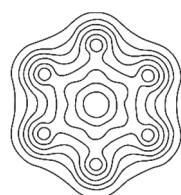


spatial
ability@
chemistry

Coaching Buddy

Die Gestaltung des Coaching Buddies
wurde durch die finanzielle
Unterstützung des FCI möglich.



FCI
FONDS DER
CHEMISCHEN
INDUSTRIE

Coaching Buddy

Herausgeber

Markus Prechtl (PH Weingarten | TU Darmstadt)
Marcel Rieker (TU Darmstadt)

Inhalt

André Zimmermann
Fadel Karim
Felix Fießinger
Gerrit Jost
Leonie Restat
Lukas Umbrecht
Marcel Rieker
Timon Lehn

Illustrationen | Titelseiten

Christian Freydank (Münster)

Erste Fassung | Darmstadt | 2016

Coaching Buddy

Info | 1

Im Chemieunterricht an Schulen und im Rahmen des Studiums des Fachs Chemie an Universitäten werden 2D- und 3D-Darstellungen von Molekülen (Proteine, Kohlenhydrate, Terpene...) präsentiert und stereochemische Betrachtungen angestellt.

Wir haben den **Coaching Buddy**, den du gerade durchblätterst, aus zwei Gründen konzipiert:

- Aus eigener Erfahrung wissen wir, dass die räumlich-visuellen Fähigkeiten, die nötig sind, um Modellierungen in Chemie vornehmen zu können, bei Menschen unterschiedlich gut ausgeprägt sind. Der Coaching Buddy hilft dir, wenn du zu denen gehörst, die hier noch Luft nach oben haben.
- In zahlreichen Tests, in denen die Fähigkeit der mentalen Rotation zusammengesetzter Würfelfiguren geprüft wurde, haben männliche Probanden signifikant höhere Leistungen als Probandinnen gezeigt. Wir hoffen, dass dieser Zustand sich in naher Zukunft ändert, da wir für Chancengleichheit in Schule, Uni und Beruf sind. Der Coaching Buddy soll diesen Prozess vorantreiben.

Um eine Basis für die Gestaltung des Coaching Buddys zu schaffen, haben wir in **Leitfragen-interviews** häufig auftretende Probleme, die mit räumlich-visuellen Darstellungen in Verbindung stehen, erfasst. Die Ergebnisse stellen wir dir auf der nächsten Seite vor.

Danach haben wir **Übungen**, die – unserer Meinung nach – räumliche Fähigkeiten sehr gut trainieren, gesammelt, abgeändert und auch selbst erfunden. Zudem haben wir uns umgehört, wer gute **Tricks** und **Tipps** kennt. Auch die findest du jetzt im Coaching Buddy.

Den Coaching Buddy haben wir in unserer **Coach-Sprache** abgefasst.

Übrigens: Wir studieren alle Chemie, die meisten von uns Lehramt Chemie, an den Standorten Darmstadt, Siegen und Weingarten. Wir hoffen, dass dir unser Coaching Buddy eine Hilfe ist.

Falls du noch weitere Anregungen hast oder einen Fehler entdeckst, solltest du dich unbedingt melden. Dein Ansprechpartner ist der Herausgeber Prof. Dr. Markus Prechtl.

Coaching Buddy

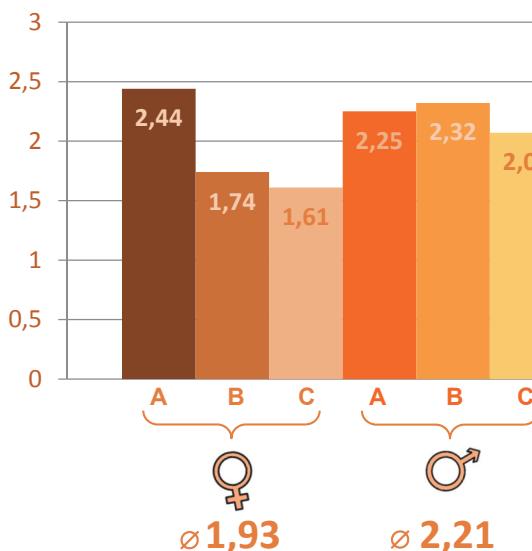
Info | 2

Die Ergebnisse unserer Leitfadeninterviews haben wir bereits im Januar-Heft der Zeitschrift **Unterricht Chemie**, mit dem Titel „Chemie gendersensibel unterrichten“ (2016, Nr. 151, S. 29), vorgestellt. An den Interviews haben **177 Studierende** an der Technischen Universität Darmstadt teilgenommen, die in Gruppen eingeteilt wurden:

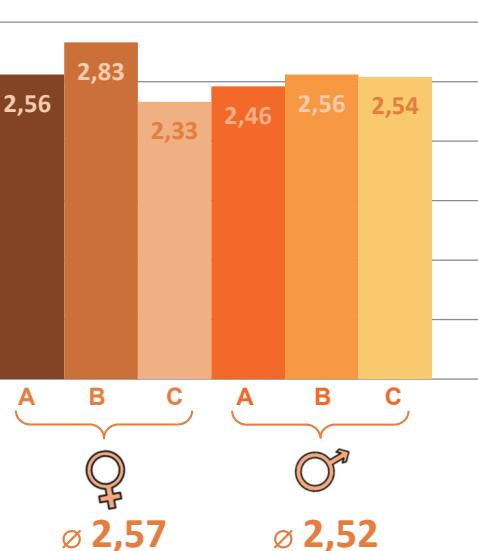
Gruppe		A	B	C
		Studierende Chemie	Studierende Biologie bzw. Körperpflege	Studierende Lehramt Chemie
Anzahl	w	18	46	18
	m	41	26	28

Uns ist bewusst, dass die Stichprobe klein ist. Deshalb sind die Befunde nicht generalisierbar. Sie bieten aber einige Auffälligkeiten, die uns zum Denken angeregt haben...

1. Mein Raumvorstellungsvermögen ist gut ausgeprägt.

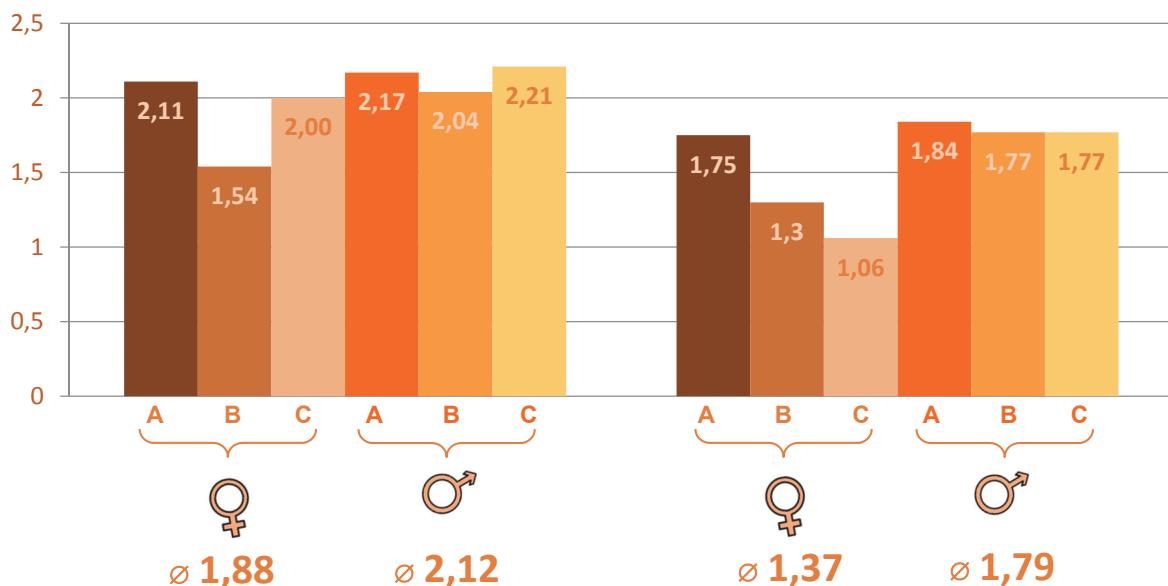


2. Ein gutes Raumvorstellungsvermögen ist wichtig, um Chemie verstehen zu können.



...wie zum Beispiel der Befund, dass viele Studentinnen der Biologie, der Körperpflege und des Lehramts bezweifeln, ob ihre Fähigkeiten ausreichen. Worin unterscheiden sie sich wohl von ihren Kommilitonen und den Studentinnen, die den Fach-Bachelor Chemie gewählt haben?

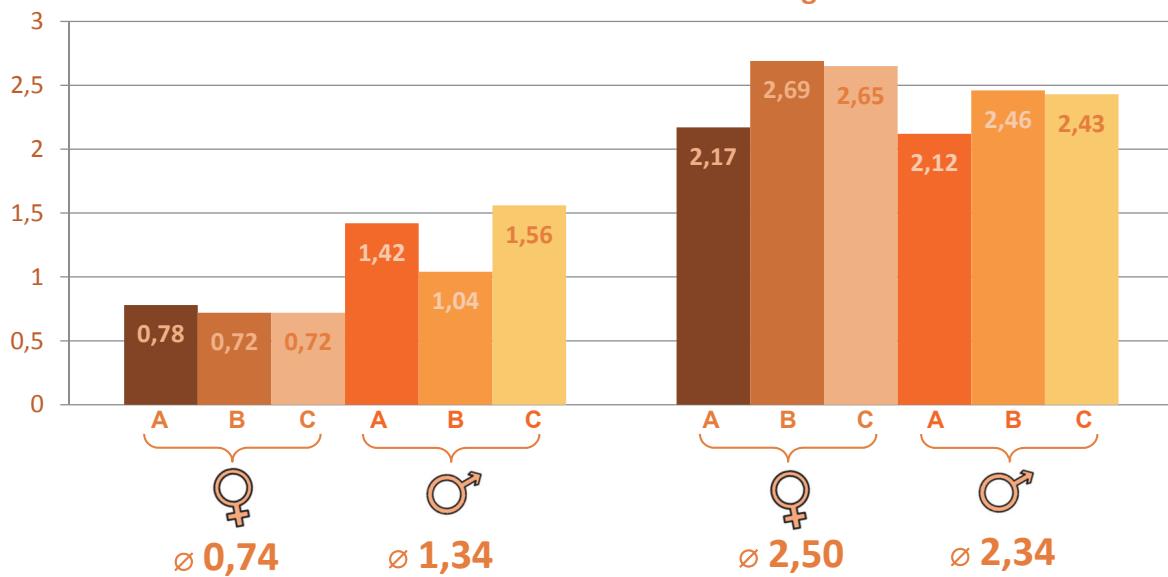
3. Der Umgang mit Strukturmodellen in der Chemie fällt mir leicht



4. Ich fühle mich auf die Arbeit mit Strukturmodellen im Studium gut vorbereitet.

Sollte man den Gruppen B(w) und C(w) eine Fördermaßnahme anbieten?

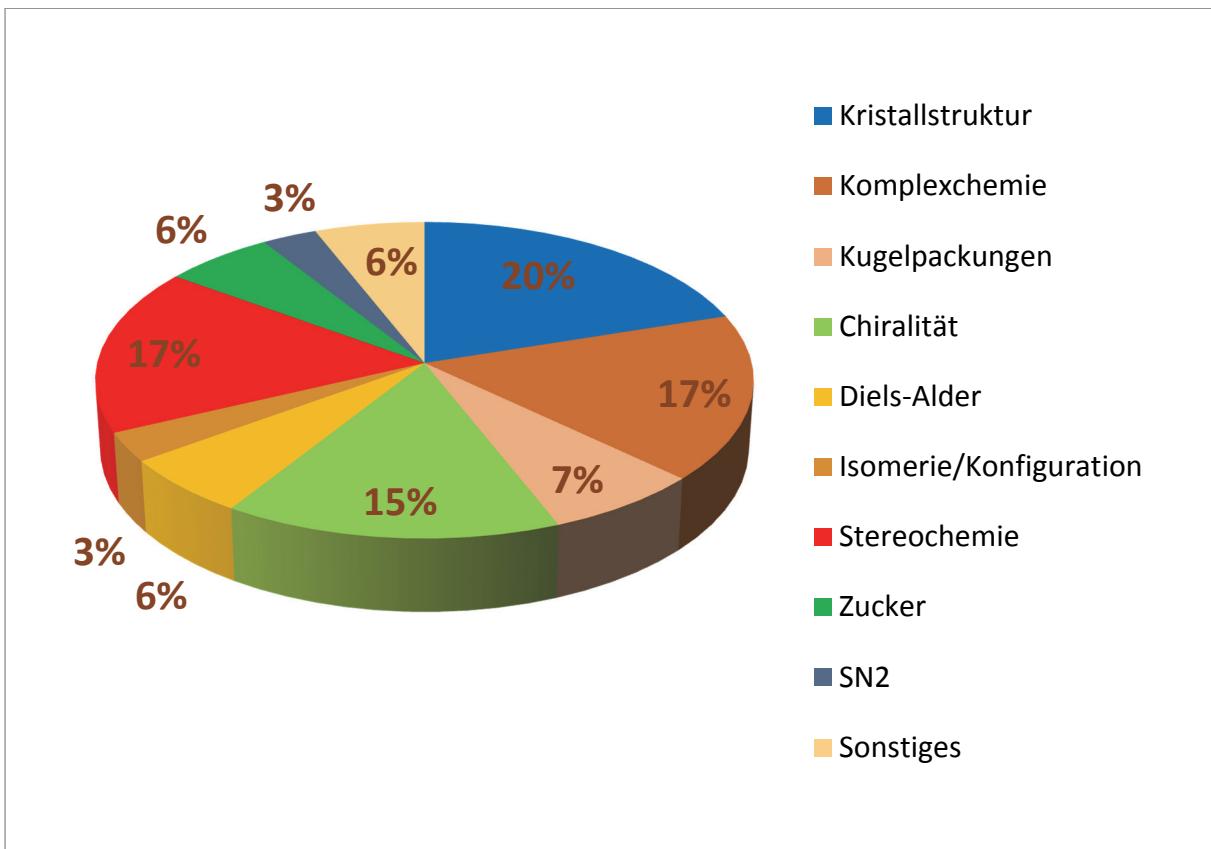
5. In meiner Schulzeit wurde mir beigebracht, wie man mit Strukturmodellen arbeitet.



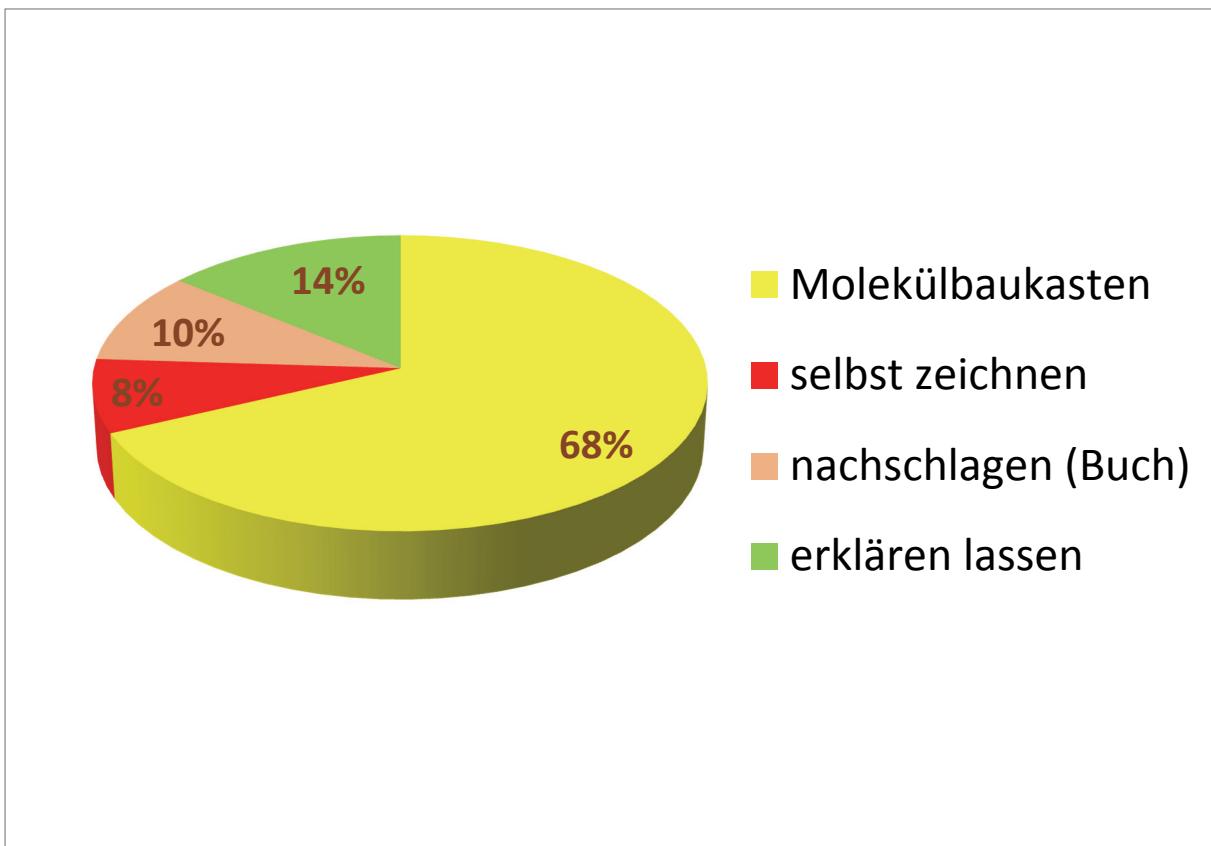
Der letzte Befund ist erstaunlich. Wir gehen davon aus, dass Mädchen und Jungen in der Schule überwiegend gemeinsam unterrichtet werden. Es sollten eigentlich keine Unterschiede für Kenntnisse im Umgang mit Strukturmodellen vorliegen. Oder?

Quintessenz: Im Unterricht und im Studium müssen räumliche Fähigkeiten trainiert werden.

Wir haben die Studis gefragt, wo der Schuh am meisten drückt:



Zudem wollten wir wissen, mit welchen Tricks und Hilfen sich die Leute in kniffligen Situationen weiterhelfen. Der **Molekülbaukasten** kam dabei ziemlich gut weg:



Coaching Buddy

Info | 3

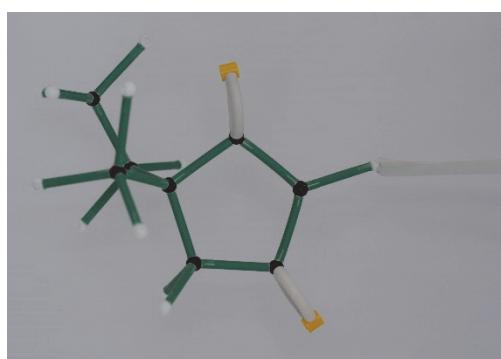
Wir haben zwei **Literaturtipps** für dich:

- Im Themenheft „Chemie gendersensibel unterrichten“ (2016, Nr. 151, S. 24ff.) der Zeitschrift **Unterricht Chemie**, findest du einen ausführlichen Beitrag von Markus Prechtl, der zu unserem Coaching Buddy Hintergrundinformationen liefert. Der Titel lautet: **Moleküle mental kontruiieren – Gendersensible Förderung räumlicher Fähigkeiten im Chemieunterricht**. Diese Publikation dürfte vor allem für (angehende) Lehrerinnen und Lehrer interessant sein.
- Die Zeitschrift **Chemie in unserer Zeit** (DOI: 10.1002/ciuz.201200579, 2012, S. 294-301) bietet einen extrem-guten Aufsatz von Anne Rüger, Joshua Kramer, Stefan Seifermann, Mark Busch, Thierry Muller & Stefan Bräse: **Bild und Spiegelbild im Alltag. Händigkeit – leben in einer chiralen Welt**. Im Internet (www.chiuz.de) findest du dazu noch geniales Supporting Material.

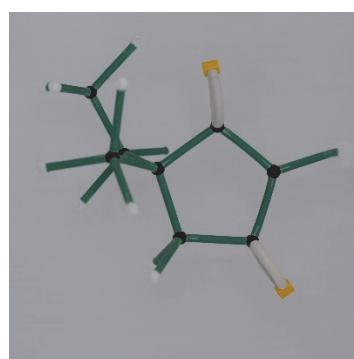


Info | 4

Für alle, die's interessiert: So wurden die **Fotos** der MOLYMOD- und MINIT-Moleküle erstellt.



Schritt 1:
Das Molekül-Modell wird an einem weißen Stäbchen befestigt und von allen Seiten aus fotografiert.



Schritt 2:
Das Stäbchen wird aus dem Bild retuschiert.

Coaching Buddy

Inhalt | 1: Tests

Mentale Rotation von Schlauchfiguren
Rotation von MINIT- und MOLYMOD-
Molekülstrukturen
Soma-Würfel
Lösungen zu den Tests

Inhalt | 2: Tricks

Stereochemie mit dem
Geometriespiegel
Rund um den Tetraeder
Allerlei Drehoperationen
Spieglein, Spieglein ... Enantiomere
Bestimmung der absoluten Konfiguration
von chiralen Molekülen nach CIP
Newman-Special
Kohlenhydrat-Special

Inhalt | 3: Tipps

Spiele zur Schulung
räumlicher Fähigkeiten
Online-Games zur Schulung
räumlicher Fähigkeiten
Fundstück im WWW

Coaching Buddy

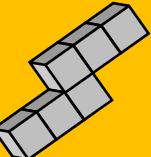
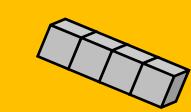
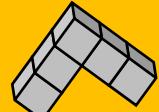
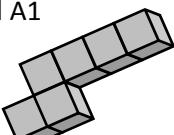
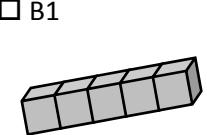
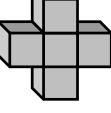
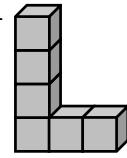
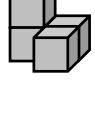
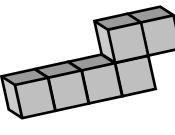
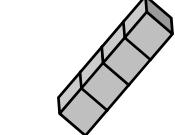
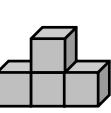
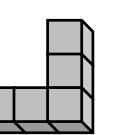
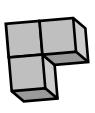
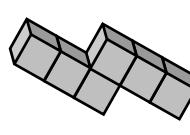
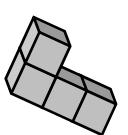
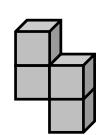
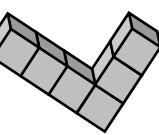
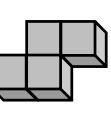
Inhalt | 1: Tests



Mentale Rotation von Schlauchfiguren

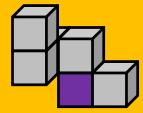
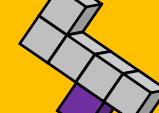
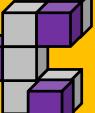
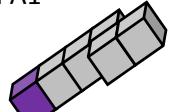
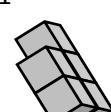
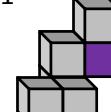
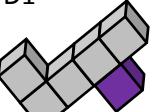
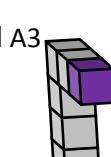
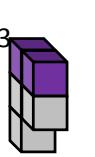
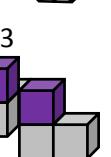
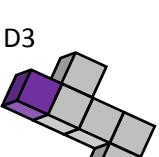
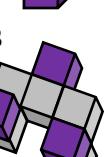
Aufgabe 1:

Nur eine Struktur (1-3) pro Aufgabe (A-E) kann durch Drehung in das Original überführt werden. Welche?

A	B	C	D	E
				
<input type="checkbox"/> A1 	<input type="checkbox"/> B1 	<input type="checkbox"/> C1 	<input type="checkbox"/> D1 	<input type="checkbox"/> E1 
<input type="checkbox"/> A2 	<input type="checkbox"/> B2 	<input type="checkbox"/> C2 	<input type="checkbox"/> D2 	<input type="checkbox"/> E2 
<input type="checkbox"/> A3 	<input type="checkbox"/> B3 	<input type="checkbox"/> C3 	<input type="checkbox"/> D3 	<input type="checkbox"/> E3 

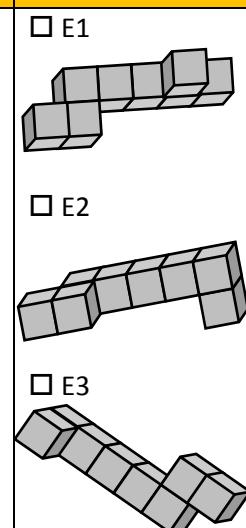
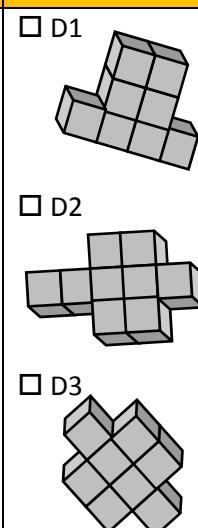
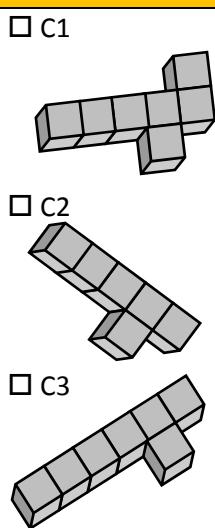
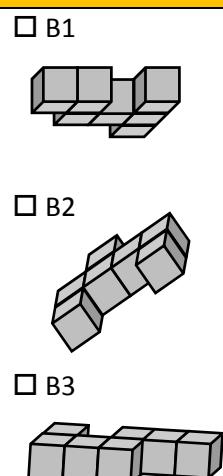
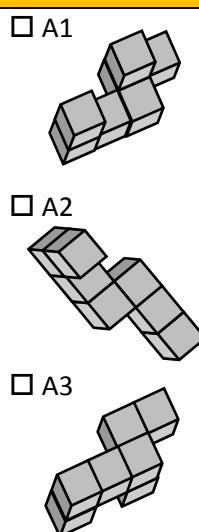
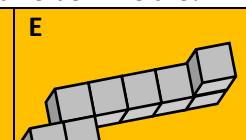
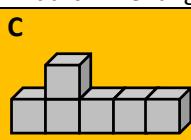
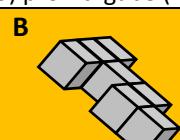
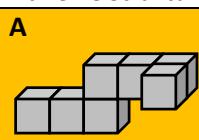
Aufgabe 2:

Nur eine Struktur (1-3) pro Aufgabe (A-E) kann durch Drehung in das Original überführt werden. Welche?

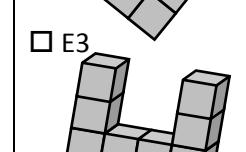
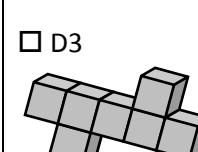
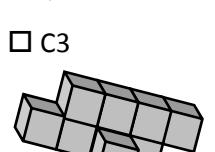
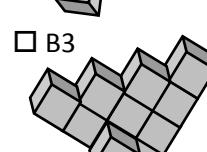
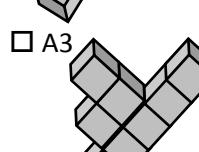
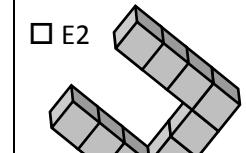
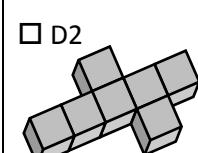
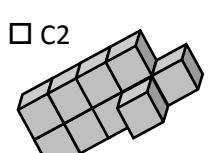
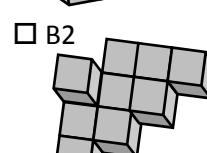
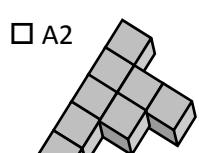
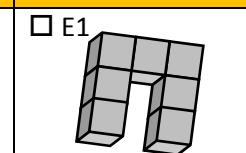
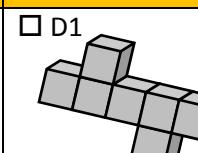
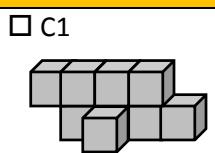
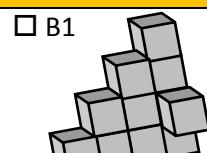
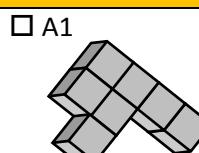
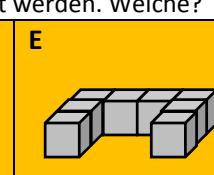
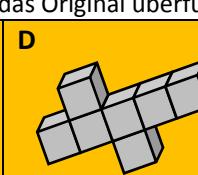
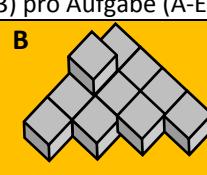
A	B	C	D	E
				
<input type="checkbox"/> A1 	<input type="checkbox"/> B1 	<input type="checkbox"/> C1 	<input type="checkbox"/> D1 	<input type="checkbox"/> E1 
<input type="checkbox"/> A2 	<input type="checkbox"/> B2 	<input type="checkbox"/> C2 	<input type="checkbox"/> D2 	<input type="checkbox"/> E2 
<input type="checkbox"/> A3 	<input type="checkbox"/> B3 	<input type="checkbox"/> C3 	<input type="checkbox"/> D3 	<input type="checkbox"/> E3 

Aufgabe 3:

Nur eine Struktur (1-3) pro Aufgabe (A-E) kann durch Drehung in das Original überführt werden. Welche?

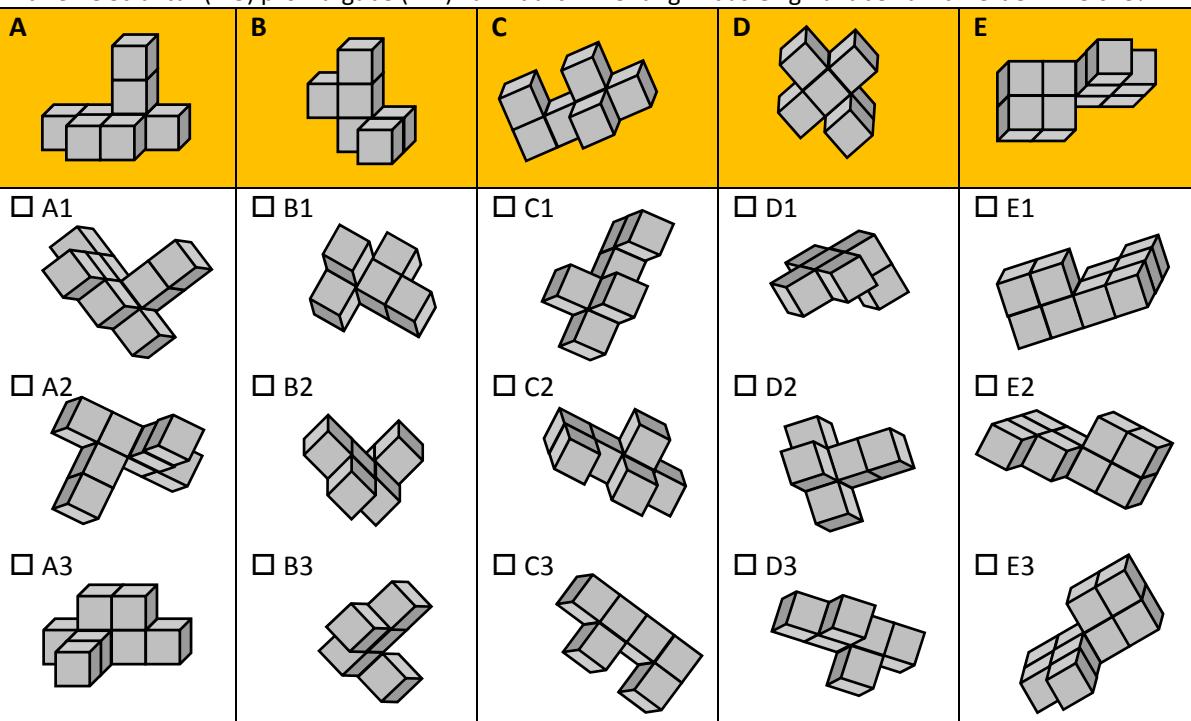
**Aufgabe 4:**

Nur eine Struktur (1-3) pro Aufgabe (A-E) kann durch Drehung in das Original überführt werden. Welche?

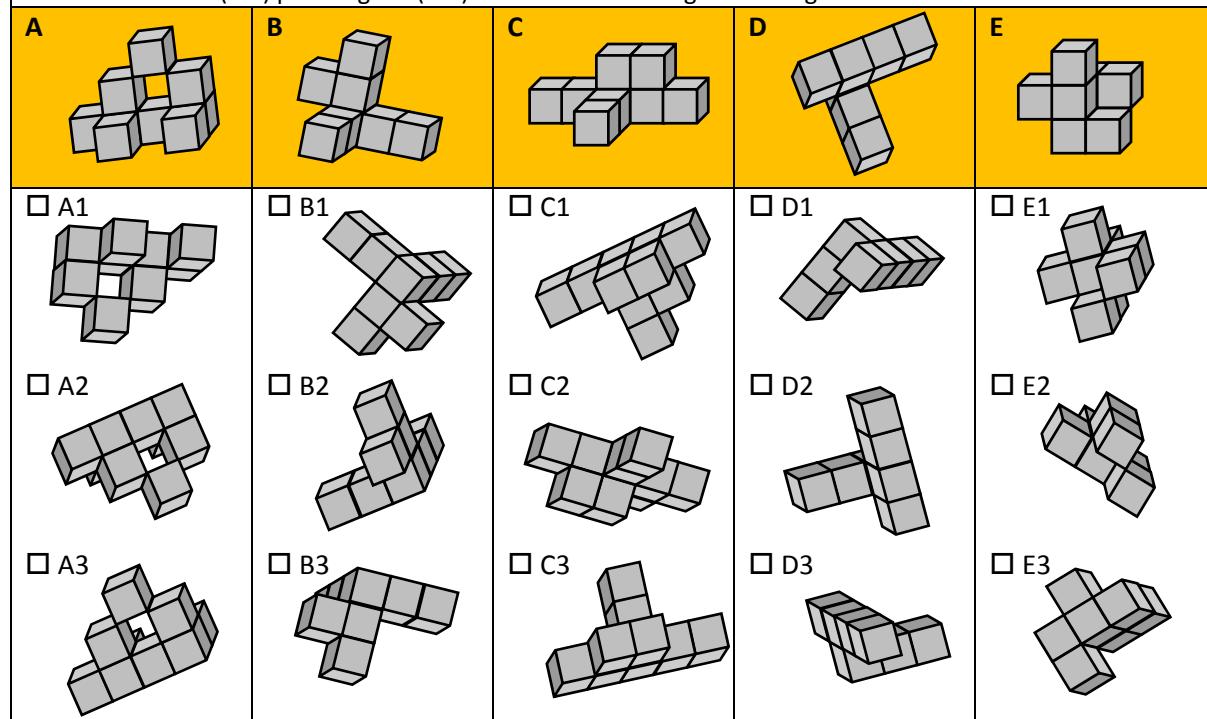


Aufgabe 5:

Nur eine Struktur (1-3) pro Aufgabe (A-E) kann durch Drehung in das Original überführt werden. Welche?

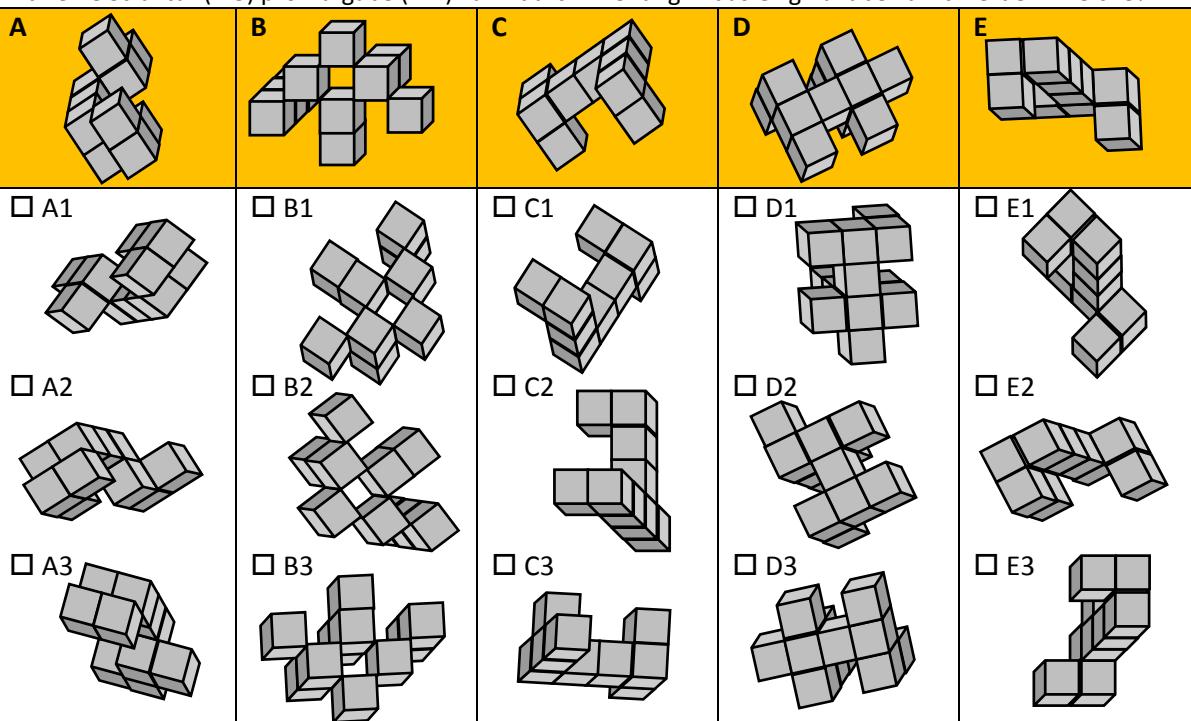
**Aufgabe 6:**

Nur eine Struktur (1-3) pro Aufgabe (A-E) kann durch Drehung in das Original überführt werden. Welche?

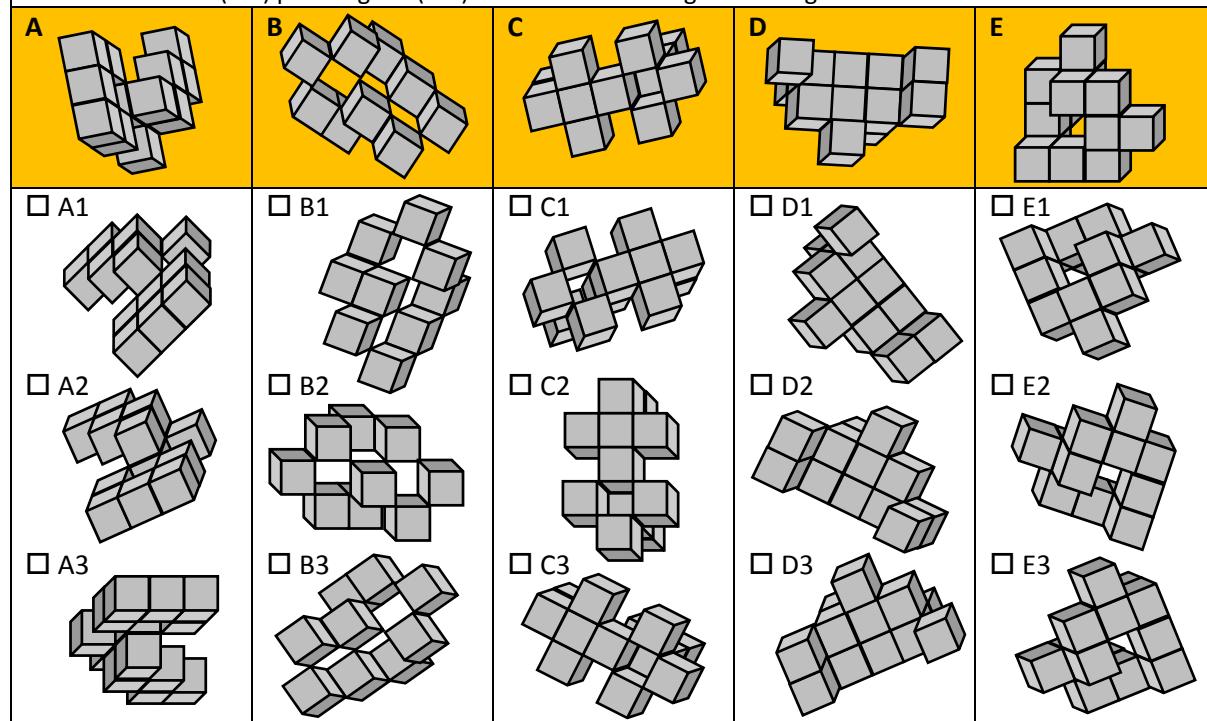


Aufgabe 7:

Nur eine Struktur (1-3) pro Aufgabe (A-E) kann durch Drehung in das Original überführt werden. Welche?

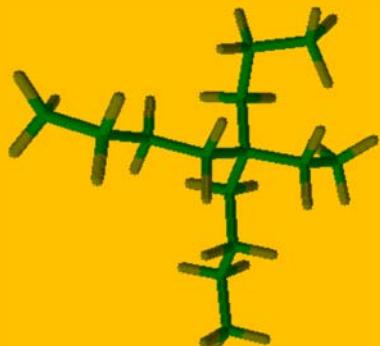
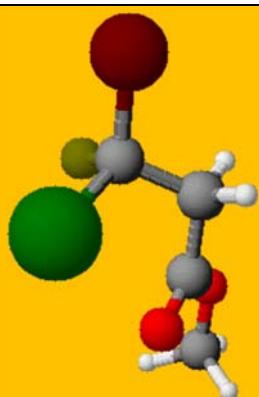
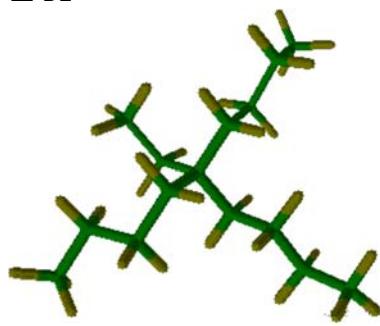
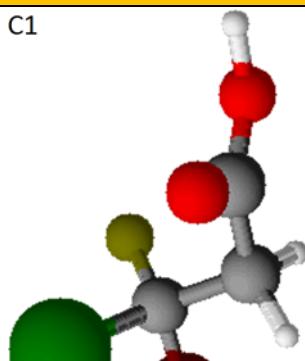
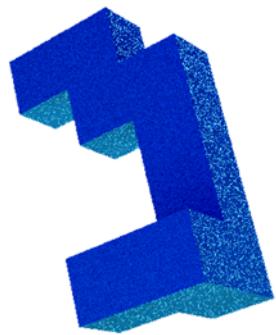
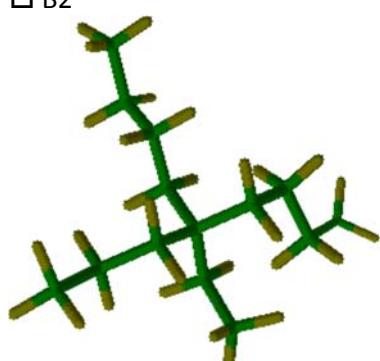
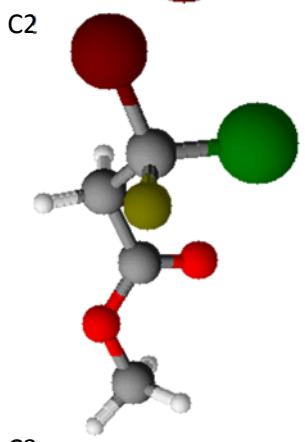
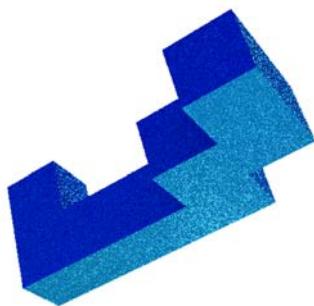
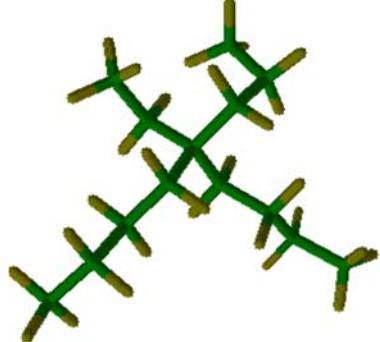
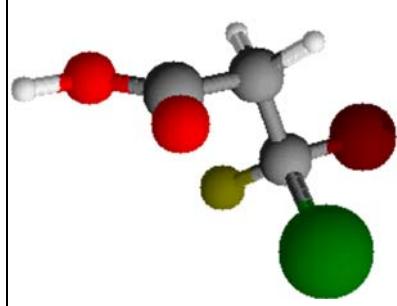
**Aufgabe 8:**

Nur eine Struktur (1-3) pro Aufgabe (A-E) kann durch Drehung in das Original überführt werden. Welche?



Aufgabe 9:

Nur eine Struktur (1-3) pro Aufgabe (A-E) kann durch Drehung in das Original überführt werden. Welche?

A**B****C** A1 B1 C1 A2 B2 C2 A3 B3 C3

Rotation von MINIT- und MOLYMOD-Molekülstrukturen

Im Folgenden siehst du immer Bilder desselben Moleküls. Es wurde von verschiedenen Standpunkten aus fotografiert. Deine Aufgaben:

- Gib anhand der Fotografien an, aus welcher Richtung die Bilder B und C im direkten Vergleich mit Bild A fotografiert wurden.
- Baue die Moleküle mit dem MINIT- oder dem MOLYMOD-Molekülbaukasten nach. Drehe sie mit der Hand in die Position von Bild A und dann in die Position von Bild B bzw. Bild C. Überprüfe auf diese Weise, ob deine Angaben richtig waren.

Es werden folgende Abkürzungen verwendet:

o für oben, **u** für unten, **l** für links, **r** für rechts und **h** für hinten

Aufgabe 1



1A

1B

1C

Im Vergleich zu Bild 1A wurde Bild
1B von diesem Standpunkt aus
fotografiert:

o u l r h

Im Vergleich zu Bild 1A wurde Bild
1C von diesem Standpunkt aus
fotografiert:

o u l r h

Aufgabe 2



2A

2B

2C

Im Vergleich zu Bild 2A wurde Bild
2B von diesem Standpunkt aus
fotografiert:

o u l r h

Im Vergleich zu Bild 2A wurde Bild
2C von diesem Standpunkt aus
fotografiert:

o u l r h

Aufgabe 3



3A



3B



3C

Im Vergleich zu Bild 3A wurde Bild 3B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

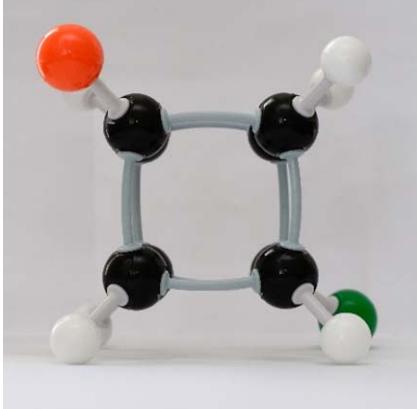
Im Vergleich zu Bild 3A wurde Bild 3C von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 4



4A



4B



4C

Im Vergleich zu Bild 4A wurde Bild 4B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Im Vergleich zu Bild 4A wurde Bild 4C von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 5



5A



5B



5C

Im Vergleich zu Bild 5A wurde Bild 5B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Im Vergleich zu Bild 5A wurde Bild 5C von diesem Standpunkt aus fotografiert:

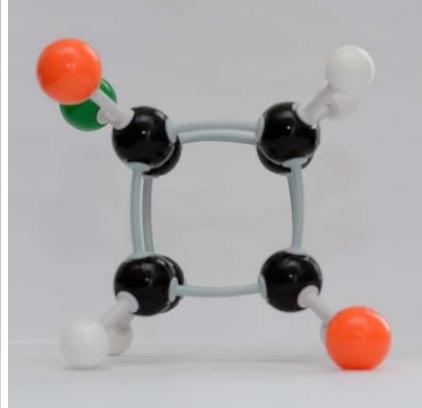
- o u l r h

Aufgabe 6

6A



6B



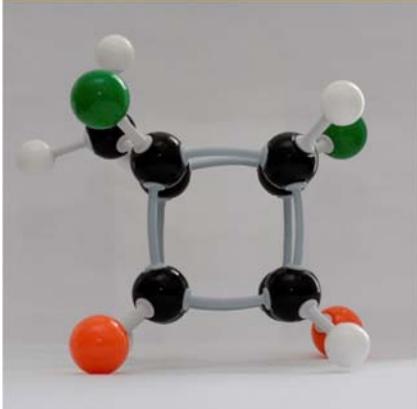
6C

Im Vergleich zu Bild 6A wurde Bild 6B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

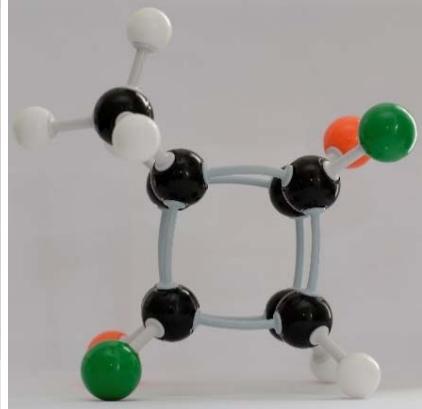
- o u l r h

Im Vergleich zu Bild 6A wurde Bild 6C von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 7

7A



7B



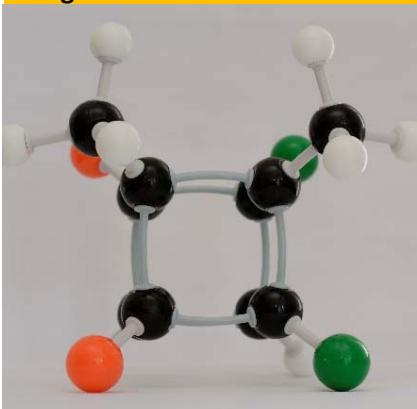
7C

Im Vergleich zu Bild 7A wurde Bild 7B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

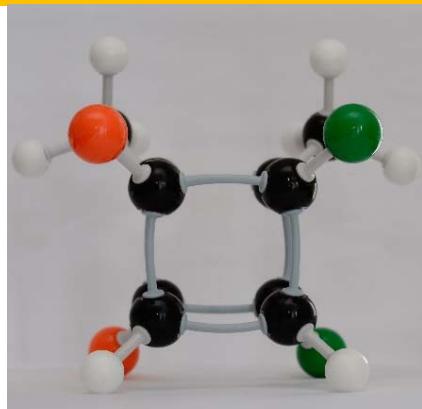
- o u l r h

Im Vergleich zu Bild 7A wurde Bild 7C von diesem Standpunkt aus fotografiert:

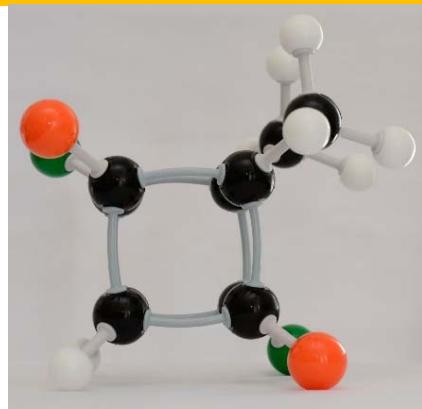
- o u l r h

Aufgabe 8

8A



8B



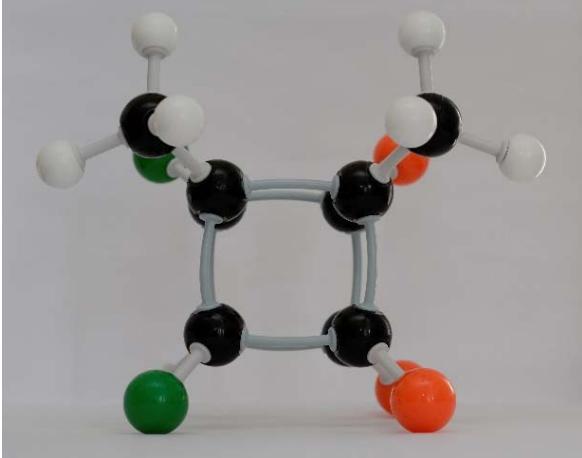
8C

Im Vergleich zu Bild 8A wurde Bild 8B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

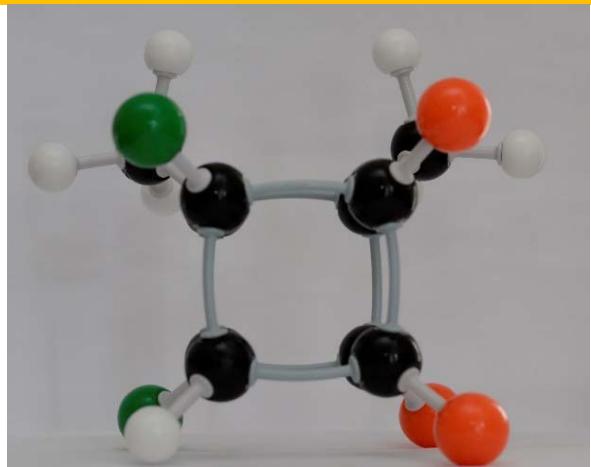
- o u l r h

Im Vergleich zu Bild 8A wurde Bild 8C von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 9

9A



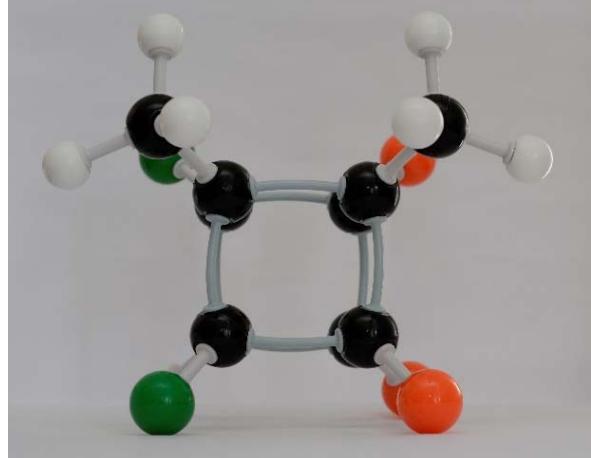
9B

Im Vergleich zu Bild 9A wurde Bild 9B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 10

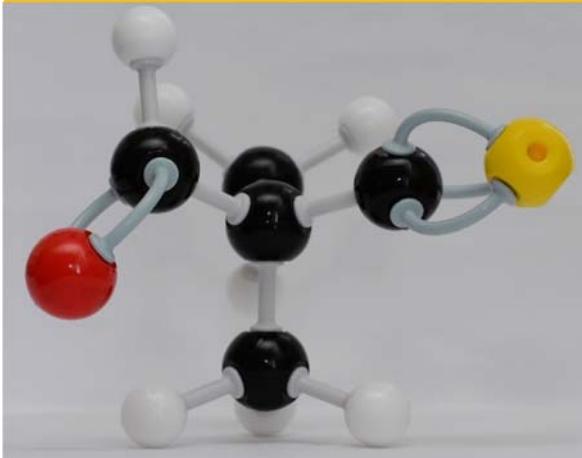
10A



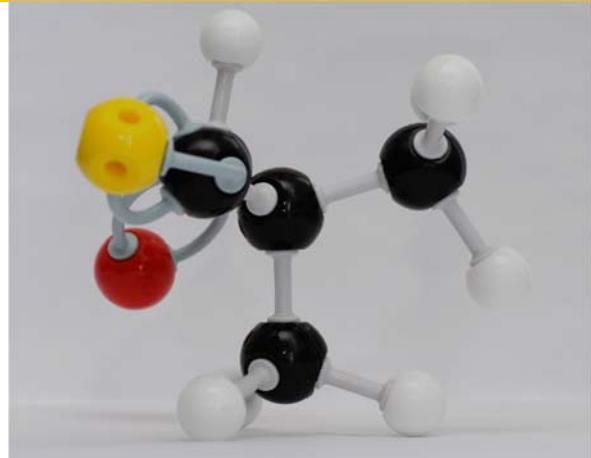
10B

Im Vergleich zu Bild 10A wurde Bild 10B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 11

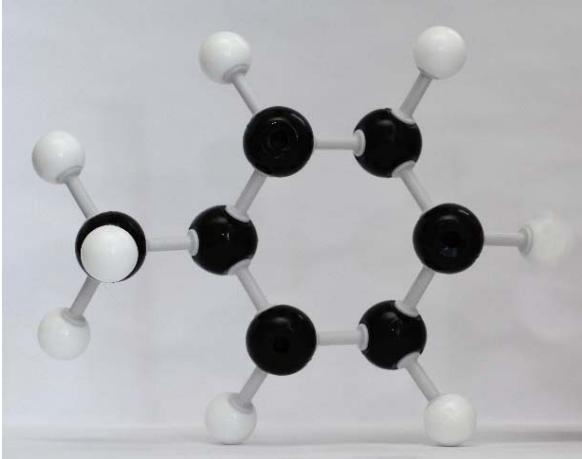
11A



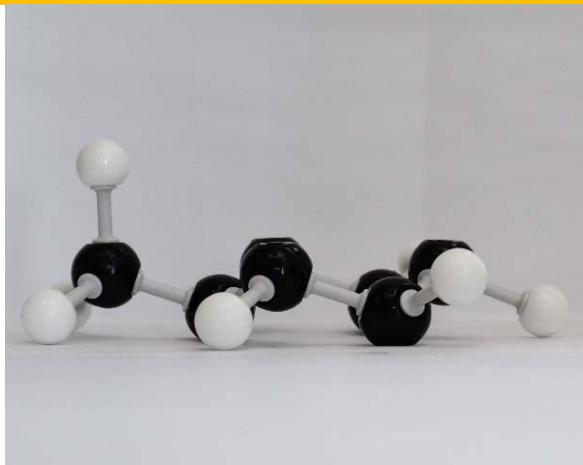
11B

Im Vergleich zu Bild 11A wurde Bild 11B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 12

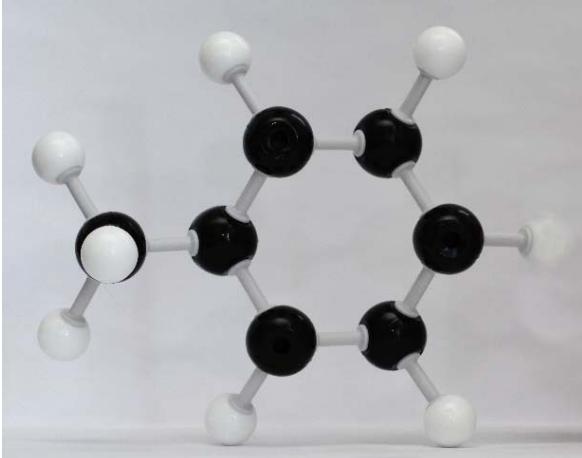
12A



12B

Im Vergleich zu Bild 12A wurde Bild 12B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 13

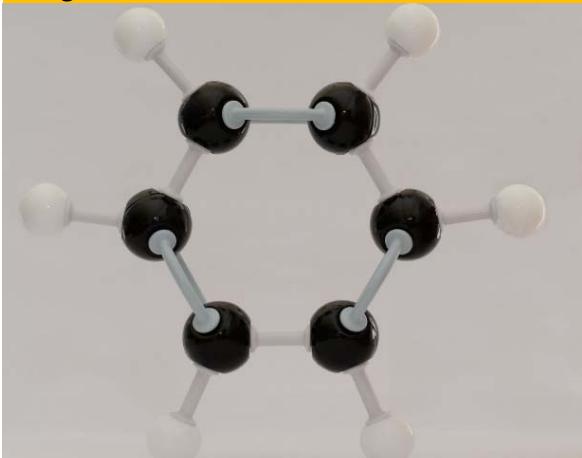
13A



13B

Im Vergleich zu Bild 13A wurde Bild 13B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 14

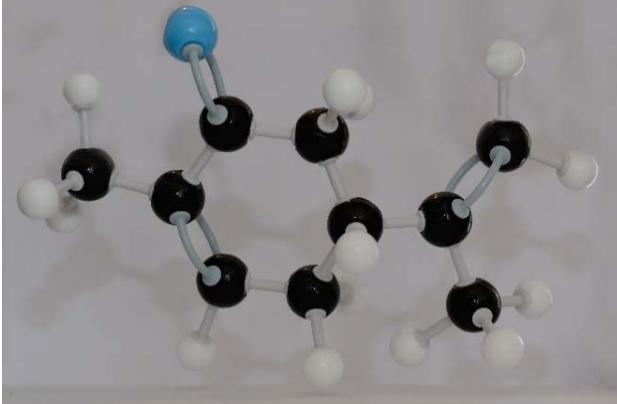
14A



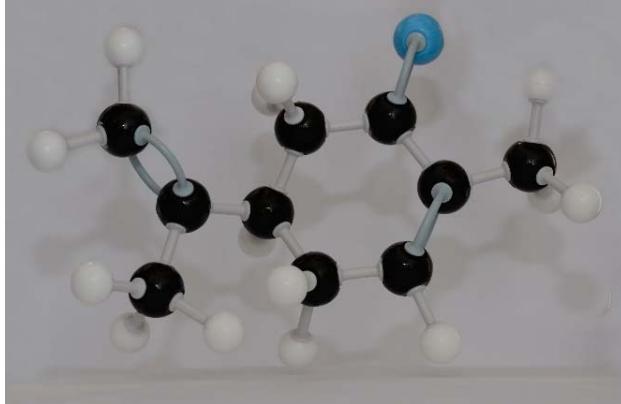
14B

Im Vergleich zu Bild 14A wurde Bild 14B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 15

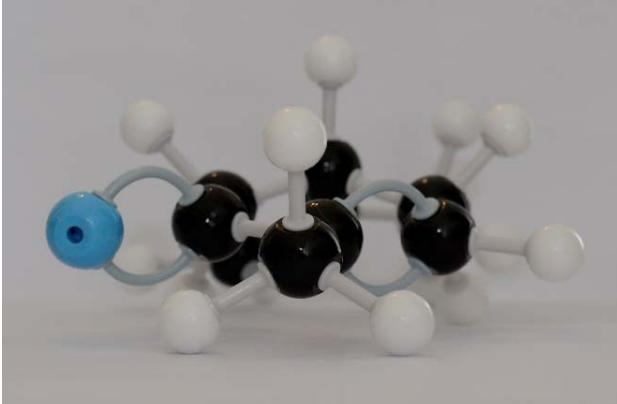
15A



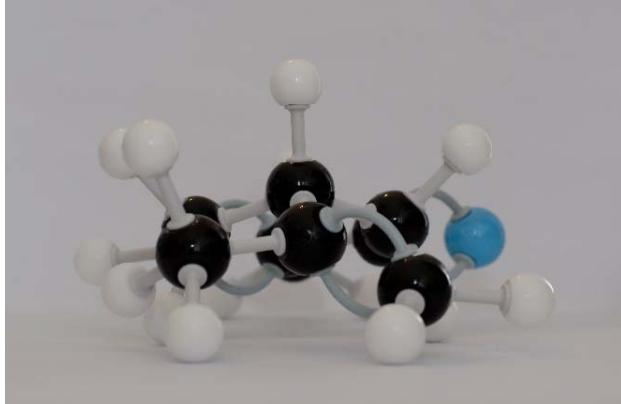
15B

Im Vergleich zu Bild 15A wurde Bild 15B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 16

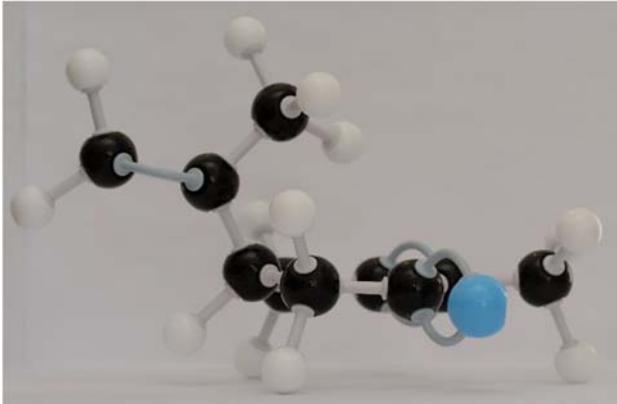
16A



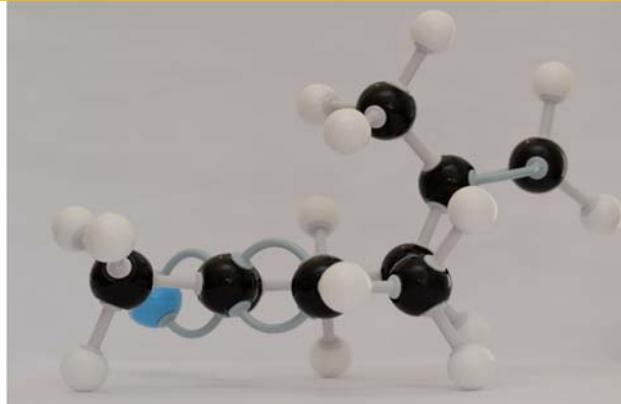
16B

Im Vergleich zu Bild 16A wurde Bild 16B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 17

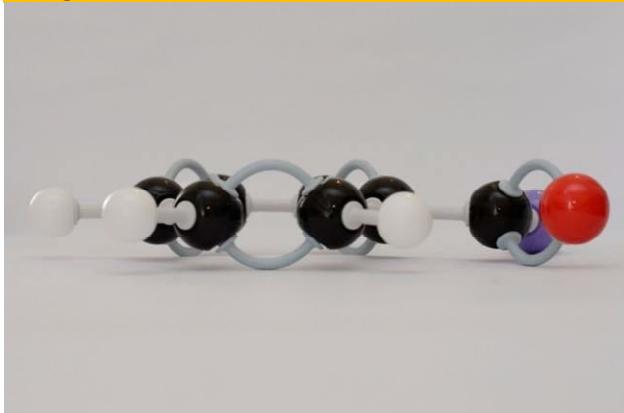
17A



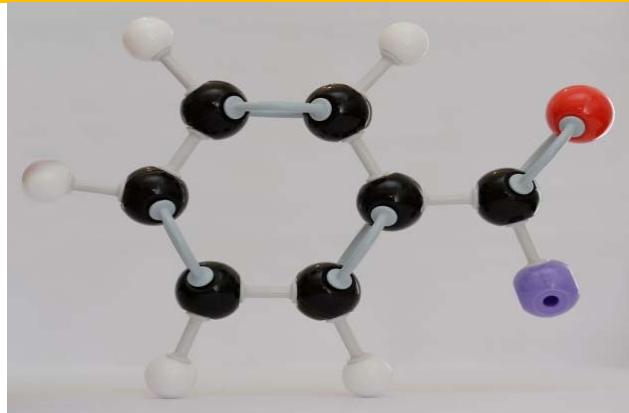
17B

Im Vergleich zu Bild 17A wurde Bild 17B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 18

18A

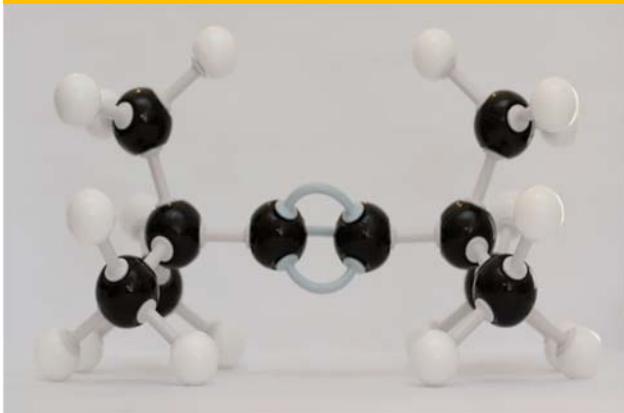


18B

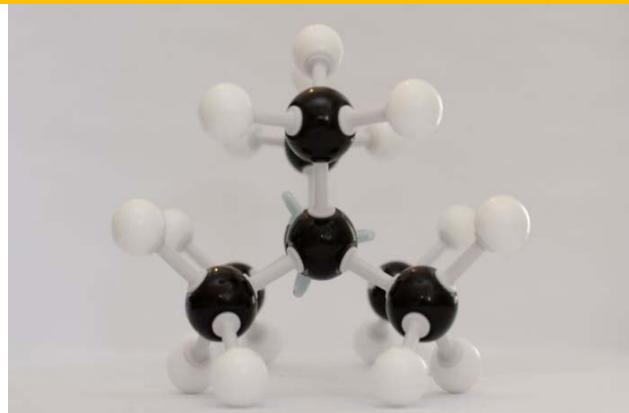
Im Vergleich zu Bild 18A wurde Bild 18B

von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 19

19A

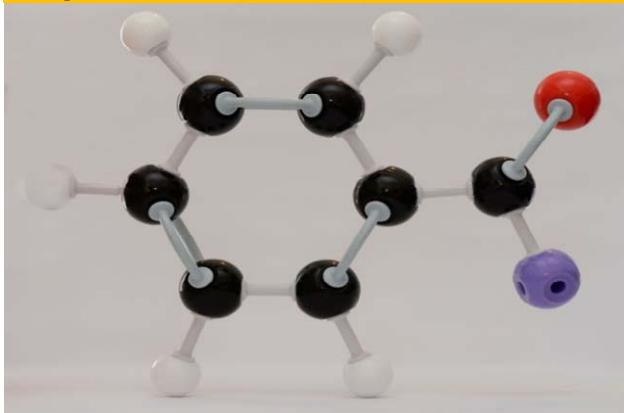


19B

Im Vergleich zu Bild 19A wurde Bild 19B

von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 20

20A



20B

Im Vergleich zu Bild 20A wurde Bild 20B

von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 21

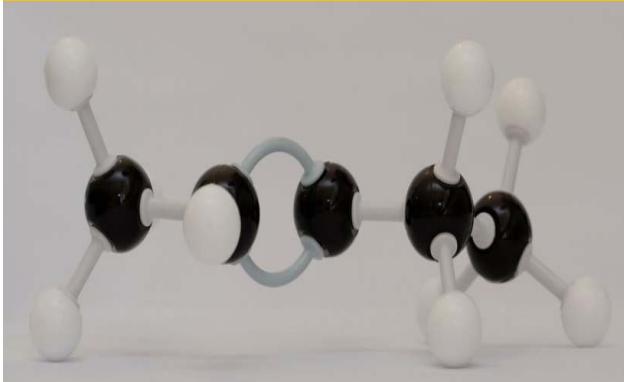
21A



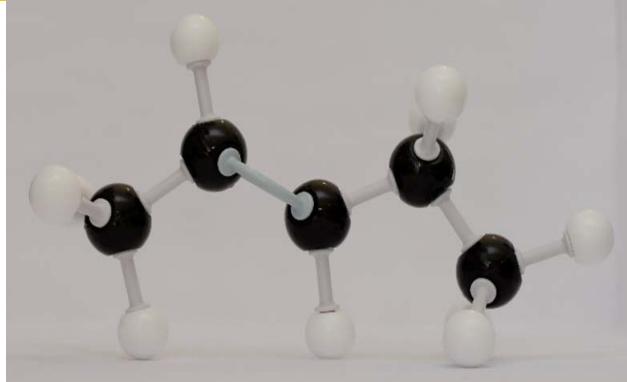
21B

Im Vergleich zu Bild 21A wurde Bild 21B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 22

22A



22B

Im Vergleich zu Bild 22A wurde Bild 22B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 23

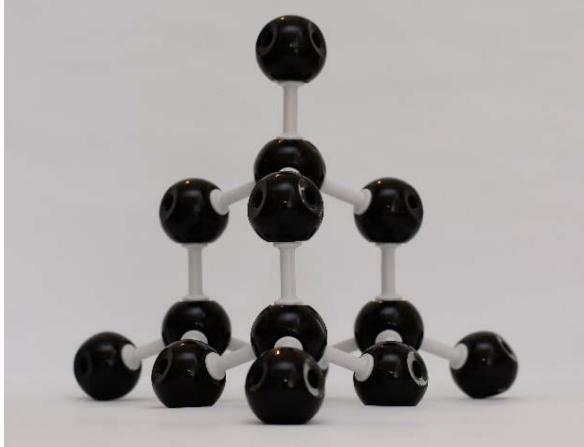
23A



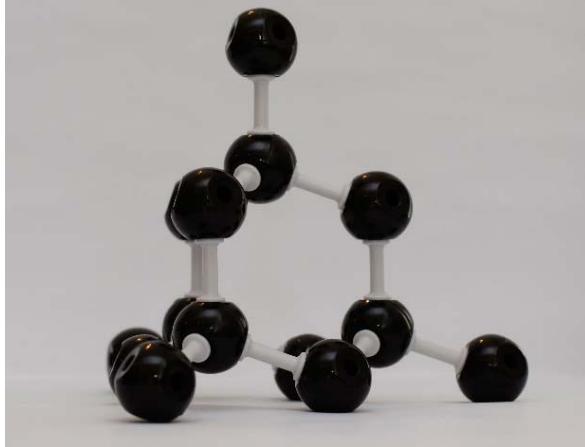
23B

Im Vergleich zu Bild 23A wurde Bild 23B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 24

24A



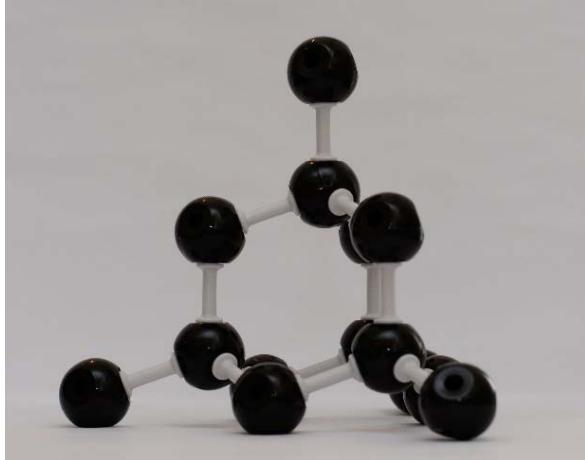
24B

Im Vergleich zu Bild 24A wurde Bild 24B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 25

25A



25B

Im Vergleich zu Bild 25A wurde Bild 25B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 26

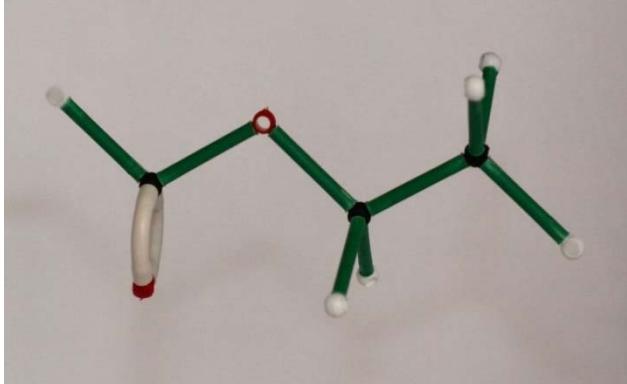
26A



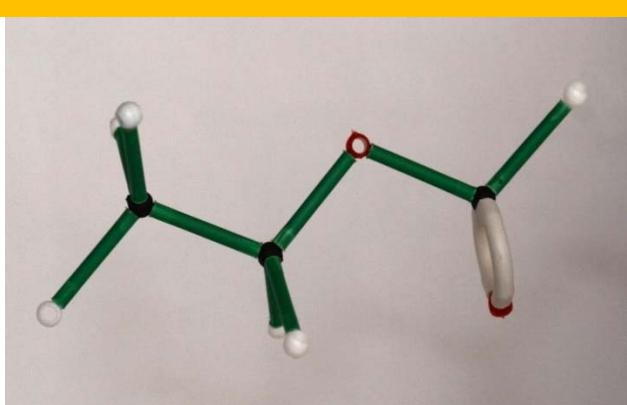
26B

Im Vergleich zu Bild 26A wurde Bild 26B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 27

27A

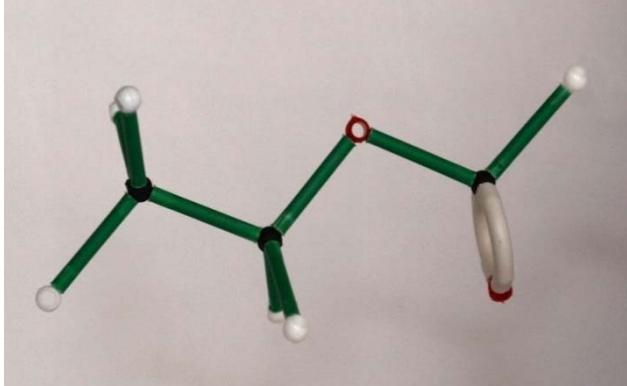


27B

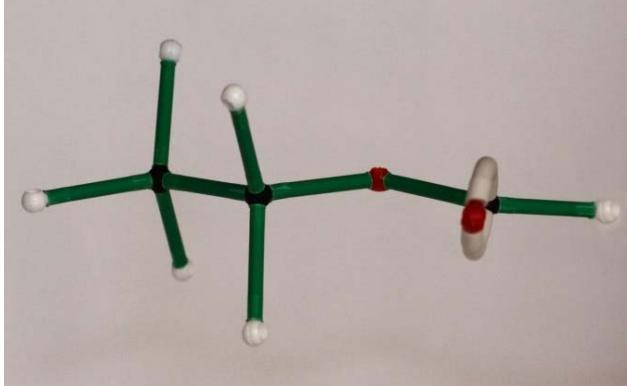
Im Vergleich zu Bild 27A wurde Bild 27B

von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 28

28A

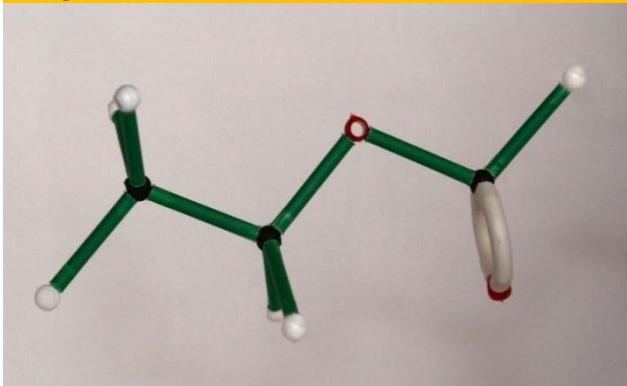


28B

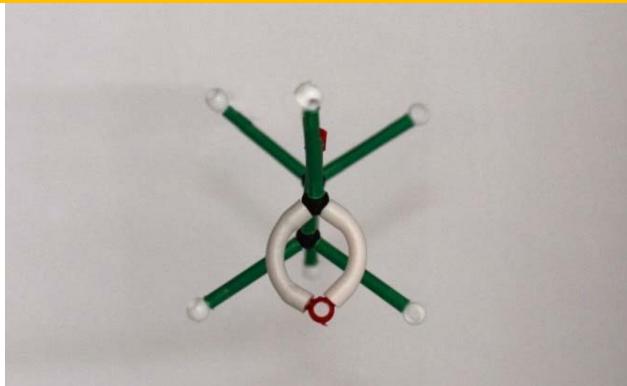
Im Vergleich zu Bild 28A wurde Bild 28B

von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 29

29A

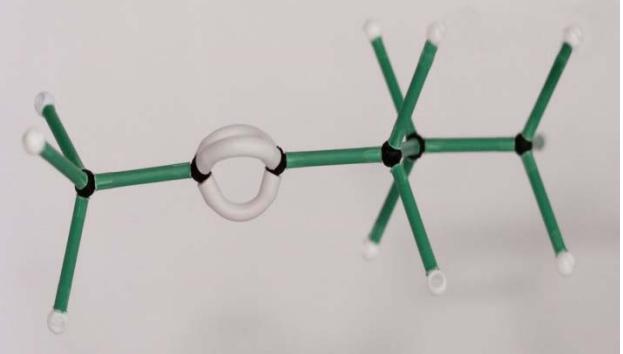


29B

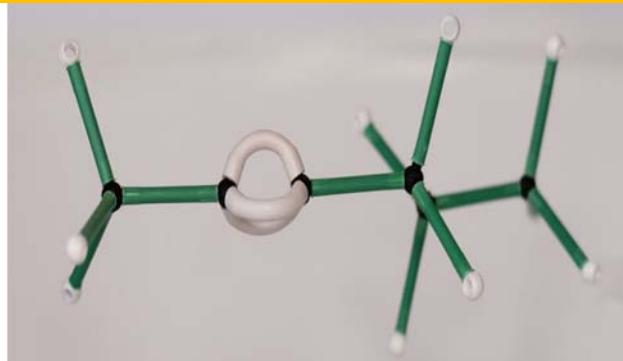
Im Vergleich zu Bild 29A wurde Bild 29B

von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 30

30A



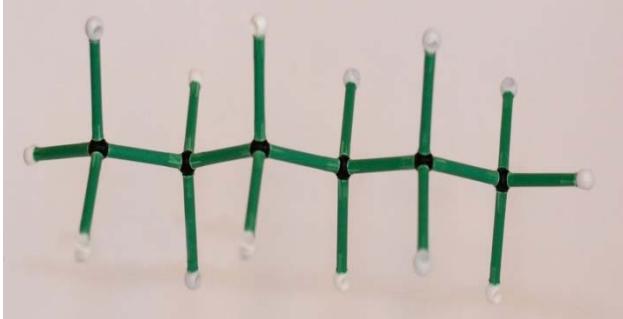
30B

Im Vergleich zu Bild 30A wurde Bild 30B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 31

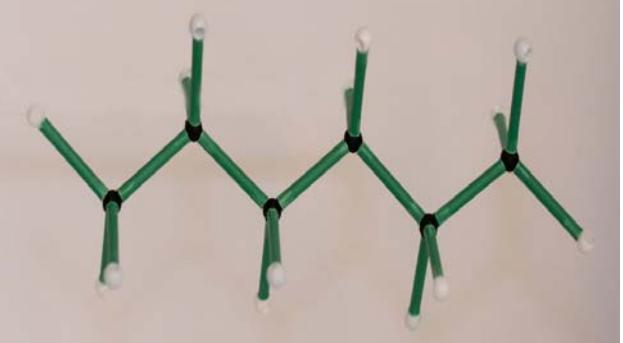
31A



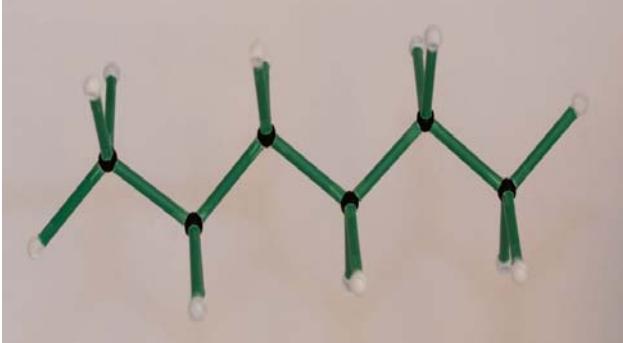
31B

Im Vergleich zu Bild 31A wurde Bild 31B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 32

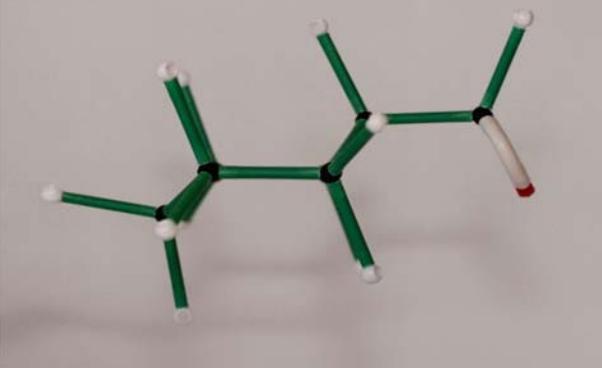
32A



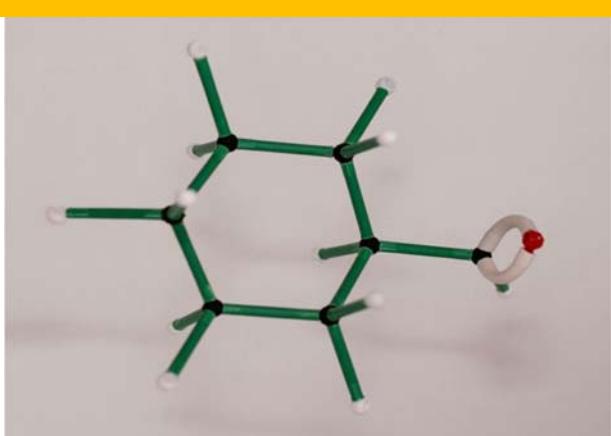
32B

Im Vergleich zu Bild 32A wurde Bild 32B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 33

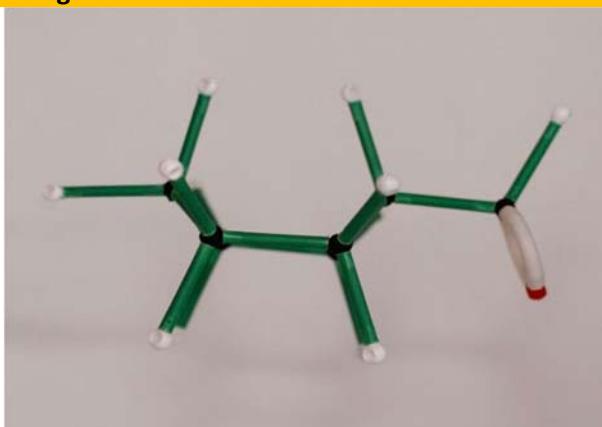
33A



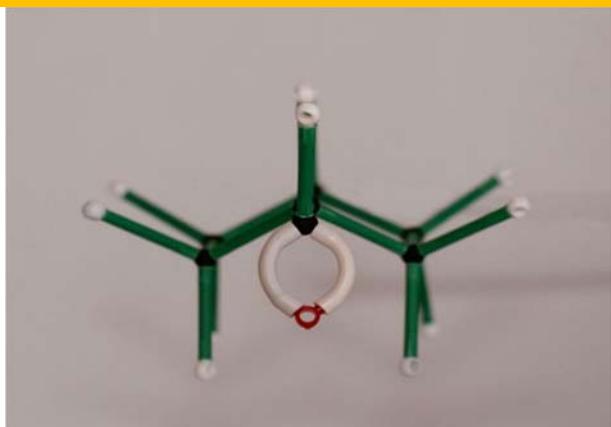
33B

Im Vergleich zu Bild 33A wurde Bild 33B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 34

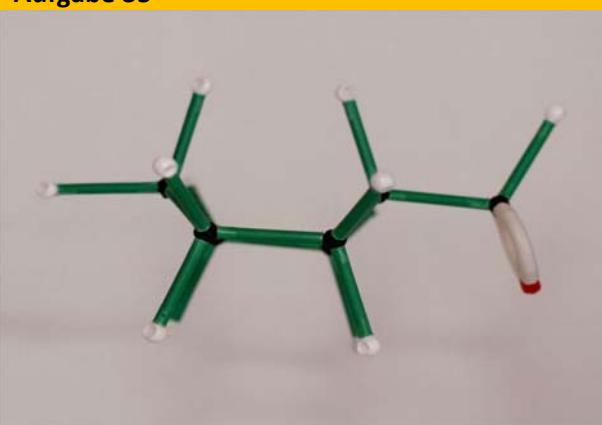
34A



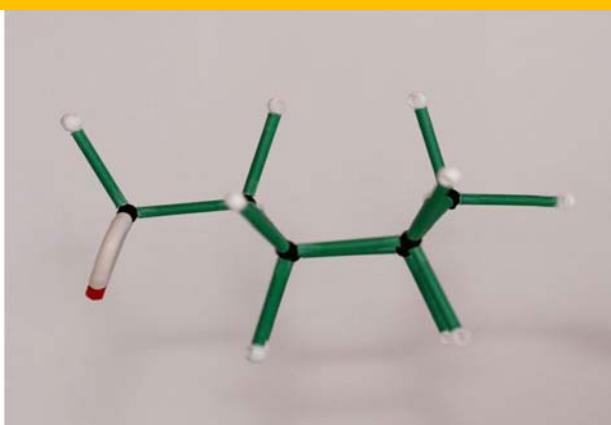
34B

Im Vergleich zu Bild 34A wurde Bild 34B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Aufgabe 35

35A



35B

Im Vergleich zu Bild 35A wurde Bild 35B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o u l r h

Zweifache Rotation von MINIT- und MOLYMOD-Molekülstrukturen

Im Folgenden siehst du immer Bilder desselben Moleküls. Es wurde von verschiedenen Standpunkten aus fotografiert. Deine Aufgaben:

- Gib anhand der Fotografien an, aus welcher Richtung die Bilder B und C im direkten Vergleich mit Bild A fotografiert wurden.
- Baue die Moleküle mit dem MINIT- oder dem MOLYMOD-Molekülbaukasten nach. Drehe sie mit der Hand in die Position von Bild A und dann in die Position von Bild B bzw. Bild C. Überprüfe auf diese Weise, ob deine Angaben richtig waren.

Es werden folgende Abkürzungen verwendet: **o** für oben, **u** für unten, **l** für links, **r** für rechts und **h** für hinten

Achtung: Die Moleküle wurden **zweimal** gedreht.

Aufgabe 36



36A

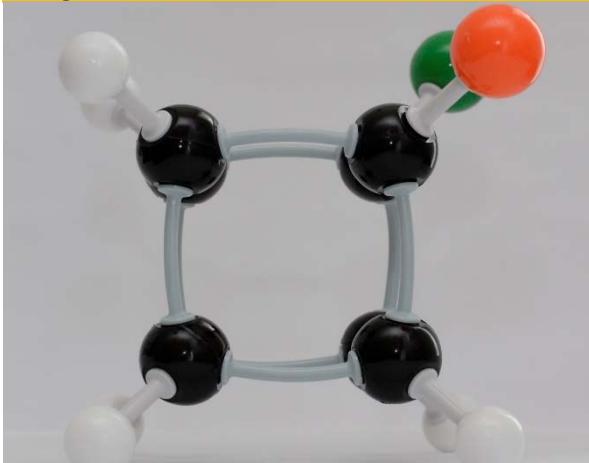


36B

Im Vergleich zu Bild 36A wurde Bild 36B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

o,h l,u h,r

Aufgabe 37



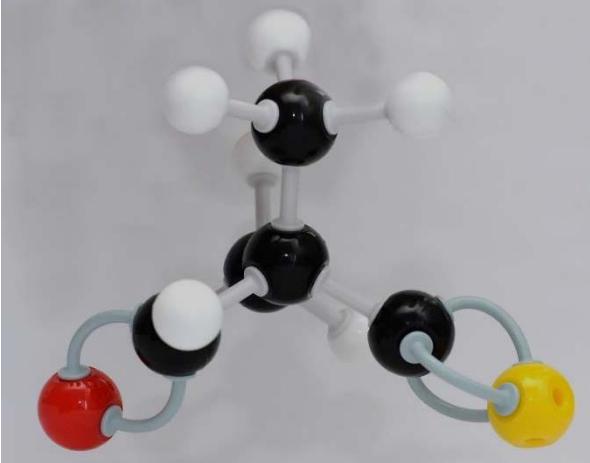
37A



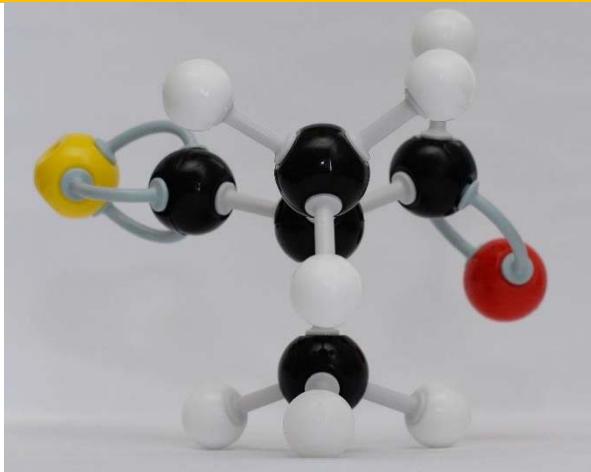
37B

Im Vergleich zu Bild 37A wurde Bild 37B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

r,h r,o r,u

Aufgabe 38

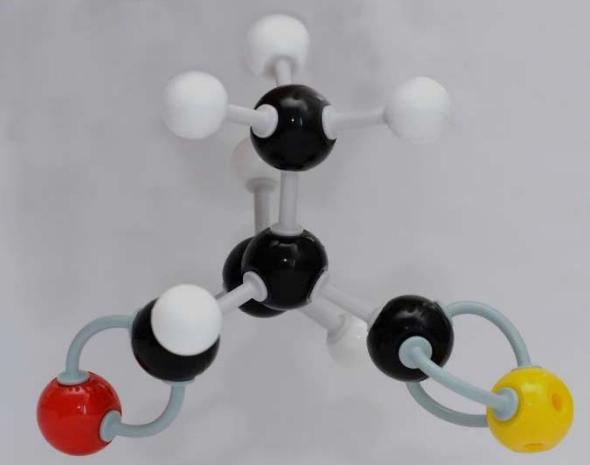
38A



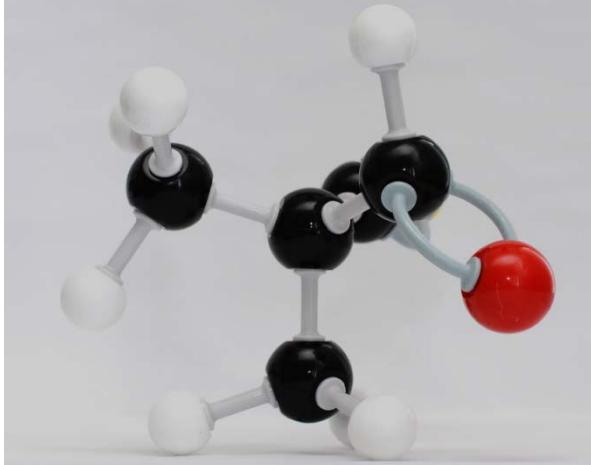
38B

Im Vergleich zu Bild 38A wurde Bild 38B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o,l u,h h,r

Aufgabe 39

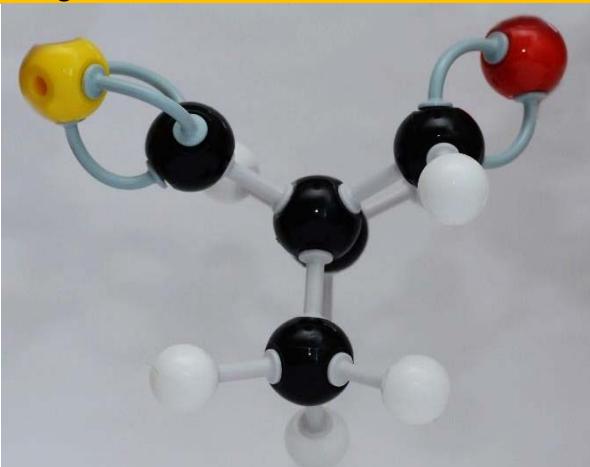
39A



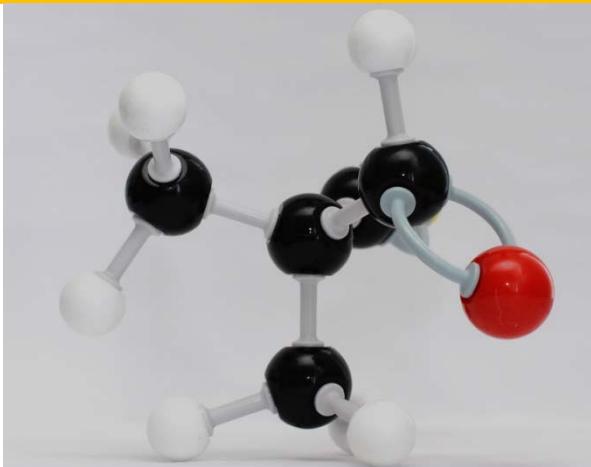
39B

Im Vergleich zu Bild 39A wurde Bild 39B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- o,l r,h u,l

Aufgabe 40

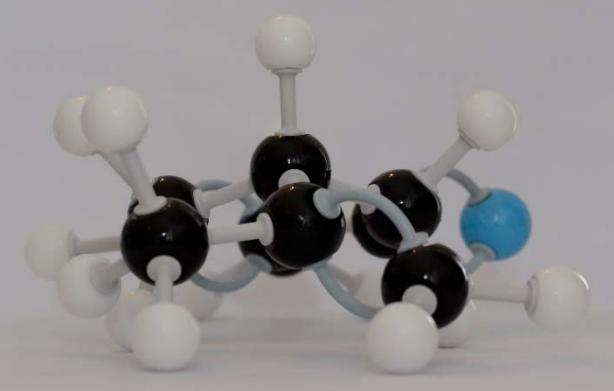
40A



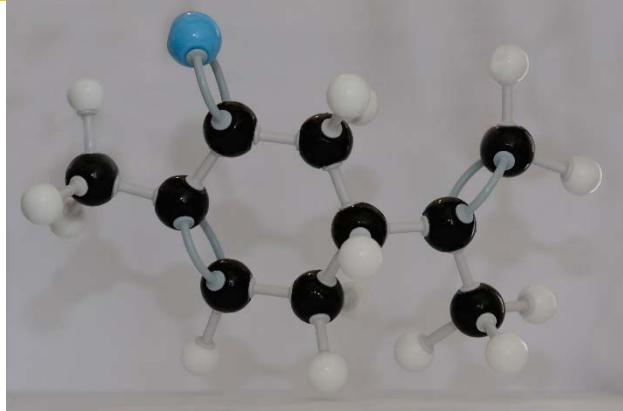
40B

Im Vergleich zu Bild 40A wurde Bild 40B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- u,r o,r o,h

Aufgabe 41

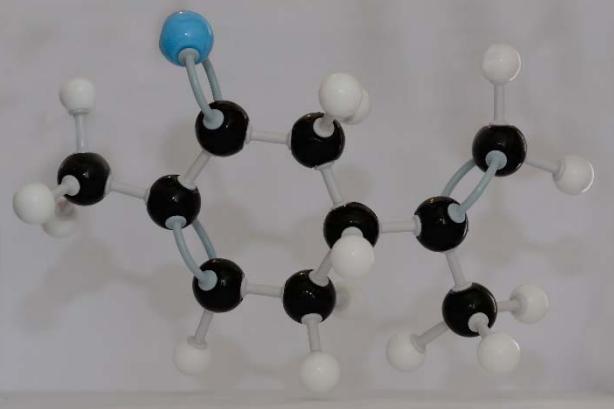
41A



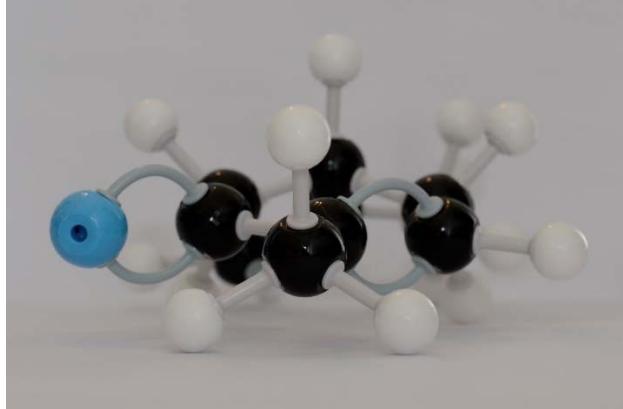
41B

Im Vergleich zu Bild 41A wurde Bild 41B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- l,o r,l u,h

Aufgabe 42

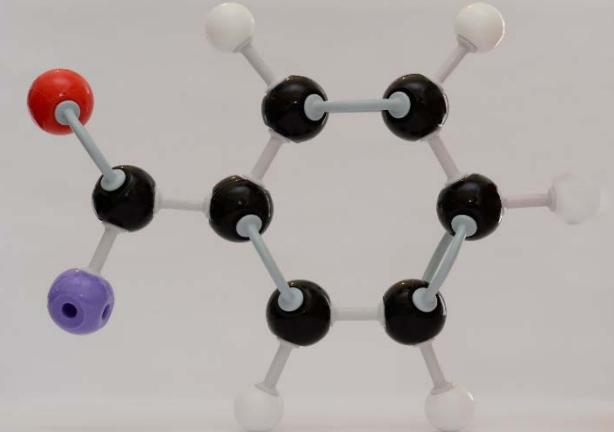
42A



42B

Im Vergleich zu Bild 42A wurde Bild 42B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- h,r o,l u,l

Aufgabe 43

43A



43B

Im Vergleich zu Bild 43A wurde Bild 43B von diesem Standpunkt aus fotografiert:

- h,l o,l u,l

Soma-Würfel

Name: *Luca*

Sternzeichen: *Steinbock*

Essen: *Pizza Tonno*

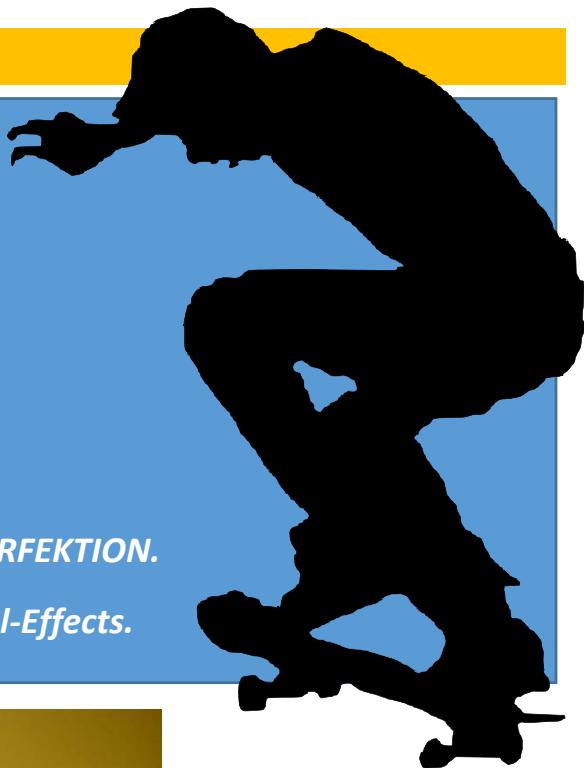
Getränk: *frisch gepresster O-Saft*

Interessen: *Soma und Oma*

Spruch:

Mich findest du im Wörterbuch unter PERFEKTION.

Ich habe keine Macken – das sind Special-Effects.



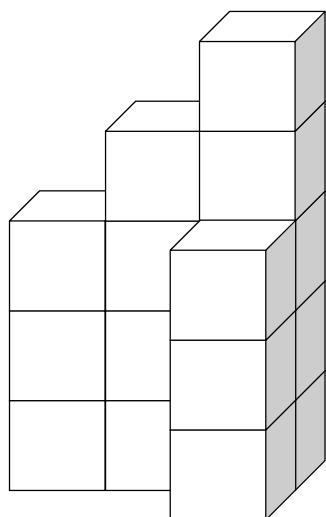
Zusammengesetzter
Soma-Würfel



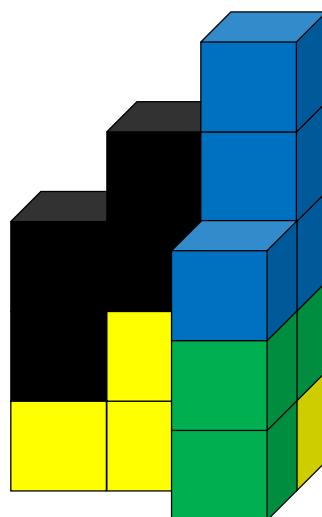
Die sieben Einzelteile des
Soma-Würfels

Dein Job: Im Folgenden siehst du Figuren, welche aus den Einzelteilen des Soma-Würfels zusammengesetzt wurden. Die farbigen Kästchen unter den Vorlagen geben an, welche Bauteile du beim Nachbauen verwenden musst. Natürlich benötigst du dafür einen Soma-Würfel.

Vorlage:

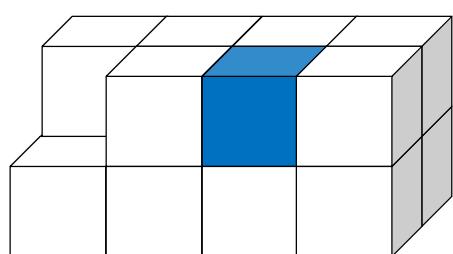


Lösung:

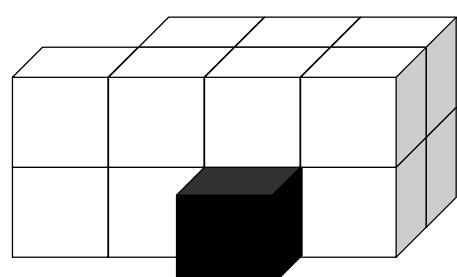


Soma-Würfel 1

a)

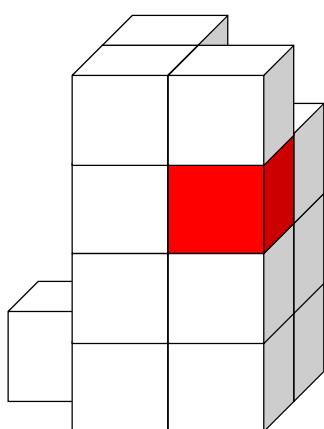


b)

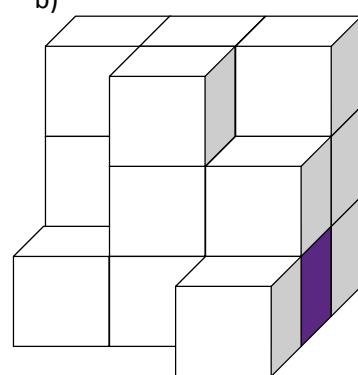


Soma-Würfel 2

a)

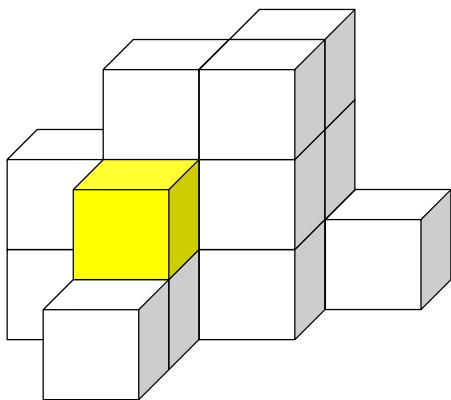


b)

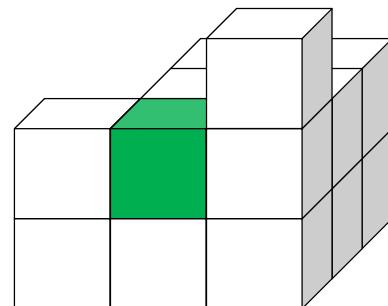


Soma-Würfel 3

a)

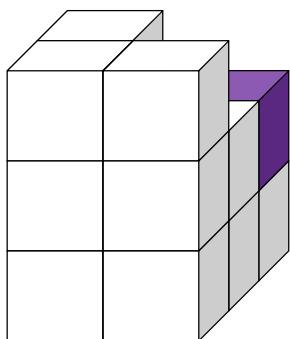


b)

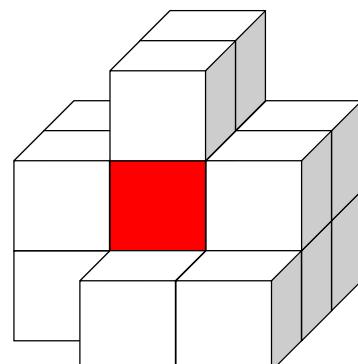


Soma-Würfel 4

a)

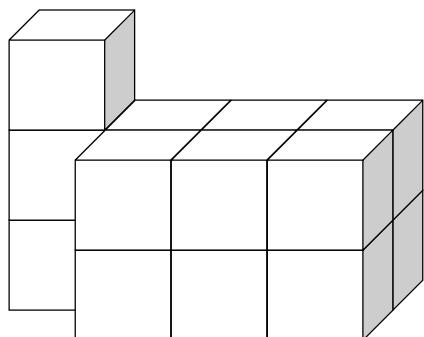


b)

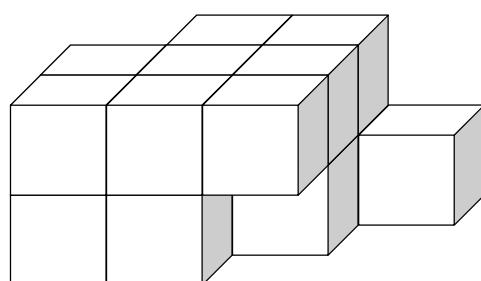


Soma-Würfel 5

a)

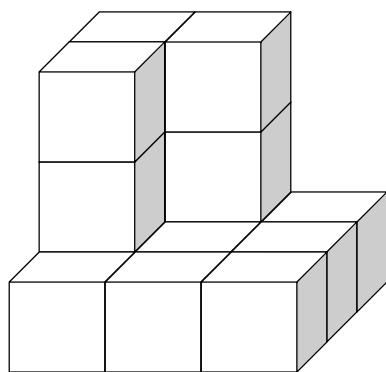


b)

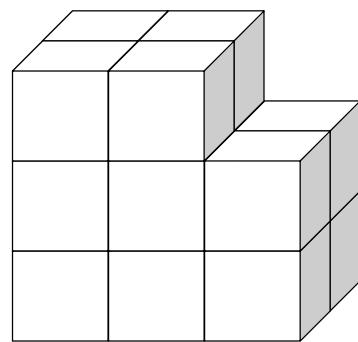


Soma-Würfel 6

a)

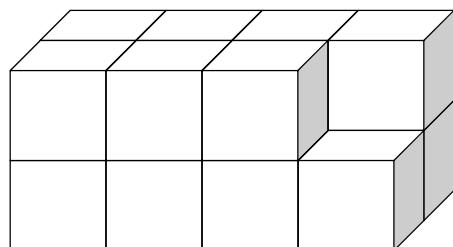


b)

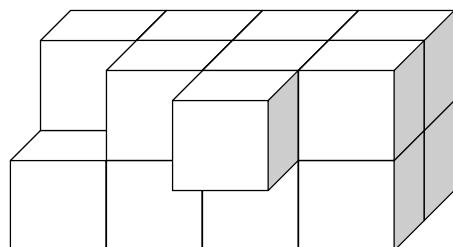


Soma-Würfel 7

a)

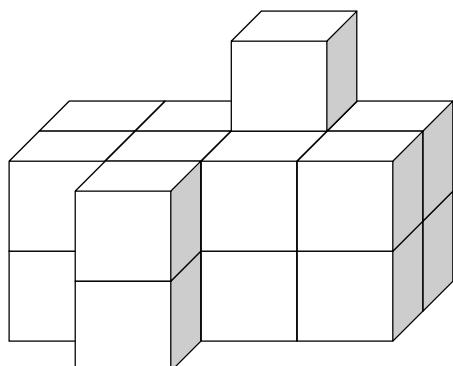


b)

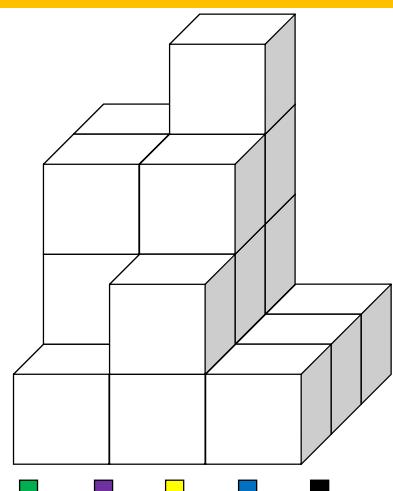


Soma-Würfel 8

a)



b)

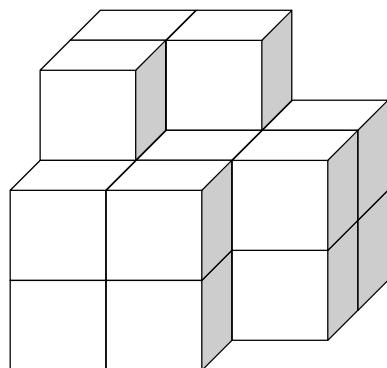


■ ■ ■ ■ ■

■ ■ ■ ■ ■

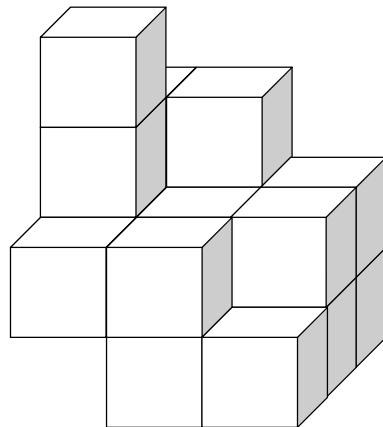
Soma-Würfel 9

a)



■ ■ ■ ■ ■

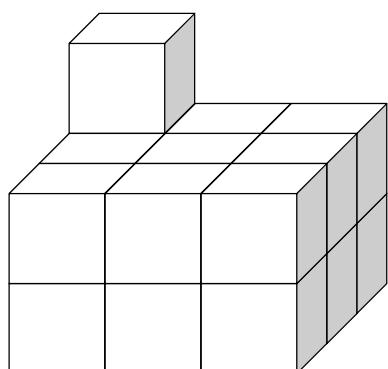
b)



■ ■ ■ ■ ■

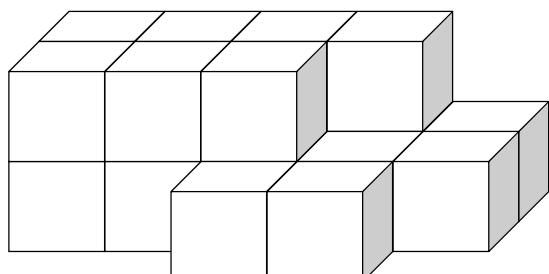
Soma-Würfel 10

a)



■ ■ ■ ■ ■

b)



■ ■ ■ ■ ■

Lösungen: Mentale Rotation von Schlauchfiguren

Aufgabe 1	A	B	C	D	E
Lösungen	3	2	1	2	3

Aufgabe 2	A	B	C	D	E
Lösungen	3	3	1	1	3

Aufgabe 3	A	B	C	D	E
Lösungen	2	1	2	3	3

Aufgabe 4	A	B	C	D	E
Lösungen	3	1	3	2	3

Aufgabe 5	A	B	C	D	E
Lösungen	3	2	1	1	3

Aufgabe 6	A	B	C	D	E
Lösungen	2	3	3	1	2

Aufgabe 7	A	B	C	D	E
Lösungen	1	2	1	3	1

Aufgabe 8	A	B	C	D	E
Lösungen	2	3	2	3	1

Aufgabe 9	A	B	C
Lösungen	1	3	2

Lösungen: Rotation von MINIT- und MOLYMOD-Molekülstrukturen

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8
B	Links	Unten	Oben	Unten	Hinten	Hinten	Oben	Unten
C	Rechts	Links	Links	Links	Rechts	Rechts	Links	Links

Aufgabe	9	10	11	12	13	14	15	16
B	Unten	Links	Rechts	Unten	Links	Oben	Hinten	Hinten

Aufgabe	17	18	19	20	21	22	23	24
B	Hinten	Oben	Rechts	Unten	Links	Oben	Hinten	Links

Aufgabe	25	26	27	28	29	30	31	32
B	Rechts	Hinten	Hinten	Unten	Rechts	Unten	Unten	Hinten

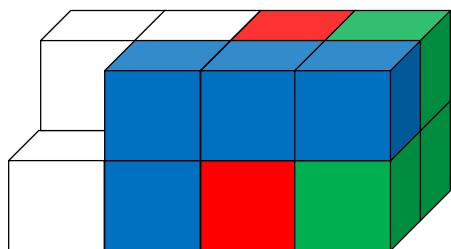
Aufgabe	33	34	35
B	Unten	Rechts	Hinten

Aufgabe	36	37	38	39	40	41	42	43
B	Links Unten	Rechts Unten	Unten Hinten	Links Unten	Rechts Unten	Links Oben	Links Unten	Links Oben

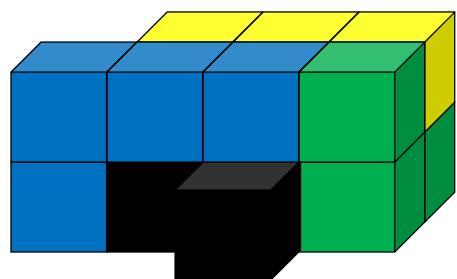
Lösungen: Soma-Würfel

Soma-Würfel 1:

a)

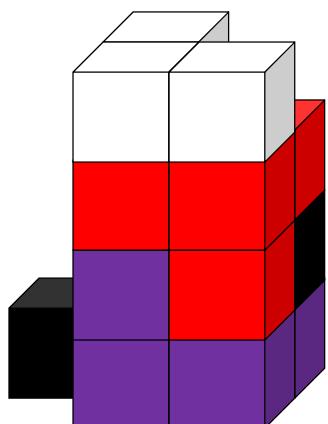


b)

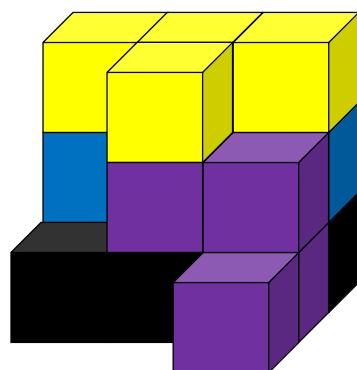


Soma-Würfel 2:

a)

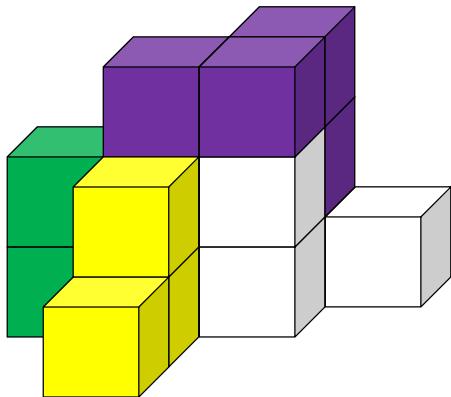


b)

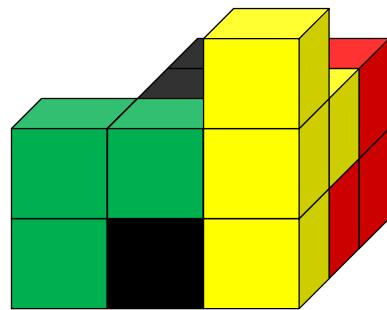


Soma-Würfel 3:

a)



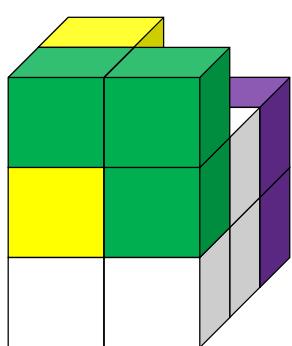
b)



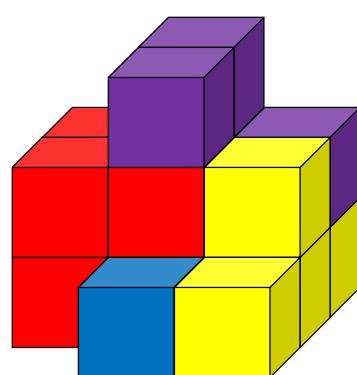
Lösungen: Soma-Würfel

Soma-Würfel 4:

a)

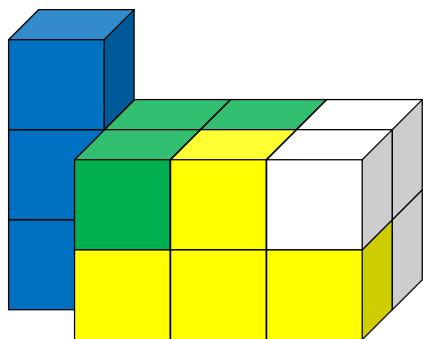


b)

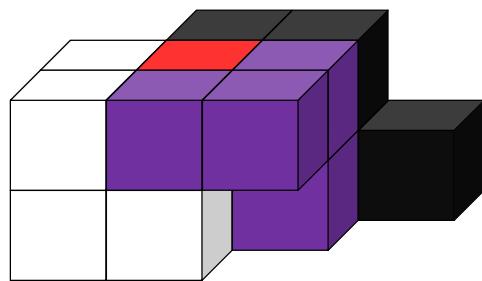


Soma-Würfel 5:

a)

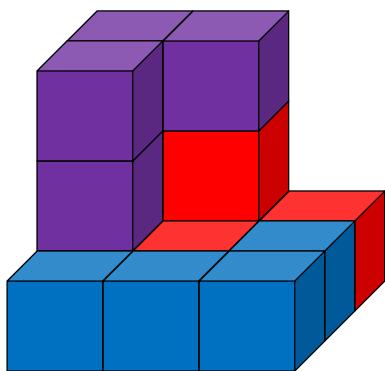


b)

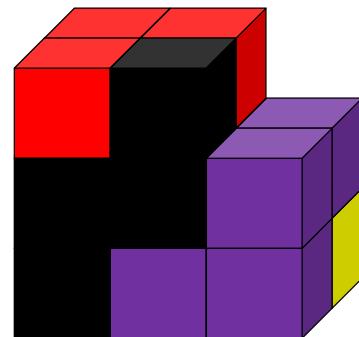


Soma-Würfel 6:

a)



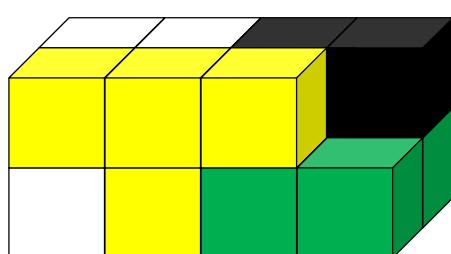
b)



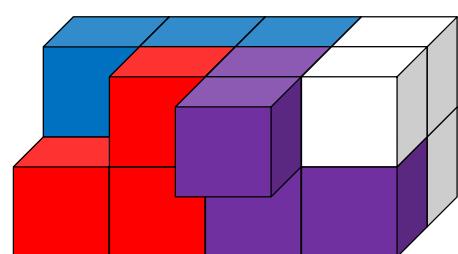
Lösungen: Soma-Würfel

Soma-Würfel 7:

a)

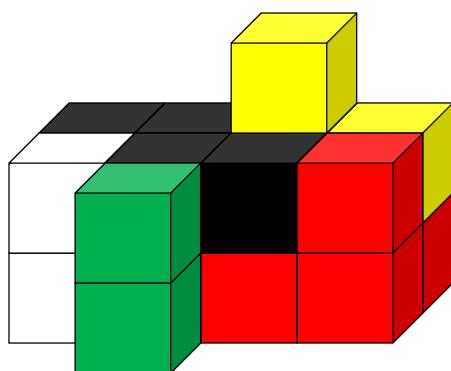


b)

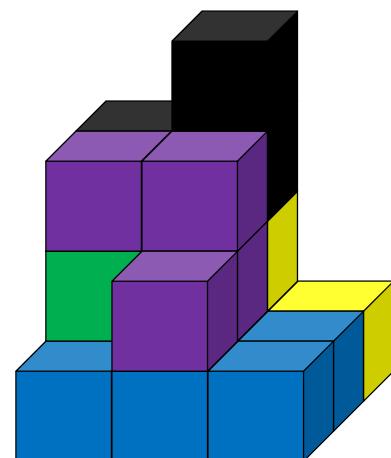


Soma-Würfel 8:

a)

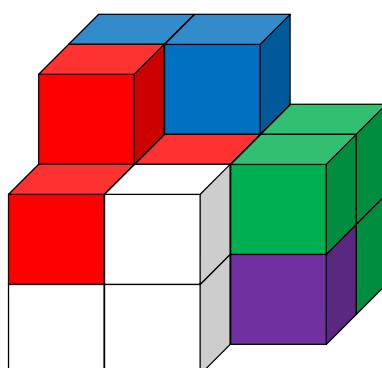


b)

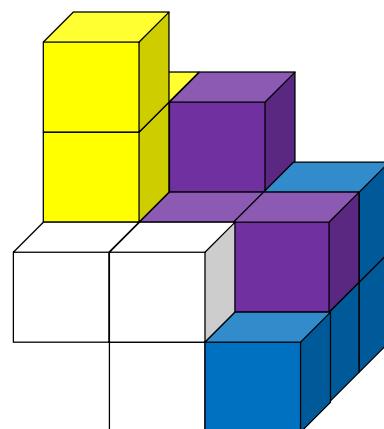


Soma-Würfel 9:

a)



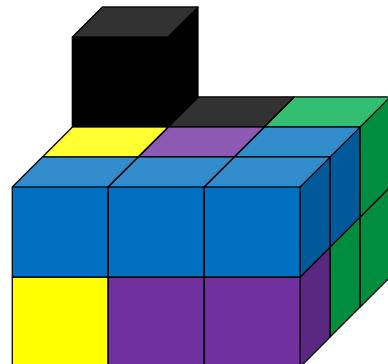
b)



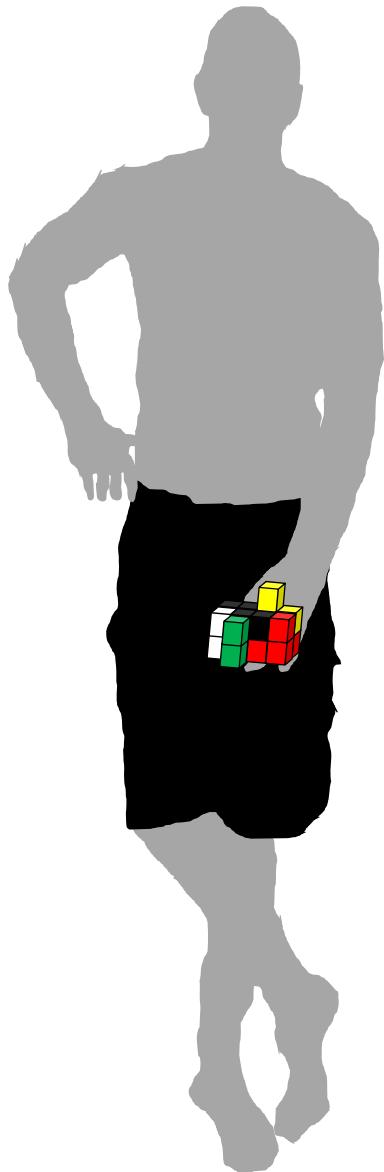
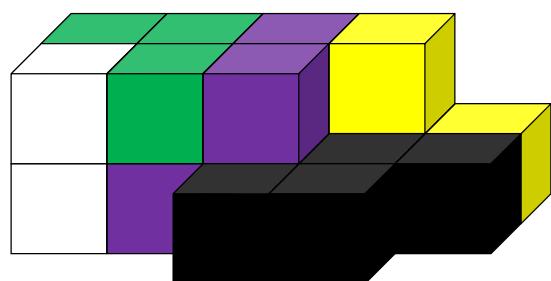
Lösungen: Soma-Würfel

Soma-Würfel 10:

a)

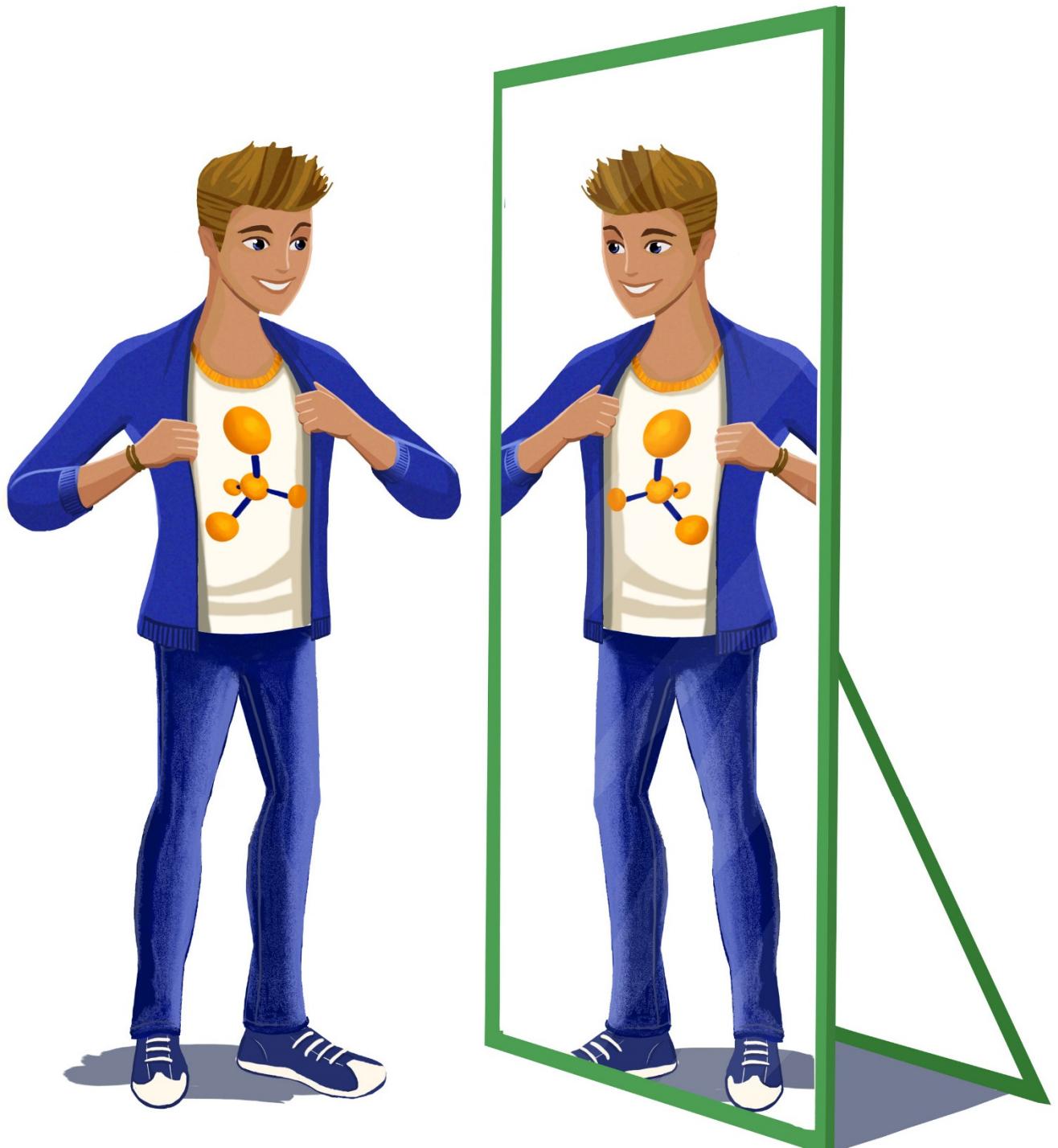


b)

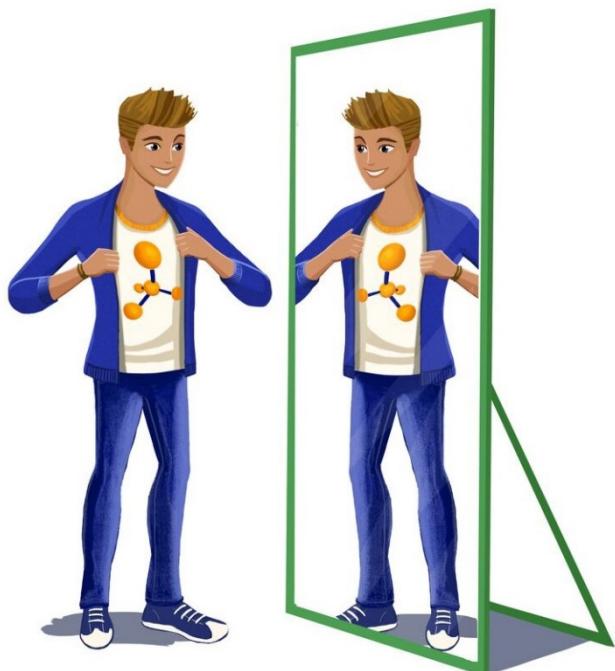


Coaching Buddy

Inhalt | 2: Tricks



Stereochemie mit dem Geometriespiegel

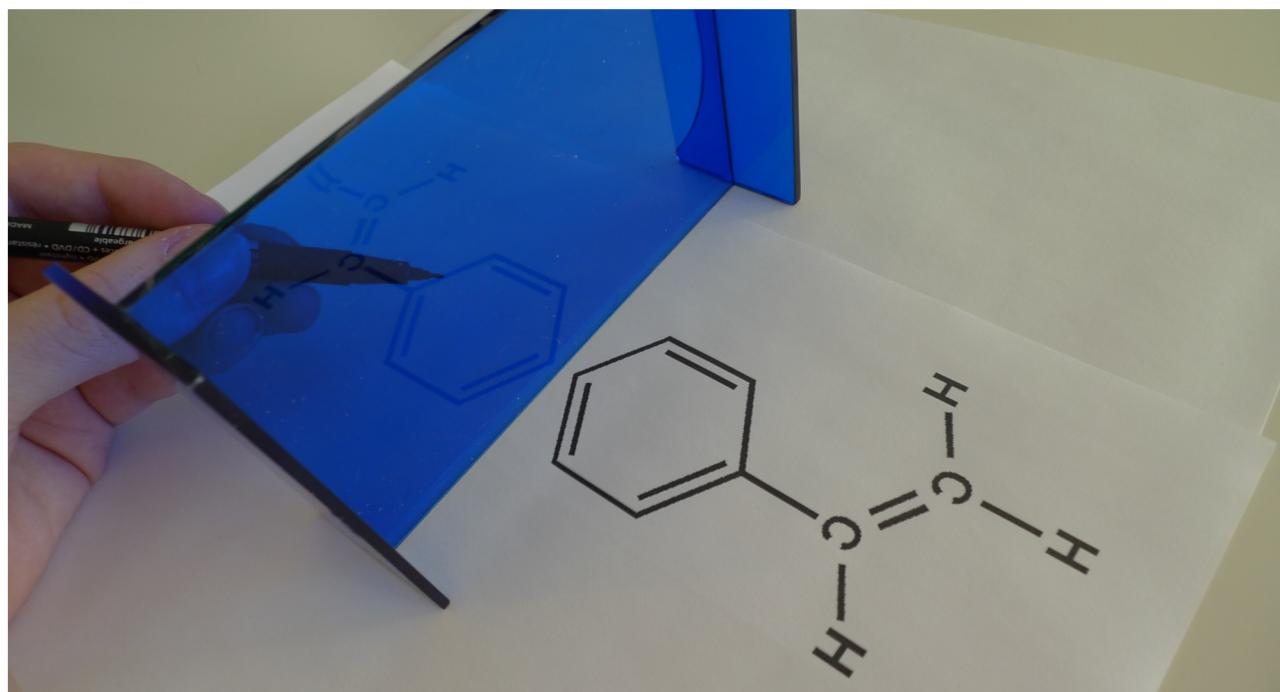


Vielen Leuten fällt es anfangs schwer, die räumlichen Strukturen von Enantiomeren als nicht deckungsgleiches Spiegelbild zu betrachten. Ein hilfreiches Werkzeug ist der sogenannte Geometriespiegel.

Es handelt sich um eine transparente Plasticscheibe, die wie ein Spiegel reflektiert und zugleich durchsichtig ist.

Wenn du den Geometriespiegel vor die Abbildung einer Molekülstruktur stellst, kannst du das Spiegelbild sehen und auf einem Papier oder einer Folie hinter dem Spiegel nachzeichnen. So kannst du die Symmetrieeigenschaften von Molekülen entdecken.

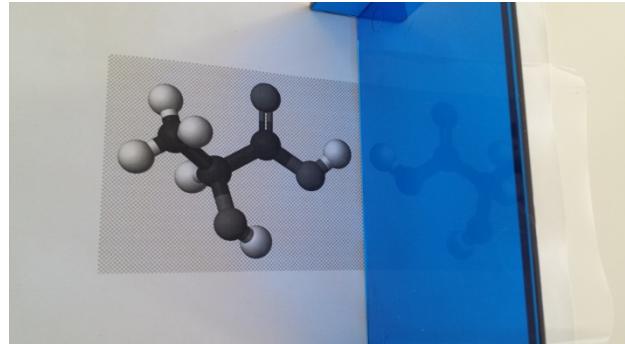
Der Geometriespiegel ist ein Hilfsmittel beim Erlernen stereochemischer Darstellungen:



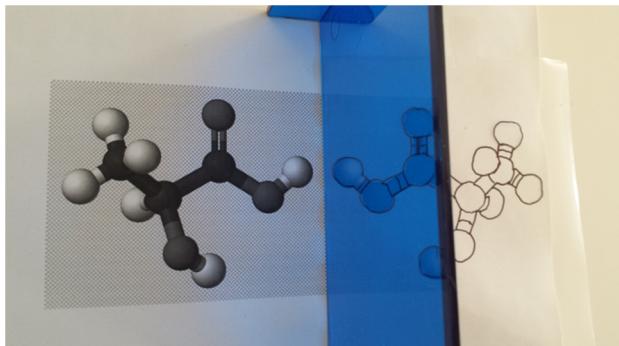
Die folgende Bildsequenz zeigt, wie die gespiegelte Abbildung des Moleküls 2-Hydroxypropansäure (Milchsäure) auf eine transparente Folie übertragen wird



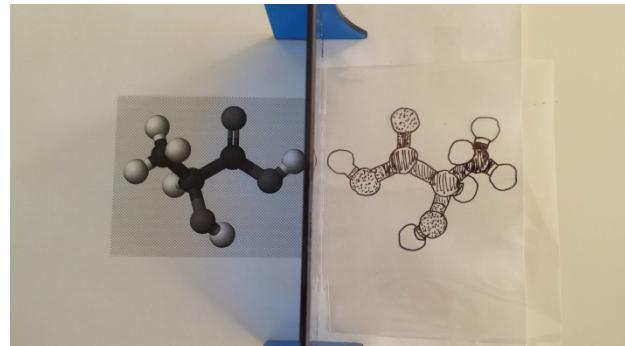
1. Der Geometriespiegel wird zwischen Molekül-Abbildungen (links) und Folie (rechts) platziert.



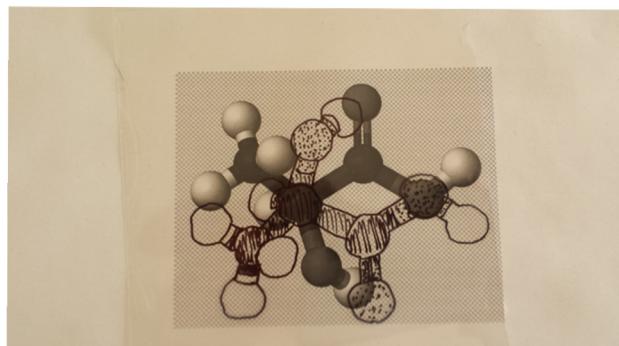
2. Das Gespielte Moleköl erscheint im Geometriespiegel.



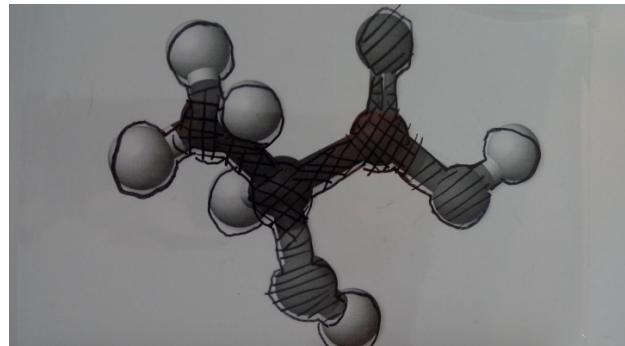
3. Das Spiegelbild wird auf die Folie übertragen.



4. Mit Schraffur-Technik kann räumliche Tiefe visualisiert werden.

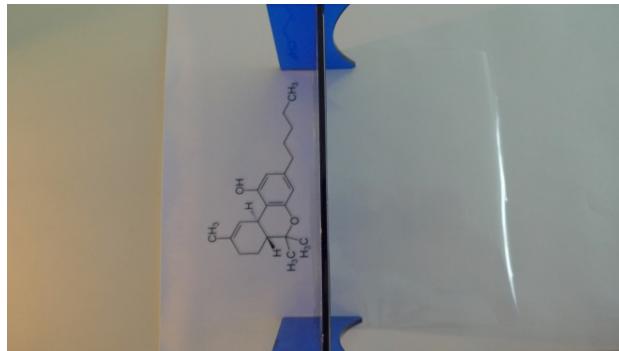


5. Die Überlagerung beider Abbildungen zeigt, dass die räumlichen Strukturen von Enantiomeren nicht deckungsgleich sind.

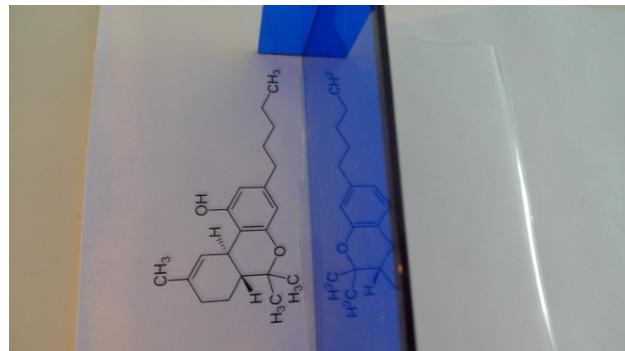


6. Durch das Umdrehen der Folie werden sie wieder deckungsgleich.

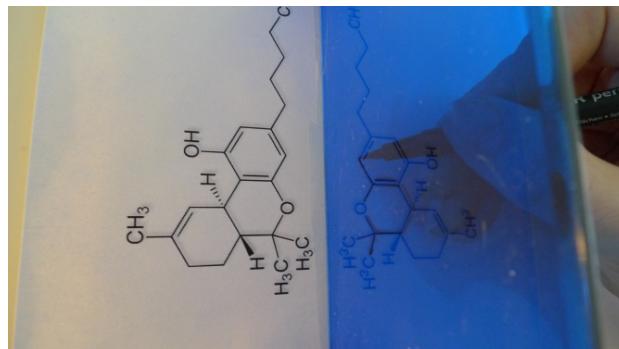
Die folgende Bildsequenz zeigt, wie die gespiegelte Abbildung des Moleküls THC (Tetrahydrocannabinol) auf eine transparente Folie übertragen wird



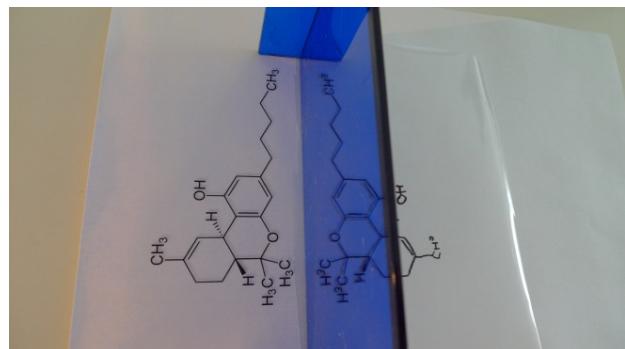
1. Der Geometriespiegel wird zwischen Molekül-Abbildungen (links) und Folie (rechts) platziert.



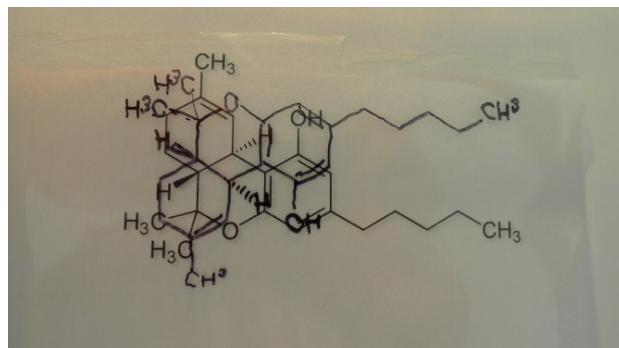
2. Das Gespielte Moleköl erscheint im Geometriespiegel.



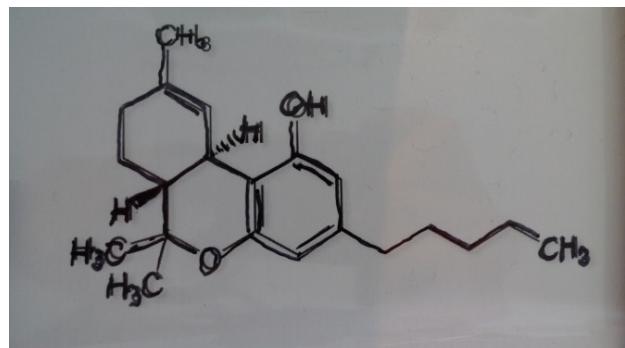
3. Das Spiegelbild wird auf die Folie übertragen.



4. Die Reste (-CH₃, -OH etc.) werden auch gespiegelt übertragen.



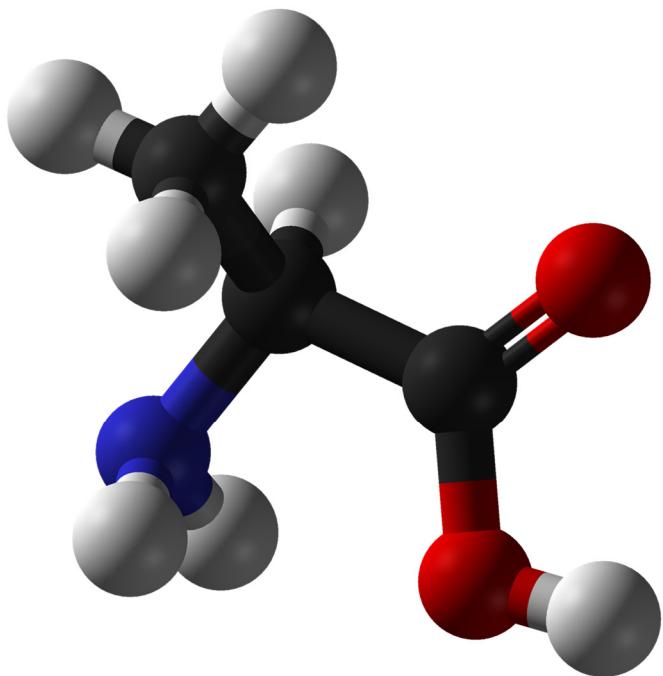
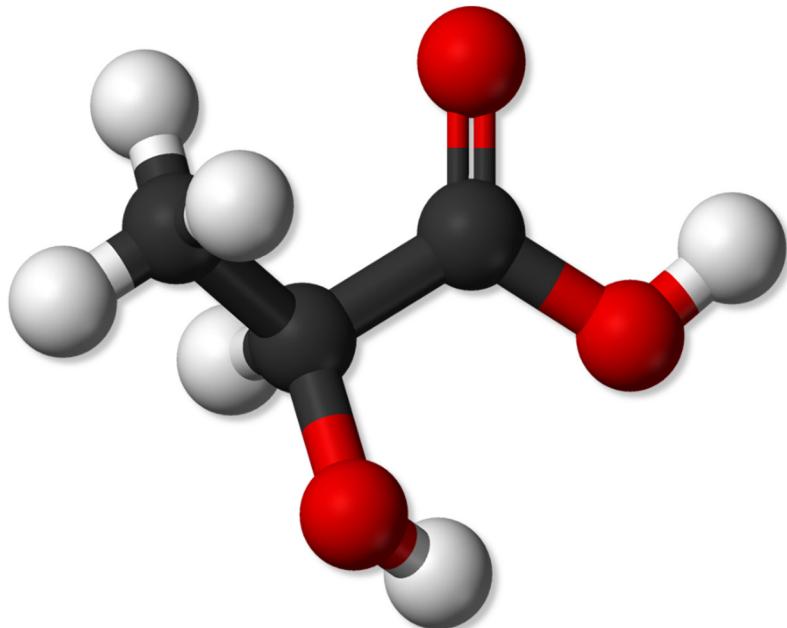
5. Die Überlagerung beider Abbildungen zeigt, dass die räumlichen Strukturen von Enantiomeren nicht deckungsgleiche Spiegelbilder sind.



6. Durch das Umdrehen der Folie werden sie wieder deckungsgleich.

Übungen

So kannst du üben: Zeichne, wie oben, die gespiegelten Moleküle mit dem Geometriespiegel auf eine Folie. Überprüfe, ob Bild und Spiegelbild deckungsgleich sind.



Rund um den Tetraeder

Name: *Dave*

Sternzeichen: *Schütze*

Essen: *Pasta*

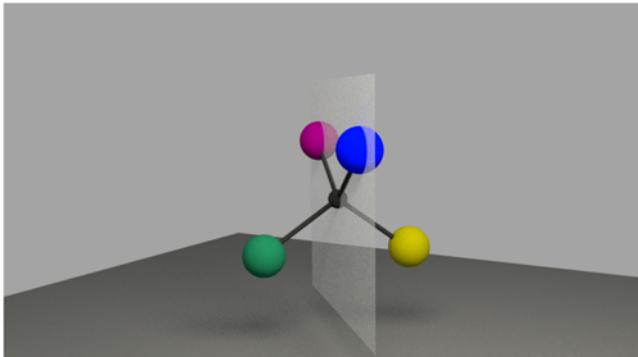
Getränk: *Long Island Ice Tea*

Interessen: *Tetraeder*

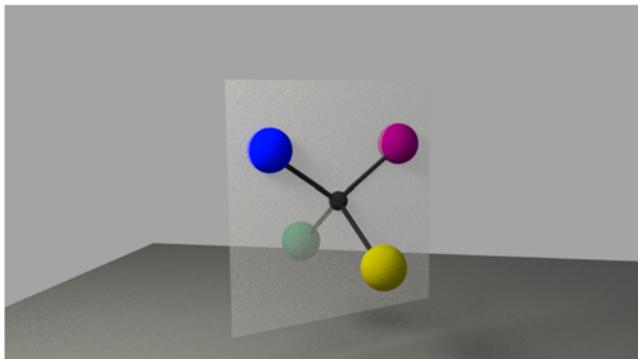
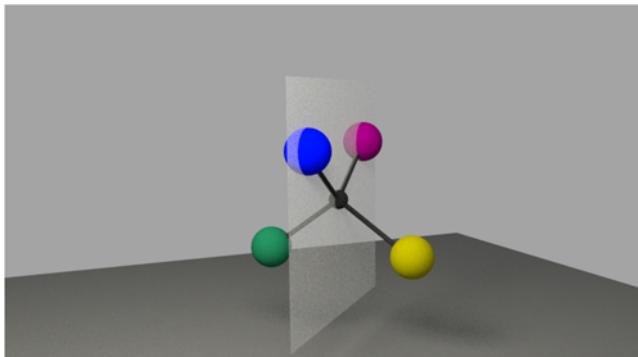
Spruch: *Sorge dich nicht um Dinge, die du nicht ändern kannst.*

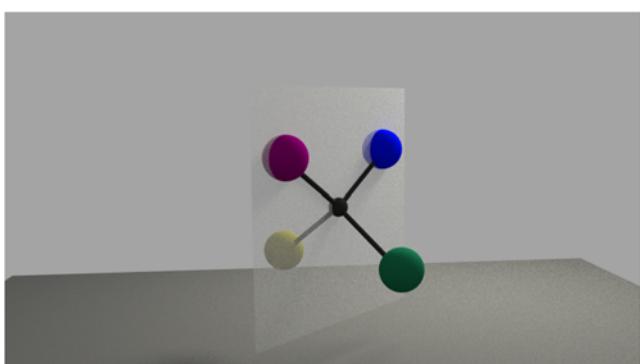
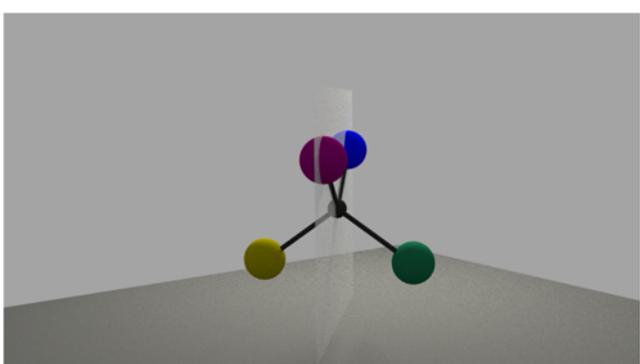
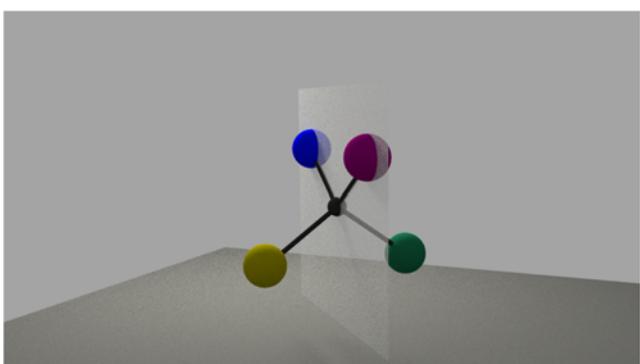
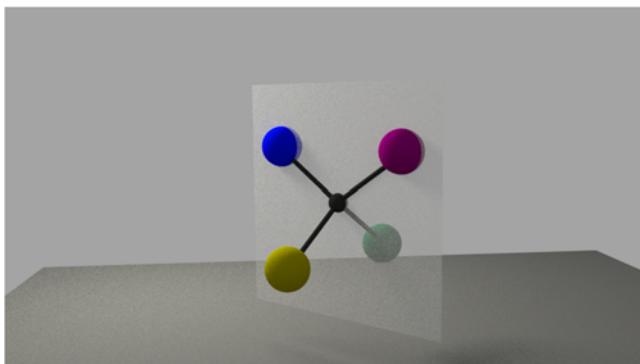
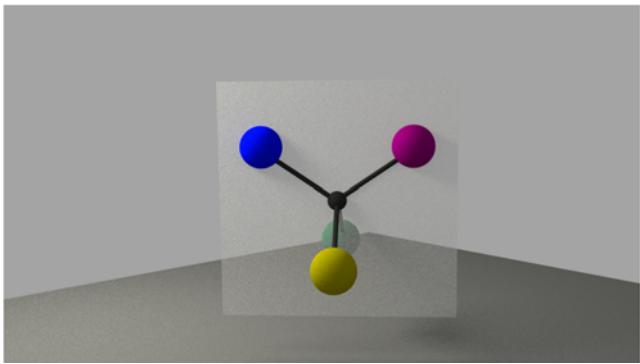


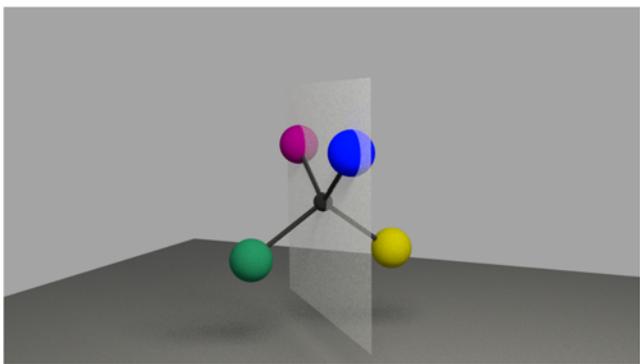
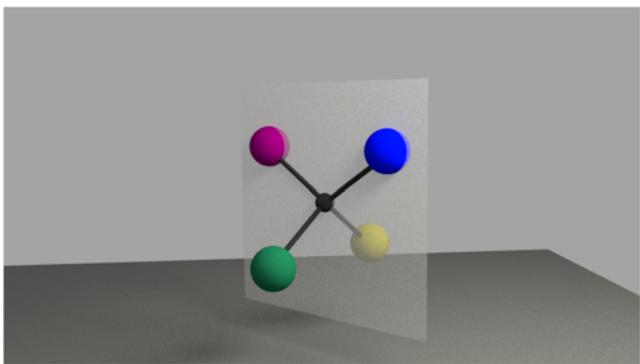
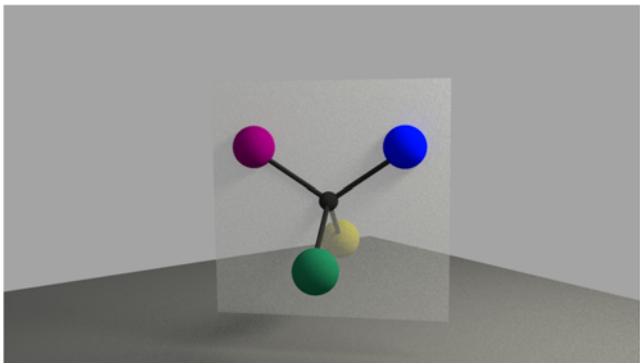
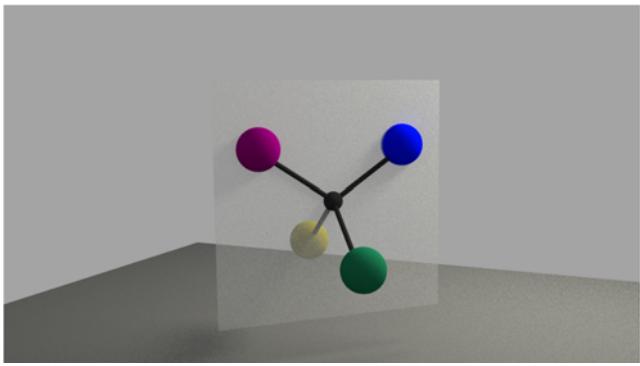
360° Drehung eines Tetraeders



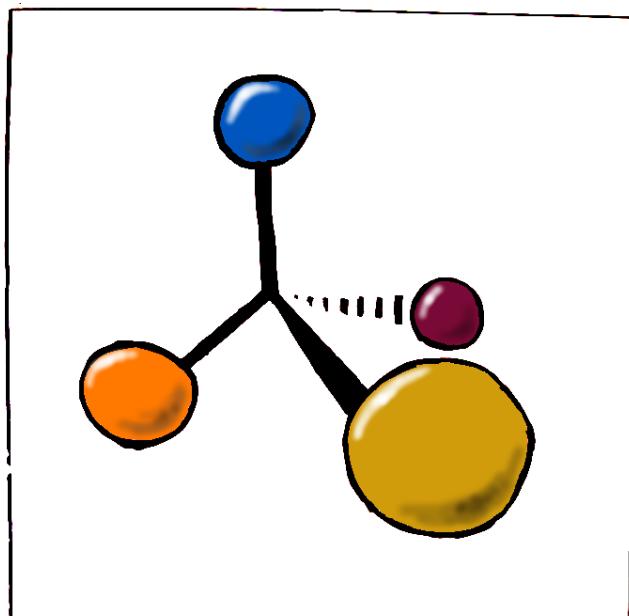
Start: Molekül bei 0°



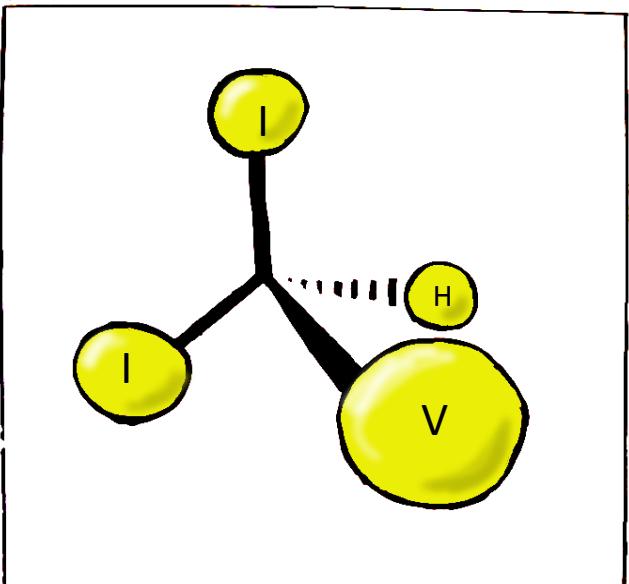




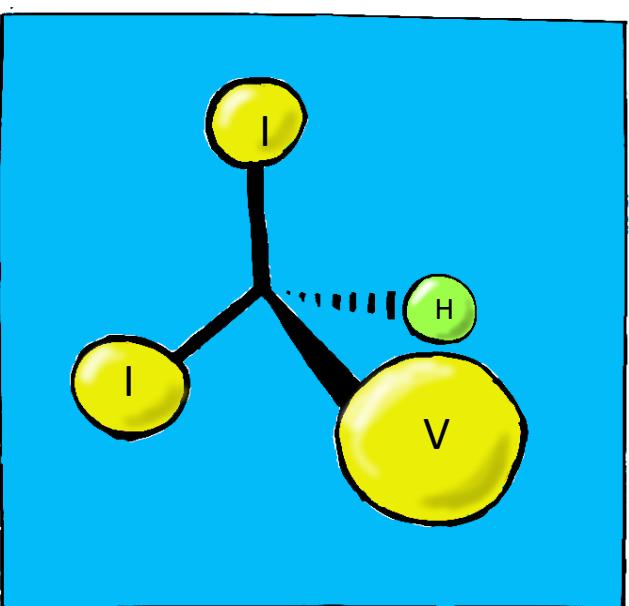
Die Zeichenebene

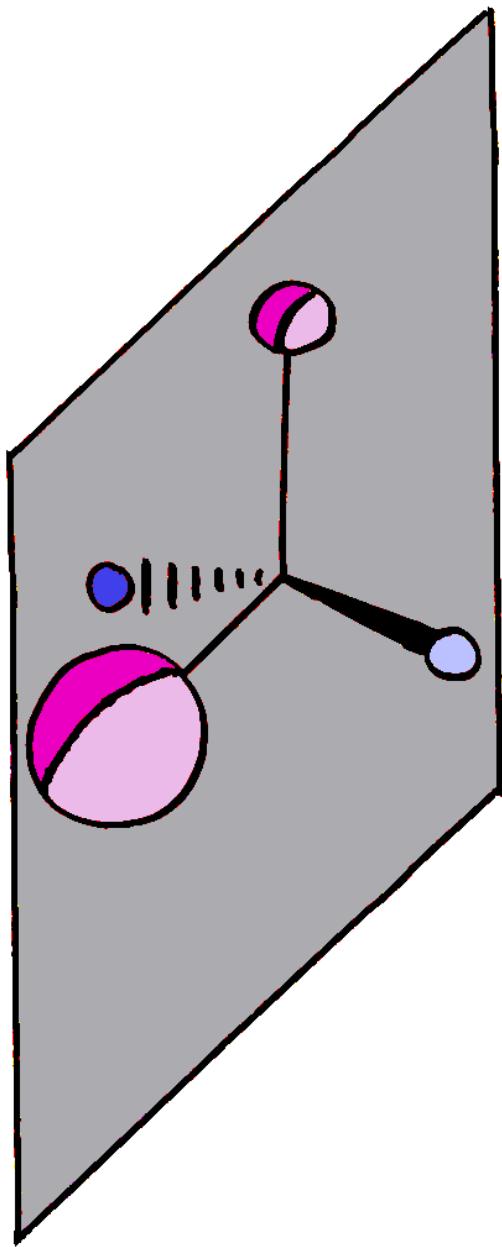


Wo liegt die Zeichenebene? (Teil I). Die obere Zeichnung zeigt ein Molekül. Das orange und das blaue Atom befinden sich in der Zeichenebene. Das gelbe Atom befindet sich vor der Zeichenebene. Das violettfarbene Atom befindet sich hinter der Zeichenebene. Das soll zum einen dadurch verdeutlich werden, dass das gelbe Atom sehr viel größer ist, als das blaue und das orange Atom. Aber auch der Keilstrich, der die Atombindung darstellt, soll andeuten, dass das Atom auf uns zukommt. Im Fall des violettfarbenen Atoms ist es genau anders herum. Es ist kleiner als die anderen Atome und erscheint dadurch weiter weg. Außerdem weist auch die gestrichelte Linie („Flohleiter“) darauf hin, dass es weiter vom Betrachter entfernt ist.



Wo liegt die Zeichenebene? (Teil II). Hier wird ein Molekül mit vier gleichen, d.h. gelben Atomen gezeigt. Durch die mit I gekennzeichneten Atome wurde eine transparente Glasplatte gelegt. Je ein Atom befindet sich vor der Ebene (V) und eines befindet sich hinter der Ebene (H). Im unteren Bild kann dasselbe Moleköl bewundert werden. Diesmal wurde eine blaue Glasplatte durch die Atome in der Ebene (I) gelegt. Dadurch erscheint das Atom hinter der Ebene (H) nun grün, da das einst gelbe Atom durch die Glasplatte blau eingefärbt wird.





Wo liegt die Zeichenebene? (Teil III). Hier wurde ein Moleköl durch eine graue Glasplatte in zwei Hälften geteilt. Wir schauen seitlich auf das Moleköl. In diesem Moleköl gibt es zwei Sorten von Atomen: **pinke** und **hellblaue**. Dadurch, dass sich eine Hälfte des Moleküls hinter der Ebene befindet, erscheint eine Hälfte des Moleküls dunkler. Die eigentlich **hellblauen** Atome werden **dunkelblau**; die **pinken** Atome erscheinen **violett**.

Allerlei Drehoperationen

Name: *Betty*

Sternzeichen: *Waage*

Essen: *Thai Food*

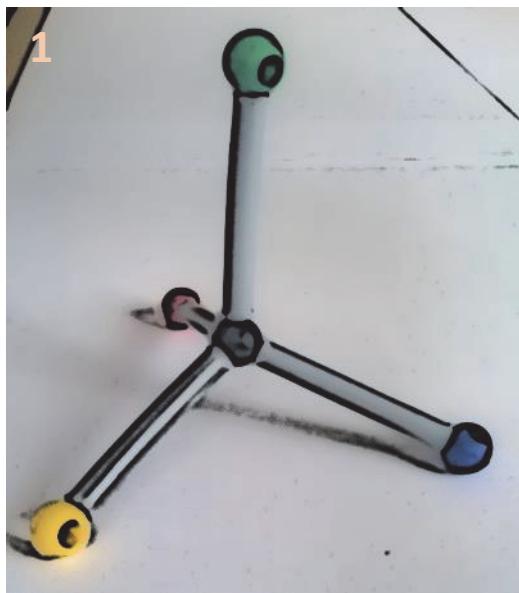
Getränk: *Fassbrause „Holunder“*

Interessen: *Alles-Mögliche-Drehen*

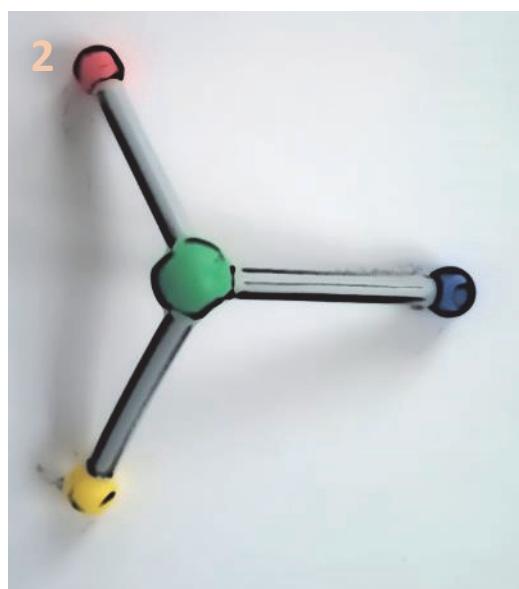
Spruch: *Aus jeder Erfahrung kann man lernen,
aus schlechten Erfahrungen ganz besonders gut.*



180°-Drehung

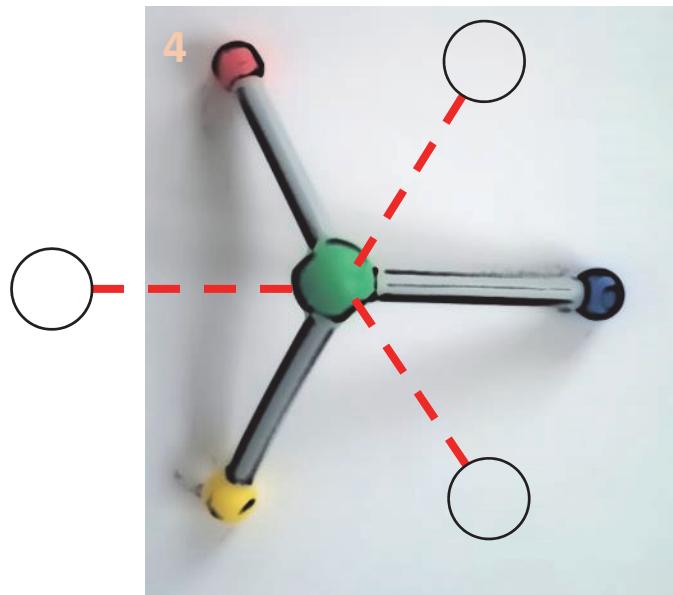
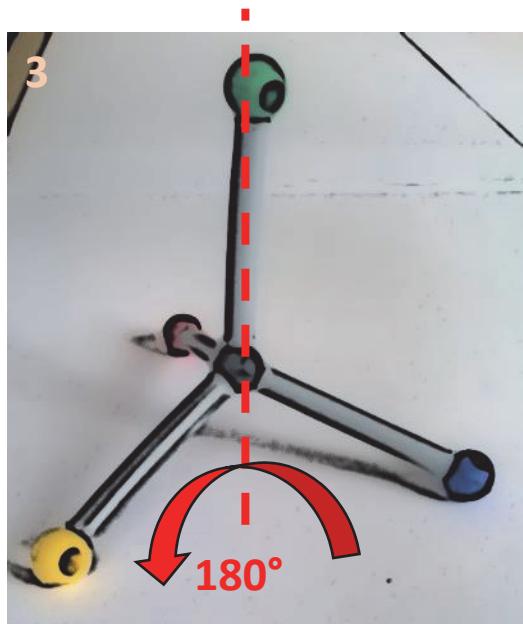


Molekül. Das vorliegende Molekül hat vier verschiedene Reste am zentralen Kohlenstoff-Atom. Das Molekül soll um 180 Grad gedreht werden. Das erscheint in diesem Fall sehr einfach, doch ist es wichtig die Drehoperationen zu beherrschen. Besonders, wenn die Moleküle etwas komplizierter aufgebaut sind, kann es knifflig werden.

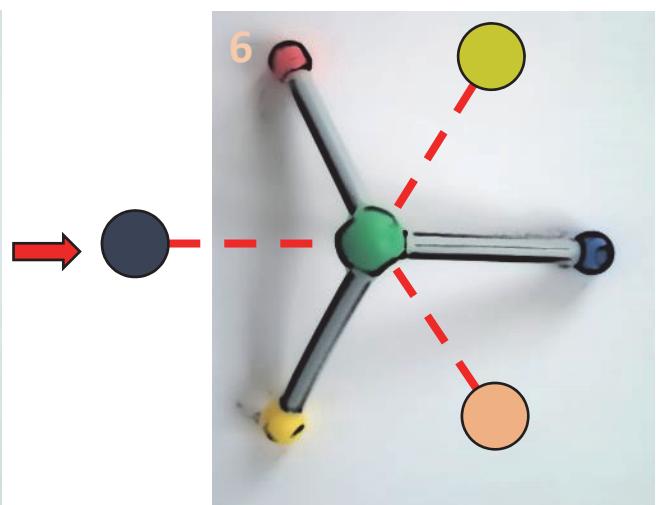
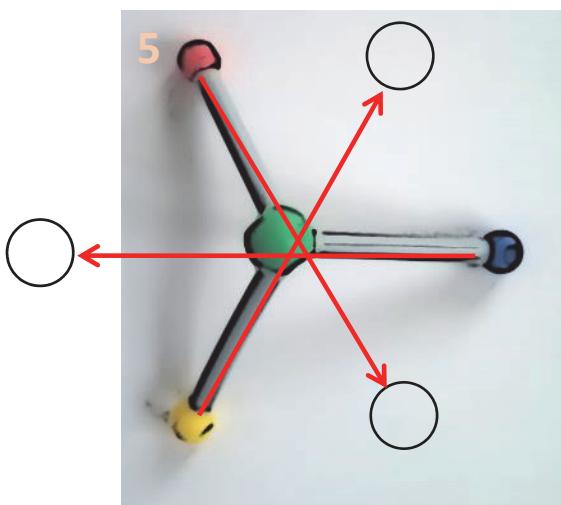


Vogelperspektive. Schauen wir uns das Molekül von oben an. Das grüne Atom erscheint dadurch mittig größer als die anderen Atome, da es sich näher an uns befindet. Die anderen drei Atome bilden ein Dreieck.

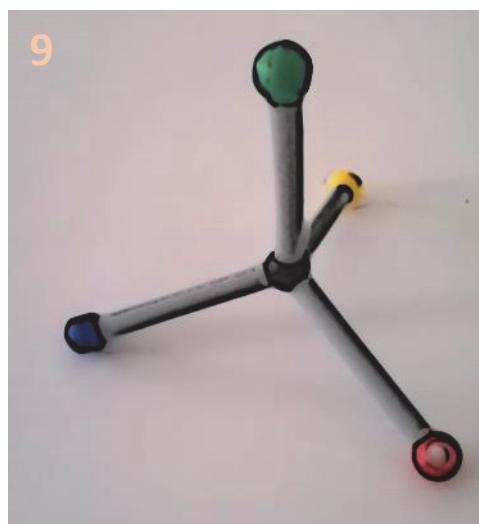
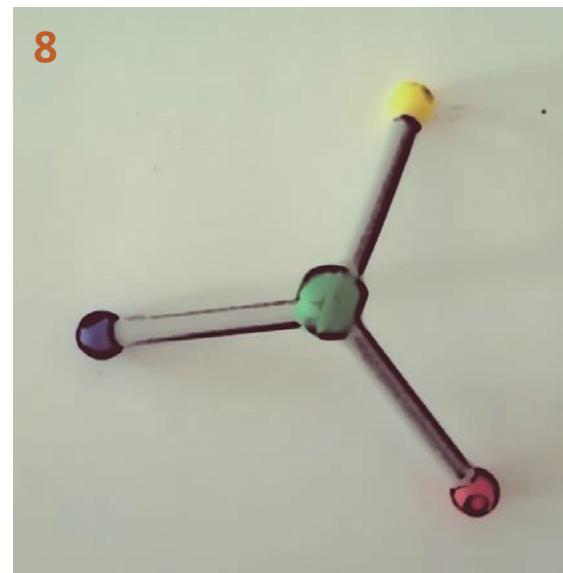
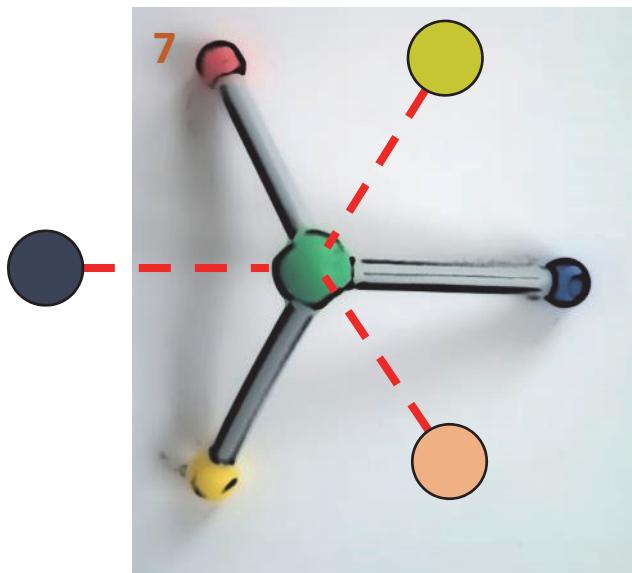
Wie soll ich drehen? Das Molekül soll um die **rote Achse** in Abbildung 3 um **180°** gedreht werden. Das kann man sich vorstellen, wie in Abbildung 4 dargestellt: Die Atombindungen werden verlängert. Am Ende der Bindung befindet sich ein **schwarzer Kreis**. Dieser soll nach der Drehung mit dem richtigen Atom gefüllt sein. Im Grunde werden die Atome entlang ihrer Bindung in den **schwarzen Kreis** gezogen.



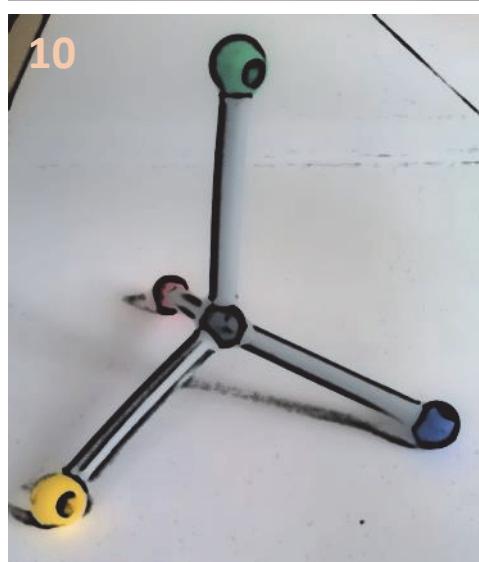
Wohin mit den Atomen? Die Atome werden entlang ihrer Achse in den schwarzen Kreis gezogen (Abb. 5). Die Atome sollen im gedrehten Molekül wie in Abbildung 6 angeordnet sein.



Verschiebe die Atome. Nachdem die Atome gemäß Abbildung **7** verschoben wurden, sieht das gedrehte Molekül wie in Abbildung **8** aus.



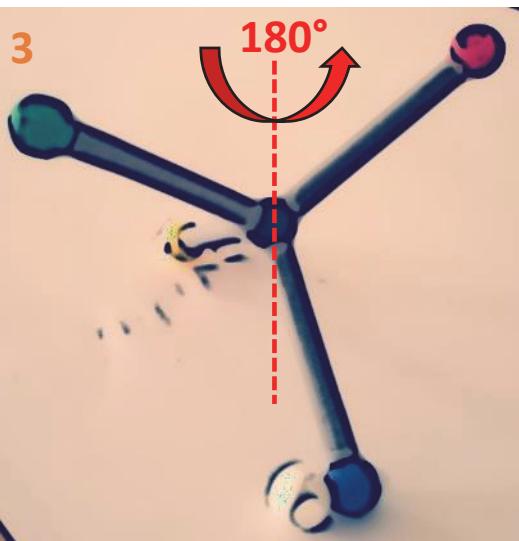
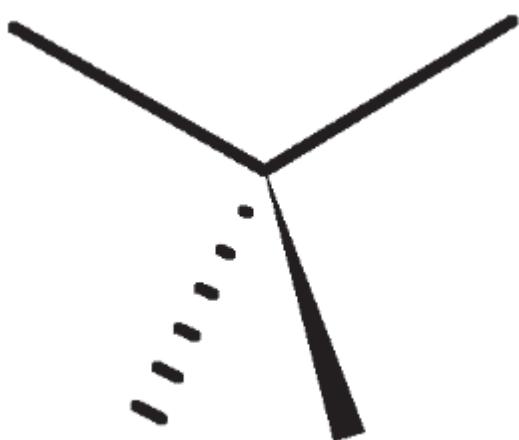
Fertig gedreht. Nach der Drehung wollen wir uns das Moleköl in Abbildung **8** wieder von der Seite ansehen, was in Abb. **9** zu sehen ist.



Vergleichen. Wir haben gerade das Moleköl aus Abbildung **9** um **180°** gedreht und das Resultat ist in Abbildung **10** zu bewundern.

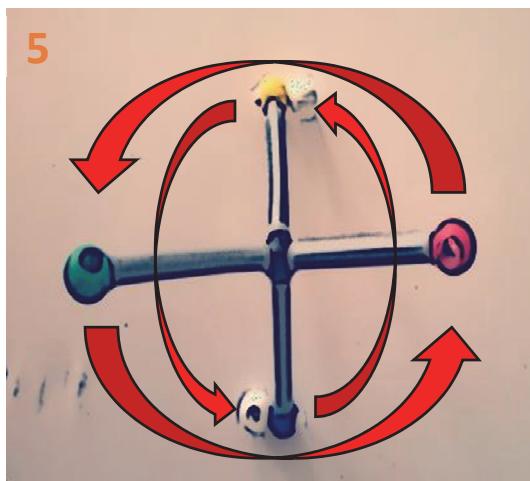
180°-Drehung – aus der Seitenansicht

1

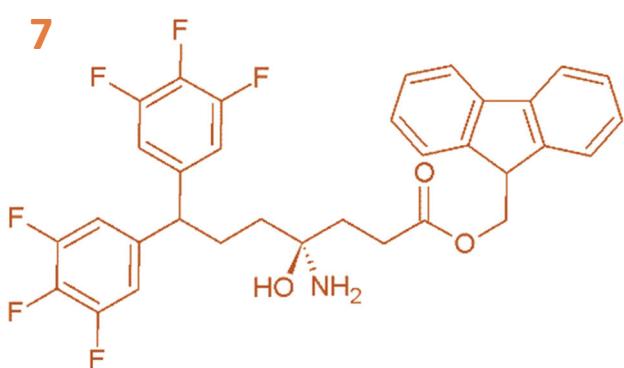


Die Wahrheit in der Zeichnung. Wenn Chemikerinnen oder Chemiker ein Molekül mit dem Grundgerüst aus Abbildung 1 zeichnen, stellen sie sich ein Molekül wie in Abbildung 2 vor. Das **grüne** und das **rote** Atom liegen in der Ebene. Das **blaue** Atom steht nach vorn, das **gelbe** Atom zeigt nach hinten.

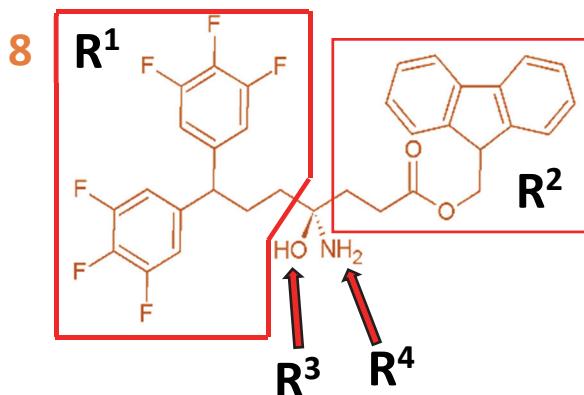
Die Drehung vorbereiten. Wir wollen das Molekül in Abbildung 3 um **180°** um die **rot gestrichelte Achse** drehen. Dafür schauen wir uns das Molekül von oben an, wie in Abbildung 4 zu sehen ist. Wir schauen entlang der Verbindungsachse vom **roten** und **grünen** Atom. Rechts dieser Achse befindet sich das **gelbe** Atom, links der Achse das **blaue** Atom.



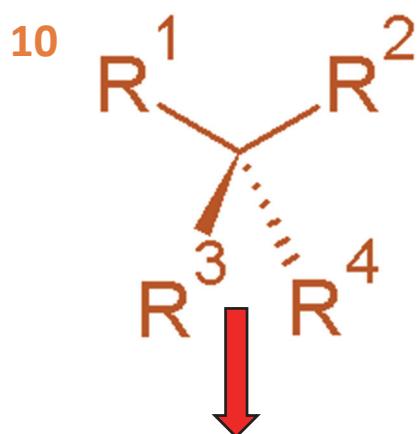
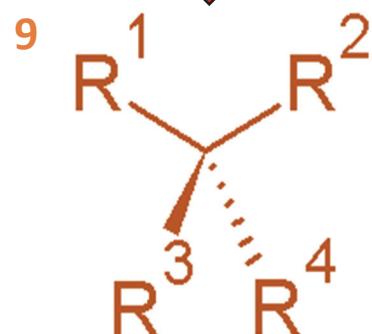
Die Drehung. Nun vollführen wir die Drehung. Dabei vertauschen wir die Atome, die sich jeweils gegenüber liegen, gemäß der **roten Pfeile** in Abbildung 5.



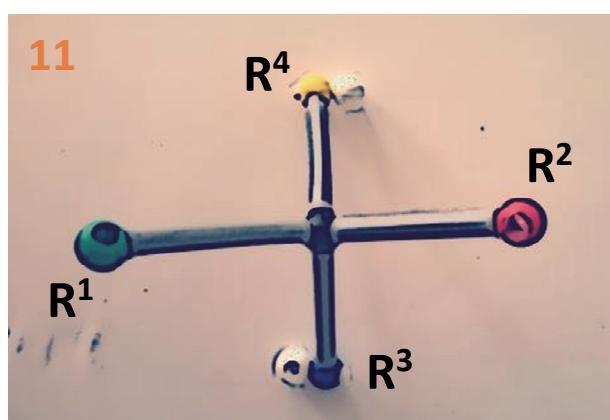
Komplexer werden. Wenn du komplexere Moleküle drehen willst, kannst du das Problem erheblich vereinfachen, indem du die einzelnen Reste am stereogenen Zentrum vereinfachst darstellst.

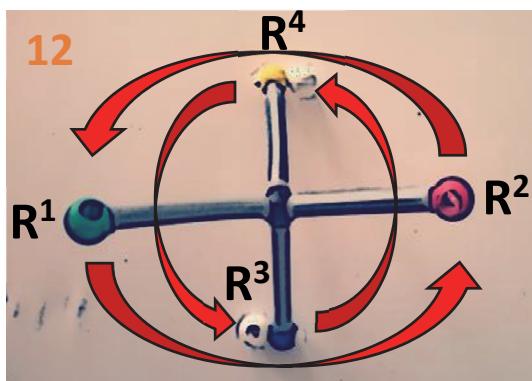


Komplexität vereinfachen. Abbildungen 8 und 9 zeigen, wie du komplizierte Moleküle vereinfacht darstellen kannst. Die komplizierten Gruppen wurden als **Reste 1 bis 4** bezeichnet.

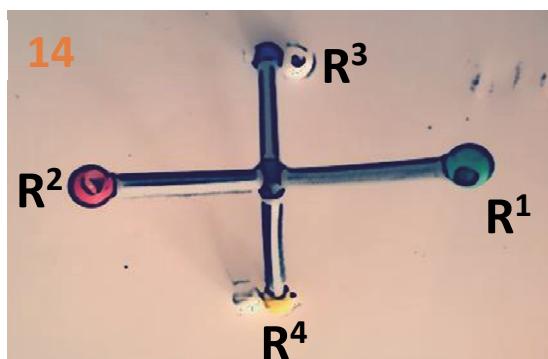
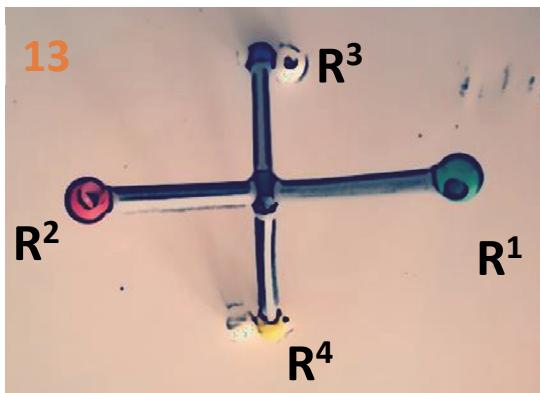


Wohin gehört welcher Rest? Abbildung 10 und 11 sollen verdeutlichen, wo sich welcher Rest in einem 3D-Modell befinden würde. **R¹** und **R²** liegen ebenso wie **R³** und **R⁴** auf einer Achse. **R¹** steht nach links oben, **R²** nach rechts oben. **R³** zeigt nach unten, vorne, auf uns zu. **R⁴** zeigt nach unten, hinten, von uns weg.

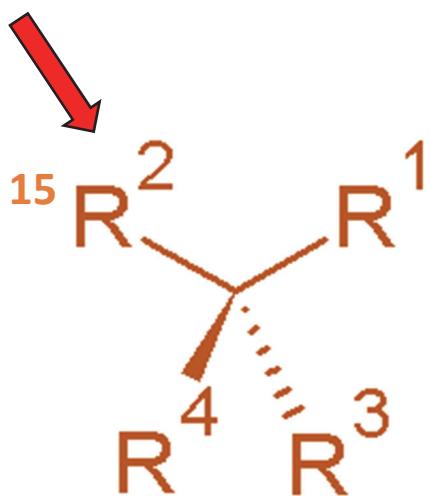


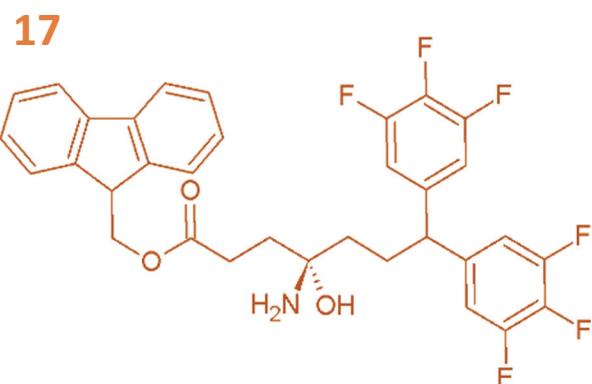
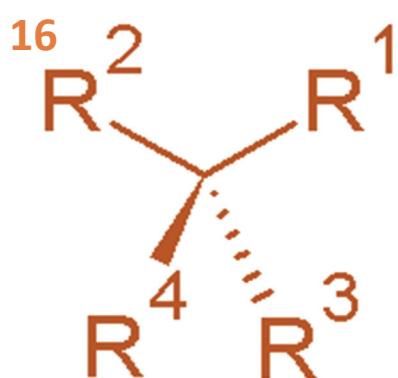


Die Drehung. Nun vollführen wir die Drehung des komplexen Moleküls.

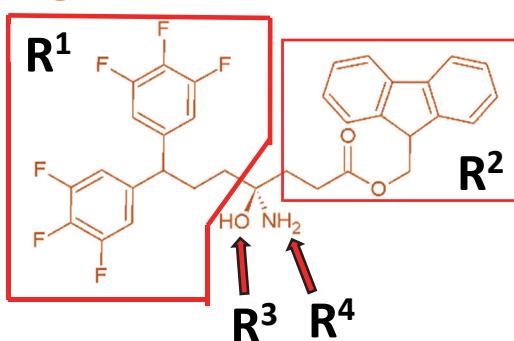


Wohin gehört welcher Rest? Nun müssen die Reste zurück transformiert werden. Abbildung **14** und **15** zeigen, welcher Rest an welche Stelle des Moleküls gehört.





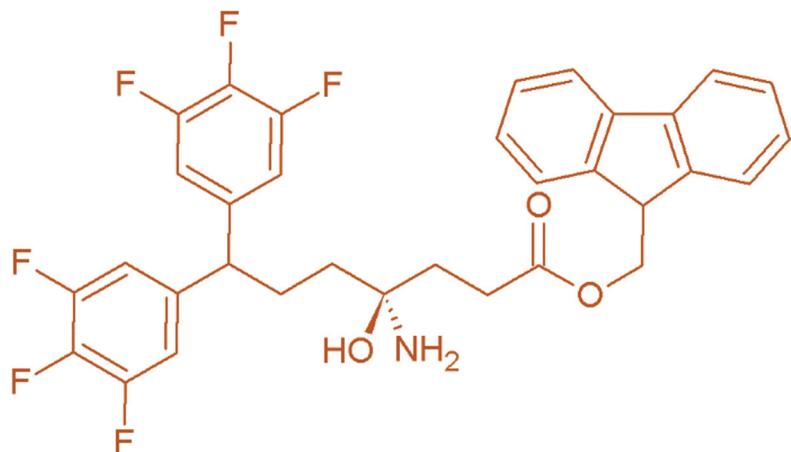
18



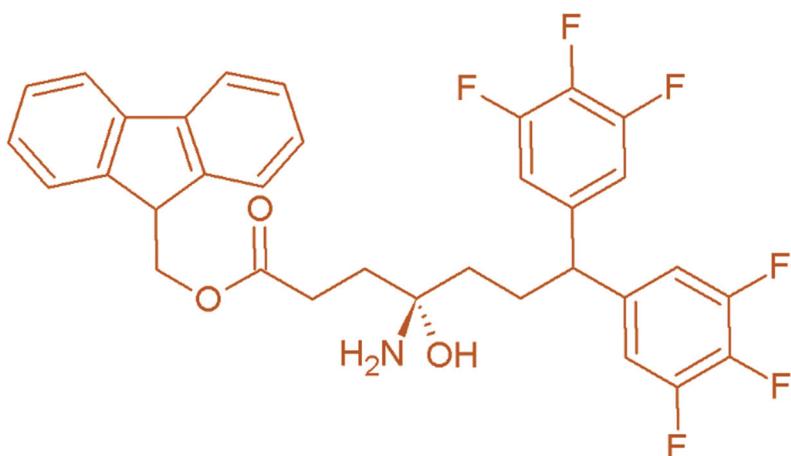
Komplexität wiederherstellen. Die Reste in Abbildung **16** werden jetzt wieder in ihre ursprüngliche Form überführt. Abb. **17** zeigt das gedrehte Molekül. Abb. **18** zeigt dir nochmal die einzelnen Teile des ursprünglichen Moleküls, damit du die Wiederherstellung der richtigen Reste besser nachvollziehen kannst.

Vergleichen. Die beiden Abbildungen zeigen das ursprüngliche Molekül (Abb. 19) und das gedrehte Molekül (Abb. 20). Im Grunde wurden die Seiten vertauscht. Was links war, ist jetzt rechts. Was vorne war, befindet sich jetzt hinten. Und umgekehrt.

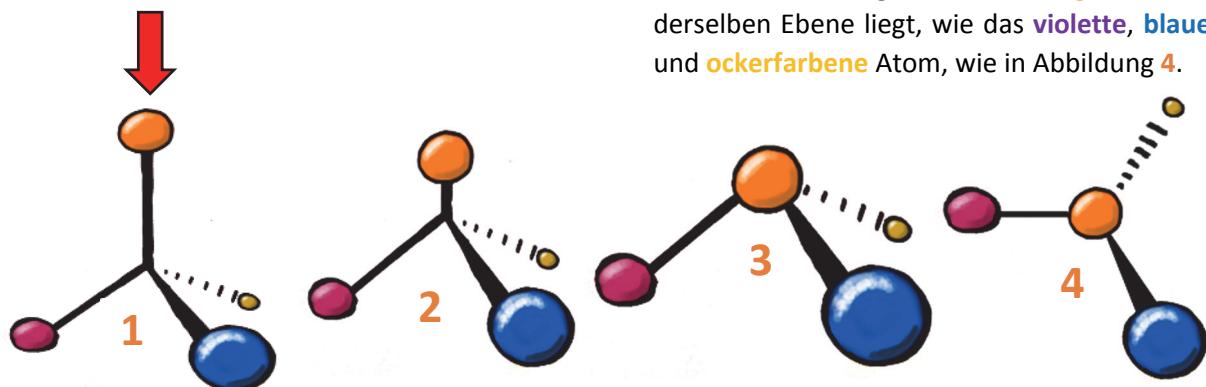
19



20

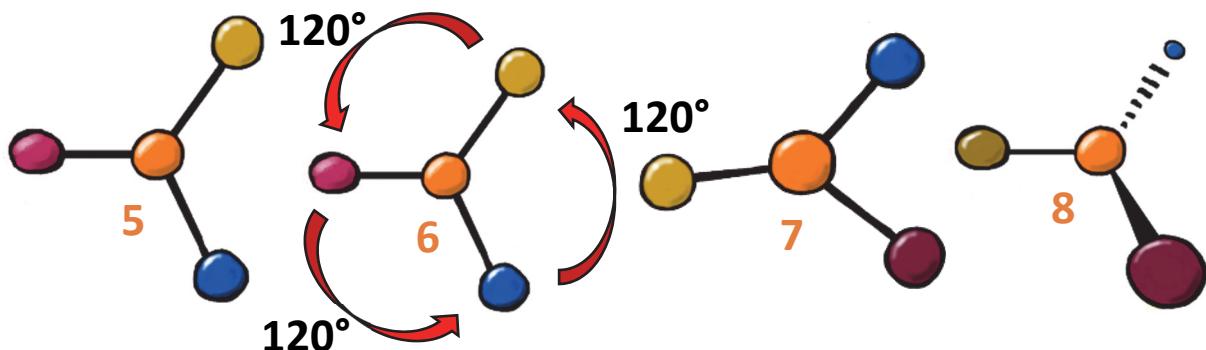


120°-Drehung

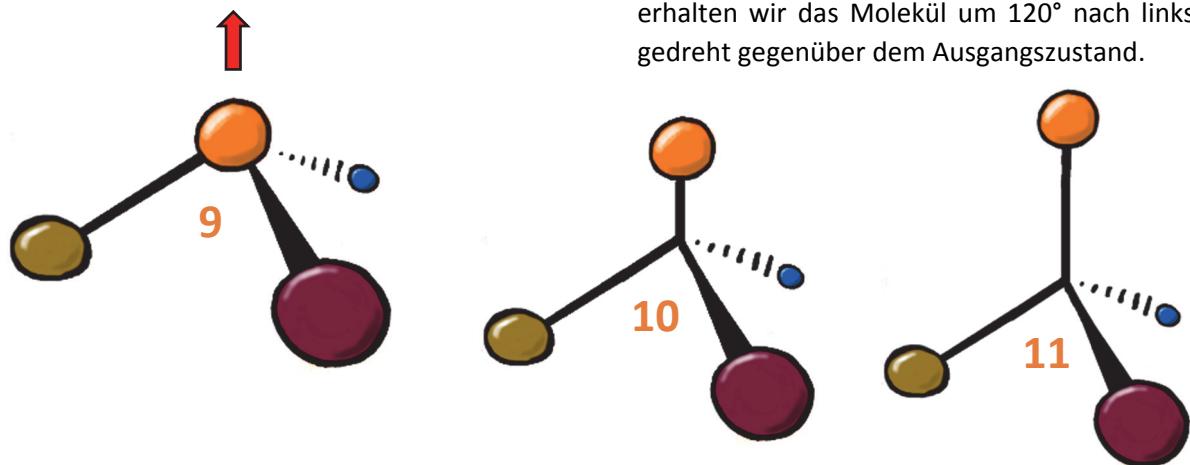


In der Ebene. Zunächst drücken wir das Molekül in Abbildung 1 in Richtung des roten Pfeils zusammen; so lange, bis das **orange** Atom in derselben Ebene liegt, wie das **blaue** und **ockerfarbene** Atom, wie in Abbildung 4.

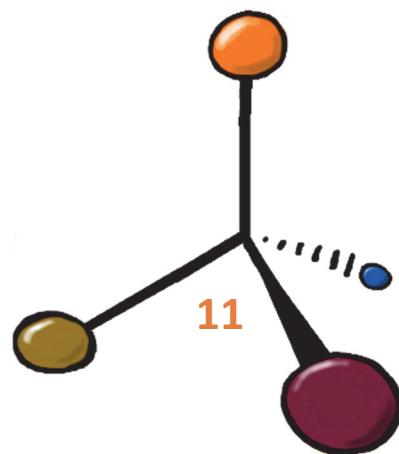
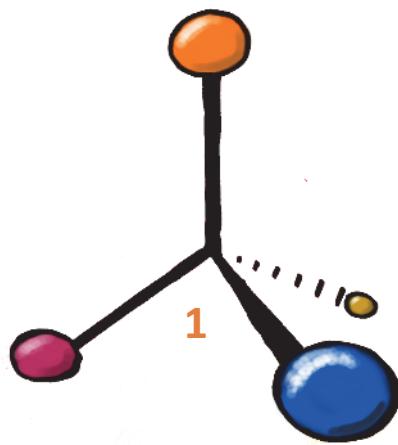
Nachdem das Molekül platt gedrückt wurde, wechseln wir die Perspektive. In Abbildung 4 betrachten wir das Molekül von der Seite her. Abbildung 5 zeigt das Molekül von oben. Bei der Drehung um 120° in Abbildung 6 rückt jedes Atom um eine Position weiter. Dadurch entsteht Molekül 7.



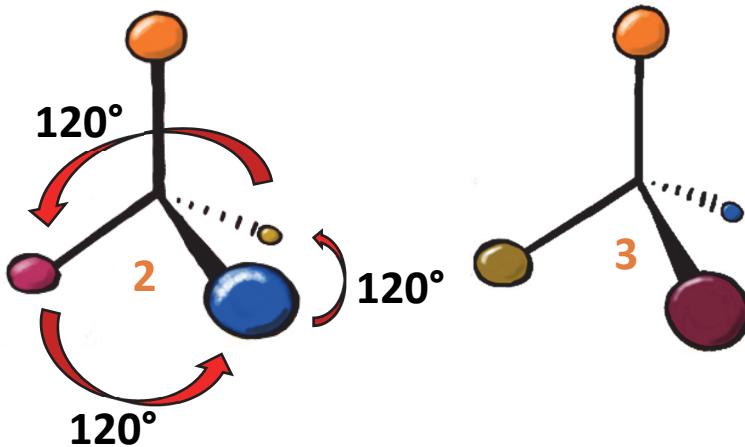
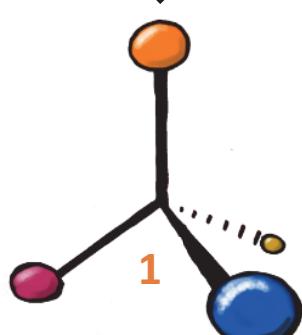
Wir schauen zunächst von oben auf das Molekül (7). Dann von der Seite (8) und (9). Anschließend ziehen wir das orange Atom aus der Ebene entlang des roten Pfeils. Am Ende erhalten wir das Molekül um 120° nach links gedreht gegenüber dem Ausgangszustand.



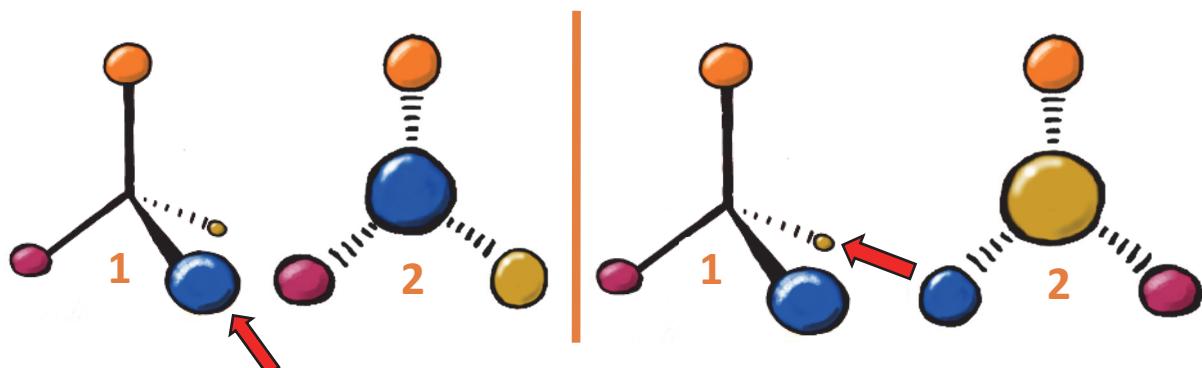
Zum Vergleich: links ist das Ausgangsmolekül, rechts das gedrehte Molekül.

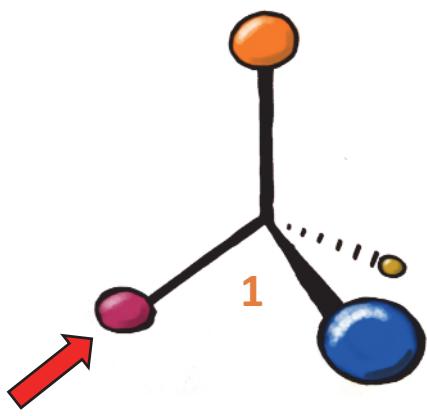


Für Fortgeschrittene. Für diejenigen, denen das eben zu langsam war: ihr könnt das Molekül auch direkt um 120° drehen. Dafür einfach jedes Atom um eine Position gegen den Uhrzeigersinn verschieben.

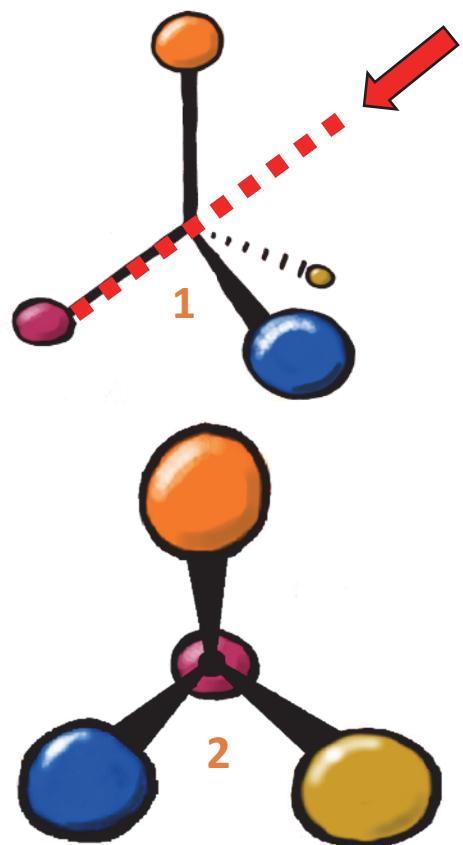
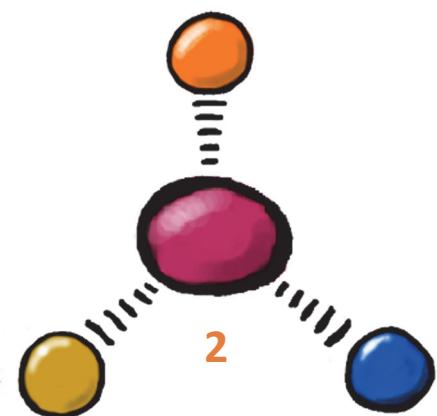


Um eine beliebige Achse. Manchmal wollen wir um eine andere Achse drehen. Dabei ist es wichtig, sich vorzustellen, wie das Molekül aussieht, wenn man entlang dieser Achse schaut.



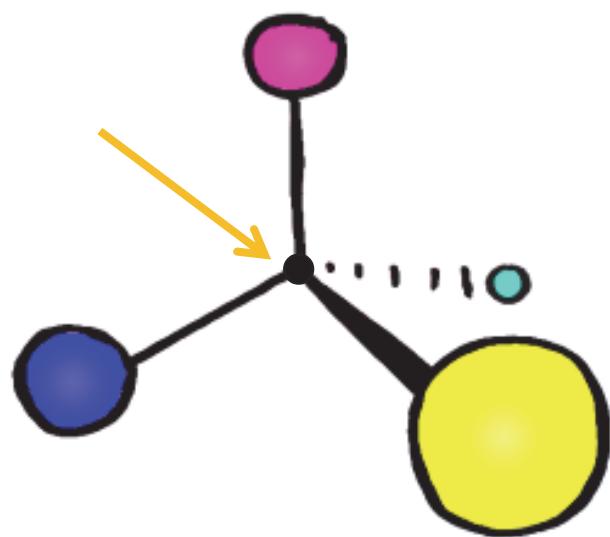


Der Trick hierbei ist, sich **Schritt für Schritt** klar zu machen, an welcher Position sich jedes Atom bezogen auf das Zentralatom befindet. Entlang dieser Achse, muss sich das **orange** Atom oberhalb des Zentralatoms befinden. Das **blaue** Atom ist **rechts**, das **ockerfarbene** Atom **links**. Die Drehung erfolgt dann in der Ebene.

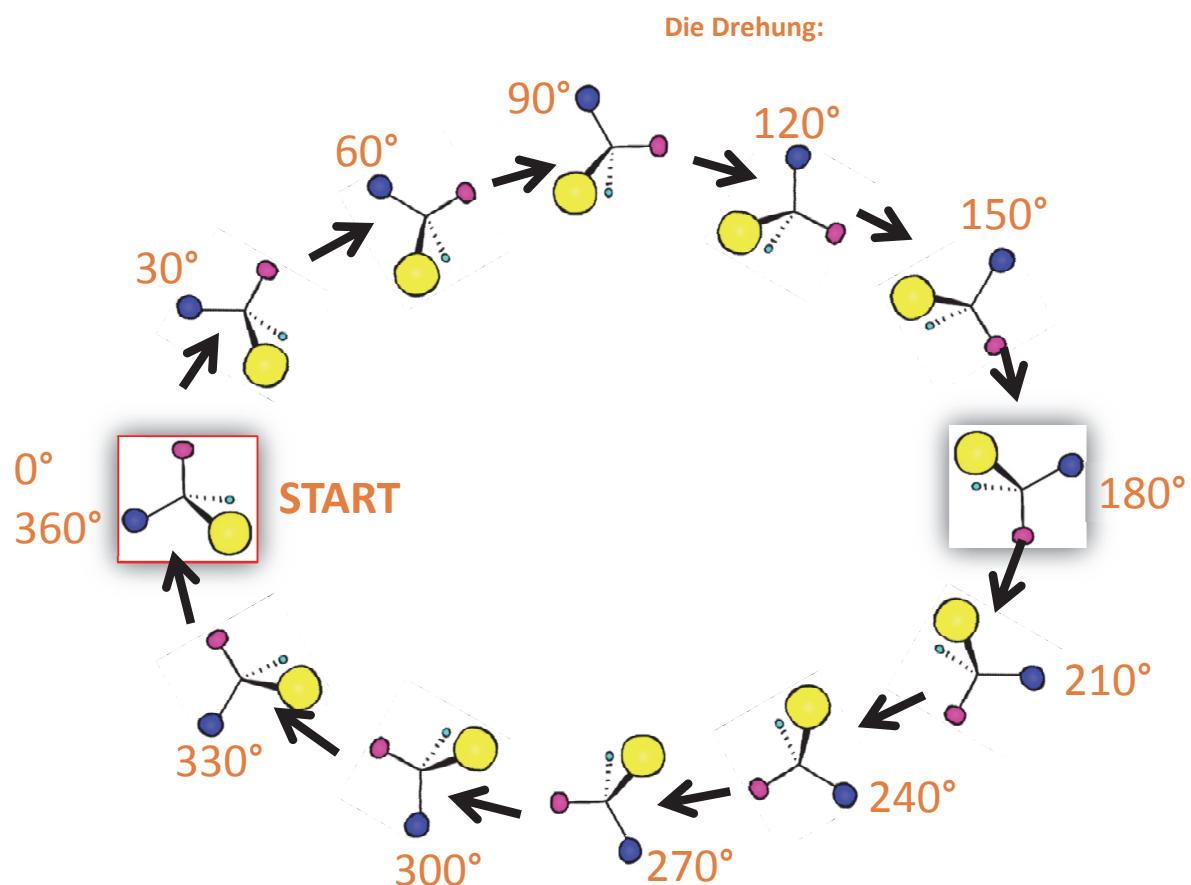


Diesmal schauen wir am Zentralatom vorbei auf das **violette** Atom. Dadurch erscheint das **orange** Atom oben. Das **blaue** Atom befindet sich links und das **ockerfarbene** Atom rechts von der Blickachse. Das **orange**, **ockerfarbene** und **blaue** Atom zeigen auf uns zu, weshalb die Bindung ein Keil ist. Die Atome erscheinen außerdem größer. Da wir exakt entlang der Bindung zwischen dem **violetten** Atom und dem Zentralatom schauen, sieht man die Bindung nicht.

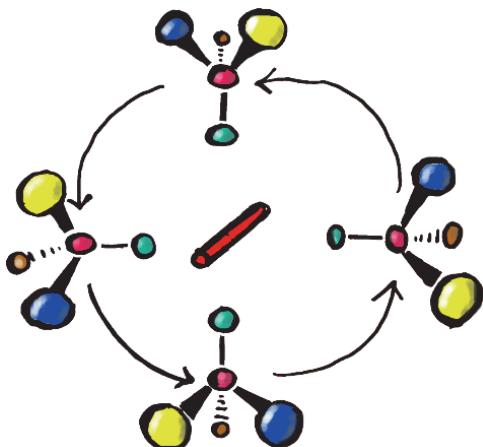
Drehoperationen in der Ebene



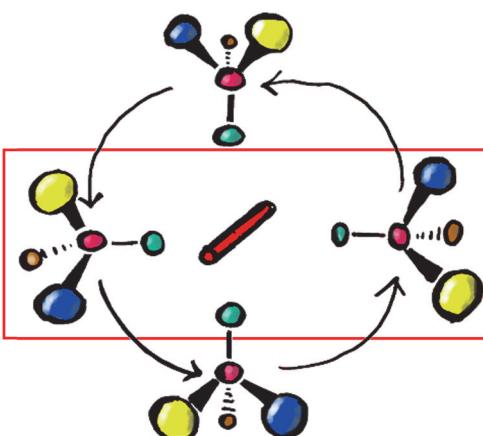
Das Setup. Zu sehen ist hier ein Molekül mit vier verschiedenen Atomen, die tetraedrisch um ein Zentralatom (schwarz) angeordnet sind. Der orangefarbene Pfeil zeigt auf das Zentralatom. Die Atome in violettblau liegen in der Zeichenebene. Das Molekül wird in der Zeichenebene um das Zentralatom in 30°-Schritten um 360° gedreht.



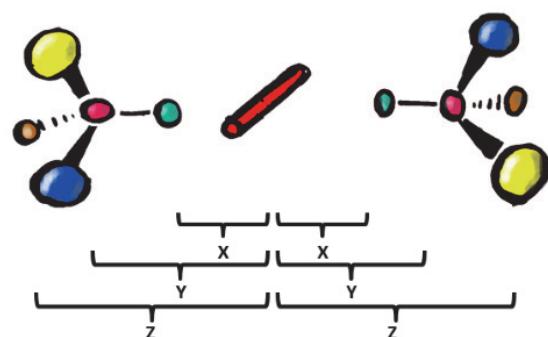
Der Zusammenhang zwischen Achsendrehung und Spiegelung



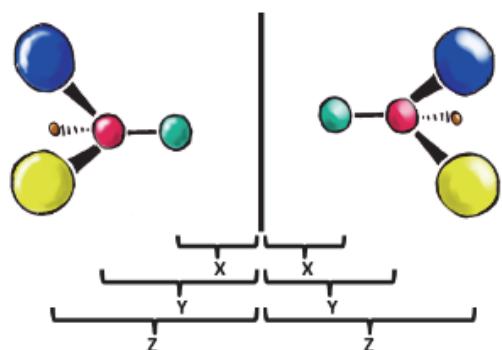
Achsendrehung. In dieser Abbildung wird ein Molekül um eine **Drehachse** gedreht (...die eigentlich ein Punkt sein müsste). Dabei zeigt die Bindung zwischen dem **türkisfarbenen** und dem **violetten** Atom immer auf die Drehachse.



Wir schauen uns jetzt diese beiden Darstellungen etwas genauer an.

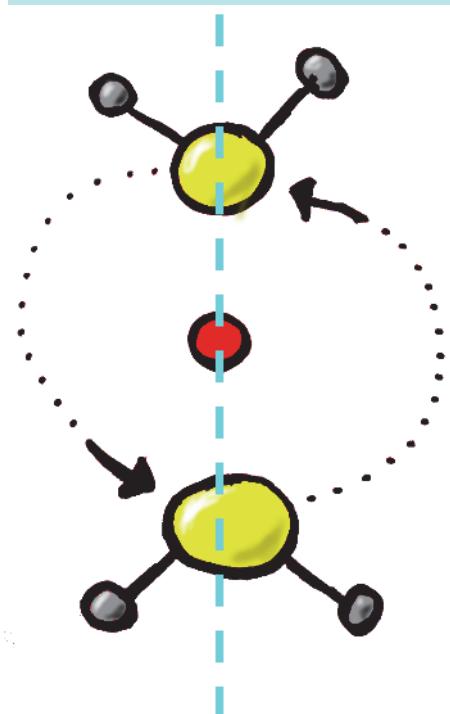
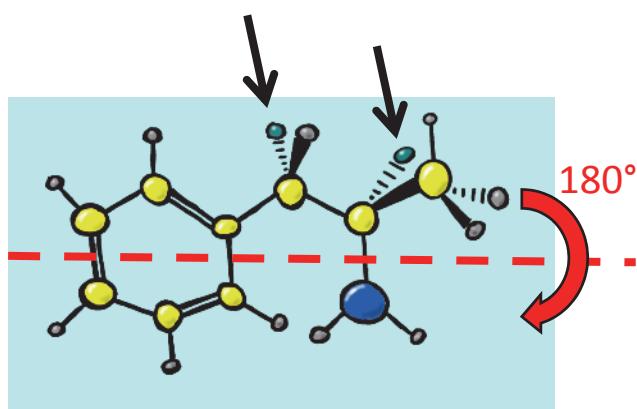
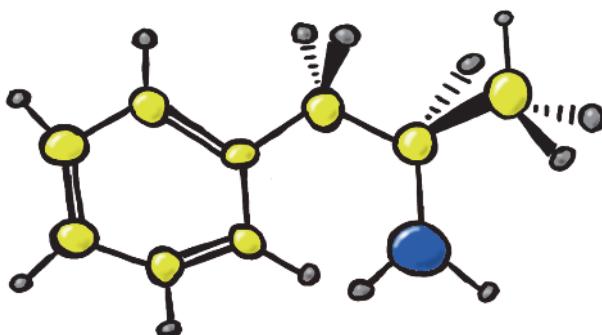
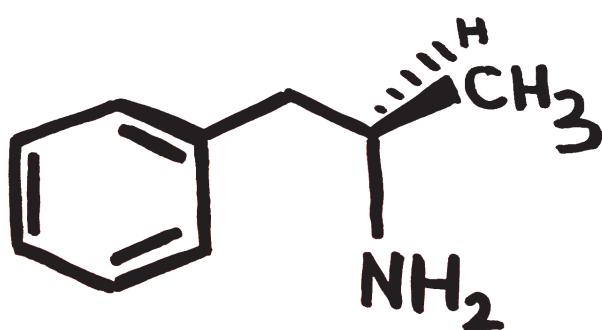


Ausschnitt. Die Abstände zwischen den jeweiligen Atomen in beiden räumlichen Anordnungen sind identisch.



Spiegelung. Hier wurde das Molekül an der **Spiegelebene** in der Mitte gespiegelt. Auch in diesem Fall gilt: Die Abstände zwischen den jeweiligen Atomen in beiden räumlichen Anordnungen sind identisch.

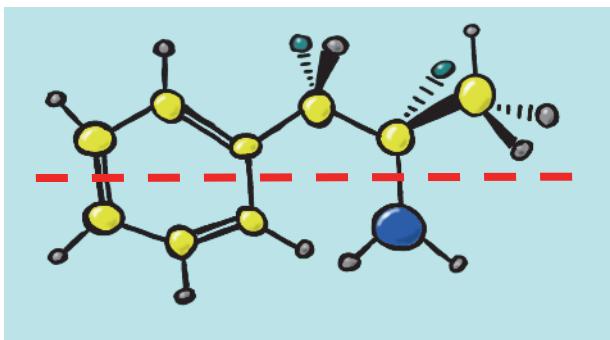
Reale Moleküle



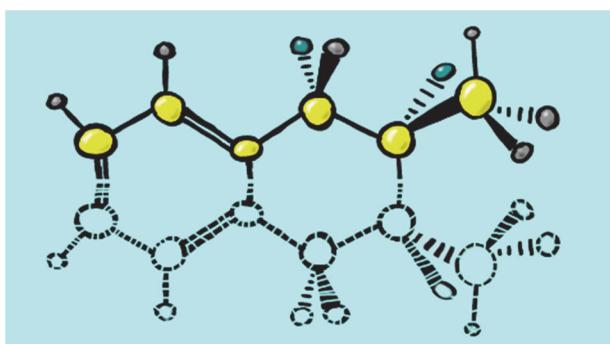
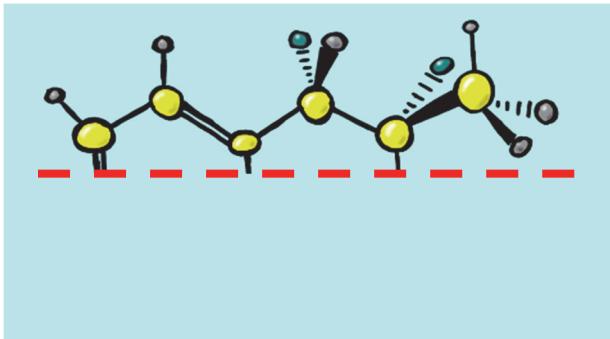
Darstellung. Wenn eine Chemikerin ein Molekül zeichnet, wird sie es vereinfacht darstellen, so wie auf der linken Seite. Was sie aber eigentlich damit meint, ist darunter gezeichnet.

Durch das Molekül wurde eine blaue Glasscheibe gelegt. Aus diesem Grund erscheinen die Wasserstoff-Atome, die sich genau hinter der Zeichenebene befinden, bläulich. Das Molekül soll um 180° entlang der rot eingezeichneten Achse gedreht werden.

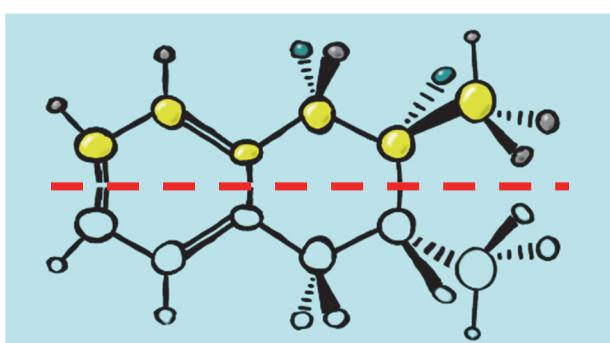
Schematische Drehung. Wie können wir uns die Drehung vorstellen? Hier wird schematisch dargestellt, wie das Molekül gedreht wird. Der rote Punkt ist die Drehachse. Die türkisfarbene Linie stellt die Ebene dar. Jetzt bewegen wir das obere Molekül auf dem Kreis entlang, bis wir eine halbe Umdrehung vollzogen haben. Dabei muss darauf geachtet werden, dass der schwarze Pfeil am Molekül immer auf den roten Punkt zeigt. Das gelbe Atom liegt jetzt wieder in der Ebene. Die grauen Atome haben ihre Position getauscht. Das erst rechte Atom, befindet sich jetzt links. Und andersherum.



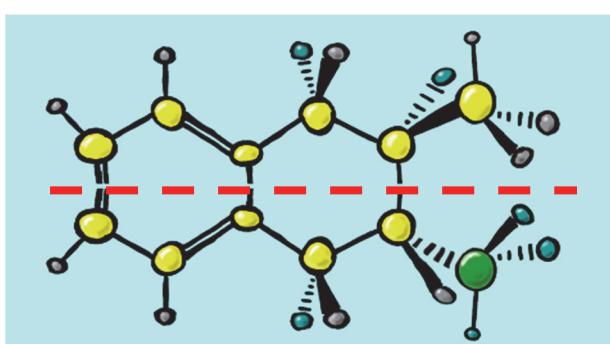
Drehung. Den Trick zum Drehen von Molekülen, den wir eben gelernt haben, wenden wir jetzt auf unser reales Molekül an. Um es uns leichter zu machen, drehen wir erst einmal nur die Hälfte des Moleküls. Wir entfernen also von der linken Abbildung alles, was sich unterhalb der Drehachse befindet.



An allen gestrichelten Stellen, sollte nach der Drehung entweder ein Atom oder eine Bindung sein.

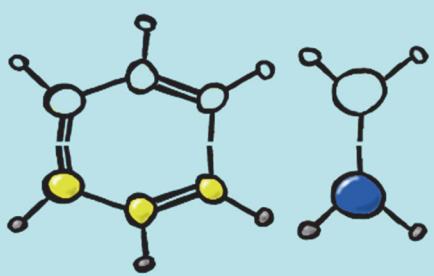
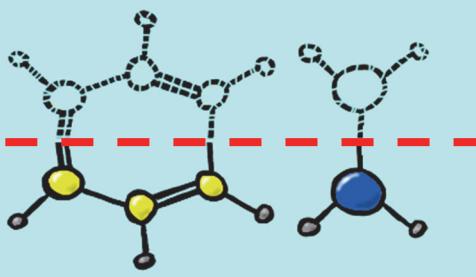
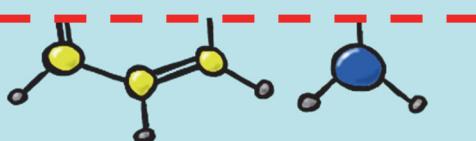
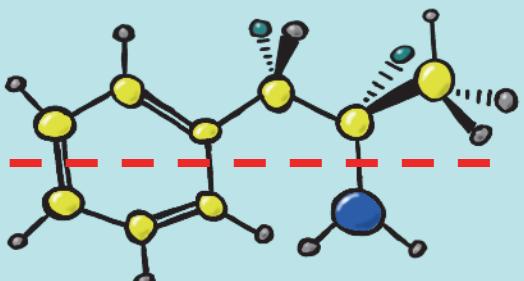
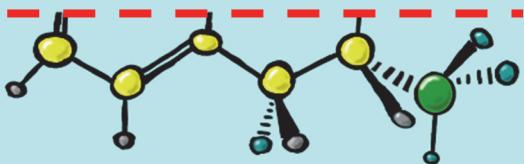


Links wurden statt der gestrichelten Linien die Atome eingezeichnet. Darunter ist jetzt das gedrehte Moleköl zu sehen. Das Kohlenstoff-Atom der Methyl-Gruppe ist nun grün. Das kommt daher, dass es sich jetzt hinter der türkisfarbenen Glasscheibe befindet. Gelb und Türkis ergeben Grün.

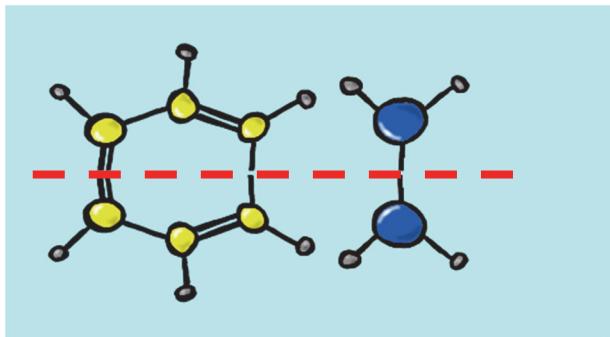


Die Wasserstoff-Atome der Methyl-Gruppe (-CH_3) befinden sich nun auch hinter der Scheibe, wodurch sie bläulich erscheinen. Die Wasserstoff-Atome der Methylen-Gruppe (-CH_2) erscheinen auf den ersten Blick gleich. Aber sie haben die Position getauscht. Was vorne war, ist nun hinten.

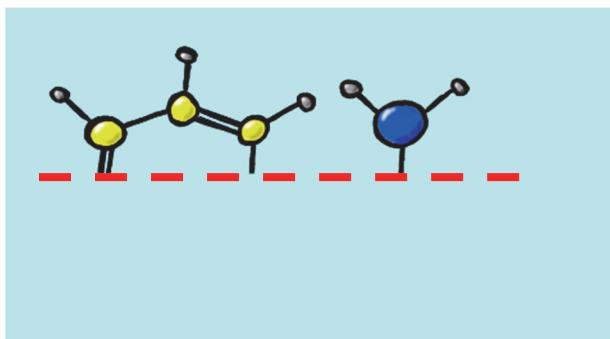
Weiter geht's. Da uns nur der untere Teil des Moleküls interessiert, wird der obere Teil entfernt. Wir wollen ja das gedrehte Molekül haben.



Bisher haben wir nur den oberen Teil des Moleküls gedreht. Jetzt wird das Ganze noch für den unteren Teil wiederholt. Diesmal etwas schneller.

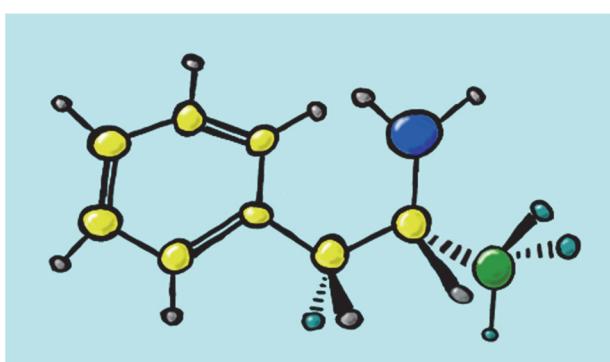
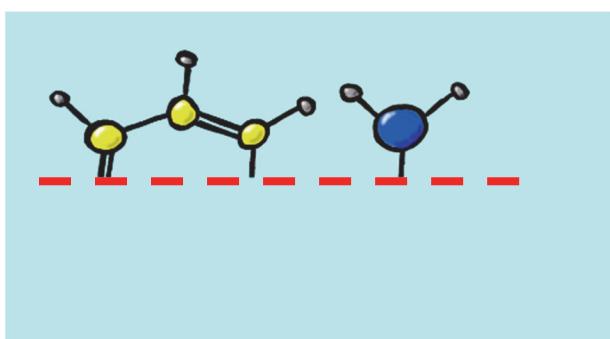
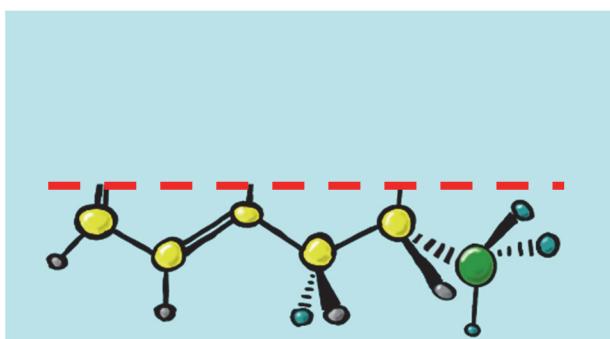


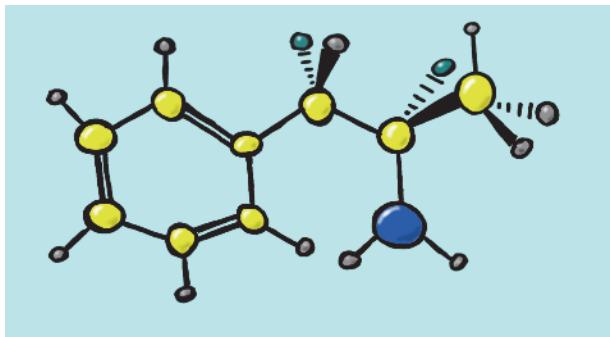
Auch hier brauchen wir den ursprünglichen Teil des Moleküls nicht mehr. Deshalb entfernen wir den unteren Teil.



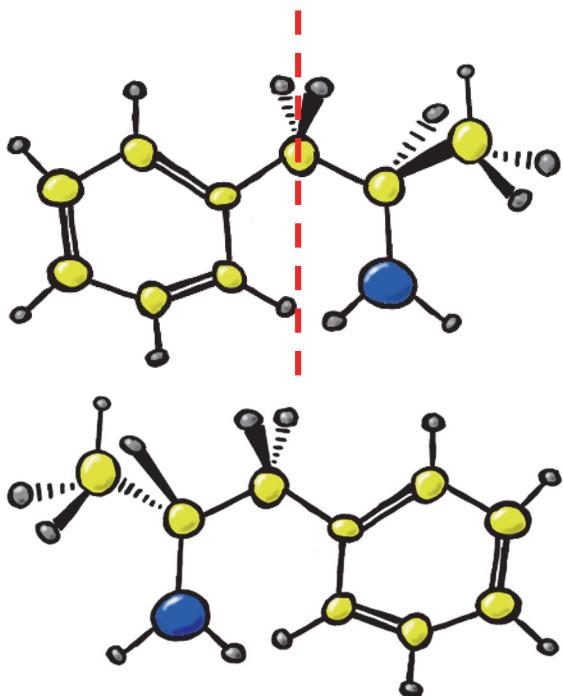
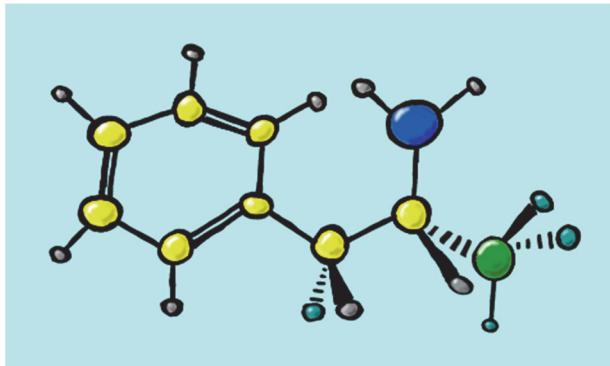
Zusammensetzen – und fertig!

Jetzt nur noch die obere und die untere Hälfte zusammensetzen. Fertig!



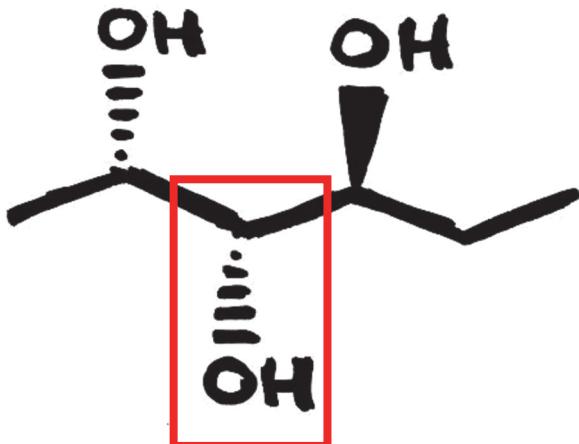


Der Vergleich. Hier sehen wir das Produkt unserer Arbeit. Was sich oberhalb der Achse befand, befindet sich jetzt unterhalb und zwar genauso weit unterhalb, wie es vorher oberhalb war. Was sich vor der Ebene befand, ist jetzt hinter der Ebene und war genauso weit hinter der Ebene, wie es vorher vor der Ebene war. Und umgekehrt.

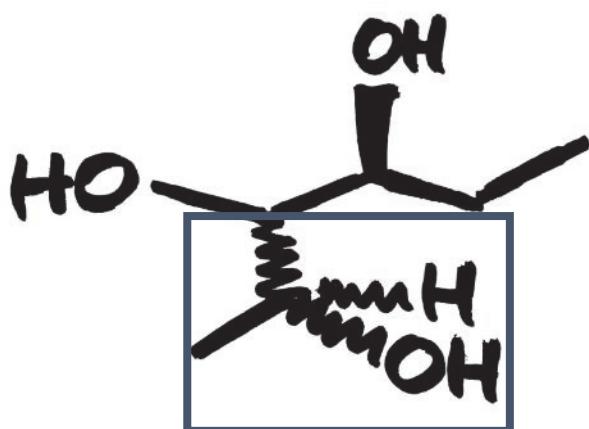


Drehung um andere Achsen. Die Drehung um andere Achsen kann dabei analog durchgeführt werden. Links ist die Ausgangsverbindung zu sehen. Rechts befindet sich das Produkt der Drehung um die rote Achse.

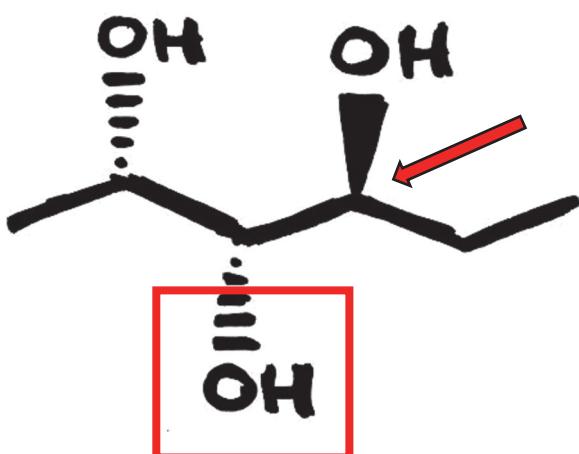
Komplexe Drehoperation



Darstellung des Problems. Manchmal ist es von Interesse, dass eine bestimmte Gruppe oder ein bestimmtes Atom an einer bestimmten Position ist. In dieser Präsentation wird gezeigt, wie man vorgehen kann, wenn man die rot umrandete Hydroxy-Gruppe in die Ebene drehen möchte.

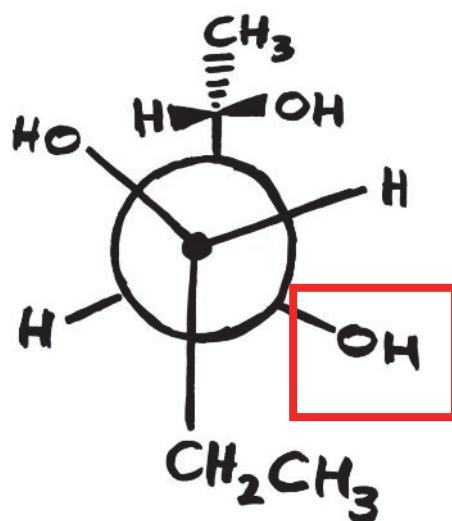


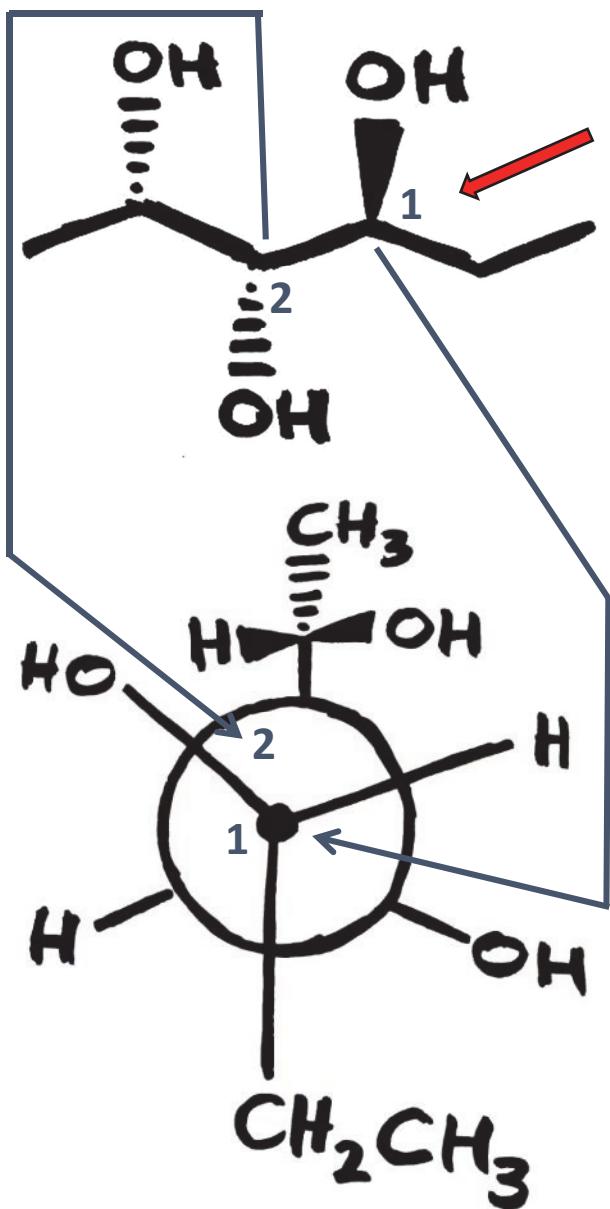
Die zentrale Frage dabei ist, wo sich im gedrehten Molekül dann die blau umrahmten Reste befinden werden.



Die Newman-Projektion. Um die Drehung besser zu verstehen, wird sie in der Newman-Projektion durchgeführt.

Dabei schauen wir entlang einer Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung. Diese ist mit dem **roten** Pfeil markiert.



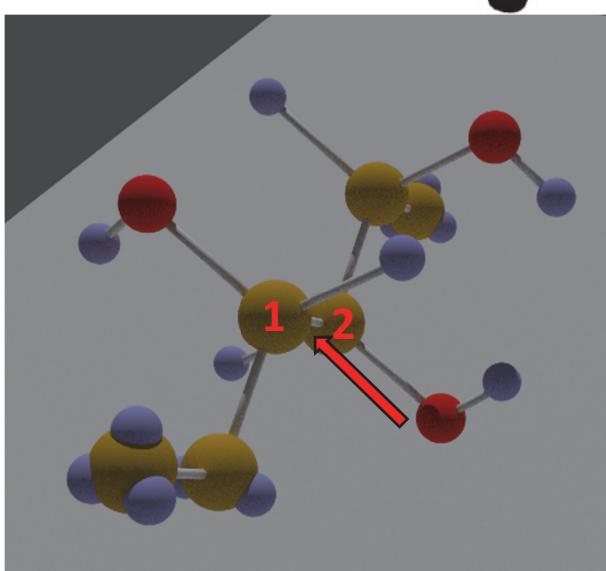


Das Kohlenstoff-Atom **1** wird beim Blick entlang des **roten** Pfeils zuerst gesehen. Deshalb wird es in der Newman-Projektion vorne als kleiner Punkt dargestellt. Danach wird beim Blick entlang der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung das Kohlenstoff-Atom **2** gesehen. Es wird sehr groß dargestellt, da es sonst nicht gesehen werden könnte.

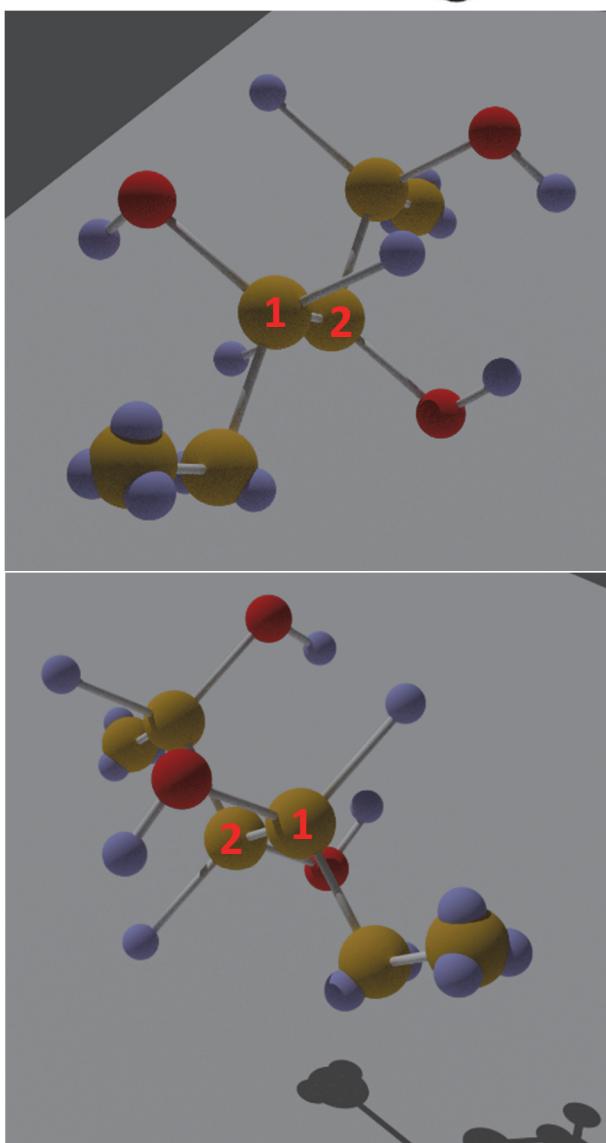
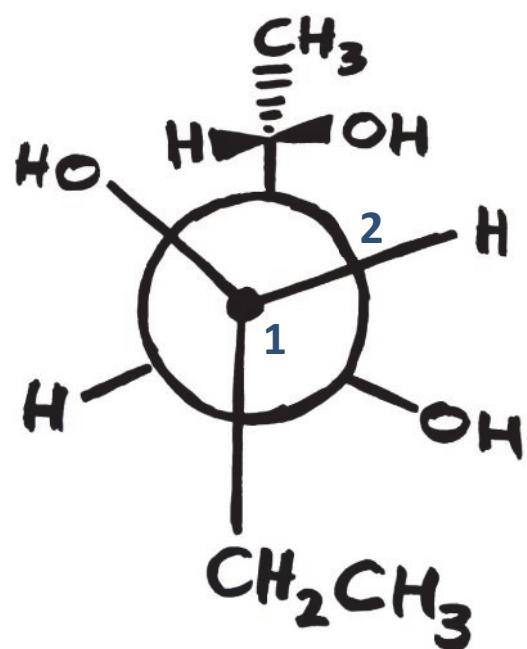
Die Kohlenstoff-Kette am Kohlenstoff-Atom **1** zeigt nach unten. Deshalb wird sie in der Newman-Projektion nach unten gezeichnet. Beim Blick entlang des **roten** Pfeils, befindet sich die Hydroxy-Gruppe links, das Wasserstoff-Atom zeigt nach rechts.

Die Kohlenstoff-Kette mit der Hydroxy-Gruppe am Kohlenstoff-Atom **2** zeigt nach oben. Deshalb wird sie in der Newman-Projektion nach oben gezeichnet.

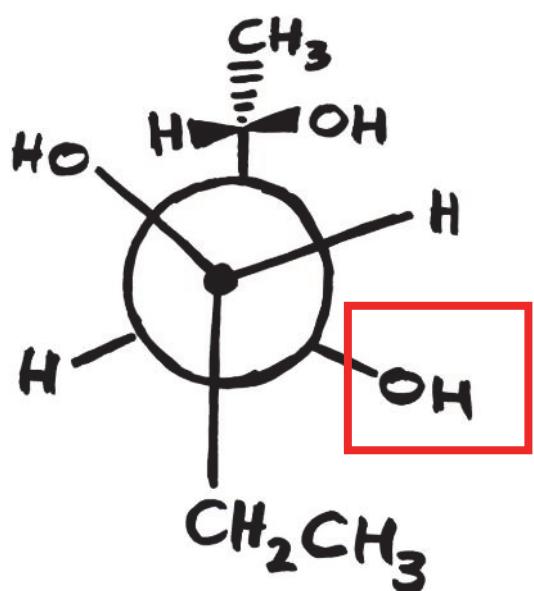
Beim Blick entlang des **roten** Pfeils, befindet sich die Hydroxy-Gruppe rechts, das Wasserstoff-Atom zeigt nach unten links.



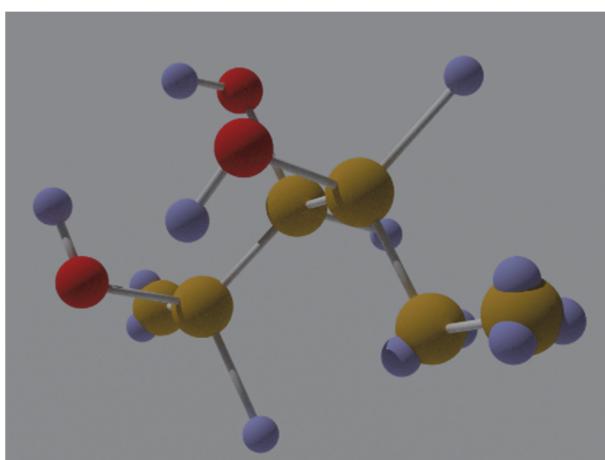
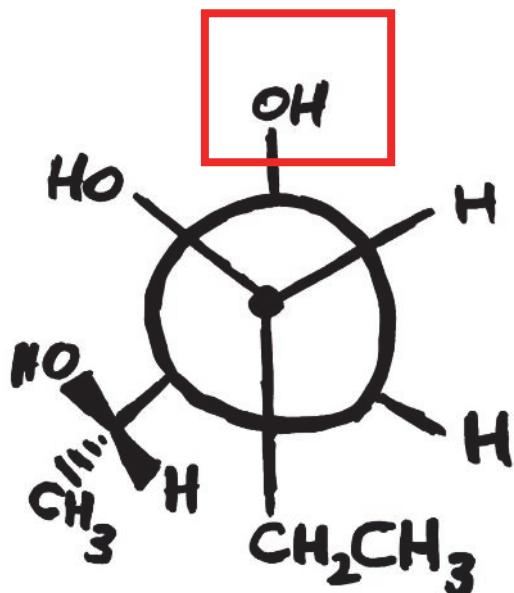
Die Newman-Projektion in 3D. Links ist die 3D-Molekül-Struktur dargestellt. Wir schauen entlang der mit dem **roten** Pfeil markierten Bindung. Die Kohlenstoff-Atome, die als zentrale Atome in der Newman-Projektion dargestellt sind, wurden **rot** markiert.



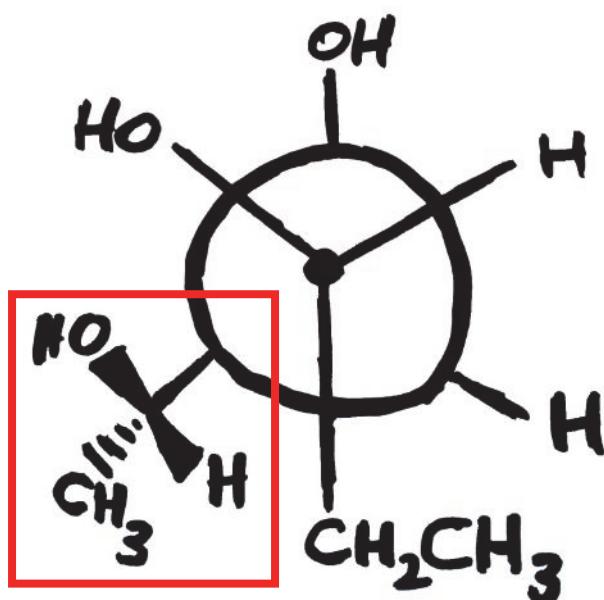
Hier wurde dasselbe Molekül aus zwei verschiedenen Perspektiven gezeigt.



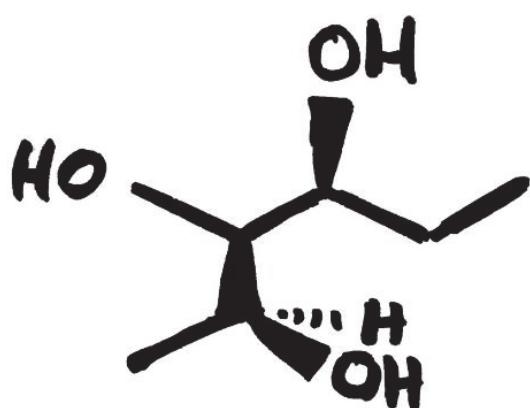
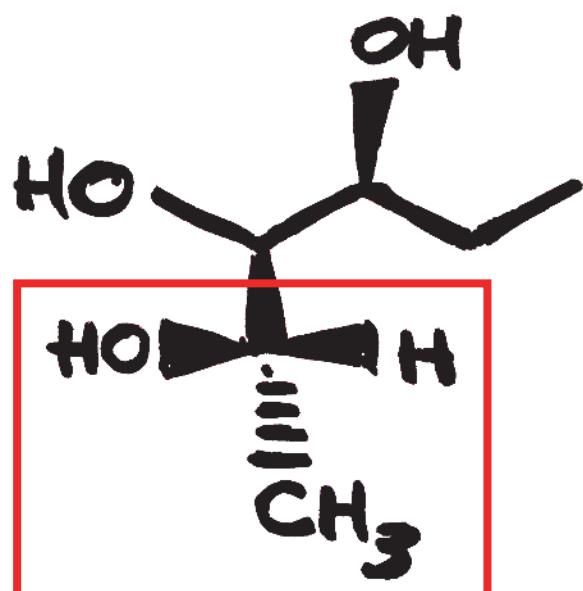
Drehung in der Newman-Projektion. Um die rot umrahmte Hydroxy-Gruppe in die Ebene zu verschieben, muss sie vertikal vom Molekül ausgehen, also entweder senkrecht nach oben oder nach unten zeigen. In diesem Fall ist es günstiger, die Hydroxy-Gruppe nach oben zu drehen. Dafür wird jeder Rest um 120° entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht. Oder anders ausgedrückt: Alle Reste wandern eine Position entgegen dem Uhrzeigersinn weiter.



Nach der Drehung: Newman versus 3D. Zum besseren Verständnis sind die Newman-Projektion links oben sowie die 3D-Struktur des Moleküls links neben dem Text dargestellt.

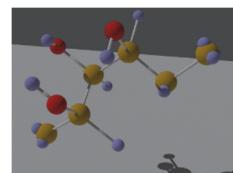


Nun wird die Newman-Projektion in die Keilstrich-Darstellung zurück überführt. Dabei ist vor allem der rot gerahmte Rest von Relevanz, da hier ein stereogenes Zentrum vorliegt. Im Grunde wird genauso vorgegangen wie bei der Erstellung der Newman-Projektion, nur in die andere Richtung.



Der letzte Schliff. Da sich die Kohlenstoffkette meistens in der Ebene befindet, wird die Methyl-Gruppe auch hier in die Ebene gedreht. Dabei wandert das Wasserstoff-Atom hinter die Ebene. Die Hydroxy-Gruppe bleibt vor der Ebene, ändert jedoch ihre Position.

Fertig! Zum Vergleich gibt es rechts noch einmal die 3D-Struktur – allerdings etwas kleiner.



Spieglein, Spieglein... - Enantiomere



Name: *Rocco*

Sternzeichen: *Stier*

Essen: *Fleisch*

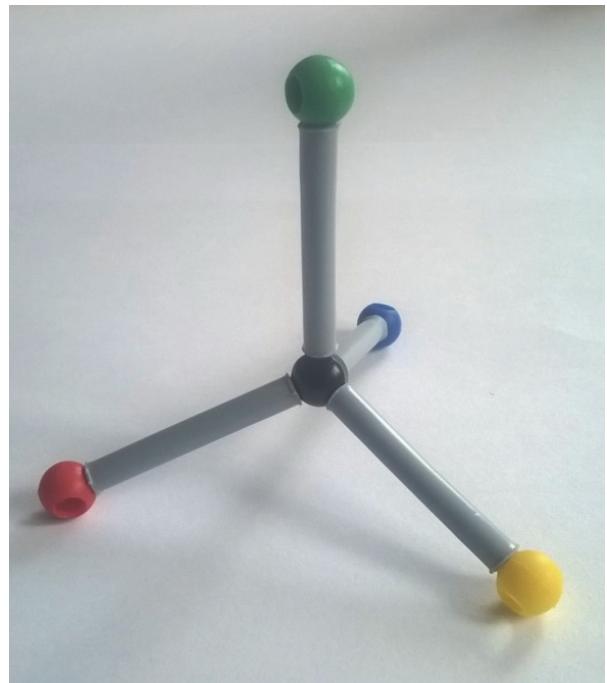
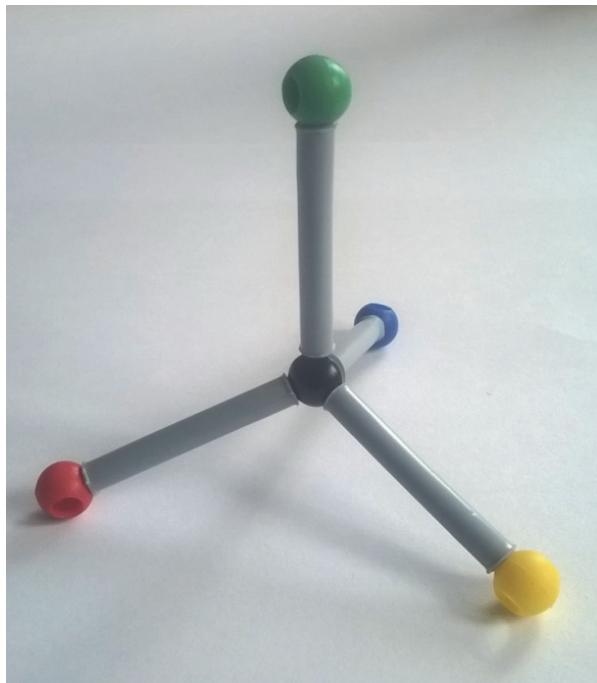
Getränk: *Bier*

Interessen: *Mein Spiegelbild*

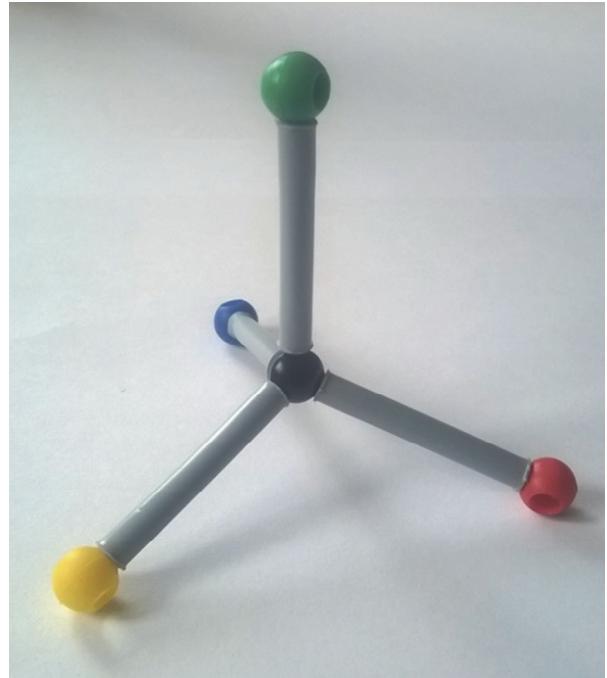
Spruch: *Habe ich nicht.*

Enantiomere sind Spiegelbilder

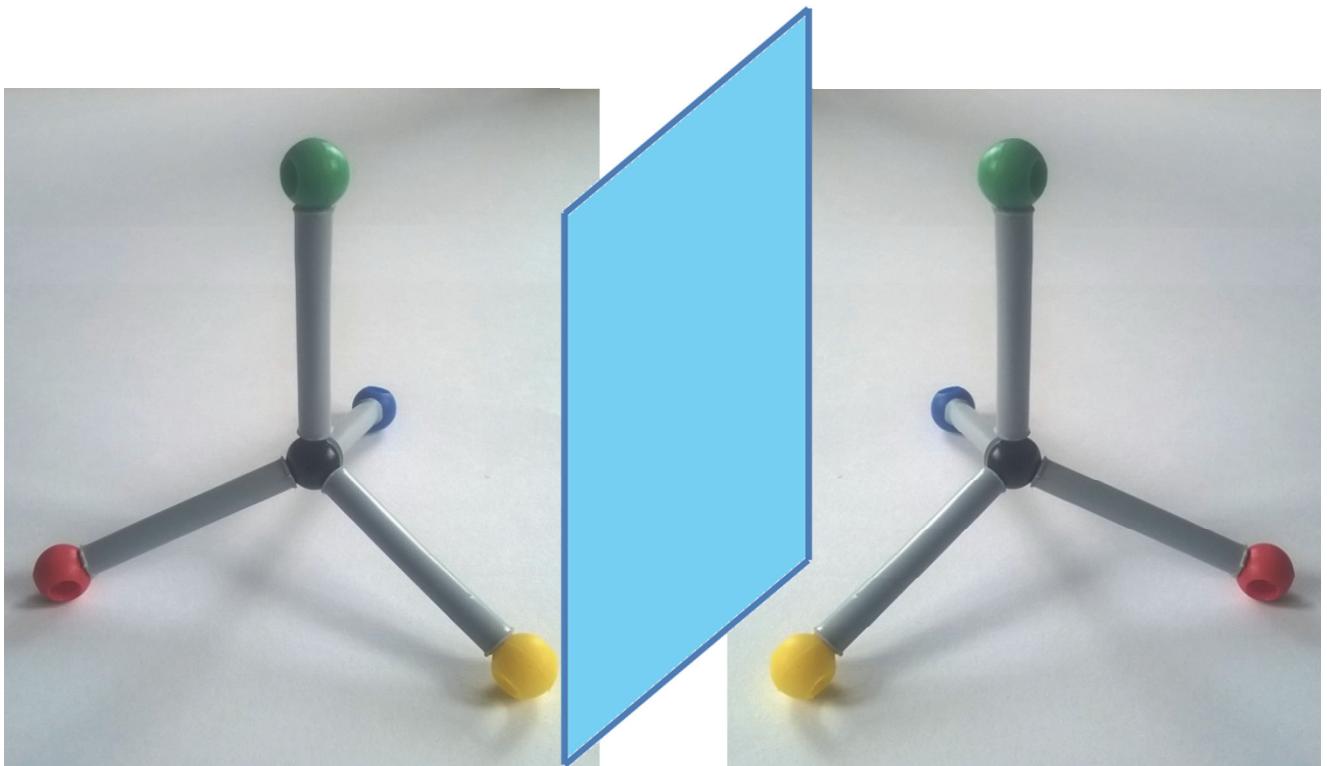
Hier siehst du zwei identische Moleküle. Ich werde das rechte Molekül gleich spiegeln.



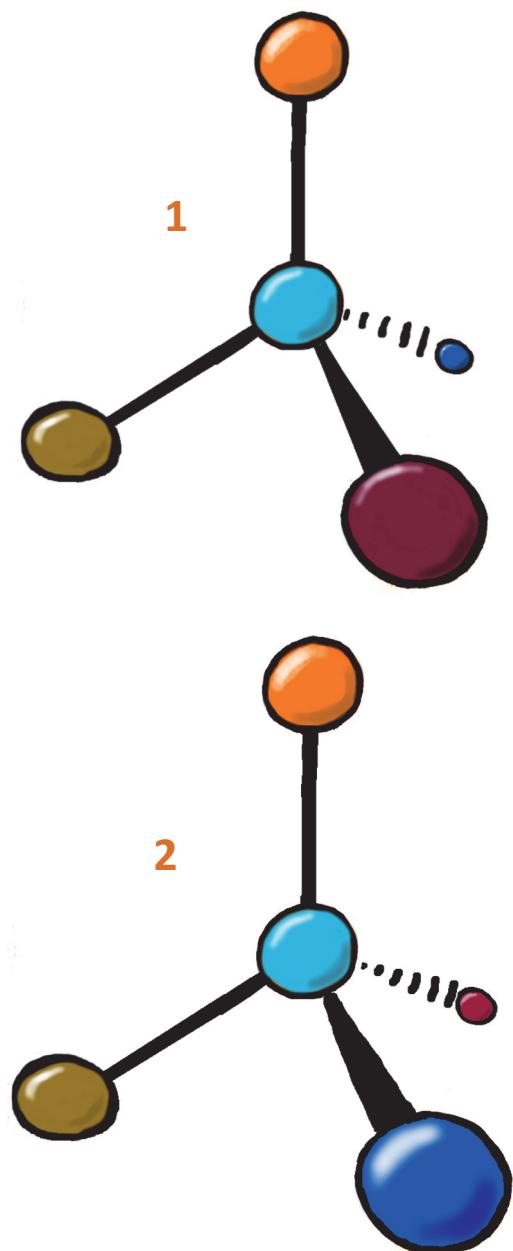
Jetzt sind die Moleküle das Spiegelbild des jeweils anderen.



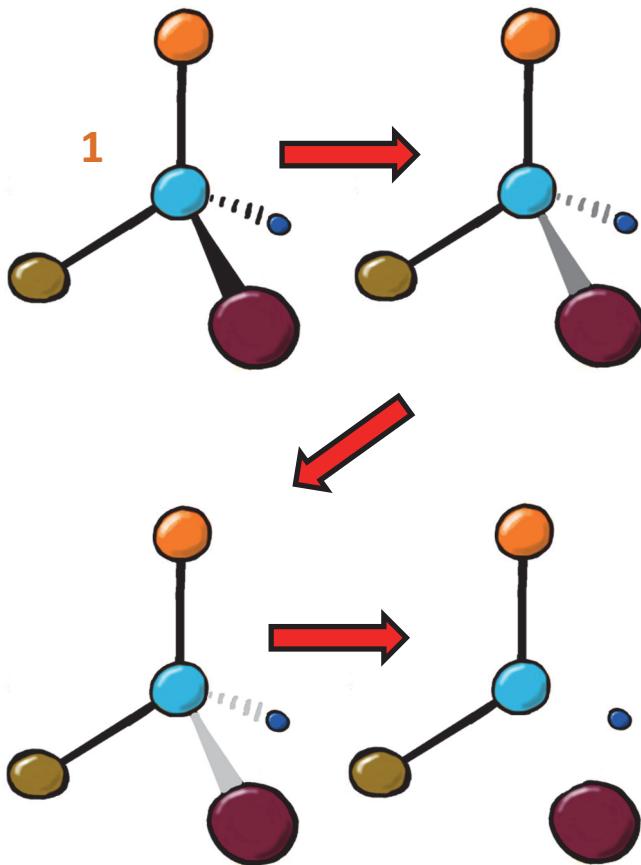
Links befindet sich das Ausgangsmolekül und durch Spiegelung entsteht das rechte Molekül.



Enantiomere durch Vertauschen der Reste erzeugen (Teil I)

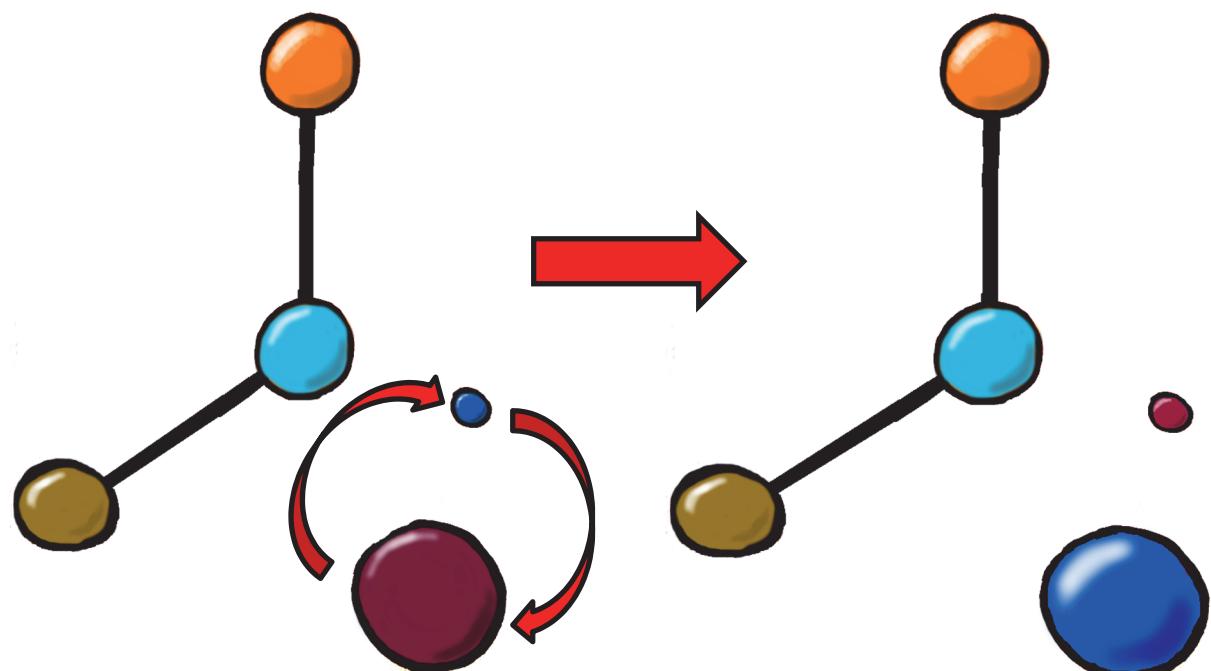


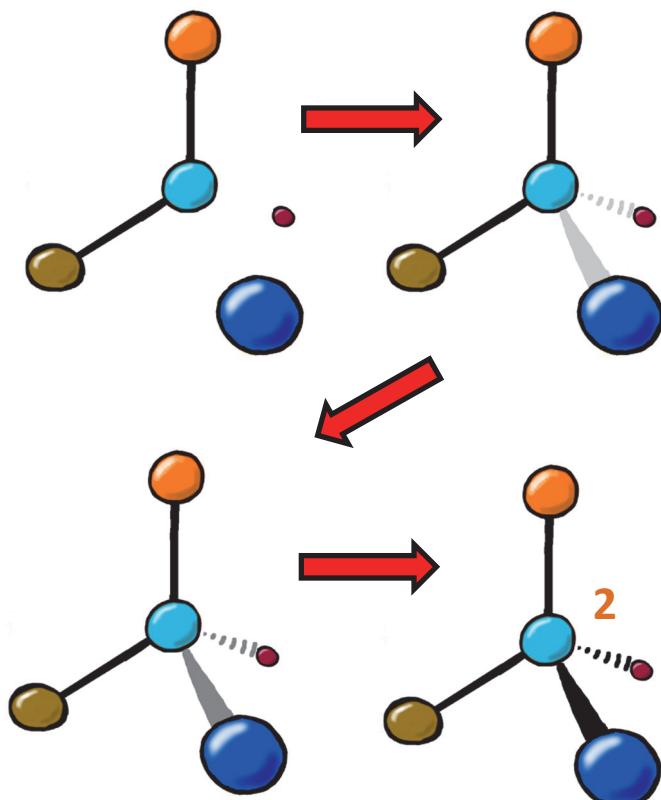
Los geht's. Hier sehen wir zwei Enantiomere. Manchmal hat man jedoch nur Molekül **1** und möchte wissen, wie das Enantiomer davon aussieht. Ich werde dir einen kleinen Trick zeigen, wie man auf einfache Weise ein Enantiomer erzeugen kann.



Die Bindung auflösen. Dazu müssen wir zunächst die Bindungen von zwei beliebigen Atomen zum Zentral-Atom entfernen. Wie man erkennen kann, werden sie von vorne zur Mitte und wieder nach unten schwächer, bis sie verschwunden sind.

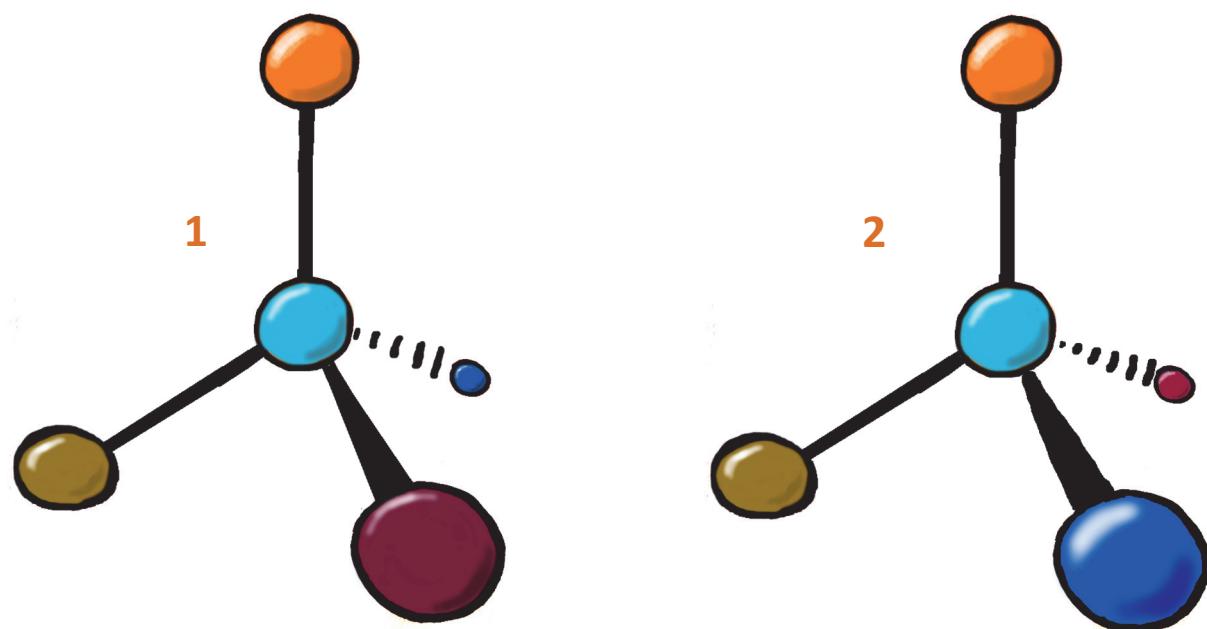
Die Atome vertauschen. Die beiden abgelösten Atome werden jetzt vertauscht.



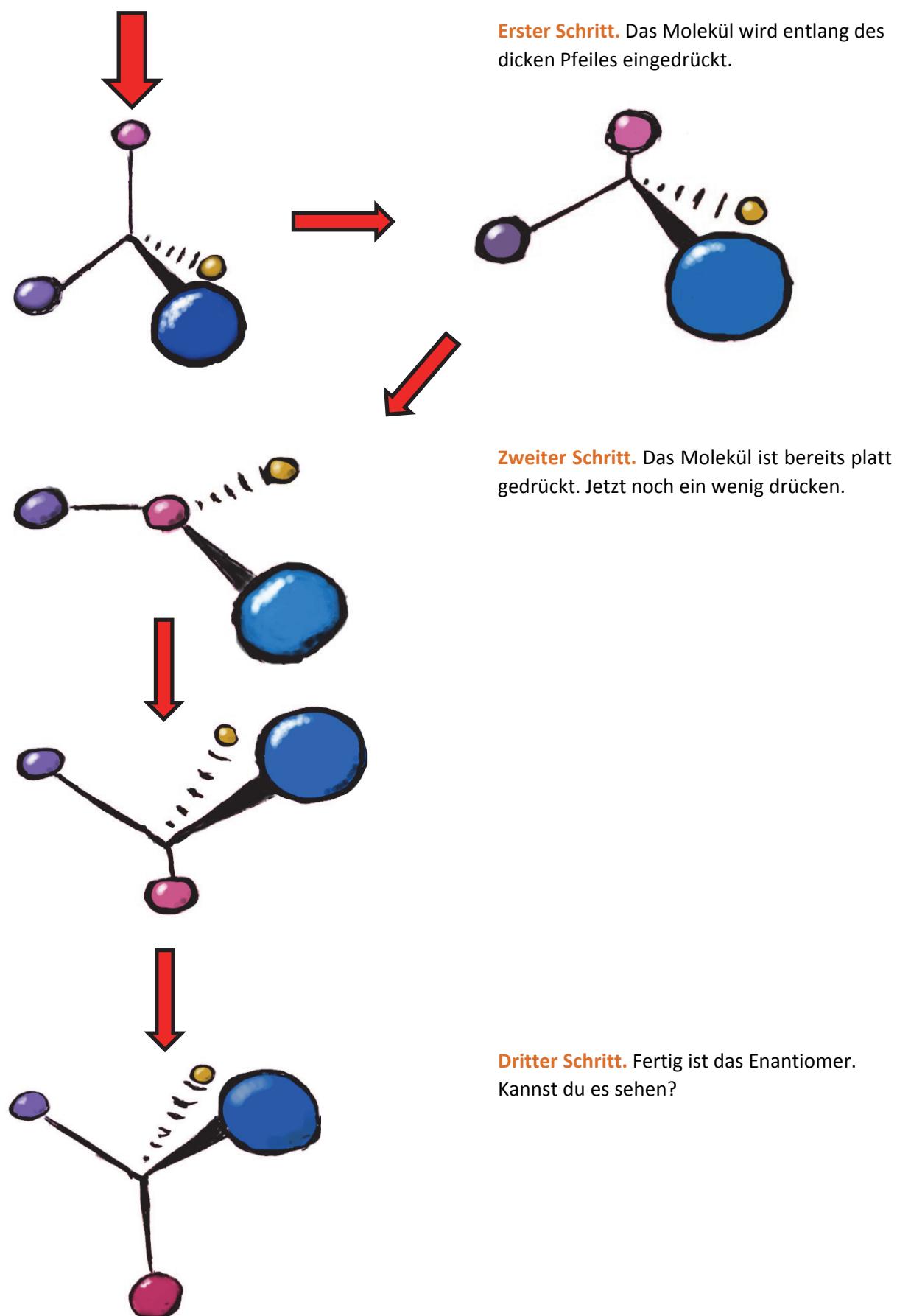


Bindungen knüpfen. Nachdem die Atome vertauscht worden sind, bauen wir die Bindung der beiden losgelösten Atome zum Zentral-Atom langsam wieder auf. Es resultiert hieraus Molekül 2 (siehe Beginn), also das Enantiomer.

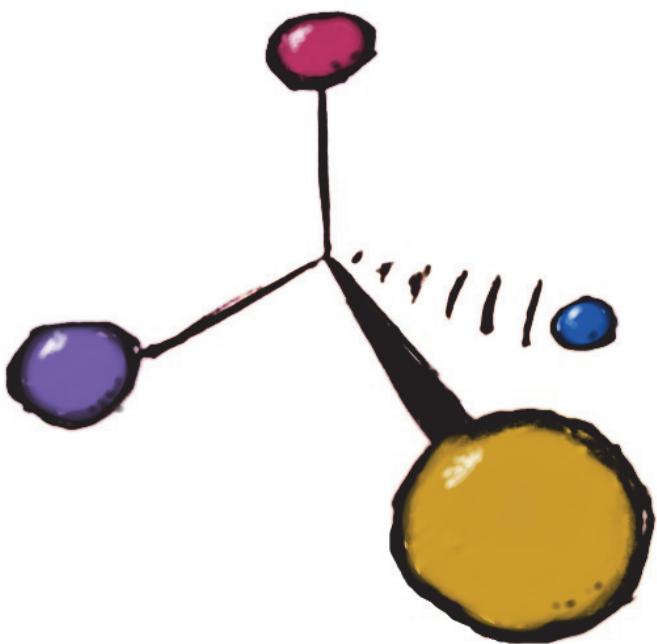
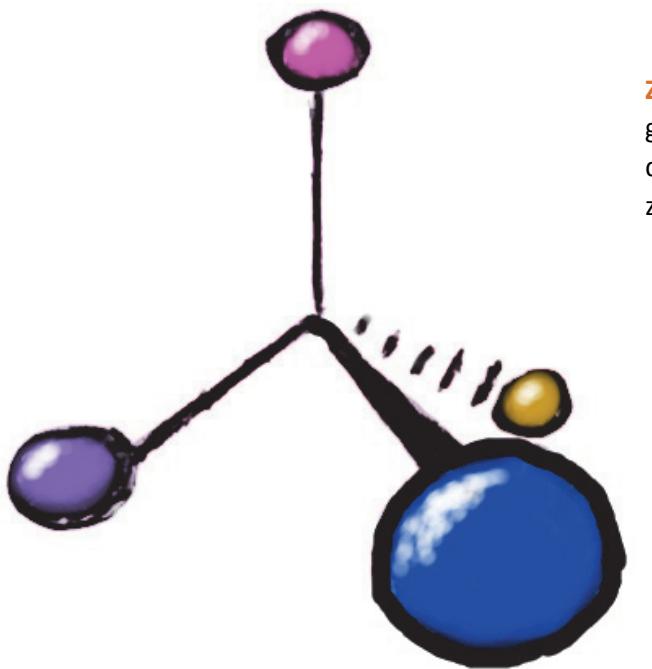
Das Schöne an der Methode ist, dass es total egal ist, welchen der beiden Reste du vertauschst. Es wird immer das Enantiomer herauskommen. Das glaubst du nicht? Dann probiere es aus!



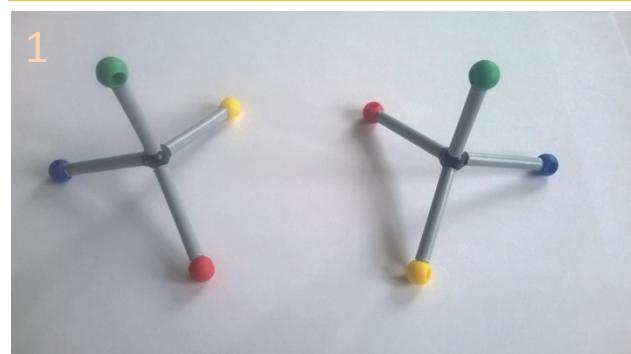
Enantiomere durch Invertierung erzeugen



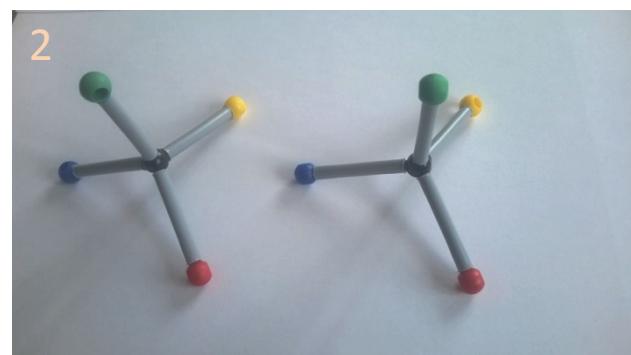
Zum Vergleich ist oben noch einmal die Ausgangsverbindung dargestellt. Unten ist das durch Invertierung erzeugte Enantiomer dazu abgebildet worden.



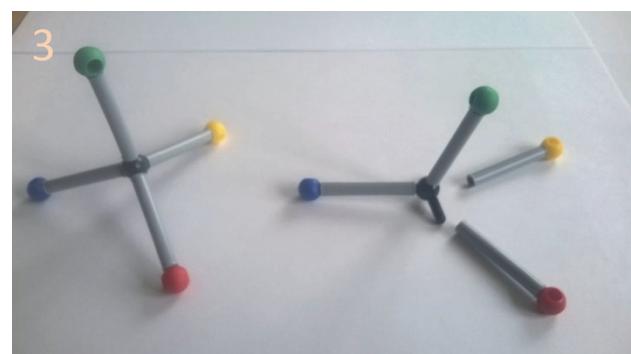
Enantiomere durch Vertauschen der Reste erzeugen (Teil II)



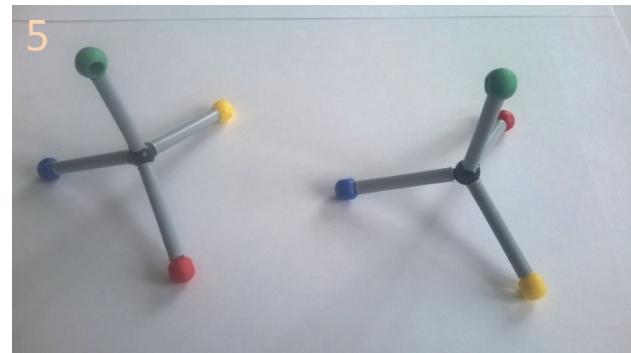
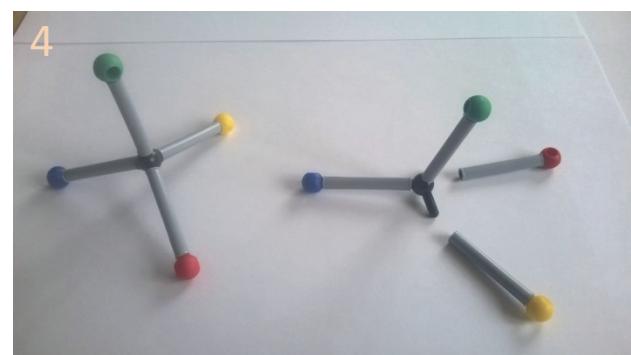
Links (Abb. 1) kannst du zweimal dasselbe Molekül sehen. Es ist in der Abbildung zu erkennen, dass das linke und das rechte Molekül keine Spiegelbilder voneinander sind.

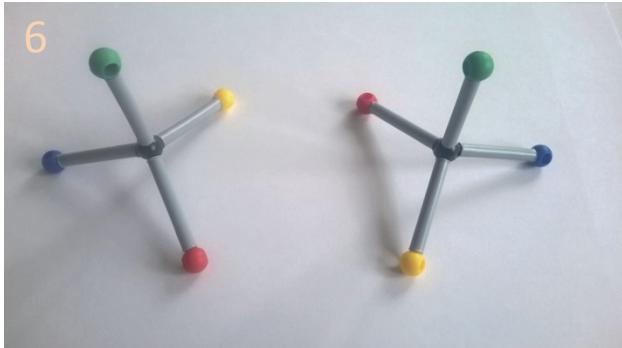


Die Abbildung 2 macht es deutlich. Alle Reste zeigen in dieselbe Richtung.

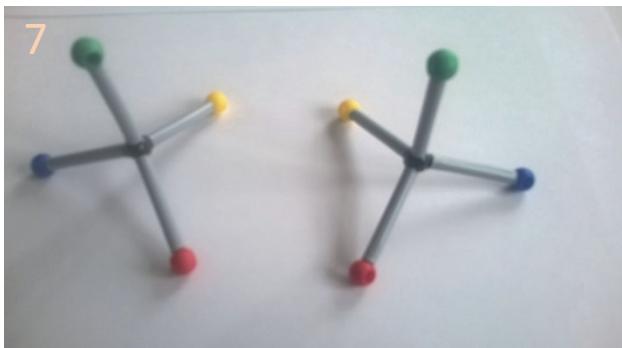


Um aus den identischen Molekülen Enantiomere zu machen, musst du zwei Reste entfernen (Abb. 3) und sie vertauschen (Abb. 4). Nach dem Zusammenbauen sieht das Molekül schon anders aus als vorher (Abb. 5).

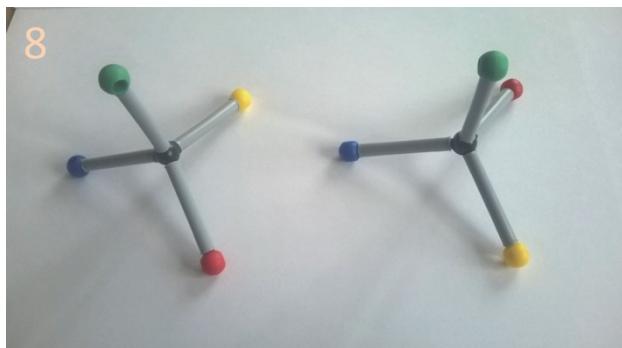




Beim Vergleich der beiden Bilder (6 & 7) fällt sofort auf, dass die Moleküle nicht mehr gleich sind. Aus den beiden gleichen Molekülen (Abbildung 6) sind Enantiomere (Abbildung 7) geworden.

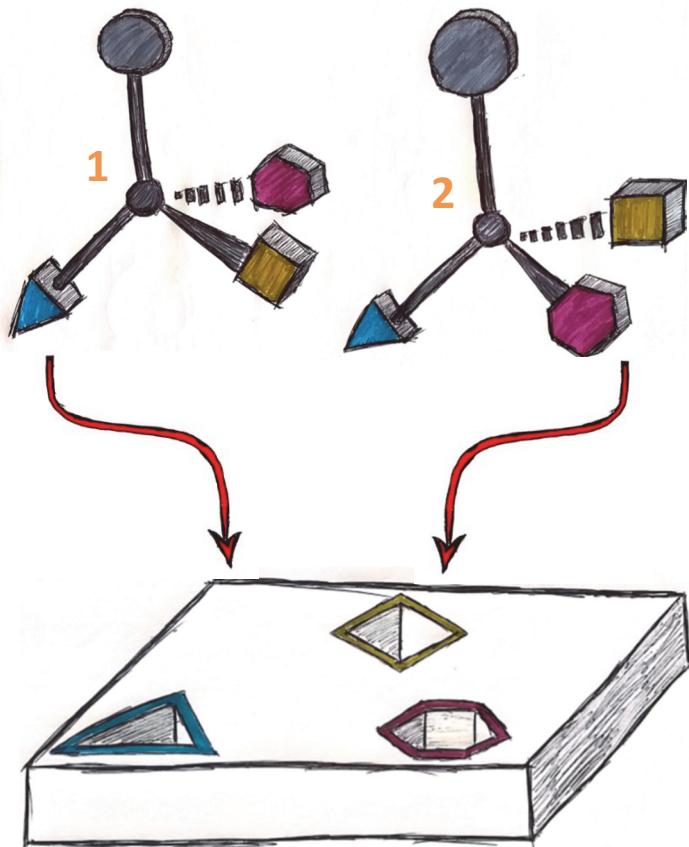


Hier nochmal eine andere Ansicht des Ursprungsmoleküls (Abb. 8) und des neuen, umgebauten Moleküls (Abb. 7). Abbildung 7 zeigt zwei identische Moleküle und Abbildung 8 zeigt Enantiomere.

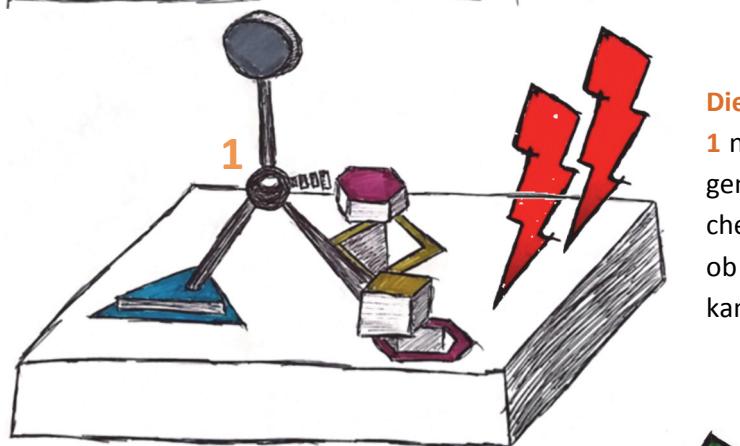


Bei dem Verfahren ist es egal, welche beiden Reste du vertauschst. Probiere es aus!

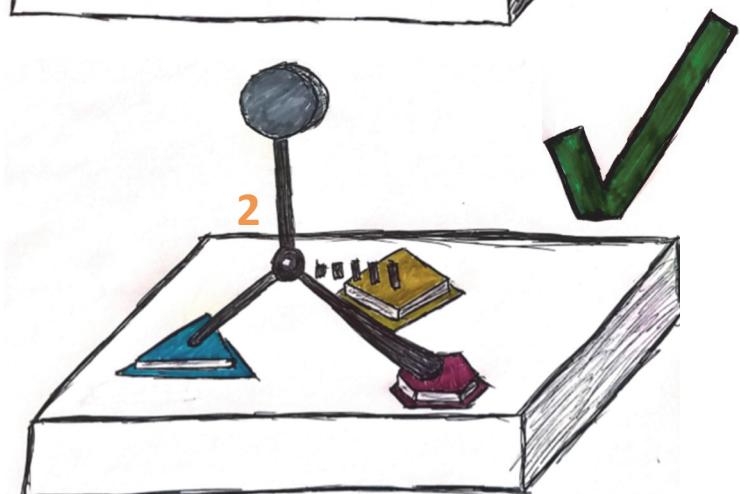
Enantiomere in der Enzymsbindetasche



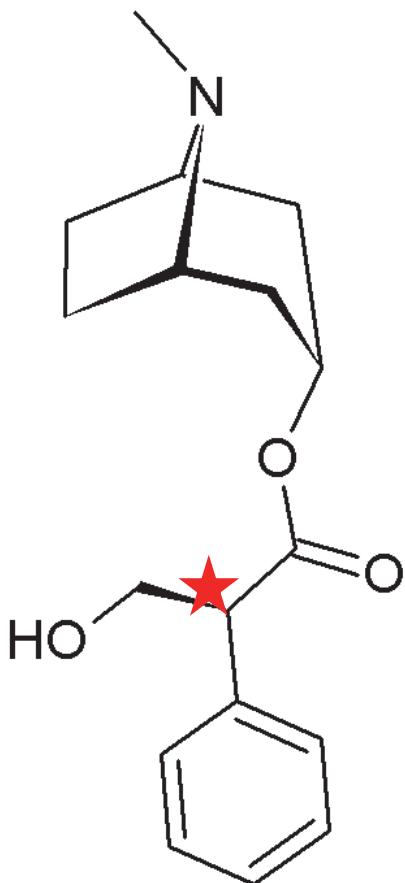
Enzymsbindetasche. Oben sind zwei Enantiomere zu sehen. Unten ist die Bindetasche eines Enzyms dargestellt. Die Bindetasche eines Enzyms ist durch ihren räumlichen Aufbau in der Aufnahmefähigkeit von Molekülen begrenzt.



Die Bindung. Hier siehst du, dass Molekül 1 nicht in die Bindetasche passt, wohingegen Molekül 2 perfekt passt. Die räumliche Anordnung des Moleküls bestimmt, ob eine enzymatische Reaktion stattfinden kann oder nicht.



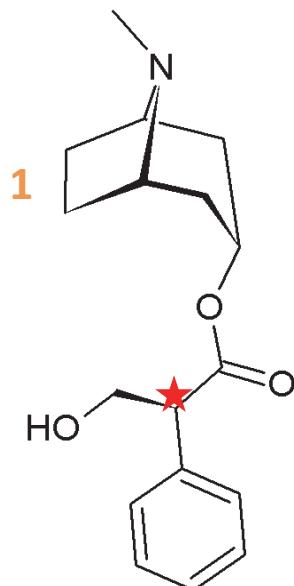
Enantiomere durch Vertauschen der Reste erzeugen (Teil III)



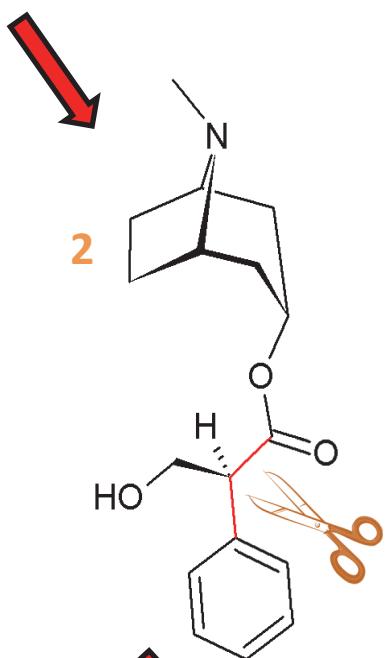
(S)-Hyoscyamin befindet sich auf der linken Seite. Wie durch den **roten Stern** angegedeutet, handelt es sich hierbei um ein bestimmtes Enantiomer.

Dem Namen können wir entnehmen, dass es sich um das **(S)**-konfigurierte Enantiomer handelt. Das Chiralitätszentrum befindet sich am **roten Stern**. Natürlich gibt es auch noch das **(R)**-Enantiomer des Moleküls. Wenn man beide Moleküle racemisch, also in gleicher Anzahl im Gemisch vorliegen hat, spricht man von Atropin.

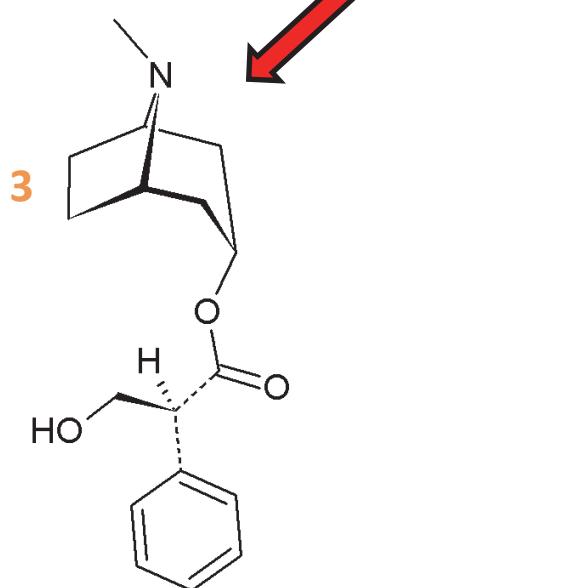
Atropin kennen wahrscheinlich alle. Zu finden ist es in der Tollkirsche. In der folgenden Übung wollen wir das **(R)**-Enantiomer erzeugen. Dafür wenden wir einen Trick an. Wir vertauschen zwei der vier Reste am Chiralitätszentrum. Wie das ganz konkret geht, wirst du auf den folgenden Seiten erfahren.



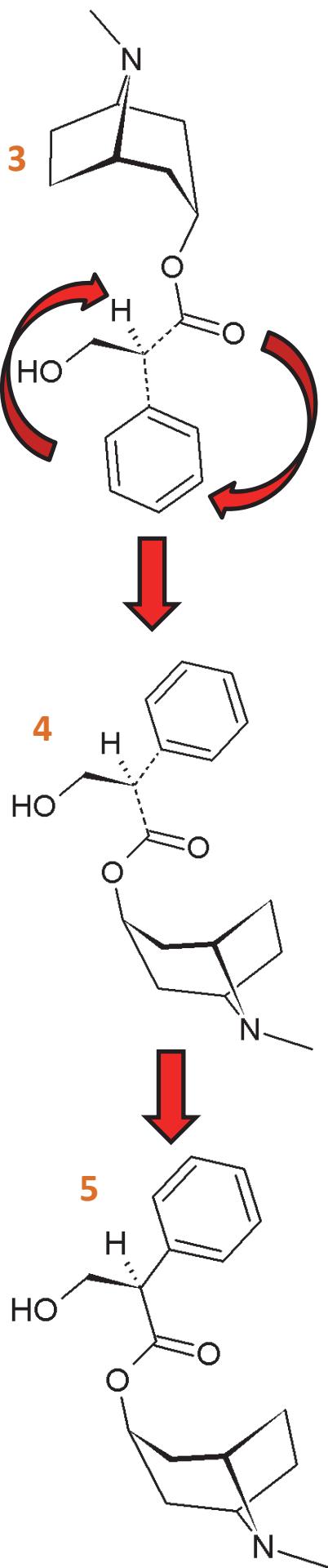
Die Lockerung der Bindung. Abbildung 1 zeigt das Ausgangsmolekül (S)-Hyoscyanin. Zum besseren Verständnis wurden in Abbildung 2 alle Atome am Chiralitätszentrum gezeigt, wodurch ein Wasserstoffatom erschien.



Mit der Schere ist angedeutet, dass die rot markierten Bindungen zerschnitten werden sollen.



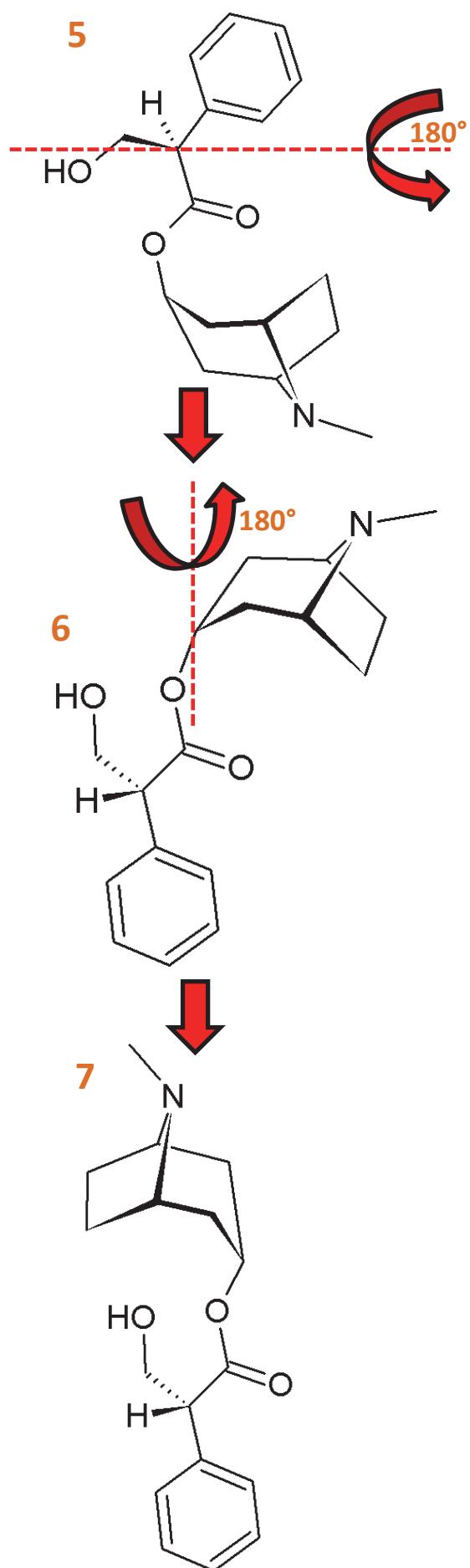
In Abbildung 3 sind die geschwächten Bindungen um das Chiralitätszentrum dargestellt.



Vertauschen der Reste. Die Bindungen in Abb. 3 wurden „virtuell geschwächt“. Deswegen können wir jetzt die beiden Reste vertauschen. Der Phenyl-Ring wird an die obere Bindungsstelle gesetzt, der Ester an die untere Stelle.

Das Resultat des Vertauschens ist in Abbildung 4 zu sehen. Die (virtuell) schwachen Bindungen werden jetzt wieder (virtuell) gestärkt.

In Abbildung 5 liegt wieder alles wieder recht kompakt vor.

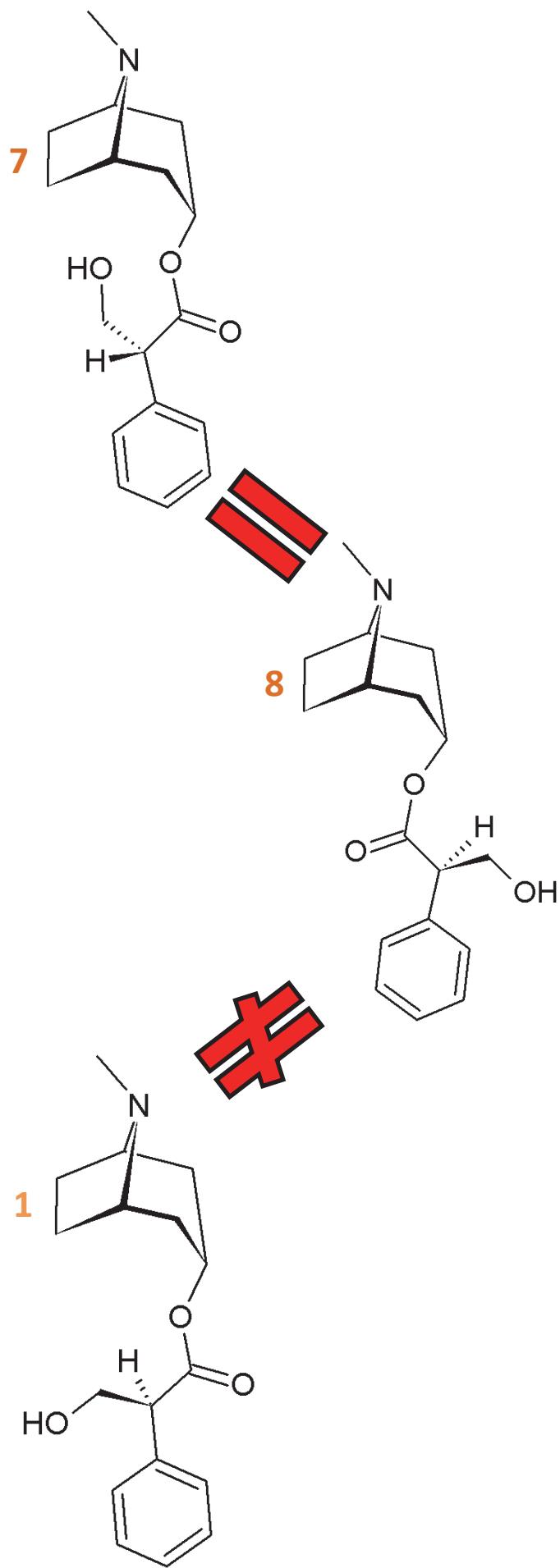


Optimierung. Hier wird das Molekül lediglich gedreht. Das Molekül in Abbildung **5** wird zunächst um die **rot** eingezeichnete Achse um 180 Grad gedreht.

Dadurch gelangt der Ester nach oben und der Phenyl-Ring nach unten. Das Wasserstoff-Atom zeigt nach vorne, die Hydroxy-Gruppe nach hinten.

Der Bicyklus in Abbildung **6** wird ebenfalls um 180 Grad um die **rot** eingezeichnete Bindung rotiert.

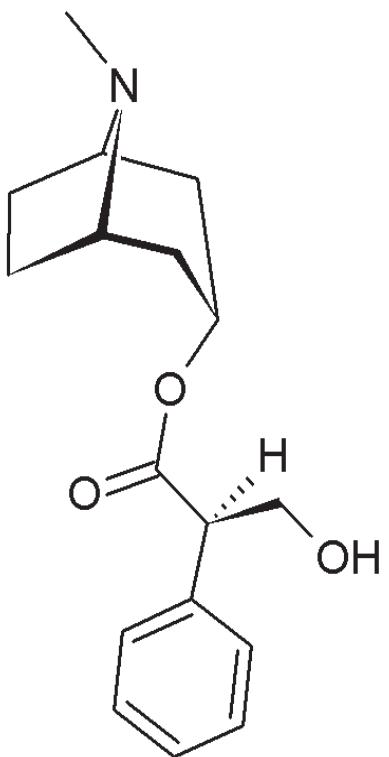
Dadurch erhalten wir Molekül **7**.



Der Vergleich. Abbildungen **7** und **8** zeigen das identische Molek l. Abbildung **1** hingegen zeigt das Enantiomer der beiden Moleküle.

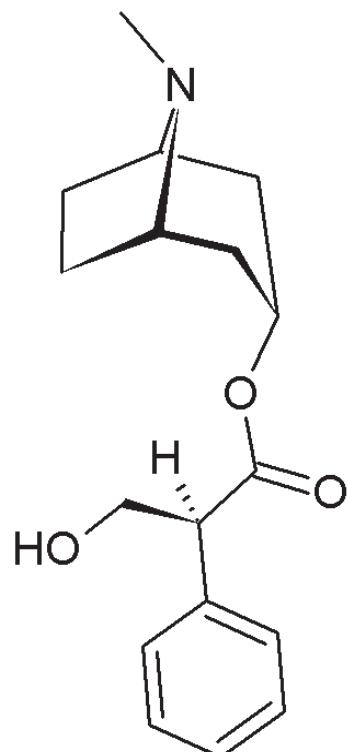
Wir haben also, wie gewünscht, aus dem (**S**)-Hyoscyamin (Abb. **1**) das (**R**)-Hyoscyamin (Abbildungen **7 + 8**) erzeugt.

Atropin. Die beiden Enantiomere (**R**)-Hyoscyamin und (**S**)-Hyoscyamin ergeben im racemischen Gemisch, also 1 : 1 das Gift der Tollkirsche: Atropin.



(**R**)-Hyoscyamin

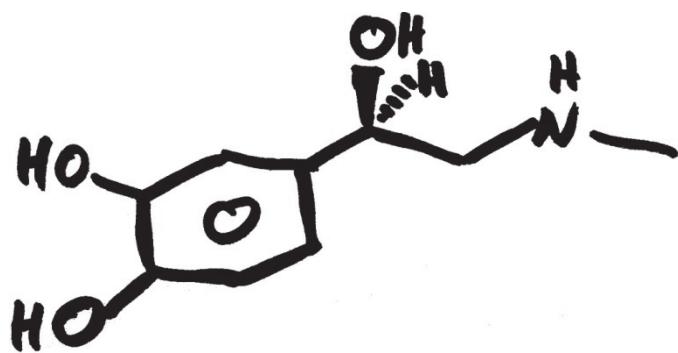
:



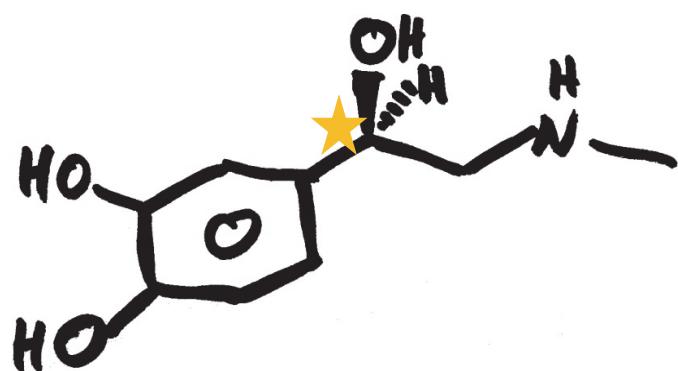
(**S**)-Hyoscyamin

= 1 : 1

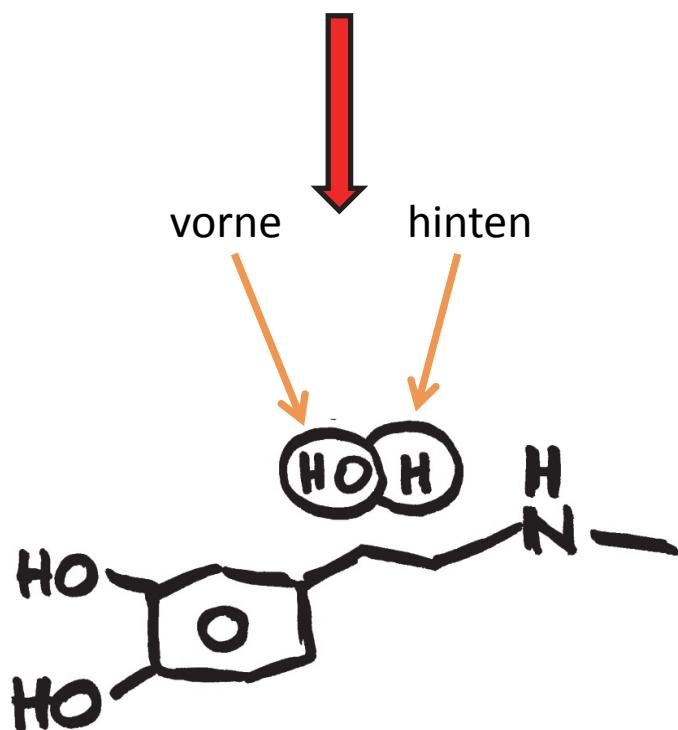
Enantiomere durch Vertauschen der Reste erzeugen (Teil IV)

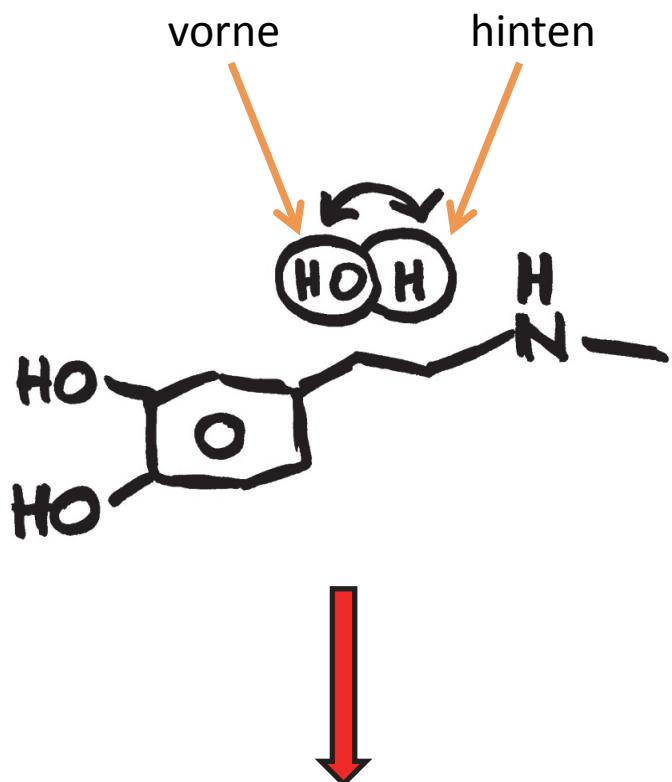


Ausgangsmolekül. Wir wollen das Enantiomer des abgebildeten Moleküls erstellen. Hierbei wenden wir einen Trick an. Wir vertauschen einfach zwei Reste. Wie das geht, zeige ich dir nun.

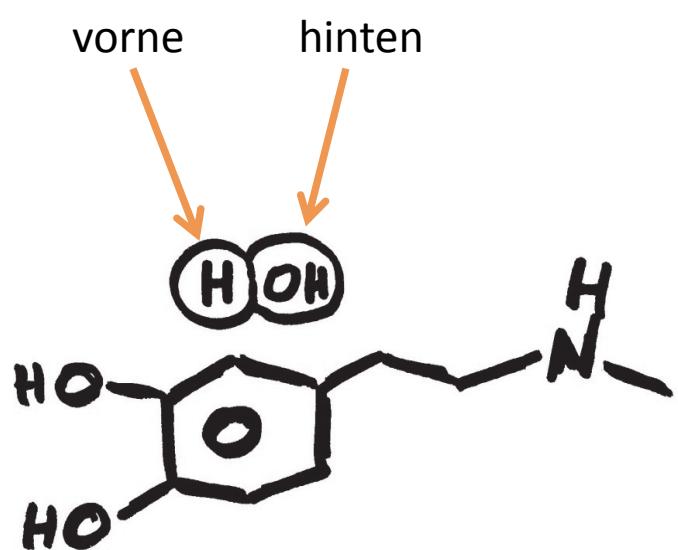


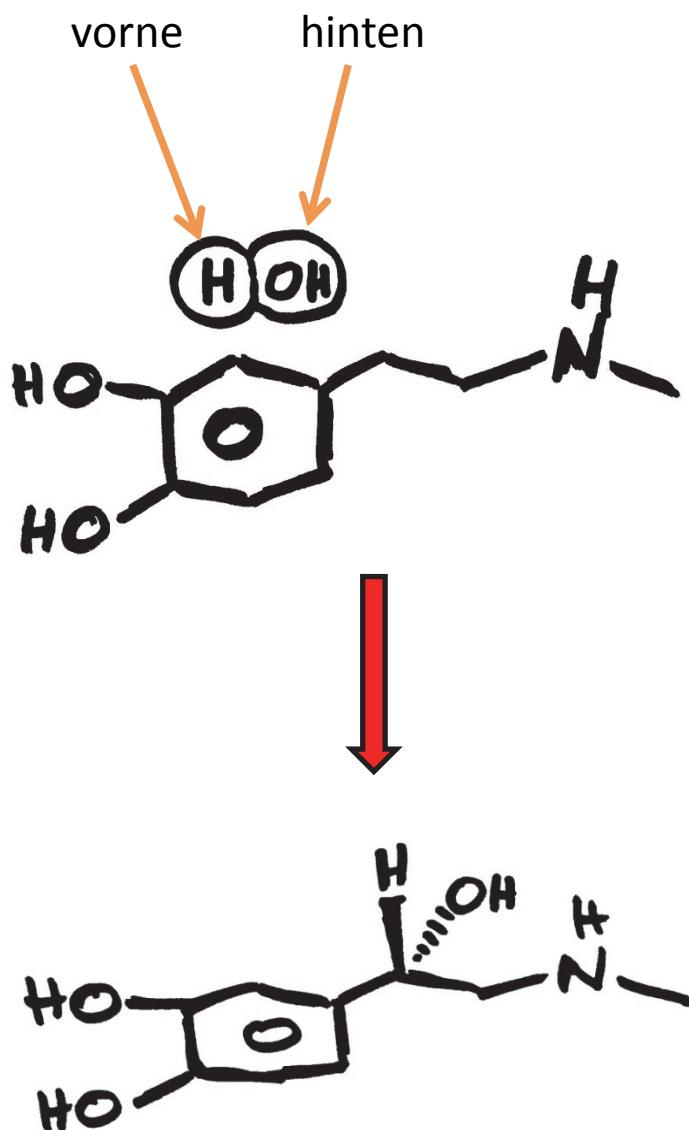
Die Bindung entfernen. Zunächst entfernen wir zwei Bindungen am Chiralitätszentrum. Das Chiralitätszentrum ist mit einem hell gelben Stern gekennzeichnet. In diesem Fall wurden die Bindungen zur Hydroxy-Gruppe und zum Wasserstoff-Atom entfernt.



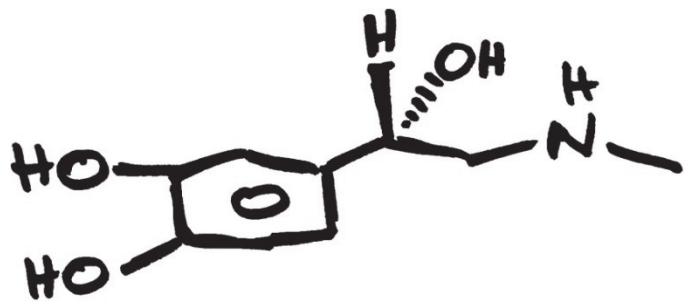


Reste vertauschen. Jetzt können wir die Reste vertauschen. Was erst vorne war, kommt jetzt nach hinten und umgekehrt. Dadurch zeigt die Hydroxy-Gruppe hinter die Ebene und das Wasserstoff-Atom vor die Ebene.

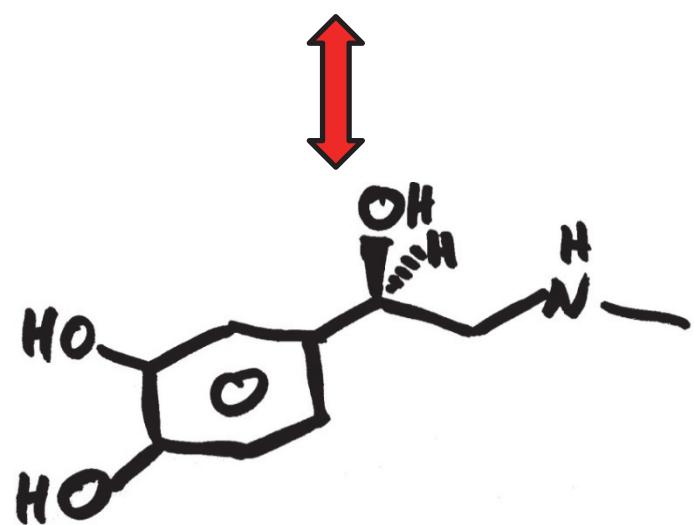
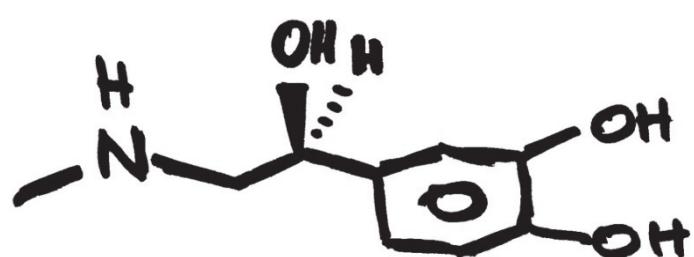
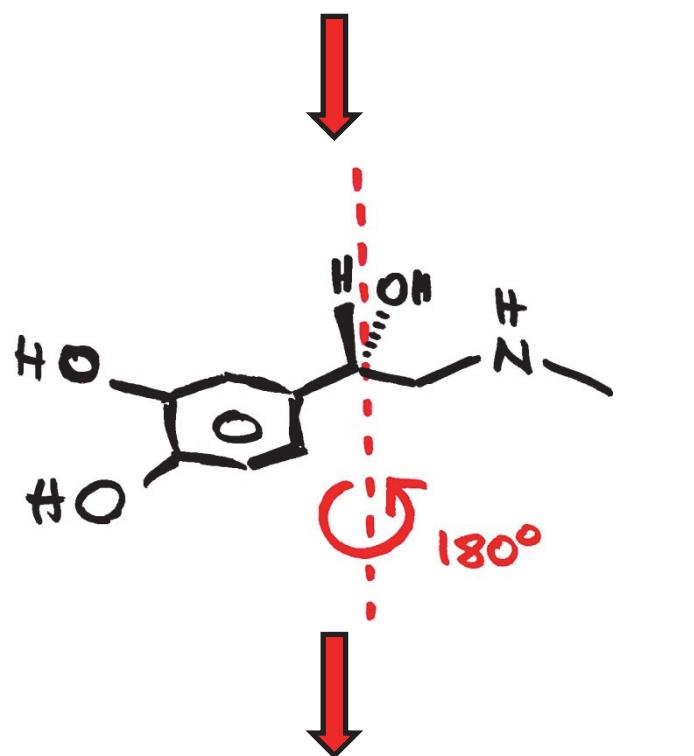


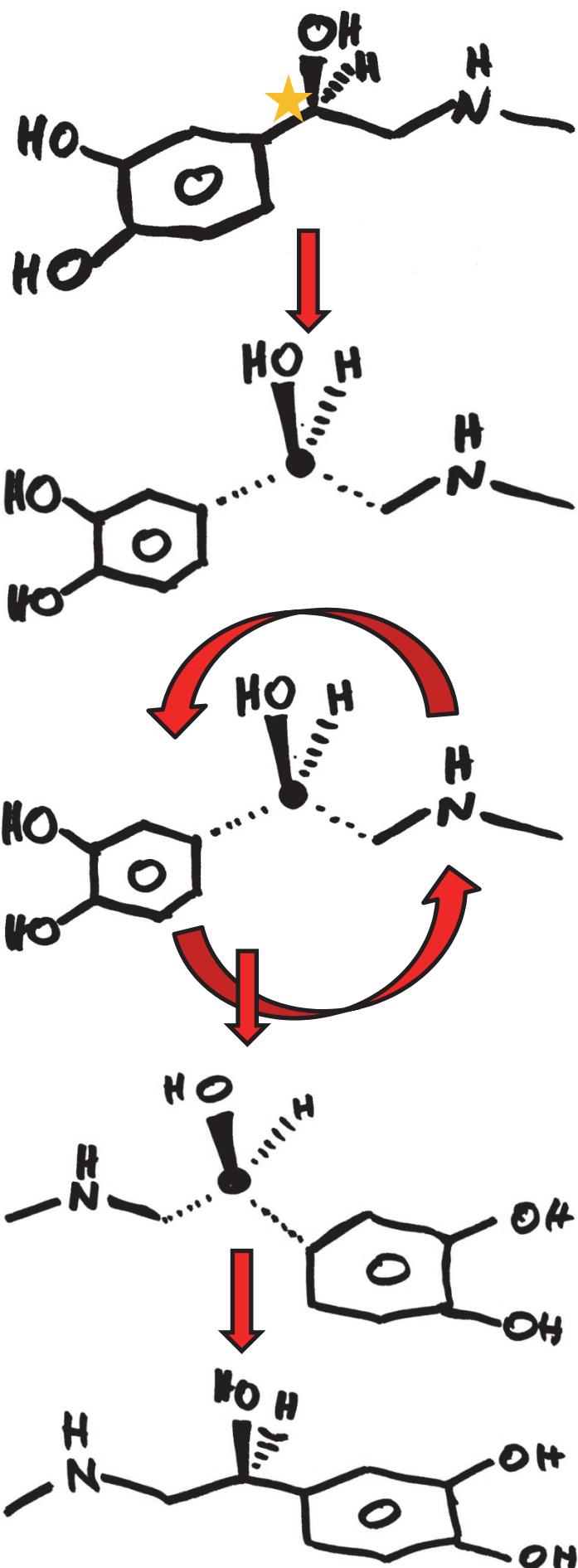


Bindungen knüpfen. Die die Reste vertauscht sind, können wir die Bindungen erneut knüpfen. Als Resultat erhalten wir das Enantiomer.



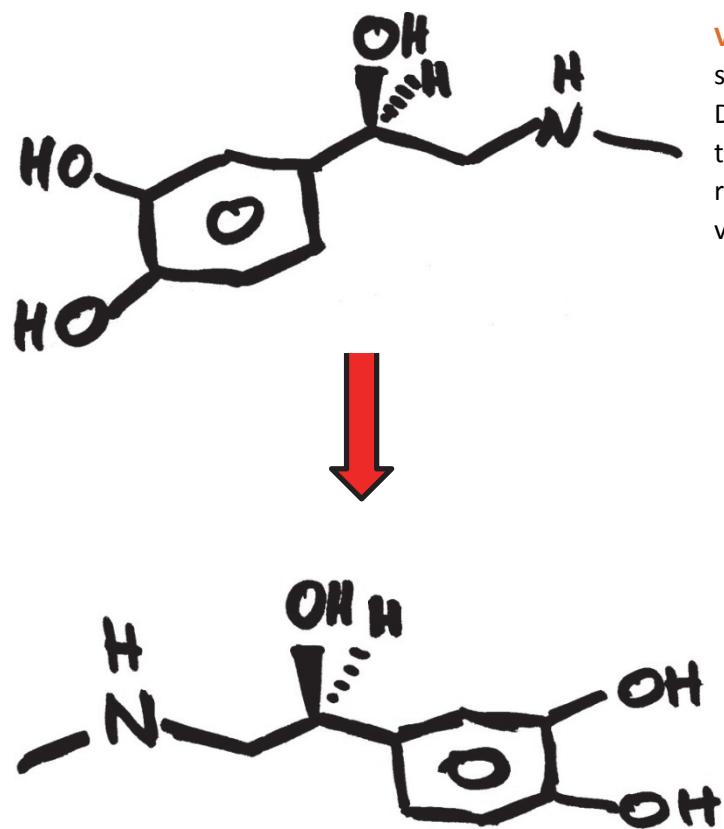
Bindungen knüpfen und vergleichen. Um klar zu machen, dass wirklich das Enantiomer erzeugt wurde, drehen wir das durch Vertauschen der Reste erzeugte Moleköl um 180 Grad um die eingezeichnete Achse. Unten sind die beiden Enantiomere gegenübergestellt.





Andere Bindungen entfernen. Alternativ können auch die in diesem Beispiel entfernten Bindungen entfernt werden.

Reste vertauschen. Schnell die Reste vertauschen, deren Bindungen geschwächt sind. Dann die Bindungen wieder aufbauen. Fertig! Wir haben dasselbe Molekül erhalten.



Vergleich. Wir haben zweimal zwei verschiedene Reste des Moleküls getauscht. Dabei haben wir das rechte Molekül erhalten. Man sieht, dass sich das linke und rechte Molekül wie Bild und Spiegelbild verhalten. Nun haben wir Enantiomere.

Bestimmung der absoluten Konfiguration von chiralen Molekülen

nach Cahn, Ingold & Prelog

Name: Rico

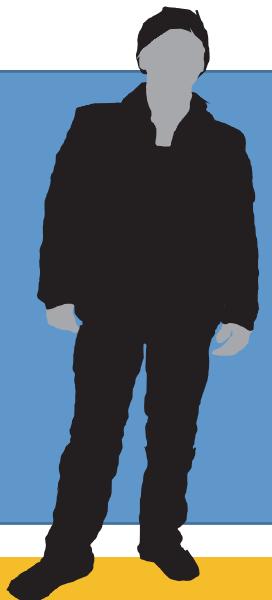
Sternzeichen: Fische

Essen: Pommes, Burger, Pizza

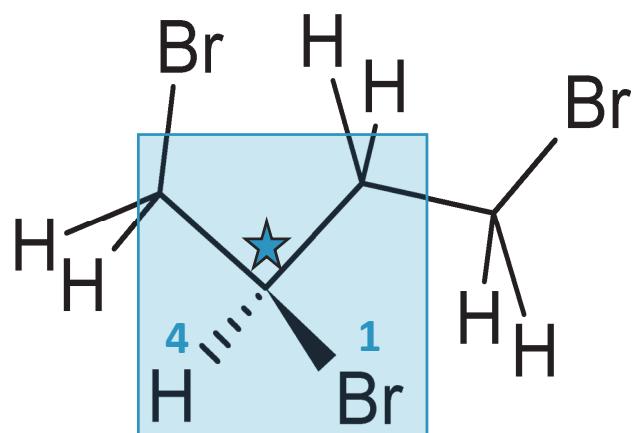
Getränk: Coke

Interessen: CIP, Uhren, CIP-Listen

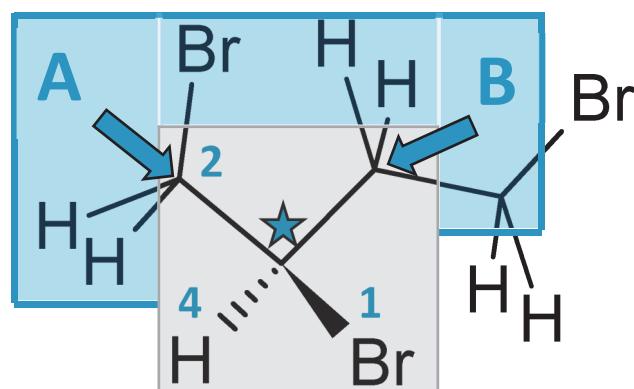
Spruch: Lebe – und schade niemandem.



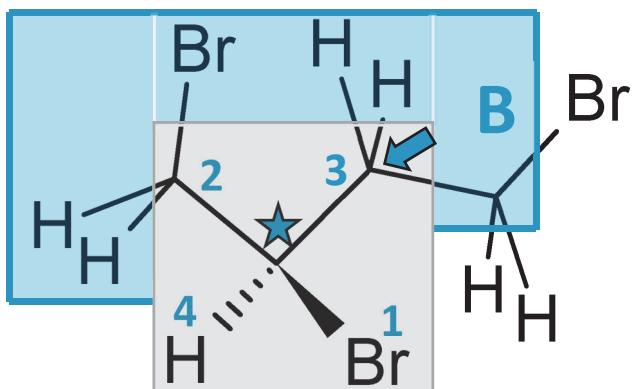
Der Rechteck-Trick



Rechteck-Trick zur Priorisierung. Wenn du die Prioritäten verteilen möchtest, gibt es hierfür einen Trick. Leg einfach Rechtecke um die Atomgruppen. Das erste Rechteck legst du um alle Atome, die direkt an das Zentralatom (blauer Stern) gebunden sind. Schon jetzt kannst du Prioritäten verteilen. Das Brom-Atom bekommt die Priorität 1, da es die höchste Ordnungszahl der Atome hat, die in diesem Rechteck an das Zentralatom gebundenen sind. Die nächst größte Ordnungszahl haben die beiden Kohlenstoff-Atome. Da sie aber die gleiche Ordnungszahl haben, musst du deine Entscheidung vertagen. Als letztes kommt die Ordnungszahl des Wasserstoff-Atoms dran. Er erhält die Priorität 4.

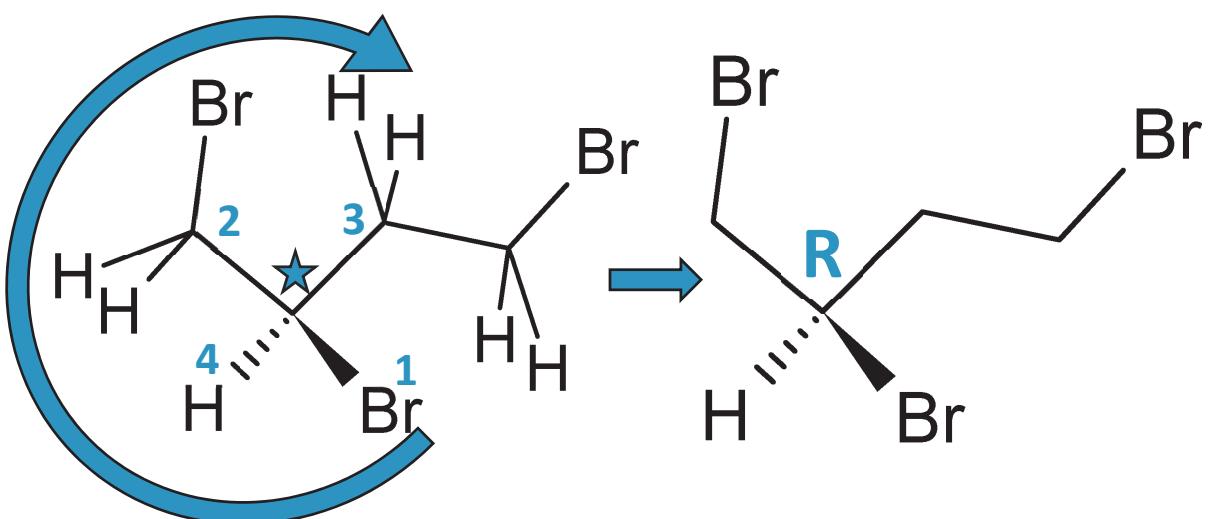


Du hast bereits im ersten Rechteck priorisiert, weshalb es jetzt grau erscheint. Das neue Rechteck umfasst alle Atome, die über ein Zwischenatom an das Zentralatom gebunden sind. Sie sind im blauen Rechteck enthalten. Jetzt musst du entscheiden, ob das Kohlenstoff-Atom A oder das Kohlenstoff-Atom B die Priorität 2 erhält. An A hängt ein Brom-Atom. Es hat eine sehr hohe Ordnungszahl. An B hängen nur zwei Wasserstoff-Atome und ein Kohlenstoff-Atom. Alle haben eine kleinere Ordnungszahl als Brom. Aus diesem Grund erhält das Kohlenstoff-Atom A die Priorität 2.

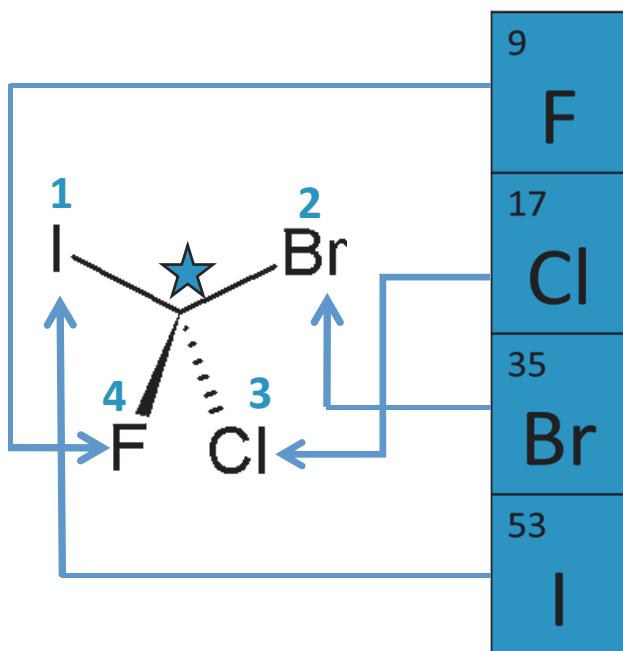


Da bereits alle Prioritäten verteilt wurden, außer die Priorität 3, erhält das Kohlenstoff-Atom B die Priorität 3.

Rechteck-Trick zur Bestimmung der Absolutkonfiguration. Zur besseren Übersicht wurden die lästigen Wasserstoff-Atome wieder entfernt. Die Bestimmung der Absolutkonfiguration ist in diesem Fall einfach. Das Atom mit der höchsten Priorität befindet sich hinter der Zeichenebene. Um die Atome mit den Prioritäten 1 bis 3 zu verbinden, musst du rechts herum drehen. Die Konfiguration ist R.

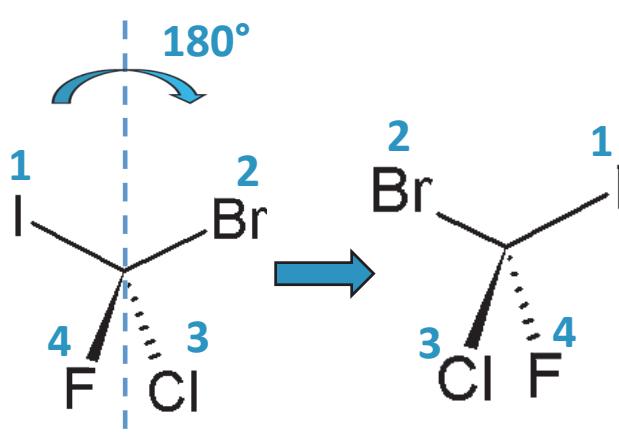


Priorisierung mithilfe des PSEs

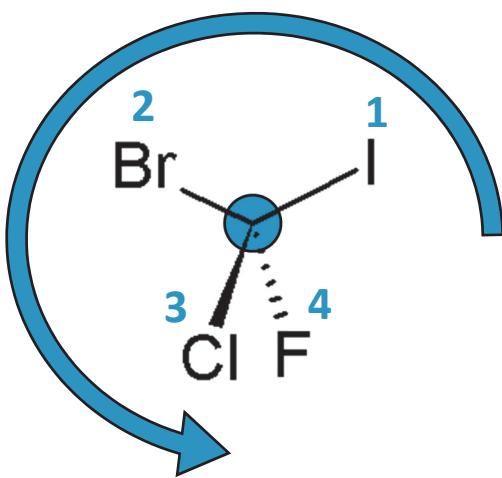


Grundproblem. Bei dem vorliegenden Molekül befindet sich ein Chiralitätszentrum (**blauer Stern**) in der Mitte des Moleküls am Kohlenstoff-Atom. Wenn du die Absolutkonfiguration bestimmen möchtest, musst du im ersten Rechteck die Priorität der Atome bestimmen. Wurf einen Blick ins Periodensystem und verteile die Prioritäten gemäß den Ordnungszahlen der Atome.

Priorisieren. Iod hat die höchste Ordnungszahl mit 53 und bekommt somit die Priorität **1**. Brom hat die zweithöchste Ordnungszahl mit 35, weshalb es die Priorität **2** erhält. Chlor folgt als Atom mit der dritthöchsten Ordnungszahl von 17, wodurch es die Priorität **3** hat. Das Atom mit der kleinsten Ordnungszahl ist Fluor, weshalb es die Priorität **4** zugeteilt bekommt.



Moleküldrehung. Per Definition bezieht sich die Angabe der Absolutkonfiguration mit **R** und **S** auf ein Molekül, bei dem der Substituent mit der kleinsten Ordnungszahl nach hinten, hinter die Zeichenebene, ragt. Aus diesem Grund musst du das Molekül drehen, damit Fluor nach hinten gelangt. Drehe das Molekül entlang der eingezeichneten **Achse** um **180°**. Dabei tauschen die Substituenten die Positionen. Die Substituenten vorne kommen nach hinten, links nach rechts, und umgekehrt.



Wie dreht man eigentlich? Die Unterscheidung der Drehung in Links- und Rechtsdrehung erscheint erst einmal seltsam. Du kannst es dir vorstellen, als würdest du den **Pfeil** um einen **Punkt** im chiralen Zentrum drehen wollen. Das ist ganz analog zur Drehung eines Schraubendrehers.

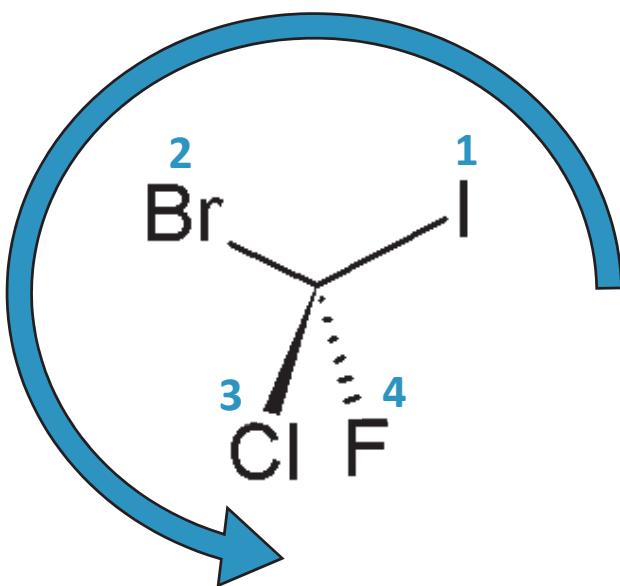
Wenn du etwas hinaus **S** schraubst, vollführst du eine Linksdrehung.

Beim **heRein** schrauben, drehst du den Schraubendreher nach rechts.

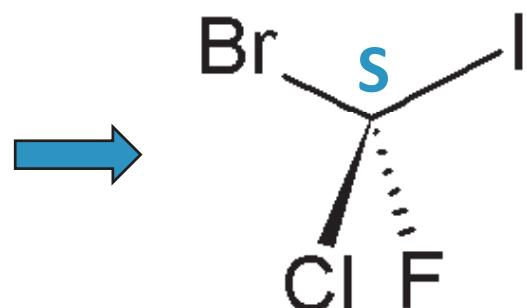


Merke:

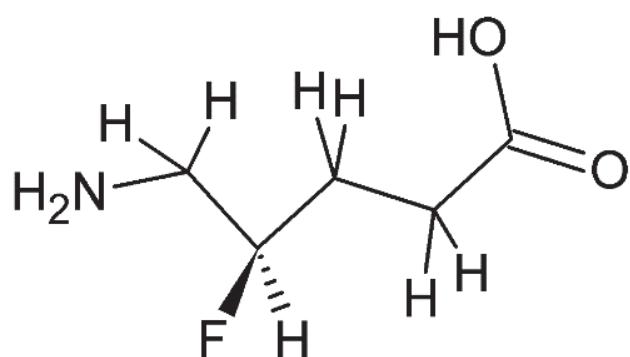
HeRein = **R** = Rechtsdrehung
Hinaus **S** = **S** = Linksdrehung



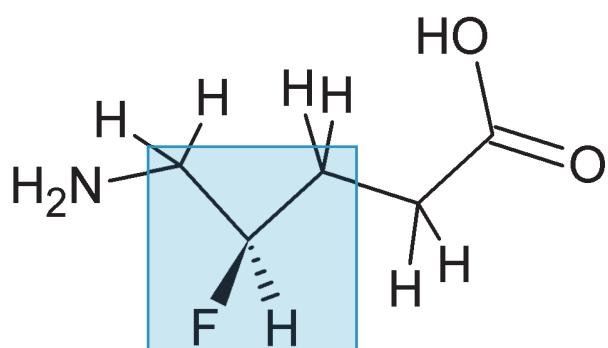
Absolutkonfiguration. Zeichne für die endgültige Bestimmung der Absolutkonfiguration einen **Pfeil** um das Molekül. Der **Pfeil** soll einen Weg von dem Atom mit der Konfiguration **1** bis zu dem Atom mit der Konfiguration **3** beschreiben. Der **Pfeil** macht eine Linksdrehung. Die Absolutkonfiguration ist per Definition **S**.



Listen anfertigen

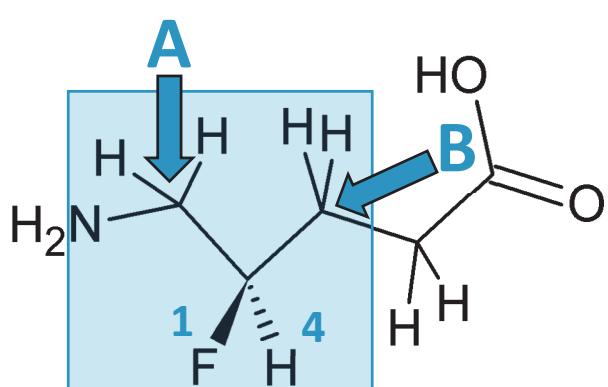


Warum sollte ich Listen anfertigen? Und wie soll das gehen? Zur endgültigen Bestimmung der Absolutkonfiguration kann es manchmal sinnvoll sein, eine Liste anzufertigen. Mit ihrer Hilfe kannst du pro Rechteck entscheiden, welches Atom die Nummer eins ist, und welche Atome da nicht mithalten können. Wie das geht, siehst du gleich anhand des Moleküls



Atom	Anzahl	Ordnungszahl
Wasserstoff	1	1
Kohlenstoff	2	6
Fluor	1	9

Liste für das erste Rechteck. Direkt an das Zentralatom, das das Chiralitätszentrum trägt, sind ein Wasserstoff-, ein Fluor- und zwei Kohlenstoff-Atome gebunden. Laut der Tabelle hat Fluor die höchste Ordnungszahl. Fluor ist also der Boss und bekommt die Nr. 1 zugeteilt. Die beiden Kohlenstoff-Atome kommen jetzt direkt nach dem Fluor-Atom. An diese beiden geht der **zweite** oder **dritte** Platz. Da sie aber gleichwertig sind, musst du noch weitere Rechtecke anschauen, um entscheiden zu können, wer besser ist. Der Wasserstoff hat die geringste Ordnungszahl und bekommt die Priorität 4.



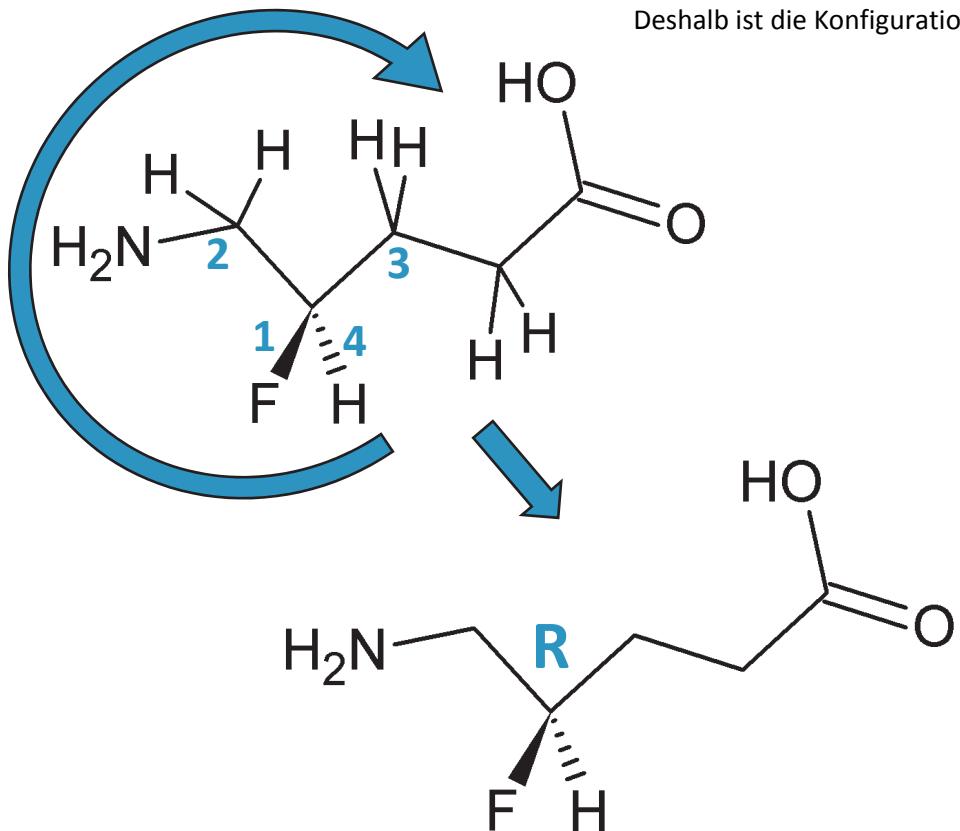
Liste für das zweite Rechteck. Betrachte nur die Bindungspartner, die nicht schon im ersten **Rechteck** enthalten waren. Schau die Kohlenstoff-Atome noch einmal genauer an. Am Kohlenstoff-Atom **A** hängen zwei Wasserstoff-Atome und ein Stickstoff-Atom. Am Kohlenstoff **B** sind zwei Wasserstoffe und ein Kohlenstoff gebunden. Vergleicht man nun die Kohlenstoffe **A** und **B** tabellarisch, fällt auf, dass Kohlenstoff **A** das Atom mit der größeren Ordnungszahl bindet. Kohlenstoff **A** erreicht damit den zweiten Platz. Folglich geht der dritte Platz an Kohlenstoff **B**.

Kohlenstoff-A	Anzahl	Ordnungszahl
Wasserstoff	2	1
Stickstoff	1	7

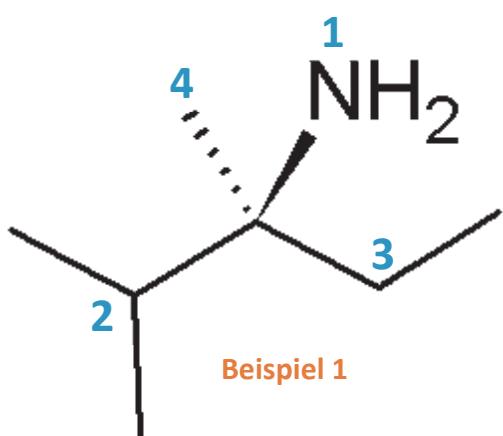
Kohlenstoff-B	Anzahl	Ordnungszahl
Wasserstoff	2	1
Kohlenstoff	1	6

Absolututkonfiguration. Zum Glück befindet sich dasjenige Atom mit der geringsten Priorität bereits hinter der Zeichenebene. So sparst du dir die Drehung des Moleküls.

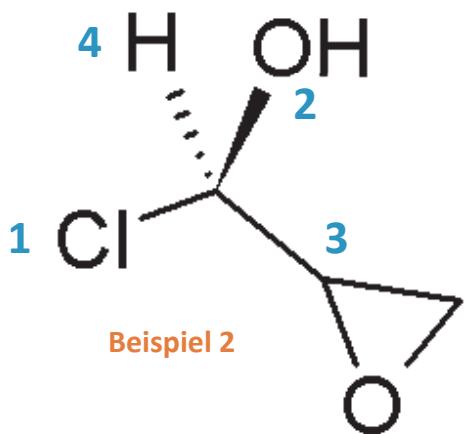
Die Drehung erfolgt rechtsherum, als würdest du eine Schraube HeRein schrauben wollen. Deshalb ist die Konfiguration **R**.



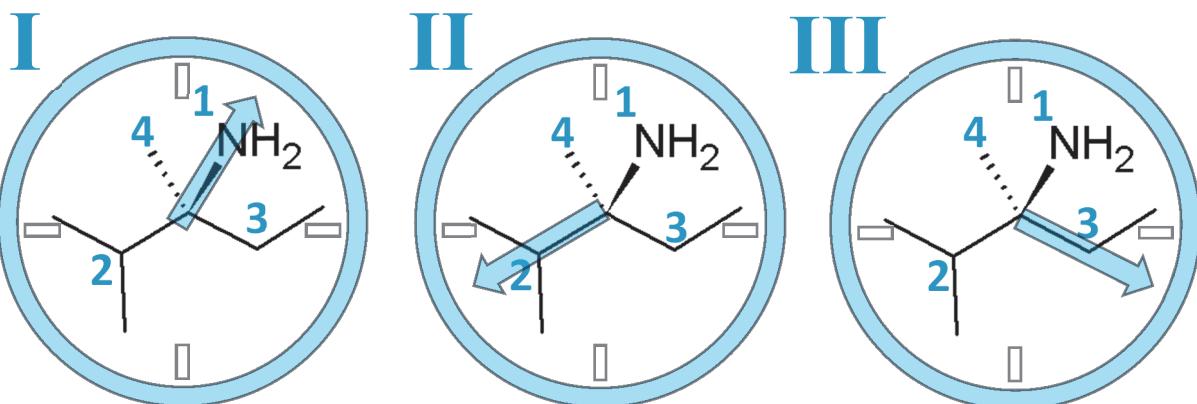
Die Uhr lesen lernen



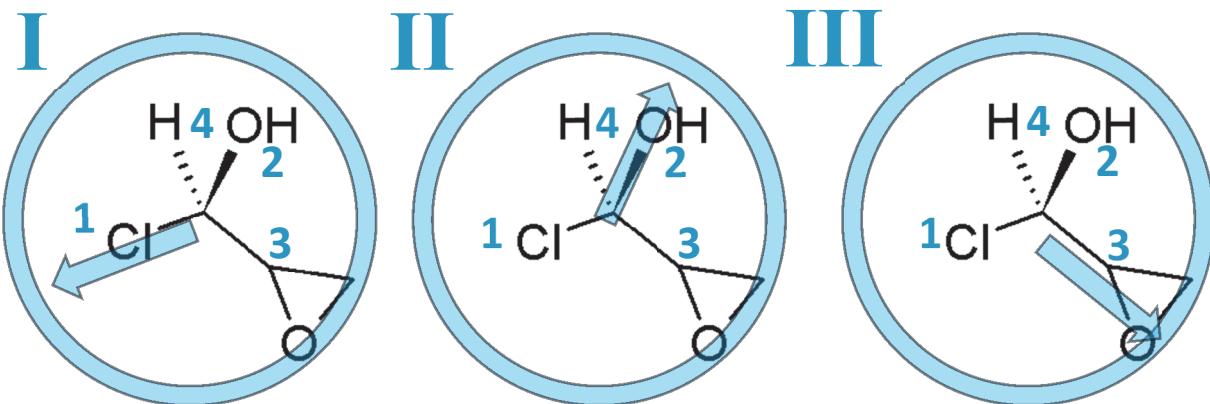
Die Idee. Um die Absolutkonfiguration nach CIP zu bestimmen, kannst du dir auch überlegen, in welche Richtung sich der Zeiger einer Uhr drehen müsste, um in der richtigen Reihenfolge über die Substituenten des Chiralitätszentrums zu streichen. Wenn der Uhrzeiger sich im Uhrzeigersinn drehen müsste, würde es sich um die R-Konfiguration handeln. Wenn er sich gegen den Uhrzeigersinn drehen müsste, wäre es die S-Konfiguration. Um zu verstehen, wie das ganz konkret aussieht, kannst du dir die zwei folgenden Beispiele anschauen.



Umsetzung – erstes Beispiel. Glücklicherweise ist das Molekül bereits richtig herum orientiert. Deshalb kannst du die virtuelle Uhr direkt über das Molekül legen. Der Uhrzeiger zeigt in Richtung des Substituenten mit der höchsten Priorität, nämlich 1 (Abb. I). Drehe den Uhrzeiger entgegen den Uhrzeigersinn über den Substituenten mit der Priorität 2 (Abb. II) hin zum Substituenten mit der Priorität 3 (Abb. III). Wenn entgegen den Uhrzeigersinn gedreht werden muss, um von Substituent 1 zu Substituent 3 zu gelangen, handelt es sich um ein Molekül mit **S-Konfiguration**.



Umsetzung – zweites Beispiel. Beim zweiten Beispiel drehst du den Uhrzeiger von Substituent 1 über 2 nach 3 im Uhrzeigersinn. Deshalb kannst du sagen, dass das Molekül R-Konfiguration hat.



Take-Home-Message

Eine Möglichkeit die Absolutkonfiguration zu bestimmen, besteht darin, sich zu überlegen, in welche Richtung sich der Uhrzeiger drehen müsste, um in der richtigen Reihenfolge der Prioritäten die Substituenten zu überlaufen.

Im Uhrzeigersinn = R

Gegen den Uhrzeigersinn = S

Newman-Special

Name: *Gülcan*

Sternzeichen: *Widder*

Essen: *Salat mit Hühnerbrust*

Getränk: *Tee und Mineralwasser*

Interessen: *Newmaaaaan, Shopping,*

Kino, Disco, mit Freunden chillen,

zusammen mit Freunden kochen,

meine Katze, meine Familie, Urlaub,

Köln 50667 kucken, Hip Hop

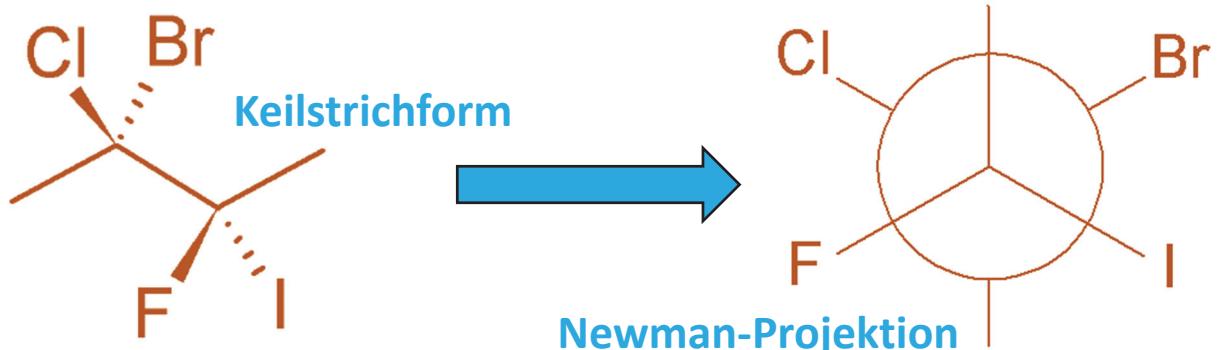
Spruch: *Wenn du 100 Prozent gibst, erreichst du alles.*

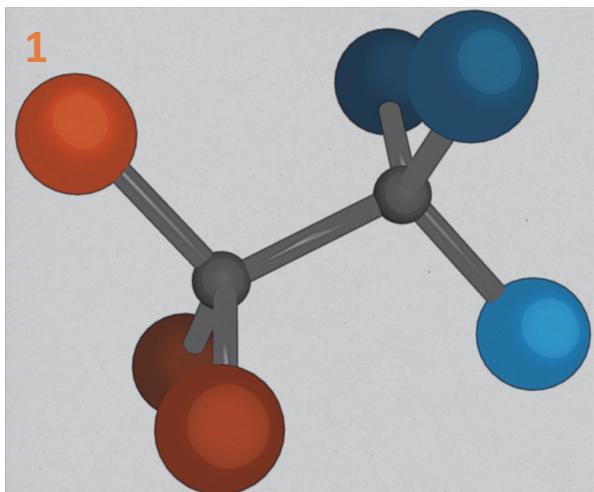


Ich gebe mich jetzt als Newman aus. Also...

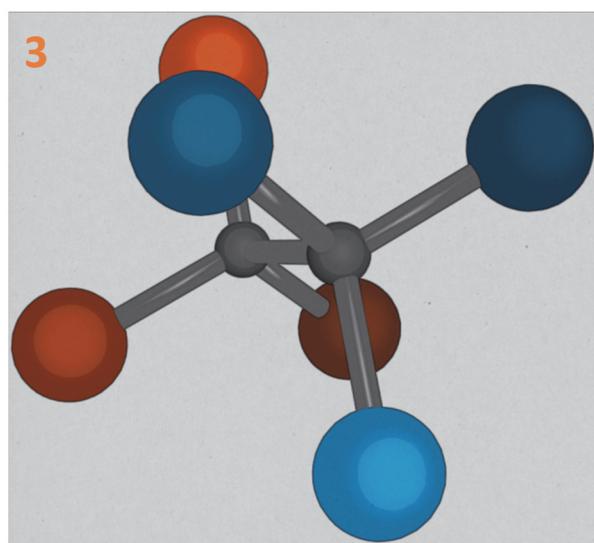
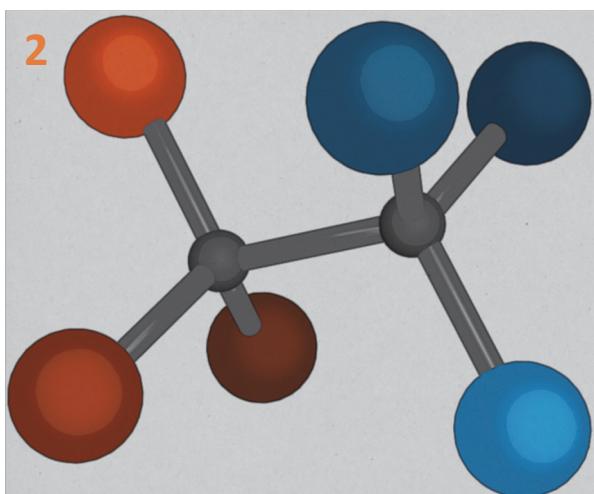
Hey Leute, mein Name ist Melvin Newman. ich bin der Erfinder der Newman-Projektion. Und ich kenne dein Problem ;-)

Am Anfang ist es schwierig, sich vorzustellen, wie man ausgehend von der Keilstrichform die Newman-Projektion erhalten kann.
Deshalb werde ich dir helfen.

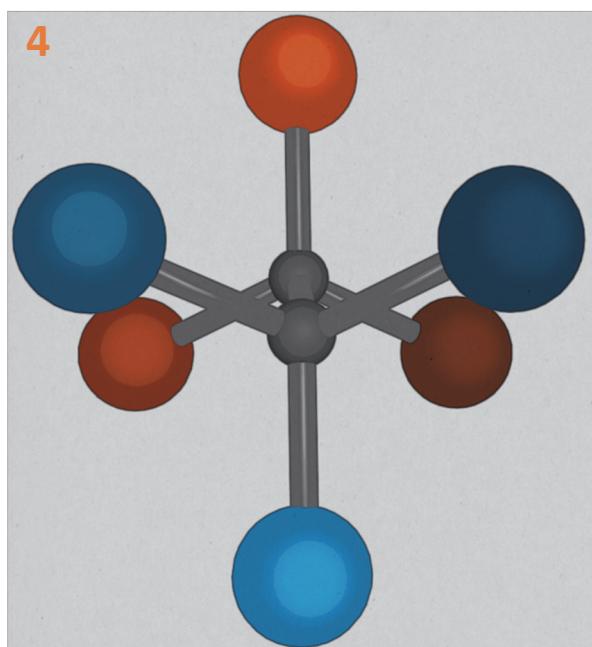




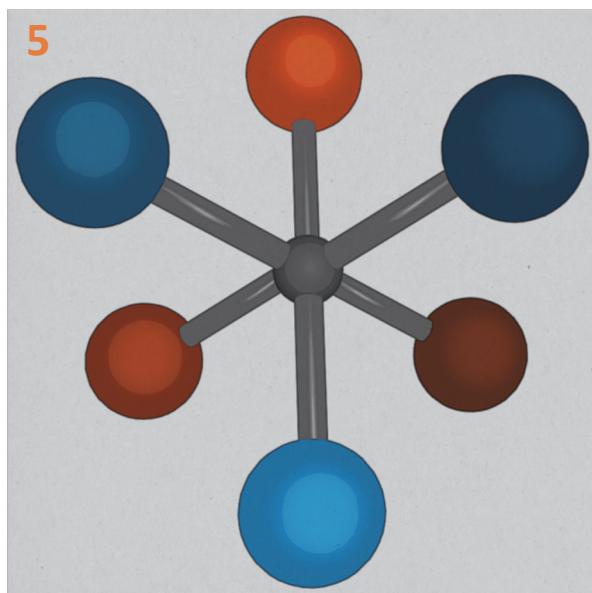
Los geht's. Zunächst drehen wir das Molekül so lange (...dreh...) bis wir die Verbindungsachse zwischen den beiden grauen Atomen nicht mehr sehen (Abb. 1 nach Abb. 5).



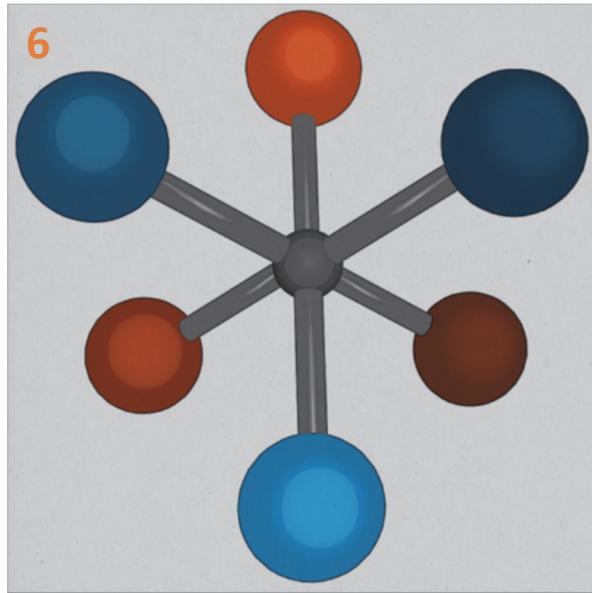
4



5



6



Nun können wir anhand der Größe der Atome sehen, dass die blauen Atome am vorderen grauen Atom gebunden sind, wohingegen die orangenen Atome am hinteren grauen Atom gebunden sind.

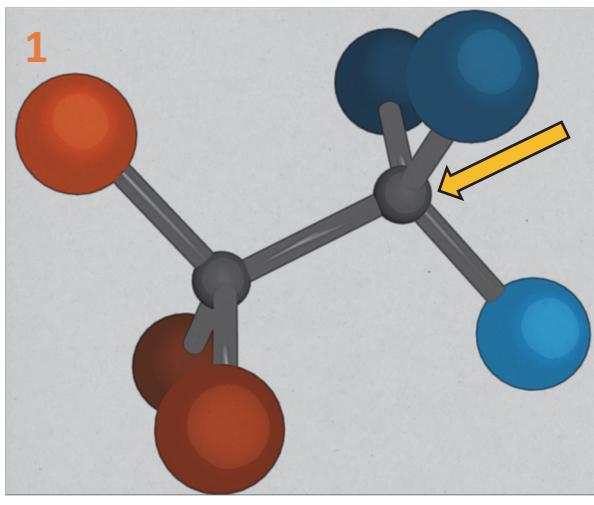
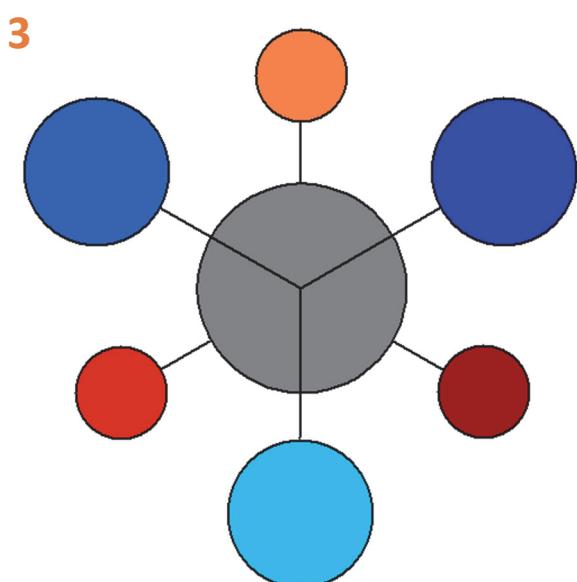
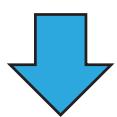
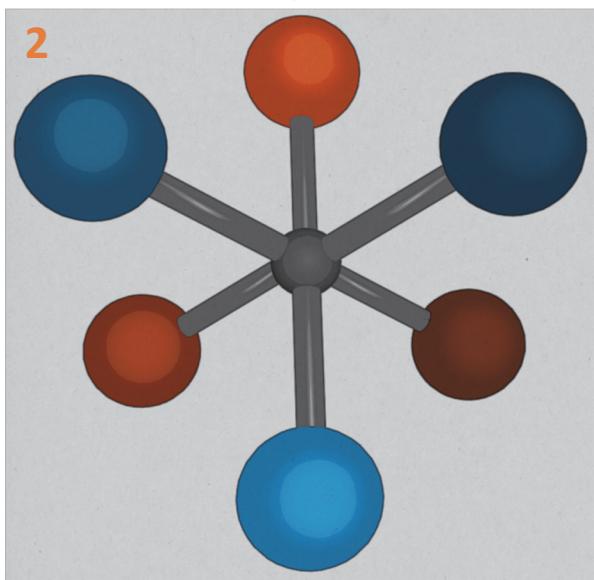
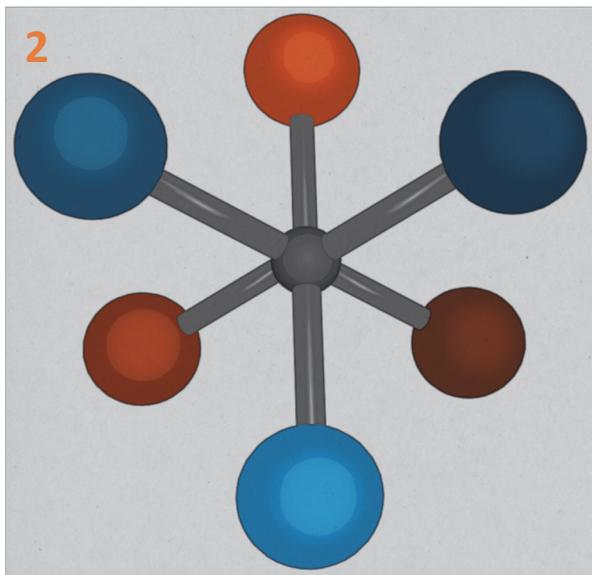
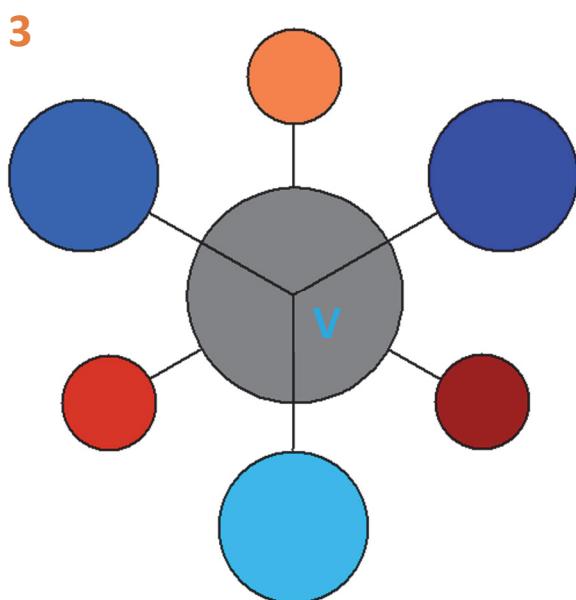
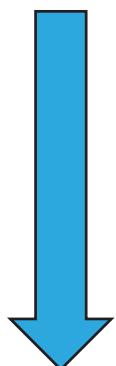


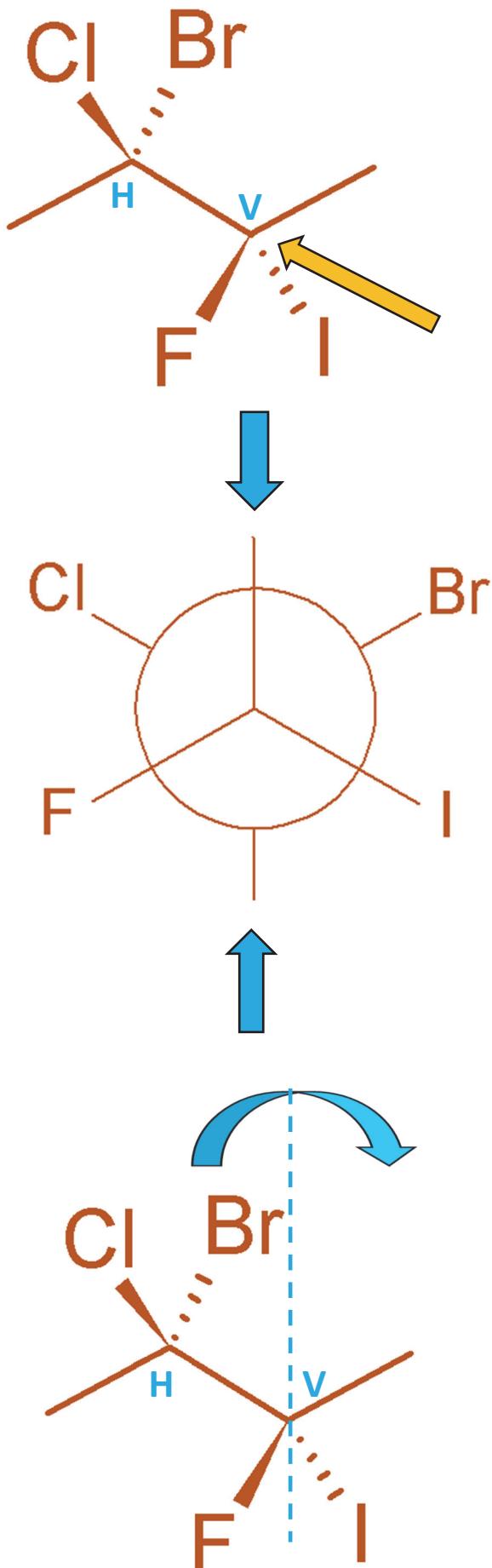
Abb. 1 macht deutlich, wie die Blickrichtung (**gelber Pfeil**) auf das Molekül ist. Wir schauen entlang der Bindung zwischen den beiden grauen Atomen. Dadurch erhalten wir Abb. 2, die wir dann leicht in Abbildung 3 überführen können.





Übersetzen wir nun das 3D-Modell (Abb. 2) in die Newman-Projektion. Ich habe das vordere, sichtbare graue Atom in Abb. 2 mit einem **V** (= vorne) markiert. In Abbildung 3 entspricht der große Kreis in der Mitte dem vorderen grauen Atom. Das vordere graue Atom verdeckt das hintere graue Atom, weshalb wir nur das vordere Atom sehen können. In Abbildung 3 erscheinen die Bindungen zu den orangen Atomen kürzer, da ein Teil von ihnen durch das große graue Atom verdeckt ist.



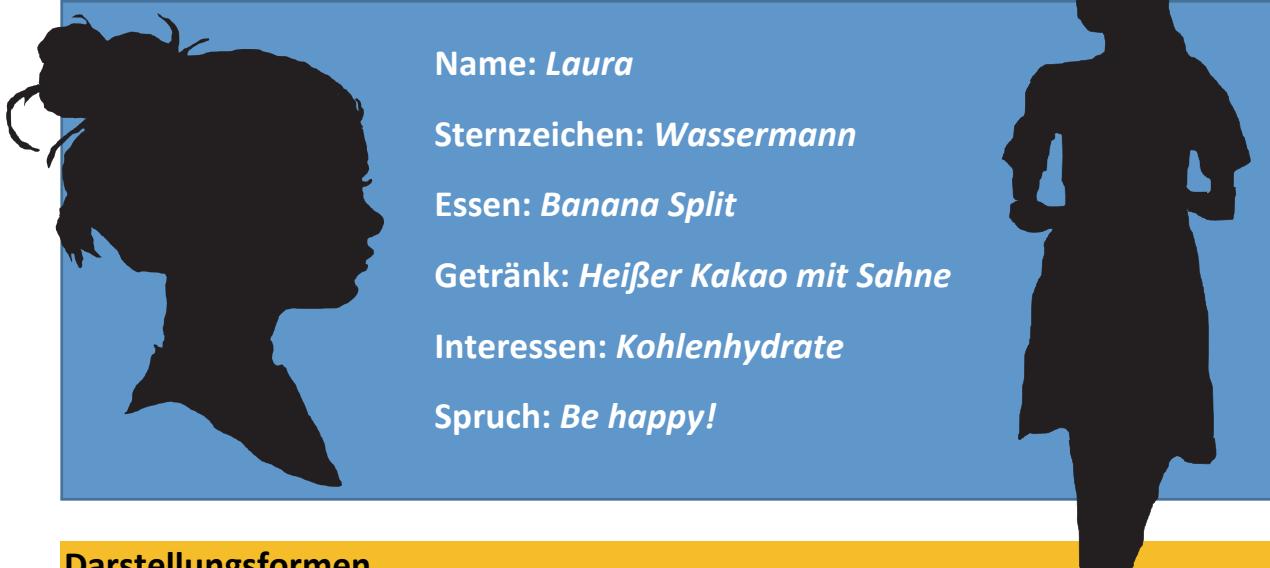


Zum Schluss. Kommen wir noch einmal zurück zum ersten Beispiel. Wir schauen entlang der C-C-Bindung, wie durch den Pfeil angedeutet. Dadurch erscheint das **V**-Kohlenstoff-Atom, an das das Fluor-Atom und das Iod-Atom gebunden sind, sehr groß und befindet sich vorne in der Newman-Projektion. Hinter dem **V**-Kohlenstoff-Atom befindet sich das **H**-Kohlenstoff-Atom (**H** = hinten). Am **H**-Kohlenstoff-Atom sind das Chlor- und das Brom-Atom gebunden.

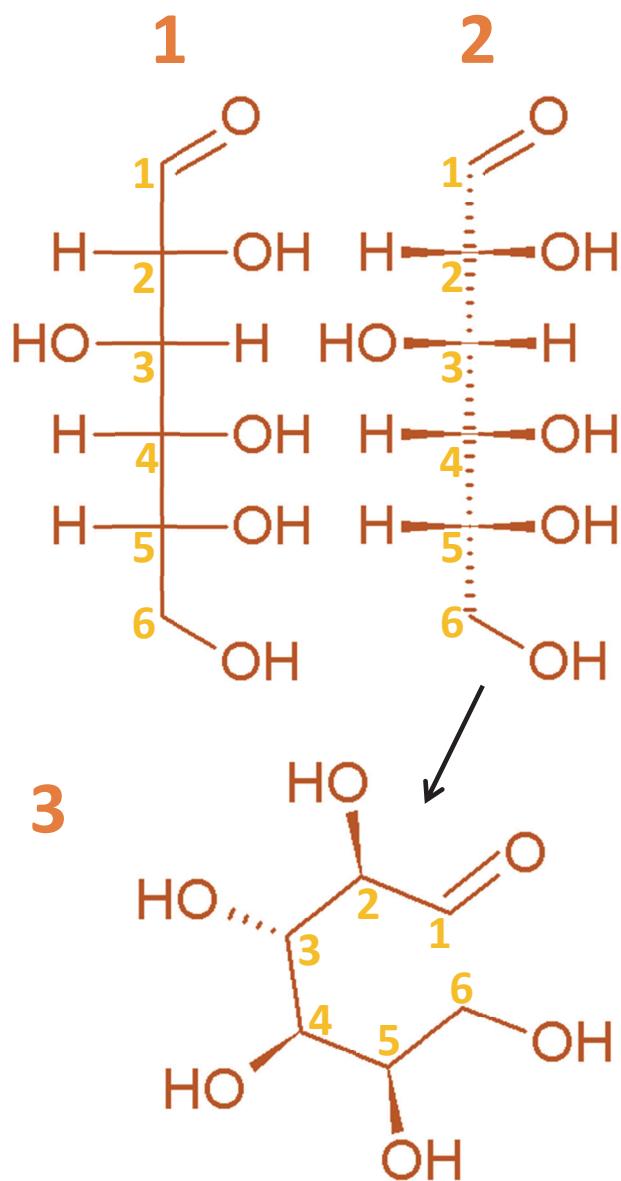
Jetzt bleibt noch die Frage zu klären, warum das eine Halogen-Atom rechts und das andere links erscheint. Dafür solltest du dir erneut den Drehvorgang zu Beginn der Übung anschauen. Vereinfacht gesagt, drehen wir den hinteren Teil des Moleküls (**H**) um die **Achse** durch das **V**-Kohlenstoff-Atom, bis die Verbindungsachse zwischen **V**- und **H**-Kohlenstoff-Atom nur nach hinten zeigt. Dann erscheinen Atome, die in die Zeichenebene ragten, rechts. Und solche Atome, die vor die Zeichenebene zeigten, erscheinen links.

Ich hoffe, dass ich dir helfen konnte, mit der Newman-Projektion umzugehen.

Kohlenhydrat-Special



Darstellungsformen

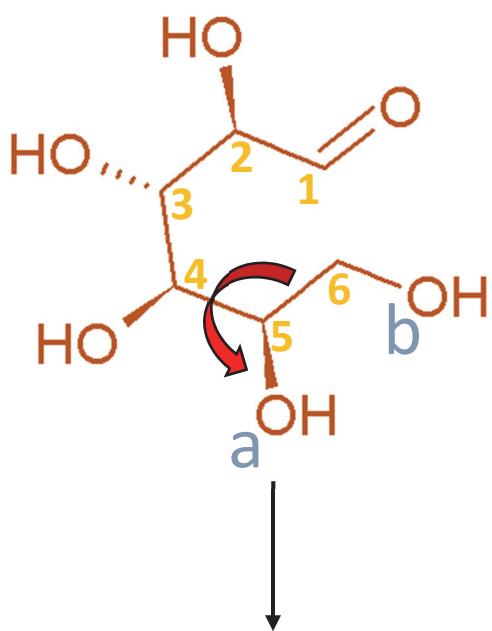


Fischerprojektion. Bei der Darstellung von Glucose in der Fischerprojektion (Abb. 1) wird eine sehr vereinfachte Darstellungsweise gewählt. Die Darstellungsweise 2 ist deutlich detaillierter. Zu sehen ist hier die Glucose mit der langen Kohlenstoff-Kette, also das Rückgrat. Es zeigt dabei immer nach hinten, wodurch eine ringförmige Anordnung erreicht wird. Die Reste an dem jeweiligen Kohlenstoff-Atom zeigen jeweils nach vorne.

Fischerprojektion aus verschiedenen Winkeln. Bei den beiden Molekülen 2 und 3 handelt es sich um identische Moleküle. Die Fischerprojektion (2) zeigt die Glucose von „vorne“. Bei der rechten Darstellung (3) schaut man sich das Molekül „von der Seite“ aus an.

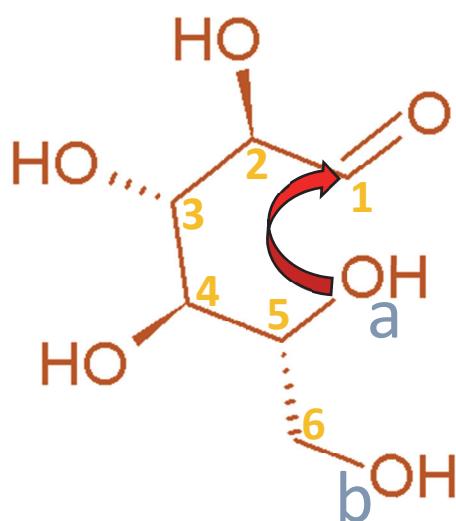
In der Fischerprojektion zeigen drei Hydroxy-Gruppen nach rechts, eine Hydroxy-Gruppe zeigt nach links. In der Darstellung 3 zeigen die „rechten Hydroxy-Gruppen“ nach vorn, die linke nach hinten.

3

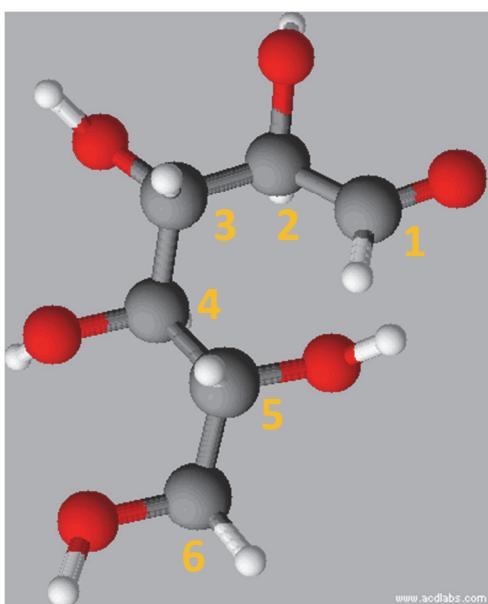


Der Ringschluss (Teil I). Da ein Ringschluss begünstigt stattfinden kann, wenn die an der Reaktion beteiligten Reste in räumlicher Nähe sind, wird um die mit einem Pfeil markierte C-C-Bindung gedreht. Die Hydroxy-Gruppe **a** am Kohlenstoff-Atom **5** soll an die Position des Rests **b** gedreht werden. Hydroxy-Gruppe **a** wird dafür von der vorderen Ebene in die Ebene an die Stelle von Kohlenstoff-Atom **6** gedreht. Hydroxy-Gruppe **a** liegt dadurch in einer Ebene mit der Carbonyl-Funktion, die nun „angegriffen“ werden kann. Der Rest **b** wird aus der Ebene heraus hinter die Ebene gedreht.

4

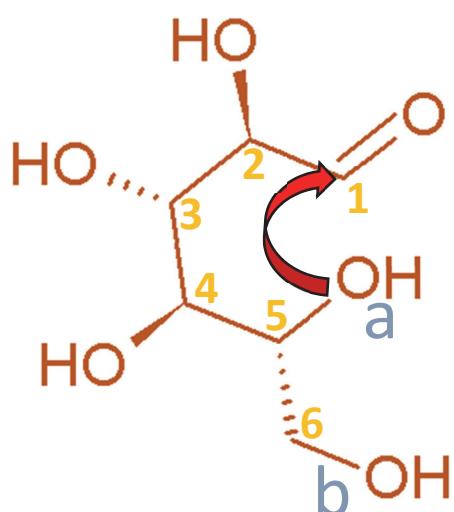


5



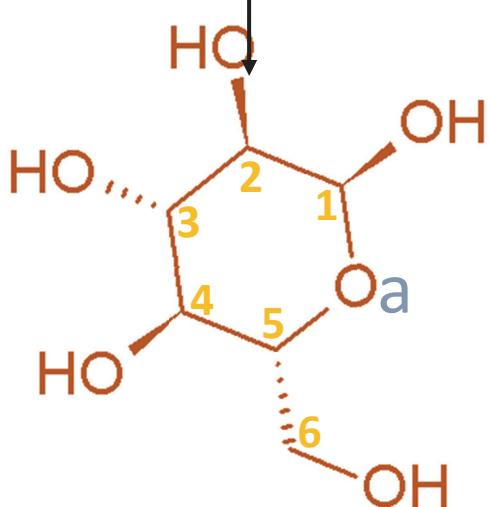
Der Ringschluss (Teil II). Anhand des Modells der Glucose soll nochmal die räumliche Anordnung der Atome klar gemacht werden.

4

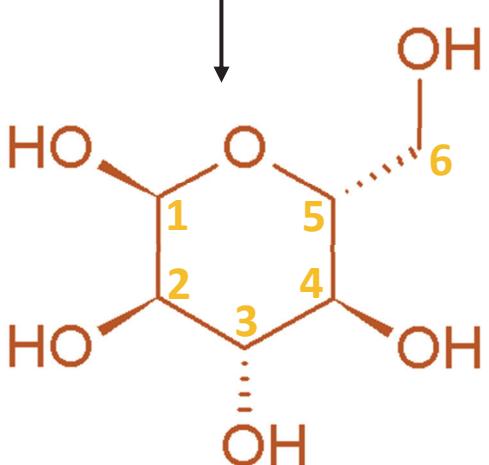


Der Ringschluss (Teil III). Jetzt findet der Ringschluss statt. Hydroxy-Gruppe **a** greift nucleophil am Carbonyl-Kohlenstoff an. In diesem Fall entsteht α -D-Glucose.

6

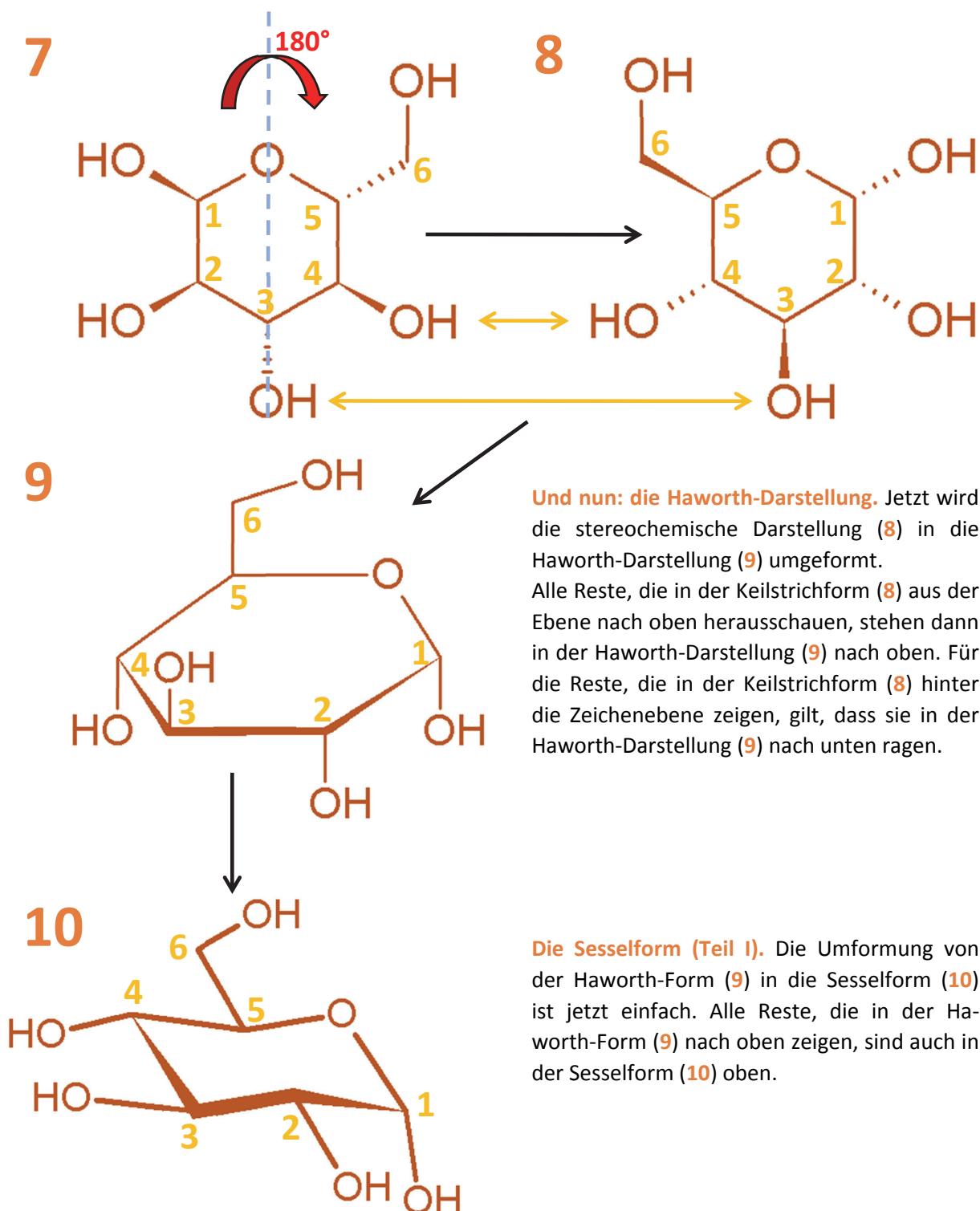


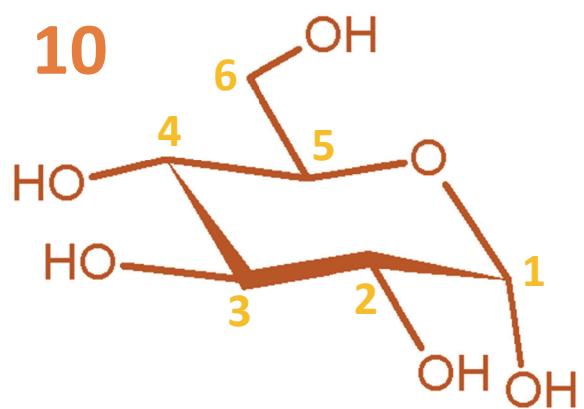
7



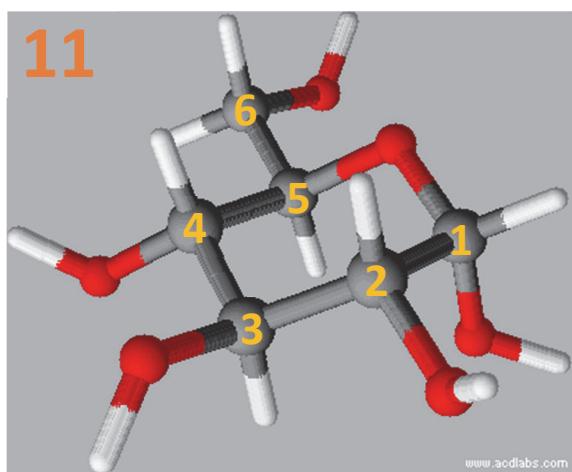
Drehung (Teil I). Die Glucose wird mit dem Ring-Sauerstoff nach oben ausgerichtet gezeichnet. Deshalb wird das Moleköl in **6** gedreht.

Drehung (Teil II). Die Glucose wird nochmal gedreht. Die Drehung erfolgt an der hellblau eingezeichneten Achse um 180° (roter Pfeil). Dadurch kommen die Reste auf der rechten Seite auf die Linke und umgekehrt. Außerdem kommen alle Reste die nach vorne zeigen nach hinten und umgekehrt. Das ist hier mit den orangefarbenen Pfeilen angedeutet.

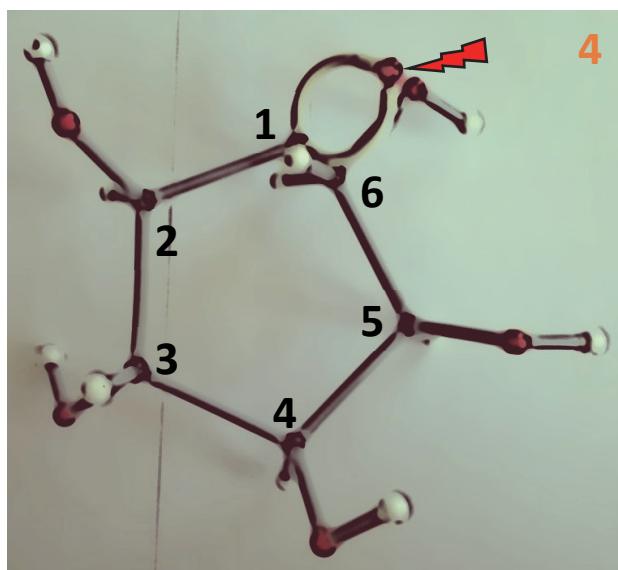
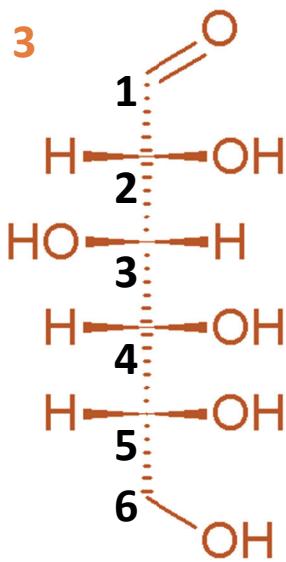
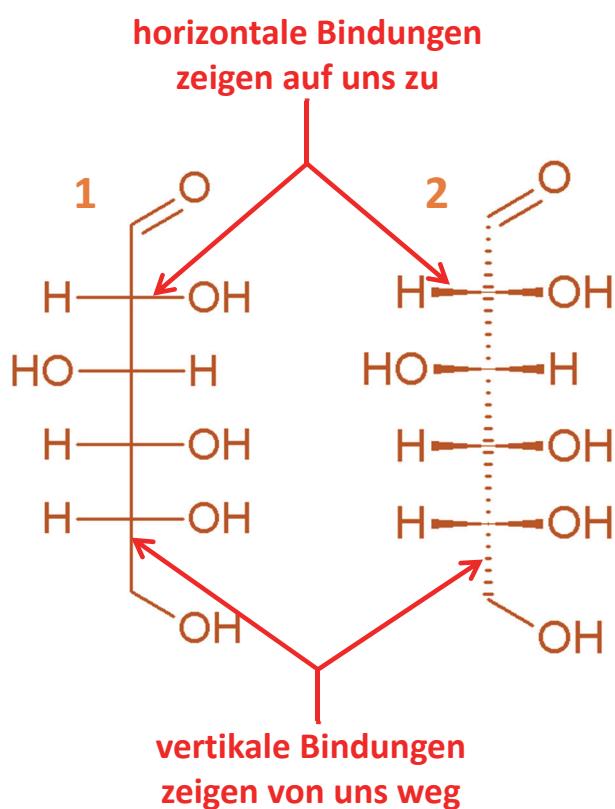




Die Sesselform (Teil II). Zu sehen sind hier die Sesselform in Keilstrichschreibweise (**10**) und die 3D-Darstellung der Sesselform (**11**). Durch die 3D-Darstellung kann die räumliche Anordnung der Reste besser erkannt werden.



Fischer-Projektion en détail

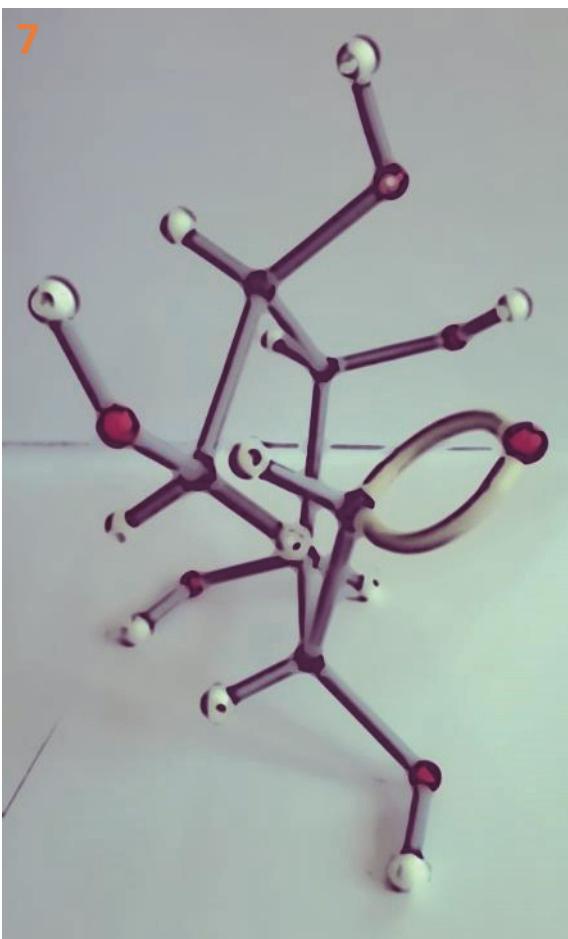
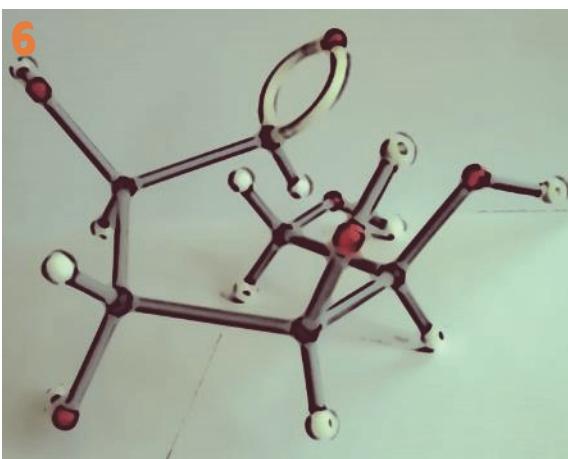


Die Projektion. Bei der Fischer-Projektion in Abbildung 1 handelt es sich um eine vereinfachte Darstellung für Kohlenhydrate. Es geht darum schnell und mit einfachen Mitteln einen Zucker zeichnen zu können. Dadurch, dass die Fischer-Projektion eine Vereinfachung ist, werden Informationen vorenthalten. Im Grunde bedeuten alle vertikalen Atombindungen, dass die Bindung hinter die Ebene zeigt – von uns weg. Alle horizontalen Bindungen ragen aus der Zeichenebene heraus – auf uns zu. Dies ist in Abbildung 2 detaillierter dargestellt.

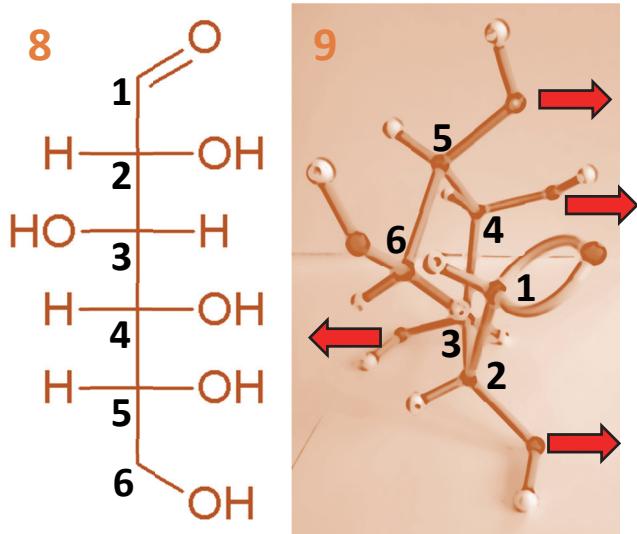
Fischer in 3D. Um den räumlichen Aufbau eines Zucker-Moleküls aus der Fischer-Projektion heraus zu verstehen, sollte man sich ein Modell bauen. Das Modell in Abbildung 4 entspricht dem Molekül in Abbildung 3. Da die vertikale **Kohlenstoff-Kette** aus Abb. 3 immer nach hinten zeigt, bildet sich ein Kreis. Die **Carbonyl**-Gruppe am **ersten Kohlenstoff-Atom** berührt dabei bereits bereits das letzte, **sechste Kohlenstoff-Atom** der Kette.



Ein Kreis aus Kohlenstoffatomen. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen die Glucose noch einmal aus anderen Winkeln. Diesmal wurde die Kette etwas verdrillt, sodass eine Spirale entsteht. Das geschah, um die **Carbonyl**-Gruppe und das **sechste Kohlenstoff-Atom** räumlich zu trennen.

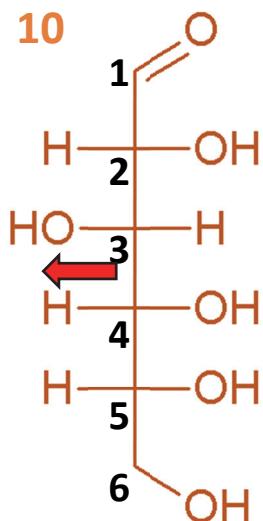


Das Molekül aufstellen. Nun stellen wir das Moleköl auf. Die **Carbonyl**-Gruppe soll auf uns zu zeigen.

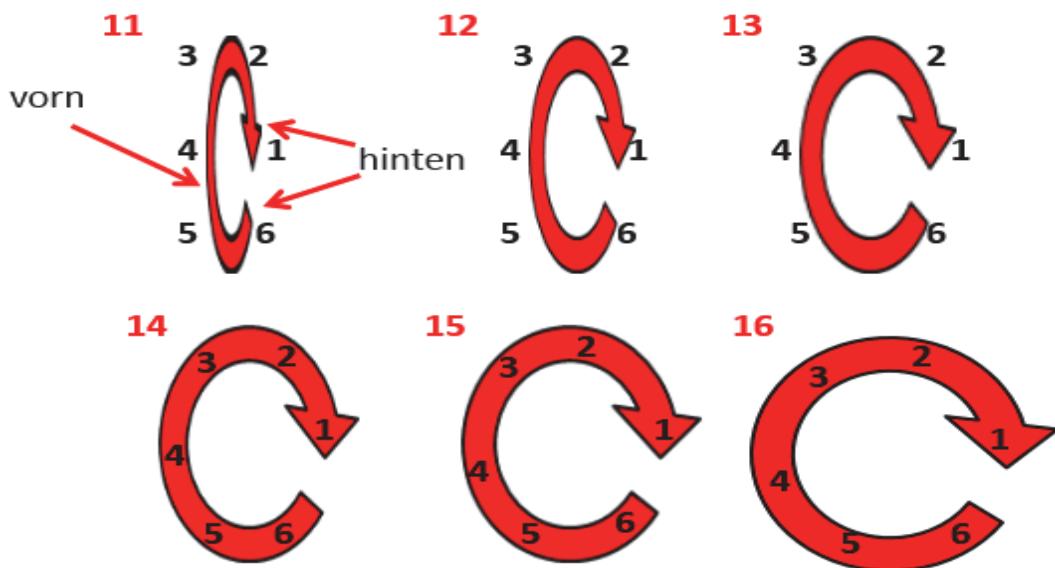


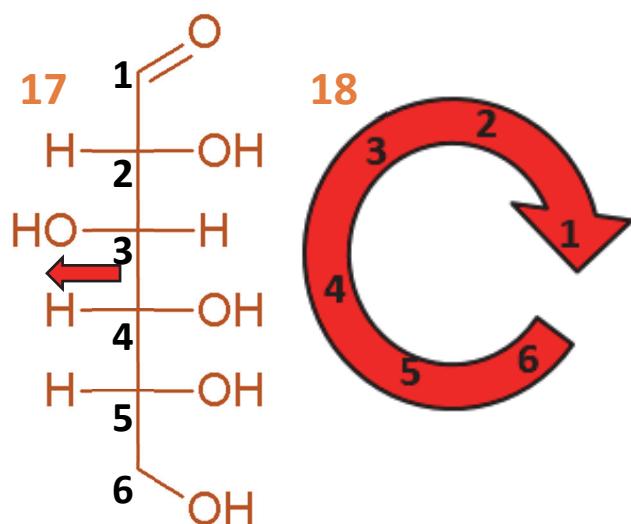
Die räumliche Anordnung. Wenn wir uns nun die räumliche Anordnung genauer unter die Lupe nehmen, fällt auf, dass die **Hydroxy**-Gruppen in beiden Molekülen in dieselbe Richtung zeigen. Die **Hydroxy**-Gruppen an den **Kohlenstoff-Atomen 2, 4 und 5** zeigen nach rechts (**roter Pfeil**), die **Hydroxy**-Gruppe am Kohlenstoff-Atom **3** zeigt nach links (**roter Pfeil**). Das **Kohlenstoff-Atom 6** ist anders als die **Kohlenstoff-Atome 2 bis 5**. Es hat kein Chiralitätszentrum.

Die **Hydroxy**-Gruppe ist frei drehbar.

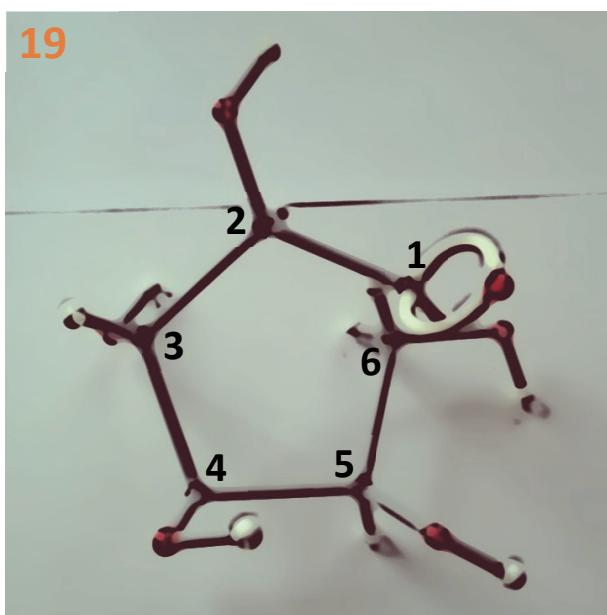


Glucose bildet einen Kreis (Teil I). Das Glucose-Molekül in Abb. 10 soll gekippt werden. Dafür ziehen wir an der Bindung zwischen den **Kohlenstoff-Atomen 3** und **4** nach links. Es ist wichtig sich dabei vor Augen zu halten, dass die **Atome 3** und **4** in dieser Übung nah an uns sind, die **Carbonyl**-Gruppe **1** sowie die **Hydroxy**-Gruppe am **Kohlenstoff 6** sind weit entfernt. Wir drehen bis das kreisförmige Molekül in der Ebene liegt (Abb. 16)

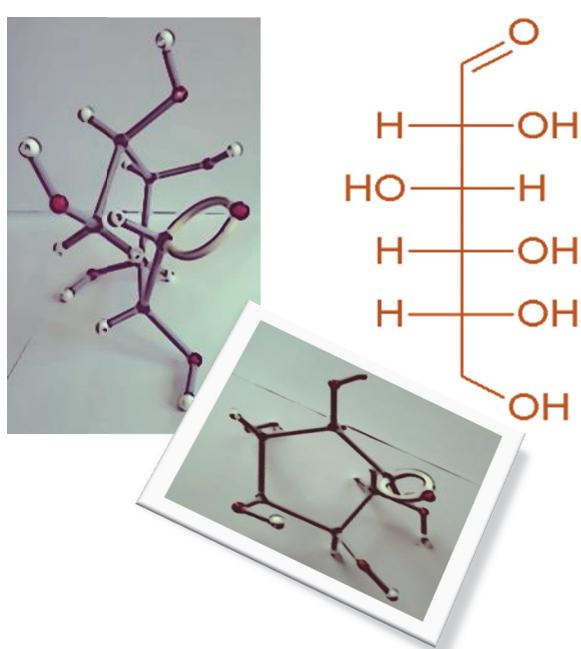




Glucose bildet einen Kreis (Teil II). Da die Glucose jetzt in der Ebene liegt, stellt sich die Frage: Wo befinden sich die **Hydroxy-Gruppen**? Sie müssen entweder auf uns zeigen oder von uns weg.

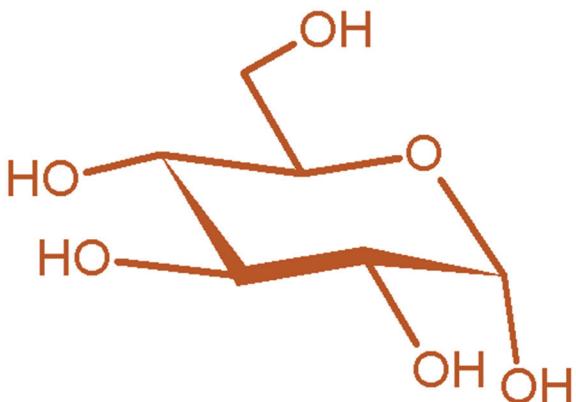
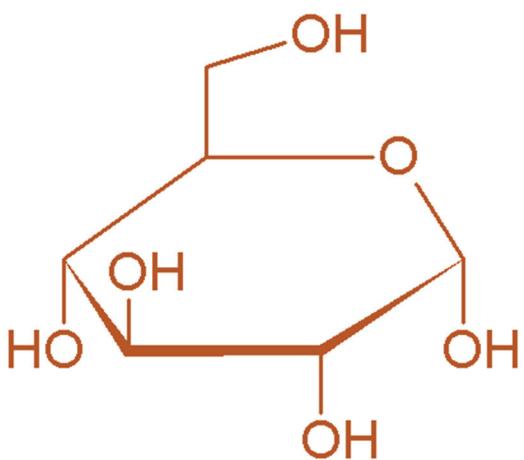
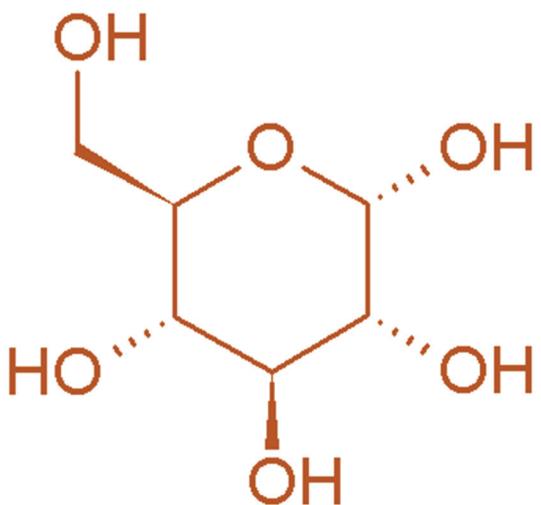


Wo sind die Hydroxygruppen? Abbildung 19 zeigt ein Modell der Glucose, das der Fischerprojektion in Abbildung 17 entspricht. Allerdings wurde das Molekül nach links gezogen, bis es in der Ebene liegt. Die **Hydroxy-Gruppen** an den **Kohlenstoff-Atomen 2, 4 und 5** zeigen dadurch auf uns zu. Die **Hydroxy-Gruppe** am **Kohlenstoff-Atom 3** zeigt von uns weg.



Take home message. Du solltest aus dieser Übung mitnehmen, dass die Fischerprojektion eine vereinfachte Darstellung ist. Sie soll ausdrücken, dass die Glucose einen Ring bildet. Außerdem solltest du mitnehmen, dass du dir die Glucose auf verschiedene Weisen räumlich vorstellen kannst. Entweder verstehst du sie als Linie, auf die du drauf schaust, wobei die Hydroxy-Gruppen nach links oder rechts abstehen. Oder du fasst sie als Ring in der Ebene auf, aus der die Hydroxy-Gruppen nach oben oder unten ragen.

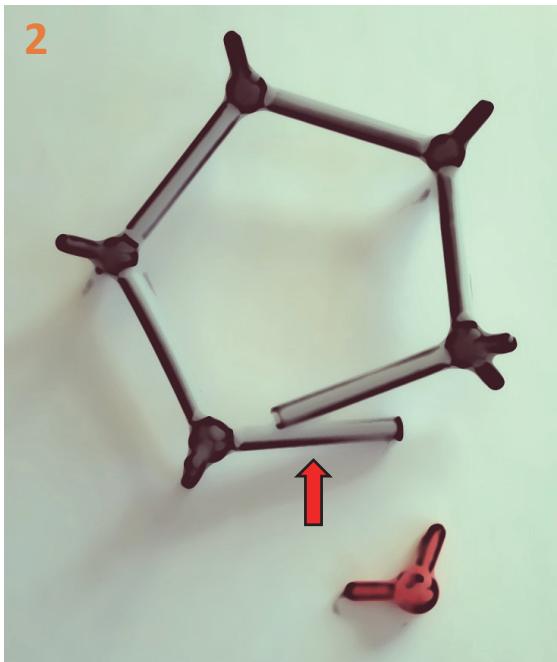
Glucose im Detail



Darstellung von Glucose. Um Glucose in der ringförmigen Anordnung darzustellen, gibt es viele Möglichkeiten. Links seht ihr die Keilstrichform. Dabei liegen die **Kohlenstoff-Atome** des Grundgerüsts und ein **Sauerstoff-Atom** in der Zeichenebene. Die **Hydroxy-Gruppen** zeigen hinter oder vor die Zeichenebene. Bei der mittigen Darstellung – der Haworth-Darstellung – erscheint es, als würde man entlang der Ringebene schauen. Die **Hydroxy-gruppen** stehen dabei nach oben oder unten. Die Sesselform ist die korrektste Darstellung. Hier werden im Gegensatz zu den anderen Darstellungen die Tetraeder-Winkel der **Kohlenstoff-Atome** in die Darstellung mit einbezogen. Deshalb beschäftigen wir uns in der folgenden Übung mit der Sesselform.

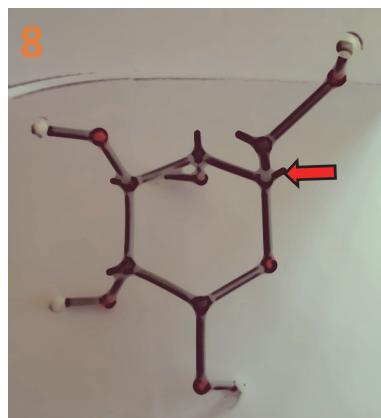
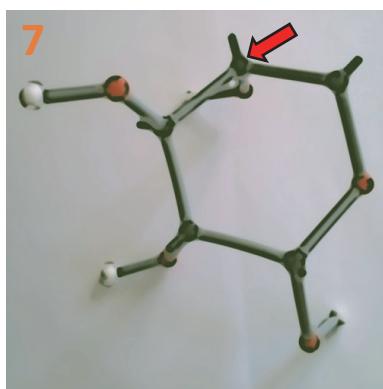
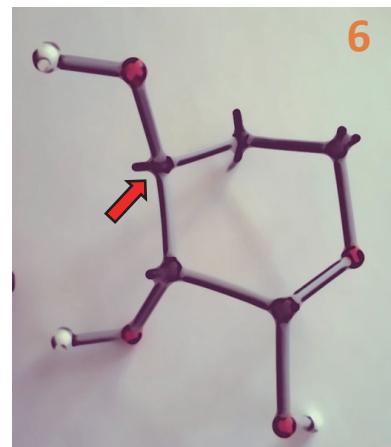
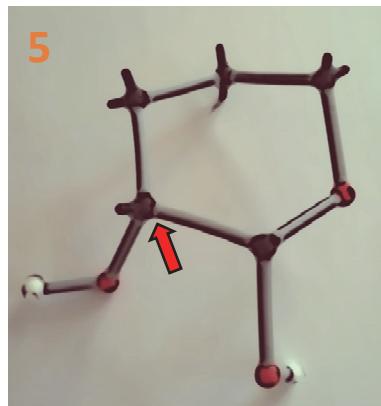
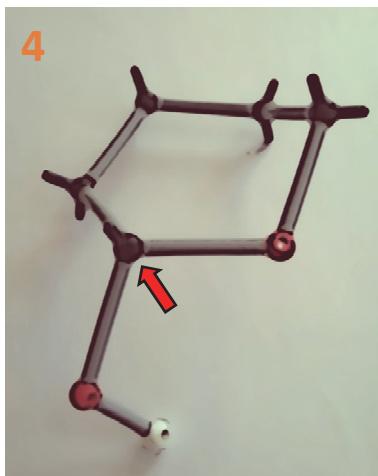


Bauprojekt – ein Gerüst aufstellen. Erst einmal wird das Ding gebaut. In Abbildung 1 siehst du die ganzen Bauteile für die Glucose. **6 Kohlenstoff-Atome, 5 Hydroxy-Gruppen, 7 Wasserstoff-Atome und 1 Sauerstoff-Atom.** In Abbildung 2 wurden die **Kohlenstoff-Atome** des Rings zusammengesetzt. Wie du siehst, überlappen sich die Bindungen dort, wo der **Sauerstoff** eingebaut werden soll (**roter Pfeil**). Du kannst dir vorstellen, dass der Ring gespannt sein wird, wenn das **Sauerstoff-Atom** noch in den Ring kommt. In Abbildung 3 kannst du das Grundgerüst der Glucose sehen: **5 Kohlenstoff-Atome und 1 Sauerstoff-Atom.**



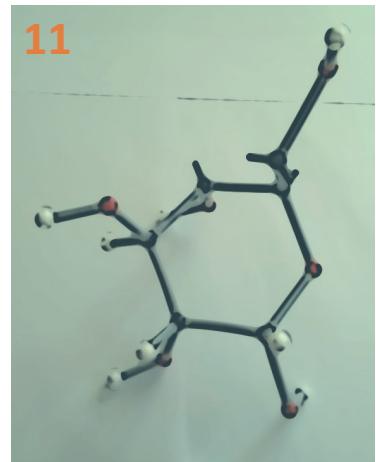
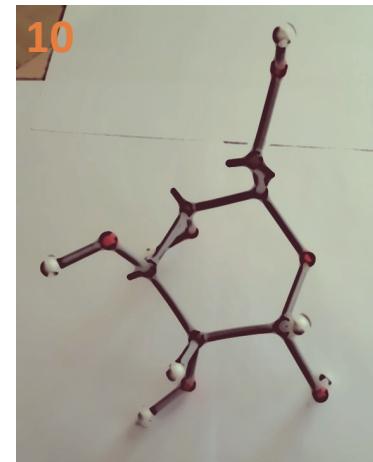
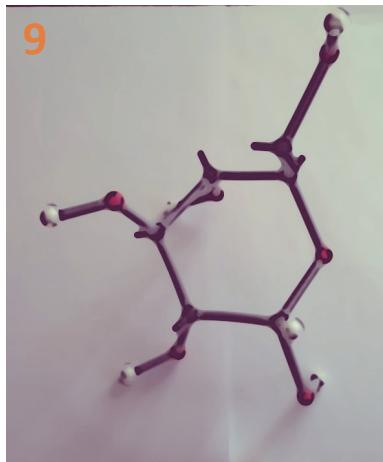
Bauprojekt – her mit den Hydroxygruppen!

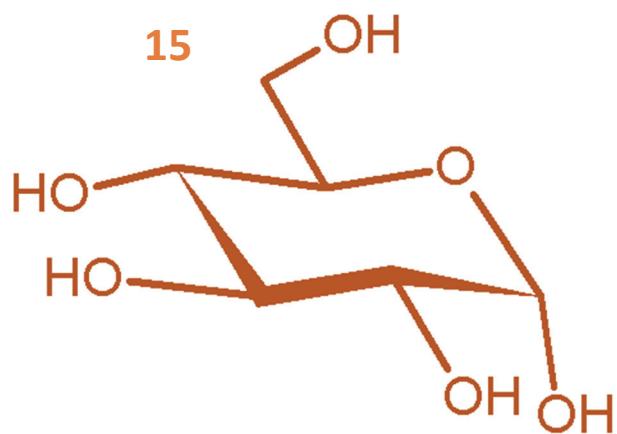
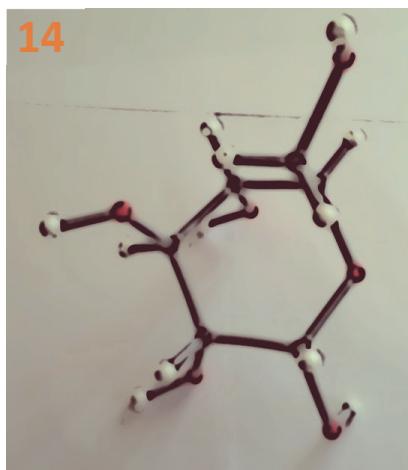
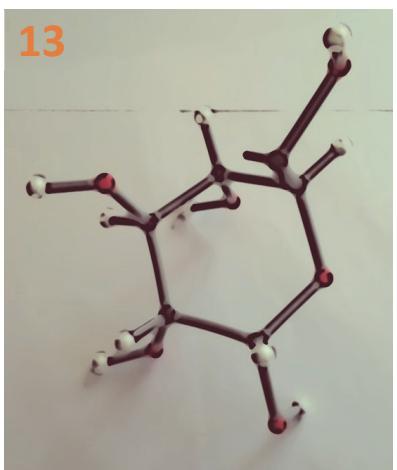
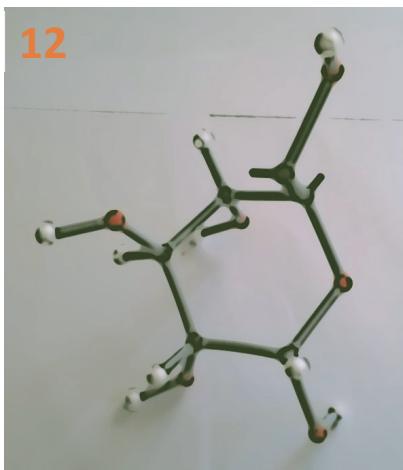
Jetzt werden nach und nach **4 Hydroxy**-Gruppen an die Kohlenstoff-Atome gehängt (Abb. **4** bis **7**). Am Ende fehlt dann noch die **Hydroxy**-Gruppe an dem Kohlenstoff-Atom (Abb. **8**).



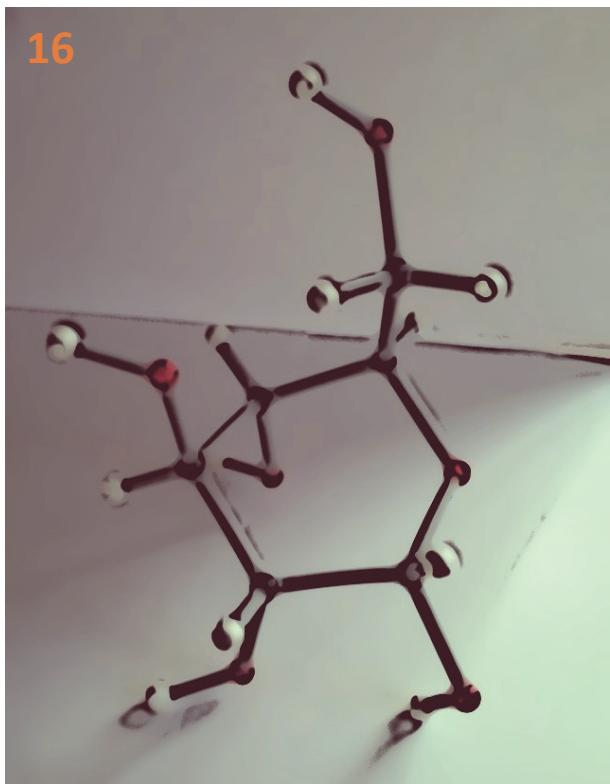
Bauprojekt – man reiche mir Wasserstoff!

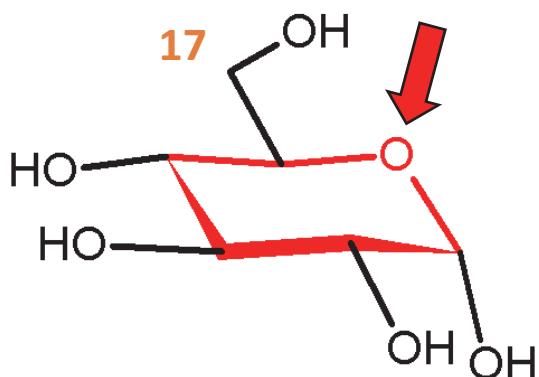
Nun fehlen noch die **Wasserstoff**-Atome. Die werden jetzt nach und nach angefügt. Dann sind wir auch schon fertig.



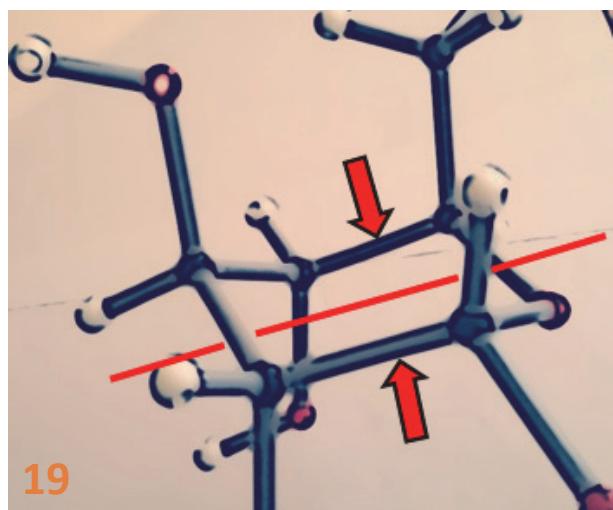
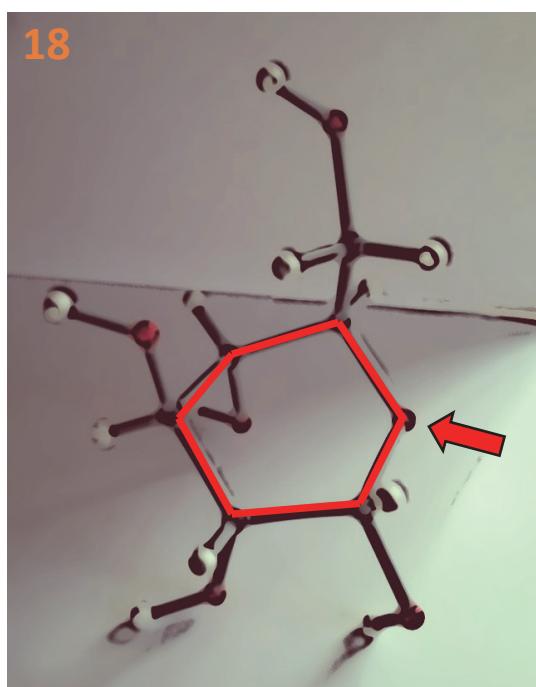


Verständnis der Details. Vergleichen wir jetzt die Sesselform in Abbildung 15, in der Nerds gerne ihre Moleküle darstellen, mit dem 3D-Modell, das wir uns gebastelt haben (Abb. 16).

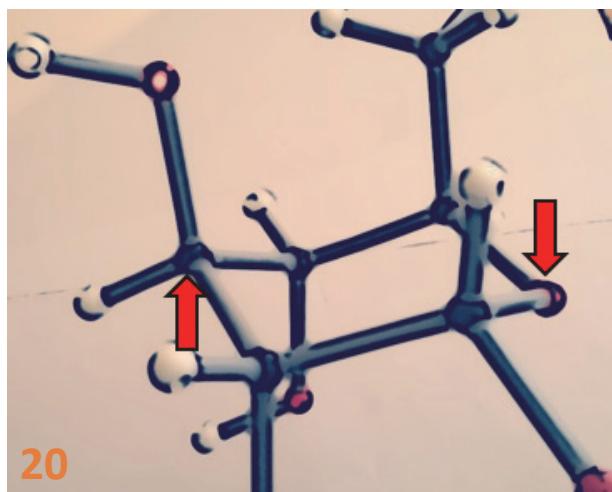




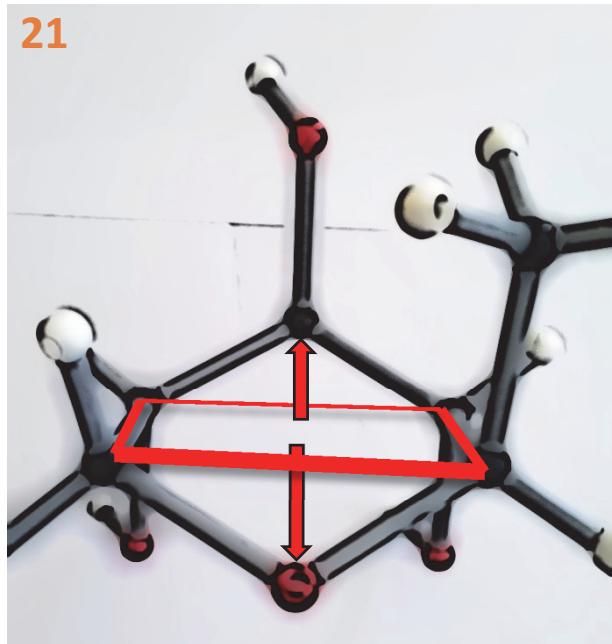
Ab in den Sessel. Schauen wir uns erst einmal das Grundgerüst – also den **roten Ring** – an. Der **rote Pfeil** zeigt in beiden Abbildungen auf das **Sauerstoff-Atom** im Ring. Der **rote Ring** besteht aus eben diesem **Sauerstoff-Atom** und fünf **Kohlenstoff-Atomen**. Durch seine Spannung, wird der Ring in eine Form gezwungen, die wie ein Sessel aussieht. Daher kommt der Begriff Sesselform.



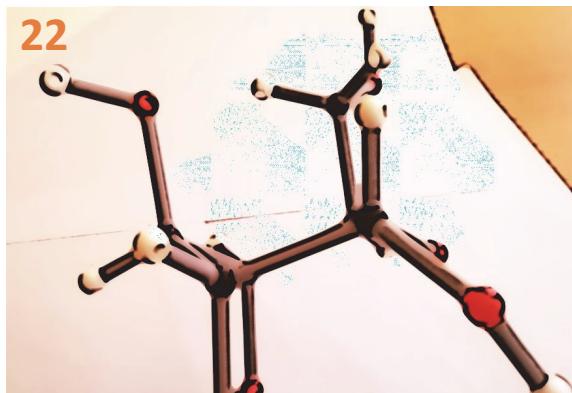
Die Ebene von der Seite (I). In der Seitenansicht sieht man, dass einige Atome aus einer Ebene (**rote Linie**) herausgedrückt wurden. Die beiden Bindungen, die mit **roten Pfeilen** markiert wurden, liegen genau in der Ebene. Außerdem liegen die vier **Kohlenstoff-Atome**, die direkt an den Bindungen hängen, in der Ebene.



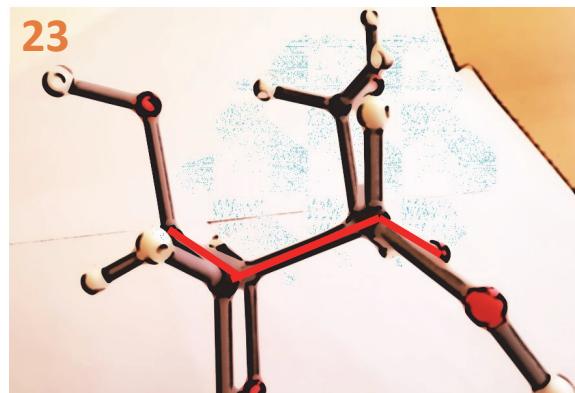
Die Ebene von der Seite (II). Die **roten Pfeile** zeigen, in welcher Richtung die Atome aus der Ebene gedrückt wurden.



Die Ebene von vorn. Schauen wir uns die Glucose nun von vorne an. Man kann die **rote Ebene**, in der vier **Kohlenstoff-Atome** liegen, gut erkennen. Das **rote Sauerstoff-Atom** im Ring, wurde nach unten gedrückt. Das hintere **Kohlenstoff-Atom** wurde nach oben gedrückt.

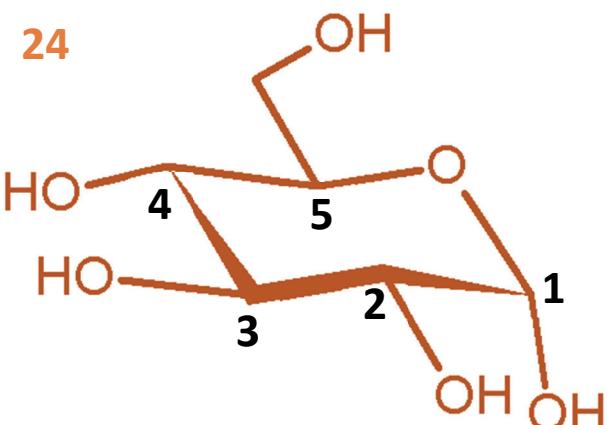


22

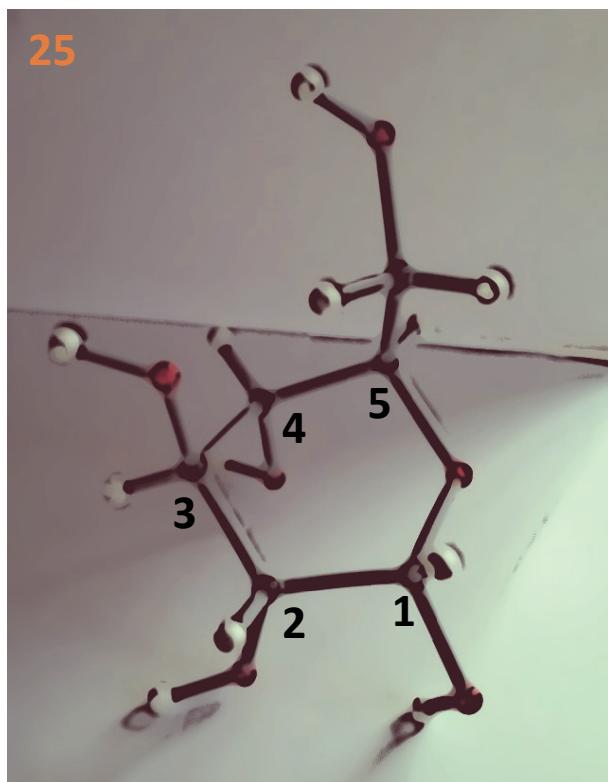


23

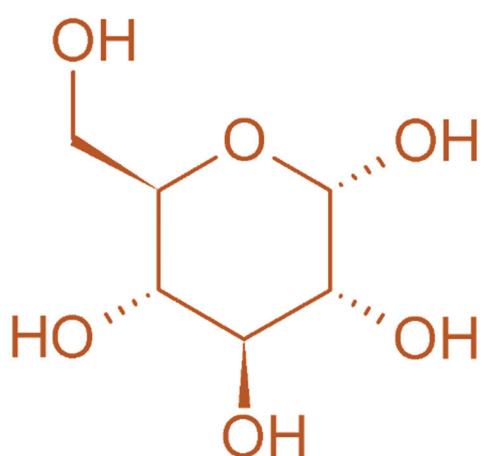
Erkennst du den Sessel? In Abbildung 22 und 23 schauen wir entlang der Ebene. So kann man die Sesselform am Besten erkennen.



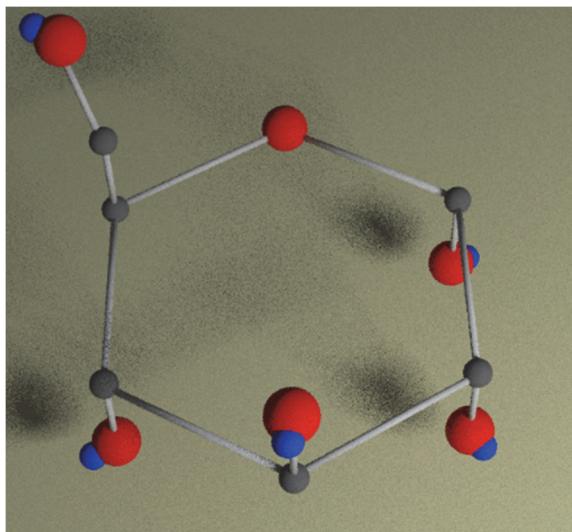
Anordnung der Reste. Betrachten wir die **Hydroxy**-Gruppen in Abbildung 24 und 25. An den **Kohlenstoff-Atomen 1, 2 und 4** zeigt die **Hydroxy**-Gruppe jeweils nach unten. An den **Kohlenstoff-Atomen 3 und 5** zeigt der Rest nach oben. Die **Wasserstoff-Atome** hingegen zeigen in die jeweils andere Richtung: an den **Kohlenstoff-Atomen 1, 2 und 4** nach oben, an den **Kohlenstoffatomen 3 und 5** nach unten.



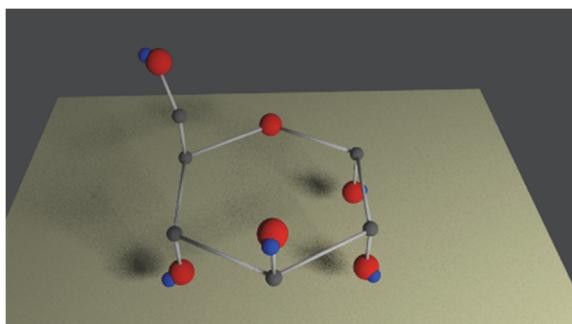
Keilstrichform vs. Haworth



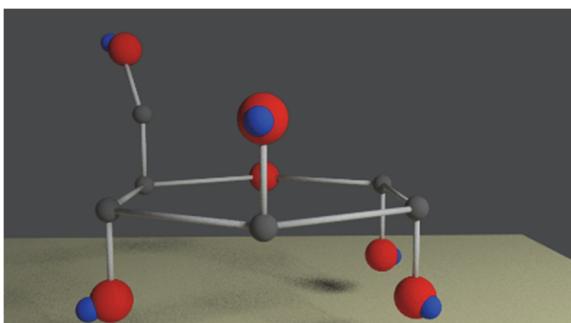
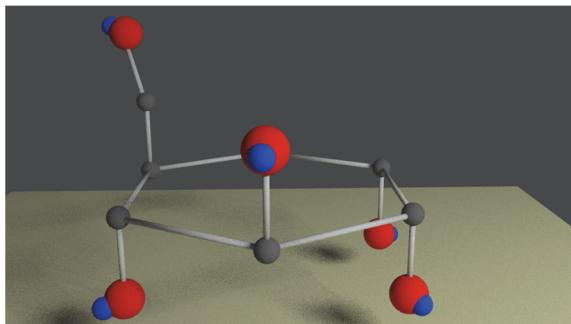
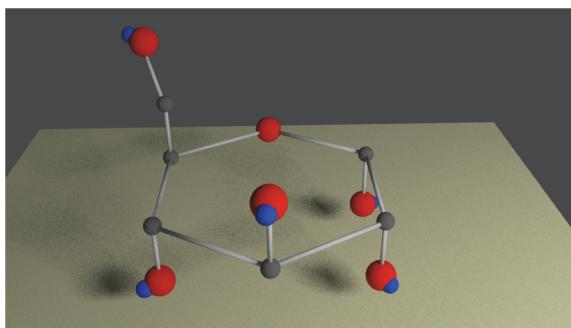
Die Keilstrichform. Kohlenhydrate werden oft in der Keilstrichform dargestellt. Wir beschäftigen uns in dieser Übung mit der α -D-Glucose. Alle Kohlenstoff-Atome der Glucose sind tetraedrisch von ihren Resten umgeben. Für die folgende Übung vergessen wir diesen Fakt einmal.



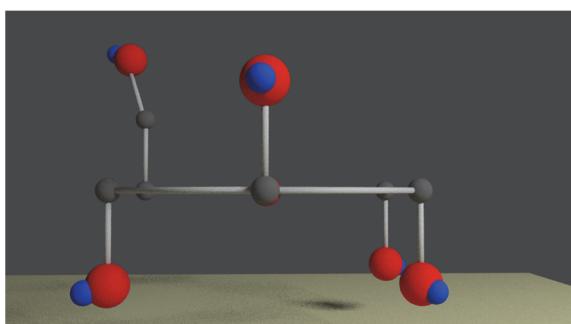
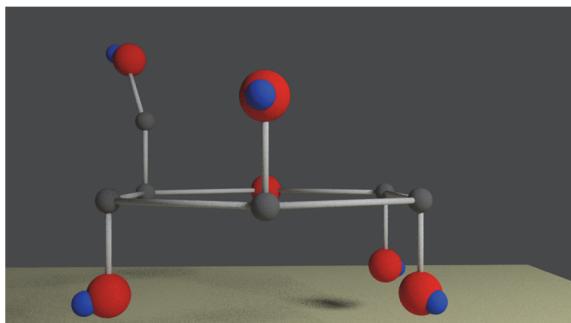
Das 3D-Modell. In der Abbildung links und in der Abbildung darüber ist dasselbe Molekül zu sehen, doch sind die Darstellungsweisen verschieden. In der Keilstrichform ist durch die Stereobindungen die räumliche Anordnung der Reste der Kohlenstoff-Atome definiert. Die gestrichelten Linien geben an, dass der Rest in die Zeichenebene ragt, also von uns weg. Die dickeren Bindungen geben an, dass der Rest aus der Zeichenebene herausragt, also auf uns zu. Das kann man sehr schön im 3D-Modell sehen. Die normalen Bindungen (hier durchgezogen!) befinden sich in einer Ebene. Immer, wenn eine Bindung gestrichelt dargestellt ist, befindet sich der Rest unter dieser Ebene. Die Reste der dicken keilförmigen Bindungen stehen über der Ebene. Die folgenden Abbildungen auf den nächsten Seiten sollen das verdeutlichen.

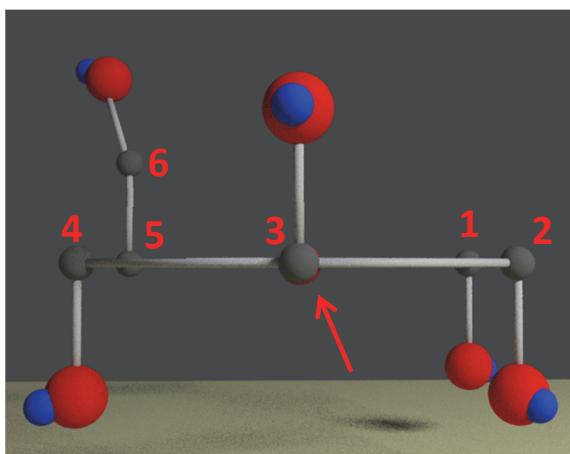


Froschperspektive. Wir ändern jetzt unsere Perspektive. Am Anfang haben wir noch auf das Molekül geschaut, als würden wir davor stehen. Jetzt knien wir uns langsam hin.

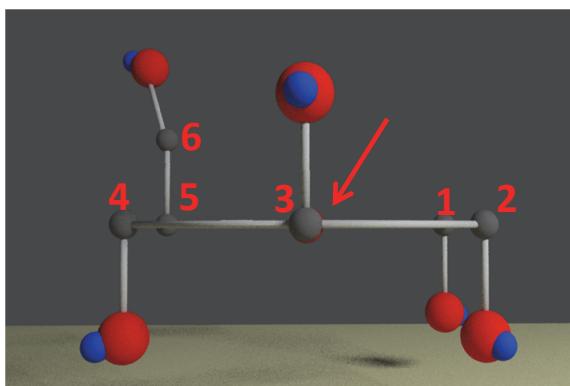
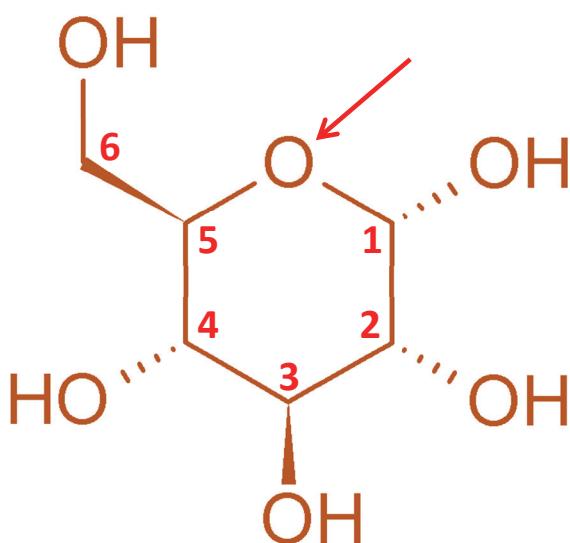


Wir gehen immer weiter in die Knie, bis wir exakt entlang der Ebene schauen, in der die Kohlenstoff-Atome des Glucose-Grundgerüsts liegen.

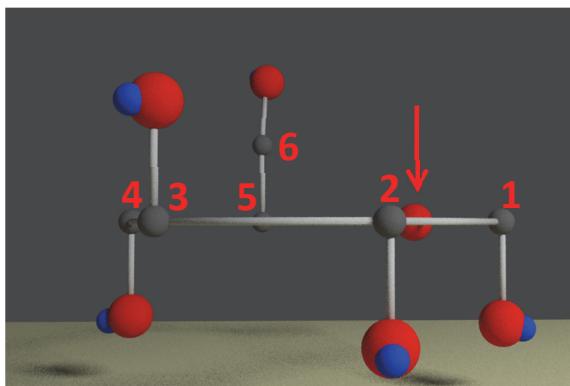


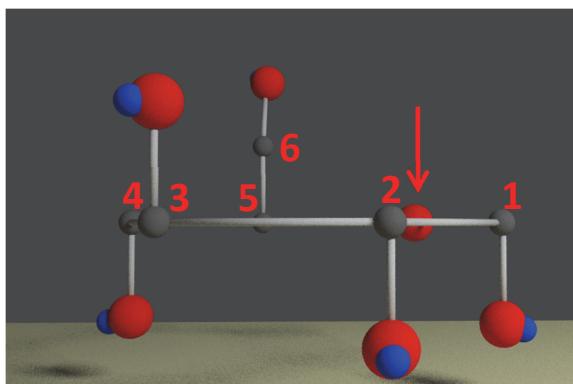


Der Vergleich. Wir schauen exakt entlang der Ebene. Das Sauerstoff-Atom im Ringsystem wurde mit einem **roten** Pfeil markiert. Die einzelnen Kohlenstoffatome wurden mit **1-6** durchnummert, um eine Zuordnung zu erleichtern. Die Reste, die mit gestrichelten Bindungen an das Ring-Kohlenstoff-Atom gebunden sind, befinden sich unter der Ebene, diejenigen mit einem Keil befinden sich über der Ebene.

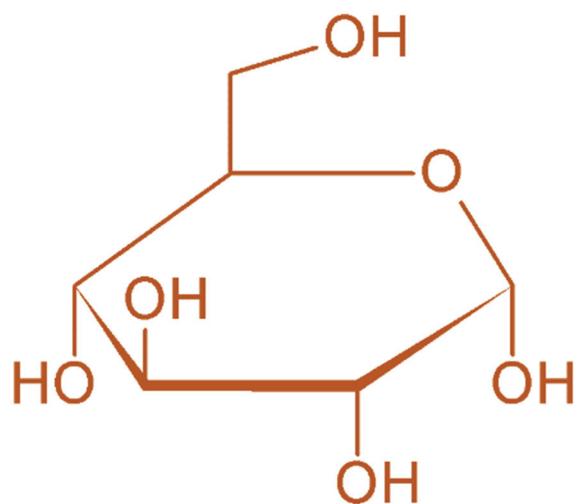
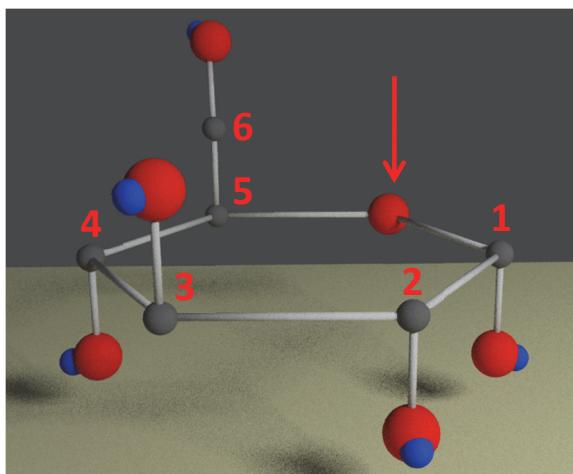


Die Drehung. Wir schauen nach wie vor exakt entlang der Ebene. Das Sauerstoff-Atom im Ringsystem wurde mit einem **roten** Pfeil markiert. Die einzelnen Kohlenstoffatome wurden mit **1** bis **6** durchnummert, um eine Zuordnung zu erleichtern. Der einzige Unterschied zwischen den beiden Abbildungen ist, dass wir das gesamte Ringsystem etwas gedreht haben.



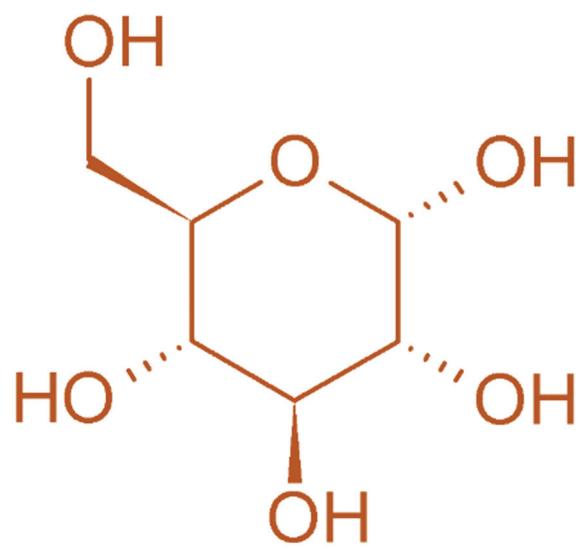


Steh wieder auf! Jetzt stehen wir wieder langsam auf. Wir schauen nicht mehr entlang der Ebene, sondern schauen leicht von oben auf die Glucose.

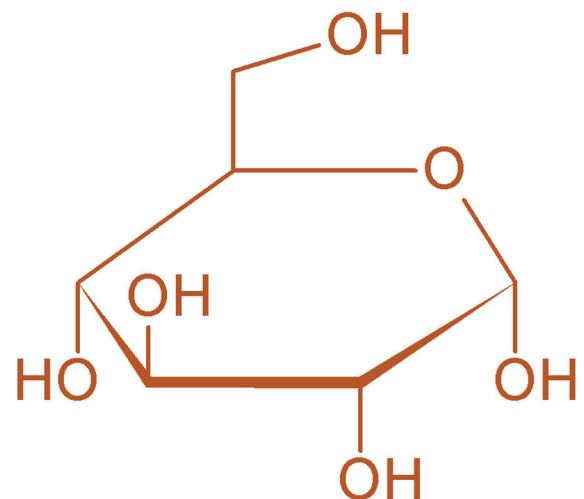


Der zweite Vergleich. Vergleichen wir jetzt die 3D-Darstellung mit der Haworth-Projektion, sieht das schon ziemlich ähnlich aus.

Die Haworth-Projektion zeigt ein Molekül aus einer „flacheren“ Ansicht.



Take home message. Was du aus dieser Übung mitnehmen solltest, ist simpel. Um einen Zucker aus der Keilstrichform in die Haworth-Projektion umzuwandeln, musst du dir nur vor Augen halten, dass alle Reste, die in der Keilstrichform zu uns zeigen, in der Haworth-Projektion nach oben schauen. Alle Reste, die in der Keilstrichform hinter die Ebene zeigen, schauen in der Haworth-Projektion nach unten. Bei der Haworth-Projektion wird aus einem flachen Winkel auf das Molekül geschaut, wodurch nicht mehr in „vorne & hinten“, sondern in „oben & unten“ gedacht wird.



Coaching Buddy

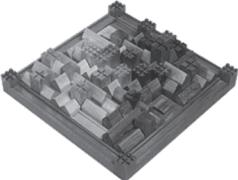
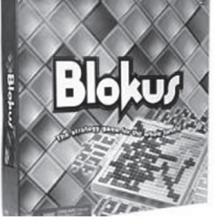
Inhalt | 3: Tipps



Klassische Spiele, die dir räumliche Fähigkeiten abverlangen



Spiel	Bild	Beschreibung
Soma-Würfel	A black and white photograph of a Soma cube, which is a 3D geometric puzzle composed of seven irregular polyhedra.	Der Soma-Würfel wird aus sieben Körpern, die aus Quadern zusammengesetzt sind, aufgebaut. Es gibt verschiedene Kombinationsmöglichkeiten.
Science X 3D Optik	A black and white photograph of a Science X 3D Optik experiment kit box.	Anhand von Versuchen wird erklärt, wie die 3D-Optik mit einer 3D-Brille funktioniert.
Ubongo 3D	A black and white photograph of the Ubongo 3D board game, showing the board and several small 3D objects.	Die Spielerinnen und Spieler haben die Aufgabe, eine Legefläche auf zwei Ebenen vollständig mit Körpern, die aus Quadern zusammengesetzt sind, zu bedecken.
TaYü	A black and white photograph of the TaYü board game box, featuring a dragon design.	Bei diesem Legespiel versuchen die Spielerinnen und Spieler Kanäle mit möglichst vielen Mündungen von einer zur anderen Seiten des Spielbretts zu bauen.
Potz Klotz	A black and white photograph of the Potz Klotz board game box.	Aus fünf Holzwürfeln wird ein Würfelgebäude errichtet. Die Spielerinnen und Spieler erhalten Karten, auf denen Gebäude abgebildet sind. Durch Umlegen von Würfeln sollen diese realisiert werden.

Spiel	Bild	Beschreibung
Cathedral		Die Baumeister/innen setzen abwechselnd ihre Gebäude auf das Spielbrett, d.h. auf den durch eine Stadtmauer begrenzten Bauraum. Wer am Ende das größere Gebiet erschlossen hat, wird zum Sieger/zur Siegerin gekürt.
Rumis		Es soll gemeinsam ein Inka-Bauwerk aus kniffligen Steininformationen errichtet werden. Es sind Erweiterungen zum Spiel erhältlich.
Make 'n' Break		Die Spielerinnen und Spieler bauen unter Zeitdruck kleine Bauwerke.
Blokus		Bei diesem Spiel versuchen die Akteure möglichst viele ihrer Steine auf dem Spielbrett anzulegen und dabei den anderen Spielerinnen und Spielern ihren Weg zu verbauen.
Tantrix		Bei diesem Spiel, das auch online verfügbar ist, dürfen nur sechseckige Spielsteine mit einer gleichen Linienfarbe aneinander grenzen.
Katamino		Bei Katamino geht es darum, das ganze Spielbrett mit Steinen zu belegen und dabei die Fläche möglichst effektiv aufzufüllen. Es sind verschiedene Versionen erhältlich.
Quixo		Das Würfel-Spiel ähnelt dem Tic Tac Toe. Die Würfel müssen so gedreht werden, dass eine durchgehende Reihe mit einem Symbol entsteht.

Spiel	Bild	Beschreibung
Stratopolis	 The image shows the box for the game 'Stratopolis' which features a stylized 3D cityscape made of black and white blocks. Several similar black and white block structures are scattered in front of the box.	Die Steine werden gestapelt und dürfen beliebig aneinander angelegt werden. In der Höhe darf eine Farbe nie eine andere überdecken.
Kreuz & quer in Raum und Lage	 The image shows the box for the game 'Kreuz & quer in Raum und Lage'. It features a cross-shaped stone structure on a grid background.	Die Spielerinnen und Spieler legen mit Steinen ein beliebiges Bild. Dieses soll anschließend gemalt werden.
Sogo	 The image shows a wooden board with several vertical columns of wooden blocks of different heights and colors (black, white, grey). Some blocks are stacked on top of each other, while others stand alone.	Eine 3D-Variante des Klassikers „Vier-Gewinnt“
Mirakel	 The image shows the box for the game 'Mirakel'. It features a central image of a hand holding a small mirror or lens over a puzzle piece.	Es gibt Karten mit Figuren, von denen jeweils zwei zusammenpassen. Es soll die Karte gefunden werden, die das Spiegelbild darstellt. Der Zauberspiegel hilft bei der Kontrolle.
Schattenbauspiel	 The image shows a wooden base with several grey 3D geometric shapes (cubes, pyramids) arranged to cast specific shadows onto a white wall behind them.	Zunächst sind nur die Schatten an der Wand zu sehen. Die Spielerinnen und Spieler sollen mithilfe von Holzklötzen das Gebäude so nachbauen, dass Gebäude und Schatten aufeinander abgestimmt sind.

Online-Games zur Schulung räumlicher Fähigkeiten

Spiel	Bild	Beschreibung	Link
Neuronation: Formendreher		Online-Übung für das Training der mentalen Rotation	http://www.neuronation.de/
Mathematicus		Verschiedene Online-Übungen (rollende Würfel, rotierende Körper, Würfelnetze, zerbrochene Würfel) für Kinder	http://www.mathematikus.de/2/?PHPSESSID=9526b2723b80bb2d386618581bcd5352
Fibonacci		Online-Übungen mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden	http://www.fibonacci.com/de/raumliches-vorstellungsvorvermögen

Fundstück im WWW



Die Website **immel.cc** des Privatdozenten Dr. Stefan Immel bietet zahlreiche Informationen, Daten und Lehrmaterialien. Im folgenden Text werde ich die Unterpunkte Tutorials und Strukturen vorstellen. An dieser Stelle sei erwähnt, dass sich sowohl unter *Tutorials* als auch *Strukturen* Themen befinden, die sich gegenseitig ergänzen bzw. inhaltlich ähnlich sind. Die Website ist in englischer Sprache verfasst. Die Kapiteltitel habe ich für den Coaching Buddy übersetzt.

So sieht die Startseite der Website **immel.cc** aus:

PD Dr. Stefan Immel
Institute of Organic Chemistry
Technical University of Darmstadt

Click here to see some screenshots on what to find on this site.

Neu:

SS 2014: Vorlesung OC I für Biologen und Nicht-Chemiker (TU Darmstadt)
Update: Lösungen 05 / Übung 06 / Skript Kapitel 06

Online:

Vorschau zu allen Kapiteln des OC Skripts
3D-Molekülmodelle zu Strukturen aus den OC Skripten
3D-Molekülmodelle zum Thema Chiralität
3D-Molekülmodelle zur Symmetrie von Molekülen
3D-Animationen von Reaktionen und Umlagerungen
3D-Simulation von IR-Spektren mit Molekülmodellen

Schwerpunkte und Highlights aus dem Skript*

Tutorials. Zunächst gehe ich auf die Tutorials ein, die sich auf der Seite befinden. Man erreicht sie, indem man in der oberen Leiste in Tab *Tutorials* anklickt. Das Kapitel *Tutorials* ist wie folgt strukturiert:

- Filme zur Reaktion und Umlagerung von Molekülen
- Strukturen von Kohlenwasserstoffen
- Chiralität
- Symmetrie und Punktgruppen
- Atom- und Molekülorbitale

Die einzelnen Kapitel werde ich nun im Einzelnen vorstellen.

Filme zur Reaktion und Umlagerung von Molekülen. Unter diesem Punkt findet sich Beschreibungen zu verschiedenen Reaktionen und Mechanismen, die mit einer Skizze und einem kurzen Film visualisiert sind. Diese findet man, wenn man auf die Links im linken Abschnitt der Seite klickt. Einige Beispiele sind im Folgenden dargestellt:

So sieht eine Erläuterung zum S_N2-Mechanismus aus...

▲ S_N2 Reaction

The S_N2 mechanism (bimolecular nucleophilic substitution) involves rear-side attack of a nucleophile at a carbon atom, opposite to the leaving group being displaced. This one-step reactions proceed with inversion of stereocenters through a trigonal-bipyramidal penta-coordinated carbon atom. The animations show the degenerate S_N2 reaction of (*R*)-2-bromo-butane with bromide yielding (*S*)-2-bromo-butane (racemization).

S_N2

MPEG

...und so eine Erläuterung zur Diels-Alder-Reaktion:

▲ Diels-Alder Reaction of Cyclopentadiene and Acetylene Dicarboxylic Acid Dimethyl Ester

The Diels-Alder reaction of cyclopentadiene ("diene" component) and acetylene derivatives ("dienophile") yields a single product. The animations visualize the relative arrangements of the diene and dienophile with different view points.

Diels-Alder

MPEG MPEG MPEG

Neben diesen Beispielen findet man außerdem Cope- und Claisen-Umlagerungen, die Ringöffnung von Cyclobuten, diverse Valenzisomere, die Addition von Brom an cis- und trans-2-Buten, die Pseudorotation von Cyclopentan und Cyclohexan etc.

Strukturen von Kohlenwasserstoffen. In diesem Kapitel befinden sich Grafiken von verschiedenen Kohlenwasserstoff-Molekülen. Im Menü im linken Teil der Seite sind die Klassen aufgelistet. Unter dem ersten Punkt der Liste findet man einen Überblick über die Kohlenwasserstoffe, der mit Strukturformeln ergänzt wird. Hier befinden sich u.a. Informationen zu Cycloalkanen, Cycloalkenen, bicyclischen Verbindungen, Spiroverbindungen, polycyclischen Verbindungen etc.

Ein Ausschnitt aus dem Kapitel Strukturen von Kohlenwasserstoffen:

▲ Hydrocarbons - Cycloalkanes - 3D Structures

Cycloalkanes with four or more carbon atoms in the ring are non-planar, but puckered ring systems which may exist in various low-energy conformations. Five-membered rings are highly flexible, whereas cyclohexane-type structures predominantly adopt chair conformations. Larger rings become increasingly more flexible with growing ring size.

▷ □  

The 3D structures of different 1,2- and 1,4-dimethyl-substituted cyclohexane derivatives visualize the energetically preferred conformations of these compounds. *Trans*-1,2-disubstituted cyclohexanes are chiral compounds which may be separated into two enantiomers (see also the 3D structures at "Two or More Asymmetric Substituted Atoms").

 = 
cis- *trans*-
 = 
cis- *trans*-
 1,2-dimethylcyclohexane 1,4-dimethylcyclohexane

For some animations of the dynamic ring behavior of cyclopentane, cyclohexane, and substituted cyclohexanes see the chapter "Ring Pseudorotation" in the MolArch™ - Movies section of this web-site.

▲ Hydrocarbons - Cycloalkenes - 3D Structures

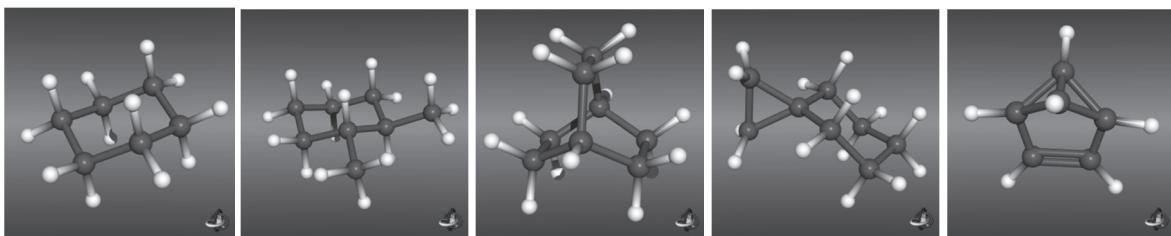
Small rings with three to seven carbon atoms allow for *cis* double bonds only, whereas larger rings may also accommodate *trans* double bonds. *Trans*-cyclooctene is the smallest cyclic alkene with a *trans* double bond in a ring (see also the "Bicyclic Compounds" below). Although this cycloalkene is strained, it is a stable compound which exists in two separable enantiomeric conformations.

▷ □     

1,3,5,7-Cyclooctatetraene is not a planar, anti-aromatic ring, but a boat-shaped cyclic alkene with isolated double bonds. For further informations on the dynamic behavior and the "Valence Isomers of Cyclooctatetraene" see the MolArch™ - Movies section of this web-site.

Die Grafiken, die man in den einzelnen Unterkapiteln findet, sind so dargestellt, dass sich die räumliche Anordnung der Moleküle gut erkennen lässt. Die unten dargestellten Grafiken werden angezeigt, wenn man auf die Molekülnamen im linken Abschnitt der Seite klickt.

Diverse Beispiele zu Grafiken von Kohlenwasserstoffmolekülen:



Außerdem sind im rechten Teil der Seite 3D-Modelle zu finden, die mit der Maus drehbar sind, sodass man sie im Raum betrachten kann.

Chiralität. Im dritten Tutorial findet man ausführliche Beschreibungen rund um das Thema Chiralität. Das Kapitel ist in folgende Unterthemen gegliedert: achirale Verbindungen, chirale Verbindungen, asymmetrische substituierten Atome, zwei- oder mehrfach substituierte asymmetrische Atome, axiale Chiralität, helicale Chiralität, planare Chiralität, 3D-Modelle – Strukturen achiraler Verbindungen, 3D-Modelle – Strukturen von chiralen Verbindungen. Man findet hier ausführliche Texte, in denen die einzelnen Themen erläutert werden, sowie passende Strukturformeln und Zeichnungen.

Ein Ausschnitt aus dem Kapitel Chiralität:

▲ Chiral Compounds - Asymmetric Substituted Atoms - 3D Structures

Any molecule with a single *chirality center* (any atom holding a set of ligands in a spatial arrangement which is not superimposable on its mirror image) must be *chiral*. This is the generalized extension of the traditional concept of the asymmetrically substituted carbon atom (van't Hoff): any tetrahedral carbon atom that is attached to four different entities (atoms or groups, e.g. $\text{CR}^1\text{R}^2\text{R}^3\text{R}^4$) acts as a chirality center, and the corresponding compound may be separated into *enantiomers*. Thus 2-bromo-butane is chiral (four different substituents -Br, -C₂H₅, -CH₃, and -H at C-2). This rule applies no matter how slight the differences between the four groups are, including isotopic substitution: 1-butanol-1-d is also a chiral compound.

The diagram shows two enantiomers of 2-bromo-butane. The first is a standard representation with a vertical dashed line through the central carbon atom, labeled "enantiomers". The second is a 3D representation where the left carbon is labeled "2S" and the right carbon is labeled "2R". Below this is the chemical structure of 1-butanol-1-d, showing a central carbon bonded to a deuterium (D), a hydrogen (H), a methyl group (CH₃), and a hydroxyl group (OH).

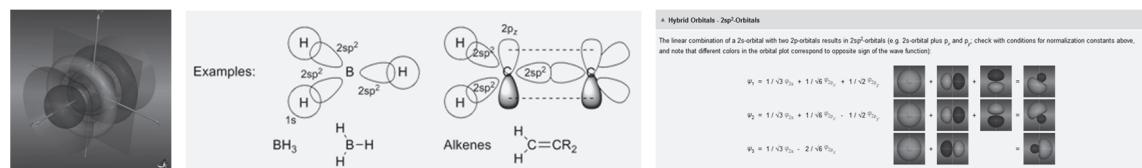
The above definition is not only restricted to tetrahedral carbon atoms, but to any other type of central atom with an appropriate set of bound groups or ligands. Numerous sulfur derivatives exhibit pyramidal bonding where the non-bonded electron pair located at the sulfur atom acts as a fourth ligand. In many cases these compounds are configurationally sufficiently stable to be separated into enantiomers.

The diagram illustrates several sulfur compounds. Sulfoxides are shown as $\text{R}^1\text{S}=\text{O}\text{R}^2$ and $\text{R}^1\text{S}(\text{O})\text{R}^2$. Sulfenic esters are $\text{R}^1\text{S}-\text{O}=\text{R}^2$ and $\text{R}^1\text{S}(\text{O})-\text{O}=\text{R}^2$. Sulfites are $\text{R}^1\text{S}(\text{O})_2\text{O}=\text{R}^2$. Sulfonium salts are $\text{R}^1\text{S}^+(\text{O})_2\text{O}=\text{R}^2$. Sulfones are $\text{R}^1\text{O}=\text{S}(\text{O})_2\text{O}=\text{R}^2$.

Symmetrie und Punktgruppen. In diesem Kapitel werden u.a. folgenden Themen beleuchtet: Symmetrieelemente und Operationen, Punktgruppen der Kristallklasse, dreidimensionale Darstellungen von Stereopunktgruppen, Punktgruppen-Trennverfahren, chirale Polar- und Punktgruppen

Atom- und Molekülorbitale. In diesem Kapitel finden sich zahlreiche Informationen rund um das Thema Orbitale.

Verschiedene Grafiken aus dem Kapitel Atom- und Molekülorbitale:



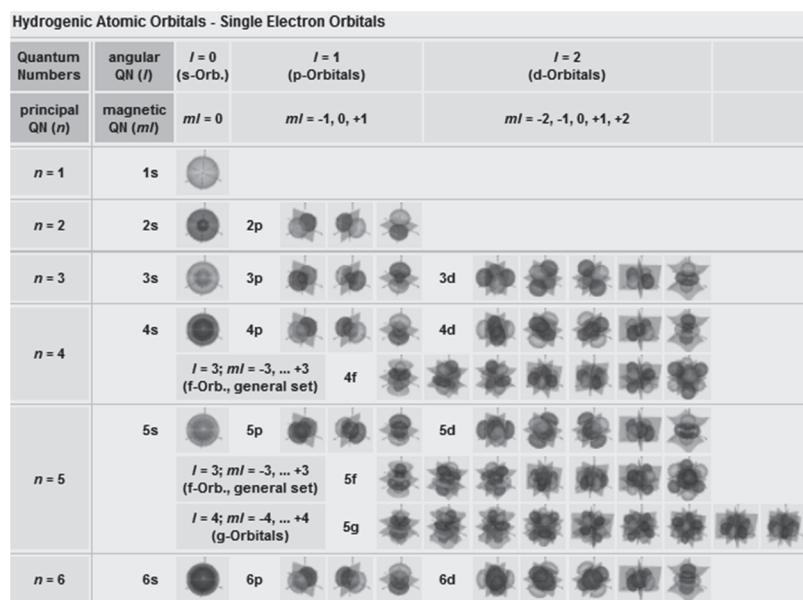
Da dieses Kapitel sehr umfangreich ist, folgt nun eine tabellarische Übersicht:

Strukturierung des Kapitels Atom- und Molekülorbitale

Atomorbitale	Molekülorbitale
▪ Wasserstofforbitale	▪
▪ „Reale“ Atomorbitale	▪
▪ Hybridorbitale	▪
▪ Linearkombinationen von Atomorbitalen	
▪ sp-Hybridorbitale (mit Animationen)	
▪ sp ² -Hybridorbitale	
▪ sp ³ -Hybridorbitale	
▪ Hybride mit d-Orbitalen	
▪ 3D-Modelle von Orbitalen (Jmol-Modelle)	▪ 3D-Modelle von Orbitalen (Jmol-Modelle)
▪ Wasserstoff Atomorbitale ($n = 1-6$)	▪ Molekülorbitale (LCAO)
▪ Hybridorbitale (sp ³ , sp ² , sp, sp ³ d ² , sp ³ d, sp ² d)	▪ Molekülorbital (π-System)
▪ Molekülorbitale (LCAO)	
▪ Molekülorbitale (π -System)	
▪ 3D-Modelle von Orbitalen (Chime und VRML-Modelle)	▪ 3D-Modelle von Orbitalen (Chime und VRML-Modelle)
▪ Chime-Modelle von Atomorbitalen	▪ Methan
▪ VRML-Modelle von Atom- und Hybridorbitalen	▪ Ethan
	▪ Ethen
	▪ Ethin
	▪ 1,3-Butadien
	▪ 1,2-Propadiene
	▪ Allyl-Kation, -Anion und -Radikal
	▪ Benzol
	▪ Benzol-Derivate
	▪ Pyridin
	▪ Furane
	▪ Formaldehyd

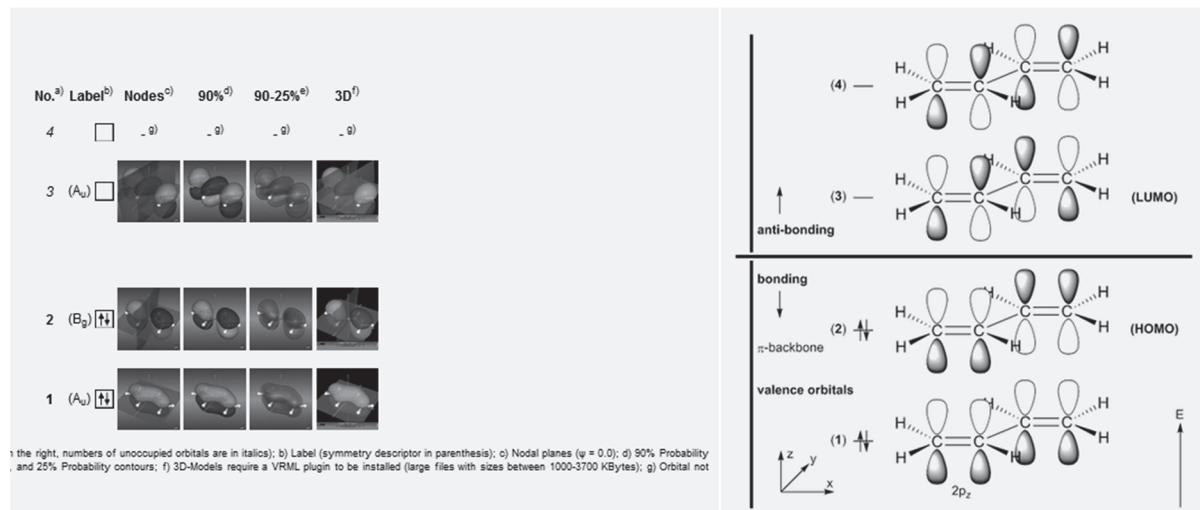
In allen Kapiteln zum Thema Atomorbitale finden sich Grafiken, in denen die Orbitale skizziert und verschiedene Anordnungen abgebildet sind.

Darstellung verschiedener Orbitale:



Unter dem Kapitel Wasserstofforbitale findet man beispielsweise eine Erläuterung der Quantenzahlen, d.h. Hinweise zu den Fragen, welche es gibt, welche Werte sie annehmen können und was sie bedeuten. Außerdem gibt es eine Tabelle, in der die Orbitale abgebildet sind. Im Kapitel *Hybridorbitale* findet man neben Grafiken, die verschiedene Orbitaltypen darstellen, auch eine Liste mit Molekül-Geometrien und exemplarischen Verbindungen.

Grafiken zum Molekülorbital des 1,3-Butadiens:



Strukturen. Als nächstes wird auf den Punkt *Strukturen* eingegangen, zu den man ebenfalls über einen Klick in der oberen Leiste gelangt (neben Tutorials). Das Kapitel untergliedert sich wie folgt: Animationen zu Reaktionen und Umlagerungen, Strukturen organischer Verbindungen, Visualisierungen von Infrarot-Schwingungen, Chiralität von Molekülen, Symmetrie von Molekülen, Atom- und Hybridorbitale, Molekülorbitale, Festkörperstrukturen organischer Verbindungen, Strukturen natürlicher Verbindungen, Filme/Grafiken zu Molekülen.

Klickt man auf die grün unterlegten Kapitelnamen, gelangt man zu den ebenfalls auf dieser Seite angesiedelten Startseiten der Unterkapitel. Klickt man anschließend auf diese, gelangt man zum Unterkapitel.

Einige Unterkapitel werden nun vorgestellt. Es wird nicht auf alle Unterkapitel eingegangen, da entweder der Titel bereits aufschlussreich ist oder ein ähnlicher Inhalt bereits unter *Tutorials* erläutert wurde.

Animationen zu Reaktionen und Umlagerungen. In diesem Abschnitt findet man Animationen zu den Themen: Konformationsumwandlungen & Ringsysteme, Konformationsänderungen & Racemisierungen, Elementarreaktionen, elektrocyclische Umlagerungen, pericyclische Umlagerungen / Valenzisomerie, sigmatrope Umlagerungen

Strukturen organischer Verbindungen. Dieses Kapitel enthält zahlreiche Animationen zu organischen Verbindungen verschiedener Stoffklassen. Die dargestellten Moleküle sind mit der Maus drehbar, sodass man sie von allen Seiten betrachten kann. Das Kapitel ist äußerst umfangreich, die Unterkapitel sind im Folgenden aufgelistet:

- Alkane und Cycloalkane
- Polycyclische Verbindungen
- Stereochemie, Symmetrie und Punktgruppen
- Halogenalkane
- Alkene und Alkine
- Delokalisierte π -Systeme
- Aromaten und Heteroaromaten
- Alkohole und Ether
- Organische Schwefelverbindungen
- Organische Stickstoffverbindungen – Amine
- Carbonylverbindungen – Aldehyde und Ketone
- Carbonsäuren und Carbonsäurederivate
- Polyfunktionale Carbonylverbindungen
- Aminosäuren, Peptide und Proteine
- Kohlenhydrate
- Farbstoffe
- Terpene und Terpenoide
- Steroide
- Alkaloide
- Vitamine und Coenzyme

Die genannten Kapitel haben jeweils sehr viele Unterpunkte, die deshalb nicht im Einzelnen aufgeführt werden. Außerdem finden sich im Kapitel Strukturen die Themen Infrarot-Spektroskopie, Chiralität von Molekülen, Symmetrie von Molekülen, Atom- und Hybridorbitale, Molekülorbitale, Festkörper-Strukturen organischer Verbindungen, Strukturen natürlicher Verbindungen sowie Filme und Grafiken zu Molekülen. Diese Kapitel sind ebenfalls sehr umfangreich gestaltet und mit zahlreichen Grafiken und Diagrammen versehen.

Sämtliche Abbildungen sind der Website www.immel.cc entnommen und die Rechte liegen natürlich bei Herrn Immel. In diesem Coaching Buddy erscheinen sie in Graustufen.