

Glossar zu Begriffen mit Bezug zu Kinetik, Thermodynamik und Mechanismen von Polymerisationen**

Obmann und Übersetzer: *Ulrich Jonas,* Patrick Theato**

Im Folgenden werden empfohlene Definitionen von grundlegenden Begriffen mit Bezug zu Polymerisationsprozessen vorgestellt. Neuere Entwicklungen im Hinblick auf die Kinetik, die Thermodynamik und die Mechanismen von Polymerisationen machen die Einführung neuer Begriffe und einige Revisionen oder Erweiterungen von Begriffen notwendig, die zuvor im „Compendium of Chemical Terminology“ oder im „Glossary of Basic Terms in Polymer Science“ definiert wurden.


Einleitung

Die spezifischen Eigenschaften von Polymerisationsprozessen haben zur Folge, dass sich die hier präsentierten Begriffsdefinitionen in manchen Bereichen von den generellen Definitionen aus dem *Compendium of Chemical Terminology* („Gold Book“)^[1] unterscheiden. Einige hier beschriebene Begriffe waren schon in früheren IUPAC-Empfehlungen ent-

halten, vor allem im *Glossary of Basic Terms in Polymer Science* („Glossary“)^[2] und in der Veröffentlichung *Basic Classification and Definitions of Polymerization Reactions*.^[3] In den meisten Fällen wurden die ursprünglichen Definitionen beibehalten, aber in einigen Fällen wurden Änderungen durch Neuentwicklungen in den Polymerwissenschaften notwendig oder wegen bestehender Definitionen, die nicht spezifisch auf das makromolekulare Fachvokabular ausgerichtet sind. In letzterem Fall sollen die neuen Definitionen die bestehenden erweitern, nicht ersetzen.^[*] Die im Folgenden definierten Begriffe sind in alphabetischer Reihenfolge aufgelistet. Neben dem deutschen Begriff und etwaigen Synonymen ist zusätzlich in Klammern das englische Äquivalent angegeben, außer die beiden Begriffe sind vollkommen identisch. Für Querverweise zu Begriffen, die an anderer Stelle definiert sind, wurde (außer für den Grundbegriff Polymerisation selbst) ein kursiver Schriftsatz verwendet.

[*] Dr. U. Jonas
Foundation for Research and Technology – Hellas (FORTH)
Institute of Electronic Structure and Laser (IESL)
Bio-Organic Materials Chemistry Laboratory (BOMCLab)
Nikolaou Plastira 100, Vassilika Vouton
P.O. Box 1527, 71110 Heraklion (Griechenland)
Fax: (+30) 2810 391305
E-Mail: ujonas@iesl.forth.gr
und
Max-Planck-Institut für Polymerforschung
Ackermannweg 10, 55128 Mainz (Deutschland)
Fax: (+49) 6131-379-100
E-Mail: jonas@mpip-mainz.mpg.de
Dr. P. Theato
Institut für Organische Chemie
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Duesbergweg 10–14, 55099 Mainz (Deutschland)
Fax: (+49) 6131-392-4778
E-Mail: theato@uni-mainz.de

[**] Copyright© der englischen Fassung, die unter dem Titel „Glossary of terms related to kinetics, thermodynamics, and mechanisms of polymerization“ von S. Penczek (Polen) und G. Moad (Australien) für die Veröffentlichung in *Pure Appl. Chem.* **2008**, *80*, 2163–2193^[7] vorbereitet wurde: International Union of Pure and Applied Chemistry, 2008. – Wir danken der IUPAC für die Genehmigung zum Druck einer deutschen Fassung dieses Glossars.^[8]

 Hintergrundinformationen zu diesem Beitrag sind im WWW unter <http://www.angewandte.de> zu finden.

[*] Auf die im Original vorhandenen Anhänge 1 und 2, in denen die Definitionen, die hier verändert wurden, in ihren Formulierungen im „Gold Book“ bzw. im „Glossary“ angegeben sind, wurde bei der Übersetzung verzichtet. Sie sind jedoch als Hintergrundinformationen verfügbar, und jede veränderte Definition wird durch Angabe von Lit. [1] und/oder Lit. [2] am definierten Begriff kenntlich gemacht.

Die *Angewandte Chemie* veröffentlicht Übersetzungen von Recommendations und Technical Reports der IUPAC, um die chemische Fachsprache im Deutschen zu fördern. Sauber definierte Begriffe und klare Nomenklaturregeln bilden die Basis für eine Verständigung zwischen den Wissenschaftlern einer Disziplin und sind für den Austausch zwischen Wissenschafts- und Fachsprache sowie Allgemesprache essenziell. Alle Übersetzungen werden von einem ausgewiesenen Experten (dem „Obmann“) geprüft, korrigiert und autorisiert. Empfehlungen von Themen und Obleuten sind willkommen.

Empfohlene Definitionen

Abbau (depropagation)

Siehe *Kettenabbau* und *Unzipping*.

Aktive Stelle (active site) (in einer Kettenpolymerisation)

Synonym zu *aktives Zentrum*.

Aktives Zentrum (active center) (in einer Kettenpolymerisation)

Position an einem *Kettenträger*, an der die Reaktion stattfindet.

Anmerkung: In Lit. [1] sind die Begriffe „aktives Zentrum“ und „aktive Stelle“ in Bezug auf die heterogene Katalyse definiert, und der Begriff „reaktive Stelle“ wird bei der Definition der *Kettenpolymerisation* verwendet.

Aktiviertes Monomer (activated monomer)

Reaktive Spezies, die reversibel aus einem Monomer gebildet wird.

Anmerkung 1: Meistens ist das aktivierte Monomer eine anionische oder kationische Spezies.

Anmerkung 2: Beispiele sind deprotonierte Lactame, protonierte cyclische Ether und Lewis-Säure-koordinierte Lactone.

Alternierende Copolymerisation (alternating copolymerization)

Copolymerisation, bei der ein alternierendes Copolymer gebildet wird.^[1,2]

Anmerkung: Ein alternierendes Copolymer ist ein Copolymer aus einsträngigen Makromolekülen, die aus zwei Arten von Monomereinheiten in alternierender Abfolge bestehen.^[2]

Siehe auch *periodische Copolymerisation*.

Amidaustausch (amide interchange)

Siehe *Transamidierung*.

Anionische Polymerisation (anionic polymerization)^[1,2]

Ionische Polymerisation, bei der die *aktiven Zentren* Anionen sind.

Anmerkung: Die Anionen können frei, gepaart oder aggregiert vorliegen.

Austauschreaktion (interchange reaction)

Reaktion zwischen zwei Molekülen, die eine Umverteilung von funktionellen Gruppen zwischen den beiden Molekülen zur Folge hat.

Anmerkung: *Transamidierung* (*Amidaustausch*) und *Umes-terierung* (*Ester-austausch*) sind Beispiele für Austauschreaktionen.

Azeotrope Copolymerisation (azeotropic copolymerization)

Eine *binäre Copolymerisation*, bei der die *Copolymerisationsparameter der Monomere*, r_{12} und r_{21} , nicht beide gleich eins sind und die dennoch zu einem Copolymer führt, in dem das Molverhältnis der Monomereinheiten gleich dem Molverhältnis der Monomere in der Monomerzuführung ist.

Anmerkung 1: Eine azeotrope Copolymerisation tritt nur bei einem ganz bestimmten Molverhältnis der Monomere in der Zuführung auf.

Anmerkung 2: Obwohl die azeotrope Copolymerisation genauso wie eine *ideale binäre Copolymerisation* durch eine identische Zusammensetzung von Copolymer und Monomerzuführung gekennzeichnet ist, ist sie keine *ideale Copolymerisation*, da nicht $r_{12} = r_{21} = 1$, sondern $r_{12}r_{21} \neq 1$ gilt.

Backbiting-Reaktion (backbiting)

Kettenübertragung von einem *aktiven Zentrum* eines Makromoleküls auf eine andere Stelle desselben Makromoleküls.

Anmerkung 1: Das *aktive Zentrum* kann an beliebiger Stelle auf der makromolekularen Kette lokalisiert sein.

Anmerkung 2: Das Resultat einer Backbiting-Reaktion sind oft Verzweigungen oder das Bilden cyclischer Strukturen.

Siehe auch *Kettenübertragung* und *intramolekulare Kettenübertragung*.

Binäre Copolymerisation (binary copolymerization)

Copolymerisation, an der zwei Monomerspezies beteiligt sind. Deutscher Alternativbegriff: *Bipolymerisation*.

Ceiling-Temperatur (ceiling temperature)

Temperatur, oberhalb der bei einer gegebenen *Kettenpolymerisation* kein Polymer mit hoher Molekülmasse gebildet wird. Symbol: T_c , SI-Einheit: K.

Anmerkung 1: Eine Ceiling-Temperatur wird nur in einer Enthalpie-getriebenen *Kettenpolymerisation* beobachtet. Eine solche Polymerisation ist durch $\Delta H_m < 0$ und $\Delta S_m < 0$ gekennzeichnet, wobei ΔH_m die Enthalpie- und ΔS_m die Entropieänderung pro Mol umgesetzten Monomers ist.

Anmerkung 2: Für die meisten *Kettenpolymerisationen* ist $\Delta H_m < 0$ und $\Delta S_m < 0$.

Anmerkung 3: Solange $T < T_c$ gilt, ist $\Delta G_m (= \Delta H_m - T\Delta S_m) < 0$; bei $T = T_c$ ist $\Delta G_m = 0$; bei $T > T_c$ gilt $\Delta G_m > 0$.

Anmerkung 4: Da bei der Ceiling-Temperatur $\Delta G_m = 0$ ist, folgt $T_c = \Delta H_m / \Delta S_m$. Wenn ΔH_m° und ΔS_m° die Standardenthalpie- bzw. -entropieänderungen sind und sich das Monomer ideal verhält, dann gilt $T_c = \Delta H_m^\circ / \{\Delta S_m^\circ + R \ln([M]_0/c^\circ)\}$, wobei $c^\circ = 1 \text{ mol dm}^{-3}$ die Standardkonzentration und $[M]_0$ die Anfangskonzentration des Monomers ist. Somit hängt T_c von der Anfangskonzentration des Monomers ab.

Anmerkung 5: Das Symbol $T_c(c^\circ)$ wird für die Ceiling-Temperatur verwendet, die für eine Anfangskonzentration des Monomers $[M]_0 = c^\circ$ gilt.

Anmerkung 6: Das Symbol $T_c(\text{bulk})$ wird für die Ceiling-Temperatur verwendet, die erhalten wird, wenn das Monomer zu Beginn der Reaktion in unverdünnter Form vorliegt.

Siehe auch *Floor-Temperatur*.

Comonomer

Monomer, das in einer *Copolymerisation* verwendet wird.

Copolymerisation (copolymerization)

Polymerisation, bei der ein Copolymer gebildet wird.^[1,2]

Anmerkung: Ein Copolymer ist ein Polymer, das aus mindestens zwei Monomerspezies aufgebaut ist.^[1,2]

Copolymerisationsgleichung (copolymerization composition equation)

Gleichung, die die momentane Zusammensetzung eines binären Copolymers in Bezug zu den *Copolymerisationsparametern der Monomere* und zum Verhältnis der momentanen Monomerkonzentrationen setzt.

Anmerkung 1: Die momentane Zusammensetzung eines Copolymers ändert sich üblicherweise während der *Copolymerisation* aufgrund der sich ändernden Zusammensetzung der Monomermischung (siehe aber *azeotrope Copolymerisation*).

Anmerkung 2: Siehe auch *Kettenendenreaktivitätsverhältnis* und *Copolymerisationsparameter der Monomere*.

Anmerkung 3: Integrierte Formen der Copolymerisationsgleichung wurden entwickelt, um einen Zusammenhang zwischen der Polymerzusammensetzung und den *Copolymerisationsparametern der Monomere* und den Monomerumsätzen zu erhalten.

Anmerkung 4: Die Copolymerisationsgleichung ist auch als Mayo-Lewis-Gleichung bekannt.

Copolymerisationsparameter der Monomere, Monomerreaktivitätsverhältnis (monomer reactivity ratio)

In einer *binären Copolymerisation* a) das Verhältnis aus der Geschwindigkeitskonstante k_{11} des *Homowachstums* von Monomer M_1 und der Geschwindigkeitskonstante k_{12} des *gekreuzten Wachstums* des Kettenträgers $\dots-m_1^*$ mit dem Monomer M_2 (Symbol r_{12}) und b) das Verhältnis aus der Geschwindigkeitskonstante k_{22} des *Homowachstums* von Monomer M_2 und der Geschwindigkeitskonstante k_{21} des *gekreuzten Wachstums* des Kettenträgers $\dots-m_2^*$ mit dem Monomer M_1 (Symbol r_{21}). Es folgt $r_{12} = k_{11}/k_{12}$, $r_{21} = k_{22}/k_{21}$.

Anmerkung 1: Die beteiligten Reaktionen sind durch die Gleichungen (1)–(4) beschrieben, wobei M_1 und M_2 die beiden Monomere der *binären Copolymerisation* sind und

$\dots-m_i^*$ ($i=1,2$) den *Kettenträger* mit einer *aktiven Stelle* als terminaler Monomereinheit des Typs M_i bezeichnet.



Anmerkung 2: Die Symbole r_{12} und r_{21} werden oft auch als r_1 und r_2 abgekürzt.

Anmerkung 3: Die vorliegende Definition ignoriert den *Penultimate-Effekt*. Für die Definition des Copolymerisationsparameters der Monomere unter Berücksichtigung des Penultimate-Effekts siehe Anmerkung 3 beim Stichwort *Kettenendenreaktivitätsverhältnisse*.

Cyclopolymerisation (cyclopolymerization)

Polymerisation, bei der die Zahl der cyclischen Strukturen in den konstitutionellen Einheiten des resultierenden Makromoleküls größer ist als in den Monomermolekülen.^[1,2]

Dead-End-Polymerisation, Sackgassen-Polymerisation (dead-end polymerization)

Radikalische Polymerisation, die als Konsequenz einer Verarmung an Initiator stoppt, bevor das Monomer vollständig reagiert hat.

Degenerierende Kettenübertragung, degenerierte Kettenübertragung (degenerative chain transfer, degenerate chain transfer)

Kettenübertragung, die einen neuen *Kettenträger* und einen neuen *Kettenüberträger* liefert, die dieselbe Reaktivität haben wie die ursprünglichen Kettenträger und Kettenüberträger.

Degenerierte Kettenübertragung (degenerate chain transfer)

Siehe *degenerierende Kettenübertragung*.

Degradierende Kettenübertragung (degradative chain transfer)

Kettenübertragung, die einen neuen *Kettenträger* mit wesentlich geringerer Reaktivität als der ursprüngliche Kettenträger liefert.

Depolymerisation (depolymerization)

Prozess der Umwandlung eines Polymers in ein Monomer oder eine Mischung von Monomeren.^[1,2]

Siehe auch *Kettenabbau* und *Unzipping*.

Diffusionskontrollierter Abbruch (diffusion-controlled termination)

Kettenabbruch in einer *Kettenpolymerisation*, bei dem der geschwindigkeitsbestimmende Schritt ein Diffusionsprozess ist.

Disproportionierung (disproportionation) (in einer Kettenpolymerisation)^[1]

Kettenabbruch in einer *radikalischen Polymerisation* durch Reaktion zwischen zwei wachsenden Makromolekülen, die zwei Makromoleküle ergibt, von denen eines ein ungesättigtes und das andere ein gesättigtes Kettenende trägt.

Emulsionspolymerisation (emulsion polymerization)

Prozess, bei dem Monomer(e), Initiator, Dispersionsmedium und möglicherweise Kolloid-Stabilisator gemischt werden, wodurch zunächst ein inhomogenes, zur Polymerisation des/der Monomers/e befähigtes System gebildet wird, und der zu Partikeln mit kolloidalen Dimensionen führt.

Anmerkung: Der Begriff Emulsionspolymerisation ist eine Fehlbezeichnung, da man ursprünglich annahm, dass die Polymerisation in den Tröpfchen der Monomeremulsion stattfindet.

End-Capping

Reaktion, bei der *Endgruppen* mit gewünschter Struktur gezielt gebildet werden.

Endgruppe (end group)

Konstitutionelle Gruppe am äußersten Ende eines Makro- oder Oligomermoleküls.^[2]

Esteraustausch (ester interchange)

Siehe *Umesterung*.

Festphasenpolymerisation (solid-state polymerization)

Polymerisation eines kristallinen Monomers.

Anmerkung 1: Die *initiiierende Spezies* kann durch die Einwirkung von Wärme, die Bestrahlung des Monomers, z. B. mit ultravioletttem Licht oder γ -Strahlen, oder (seltener) durch chemische Initiierung gebildet werden.

Anmerkung 2: Eine Festphasenpolymerisation kann zu einem semikristallinen Polymer mit einer vom kristallinen Monomer abweichenden Kristallstruktur führen, oder sie kann alternativ als *topochemische Polymerisation* verlaufen.

Anmerkung 3: Abhängig von der Art der *Initiierung* und der Struktur des Monomers kann eine Festphasenpolymerisation nach einem radikalischen oder einem ionischen Mechanismus verlaufen.

Anmerkung 4: Von der Verwendung des englischen Begriffs „bulk polymerization“, um die Festphasenpolymerisation zu beschreiben, wird abgeraten.

Floor-Temperatur (floor temperature)

Temperatur, unterhalb der bei einer gegebenen *Kettenpolymerisation* kein Polymer mit hoher Molekülmasse gebildet wird. Symbol: T_f , SI-Einheit: K.

Anmerkung 1: Eine Floor-Temperatur wird nur in Entropiegetriebenen *Kettenpolymerisationen* beobachtet. Eine solche

Polymerisation ist durch $\Delta H_m > 0$ und $\Delta S_m > 0$ gekennzeichnet, wobei ΔH_m die Enthalpie- und ΔS_m die Entropieänderung pro Mol umgesetzten Monomers ist.

Anmerkung 2: Beispiele für *Kettenpolymerisationen* mit einer Floor-Temperatur sind Polymerisationen von größeren cyclischen Monomeren, z. B. von elementarem Schwefel (S_8) und Octamethylcyclotetrasiloxan [2,2,4,4,6,6,8,8-Octamethyl-1,3,5,7,2,4,6,8-tetraoxatetrasiloxan], die nach Ringöffnungsmechanismen verlaufen.

Anmerkung 3: Solange $T > T_f$ gilt, ist $\Delta G_m (= \Delta H_m - T\Delta S_m) < 0$; bei $T = T_f$ ist $\Delta G_m = 0$; bei $T < T_f$ gilt $\Delta G_m > 0$.

Anmerkung 4: Da bei T_f $\Delta G_m = 0$ ist, folgt $T_f = \Delta H_m / \Delta S_m$. Wenn ΔH_m° und ΔS_m° die Standardenthalpie- bzw. -entropieänderungen sind und sich das Monomer ideal verhält, dann gilt $T_f = \Delta H_m^\circ / (\Delta S_m^\circ + R \ln([M]_0/c^\circ))$, wobei $c^\circ = 1 \text{ mol dm}^{-3}$ die Standardkonzentration und $[M]_0$ die Anfangskonzentration des Monomers ist. Somit hängt T_f von der Anfangskonzentration des Monomers ab.

Anmerkung 5: Das Symbol $T_f(c^\circ)$ wird für die Floor-Temperatur verwendet, die für eine Anfangskonzentration des Monomers $[M]_0 = c^\circ$ gilt.

Anmerkung 6: Das Symbol $T_f(\text{bulk})$ wird für die Floor-Temperatur verwendet, die erhalten wird, wenn das Monomer zu Beginn der Reaktion in unverdünnter Form vorliegt.

Siehe auch *Ceiling-Temperatur*.

Freies Ion (free ion) (in einer kondensierten Phase)

Ion, dessen Verhalten unabhängig vom Einfluss eines *Gegenions* ist.

Anmerkung 1: Ein freies Ion ist eine eindeutige kinetische Einheit, und seine Reaktivität unterscheidet sich üblicherweise von der eines *Ionenpaares*.

Anmerkung 2: Das Verhalten eines freien Ions kann immer noch durch benachbarte Atome oder Moleküle beeinflusst sein.

Funktionalität, Konnektivität (functionality, connectivity) (in den Polymerwissenschaften)

Zahl an kovalenten Bindungen, die ein monomerer oder polymerer Reaktant mit anderen Reaktanten im Verlauf einer Polymerisation bilden kann. Symbol: f .

Anmerkung 1: Es gibt keine monofunktionellen Monomere.

Anmerkung 2: Bei $f = 2$ kann ein lineares Kettenmakromolekül oder ein Makrocyclus (siehe Definition 1.57 in Lit. [2]) gebildet werden.

Anmerkung 3: Bei $f > 2$ kann ein Verzweigungspunkt gebildet werden, was zu einem verzweigten Makromolekül, einem Netzwerk oder einem Mikronetzwerk führt.

Anmerkung 4: Ethen und Ethylenglycol (Ethan-1,2-diol) sind Beispiele für difunktionelle Monomere, Glycerin (Propan-1,2,3-triol) ist ein Beispiel für ein trifunktionelles Monomer, und Divinylbenzol und Pentaerythritol (2,2-Bis(hydroxymethyl)propan-1,3-diol) sind Beispiele für tetrafunktionelle Monomere.

Gegenion (counterion) (in den Polymerwissenschaften)^[1]

Ion, dessen Ladung entgegengesetzt zu der einer ionisierten Gruppe eines ionischen Makromoleküls (Ionomer oder Polyelektrolyt) oder einer ionisierten Gruppe des *Kettenträgers* einer *ionischen Polymerisation* ist und das damit die elektrische Neutralität des Gesamtsystems gewährleistet.

Gekreuzter Abbruch (cross-termination)

Abbruchreaktion bei einer *Copolymerisation* zweier *Kettenträger* mit unterschiedlicher chemischer Struktur.

Anmerkung 1: Üblicherweise werden nur die chemischen Strukturen der Einheiten an den *aktiven Zentren* berücksichtigt.

Anmerkung 2: Ein gekreuzter Abbruch ist durch *Kombination* oder *Disproportionierung* möglich.

Gekreuztes Wachstum (cross-propagation)

Wachstumsreaktion in einer *Copolymerisation*, bei der ein *Kettenträger*, der an seinem aktiven Ende eine Monomereinheit der einen Art trägt, mit einem Monomermolekül der anderen Art reagiert.

Anmerkung: Das empfohlene Symbol für die Geschwindigkeitskonstante des gekreuzten Wachstums in einer *binären Copolymerisation* ist k_{ij} , wobei i für den Typ der endständigen Monomereinheit des *Kettenträgers* und j für das reagierende Monomermolekül steht.

Gelierpunkt (gelation point)

Siehe *Gelpunkt*.

Gelpunkt, Gelierpunkt (gel point, gelation point)

Punkt beginnender Netzbildung in einem Prozess, der zu einem chemischen oder physikalischen Netzwerk führt.^[5]

Anmerkung 1: Sowohl bei einer netzwerkbildenden Polymerisation als auch beim Vernetzen von Polymerketten wird der Gelpunkt als Ausmaß einer chemischen Reaktion ausgedrückt.

Anmerkung 2: Am Gelpunkt wird ein Netzwerk gebildet, das das gesamte System umfasst.

Anmerkung 3: Der Gelpunkt wird oft mit rheologischen Methoden bestimmt. Unterschiedliche Methoden können unterschiedliche Gelpunkte liefern, da die Viskosität am Gelpunkt zu unendlich tendiert und ein eindeutiger Wert nicht direkt gemessen werden kann.

Grenzflächenpolykondensation (interfacial polycondensation)

Polykondensation zwischen zwei Monomeren, die separat in nichtmischbaren Lösungsmitteln gelöst sind und ein Zweiphasensystem bilden, wobei die Polykondensation an (oder nahe) der Grenzfläche zwischen den beiden Phasen stattfindet.

Homopolymerisation (homopolymerization)

Polymerisation, bei der ein Homopolymer gebildet wird.^[1,2]

Anmerkung: Ein Homopolymer ist ein Polymer, das nur aus einer Art von (realen, implizierten oder hypothetischen) Monomeren besteht.^[2]

Homowachstum (homopropagation)

Anlagerung eines Monomers an einen *Kettenträger*, der eine von der gleichen Monomerspezies abgeleitete Endgruppe trägt.

Ideale binäre Copolymerisation (ideal binary copolymerization)

Binäre Copolymerisation, bei der die relativen Geschwindigkeiten für den Einbau beider Monomertypen in das Copolymer unabhängig von der Natur der Monomereinheit am Ende der wachsenden Kette sind.

Anmerkung 1: Siehe *Copolymerisationsparameter der Monomere*. Bei einer idealen binären Copolymerisation gilt: $k_{11}/k_{21} = k_{12}/k_{22}$ und $r_{12}r_{21} = 1$.

Anmerkung 2: Bei einer idealen binären Copolymerisation mit $r_{12} = r_{21} = 1$ zeigen die beiden Monomere die gleiche Reaktivität gegenüber beiden Typen der wachsenden Spezies. Daher gilt $k_{11} = k_{21}$ und $k_{12} = k_{22}$. In diesem Fall ergibt die *Copolymerisation* einer Mischung von zwei Monomeren mit jedem beliebigen Verhältnis der Monomerkonzentrationen im Monomerzulauf ein Polymer, in dem das Molverhältnis der Monomereinheiten identisch zu dem im Monomerzulauf ist (siehe auch *azeotrope Copolymerisation*).

Ideale Copolymerisation (ideal copolymerization)

Copolymerisation, bei der alle Typen von wachsenden Spezies die gleiche relative Reaktivität gegenüber den vorhandenen Monomeren haben.

Inhibitor, Hemmstoff (in den Polymerwissenschaften)^[1]

Additiv, das so schnell mit den *Kettenträgern* reagiert, dass es die beobachtete *Polymerisationsgeschwindigkeit* auf null reduziert.

Anmerkung: Langkettige Makromoleküle können nicht gebildet werden, bevor nicht der gesamte Inhibitor weitestgehend verbraucht ist.

Initiator, Starter^[1]

Substanz, die in ein Reaktionssystem eingeführt wird, um einen *Kettenstart* zu bewirken.

Anmerkung: Im Gegensatz zu einem Katalysator wird ein Initiator in der Reaktion verbraucht.

Initiatoreffizienz, Radikalausbeute (initiator efficiency)

Zahl der initiierten wachsenden Ketten dividiert durch die Zahl aktiver Zentren, die von den Initiatormolekülen gebildet werden. Symbol: f .

Anmerkung 1: In einer radikalischen Polymerisation ist die Geschwindigkeit der Radikalbildung aus einem Initiator, der zwei gleiche Radikale bildet, $2k_d f$, wobei k_d die Geschwindigkeit des Initiatorzerfalls ist.

Anmerkung 2: In manchen Texten wird die Initiatoreffizienz als der Anteil an Radikalen definiert, die aus dem Käfig entweichen (siehe Käfigeffekt).

Initiierende Spezies (initiating species)

Spezies, an die ein Monomer addiert, um die Kettenpolymerisation zu starten.

Anmerkung 1: Eine initiierende Spezies kann aus einem Initiator gebildet werden oder der Initiator selbst sein.

Anmerkung 2: Die initiierenden Spezies bei einer radikalischen Polymerisation, die direkt aus einem Initiator gebildet werden, werden Primärradikale genannt.^[2]

Initiierung (initiation) (in einer Kettenpolymerisation)

Siehe Kettenstart.

Intermolekulare Kettenübertragung (intermolecular chain transfer)

Kettenübertragung von einem aktiven Zentrum auf einem Makromolekül auf ein anderes Makromolekül.

Anmerkung: Ein aktives Zentrum kann überall entlang einer makromolekularen Kette lokalisiert sein.

Siehe auch Kettenübertragung, Backbiting-Reaktion.

Intramolekulare Kettenübertragung (intramolecular chain transfer)

Siehe Backbiting-Reaktion.

Ionenpaar (ion pair) (in den Polymerwissenschaften)^[1]

Paar von entgegengesetzt geladenen Ionen, die durch die Coulomb-Anziehung zusammengehalten werden.

Ionische Copolymerisation (ionic copolymerization)

Copolymerisation, die eine ionische Polymerisation ist.^[2]

Ionische Polymerisation (ionic polymerization)^[2]

Kettenpolymerisation, bei der die aktiven Zentren Ionen oder Ionenpaare sind.

Anmerkung 1: Üblicherweise sind die Kettenenden Ionen, obgleich Ionen auch auf den Monomermolekülen lokalisiert sein können, wie in der Polymerisation eines aktivierten Monomers.

Anmerkung 2: Die Ionen können auch in Form höherer Aggregate vorliegen, die üblicherweise weniger reaktiv sind als nichtaggregierte Spezies.

Irreversible Kettendesaktivierung (irreversible chain deactivation)

Siehe Kettenabbruch.

Käfigeffekt (cage effect)^[1]

Ein Begriff, der sich auf Reaktionen zwischen Reaktantenmolekülen bezieht, die vorübergehend in einem begrenzten Volumen mit molekularen Dimensionen gefangen sind.

Anmerkung: Der Käfigeffekt macht sich vor allem bei radikalischen Polymerisationen bemerkbar, bei denen die Effizienz der Initiierung wegen der schnellen Reaktion zwischen zwei Radikalen, die durch homolytische Spaltung des Initiators in einem transienten Käfig aus Molekülen gebildet werden und nicht schnell genug aus diesem diffundieren, reduziert wird.

Kationische Polymerisation (cationic polymerization)^[1,2]

Ionische Polymerisation, bei der die aktiven Zentren Kationen sind.

Anmerkung: Die Kationen können frei, gepaart oder aggregiert vorliegen.

Kettenabbau, Abbau (chain depropagation, depropagation)

Chemische Reaktion, die die Bildung eines Monomermoleküls am aktiven Zentrum auf der endständigen Einheit eines Kettenträgers zur Folge hat und die den Polymerisationsgrad des Kettenträgers um eins verringert.

Anmerkung: Kettenabbau ist das Gegenteil von Kettenwachstum.

Siehe auch Depolymerisation und Unzipping.

Kettenabbruch, Kettenterminierung, irreversible Kettendesaktivierung, Terminierung (chain termination, irreversible chain deactivation, termination) (in einer Kettenpolymerisation)^[1]

Chemische Reaktion, bei der ein Kettenträger irreversibel in eine nichtwachsende Spezies umgewandelt wird, ohne dass ein neuer Kettenträger gebildet wird.

Anmerkung 1: Das empfohlene Symbol für die Geschwindigkeitskonstante eines Kettenabbruchs in einer Homopolymerisation ist k_t .

Anmerkung 2: Will man betonen, dass die Bildung der nichtwachsenden Spezies reversibel sein kann, wird oft der Begriff Kettendesaktivierung verwendet; siehe Kettendesaktivierung und reversible Kettendesaktivierung.

Anmerkung 3: Siehe auch Kombination, gekreuzter Abbruch, Disproportionierung und spontaner Abbruch.

Kettenaktivierung (chain activation)

Siehe Kettenreaktivierung.

Kettencopolymerisation (chain copolymerization)

Kettenpolymerisation, bei der ein Copolymer gebildet wird.

Kettendesaktivierung (chain deactivation)

Umwandlung eines Kettenträgers in eine inaktive Spezies.

Anmerkung 1: Eine Kettendesaktivierung kann im Gegensatz zu einem Kettenabbruch reversibel sein; siehe reversible Kettendesaktivierung.

Anmerkung 2: Die Umkehrung einer Kettendesaktivierung ist eine Kettenreaktivierung.

Kettenendenreaktivitätsverhältnis, Radikalreaktivitätsverhältnis (chain-end reactivity ratio, radical reactivity ratio)

In einer binären Copolymerisation das Verhältnis zweier Geschwindigkeitskonstanten, das die relative Aktivität eines aktiven Zentrums auf einem bestimmten Typ einer endständigen Einheit des Kettenträgers gegenüber einem Monomertyp definiert, für die beiden Fälle, dass die vorletzte Einheit des Kettenträgers identisch bzw. verschieden von der endständigen Einheit ist. Symbole: s_1 und s_2 .

Anmerkung 1: Die beteiligten Reaktionen sind in Einklang mit dem Penultimate-Effekt durch die Gleichungen (5)–(12) beschrieben, wobei M_1 und M_2 die beiden Monomere der binären Copolymerisation sind und $\dots m_{ij}^*$ ($i, j = 1, 2$) den Kettenträger bezeichnet, der eine aktive Stelle auf seiner endständigen Monomereinheit vom Typ M_j trägt und eine benachbarte vorletzte Monomereinheit vom Typ M_i hat.



Anmerkung 2: Die Kettenendenreaktivitätsverhältnisse sind mathematisch definiert als $s_1 = k_{211}/k_{111}$ und $s_2 = k_{122}/k_{222}$.

Anmerkung 3: Für die in Einklang mit dem Penultimate-Effekt definierten Copolymerisationsparameter der Monomere gilt $r_{112} = k_{111}/k_{112}$, $r_{212} = k_{211}/k_{212}$, $r_{221} = k_{222}/k_{221}$ und $r_{121} = k_{122}/k_{121}$. Die Symbole für die Copolymerisationsparameter der Monomere werden oft als r_1 , r_1' , r_2 und r_2' abgekürzt (siehe Copolymerisationsparameter der Monomere für die Definitionen von r_1 und r_2 unter Vernachlässigung des Penultimate-Effekts).

Kettenpolymerisation, Kettenwachstumspolymerisation (chain polymerization)^[1,2]

Kettenreaktion, bei der das Wachstum einer Polymerkette ausschließlich durch Reaktion(en) zwischen Monomer(en) und aktiver/en Stelle(n) auf der Polymerkette unter Regeneration der aktiven Stelle(n) am Ende jedes Wachstumsschritts stattfindet.

Anmerkung 1: Eine Kettenpolymerisation besteht aus Kettenstart- und Kettenwachstumsreaktionen und kann auch Kettenabbruch- oder Kettenübertragungsreaktionen oder beide enthalten.

Anmerkung 2: Der Begriff Kette in „Kettenpolymerisation“ steht für Kettenreaktion, nicht für Polymerkette.

Anmerkung 3: Wachstum in Kettenpolymerisationen findet üblicherweise ohne die Bildung kleiner Moleküle statt. Dennoch existieren Fälle, in denen ein niedermolekulares Nebenprodukt gebildet wird, wie bei der Polymerisation der von Aminosäuren abgeleiteten Oxazolidin-2,5-dione (üblicherweise als Aminosäure-N-carboxyanhydride bezeichnet). Wenn ein niedermolekulares Nebenprodukt entsteht, wird der Zusatz „Kondensations-“, d.h. die Bezeichnung Kondensationskettenpolymerisation empfohlen.

Anmerkung 4: Die Wachstumsschritte werden ausgedrückt durch $P_x + M \rightarrow P_{x+1} (+L)$ mit $x \in \{1, 2, \dots, \infty\}$, wobei P_x die wachsende Kette mit Polymerisationsgrad x bezeichnet, M ein Monomer ist und L das niedermolekulare Nebenprodukt, das im Falle einer Kondensationskettenpolymerisation gebildet wird.

Anmerkung 5: Der Begriff Kettenpolymerisation kann, wenn notwendig, weiter klassifiziert werden, um den Typ der am Wachstumsschritt beteiligten chemischen Reaktion zu spezifizieren, z. B. ringöffnende Kettenpolymerisation, kationische Kettenpolymerisation.

Anmerkung 6: Es existieren als Ausnahmen einige Polymerisationen, die über Kettenreaktionen ablaufen, die aber trotzdem keine Kettenpolymerisationen sind. Beispielsweise verläuft die Polymerisation $HS-X-SH + H_2C=CH-Y-CH=CH_2 \rightarrow (-S-X-S-CH_2-CH_2-Y-CH_2-CH_2-)_n$ als Radikalkettenreaktion mit intermolekularer Übertragung des Radikalzentrums. Am Wachstumsschritt sind jedoch Reaktionen zwischen Molekülen aller Polymerisationsgrade beteiligt, und daher wird diese Polymerisation als Polyaddition klassifiziert. Falls eine genauere Klassifizierung notwendig ist, kann diese Polymerisation als Kettenreaktionspolyaddition beschrieben werden.

Kettenreaktivierung, Kettenaktivierung (chain reactivation, chain activation)

Umwandlung einer inaktiven Kette in einen Kettenträger.

Anmerkung 1: Der Begriff wird üblicherweise verwendet, um die Reaktivierung von zuvor desaktivierten Ketten zu bezeichnen.

Anmerkung 2: Eine Kettenreaktivierung kann reversibel oder irreversibel sein.

Anmerkung 3: Das Gegenteil von Kettenreaktivierung ist *Kettendesaktivierung* oder *reversible Kettendesaktivierung*.

Kettenspaltung (chain scission)^[1,2]

Chemische Reaktion, bei der Hauptkettenbindungen einer Polymerkette gespalten werden.

Kettenstart, Ketteninitiiierung, Initiierung (chain initiation, initiation) (in einer Kettenpolymerisation)^[1]

Chemische Reaktion, bei der *initiiierende Spezies* an ein Monomer addieren, um *Kettenträger* zu bilden.

Anmerkung: Das empfohlene Symbol für die Geschwindigkeitskonstante eines Kettenstarts in einer Polymerisation ist k_i .

Kettenträger (chain carrier)^[1]

Intermediäre Spezies, die eine *aktive Stelle* zur Fortpflanzung einer Kettenreaktion trägt.

Anmerkung: Wenn die *aktive Stelle* auf der endständigen Monomereinheit einer Kette liegt, wird der *Kettenträger* mit dem Symbol ...-m* bezeichnet.

Kettenüberträger (chain-transfer agent)

Substanz, die in der Lage ist, mit einem *Kettenträger* so zu reagieren, dass der ursprüngliche *Kettenträger* deaktiviert und ein neuer *Kettenträger* gebildet wird.

Anmerkung: In einer Polymerisation wird im Normalfall ein neuer *Kettenträger* mit niedriger Molekülmasse gebildet.

Kettenübertragung, Kettentransfer (chain transfer) (in einer Kettenpolymerisation)^[1]

Chemische Reaktion, bei der während einer *Kettenpolymerisation* ein *aktives Zentrum* von einem wachsenden Makro- oder Oligomermolekül auf ein anderes Molekül oder an eine andere Stelle auf demselben Molekül übertragen wird.

Anmerkung 1: Siehe auch *intermolekulare Kettenübertragung*, *intramolekulare Kettenübertragung* und *Backbiting-Reaktion*.

Anmerkung 2: Das empfohlene Symbol für die Geschwindigkeitskonstante der Kettenübertragung in einer *Homopolymerisation* ist k_{tr} .

Kettenübertragungskonstante (chain-transfer constant)

In einer *Homopolymerisation* die Geschwindigkeitskonstante für die *Kettenübertragung*, k_{tr} , dividiert durch die Geschwindigkeitskonstante für das *Kettenwachstum*, k_p , d. h., $C_{tr} = k_{tr}/k_p$.

Kettenwachstum, Wachstum (chain propagation, propagation) (in einer Kettenpolymerisation)^[1]

Chemische Reaktion zwischen einem *Kettenträger* und einem Monomer, die das Wachstum einer Polymerkette und die Regeneration mindestens eines *Kettenträgers* zur Folge hat.

Anmerkung 1: Das empfohlene Symbol für die Geschwindigkeitskonstante des Kettenwachstums in einer *Homopolymerisation* ist k_p .

Anmerkung 2: Für das Kettenwachstum in *Copolymerisationen* siehe *gekreuztes Wachstum*.

Kinetische Kettenlänge (kinetic-chain length)

In einer *Kettenpolymerisation* die Geschwindigkeit des *Kettenwachstums* dividiert durch die Summe der Geschwindigkeiten aller *Kettenabbruchprozesse*. Symbol: ν .

Anmerkung 1: *Kettenabbruchprozesse* sind die Prozesse *Kombination* und *Disproportionierung*, nicht jedoch die *Kettenübertragung*.

Anmerkung 2: Wenn keine *Kettenübertragung* auftritt, ist die kinetische Kettenlänge gleich dem *Polymerisationsgrad*.^[9]

Kinetischer Kettenträger (kinetic-chain carrier)

Siehe *aktives Zentrum*.

Kombination (combination)

Kettenabbruch in einer *Kettenpolymerisation*, bei dem aus zwei wachsenden Makromolekülen ein Makromolekül mit einer Molekülmasse gleich der Summe der Molekülmassen der beiden vereinigten Makromoleküle wird.

Anmerkung 1: Die Kombination wird oft fälschlich *Rekombination* genannt.

Anmerkung 2: Die Radikalkombination wird oft auch *Kolligation* genannt,^[1] obwohl diese Terminologie gewöhnlich nicht im Zusammenhang mit einer *Kettenpolymerisation* verwendet wird.

Konnektivität (connectivity) (in den Polymerwissenschaften)

Siehe *Funktionalität*.

Kontrollierte Polymerisation (controlled polymerization)

Begriff, der anzeigt, dass eine bestimmte kinetische Eigenschaft einer Polymerisation oder ein struktureller Aspekt der gebildeten Polymermoleküle oder beides gezielt eingestellt werden kann.

Anmerkung 1: Der Ausdruck wird manchmal für eine *radikalische* oder *ionische Polymerisation* verwendet, bei der die *reversible Desaktivierung* des *Kettenträgers* eine essenzielle Komponente des Mechanismus ist, die die Wachstumszeit verlängert, um diese Art von Kontrolle sicherzustellen.

Anmerkung 2: Der Ausdruck „kontrollierte radikalische Polymerisation“ wird manchmal verwendet, um eine *radikalische Polymerisation* zu beschreiben, die in Gegenwart von Verbindungen durchgeführt wird, die z. B. zur radikalischen Polymerisation unter Atomtransfer (ATRP), zur Nitroxid-vermittelten radikalischen Polymerisation (NMP) oder zur reversiblen Additions-Fragmentierungs-Kettenübertragungs-(RAFT)-Polymerisation führen.

Anmerkung 3: Im Allgemeinen sollte das Adjektiv kontrolliert nicht verwendet werden, ohne die jeweils kontrollierte kinetische oder strukturelle Eigenschaft zu spezifizieren.

Koordinationspolymerisation, Insertionspolymerisation, koordinative Polymerisation (coordination polymerization) *Kettenpolymerisation*, bei der ein Monomermolekül vorübergehend an einen *Kettenträger* koordiniert.

Anmerkung: Koordinationspolymerisation findet oft als *pseudoionische Polymerisation* statt.

Kupplungsreaktion (coupling reaction) (in den Polymerwissenschaften)

Das Verknüpfen von zwei Makromolekülen durch eine chemische Reaktion.

Anmerkung: Die Kupplung kann mit oder ohne Wechselwirkung mit einem zugesetzten Kupplungsreagens stattfinden.

Lebende Copolymerisation (living copolymerization)

Copolymerisation, die auf einer *lebenden Polymerisation* beruht.^[1,2]

Lebende Polymerisation (living polymerization)^[1,2]

Kettenpolymerisation, bei der weder *Kettenabbruch* noch *irreversible Kettenübertragung* auftritt.

Anmerkung 1: In vielen Fällen ist die Geschwindigkeit des *Kettenstarts* hoch im Vergleich zur Geschwindigkeit des *Kettenwachstums*, sodass die Zahl der kinetischen *Kettenträger* im Verlauf der Reaktion im Wesentlichen konstant ist.

Anmerkung 2: In einer lebenden Polymerisation kann das *aktive Zentrum* reversibel (temporär) deaktiviert werden (siehe *reversible Kettendesaktivierung*).

Anmerkung 3: Bei einer lebenden Polymerisation haben alle gebildeten Makromoleküle das Potenzial für weiteres Wachstum.

Anmerkung 4: Von der Verwendung der Adjektive pseudo-lebend, quasilebend und unsterblich wird abgeraten.

Makromonomer (macromonomer)^[1,2]

Ein Polymer oder Oligomer aus Molekülen, von denen jedes zumindest an einem Kettenende oder an einer anderen Stelle eine funktionelle Gruppe trägt, die in der Lage ist, eine Polymerisation einzugehen.

Anmerkung: Die *Homopolymerisation* oder *Copolymerisation* von Makromonomermolekülen, die alle eine einzige derartige funktionelle Gruppe tragen, resultiert in Pfropfcopolymeren.

Metathesepolymerisation (metathesis polymerization)

Polymerisation, bei der ungesättigte Monomere durch Bindungsaustausch in ungesättigte Polymere überführt werden.

Anmerkung 1: Metathesepolymerisationen sind meist metallkatalysiert, und die *kinetischen Kettenträger* alternieren zwischen Metallcarbenkomplexen und Metallacyclobutanen oder Metallcarbinkomplexen und Metallacyclobutenen.

Anmerkung 2: Die beiden bekanntesten Arten der Metathesepolymerisation sind die *ringöffnende Metathesepolymerisation* (ROMP) und die *Metathesepolymerisation eines acyclischen Diens* (ADMET).

Metathesepolymerisation eines acyclischen Diens (ADMET) (acyclic diene metathesis polymerization)

Metathesepolymerisation eines acyclischen Dienmonomers.

Anmerkung: Ein Beispiel ist die metallkatalysierte Polymerisation von Hexa-1,5-dien, bei der Poly(buta-1,4-dien) [Poly(buta-2-en-1,4-diyl)] und Ethen entstehen.

Monomerreaktivitätsskala (monomer reactivity scale)

Relative Skala, die durch die Werte der Geschwindigkeitskonstanten für die Addition von Monomeren an ein als Referenz festgelegtes *aktives Zentrum* definiert ist.

Siehe auch *Reaktivitätsmusterschema*, *Q-e-Schema*.

Oligomerisierung, Oligomerbildung (oligomerization)

Prozess, der ein Monomer oder eine Monomermischung in ein Oligomer überführt.^[1,2]

Anmerkung: Ein Oligomer ist eine Substanz, die aus Oligomermolekülen besteht, die sich hauptsächlich aus einer kleinen Zahl von Einheiten zusammensetzen, die sich wiederum tatsächlich oder konzeptionell von Molekülen kleinerer Molekülmasse ableiten.^[1,2]

Siehe auch *Telomerisation*.

Penultimate-Effekt (penultimate-unit effect)

Phänomen, dass die Monomereinheit vor dem *aktiven Zentrum* an der terminalen Einheit einer aktiven Polymerkette die Reaktivität dieses aktiven Zentrums beeinflusst.

Siehe auch *Kettenendenreaktivitätsverhältnis*.

Periodische Copolymerisation (periodic copolymerization)

Copolymerisation, bei der ein periodisches Copolymer gebildet wird.^[1,2]

Anmerkung: Ein periodisches Copolymer ist ein Copolymer aus Makromolekülen, die mehr als zwei Spezies von Monomereinheiten in regelmäßiger Sequenz aufweisen.^[1,2,10]

Perlpolymerisation (bead polymerization)

Siehe *Suspensionspolymerisation*.

Photoinitiator

Einem Reaktionssystem zugefügte Substanz, die bei Bestrahlung des Systems mit sichtbarem oder ultravioletttem Licht einen *Kettenstart* bewirkt.

Siehe *Initiator*.

Photopolymerisation (photopolymerization)

Polymerisation, die durch sichtbares oder ultraviolettes Licht initiiert wird, typischerweise in Gegenwart einer lichtempfindlichen Verbindung, eines *Photoinitiators*.

Anmerkung: Abhängig vom Mechanismus des Zerfalls des *Photoinitiators* bei Bestrahlung und der Struktur des Monomers kann eine Photopolymerisation nach einem radikalischen oder einem ionischen Mechanismus verlaufen.

Polyaddition^[11,12]

Polymerisation, bei der das Wachstum der Polymerketten durch Additionsreaktionen zwischen Molekülen aller *Polymerisationsgrade* fortschreitet.^[1,2]

Anmerkung 1: Die Wachstumschritte werden durch $P_x + P_y \rightarrow P_{x+y}$ mit x und $y \in \{1, 2, \dots, \infty\}$ beschrieben, wobei P_x und P_y die Ketten mit den *Polymerisationsgraden* x bzw. y bezeichnen.

Anmerkung 2: Die frühere Bezeichnung Additionspolymerisation (addition polymerization)^[6] umfasste die beiden Konzepte *Polyaddition* (polyaddition)^[12] und *Kettenpolymerisation* (chain polymerization), nicht jedoch die Kondensationskettenpolymerisation (condensative chain polymerization) (siehe Anmerkung 3 bei *Kettenpolymerisation*).

Polykondensation^[11] (polycondensation)

Polymerisation, bei der das Wachstum der Polymerketten durch Kondensationsreaktionen zwischen Molekülen aller *Polymerisationsgrade* stattfindet.^[1,2]

Anmerkung 1: Die Wachstumschritte werden durch $P_x + P_y \rightarrow P_{x+y} + L$ mit x und $y \in \{1, 2, \dots, \infty\}$ beschrieben, wobei P_x und P_y die Ketten mit den *Polymerisationsgraden* x bzw. y und L ein niedermolekulares Nebenprodukt bezeichnet.

Anmerkung 2: Die früher definierten Begriffe Polykondensation (polycondensation) und Kondensationspolymerisation (condensation polymerization)^[6] waren synonym. Es sei angemerkt, dass die hier gegebenen Definitionen von Polykondensation (polycondensation) und Kondensationskettenpolymerisation (condensative chain polymerization) (siehe Anmerkung 3 bei *Kettenpolymerisation*) beide durch den alten Begriff Polykondensation (polycondensation) abgedeckt waren.

Polymerisation (polymerization)

Prozess, in dem ein Monomer oder eine Monomermischung in ein Polymer überführt wird.^[1,2]

Anmerkung: Ein Polymer ist eine Substanz, die aus Makromolekülen besteht.^[1,2]

Polymerisation eines aktivierten Monomers (activated-monomer polymerization)

Kettenpolymerisation, bei der das Wachstum auf der Reaktion zwischen einem wachsenden Kettenende und einem *aktivierten Monomer* beruht.

Anmerkung: Beispiele sind die basenkatalysierte Polymerisation von Lactamen, die säurekatalysierte Polymerisation von cyclischen Ethern und die Lewis-Säure-katalysierte Polymerisation von Lactonen.

Polymerisation mit gepulstem Laser (PLP) (pulsed-laser polymerization)

Polymerisation, die durch aufeinanderfolgende Pulse von Laserlicht initiiert wird.

Anmerkung: In einer *radikalischen Polymerisation* erlaubt die PLP die Bestimmung der Geschwindigkeitskonstante des Wachstums.

Polymerisationsgrad (degree of polymerization)

Zahl der Monomereinheiten in einem Makromolekül, einem Oligomermolekül, einem Block oder einer Kette.^[1,2] Symbol: X ; Abkürzung: DP.

(Molare) Polymerisationsenthalpie ((molar) enthalpy of polymerization)

Die Enthalpieänderung bei einer *Kettenpolymerisation* während der Bildung eines Homopolymers, die mit der Umwandlung eines Mols des Monomers in das Polymer unter isobaren und isothermen Bedingungen einhergeht. Symbol: ΔH_m oder $\Delta_{ab}H_m$, SI-Einheit: $J mol^{-1}$.

Anmerkung 1: Die Polymerisationsenthalpie unter definierten Standardbedingungen wird mit ΔH_m° bezeichnet.

Anmerkung 2: Die Indices in $\Delta_{ab}H_m$ bezeichnen den Zustand des Monomers (a) bzw. Polymers (b), wobei folgende Symbole verwendet werden: 1) g: gasförmiger Zustand (hypothetisch im Fall eines Polymers); 2) l: flüssiger Zustand (muss im Fall einer Mesophase spezifiziert werden); 3) s: in Lösung (Lösungsmittel und Mesophase, falls vorhanden, müssen spezifiziert werden); 4) c: (kondensierter) amorpher, glasartiger Zustand; 5) c': kristalliner oder teilkristalliner Zustand. So bedeutet $\Delta_{lc}H_m$ vom flüssigen Zustand zum amorphen oder glasartigen Zustand und $\Delta_{ss}H_m$ vom Monomer in Lösung zum Polymer in Lösung.

Anmerkung 3: Das in der Polymerchemie weit verbreitete Symbol ΔH_{ab} wird nicht empfohlen, da das von der IUPAC empfohlene Symbol $\Delta_{ab}H_m$ ist.^[4]

(Molare) Polymerisationsentropie ((molar) entropy of polymerization)

Die Entropieänderung bei einer *Kettenpolymerisation* während der Bildung eines Homopolymers, die mit der Umwandlung eines Mols des Monomers in das Polymer unter isobaren und isothermen Bedingungen einhergeht. Symbol: ΔS_m oder $\Delta_{ab}S_m$, SI-Einheit: $J mol^{-1} K^{-1}$.

Anmerkung 1: Die Polymerisationsentropie unter definierten Standardbedingungen wird mit ΔS_m° bezeichnet. Wenn sich der Standardzustand auf die Standardkonzentration bezieht und wenn sich das Monomer ideal verhält, gilt $\Delta S_m = \Delta S_m^\circ +$

$R \ln([M]_0/c^\circ)$, wobei $[M]_0$ die Anfangskonzentration des Monomers und $c^\circ = 1 \text{ mol dm}^{-3}$ die Standardkonzentration ist.

Anmerkung 2: Für die Indices in $\Delta_{\text{ab}}S_{\text{m}}$ gilt das in Anmerkung 2 bei (molare) *Polymerisationsenthalpie* Gesagte.

Polymerisationsgeschwindigkeit (rate of polymerization)

Geschwindigkeit des Monomerverbrauchs in einer *Kettenpolymerisation* oder Geschwindigkeit des Verbrauchs der funktionellen Gruppen in der Reaktionsmischung einer *Polykondensation* oder *Polyaddition*.

Polymerisationswärme (heat of polymerization)

Bei der Umwandlung einer bestimmten Menge eines Monomers in ein Polymer aufgenommene oder abgegebene Wärme Q .

Anmerkung 1: Die molare Polymerisationswärme wird mit dem Symbol Q_{m} bezeichnet und entspricht der Polymerisationswärme von 1 Mol des Monomers. SI-Einheit: J mol^{-1} .

Anmerkung 2: Die molare Polymerisationswärme ist identisch mit der *Polymerisationsenthalpie* unter isobaren und isothermen Bedingungen.

Primärradikal (primary radical) (in einer Kettenpolymerisation)

Ein *Radikal*, das aus einem *Initiator* oder einem Monomermolekül gebildet wird und in der Lage ist, eine Polymerisation zu initiieren.

Anmerkung 1: Ein Primärradikal kann durch die Einwirkung von Wärme oder Strahlung oder durch Ladungsübertragung von einer Elektrode erzeugt werden.

Anmerkung 2: Die Rekombination von Primärradikalen und ihre Reaktionen mit anderen Spezies können zu einer verminderten *Initiatoreffizienz* führen.

Anmerkung 3: Der englische Ausdruck „primary radical“ wird auch verwendet, um ein Radikal zu kennzeichnen, bei dem das ungepaarte Elektron an einem primären Kohlenstoffatom sitzt, z. B. ein Ethylradikal.^[1,13]

Siehe auch *Sekundärradikal*.

Primärradikalterminierung (primary-radical termination)

Abbruchreaktion, an der ein radikalischer *Kettenträger* und ein *Primärradikal* beteiligt sind.

Pseudoionische Polymerisation (pseudo-ionic polymerization)

Polymerisation durch Insertion eines Monomers in eine polare Bindung ohne Bildung von Ionen.

Anmerkung: Die meisten pseudoionischen Polymerisationen laufen nach konzertierten Wachstumsmechanismen (z. B. Vier- oder Mehrzentrenmechanismen) ab.

Siehe auch *Koordinationspolymerisation*.

Q-e-Schema (*Q-e* scheme)

Empirische Gleichungen, welche die *Copolymerisationsparameter der Monomere* in einer binären radikalischen *Copolymerisation*, r_{12} und r_{21} , in Form der empirischen Parameter Q und e für die beiden Monomere (Q_1 , e_1 bzw. Q_2 , e_2) ausdrücken:

$$r_{12} = (Q_1/Q_2) \exp[-e_1(e_1 - e_2)] \text{ und } r_{21} = (Q_2/Q_1) \exp[-e_2(e_2 - e_1)]$$

Anmerkung 1: Obwohl die Parameter empirisch hergeleitet sind, wird der Parameter Q als ein Maß für die Resonanzstabilisierung eines Monomers und des davon abgeleiteten Radikals betrachtet und der Parameter e als ein Maß für den Einfluss polarer Substituenten eines Monomers und des davon abgeleiteten Radikals verstanden.

Anmerkung 2: Das *Q-e*-Schema ist auch als *Alfrey-Price-Schema* bekannt.

Radikal (radical) (in den Polymerwissenschaften)^[1]

Molekulare Einheit, die über ein ungepaartes Elektron verfügt.

Anmerkung: Von der Verwendung des Begriffs „freies Radikal“ wird abgeraten.

Radikalische Copolymerisation (radical copolymerization)^[1,2]

Eine *Copolymerisation*, die als *radikalische Polymerisation* abläuft.

Radikalische Polymerisation (radical polymerization)^[1,2]

Kettenpolymerisation, bei der die *aktiven Zentren* Radikale sind.

Anmerkung: Jedes aktive Kettenende trägt ein ungepaartes Elektron.

Radikalreaktivitätsskala (radical reactivity scale) (in einer Kettenpolymerisation)

Werteskala der Geschwindigkeitskonstanten für die Reaktion von *Radikalen* mit einem Referenzmonomer.

Radikalreaktivitätsverhältnis (radical reactivity ratio) (in einer Kettenpolymerisation)

Siehe *Kettenendenreaktivitätsverhältnis*.

Reaktivitätsmusterschema (patterns of reactivity scheme) (in den Polymerwissenschaften)

Methode zur Vorhersage der *Copolymerisationsparameter der Monomere* einer binären *Copolymerisation* allein basierend auf experimentell bestimmten Parametern.

Anmerkung 1: Die Parameter können die der separaten *Copolymerisationen* der betroffenen Monomere, 1 und 2, mit einem unpolaren Monomer, z. B. Styrol (S), und einem polaren Monomer, z. B. Acrylnitril (A), sein. Die Gleichungen für die gewünschten Copolymerisationsparameter der Monomere, r_{12} und r_{21} , lauten dann $\ln r_{12} = \ln(r_{1S}r_{S2}) - [\ln(r_{AS}r_{S2})]$

$$r_{A2})][\ln(r_{SA}r_{1S}/r_{1A})]/\ln(r_{AS}r_{SA}) \quad \text{und} \quad \ln r_{21} = \ln(r_{2S}r_{S1}) - [\ln(r_{AS}r_{S1}/r_{A1})][\ln(r_{SA}r_{2S}/r_{2A})]/\ln(r_{AS}r_{SA}).$$

Anmerkung 2: Das Reaktivitätsmusterschema wird auch Jenkins-Schema genannt.

Reversible Kettendesaktivierung (reversible chain deactivation)

Desaktivierung eines *Kettenträgers* in einer *Kettenpolymerisation* durch reversible Umwandlung eines *aktiven Zentrums* in ein inaktives und innerhalb der mittleren Lebensdauer eines wachsenden Makromoleküls erneute Generierung eines aktiven Zentrums am selben ursprünglichen Träger.

Anmerkung 1: Die in diesem Prozess generierten temporär desaktivierten Spezies werden oft als schlafend bezeichnet.

Anmerkung 2: Die reversible Kettendesaktivierung verläuft oft als reversible *Kombination* oder reversible *Kettenübertragung*.

Ringöffnende Copolymerisation (ring-opening copolymerization)

Eine *Copolymerisation*, die zumindestens bezüglich eines Monomers über eine *ringöffnende Polymerisation* verläuft.^[2]

Ringöffnende Metathesepolymerisation (ROMP) (ring-opening metathesis polymerization)

Metathesepolymerisation, bei der ein ungesättigtes cyclisches Monomer in eine ungesättigte Monomereinheit umgesetzt wird, die entweder acyclisch ist oder zumindest weniger Ringe als das cyclische Monomer aufweist.

Ringöffnende Polymerisation (ROP) (ring-opening polymerization)^[1,2]

Polymerisation, bei der ein cyclisches Monomer eine Monomereinheit ergibt, die entweder acyclisch ist oder zumindest weniger Ringe als das cyclische Monomer aufweist.

Anmerkung: Bei einem polycyclischen Monomer ist die Öffnung eines einzelnen Rings ausreichend, um die Polymerisation als ringöffnende Polymerisation zu klassifizieren.

Scheinbare Geschwindigkeitskonstante der Polymerisation (apparent rate constant of polymerization)

Gemessene *Polymerisationsgeschwindigkeit* dividiert durch die Konzentration des Reaktanten (falls nur einer vorliegt) oder durch das Produkt der Konzentrationen der angenommenen Reaktanten. Symbol: k_p^{app} , SI-Einheit: s^{-1} bzw. $\text{dm}^{-3} \text{mol}^{-1}$.

Anmerkung: Die scheinbare Geschwindigkeitskonstante einer Polymerisation sollte nicht mit den Geschwindigkeitskoeffizienten oder den Geschwindigkeitskonstanten der elementaren Reaktionsschritte (siehe deren Definition in Lit. [1]) verwechselt werden.

Sekundärradikal (secondary radical) (in einer Kettenpolymerisation)

Radikal, das durch die Umlagerung oder Fragmentierung eines *Primärradikals*, das eine Polymerisation initiieren kann, gebildet wird.

Anmerkung: Der englische Begriff „secondary radical“ wird auch verwendet, um ein Radikal an einem sekundären Kohlenstoffatom, z.B. ein 2-Propylradikal, zu kennzeichnen.^[1,15] Siehe *Primärradikal*.

Selbstbeschleunigung (auto-acceleration)

Zunahme der *Polymerisationsgeschwindigkeit* mit zunehmender Umsetzung des/der Reaktanten.

Anmerkung: Eine solche Selbstbeschleunigung kann verschiedene Ursachen haben. Ein Beispiel ist der Norrish-Trommsdorf-Effekt (Geleffekt) bei *radikalischen Polymerisationen*. Grund ist hier die mit der Monomerumsetzung zunehmende Viskosität des Systems, die zu einer Abnahme der Abbruchgeschwindigkeit und damit zu einer Zunahme der Konzentration an fortpflanzenden *Radikalen* führt.

Selbstinitiierte Polymerisation (self-initiated polymerization)

Polymerisation, bei der die *initiiierenden Spezies* ausschließlich aus dem Monomer gebildet werden.

Spontaner Abbruch, spontane Terminierung (spontaneous termination)

Kettenabbruch, der als unimolekularer Prozess abläuft.

Statistische Copolymerisation (statistical copolymerization)

Copolymerisation, bei der ein statistisches Copolymer gebildet wird.^[1,2]

Anmerkung 1: Ein statistisches Copolymer ist ein Copolymer aus Makromolekülen, in denen die Verteilung der Monomereinheiten in der Kette bekannten statistischen Gesetzen folgt.^[1,2]

Anmerkung 2: Die statistische Copolymerisation sollte nicht mit der *zufälligen Copolymerisation* verwechselt werden.

Stereospezifische Polymerisation (stereospecific polymerization)^[1]

Polymerisation, bei der ein taktisches Polymer gebildet wird.^[6]

Anmerkung 1: Ein taktisches Polymer besteht aus taktischen Makromolekülen.^[1,2]

Anmerkung 2: Ein taktisches Makromolekül ist ein reguläres Makromolekül, in dem im Wesentlichen alle Konfigurationswiederholungseinheiten identisch sind.^[1,2]

Substanzpolymerisation (bulk polymerization)

Polymerisation eines unverdünnten flüssigen Monomers. Deutscher Alternativbegriff: Masse-Polymerisation.

Suspensionspolymerisation, Perlpolymerisation (suspension polymerization, pearl polymerization, bead polymerization) Polymerisation, die in Partikeln stattfindet, die über die kolloidalen Dimensionen hinausgehen und in einem inerten flüssigen Medium dispergiert sind.

Anmerkung: Der *Initiator* einer Suspensionspolymerisation ist in der dispergierten Monomerphase löslich und nahezu unlöslich in der inerten flüssigen Dispersionsphase.

Telomerisation (telomerization) (in den Polymerwissenschaften)

Oligomerisierung durch *Kettenpolymerisation* in Gegenwart großer Mengen an *Kettenüberträger*, sodass die Endgruppen im Wesentlichen Fragmente des Kettenüberträgers sind.^[2]

Templatpolymerisation (template polymerization)

Polymerisation eines Monomers, das a) an einer Oberfläche, b) in einem Polymergitter oder c) an einem Polymer in Lösung adsorbiert oder orientiert oder auch beides ist, wobei die Struktur der entstehenden Polymerketten durch die Orientierung der Monomermoleküle festgelegt wird.

Terminierung, Abbruch (termination) (in einer Kettenpolymerisation)

Siehe *Kettenabbruch*.

Topochemische Polymerisation (topochemical polymerization)

Festphasenpolymerisation, die zu einem Polymer führt, das im Wesentlichen die gleiche Kristallstruktur wie das Monomer hat.

Anmerkung 1: Eine topochemische Polymerisation wird üblicherweise durch Bestrahlung des kristallinen Monomers, z. B. mit ultraviolettem Licht oder γ -Strahlen, oder durch chemische Initiatoren gestartet.

Anmerkung 2: Eine topochemische Polymerisation verläuft ohne signifikante Atom- oder Molekülbewegungen.

Transamidierung, Amidaustausch, Umamidierung (transamidation, amide interchange) (in den Polymerwissenschaften)

Austauschreaktion, an der Amidgruppen beteiligt sind.

Anmerkung 1: Beispiele sind Reaktionen einer Amidgruppe mit einer Aminogruppe, die zu einer neuen Amidgruppe und einer neuen Aminogruppe führen (Aminolyse), einer Amidgruppe mit einer Carbonsäure, die zu einer neuen Amidgruppe und einer neuen Carbonsäure führen (Acidolyse), und einer Amidgruppe mit einer anderen Amidgruppe unter Austausch der Substituenten.

Anmerkung 2: Transamidierungen treten üblicherweise in *Polykondensationen* auf, die zu Polyamiden führen.

Umesterung, Esteraustausch (transesterification, ester interchange) (in den Polymerwissenschaften)

Austauschreaktion, an der Estergruppen beteiligt sind.

Anmerkung 1: Beispiele sind Reaktionen einer Estergruppe mit einer Hydroxygruppe, die zu einer neuen Estergruppe und einer neuen Hydroxygruppe führen (Alkoholyse), einer Estergruppe mit einer Carbonsäure, die zu einer neuen Estergruppe und einer neuen Carbonsäure führen (Acidolyse), und einer Estergruppe mit einer anderen Estergruppe unter Austausch der Substituenten.

Anmerkung 2: Umesterungen treten üblicherweise in *Polykondensationen* auf, die zu Polyestern führen.

Unzipping (in den Polymerwissenschaften)

Depolymerisation durch eine Sequenz von Reaktionen, die entlang eines Makromoleküls verlaufen und bei jedem Reaktionsschritt Produkte liefern, üblicherweise Monomermoleküle, von denen wieder Makromoleküle ähnlich dem Original generiert werden können.

Siehe auch *Kettenabbau*.

Wachstum (propagation) (in einer Kettenpolymerisation)

Siehe *Kettenwachstum*.

Zufällige Copolymerisation^[14] (random copolymerization) *Copolymerisation*, bei der ein zufälliges Copolymer gebildet wird.^[1,2]

Anmerkung 1: Ein zufälliges Copolymer ist ein Copolymer aus Makromolekülen, in denen die Wahrscheinlichkeit, eine gegebene Monomereinheit an einer bestimmten Stelle in der Kette zu finden, unabhängig von der Art der benachbarten Einheiten ist.^[2]

Anmerkung 2: Die zufällige Copolymerisation sollte nicht mit der *statistischen Copolymerisation* verwechselt werden.

Zwitterionische Copolymerisation (zwitterionic copolymerization)

Copolymerisation, die als *zwitterionische Polymerisation* abläuft.

Anmerkung: An einer zwitterionischen Copolymerisation sind üblicherweise ein nucleophiles und ein elektrophiles Monomer beteiligt, und sie kann ein alternierendes Copolymer liefern.

Zwitterionische Polymerisation (zwitterionic polymerization) *Kettenpolymerisation*, bei der ein wachsendes Makromolekül zwei ionische *Kettenträger* mit entgegengesetzten Ladungen an einem oder an beiden Enden trägt.

Anmerkung: Ketten in einer zwitterionischen Polymerisation können von einem Ende oder von beiden Enden her wachsen.

- [1] A. D. McNaught, A. Wilkinson, *Compendium of Chemical Terminology*, 2. Aufl., Blackwell, Oxford, **1997**; korrigierte Online-Version (2006 erzeugt von M. Nic, J. Jirat, B. Kosata, Updates zusammengestellt von A. D. Jenkins): <http://goldbook.iupac.org>.
- [2] A. D. Jenkins, P. Kratochvíl, R. F. T. Stepto, U. W. Suter, *Pure Appl. Chem.* **1996**, *68*, 2287; Online-Version unter <http://www.iupac.org/reports/1996/6812jenkins/6812basictterms.pdf>.
- [3] I. Mita, R. F. T. Stepto, *Pure Appl. Chem.* **1994**, *66*, 2483.
- [4] E. R. Cohen, T. Cvitaš, J. G. Frey, B. Holmström, K. Kuchitsu, R. Marquardt, I. Mills, F. Pavese, M. Quack, J. Stohner, H. L. Strauss, M. Takami, A. J. Thor, *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*, 3rd ed., RSC Publications, Cambridge, UK, **2007**.
- [5] J. Alemán, A. V. Chadwick, J. He, M. Hess, K. Horie, R. G. Jones, P. Kratochvíl, I. Meisel, I. Mita, G. Moad, S. Penczek, R. F. T. Stepto, *Pure Appl. Chem.* **2007**, *79*, 1801.
- [6] W. V. Metanomski, *Compendium of Macromolecular Nomenclature*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, **1991**.
- [7] Der Arbeitsgruppe gehörten neben S. Penczek und G. Moad folgende Personen an: M. Barón, K. Hatada, M. Hess, A. D. Jenkins, R. G. Jones, J. Kahovec, P. Kratochvíl, P. Kubisa, E. Maréchal, R. F. T. Stepto, J.-P. Vairon, J. Vohlídal und E. S. Wilks. Der Commission on Macromolecular Nomenclature (bestand bis 2002), dem Subcommittee on Macromolecular Terminology (2003–2005) und dem Subcommittee on Polymer Terminology (seit 2006) innerhalb der Polymer Division der International Union of Pure and Applied Chemistry gehörten während der Vorbereitung dieses Berichts (1996–2008) folgende Personen an: G. Allegra, M. Barón (Sekretär 1998–2003), T. Chang, C. G. Dos Santos, A. Fradet, K. Hatada, M. Hess (Vorsitzender 2000–2004, Sekretär 2005–2007), J. He, K.-H. Hellwich, R. C. Hiorns, P. Hodge, K. Horie, A. D. Jenkins, J.-I. Jin, R. G. Jones (Sekretär 2003–2004, Vorsitzender seit 2005), J. Kahovec, T. Kitayama (Sekretär seit 2008), P. Kratochvíl, P. Kubisa, E. Maréchal, S. V. Meille, I. Meisel, W. V. Metanomski, G. Moad, W. Mormann, C. Noël, S. Penczek, L. P. Rebelo, M. Rinaudo, V. P. Shibaev, I. Schopov, M. Schubert, S. Slomkowski, R. F. T. Stepto (Vorsitzender bis 1999), D. Tabak, J.-P. Vairon, M. Vert, J. Vohlídal, E. S. Wilks, W. J. Work (Sekretär bis 1997).
- [8] Anmerkung der Übersetzer (Anm.d.Ü.): Fehler/Unklarheiten im englischen Original wurden in der Übersetzung behoben, wobei darauf nicht immer explizit hingewiesen wird. Die Übersetzung der Fachbegriffe aus dem Englischen ins Deutsche basiert auf folgenden Quellen: T. C. H. Cole, *Wörterbuch Polymerwissenschaften – Polymer Science Dictionary*, Springer, Berlin, **2006**; H.-G. Elias, *Makromoleküle, Band 1–4*, Wiley-VCH, Weinheim, **1999–2004**; *Römpp Chemielexikon*, RÖMPP Online, Version 2.10, Thieme, Stuttgart, **2006**; A. Kucera, *Wörterbuch der Chemie. Deutsch-Englisch, Englisch-Deutsch*, Brandstetter EP UniLex, Version 11.97, Brandstetter Verlag, Wiesbaden, **1997**.
- [9] Anm.d.Ü.: Streng genommen gilt dies nur, wenn weder *Kettenübertragung* noch *Kombination* auftreten, da letztere zu *Polymerisationsgraden* mit der Summe der kombinierenden Fragmente führt.
- [10] Anm.d.Ü.: Ein alternierendes Copolymer (-A-B-A-B-) aus zwei Monomeren ist prinzipiell auch ein periodisches Copolymer; siehe z.B. M. S. M. Alger, *Polymer science dictionary*, 2. Aufl., Springer, Berlin, **1997**, S. 365.
- [11] Anm.d.Ü.: Diese Polymerisationsart gehört zum allgemeinen Fall der Stufenwachstumspolymerisation (oder Stufenpolymerisation), die im englischen Originaltext nicht berücksichtigt wurde. Eine Stufenwachstumspolymerisation ist definiert als eine Polymerisation, bei der das Wachstum der Polymerketten durch Reaktionen zwischen Molekülen aller *Polymerisationsgrade* fortschreitet. Zum Vergleich von *Kettenwachstumspolymerisation* und Stufenwachstumspolymerisation siehe beispielsweise H. R. Kricheldorf, *Macromol. Rapid Commun.* **2009**, *30*, 1371–1381.
- [12] Anm.d.Ü.: Nach dem Zitat aus Elias:^[8] „Dem deutschen 'Polymerisation' entspricht historisch das englische 'addition polymerization' (IUPAC: chain polymerization), was wiederum nicht mit dem deutschen 'Polyaddition' zu verwechseln ist.“
- [13] Anm.d.Ü.: Im Deutschen unterscheidet man zwischen einem Primärradikal (primär gebildetes Radikal) und einem primären Radikal (an einem primären Kohlenstoffatom lokalisiert, RH₂C).
- [14] Anm.d.Ü.: Während man im Englischen zwischen der „statistical copolymerization“ (in der die Sequenzverteilung der Monomere im resultierenden „statistical copolymer“ beispielsweise einer Markov-Statistik folgt [<http://goldbook.iupac.org/S05955.html>]) und der „random copolymerization“ (in der die Sequenzverteilung der Monomere im resultierenden „random copolymer“ einer Bernoulli-Statistik folgt [<http://goldbook.iupac.org/R05126.html>]) als Prozess unterscheidet, wird im Deutschen diese Unterscheidung lediglich bei den entstehenden Copolymeren vorgenommen. Als deutsches Äquivalent zur „random copolymerization“ wird hier deshalb „zufällige Copolymerisation“ und zum „random copolymer“ „zufälliges Copolymer“ definiert.
- [15] Anm.d.Ü.: Im Deutschen unterscheidet man zwischen einem Sekundärradikal (sekundär gebildetes Radikal) und einem sekundären Radikal (an einem sekundären Kohlenstoffatom lokalisiert, RR'HC).