

Arrhenius-Gleichung

1	Bedeutung	2
2	Formel	3
3	Aktivierungsenergie	3

1 Bedeutung

Die Arrhenius-Gleichung ist eine zentrale Beziehung der Chemie. Sie beschreibt den Zusammenhang zwischen der **Reaktionsgeschwindigkeit** und der **Temperatur**. Formuliert wurde sie vom schwedischen Wissenschaftler *Svante Arrhenius*.

Die Arrhenius-Gleichung ist wichtig für die Chemie, die Verfahrenstechnik und die Biotechnologie. Auch bei industriellen Reinigungsprozessen wird sie angewendet.

Damit eine chemische Reaktion ablaufen kann, benötigen die Teilchen eine bestimmte Mindestenergie. Diese Mindestenergie nennt man **Aktivierungsenergie**. Erst wenn genügend Teilchen diese Energie besitzen, kann die Reaktion stattfinden.

Die Arrhenius-Gleichung zeigt, wie stark die Temperatur die **Reaktionsgeschwindigkeit** beeinflusst. Mit steigender Temperatur besitzen mehr Teilchen genügend Energie. Dadurch laufen Reaktionen schneller ab. Schon eine kleine Temperaturerhöhung kann deshalb eine deutliche Wirkung haben.

Das ist auch im Alltag wichtig:

- Lebensmittel verderben bei höheren Temperaturen schneller.
- Getränke können sich bei Wärme leichter nachtrüben.
- Reinigungsprozesse funktionieren mit warmem Wasser besser.

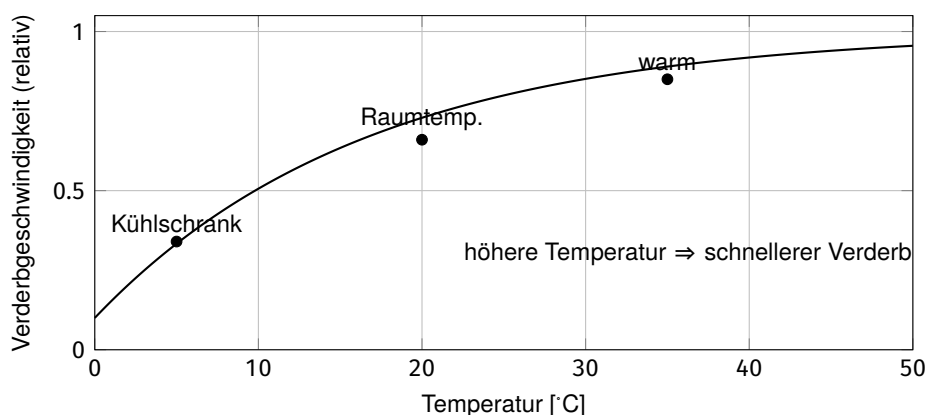


Abbildung 1. Schematische Darstellung: Mit steigender Temperatur zwischen 0 und 50 °C nimmt die Verderbgeschwindigkeit von Lebensmitteln deutlich zu. Die Kurve ist nur didaktisch, die Temperaturbereiche stimmen auch nicht für jedes Lebensmittel.

In der Industrie ist die richtige Temperaturwahl entscheidend. Eine zu tiefe Temperatur verlangsamt den Prozess. Eine zu hohe Temperatur kann jedoch unerwünschte Nebenreaktionen verursachen. Die Arrhenius-Gleichung hilft deshalb, Prozesse gezielt und sicher zu steuern.

2 Formel

Mathematisch wird die Arrhenius-Gleichung durch einen exponentiellen Zusammenhang dargestellt:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E}{R \cdot T}} \quad (1)$$

Die Variable k beschreibt die Geschwindigkeitskonstante der Reaktion. Der Faktor A ist von der Art der Reaktion abhängig. Die Aktivierungsenergie E wird in Joule pro Mol angegeben. R bezeichnet die

universelle Gaskonstante mit dem Wert $8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Die Temperatur T wird als absolute Temperatur in Kelvin eingesetzt. Mit steigender Temperatur nimmt der Exponentialterm stark zu. Dadurch erhöht sich die Reaktionsgeschwindigkeit überproportional. Der mathematische Ausdruck erklärt den experimentell beobachteten Temperatureinfluss.

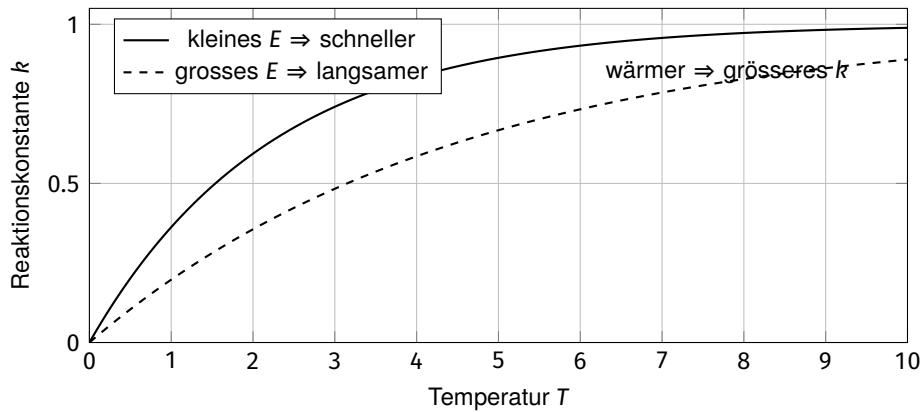


Abbildung 2. Schematische Darstellung der Arrhenius-Beziehung: Mit steigender Temperatur T nimmt die Reaktionskonstante k zu. Eine grössere Aktivierungsenergie E macht die Reaktion bei gleicher Temperatur langsamer.

3 Aktivierungsenergie

Eine hohe Aktivierungsenergie führt bei konstanter Temperatur zu kleinen Geschwindigkeitskonstanten. Reaktionen mit niedriger Aktivierungsenergie verlaufen entsprechend schneller.

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_A}{R \cdot T}} \quad (2)$$

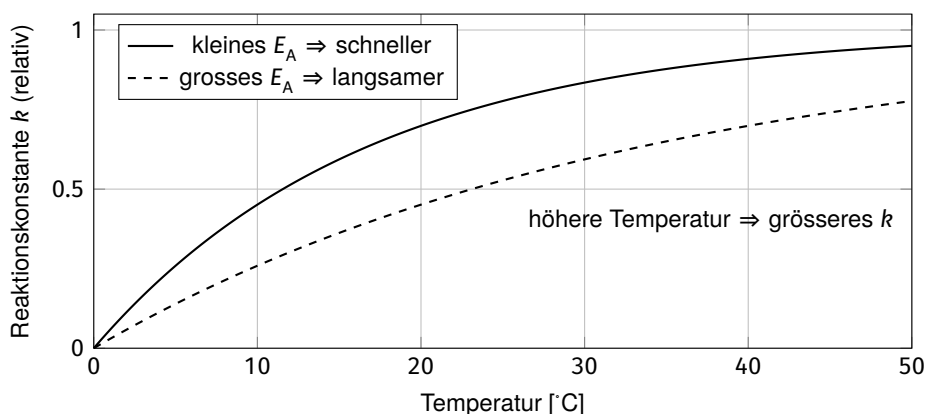


Abbildung 3. Schematische Darstellung der Arrhenius-Beziehung: Mit steigender Temperatur zwischen 0 und 50 °C nimmt die Reaktionskonstante k zu. Eine grössere Aktivierungsenergie E_A führt bei gleicher Temperatur zu einer langsameren Reaktion.

Bereits geringe Temperaturänderungen können grosse Effekte auf k haben. Dies ist besonders bei

technisch betriebenen Prozessen relevant. In der Membranverfahrenstechnik wird dieser Zusammenhang gezielt genutzt. Die Arrhenius-Gleichung ist insbesondere bei der CIP-Reinigung von Membranen von Bedeutung. Chemische Reinigungsreaktionen werden durch erhöhte Temperaturen beschleunigt. Eine Reinigung bei 60 Grad Celsius ist deutlich wirksamer als bei 30 Grad Celsius. Der Unterschied ergibt sich aus dem exponentiellen Charakter der Gleichung. Dadurch lassen sich Reinigungszeiten gezielt verkürzen.