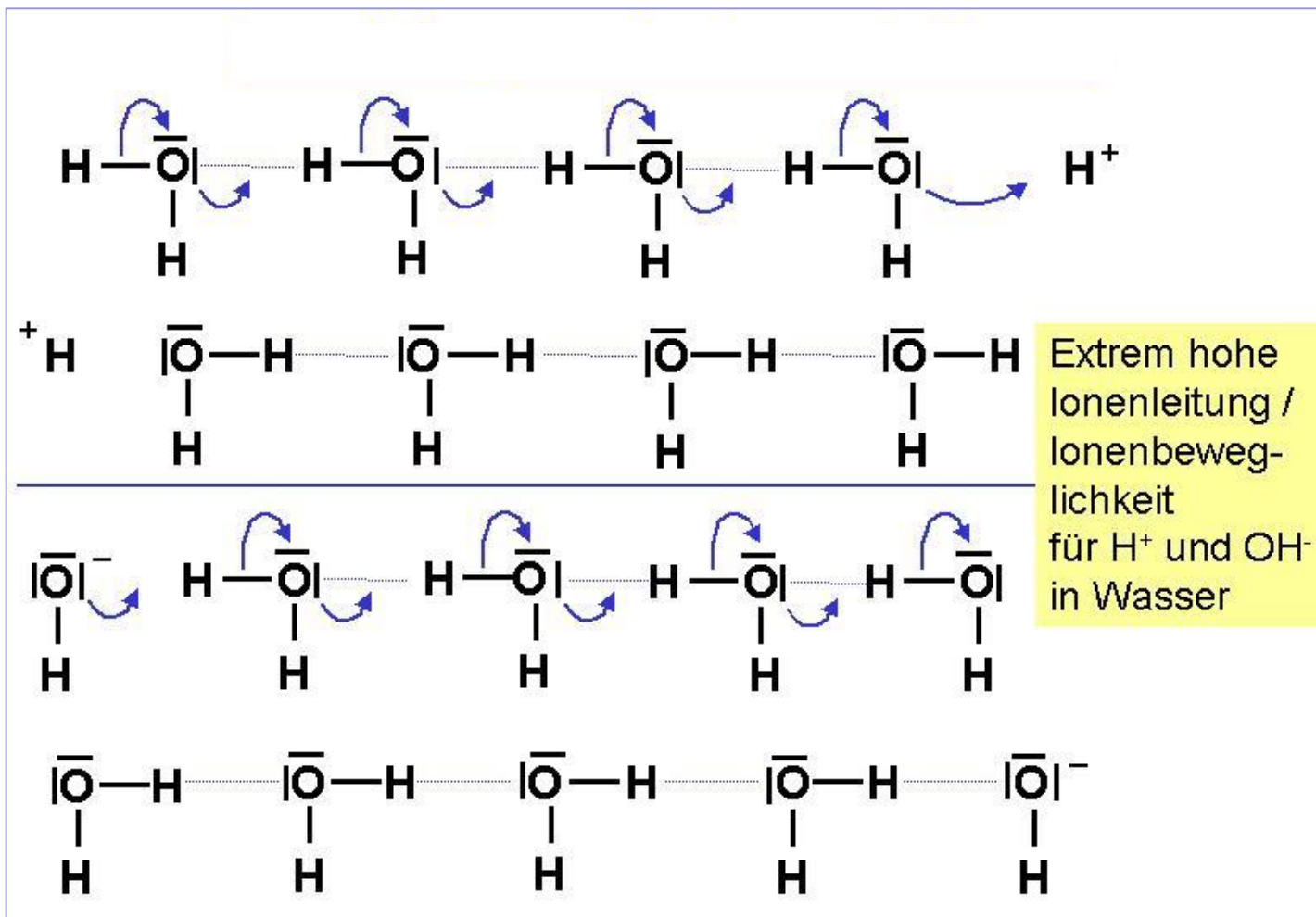
auch „Grotthusscher Sprungmechanismus“



Theodor von Grotthuß  
(1785-1822)



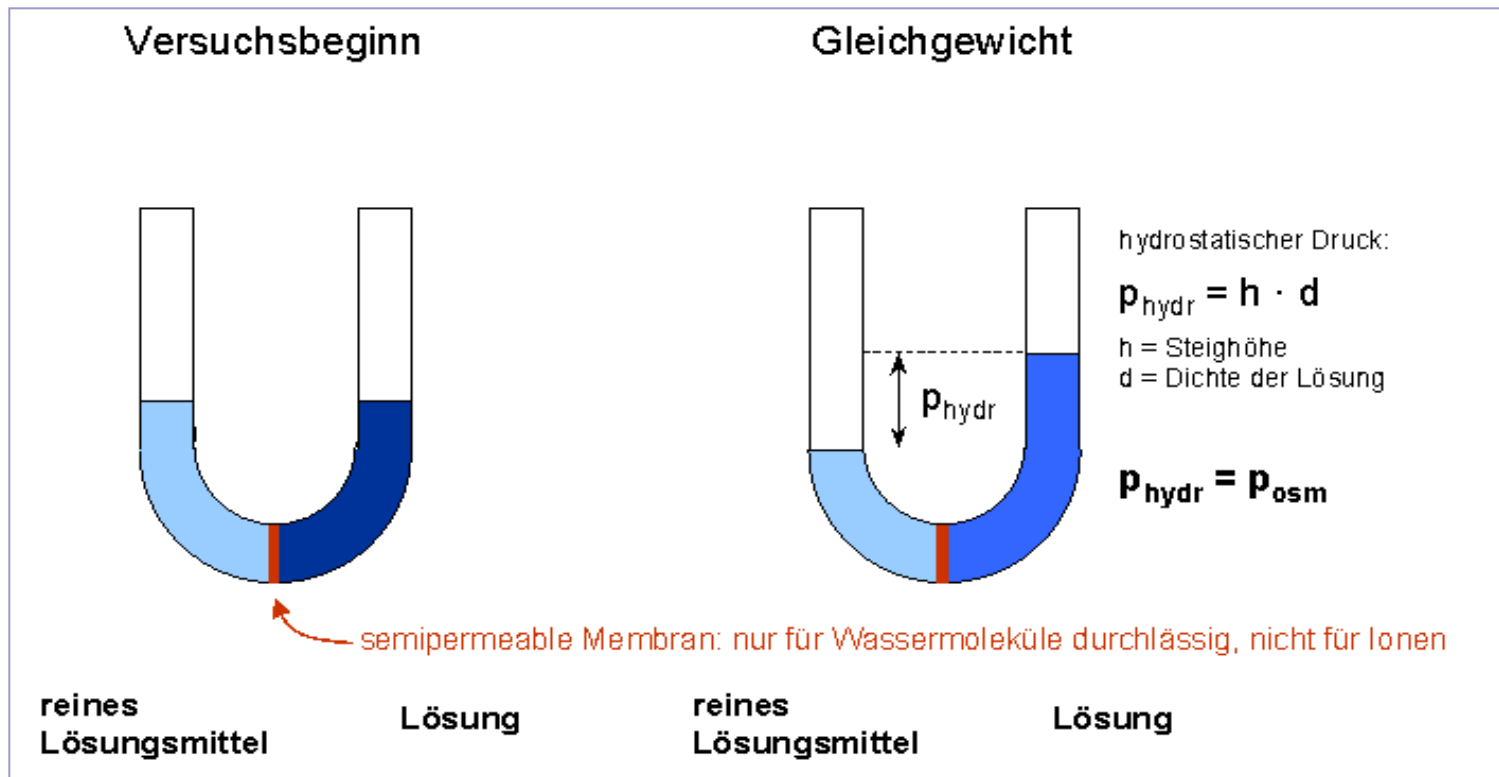
# Ionenleitung im Wasser: VB-Bild





# Osmotischer Druck

= Diffusion von Wasser durch Membranen entlang eines Konzentrationsgradienten





# Jacobus Henricus van't Hoff (1852-1911)

## Bedeutung

- Stofftransport
- Turgor (z.B. Pflanzen)
- Blutkörperchen
- Konservierung
- Isotonische Getränke
- Dialyse
- Injektionen



## Geschichte

- Entdeckung 1748 Nolloth
- 1877 Pfeffer: Messungen
- 1887: van't Hoff Theorie
- 1901 Nobelpreis van't Hoff

## Osmotischer Druck

## Herleitung: Gasgleichung

$$pV = nRT$$

$$p = (n/V)RT = cRT$$

W. Pfeffer  
(1845-1920)



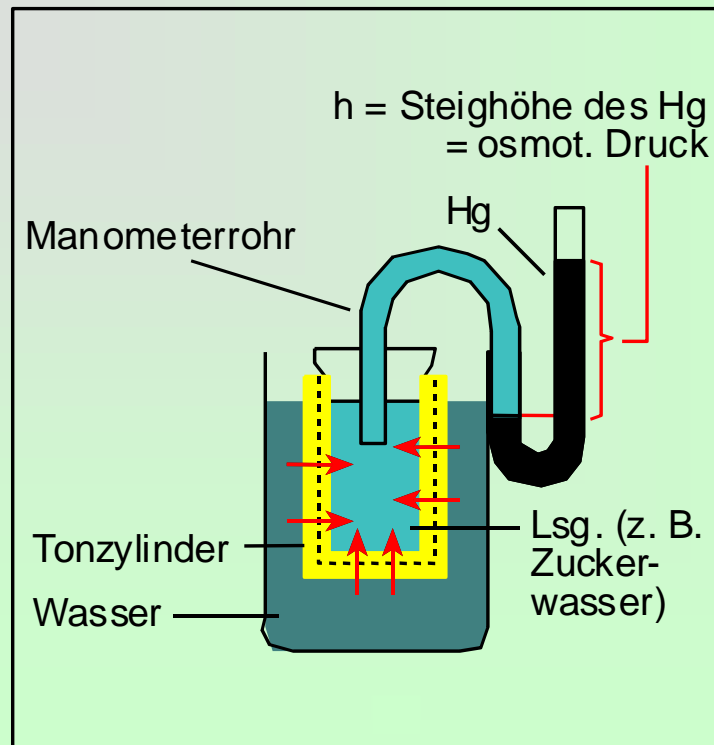
## Voraussetzung

- Semipermeable Membran
- Konzentrationsunterschiede
- Einseitige Diffusion
- Gleichgewicht



# Zusatz

## Schematischer Aufbau der Pfefferschen Zelle

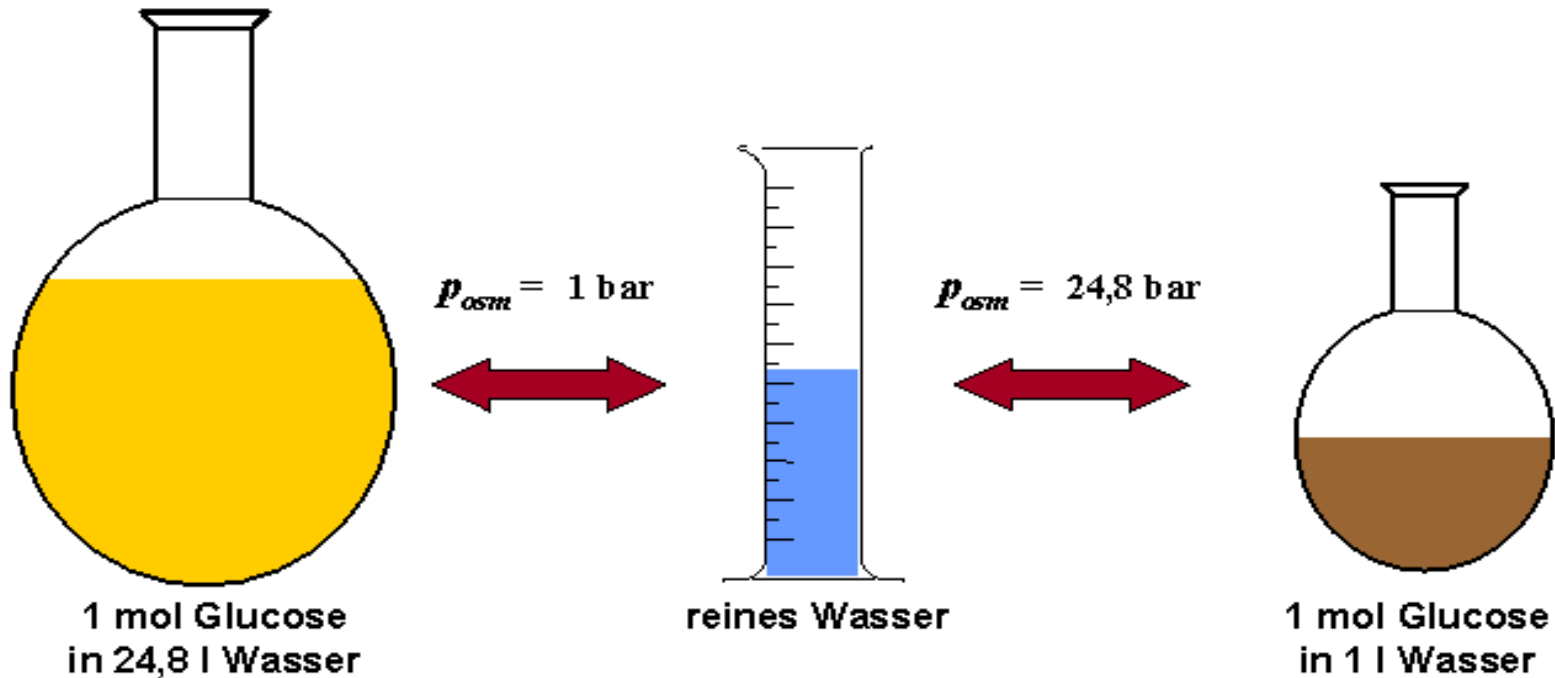




# Osmotischer Druck einer Glukose Lösung

$$p_{osm} = [A] \cdot R \cdot T$$

Abhängig von der Zahl (Konzentration) der Teilchen, nicht von ihrer Natur!

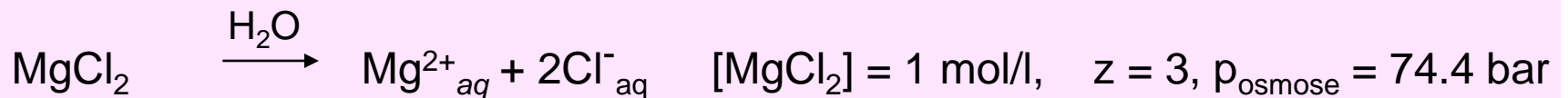
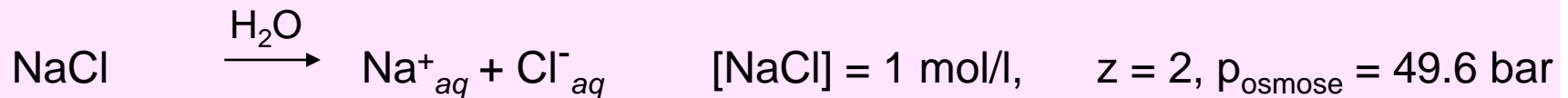




# Osmotischer Druck einer Salzlösung

$$p_{\text{osmose}} = z \cdot [A] \cdot R \cdot T$$

*Abhängig von der Zahl (Konzentration) der gelösten Teilchen (nicht Art!)*



*Warum wird in der Kartoffel Stärke und nicht Glukose gespeichert?*

bei 25 °C



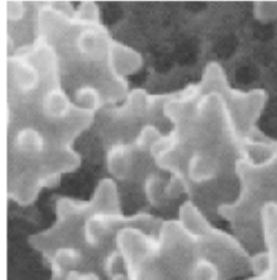
# Experiment

## ■ **Osmose am Beispiel eines Gummibärchens**

In 3 Bechergläser wird jeweils ein Gummibärchen gegeben. Das 1. Becherglas füllt man mit Leitungswasser, das 2. Becherglas mit dest. Wasser und das 3. Becherglas bleibt unaufgefüllt.(ca.2 Tage stehenlassen). Die im Wasser liegenden Gummibärchen beginnen aufzuquellen, weil sie das Wasser durch ihre Gelantinehaut hindurch aufnehmen.

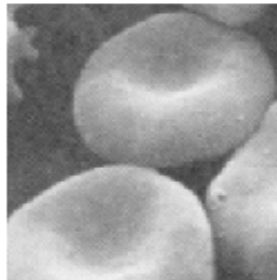


# Hyper-, Hypo- und Isotonie



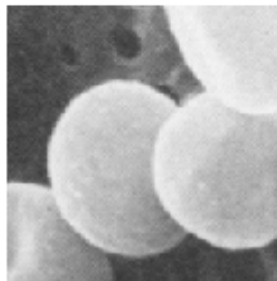
**hypertonisch**

z.B. 10% NaCl



**isotonisch**

z.B. 0,9% NaCl



**hypotonisch**

z.B. dest. Wasser

Abb.: Mortimer: Chemie, S. 211

$$0,9\% \text{ NaCl} = \frac{9 \text{ g NaCl}}{1000 \text{ g H}_2\text{O}} = 9 \text{ g/l}$$

$$n_{\text{NaCl}} = \frac{m}{M} = \frac{9 \text{ g}}{58,5 \text{ g/mol}} = 0,154 \text{ mol}$$

$$P_{\text{osm}} = z \cdot [\text{NaCl}] \cdot R \cdot T$$

$$P_{\text{osm}} = z \cdot \frac{n_{\text{NaCl}}}{V} \cdot R \cdot T$$

$$P_{\text{osm}} = z \cdot \frac{0,154 \text{ mol}}{1 \text{ l}} \cdot 0,0831 \frac{\text{bar} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 310 \text{ K}$$

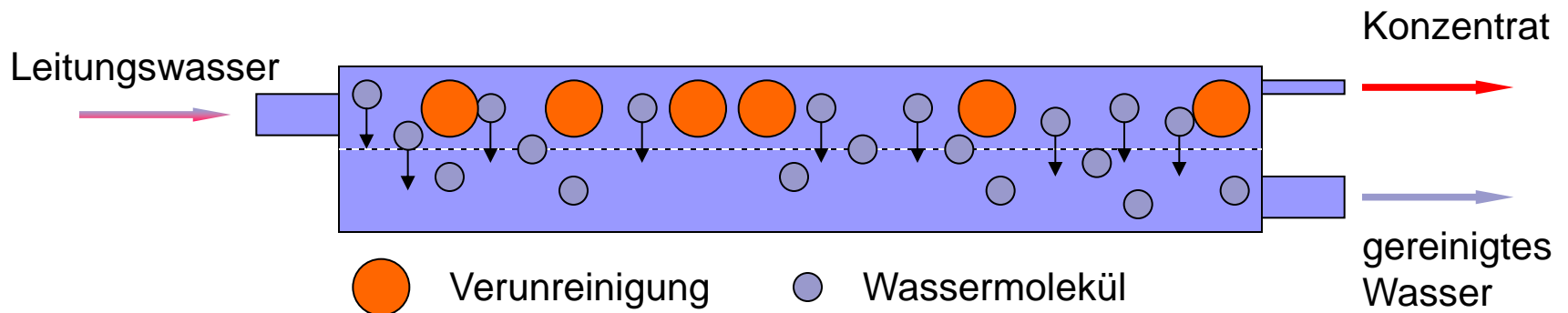
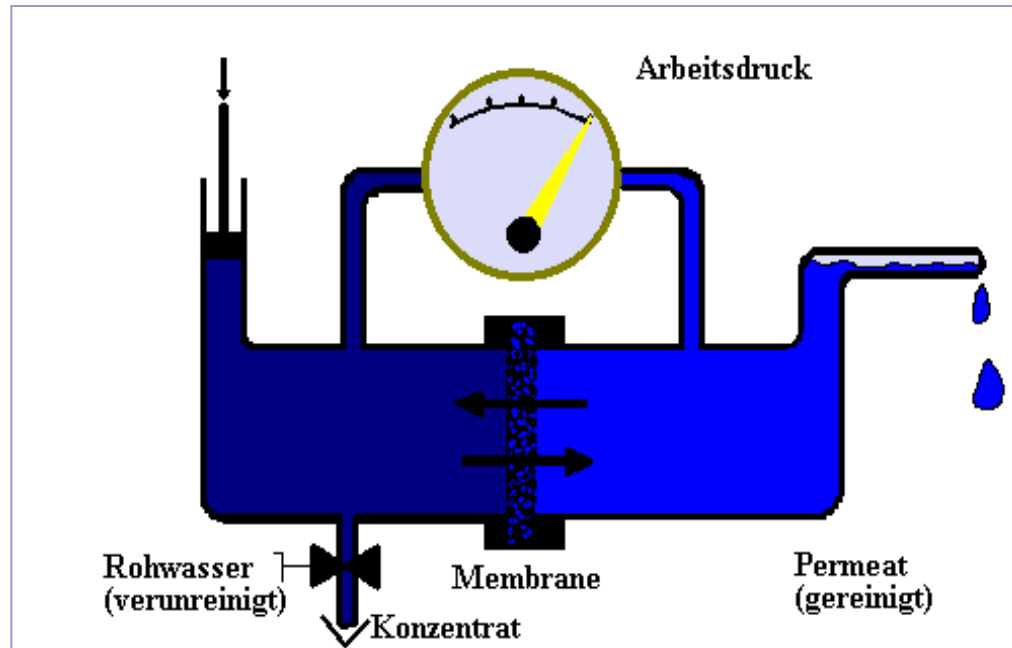
für NaCl:  $z = 2$     *theoretisch*  
 $z = 1,86$     *empirisch*

$$P_{\text{osm}} = 7,38 \text{ bar} \quad \text{bei } 37^\circ\text{C}$$

↓  
 Bezogen auf **Blut**plasma als Umgebung

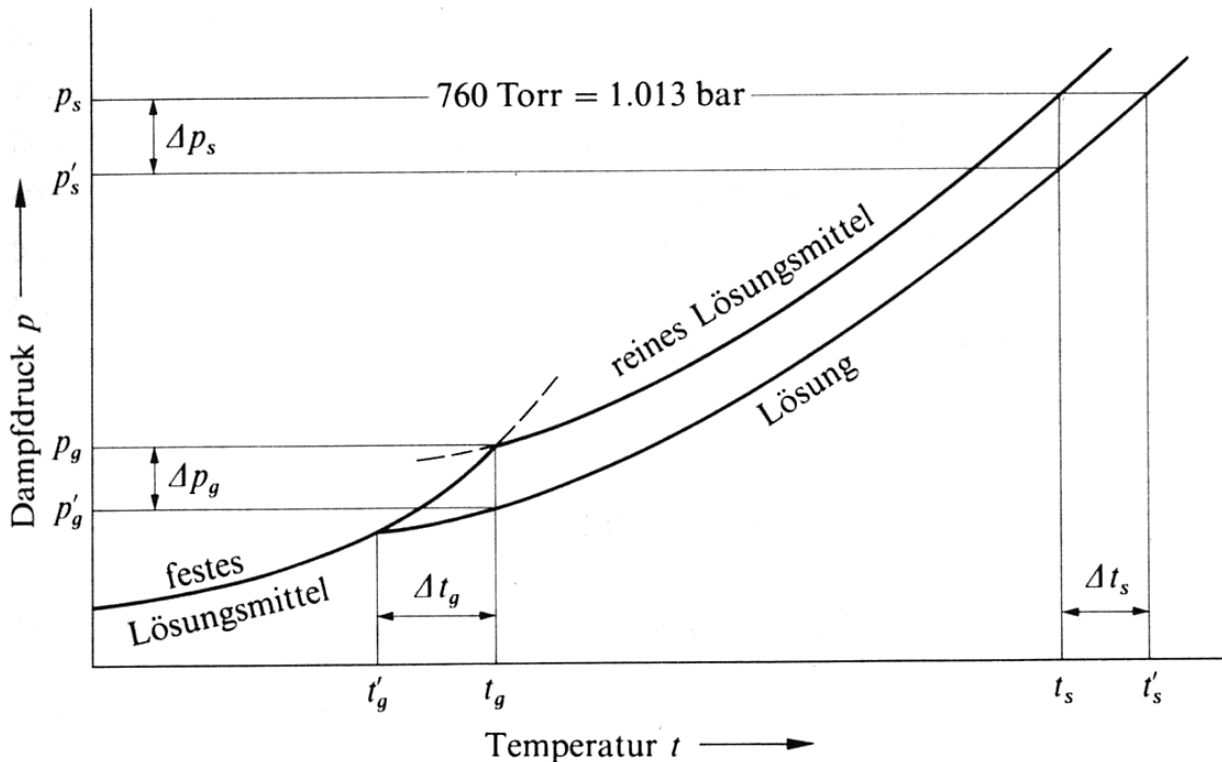


# Umkehrosmose zur Wasseraufbereitung





# Gefrierpunktserniedrigung und Siedepunktserhöhung



$\Delta T = \text{const} \cdot m_B$   
Raoult'sches Gesetz

In ideal verdünnten Lösungen sind die Gefrierpunktserniedrigungen und die Siedepunktserhöhungen ( $\Delta T$ ) der Molalität ( $m_B$ ) des gelösten Stoffes B proportional.



# Experimente

- **Siedepunktserhöhung mit NaCl**
- **Gefrierpunktserniedrigung einer Eis/Kochsalzlösung**

Als **kolligative Eigenschaft** (von lat. colligere „sammeln“) wird in der Chemie eine Stoffeigenschaft bezeichnet, die nur von der Teilchenzahl (Stoffmenge), nicht aber von der Art der Teilchen oder deren chemischer Zusammensetzung abhängt.



# Wasserstoffperoxid

## ■ Inhalt

- Darstellung
- Verwendung
- Eigenschaften
- Struktur



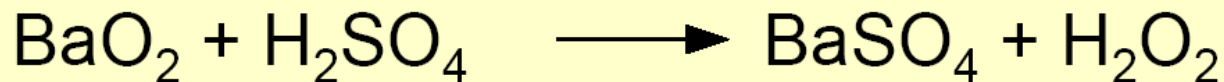
# Darstellung

Darstellung durch Dehydrierung von Wasser oder durch Hydrierung von Sauerstoff

Formal

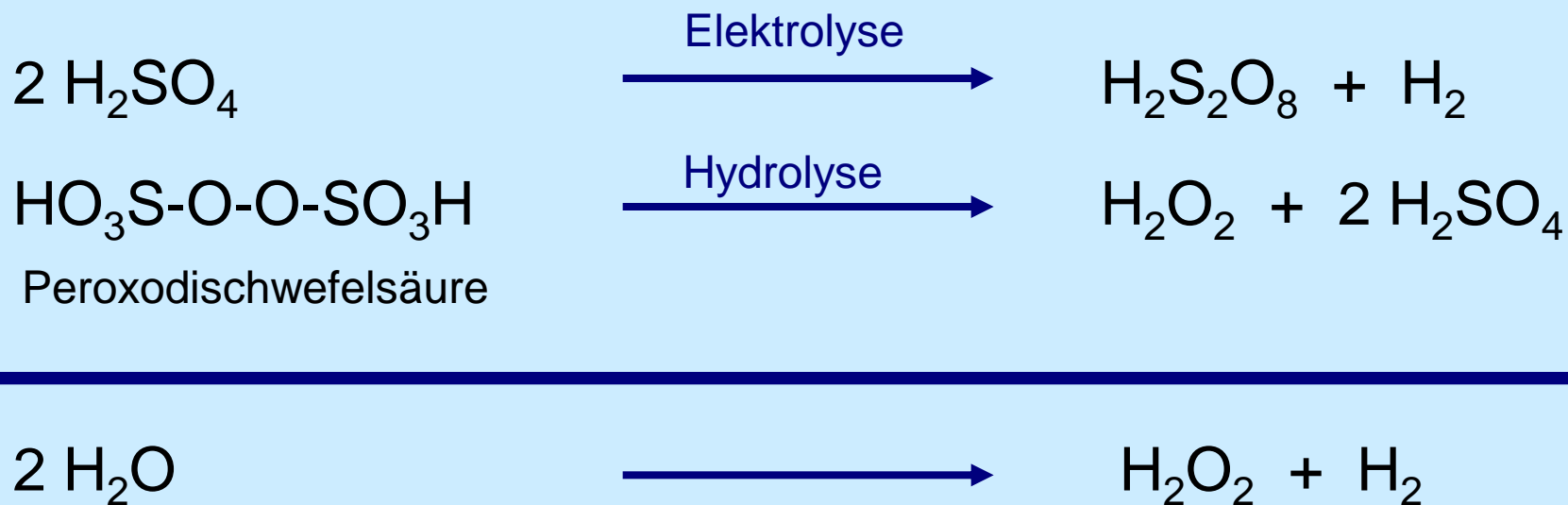


Früher aus Peroxiden:





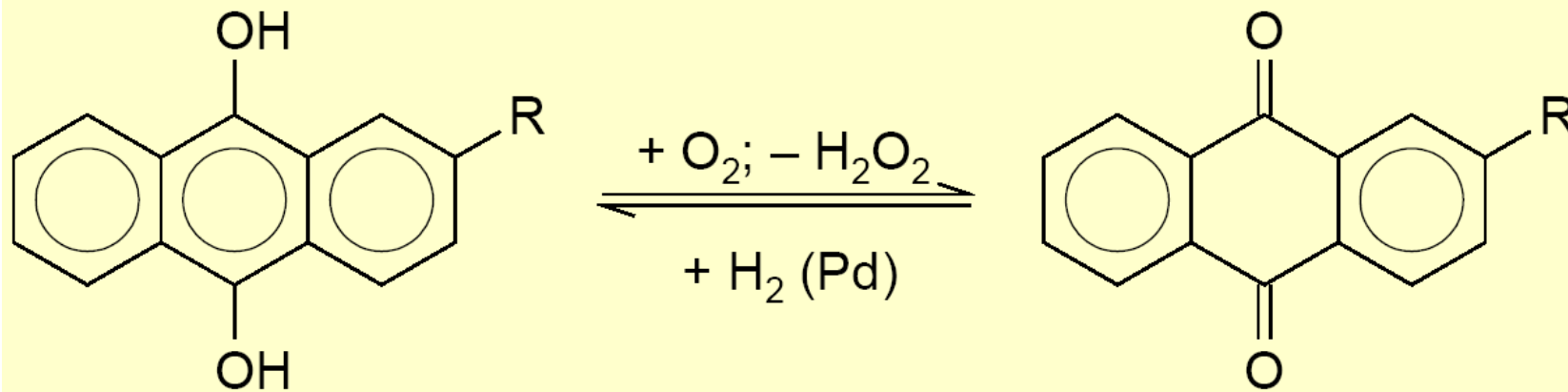
## Dehydrierung von Wasser über die Peroxodischwefelsäure





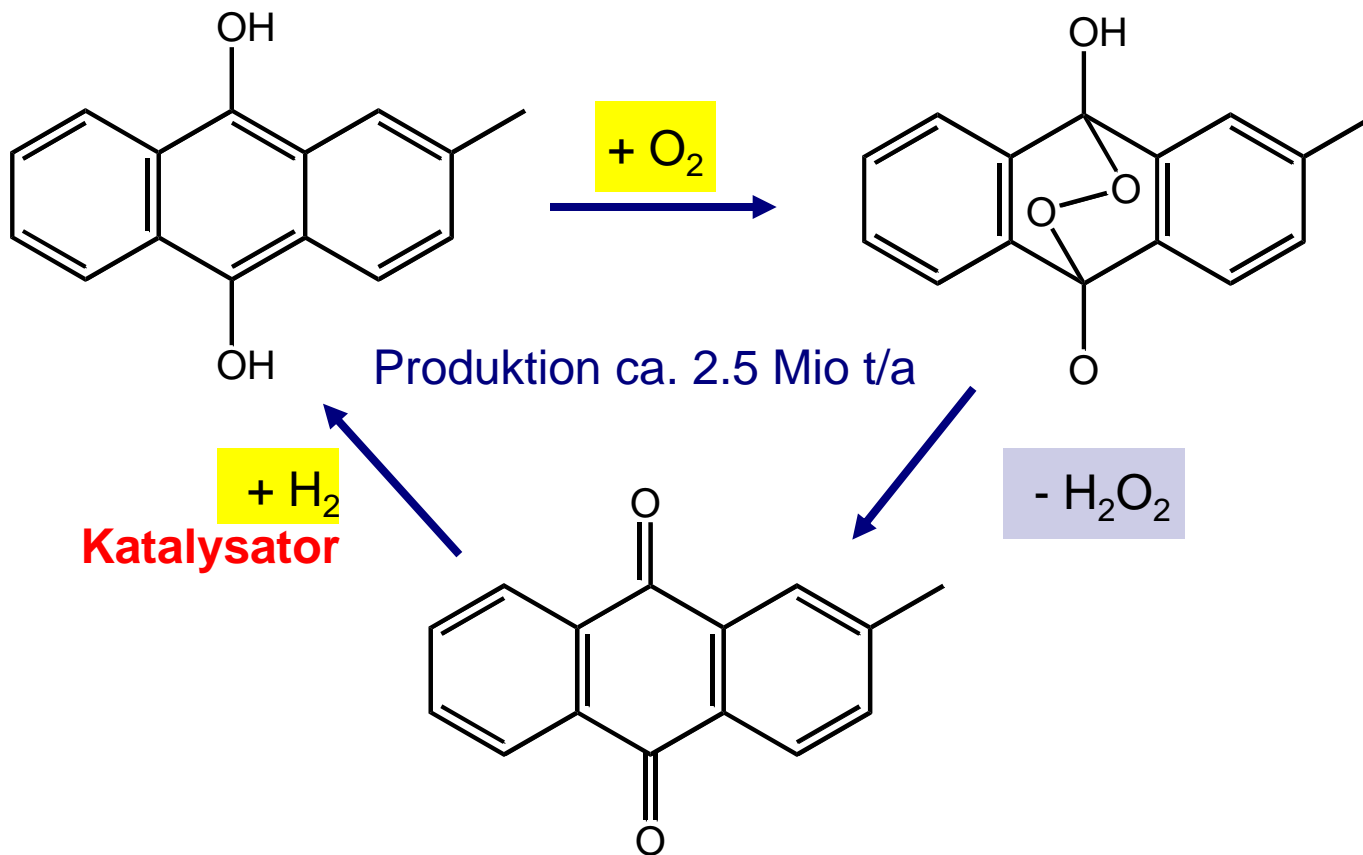
## Darstellung von $\text{H}_2\text{O}_2$ mittels Anthrachinon-Verfahren

Heute wird nahezu alles Wasserstoffperoxid (95% der Produktion) durch Hydrierung von Sauerstoff im **Anthrachinon-Verfahren** dargestellt:





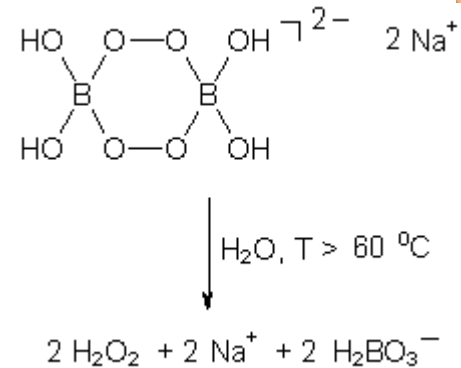
# Anthrachinonverfahren: Mechanismus





# Verwendung

- Lösung als Bleichmittel für Haare, Stroh, Textilien, Papier etc.
- In gebundener Form als **Perborat**  $\text{Na}_2[\text{B}_2(\text{O}_2)_2(\text{OH})_4] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  in allen modernen Waschmitteln (**Persil**)



- Als 3%-ige Desinfektionslösung
- Kunststoffherzeugende Industrie als  $\text{O}_2$ -Lieferant (Epoxidierung, Peroxoverbindungen)
- Reinigung von Abwässern



## Die Blondine in der Waschmaschine ...



*Norma Jean Baker* war zu dunkelblond. Erst als sie sich dem Publikumsgeschmack zuliebe in **wasserstoffblond** umfärbte, wurde sie als Marilyn Monroe zum Filmstar. Doch eigentlich sollte es „**sauerstoffblond**“ heißen – der Wasserstoff hat nämlich nichts mit der bleichenden Wirkung von Wasserstoffperoxid zu tun: Es ist der Sauerstoff in **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**, dem Molekül aus zwei Sauerstoff- und zwei Wasserstoffatomen, der so heftig mit seiner Umgebung reagiert. Er zerstört Farbstoffmoleküle, vernichtet Bakterien und liefert die Energie für kleine und große Explosionen.

***Beitrag der GdCH zu Jahr der Chemie 2003***



# Bombardierkäfer (*Brachinus explosivus*)



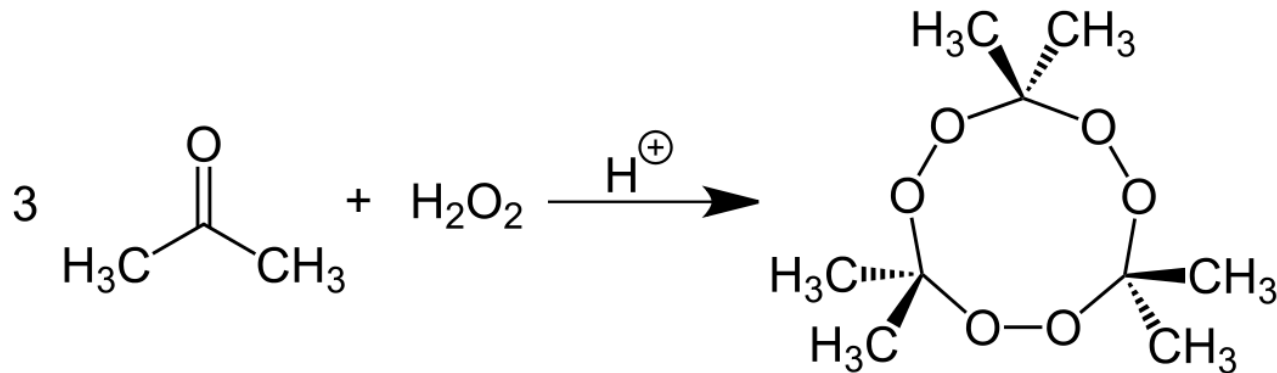
**Bombe im Hinterleib!**



Wie kommt es zu dieser wirksamen Abwehr? Der *Brachynus* richtet seinen Hinterleib gegen den Angreifer, hebt ihn möglichst weit weg vom Boden, öffnet über dem After einen Schlitz im letzten Hinterleibsring, was rechts und links je ein Kanonenrohr freilegt - dann drückt er ab! Unter einem hörbaren Knall entweicht ein blaues Dunstwölkchen übel riechendes Giftgas. Der Gestank umnebelt den Schützen, der den Schock des Angreifers nutzt und rasch das Weite sucht.



# Acetonperoxid



**Acetonperoxid** (auch bekannt als **APEX** oder **TATP**) ist ein hochexplosiver Stoff mit der Schlagempfindlichkeit eines Initialsprengstoffs

**K-141 Kursk**  
**2000 gesunken**







# Experiment

## ■ Nachweis von Titan durch Wasserstoffperoxid

Im Reagenzglas wird eine Lösung von Titan(IV) -oxidsulfat mit Wasserstoffperoxid versetzt. Die Lösung färbt sich gelb bis gelborange. Es haben sich hauptsächlich Titan(IV)-peroxid-Kationen gebildet.



# Physikalische Eigenschaften

**Farblose, in dicker Schicht blaue, hochviskose Flüssigkeit**

**Sdp. 150.2°C**

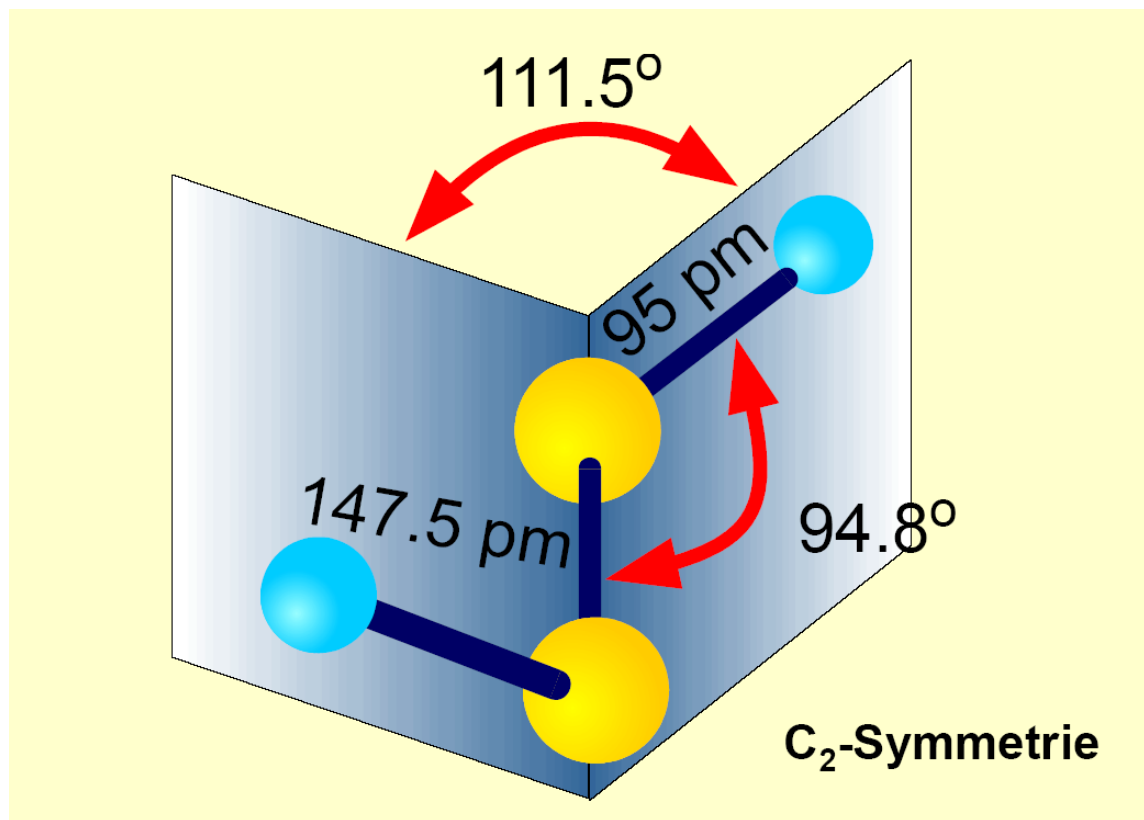
**Smp. - 0.43°C**

**d = 1.448 g/cm<sup>3</sup>**

**Unter verminderten Druck ist die Destillation ohne Zersetzung möglich!**

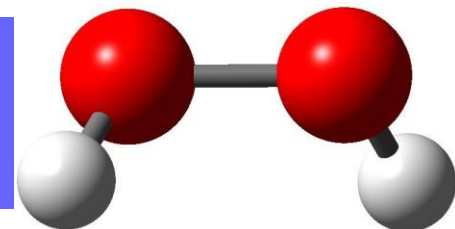


# Struktur

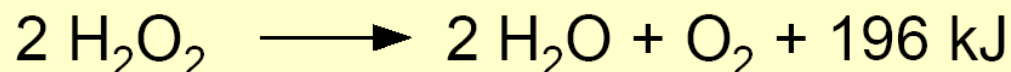




# Chemische Eigenschaften

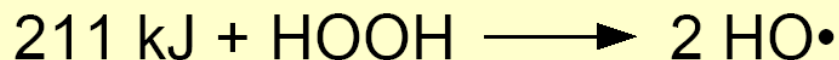


**Hohes Zerfallsbestreben:**



**Jedoch sehr langsam bei Zimmertemperatur. Wird durch Katalysatoren und Wärme stark beschleunigt (explosionsartiger Zerfall !)**

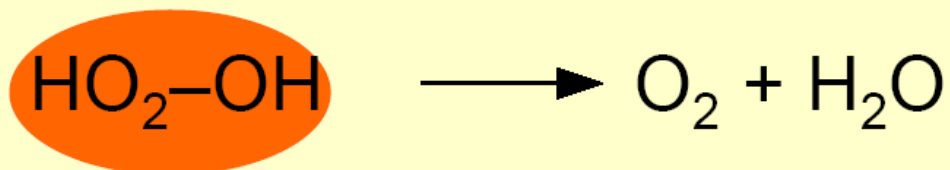
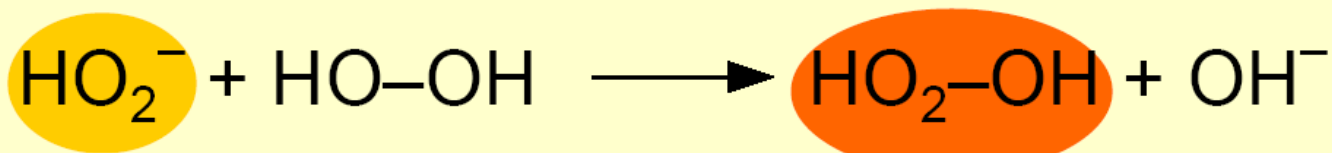
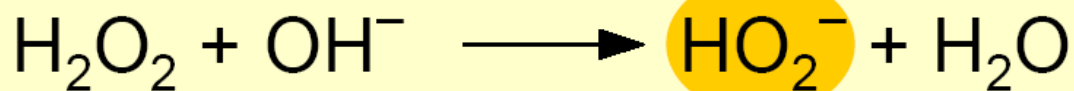
**Zerfall wird initiiert durch Bildung von OH-Radikalen:**





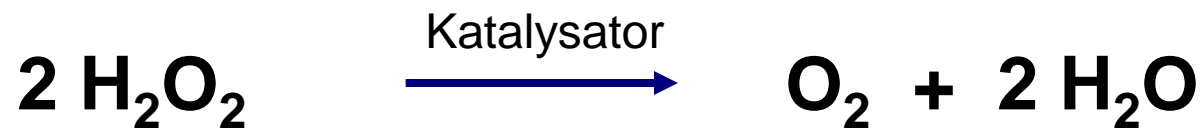
# Zerfall

## Reaktion mit Hydroxiden:





# Katalytische Zersetzung

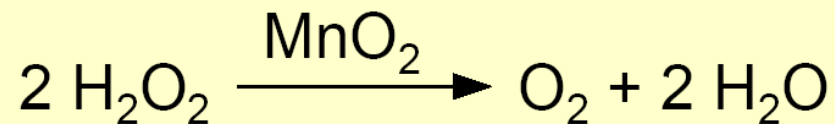


Katalysator: z.B.  $\text{MnO}_2$  Braunstein, Metalle





# Experiment: Zersetzung mit $\text{MnO}_2$





# Experimente

## ■ Zersetzung von $\text{H}_2\text{O}_2$ mit Braunstein

Zu einer Lösung von 30%igem  $\text{H}_2\text{O}_2$  wird eine Spatelspitze Braunstein gegeben. Es erfolgt eine heftige Reaktion. (Disproportionierung)

## ■ Zersetzung von $\text{H}_2\text{O}_2$ mit Blut

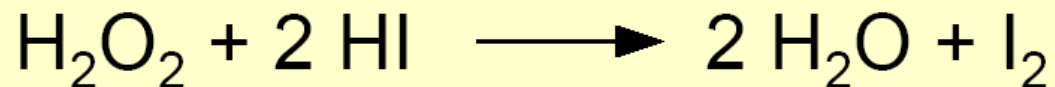
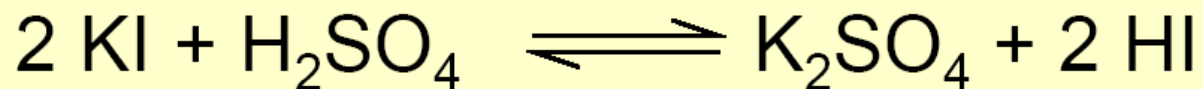
Ein 250ml Kelchglas wird mit 50ml Blut gefüllt und mit 15ml einer 30%igen  $\text{H}_2\text{O}_2$  –Lösung versetzt. Es tritt sofort unter Aufschäumen eine heftige Reaktion ein. Dabei wird das Blut teilweise entfärbt (bleichende Wirkung des  $\text{H}_2\text{O}_2$ ), so dass das Gemisch nach der Reaktion wie ein Eisbecher mit roten Früchten aussieht.

## ■ Elefantenzahnpasta



## Oxidation von Iodid zu Iod

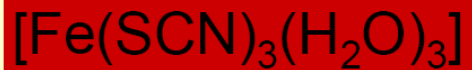
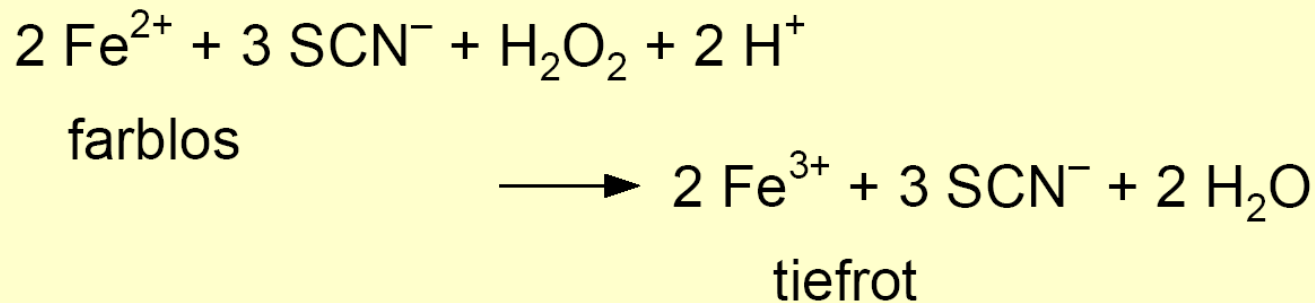
**Reaktion mit Kaliumiodid in schwefelsaurer Lösung:**





# Oxidationswirkung: $\text{Fe}^{2+}$ zu $\text{Fe}^{3+}$

Reaktion mit Eisen(II) in saurer Lösung:





# Experiment

## ■ **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> als Oxidationsmittel**

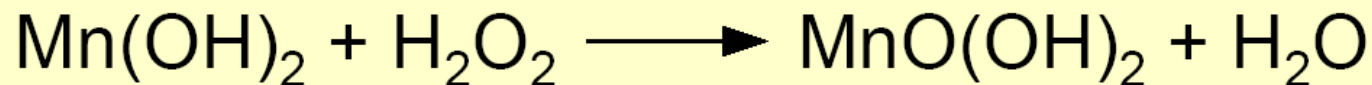
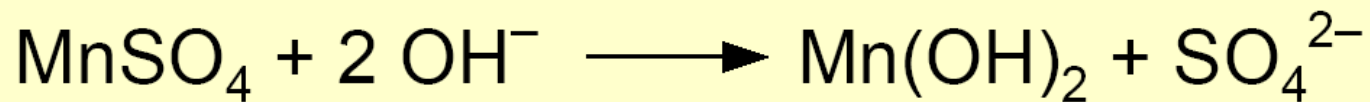
Eine verdünnte Kaliumiodidlösung wird mit Schwefelsäure angesäuert und mit einer 30%igen H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Lösung versetzt. Die Lösung färbt sich braun.

- Eine **verdünnte Eisen(III)-chloridlösung** wird mit 3 Tropfen 10%iger Ammoniumthiocyanatlösung versetzt. Es entsteht eine Eisenthiocyanatkomplexverbindung, die tiefrot gefärbt ist. Die Komplexverbindung wird verdünnt und mit Fluorid entfärbt. Wird Fe(II) verwendet, bildet sich der tiefrote Niederschlag erst nach Zugabe von H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.



## Oxidationswirkung: $\text{Mn}^{2+}$ zu $\text{Mn}^{4+}$

### Reaktion mit Mangansulfat in alkalischer Lösung:

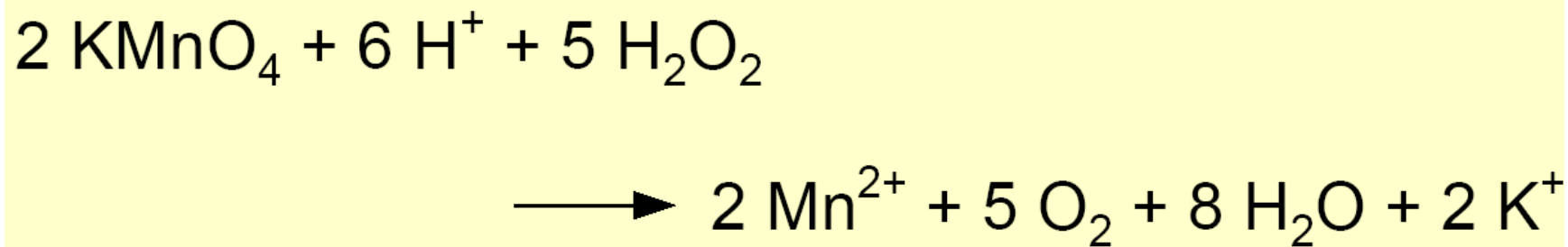


braunschwarz



# Reduktionswirkung

**Reaktion mit Permanganat in saurer Lösung:**





# Experiment

## ■ $\text{H}_2\text{O}_2$ als Oxidationsmittel

Eine alkalische Mangansulfatlösung wird mit einer 10%igen  $\text{H}_2\text{O}_2$  Lösung versetzt. Die Lösung färbt sich braunschwarz (Braunstein).

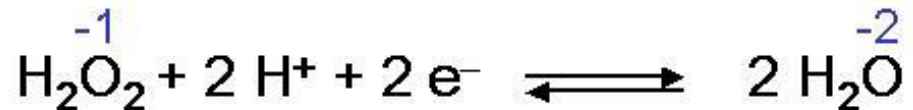
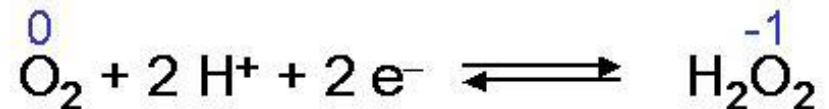
## ■ $\text{H}_2\text{O}_2$ als Reduktionsmittel

Eine verdünnte Kaliumpermanganatlösung wird mit Schwefelsäure angesäuert und mit einer 30 %igen  $\text{H}_2\text{O}_2$  Lösung versetzt. Die Lösung entfärbt sich.

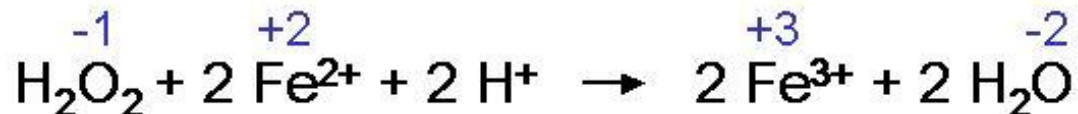
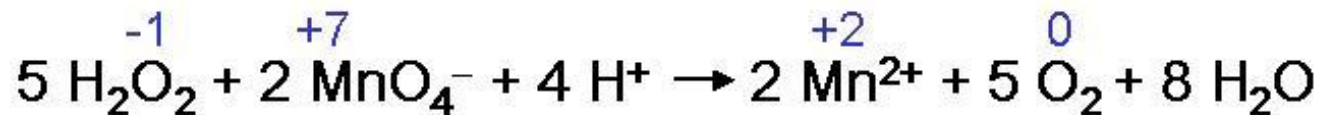
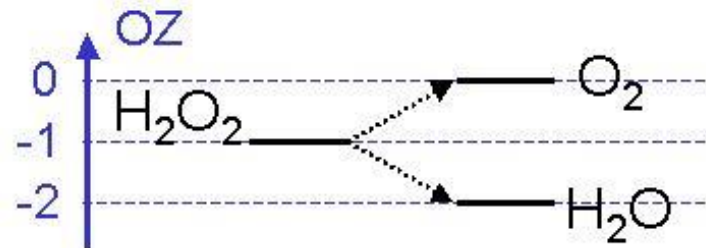


# Redoxamphoterie

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kann sowohl als Oxidationsmittel, wie auch als Reduktionsmittel wirken



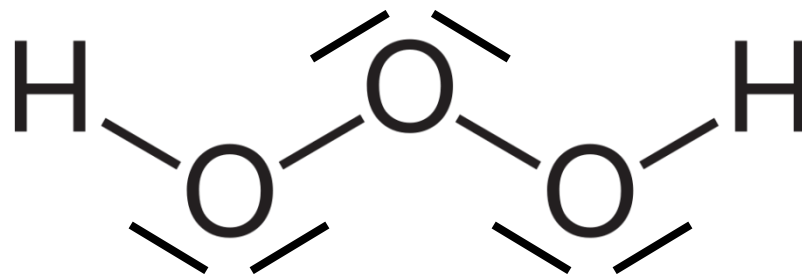
Zerfall:





# Dihydrogentrioxid (H<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Science. **2002**, 295(5554), 482



- Hergestellt werden kann es durch das Anthrachinon-Verfahren, wobei aber statt normalem Sauerstoff Ozon verwendet wird. Es ist eine instabile Substanz und zerfällt bei über  $-40\text{ °C}$ . In der Natur kann es als Zwischenprodukt von Reaktionen vorkommen.
- In organischen Lösungen beträgt die Halbwertszeit 16 Minuten, bei Anwesenheit von Wasser jedoch nur wenige Millisekunden:





# Polywasser



1962 UdSSR  
1969 USA

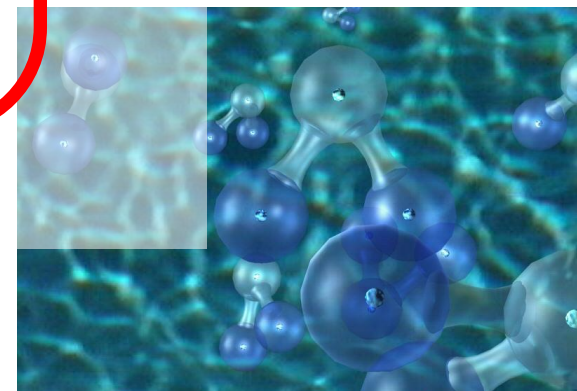
- Eigenschaften: kaum Dampfdruck
- Dichte  $\sim 1.4 \text{ g/cm}^3$ ,
- Mischbar mit Wasser (Abhängig von der Polymerkettenlänge)
- Stabil bis ca.  $500^\circ\text{C}$ .
- Polywater wahrscheinlich der Grund warum auf anderen Planeten kein Wasser
- Gefahr: Erdwasser konnte polymerisieren

**FLOP**

**Polywasser: 5 % Wasser + 95 % Salze (Silikate, Borate, Chloride, Sulfate ...)**

*„I regard the polymer as the most dangerous material on earth. Scientists everywhere must be alerted to the need for extreme caution in the disposal of polywater. Treat it as the most deadly virus until ...“*

*Nature (222), 159; 1969*

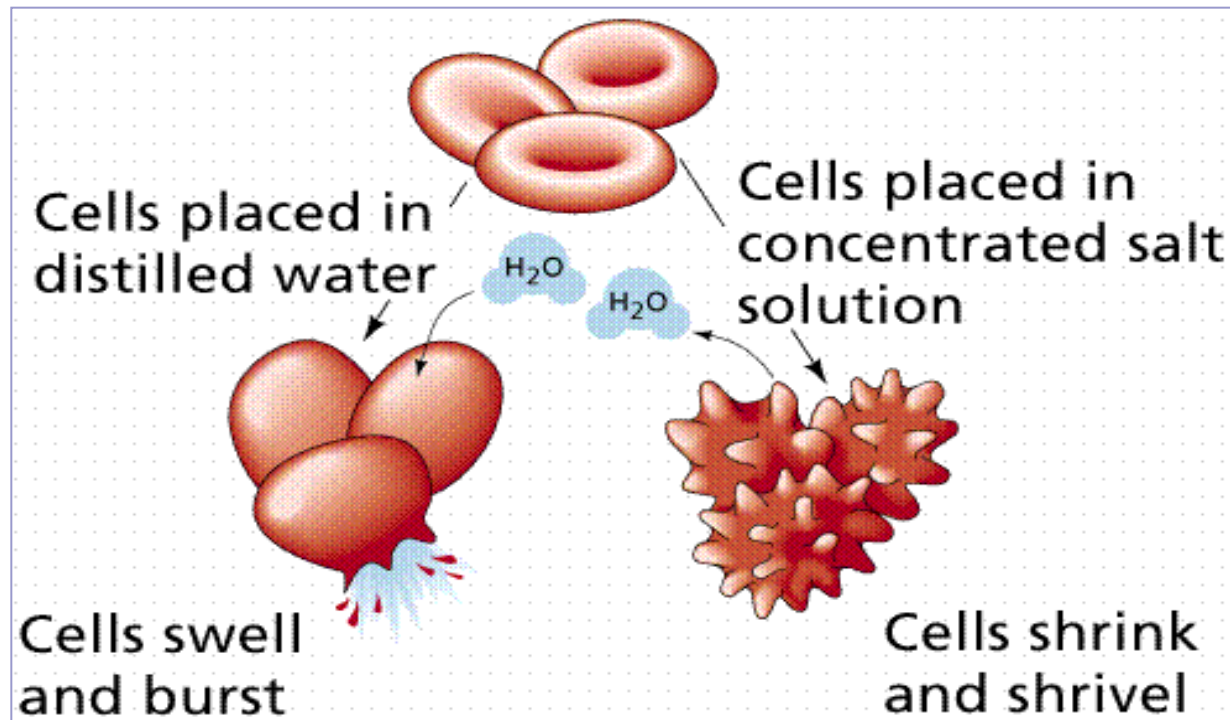




Ende



# Rote Blutkörperchen in einer isotonischen Umgebung (Blutplasma)



Platzen verhindern durch: 0,9 prozentige NaCl-Lösung  
=  
Physiologische Kochsalzlösung



# Hypertonische Zellwandlose Zellen

