

# Chiralität

Die **Chiralität** ([griechisches Kunstwort](#), die *Händigkeit*, abgeleitet vom [Wortstamm](#)  $\chiειρ\sim$ , *ch[e]ir~ - hand~*) nennt man die Eigenschaft bestimmter Gegenstände oder Systeme, die sich wie Bild und Spiegelbild zueinander verhalten. Gängige Beispiele sind beispielsweise unsere Hände oder rechts- beziehungsweise linksgewundene Schneckenhäuser. Diese können durch eine [Spiegelung](#) auf sich selbst abgebildet werden; eine Spiegelung ergibt das jeweilige [Enantiomer](#), also das Gegenstück bezüglich der Spiegelung.

In der [Physik](#) spricht man von Chiralität (auch [Helizität](#)), wenn die Gesetzmäßigkeiten in zwei zueinander spiegelbildlichen Systemen nicht gleich sind. Beispiel: [Paritätsverletzung](#) des [Betazerfalls](#).

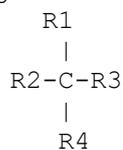
In der [Chemie](#) wird ein [asymmetrisch](#) substituiertes [Atom](#) Stereozentrum bzw. [Chiralitätszentrum](#) genannt. Beispielsweise ein [Kohlenstoffatom](#), das vier unterschiedliche [Substituenten](#) trägt. Allerdings bedingen vorhandene Chiralitätszentren nicht zwangsläufig eine Chiralität des Moleküls:

Ein einzelnes Chiralitätszentrum erzeugt immer ein chirales [Molekül](#). Existieren zwei zueinander spiegelbildliche Stereozentren innerhalb des [Moleküls](#), entsteht die achirale [Meso-Verbindung](#). Es gibt auch chirale Verbindungen ohne Chiralitätszentrum (z.B. [Helicen](#)).

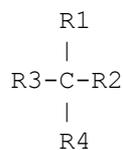
Um auf das Beispiel der Hände zurückzukommen: Es ist klar, dass nur der rechte Handschuh zur rechten Hand passt. Versucht man den rechten Handschuh auf die linke Hand zu ziehen, so wird man damit scheitern oder nur ein sehr dürftiges Ergebnis erzielen. Deswegen versucht man heute bei chemischen Synthesen nur noch das Enantiomer mit der gewünschten Wirkung herzustellen und als Wirksubstanz einzusetzen, während man das andere Enantiomer mit seiner möglicherweise unerwünschten Wirkung von Anfang an ausschließen möchte ([Stereoselektive Synthese](#)).

Auf die unterschiedliche Wirkung von verschiedenen [Enantiomeren](#) der sonst selben [Substanz](#) ist die Öffentlichkeit durch den [Contergan-Skandal](#) aufmerksam geworden. Vom [Thalidomid](#), dem [Wirkstoff](#) des [Arzneimittels Contergan](#), gab es zwei [Enantiomere](#). Eines davon entsprach der gewünschten Wirkung, das andere nicht. Letzteres jedoch rief schwerste Missbildungen bei Kindern von mit Contergan in der Schwangerschaft behandelten Frauen hervor. Obwohl damals bekannt war, dass eines der Enantiomere eine medizinisch bedenkliche Wirkung hatte, hatte der Hersteller [Grünenthal](#) zunächst das Medikament am Markt belassen. Eine [Racematspaltung](#) hätte dieses Problem lösen können. Dieses häufig verwendete Verfahren erwies sich im Falle des [Thalidomid](#) jedoch als nutzlos, da sich die Enantiomere in einem dynamischen chemischen Gleichgewicht befinden und innerhalb kurzer Zeit automatisch wieder das [Racemat](#) bilden. Aus diesem Grunde hat [Thalidomid](#), das heute zur Behandlung von [Lepra](#) und [AIDS](#) Anwendung findet, noch immer eine [teratogene](#) Wirkung.

Allgemeine Formel (R1 bis R4: verschiedene Reste)

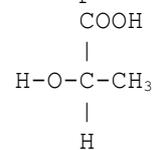


Enantiomer 1



Enantiomer 2

Beispiel



Verbindungen mit Stereozentren (asymmetrischen [C-Atomen](#)) kommen als [Stereoisomere](#) vor, verhalten sich zwei Stereoisomere wie Bild und Spiegelbild, so bezeichnet man dieses Paar als [Enantiomere](#). Zu ihrer Unterscheidung bedient man sich der [CIP-Konvention](#) oder der *R-S-Nomenklatur*, mit der die räumliche Anordnung der Substituenten beschrieben wird. Bei bestimmten Substanzklassen (Zucker, Aminosäuren) wird nach wie vor die ältere [Fischer-Projektion](#) (D-L-Nomenklatur) benutzt, die den Vorteil hat, dass die Bezeichnungen von verwandten Verbindungen gleich sind.

Enantiomere unterscheiden sich nicht in ihren physikalischen Eigenschaften, mit Ausnahme ihrer optischen Aktivität. Auch ihre chemischen Eigenschaften sind identisch, bis auf ihr Reaktionsvermögen in [stereoselektiven Reaktionen](#).

Chemisch reine Enantiomere sind [optisch](#) aktiv, drehen also die Schwingungsebene des linear [polarisierten Lichts](#) nach links oder rechts ([linksdrehende](#) Form und [rechtsdrehende](#) Form). Im Namen einer Verbindung macht man dies durch Voransetzen von "(-)" beziehungsweise "(+)" deutlich; zum Beispiel (-)-Weinsäure oder (+)-Milchsäure.

Ein 1:1-Gemisch der Enantiomere nennt man [Racemat](#). Es ist optisch nicht aktiv und hat den Drehwinkel  $0^\circ$ , da sich die Anteile rechtsdrehender und linksdrehender Form gerade aufheben. Liegen in einem Gemisch die beiden Enantiomere nicht zu je 50 % vor, zeigt sich eine restliche optische Aktivität, deren Drehwinkel kleiner ist als der maximal mögliche des reinen Enantiomers. Aus dem Verhältnis des gemessenen Drehwinkels zum maximalen Drehwinkel des reinen Enantiomers ergibt sich der so genannte Enantiomerenüberschuss (EE - enantiomeric excess) dieses Enantiomergemisches. Das ausgelieferte Medikament im Contergan-Fall war also ein Racemat.

Viele [biologisch](#) wichtige Substanzen sind chiral, nicht nur die kleineren Moleküle von [Aminosäuren](#) und [Zuckern](#), sondern auch biologische Makromoleküle wie Enzyme oder Rezeptoren. Bei einigen Substanzklassen überwiegt oft ein Chiralitätssinn, so herrschen beispielsweise bei den natürlichen Aminosäuren die [L-Form](#) vor. Chiralität als Folge des räumlichen Baus von [Molekülen](#) hat entscheidende Bedeutung für das Funktionieren biologischer Systeme, die alle selbst chiral sind. So sind viele [Enzymreaktionen](#) auf ein Enantiomer, entweder das [linksdrehende](#) oder das [rechtsdrehende](#), spezialisiert, die [Reaktionsgeschwindigkeit](#) mit dem spiegelbildlichen Enantiomer als [Substrat](#) ist dann deutlich geringer. Gar nicht so selten entfaltet das "falsche" Enantiomer auch eine völlig andere biologische Wirkung. Beispielsweise schmeckt bei einer bestimmten Verbindung das eine Enantiomer süß, während sein Partner bitter ist. Auch Wirkstoffe, zum Beispiel Arzneimittel können solche Effekte haben. Bei einigen [Betablockern](#) wirkt das eine Enantiomer selektiv auf das Herz, das andere an den Zellmembranen des Auges.

# Enantiomer

**Enantiomere** sind [chemische Isomere](#), also Stoffe, die sich nicht in der [Summenformel](#), sondern nur in der Anordnung der [Atome](#) unterscheiden. Bei Enantiomeren liegt der Unterschied in der [Chiralität](#).

Zwei Enantiomere unterscheiden sich dadurch, dass sich ihre räumlichen Strukturen wie Bild und [Spiegelbild](#) verhalten. Sie können nicht durch [Drehung](#) zur Deckung gebracht werden. Deshalb werden sie auch Spiegelbildisomere genannt.

Enantiomere unterscheiden sich nur in der [optischen Aktivität](#), das heißt, dass sie die [Polarisationsebene](#) von linear [polarisiertem Licht](#) nach links oder rechts drehen. Man bezeichnet sie dann als [linksdrehend](#) oder [rechtsdrehend](#).

Ein 1:1-Gemisch zweier Enantiomere bezeichnet man als [Racemat](#), es ist nicht [optisch aktiv](#).

Bei chemischen Synthesen chiraler Stoffe entstehen meist beide Enantiomere im gleichen Verhältnis. Sie müssen aufwendig getrennt werden, um die Enantiomere als [Reinstoff](#) zu erhalten. Berüchtigt ist in diesem Zusammenhang vor allem der sogenannte [Conterganskandal](#), bei dem das S-Enantiomer des Wirkstoffes verheerende Nebenwirkungen für ungeborene Kinder hatte. Einen Ausweg bieten hier zahlreiche neuere Syntheseverfahren die zum Teil sehr große [Enantioselektivitäten](#) aufweisen.

[Enzymreaktionen](#) sind oft spezifisch für bestimmte Enantiomere, da das aktive Zentrum eines Enzyms vielfach das eine Enantiomer leichter aufnehmen kann als das andere ([Schlüssel-Schloss-Prinzip](#), [Substratspezifität](#)). Daher sind viele natürlich erzeugte Stoffe keine Racemate; die [Biosynthese](#) führt überwiegend oder nur zu einem Enantiomer. Daher sind beispielsweise fast alle [Aminosäuren](#) in Lebewesen linksdrehend.

## Nomenklatur

Die Benennung der Enantiomere nach

- der [CIP-Konvention](#) (Cahn-Ingold-Prelog-Konvention) oder
- der [Fischer-Projektion](#)

Von "<http://de.wikipedia.org/wiki/Enantiomer>"