

Quasikristalle

Kira Riedl

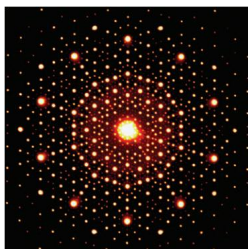
6. Juli 2011

Gliederung

- 1 Was ist ein Quasikristall?
- 2 Mathematische Aspekte
- 3 Stabilität von Quasikristallen
- 4 Verwendungsmöglichkeiten
- 5 Quellen

Definition eines Kristalls im 20. Jhd.

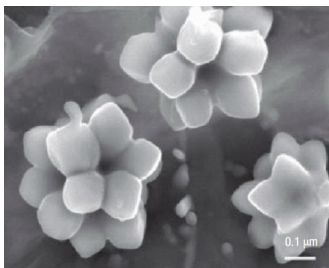
- Definition seit Entwicklung der Röntgen-Kristallografie 1912: Kristalle sind wohlgeordnete - also periodisch aufgebaute - Festkörper
- Czycholl (Einführung in die Festkörperphysik):
„Ein idealer Kristall ist unendlich ausgedehnt, nimmt also den gesamten dreidimensionalen Raum ein, und besteht aus einer streng periodischen Wiederholung des gleichen Bauelementes“



- 1982 (Shechtman):
Al-Mn als wohlgeordnetes Material ohne Periodizität
- scharfe Beugungsbilder
⇒ langreichweitige Ordnung
- 10-zählige Drehsymmetrie

Moderne Definition eines Kristalls

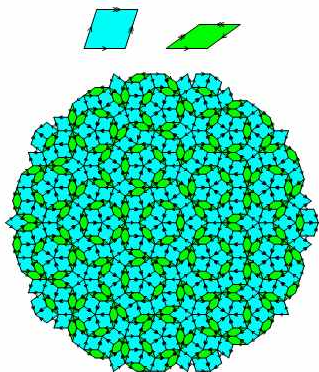
- „Quasikristall“: kurz für „quasiperiodischer Kristall“
- International Union of Crystallography (1991):
„A material is a crystal if it has essentially a sharp diffraction pattern.“
- Definition aufgrund experimenteller Ergebnisse
⇒ das Phänomen der Ordnung ist noch nicht ganz verstanden worden



Vergleich: Kristall - Quasikristall

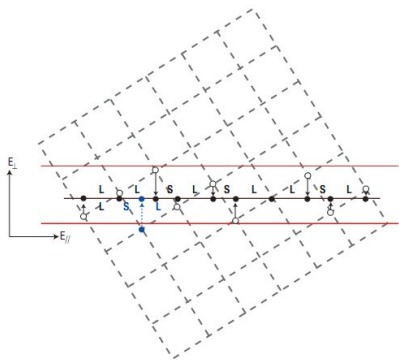
- Gemeinsamkeiten mit herkömmlichen Kristallen:
 - Ausbildung von Facetten
 - Beugungsbilder mit scharfen Bragg-Peaks
 - Wachstum bis in den makroskopischen Bereich
 - hoher Grad an mikroskopischer Ordnung
- Unterschiede zu herkömmlichen Kristallen:
 - Rotationssymmetrie, die bei Periodizität nicht möglich ist
 - schlechte Ladungs- und Wärmeleiter
(obwohl Metallverbindungen)

Aperiodische Ordnung und das Konzept eines höherdimensionalen Raums



- Beschreibung von aperiodischem System: normalerweise tausende von Parametern
 - Quasikristalle: Periodizität im höherdimensionalen Raum
 - mit z.B. 5 linear unabhängigen Vektoren beschreibbar
-
- ohne höherdimensionalen Raum: Verwendung von mehreren Einheitszellen

Die Fibonacci-Kette



- Konstruktion:

S

L

LS

LSL

LSLLS

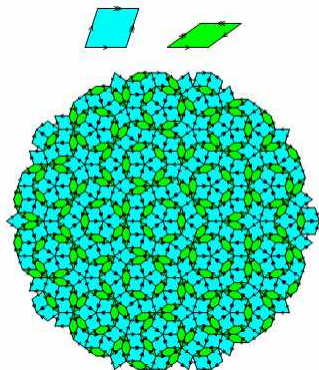
LSLLSLSL

LSLLSLSLLSLLS

- Periodizität der Fibonacci-Kette im höherdimensionalen Raum
 \Rightarrow Konstruktion mit Hilfe der Projektions-Methode
- Analog: Konstruktion eines ikosaedrischen Quasi-Gitters in 3d aus 6d kubischem Gitter

Penrose-Parkettierung

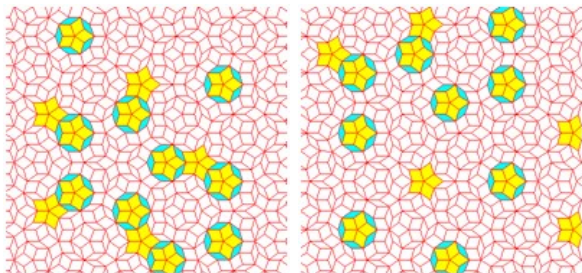
- bereits im 15. Jhd. in der islamischen Architektur verwendet
- in den 70ern vom Mathematiker Roger Penrose entwickelt
- direktes Kristallgitter von Al-Mn



- keine Translationsinvarianz
- Bestandteile:
 - „dünne“ Raute mit einem kleinen Winkel von 36°
 - „dicke“ Raute mit einem kleinen Winkel von 72°
- exakte 5-zählige Rotationssymmetrie in einem einzigen Punkt

Penrose-Parkettierung

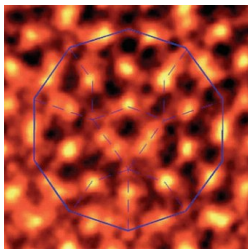
- 10-zählige Rotationssymmetrie:
Drehung führt zur selben statistischen Verteilung
- Zwei Kristalle mit derselben statistischen Dichteverteilung werden als „ununterscheidbar“ bezeichnet
- Symmetrieeoperation im Quasikristall:
Jede Operation die ihn in einen davon ununterscheidbaren Kristall überführt.



Stabilität von Quasikristallen: Maximierung der Entropie

- Wieso bevorzugen Atome diese komplizierten Strukturen?
- Mögliche Erklärung: Maximierung der Entropie
 - Aperiodische Muster durch willkürliches Zusammensetzen der Kacheln
 - Parkettierungen mit maximaler Entropie:
Symmetrie und Kachel-Verhältnis der perfekten aperiodischen Muster
- Beobachtung:
stabile quasikristalline Phasen treten v.a. bei hohen Temperaturen auf

Stabilität von Quasikristallen: Minimierung der freien Energie



- Kacheln als Cluster von Atomen
 - Innerhalb der Cluster:
Symmetriebrechung
 - Bevorzugung solcher Cluster
 - Energieminimierung durch
Maximierung der Cluster-Dichte
-
- Beobachtung:
kaum Abweichungen vom idealen Parkettierungsmuster in den
Kristallen
 - vermutlich Zusammenspiel beider Faktoren

Verwendungsmöglichkeiten

- Quasikristalle haben niedrige Wärme- und Leitfähigkeit
- Entschlüsselung der Mechanismen würde neue Möglichkeiten erschließen
- Beeinflussung des Verhältnisses von Wärme- und Leitfähigkeit
⇒ Bildung neuer Cluster-Strukturen aus periodischen und quasiperiodischen Teilen
⇒ Ersetzen von bestimmten Atomen innerhalb eines Kristalls oder Quasikristalls
- Beeinflussung der elektrischen, thermischen oder magnetischen Eigenschaften von Materialien

Quellen

- Website (S. Weber):
<http://www.jcrystal.com/steffenweber>
- Website der Tel Aviv University (R. Lifshitz):
<http://www.tau.ac.il/~ronlif/quasicrystals.html>
- M. Baacke, U. Grimm, R. Moody:
What is Aperiodic Order?
- P. Lu, P. Steinhardt:
Decagonal and Quasi-Crystalline Tilings in Medieval Islamic Architecture
- E. Abe, Y. Yan, S. Pennycook:
Quasicrystals as cluster aggregates
- G. Czycholl:
Theoretische Festkörperphysik
- Von den klassischen Modellen zu modernen
Forschungsthemen