



# ZWISCHENMOLEKULARE KRÄFTE

## Wichtig:

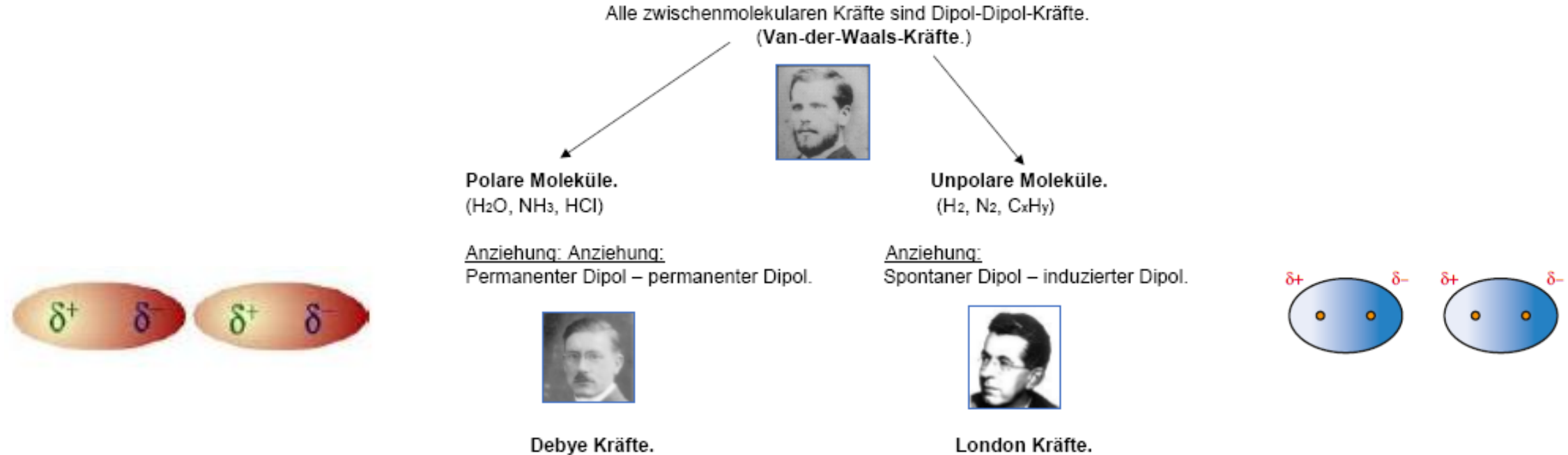
*Das gesamte Skript darf nur von Teilnehmern dieser Vorlesung als Lehrmaterial verwendet werden. Es darf nicht (auch nicht in Teilen) veröffentlicht, vervielfältigt oder an andere Personen (weder als Ausdruck noch elektronisch) weitergegeben werden.*

# Inhalt

- Van-der-Waals Kräfte
- Dipol-Dipol-Wechselwirkung – Debye-Kräfte
- Dispersionskräfte – London-Kräfte
- Wasserstoffbrückenbindungen

# Zwischenmolekulare Kräfte

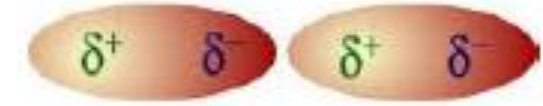
Zwischenmolekulare Kräfte, „van-der-Waals-Kräfte“ sind intermolekulare Wechselwirkungen zwischen Molekülen, die z.B. erklären, warum Moleküle Flüssigkeiten und Festkörper bilden können. Intermolekulare Kräfte bestimmen die physikalischen Eigenschaften von Molekülen.



# Zwischenmolekulare Kräfte bei polaren Molekülen

## Dipol-Dipol-Wechselwirkungen (Debye-Kräfte)

- Treten bei Molekülen mit permanenten Dipolen auf
- Positive und negative Teilladungen ziehen sich an
- Stärker als London-Kräfte (zwischen unpolaren Molekülen)
- Bedeutsam für Siedepunkte polarer Stoffe



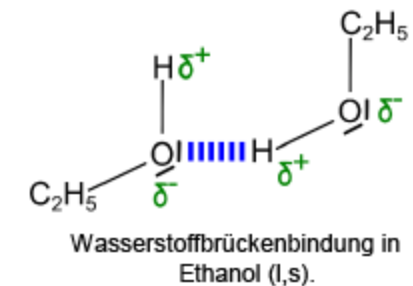
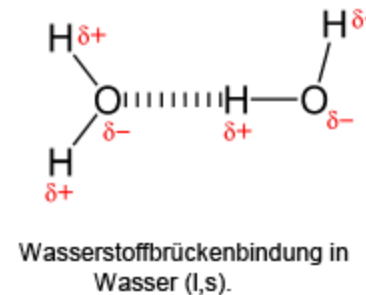
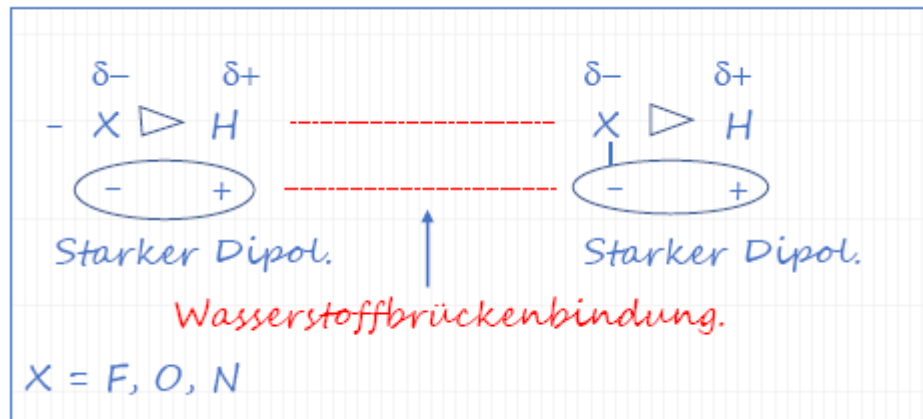
**Frage:** Warum kondensieren Gase wie z.B. Chlorwasserstoff (HCl) bei niedrigen Temperaturen zu einer Flüssigkeit? Welchen Einfluss hat dabei die kinetische Energie?

# Spezialfall: Wasserstoffbrückenbindungen

Besonders starke Dipol-Dipol-Wechselwirkung

Bei Molekülen in denen ein H-Atom an ein stark elektronegatives Atom gebunden ist (O, N, F) → starker Dipol

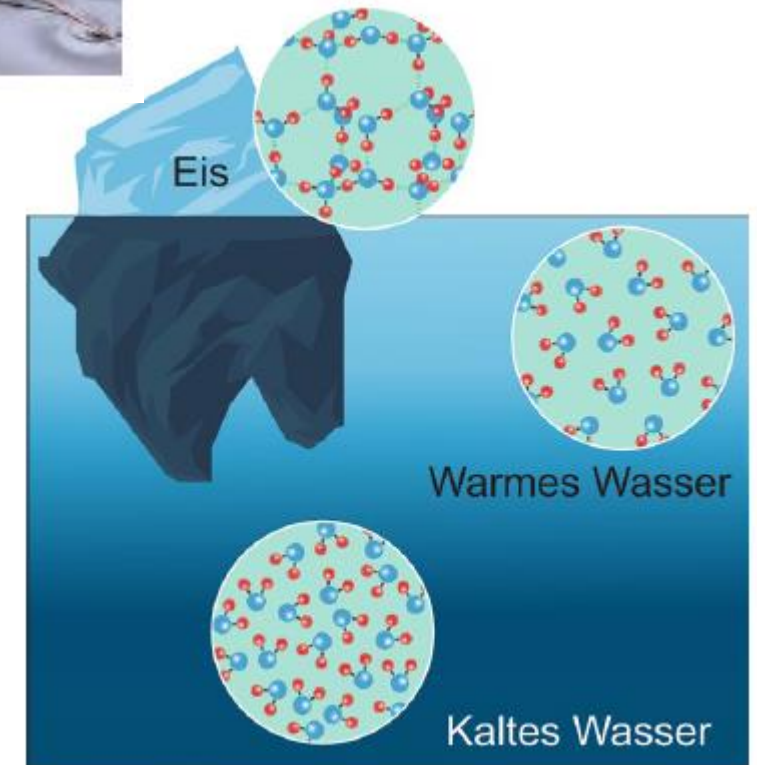
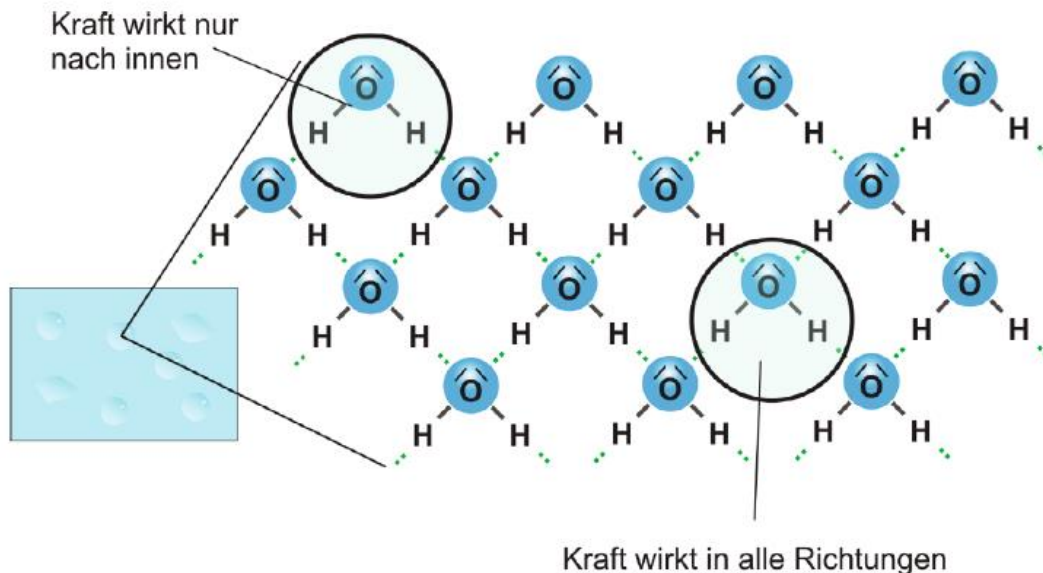
Wasserstoff-Brücken sind WW zwischen gebundenem H-Atom und einem weiteren elektronegativen Atom



Wasserstoff-Brückenbindungen prägen z.B. die räumliche Struktur von Proteinen und DNA

# Besondere Eigenschaften des Wassers

- Hohe Siedetemperatur
- Höchste Dichte bei 4°C im flüssigen Zustand
- Festes Wasser (Eis) schwimmt an Wasseroberfläche
- Hohe Oberflächenspannung



# Auswirkung von Wasserstoff-Brücken-Bindungen

**Frage:** Wasser hat einen Siedepunkt von 100°C. Welchen Siedepunkt (Trend) erwarten Sie bei Schwefelwasserstoff oder Selenwasserstoff? Wie lassen sich die Unterschiede erklären?

Wasserstoffverbindungen der VI. Hauptgruppe	Siedepunkt in °C
H <sub>2</sub> O (Wasser)	+ 100
H <sub>2</sub> S (Schwefelwasserstoff)	- 60

## Elektronegativitäten

EN(H): 2,1

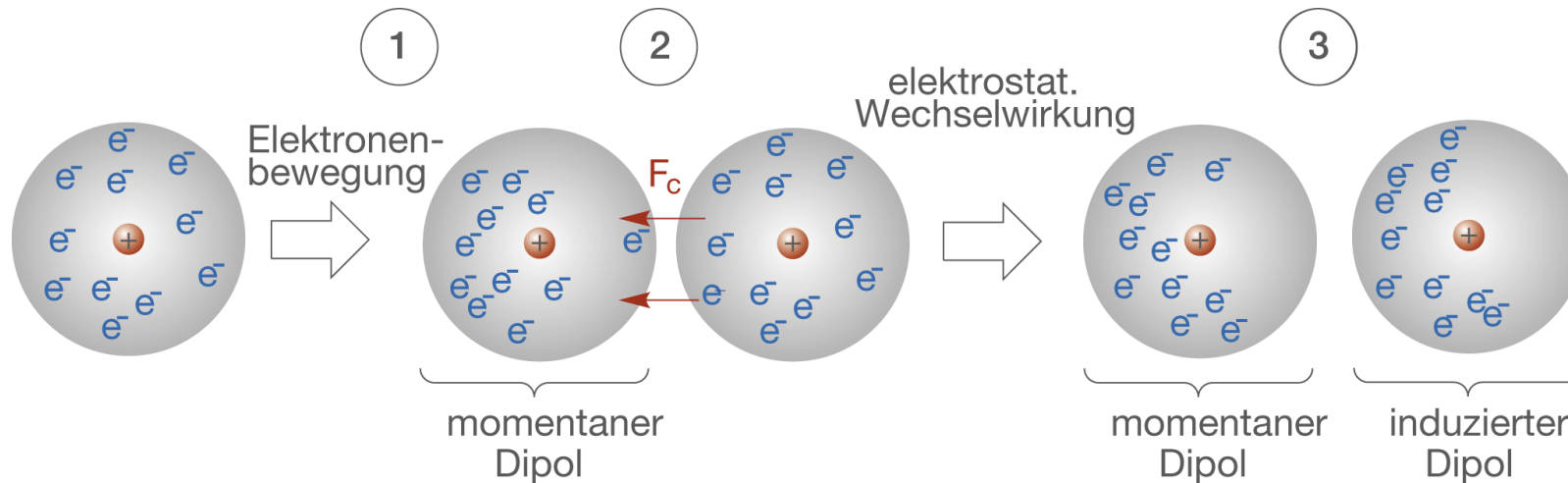
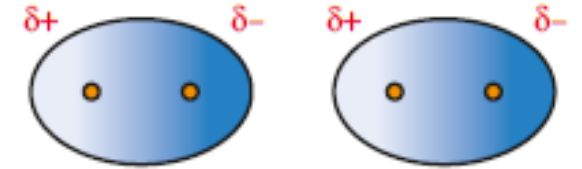
EN(O): 3,5

EN(S): 2,5

# Zwischenmolekulare Kräfte bei unpolaren Molekülen

## London-Dispersionskräfte

- Entstehen durch momentane Ladungsverschiebungen (temporäre Dipole)
- Wirken zwischen allen Atomen und Molekülen
- Stärke wächst mit Zahl der Elektronen & Molekülgröße
- Sind die schwächsten zwischenmolekularen Kräfte
- Erklären z.B. die Verflüssigung von Edelgasen bei niedrigen Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt

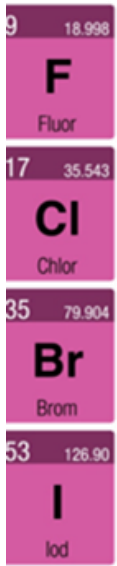




# Zwischenmolekulare Kräfte bei unpolaren Molekülen

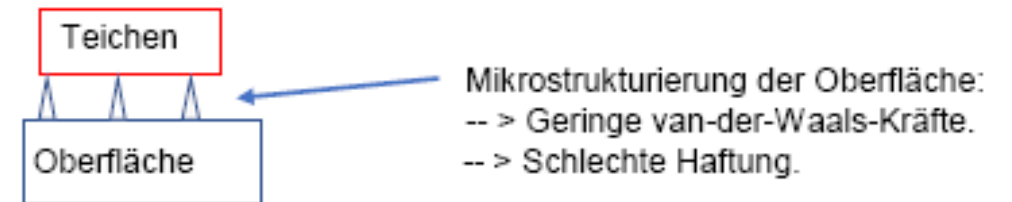
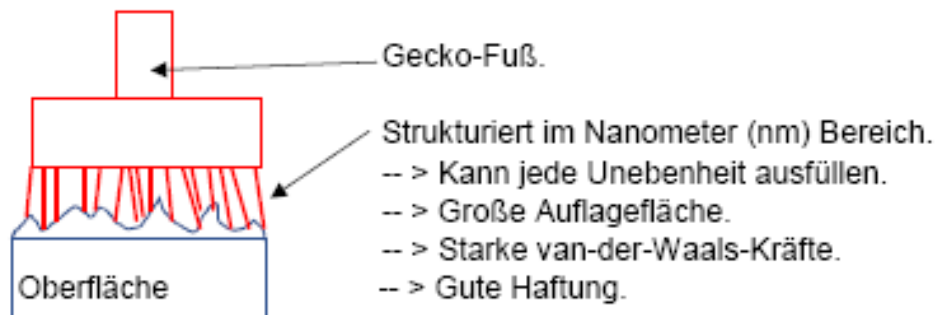
## Diskussion:

1. Welchen Aggregatzustand haben die Halogene und wie lässt sich das erklären?
2. Wie verändert sich bei Kohlenwasserstoffen der Siede- und Schmelzpunkt bei steigender Kettenlänge?

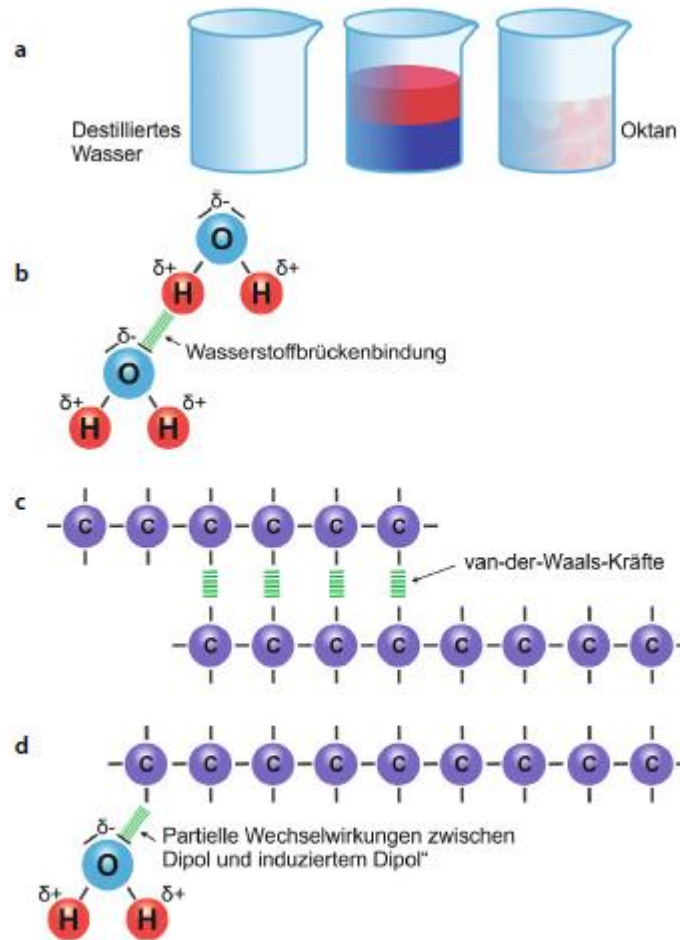


9	18.998	<b>F</b>	Fluor
17	35.543	<b>Cl</b>	Chlor
35	79.904	<b>Br</b>	Brom
53	126.90	<b>I</b>	Iod

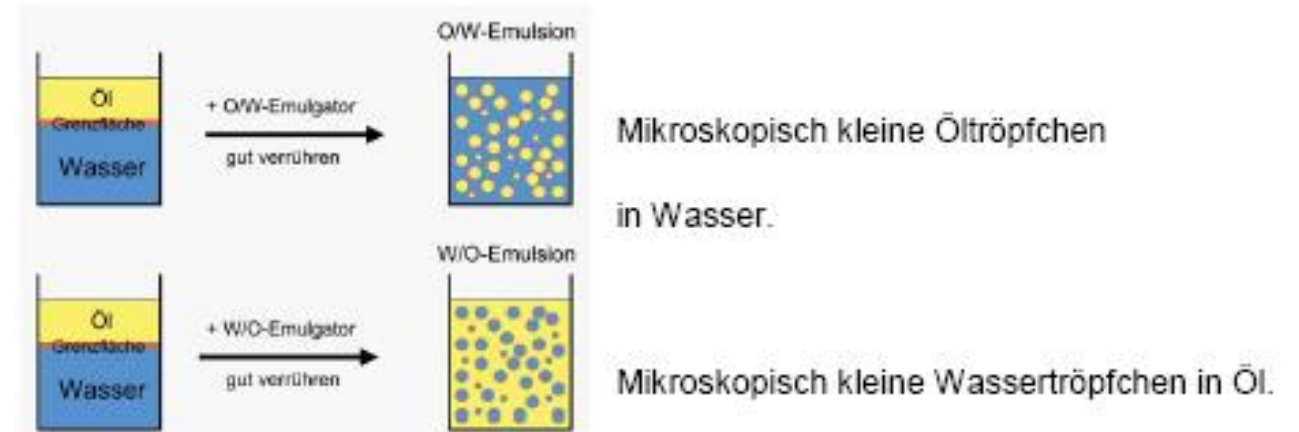
# Zwischenmolekulare Kräfte in der Praxis



# „Gleiches löst sich in Gleichem“



■ Abb. 2.40 Benzin-Phase über einer Wasser-Phase (a) und Wechselwirkungen zwischen Octan-Molekülen ( $C_8H_{18}$ ) und Wasser-Molekülen ( $H_2O$ ) untereinander (b und c) sowie miteinander (d)



## Beobachtungen:

Polare und unpolare Stoffe z.B. Wasser und Öl mischen sich nicht;  
→ Zwei-Phasen System wässrige Phase und Ölphase

**Die Wechselwirkung zwischen polaren bzw. unpolaren Moleküle sind wesentlich stärker als WW zwischen polaren und unpolaren Molekülen**

# Verständnisfragen

1. Wie unterscheiden sich zwischenmolekulare Kräfte von intermolekularen Kräften?
2. Wovon hängt die Stärke von van-der-Waals Kräften ab?
3. Was ist ein induzierter Dipol und wie kommt er zustande?
4. Welche Voraussetzungen müssen für H-Brückenbindungen erfüllt sein?
5. Welche Kräfte wirken bei unpolaren Molekülen?
6. Worauf beruht der Grundsatz „Ähnliches löst sich in Ähnlichem“?