

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: **15.09.2024**

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.

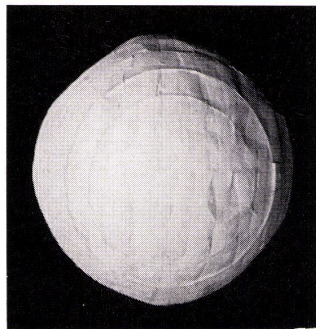
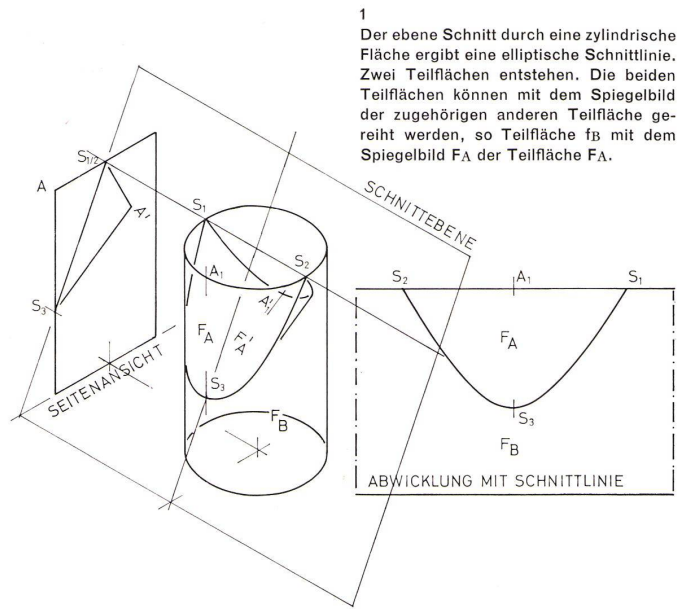
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

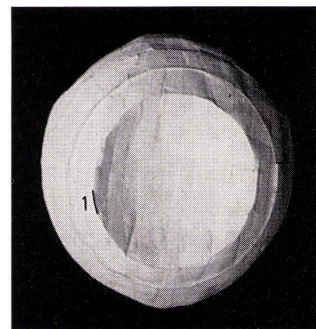
Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Faltwerk als geometrischer Begriff

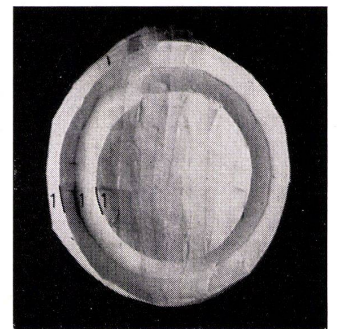
Das Wort Faltwerk wird im Bauwesen gewöhnlich zur Benennung einiger Flächentragwerke benutzt. In dieser Abhandlung wird unabhängig davon eine geometrische Begriffsbestimmung für Faltwerke entwickelt, die lediglich den an praktischen Faltversuchen erkannten Gesetzmäßigkeiten des Faltens entsprechen soll. 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



2.2



2.3

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 Biege- widerstand des Materials und verformt es innerhalb der Knicklinie.

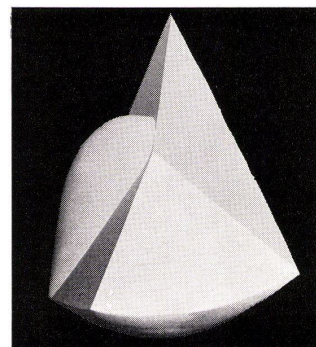
Beim Knicken faltbarer Materialien wird der Biege- widerstand des Materials im Faltgrat überwunden und bei wiederholtem Falten so weit aufgehoben, daß die Verbindung der Flächenteile im Faltgrat scharnierartig wird.

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 Faltvorgangs können die Faltbarkeit eines Werkstoffes entscheidend beeinflussen. Papier ist in trockenem Zustand ideal faltbar. Wasserge- tränktes 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 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

2.1, 2.2, 2.3
Beim Falten entsteht das Spiegelbild eines Flächenteils durch Umstülpen desselben.



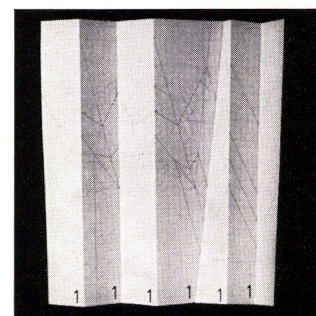
3

3
Plastik von Henri Georges Adam. Photo Malec, Levallois-Perret.

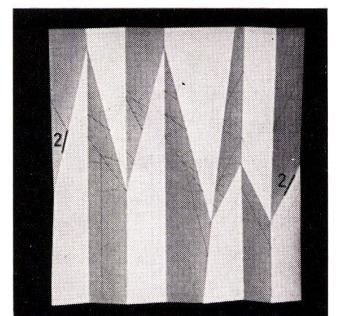
Die Kanten und Kehlen dieses Körpers sind Durchdringungslinien der Flächen, aus denen seine Oberfläche zusammengesetzt ist. Sie ist kein Faltwerk, könnte jedoch hier beispielsweise als ursprüngliche Fläche eines Faltwerks angesehen werden.

4.1
Das Faltwerk hat Faltlinien ersten Grades. Sie beziehen sich als Schnittlinien auf die ursprüngliche Fläche des Faltwerks.

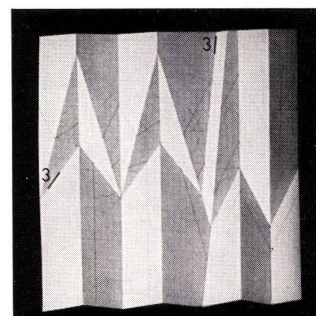
4.1, 4.2, 4.3, 4.4
Die Faltlinien der in den Abbildungen dargestellten Stufen des Faltvorganges sind Schnittlinien einer Ebene mit dem Faltwerk der jeweils vorangegangenen Faltstufe.



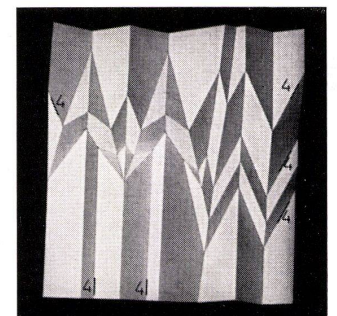
4.1



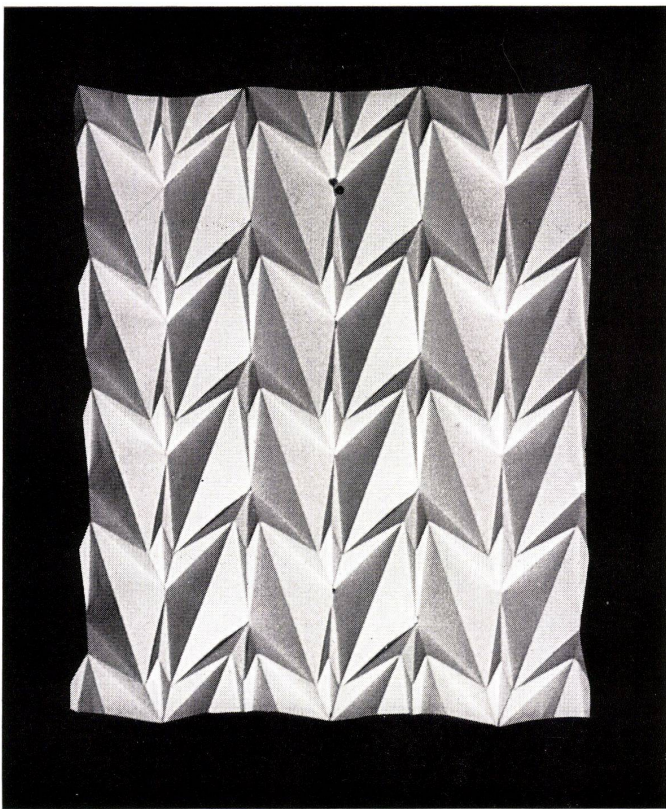
4.2



4.3

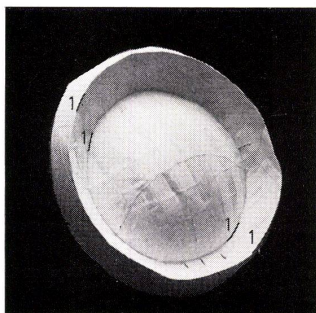


4.4

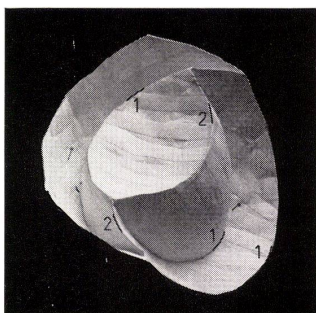


5
Dieses Faltnetz läßt sich stufenweise falten.

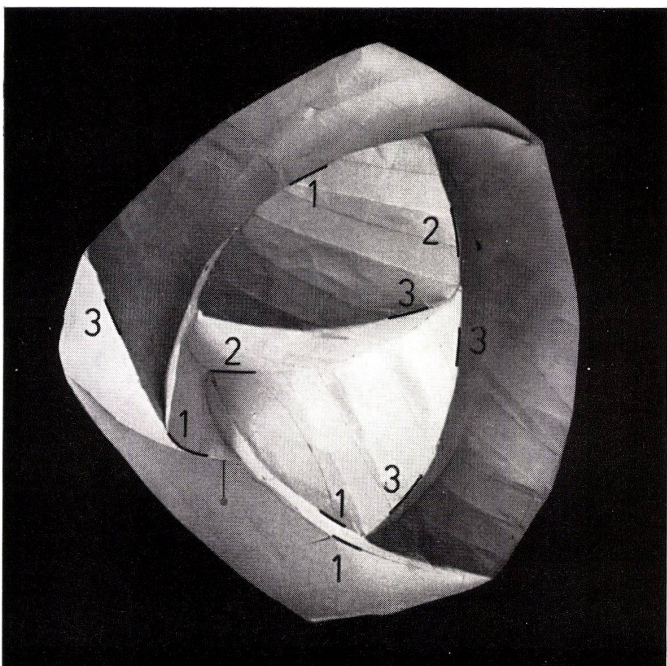
6.1, 6.2, 6.3
Das Faltnetz läßt sich stufenweise falten, wodurch der Faltvorgang übersichtlich wird.



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 Begrenzungslinie für die Teilflächen innerhalb der Schnittebene.

Sie ist ebenfalls Begrenzungslinie für die vorstellbaren Spiegelbilder der beiden Teilflächen innerhalb der Schnittebene.

Die Schnittebene kann als Spiegelebene angesehen werden.

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

Beim Falten entsteht das Spiegelbild eines Flächenteils durch Umstülpen desselben (Bild 2).

Diese Betrachtung führt zu folgender Definition:

Ein Faltnetz 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 Vorgang 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 Faltnetz aus Flächen zusammen, die einander in den Faltnetzen durchdringen.

Faltnetze stellen eine besondere Gruppe unter den Durchdringungsfächen dar, bei der die einander durchdringenden Flächen spiegelungsgleich sind und einander spiegelbildlich zugeordnet werden, so daß ihre Durchdringungslinie in einer Ebene liegt.

Da sie nach einem (geometrischen) Prinzip entstehen, können sie Strukturform genannt werden.

Beim Falten wird dieses Prinzip praktisch genutzt.

Ursprüngliche Fläche

Die Ausgangsfläche für ein Faltnetz heißt ursprünglich Fläche.

Sie ist ohne Faltnetze (Knicklinie). Sie kann dennoch Durchdringungslinien aufweisen, sofern sie nämlich aus unterschiedlichen, einander beliebig durchdringenden Flächen zusammengesetzt ist (Bild 3).

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

Ursprüngliche Flächen können sein: eben, einachsig gekrümmt, zweiachsig gekrümmt; sie können aus allen oder zwei dieser Flächen bestehen und dabei auch Durchdringungslinien aufweisen.

Grad der Faltung

Es gibt Faltungen ersten und mehrfachen Grades. Ihre geometrische Herleitung erfolgt in Stufen.

Erste Stufe: Alle ebenen Schnitte zur Bestimmung der Faltnetze beziehen sich auf die ursprüngliche Fläche des gesuchten Faltnetzes.

Dabei ist grundsätzlich zu beachten: Die einer bestimmten Stufe zugehörigen Schnittebenen dürfen sich nicht auf der zu faltenden Fläche durchdringen. Die Schnittlinien der ersten Stufe sind Faltnetze ersten Grades, in den Bildern mit 1 bezeichnet (Bild 4.1).

Zweite Stufe: Alle ebenen Schnitte zur Bestimmung der Faltnetze zweiten Grades beziehen sich auf das aus der ersten Stufe hervorgegangene Faltnetz (Bild 4.2).

Dritte Stufe: Alle ebenen Schnitte zur Bestimmung der Faltnetze dritten Grades beziehen sich auf das aus der zweiten Stufe hervorgegangene Faltnetz (Bild 4.3) und so fort (Bild 4.4).

Faltnetze, die so entworfen sind, lassen sich stufenweise falten, wodurch der Faltvorgang übersichtlich wird (Bild 6).

Eine andere Gruppe bilden Faltnetze, 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 Faltnetze ersten Grades, die übrigen ihr parallelen Linien Faltnetze dritten Grades. Vergleiche Bild 7.1.

In Bild 7.3 sind zwei solcher keilförmiger Faltungen zu sehen, die – gegeneinander versetzt – über die parallelen Faltnetze dritten Grades miteinander verbunden sind.

Die Winkelhalbierende des oberen Keils ist eine Faltnetze ersten Grades, sie geht jedoch in eine Faltnetze dritten Grades des unteren Keils über, die ihrerseits die ihr zugehörigen Faltnetze ersten und zweiten Grades voraussetzt. Dieses Spiel wiederholt sich an der Spitze des unteren Keils; der Ring schließt sich: jede Faltnetze bedingt die anderen. Das bedeutet praktisch, daß dieses Faltnetz 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 zumindest der Grad der Faltung, aus der das Faltnetz zusammengesetzt wurde.

Faltnetz 8 läßt sich über Faltnetz 7.4 auf 7.2 zurückführen.

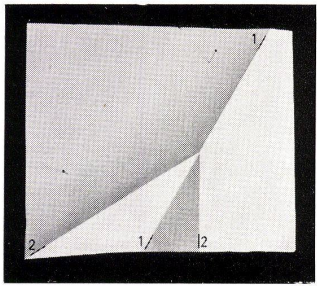
Faltnetze, die sich glätten lassen

Einachsig gekrümmte Flächen lassen sich zu einer Ebene glätten.

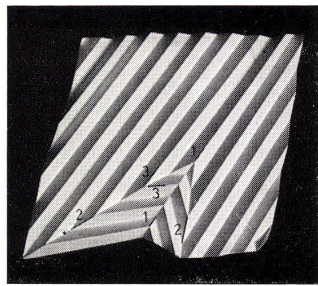
Faltnetze, deren ursprüngliche Fläche von einer Ebene abgeleitet werden kann, lassen sich glätten oder umgekehrt aus einer Ebene heraus als Ganzes reliefartig auf-falten, wobei die Teilflächen sich gegeneinander so aufrichten, daß sie unmittelbar ihrer endgültigen neuen Lage innerhalb des Faltnetzes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

Das Faltnetz vollzieht dabei eine ziehharmonikaartige Bewegung.

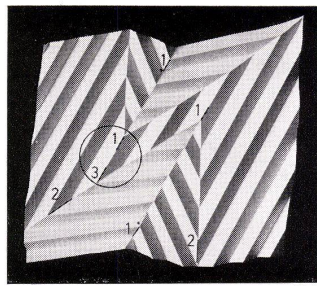
Diese Bewegung hört auf, wenn das Faltnetz seine endgültige Form eingenommen hat. Bei einer weitergeführten Bewegung kommt es zur Stauchung des Faltnetzes: die Teilflächen bewegen sich nicht mehr synchron und sind bestrebt, sich voneinander loszureißen.



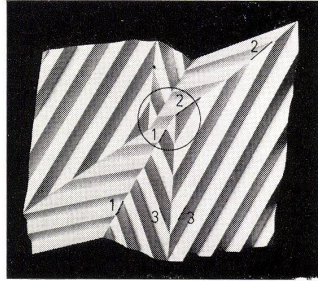
7.1



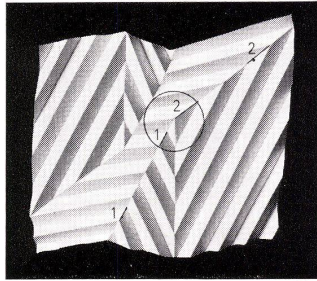
7.2



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 Faltnetz wurde das Motiv für das Ornament in Faltnetz 8 entnommen.

7.5

Die Keile laufen aneinander vorbei.

8

Dieses Faltnetz ist nur als Ganzes faltbar, der Faltvorgang kann nicht stufenweise ablaufen, da jede Faltlinie alle anderen bedingt. Das Faltnetz 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 Faltnetz 9.1 in den Ebenen, in denen bei ziehharmonikaartigen Faltnetzen die Winkel der Faltlinien in ihrer wahren Größe erscheinen.

10

Faltlampe. Entwurf Brigitte Schübler. Photo Toni Schneiders.

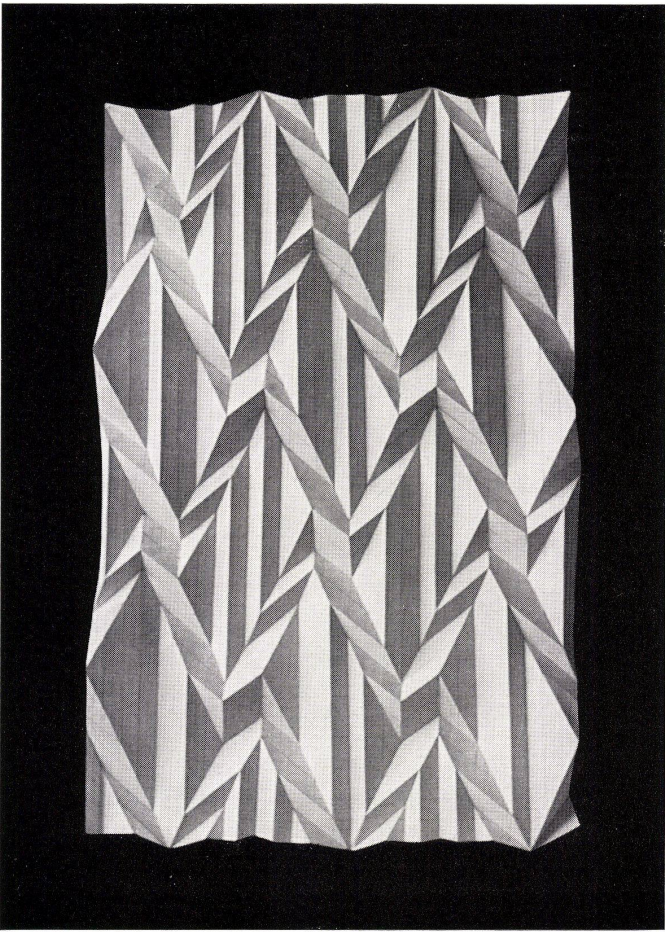
Ein Faltnetz mit verformten Teilflächen. Ihre Verformung ist durch die Art der Faltung bedingt: Die Faltlinien entsprechen nicht dem elliptischen Schnitt einer Ebene mit der zylindrischen ursprünglichen Fläche des Faltnetzes (vergleiche Bild 1).

11.1

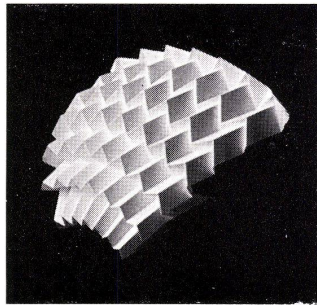
Das ursprüngliche Faltnetz der in Bild 11.2 abgebildeten Kugellampe umschreibt eine einachsig gekrümmte Fläche.

11.2

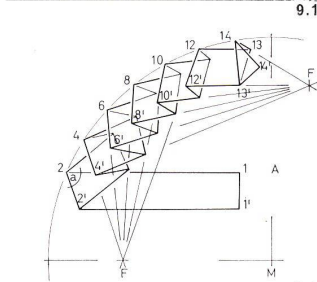
Die Verformung der Teilflächen ist nicht das Ergebnis des Faltvorganges, sondern sie erfolgt zusätzlich, indem das fertige Faltnetz verformt wird.



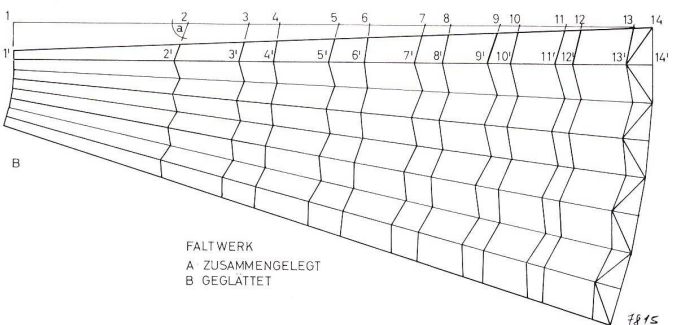
8



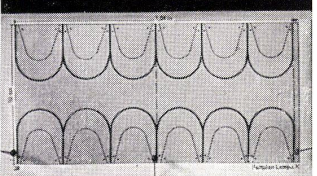
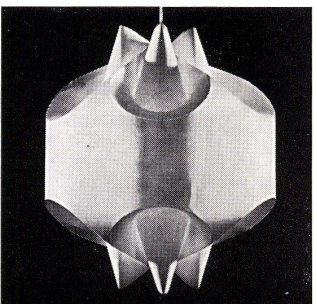
9.1



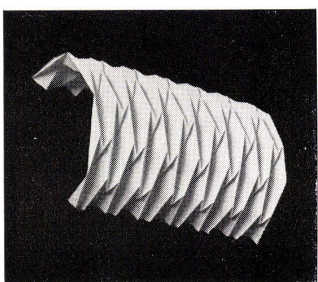
9.2



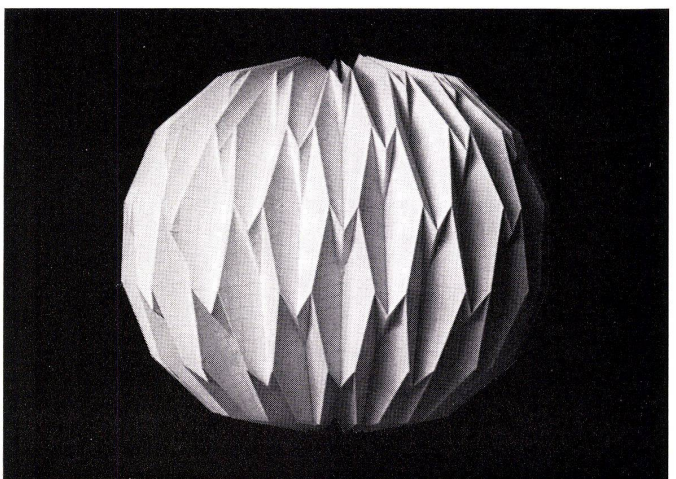
9.2



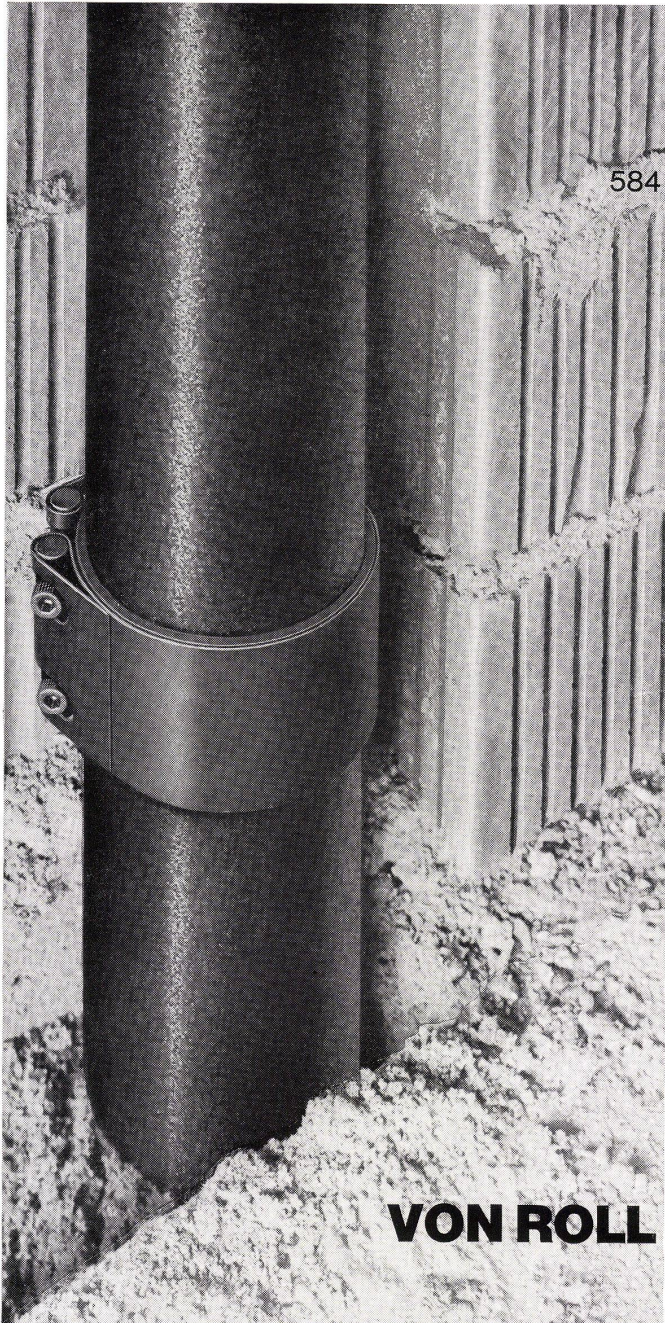
10



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 Faltwerk 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 Faltwerks) 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 Faltwerken 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 Faltwerks ist zylinderrförmig. Der ebene Schnitt durch sie müßte eine elliptische Schnittlinie ergeben. Die Abbildung der Abwicklung dieses Faltwerks läßt jedoch erkennen, daß die Schnittlinien nicht elliptisch sind (Vergleiche Bild 1). Folglich verformt sich die ursprüngliche Fläche beim Falten bereichsweise.
2. Das fertige Faltwerk 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 Faltwerk eine einachsig gekrümmte Fläche.

Schlußfolgerung

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

Der tatsächliche Faltvorgang ist unerheblich, denn Faltwerte 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 Faltwerte 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 Faltwerk dennoch im übertragenen Sinne weiterverwendet werden kann: Es dient der Veranschaulichung des Sachverhalts.

Jedes Faltwerk 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 Faltwerks immer von Bedeutung, auch wenn sich ein tatsächlicher Faltvorgang bei bestimmten Werkstoffen nicht durchführen läßt.

Tabelle zur Charakterisierung von Faltwerken

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

Das Faltwerk/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 Faltwerk 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 Faltwerk läßt sich glätten	●	●		●	●	●	●
nicht glätten			●				
in eine Ebene zusammenlegen	●	●		●	●		●
nicht zusammenlegen			●			●	
Die vom Faltwerk umschriebene Fläche ist eben		●		●			
ist einachsig gekrümmt							●
ist zweiachsig gekrümmt					●	●	
Die vom verformten Faltwerk umschriebene Fläche ist eben							
ist einachsig gekrümmt							
ist zweiachsig gekrümmt							●