

Inhaltsverzeichnis der von A. Schönbacher
geschriebenen Stichworttexte, in
Lexikon Produktionstechnik/Verfahrenstechnik

VDI-Verlag, Düsseldorf 1995, Herausgeber Heinz M. Hiesig;

Airliftschlaufenreaktor → Schlaufenreaktor	22
Aktivität (Reaktionstechnik) → Reaktion, katalytische	22
Ansringtemperatur	31
Arrhenius-Zahl	46
Autokatalyse	59
Autoklav	60
Bedeckungsgrad → Langmuir-Hinshelwood-Kinetik	77
Beschleunigungsfaktor (Reaktionstechnik) → Verstärkungsfaktor	85
Blasensäule	104
Blockpolymerisation → Polymerisationstechnik	110
Bodenstein-Zahl	113
Desaktivierung von Katalysatoren	151
Diaphragmazelle → Reaktor, elektrochemischer	161
Dispersionsmodell	165
Dünnschichtreaktor	187
Elektrode, bipolare → Reaktor, elektrochemischer	209
Elektrolysezelle → Reaktor, elektrochemischer	212
Eley-Rideal-Kinetik	221
Empfindlichkeit, parametrische	224
Emulsionspolymerisation (Reaktionstechnik) → Polymerisationstechnik	225
Etagenofen	244
Fällungspolymerisation (Reaktionstechnik) → Polymerisationstechnik	257
Festbettelektrode → Reaktor, elektrochemischer	282
Festbettreaktor (Reaktionstechnik)	282
Festbettreaktormodell	283
Filmtheorie (Reaktionskinetik)	296
Fließbettreaktor → Wirbelschichtreaktor	310
Flugstaubreaktor	319
Gas/Flüssig - Reaktion	363
Geschwindigkeitsgleichung	377
Hatta-Zahl	430
Hochdrucksynthese	438
Horstenreaktor	466
Hot-Spot (Reaktionstechnik) → Empfindlichkeit, parametrische	467
Hougen-Watson-Kinetik	467
Inaktivierung → Desaktivierung von Katalysatoren	474
Kanalbildung	468
Kaskade	494
Kaskadenmodell → Zellenmodell	496
Katalysator, poröser	496
Katalysatorwirkungsgrad → Porennutzungsgrad	496
Katalyse, heterogene	498
Katalyse, homogene	498
Knudsen-Diffusion	518
Kolbenströmung (Reaktionskinetik)	523
Langmuir-Hinshelwood-Kinetik	577
Lichtbogen reduktionsofen	601
Lichtbogenverfahren	602
Lösungspolymerisation (Reaktionstechnik) → Polymerisationstechnik	607
Makrokinetik	614
Makrovermischung	614

Mammutschlaufenreaktor → Schlaufenreaktor	614
Markierungsmethode	615
Mehrphasenreaktor	635
Membranreaktor	643
Membranzelle → Reaktor, elektrochemischer	649
Mikrovermischung	654
Oberflächendiffusion	702
Oberflächenenergieerneuerungstheorie	702
Penetrationstheorie → Oberflächenenergieerneuerungstheorie	723
Perlpolymerisation → Polymerisationstechnik	723
Pfropfenströmung → Kolbenströmung (Reaktionstechnik)	727
Phasengrenzfläche	732
Photopolymerisation (Reaktionstechnik) → Polymerisationstechnik	734
Photoreaktor → Reaktor, photochemischer	734
Plasmaverfahren	749
Polymerisation, lichtinduzierte → Polymerisationstechnik	759
Polymerisationstechnik	759
Porendiffusion	762
Porennutzungsgrad	762
Produkt einer Reaktion	770
Pyrolyse-Reaktion	793
Raumzeit	810
Raum-Zeit-Ausbeute	810
Reaktion, elektrokatalytische	811
Reaktion, heterogene	811
Reaktion, homogene	811
Reaktion, katalytische	812
Reaktion, komplexe	815
Reaktionsführung	816
Reaktionsführung, adiabate	820
Reaktionsführung, allotherme	821
Reaktionsführung, autotherme	821
Reaktionsführung, diskontinuierliche	821
Reaktionsführung, halbkontinuierliche	822
Reaktionsführung, isotherme	822
Reaktionsführung, kontinuierliche	822
Reaktionsführung, polytrope	823
Reaktionsrohr → Rohrreaktor	824
Reaktionstechnik	824
Reaktor, chemischer	826
Reaktor, elektrochemischer	827
Reaktor, elektrothermischer	829
Reaktor, photochemischer	829
Reaktormodell	829
Reaktorstabilität	831
Reaktorstabilität, oszillatorische → Reaktorstabilität	832
Regenerierung (Katalysator) → Desaktivierung von Katalysatoren	836
Rieselbettreaktor	845
Rohrbündelreaktor	853
Röhrenofen	854
Rohrreaktor	857
Röstung	864
Rückführung (Reaktor)	865
Rückvermischung (Reaktor)	865
Rührkesselkaskade → Kaskade	867
Rührkesselreaktor	867
Schlaufenreaktor	894
Schritt, geschwindigkeitsbestimmender	922
Segregation	954
Selektivität	958
Slurry-Reaktor → Suspensionsreaktor	976
Spaltgas → Pyrolyse-Reaktion	980

Stabilitätsdiagramm → Reaktorstabilität	999
Stoßmarkierung → Markierungsmethode	1032
Strahldüsenreaktor	1032
Stromausbeute → Reaktor, elektrochemischer	1041
Strömungsrohr → Rohrreaktor	1041
Stufenmarkierung → Markierungsmethode	1044
Substanzpolymerisation (Reaktionstechnik) → Polymerisationstechnik	1047
Suspensionspolymerisation (Reaktionstechnik) → Polymerisationstechnik	1048
Suspensionsreaktor	1048
Tauchflammenverfahren	1057
Temperaturführung	1061
Thiele-Modul	1064
Totzone	1077
Verdrängungsmarkierung → Markierungsmethode	1141
Verstärkungsfaktor	1158
Verweilzeit (chemische Reaktoren)	1160
Verweilzeitmodell	1160
Verweilzeitverteilung	1163
Wanderbettreaktor	1188
Wirbelschichtreaktor	1228
Zellenmodell	1237
Zellenspannung → Reaktor, elektrochemischer	1238
Zellenwiderstand → Reaktor, elektrochemischer	1238

Inhaltsverzeichnis der von A. Schönbacher
geschriebenen Stichworttexte, in
Lexikon Produktionstechnik/Verfahrenstechnik
VDI-Verlag, Düsseldorf 1995, Herausgeber Heinz M. Hiesig;

Die > 2000 Stichwort-Texte enthalten zahlreichen Abbildungen
und Tabellen, und wurden von insgesamt > 60 Autoren geschrieben.

Stichworttext:

am Beispiel des Stichwortes **Reaktionstechnik**

Reaktionstechnik. Die chemische R. umfaßt folgende Aufgaben:

- die sichere Übertragung (Prozeßentwicklung) einer im Labor erfolgreich ablaufenden chemischen Reaktion in den technischen Maßstab. Hieraus eröffnet sich der Weg zum Planen und Entwickeln neuer chemischer Verfahren unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte,
- die Verbesserung bereits laufender chemischer Prozesse, z. B. durch Einführung einer kontinuierlichen → Reaktionsführung, Automatisierung oder der Prozeßleittechnik,
- die Modifizierung bestehender chemischer Prozesse, um neuen Anforderungen oder gesetzgeberischen Maßnahmen zu genügen, z. B. bez. einer veränderten Rohstoffsituation, neuer Marktsituationen der erzeugten Produkte und/oder veränderter Umweltsituationen sowie eines wachsenden Sicherheitsbewußtseins.

Die Grundlagen der chemischen R. beruhen auf physikalisch-chemischen Vorstellungen, insbes. der Stöchiometrie, der Thermodynamik, der Kinetik (Mikrokinetik) chemischer Reaktionen sowie des Zusammenwirkens von Reaktion mit Stoff-, Wärme- und Impulstransportvorgängen (→ Makrokinetik, Gas-Flüssig-Reaktionen). Ein zentrales Thema der R. ist die Reaktionsanalyse mit dem Ziel, eine → Geschwindigkeitsgleichung aus kinetischen Daten aufzustellen. Die Dimensionierung eines technischen Reaktors, die Reaktorauslegung, bildet ein weiteres Fundament der R. Bei der Reaktorauslegung, die auf den Bilanzgleichungen der Erhaltung von Masse, Energie und Impuls (→ Reaktormodell) beruht, sind auch die Fluidodynamik, d. h. insbes. die Vermischung (→ Segregation, → Kolbenströmung, → Verweilzeitmodell, → Verweilzeitverteilung), der Druckverlust sowie der wärmetechnische Betriebszustand eines chemischen Reaktors zu berücksichtigen. Besondere Bedeutung hat der Einfluß der Reaktorauswahl sowie die Konzentrations- und → Temperaturführung auf die optimale → Selektivität, → Ausbeute und Leistung eines chemischen Reaktors (Reaktionsführung). Die → Reaktorstabilität und parametrische → Empfindlichkeit eines Reaktors sind weitere wichtige Teilgebiete der R. und haben auch große Bedeutung für die Sicherheit chemischer Reaktoren bzw. von Chemieanlagen.

Zwischen der chemischen R. und den sog. Grundoperationen, die zur Verfahrenstechnik gehören, besteht ein notwendiges Zusammenwirken. Dies ist dadurch begründet, daß z. B. für die Förderung, Herrichtung und Aufbereitung der Reaktionskomponenten sowie für die Zu- und Abfuhr von Wärme zahlreiche physikalisch-technische Verfahrensschritte, wie beispielsweise Zerkleinern, Mischen, Heizen und Kühlen, Destillieren, Kristallisieren und Trocknen, erforderlich sind, die als weitgehend unabhängig von der Art des chemischen Produktionsprozesses erkannt und daher als Grundoperationen bezeichnet wurden. Bezüglich der Chemie wird die chemische R. neben der physikalischen Chemie insbes. von der organischen, makromolekularen, anorganischen und zunehmend der analytischen Chemie gespeist. Bezüglich des Chemie-Ingenieurwesens bestehen wichtige Zuflüsse vor allem aus der mechanischen und thermischen Verfahrenstechnik, der Meß- und Regeltechnik sowie der Werkstoffkunde und dem Apparatebau.

Weitere bedeutende Einflüsse auf die chemische R. kommen von der Mathematik und der Physik, insbes. aus den Bereichen Wärmelehre und Mechanik sowie zunehmend Elektrizität, Festkörperphysik, Optik und Strahlungsenergie. Andererseits ist klar zu erkennen, daß die chemische R. zusammen mit den Ingenieurwissenschaften in anderen Fachgebieten und Grenzwissenschaften, wie z. B. Sicherheitstechnik, Umweltschutz, Ökologie, Mikrobiolo-

gie, Biochemie und Pharmazie, zunehmende Bedeutung erlangt. Zu einer wachsenden Vertiefung wird auch das Zusammenwirken von chemischer R. und Prozeß- und Anlagentechnik führen. Letztere beschäftigt sich mit der ingenieurmäßigen Realisierung eines Verfahrens bzw. des Baus von Chemieanlagen und wird häufig mit basic engineering und detail engineering bezeichnet.

Bei der zukünftigen Entwicklung der chemischen R. einschl. der Grundoperationen werden voraussichtlich nur wenige Grundtypen von Reaktoren und Verfahrensweisen, die sorgfältig und kritisch ausgesucht werden müssen, detailliert erforscht. Entsprechend wird man sich bemühen, die komplexen chemischen und physikalischen Vorgänge, die in einem chemischen Reaktor stattfinden, möglichst quantitativ und physikalisch verständlich zu beschreiben. Dies bedeutet, daß die Entwicklung von (möglichst einfachen) Modellen (z. B. → Reaktormodell, → Verweilzeitmodell) bei der Systemanalyse bzw. die Systemtechnik an Bedeutung gewinnt.

Zur Entwicklung allgemein anwendbarer Berechnungsmethoden für die chemische R. ist eine Systematik chemischer Reaktionen und chemischer Reaktoren (Reaktionsapparate) erforderlich. Die Klassifizierung chemischer Reaktionen kann nach folgenden Aspekten erfolgen:

Art der Aktivierung chemischer Reaktionen:

- alleinige thermische Aktivierung (→ Anspringtemperatur), nach der die meisten technisch durchgeführten Reaktionen in Gang gesetzt werden. Hierher gehören auch die Polykondensations- und Polyadditionsreaktionen (→ Polymerisationstechnik);
- katalytische Aktivierung, nach der zahlreiche technische Synthesen (→ Katalyse, heterogene) durchgeführt werden (→ Reaktion, katalytische);
- Initiator-Aktivierung, nach der alle Polymerisationsreaktionen (→ Reaktion, komplexe) gestartet werden (→ Polymerisationstechnik);
- elektrochemische Aktivierung (→ Reaktion, elektrokatalytische, → Reaktor, elektrochemischer);
- biochemische Aktivierung durch Enzyme oder Mikroorganismen (→ Membranreaktor);
- photochemische Aktivierung (→ Reaktor, photochemischer);
- plasmachemische Aktivierung (→ Plasmaverfahren).

Phasenverhältnisse im Reaktionsraum. Einphasige Reaktionen:

- Reaktionen in der Gasphase, z. B. die Herstellung von Hochdruck-Polyethylen (→ Hochdrucksynthese), die Mitteltemperaturpyrolyse zur Olefinherstellung (→ Röhrenofen, → Pyrolyse-Reaktion), die Hochtemperaturpyrolyse zur Acetylenherstellung (→ Lichtbogenverfahren, → Plasmaverfahren);

- Reaktionen in der flüssigen Phase, z. B. die meisten Säure-Basen-Katalysen, Substanzpolymerisation von Styrol, einige Lösungspolymerisationen.

Phasenverhältnisse im Reaktionsraum. Mehrphasige (heterogene) Reaktionen:

- Reaktionen an und/oder in festen Katalysatoren,
- Gas-Feststoff-Reaktionen (heterogene Gaskatalysen), → Reaktion, katalytische; → Festbettreaktor,
- Flüssigkeits-Feststoff-Reaktionen, → Reaktion, katalytische,
- Gas-Flüssigkeits-Feststoff-Reaktionen (→ Reaktion, katalytische, → Mehrphasenreaktor);
- nichtkatalytische Fluid-Feststoff-Reaktionen,
- Gas-Feststoff-Reaktionen (z. B. Wirbelschichtreaktoren),
- Flüssigkeits-Feststoff-Reaktionen;
- nichtkatalytische Feststoff-Feststoff-Reaktionen (z. B. Herstellung von Porzellan, Keramik; Glasherstellung; Zementklinkerbildung aus Zementrohmehl),
- Gas-Flüssig-Reaktionen,
- Flüssigkeits-Flüssigkeits-Reaktionen (z. B. Emulsions- und Substanzpolymerisationen).

Reaktionsablauf: Eine chemische Reaktion hängt insbes. von der Temperatur und den Konzentrationen der Reaktionskomponenten ab und wird entscheidend von der Kompliziertheit des Reaktionsablaufs bestimmt. Man unterscheidet einfache, irreversible Reaktionen, zu denen auch autokatalytische Reaktionen (→ Autokatalyse) gehören, und komplexe Reaktionen. (Die Klassifizierung chemischer Reaktionen ist bei → Reaktor, chemischer behandelt (→ Kaskade)).

Von G. Damköhler erschien 1937 die erste zusammenfassende Darstellung über den Einfluß von Strömung, Mischung, Verweilzeitverteilung sowie des Stoff- und Wärmetransports auf chemische Reaktionen. Erst ab 1957 wurde diese neue Disziplin unter dem Begriff chemische R. systematisch entwickelt, und zwar insbes. von N. R. Amundson, P. V. Danckwerts, K. G. Denbigh, H. Kramers, D. W. van Krevelen und K. Schoenemann. In den folgenden Jahren wurde der jeweilige Entwicklungsstand der chemischen R. von zunächst fast ausschließlich angelsächsischen Autoren in Lehrbüchern oder Übersichtsartikeln zusammengefaßt.

Die chemische R. ist ein komplexes und vielschichtiges Forschungsgebiet und hat sich erst in den letzten drei Jahrzehnten zu einer lehrbaren, wissenschaftlichen Disziplin entwickelt. Schönbacher

Literatur: Autorenkollektiv (S. Weiß, Hrsg.): Verfahrenstechnische Berechnungsmethoden. Tl. 5: Chemische Reaktoren. Weinheim 1987. - Baerns, M., H. Hofmann u. A. Renken: Chemische Reaktionstechnik. Stuttgart 1987. - Brötz, W.: Grundriß der chemischen Reaktionstechnik. Weinheim 1958. -

Brötz, W., u. A. Schönbacher: Technische Chemie I. Weinheim 1982. - Denbigh, K. G., u. J. C. Turner: Einführung in die chemische Reaktionstechnik. Weinheim 1973. - Dialer, K., U. Onken u. K. Leschonski: Grundzüge der Verfahrenstechnik und Reaktionstechnik. München 1986. - Fitzer, E., u. W. Fritz: Technische Chemie. Eine Einführung in die technische Chemie. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York 1989. - Froment, F. G., u. K. B. Bischoff: Chemical Reactor Analysis and Design. New York 1979. - Levenspiel, O.: Chemical Reaction Engineering. 2. Aufl. New York 1972. - Levenspiel, O.: The Chemical Reactor Omnibook. Corvallis (Oregon) 1984. - Westerterp, K. R., W. P. M. van Savaaij u. A. A. C. M. Beenackers: Chemical Reactor Design and Operation. 2. Aufl. New York 1984.