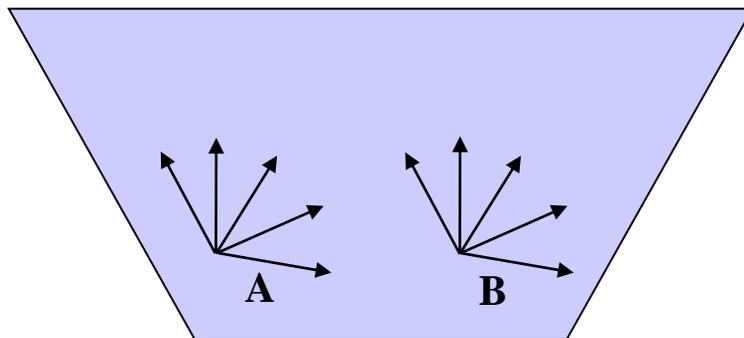
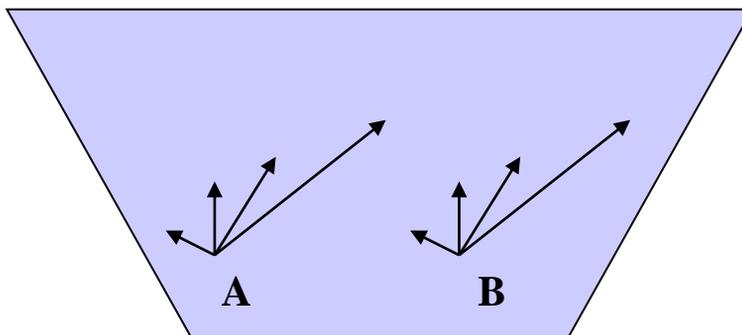


Einführung in die Kristallographie

Homogenität und Anisotropie



Der Kristall ist **isotrop** und **homogen**

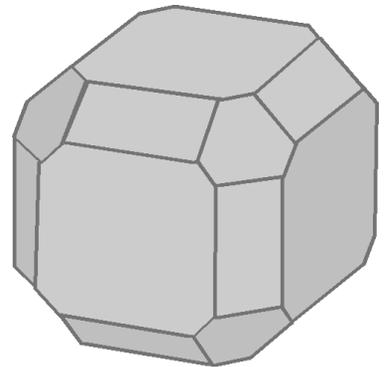
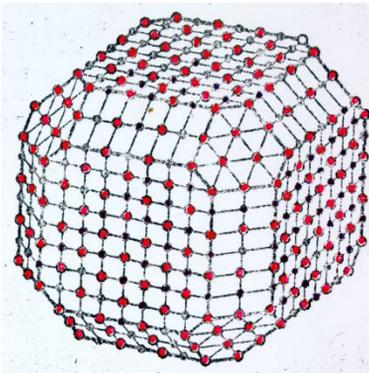


Der Kristall ist **anisotrop** und **homogen**

Korrespondenzprinzip

Korrespondenz von atomarer Kristallstruktur und Kristallgestalt

Galenit (PbS)



Struktur

Netzebene

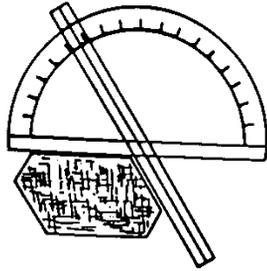
Gittergerade

Morphologie

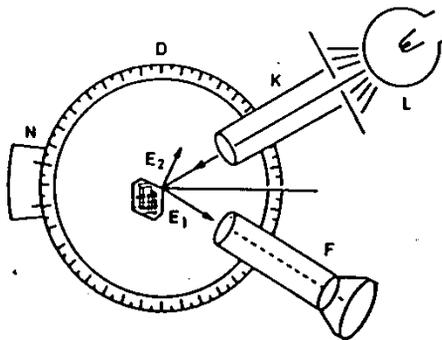
Kristallfläche

Kristallkante

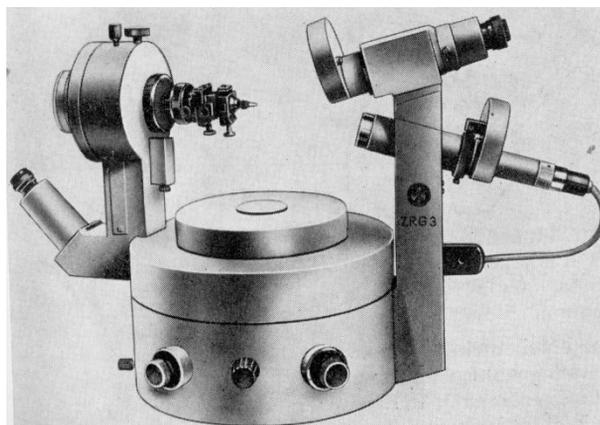
Winkelmessung



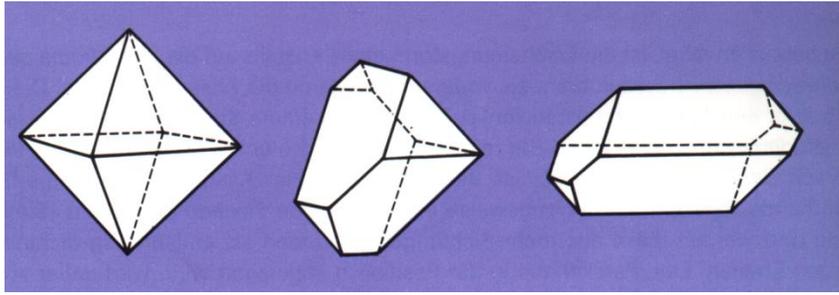
Anlegegoniometer



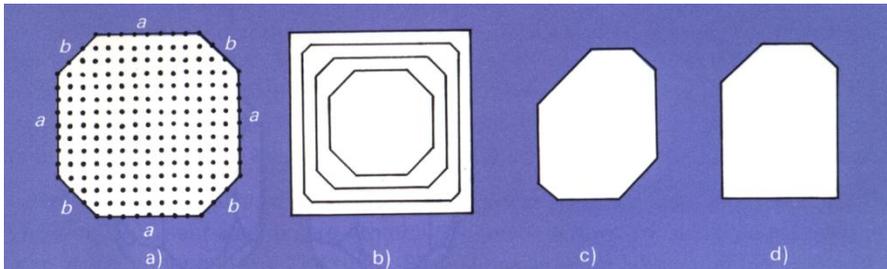
Optisches Goniometer



Ein Oktaeder und zwei Verzerrungen



Ursache für Verzerrungen

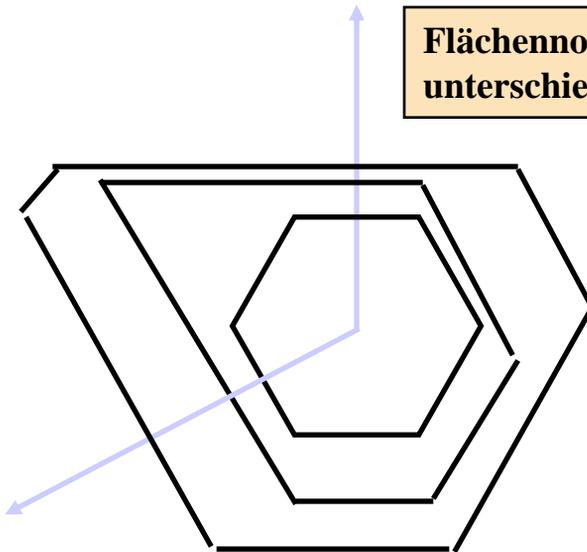


a) Eine mit Atomen besetzte Netzebene

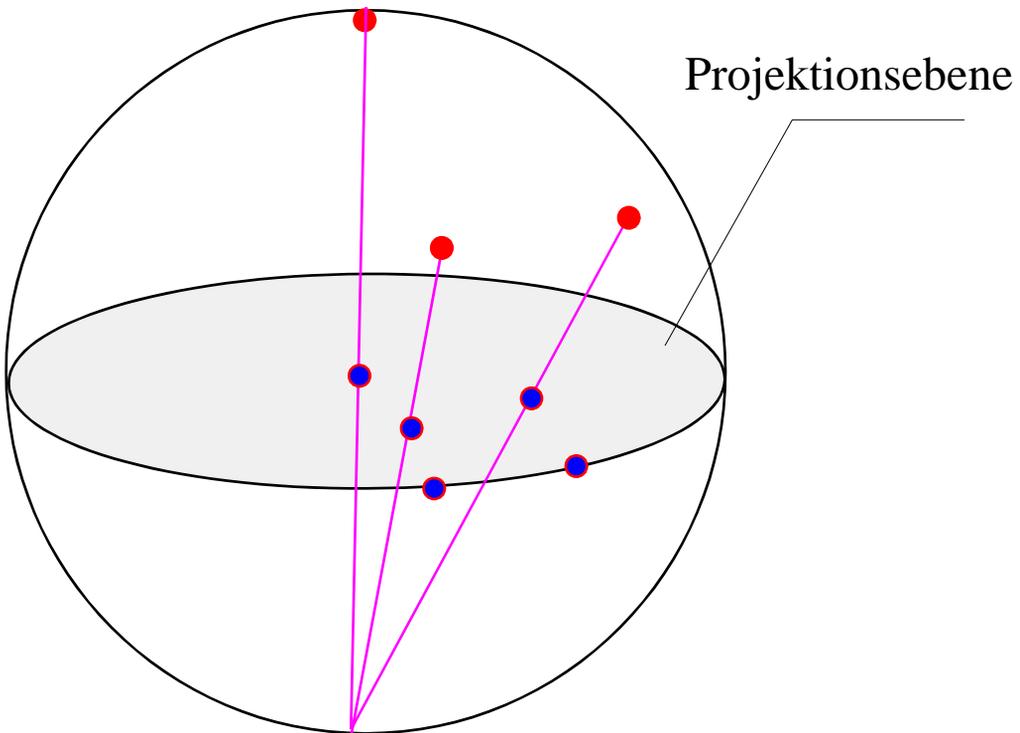
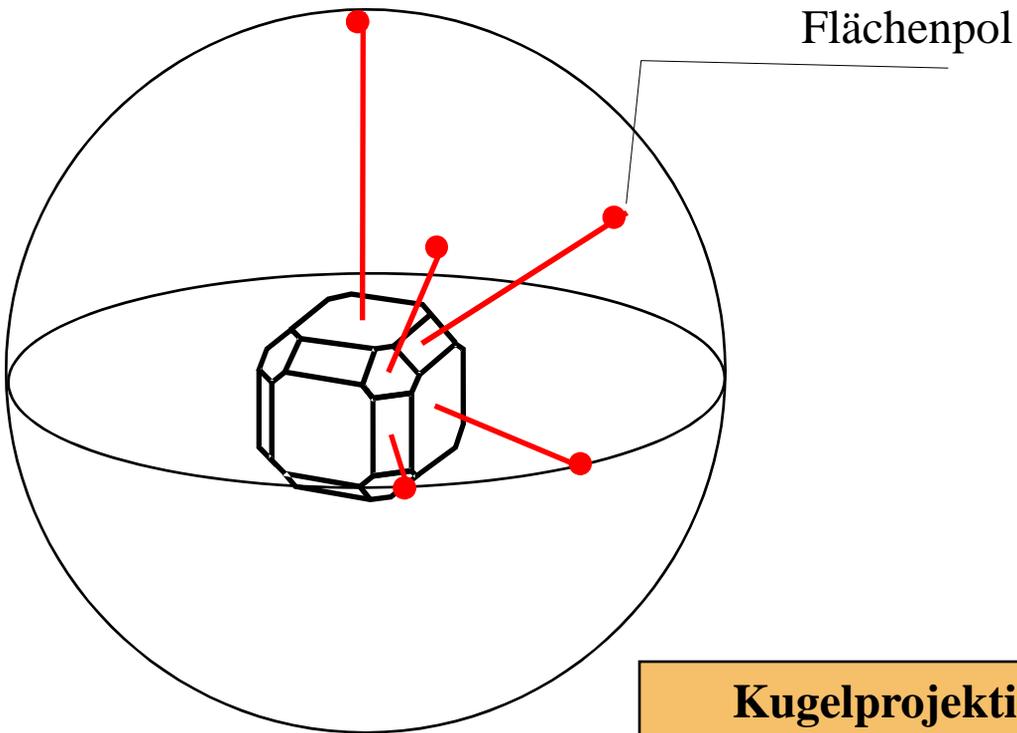
b) Wachstumsstadien bei gleichmäßiger Anlagerung von Atomen

c) und d) Verzerrte Kristallformen bei ungleichmäßiger Anlagerung von Atomen.

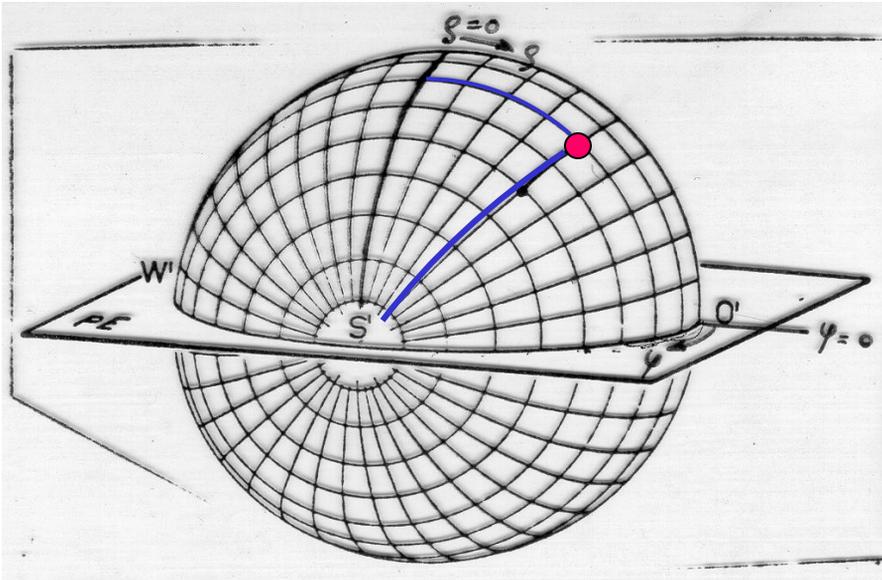
Flächennormale bei unterschiedlichen Verzerrungen



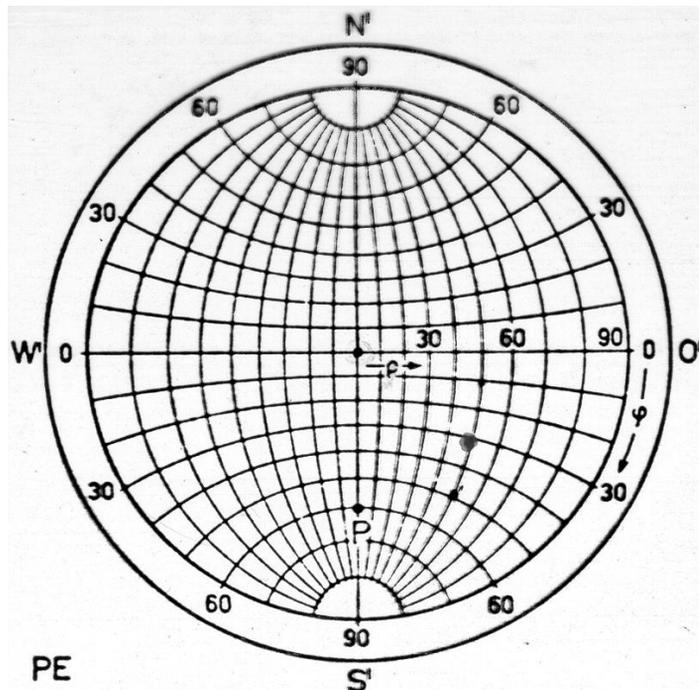
Projektionen



Projektionen

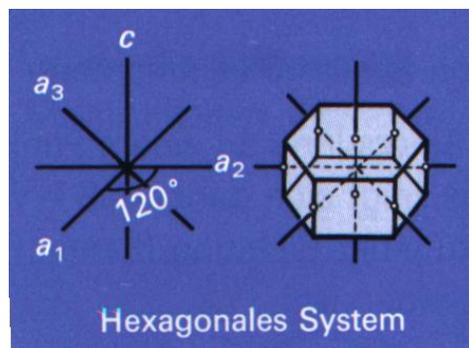
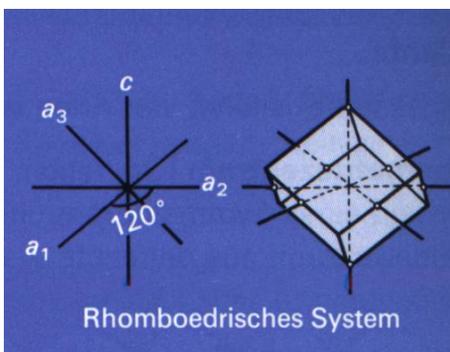
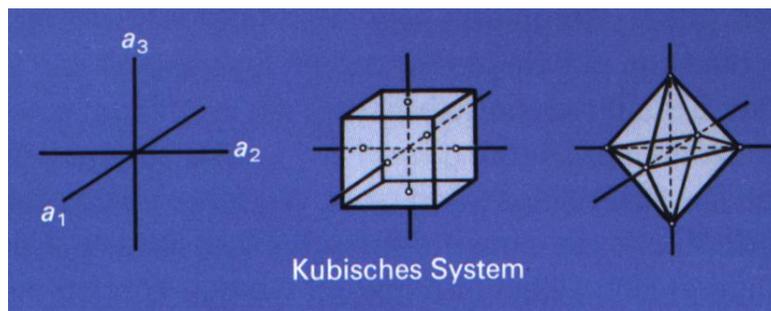
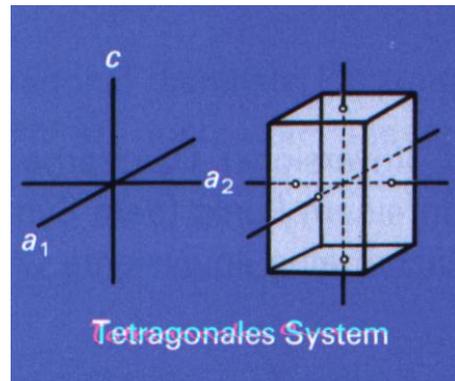
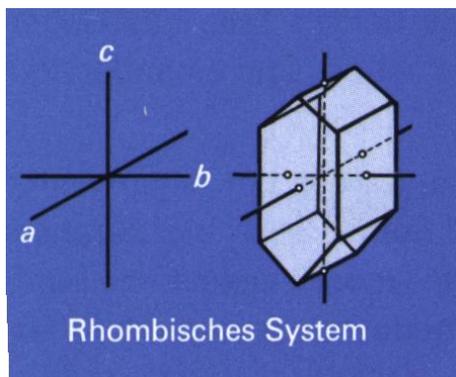
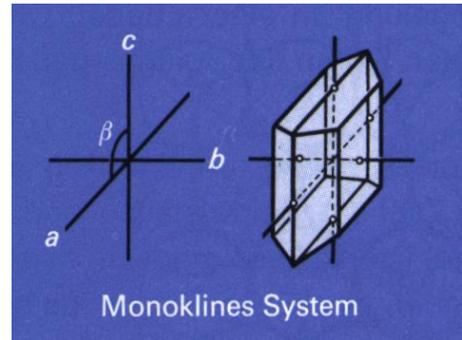
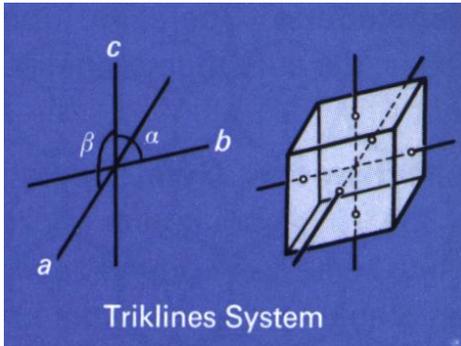


Die Winkel eines Flächenpols im Netz aus Groß- und Kleinkreisen

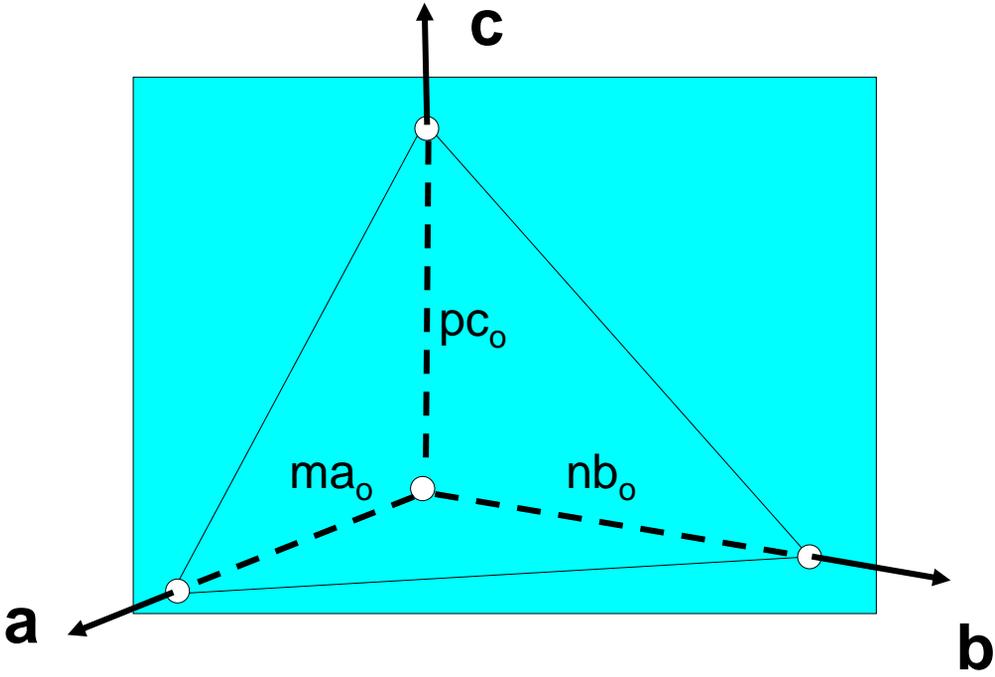


Das in die Ebene projizierte Netz aus Groß- und Kleinkreisen (Wulff'sches Netz)

Die 7 Kristallsysteme

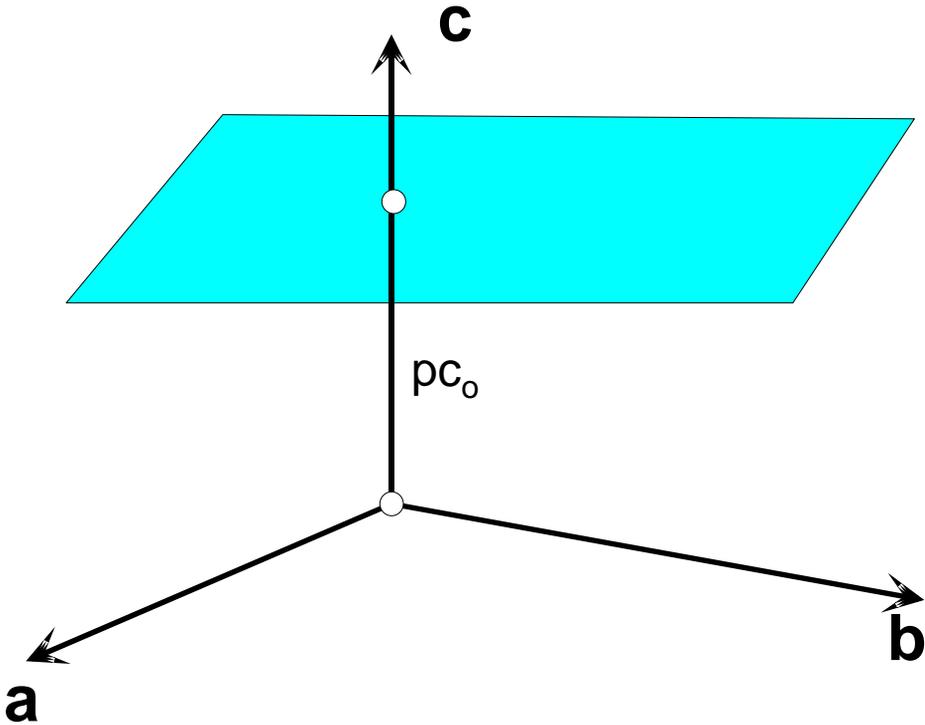


Achsenabschnitte

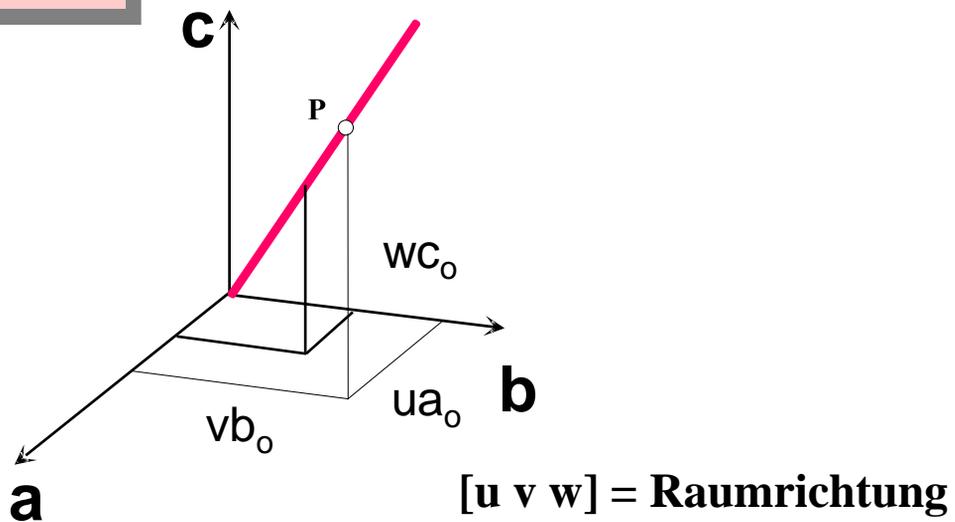


$$h = 1/m \quad k = 1/n \quad l = 1/p$$

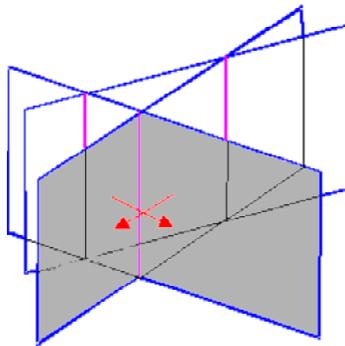
(h k l) ⇒ Miller'sche Indizes



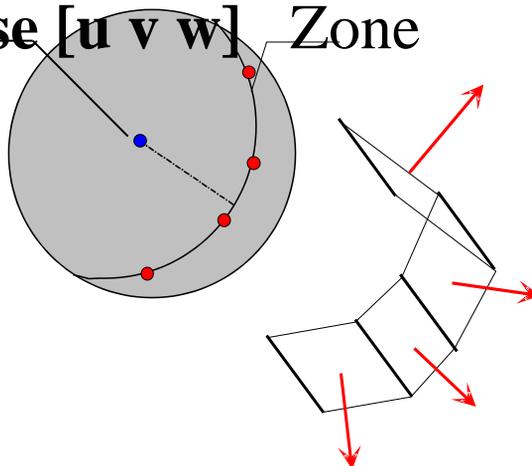
Gerade



Zone

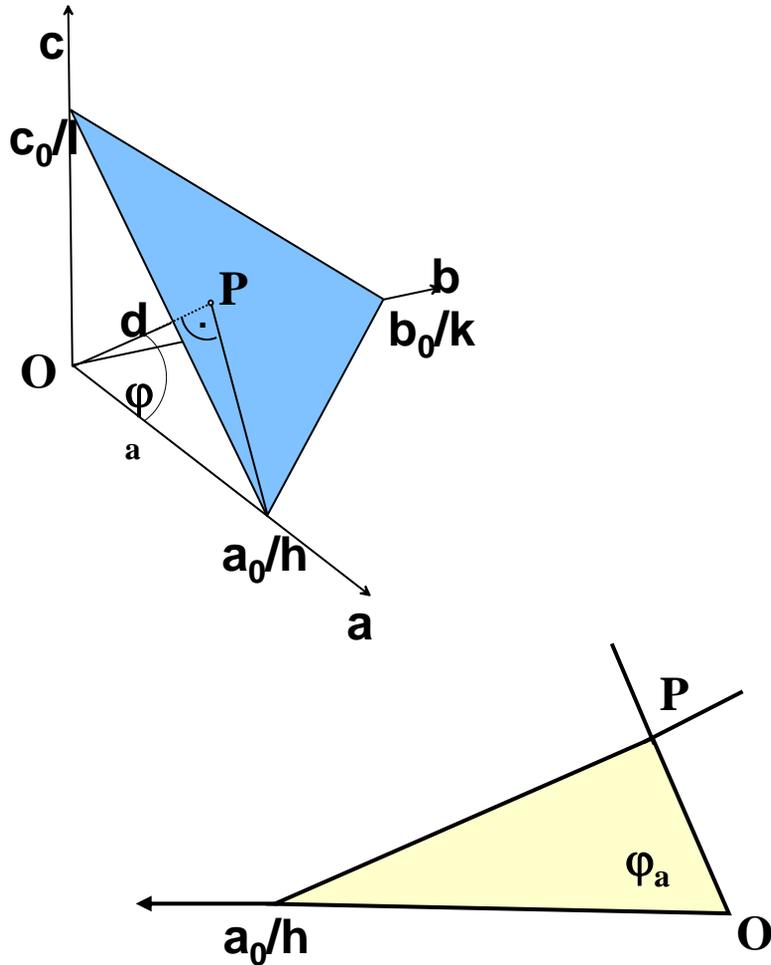


Zonenachse $[u \ v \ w]$ Zone



In der stereographischen Projektion

Achsenabschnittsgleichung



$$\cos \varphi_a = OP / (a_0/h)$$

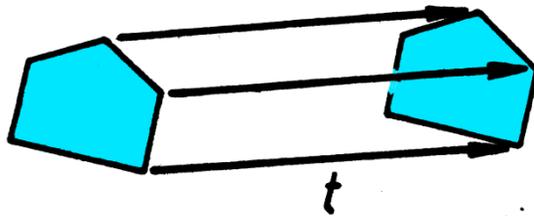
$$\cos \varphi_b = OP / (b_0/k)$$

$$\cos \varphi_c = OP / (c_0/l)$$

$$\cos \varphi_a : \cos \varphi_b : \cos \varphi_c = \frac{h}{a_0} : \frac{k}{b_0} : \frac{l}{c_0}$$

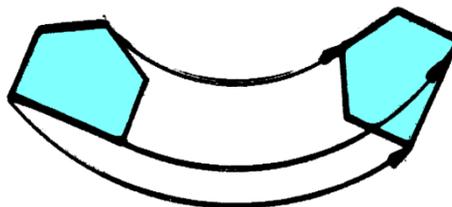
eigentliche Bewegungen

Translation



Symmetrieelement :
Translationsvektor t

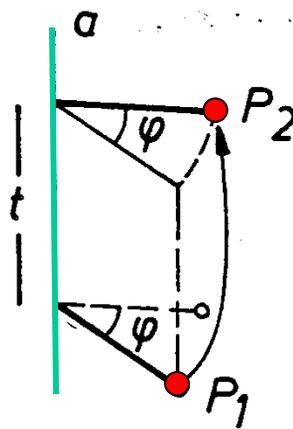
Drehung



Symmetrieelement :
Drehachse a

eigentliche Bewegung

Schraubung

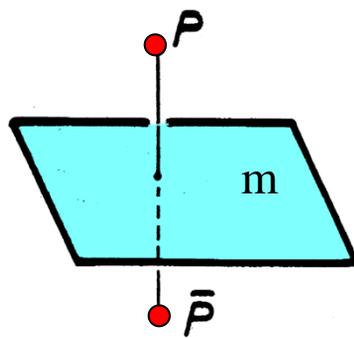


Symmetrieelement :

Schraubenachse $a+t$

uneigentliche Bewegungen

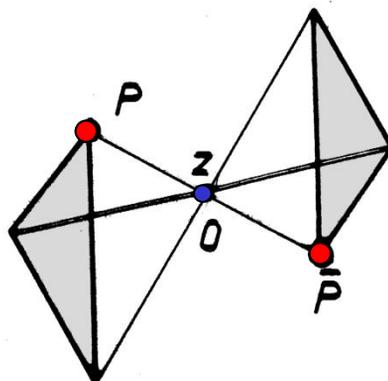
Spiegelung



Symmetrieelement :

Spiegelebene m

Inversion

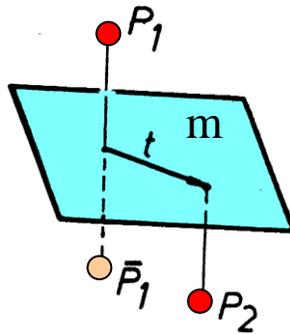


Symmetrieelement :

Symmetriezentrum z

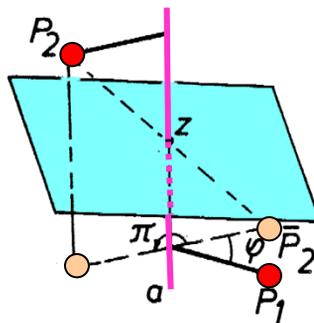
uneigentliche Bewegungen

Gleitspiegelung



Symmetrieelement :
Gleitspiegelebene $m+t$

Drehinversion



Symmetrieelement :
Drehinversionsachse
 $a+z$
(Drehspiegelebene $a+m$)

Die Symmetrieelemente in der Morphologie

Drehungen

Name	Symmetrieelement	Drehwinkel °
Identität	1	0
Zweizählige Drehung	2	180
Dreizählige Drehung	3	120
Vierzählige Drehung	4	90
Sechszählige Drehung	6	60

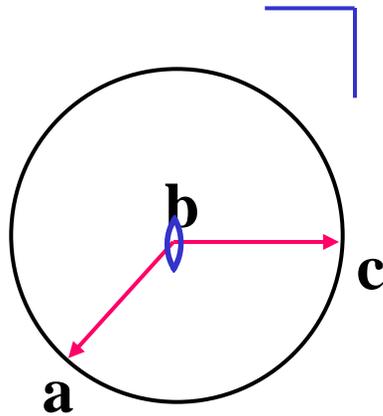
Drehinversionen

Name	Symmetrieelement	Drehwinkel °
Inversion	$\bar{1}$	0
Spiegelung	$(\bar{2}) = m$	180
Dreizählige Drehinversion	$\bar{3}$	120
Vierzählige Drehinversion	$\bar{4}$	90
Sechszählige Drehinversion	$\bar{6}$	60

Drehachsen	Lagemöglichkeiten	Basissysteme
1	1	alle Systeme
2	 $\left. \begin{array}{l} 2_x \quad 2_y \quad 2_z \\ 2_{xy} \quad 2_{yz} \quad 2_{xz} \\ 2_{x\bar{y}} \quad 2_{y\bar{z}} \quad 2_{x\bar{z}} \\ 2_{xh} \quad 2_{yh} \\ 2_{2xy} \quad 2_{x2y} \end{array} \right\}$	monokl., orthorhomb. tetragonal, kubisch rhomboedrisch hexagonal
3	 $\left. \begin{array}{l} 3_{xxx} \quad 3_{x\bar{x}\bar{x}} \\ 3_{\bar{x}\bar{x}\bar{x}} \quad 3_{\bar{x}xx} \\ 3_z \end{array} \right\}$	hexagonal kubisch, rhomboedrisch hexagonal
4	 $4_x \quad 4_y \quad 4_z$	tetragonal, kubisch
6	 6_z	hexagonal

Drehinversionsachsen	Lagemöglichkeiten	Basissysteme
$\bar{1}$	 $\bar{1}$	alle Systeme
$\bar{2} = m$		monokl., orthorhomb. tetragonal, kubisch rhomboedrisch hexagonal
$\bar{3}$	 $\left. \begin{array}{l} \bar{3}_{xxx} \quad \bar{3}_{x\bar{x}\bar{x}} \\ \bar{3}_{\bar{x}\bar{x}\bar{x}} \quad \bar{3}_{\bar{x}xx} \\ \bar{3}_z \end{array} \right\}$	kubisch, rhomboedrisch hexagonal
$\bar{4}$	 $\bar{4}_x \quad \bar{4}_y \quad \bar{4}_z$	tetragonal, kubisch
$\bar{6}$	 $\bar{6}_z$	hexagonal

Blickrichtungen

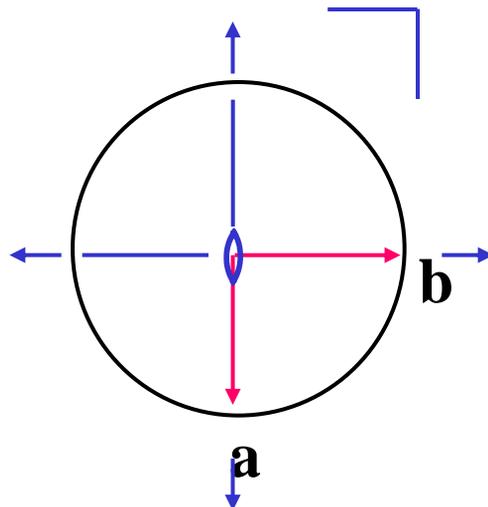


monoklin

1. Blickrichtung

b-Achse

\emptyset m

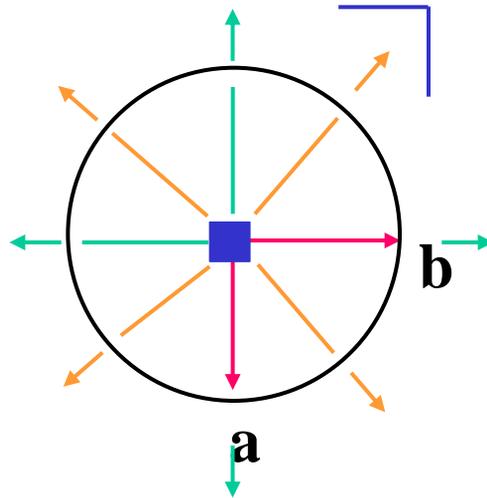


orthorhombisch

1. Blickrichtung

Basisvektoren a, b, c

\emptyset m



tetragonal

1. Blickrichtung

c-Achse



2. Blickrichtung

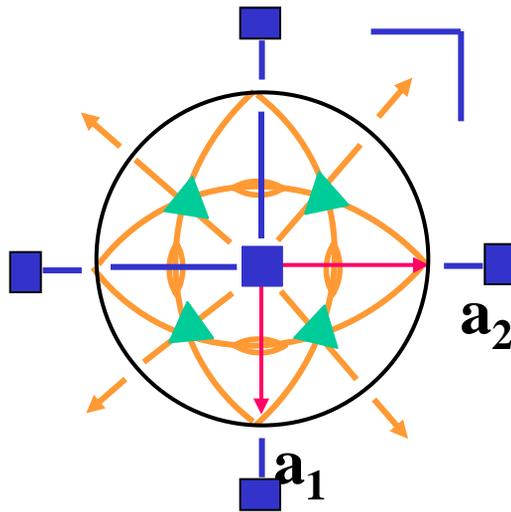
a, b-Achsen



3. Blickrichtung

Winkelhalbierenden





kubisch

1. Blickrichtung

a, b, c-Achsen



2. Blickrichtung

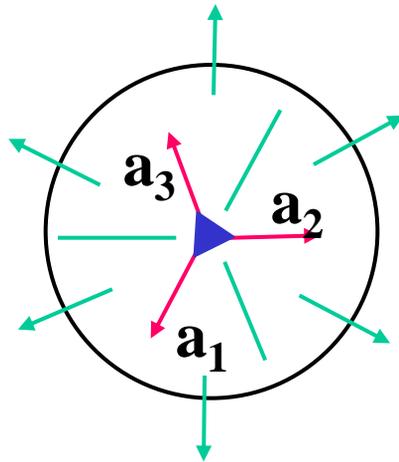
Raumdiagonalen



3. Blickrichtung

Winkelhalbierenden





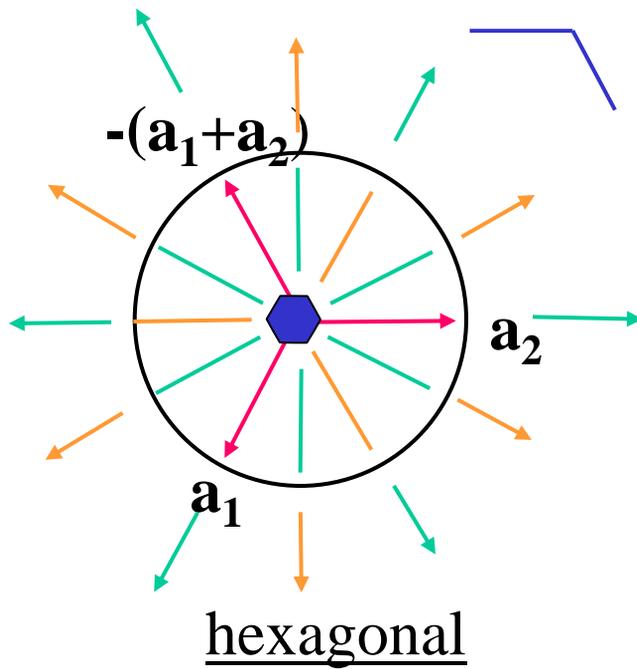
rhomboedrisch

1. Blickrichtung
Raumdiagonale



2. Blickrichtung





1. Blickrichtung

c-Achse



2. Blickrichtung

a₁, a₂-Achsen

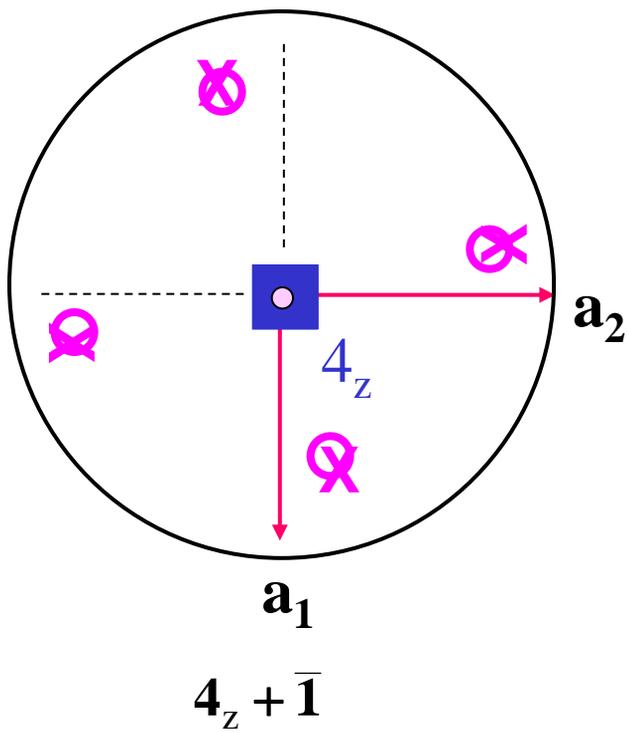


3. Blickrichtung

Winkelhalbierenden

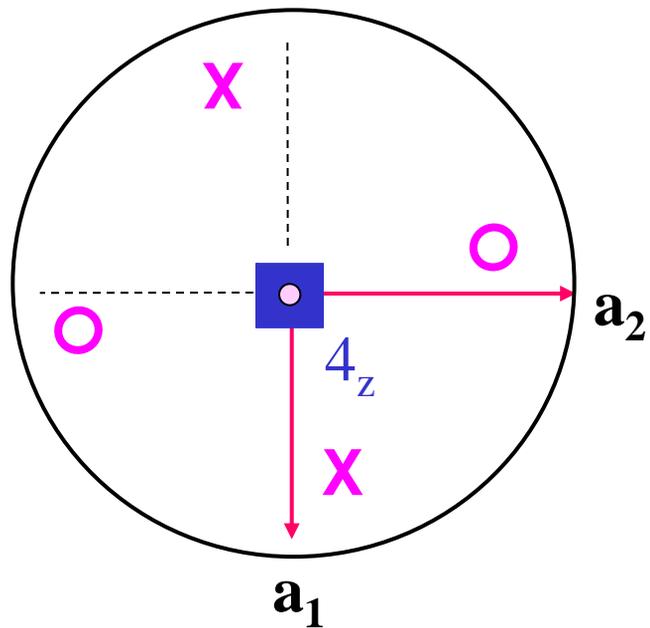


Kombination



Tetragonale Dipyramide

Koppelung



$$4_z \cdot \bar{1} = \text{blue square with diagonal line}$$

Tetragonales Disphenoid

Erzeugung von neuen Symmetrieelementen

Satz: Liegen zwei Symmetrieelemente neben einander vor (Kombination) erzeugen sie das gekoppelte Element.

Beispiel: Kombination von 2_y und m_y

$$2_y = \begin{pmatrix} \bar{1} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \bar{1} \end{pmatrix} \quad m_y = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \bar{1} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \bar{1} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \bar{1} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \bar{1} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \bar{1} & 0 & 0 \\ 0 & \bar{1} & 0 \\ 0 & 0 & \bar{1} \end{pmatrix}$$

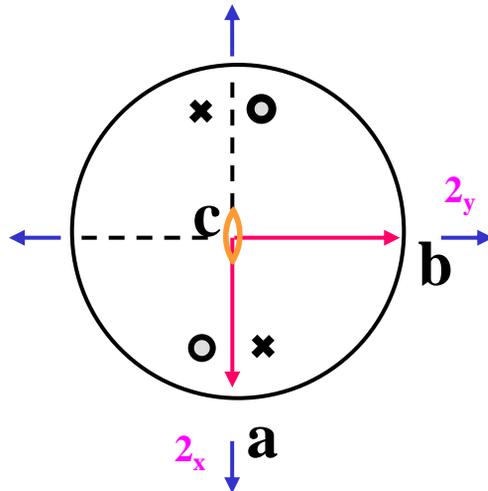
Gekoppeltes Element

$$2_y \bullet m_y = \bar{1}$$

Gruppentafel

	1	-1	2_y	m_y
1	1	-1	2_y	m_y
-1	-1	1	m_y	2_y
2_y	2_y	m_y	1	-1
m_y	m_y	2_y	-1	1

Die Punktgruppen im orthorhombischen System



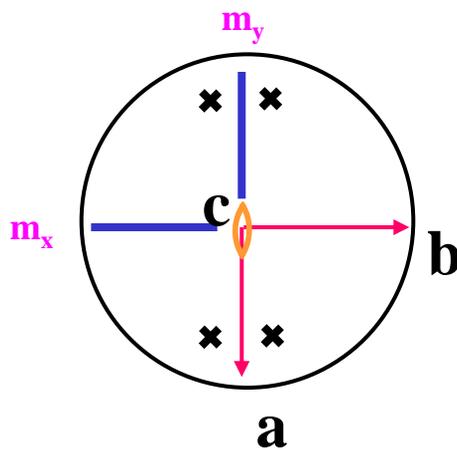
Vorgabe: $2_x, 2_y$

Erzeugt: 2_z

Punktgruppe:
222

Orthorhombisches
Disphenoid

Die Punktgruppen im orthorhombischen System



Vorgabe: m_x, m_y

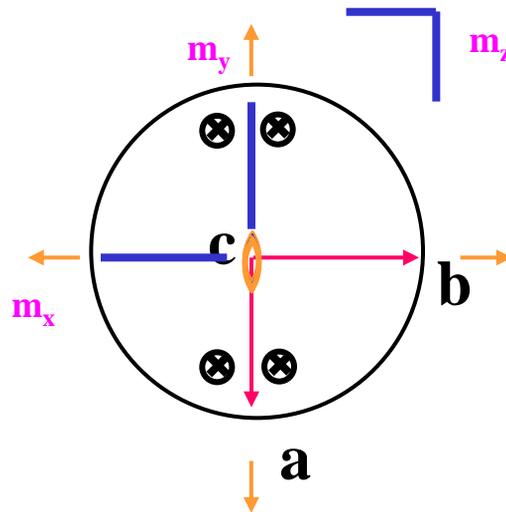
Erzeugt: 2_z

Punktgruppe:

mm2

Orthorhombische
Pyramide

Die Punktgruppen im orthorhombischen System



Vorgabe: m_x, m_y, m_z

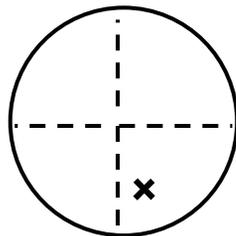
Erzeugt: $2_x, 2_y, 2_z$

Punktgruppe:
mmm

Orthorhombische
Dipyramide

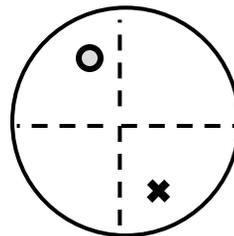
Die allgemeinen Flächenformen in den 32 Kristallklassen

triklin



Punktgruppe:
1

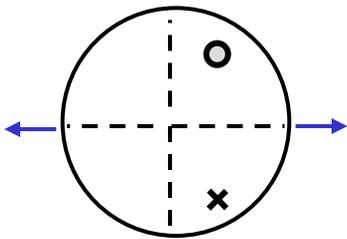
Pedion



Punktgruppe:
1

Pinakoid

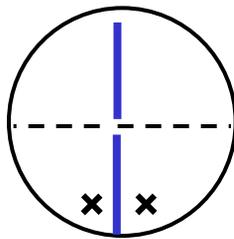
monoklin



Punktgruppe:

2

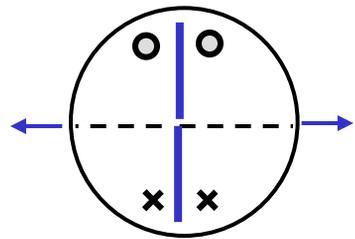
Sphenoid



Punktgruppe:

m

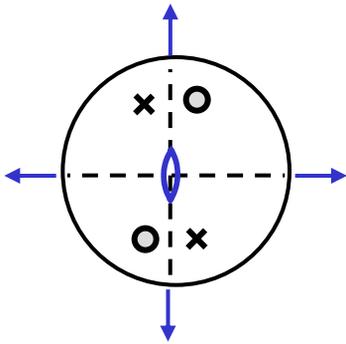
Doma



Punktgruppe:

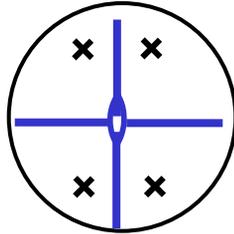
2/m

Prisma

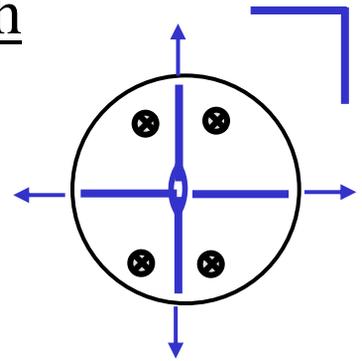


Punktgruppe:
222

orthorhombisch



Punktgruppe:
mm2



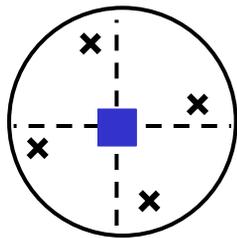
Punktgruppe:
mmm

Orthorhombische
Pyramide

Orthorhombisches
Disphenoid

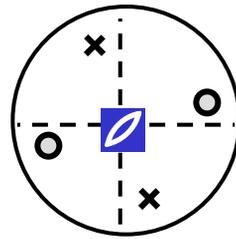
Orthorhombische
Dipyramide

tetragonal



Punktgruppe:
4

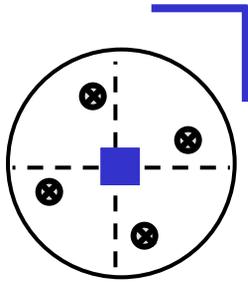
Tetragonale
Pyramide



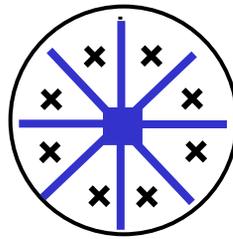
Punktgruppe:
 $\bar{4}$

Tetragonales
Dishenoid

tetragonal



Punktgruppe:
4/m

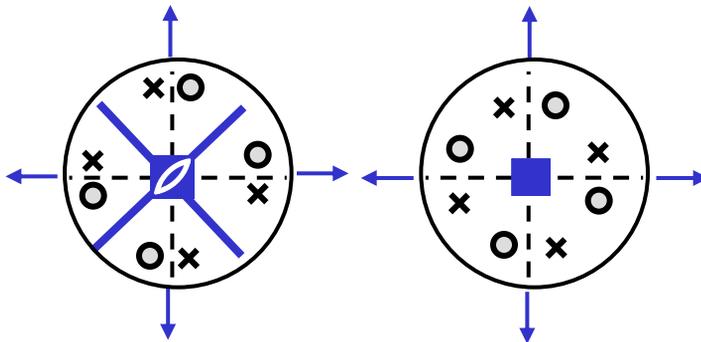


Punktgruppe:
4mm

Tetragonale
Dipyramide

Ditetragonale
Pyramide

tetragonal



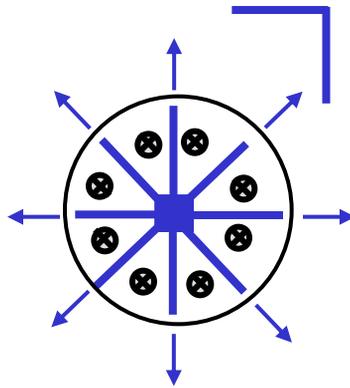
Punktgruppe:
 $\bar{4} 2m$

Punktgruppe:
422

Tetragonales
Skalenoeder

Tetragonales
Trapezoeder

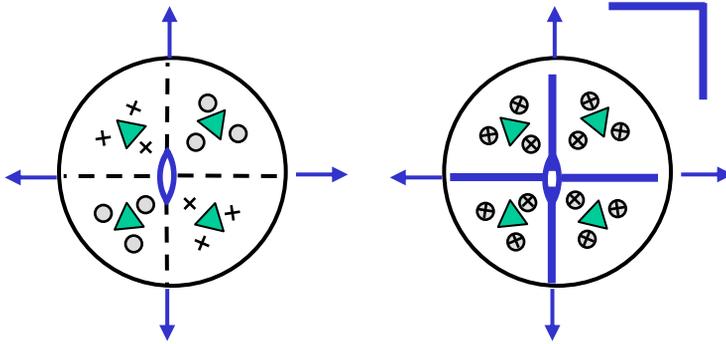
tetragonal



Punktgruppe:
4/mmm

Ditetragonale
Dipyramide

kubisch



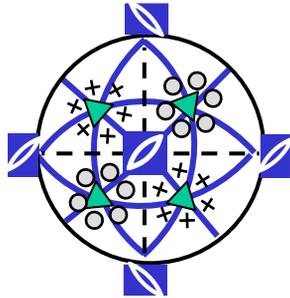
Punktgruppe:
23

Punktgruppe:
 $m\bar{3}$

Tetraedr.
Pentagon-
dodekaeder

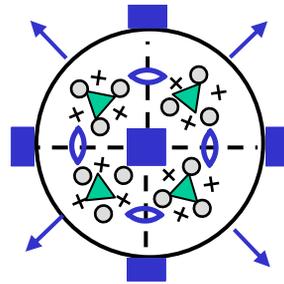
Disdodekaeder

kubisch



Punktgruppe:
 $\bar{4}3m$

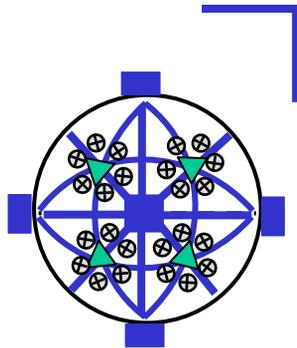
Hexakis-
tetraeder



Punktgruppe:
 432

Pentagon-
ikositetraeder

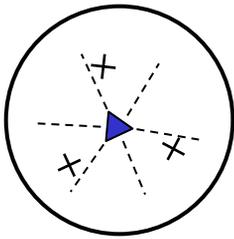
kubisch



Punktgruppe:
m3m

Hexakis-
oktaeder

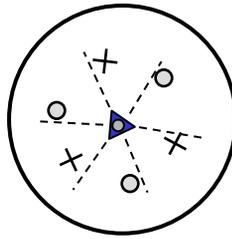
rhomboedrisch



Punktgruppe:

3

Trigonale
Pyramide

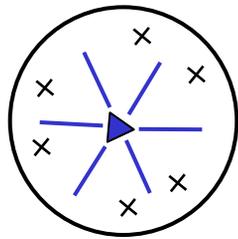


Punktgruppe:

$\bar{3}$

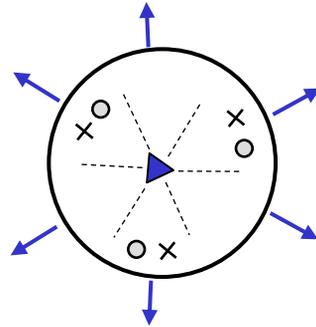
Rhomboeder

rhomboedrisch



Punktgruppe:
3m

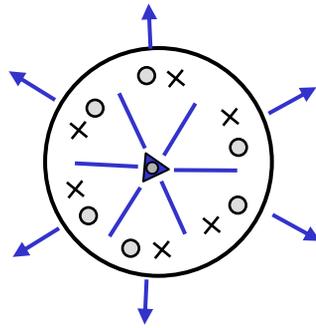
Ditrigonale
Pyramide



Punktgruppe:
32

Trigonales
Trapezoeder

rhomboedrisch

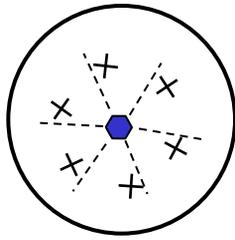


Punktgruppe:

$\bar{3}m$

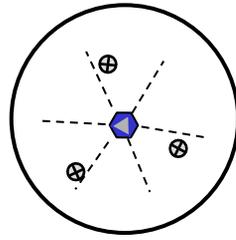
Ditrigonales
Skalenoeder

hexagonal



Punktgruppe:

6



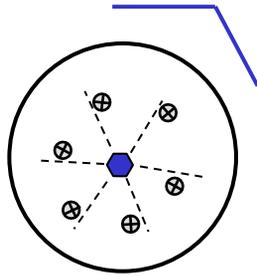
Punktgruppe:

$\bar{6}$

Hexagonale
Pyramide

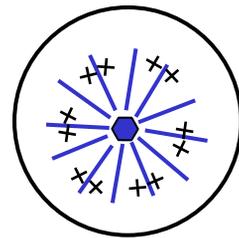
Trigonale
Dipyramide

hexagonal



Punktgruppe:
6/m

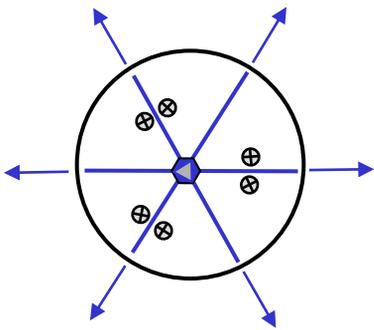
Hexagonale
Dipyramide



Punktgruppe:
6mm

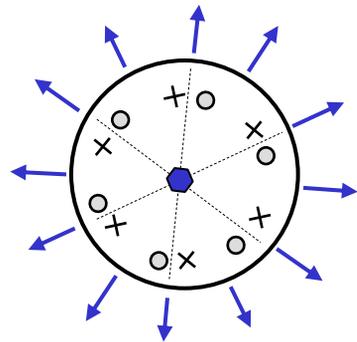
Dihexagonale
Pyramide

hexagonal



Punktgruppe:
 $\bar{6}m2$

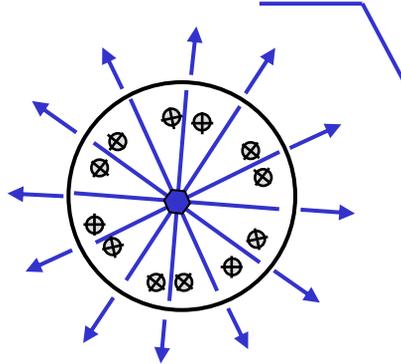
Ditrigonale
Dipyramide



Punktgruppe:
622

Hexagonales
Trapezoeder

hexagonal



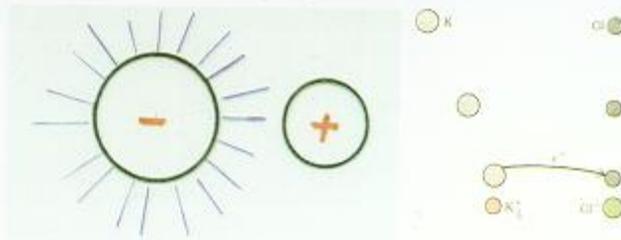
Punktgruppe:
6/mmm

Dihexagonale
Dipyramide

Einführung in die Kristallchemie

Chemische Bindung

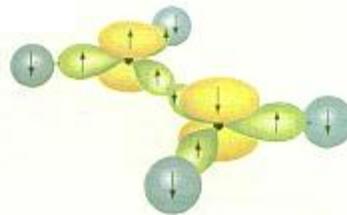
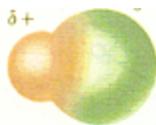
Ionogene Bindung



Coulomb-Wechselwirkung: Eine geladene Kugel im elektrischen Feld entgegen gesetzt geladener Kugeln

Kovalente Bindung

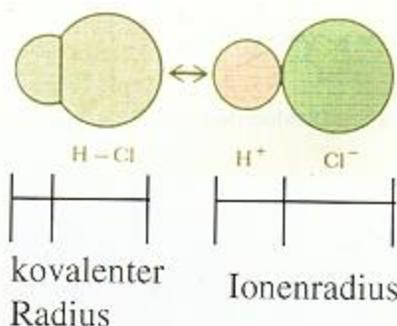
Elektronen in Orbitalen, die mit gemeinsamen Elektronenpaaren besetzt sind



Hybridisierung in einem organischen Molekül

Resonanzen

zwischen ionogener und kovalenter Bindung

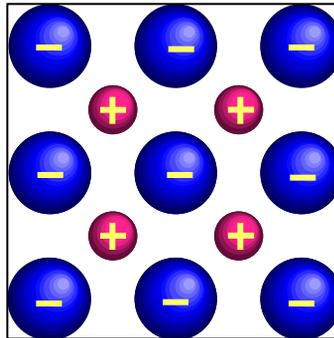


Wirkungsbereiche

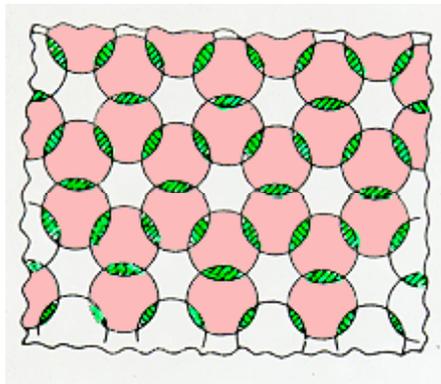
zwischen Bindungspartnern bei ionogener und kovalenter Bindung

Schematische Darstellung von Bindungstypen

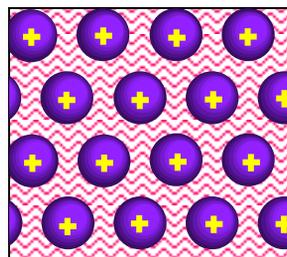
Ionenbindung



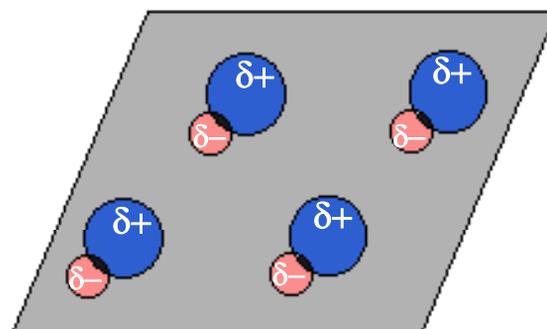
Kovalente Bindung



Metallische Bindung



Van der Waals Bindung



Elektronegativität

H																
2,1																
Li	Be											B	C	N	O	F
1,0	1,5											2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl
0,9	1,2											1,5	1,8	2,1	2,5	3,0
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br
0,8	1,0	1,3	1,5	1,6	1,6	1,5	1,8	1,8	1,8	1,9	1,6	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J
0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,2	2,2	2,2	1,9	1,7	1,7	1,8	1,9	2,1	2,5
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At
0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,2	2,2	2,2	2,4	1,9	1,8	1,8	1,9	2,0	2,2
Fr	Ra	Ac														
0,7	0,9	1,1														

Die Lanthanoide und Actinoide

Ce-Lu	Th	Pa	U	Np-No
1,1-1,2	1,3	1,5	1,7	1,3

Beziehung zwischen der **Differenz** der **Elektronegativitäten** ($x_A - x_B$) und dem ionogenen Anteil der Bindung

$x_A - x_B$	Ionencharakter (in %)	$x_A - x_B$	Ionencharakter (in %)
0,2	1	1,8	55
0,4	4	2,0	63
0,6	9	2,2	70
0,8	15	2,4	76
1,0	22	2,6	82
1,2	30	2,8	86
1,4	39	3,0	89
1,6	47	3,2	92

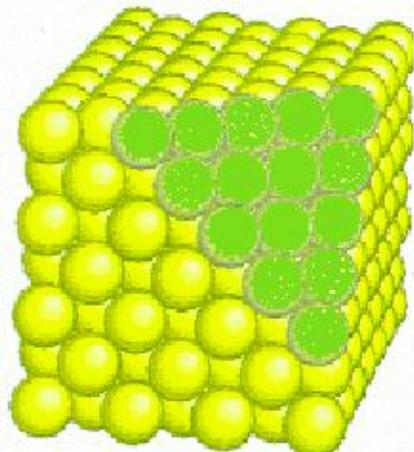
Kugelpackungen

Kugelpackungen
im täglichen Leben



Kugelpackungen
in Kristallstrukturen

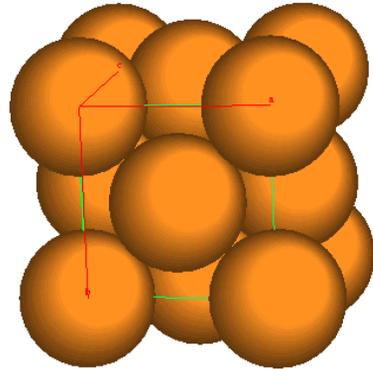
Kristalle haben wohl definierte Oberflächen und eine geordnete innere Struktur. Jede Fläche ist das Ende eines Stapels von Atomen



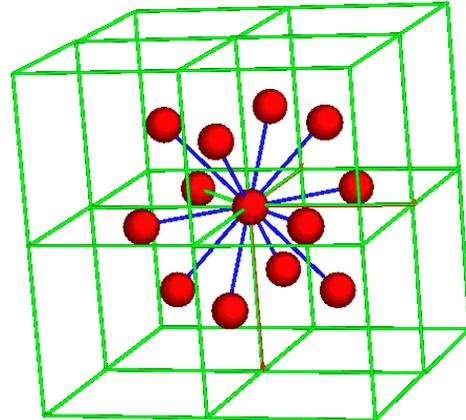
Die kubisch dichteste Packung

Die Struktur von **Kupfer** besitzt kubische Symmetrie und kristallisiert in einer Kugelpackung

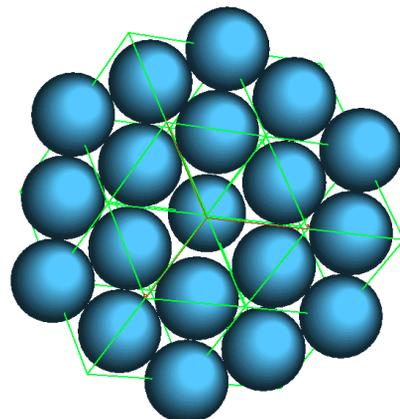
Die Kugelpackung von Kupfer: in der Elementarzelle sind die Ecken und Flächenmitten eines Würfels mit Atomen besetzt



Die zwölf nächsten Nachbarn

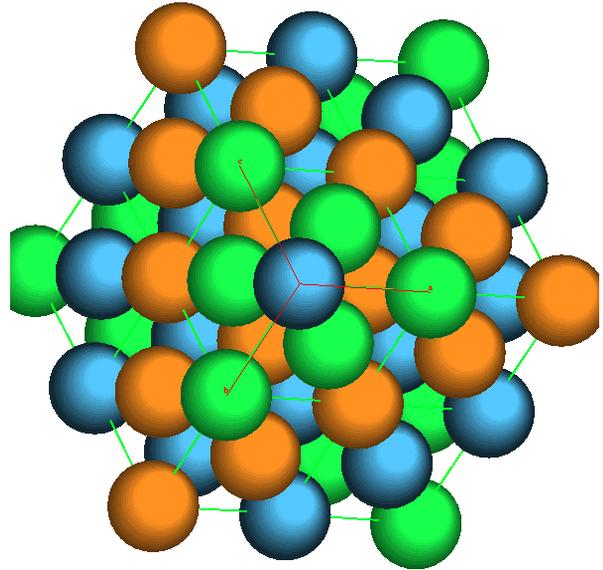


Die Schicht (1 1 1) von Atomen

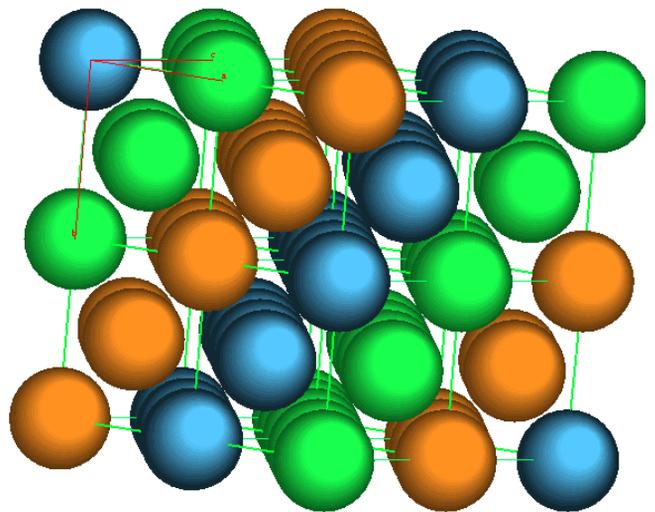


Die kubisch dichteste Packung

Blick auf die Kugelpackung
in Richtung $[1\ 1\ 1]$



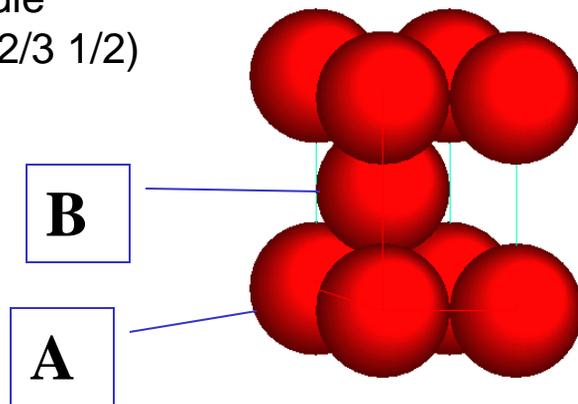
Die Schichtabfolge abcabcabc....
Bei der kubisch dichtesten
Packung



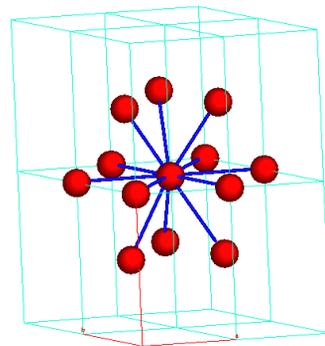
Die hexagonal dichteste Packung

Die Struktur von **Magnesium** besitzt hexagonale Symmetrie und kristallisiert in einer Kugelpackung

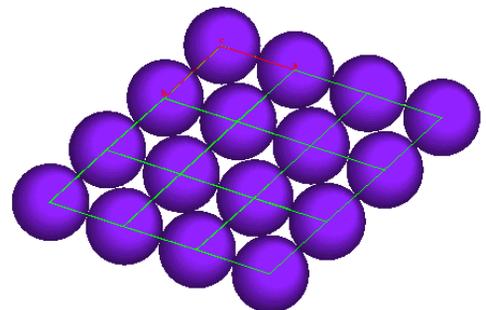
Die Kugelpackung von Magnesium:
in der Elementarzelle sind die
Punkte **A**(0 0 0) und **B**(1/3 2/3 1/2)
mit Atomen besetzt



Die zwölf nächsten Nachbarn

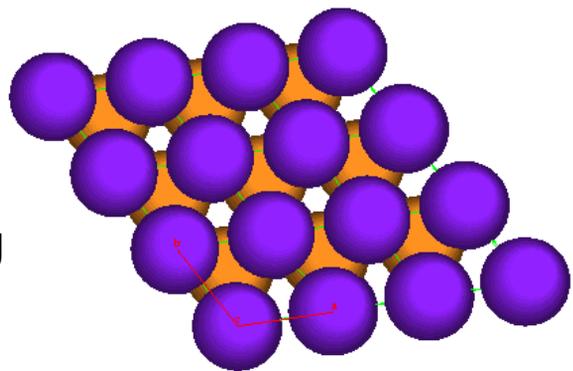


Die Schicht (0 0 1) von Atomen

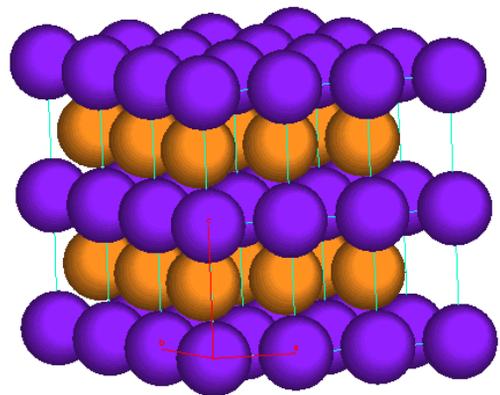


Die hexagonal dichteste Packung

Blick auf die Kugelpackung
in Richtung $[0\ 0\ 1]$



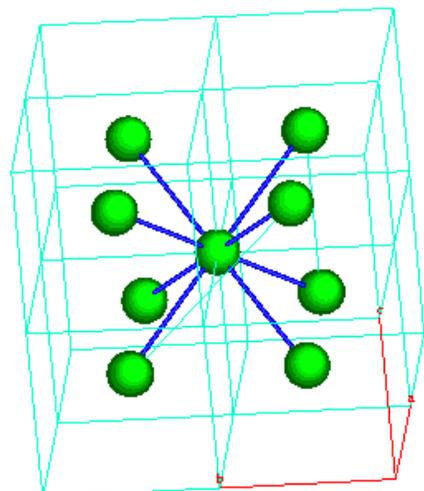
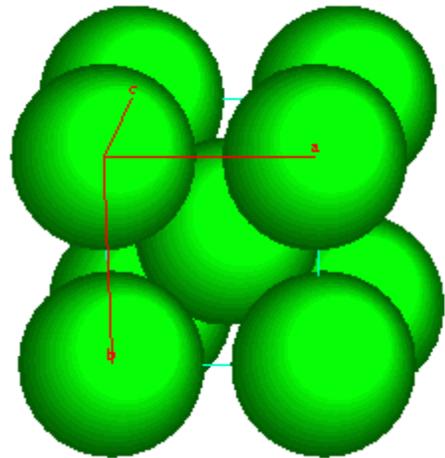
Schichtabfolge ababab....
bei der hexagonal
dichtesten Packung



Die kubisch innenzentrierte Packung

Die Struktur von α -Eisen besitzt kubische Symmetrie und kristallisiert in einer Kugelpackung

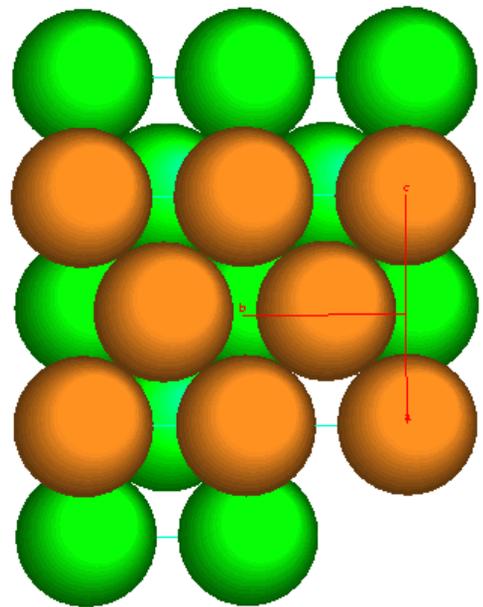
Die Kugelpackung von α -Eisen: in der Elementarzelle sind die Ecken und das Innenzentrum eines Würfels mit Atomen besetzt



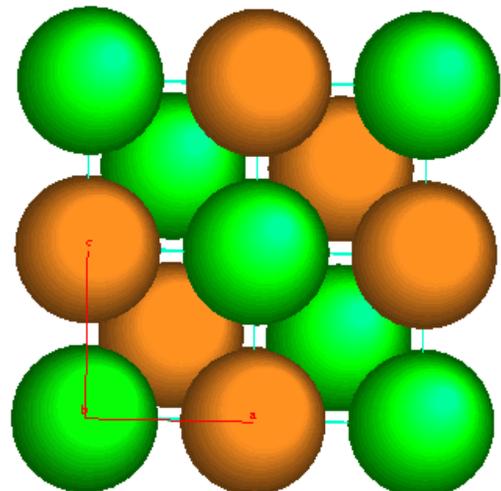
Die acht nächsten Nachbarn

Die kubisch innenzentrierte Packung

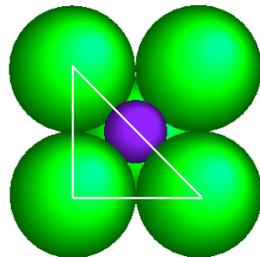
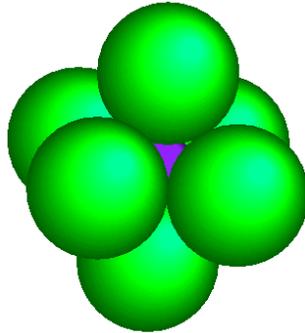
Blick auf die Kugelpackung
in Richtung $[1\ 1\ 0]$



Schichtabfolge ababab
bei der Kubisch innen-
zentrierten Packung;
Blick in Richtung $[1\ 0\ 0]$



Die Oktaederlücke



Die Größe der Lücke:

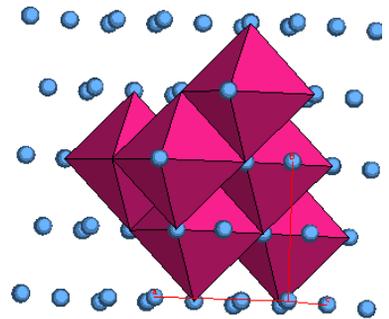
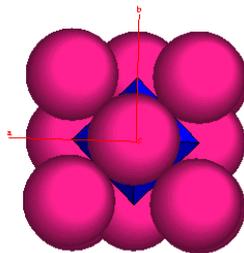
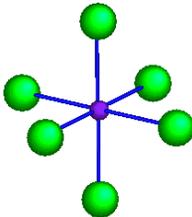
r_A = Radius des Atoms
der Packung

r_K = Radius der Lücke

$$d = 2r_K + 2r_A$$

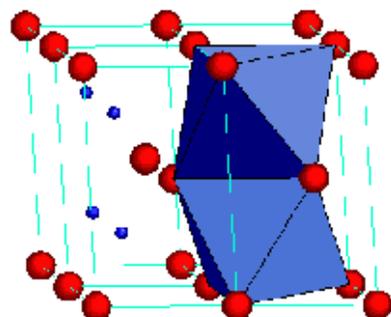
$$2(2r_K)^2 = d^2$$

$$r_K/r_A = 0,41$$

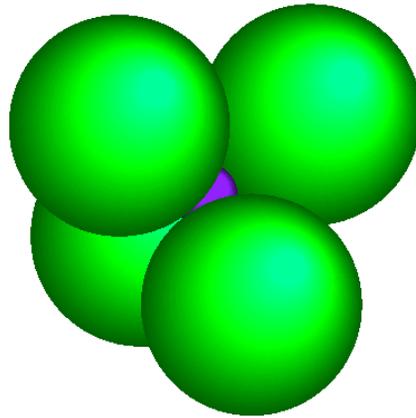


Lage in der kubisch dichtesten Packung: 4 Lücken / Zelle,
Verknüpfung über Kanten

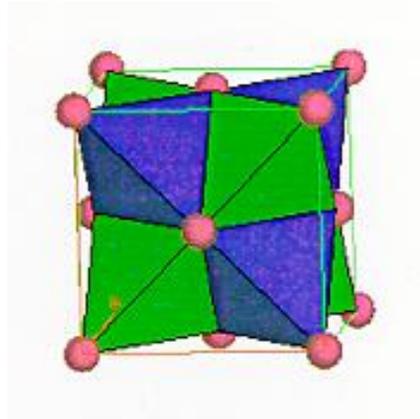
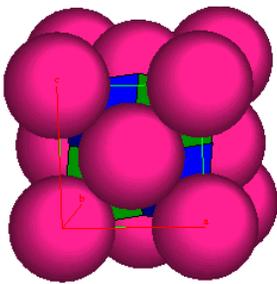
Lage in der hexagonal
dichtesten Packung:
2 Lücken / Zelle,
Verknüpfung über Flächen



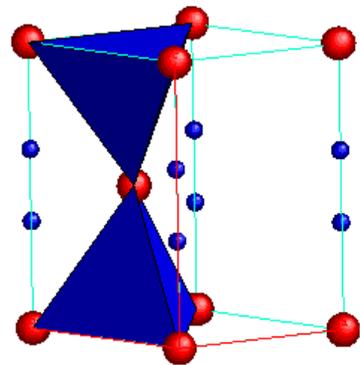
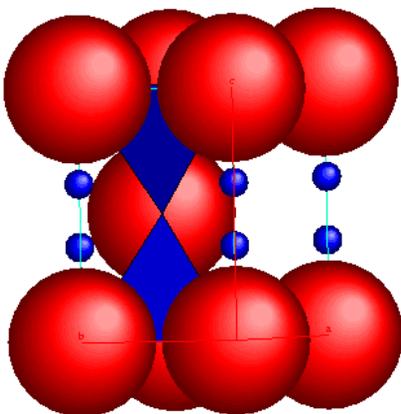
Die Tetraederlücke



$$r_K/r_A = 0,23$$



Lage in der kubisch dichtesten Packung: 8 Lücken / Zelle, Verknüpfung über Kanten

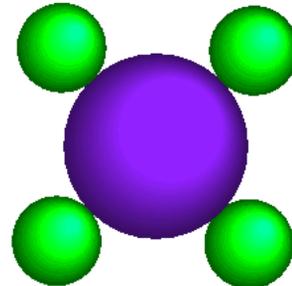


Lage in der hexagonal dichtesten Packung:
4 Lücken / Zelle, Verknüpfung über Kanten

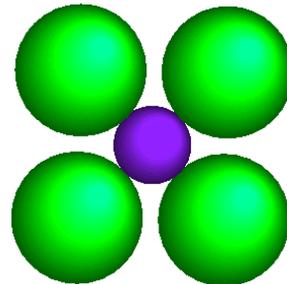
Goldschmidt'sche Regel

Die Zahl der das Kation koordinierenden Anionen strebt einen maximalen Wert an, sie ist aber höchstens so groß, daß alle Anionen das Kation noch berühren

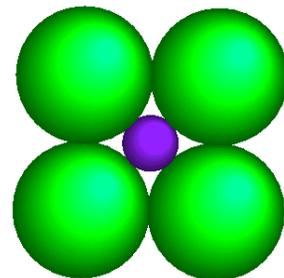
Instabile Konfiguration:
Die Zahl der koordinierenden
Anionen ist nicht optimal.



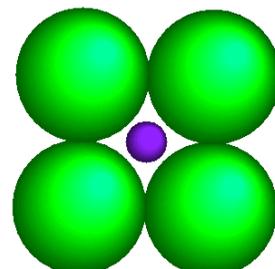
Stabile Konfiguration:



Stabile Grenzkonfiguration:
Alle Ionen berühren sich.

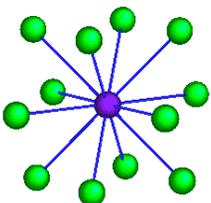
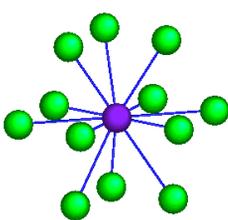
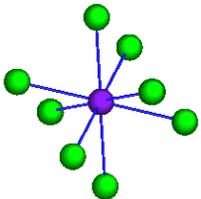
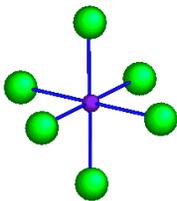
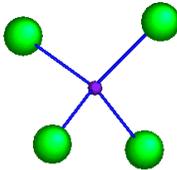
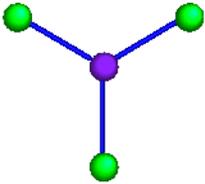
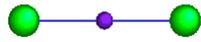


Instabile Konfiguration:
„Das Kation klappert“.

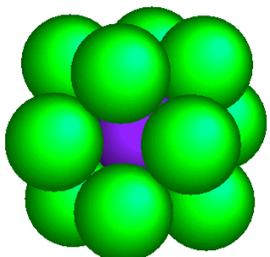
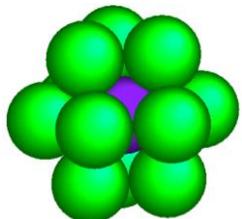
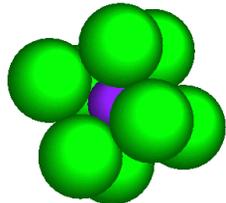
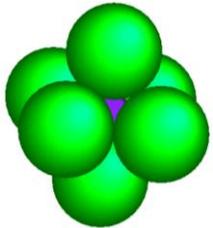
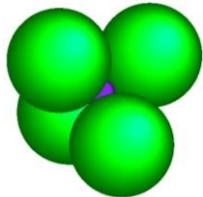
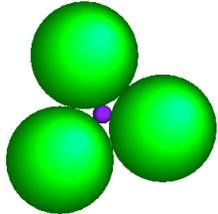
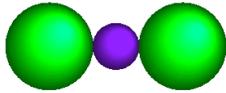


Koordinationspolyeder und Lücken bei verschiedenen Radienquotienten

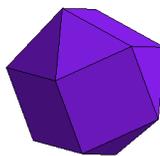
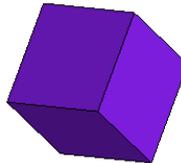
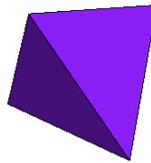
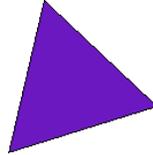
Nachbarn:



Packung:



Polyeder:



r_k/r_A :

0 - 0,15

0,15 - 0,22

0,22 - 0,41

0,41 - 0,71

0,71 - 1,0

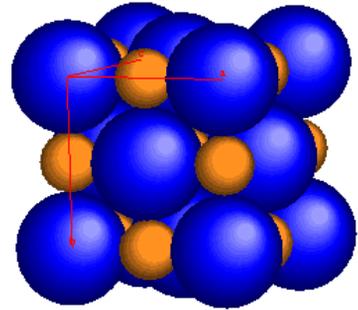
1,0

1,0

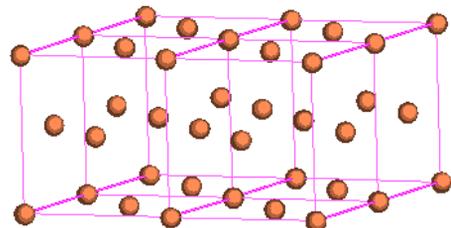
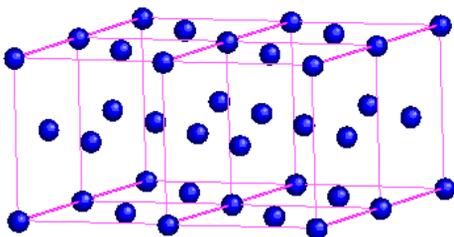
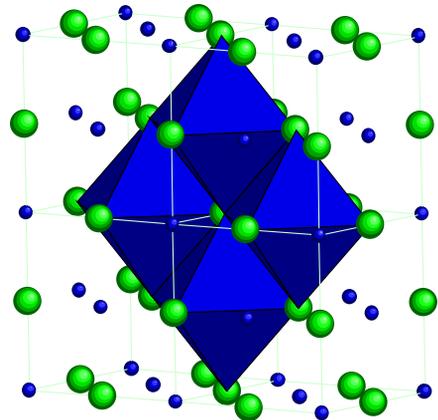
Die NaCl-Struktur

Die Kugelpackung der Cl-Ionen (blau); die Na-Ionen (orange) in Oktaederlücken.

$r_{\text{Cl}}=1,81 \text{ \AA}$; $r_{\text{Na}}=0,97 \text{ \AA}$;
 $r_{\text{Na}}/r_{\text{Cl}}=0,53$.



Die Koordinationspolyeder der Na- (blau) und der Cl-Ionen (grün): Oktaeder, jeweils über Kanten verknüpft.

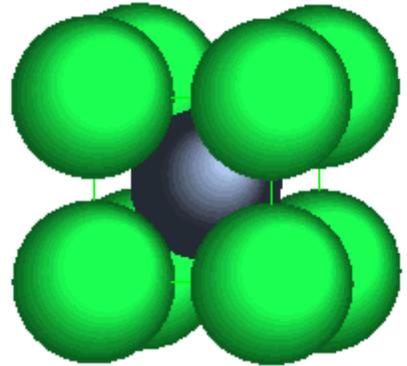


Die beiden Teilstrukturen für Na und Cl: es sind die Punktlagen von zwei kubisch dichtesten Packungen.

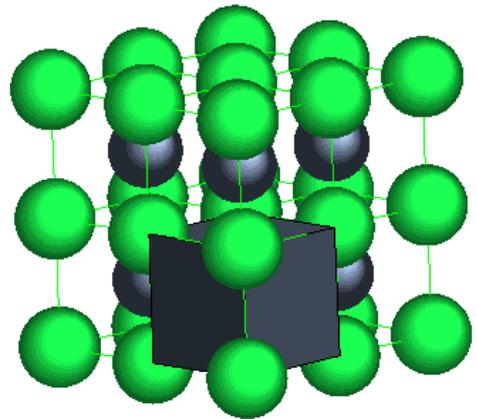
Die CsCl-Struktur

Die Kugelpackung der Cl-Ionen (grün); eine kubisch primitive Packung. Die Cs-Ionen (schwarz) besetzen Würfellücken.

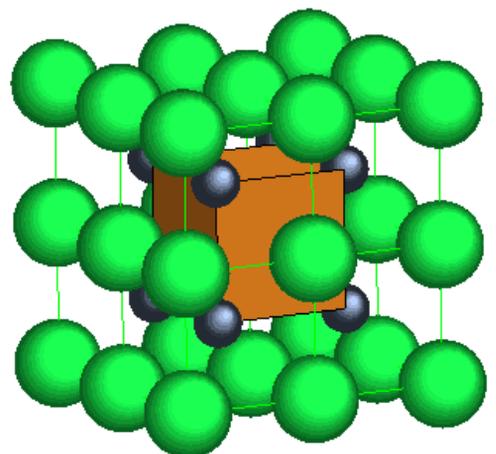
$r_{\text{Cl}}=1,81 \text{ \AA}$; $r_{\text{Cs}}=1,67 \text{ \AA}$; $r_{\text{Cs}}/r_{\text{Cl}}=0,92$.



Die Koordinationspolyeder der Cs-Ionen (schwarz): Jedes Cs-Ion ist von 8 Cl-Atomen in Form eines Würfels umgeben.

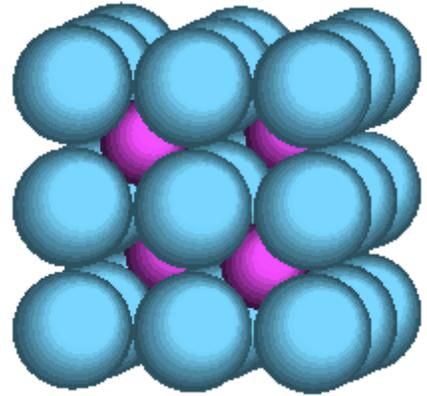


Die Koordinationspolyeder der Cl-Ionen (grün): Jedes Cl-Ion ist von 8 Cs-Atomen in Form eines Würfels umgeben.

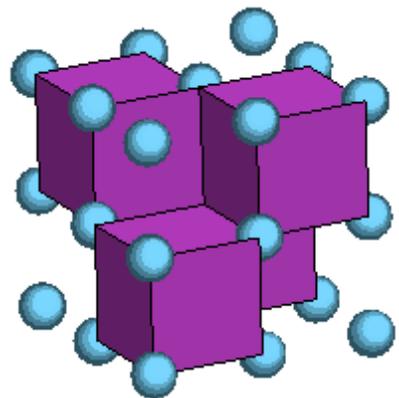


Die Fluorit-Struktur (CaF_2)

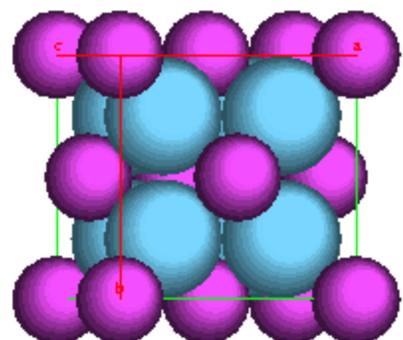
Die Kugelpackung der F-Ionen (blau); eine kubisch primitive Packung. Die Ca-Ionen (lila) besetzen Würfellücken. $r_{\text{F}}=1,33 \text{ \AA}$; $r_{\text{Ca}}=0,99 \text{ \AA}$; $r_{\text{Ca}}/r_{\text{F}}=0,74$.



Die Besetzung der Würfellücken: Die Ca-Ionen besetzen jede zweite Würfellücke in geordneter Verteilung. Fluor-Ionen sind verkleinert dargestellt.



Die Struktur mit den Ca-Ionen im Ursprung dargestellt:: Jedes F-Ion ist von 4 Ca-Ionen in Form eines Tetraeders umgeben.



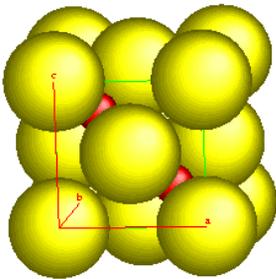
Die Zinkblende-Struktur Sphalerit (ZnS)

Differenz der Elektronegativität: 0,9 \Rightarrow 19% ionogener Anteil

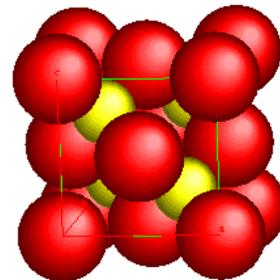
Zink (rot) und Schwefel (gelb) besetzen jeweils die Punktlagen einer kubisch dichtesten Packung. Die Teilstrukturen sind um $1/4$ der Raumdiagonalen gegen einander verschoben.

$r_{\text{Zn}}=0,74 \text{ \AA}$; $r_{\text{S}}=1,84 \text{ \AA}$; $r_{\text{Zn}}/r_{\text{S}}=0,4$ (Ionenradien)

$r_{\text{Zn}}=1,25 \text{ \AA}$; $r_{\text{S}}=1,02 \text{ \AA}$; $r_{\text{S}}/r_{\text{Zn}}=0,81$ (kovalente Radien)

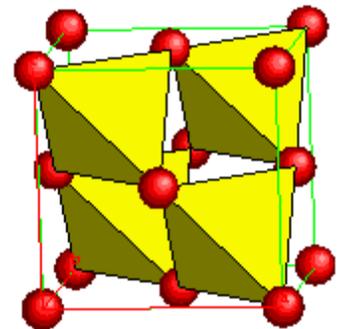


Packung als Ionen
(Ionenradien)

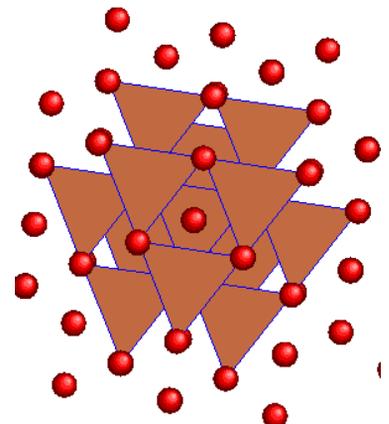


Anordnung bei
kovalenten Radien

Schwefel besetzt vier der acht Tetraederlücken von Zink.
Zink ist in gleicher Weise tetraedrisch von Schwefel umgeben



Die Koordinationspolyeder der Schwefelionen (oder entsprechend der Zinkionen) in Richtung $[1\ 1\ 1]$ betrachtet : Stapelung mit der Sequenz abcabcabc.....

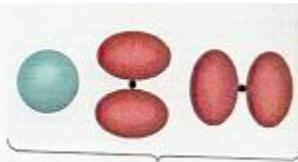


Die Kohlenstoff Modifikationen

Der Kohlenstoff ist rein kovalent gebunden

Die **Hybridisierung** beim Kohlenstoff

1s - und
3 p - Orbitale



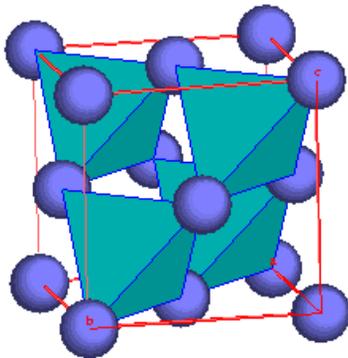
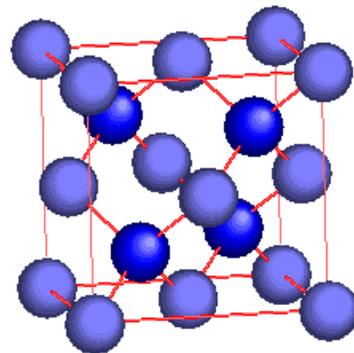
Das sp^2 -Hybrid



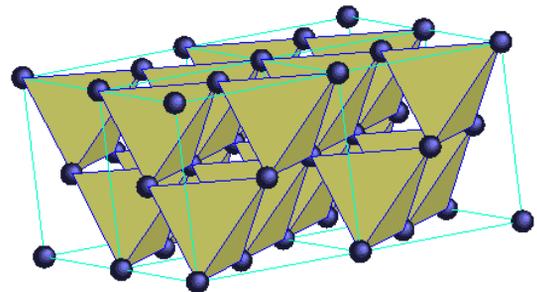
Das sp^3 -Hybrid

Die **Diamantstruktur**

Die Punktlagen des Kohlenstoffs
in der Diamant-Zelle



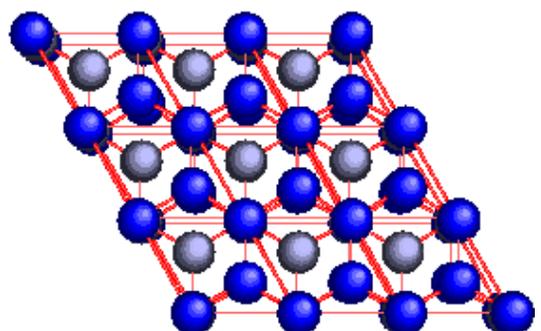
Die Koordinationspolyeder



Die Verknüpfung der Polyeder

Die **Graphitstruktur**

Die Punktlagen des Kohlenstoffs
in der Graphit-Zelle

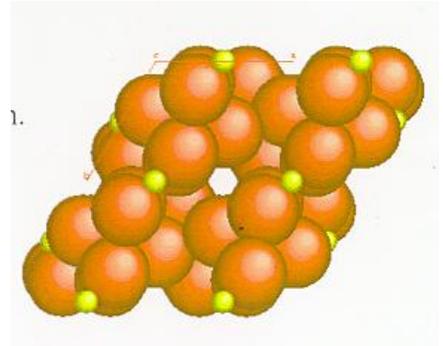


Die Quarz Modifikationen

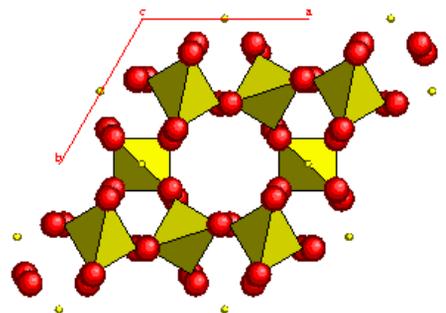
Quarz ist ein Mineral des SiO_2
Elektronegativitätsdifferenz : 1,7
 \Rightarrow 0,51% ionogener Bindungsanteil

Die Hochquarz Struktur

Die Atomlagen dargestellt unter Verwendung kovalenter Radien. Sauerstoff = rot, Silicium = gelb
Blick parallel zur **c**-Achse.

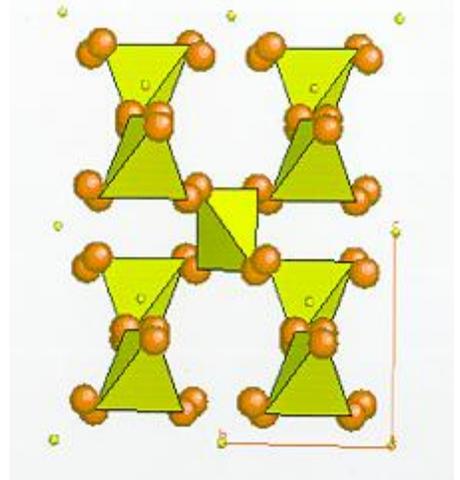


Das Silicium ist tetraedrisch von Sauerstoff koordiniert. Die Polyederanordnung lässt die hexagonale Symmetrie erkennen.



Die Verknüpfung der Tetraeder:
über Ecken

Blick auf die Struktur parallel zur **a**- und senkrecht zur **c**-Achse.



Die Quarz Modifikationen

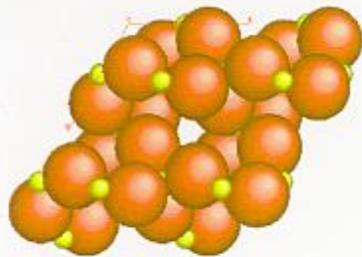
Quarz besitzt zwei Modifikationen

Tiefquarz: $T < 571\text{ °C}$

Hochquarz: $T > 571\text{ °C}$

Die Tiefquarz Struktur

Die Atomlagen dargestellt unter Verwendung kovalenter Radien. Sauerstoff = rot, Silicium = gelb
Blick parallel zur **c**-Achse.

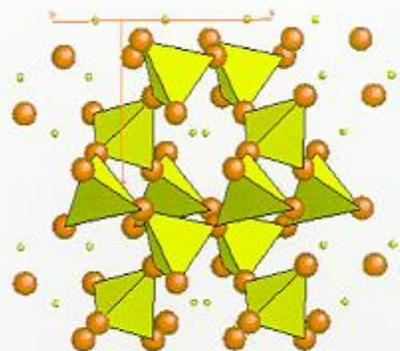


Das Silicium ist tetraedrisch von Sauerstoff koordiniert. Die Polyederanordnung läßt die trigonale Symmetrie erkennen.



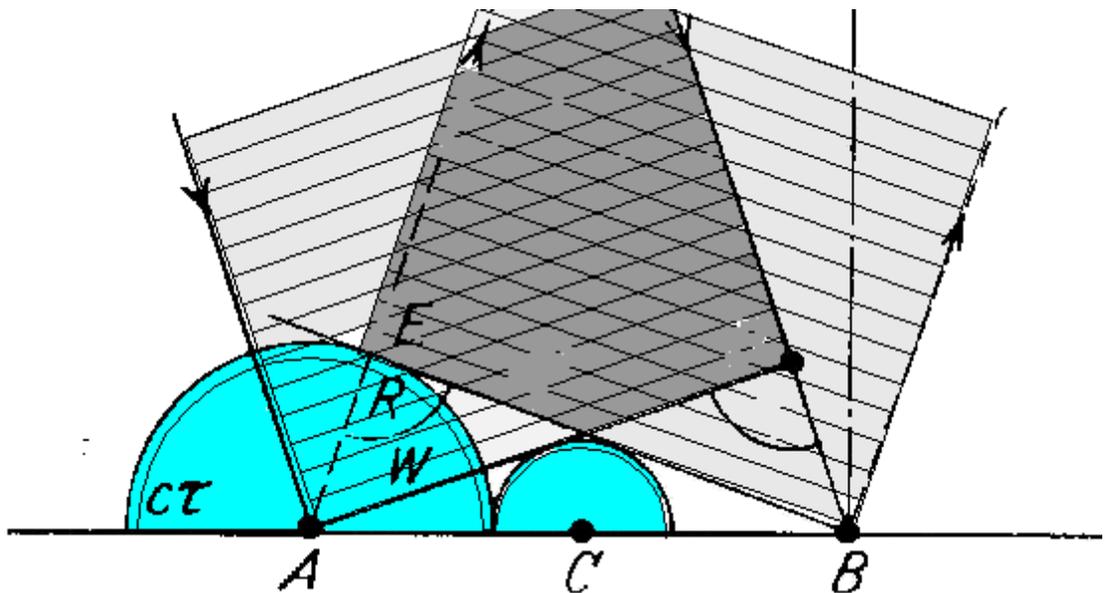
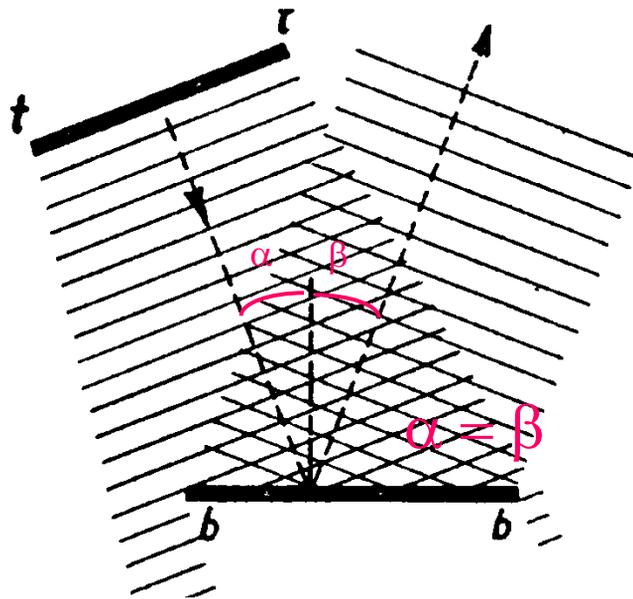
Die Verknüpfung der Tetraeder: über Ecken.

Blick auf die Struktur senkrecht zur **c**-Achse.



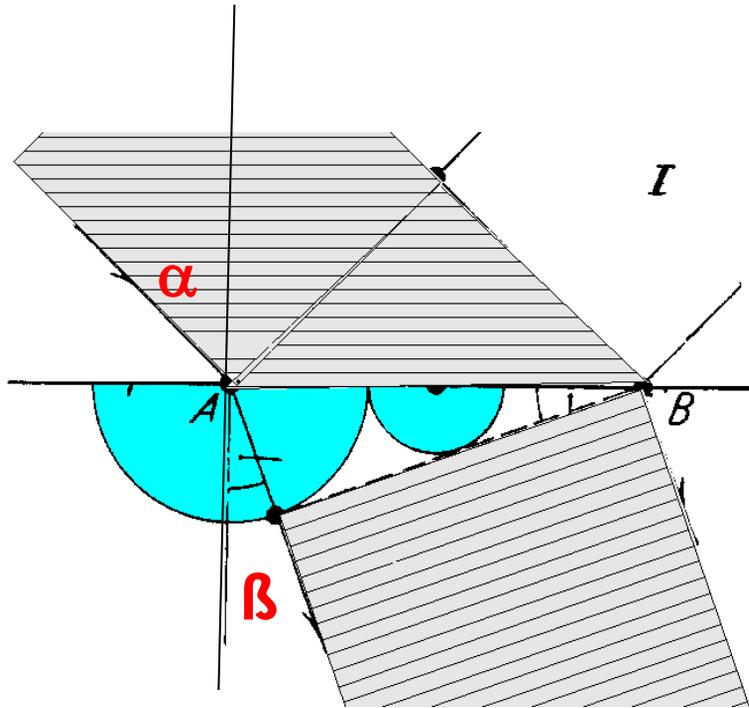
Einführung in die Kristalloptik

Reflexion des Lichtes



HUYGENSsches Prinzip

Brechung des Lichts



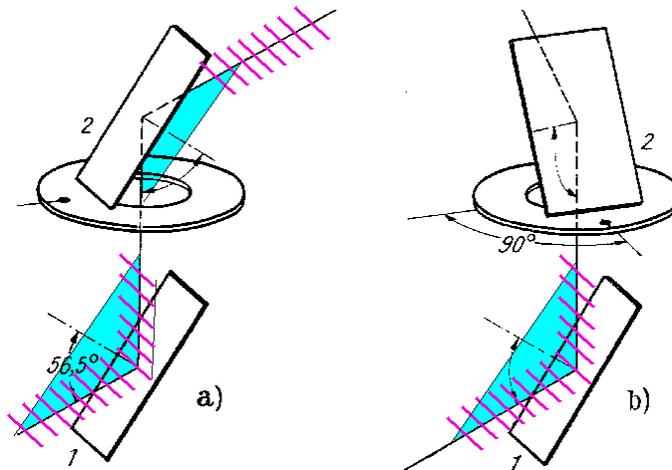
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$$

Ist Medium I Vakuum: $c = v_1$, gilt

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c}{v_2} = n$$

Polarisation von Licht

Versuch von **Malus**: Reflexion an Glasspiegeln ($n=1,5$)

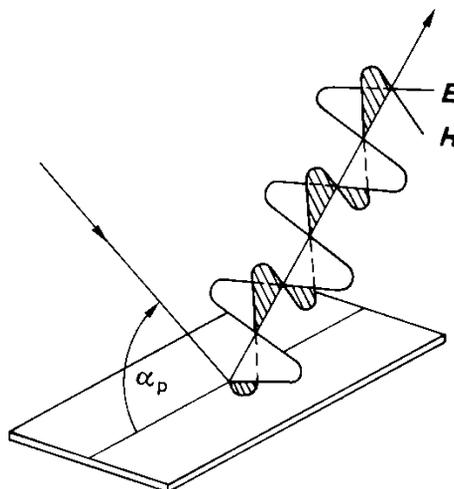


Erklärung: Das Licht wird bevorzugt reflektiert, dessen elektrischer Vektor senkrecht zur Einfallsebene schwingt. \Rightarrow **Teilpolarisation**

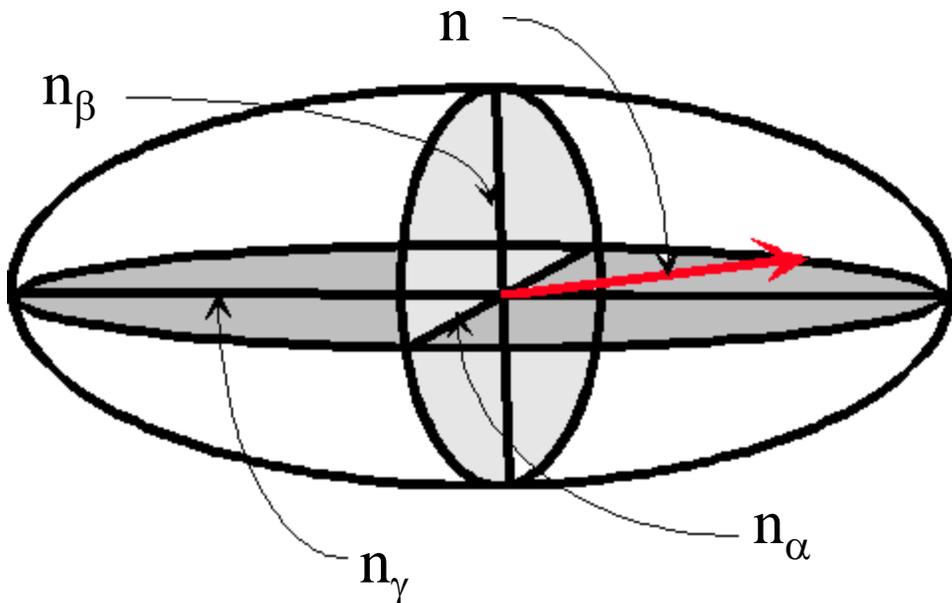
Gesetz für vollständige Polarisation:

BREWSTERsches Gesetz:

$$\operatorname{tg} \alpha_p = n$$

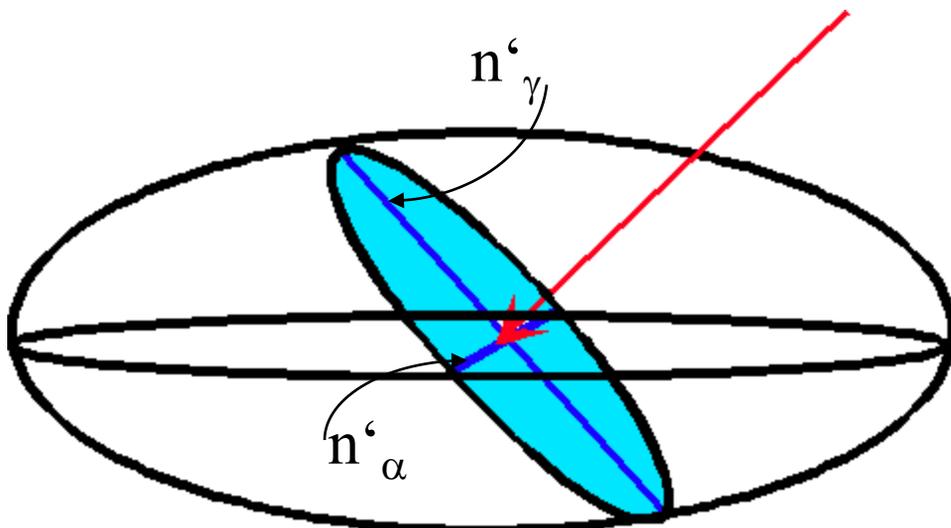


Indikatrix

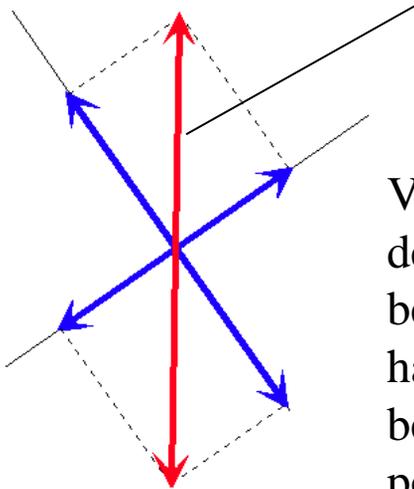


Das wichtigste Grundprinzip:

Jede linear polarisierte Welle, die auf einen Kristall fällt, wird in zwei senkrecht zu einander schwingende linear polarisierte Teilbündel zerlegt. Die Polarisationsrichtungen der beiden Teilbündel sind durch die beiden Hauptachsen der Schnittellipse im Zentralschnitt durch die Indikatrix senkrecht zur einfallenden Welle gegeben.

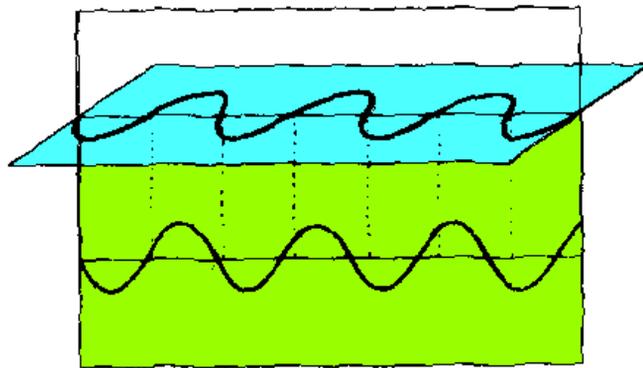


Doppelbrechung



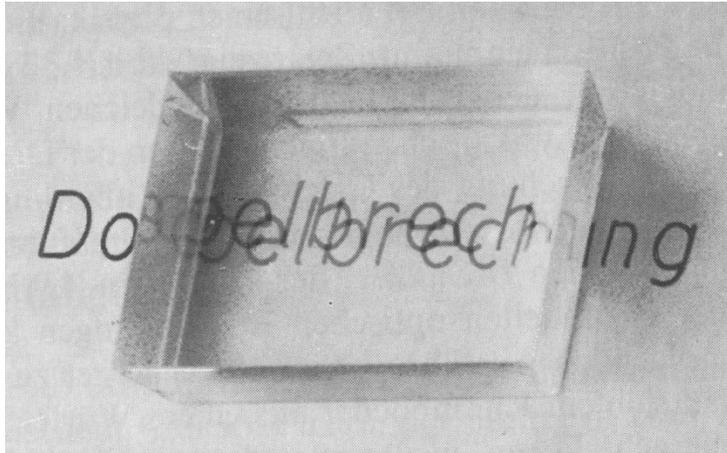
Vektor der linear polarisierten Primärwelle

Vektorzerlegung der Amplitude der Primärwelle entsprechend den beiden Richtungen des Indikatrix-hauptschnitts in die Amplituden der beiden senkrecht zu einander polarisierten Teilbündel

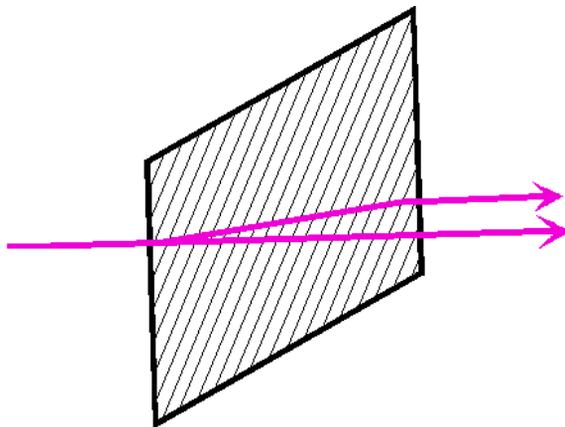


Die beiden Teilbündel eines linear polarisierten Lichtstrahls beim Durchgang durch einen Kristall

Doppelbrechung

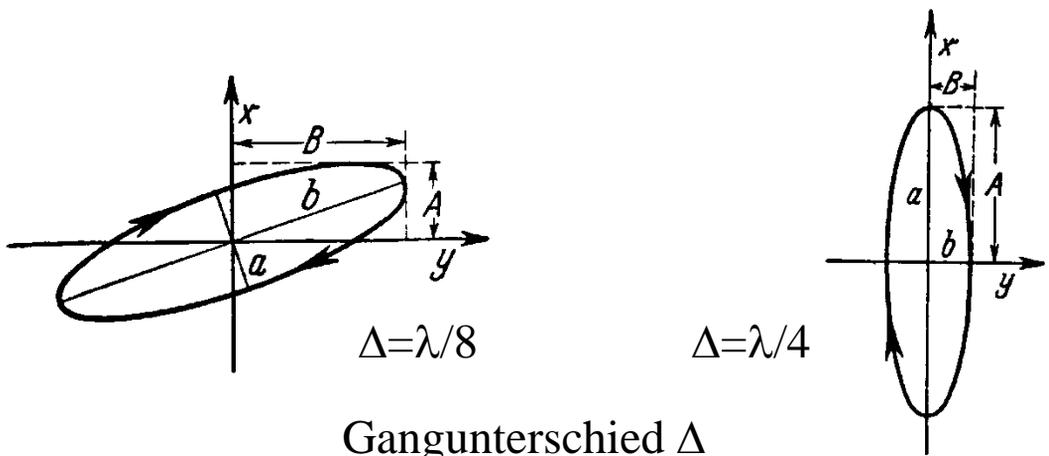


Doppelbrechung des Lichts durch ein Calcit-rhomboeder

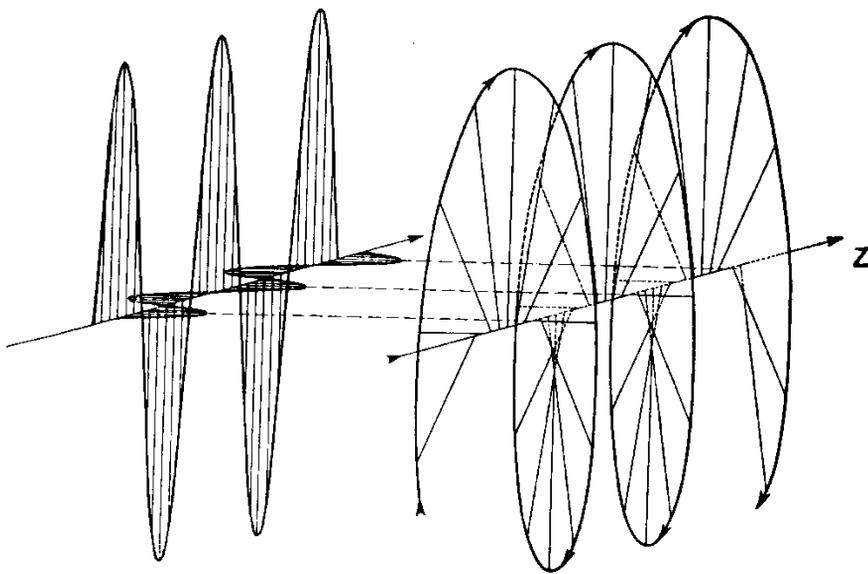


Strahlenverlauf des Lichts im Calcit

elliptisch polarisiertes Licht



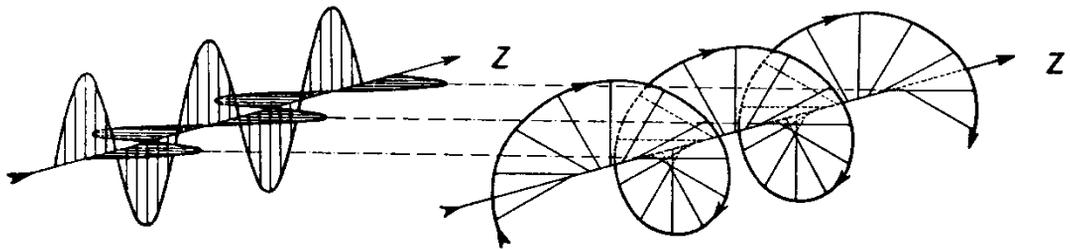
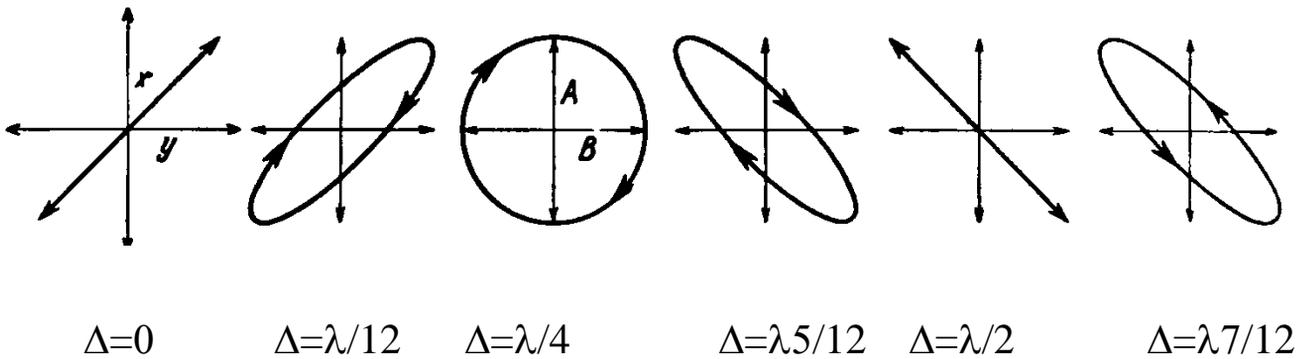
Zwei Amplituden A und B zweier Schwingungen überlagern sich zu einer elliptischen Schwingung..



Zwei senkrecht zu einander polarisierte Wellen ungleicher Amplitude und einem Gangunterschied von $\Delta = \lambda/4$ überlagern sich zu einer elliptisch polarisierten Welle (Schraubenfläche im Raum).

zirkular polarisiertes Licht

Sonderfall $A=B$



Zwei senkrecht zu einander polarisierte Wellen gleicher Amplitude und einem Gangunterschied von $\Delta=\lambda/4$ überlagern sich zu einer zirkular polarisierten Welle (Sraubenfläche im Raum).