

Faltwerk als geometrischer Begriff

Autor(en): **Lagerpusch, Siegfried**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bauen + Wohnen = Construction + habitation = Building + home : internationale Zeitschrift**

Band (Jahr): **21 (1967)**

Heft 12: **Bauen in England = Construction en Angleterre = Building in England**

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-333007>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

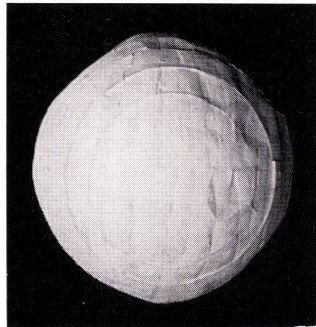
Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Faltwerk als geometrischer Begriff

Das Wort Faltwerk wird im Bauwesen gewöhnlich zur Benennung einiger Flächentragwerke benutzt.

In dieser Abhandlung wird unabhängig davon eine geometrische Begriffsbestimmung für Faltwerke entwickelt, die lediglich den an praktischen Faltversuchen erkannten Gesetzmäßigkeiten des Faltens entsprechen soll. Im deutschen Wörterbuch von Trübner ist zu lesen: «Werk – durch Schaffen (Wirken) Hervorgebrachtes.» Seiner Wortbedeutung nach ist ein Faltwerk demnach das Ergebnis des Faltens.



2.1

Falten als Vorgang

Unter falten ist zu verstehen: ein flächiges Ding umbiegen, zusammendrücken und knicken; es dabei durch Faltknicke unterteilen, es dabei zusammenlegen.

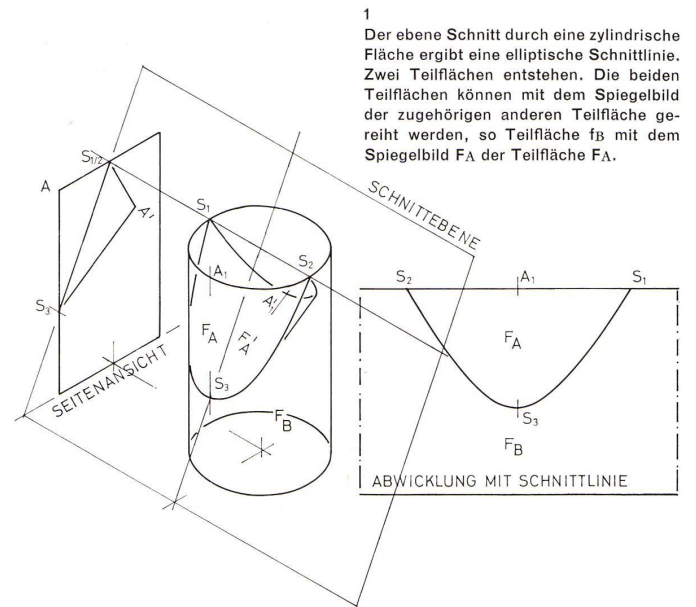
In den Worten biegen, drücken und knicken klingt an, daß beim Falten eine Kraft wirksam wird. Sie wirkt gegen den Biegewiderstand des Materials und verformt es innerhalb der Knicke.

Beim Knicken faltbarer Materialien wird der Biegewiderstand des Materials im Faltgrat überwunden und bei wiederholtem Falten so weit aufgehoben, daß die Verbindung der Flächenteile im Faltgrat scharnierartig wird.

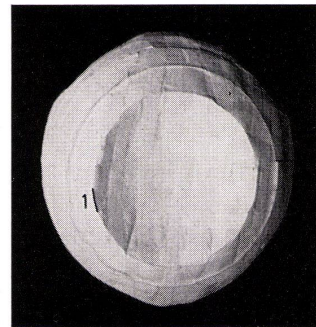
Die Biegebarkeit eines Werkstoffes allein – für Metall im Faltversuch nach DIN 1605 nachzuweisen – entscheidet nicht über seine Faltbarkeit. Glas ist wenig biegebar, Gummi ist sehr biegebar; beide Werkstoffe sind nicht faltbar. Es fehlt ihnen die Eigenschaft, in bestimmter Weise knickbar zu sein.

Die Randbedingungen des Faltvorganges können die Faltbarkeit eines Werkstoffes entscheidend beeinflussen. Papier ist in trockenem Zustand ideal faltbar. Wassergetränktes Löschpapier wird bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt des Wassers brüchig.

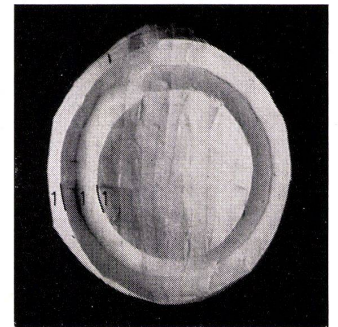
Der Faltknick ist die Spur, die der Faltvorgang in der Fläche hinterläßt. Sie läßt sich bei faltbaren Materialien nicht löschen. Die ursprünglich ungefaltete Fläche ist in eine gefaltete Fläche umgeformt, wobei die entstandenen Flächenteile aus ihrer ursprünglichen in eine neue Lage zueinander gebracht worden sind. In der Vorstellung bleibt die gefaltete Fläche auf die ursprüngliche bezogen, von der sie abgeleitet ist. Der Vorgang des



1
Der ebene Schnitt durch eine zylindrische Fläche ergibt eine elliptische Schnittlinie. Zwei Teilflächen entstehen. Die beiden Teilflächen können mit dem Spiegelbild der zugehörigen anderen Teilfläche gereiht werden, so Teilfläche FB mit dem Spiegelbild FA der Teilfläche FA.



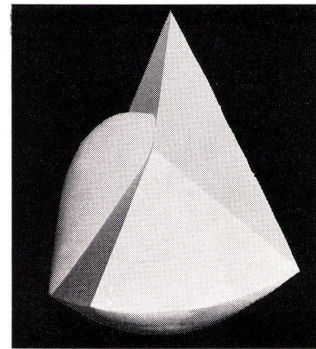
2.2



2.3

2.1, 2.2, 2.3

Beim Falten entsteht das Spiegelbild eines Flächenteils durch Umstülpen desselben.



3

3

Plastik von Henri Georges Adam. Photo Malec, Levallois-Perret.

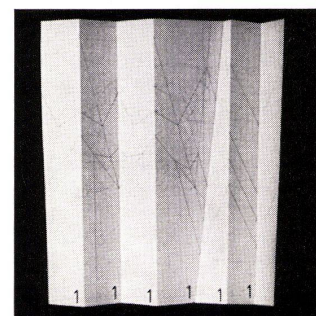
Die Kanten und Kehlen dieses Körpers sind Durchdringungslinien der Flächen, aus denen seine Oberfläche zusammengesetzt ist. Sie ist kein Faltwerk, könnte jedoch hier beispielsweise als ursprüngliche Fläche eines Faltwerks angesehen werden.

4.1

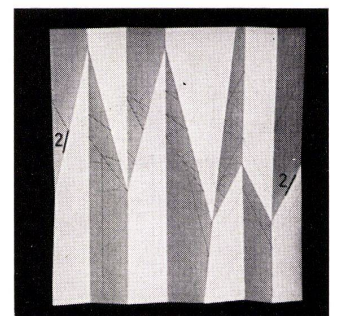
Das Faltwerk hat Faltlinien ersten Grades. Sie beziehen sich als Schnittlinien auf die ursprüngliche Fläche des Faltwerks.

4.1, 4.2, 4.3, 4.4

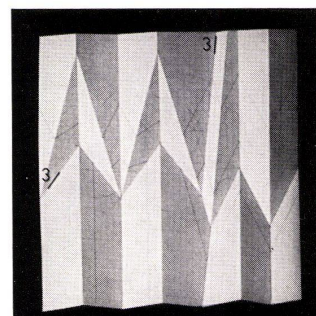
Die Faltlinien der in den Abbildungen dargestellten Stufen des Faltvorganges sind Schnittlinien einer Ebene mit dem Faltwerk der jeweils vorangegangenen Faltstufe.



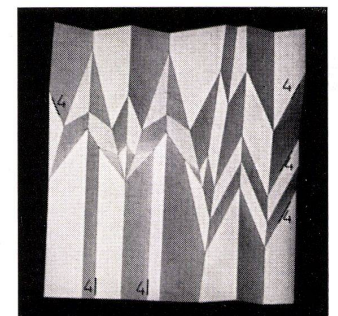
4.1



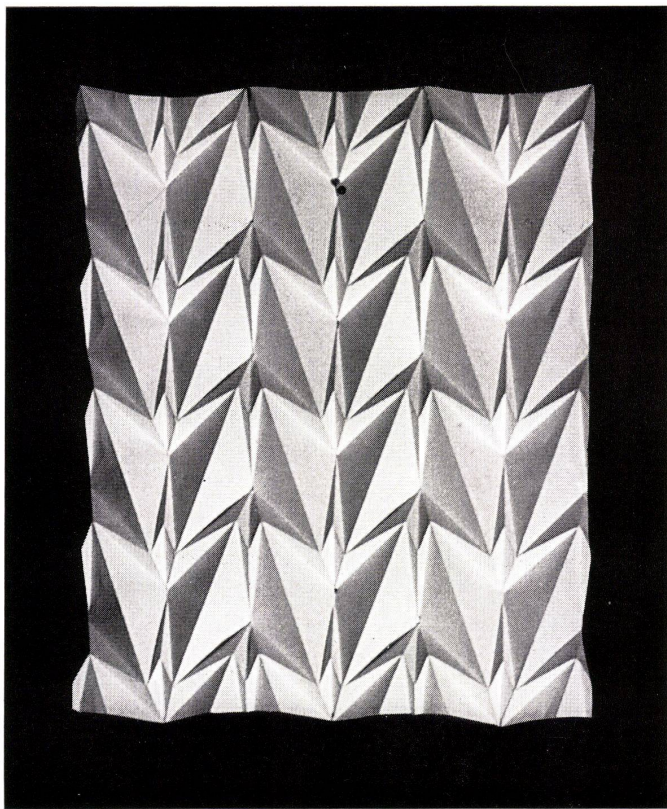
4.2



4.3

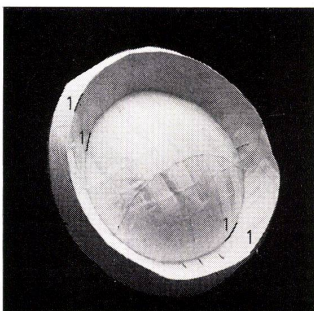


4.4

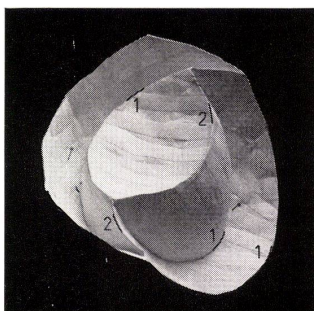


5
Dieses Faltwerk läßt sich stufenweise falten.

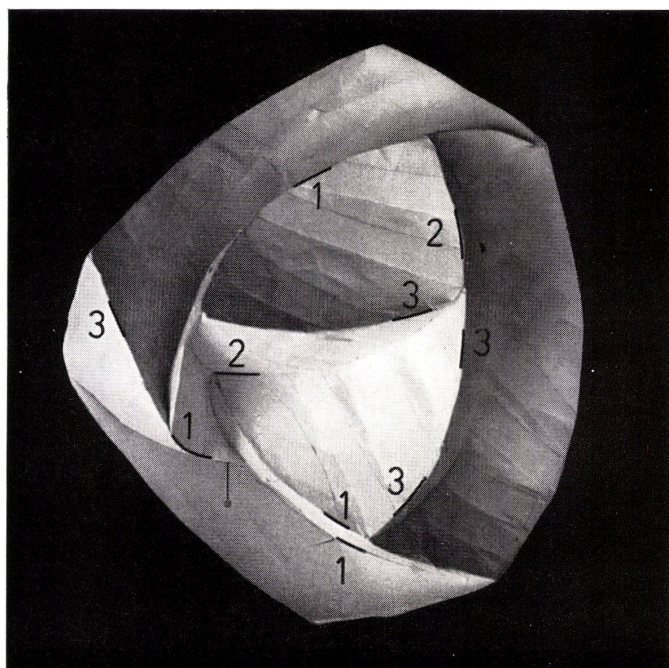
6.1, 6.2, 6.3
Das Faltwerk läßt sich stufenweise falten, wodurch der Faltvorgang übersichtlich wird.



6.1



6.2



6.3

Faltens ist ein technischer. Vermutlich finden sich für ihn in der belebten Natur keine Beispiele.

Geometrische Voraussetzung des Faltens

Die geometrische Grundregel für das Falten läßt sich folgendermaßen herleiten: Der ebene Schnitt durch eine beliebige Fläche ergibt eine Linie.

Zwei Teilflächen entstehen.

Die Schnittlinie ist die Begrenzungs-
linie für die Teilflächen innerhalb
der Schnittebene.

Sie ist ebenfalls Begrenzungs-
linie für die vorstellbaren Spiegelbilder
der beiden Teilflächen innerhalb der
Schnittebene.

Die Schnittebene kann als Spiegel-
ebene angesehen werden.

Die beiden Teilflächen können mit
dem Spiegelbild der zugehörigen
anderen Teilfläche gereiht werden.
Anschlußlinie ist die Schnittlinie.

Beim Falten entsteht das Spiegel-
bild eines Flächenteils durch Um-
stülpen desselben (Bild 2).

Diese Betrachtung führt zu folgen-
der Definition:

Ein Faltwerk ist das Ergebnis eines
Faltvorgangs, bei dem Teile einer
Fläche in ihr Spiegelbild verkehrt
werden. Der Zusammenhang der
ursprünglichen Fläche bleibt erhalten;
die gespiegelten Teilflächen
entstehen durch Umstülpen der
ursprünglichen Teilflächen.

Voraussetzungen für diesen Vor-
gang sind:

1. der flächige Charakter des zu
faltenden Werkstoffes;
2. der scharnierartige Faltnick.

Der Faltnick ist geometrisch als
Durchdringungslinie von zwei
Flächen deutbar. So gesehen, setzt
sich ein Faltwerk aus Flächen zu-
sammen, die einander in den Falt-
linien durchdringen.

Faltwerke stellen eine besondere
Gruppe unter den Durchdringungs-
flächen dar, bei der die einander
durchdringenden Flächen spiege-
lungsgleich sind und einander
spiegelbildlich zugeordnet werden,
so daß ihre Durchdringungslinie in
einer Ebene liegt.

Da sie nach einem (geometrischen)
Prinzip entstehen, können sie Struk-
turform genannt werden.

Beim Falten wird dieses Prinzip
praktisch genutzt.

Ursprüngliche Fläche

Die Ausgangsfläche für ein Faltwerk
heißt ursprünglich Fläche.

Sie ist ohne Faltnie (Knicklinie).
Sie kann dennoch Durchdringungs-
linien aufweisen, sofern sie nämlich
aus unterschiedlichen, einander be-
liebig durchdringenden Flächen zu-
sammengesetzt ist (Bild 3).

Jede denkbare Fläche ist faltbar,
sofern das gespiegelte (umgestülpte)
Flächenteil das andere nicht
durchdringt.

Ursprüngliche Flächen können sein:
eben, einachsig gekrümmt, zwei-
achsig gekrümmt; sie können aus
allen oder zwei dieser Flächen be-
stehen und dabei auch Durch-
dringungslinien aufweisen.

Grad der Faltung

Es gibt Faltungen ersten und mehr-
fachen Grades. Ihre geometrische
Herleitung erfolgt in Stufen.

Erste Stufe: Alle ebenen Schnitte
zur Bestimmung der Faltnie be-
ziehen sich auf die ursprüngliche
Fläche des gesuchten Faltwerks.

Dabei ist grundsätzlich zu beachten:
Die einer bestimmten Stufe zugehö-
rigen Schnittebenen dürfen sich
nicht auf der zu faltenden Fläche
durchdringen. Die Schnittlinien der
ersten Stufe sind Faltnie ersten
Grades, in den Bildern mit 1 be-
zeichnet (Bild 4.1).

Zweite Stufe: Alle ebenen Schnitte
zur Bestimmung der Faltnie zwei-
ten Grades beziehen sich auf das
aus der ersten Stufe hervorgegan-
gene Faltwerk (Bild 4.2).

Dritte Stufe: Alle ebenen Schnitte
zur Bestimmung der Faltnie drit-
ten Grades beziehen sich auf das
aus der zweiten Stufe hervorgegan-
gene Faltwerk (Bild 4.3) und so fort
(Bild 4.4).

Faltwerke, die so entworfen sind,
lassen sich stufenweise falten, wo-
durch der Faltvorgang übersichtlich
wird (Bild 6).

Eine andere Gruppe bilden Falt-
werke, die sich nur als Ganzes falten
lassen. Bild 7.2 zeigt eine Faltung
dritten Grades. Sie ist stufenweise
faltbar. Die aus dem keilförmigen
Bereich der Faltung kommende
Winkelhalbierende ist eine Faltnie
ersten Grades, die übrigen ihr
parallelen Linien Faltnie dritten
Grades. Vergleiche Bild 7.1.

In Bild 7.3 sind zwei solcher keil-
förmiger Faltungen zu sehen, die –
gegeneinander versetzt – über die
parallelen Faltnie dritten Grades
miteinander verbunden sind.

Die Winkelhalbierende des oberen
Keils ist eine Faltnie ersten Grades,
sie geht jedoch in eine Faltnie
dritten Grades des unteren Keils
über, die ihrerseits die ihr zugehö-
rigen Faltnie ersten und zweiten
Grades voraussetzt. Dieses Spiel
wiederholt sich an der Spitze des
unteren Keils; der Ring schließt sich:
jede Faltnie bedingt die anderen.
Das bedeutet praktisch, daß dieses
Faltwerk nur als Ganzes gefaltet
werden kann. Zu untersuchen bleibt
die schwierige Frage, welchen Grad
eine solche Faltung wie in Bild 8
erreicht. Angeben läßt sich zu-
mindest der Grad der Faltung, aus
der das Faltwerk zusammengesetzt
wurde.

Faltwerk 8 läßt sich über Faltwerk 7.4
auf 7.2 zurückführen.

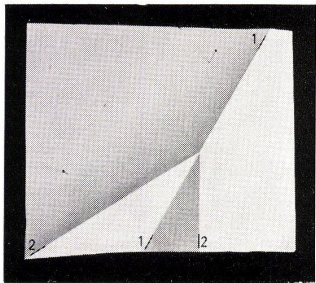
Faltwerke, die sich glätten lassen

Einachsig gekrümmte Flächen lassen
sich zu einer Ebene glätten.

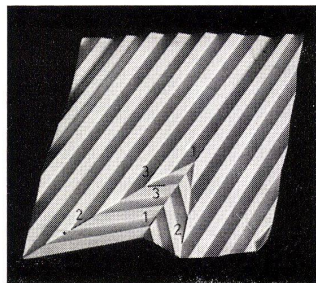
Faltwerke, deren ursprüngliche
Fläche von einer Ebene abgeleitet
werden kann, lassen sich glätten
oder umgekehrt aus einer Ebene
heraus als Ganzes reliefartig auf-
falten, wobei die Teilflächen sich
gegenseitig so aufrichten, daß
sie unmittelbar ihrer endgültigen
neuen Lage innerhalb des Faltwerks
zustreben (im Gegensatz zum stufen-
weisen Falten, bei dem der Vorgang
des Stülpens notwendig ist).

Das Faltwerk vollzieht dabei eine
ziehharmonikaartige Bewegung.

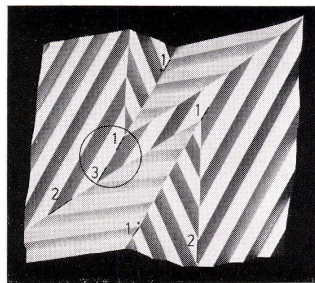
Diese Bewegung hört auf, wenn das
Faltwerk seine endgültige Form ein-
genommen hat. Bei einer weiter-
geführten Bewegung kommt es zur
Stauchung des Faltwerks: die Teil-
flächen bewegen sich nicht mehr
synchron und sind bestrebt, sich
voneinander loszureißen.



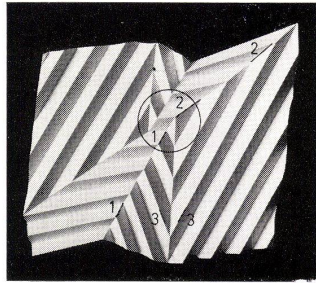
7.1



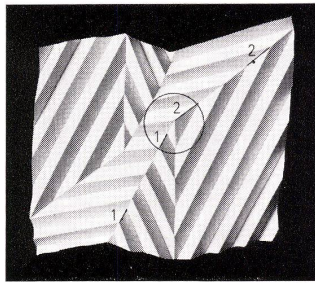
7.2



7.3



7.4



7.5

7.1, 7.2

Eine Faltung dritten Grades. Die aus dem keilförmigen Bereich der Faltung kommende Winkelhalbierende (vergleiche Bild 7.1) ist eine Faltlinie ersten Grades, die übrigen ihr parallelen Linien dritten Grades.

7.3

Zwei der keilförmigen Faltung von 7.2 sind – gegeneinander versetzt – über die parallelen Faltlinien dritten Grades beider Faltungen miteinander verbunden. Die Winkelhalbierende des oberen Keils ist eine Faltlinie ersten Grades, sie geht jedoch in eine Faltlinie dritten Grades des unteren Keils über.

7.4

Die Keile berühren sich in ihren Spitzen. Diesem Faltwerk wurde das Motiv für das Ornament in Faltwerk 8 entnommen.

7.5

Die Keile laufen aneinander vorbei.

8

Dieses Faltwerk ist nur als Ganzes faltbar, der Faltvorgang kann nicht stufenweise ablaufen, da jede Faltlinie alle anderen bedingt. Das Faltwerk ist über 7.4 gefunden worden.

9.1

Eine Ziehharmonikafaltung, die sich glätten und auch vollkommen in eine Ebene zusammenlegen läßt.

9.2

Entwurfszeichnung für das Faltwerk 9.1 in den Ebenen, in denen bei ziehharmonikaartigen Faltwerken die Winkel der Faltlinien in ihrer wahren Größe erscheinen.

10

Faltlampe. Entwurf Brigitte Schüller. Photo Toni Schneiders.

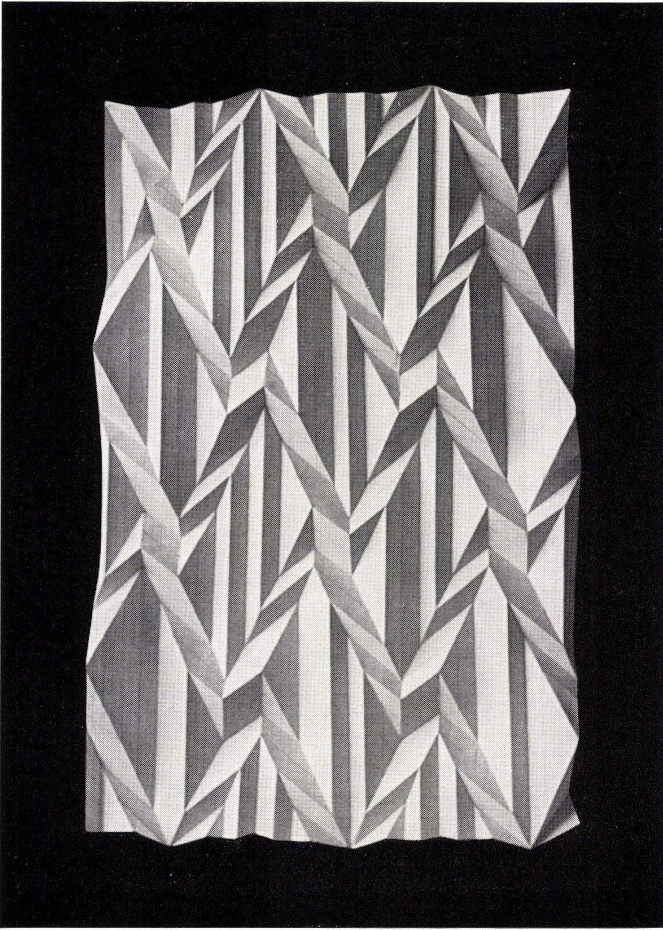
Ein Faltwerk mit verformten Teilflächen. Ihre Verformung ist durch die Art der Faltung bedingt: Die Faltlinien entsprechen nicht dem elliptischen Schnitt einer Ebenemitter zylindrischen ursprünglichen Fläche des Faltwerks (vergleiche Bild 1).

11.1

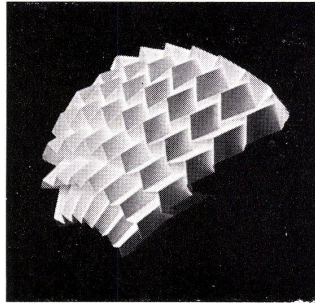
Das ursprüngliche Faltwerk der in Bild 11.2 abgebildeten Kugellampe umschreibt eine einachsig gekrümmte Fläche.

11.2

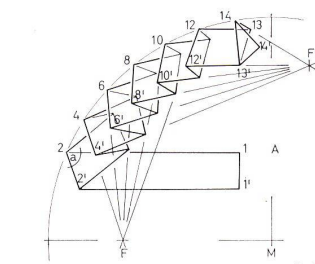
Die Verformung der Teilflächen ist nicht das Ergebnis des Faltvorganges, sondern sie erfolgt zusätzlich, indem das fertige Faltwerk verformt wird.



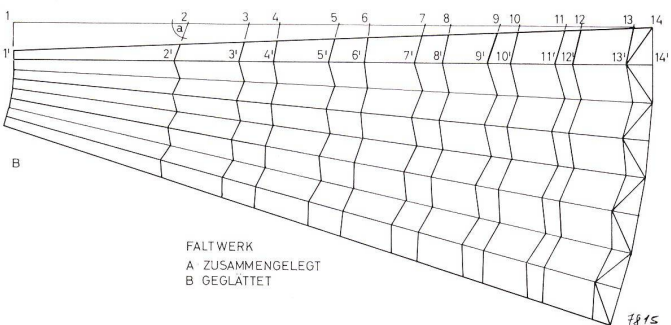
8



9.1

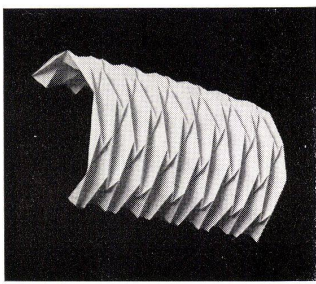
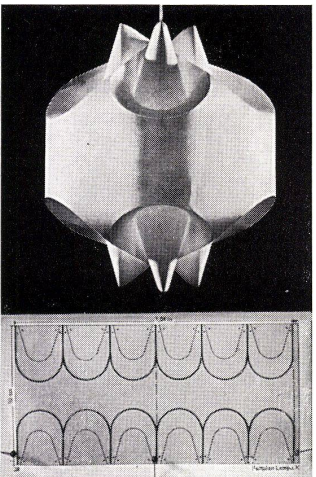


9.2

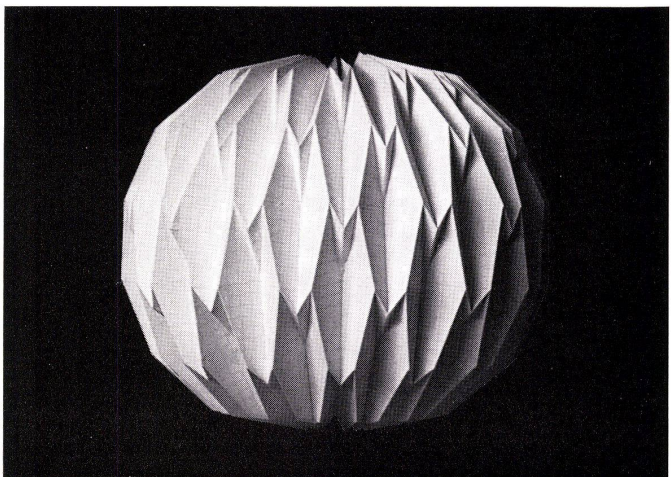


FALTWERK
A ZUSAMMENGELEGT
B GEGLÄTTET

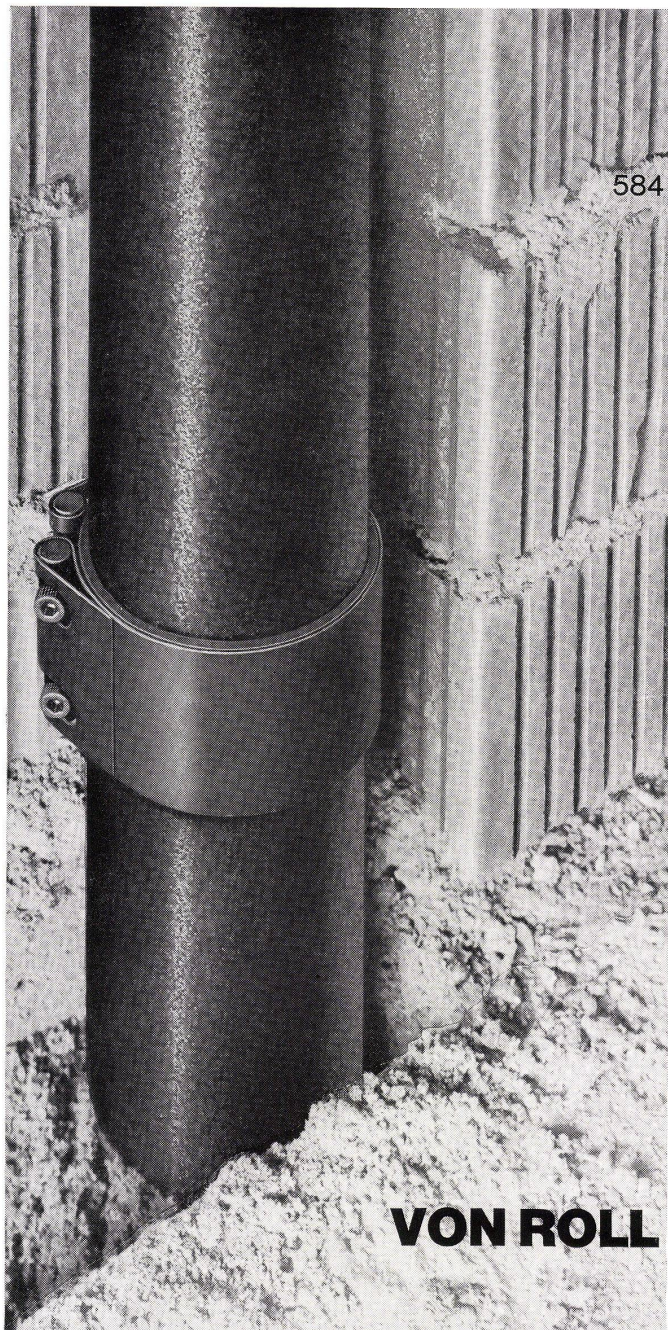
9.2



11.1



11.2



VON ROLL

**Ablaufleitungen aus Gusseisen
sind architektonisch
kein Problem mehr**

dank der neuen

VON ROLL Bridenverbindung

denn sie beansprucht
nur wenig Raum
und lässt sich auch
in dünnen Decken und Wänden
unterbringen

VON ROLL AG. Werk Klus, 4710 Klus

Ziehharmonikafaltungen

Es gibt sogenannte Ziehharmonikafaltungen, bei denen sich die Teilflächen absolut synchron bewegen, so daß sich das Faltnetz glätten und auch vollkommen in eine Ebene zusammenlegen läßt.

Die ursprüngliche Fläche muß eine Ebene sein (Bild 9.1).

In der Grundrißebene der ursprünglichen Fläche (der des geglätteten Faltnetzes) und in der Aufrißebene der vollkommen zusammengelegten Fläche erscheinen die Winkel, unter denen sich die Faltlinien schneiden, in ihrer wahren Größe. In diesen beiden Ebenen können die Faltlinien beim Entwurf von Ziehharmonikafaltungen zeichnerisch direkt ermittelt werden (Bild 9.2).

Verformung der Teilflächen

Bei den bisher erwähnten Faltnetzen entsprechen die Teilflächen der ursprünglichen Fläche. Bei anderen sind die Teilflächen verformt. Das kann zwei verschiedene Ursachen haben:

1. Die Art der Faltung verformt die Teilflächen. Die Verformung ist strukturell bedingt, sie ist das Ergebnis des Faltvorgangs.

Beispiel Bild 10: Die ursprüngliche Fläche des abgebildeten Faltnetzes ist zylinderförmig. Der ebene Schnitt durch sie müßte eine elliptische Schnittlinie ergeben. Die Abbildung der Abwicklung dieses Faltnetzes läßt jedoch erkennen, daß die Schnittlinien nicht elliptisch sind (Vergleiche Bild 1). Folglich verformt sich die ursprüngliche Fläche beim Falten bereichsweise.

2. Das fertige Faltnetz wird verformt. Die Verformung der Teilflächen ist nicht das Ergebnis des Faltvorgangs, sondern sie erfolgt zusätzlich. Beispiel Bild 11: Ursprünglich umschrieb

das als Kugellampe verwendete Faltnetz eine einachsig gekrümmte Fläche.

Schlußfolgerung

Das Wort Faltnetz ist zu einem geometrischen Begriff geworden, der eine bestimmte Gruppe von Durchdringungsflächen kennzeichnet.

Der tatsächliche Faltvorgang ist unerheblich, denn Faltnetze können aus ihren Teilflächen auch zusammengeklebt, -geschweißt oder -genietet werden oder als Gußform (betoniert) hergestellt sein.

Sie müssen nicht gefaltet werden. Damit erweitert sich der Bereich derjenigen Werkstoffe, aus denen Faltnetze hergestellt werden können: kleben – Holz, Glas; schweißen – Stahl, Kunststoff, Glas; nieten – Blech; gießen – Glas, Beton, Gußeisen; bügeln – Stoff.

Der tatsächliche Faltvorgang ist so eng an geometrische Bedingungen gebunden, daß das Wort falten in dem hier entwickelten Begriff Faltnetz dennoch im übertragenen Sinne weiterverwendet werden kann: Es dient der Veranschaulichung des Sachverhalts.

Jedes Faltnetz läßt sich als Papiermodell falten. Das bedeutet praktisch, daß es aus einer vorgegebenen Fläche ohne Verschnitt hergestellt werden kann (im Gegensatz zu den übrigen Durchdringungsflächen). Diese Tatsache ist für den Herstellungsprozeß eines Faltnetzes immer von Bedeutung, auch wenn sich ein tatsächlicher Faltvorgang bei bestimmten Werkstoffen nicht durchführen läßt.

Tabelle zur Charakterisierung von Faltnetzen

Die Tabelle gibt eine Übersicht über die charakteristischen Eigenschaften der wichtigsten hier behandelten Faltnetze (Bild 12).

Das Faltnetz/Bild Nr.	4.4	5	6.3	8	9.1	10	11.2
Die ursprüngliche Fläche ist eben	•	•		•	•		•
ist einachsig gekrümmt						•	
ist zweiachsig gekrümmt			•				
hat Durchdringungsflächen							
Grad der Faltung	4	3	3	(3)	2	1	3
Das Faltnetz ist stufenweise faltbar	•	•	•		•	•	•
ist nur als Ganzes faltbar				•			
Die Form der Teilflächen entspricht der ursprünglichen Fläche	•	•	•	•	•		
Die Verformung der Teilflächen ist strukturell bedingt						•	
sie ist es nicht							•
Das Faltnetz läßt sich glätten	•	•		•	•	•	•
nicht glätten			•				
in eine Ebene zusammenlegen	•	•		•	•		•
nicht zusammenlegen			•			•	
Die vom Faltnetz umschriebene Fläche ist eben		•		•			
ist einachsig gekrümmt							•
ist zweiachsig gekrümmt					•	•	
Die vom verformten Faltnetz umschriebene Fläche ist eben							
ist einachsig gekrümmt							
ist zweiachsig gekrümmt							•