

DUDEN

ABI GENIAL

Chemie



DAS SCHNELL-
MERK-SYSTEM

Für
schnellen
Lernerfolg

So lernen Sie besser!

Wissen verknüpfen

Sachverhalte merken Sie sich leichter, wenn Sie neues Wissen mit vorhandenem verknüpfen. Veranschaulichen Sie Lernthemen in einer Skizze oder einer Mindmap. Im Internet finden Sie häufig Animationen zu komplizierten Zusammenhängen.

Einen Plan machen

Verschaffen Sie sich einen Überblick über den Lernstoff. Unterteilen Sie den Lernstoff in kleine Lernpakete und erstellen Sie einen Zeitplan zu den einzelnen Lernthemen. Überprüfen Sie Ihren Plan immer wieder und passen ihn ggf. an.

Sinnvoll lernen

Ablenkung stört beim Lernen. Legen Sie daher alles beiseite, was Sie ablenken könnte. Suchen Sie sich einen geeigneten Ort, an dem Sie in Ruhe lernen können. Geben Sie Ihrem Gehirn Zeit, das Gelernte abzuspeichern. Fernsehen oder schnell noch Vokabeln lernen stören diesen Prozess.

Sich konzentrieren

Sudokus, Kreuzworträtsel oder Memos verbessern die Konzentrationsfähigkeit. Entwerfen Sie eigene Kreuzworträtsel zum Lernstoff und tauschen diese in einer Lerngruppe aus.

Pausen machen

Konzentriert zu arbeiten ist anstrengend. Daher ist es wichtig, regelmäßige Lernpausen einzulegen. Frische Luft und Bewegung zwischendurch fördern das Denken.

Für Abwechslung sorgen

Lernen Sie auch mal an einem anderen ruhigen Ort. Nutzen Sie Ihr Smartphone oder Tablet, um Notizen zu Inhalten und Definitionen zu machen. Verfassen Sie Sprachmemos zu Merksätzen. Schauen Sie sich passende Lehrfilme im Internet an oder erstellen Sie eigene Lernvideos.

Duden

ABI GENIAL

Chemie



DAS SCHNELL-
MERK-SYSTEM

Dudenverlag
Berlin

Inhaltsverzeichnis

So funktioniert Abi genial	6
MINDMAP Der Prüfungsstoff	8
Das Wichtigste in Kürze	10

1. Allgemeine und physikalische Chemie 18

Wichtige Definitionen 18 · 1.1 Reaktionsgeschwindigkeit 20 · 1.2 Der Energieumsatz chemischer Reaktionen 31

TOPTHEMA Die Gibbs-Helmholtz-Gleichung 38

1.3 Chemisches Gleichgewicht 40

TOPTHEMA Massenwirkungsgesetz 48

1.4 Säuren und Basen 50

TOPTHEMA Berechnung des pH-Werts 62

1.5 Elektrochemie 66

TOPTHEMA Die Nernst-Gleichung 70

2. Atombau und chemische Bindung 80

Wichtige Definitionen 80 · 2.1 Quantenzahlen und Pauli-Prinzip 81 · 2.2 Das Orbitalmodell 83

TOPTHEMA Hybridisierung 86

2.3 Der Atomkern 87 · 2.4 Chemische Bindung 89

TOPTHEMA Komplexverbindungen 92

2.5 Die Systematik im Periodensystem 98

3. Organische Chemie 100

Wichtige Definitionen 100 · 3.1 Das C-Atom im Orbitalmodell 102 · 3.2 Gesättigte Kohlenwasserstoffe – Alkane 102 · 3.3 Ungesättigte Kohlenwasserstoffe – Alkene 106 · 3.4 Ungesättigte Kohlenwasserstoffe – Alkine 107 · 3.5 Halogenkohlenwasserstoffe 108

3.6 Aromatische Kohlenwasserstoffe – Benzen 113

TOPTHEMA Elektrophile Substitution 114

3.7 Alkohole 117 · 3.8 Ether 121 · 3.9 Aldehyde 123

3.10 Ketone 127 · 3.11 Carbonsäuren 129

3.12 Synthetische Makromoleküle 133

3.13 Oxidationsstufen des Kohlenstoffatoms 137

4. Farbstoffe und Indikatoren 138

Wichtige Definitionen 138 · 4.1 Farbsehen und Farbstoffmoleküle 140 · 4.2 Chromatografie 143

TOPTHEMA Säure-Base-Indikatoren 144

4.3 Phenolphthalein 146

5.	Biochemie	148
	Wichtige Definitionen 148 · 5.1 Kohlenhydrate 150	
	5.2 Optische Aktivität 153 · 5.3 Polysaccharide 156	
	TOPTHEMA Eiweißstoffe – Proteine 160	
	5.4 Die Struktur von Peptiden und Proteinen 162	
	5.5 Wirkstoffe 164	
	TOPTHEMA Nucleinsäuren 168	
	5.6 Gärung 170 · 5.7 Fotosynthese 171	
	5.8 Atmung 172	
 6.	 Analytische Chemie	 174
	Wichtige Definitionen 174 · 6.1 Beispiele für qualitative Analysen 176 · 6.2 Beispiele für quantitative Analysen 177 · 6.3 Ermittlung chemischer Formeln 180	
	6.4 Ermittlung der molaren Masse 181	
	TOPTHEMA Elementaranalyse nach Liebig 182	
 7.	 Industrielle Chemie	 184
	Wichtige Definitionen 184 · 7.1 Treibstoffgewinnung 185	
	TOPTHEMA Cracken und Reforming 186	
	7.2 Hydroformylierung 191 · 7.3 Enzymatische industrielle Verfahren 193 · 7.4 Haber-Bosch-Verfahren 194 · 7.5 Chlor-Alkali-Elektrolyse 195	
	TOPTHEMA Salpeter- und Schwefelsäure 196	
	7.6 Schmelzflusselektrolyse von Aluminiumoxid 198	
	7.7 Der Hochofenprozess und die Stahlgewinnung 199	

Prüfungsratgeber und Prüfungsaufgaben 202

- 1 Tipps für den Selbsttest 202
- 2 **Die Klausur** 203
 - 2.1 Tipps für das Schreiben einer guten Klausur 203
 - 2.2 Inhalt und Aufbau einer Klausur 204
 - 2.3 Die Operatoren 205
- 3 **Thematische Prüfungsaufgaben** 208
 - 3.1 Allgemeine und physikalische Chemie 208
 - 3.2 Atombau und chemische Bindung 214
 - 3.3 Organische Chemie 217
 - 3.4 Farbstoffe und Indikatoren 221
 - 3.5 Biochemie 222
 - 3.6 Analytische Chemie 226
 - 3.7 Industrielle Chemie 228

Register 230

Periodensystem der Elemente 236

Abi genial ermöglicht Ihnen eine sehr effektive Prüfungsvorbereitung. Im Mittelpunkt steht die übersichtliche Darstellung von allen abiturrelevanten inhaltlichen Schwerpunkten.

Der Prüfungsstoff

Die Mindmap des Prüfungstoffes bietet Ihnen eine schnelle Übersicht über alle im Buch dargestellten Inhalte. Nutzen Sie diese, um sich einen Überblick über den Prüfungsstoff zu verschaffen und zu markieren, was Sie noch üben müssen.

Das Wichtigste in Kürze

Die Überblicke zu den jeweiligen Kapiteln bieten eine Übersicht über die zentralen Inhalte und die wesentlichen Kompetenzerwartungen im Abitur. Sie bilden die Basis des Abiturwissens. Für die Erarbeitung und Vertiefung nutzen Sie die Erklärungen und Beispiele eines jeden Kapitels.

Kapitelstarter

Zu Beginn eines jeden Kapitels vermittelt eine Übersicht die wichtigsten Definitionen zu dem Thema.

Kapitel

Im Kapitel wird das Basiswissen mit allen relevanten Inhalten zum Thema dargestellt. Die klare Gliederung des Stoffes ermöglicht Ihnen ein schnelles Auffinden und eine gute Orientierung durch Merkwissen (▶) und Infokästen. Die zahlreichen Beispiele innerhalb der Kapitel zeigen Ihnen, wie Sie konkret vorgehen können.

Topthema


Im Topthema wird der zentrale Lernstoff noch einmal vertieft.

Prüfungsratgeber und Prüfungsaufgaben

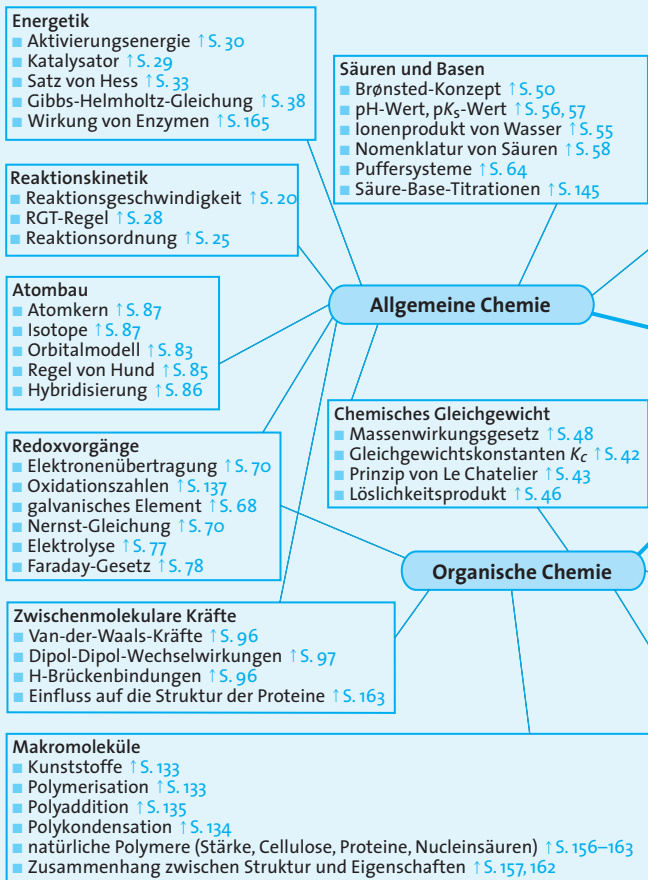
Der Prüfungsratgeber ist ein Extrakapitel, in dem Sie Tipps für einen Selbsttest und zum Schreiben der Abiturklausur erhalten. Hier finden Sie alles Wichtige über die Anforderungsbereiche und Operatoren sowie typische Prüfungsaufgaben zu allen Unterrichtsthemen. Nutzen Sie die erlernten Kompetenzen, um die Aufgaben zu lösen.

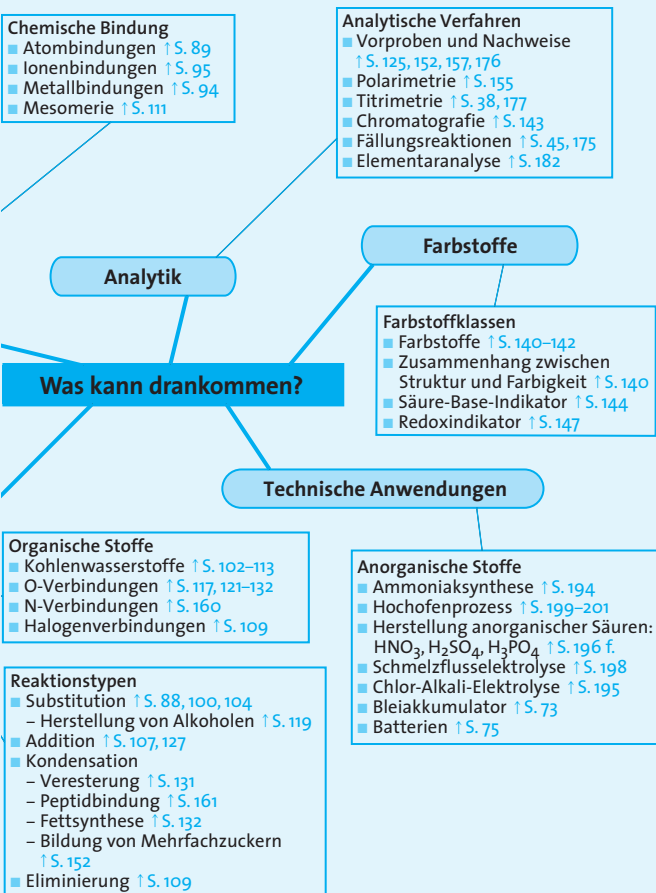
Prüfungstraining mit Abitur-Originalklausuren

Ergänzt wird das Prüfungstraining durch Originalprüfungen mit ausführlichen Musterlösungen, die Sie unter www.duden.de/abitur finden.

 Bitte beachten Sie: Die Anforderungen sind in den Bundesländern sehr unterschiedlich. Auch in den Grund- und Leistungskursen gibt es große Unterschiede in den Kompetenzerwartungen.

Gleichen Sie daher die Angaben in der Mindmap und in den Überblicken (Das Wichtigste in Kürze) mit den Abiturvorgaben in Ihrem Bundesland ab.





Allgemeine und physikalische Chemie

Reaktionsgeschwindigkeit

- Beschreiben des Ablaufs chemischer Reaktionen
- Definition der Reaktionsgeschwindigkeit
- Untersuchen der Reaktionsgeschwindigkeit und Darstellung des Stoffumsatzes in Abhängigkeit von der Zeit
- Definition der Geschwindigkeitskonstante
- Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit
- Beschreiben der Wirkungsweise eines Katalysators
- Experimentelle Überprüfung des Einflusses verschiedener Faktoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit
- Beschreiben des zeitlichen Ablaufs chemischer Reaktionen auf molekularer Ebene mithilfe von Modellen
- Interpretieren von Energie-Reaktionsweg-Diagrammen

Energieumsatz chemischer Reaktionen

- Definition der Reaktionsenergie und der Reaktionsenthalpie
- Beschreiben exothermer und endothermer Reaktionen
- Berechnen von Standardreaktionsenthalpien und Anwenden des Satzes von Hess
- Definition der Standardreaktionsentropie
- Definition der freien Reaktionsenthalpie
- Definition der Gibbs-Helmholtz-Gleichung
- Erklären der Triebkraft chemischer Reaktionen
- Berechnen der freien Reaktionsenthalpie

Chemisches Gleichgewicht

- Merkmale eines chemischen Gleichgewichts
- Beschreiben der Einstellung eines chemischen Gleichgewichts auf molekularer Ebene mithilfe des Teilchenmodells

- Grafische Darstellung der Einstellung eines chemischen Gleichgewichts
- Definition des Massenwirkungsgesetzes und der Gleichgewichtskonstante; Formulieren des Massenwirkungsgesetzes für einfache Reaktionen
- Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts und das Prinzip des kleinsten Zwangs nach Le Chatelier
- Berechnung der Gleichgewichtskonstante und Konzentrationen von Reaktionspartnern im chemischen Gleichgewicht

Säuren und Basen

- Definition von Säuren und Basen (Brønsted-Lowry)
- Interpretieren von Säure-Basen-Reaktionen (Protolysen) als Gleichgewichtsreaktionen
- Darstellen von Säure-Basen-Reaktionen mit Reaktionsgleichungen und das Donator-Akzeptor-Konzept erklären
- Erläutern der Autoprotolyse und des Ionenprodukts des Wassers
- Definition des pH-Werts
- Berechnen von pH-Werten wässriger Lösungen
- Vorhersagen von Säure-Base-Reaktionen anhand von K_S - und pK_S -Werten
- Definition einer Pufferlösung
- Berechnen des pH-Werts einer Pufferlösung und Anwenden der Henderson-Hasselbalch-Gleichung

Elektrochemie

- Darstellen von Oxidation und Reduktion als Teilreaktionen der Redoxreaktion
- Interpretieren von Redoxreaktionen auf der Teilchenebene als Elektronen-Donator-Akzeptor-Reaktion
- Erklären von Redoxreaktionen zwischen Metallatomen und Metallionen in elektrochemischen Halbzellen

- Erklären des elektrochemischen Potenzials und Ermittlung des Normalpotenzials einer Halbzelle
- Erklären des Aufbaus und der Funktionsweise eines galvanischen Elements
- Beschreiben des Aufbaus eines Daniell-Elements
- Erklären der elektrochemischen Spannungsreihe
- Anwenden der Nernst-Gleichung zur Berechnung der Zellspannung galvanischer Elemente
- Beschreiben der Vorgänge bei der elektrochemischen Korrosion von Metallen und der Entstehung von Lokalelementen
- Erklären des Aufbaus und der Funktion von Batterien und Akkumulatoren
- Formulieren der Elektrodenreaktionen bei der Anwendung von Batterien und Akkumulatoren
- Beschreiben der Vorgänge bei einer Elektrolyse
- Anwenden des Faraday-Gesetzes zur Berechnung der bei einer Elektrolyse abgeschiedenen Masse
- Erläutern der Umwandlung von elektrischer Energie in chemische Energie und umgekehrt
- Vergleichen herkömmlicher und innovativer elektrochemischer Energiequellen

Atombau und chemische Bindung

- Beschreiben des Atombaus anhand der Quantenzahlen
- Anwenden des Pauli-Prinzips
- Erklären des Begriffs Orbital
- Beschreiben der s-, p- und d-Orbitale von Atomen
- Beschreiben der Elektronenkonfiguration von Atomen
- Anwenden der Pauling-Schreibweise
- Beschreiben und Anwenden der Regel von Hund
- Erläutern der Hybridisierung des Kohlenstoffatoms
- Beschreibung des Aufbaus von Atomkernen und Isotopen
- Definition der Ordnungs-, Massen- und Kernladungszahl

- Beschreiben des Zerfalls radioaktiver Nuklide
- Beschreiben der Elektronenpaarbindung
- Erklären der polaren Elektronenpaarbindung
- Beschreiben der Metallbindung
- Erklären der Bildung von Bändern bei der Metallbindung
- Beschreiben der Ionenbindung
- Definition der Gitterenergie, der Hydratationsenthalpie und der Lösungsenthalpie
- Erklären der Energiebilanz bei der Bildung von Natriumchlorid aus den Elementen Natrium und Chlor
- Erklären der Energiebilanz beim Lösen von Natriumchlorid in Wasser
- Erklären der zwischenmolekularen Kräfte mit dem Teilchenmodell
- Beschreiben des Aufbaus des Periodensystems der Elemente

Organische Chemie

Kohlenwasserstoffe

- Einordnen organischer Verbindungen in Stoffklassen anhand ihrer funktionellen Gruppen
- Erklären des Prinzips der Verknüpfung von C-Atomen an Verbindungen aus den Stoffklassen der Alkane, Alkene und Alkine
- Beschreiben des Aufbaus homologer Reihen bei Alkanen, Alkoholen, Aldehyden und Ketonen
- Beschreiben der Isomerie bei organischen Verbindungen
- Benennung organischer Verbindungen
- Beschreiben des Molekülaufbaus der Alkane, Alkene und Alkine
- Formulieren der Schritte einer radikalischen Substitution
- Formulieren der Schritte einer elektrophilen Addition

- Beschreiben des Aufbaus und der Eigenschaften von Halogenkohlenwasserstoffen
- Erklären der Mesomerie in organischen Verbindungen
- Beschreiben des Aufbaus aromatischer Kohlenwasserstoffe
- Erklären der Eigenschaften von Benzen
- Formulieren der Schritte einer elektrophilen Ersts substitution
- Erklären der Substitutionsregeln für die Zweitsubstitution

Kohlenwasserstoffe mit Sauerstoff als funktionelle Gruppe

- Beschreiben des Aufbaus der Moleküle von Alkoholen
- Einteilen der Alkohole (Wertigkeit, Substitutionsgrad)
- Formulieren der Schritte der nucleophilen Substitution erster Ordnung und zweiter Ordnung
- Beschreiben des Molekülaufbaus von Ethern und charakteristischer Eigenschaften
- Beschreiben des Molekülaufbaus von Aldehyden und charakteristischer Eigenschaften
- Erklären der Oxidationsreihe der Alkohole auf molekularer Ebene und zuordnen von Oxidationszahlen
- Erläutern charakteristischer Reaktionen von Aldehyden
- Beschreiben der Nachweisreaktionen von Aldehyden
- Beschreiben des Molekülaufbaus von Carbonsäuren und charakteristischer Eigenschaften
- Beschreiben des Molekülaufbaus von Aldehyden und charakteristischer Eigenschaften
- Formulieren der Reaktionsschritte der Veresterung
- Erklären des Einflusses der funktionellen Gruppen der Moleküle von Alkoholen, Aldehyden, Ketonen und Carbonsäuren auf die Stoffeigenschaften und das Reaktionsverhalten

Synthetische Makromoleküle

- Erklären des Aufbaus von Makromolekülen
- Formulieren und erläutern der Reaktionsschritte einer radikalischen Polymerisation, Polyaddition, Polykondensation
- Erläutern der Eigenschaften von Polymeren mithilfe der molekularen Struktur

Farbstoffe und Indikatoren

- Erläutern des Zusammenhangs zwischen Lichtabsorption und Farbigkeit eines Stoffs
- Erklären des Zusammenhangs zwischen der Farbigkeit eines Stoffs und der Molekülstruktur
- Vergleichen der Strukturen organischer Farbstoffe und deren Einfluss auf die Farbigkeit
- Beschreiben der Stofftrennung durch Chromatografie und Anwendung eines Farbstoffs als Sprühreagens
- Beschreiben der Eigenschaften von Säure-Base-Indikatoren
- Anwenden des Massenwirkungsgesetzes zur Bestimmung des Umschlagsbereichs eines Säure-Base-Indikators
- Erläutern des Verlaufs einer Titrationskurve

Biochemie

- Beschreiben des Molekülaufbaus von Monosacchariden
- Formulieren der Strukturformeln ringförmiger Monosaccharide mithilfe der Sessel- und Haworth-Schreibweise
- Beschreiben des Aufbaus der Moleküle von Disacchariden
- Erklären des Zusammenhangs zwischen der Molekülstruktur organischer Verbindungen und der optischen Aktivität
- Erklären der Mutarotation von Glucose und Fructose
- Beschreiben des Aufbaus der Moleküle der Polysaccharide Stärke, Glykogen und Cellulose

- Beschreiben des Aufbaus der Moleküle von Peptiden
- Erklären der Bildung der funktionellen Gruppe von Peptiden, der Peptidbindung
- Beschreiben der Struktur von Peptiden und Proteinen
- Beschreiben der Bedeutung von Vitaminen
- Erklären der Wirkungsweise und Benennung von Enzymen und des Aufbaus von Enzymmolekülen
- Erklären der Enzymaktivität und des Schlüssel-Schloss-Prinzips der Substratspezifität von Enzymen
- Beschreiben des Aufbaus von Nucleinsäuren
- Erklären der Struktur von Nucleinsäuren und Bedeutung als Träger der genetischen Information
- Erklärung der Bedeutung und des Ablaufs der Gärung, der Fotosynthese und der Atmung

Analytische Chemie

- Nachweisen und charakterisieren organischer Verbindungen
- Nachweisen und trennen von Schwermetall-Ionen
- Bestimmen der Konzentration von Säuren und Basen
- Erläutern des Verfahrens einer Säure-Base-Titration
- Dokumentieren der Ergebnisse einer Säure-Base-Titration mithilfe einer Titrationskurve
- Bestimmen der Wasserhärte mit der Säure-Base-Titration
- Erläutern von Verfahren zum Ermitteln chemischer Formeln
- Erläutern von Verfahren zum Ermitteln der molaren Masse
- Erläutern der Elementaranalyse einer organischen Substanz

Industrielle Chemie

- Beschreiben der Rohöldestillation
- Erklären der Treibstoffgewinnung durch Cracken und Reforming
- Erklären der industriellen Anwendung der Hydroformylierung
- Erklären der Synthesegasgewinnung
- Beschreiben industrieller enzymatischer Verfahren
- Erklären der Ammoniaksynthese mithilfe des Haber-Bosch-Verfahrens
- Erklären der Chlor-Alkali-Elektrolyse
- Erklären der Herstellung von Salpetersäure mithilfe des Ostwald-Verfahrens
- Erklären der Herstellung von Schwefelsäure mithilfe des Kontaktverfahrens
- Erklären der Herstellung von Aluminium mithilfe der Schmelzflusselektrolyse
- Erklären der Herstellung von Eisen im Hochofen
- Erklären der Gewinnung von Stahl

1 Allgemeine und physikalische Chemie

Wichtige Definitionen

Reaktionsgeschwindigkeit

Reaktionsgeschwindigkeit v :

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{dc}{dt}$$

Einheit: $\text{mol}^{-1} \text{s}^{-1}$

c Konzentration; t Zeit

Geschwindigkeitsgesetz:

$$v = k \cdot c^x(\text{A}) \cdot c^y(\text{B})$$

Reaktionsordnung $n = x + y$

Geschwindigkeit als Funktion der Konzentration

$n = 1,5$

Energieumsatz

Reaktionsenthalpie ΔH_{R} :

$\Delta H_{\text{R}} < 0$: exotherm

$\Delta H_{\text{R}} > 0$: endotherm

Einheit: kJ mol^{-1}

Wärmeanteil der Reaktionsenergie

Satz von Hess:

$$\Delta H_{\text{R}} = \sum \Delta H^{\circ}(\text{Produkte}) - \sum \Delta H^{\circ}(\text{Edukte})$$

ΔH_{R} eines Systems ist unabhängig vom Reaktionsweg.

Standardtemperatur ($T = 298 \text{ K}$)

Standarddruck ($p = 1013 \text{ hPa}$)

\circ : Standardbedingungen

Entropie S

Einheit: J mol^{-1}

Maß für die „Unordnung“

freie Reaktionsenthalpie $\Delta G_{\text{R}}^{\circ}$:

$\Delta G_{\text{R}}^{\circ} < 0$: exergonisch

$\Delta G_{\text{R}}^{\circ} > 0$: endergonisch

Einheit: kJ mol^{-1}

Triebkraft chemischer Reaktionen

Gibbs-Helmholtz-Gleichung:

$$\Delta G_{\text{R}}^{\circ} = \Delta H_{\text{R}}^{\circ} - T \Delta S_{\text{R}}^{\circ}$$

Zusammenhang zwischen Reaktionsenthalpie, Reaktionsentropie und freier Enthalpie

Chemisches Gleichgewicht

Gleichgewichtsreaktion:

Ausgangs- und Endprodukte liegen in gleichbleibenden Konzentrationen nebeneinander vor. Hin- und Rückreaktion laufen gleich schnell ab:
 $v(\text{ges}) = v(\rightarrow) - v(\leftarrow) = 0$



Gleichgewichtskonstante (Massenwirkungsgesetz)

$$K_c = \frac{c(C) \cdot c(D)}{c(A) \cdot c(B)}$$

Le-Chatelier-Prinzip:

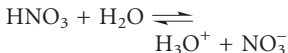
Chemisches Gleichgewicht verlagert sich so, dass es äußerem Zwang ausweicht.

Zwang durch:

- Temperaturänderung
- Konzentrationsänderung
- Druckänderung (Gase)

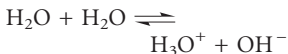
Säuren und Basen

Protonenübertragungsreaktion (Protolyse)



Autoprotolyse:

Protonenaustausch zwischen zwei identischen Molekülen



pH-Wert:

$$\text{pH} = -\lg c(\text{H}_3\text{O}^+)$$

Zitronensaft: pH = 2,3

Blut: pH = 7,4

Ionenprodukt des Wassers:

$$K_W = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-14}$$

$$\text{p}K_W = \text{pH} + \text{pOH} = 14$$

Formelzeichen: K_W

Einheit: $\text{mol}^2 \cdot \text{l}^{-2}$

Elektrochemie

Nernst-Gleichung:

$$E = E^\circ + \frac{0,059 \text{ V}}{z} \lg \frac{c(\text{Ox})}{c(\text{Red})}$$

z Ladungszahl, $E(0)$ Normalpotenzial, c Konzentration (mol l^{-1}), Ox/Red oxidiertes/reduzierter Zustand

Redoxreaktion

Oxidation: Abgabe von e^-
 Reduktion: Aufnahme von e^-

Elektronenübertragungsreaktion
 e^- Elektron

1.1 Reaktionsgeschwindigkeit

Chemische Reaktionen können unterschiedlich schnell verlaufen. Eine Explosion verläuft sehr schnell; die Bildung der Patinaschicht auf Kupfer ist wiederum so langsam, dass sie mehrere Jahre dauern kann.

Definition der Reaktionsgeschwindigkeit

Bei einer chemischen Reaktion werden Ausgangsstoffe (Edukte) verbraucht und die Endstoffe (Produkte) gebildet. Dabei ändern sich im zeitlichen Verlauf die Stoffmenge, das Volumen oder die Masse der beteiligten Reaktionspartner. Zur analytischen Bestimmung der Reaktionsgeschwindigkeit wählt man eine Größe aus, die sich möglichst einfach bestimmen lässt. Das ist meistens die **Konzentration** (Stoffmengenkonzentration $c = \frac{n}{V}$; mit n : Stoffmenge, V : Volumen).

Verfolgt man z. B. bei der Reaktion mit der allgemeinen Reaktionsgleichung



die Konzentration des sich bildenden Produktes C oder die des abreagierenden Eduktes A im Zeitintervall Δt ($= t_2 - t_1$), so lassen sich die mittleren Geschwindigkeiten \bar{v} folgendermaßen angeben:

$$\bar{v}_A = -\frac{\Delta c(A)}{\Delta t} \quad (\text{Verbrauchsgeschwindigkeit von A})$$

$$\bar{v}_C = \frac{\Delta c(C)}{\Delta t} \quad (\text{Bildungsgeschwindigkeit von C})$$

Δc ($= c_2 - c_1$) ist die Differenz der Konzentrationen im Zeitintervall Δt . Allgemein bedeutet das in diesem Fall:

$$\bar{v} = -\frac{\Delta c(\text{Edukt})}{\Delta t} = \frac{\Delta c(\text{Produkt})}{\Delta t}$$

Die Konzentrationsänderungen der Reaktionspartner erfolgen immer entsprechend der Reaktionsgleichung. Ist diese komplexer, d. h., treten in der **allgemeinen Reaktionsgleichung** stöchiometrische Faktoren (hier α , β , γ und δ) auf,



so müssen diese bei der Berechnung der verschiedenen Reaktionsgeschwindigkeiten der beteiligten Stoffe (Bildungs- und Verbrauchsgeschwindigkeiten) berücksichtigt werden.

Somit ergibt sich allgemein für die mittlere Reaktionsgeschwindigkeit im Zeitintervall Δt :

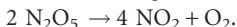
$$\bar{v} = -\frac{1}{\alpha} \frac{\Delta c(A)}{\Delta t} = -\frac{1}{\beta} \frac{\Delta c(B)}{\Delta t} = \frac{1}{\gamma} \frac{\Delta c(C)}{\Delta t} = \frac{1}{\delta} \frac{\Delta c(D)}{\Delta t}$$

Dabei werden für Produkte die stöchiometrischen Faktoren mit positivem Vorzeichen versehen, für Edukte mit negativem.

Die Reaktionsgeschwindigkeit

Die Reaktionsgeschwindigkeit v beschreibt die Änderung der Konzentration der an einer chemischen Reaktion beteiligten Stoffe pro Zeiteinheit unter Berücksichtigung der Stöchiometrie. Sie ist immer positiv und hat die Einheit $\text{mol l}^{-1} \text{s}^{-1}$.

Beispiel: Distickstoffpentoxid zersetzt sich zu Stickstoffdioxid und Sauerstoff gemäß



Im Versuch werden nach 20 bzw. 40 Minuten N_2O_5 -Konzentrationen von $0,5 \text{ mol l}^{-1}$ bzw. $0,2 \text{ mol l}^{-1}$ gemessen. Bestimmen Sie v_{O_2} (Bildungsgeschwindigkeit von Sauerstoff) und die Gesamtgeschwindigkeit der Reaktion.

Die Verbrauchsgeschwindigkeit von N_2O_5 lässt sich bestimmen:

$$\bar{v}_{\text{N}_2\text{O}_5} = - \frac{\Delta c(\text{N}_2\text{O}_5)}{\Delta t} = \frac{0,3 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}}{1200 \text{ s}} = 0,00025 \frac{\text{mol}}{\text{l} \cdot \text{s}}$$

Aufgrund der Stöchiometrie der Reaktion besteht zwischen den Einzelgeschwindigkeiten der folgende Zusammenhang:

$$\bar{v} = - \frac{1}{2} \frac{\Delta c(\text{N}_2\text{O}_5)}{\Delta t} = \frac{1}{4} \frac{\Delta c(\text{NO}_2)}{\Delta t} = \frac{1}{1} \frac{\Delta c(\text{O}_2)}{\Delta t}$$

Damit ergeben sich für die gesuchten Geschwindigkeiten \bar{v} und v_{O_2} :

$$\bar{v} = \frac{1}{2} \bar{v}_{\text{N}_2\text{O}_5} = \bar{v}_{\text{O}_2} = 0,000125 \frac{\text{mol}}{\text{l} \cdot \text{s}}$$

Grafische Darstellung der Reaktionsgeschwindigkeit

Zur Ermittlung der Reaktionsgeschwindigkeit reicht es aus, die Konzentrationen eines Reaktionspartners im zeitlichen Verlauf zu bestimmen. Diese Werte (Konzentrationen in Abhängigkeit von der Zeit) trägt man in ein **Konzentrations-Zeit-Diagramm** ein. Das Konzentrations-Zeit-Diagramm für die Zersetzung von N_2O_5 aus obigem Beispiel ist in der folgenden Grafik dargestellt.

In diesem Diagramm sind auch die Kurven für die Bildung von NO_2 bzw. O_2 dargestellt.