



AKADEMIE

Lukas Pratschner | Pia Bräuhofer | Katharina Ernst

Chemieverfahrenstechnik: Technologien und Verfahrensfließbilder

TÜV AUSTRIA Fachverlag

Chemieverfahrenstechnik: Technologien und Verfahrensfliessbilder

1. Auflage 2025

ISBN 978-3-903255-52-4

Autor:innen: Ing. Lukas Pratschner, Pia Bräuhofer, BSc, Ing. Katharina Ernst,
TÜV AUSTRIA AKADEMIE GMBH

Medieninhaber:

TÜV AUSTRIA AKADEMIE GMBH

Leitung: Mag. (FH) Christian Bayer, Ing. Günter Göttlich

2345 Brunn am Gebirge, TÜV AUSTRIA-Platz 1

+43 5 0454-8000

akademie@tuv.at | www.tuv-akademie.at



Produktionsleitung: Mag. Judith Martiska

Layout und Grafiken: Markus Rothbauer, office@druckwelten.at & lucdesign.com

Herstellung: druckwelten.at, 1180 Wien

Covermotiv: © stock.adobe.com

© 2025 TÜV AUSTRIA AKADEMIE GMBH

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere die Rechte der Verbreitung, der Vervielfältigung, der Übersetzung, des Nachdrucks und der Wiedergabe bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwertung – dem Verlag vorbehalten.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Medieninhabers reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Trotz sorgfältiger Prüfung sämtlicher Beiträge in diesem Werk sind Fehler nicht auszuschließen. Die Richtigkeit des Inhalts ist daher ohne Gewähr. Eine Haftung des Herausgebers oder der Autoren ist ausgeschlossen.

Im Sinne einer besseren Lesbarkeit und eines erleichterten Verständnisses verzichten wir in unseren Publikationen auf eine geschlechterspezifische Differenzierung und verwenden für Personenbezeichnungen das generische Maskulinum. Wir verstehen dieses als neutrale grammatikalische Ausdrucksweise, mit der wir ohne jegliche Diskriminierung alle Menschen gleichermaßen ansprechen.



© Saskia Jonasch

Vorwort

Gerade in herausfordernden Zeiten wie diesen ist das Thema Aus- und Weiterbildung wichtiger denn je. Wir lernen für das Leben und das Lernen soll auch niemals aufhören. Dabei einen hilfreichen Begleiter in Form eines praxisorientierten Lehrbuchs zu haben, ist mehr als hilfreich.

Speziell der Bereich Chemieverfahrenstechnik spielt für die Bewältigung vieler Herausforderungen, denen die Menschheit sich gegenwärtig und zukünftig stellen muss, eine große Rolle. Viele kennen den alten Spruch „Alles Leben ist Chemie“. Chemie ist de facto die Grundlage des Lebens, so wie wir es kennen. Darüber hinaus bietet die Chemie auch viele Möglichkeiten, unsere Zukunft positiv zu gestalten, sei es bei der Bewältigung von Abfallströmen, bei der Beseitigung von Schadstoffen oder im Bereich der erneuerbaren Energien.

Der Inhalt dieses Lehrbuchs ist ausgesprochen vielseitig, dabei sehr praxisorientiert und wird sicher dazu beitragen, dass die Leserinnen und Leser einen breiten Überblick über die chemische Verfahrenstechnik erhalten.

Besonders ans Herz legen möchte ich den Leserinnen und Lesern auch die beiden Kapitel über Arbeitssicherheit, der gerade in der chemischen Verfahrenstechnik eine große Bedeutung zukommt.

Sie kennen sicher auch den Spruch „Die Chemie stimmt“, der für ein harmonisches Zusammenspiel zwischen verschiedenen „Partnern“ steht. In diesem Sinne hoffe ich, dass zwischen den Leserinnen und Lesern dieses Lehrbuchs und seinem Inhalt die Chemie stimmen wird und der geschätzte Leser bzw. die geschätzte Leserin einen guten und tiefen Zugang zu der dargestellten Materie findet.

Möge dieses Lehrbuch eine weite Verbreitung finden und einerseits den angehenden Chemieverfahrenstechnikern und -technikerinnen eine wertvolle Hilfe zur Vorbereitung auf die Lehrabschlussprüfung sowie andererseits ein hilfreiches Nachschlagewerk für Chemieverfahrenstechniker und -technikerinnen und andere Interessierte sein.

Dipl.-Ing. Dr. Stefan Haas
Chief Executive Officer TÜV AUSTRIA HOLDING AG

Vorwort



Liebe Lehrlinge und angehende Fachkräfte,

ein Berufsabschluss hat einen sehr hohen Stellenwert. Hervorragend ausgebildete technische Fachkräfte sind in Industrie und Gewerbe gefragt wie nie. Dies gilt insbesondere für den absolut zukunftsfitten Lehrberuf der Chemieverfahrenstechnik, mit dem Sie sich ein breites Einsatzspektrum in der chemischen Industrie, der Raffinerietechnologie und vielen anderen artverwandten Industrien erschließen werden. Sie haben Sich also goldrichtig entschieden!

Mit der Bedeutung dieses Berufsbildes nimmt aber auch die Komplexität der technischen Ausbildung – bedingt durch Entwicklung und Fortschritt – stetig zu. Wir als OMV sind uns dieser Tatsache bewusst und investieren daher nachhaltig mit unseren finanziellen und personellen Ressourcen in eine erstklassige Ausbildung und schaffen so eine optimale Vorbereitung für die berufliche Zukunft unserer Lehrlinge.

Aus diesem Grund unterstützen wir auch unseren Ausbildungspartner TÜV AUSTRIA Akademie in der Erstellung dieses österreichweit einzigartigen LAP-Vorbereitungsskriptums für den Lehrberuf der Chemieverfahrenstechnik. Hier finden Sie gebündelt viele wichtige Informationen wie detaillierte Verfahrensbeschreibungen, gut aufbereitete Verfahrensflißbilder, aber auch Wiederholungsfragen über die gesamte Lehrzeit. Zudem finden Sie essenziell wichtige Inhalte zur Arbeits- und Prozesssicherheit sowie zum Thema Umwelt/Umwelttechnologie. All dies soll Sie bestmöglich unterstützen, Ihre Lehrabschlussprüfung erfolgreich zu bewältigen.

Diese wird mit hoher Wahrscheinlichkeit in der Future Academy, unserem Ausbildungszentrum für technische Lehrberufe in der Chemie, Elektrotechnik und Maschinenbau-technik, in Gänserndorf stattfinden, wo es auch für externe Lehrlinge die Möglichkeit gibt, sich im Rahmen von eigens angebotenen Kursen praktisch und theoretisch auf die Lehrabschlussprüfung vorzubereiten. Ich bin mir sicher, mit diesem Bündel an Vorbereitungsmaßnahmen sind Sie bestens für einen erfolgreichen Abschluss Ihrer Ausbildung gerüstet und bereit, in der OMV-Raffinerie Schwechat oder Ihrem jeweiligen Ausbildungsbetrieb die Zukunft der chemischen Industrie erfolgreich mitzugestalten.

Ich wünsche Ihnen eine erfolgreiche restliche Ausbildungszeit und alles Gute für Ihre Lehrabschlussprüfung.

Dir. Dr. Otmar Schneider

Senior Vice President – Site Manager Schwechat Refinery, OMV Downstream GmbH



© martinphox

In der Future Academy, unserem modernen Ausbildungszentrum, bilden wir gemeinsam mit unserem Kooperationspartner TÜV AUSTRIA Akademie Lehrlinge der OMV und diverser Partnerunternehmen in hoher Qualität in ihren jeweiligen Berufsbildern aus. Die umfangreiche technische Ausstattung wie z. B. unsere mechanische Werkstätte, die Industrielandschaft mit Flanschmodellen und Übungsanlage, das nass-chemische Labor, das Trenntechnikum mit Rührkesseln zur Destillation sowie einer Rektifikationsanlage, das Prozessleittechniklabor mit Übungstischen zur Mess- und Regeltechnik sowie das Elektrotechniklabor, ermöglicht uns dabei eine Ausbildung auf hohem Niveau und am Stand der Technik. Unsere modernen Seminarräume und der freundliche Pausenbereich schaffen für unsere Besucher:innen eine angenehme Atmosphäre, damit sie sich auf das Wesentliche, nämlich den Lernerfolg, konzentrieren können.

In diesem attraktiven Umfeld bilden wir die Chemieberufe Chemieverfahrenstechnik und Labortechnik, Elektrotechnik und Maschinenbautechnik aus. Alle Informationen zu unserer Ausbildung gibt es unter [omv.at/lehre](https://www.omv.at/lehre).







TÜV
AUSTRIA

AKADEMIE

Future Academy Gänserndorf –

Ausbildungszentrum für Industriefachkräfte

Vorwort

Liebe Lehrlinge,

willkommen zu unserem umfassenden Buch über das Herzstück der Lehrabschlussprüfung zum:zur Chemieverfahrenstechniker:in – die 16 Verfahrensfließbilder. Dieses Buch ist speziell für die Prüfungsvorbereitung entwickelt worden und beschreibt alle benötigten Verfahrensfließbilder im Detail. Unser Ziel war es, die Inhalte so klar und verständlich wie möglich dazustellen, sodass sie leicht zu verstehen sind und das Lernen sowie das Anwenden leichtfällt.

In diesem Buch werdet ihr alles lernen, was ihr über die Verfahrensfließbilder wissen müsst, gespickt mit den chemischen und physikalischen Grundlagen zur jeweiligen Technologie.

Eingeleitet wird das Prüfungshandbuch mit den einfachsten Grundlagen der Verfahrenstechnik sowie einer kurzen Einleitung in die Chemie und Physik. Wir haben uns bemüht, die Inhalte so umfassend wie möglich zu gestalten, damit ihr euch bestmöglich auf eure Prüfung vorbereiten könnt.

Um das Prüfungshandbuch vor allem hinblicklich der Sicherheit abzurunden, enthält es abschließend noch einige Worte zur Arbeitssicherheit, wobei hier als Schwerpunkt die Arbeitssicherheit der Arbeitnehmer:innen in der Industrie und im Labor, EX-Zonen sowie der Brandschutz gewählt wurden.

Wir sind uns sicher, dass dieses Buch dabei helfen wird, erfolgreich eure Prüfungen zu bestehen und euch auf eine erfolgreiche Karriere in der vielfältigen Branche der Chemieverfahrenstechnik vorzubereiten. Wir wünschen euch viel Erfolg beim Lernen und der bevorstehenden Prüfung. Mit diesem Buch als Ressource und eurer Hingabe und Anstrengung werdet ihr sicherlich erfolgreich sein.

Viel Erfolg bei euren Prüfungen
wünschen die Lehrlingsausbildner:innen
der TÜV AUSTRIA Akademie

Inhalt

1. Chemische Technologie	13
1.1 Grundlagen der Verfahrenstechnik	13
1.2 Unterschied: Kontinuierlicher Betrieb und Batch-Betrieb einer chemischen Anlage	15
1.3 Exkurs: Das chemische Gleichgewicht	19
1.3.1 Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts	19
1.3.2 Einsatz von Katalysatoren	19
1.3.3 Erklärung des chemischen Gleichgewichts	20
1.3.4 Verschieben von Gleichgewichtslagen	20
1.3.5 Beeinflussung der Lage des chemischen Gleichgewichts	21
1.3.6 Beispiele für das chemische Gleichgewicht:	21
2. Kurze Einführung Chemie/Physik	27
2.1 Kann ich das auch ohne Chemie und Physik haben?	27
2.2 Chemie	27
2.3 Physik	28
2.4 Aggregatzustände	28
2.5 Das Atom	30
2.6 Einteilung von Stoffen und Stoffgemischen	31
3. Anorganische Technologie	33
3.1 Kesselspeisewasseraufbereitung	33
3.1.1 Allgemeines	33
3.1.2 Verfahrensprinzip	34
3.1.3 Arbeitsweise laut Fließbild	36
3.1.4 Fließbild	37
3.1.5 Fragen	38
3.2 Luftzerlegung	41
3.2.1 Allgemeines	41
3.2.2 Verfahrensprinzip	42
3.2.3 Arbeitsweise laut Fließbild	43
3.2.4 Fließbild	45
3.2.5 Fragen	46
3.3 Ammoniaksynthese	48
3.3.1 Allgemeines	48
3.3.2 Verfahrensprinzip	49
3.3.3 Arbeitsweise laut Fließbild	50
3.3.4 Fließbild	52
3.3.5 Fragen	53
3.4 Salpetersäureherstellung nach dem Ostwald-Verfahren	55
3.4.1 Allgemeines	55
3.4.2 Verfahrensprinzip	56
3.4.3 Arbeitsweise laut Fließbild	57
3.4.4 Fließbild	59
3.4.5 Fragen	60

3.5 Kalkammonsalpeterherstellung	62
3.5.1 Allgemeines	62
3.5.2 Verfahrensprinzip	62
3.5.3 Arbeitsweise laut Fließbild	63
3.5.4 Fließbild	65
3.5.5 Fragen	66
3.6 Schwefelsäureherstellung nach dem Doppelkontaktverfahren	67
3.6.1 Allgemeines	67
3.6.2 Verfahrensprinzip	67
3.6.3 Arbeitsweise laut Fließbild	69
3.6.4 Fließbild	70
3.6.5 Fragen	71
3.7 Natronlaugeherstellung (Amalgamverfahren)	73
3.7.1 Allgemeines	73
3.7.2 Verfahrensprinzip	73
3.7.3 Arbeitsweise laut Fließbild	75
3.7.4 Fließbild	76
3.7.5 Fragen	77
3.8 Sodaherstellung nach dem Solvay-Verfahren	79
3.8.1 Allgemeines	79
3.8.2 Verfahrensprinzip	79
3.8.3 Arbeitsweise laut Fließbild	80
3.8.4 Fließbild	81
3.8.5 Fragen	82
4. Organische Technologie	85
4.1 Erdöldestillation	85
4.1.1 Allgemeines	85
4.1.2 Verfahrensprinzip	85
4.1.3 Arbeitsweise laut Fließbild	86
4.1.4 Fließbild	88
4.1.5 Fragen	89
4.2 Ethinherstellung	91
4.2.1 Allgemeines	91
4.2.2 Verfahrensprinzip	91
4.2.3 Arbeitsweise laut Fließbild	92
4.2.4 Fließbild	94
4.2.5 Fragen	95
4.3 Methanolherstellung	97
4.3.1 Allgemeines	97
4.3.2 Verfahrensprinzip	97
4.3.3 Arbeitsweise laut Fließbild	98
4.3.4 Fließbild	99
4.3.5 Fragen	100
4.4 Harnstoffsynthese	102
4.4.1 Allgemeines	102
4.4.2 Verfahrensprinzip	102
4.4.3 Arbeitsweise laut Fließbild	103
4.4.4 Fließbild	105
4.4.5 Fragen	106

4.5 Polyethenherstellung	108
4.5.1 Allgemeines	108
4.5.2 Verfahrensprinzip	108
4.5.3 Arbeitsweise laut Fließbild	109
4.5.4 Fließbild	110
4.5.5 Fragen	111
4.6 Viskosefaserherstellung	113
4.6.1 Allgemeines	113
4.6.2 Verfahrensprinzip	114
4.6.3 Arbeitsweise laut Fließbild	114
4.6.4 Fließbild	117
4.6.5 Fragen	118
5. Umwelttechnologie	121
5.1 Abwasserbehandlung	121
5.1.1 Allgemeines	121
5.1.2 Verfahrensprinzip	122
5.1.3 Arbeitsweise laut Fließbild	125
5.1.4 Fließbild	127
5.1.5 Fragen	128
5.2 Rauchgasreinigung	131
5.2.1 Allgemeines	131
5.2.2 Verfahrensprinzip	131
5.2.3 Arbeitsweise laut Fließbild	134
5.2.4 Fließbild	135
5.2.5 Fragen	136
6. Arbeitssicherheit – Arbeitnehmer/innenschutz	139
7. Arbeitssicherheit in der chemischen Industrie	145
7.1 Ziele der Arbeitssicherheit in der chemischen Industrie	145
7.2 Gefahren im chemischen Laboratorium	145
7.3 Sicherheitseinrichtungen im Laboratorium	145
7.4 Grundregeln für Sicherheit im Laboratorium	146
7.5 Vorsichtsmaßnahmen beim Hantieren mit Chemikalien	147
7.5.1 Stufen der Gefährdung und Maßnahmen am Beispiel des Hantierens mit schwachen/starken Säuren	147
7.5.2 Sicherer Umgang mit unbekanntem Chemikalien	147
7.5.3 Praktische Vorsichtsmaßnahmen beim Umgang mit Chemikalien	148
7.5.4 Sichere Arbeitsweise beim Umgang mit Chemikalien – Präventionsmaßnahmen	149
7.6 Explosionsgefährliche Bereiche (EX-Zonen)	150
7.7 Brandschutz	152

1. Chemische Technologie

1.1 Grundlagen der Verfahrenstechnik

Die Verfahrenstechnik, oder auch Chemietechnik bzw. Stoffumwandlungstechnik genannt, beschäftigt sich mit der technischen Veränderung von gasförmigen, flüssigen und festen Stoffen. Stoffe werden nach Art, Eigenschaft oder Zusammensetzung verändert. Man bezieht sich auf die Veränderung durch:

- ✓ physikalische Vorgänge (Veränderung in Bezug auf Größe, Zusammensetzung und Aggregatzustand)
- ✓ chemische Vorgänge (Veränderung mittels chemischer Reaktionen)
- ✓ biologische Vorgänge (Veränderung mittels Anwesenheit von Mikroorganismen)

Erläutern Sie die nachfolgenden Verfahrensstufen: Stoffvorbereitung, Stoffumsetzung, Produktaufbereitung



- ✓ Die **Stoffvorbereitung** oder **Vorbehandlungsstufe** umfasst die Vorbereitung der Stoffe für die Reaktion, zum Beispiel: Vorwärmen, Reinigen, Filtern, Komprimieren, Lösen, Zerkleinern etc.
- ✓ Die **Stoffumsetzungs-** oder **Hauptumwandlungsstufe** betrifft die im Prozess gewünschte/n Reaktion/en (chemische Reaktion, chemische Stoffumwandlung)
- ✓ Die **Produktaufbereitungs-, Auftrennungs-** bzw. **Reinigungsstufe** beschreibt das Aufbereiten, die Nachverarbeitung des Produktes, zum Beispiel: Lagerfähigkeit gewährleisten, die Auftrennung, Aufreinigung, das Einlagern, das Klassieren und Sortieren.

Die Vor- und Nachbehandlungsstufen können durchaus umfangreicher als die Hauptumwandlungsstufe sein und können auch diverse Nebenumwandlungen enthalten.

Erläutern Sie die Stoffbewegung beim Gleichstrom-, Gegenstrom- und Kreislaufverfahren!



- ✓ **Gleichstrom** (homogene Stoffführung) bedeutet, dass teilnehmende Stoffe in gleicher Richtung geführt werden. Im thermischen Gleichstrom erreicht man hiermit eine meist (stoff-)schonende Wärmeübertragung.

- ✓ **Gegenstromprinzip** (heterogene Stoffführung) ist ein kontinuierliches Verfahrensprinzip, in welchem die teilnehmenden Stoffe (meist Flüssigkeiten oder Gase) in entgegengesetzter Richtung zueinander geführt werden. Stoffe werden entweder durch eine Wand räumlich getrennt (thermischer Gegenstrom) oder als Reaktionsprodukte in direktem Kontakt gegeneinander geführt. Der Betrieb im Gegenstrom ist im Regelfall effektiver, kostengünstiger und umweltschonender als das Gleichstromprinzip.
- ✓ Im **Kreislaufverfahren** werden nicht umgesetzte Stoffe zu Gunsten der ökonomischen und ökologischen Wirtschaftlichkeit in den Prozess zurückgeführt bzw. wiederverwendet oder rückgewonnen (z. B. Solvay-Verfahren oder Ammoniak-Soda-Verfahren.).

1.2 Unterschied: Kontinuierlicher Betrieb und Batch-Betrieb einer chemischen Anlage

Innerhalb der Verfahrenstechnik werden klassisch zwei Betriebsweisen angewandt. Sie unterscheiden sich maßgeblich voneinander. Welche Betriebsweise angestrebt wird, muss gründlich in der Planung bedacht werden. Reaktoren, Maschinen, Behälter und andere Einrichtungen werden darauf abgestimmt und lassen sich in dieser Konstellation schwer auf die andere Weise betreiben.

Die absatzweise Produktion, diskontinuierliche Betriebsweise oder Batch-Betrieb, ist die Art, in der eine bestimmte Menge an Edukt eingesetzt wird und ein ganz bestimmtes vorgegebenes Programm durchgeführt wird. Im Anschluss an das gefahrene Programm wird das Produkt entnommen und die Anlage muss gereinigt werden. Die Reinigung kann vor allem in der Pharmazie sehr aufwendig und kostspielig sein. Sie eignet sich für kleine bis mittlere Volumina und bietet die Möglichkeit zu höchster Qualität der Produkte.

Bei der kontinuierlichen Betriebsweise wird ein konstanter Strom an Einsatz in den Prozess eingeführt und an Produkten abgezogen. Dabei ist es besonders wichtig, in der Planung das Versagen oder die Wartung kritischer Apparate mit einzuplanen. Daher sind viele Apparate in doppelter Ausführung nötig. Oft sind solche Betriebsweisen für enorme Volumina ausgelegt und bieten keinen so hohen Standard an Qualität wie ein Batch-Betrieb. Die Energiebilanz ist ebenfalls besser, da sich energiereiche Stoffströme gut nutzen lassen.

Beschreiben Sie die Unterschiede zwischen kontinuierlicher und diskontinuierlicher Produktion!



- ✓ **Kontinuierlich:** fortlaufender Betrieb, wird nicht unterbrochen (ständige Zufuhr und Abnahme von Produkt)
- ✓ **Diskontinuierlich:** Batch-Betrieb (Arbeitsschritte werden nacheinander ausgeführt)

Beschreiben Sie das Gesetz der Erhaltung der Masse!



Bei einer chemischen Reaktion ist die Gesamtmasse der Ausgangsstoffe (Edukte) gleich der Gesamtmasse der entstehenden Substanzen (Produkte). Dies bedeutet, es lässt sich keine Änderung der Gesamtmasse beobachten.



Die Summe der Masse der Edukte entspricht der Summe der Masse der Produkte.

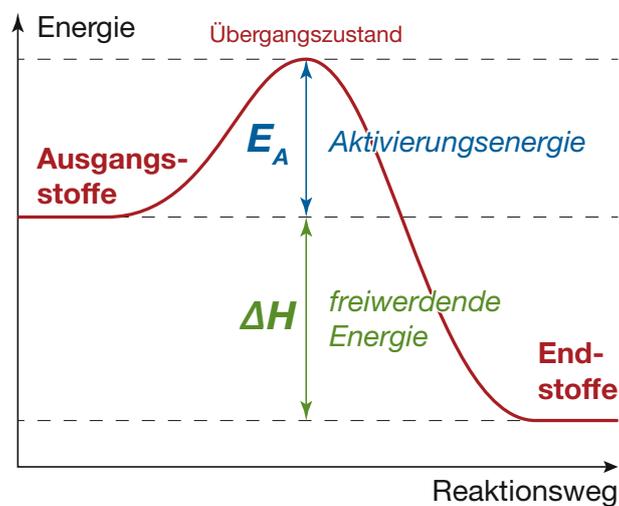


Erläutern Sie die Begriffe „exotherm“ und „endotherm“!

Exotherm

- ✓ Wärme abführend – Wärme wird an die Umgebung abgegeben
- ✓ Bei exothermen Reaktionen wird bei der Reaktion die Reaktionswärme H frei.
- ✓ Der Energiegehalt der Produktstoffe ist um diesen Betrag geringer als der der Ausgangsstoffe.
- ✓ Die Reaktionswärme H entspricht deshalb bei exothermen Reaktionen einem negativen Wert:

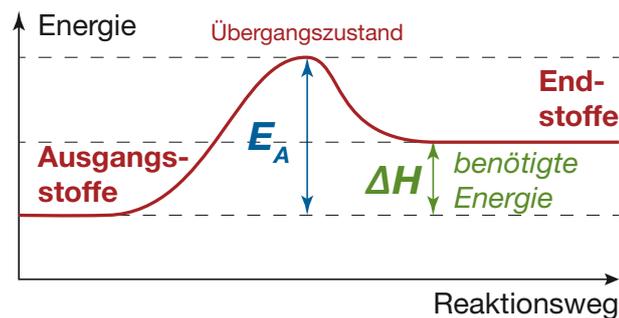
Beispiel: $C + O_2 \rightarrow CO_2$ ($H = -393,8 \text{ kJ/mol}$)



Endotherm

- ✓ Wärme aufnehmend – Wärme wird aus Umgebung aufgenommen
- ✓ Bei endothermen Reaktionen wird bei der Reaktion die Reaktionswärme H aufgenommen.
- ✓ Der Energiegehalt der Endprodukte ist größer als der der Ausgangsstoffe.
- ✓ Die Reaktionswärme H entspricht deshalb bei endothermen Reaktionen einem positiven Wert.

Beispiel: $2 \text{ HgO} \rightarrow 2 \text{ Hg} + \text{O}_2$ ($H = 90 \text{ kJ/mol}$)



Welche Faktoren beeinflussen allgemein die Geschwindigkeit bzw. den Ablauf einer chemischen Reaktion?



- ✓ Ein **Katalysator** beschleunigt oder unterstützt eine Reaktion durch die Herabsetzung der benötigten Aktivierungsenergie.
- ✓ Durch **Oberflächenvergrößerung** wird die Anzahl der Kontakte zwischen den reagierenden Stoffen erhöht.

Physikalische Parameter zur Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit

- ✓ **Druck:** Mit Druckerhöhung oder -senkung können chemische Gleichgewichte verschoben werden und somit die Reaktionsgeschwindigkeit durch Zwang in Richtung der Produkte oder Edukte beschleunigt werden.
- ✓ **Temperatur:** Durch Wärmezufuhr oder -abfuhr kann das chemische Gleichgewicht einer Reaktion beeinflusst werden und somit die Reaktionsgeschwindigkeit durch Zwang in Richtung der Produkte oder Edukte beschleunigt werden.
- ✓ **Konzentrationsänderung:** Durch die Erhöhung der Konzentration eines teilnehmenden Stoffes wird sich das Gleichgewicht der Reaktion so verschieben, dass der betroffene Stoff durch Produktbildung wieder verbraucht wird und sich dessen Konzentration wieder erniedrigt.



Was versteht man in der chemischen Verfahrenstechnik unter dem chemischen Gleichgewicht?

Eine Reaktion befindet sich im chemischen Gleichgewicht, wenn sich nach ausreichender Reaktionsdauer ein unveränderbarer Zusammenhang von Ausgangsstoffen und Reaktionsprodukten einstellt. (für eine detaillierte Beschreibung siehe Kapitel 1.3)



Reaktionen, die nicht quantitativ, sondern nur bis zu einer bestimmten Zusammensetzung ablaufen, befinden sich in einem chemischen Gleichgewicht. Wenn die äußeren Bedingungen nicht verändert werden, bleibt die Zusammensetzung gleich.

1.3 Exkurs: Das chemische Gleichgewicht

In Bezug auf den zeitlichen Verlauf chemischer Reaktionen gibt es zwei Arten von Reaktionstypen:

- ✓ Chemische Reaktionen, die so lange ablaufen, bis der (die) in der geringeren Menge vorhandene(n) Ausgangsstoff(e) aufgebraucht ist (sind).
- ✓ Chemische Reaktionen, die nicht bis zum vollständigen Verbrauch von einem der Ausgangsstoffe ablaufen.

Diese Art der Reaktion läuft z. B. bei Gasreaktionen oder bei Reaktionen in wässrigen Lösungen ab und wird als *nicht quantitativ* ablaufend bezeichnet.

Nicht quantitative Reaktionen verlaufen bis zu einer ganz bestimmten Zusammensetzung der Ausgangsstoffe und Reaktionsprodukte. Ändern sich die äußeren Bedingungen nicht, dann bleibt diese Zusammensetzung erhalten.

Eine Reaktion dieser Art befindet sich im **chemischen Gleichgewicht**.

Dies bedeutet: Eine Reaktion befindet sich im chemischen Gleichgewicht, wenn sich nach genügend langer Reaktionsdauer eine unveränderliche Zusammensetzung von Ausgangsstoffen und Produkten eingestellt hat.

1.3.1 Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts

Ändert sich die Temperatur, bei der die Reaktion abläuft, so verändert sich auch das chemische Gleichgewicht. Das bei der Reaktion entstehende Gemisch hat somit eine andere Zusammensetzung.

Die Temperatur bei einer Reaktion verändert

- ✓ die Lage des chemischen Gleichgewichts
- ✓ die Geschwindigkeit der Einstellung des Gleichgewichts

1.3.2 Einsatz von Katalysatoren

- ✓ bewirkt die Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit durch Herabsetzen der Aktivierungsenergie
- ✓ beeinflusst die zeitliche Einstellung der Zusammensetzung des chemischen Gleichgewichts
- ✓ beeinflusst und verändert **nicht** die Lage des chemischen Gleichgewichts
- ✓ **beschleunigt nur** das Erreichen des chemischen Gleichgewichts