
Vorwort zur ersten Auflage

Die Stereochemie ist heute eines der wichtigsten Teilgebiete der Chemie und wegen der Chiralität der Grundbausteine jeglichen Lebens auch jeder anderen Wissenschaft, in der Chemie eine Rolle spielt, insbesondere der Pharmazie, der Medizin und der Biologie. Die Stereochemie befaßt sich mit den Zusammenhängen zwischen der dreidimensionalen Struktur von Verbindungen und deren Verhalten in chemischen Reaktionen. Der Begriff enthält den Wortteil „Chemie“ und gilt daher stets für das gesamte Gebiet der Stereochemie. Seine Reduktion allein auf die Strukturbeschreibung, wie sie bei vielen Lernenden (und leider auch bei manchen Lehrenden) zu beobachten ist, ist in keiner Weise gerechtfertigt. Daß in diesem Buch dennoch die Begriffe deutlich überwiegen, die nur der Strukturbeschreibung dienen, hat einen einfachen Grund. Sie sind das Grundhandwerkszeug, um sich mit Stereochemie beschäftigen zu können. Denn nur aus einer eindeutigen Beschreibung der Struktur einer Verbindung lassen sich deren Einflüsse und Eigenschaften in einer Reaktion und für das Produkt beurteilen.

Da die räumliche Struktur von Molekülen auch in anderen Bereichen als der Chemie wichtig ist, z. B. bei den in der Pharmakologie so bedeutenden Wirkstoff-Rezeptor-Wechselwirkungen, ist eine eindeutige und einheitliche Terminologie gerade über die Grenzen der einzelnen naturwissenschaftlichen Disziplinen hinweg unerlässlich.

Hier möchte dieses Buch sowohl Studierenden als auch in der Praxis stehenden Wissenschaftlern helfen und Anleitung geben und so zur besseren interdisziplinären Verständigung beitragen. Es versteht sich ganz bewußt nicht als Lehrbuch, sondern als lexikalisch aufgebaute Einführung in die Terminologie der Stereochemie. Für eine Vertiefung werden die im Literaturanhang genannten einschlägigen Lehrbücher und speziellen Werke empfohlen.

Dem auf dem Gebiet der Stereochemie noch nicht so gewandten Leser wird dringend empfohlen, den Text in Verbindung mit einem Molekülbaukasten zu studieren, um sich die beschriebenen Strukturen besser veranschaulichen zu können, da selbst die beste perspektivische Abbildung nur bedingt einen räumlichen Eindruck vermitteln kann.

Dieses Buch ist zwar von nur einem Autor verfaßt. Dennoch haben viele Menschen zu seiner Entstehung beigetragen, denen ich dafür zu Dank verpflichtet bin. Die Grundlagen für das Verständnis der Stereochemie und die Schärfung meines Sinnes für die Bedeutung einer unmißverständlichen und vollständigen Strukturbeschreibung während meines Studiums in Frankfurt a. M. verdanke ich Prof. G. Quinkert. Mein Doktorvater, Prof. H. Oelschläger, hat mir durch die Erteilung eines Lehrauftrages Gelegenheit gegeben, Probleme der Stereochemie mit einer größeren Zahl von Studierenden zu diskutieren. Mehreren Semestern der Pharmaziestudierenden in Jena gilt mein Dank für ihre engagierte Mitarbeit sowie kritischen Fragen und Anmerkungen. Sie haben mich immer wieder zu intensiverer Beschäftigung mit speziellen Themen angeregt. Ebenso sei an dieser Stelle den Kollegen in der IUPAC-Kommission für Nomenklatur der Organischen Chemie für ihre intensiven Diskussionen und das Ringen um eine internationale Vereinheitlichung der Terminologie gedankt. Mein Dank gilt ferner Dr. C. Siebert, Frankfurt, sowie Dipl.-Ing. M. Schwarz, Darmstadt, für die kritische Lektüre von Teilen des Manuskriptes. Schließlich danke ich dem Springer-Verlag, und hier besonders Frau Dr. M. Hertel, für die stets wohlwollende Förderung dieses Buches.

Offenbach am Main, im Juni 2001

Karl-Heinz Hellwich

Vorwort zur zweiten Auflage

Der Erfolg der ersten Auflage der *Stereochemie – Grundbegriffe* ermutigte zur Herausgabe einer aktualisierten und deutlich erweiterten zweiten Auflage dieses Buches. Für die Möglichkeit, diese zu verwirklichen, danke ich dem Springer-Verlag außerordentlich.

In der nun vorliegenden Auflage wurde zuvorderst die Einleitung zur zeichnerischen Darstellung dreidimensionaler Strukturen gemäß

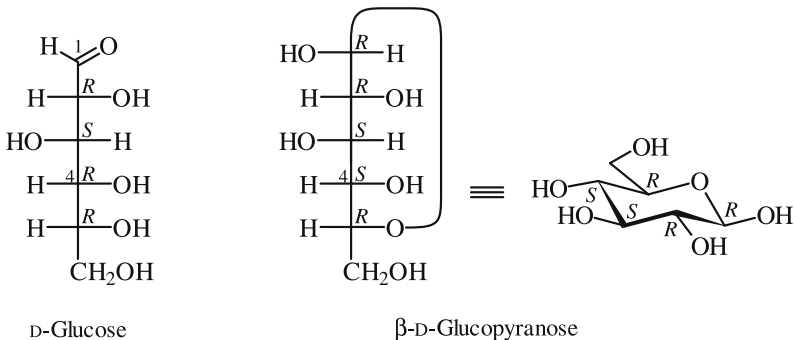
den neuen IUPAC-Empfehlungen aktualisiert und um einen Abschnitt zur Darstellung der Konfiguration von Doppelbindungen und chiralen Biarylderivaten erweitert. Neben einigen sprachlichen Verbesserungen und kleineren Korrekturen sind wesentliche inhaltliche Ergänzungen in den Abschnitten absolute Konfiguration, anomerer Effekt, axiale Chiralität, D/L-System, Enantiomer, Epimer, Isomerie, Konformation, Mesoverbindung, Racemat, relative Konfiguration und stereogene Einheit vorgenommen worden. Neu aufgenommen wurden die Abschnitte Bredtsche Regel und Mills-Darstellung. Auch dem Wunsch der Leser nach zusätzlichen Beispielen und mehr Namen für die als Beispiele gewählten Verbindungen wurde entsprochen. Schließlich wurden die Kennzeichnungen der Arzneistoffe und das Literaturverzeichnis auf den aktuellen Stand gebracht sowie das Sachverzeichnis um einige Begriffe erweitert. Alle zu nennen, die in der einen oder anderen Weise direkt oder indirekt Hinweise und Anregungen gegeben haben, die in den Text dieser zweiten Auflage eingeflossen sind, ist unmöglich. Stellvertretend für sie alle danke ich besonders Frau Prof. A. Godt, Bielefeld, sowie den Herren Dr. C. Rücker, Freiburg, Apotheker F. Blasshofer, Düsseldorf, Dr. G. Manzardo, Zürich und Dr. C. D. Siebert, Frankfurt.

Offenbach am Main, im Mai 2007

Karl-Heinz Hellwich

Absolute Konfiguration

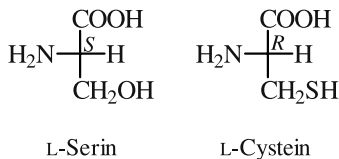
Die absolute Konfiguration ist die tatsächliche räumliche Anordnung der Atome einer chiralen Verbindung (oder Gruppe) um die jeweilige stereogene Einheit. Sie kann mit Hilfe verschiedener Arten von Stereodeskriptoren beschrieben werden. Da zur Beschreibung der absoluten Konfiguration meist die Stereodeskriptoren *R* und *S* nach dem CIP-System verwendet werden, versteht man unter absoluter Konfiguration häufig diese Stereodeskriptoren selbst. Obwohl ein solcher Deskriptor die absolute Konfiguration einer stereogenen Einheit einer Verbindung eindeutig beschreibt, ist es dennoch falsch, den Deskriptor selbst als absolute Konfiguration zu bezeichnen. Diesen nicht nur sprachlich feinen Unterschied zu betonen, mag spitzfindig erscheinen. Die Bedeutung dieser Unterscheidung wird jedoch an folgendem Beispiel offensichtlich. Trotz Erhalts der Konfiguration ändert sich beim Ringschluß zur Pyranoseform der Deskriptor für die absolute Konfiguration an C-4 der Glucose. Die Ursache hierfür liegt im sehr starren Formalismus des CIP-Systems, der auch zu ähnlichen Situationen bei der Methylierung oder Acetylierung einzelner Hydroxygruppen von Kohlenhydraten führt.



Ebenso haben die natürlichen *L*-Aminosäuren alle die gleiche Konfiguration. Trotzdem erhält *L*-Cystein im CIP-System im Gegensatz zu den anderen *L*-Aminosäuren den Deskriptor *R*.

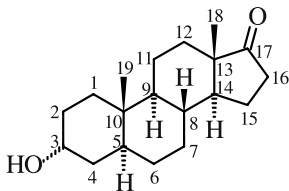
Für Aminosäuren und Kohlenhydrate werden daher zur besseren Vergleichbarkeit der Konfiguration von Derivaten gewöhnlich die als Kapitalchen (also kleiner) gesetzten Stereodeskriptoren *D* und *L*

zur Beschreibung ihrer absoluten Konfiguration bevorzugt (siehe D/L-System).

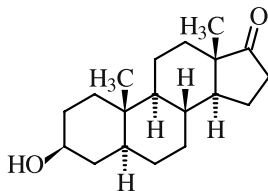


Für Steroide – und inzwischen für eine Reihe weiterer Naturstoffe – wurden zur Vereinfachung der Beschreibung der absoluten Konfiguration die nicht kursiv gesetzten Stereodeskriptoren α und β eingeführt. Ihre Anwendung zu diesem Zweck setzt voraus, daß es wie bei den Steroiden eine definierte Ebene und eine allgemein anerkannte Orientierung gibt, in der die Formel dargestellt wird. Sind diese Voraussetzungen gegeben, wird Substituenten, die oberhalb der Ebene liegen, der Deskriptor β zugewiesen, solchen, die unterhalb der Ebene liegen, der Deskriptor α . Eine Gruppe, deren Orientierung nicht bekannt ist, erhält den Deskriptor ξ (xi).

Im Namen einer Verbindung werden diese Stereodeskriptoren nur für die Gruppen angegeben, deren Orientierung gegenüber der im Stammnamen definierten geändert oder durch den Stammnamen nicht definiert ist. Für Substituenten stehen sie direkt nach deren Lokanten, für Gruppen, die bereits im Stammnamen eingeschlossen sind, werden sie mit vorangestelltem Lokanten direkt vor dem Namen der Grundstammverbindung eingefügt.



Androsteron

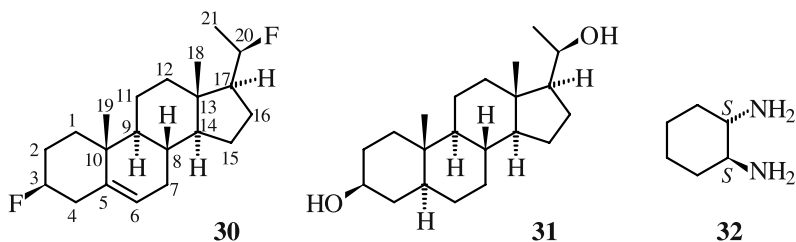


Epiandrosteron

3α -Hydroxy-5 α -androstan-17-on 3β -Hydroxy-5 α -androstan-17-on

Falls für einzelne Chiralitätszentren die Stereodeskriptoren α und β nicht mehr eindeutig sind, weil jene sich in einer Seitenkette oder in

einer nicht zum Grundgerüst der Grundstammverbindung gehörigen Teilstruktur befinden, werden die Stereodeskriptoren *R* und *S* gemäß dem CIP-System verwendet und wie üblich am Beginn des Namens angegeben, z. B. (20*R*)-3β,20-Difluorpregn-5-en (30) und (20*R*)-5α-Pregnan-3β,20-diol (31). Man beachte, daß die Verwendung der Deskriptoren α und β in der Kohlenhydratnomenklatur einer anderen Definition folgt (siehe Anomer) und bei den *Chemical Abstracts* in bestimmten Fällen auch der Angabe der relativen Konfiguration dient.



Wenn von einer Verbindung die absolute Konfiguration bekannt ist, sollte sie eindeutig und vollständig angegeben werden. Zum Beispiel sollte Verbindung 32 (1*S*,2*S*)-Cyclohexan-1,2-diamin und nicht (+)-*trans*-Cyclohexan-1,2-diamin genannt werden.

Ist von einer Verbindung die relative Konfiguration aller Gruppierungen bekannt, kann ihre absolute Konfiguration vollständig angegeben werden, sobald von einer ihrer stereogenen Einheiten die absolute Konfiguration bekannt ist. Gelegentlich wird dies zur Bestimmung der absoluten Konfiguration einer Verbindung ausgenutzt, indem man sie mit einer enantiomerenreinen Verbindung bekannter Konfiguration derivatisiert, z. B. verestert.

Anomer

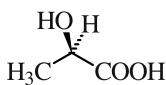
Anomere sind eine besondere Art von Epimeren, die bei Kohlenhydraten und analogen Verbindungen auftreten und sich nur in der Konfiguration am sogenannten anomeren Zentrum (oder Anomeriezentrum) unterscheiden. Das anomere Zentrum ist ein Chiralitätszentrum, das bei der Bildung des cyclischen Halbacetals (bei Ketosen des Halbketals)

Substanz als chiral zu bezeichnen; sie kann allenfalls aus chiralen Molekülen bestehen. Wenn man voraussetzt, daß diese Substanz keine Diastereomere enthält, kann sie dann entweder enantiomerenrein oder racemisch sein oder aus einem Gemisch unterschiedlicher Mengen der beiden Enantiomere bestehen. Für den Fall, daß sie weder enantiomerenrein noch racemisch ist, wurde eine recht umständliche Bezeichnung eingeführt: chiral, nicht racemisch. Diese ist auch nicht sehr glücklich gewählt, da sie per se weder eine enantiomerenreine Verbindung noch ein Gemisch von Diastereomeren ausschließt. (Auch ein Gemisch von chiralen Diastereomeren enthält chirale Moleküle, ohne racemisch zu sein.)

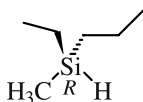
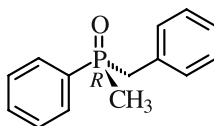
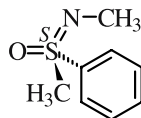
Chiralitätszentrum

Ein Chiralitätszentrum ist ein Atom, das einen Satz von Substituenten in einer räumlichen Anordnung trägt, die mit der spiegelbildlichen Anordnung nicht zur Deckung gebracht werden kann. Das häufig etwas lax statt dessen verwendete Wort Stereozentrum sollte wegen der Ähnlichkeit mit dem Begriff stereogenes Zentrum (siehe stereogene Einheit) vermieden werden.

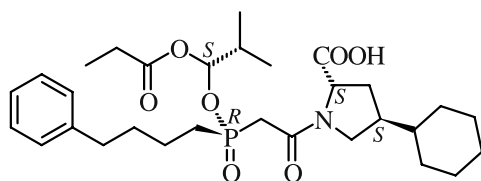
Der Prototyp eines Chiralitätszentrums ist ein Kohlenstoffatom mit vier verschiedenen Substituenten wie z. B. in Milchsäure. Aber auch andere vierbindige und tetraedrisch koordinierte Atome können ein Chiralitätszentrum sein. Beispiele sind das Siliciumatom in Ethyl(methyl)(propyl)silan (**46**), die Stickstoff- bzw. Phosphoratome in Ammonium- und Phosphoniumionen, *N*-Oxiden und Phosphanoxiden [z. B. Benzyl(methyl)(phenyl)phosphanoxid, **47**] oder dem ACE-Hemmer Fosinopril sowie das Schwefelatom in dem als chirale Hilfskomponente für stereoselektive Reaktionen [13] und Enantiomerentrennungen verwendeten *N,S*-Dimethyl-*S*-phenylsulfoximid (**48**).



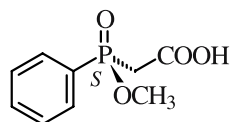
(R)-Milchsäure

**46****47****48**

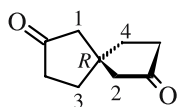
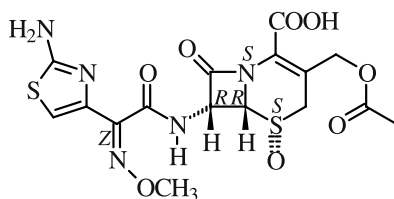
Zur Beschreibung der Konfiguration an Chiralitätszentren bedient man sich vorzugsweise der Stereodeskriptoren *R* und *S*, die nach dem CIP-System ermittelt werden. Für Heteroatome aus der 3. und aus höheren Perioden ist dabei zu beachten, daß Beiträge von d-Orbitalen an Doppelbindungen vernachlässigt werden, also bei S-O- und P-O-Doppelbindungen keine Duplikatome verwendet werden. Dies ist zum Beispiel bei der Bestimmung der Konfiguration an den Phosphoraten von Fosinopril und [(*S*)-Methoxy(phenyl)phosphoryl]essigsäure (**49**) von Bedeutung.



Fosinopril

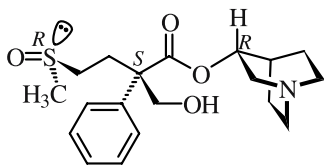
**49**

Auch Spiroverbindungen wie (*R*)-Spiro[4.4]nonan-2,7-dion (**50**), deren Chiralität auf der relativen Orientierung ihrer Ringe zueinander beruht, haben ein Chiralitätszentrum, und zwar das Spiroatom. Sie werden nicht als Verbindungen mit Chiralitätsachse behandelt. Zur Bestimmung ihrer Konfiguration wird willkürlich einer der beiden ranghöheren Gruppen Priorität gegeben. Die im selben Ring gelegene rangniedrigere Gruppe hat dann auch Vorrang vor der gleichen Gruppe im anderen Ring.

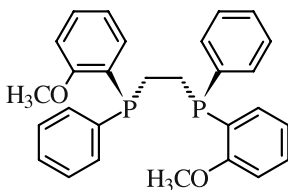
**50**

Ceftioxid

Dreifach koordinierte Atome können Chiralitätszentren sein, wenn die daran gebundenen Gruppen nicht in einer Ebene liegen. Dies ist meist der Fall, wenn an dem betreffenden Atom noch ein freies Elektronenpaar vorhanden ist, das dann im CIP-System als der vierte Substituent betrachtet wird. Beispiele sind Amine, Phosphane und Sulfoxide, aber auch Carbanionen und Oxoniumionen. Weil zur Inversion dieser Zentren über einen planaren Übergangszustand keine Bindung gebrochen werden muß, sind sie häufig nicht konfigurationsstabil. Gerade bei Elementen der 2. Periode ist die Inversionsbarriere gewöhnlich so niedrig, daß die Enantiomere nicht getrennt isoliert werden können und die betreffenden Verbindungen, wenn sie keine weitere stereogene Einheit besitzen, als achiral eingestuft werden. Chiralitätszentren an dreifach koordinierten Stickstoffatomen sind nur dann konfigurationsstabil, wenn sie wie in Chinin (siehe S. 38), in der Trögerschen Base (siehe S. 57) oder im Antibiotikum Ceftioxid so in ein gespanntes System eingebaut sind, daß eine Inversion ohne Bindungsspaltung nicht möglich ist. Dagegen haben dreifach koordinierte Atome der Elemente der höheren Perioden in der Regel eine hohe Inversionsbarriere. Chirale Phosphane, z. B. „DIPAMP“, werden häufig als Liganden für chirale Katalysatoren verwendet. Auch Sulfoxide, wie im Sympatholytikum Revatropat oder in Ceftioxid, sind konfigurationsstabil.



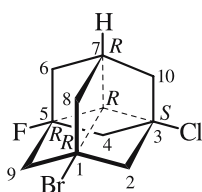
Revatropat



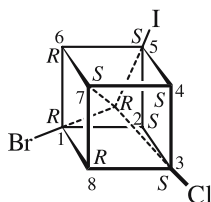
(R,R)-DIPAMP

Interessant sind 1,3,5-tri- sowie 1,3,5,7-tetrasubstituierte Adamantane (z. B. 1-Brom-3-chlor-5-fluoradamantan, **51** und/oder *ent*-**51**) und Cubane (z. B. 1-Brom-3-chlor-5-iodcuban, **52** und/oder *ent*-**52**). In ihnen gibt es – unterschiedliche Substituenten vorausgesetzt – vier bzw. acht Chiralitätszentren, die jedoch alle wechselseitig voneinander abhängig sind, so daß es von diesen Verbindungen in der Tat nur zwei

Stereoisomere, nämlich zwei Enantiomere gibt. Es war daher vorgeschlagen worden, solche Verbindungen als Verbindungen mit nur einem, und zwar „virtuellen“, Chiralitätszentrum in der Mitte des Kohlenstoffgerüsts zu betrachten. Ähnlich wurde die Struktur von Fullerenen zur Beschreibung ihrer Konfiguration mitunter auf ein Oktaeder reduziert [14], obwohl die so beschriebenen Isomere zum Teil Konstitutionsisomere sind.



51



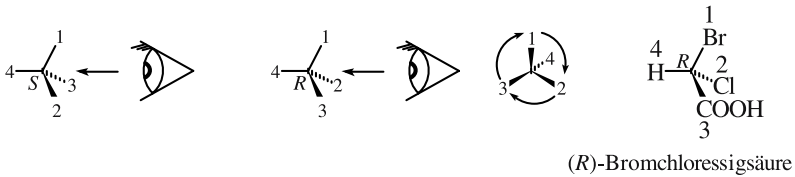
52

CIP-System

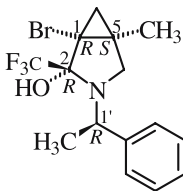
Das CIP-System (benannt nach den drei Begründern Cahn, Ingold und Prelog) ist ein formales Verfahren zur Beschreibung der absoluten Konfiguration einer Verbindung allein aus der Anordnung der Atome um eine stereogene Einheit. Man geht dazu in zwei Schritten vor.

Zuerst werden die an die stereogene Einheit, z. B. ein Chiralitätszentrum, gebundenen Atome oder Gruppen anhand eines Satzes von Regeln in eine Rangfolge oder Sequenz (1–4 oder a–d) geordnet. Man nennt die dazu verwendeten Regeln daher auch Sequenzregeln. Danach wird aus der ermittelten Rangfolge und der räumlichen Anordnung der betreffenden Gruppen ein Deskriptor für die stereogene Einheit bestimmt.

Die Zuordnungsregel (früher Chiralitätsregel genannt) schreibt für ein Chiralitätszentrum vor, daß es so betrachtet wird, daß der rangniedrigste Substituent (4 bzw. d) vom Betrachter weg weist. Sind die übrigen Substituenten für den Betrachter dann in der Reihenfolge abnehmender Priorität im Uhrzeigersinn angeordnet, liegt *R*-Konfiguration vor, bei einer Anordnung gegen den Uhrzeigersinn *S*-Konfiguration.



Die Prioritätenfolge der Substituenten ergibt sich primär aus der Ordnungszahl der direkt an das Chiralitätszentrum gebundenen Atome. Elemente höherer Ordnungszahl haben höhere Priorität. Ein einfaches Beispiel ist Bromchloroessigsäure, in der Brom vor Chlor Vorrang hat, worauf Kohlenstoff und schließlich Wasserstoff folgen.



1: Br > C(O,N,C) > C(C,C,C) > C(C,H,H)

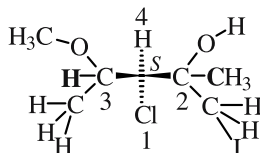
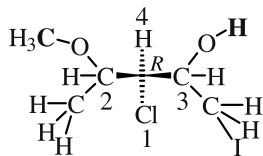
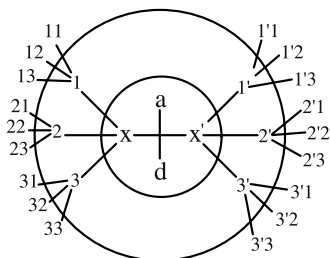
2: O > N > C(Br,C,C) > C(F,F,F)

5: C(Br,C,C) > C(N,H,H) > C(C,H,H) > C(H,H,H)

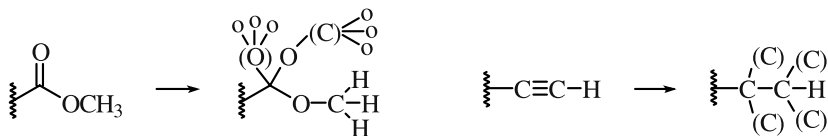
1': N > C(C,C,(C)) > C(H,H,H) > H

Haben zwei an das Chiralitätszentrum gebundene Atome die gleiche Ordnungszahl, müssen wie im nachfolgenden Beispiel die als nächste an sie gebundenen Atome auf die gleiche Weise in eine Sequenz geordnet und dann die ranghöchsten, danach die rangzweit-höchsten und schließlich die rangniedrigsten verglichen werden, bis eine Entscheidung fällt.

Ist auch so noch keine Entscheidung möglich, werden die Atome, die noch eine Bindung (oder Sphäre) weiter vom Chiralitätszentrum entfernt sind, nach ihrer Rangfolge geordnet. Sodann werden wieder zuerst die Sequenzen der an die jeweils ranghöchsten Atome gebundenen Atome verglichen. Falls hier keine Entscheidung fällt, folgt in der Reihenfolge der bereits ermittelten Rangfolge ein Vergleich der Sequenzen der an die rangniedrigeren Atome gebundenen Atome. Wenn so noch immer keine Entscheidung zu treffen ist, wird analog in der nächsten Sphäre fortgefahren.



Gelangt man auf dem Untersuchungsweg zu Doppelbindungen, löst man diese so auf, als wären zwei Einfachbindungen vorhanden. Dazu werden an jedem an der Doppelbindung beteiligten Atom das jeweils andere Atom als Duplikatdarstellung über eine Einfachbindung verknüpft hinzugefügt. Bei Dreifachbindungen sind es entsprechend zwei Duplikatome an jedem Ende der Bindung. Dabei ist jedoch zu beachten, daß bei Heteroatomen aus der 3. und aus höheren Perioden Beiträge von d-Orbitalen an Mehrfachbindungen vernachlässigt werden.



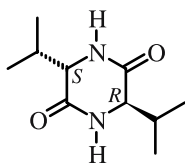
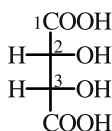
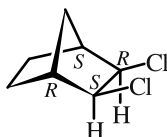
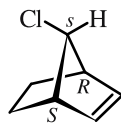
Duplikatome werden gewöhnlich in Klammern gesetzt. Auf sie folgen keine weiteren Atome mehr. Das CIP-System sieht zwar die Ergänzung der Ligandenzahl der Duplikatome auf vier mit Phantomatomen der Ordnungszahl null vor, die üblicherweise durch o oder den griechischen Buchstaben ϕ dargestellt werden. Sie sind jedoch nicht erforderlich, weil es unerheblich ist, ob in der nächsten Sphäre Atome mit nichts oder mit einem Platzhalter für nichts verglichen werden.

In aromatischen Ringen und auch bei anderen Verbindungen mit Mesomeriestabilisierung wird anstelle eines Duplikatoms der Mittelwert der Ordnungszahlen der Atome verwendet, zu denen eine Doppelbindung in den verschiedenen Grenzstrukturen denkbar ist.

Konstitution einer Verbindung verwendet, obwohl die Konstitution eine unvollständige Strukturbeschreibung ist. Da der Begriff Struktur bereits eine räumliche Vorstellung impliziert, wie es in der Biochemie und auch bei einer Röntgenstruktur als selbstverständlich angesehen wird, sollte er nicht mehr verwendet werden, wenn einzelne Aspekte der Struktur, z. B. die Konfiguration, unberücksichtigt bleiben sollen.

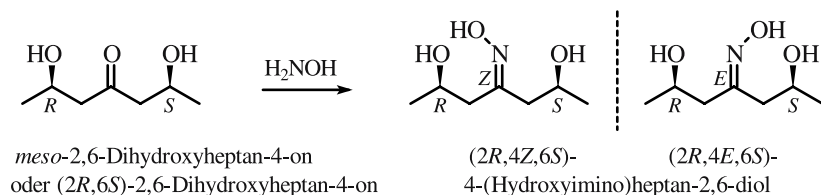
Mesoverbindung

Eine Mesoverbindung ist ein achirales und folglich optisch inaktives Diastereomer aus einem Satz von Stereoisomeren, der auch chirale Verbindungen enthält, und kann folglich auch nicht als Racemat auftreten. Eine solche Verbindung besitzt ein Symmetrieelement der zweiten Art – häufig eine intramolekulare Spiegelebene –, das zwei enantiomorphe Molekülfragmente direkt aufeinander abbildet, weshalb eine Mesoverbindung trotz vorhandener Chiralitätselemente achiral ist. Das in einer Mesoverbindung enthaltene Symmetrieelement zweiter Art reduziert daher auch die mit der Formel $x = 2^n$ ermittelte Maximalzahl der Stereoisomere der Verbindung. Von Weinsäure etwa gibt es nur drei statt der vier Stereoisomere, weil zu der Mesoverbindung kein Enantiomer existiert. Diese Überlegungen können von Verbindungen mit Chiralitätszentren analog auch auf konstitutionell symmetrische Verbindungen mit zwei Chiralitätsachsen oder zwei Chiralitätsebenen übertragen werden. Beispiele für Mesoverbindungen sind (2*R*,3*S*)-Weinsäure (*meso*-Weinsäure), (3*R*,6*S*)-3,6-Diisopropylpiperazin-2,5-dion [Cyclo(D-Val-L-Val), **70**] oder (1*R*,2*S*,3*R*,4*S*)-2,3-Dichlorbicyclo[2.2.1]heptan (**71**). Keine Mesoverbindungen sind dagegen z. B. Bicyclo[2.2.1]hept-2-en (**72**) oder 7-*anti*-Chlorbicyclo[2.2.1]hept-2-en (**73**), weil es von ihnen keine bzw. keine chiralen Stereoisomere gibt.

**70***meso*-Weinsäure**71****72****73**

Der Name einer Mesoverbindung kann mit dem Namenszusatz *meso*- versehen werden. Bei nur zwei Chiralitätszentren in der Verbindung ersetzt dieser Namenszusatz üblicherweise die Stereodeskriptoren.

Interessant ist, daß die *E/Z*-Isomere von Oximen, Hydrazone oder Iminen, die gewöhnlich als Diastereomere auftreten, enantiomer zueinander sind, wenn sie von einem Keton abgeleitet werden, dessen Carbonylgruppe in der Spiegelebene einer Mesoverbindung liegt.



Mills-Darstellung

Mills-Darstellung ist eine aus dem Bereich der Kohlenhydratchemie stammende Bezeichnung für eine Formelschreibweise, bei der ein Ringsystem als Projektion in die Zeichenebene dargestellt wird, auf die der Betrachter senkrecht von oben schaut. Für die Bindungen zu den an das Ringsystem gebundenen Gruppen werden in der Mills-Darstellung wie in der Zick-Zack-Schreibweise fette und gestrichelte Keile verwendet. Eine solche Formel ist den für Cyclitole und Kohlenhydrate ebenfalls verwendeten Haworth- und Fischer-Projektionen vorzuziehen, denn diese zur Darstellung einfacher Monosaccharide hilfreichen Projektionen werden schnell unhandlich, wenn substituierte Derivate darzustellen sind – insbesondere, wenn diese weitere Ringe enthalten wie die bei den Kohlenhydraten häufig verwendeten cyclischen Ketale. In diesen Fällen ist die Mills-Darstellung wesentlich übersichtlicher, wie exemplarisch für Methyl-2,3,4,6-di-*O*-isopropyliden- β -*D*-glucopyranosid gezeigt ist.