



Wasserchemie – 3. Zyklus

Teil 3



Wunderstoff Wasser:

- Dichteanomalie des Wassers
- **Postenlauf:** verschiedene Experimente und Beobachtungen
- Erklärungen zu den Experimenten
- Wissen wichtig im Alltag/Beispiele



Dichteanomalie des Wassers

Wasser ist ein ganz **besonderer Stoff**. Wasser kann Sachen, die uns staunen lassen.

Verantwortlich dafür ist die **Dichteanomalie** des Wassers.

Damit wir das Wunder Wasser selber begreifen können, werden wir in einem Postenlauf ein paar **Experimente** und Beobachtungen erarbeiten und den genauen Grund für das besondere Verhalten des Wassers kennenlernen.



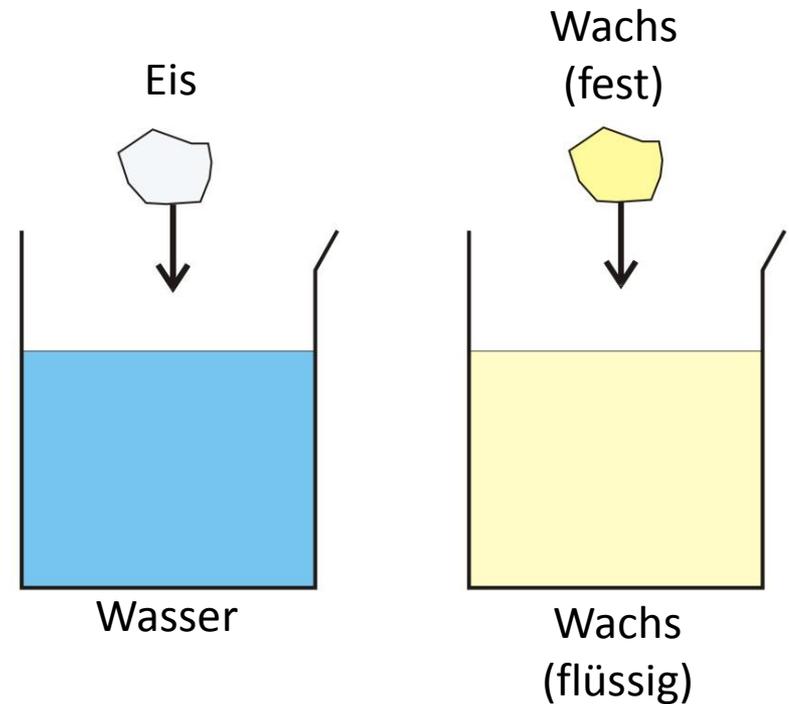


Postenlauf Experiment 1

In einem Becherglas wird 100 g Kerzenwachs erhitzt.

Wenn es vollständig geschmolzen ist, wird ein festes Stück Wachs hinzugegeben.

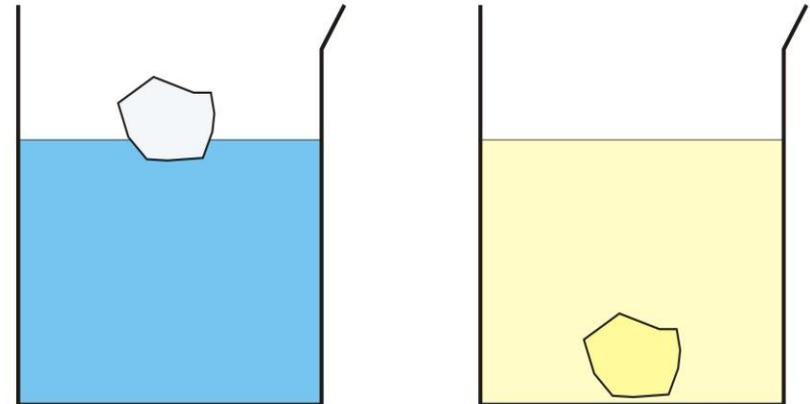
Zum Vergleich wird ein Eiswürfel in ein Becherglas mit Wasser gegeben.





Beobachtung

Der Eiswürfel schwimmt im Wasser.
Das feste Wachs geht in flüssigem Wachs unter.



Folgerung:

Was denkst du, warum ist das so?



Lösung: Das Eis schwimmt

Folgerung:

Die **Dichte von festem Wasser (= Eis)** ist **kleiner als die Dichte von flüssigem Wasser.**

Die **Dichte von festem Wachs (Klümpchen)** ist **größer als die Dichte von flüssigem Wachs.**





Dichteanomalie des Wassers

Kühlt man Wasser ab, **verringert es sein Volumen**.

Bei **4 ° Celsius** ist die Dichte der **Wasserteilchen am grössten**, das Volumen am kleinsten.

ABER!!!

Unter 4 °Celsius dehnt sich das Wasser **wieder aus**, die Dichte wird geringer.

Eis hat eine geringere Dichte als flüssiges Wasser.

Deshalb sind **Eiswürfel leichter als das Wasser im Glas**, die Eiswürfel schwimmen auf der Wasseroberfläche.

Gleichzeitig **vergrössert sich das Volumen des Wassers**, wenn es zu Eis gefriert.



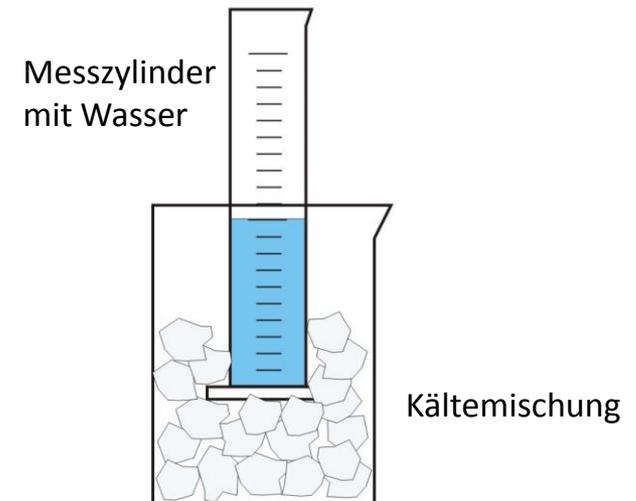


Postenlauf Experiment 2

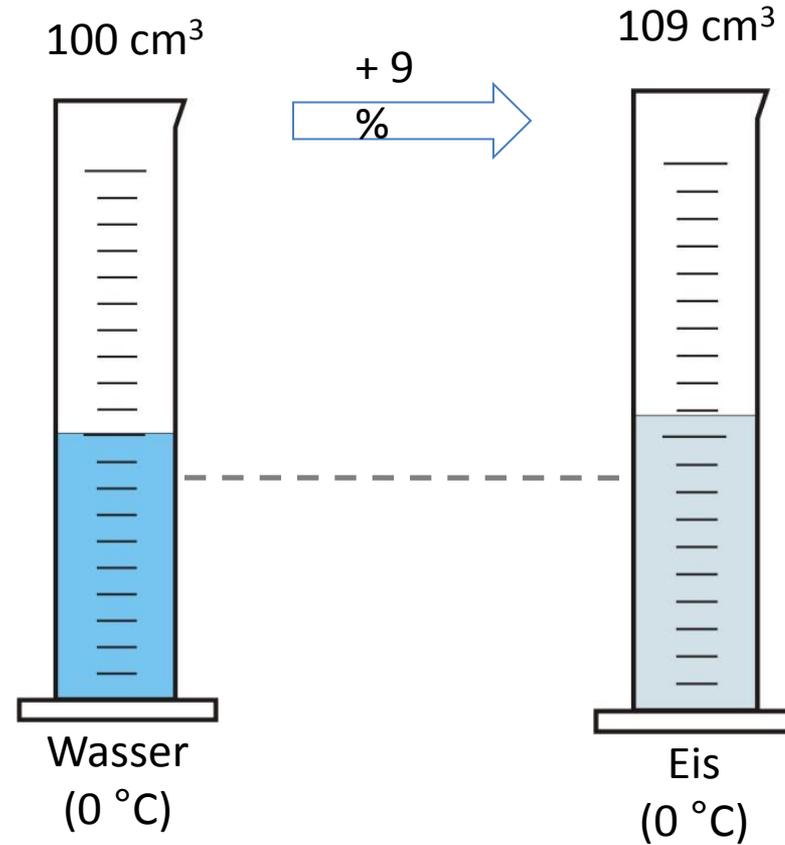
Ein Messzylinder mit 100 cm^3 Wasser (Temperatur nahe dem Gefrierpunkt) wird langsam in eine Kältemischung* getaucht. Nach dem Erstarren wird das neue Volumen gemessen.

Beobachtung/Messung

Nach dem Erstarren beträgt das Volumen 109 cm^3 .



* ideal: 500 g Eis und 115 g Kochsalz => $-20 \text{ }^\circ\text{C}$





Erklärung

Dichteanomalie beim Erstarren

Das Volumen von Wasser nimmt beim Erstarren zu und seine Dichte nimmt ab.

- Der Begriff **Anomalie** bedeutet Abweichung von einer Regel. Bei den meisten Stoffen nimmt das Volumen beim Erstarren ab und somit nimmt die Dichte zu!
- Aus 1,00 dm³ Wasser (0 °C) wird ca. 1,09 dm³ Eis (0 °C).
- Die Ausdehnungskräfte beim Erstarren können sehr gross werden. (Sprengwirkung von Eis)
- Die Dichteanomalie beim Erstarren gibt es z. B. auch bei den Stoffen Silizium und Gallium.

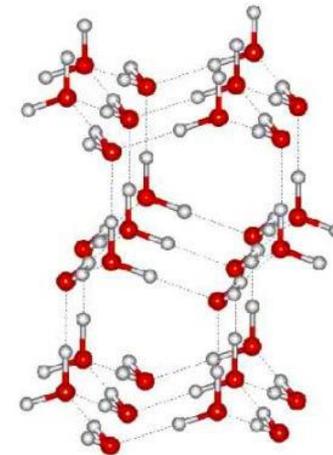
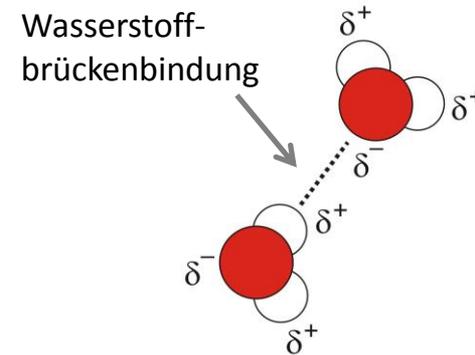


Erklärung

Zwischen H₂O-Molekülen gibt es **Wasserstoffbrückenbindungen**, d. h. das H-Atom eines Moleküls und das O-Atom eines anderen Moleküls ziehen sich an.

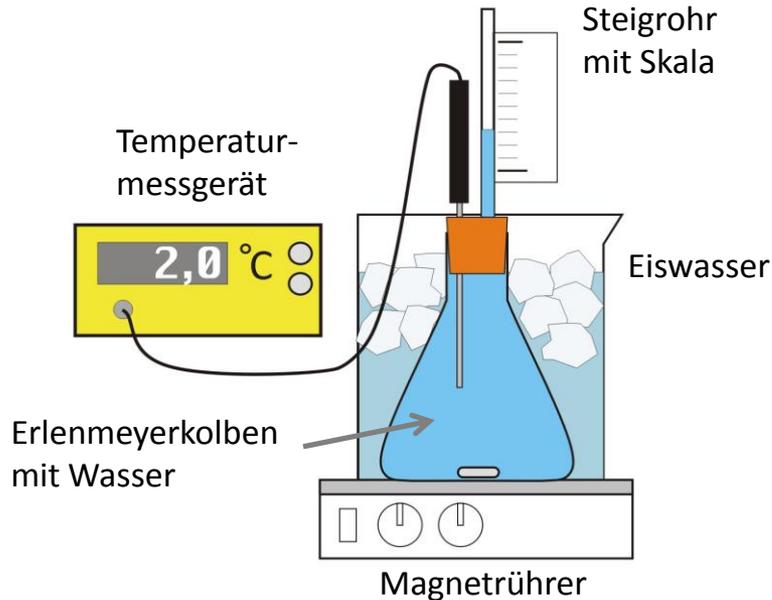
Beim **Erstarren** ordnen sich die H₂O-Moleküle zu einem Kristallgitter mit Tetraederstruktur an, das einen grösseren Rauminhalt beansprucht.

Das **Volumen von Eis** ist somit **grösser** und die **Dichte ist kleiner**.





Experiment 3: noch eine Volumenveränderung



* 500 ml-Gefäß bis zur Höhe des Stopfens gefüllt

In einem Erlenmeyerkolben befinden sich 550 ml Wasser* mit 8 °C. Mit einer Eis-Wasser-Mischung soll die Temperatur auf 0 °C gesenkt werden.

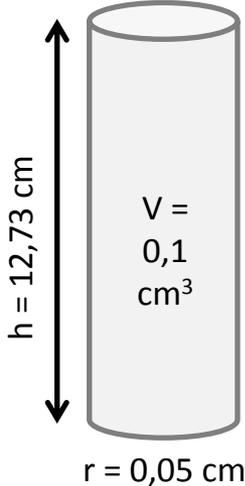
Es werden die Temperatur und die Volumenänderung (mit Steigrohr und Skala) gemessen. Ein Magnetrührer sorgt für die Durchmischung.



Erklärung

Das Steigrohr besitzt einen Innendurchmesser von 0,10 cm.
Wie ist die Volumen-Skala anzubringen?

Welcher Steighöhe h kann $0,1 \text{ cm}^3$ zugeordnet werden?



Innenraum des Steigrohrs: **Zylinder**
Volumen eines Zylinders: $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$
 $d = 0,10 \text{ cm} \Rightarrow r = 0,05 \text{ cm}$
 $V = 0,1 \text{ cm}^3$
 $\Rightarrow \mathbf{h = 12,73 \text{ cm}}$

Für die Skala muss gelten: $0,1 \text{ cm}^3$ entspricht 12,73 cm.



Erklärung

* noch flüssig

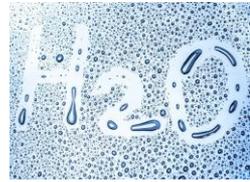
Versuchsverlauf

ϑ in $^{\circ}\text{C}$	8	7	6	5	4	3	2	1	0*
ΔV in 0,01 ml	-	-3,4	-5,5	-6,6	-7,2	-6,6	-5,5	-3,4	0

Volumenabnahme

Volumenzunahme

- Kühlt man Wasser **bis auf 4 °C** ab, ergibt sich ein **Abnahme** des Volumens. (normales Verhalten)
- Kühlt man das Wasser **von 4 °C bis 0 °C** ab, so ergibt sich eine **Zunahme des Volumens**.



Erklärung

Dichteanomalie beim Abkühlen

Das Volumen von Wasser nimmt beim Abkühlen von 4 °C bis 0 °C (flüssig) zu. Somit besitzt Wasser bei 4 °C die grösste Dichte.

- Die Dichte von Wasser 1,000 kg/dm³ gilt für 4 °C.
- Die Auswirkung ist sehr klein. Aus Wasser mit 4 °C mit 1000,00 cm³ wird bei 0 °C (noch flüssig) ca. 1000,13 cm³. Die Volumenzunahme beträgt also nur ca. 0,013 %.



Erklärung

Sinkt die Temperatur von Wasser, so bilden sich vermehrt **Cluster** (Ansammlungen) von H₂O-Molekülen.

Bei 4 °C nehmen die Cluster den geringsten Rauminhalt ein, somit ist die Dichte maximal.

Kühlt man Wasser von 4 °C weiter ab, beginnt die Bildung von Kristallstrukturen. Diese benötigen mehr Raum. Das Volumen nimmt zu und die Dichte nimmt ab.



Warum ist das Wissen um die Dichteanomalie des Wassers im Alltag wichtig?

Beispiel 1: Gartenschläuche im Winter

Erstarrt Wasser in Rohrleitungen, können diese durch die Volumenzunahme beschädigt werden.

Darum Leitungen für Gartenwasser vor dem Winter immer entleeren!!!





Beispiel 2: Kühlwasser im Auto

Erstarrt Wasser im Kühlsystem des Autos, so können durch die Ausdehnung schwere Schäden am Motorblock entstehen.

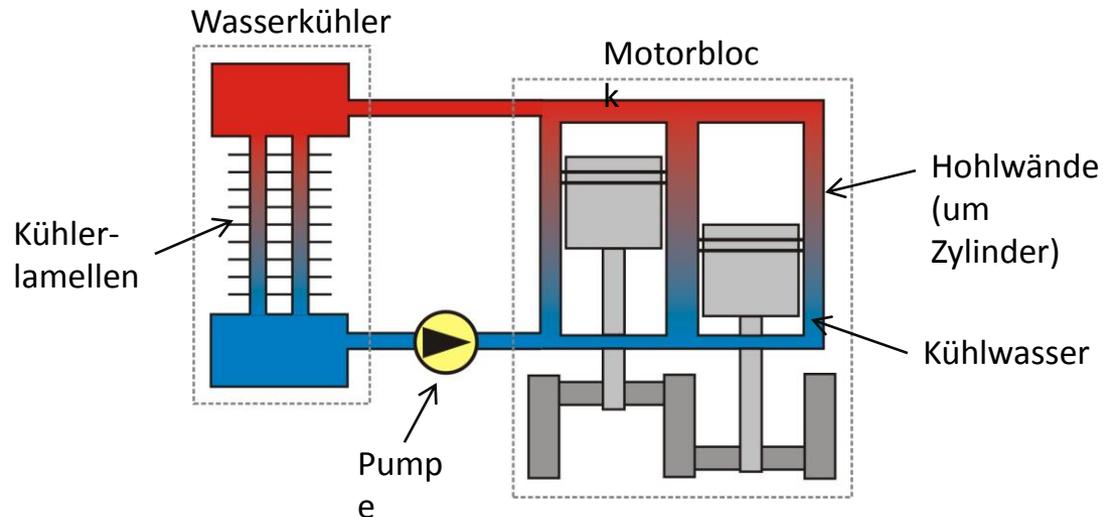
Durch Zusatz von Frostschutzmittel wird dies verhindert.





Motorblock des Autos

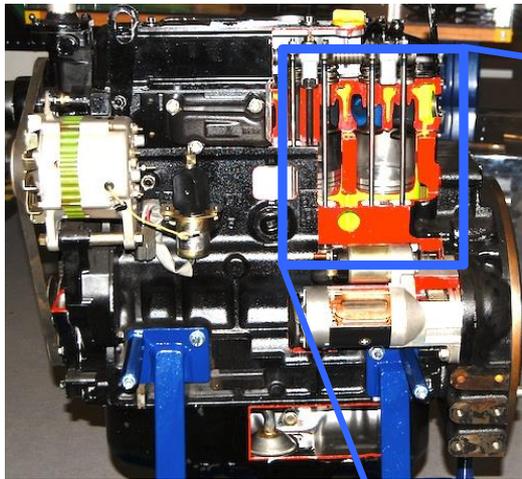
Wasserkühlung des Motors



In Hohlwänden des Motorblocks wird Wärme an Kühlwasser abgegeben, das mit einer Pumpe zum **Wasserkühler** geleitet wird. Durch die große Oberfläche der **Kühlerlamellen** und den Fahrtwind kann viel Wärme abgegeben werden. Das Wasser wird wieder zum Motorblock zurückgeleitet.

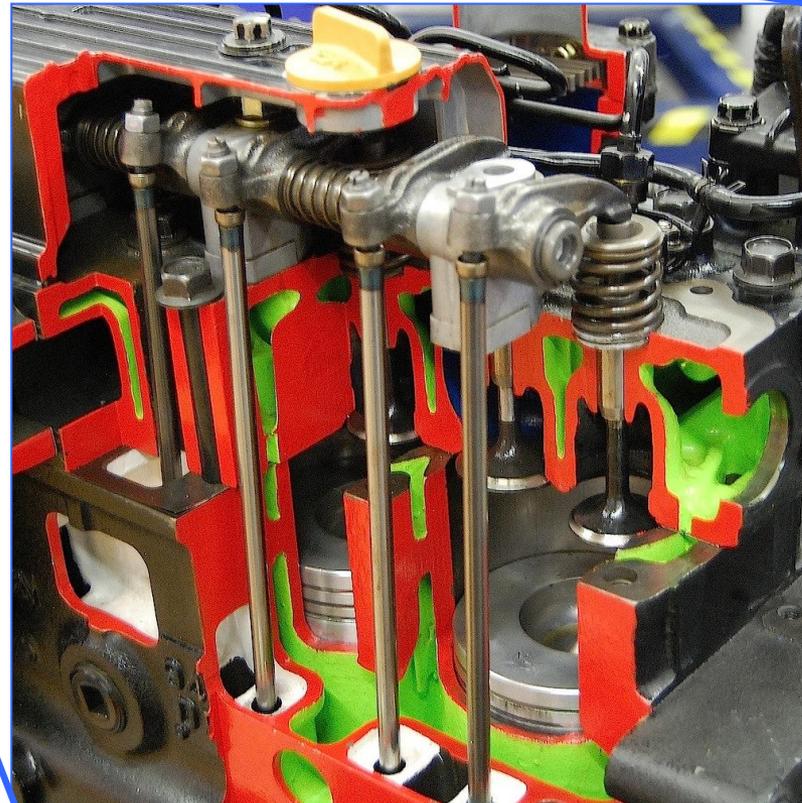


Kühlsystem im Auto



Schnitt
durch
einen Motor

In Grün:
Bereiche, durch
die Kühlwasser
fließen kann

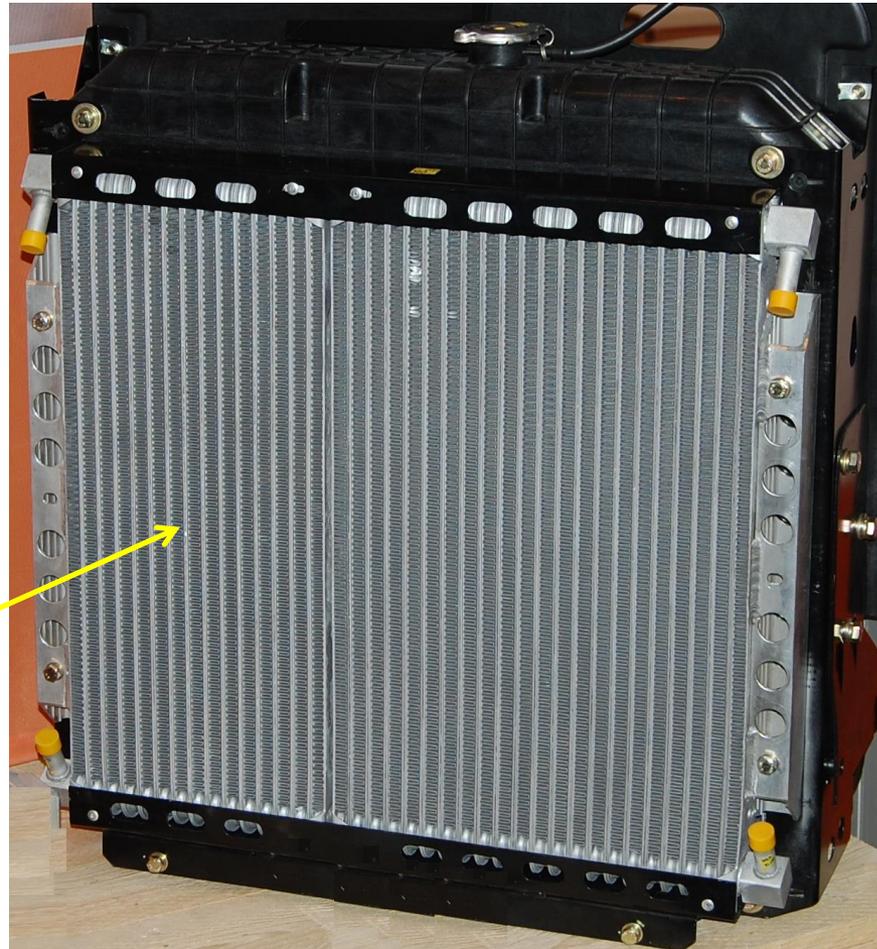




Wasserkühler im Auto

Wasserkühler

Lamellen
(Aluminium)





Beispiel 3: Felssturz



Eine Ursache für Felsstürze ist die Sprengwirkung von Eis.

Gefriert das Wasser in den Felsritzen, dehnt es sich als Eis aus und sprengt den Fels.

Das so gelöste Gestein kann jederzeit zum Felssturz werden.





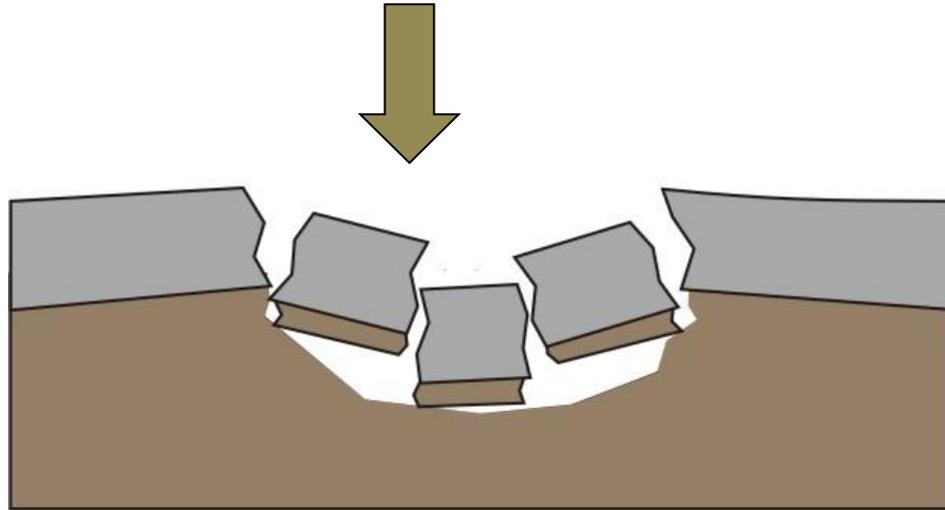
Beispiel 4: Schlaglöcher in den Strassen

Jedes Jahr wird nach dem Winter bei uns viel Geld in die Reparatur der Asphaltbeläge investiert.





Erklärung



Durch Asphalttrisse gelangt Wasser unter die Fahrbahndecke.

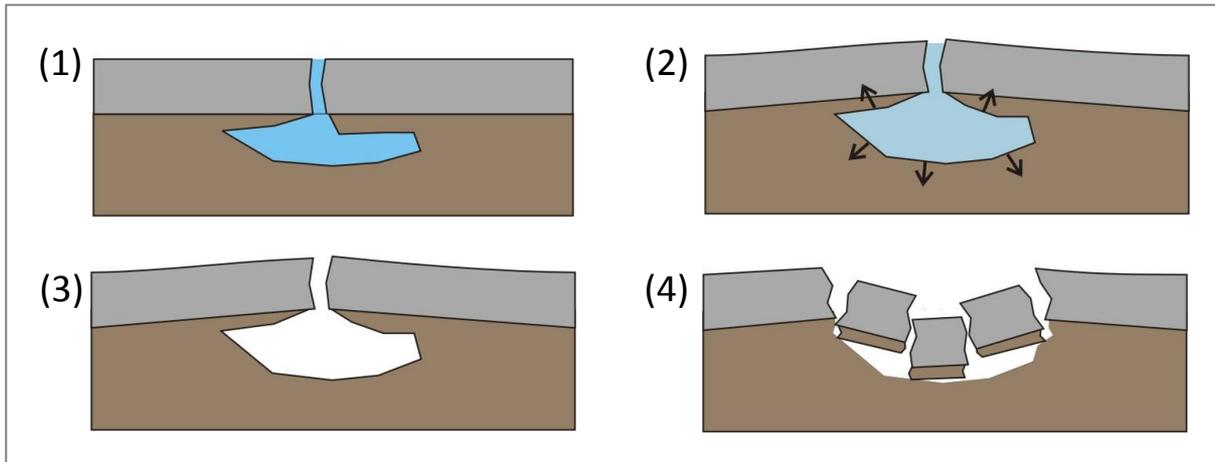
Erstarrt das Wasser, so nimmt sein Volumen zu. Die Fahrbahndecke wölbt sich.

Es bleiben Hohlräume zurück, die grösser sind als zuvor.

Die Hohlräume werden durch den Verkehr (Gewichtskräfte) eingedrückt. Ein Schlagloch ist entstanden.



Erklärung



(1) Durch Asphalttrisse gelangt Wasser unter die Fahrbahndecke.

(2) Erstartet das Wasser, so nimmt sein Volumen zu. Die Fahrbahndecke wölbt sich.

(3) Es bleiben Hohlräume zurück, die grösser sind als zuvor.

(4) Die Hohlräume werden durch den Verkehr (Gewichtskräfte) eingedrückt. Ein **Schlagloch** ist entstanden.