

## **Globale Sicht:**

Wasser besteht aus zwei Teilen Wasserstoff  $H_2$  und einem Teil Sauerstoff  $O$ .

Die chemische Formel lautet  $H_2O$ .

Zwei Drittel der Erdoberfläche sind mit Wasser bedeckt, aber nur 2,5% der gesamten Wasservorräte der Erde sind für den Menschen brauchbares Süßwasser. Hiervon wiederum sind 65% in den Polkappen und Gletschern eingefroren, sodaß nur 0,87% des Wassers in Seen, Flüssen, Pflanzen und in der Atmosphäre gespeichert werden.

(Quelle: Harenberger Lexicon 97)

## **Eignung als Wärmeträgermedium:**

Durch die sehr hohe spezifische Wärmekapazität und sein umweltneutrales Verhalten (keine Entsorgungsprobleme) eignet sich Wasser sehr gut als Wärmeträgermedium in Heizungssystemen.

## Spezifische Wärmekapazität $c$ von Wasser

Temperatur °C	Druck bar	$c$ kJ / kg K
0	0,006	4,22
20	0,024	4,18
40	0,074	4,18
60	0,199	4,18
80	0,474	4,20
100	1,013	4,22

## Spezifische Wärmekapazität $c$ von Flüssigkeiten bei 20°C

Flüssigkeit	$c$ kJ / kg K
Ammoniak	4,74
Benzin	2,16
Methylalkohol	2,00
Bier	2,50
Heizöl EL	3,77
Glyzerin	1,88

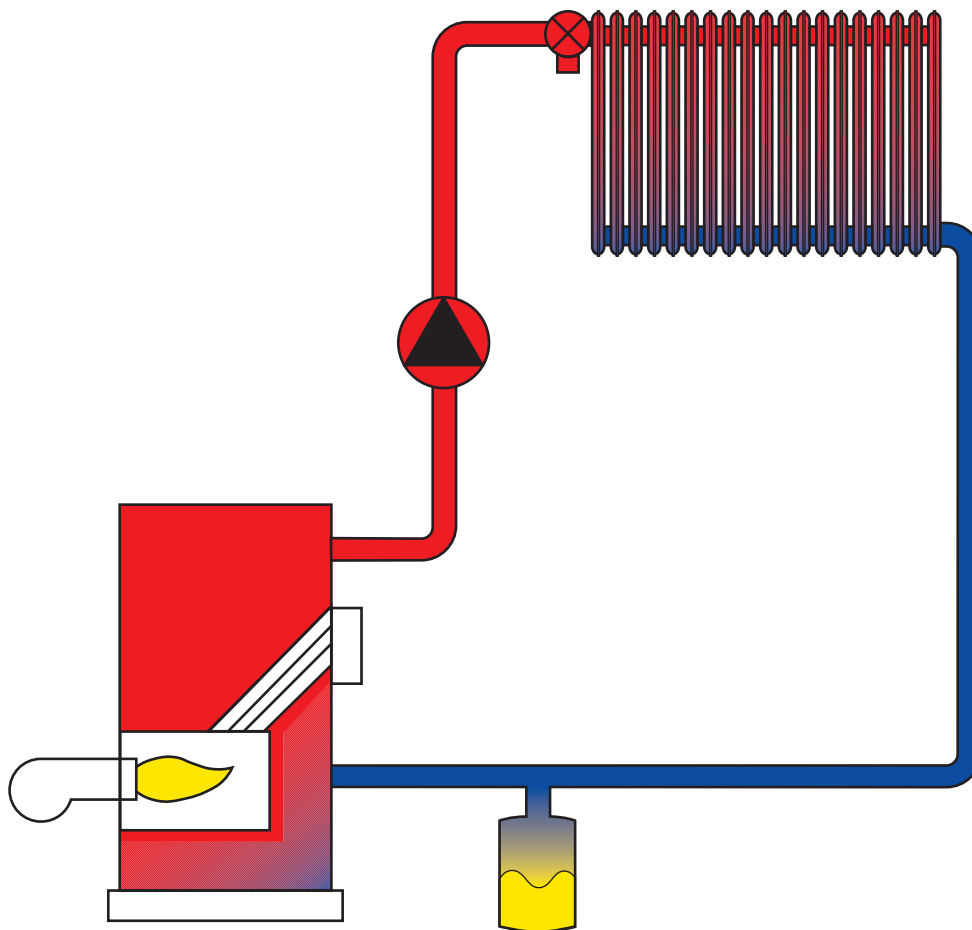
## Dichte und spezifisches Volumen von Wasser bei unterschiedlichen Temperaturen

Temperatur °C	Dichte kg/dm <sup>3</sup>	Spez. Vol. dm <sup>3</sup> /kg
-20	0,9928	1,0072
-10	0,9078	1,1016
0	0,9998	1,0002
5	1,0000	1,0000
10	0,9996	1,0004
20	0,9982	1,0018
30	0,9956	1,0044
40	0,9922	1,0079
50	0,9880	1,0121
60	0,9832	1,0171
70	0,9777	1,0228
80	0,9718	1,0290
90	0,9653	1,0359
100	0,9583	1,0435

### Berechnung des Ausdehnungsvolumens:

5 Druckausdehnungsgefäße müssen nach DIN 4751, Teil 2 so bemessen sein, daß sie die Volumenänderung von 10°C Ausgangstemperatur bis zur maximalen Vorlauftemperatur aufnehmen können.

## Beispiel



- Heizanlagen mit Radiatoren nach **DIN 4705** wurden mit **90°C** Vorlauftemperatur ausgelegt.
- Heizanlagen mit Radiatoren nach **EN 442** werden mit **75°C** Vorlauftemperatur ausgelegt.
- **Ausnahmen:** Spezielle Niedertemperaturlösung. Fußbodenheizungen werden mit noch niedrigeren Vorlauftemperaturen ausgelegt.

## Veränderungen im natürlichen Kreislauf

Das Wasser durchläuft einen ständigen Kreislauf, der von der Quelle zum Meer führt und wieder zurück.

Wasser, das in Form von Regen auf die Erde fällt, ist rein von Spurenelementen und weich, kann aber durch Schwebstoffe und Abgase (z.B. Kohlenstoff- und Schwefelverbindungen), die in der Atmosphäre verweilen, verunreinigt sein (Bsp.: saurer Regen)

Das Wasser legt einen gewissen Teil seine Weges unterirdisch zurück, z.B. beim Durchdringen eines Gebirgsstockes oder im ebenen Gelände als Grundwasserstrom.

Während seines unterirdischen Laufs wird das Wasser durch sandige Erdschichten gefiltert, aber es werden auch Stoffe, die in den durchflossenen Schichten vorhanden sind, in das Wasser aufgenommen.

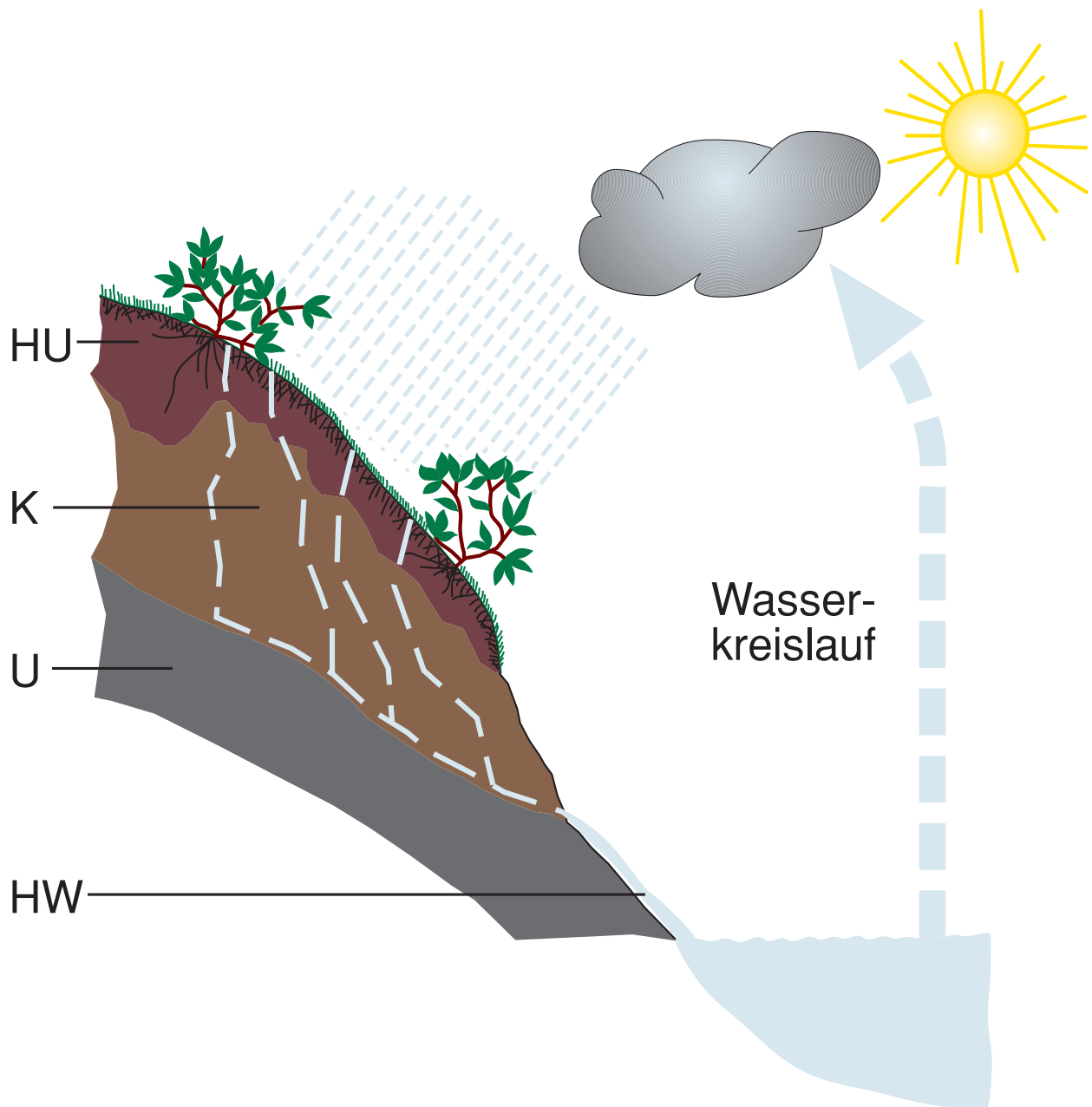
Chemisch reines Wasser löst Kalk nur in ganz geringen Mengen, man spricht allgemein von weichem Wasser.

Kohlensäurehaltiges Wasser (Entstehung z.B. durch CO<sub>2</sub>-Bildung in der Humusschicht) bildet aus dem Kalk (Kalziumkarbonat), das leichter lösliche Kalziumhydrogenkarbonat und wird in dieser löslichen Form im Wasser transportiert. Man spricht allgemein von hartem Wasser.

**Als Daumenregel gilt:**

**Kein Wasser ist gleich dem anderen.**

## Der Kreislauf des Wassers



- HU Humusschicht, CO<sub>2</sub>-Bildung
- K Kalkschicht, wasserdurchlässig
- U wasserundurchlässige Schicht
- HW hartes Wasser

# Wasserbeschaffenheit für Heizungsanlagen

Muß Wasser, das in Heizungsanlagen als  
Wärmeträger dient, eine gewisse Qualität oder  
Beschaffenheit aufweisen? -  
Grundsätzlich, ja.

Die Beschaffenheit von Wasser, mit dem  
Heizungsanlagen befüllt werden sollen, ist z.B. in  
Deutschland in der VDI 2035 (Verhütung von Schäden  
durch Korrosion und Steinbildung in  
Warmwasserheizungsanlagen) angeführt. Die  
Ansprüche an die Füllwasserqualität und  
Ergänzungswasserqualität werden darin für die  
verschiedenen Leistungsbereiche definiert.

## Auszug aus der VDI 2035

### 4.2.2 Schutzmaßnahmen

#### 4.2.2.1 Konstruktions- und betriebstechnische Maßnahmen

[...] Vor allem durch die Art und Weise der Inbetriebnahme kann die Steinbildung beeinflusst werden. Wenn die Anlage mit geringster Leistung oder langsam stufenweise aufgeheizt wird, besteht die Möglichkeit, daß sich der Kalk nicht nur an den heißesten Stellen, sondern über die ganze Anlage verteilt, u.U. sogar in Schlammform abscheidet. Bei Mehrkesselanlagen empfiehlt sich, alle Kessel gleichzeitig in Betrieb zu nehmen, damit sich die gesamte Kalkmenge nicht auf die Wärmeübertragungsfläche eines einzelnen Kessels konzentrieren kann.

Hinsichtlich des Einflusses der Betriebsweise ist in erster Linie an die Menge des Ergänzungswassers zu denken. Damit nicht in jedem Reparaturfall das gesamte Heizwasser abgelassen werden muß, empfiehlt sich der Einbau von Strangabsperrentilen.

Bei Anlagen mit einer Gesamtkesselleistung  $\leq 100$  kW werden keine Anforderungen an die Beschaffenheit und zulässige Menge des Füll- und Ergänzungswassers gestellt. [...]

## **Genügen die Anforderungen nach VDI 2035 generell für alle Anlagen?**

Tatsache ist, daß in der Praxis Fälle  
vorkommen, bei denen zwar die  
Anforderungen nach VDI 2035 eingehalten  
werden, aber dennoch große Probleme  
auftreten.

## Anlagenbeispiele aus der Praxis

### Beispiel A:

Wohnhaus mit mehreren Wohneinheiten.  
Solaranlage für Heizung und Warmwasserbereitung  
mit 10 m<sup>3</sup> Pufferspeicher (hohe Deckungsrate)  
Nachheizung  
Atmosphärischer Gaskessel mit 20 kW Leistung mit  
direkter Einbindung in den oberen Bereich des Puffers  
für Nachheizung  
Füllwasser steht mit 20° dH zur Verfügung.

Nach 2-jährigem Betrieb sank die Wärmeabgabe des  
Kessels auf ein Minimum obwohl die Brennerein-  
stellung korrekt war. Eine Nachheizung des oberen  
Speicherbereichs war nicht mehr möglich.

**Ursache:** Steinbildung an den Wärmetauscherflächen  
des atmosphärischen Gaskessels.

## Anlagenbeispiele aus der Praxis

### Beispiel B:

Bestehende Anlage mit Schwerkraftsystem wurde saniert und umgestellt auf Pumpenheizungssystem.

Neue Anlagenteile:

modulierendes Brennwertgerät 25 kW (Gaswandkessel), Heizkörper, Umwälzpumpe, Regelung  
Füllwasser steht mit 22° dH zur Verfügung.

Nach 3 Heizperioden waren die Heizkörperventile total verlegt, es war kein Heizbetrieb mehr möglich.

**Ursache:** Das im Wasser gelöste Kalziumhydrogenkarbonat lagerte sich an den Tauscherflächen des Brennwertgerätes in Form von Kalk (Kesselstein) ab und bildete eine Schicht, die aber durch die hohe thermische Belastung der Tauscherflächen immer wieder abplatzte. Diese Teile wurden vom Förderstrom der Umwälzpumpe in den Heizwasserkreislauf transportiert und blieben dann in den engen Querschnitten der Heizkörperventile hängen.

## Der olympische Vorschlag

Wasser soll möglichst ohne zusätzliche Chemie verwendet werden. Generell sollen alle Heizanlagen bis 100 kW Nennwärmeleistung, die aufgrund ihrer Bauart und dem Druck- und Temperaturbereich, mit dem sie betrieben werden, den angeführten Normen, wie DIN 4751, Teil 2 (D) bzw. ÖNORM B 8131 (A) bzw. SWKI 93-1 (CH) entsprechen, mit Wasser befüllt und ergänzt werden, das folgende Qualitäten aufweist:

Karbonathärte:	< 15 dH
pH-Wert:	7,0 - 8,0
Chloridgehalt:	< 30 mg/m <sup>3</sup>
Geruch:	geruchlos
Farbe:	klar ohne sichtbare Schwebstoffe

### **Hydraulische Auslegung:**

Strömungsgeschwindigkeit < 1m/sek  
in allen Rohrleitungen und Anlagenteilen,  
ausgenommen Ventilsitze.

## **Wasserqualität kann nicht eingehalten werden:**

Steht am Anlagenstandort Wasser mit den genannten Anforderungen nicht zur Verfügung, **dann - und nur dann -** sind entsprechende Maßnahmen zur Konditionierung des Wassers, wie Inhibierung und Stabilisierung, zu treffen.

### **Wichtig:**

Wird das Wasser konditioniert,  
gilt der Grundsatz:

**"Einmal konditionieren -  
immer konditionieren".**

Dies schließt die regelmäßige Überprüfung der Meßwerte ein.

## Resümee:

Werden die genannten Anforderungen erfüllt, und werden die Installationsrichtlinien der Hersteller der verschiedenen Anlagenteile berücksichtigt, entstehen auch in Anlagen mit Mischinstallationen (z.B. Kupfer, Stahl, Aluminium, Kunststoff) keine Probleme, wie Kesselsteinbildung, Schlamm- und Gasbildung im System oder rasch voranschreitende Korrosion.



Der pH-Wert ist **temperaturabhängig**:

°C .....	pH-Wert
0 .....	7,45
18 .....	7,00
50 .....	6,61
100 .....	6,07
200 .....	5,70

Bei hohen Temperaturen ist reines Wasser also schwach sauer, die Angriffsfähigkeit des Wassers verringert sich bei  $\text{pH} > 7$ .

Als Empfehlung für alle Anlagen mit Mischinstallationen (Stahl, Kupfer, Aluminium, Kunststoff usw.) gilt ein pH-Wert-Bereich von 7,0 - 8,5.

Bestehen alle Anlagenteile aus Stahl, gilt ein pH-Wert-Bereich von 8,0 - 10,0.

Der pH-Wert ist auch von anderen Einflüssen abhängig.

# Begriffserklärungen

## Härtebegriff

Die Härte des Wassers wird durch Calcium- und Magnesium-Ionen gebildet.

Als Maßeinheit dient der deutsche Härtegrad (°d).

**1°d = 10 mg CaO pro Liter Wasser**

Alle Ca- und Mg-Salze werden umgerechnet.

Unter der Gesamthärte von Wasser versteht man alle chemischen Verbindungen des Calcium (Ca) und des Magnesium (Mg).

Diese Gesamthärte setzt sich zusammen aus der Karbonat- und der Nichtkarbonathärte.

### **Karbonathärte (KH)**

(vorübergehende Härte)

durch

Calcium- und Magnesium-  
Bikarbonat verursacht.

### **+ Nichtkarbonathärte (NKH)**

(bleibende Härte)

durch Calcium- und Magnesi-  
um-Sulfate, -Chloride und  
-Silikate verursacht.

**= Gesamt-Härte (GH)**

# Begriffserklärungen

## Härtebegriff

Beziehungen zwischen verschiedenen bestehenden Definitionen:

Begriff:	deutsch °d	französisch °f	internat. mval/l
Definition:	10 mg CaO je 1 dm <sup>3</sup> Wasser	10 mg CaCO <sub>3</sub> je 1 dm <sup>3</sup> Wasser	<sup>1</sup> / <sub>1000</sub> Verbindungs- gewicht je Liter ( <i>Milli-Valenz-</i> gewicht) eines Stoffes
1 °d	1,0	1,79	0,357
1 °f	0,56	1,0	0,2
1 mval/l	2,8	5,0	1,0

# Begriffserklärungen

## Chloride

Chloride sind Salze, die im Trinkwasser in einem ausgewogenen Verhältnis zu den gelösten Gasen vorkommen.

Sie werden dem Brauchwasser zusätzlich in entsprechender Dosierung in Entkeimungsanlagen zugesetzt (= Chlorierung).

Auch bei mangelhaft funktionierenden Wasseraufbereitungsanlagen und Entkeimungsanlagen kann der Chloridgehalt erhöht sein.

Entkeimungsanlagen werden hauptsächlich in Brauchwasserversorgungsnetzen eingesetzt, deren Wasser aus Flüssen und Grundwasserschichten entnommen und aufbereitet wird.

Es kommen natürlich noch andere, hier nicht angeführte, Stoffe im Wasser vor. Zur Beurteilung sind jedoch die angeführten Stoffe und Werte maßgebend.

## Gas (Luft) lösungsvermögen von Wasser

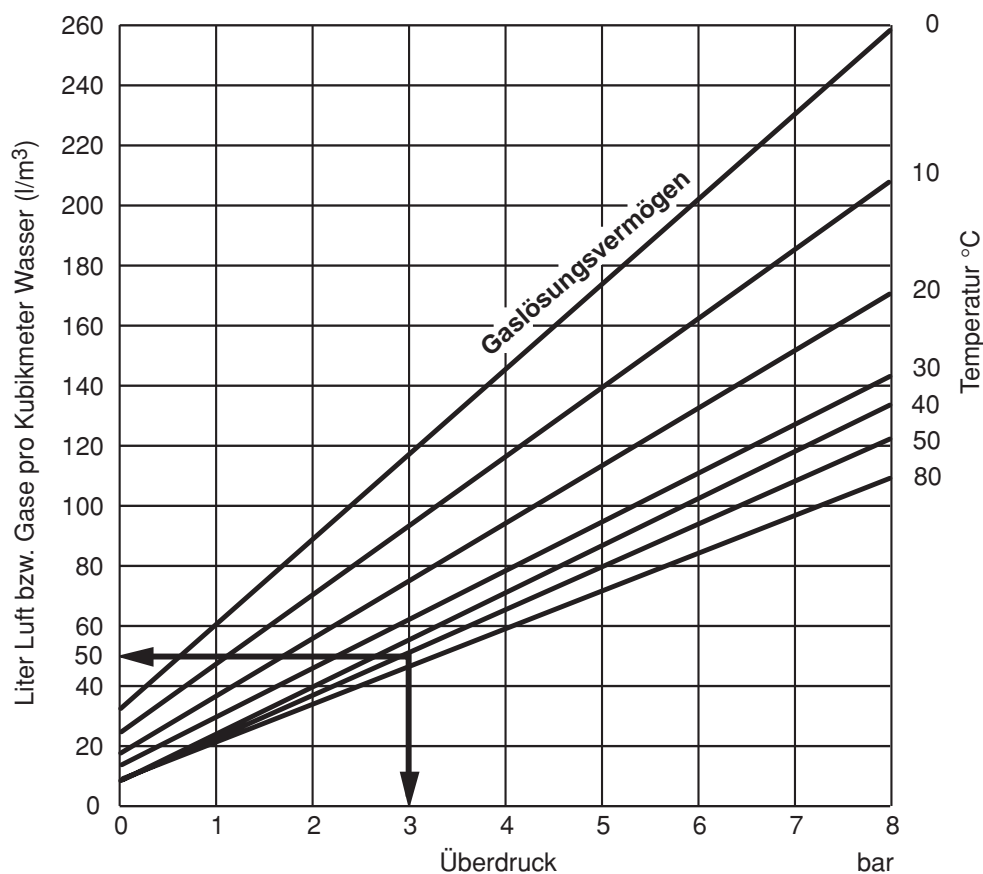


Diagramm Gaslösungsvermögen nach Henry Dalton

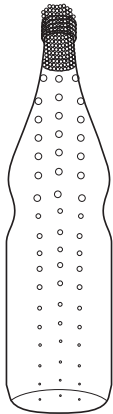
**Wasser hat je nach Temperatur und Druckzustand ein unterschiedliches Gaslösungsvermögen.**

Es gilt ein umgekehrtes Verhältnis des Gaslösungsvermögens bei Temperatur und Druck:

hohe	Temperatur	=	geringes	Gaslösungsvermögen
niedrige	Temperatur	=	hohes	Gaslösungsvermögen
hoher	Druck	=	hohes	Gaslösungsvermögen
niedriger	Druck	=	niedriges	Gaslösungsvermögen

## Wasser hat je nach Temperatur und Druckzustand ein unterschiedliches Gaslösungsvermögen

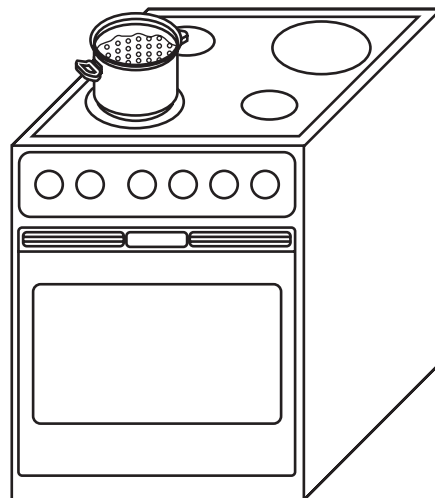
Beispiele:

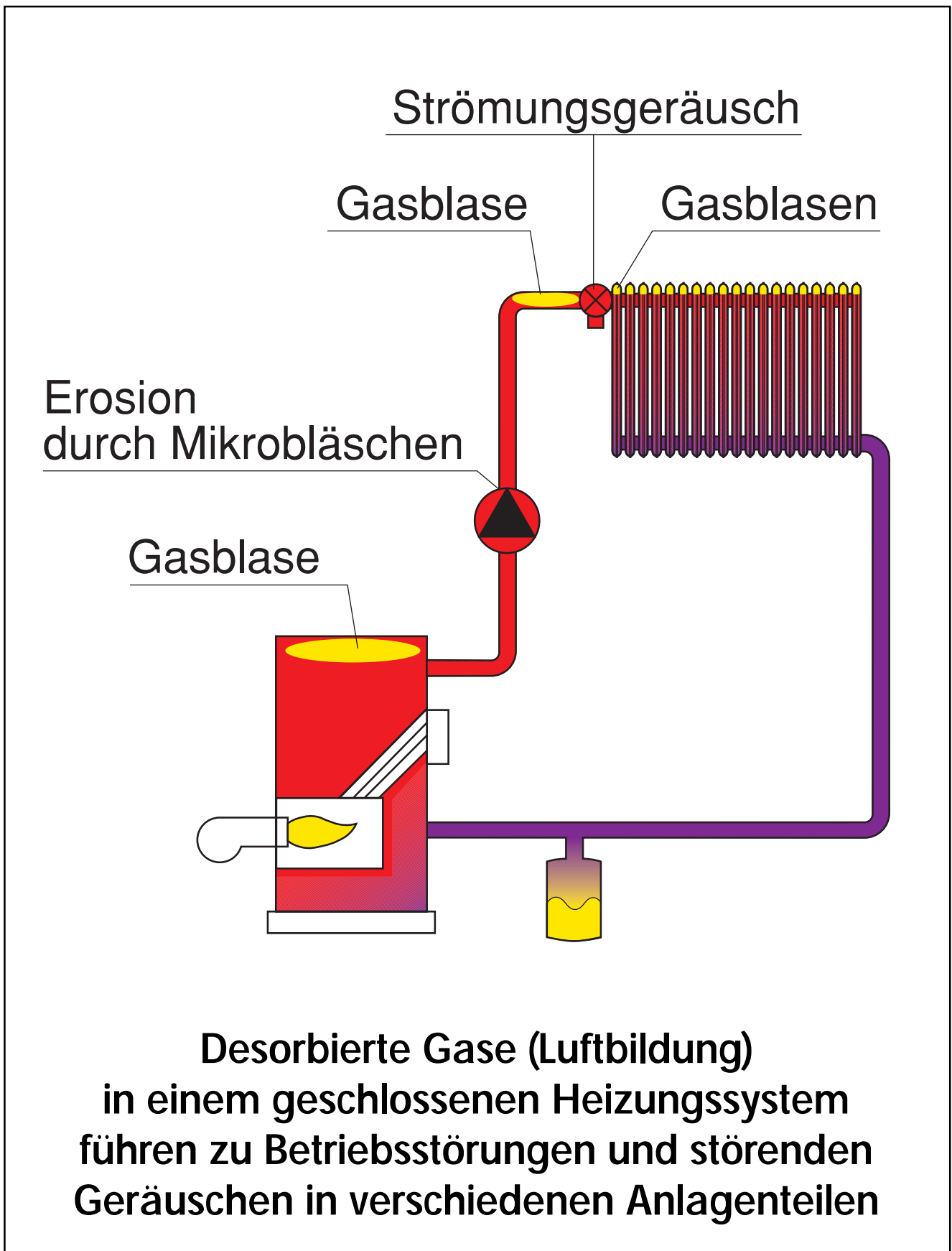


**Öffnen einer Flasche mit kohlensäurehaltigem Getränk.**  
Nach dem Öffnen der Flasche (Druckentspannung) tritt die Kohlensäure aus der Flüssigkeit aus.

**Wasser wird im Kochtopf erhitzt.**

Mit steigender Temperatur steigen immer mehr Blasen auf.





## **Wichtige Voraussetzung für die einwandfreie Funktion einer Heizungsanlage**

(Heizungsanlagen mit Wasser als Wärmeträgermedium)

- Qualität des Füll- und Ergänzungswassers muß entsprechen.
- Die Installation der einzelnen Bauteile muß den Anleitungen des Herstellers entsprechen (besonders beachten bei Mischinstallationen)
- Bei der Auslegung der Umwälzpumpen und der Rohrleitungsdimensionierung ist nicht nur die Rohrnetzkenlinie und die Pumpenkenlinie sondern auch die Strömungsgeschwindigkeit in den einzelnen Anlagenteilen zu berücksichtigen.
- Expansions- und Sicherheitseinrichtungen sind den Vorschriften entsprechend auszulegen bzw. zu installieren.
- Es ist dafür zu sorgen, daß der Anlagendruck in einer tolerierbaren Bandbreite konstant bleibt.
- Eine der Anlage entsprechende Entlüftungslösung (je nach Größenordnung) ist einzuplanen.
- Eine automatische Nachspeisung der Anlage mit entlüftetem Ergänzungswasser ist zu realisieren (anlagengrößenbezogene Forderung)
- Kontrolle und Wartung der Anlage in periodischen Abständen (z.B. Deutschland, siehe Heizanlagenverordnung)