Symmetrie

in Mathematik, Architektur und Kunst

Tag über Mathematik und Unterricht

10. September 2025

Workshop A

Symmetrie in Mathematik, Architektur und Kunst

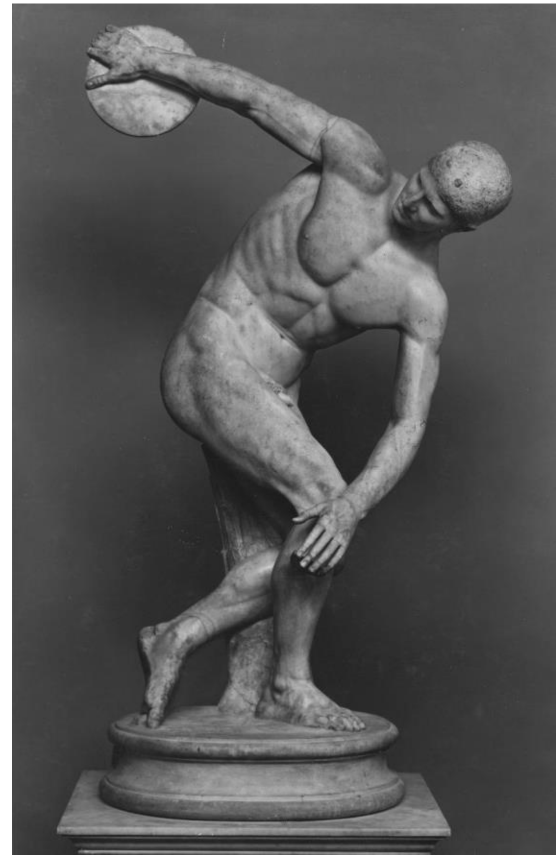
- Symmetrie – Zur Geschichte des Begriffs
- Palladios Baukunst im Veneto
- Symmetrie – Zur modernen Bedeutung des Begriffs
- Ebene symmetrische Figuren, insbesondere Ornamente
- Klassifikation der Ornamente nach ihrer Symmetriegruppe
- Lateinische Quadrate und Lohse-Quadrate
- Le Corbusier und sein Modulor

Symmetrie – Zur Geschichte eines Begriffs

Aus dem Altgriechischen:
συμμετρια ist zusammengesetzt aus
συν (mit) und *μέτρον* (Maß).

Bedeutungswandel im Lauf der Jahrhunderte

Antike
Erste Bedeutung:
Symmetrie bezeichnet die wechsel-seitige Entsprechung der Teile eines Ganzen zueinander,
die *Harmonie von Proportionen,*
auch das *Ebenmass* oder *Mittelmass*.



Diskobol des Myron
5. Jh. v. Chr.

Symmetrie – Zur Geschichte eines Begriffs

Der Begriff *Mittelmass* war in der Antike positiv besetzt.

Galenos von Pergamon (griech. Arzt, ca. 130 - 216):
„Das Mittlere ist der Seelenzustand, der von beiden Extremen gleich weit entfernt ist“ [De Temperamentis]

Mittelbildung in der griechischen Mathematik:

- *Arithmetisches* Mittel,
- *Geometrisches* Mittel,
- *Harmonisches* Mittel

Daneben waren weitere sieben sog. **Medietäten** geläufig.

Symmetrie – Zur Bedeutung des Begriffs

Galen: Gleichgewicht → Balkenwaage

Zweite Bedeutung:
Spiegelsymmetrie oder *bilaterale Symmetrie,* also Symmetrie an einer *Ebene* oder an einer *Geraden* (*Achsensymmetrie*)

Spiegelsymmetrie ist ein präziser Begriff

Umgangssprache:
Symmetrie ≈ Spiegelsymmetrie

Palladios Baukunst im Veneto

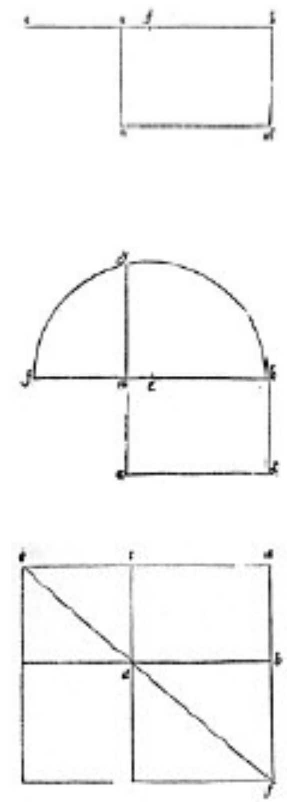
Andrea di Pietro della Gondola,
genannt Palladio 1508-1580

Elemente von Palladios Baukunst:

- Nutzen (Zweckmässigkeit)
- Dauerhaftigkeit
- Schönheit

Proportionierung der Raumhöhe

- Arithmetisch (erste Art)
- Geometrisch (zweite Art)
- Harmonisch (dritte Art)

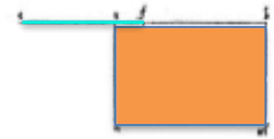


Figuren von Andrea Palladio

Palladios Proportionierung der Raumhöhe

Grundriss

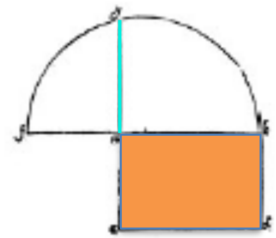
Rechteck mit Länge *l*, Breite *b*



Raumhöhe

Arithmetisches Mittel:

$$m_a = \frac{l+b}{2}$$

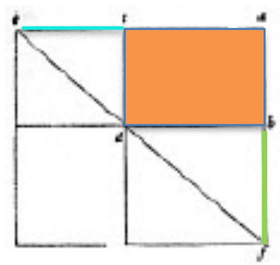


Geometrisches Mittel:

$$m_g = \sqrt{l \cdot b}$$

Harmonisches Mittel:

$$m_h = \frac{2}{\frac{1}{l} + \frac{1}{b}} = \frac{2\,l \cdot b}{l+b} = \frac{{m_g}^2}{m_a}$$



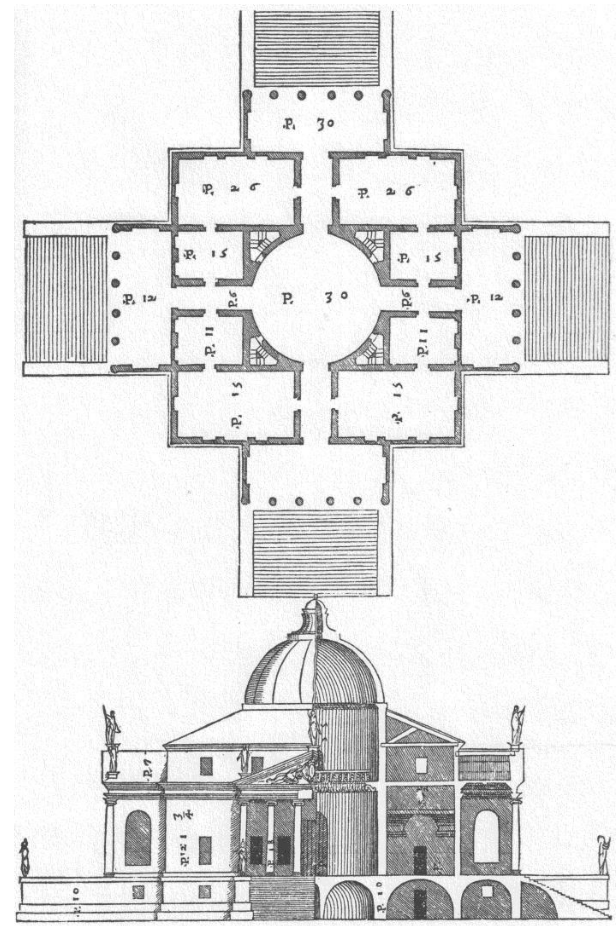
Figuren von Andrea Palladio

Palladios Baukunst im Veneto

Andrea di Pietro della Gondola,
genannt Palladio 1508-1580

Sieben ideale Formen des Grundrisses

1. kreisrund
2. quadratisch
3. Breite zur Länge wie Quadratseite zur Diagonale (1:√2)
4. Ein Quadrat und ein Drittel (3:4)
5. Ein Quadrat und ein Halbes (2:3)
6. Ein Quadrat und zwei Drittel (3:5)
7. Zwei Quadrate (1:2)

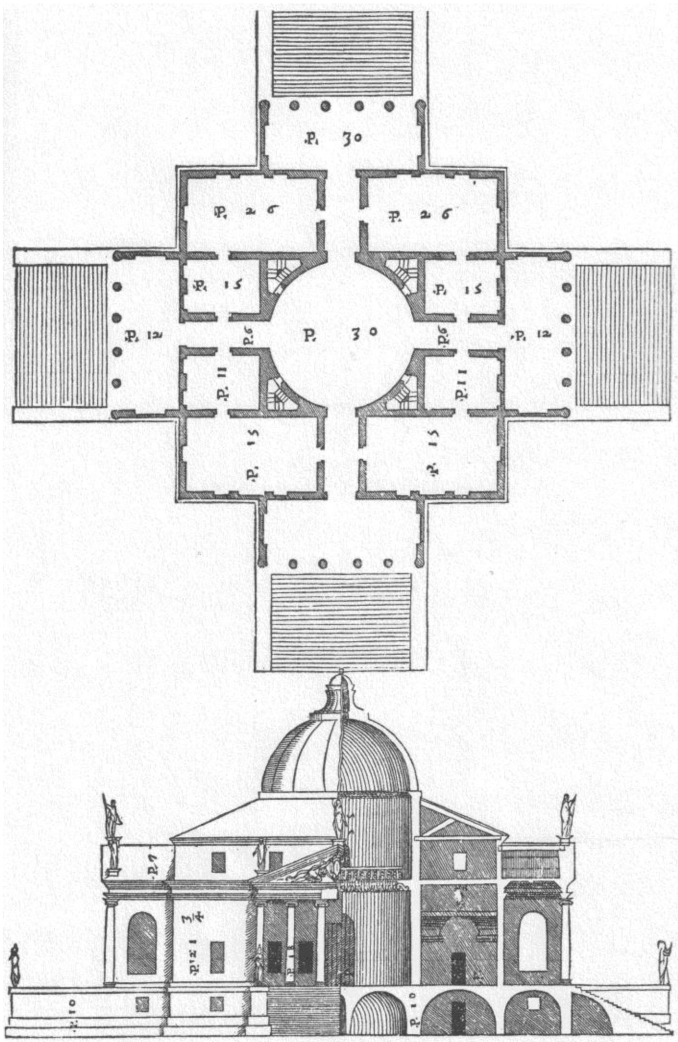


Palladio: Vier Bücher zur Architektur, S. 139

La Rotonda

Villa Almerico Capra Valmarana genannt La Rotonda
Foto: Hans A. Rosbach

La Rotonda



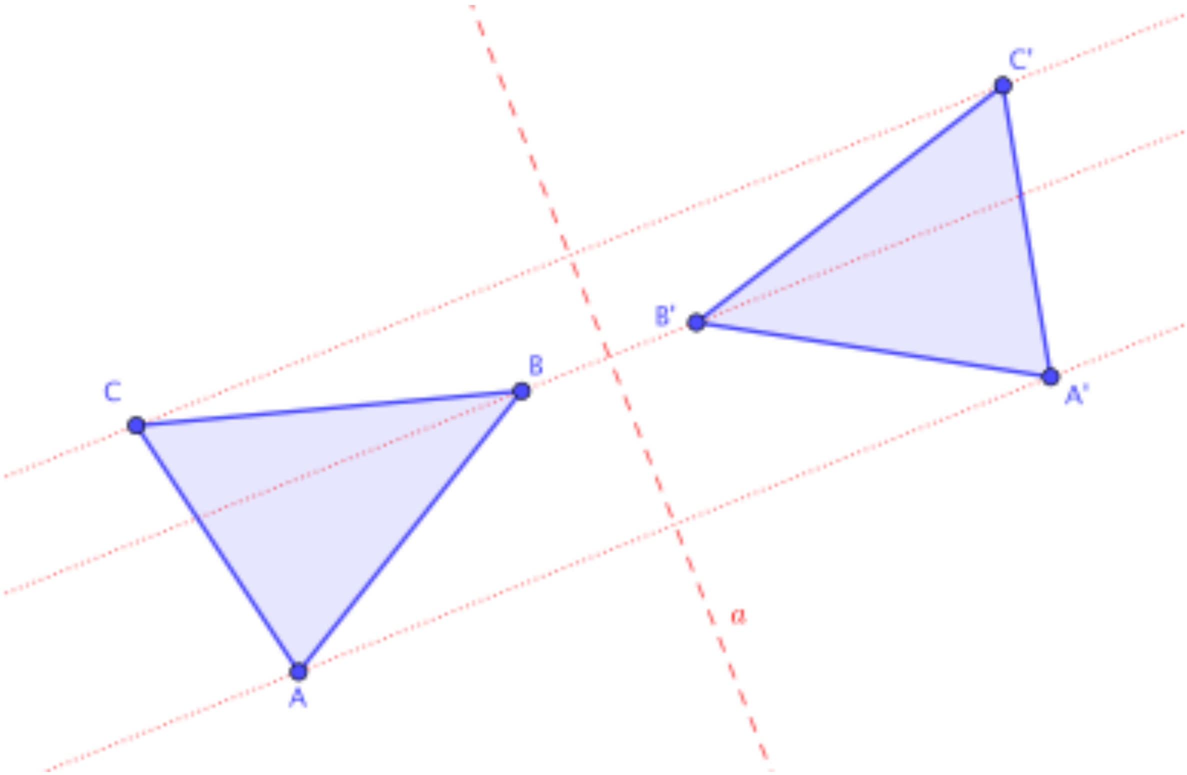
- Saal rund mit Ø = 30 Fuss
- Kammern 15.5 x 11 Fuss (≈ 3 : 2)
- Gr. Räume 26 x 15.5 Fuss (≈ 4 : 3)
  Höhe erster Art: 20.75 Fuss
- Loggien 30 x 12 Fuss (= 5 : 2)

Kongruenzabbildungen (Isometrien)

- Eine **Kongruenzabbildung** oder **Isometrie** ist eine Abbildung der (Euklidischen) Ebene auf sich, welche Längen und Winkel *invariant* lässt.
  - Geradenspiegelung
  - Rotation (Drehung)
  - Translation (Parallelverschiebung)
  - Gleit- oder Schubspiegelung

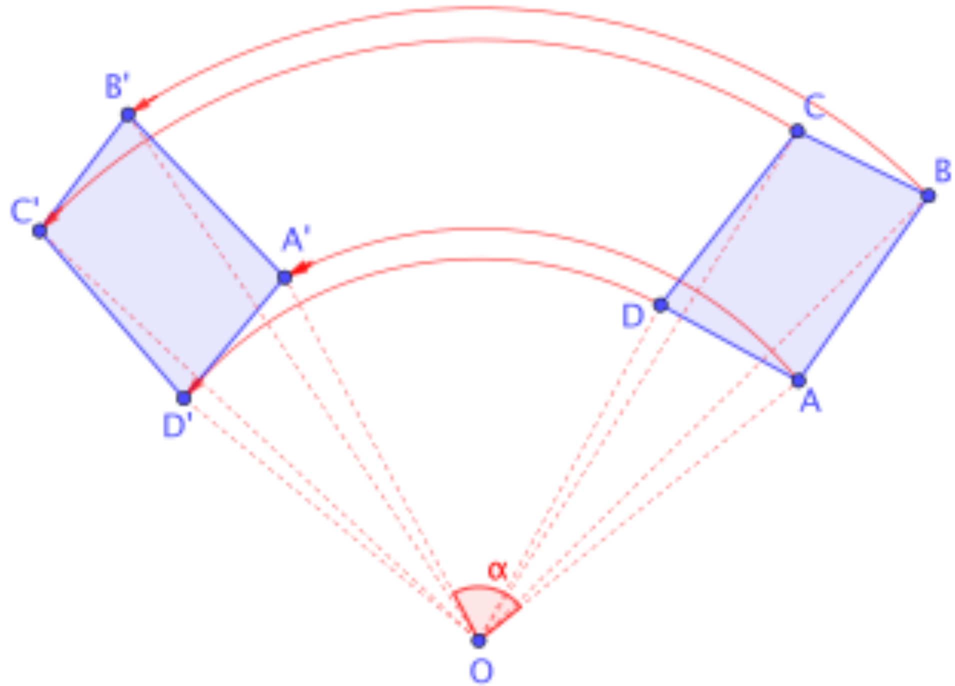
- Kongruenzabbildungen können verknüpft (nacheinander ausgeführt) werden. Sind K und L zwei Kongruenzabbildungen, so ist auch $L \circ K$ eine Kongruenzabbildung.

Kongruenzabbildungen (Isometrien)



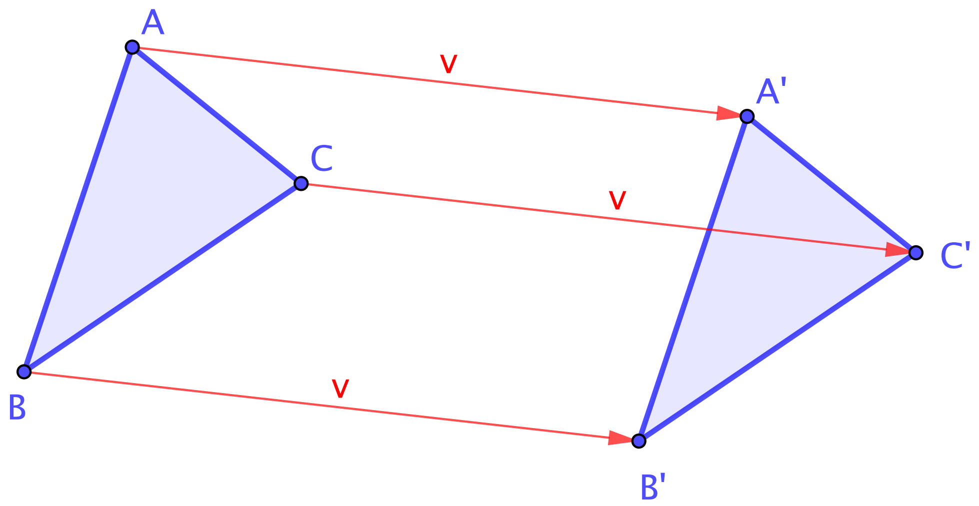
Geradenspiegelung S_a
mit Spiegelachse a

Kongruenzabbildungen (Isometrien)



Rotation $R_{O,\alpha}$
mit Drehzentrum O und
Drehwinkel α

Kongruenzabbildungen (Isometrien)



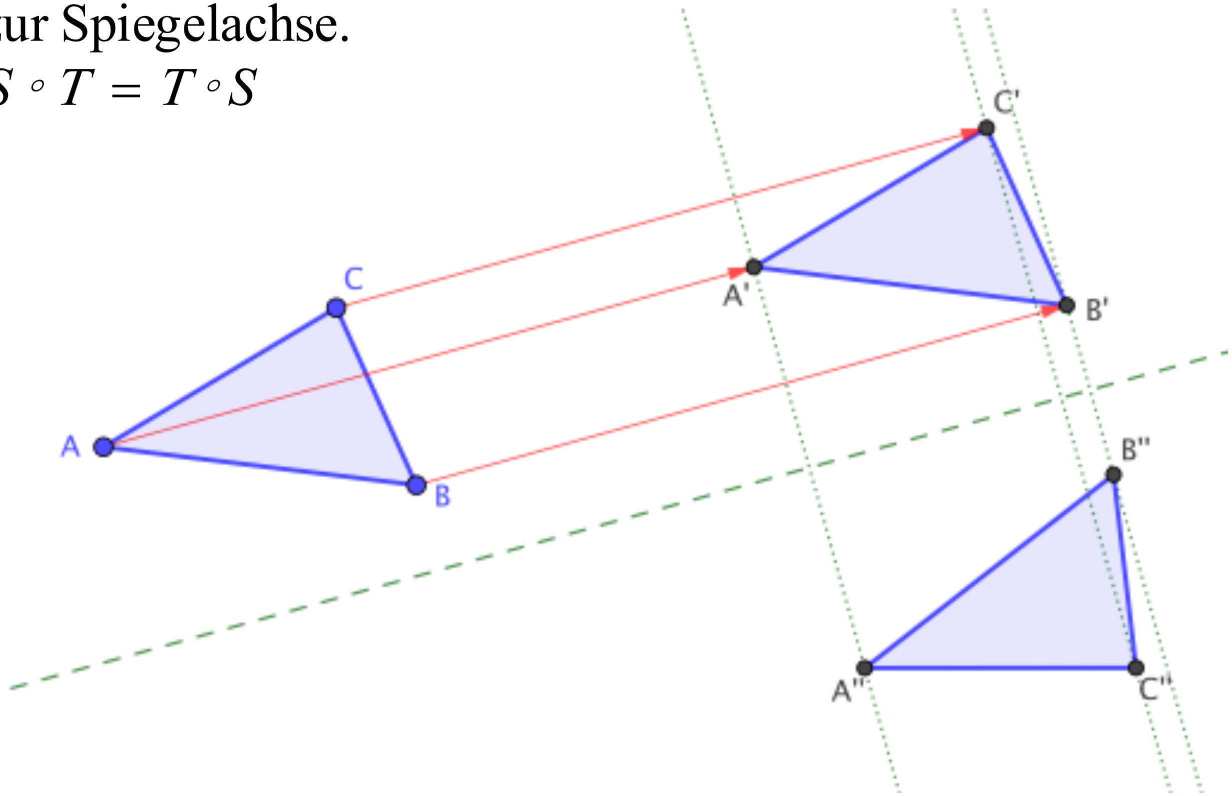
Translation T_v

mit Translationsvektor v

Kongruenzabbildungen (Isometrien)

Eine **Gleit- oder Schubspiegelung** ist eine Verknüpfung $S \circ T$ einer Translation mit einer Geradenspiegelung. Dabei ist der Translationsvektor parallel zur Spiegelachse.

Es gilt $S \circ T = T \circ S$



Symmetrie – Zur modernen Bedeutung des Begriffs

Eine ebene geometrische Figur ist **symmetrisch,** falls sie **invariant** ist unter einer Kongruenzabbildung.

Die betreffende Kongruenzabbildung nennt man eine **Symmetrietrans-formation** oder einfach **Symmetrie** dieser Figur.

Symmetrie – Zur modernen Bedeutung des Begriffs

- Eine ebene geometrische Figur ist **spiegelsymmetrisch**, falls sie invariant ist unter einer *Geradenspiegelung*.
- Eine ebene geometrische Figur ist **drehsymmetrisch**, falls sie invariant ist unter einer *Rotation*.
- Eine ebene geometrische Figur ist **translationssymmetrisch**, falls sie invariant ist unter einer Translation.

Ebene symmetrische Figuren: Ornamente

a) **Kreisornamente** oder **Rosetten**

b) **Bandornamente** oder **Friese**

c) **Flächenornamente** oder **Wandmuster**

Ebene symmetrische Figuren: Kreisornamente

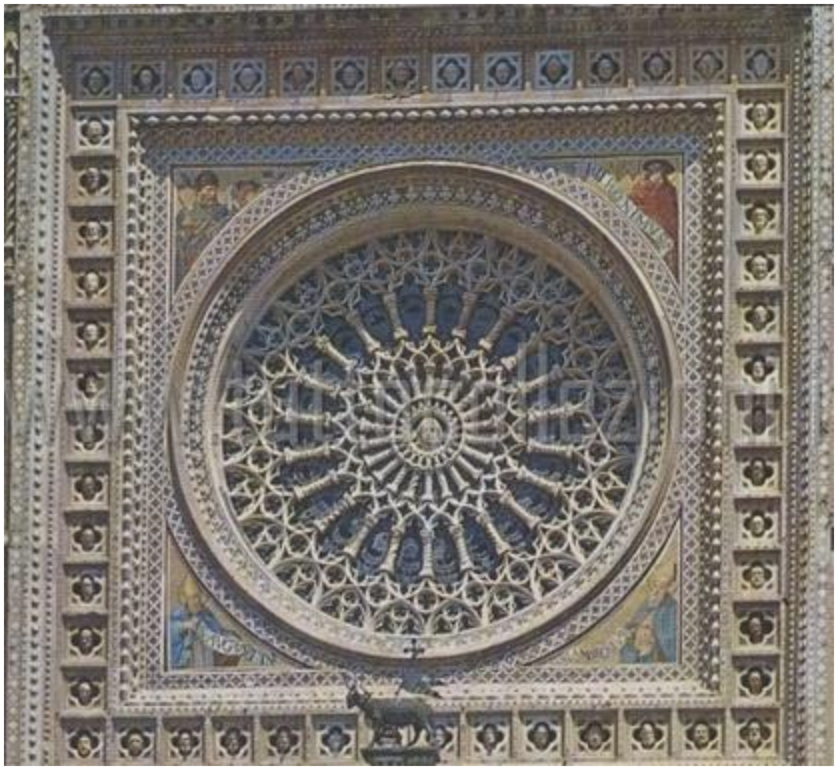
a) Kreisornamente (Rosetten)

Als Symmetrietransformationen kommen *endlich* viele *Drehungen* oder *Geraden-spiegelungen* vor

Keine Translationen

Kathedrale von Chartres: Nordrose

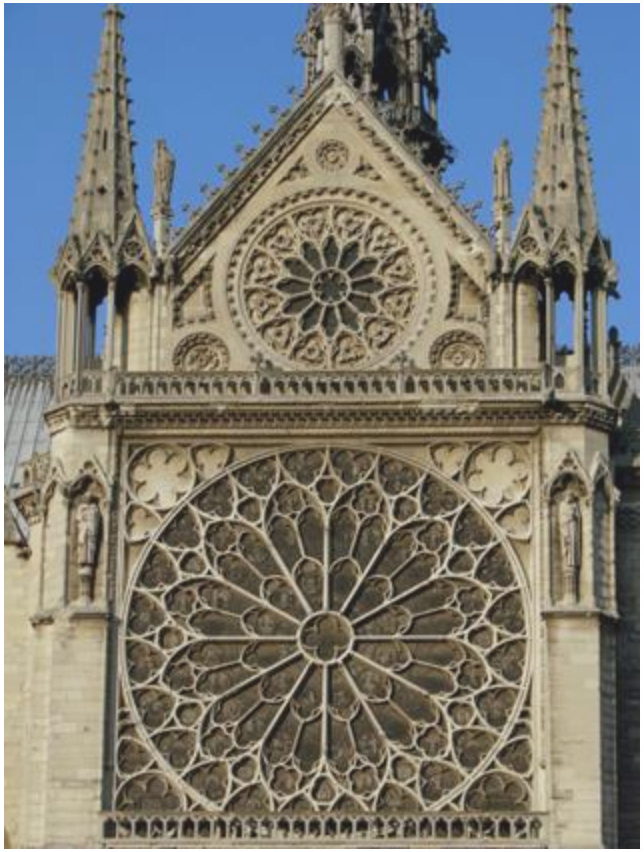
Kreisornamente (Rosetten)



Rosone di Orvieto (22-teilig)
22? Die Anzahl Buchstaben des hebräischen Alphabets

Rosone di Levanto (14-teilig)
14? Anzahl Stationen des Kreuzwegs
14 Nothelfer

Kreisornamente (Rosetten)



Notre-Dame de Paris: Südrose

Blütenkorb einer Sonnenblume

Kreisornamente

Echinopsis candicans
Igelkaktus

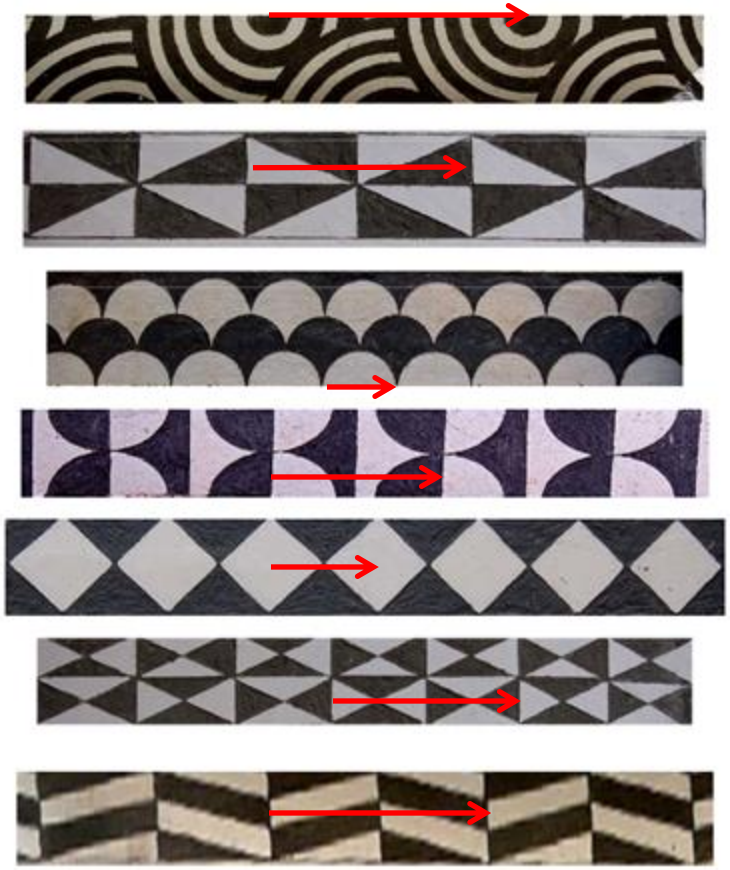
Gewöhnliche Bitterwurz ?

Bandornamente (Friese)

b) Bandornamente oder **Friese**

Unter den Symmetrietransformationen gibt es nur diejenigen *Translationen*, deren Vektoren *ganzzahlige* Vielfache eines festen Vektors sind.

Man beachte: Bandornamente sind stets unendlich ausgedehnt zu denken!



Friese in Pyrgí (Chios, Griechenland)

Bandornamente (Friese)

Hof in Lüsai (Val Müstair)

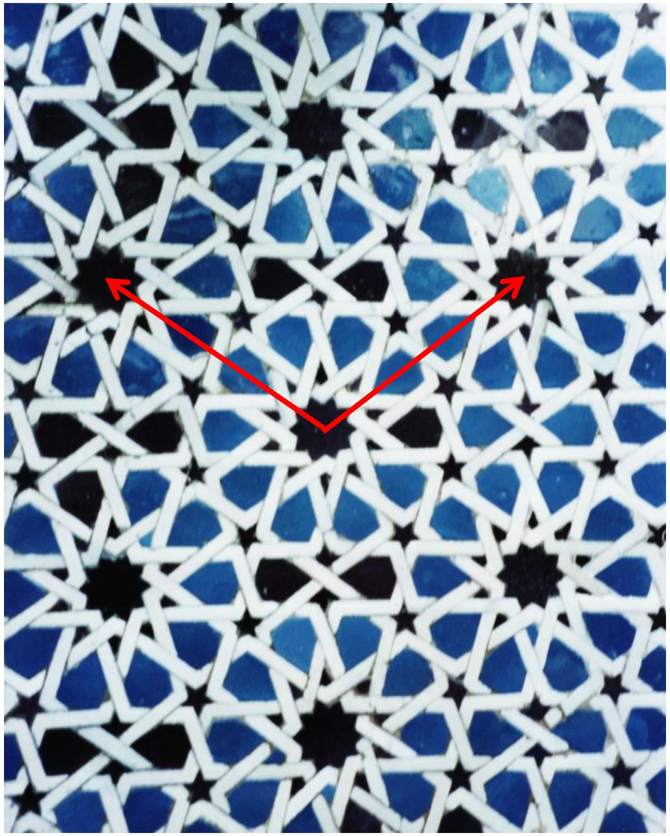
Haus in Müstair

Flächenornamente (Wandmuster)

c) **Flächenornamente** oder **Wandmuster**

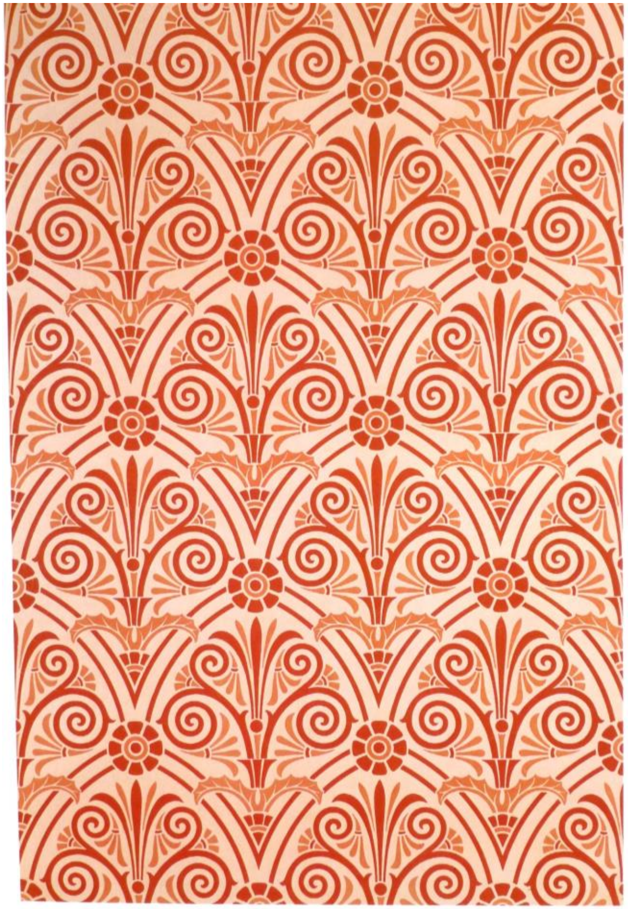
Unter den Symmetrien gibt es nur diejenigen Translationen, deren Vektoren ganzzahlige Linearkombinationen von zwei festen nicht-kollinearen Basis-Vektoren sind.

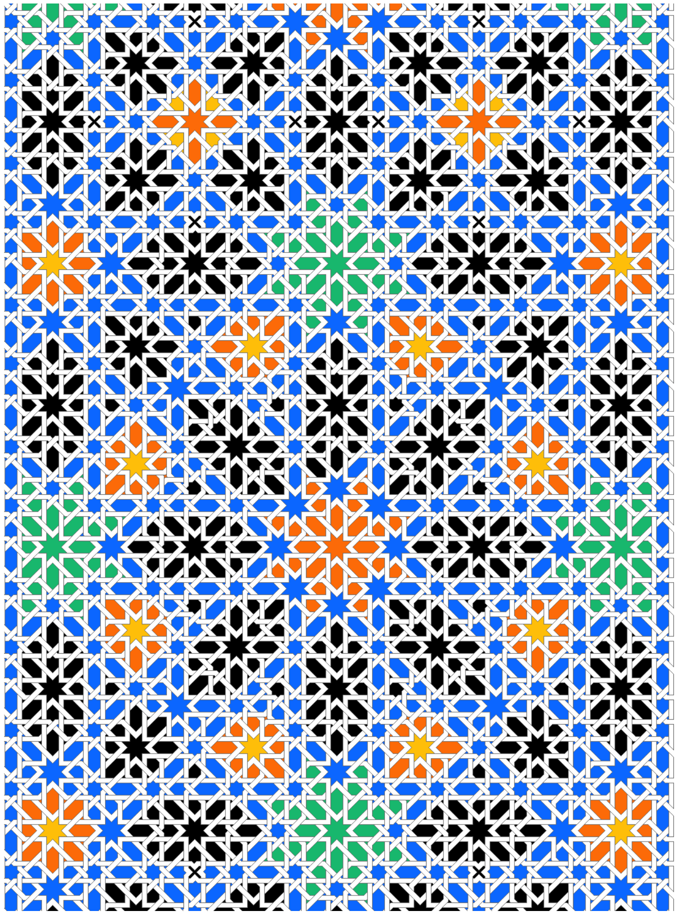
Man beachte: Flächenornamente sind in beiden Basis-Richtungen unendlich ausgedehnt zu denken!



Alhambra (Granada, Spanien)

Flächenornamente (Wandmuster)

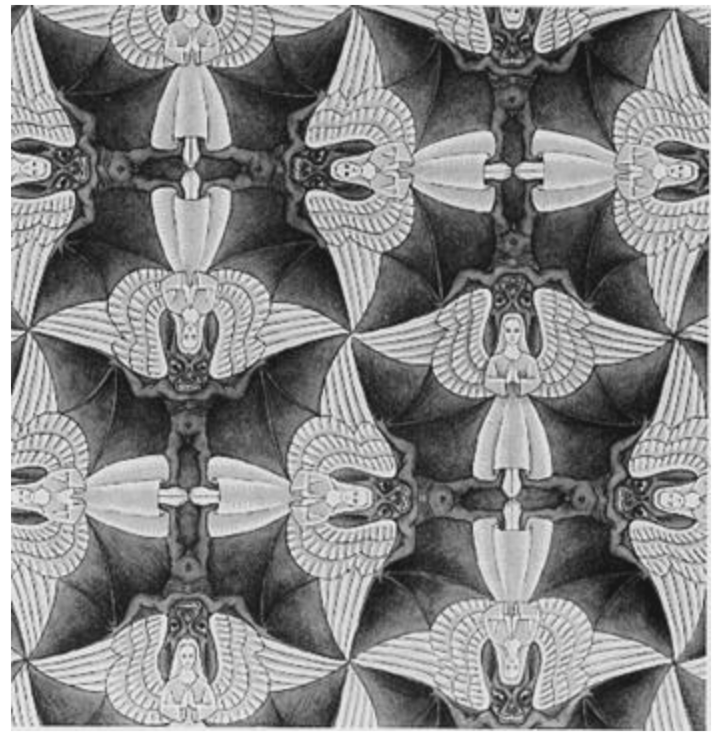




Flächenornamente (Wandmuster)

Alhambra (Granada, Spanien)

Flächenornamente (Wandmuster)



M. C. Escher

Die Idee der Symmetriegruppe

Sind S und T zwei *Symmetrien* einer Figur, so ist auch ihre Verknüpfung $T \circ S$ eine *Symmetrie* dieser Figur.

Regeln für die Verknüpfung von Symmetrien:

(G1) $(T \circ S) \circ R = T \circ (S \circ R)$ (Assoziativität)

(G2) $T \circ I = I \circ T = T$ (I = Identität, neutrales Element I)

(G3) $T^{-1} \circ T = T \circ T^{-1} = I$ (zu T inverses Element T^{-1})

Die Idee der Symmetriegruppe

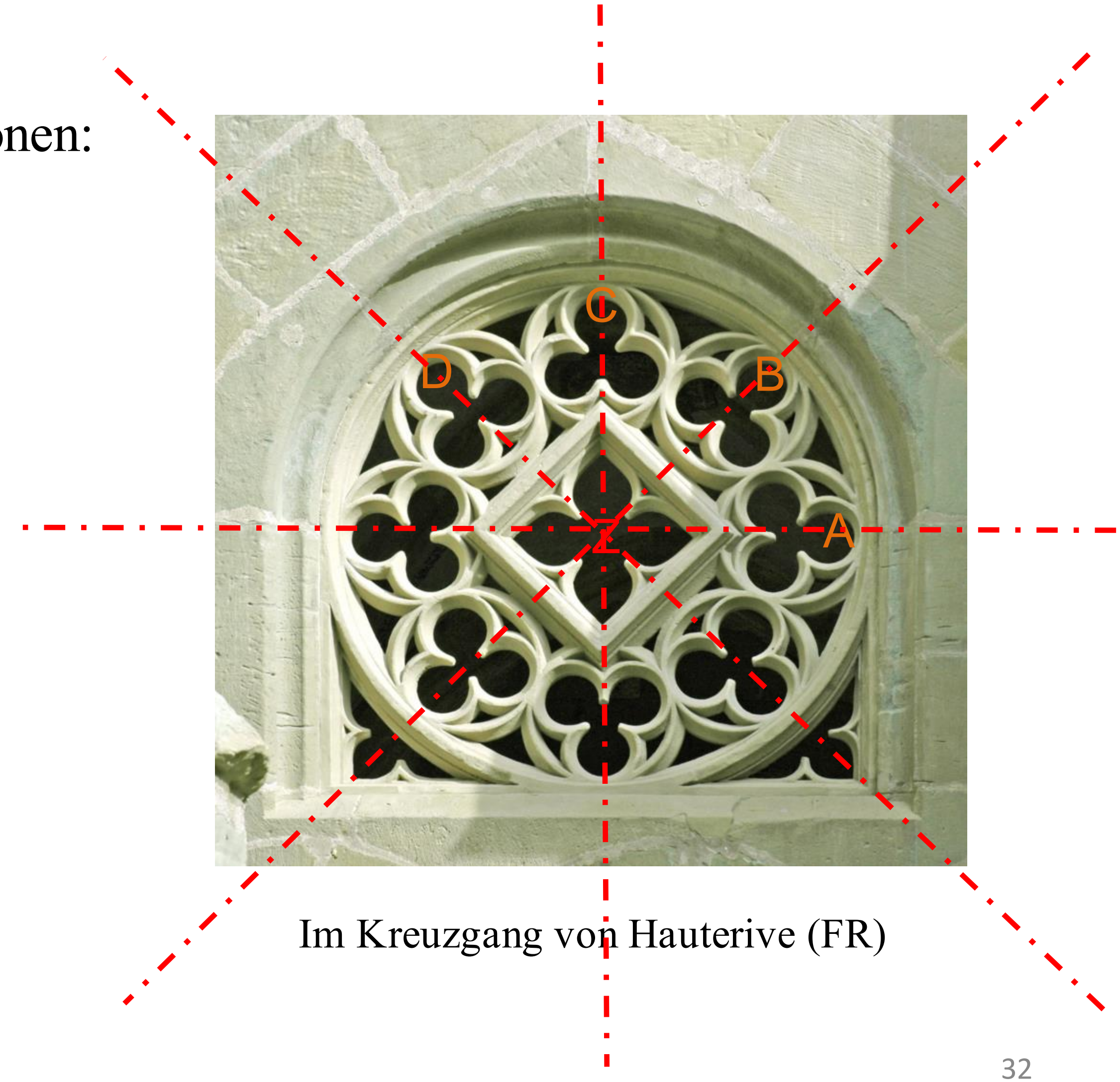
Falls die Regeln (G1), (G2) und (G3) in einem Rechenbereich uneingeschränkt gelten, nennt man ihn eine **Gruppe**.

Die *Symmetrien einer gegebenen Figur* bilden einen solchen Rechenbereich. Man nennt ihn **Symmetriegruppe** der Figur.

Beispiel: Symmetriegruppe eines Kreisornaments –
eine *Rosettengruppe*

Beispiel einer Rosettengruppe

- Symmetrietransformationen:
- Geradenspiegelungen
  S_a, S_b, S_c, S_d
- Drehungen
  $R_{Z,90°}, R_{Z,180°}, R_{Z,270°}, I$
- Verknüpfungen, z.B.
- $R_{Z,180°} \circ R_{Z,90°} = R_{Z,270°}$
- $S_b \circ S_a = R_{Z,90°}$
- $R_{Z,180°} \circ S_c = S_a$



Im Kreuzgang von Hauterive (FR)

Symmetriegruppe des Quadrates

Verknüpfungstafel (Gruppentafel)

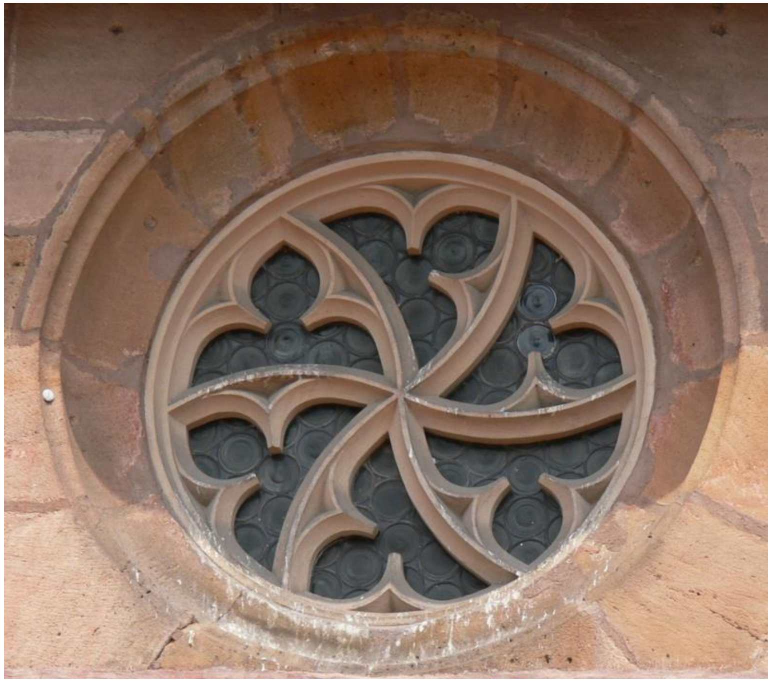
$\circ$	I	$R_{Z,90°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,270°}$	S_a	S_b	S_c	S_d
I	I	$R_{Z,90°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,270°}$	S_a	S_b	S_c	S_d
$R_{Z,90°}$	$R_{Z,90°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,270°}$	I	S_b	S_c	S_d	S_a
$R_{Z,180°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,270°}$	I	$R_{Z,90°}$	S_c	S_d	S_a	S_b
$R_{Z,270°}$	$R_{Z,270°}$	I	$R_{Z,90°}$	$R_{Z,180°}$	S_d	S_a	S_b	S_c
S_a	S_a	S_d	S_c	S_b	I	$R_{Z,270°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,90°}$
S_b	S_b	S_a	S_d	S_c	$R_{Z,90°}$	I	$R_{Z,270°}$	$R_{Z,180°}$
S_c	S_c	S_b	S_a	S_d	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,90°}$	I	$R_{Z,270°}$
S_d	S_d	S_c	S_b	S_a	$R_{Z,270°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,90°}$	I

Klassifikation von Ornamenten nach ihrer Symmetriegruppe

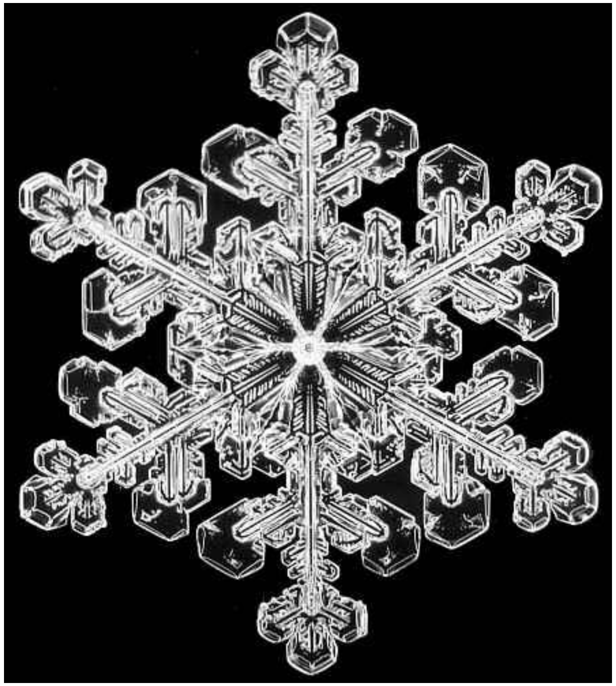
- Unermessliche Vielfalt…
- Klassifikation bringt Ordnung und Abgrenzung…
- Symmetrien erkennen…
- Ornamente einordnen und ihre Mannigfaltigkeit verstehen…

Klassifikation der Ornamente nach ihrer Symmetriegruppe

1. **Rosettengruppen**:



C_6 : Zyklische Gruppe der Ordnung 6



D_6 : Diedergruppe der Ordnung 12

Zu jeder Zahl n gibt es Symmetriegruppen C_n und D_n

Rosettengruppen

Symmetriegruppe D_{21}

Symmetriegruppe C_{34}

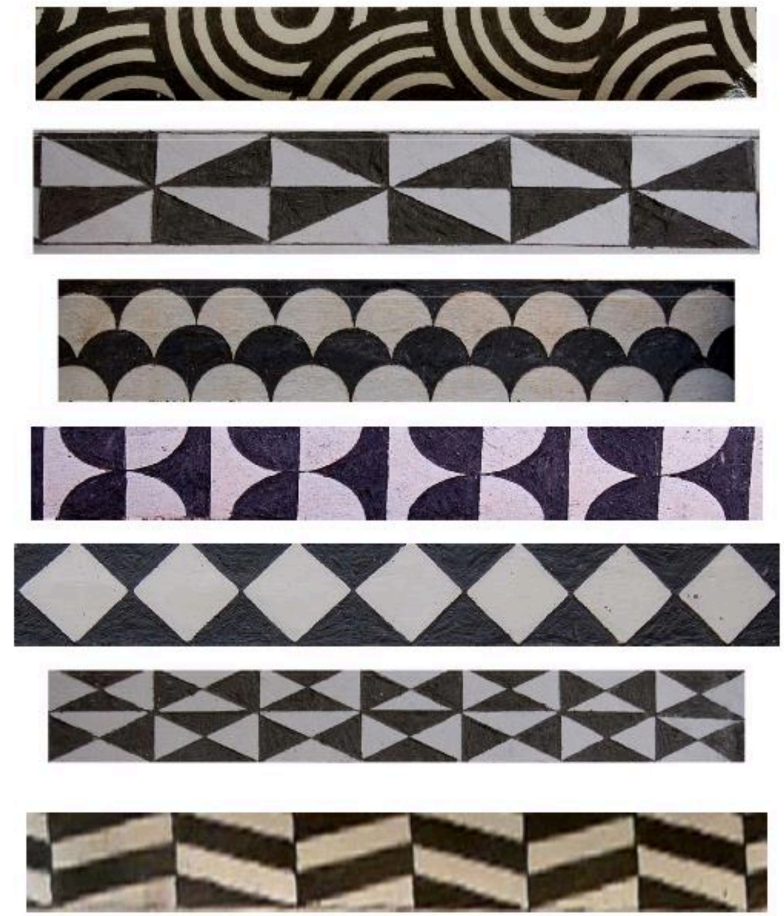
Klassifikation der Ornamente nach ihrer Symmetriegruppe

2. **Friesgruppen**

Es gibt genau *sieben* verschiedene Friesgruppen.

Es gibt somit auch genau **7** Klassen von Friesen oder Bandornamenten.

(George Polya, 1924)



Klassifikation der Ornamente nach ihrer Symmetriegruppe

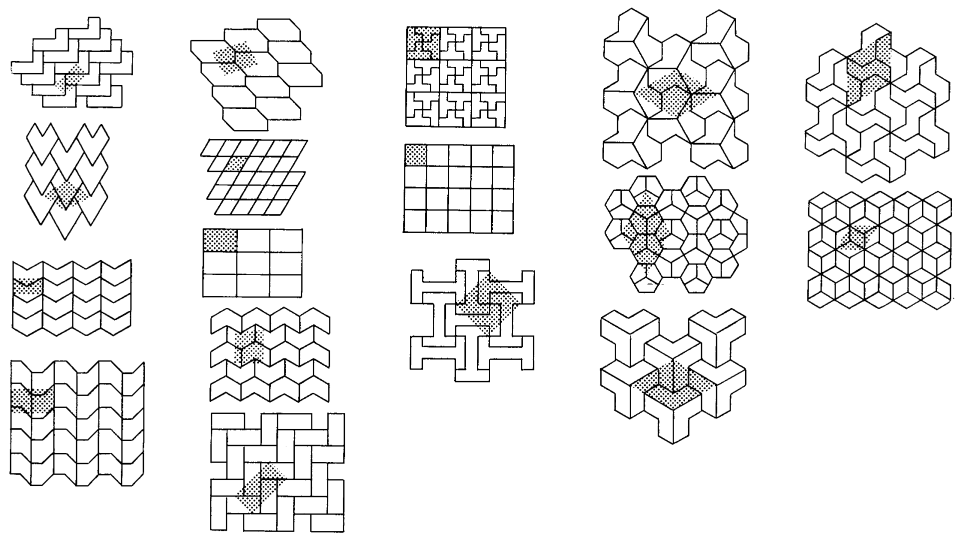
3. Ornamentgruppen oder ebene kristallographische Gruppen

17 verschiedene Symmetrie-gruppen.

17 Klassen von Flächen-ornamenten.

E. S. Fedorov 1891

George Polya
Paul Niggli 1924



Verknüpfungstafel der Gruppe D_4

I	$R_{Z,90°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,270°}$	S_a	S_b	S_c	S_d
$R_{Z,90°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,270°}$	I	S_b	S_c	S_d	S_a
$R_{Z,180°}$	$R_{Z,270°}$	I	$R_{Z,90°}$	S_c	S_d	S_a	S_b
$R_{Z,270°}$	I	$R_{Z,90°}$	$R_{Z,180°}$	S_d	S_a	S_b	S_c
S_a	S_d	S_c	S_b	I	$R_{Z,270°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,90°}$
S_b	S_a	S_d	S_c	$R_{Z,90°}$	I	$R_{Z,270°}$	$R_{Z,180°}$
S_c	S_b	S_a	S_d	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,90°}$	I	$R_{Z,270°}$
S_d	S_c	S_b	S_a	$R_{Z,270°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,90°}$	I

Lateinische Quadrate: Definition

Lateinisches Quadrat der Ordnung *n*

Quadratisches Schema mit n Zeilen und n Spalten, in denen n verschiedene Symbole so angeordnet sind, dass jedes Symbol in jeder Zeile und jeder Spalte genau einmal vorkommt.

Beispiele für $n = 3$

1	2	3
2	3	1
3	1	2

1	2	3
3	1	2
2	3	1

Beispiele von Lateinischen Quadraten

Beispiel für $n = 5$

A	B	C	D	E
B	C	D	E	A
C	D	E	A	B
D	E	A	B	C
E	A	B	C	D

Weitere Klassen von Beispielen:

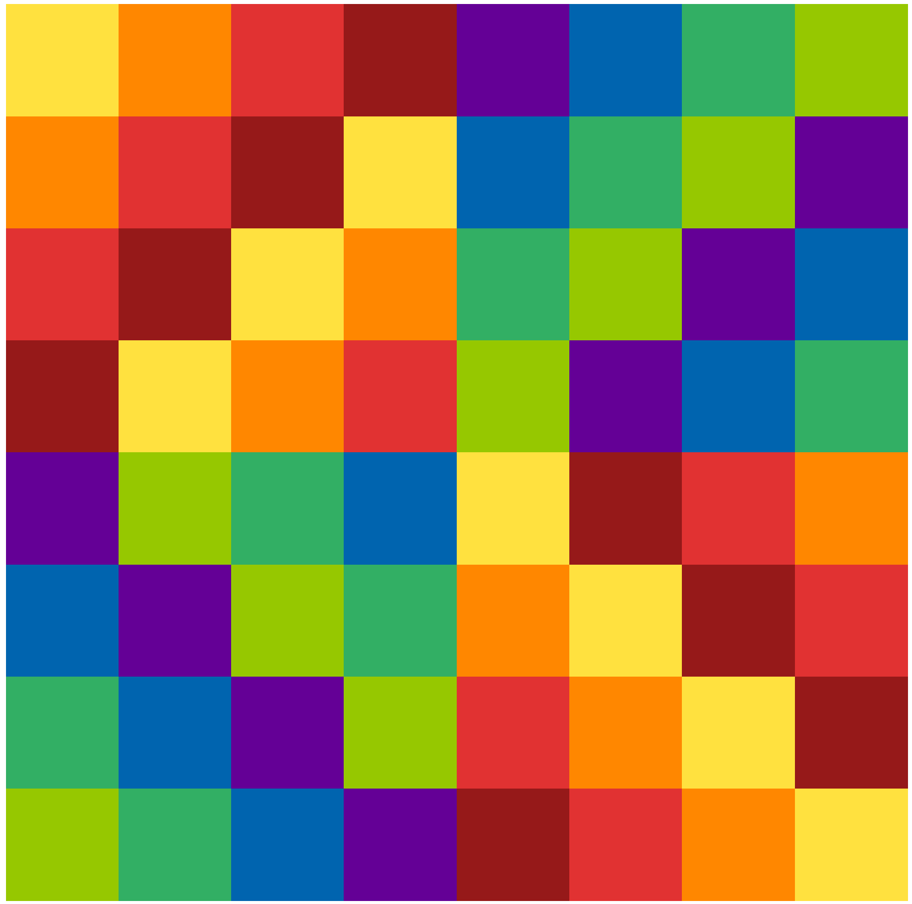
- Gruppentafeln:
  Verknüpfungstafeln endlicher Gruppen
- Sudokus
  sind lateinische Zahlenquadrate mit zusätzlicher Bedingung

Verknüpfungstafel der Gruppe D_4

I	$R_{Z,90°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,270°}$	S_a	S_b	S_c	S_d
$R_{Z,90°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,270°}$	I	S_b	S_c	S_d	S_a
$R_{Z,180°}$	$R_{Z,270°}$	I	$R_{Z,90°}$	S_c	S_d	S_a	S_b
$R_{Z,270°}$	I	$R_{Z,90°}$	$R_{Z,180°}$	S_d	S_a	S_b	S_c
S_a	S_d	S_c	S_b	I	$R_{Z,270°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,90°}$
S_b	S_a	S_d	S_c	$R_{Z,90°}$	I	$R_{Z,270°}$	$R_{Z,180°}$
S_c	S_b	S_a	S_d	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,90°}$	I	$R_{Z,270°}$
S_d	S_c	S_b	S_a	$R_{Z,270°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,90°}$	I

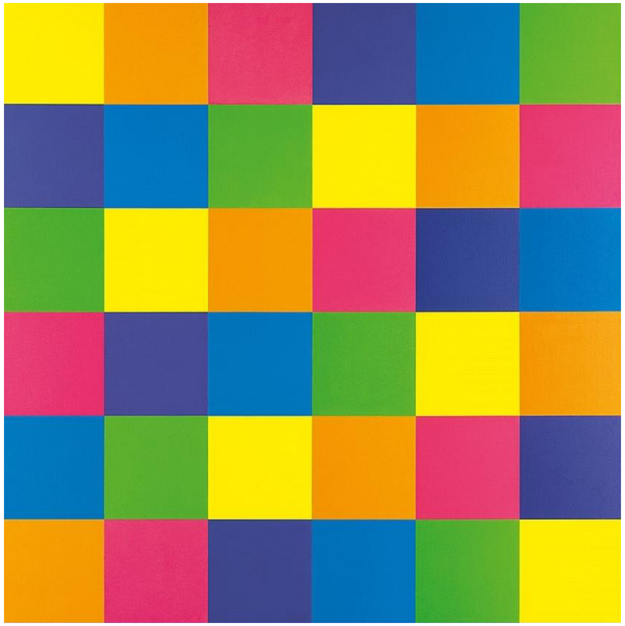
Lateinisches Quadrat der Ordnung 8

Verknüpfungstafel der Gruppe D_4



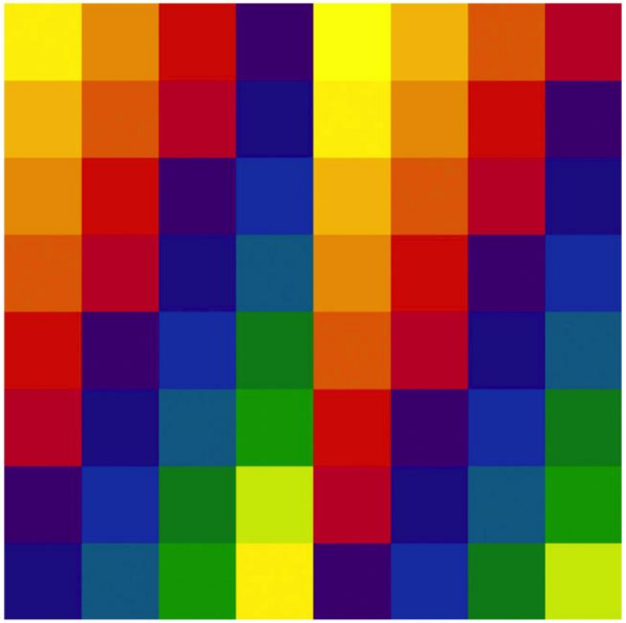
Lateinisches Quadrat der Ordnung 8

Die Quadratmuster des Richard Paul Lohse



Richard Paul Lohse (1902-1988)

Komplementäre Gruppen durch sechs horizontale systematische Farbreihen 1950/1976/2



Richard Paul Lohse

Acht vertikale systematische Farbreihen 1955/1969

Lohse-Quadrate

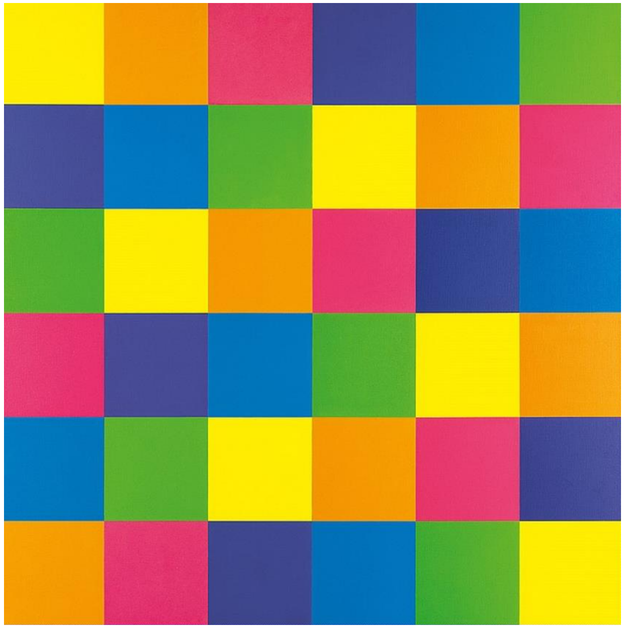
Viele Quadratmuster von Richard P. Lohse sind *lateinische Farbquadrate*: Jede Farbe kommt in jeder Zeile und in jeder Spalte genau einmal vor.

Bilder mit 6, 12, 15, 18, 30 Farben.

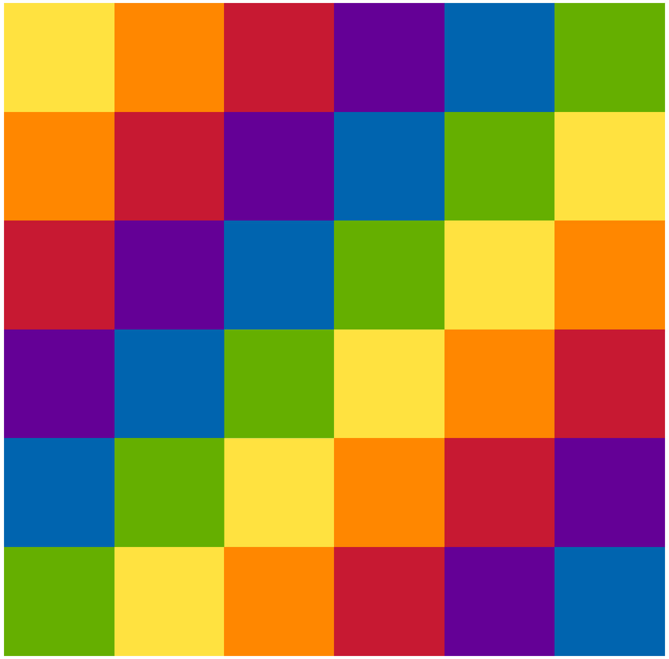
„Farbmengengleichheit“

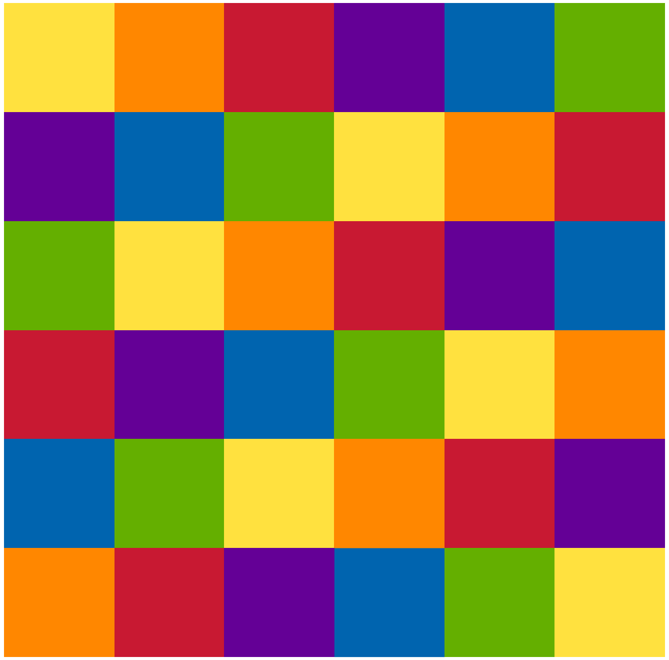
Rösselsprung-Regel: Diagonal sich berührende Felder sind stets verschieden gefärbt.

Solche lateinische Quadrate werden **Lohse-Quadrate** genannt.



Lateinische Quadrate mit Variationen

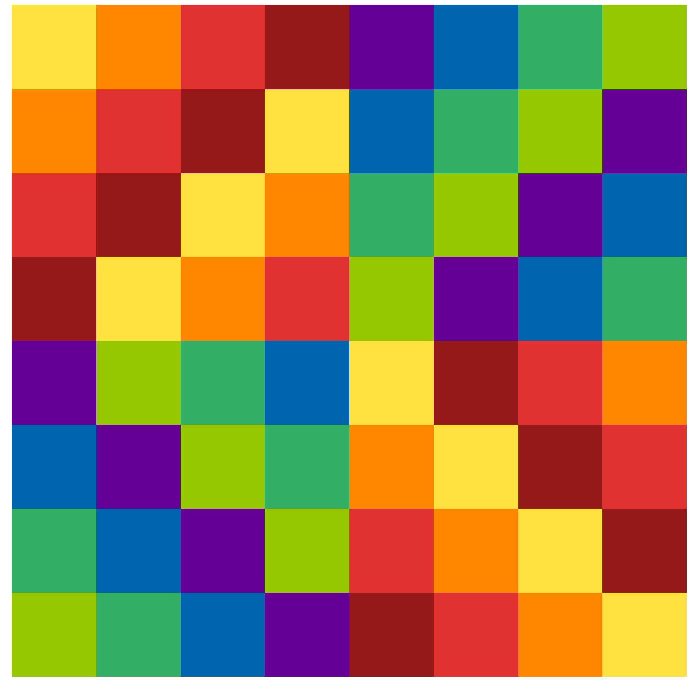




Durch Vertauschen von Zeilen oder Spalten entsteht wieder ein Lateinisches Quadrat: Aus der eingefärbten Verknüpfungstafel der Gruppe C_6 ist ein *Lohse-Quadrat* entstanden!

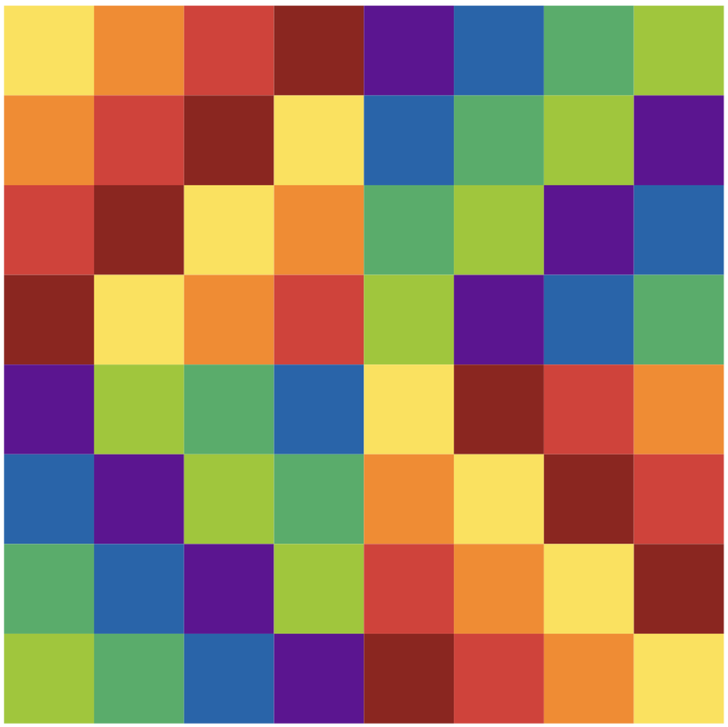
Verknüpfungstafel der Diedergruppe D_4

I	$R_{Z,90°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,270°}$	S_a	S_b	S_c	S_d
$R_{Z,90°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,270°}$	I	S_b	S_c	S_d	S_a
$R_{Z,180°}$	$R_{Z,270°}$	I	$R_{Z,90°}$	S_c	S_d	S_a	S_b
$R_{Z,270°}$	I	$R_{Z,90°}$	I	S_d	S_a	S_b	S_c
S_a	S_d	S_c	S_b	I	$R_{Z,270°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,90°}$
S_b	S_a	S_d	S_c	$R_{Z,90°}$	I	$R_{Z,270°}$	$R_{Z,180°}$
S_c	S_b	S_a	S_d	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,90°}$	I	$R_{Z,270°}$
S_d	S_c	S_b	S_a	$R_{Z,270°}$	$R_{Z,180°}$	$R_{Z,90°}$	I

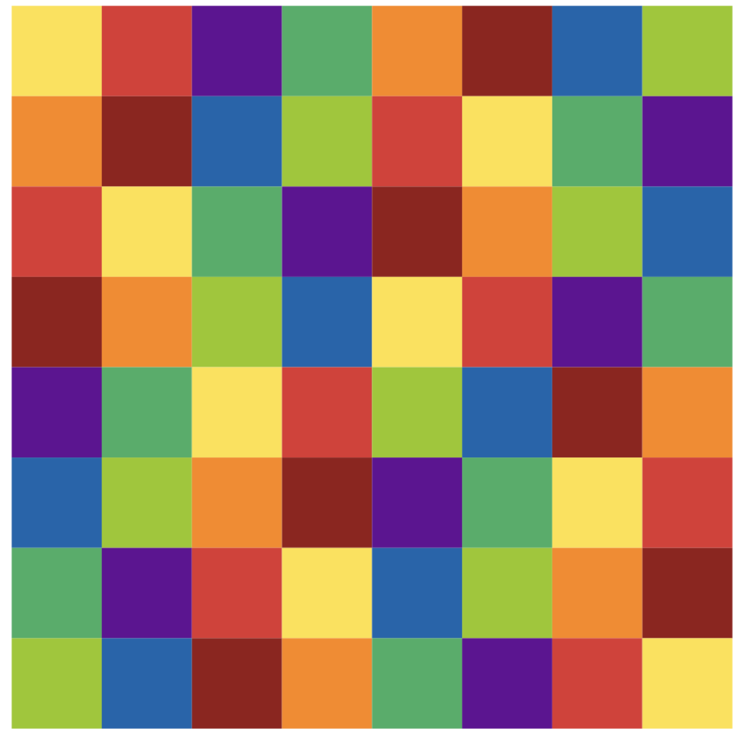


Kein Lohse-Quadrat!

Verknüpfungstafel der Gruppe D_4
Vertauschen von Spalten



Kein Lohse-Quadrat



Lohse-Quadrat!

Cayley-Tafeln

– Verknüpfungstafeln endlicher Gruppen:
Bis jetzt: Reihenfolge der Elemente horizontal und vertikal dieselbe.

– Dies muss nicht so sein!

– Eine **Cayley-Tafel** einer endlichen Gruppe G ist eine Verknüpfungstafel, in welcher die Reihenfolge der Elemente nicht festgelegt ist.

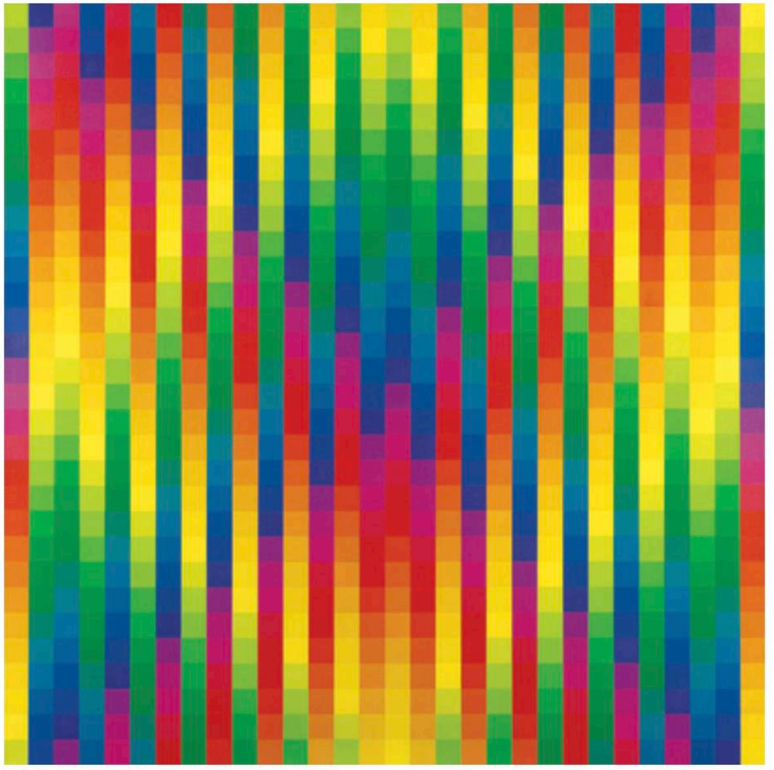
– Genauer: Ist G eine Gruppe mit n Elementen, und sind $v = (g_1, g_2, ..., g_n)$ und $h = (g_1‘, g_2‘, ..., g_n‘)$ zwei Aufzählungen der Elemente von G, so ist die nxn-Matrix C mit den Einträgen $c_{ik} = (g_i \circ g_k‘)$ $(1 \leq i, k \leq n)$ eine *Cayley-Tafel* der Gruppe G.

Cayley-Tafeln: Beispiele

Beispiele von eingefärbten Cayley-Tafeln:

Die durch Vertauschen von Zeilen oder Spalten aus der zyklischen Gruppe C_6 und der Diedergruppe D_4 entstandenen Lohse-Quadrate.

Auch die „gelbe Raute“ ist eine eingefärbte Cayley-Tafel, nämlich der zyklischen Gruppe der Ordnung 30!



Lohse-Quadrate und Lohse-Gruppen

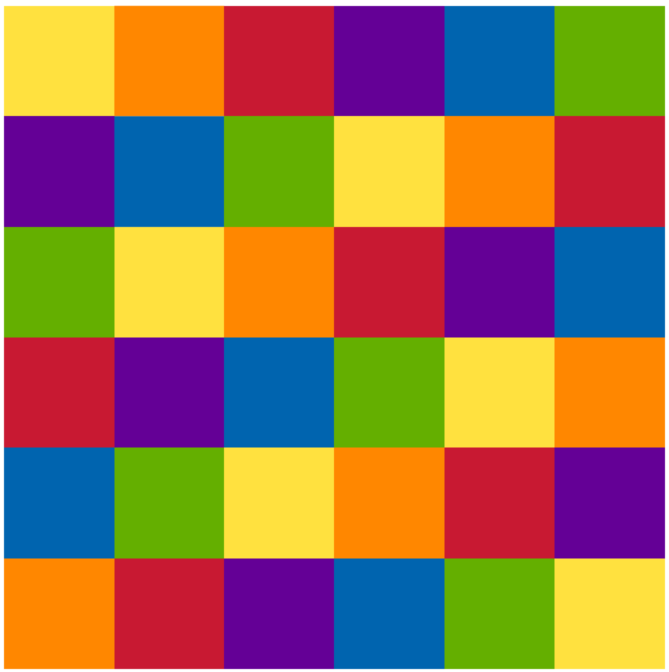
Ein **Lohse-Quadrat** der Ordnung n ist ein Lateinisches Quadrat A mit der Eigenschaft, dass diagonal angrenzende Felder stets verschiedene Farben haben: $A = (a_{i,k})$ mit $a_{i,k} \neq a_{i+1,k+1}$ und $a_{i,k+1} \neq a_{i+1,k}$ für alle $1 \leq i, k < n$

Die Bezeichnung stammt aus einem Brief, den der Zürcher Mathematiker *Heinrich Meier-Wunderli* 1986 an Richard Paul Lohse geschrieben hat.

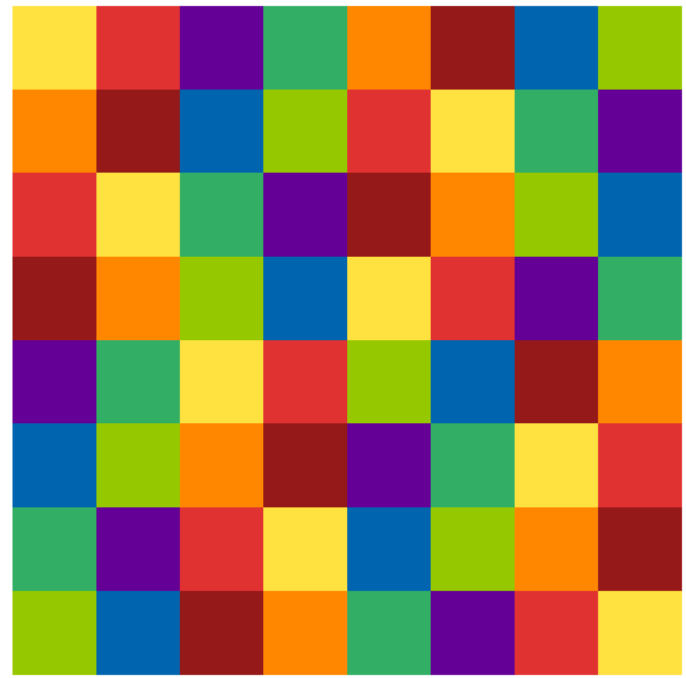
Wir nennen eine endliche Gruppe G eine **Lohse-Gruppe**, falls G eine Cayley-Tafel besitzt, welche ein Lohse-Quadrat ist.

Der erste, der meines Wissens Lohse-Gruppen untersucht hat, ist mein Studienkollege *David Meier*, ein Sohn von Heinrich Meier.

Beispiele von Lohse-Gruppen



Zyklische Gruppe C_6



Diedergruppe D_4

Die Vielfalt der Lohse-Gruppen

Tatsache ist nun, dass es sehr viele Lohse-Gruppen gibt!

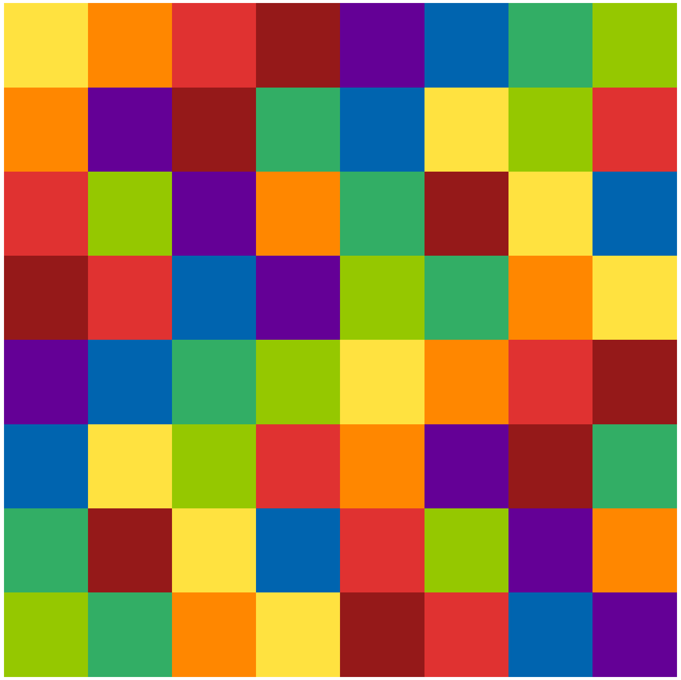
Satz
(David Meier, Roland Lötscher)
Alle endlichen Gruppen, mit Ausnahme der Gruppen der Ordnung 2, 3 und 4 sowie der **Quaternionengruppe Q_8**, sind Lohse-Gruppen!

$\cdot$	1	i	j	k	-1	$-i$	$-j$	$-k$
1	1	i	j	k	-1	$-i$	$-j$	$-k$
i	i	-1	k	$-j$	$-i$	1	$-k$	j
j	j	$-k$	-1	i	$-j$	k	1	$-i$
k	k	j	$-i$	-1	$-k$	$-j$	i	1
-1	-1	$-i$	$-j$	$-k$	1	i	j	k
$-i$	$-i$	1	$-k$	j	i	-1	k	$-j$
$-j$	$-j$	k	1	$-i$	j	$-k$	-1	i
$-k$	$-k$	$-j$	i	1	k	j	$-i$	-1

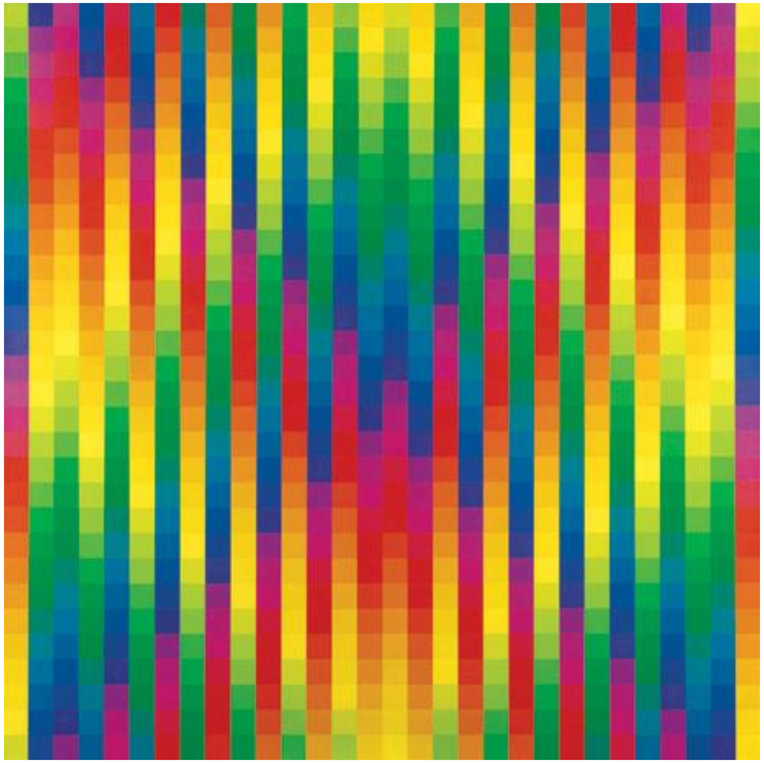
Quaternionengruppe Q_8

Die Quaternionengruppe

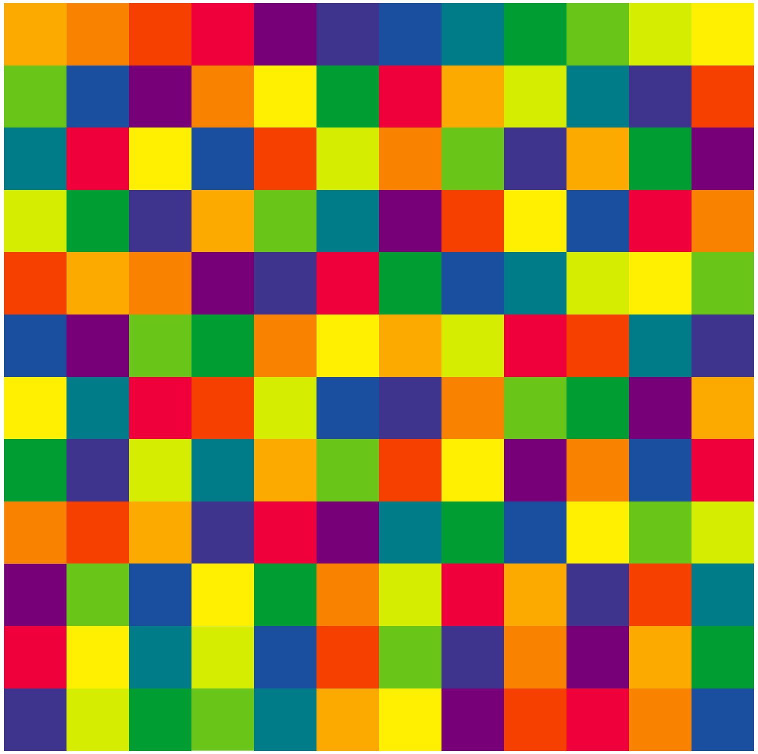
1	i	j	k	-1	$-i$	$-j$	$-k$
i	-1	k	$-j$	$-i$	1	$-k$	j
j	$-k$	-1	i	$-j$	k	1	$-i$
k	j	$-i$	-1	$-k$	$-j$	i	1
-1	$-i$	$-j$	$-k$	1	i	j	k
$-i$	1	$-k$	j	i	-1	k	$-j$
$-j$	k	1	$-i$	j	$-k$	-1	i
$-k$	$-j$	i	1	k	j	$-i$	-1



Die Vielfalt der Lohse-Gruppen



Zyklische Gruppe C_{30}



Alternierende Gruppe A_4
Roland Lötscher

Die Zürcher Konkreten

- „Zürcher Schule der Konkreten“ entstand in den 1930er-Jahren an der *Kunstgewerbeschule Zürich*
- Entwicklung einer gegenstandsfreien geometrisch-farblichen Ordnung
- Ausstellung „Zürcher Konkrete Kunst“, 1949 in Stuttgart, München und Zürich
- Zum Kern der „Zürcher Konkreten“ gehören
  - Max Bill (1908 – 1994)
  - Camille Graeser (1892 – 1980)
  - Verena Loewensberg (1912 – 1986)
  - Richard Paul Lohse (1902 – 1988)

Le Corbusier

Charles-Edouard Jeanneret-Gris (1887–1965), genannt „Le Corbusier“ schweiz.- franz. Maler, Architekt, Stadtplaner und Möbel-Designer.

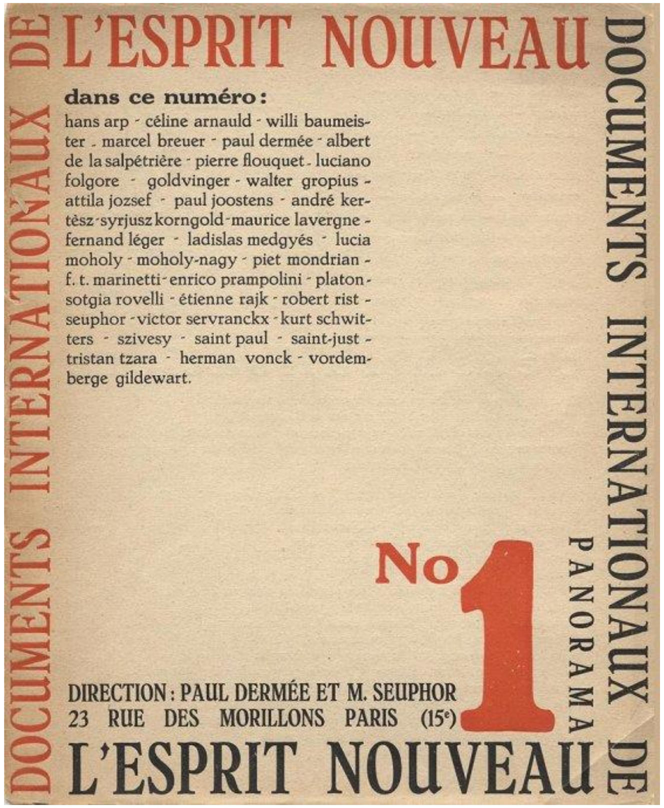
„Après le Cubisme“, Manifest von Le Corbusier und A. Ozenfant (1918) für eine neue Kunst, den *Purismus*

Begründet den Architekturstil des *Brutalismus*

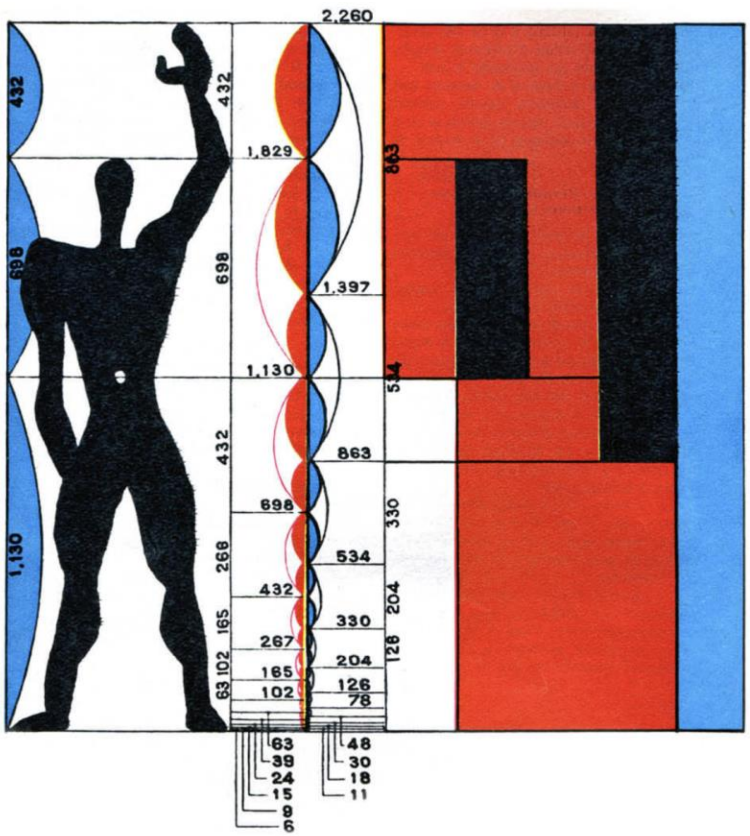
L‘Esprit Nouveau

Le Corbusier und Amédée Ozenfant:
Manifest für den *Purismus*:
- Rationale Komposition des Bildes/Bauwerkes aus elementaren geometrischen Formen,
- Goldener Schnitt ist ideale Proportion
- Vermeidung rein dekorativer Effekte

Avantgarde-Zeitschrift
L’Esprit Nouveau (1920–1925)
hsg. Ozenfant, Le Corbusier et al:
- Breites Spektrum von Themen und Ideen aus Kunst, Literatur, Architektur und Wissenschaft

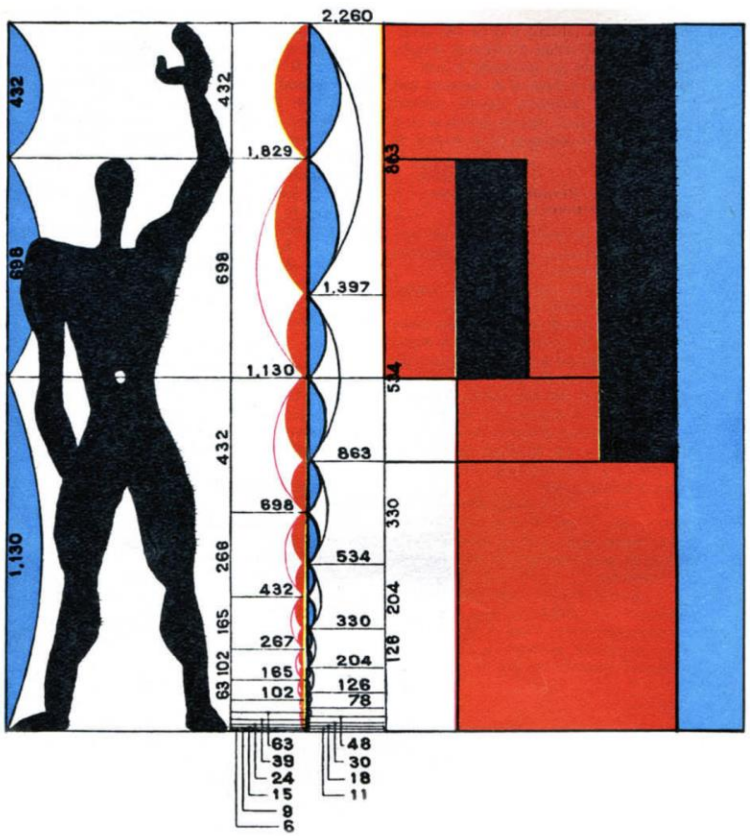


Le Corbusiers Modulor



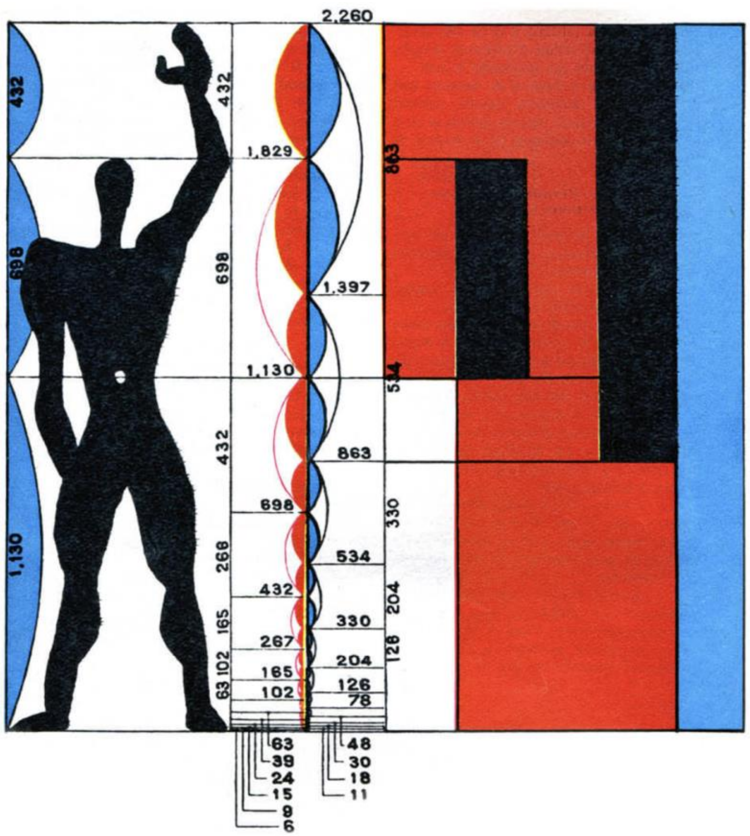
„Der Modulor ist ein Maßwerkzeug, das von der menschlichen Gestalt und der Mathematik ausgeht…“

Le Corbusiers Modulor



„… Ein Mensch mit erhobenem Arm liefert in den Hauptpunkten der Raumverdrängung - Fuß, Solarplexus, Fingerspitze des erhobenen Arms - drei Intervalle, die eine Reihe von goldenen Schnitten ergeben, die man nach Fibonacci benennt….“

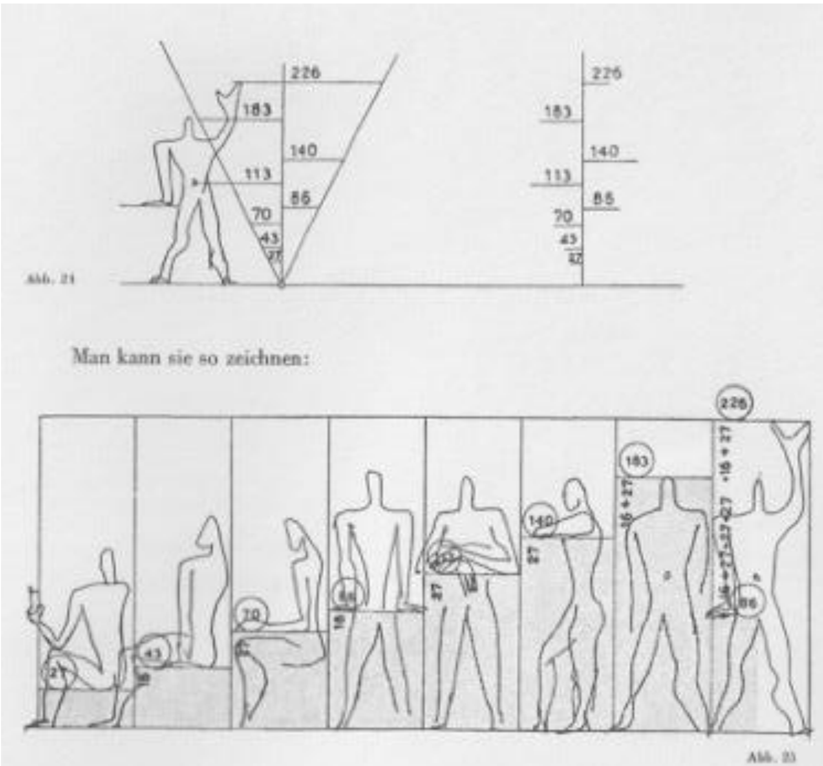
Le Corbusiers Modulor



„… Die Mathematik andererseits bietet sowohl die einfachste wie die stärkste Variationsmöglichkeit eines Wertes: die Einheit das Doppel, die beiden goldenen Schnitte.“

Le Corbusier: Der Modulor (1950), S. 55

Der Modulor



Le Corbusier: Der Modulor, S. 67

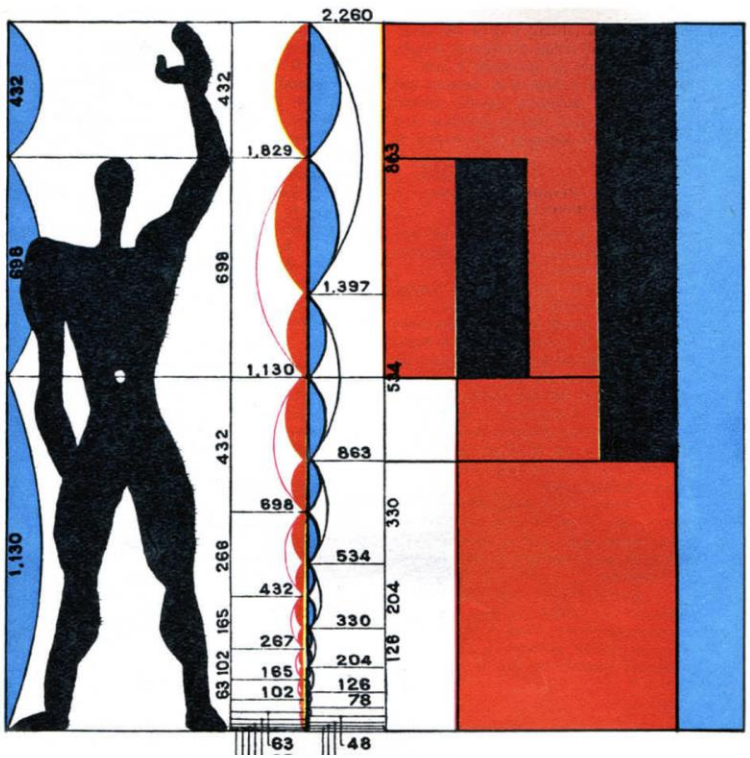
Die drei Maße 113 (Solarplexus); 183 (Scheitel); 226 (Fingerspitze) sind die Eckpunkte der von Corbusier so genannten roten und blauen Reihe.

Rote Reihe: G.S. 113 – 183
4–6–10–16–27–43–70–113–183–296

Blaue Reihe: G.S. 140 – 226
8–13–20–33–53–86–140–226–366–592

Fibonacci-Rekursion:
Nächstgrössere Zahl = Summe der beiden Vorgänger

Der Modulor



Rote und blaue Reihe
ausgedrückt in mm

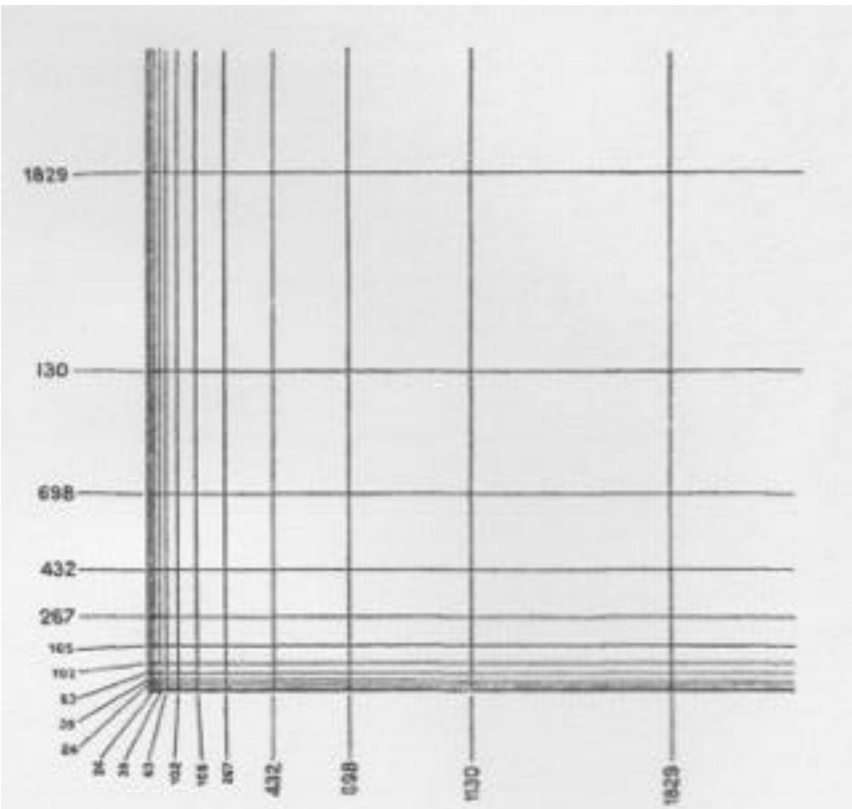
Genauer in mm:

Rote Reihe: G.S. 1130 – 1829
39–63–102–165–267–432–698–1130–1829–2959

Blaue Reihe: G.S. 1397 – 2260
78–126–204–330–534–863–1397–2260–3658–5918

Fibonacci-Rekursion:
Nächstkleinere Zahl = Differenz der beiden Vorgänger

Der Modulor



Das Maschennetz macht deutlich, dass Le Corbusiers Modulor mit dem alten Modulbegriff, der zu einem gleichförmigen statischen Raster führt, nichts gemein hat. Vielmehr entsteht eine *gerichtete, dynamische Struktur.*

Anwendung des Modulors
Das Kloster Sainte-Marie de la Tourette

Gesamtansicht
Foto unbekannt

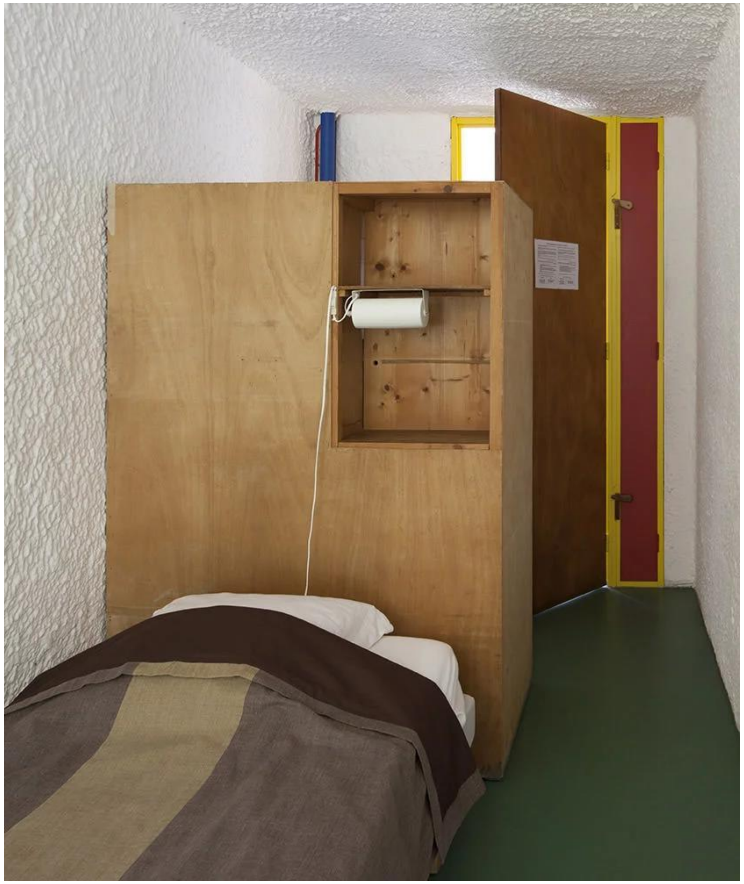
- Das Kloster Sainte-Marie de la Tourette (nahe Lyon) ist eines der bedeutendsten Werke von Le Corbusier.
- Entstanden zwischen 1956 und 1960.
- La Tourette ist ein Gesamtkunstwerk:
- Kombiniert *puristische* Formen und *brutalistische* Texturen mit revolutionären Wohnformen

Das Kloster Sainte-Marie de la Tourette

- Priesterseminar des Dominikanerordens 1945 im benachbarten Éveux gegründet.
- Ursprünglich in der Domaine de la Tourette einquartiert.
- Mit Neubau wird Le Corbusier beauftragt.
- Vertrag März 1953 abgeschlossen
- Bauphase 1956–1960
- Einweihung Oktober 1960

Ansicht von Süden
Foto: Olivier Martin-Gambier

Das Kloster Sainte-Marie de la Tourette

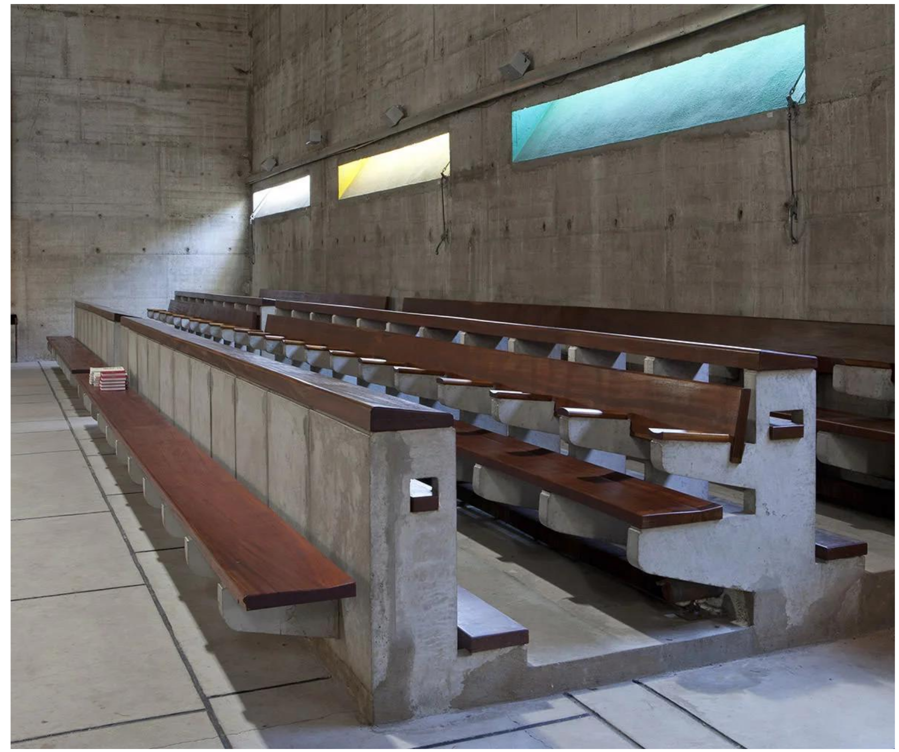


Eine Mönchszelle
Foto: Olivier Martin-Gambier

- Nachwuchsmangel im Dominikanerorden → Priesterseminar im Sommer 1969 aufgegeben
- Umwandlung in eine Forschungs- und Bildungsstätte
- Tatkräftige Hilfe von verbliebenen Studenten des Priesterseminars

Das Kloster Sainte-Marie de la Tourette

- Dominikanermönche machen Besucherführungen
- pflegen den Austausch mit Reisenden
- Reisende können im Kloster übernachten.
- La Tourette bevorzugtes Ziel für Exkursionen im Rahmen der Architekturausbildung.



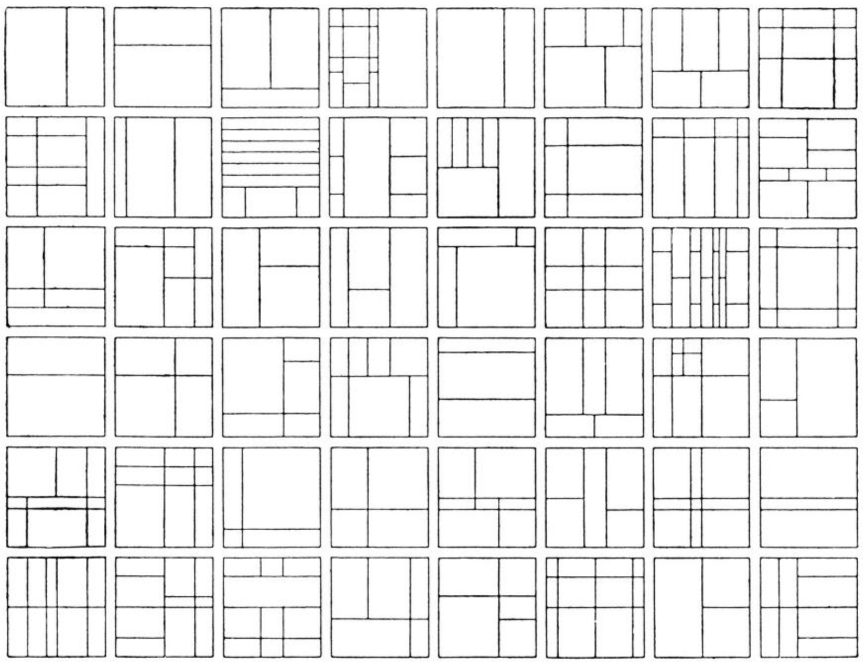
Innenraum der Kirche
Foto: Olivier Martin-Gambier

Das Kloster Sainte-Marie de la Tourette

Innenhof mit Verbindungsgängen
Foto: Olivier Martin-Gambier

- „pans de verre ondulatoires“ Rhythmisierte Fensterteilung
- von *Iannis Xenakis* (1922–2001) Komponist und Architekt griechischer Herkunft
- Chefassistent von Le Corbusier beim Bau von La Tourette
- „Architektur ist gefrorene Musik“
- Fenster im Innenhof: verglaste Betonrahmen, Rechtecke gemäss „Spiel der Füllungen“ (Modulor)

Das Kloster Sainte-Marie de la Tourette

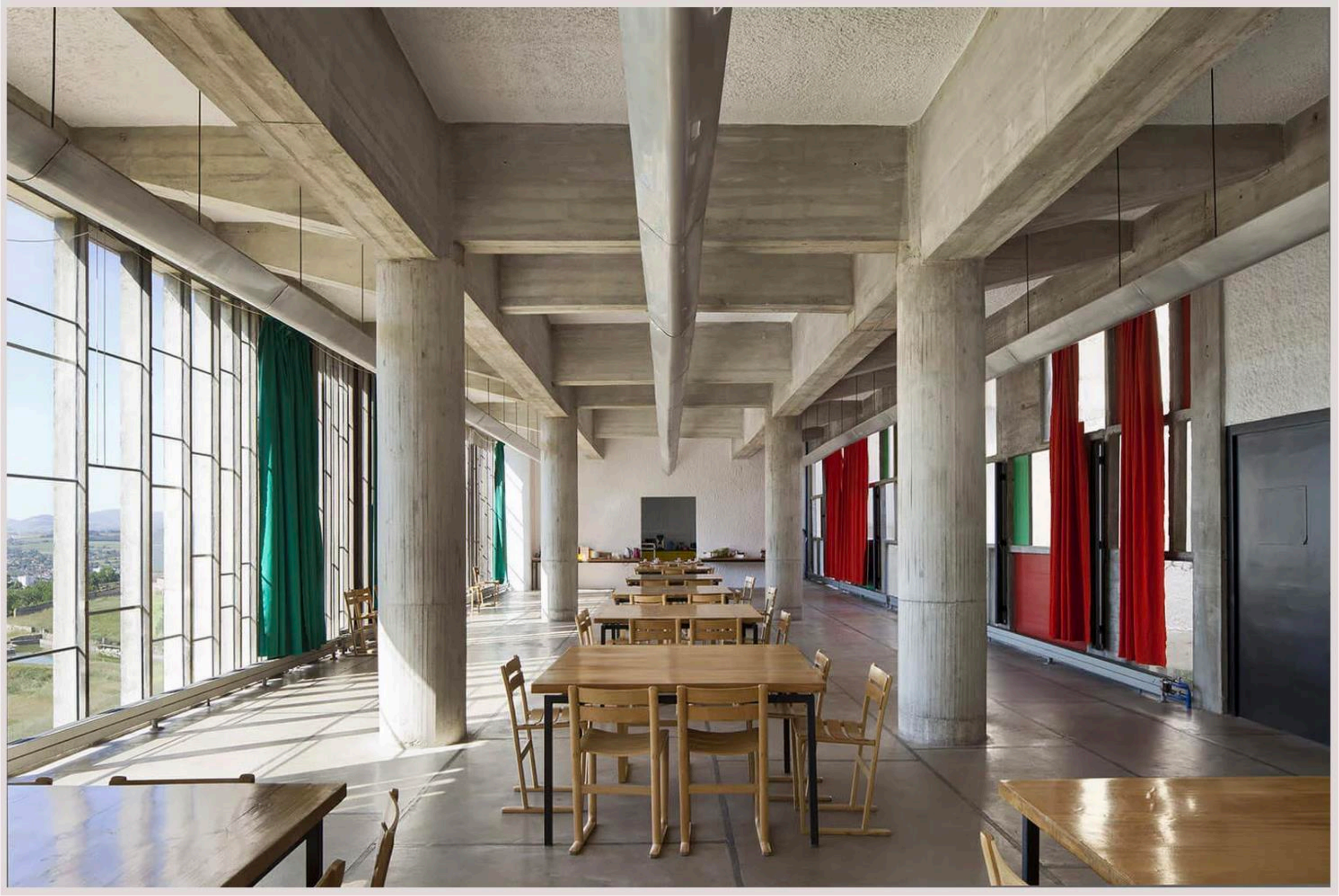


„Spiel der Füllungen“
Der Modulor, S. 95

Die Fenster im Innenhof bestehen aus verglasten Betonrahmen, die Rechtecke entsprechen dem „Spiel der Füllungen“ (Modulor)

„Architektur ist gefrorene Musik“

Das Kloster Sainte-Marie de la Tourette



Refektorium
Foto: Olivier Martin-Gambier