



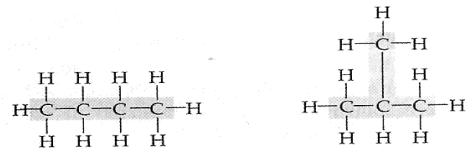
Isomere

Variationen in der Architektur organischer Moleküle kann man bei **Isomeren** feststellen, Verbindungen, die zwar dieselbe Summenformel, aber eine unterschiedliche Struktur und damit unterschiedliche Eigenschaften haben. Man vergleiche beispielsweise die beiden Formen des Butans in Abbildung. Beide haben die Summenformel C₄H₁₀, aber sie unterscheiden sich in der kovalenten Anordnung ihres Kohlenstoffgerüsts, das im n-Butan ausgestreckt, im Isobutan dagegen verzweigt ist. Wir werden drei Typen von Isomeren untersuchen: Konstitutionsisomere, cis-trans-Isomere und Enantiomere.

Konstitutionsisomere unterscheiden sich in der kovalenten Anordnung ihrer Atome („Strukturisomere“). Die Zahl der möglichen Isomere steigt mit der Größe des Kohlenstoffgerüsts enorm an: Es gibt nur zwei Formen von Butan, aber 18 Varianten von C₈H₁₈ und 366 319 von C₂₀H₄₂. Konstitutionsisomere können sich auch in der Lage ihrer Doppelbindungen unterscheiden.

cis-trans-Isomere eines Moleküls besitzen zwar alle dieselben kovalenten Bindungspartner, unterscheiden sich aber in ihrer räumlichen Anordnung (sie gehören daher zu den sogenannten „Stereoisomeren“). Cis-trans-Isomere existieren aufgrund der Starrheit von Doppelbindungen, die im Gegensatz zu Einfachbindungen keine freie Rotation der verbundenen Atome um die Bindungsachse erlauben. Die kleinen Gestaltunterschiede von cis-trans-Isomeren können dramatische Auswirkungen auf die biologische Aktivität organischer Moleküle haben. So erfolgt zum Beispiel beim Sehvorgang ein lichtinduzierter Übergang eines cis-trans-Isomers des Rhodopsins, einer chemischen Verbindung im Auge, in ein anderes.

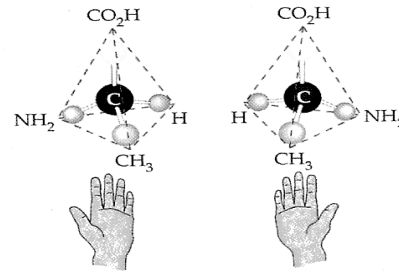
Enantiomere sind Stereoisomere, die sich zueinander wie Bild und Spiegelbild verhalten („Spiegelbildisomere“). In dem in Abbildung 4.6c gezeigten Kugel-Stab-Modell ist der mittlere Kohlenstoff ein sogenannter *asymmetrischer Kohlenstoff*, da er mit vier verschiedenen Atomen oder Atomgruppen verbunden ist. (Man spricht auch von einem *Chiralitätszentrum*: Chiralität für „Händigkeit“).



(a) **Konstitutionsisomere:** Unterschiedliche kovalente Anordnung, hier am Beispiel von n-Butan und Isobutan gezeigt.



(b) **Cis-trans-Isomere:** Unterschiedliche Anordnung um eine Doppelbindung (in diesem Diagramm stellt X ein Atom oder eine Atomgruppe dar, die an einen Kohlenstoff mit Doppelbindung geknüpft ist).



(c) **Enantiomere:** Unterschiedliche räumliche Anordnung um einen asymmetrischen Kohlenstoff, die zu spiegelbildlichen Molekülen führt, welche sich zueinander wie die linke und rechte Hand verhalten. Enantiomere können nicht miteinander zur Deckung gebracht werden.

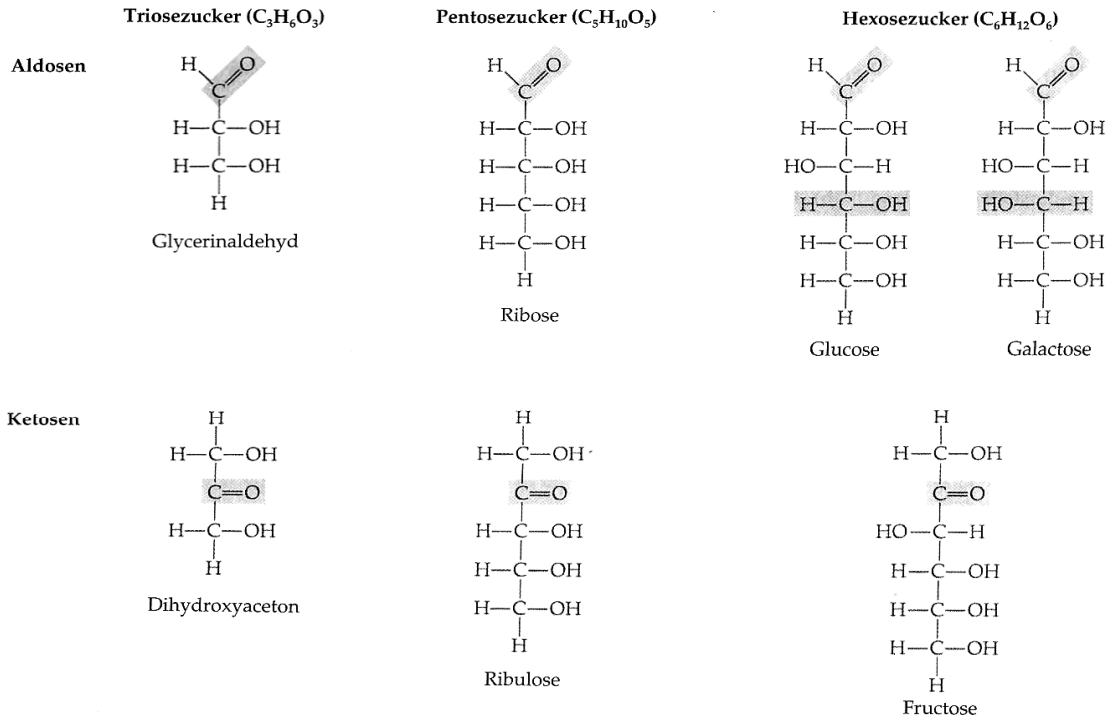
Drei Typen von Isomeren. Verbindungen mit derselben Summenformel, aber unterschiedlichen Strukturen, sogenannte Isomere, sind eine der Quellen für die Vielfalt organischer Moleküle.

Funktionelle Gruppen organischer Verbindungen

| funktionelle Gruppe | Formel* | Name der Verbindungen | Beispiel |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hydroxy | R-OH | Alkohole | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ Ethanol (die Droge in alkoholischen Getränken) |
| Carbonyl | $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$ | Aldehyde | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \quad // \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ Propanal |
| | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{R} \end{array}$ | Ketone | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ Aceton |
| Carboxyl | $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$ (nichtionisiert) | Carbonsäuren | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad // \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$ Essigsäure** |
| | $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{O}^- \end{array}$ (ionisiert) | | |
| Amino | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}-\text{N} \\ \\ \text{H} \end{array}$ (nichtionisiert) | Amine | $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{HO}-\text{C}-\text{C}-\text{N}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ Glycin** (eine Aminosäure) |
| | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}-\text{N}^+ \\ \\ \text{H} \end{array}$ (ionisiert) | | |
| Sulphydryl | R-SH | Thiole | $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{SH} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ Mercaptoethanol |
| Phosphat | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{O}-\text{P}-\text{O}^- \\ \\ \text{O}^- \end{array}$ | organische Phosphate | $\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{P}-\text{O}^- \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O}^- \end{array}$ Glycerinphosphat |

* Der Buchstabe R steht für das Kohlenstoffgerüst, an das die funktionelle Gruppe gebunden ist.

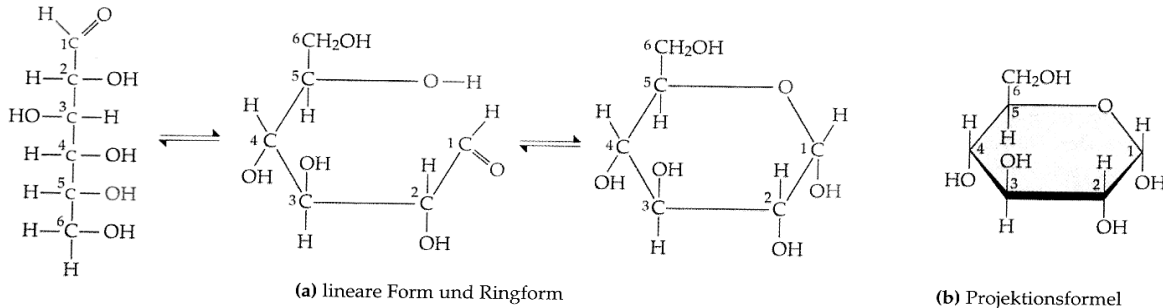
** In der Zelle herrscht die ionisierte Form der Carboxyl- und Aminogruppe vor. Essigsäure und Glycin sind hier allerdings in ihrer nichtionisierten Form dargestellt.



Die Struktur und Klassifizierung einiger Monosaccharide.

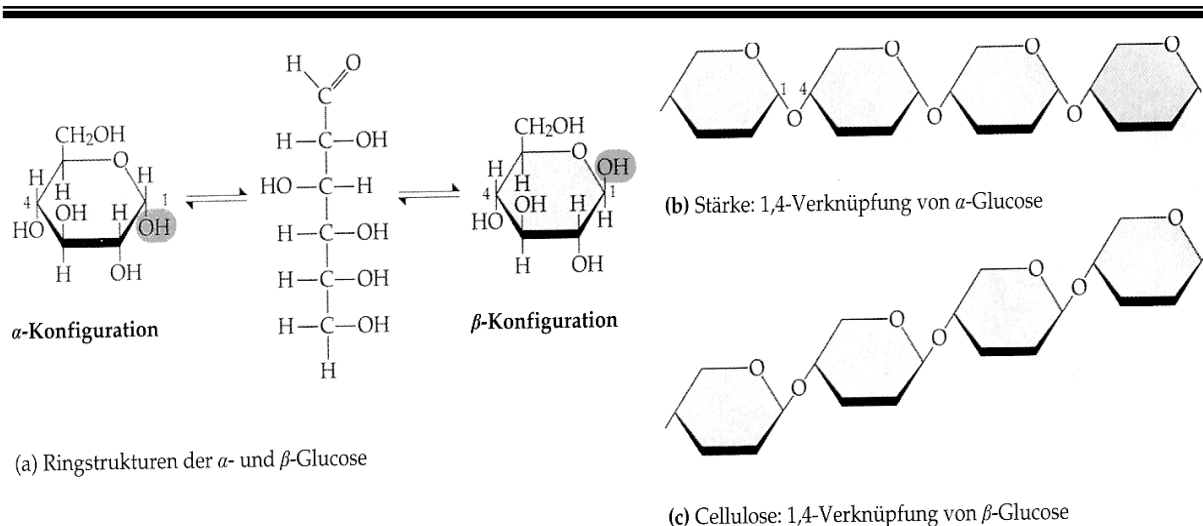
Zucker können in Abhängigkeit der Lage ihrer Carbonylgruppe (rosa) Aldosen (Aldehyde) oder Ketosen (Ketone) sein. Sie werden außerdem nach der Länge ihres Kohlenstoffgerüsts eingeteilt. Eine dritte Varia-

tionsmöglichkeit ist die räumliche Anordnung ihrer Gruppen um asymmetrische Kohlenstoffatome. (Man vergleiche beispielsweise die grau unterlegten Anteile von Glucose und Galactose.)



Lineare Form und Ringform der Glucose. a) Das chemische Gleichgewicht zwischen der linearen Form und der Ringform favorisiert stark die Ringbildung. Bei der Bildung des Glucoserings bindet sich das Kohlenstoffatom 1 an den Sauerstoff des Kohlenstoffatoms 5.

b) In dieser Projektionsformel zeigt die breite Kante an, dass man den Ring von vorne betrachtet, so dass die mit vertikalen Linien mit dem Ring verbundenen Gruppen über beziehungsweise unter der Ringebene liegen.



Die Stärke- und die Cellulosestruktur im Vergleich. a) Glucose bildet zwei ineinander umwandelbare Ringstrukturen, die als α und β bezeichnet werden. Diese beiden Formen unterscheiden sich in der

Lage der Hydroxygruppe am Kohlenstoffatom 1. b) Die α-Ringform ist das Monomer der Stärke. c) Cellulose besteht aus Glucosemonomeren in β-Konfiguration.