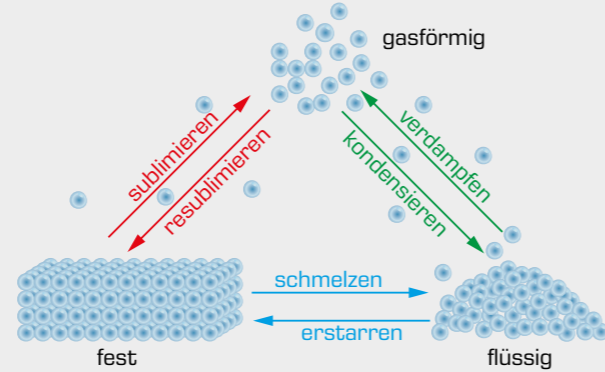


Basiswissen  
Phasenübergang

Phasenübergang

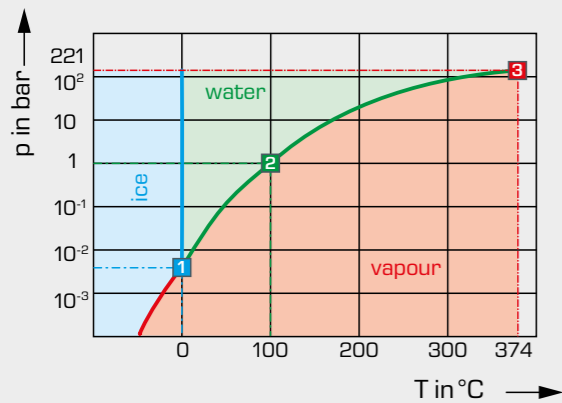
Einen gasförmigen, flüssigen oder festen Zustand in einem homogenen Stoffsystem nennt man Phase. Die Phase hängt von den thermodynamischen Zustandsgrößen Druck  $p$  und Temperatur  $T$  ab.

Als Phasenübergang bezeichnet man die Umwandlung von einer in eine andere Phase:



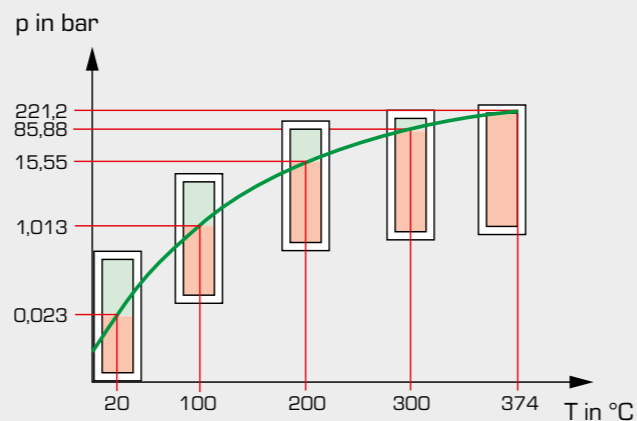
Oberhalb des kritischen Punktes **3** sind in einigen Stoffsystemen, z. B. bei Wasser, die gasförmige und flüssige Phase nicht mehr voneinander zu unterscheiden. Die physikalischen Eigenschaften des Fluids liegen zwischen beiden Phasen: Die Dichte entspricht der Dichte der flüssigen Phase, die Viskosität der gasförmigen Phase. Diese Phase wird „überkritisch“ genannt. Das Fluid kann in dieser Phase weder verdampfen noch kondensieren.

Eine weitere Besonderheit in einigen Stoffsystemen, wie z.B. bei Wasser, ist der sogenannte Tripelpunkt **1**. Hier stehen sowohl eine feste, als auch eine flüssige und eine gasförmige Phase miteinander im Gleichgewicht. Alle sechs Formen des Phasenübergangs laufen im Tripelpunkt gleichzeitig ab.



Temperatur-Druck-Diagramm von Wasser

- Sublimationskurve,
- Siedepunktkurve,
- Schmelzpunktkurve;
- 1 Tripelpunkt, 2 Siedepunkt, 3 kritischer Punkt



geschlossenes System entlang der Dampfdruckkurve von Wasser

- Siedepunktkurve,
- Wasser,
- Dampf;
- p Druck, T Temperatur

In einem geschlossenen System mit Flüssigkeitsfüllung stellt sich ein thermodynamisches Gleichgewicht zwischen der Flüssigkeit und seiner dampfförmigen Phase ein. Dieser Zustand wird Sättigungszustand genannt. Der dabei herrschende Druck wird Dampfdruck oder auch Sättigungsdampfdruck genannt, die Temperatur ist die Sättigungstemperatur. Aus beiden lässt sich die Dampfdruckkurve erstellen. Sie ist im Temperatur-Druck-Diagramm von Wasser abgebildet.

Verdampfungsvorgang

Wasserdampf wird in der Technik für unterschiedliche Prozesse verwendet. Die häufigsten Anwendungen sind Heizprozesse sowie Dampfturbinen in Kraftwerken.

Typische Anwendungen von Dampf in Prozessen sind:

- Heizen: z. B. Rohrbündelwärmeübertrager um ein Produkt zu erhitzen
- Antrieb: z. B. Dampfturbinen, Dampfmaschine
- Treibmedium: z. B. Dampfejektoren, um Prozessgase zu trennen
- Zerstäubung: Dampf zur mechanischen Trennung von Fluiden, Bsp. in Gasfackeln, um Rußpartikel im Abgas zu reduzieren
- Reinigung: Dampfreiniger, um Schmutz zu lösen
- Produktbefeuchtung: Papierproduktion
- Luftbefeuchtung: Dampfluftbefeuchter im Luftkanal

Man unterscheidet zwischen idealem Gas, realem Gas und Dampf. Bei idealem Gas verhalten sich Druck und Volumen exakt umgekehrt proportional, bei realem Gas nur in Näherung. Bei Dämpfen ändert sich mit dem Volumen der Druck je nach Sättigungsgrad nur wenig.

Dampf kommt in verschiedenen Formen vor:

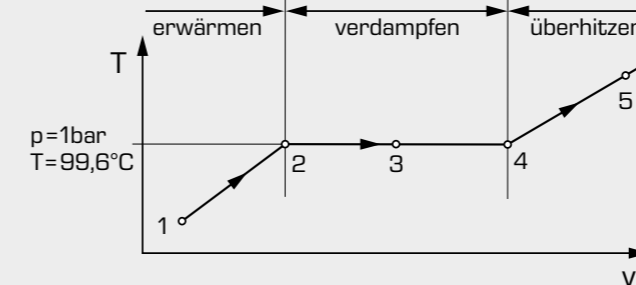
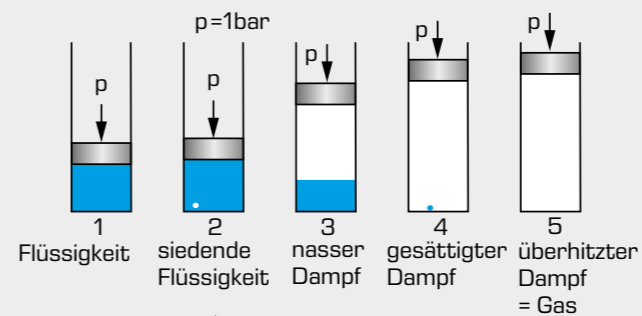
**Naßdampf oder nasser Dampf:** flüssiger und gasförmiger Zustand der Wassermoleküle in einem System, einige Wassermoleküle haben ihre Verdampfungswärme wieder abgegeben und kondensieren in feine Wassertropfen

**Sattdampf oder gesättigter Dampf:** Grenzbereich zwischen Naßdampf und Heißdampf, Zustand, in dem der letzte Wassertropfen von flüssig zu gasförmig wechselt, bei weiterer Wärmezufuhr über den Siedepunkt hinaus entsteht Heißdampf, überhitzter Dampf.

**Heißdampf:** man unterscheidet zwischen **überhitztem Dampf** und **überkritischem Dampf**

**überhitzter Dampf:** Dampf mit einer Temperatur oberhalb der Siedetemperatur, rein gasförmiger Zustand der Wassermoleküle, es liegt reales Gas vor

**überkritischer Dampf:** Phase bei Temperaturen oberhalb des kritischen Punkts



Verdampfung von Wasser: Zustandsänderung beim Erhitzen von Wasser unter konstantem Druck  $p = 1 \text{ bar}$

- T Temperatur,
- v spezifisches Volumen;
- 1 Flüssigkeit,
- 2 siedende Flüssigkeit,
- 3 ungesättigter (nasser) Dampf,
- 4 gesättigter Dampf,
- 5 überhitzter Dampf (Gas)