

Glossar von auf der chemischen Struktur und der Molekülarchitektur beruhenden Polymerklassennamen**

Obmann: *Karl-Heinz Hellwich** und Übersetzer: *Elisabeth Weber, Mannheim*

Vorbemerkung

Im Folgenden werden Definitionen für Polymerklassennamen gegeben, die auf den Klassennamen der Ausgangsmomere und auf charakteristischen Merkmalen der chemischen Konstitution von Polymermolekülen (Makromolekülen) beruhen; es handelt sich also um Klassennamen, die in der Polymer- und materialwissenschaftlichen Literatur, in Wissenschaft und Technik sowie in der Öffentlichkeit allgemein akzeptiert sind. Das Glossar ist in drei Teile gegliedert:

- herkunftsbezogene Klassennamen, die gängige Klassen von Ausgangsmomeren anzeigen, z. B. „Acryl“, „Dien“, „Phenol“, „Vinyl“,
- strukturbezogene Klassennamen, die charakteristische Gruppen in den Hauptketten (Rückgraten) der Polymermoleküle anzeigen; dazu gehören 1. die Einheiten verbindende Gruppen, die sich von funktionellen Gruppen ableiten, z. B. „Amid“, „Ester“, „Ether“, 2. spezielle Atomgruppen, z. B. „Alkenylen“, „Siloxan“, „Sulfon“, 3. Ringstrukturen, z. B. „Benzimidazol“, „Benzoxazol“, „Chinoxalin“,
- auf der Molekülarchitektur basierende Klassennamen, die vor allem die generelle Gestalt der Polymermoleküle anhand ihrer graphischen Darstellung anzeigen, z. B. „linear“, „verzweigt“, „dendritisch“, „Kamm“.

Am Schluss findet sich ein alphabetisches Verzeichnis der deutschen Äquivalente zu allen in der englischen Ausgabe aufgeführten Klassennamen.

[*] Dr. K.-H. Hellwich

Beilstein-Institut zur Förderung der Chemischen Wissenschaften
Trakheiner Straße 7–9, 60487 Frankfurt (Deutschland)
E-Mail: hellwich.jupac@web.de

[**] Copyright© der englischen Fassung, die unter dem Titel „Glossary of class names of polymers based on chemical structure and molecular architecture (IUPAC Recommendations 2009)“ von J. Vohlidal (Tschechien) für die Veröffentlichung in *Pure Appl. Chem.* **2009**, *81*, 1131–1186^[22] vorbereitet wurde: International Union of Pure and Applied Chemistry, 2009. – Wir danken der IUPAC für die Genehmigung zum Druck von Auszügen dieser Recommendation in einer deutschen Fassung sowie Dr. M. Hess, Siegen, Dr. R. Hanselmann, Freiburg, und Prof. J. Vohlidal, Prag, für wertvolle Diskussionen während der Bearbeitung dieser Übersetzung. – In der Übersetzung werden zu jedem Benennungsprinzip nur vier Beispiele aus der Originalveröffentlichung gebracht, weshalb nicht alle Hinweise, z. B. die auf 2.17, 2.20–2.24 und 2.26 bei Anmerkung 2 zu 2.27 Vinylpolymer, innerhalb der Übersetzung zum Ziel führen. Doch das Register am Schluss enthält alle in der Originalveröffentlichung zu findenden Polymerklassennamen in deutscher Übersetzung.

1. Einleitung

In der Chemie versteht man unter einer Klasse einen Satz von Verbindungen mit einem gemeinsamen Strukturmerkmal, an das ein oder mehrere variable Teile gebunden sind, die dann eine spezifische Verbindung der Klasse charakterisieren. Das gemeinsame Merkmal ist häufig eine funktionelle Gruppe, an die ein variabler Teil oder eine kleine Zahl solcher Teile gebunden ist. Dieses Prinzip liegt dem Glossar von Klassennamen organisch-chemischer Verbindungen zugrunde, das die frühere IUPAC Commission on Nomenclature of Organic Chemistry veröffentlicht hat.^[1]

Von der früheren Commission on Macromolecular Nomenclature existiert eine etwas andere Art der Klassifizierung linearer (unverzweigter) einsträngiger Polymere,^[2] die auf der Elementzusammensetzung der die Polymere bildenden konstitutionellen Repetiereinheiten in der Hauptkette (Rückgrat) beruht:

- *Homokettenpolymere*, deren Hauptketten aus Atomen eines einzigen Elements bestehen, und
- *Heterokettenpolymere*, deren Hauptketten aus Atomen von zwei oder mehr Elementen bestehen.

Innerhalb jeder Klasse werden Unterklassen wie „Kohlenstoff-Kettenpolymere“, „Schwefel-Kettenpolymere“, „(Sauerstoff-Kohlenstoff)-Kettenpolymere“ und „(Sauerstoff-Stickstoff-Kohlenstoff)-Kettenpolymere“ definiert, und diese werden noch weiter unterteilt in Strukturen wie „Polyalkylen“, „Polyether“, „Polyester“, „Polycarbonat“, „Polysulfon“ und „Polyharnstoff“.

Diese zuletzt genannte Klassenart, die in erster Linie auf den Gruppen zwischen den Einheiten eines Polymerrückgrats beruht, fand breite Akzeptanz in der Polymerliteratur. Sie

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 Allgemeinsprache essenziell. Alle Übersetzungen werden von einem ausgewiesenen Experten (dem „Obmann“) geprüft, korrigiert und autorisiert. Empfehlungen von Themen und Obleuten sind willkommen.

wird in Lehrbüchern, Handbüchern,^[3,4] Enzyklopädien^[5-7] und Sachregistern^[8] genutzt. Solche Namen sind nicht nur für eine Klassifizierung der chemischen Struktur nützlich, sondern helfen auch bei der Beschreibung damit zusammenhängender Materialverarbeitung und Materialeigenschaften. Die hier vorgestellten Empfehlungen sind eine Erweiterung der Klassifizierung linearer einsträngiger Polymere,^[2] des Glossars von Grundbegriffen der Polymerwissenschaft^[9] und des Glossars von Klassennamen organisch-chemischer Verbindungen^[1] mit dem Ziel, Polymere in einer in struktureller Hinsicht allgemeingültigen Art und Weise zu benennen. Sie können auch als Erweiterung der generischen herkunftsbezogenen Polymernomenklatur^[10-12] angesehen werden.

Die frühere Commission on Macromolecular Nomenclature merkte in ihren ersten Empfehlungen^[11,12] an, dass nicht alle Polymere auf der Grundlage ihrer Strukturmerkmale charakterisiert und benannt werden können.^[13,14] Diese Situation hat zu zwei Systemen für die Benennung von Makromolekülen geführt, einem herkunfts- und einem strukturbezogenen. Bei herkunftsbezogenen Polymeren werden die Monomere genannt, aus denen das Polymer hergestellt wurde, bei strukturbezogenen dagegen die konstitutionellen Repetiereinheiten im Makromolekül. Dieser Ansatz findet sich auch hier.

Wie bei allen Klassifizierungen chemischer Verbindungen gibt es auch hier Überlappungen. Schließlich kann ein Polymer mit mehr als einer Art von einheitenverknüpfender Gruppe oder mehr als einer charakteristischen Gruppe im Rückgrat zu zwei oder mehr Klassen gehören, z.B. „Polyamid“ und „Polyester“, oder zu einer zusammengesetzten Klasse wie „Polyetherketon“, und einige „Polysilsesquioxane“ könnten auf der Grundlage ihrer Molekülarchitektur auch als „Leiterpolymer“ und „hochverzweigtes (oder hyperverzweigtes) Polymer“ klassifiziert werden.

Die hier vorgelegte Zusammenstellung von Polymerklassennamen ist keineswegs vollständig, denn jede Nomenklatur und Klassifizierung ändert sich ständig, und neue Namen und Klassen werden ständig ergänzt. So ist mindestens die gleiche Zahl an herkunftsbezogenen Polymerklassennamen vorstellbar, wie es Klassennamen für Monomere (oder genauer potenzielle Monomere) gibt. Dennoch bietet dieses Glossar implizit Handreichungen für die Ableitung von Klassennamen für in jüngster Zeit hergestellte und erst noch entstehende Polymere.

In jedem Glossarteil wurde die nichthierarchische alphabetische Reihenfolge des Originaltextes beibehalten, und jeder Eintrag bietet folgende Informationen: a) den bevorzugten Polymerklassennamen; b) seine Synonyme; c) seine Definition auf der Grundlage der Monomere (Abschnitt 2), des Hauptstrukturmerkmals (Abschnitt 3) oder der Molekülarchitektur (Abschnitt 4); d) konkrete oder generische Beispiele; e) Beziehungen zu anderen Polymerklassen und

Unterklassen; f) Hinweise auf den Ein- oder Ausschluss von Grenzfällen.

Für die Monomere werden die empfohlenen systematischen IUPAC-Namen^[15,16] ebenso verwendet wie halbsystematische Namen oder gängige Trivialnamen.^[17] Die Polymerklassennamen werden im Singular angegeben, damit auf ein individuelles Polymer in einer Klasse mit dem unbestimmten Artikel „ein“ Bezug genommen werden kann. Beispielsweise ist Poly(3-octylthiophen) ein Polythiophen und Polythiophen selbst ist ebenso ein Polythiophen.

2. Herkunftsbezogene Klassennamen

2.1. Acrylpolymer

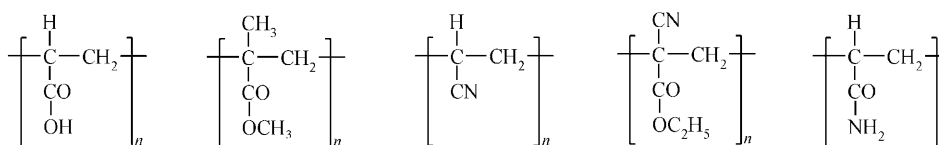
Synonyme: Acrylatpolymer, Acryl, Polyacryl

Ein aus Acrylsäure oder einem Acrylsäurederivat hergestelltes Polymer.

Anmerkung 1: Beispiele für Acrylsäurederivate sind Ester, Amide, Nitrile, Chloride und Aldehyde.

Anmerkung 2: Ein Acrylpolymer, das aus Methacrylsäure und verwandten Monomeren hergestellt wurde, wird oft als Methacrylpolymer, Polymethacryl oder Methacrylatpolymer bezeichnet. Methacrylpolymer sind somit eine Unterklasse der Acrylpolymer.

Anmerkung 3: Ein Makromolekül eines regelmäßigen Acrylhomopolymers kann durch die konstitutionelle Repetiereinheit der allgemeinen Formel $-\text{CR}(\text{X})-\text{CH}_2-$ beschrieben werden, in der R für COOH , COOR^1 , CN oder CONR^1R^2 und X für H, Alkyl, Aryl, Heteroaryl oder CN steht. Beispiele zeigt Schema 1.



Schema 1. Beispiele für konstitutionelle Repetiereinheiten eines regelmäßigen Acrylhomopolymers.

2.2. Aminopolymer

Synonyme: Amin-Aldehyd-Polymer, Amid-Aldehyd-Polymer

Ein Polymer, das durch Polykondensation einer Aminoverbindung (eines Amins oder Amids) mit einem Aldehyd entsteht oder durch Härten reaktiver Oligomere, die aus einer Aminoverbindung und einem Aldehyd erhalten wurden.

Anmerkung 1: Üblicherweise wird Formaldehyd als Aldehyd eingesetzt und a) Melamin oder b) Harnstoff als Aminoverbindung. Das Polymer heißt entsprechend a) Melaminpolymer oder Melamin-Formaldehyd-Polymer, b) Harnstoffpolymer oder Harnstoff-Formaldehyd-Polymer.

Anmerkung 2: Eine Mischung reaktiver Oligomere, die durch Kondensation einer Aminoverbindung mit einem Al-

dehyd erhalten wurde, wird allgemeinsprachlich üblicherweise als Aminoharz bezeichnet, z. B. Melamin-Formaldehyd-Harz oder Harnstoff-Formaldehyd-Harz. Beispiele für Oligomere, die in solchen Harzen zu finden sind, sind in Schema 2 zusammengefasst.

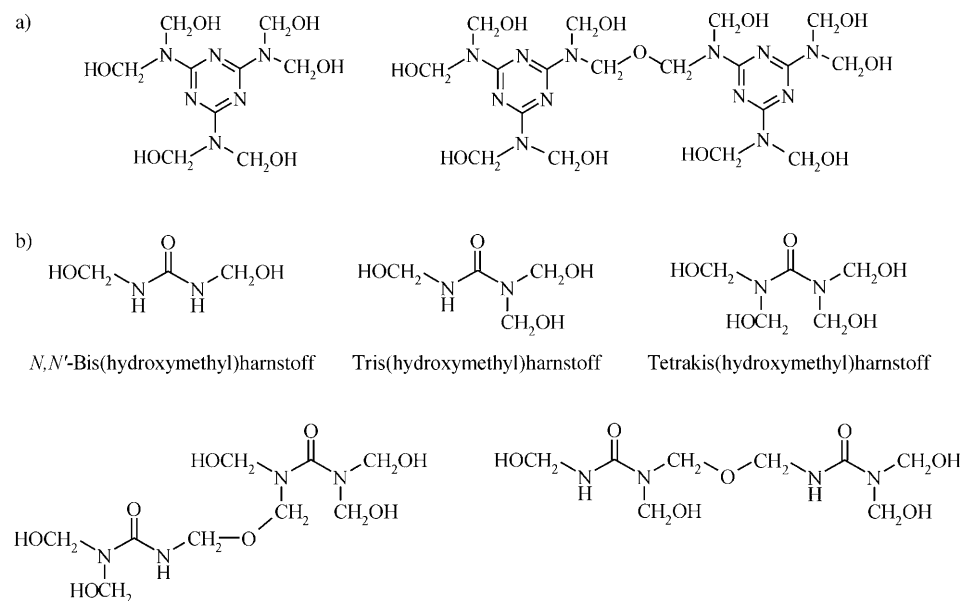
Anmerkung 3: Die Verwendung des Begriffs „Harz“ (seine Definition findet sich in Lit. [18]) für gehärtete reaktive Oligomere wird nicht empfohlen; gehärtete Harze sollten als Aminopolymere bezeichnet werden.

Anmerkung 4: Ein Aminopolymer ist üblicherweise ein Netzwerkpolymer. Das Polymer entsteht durch Polykondensation an den Hydroxymethylgruppen des Aminoharzes. Beispiele für die Netzwerkstrukturen sind in Schema 3 zu finden.

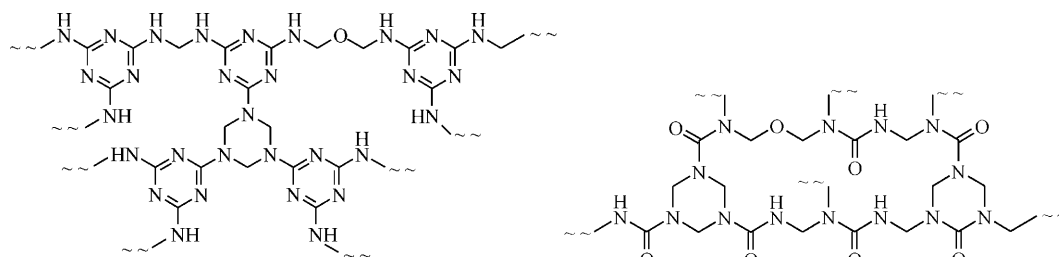
Anmerkung 5: Melaminpolymere können als eine Unterklasse der *Polytriazine* betrachtet werden (diese werden im Originaltext unter 3.63 behandelt).

2.27. Vinylpolymer

Ein aus einem Monomer, das die Vinylgruppe $-\text{CH}=\text{CH}_2$ enthält, hergestelltes Polymer.



Schema 2. Beispiele für Verbindungen, die in a) Melamin-Formaldehyd-Harzen und b) Harnstoff-Formaldehyd-Harzen zu finden sind.



Schema 3. Typen von Netzwerkstrukturen in Melamin-Formaldehyd- (links) und Harnstoff-Formaldehyd-Polymeren (rechts).

Anmerkung 1: Ein Makromolekül eines regelmäßigen Vinylhomopolymers wird durch die konstitutionelle Reptiereinheit $-\text{CHR}-\text{CH}_2-$ beschrieben, in der der Substituent R eine Alkyl-, Aryl-, Heteroaryl-, Halogen- oder heteroatomhaltige Gruppe sein kann.

Anmerkung 2: *Acrylpolymer* (siehe 2.1), *Polyolefine* (siehe 2.17), *Polyvinylacetale*, *Polyvinylester*, *Polyvinylether*, *Polyvinylhalogenide*, *Polyvinylketone* (siehe 2.20–2.24) und *Styrolpolymere* (siehe 2.26), in denen $\text{R}^a = \text{H}$ gilt, sind Unterklassen der Vinylpolymere.

2.28. Vinylidenpolymer

Ein aus einem Monomer, das die früher Vinyliden genannte Ethen-1,1-diyl-Gruppe $>\text{C}=\text{CH}_2$ enthält, hergestelltes Polymer.

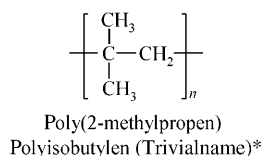
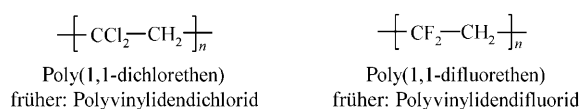
Anmerkung 1: Ein Makromolekül eines regelmäßigen Vinylidenpolymers wird durch die konstitutionelle Reptiereinheit $-\text{CR}^1\text{R}^2-\text{CH}_2-$ beschrieben, in der die Substituenten R^1 und R^2 Alkyl-, Aryl-, Heteroaryl- oder Halogengruppen sein können (Schema 4).

Anmerkung 2: Vinyliden ist richtig nur als Ethenylen definiert, was das doppelte Anbinden an ein Atom einer höherrangigen Gruppe beschreibt, d. h., Vinyliden ist der richtige Name für die Gruppe $=\text{C}=\text{CH}_2$, nicht aber für die Gruppe $>\text{C}=\text{CH}_2$.

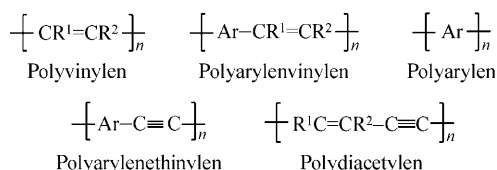
3. Von der chemischen Struktur abgeleitete Klassennamen

3.1. Konjugiertes Polymer

Ein Polymer aus Makromolekülen, deren Hauptketten aus einer Folge von konjugierten Mehrfachbindungen aufgebaut sind. R^1 und R^2 in den Beispielen in Schema 5 sind Wasserstoff, Alkyl, Aryl oder Heteroaryl, und Ar ist Arendiyl (früher Arylen genannt) oder Heteroarendiyl (früher Heteroarylen genannt).



Schema 4. Beispiele für Baueinheiten von Vinylidenpolymeren. [*] Die Bezeichnung Polyisobuten ist dem überkommenen Polyisobutylen jedoch vorzuziehen.



Schema 5. Beispiele für konjugierte Polymere.

Anmerkung 1: Ein konjugiertes Polymer, in dessen Molekülen π -Elektronen entlang der Hauptkette delokalisiert sind, wird als π -konjugiertes Polymer bezeichnet. *Polyacetylen* (siehe 2.8), *Polypyrrol* (siehe 2.18) und *Polythiophen* (siehe 2.19) sind Beispiele für π -konjugierte Polymere.

Anmerkung 2: Ein konjugiertes Polymer, in dessen Molekülen σ -Elektronen entlang der Hauptkette delokalisiert sind, wird als σ -konjugiertes Polymer bezeichnet. *Polysilane* (siehe 3.51) und *Polygermane* (siehe 3.25) sind Beispiele für σ -konjugierte Polymere.

Anmerkung 3: *Polyaniline* (siehe 2.9), *Polyarylenethinylene* (siehe 3.12), *Polyarylene* (siehe 3.11), *Polyarylenvinylene* (siehe 3.13), *Polydiacetylene* (siehe 2.18), *Polygermane* (siehe 3.25), *Polyphenylene* (siehe 3.40), *Polyphenylenethinylene* (siehe 3.41), *Polyphenylenvinylene* (siehe 3.43), *Polypyrrole* (siehe 2.18), *Polysilane* (siehe 3.51), *Polythiophene* (siehe 2.19) und *Polyvinylene* (siehe 3.65) sind Beispiele für Unterklassen der konjugierten Polymere.

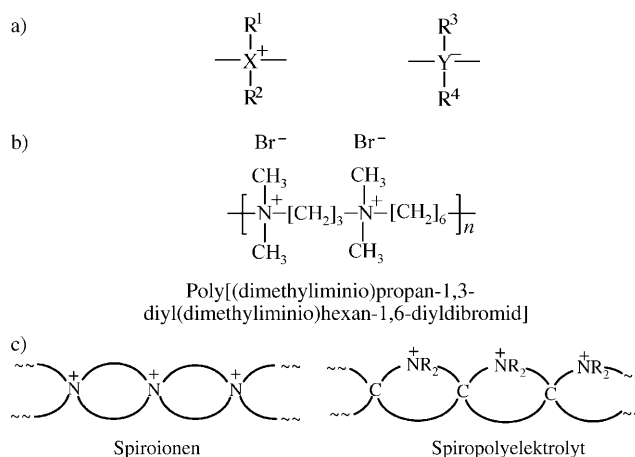
3.2. Ionen

Ein Polymer aus Makromolekülen mit geladenen Atomen im Rückgrat. In der Darstellung in Schema 6a ist X^+ ein positiv und Y^- ein negativ geladenes Atom, R^1 und R^2 können Wasserstoff, Alkyl, Aryl, Heteroaryl oder Aralkyl sein und R^3 und R^4 Aryl, Heteroaryl oder eine andere elektronenziehende Gruppe (vgl. auch Lit. [19]).

Anmerkung 1: Die üblichen positiv geladenen Hauptkettenatome sind Stickstoff- und Phosphoratome wie in dem in Schema 6b gezeigten Beispiel.

Anmerkung 2: Die Ionen sind eine Unterklasse der *ionischen Polymere* (siehe 3.3).

Anmerkung 3: Ein ionisches *Spiropolymer* (siehe 4.17) ist nur dann ein Ionen, wenn alle geladenen Rückgratatom in allen Strängen seiner Makromoleküle enthalten sind. Poly-



Schema 6. a) Strukturmerkmal von Ionen. b) Ein Ionen mit Stickstoff-Kationen in der Hauptkette. c) Gegenüberstellung eines Spiroions und eines Spiropolyelektrolyten.

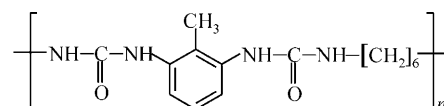
mere, die dieses Kriterium nicht erfüllen, heißen *Spiropolyelektrolyte* (Schema 6c).

3.64. Polyharnstoff

Synonym: Polyureylen

Ein Polymer aus Makromolekülen mit Ureylen- oder N-substituierten Ureylen-Verknüpfungen --NR--CO--NR-- im Rückgrat. R kann Wasserstoff, Alkyl, Aryl, Heteroaryl, substituiertes Alkyl, substituiertes Aryl oder substituiertes Heteroaryl sein.

Anmerkung 1: Ein Beispiel für einen Polyharnstoff ist Polymer 1.



1, Poly[ureylen(2-methyl-1,3-phenyl)ureylenhexan-1,6-diyl]

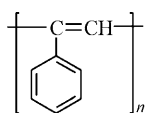
Anmerkung 2: Ein *Aminopolymer* (siehe 2.2), das aus Harnstoff und einem Aldehyd hergestellt wurde, wird nicht zu den Polyharnstoffen gezählt.

Anmerkung 3: Ein Polymer, das nur in Seitenketten Ureylengruppen enthält, wird nicht zu den Polyharnstoffen gezählt.

3.65. Polyvinyl

Ein Polymer aus Makromolekülen, die ausschließlich Ethen-1,2-diyl (früher Vinylen) oder substituiertes Ethen-1,2-diyl als konstitutionelle Repetiereinheit im Rückgrat aufweisen. In der allgemeinen Formel $\left[\text{CR}^1=\text{CR}^2 \right]_n$ können R^1 und R^2 Wasserstoff oder eine Alkyl-, Aryl- oder Heteroarylgruppe sein.

Anmerkung 1: Ein Beispiel für ein Polyvinylen ist Polymer 2.



2, Poly(1-phenylethen-1,2-diyl) oder Poly(phenylacetylen)

Anmerkung 2: Polyvinylene sind eine Unterklasse der Polyacetylene. Unsubstituiertes Poly(ethen-1,2-diyl) wird meist als Polyacetylen bezeichnet.

Anmerkung 3: Polyvinylene sind konjugierte Polymere (siehe 3.1).

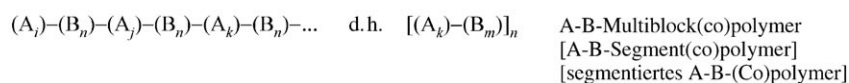
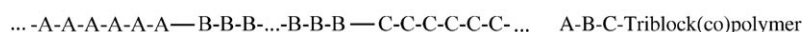
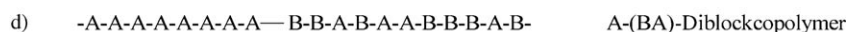
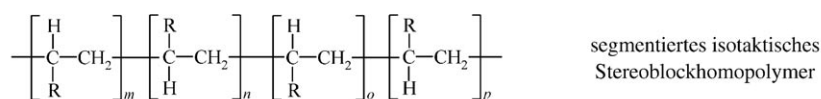
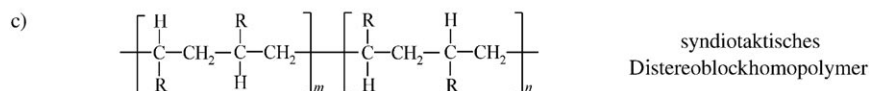
4. Von der Molekülarchitektur abgeleitete Klassennamen

4.1. Blockpolymer

Ein Polymer aus Makromolekülen, die aus einer linearen Folge von zwei oder mehr Blöcken bestehen (siehe die Definitionen 1.26, 1.62, 2.22 und 2.24 in Lit. [9] und die Definition in Lit. [20]).

Anmerkung 1: Ein Blockpolymer kann graphisch wie in Schema 7a gezeigt dargestellt werden.

Anmerkung 2: Ein Blockpolymer heißt Blockhomopolymer, wenn sich alle seine Blöcke von einem Monomer ableiten, und Blockcopolymer, wenn sich seine Blöcke von zwei oder mehr Monomeren ableiten.



Schema 7. Merkmale von Blockpolymeren.

Anmerkung 3: Bei einem Blockhomopolymer unterscheiden sich die Blöcke in Strukturmerkmalen wie der Regelmäßigkeit oder Taktizität (Schema 7b), oder die Blöcke gleicher Taktizität sind durch eine Diade verknüpft, deren Konfiguration sich von der der Diaden in den Blöcken unterscheidet; dies führt zu den Stereoblock- oder segmentierten Stereoblockhomopolymeren (Schema 7c).

Anmerkung 4: In einem Blockcopolymer kann jeder Block aus nur einer Art von konstitutioneller Repetiereinheit bestehen, oder er kann zwei oder mehr unterschiedliche konstitutionelle Einheiten aufweisen (Schema 7d). Ein Copolymer ist ein Polymer, das sich von mehr als einem Monomer ableitet (siehe Definition 2.5 in Lit. [9], nachgedruckt als Kapitel 1 in Lit. [10], und die Definition in Lit. [20]).

Anmerkung 5: Je nach der Zahl der in den Makromolekülen eines Polymers vorhandenen Blöcke werden Blockpolymere in Diblock-, Triblock-, Tetrablock-, ..., Multiblockpolymere eingeteilt. Multiblockpolymere werden häufig als Segmentpolymere oder segmentierte Polymere bezeichnet.

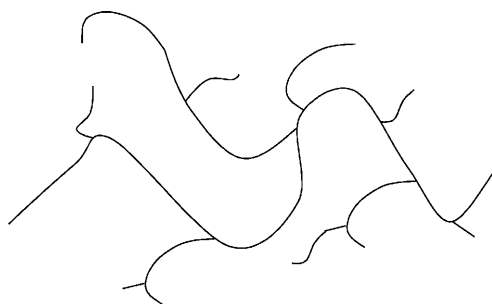
Anmerkung 6: Die Reihenfolge der Blöcke in einem Blockpolymere wird üblicherweise wie in Schema 7e gezeigt spezifiziert, wobei A, B und C für Monomere oder konstitutionelle Repetiereinheiten mit unterschiedlichen chemischen oder Strukturmerkmalen stehen. Als Name für ein A-B-C-Triblockpolymer ergibt sich beispielsweise in Einklang mit dieser Repräsentation: Poly(A)-block-poly(B)-block-poly(C) (nicht Poly(A-block-B-block-C); siehe Regel 5.1 in Lit. [17], nachgedruckt als Kapitel 19 in Lit. [10], und die Definitionen in Lit. [20]).

Anmerkung 7: Eine komplexe Klassifizierung von Blockpolymeren umfasst außerdem die Spezifizierung der Zahl an unterschiedlichen Monomeren, von denen sich das Blockpolymer ableitet; bei einem Copolymer wird diese Zahl durch ein aus der lateinischen Zahl abgeleitetes Präfix wiedergegeben: bi-, ter-, quar- etc. (die Zahl der Blöcke dagegen wird durch griechische Präfixe wiedergegeben: di-, tri-, tetra- etc.). Beispiele sind: A-B-Diblockhomopolymer, A-B-Diblockbipolymer, A-B-A-Triblockbipolymer, A-B-C-Triblockterpolymer, A-B-A-C-A-D-Hexablockquaterpolymer; die Bindestriche werden oft weggelassen, z.B. ABACAD-Hexablockquaterpolymer.

4.2. Verzweigtes Polymer

Ein Polymer aus Makromolekülen mit verzweigten Hauptketten.

Anmerkung 1: Ein Molekül eines verzweigten Polymers kann graphisch wie in Schema 8 gezeigt dargestellt werden.



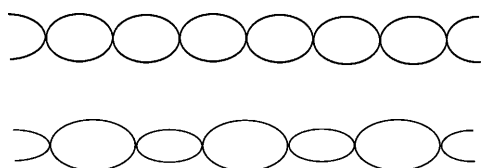
Schema 8. Graphische Darstellung eines Moleküls eines verzweigten Polymers.

Anmerkung 2: Verzweigte Polymere sind Polymere aus Makromolekülen mit einer linearen (unverzweigten) Hauptkette, von der ein oder mehrere oligomere oder polymere Seitenzweige (Seitenketten) ausgehen (siehe die Definitionen 1.33 und 2.34 in Lit. [9] sowie die Definition in Lit. [20]).

Anmerkung 3: Die Polymermoleküle können zufällig (oder statistisch) verzweigt sein, was für zufällig (oder statistisch) verzweigte Polymere gilt, oder es gibt ein Ordnungsprinzip bei der Verzweigung, was den Polymermolekülen eine formale Form verleiht, die einem Muster entspricht, auf dessen Grundlage solche Polymere klassifiziert werden, z. B. als *Kammpolymere* (siehe 4.5), *dendritische Polymere* (siehe 4.6), *Propfpolymere* (siehe 4.8), *hochverzweigte oder hypervverzweigte Polymere* (siehe 4.10) und *Sternpolymere* (siehe 4.18); sie alle sind Unterklassen der verzweigten Polymere.

4.17. Spiropolymer

Ein Polymer aus doppelstrangigen Makromolekülen, in denen zwei einstrangige Unterketten mehrfach jeweils über ein gemeinsames Atom verknüpft sind (Schema 9).



Schema 9. Schematische Darstellung eines Spiropolymers.

Anmerkung 1: Eine alternative Definition lautet: Ein Polymer aus doppelstrangigen Makromolekülen, die aus einer ununterbrochenen unverzweigten Folge von Ringen bestehen, wobei benachbarte Ringe immer nur ein gemeinsames Atom aufweisen (siehe die Definitionen 1.42 und 1.43 in Lit. [9] sowie die Definition in Lit. [20]).

Anmerkung 2: Spiropolymere sind eine Unterklasse der *linearen Polymere* (siehe 4.12) und eine Unterklasse der *doppelstrangigen Polymere* (siehe 4.7).

Anmerkung 3: Bei Polymeren aus cyclischen Makromolekülen wird ein Spiromakromolekül folgendermaßen definiert: ein Makromolekül, bei dem zwei Makrocyclen nur ein Atom gemeinsam haben (siehe die Definition CM-1.17 in Lit. [21]).

4.18. Sternpolymer

Ein Polymer aus verzweigten Makromolekülen, die nur eine gemeinsame Verzweigungseinheit und damit eine sternförmige Gestalt haben (Schema 10).

Anmerkung 1: Sternpolymere sind Polymere aus Makromolekülen, die eine einzige Verzweigungseinheit enthalten (entweder ein einzelnes Atom oder eine Gruppe von Atomen), von der drei oder mehr lineare Ketten (Arme) ausgehen (siehe die Definitionen 1.51 und 2.32 in Lit. [9] sowie die Definition in Lit. [20]).

Anmerkung 2: Ein sternförmiges Makromolekül mit n linearen Ketten (Armen) an einem Verzweigungspunkt wird als n -star-Makromolekül (siehe die Definition 1.51 in Lit. [9] und die Definition in Lit. [20]) oder (in manchen Veröffentlichungen) als n -armiges sternförmiges Makromolekül bezeichnet.

Anmerkung 3: Ein Polymer aus sternförmigen Makromolekülen mit chemisch unterschiedlichen Armen wird häufig als Miktoarm-Sternpolymer, z. B. 3-Miktoarm-star-Terpolymer (*star-ABC-Polymer*), bezeichnet.

5. Alphabetisches Verzeichnis der deutschen Äquivalente zu den im Originalglossar zu findenden Begriffen (Fettdruck weist auf Haupteinträge hin)

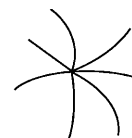
Acetalharz	3.37
Acryl	2.1
Acrylpolymer	2.1 , 2.27, 3.23
Alkyd	3.23
Alkydharz	3.23



Makromolekül mit der Form eines dreizackigen Sterns



Makromolekül mit der Form eines vierzackigen Sterns



Makromolekül mit der Form eines siebenzackigen Sterns

Schema 10. Sternpolymere.

Alkydpolymer	3.23	Pfropfpolymer	4.2, 4.8
Amid-Aldehyd-Polymer	2.2	Phenol-Aldehyd-Polymer	2.7
Amin-Aldehyd-Polymer	2.2	Phenolharz	2.7
Aminharz	2.2	phenolisches Polymer	2.7
Aminpolymer	2.2 , 2.9, 3.63, 3.64	Polyacetal	3.37
ampholytisches Polymer	2.10	Polyacetylen	2.8 , 2.13, 3.6, 3.65
Anilin-Aldehyd-Polymer	2.9	Polyacryl	2.1, 2.27
Bipolymer	4.1	Polyalkenamer	3.4
Blockcopolymer	4.1	Polyalkenylen	3.4 , 3.13
Blockpolymer	4.1	Polyalkinylen	3.6
Bürstenpolymer	4.5	Polyalkylen	2.17, 3.5
Cardopolymer	4.3	Polyamid	2.8, 3.7 , 3.8
Catenanpolymer	4.4	Polyamidsäure	3.7, 3.8
Cumaronharz	2.3	Polyamin	2.9, 3.9
Cumaron-Inden-Harz	2.3	Polyamphion	2.25
Cumaron-Inden-Polymer	2.3	Polyampholyt	3.3
Dendrigrift-Polymer	4.6	Polyanhydrid	3.10
Dendrimer	4.6	Polyanilin	2.9 , 3.1
dendritisches Polymer	4.2, 4.6	Polyarylen	3.1, 3.11 , 3.40
Dendron	4.6	Polyarylenethinylen	3.1, 3.12 , 3.41
Diblockpolymer	4.1	Polyarylenvinyl	3.1, 3.13 , 3.43
doppelstrangiges Polymer	4.7 , 4.11, 4.12, 4.17	Polyazomethin	3.14
einstrangiges Polymer	3.46, 4.12, 4.16	Polybenzimidazol	3.15
Epoxyharz	2.4	Polybenzimidazolimid	3.46
Epoxypolymer	2.4	Polybenzimidazololon	3.46
Fluorpolymer	2.5	Polybenzimidazopyrrolon	3.46
Furanharz	2.6	Polybenzothiazol	3.16
Furanpolymer	2.6	Polybenzoxazol	3.17
Furfuralharz	2.6	Polybenzoylenbenzimidazol	3.46
Furfuralpolymer	2.6	Polybenzyl	3.42
Gel	4.14	Polybetain	2.10 , 2.25, 3.3
Halbleiterpolymer	4.11	Polybismaleimid	2.11
Harnstoffharz	2.2	Polycarbamat	3.18
Harnstoffpolymer	2.2, 3.64	Polycarbodiimid	3.19
helicales Polymer	4.9	Polycarbonat	3.20
hochverzweigtes Polymer	3.53, 4.2, 4.10	Polycarboran	2.12 , 3.2
hyperverzweigtes Polymer	3.53, 4.2, 4.10	Polycarbosilan	3.21
Ionen	3.2 , 3.3, 3.9	Polychinolin	3.47
ionenhaltiges Polymer	3.3	Polychinoxalin	3.48
ionisches Polymer	2.12, 3.2, 3.3	Polycyanurat	3.22 , 3.31, 3.63
Ionomer	3.3	Polydiacetylen	2.8, 2.13 , 3.1
Kampmpolymer	4.2, 4.5	Polydien	2.14
konjugiertes Polymer	2.6, 2.9, 2.13, 2.19, 3.1 , 3.11, 3.12, 3.13, 3.40, 3.41, 3.43, 3.50, 3.65	Polyelektrolyt	3.3
Leiterpolymer	3.46, 3.53, 4.7, 4.11	Polyester	2.8, 3.23
lineares Polymer	4.4, 4.7, 4.11, 4.12 , 4.13, 4.16, 4.17	Polyether	3.24 , 3.32, 3.35, 3.36, 3.38
Melaminharz	2.2	Polyetherketon	3.32
Melaminpolymer	2.2, 3.63	Polyethersulfon	3.57
Methacrylpolymer	2.1	Polyethinylen	3.1
Mikrogel	4.14	Polygerman	3.25
Mikronetzwerkpolymer	4.14	Polygermylen	3.25
Miktoarm-Sternpolymer	4.18	Polyglutarimid	3.26
Multiblockcopolymer	4.1	Polyharnstoff	3.64
multistrangiges Polymer	4.12, 4.13	Polyhydantoin	3.27
Netzwerkpolymer	2.2, 2.7, 3.63, 4.4, 4.14	Polyhydrazid	3.28
Novolak	2.7	Polyimid	3.7, 3.30
		Polyimidazol	3.29
		Polyimidazopyrrolon	3.46

Polyisocyanat	2.15
Polyisocyanid	2.16
Polyisocyanurat	3.22, 3.31
Polyisindolobenzimidazol	3.46
Polyketal	3.37
Polyketon	3.32
polymere Schiff-Base	3.14
polymeres inneres Salz	2.25
Polymernetzwerk	4.14
Polymetalloxan	3.33
Polymethacryl	2.1
Polyolefin	2.17 , 2.27, 3.5
Polyoxadiazol	3.34
Polyoxyalkylen	3.24, 3.35
Polyoxyarylen	3.24, 3.36 , 3.38
Polyoxymethylen	3.35, 3.37
Polyoxyphenylen	3.36, 3.38
Polyoxysilylen	3.52
Polyparabansäure	3.39
Polyphenylen	3.1, 3.11, 3.40
Polyphenylenethinylen	3.1, 3.12, 3.41
Polyphenylenmethylen	3.42
Polyphenylenvinyle	3.1, 3.13, 3.43
Polyphosphat	3.44
Polyphosphazen	3.45
Polypyrrol	2.18 , 3.1
Polypyrrolon	3.46
Polysaccharid	3.49
Polysilalkylen	3.21
Polysilan	3.1, 3.50
Polysilarylen	3.21
Polysilazan	3.51
Polysiloxan	3.52 , 3.53
Polysilsesquioxan	3.52, 3.53
Polysilylen	3.50
Polystannan	3.54
Polystyrol	2.26
Polysulfid	3.55 , 3.62
Polysulfon	3.57
Polysulfonamid	3.56 , 3.57
Polytetrazin	3.58
Polythiadiazol	3.59
Polythiazol	3.60
Polythioalkylen	3.62
Polythioarylen	3.62
Polythioester	3.61
Polythioether	3.55, 3.62
Polythiomethylen	3.62
Polythiophen	2.19 , 3.1
Polythiophenylen	3.62
Polytriazin	2.2, 3.22, 3.63
Polyurethan	2.8, 3.18
Polyureylen	3.64
Polyvinylacetal	2.20 , 2.27
Polyvinyle	2.8, 3.1, 3.4, 3.65
Polyvinylester	2.21 , 2.27
Polyvinylether	2.22 , 2.27
Polyvinylhalogenid	2.23 , 2.27

Polyvinylketon	2.24 , 2.27
Polyzwitterion	2.10, 2.25 , 3.3
Pseudorotaxanpolymer	4.15
Quarterpolymer	4.1
Resit	2.7
Resol	2.7
Rotaxanpolymer	4.15
Segmentpolymer	4.1
Silicon	3.52
Spiropolymer	3.2, 4.7, 4.17
Stereoblockpolymer	4.1
Sternpolymer	4.2, 4.18
Styrolpolymer	2.26 , 2.27
Terpolymer	4.1
Triblockpolymer	4.1
ungesättigter Polyester	2.8, 3.23
ungesättigtes Polyamid	2.8
ungesättigtes Polycarbamat	2.8
ungesättigtes Polyurethan	2.8
unverzweigtes Polymer	4.4, 4.7, 4.11, 4.12 , 4.13, 4.16, 4.17
vernetztes Polymer	4.14
verzweigtes Polymer	3.63, 4.2 , 4.4, 4.5, 4.6, 4.8, 4.10
vielstrangiges Polymer	4.12, 4.13
Vinylidenpolymer	2.28
Vinylpolymer	2.21, 2.22, 2.23, 2.24, 2.26, 2.27
zwitterionisches Polymer	2.10, 2.25

Stichwörter: Makromolekülarchitekturen · Nomenklatur · Polymerklassen

- [1] G. P. Moss, P. A. S. Smith, D. Tavernier, *Pure Appl. Chem.* **1995**, 67, 1307–1375.
- [2] N. A. Platé, I. M. Papisov, *Pure Appl. Chem.* **1989**, 61, 243–254.
- [3] *Polymer Handbook*, 4. Aufl. (Hrsg.: J. Brandrup, E. H. Immergut, E. A. Grulke), Wiley, New York, **1999**.
- [4] *Handbook of Chemistry and Physics*, 88. Aufl. (Hrsg.: D. R. Lide), CRC, Boca Raton, **2007**.
- [5] *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*, 3. Aufl. (Hrsg.: H. F. Mark, N. M. Bikales, C. G. Overberger, G. Menges), Wiley, New York, **2004**.
- [6] *Comprehensive Polymer Science* (Hrsg.: G. Allen, J. C. Bevington, C. Booth), Pergamon, Oxford, **1989**.
- [7] *Polymeric Materials Encyclopedia* (Hrsg.: J. V. Salamone), CRC, Boca Raton, **1996**.
- [8] *CA Index Guide 2004*, Appendix I: „Hierarchies of General Subject Headings“, Appendix III: „Selection of General Subject Headings“, Chemical Abstracts Service, Columbus, OH, **2004**.
- [9] A. D. Jenkins, P. Kratochvíl, R. F. T. Stepto, U. W. Suter, *Pure Appl. Chem.* **1996**, 68, 2287–2311; nachgedruckt als Kapitel 1 in Lit. [10].
- [10] IUPAC. *Compendium of Polymer Terminology and Nomenclature, IUPAC Recommendations 2008* (Hrsg.: R. G. Jones, J. Kahovec, R. Stepto, E. S. Wilks, M. Hess, T. Kitayama, W. V. Metanovski†), RSC Publishing, Cambridge, Großbritannien, **2009**.

- [11] J. Kahovec, P. Kratochvíl, A. D. Jenkins, I. Mita†, I. M. Papisov, L. H. Sperling, R. F. T. Stepto. *Pure Appl. Chem.* **1997**, 69, 2511–2521; nachgedruckt als Kapitel 20 in Lit. [10].
- [12] E. Maréchal, E. S. Wilks, *Pure Appl. Chem.* **2001**, 73, 1511–1519; E. Maréchal, E. S. Wilks, *Pure Appl. Chem.* **2002**, 74, 2019; nachgedruckt als Kapitel 21 in Lit. [10]; deutsche Übersetzung: I. Meisel, *Angew. Chem.* **2004**, 116, 652–656; I. Meisel, *Angew. Chem.* **2005**, 117, 6007.
- [13] L. G. Donaruma, B. P. Block, K. L. Loening, N. Platé, T. Tsuruta, K. C. Buschbeck, W. H. Powell, J. Reedijk, *Pure Appl. Chem.* **1985**, 57, 149–168.
- [14] J. Kahovec, R. B. Fox, K. Hatada, *Pure Appl. Chem.* **2002**, 74, 1921–1956; nachgedruckt als Kapitel 15 in Lit. [10].
- [15] IUPAC. *A Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Compounds*, Blackwell, Oxford, **1993**; deutsche Übersetzung: *Nomenklatur der organischen Chemie, eine Einführung* (Hrsg.: G. Kruse), VCH, Weinheim, **1997**.
- [16] H. A. Favre, K.-H. Hellwich, G. P. Moss, W. H. Powell, J. G. Traynham, *Pure Appl. Chem.* **1999**, 71, 1327–1330.
- [17] W. Ring, I. Mita†, A. D. Jenkins, N. M. Bikales. *Pure Appl. Chem.* **1985**, 57, 1427–1440; nachgedruckt als Kapitel 19 in Lit. [10].
- [18] K. Horie, M. Barón, R. B. Fox, J. He, M. Hess, J. Kahovec, T. Kitayama, P. Kubisa, E. Maréchal, W. Mormann, R. F. T. Stepto, D. Tabak, J. Vohlídal, E. S. Wilks, W. J. Work. *Pure Appl. Chem.* **2004**, 76, 889–906; nachgedruckt als Kapitel 12 in Lit. [10].
- [19] M. Hess, R. G. Jones, J. Kahovec, T. Kitayama, P. Kratochvíl, P. Kubisa, W. Mormann, R. F. T. Stepto, D. Tabak, J. Vohlídal, E. S. Wilks, *Pure Appl. Chem.* **2006**, 78, 2067–2074; nachgedruckt als Kapitel 10 in Lit. [10]; deutsche Übersetzung: P. Theato, *Angew. Chem.* **2007**, 119, 4480–4483.
- [20] *Compendium of Chemical Terminology*, 2. Aufl. (das „Gold Book“ der IUPAC), Blackwell, Oxford, **1997**; korrigierte Version online: <http://goldbook.iupac.org>.
- [21] W. Mormann, K.-H. Hellwich. *Pure Appl. Chem.* **2008**, 80, 201–232.
- [22] Der Arbeitsgruppe gehörten neben J. Vohlídal folgende Personen an: M. Barón, K.-H. Hellwich, M. Hess, K. Horie, A. D. Jenkins, R. G. Jones, J. Kahovec, P. Kratochvíl, W. V. Metanowski,† W. Mormann, R. F. T. Stepto und E. S. Wilks. Der Commission on Macromolecular Nomenclature (bestand bis 2002) gehörten während der Vorbereitung dieses Berichts (1996–2007) folgende Personen als Titularmitglieder an (TM: Titularmitglied; AM: assoziiertes Mitglied): M. Barón (TM ab 1996, Sekretär ab 1998), K. Hatada (bis 1997, AM bis 1999), M. Hess (AM ab 1996, TM ab 1998, Vorsitzender ab 2000), K. Horie (AM ab 1996, TM ab 1998), R. G. Jones (Pool TM bis 1997, TM ab 1998), J. Kahovec (bis 1999), P. Kubisa (AM ab 1996, TM ab 2000), E. Maréchal (TM bis 1999, AM 2000–2001), I. Meisel (AM ab 1998, TM ab 2000), W. V. Metanowski† (bis 1999), C. Noël (bis 1997), V. P. Shibaev (AM bis 1999), R. F. T. Stepto (Vorsitzender bis 1999), E. S. Wilks (AM ab 1998, TM ab 2000), W. J. Work (Sekretär bis 1997). Andere Mitglieder des Subcommittee on Polymer Terminology, von denen Beiträge zu diesem Bericht stammen: T. Kitayama, I. Meisel, D. Tabak. Außerdem hat S. J. Teague zu diesem Bericht Beiträge geliefert.