

# Innere Energie, Wärme und Arbeit bei Zustandsänderungen

## Sonderfälle zum 1. Hauptsatz der Thermodynamik



Zustandsänderung	1. Hauptsatz der Thermodynamik	p-V-Diagramm	Beispiel
isotherme Zustandsänderung ( $\Delta T = 0$ $\rightarrow \Delta U = 0$ )  Gesetz von Boyle-Marriotte	$Q = -W$ $Q \rightarrow \Delta U = 0 \rightarrow -W$ oder $W = -Q$ $-Q \leftarrow \Delta U = 0 \leftarrow W$		Ausdehnen des Dampfes bei der Dampfmaschine (angenähert)
isochore Zustandsänderung ( $\Delta V = 0$ $\rightarrow W = 0$ )  Gesetz von Amontons	$Q = \Delta U$ $Q \rightarrow \Delta U > 0$ oder $-\Delta U = -Q$ $-Q \leftarrow \Delta U < 0$		Erwärmen eines Gases in einem geschlossenen Behälter
isobare Zustandsänderung ( $\Delta p = 0$ )  Gesetz von Gay-Lussac	$Q = \Delta U - W$ $Q = \Delta U + p \cdot \Delta V$ $Q \rightarrow \Delta U > 0 \rightarrow -W$ oder $W = \Delta U - Q$ $-Q \leftarrow \Delta U > 0 \leftarrow W$		Verbrennen von Kraftstoff im Strahltriebwerk (angenähert)
adiabatische Zustandsänderung ( $Q = 0$ )	$W = \Delta U$ $\Delta U > 0 \leftarrow W$ oder $-\Delta U = -W$ $\Delta U < 0 \rightarrow -W$		pneumatisches Feuerzeug; Kompressionstakt beim Dieselmotor; Nebelkammer

<b>1. Hauptsatz:</b> $\Delta U = Q + W$ oder : $\Delta U = Q - p^*dV$ denn : $W = -p^*dV$	$Q > 0$ : Q wird <b>zum</b> System zugeführt $Q < 0$ : Q wird <b>vom</b> System abgegeben $W > 0$ : W wird <b>am</b> System verrichtet $W < 0$ : W wird <b>vom</b> System verrichtet
---	---

Die thermische Zustandsgleichung idealer Gase, auch kurz als **ideale, universelle oder allgemeine Gasgleichung** bzw. als **Gasgesetz bezeichnet**, beschreibt das Verhalten und die Eigenschaften eines idealen Gases exakt. Sie vereint alle experimentellen Einzelergebnisse und die hieraus abgeleiteten Gasgesetze zu einer allgemeingültigen Zustandsgleichung.

Die allgemeine Zustandsgleichung beschreibt den Zustand des idealen Gases bezüglich der Zustandsgrößen **Druck  $p$ , Volumen  $V$ , Temperatur  $T$  und Stoffmenge  $n$  bzw. Teilchenzahl  $N$  bzw. Masse  $m$** . Die Gleichung kann **in verschiedenen**, zueinander **äquivalenten Formen** formuliert werden, wobei alle diese Formen den Zustand des betrachteten Systems in gleicher Weise und eindeutig beschreiben.

**Gesetz von Avogadro** Das Gesetz von Avogadro sagt aus, dass zwei gleich große Gasvolumina, die unter demselben Druck stehen und die dieselbe Temperatur haben, auch dieselbe Teilchenzahl einschließen.

(Lorenzo Romano) Amedeo (Carlo) Avogadro (kurz **Amedeo Avogadro**), Conte de Auaregna e Ceretto (\* 9. August 1776 in Turin; † 9. Juli 1856 in Turin) war ein italienischer Physiker und Chemiker

### **Gesetz von Boyle und Mariotte**

Dieses Gesetz, das Boyle 1662 veröffentlichte und das 1676 unabhängig auch von Edme Mariotte gefunden wurde, gilt für alle idealen Gase.

Es ist ein Spezialfall des allgemeinen Gasgesetzes

**Robert Boyle** (\* 25. Januar 1627 auf Lismore, Irland, † 30. Dezember 1691 in London) - Kind des Richard Boyle, 1. Earl of Cork, war ein irischer Naturforscher. Er war Mitbegründer des modernen Elementbegriffs, der modernen Physik und Chemie, sowie der auf detailliert veröffentlichten Experimenten beruhenden Naturwissenschaften allgemein. Er entdeckte den nach ihm benannten Zusammenhang zwischen Druck und Volumen eines Gases.

**Edme Mariotte** (\* um 1620 wahrscheinlich in Dijon; † 12. Mai 1684 in Paris) war ein französischer Physiker. Mariotte war zunächst katholischer Geistlicher in Dijon, wo er als Prior von St. Martin sous-Beaume wirkte.

Seit der Gründung der Akademie der Wissenschaften 1666 lebte er in Paris und arbeitete zu Problemen der Flüssigkeiten und Gase. Mit seinem Namen sind das Boyle-Mariotte-Gesetz und die Mariottesche Flasche verbunden. Mariotte gilt auch als Erfinder des Kugelstoßpendels. Daneben entdeckte er den blinden Fleck im menschlichen Auge.

### **Joseph Louis Gay-Lussac**

(\* 6. Dezember 1778 in Saint-Léonard-de-Noblat; † 9. Mai oder 10. Mai 1850 in Paris) war ein französischer Chemiker und Physiker. Er ist wegen seiner beiden Gasgesetze bis heute international bekannt. Er führte auch die Maßanalyse und die Titration ein. Zusammen mit Louis Jacques Thénard und Humphry Davy entdeckte er 1808 das Element Bor. 1811 benutzte er die von ihm entwickelte Methode der Dampfdichtebestimmung zur Ermittlung der Molekularmasse gewogener Mengen flüssiger Körper.

**Guillaume Amontons** (\* 31. August 1663 in Paris; † 11. Oktober 1705 in Paris) war ein französischer Physiker.

Er entdeckte die bei Gasen gültige Proportionalität von Druck und Temperatur bei konstantem Volumen, das Gesetz von Amontons. Er führte konstruktive Verbesserungen bei Thermometern, Hygrometern und Barometern ein.

Als erster vermutete er das Vorhandensein eines absoluten Nullpunktes.

Seine Genialität als Physiker brachte ihn in die Politik und er wurde Statthalter von Lille.