

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

Herausgeber: Bauen + Wohnen

Band: 21 (1967)

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

Artikel: Faltwerk als geometrischer Begriff

Autor: Lagerpusch, Siegfried

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

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

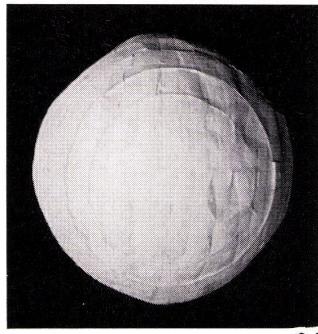
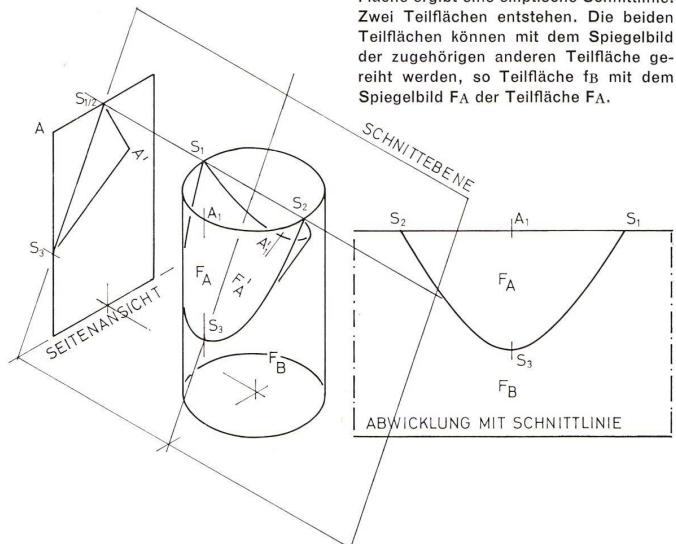
Download PDF: 06.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

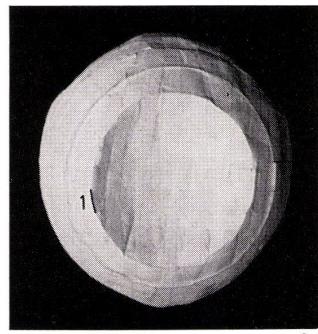
Faltwerk als geometrischer Begriff

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

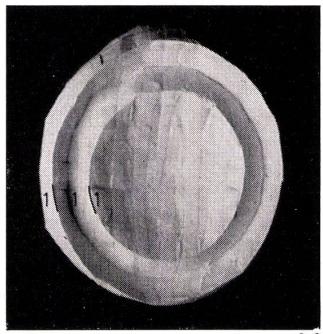
In dieser Abhandlung wird unabhängig davon eine geometrische Begriffsbestimmung für Faltwerke entwickelt, die lediglich den an praktischen Faltversuchen erkannten Gesetzmäßigkeiten des Faltens entsprechen soll. Im deutschen Wörterbuch von Trübner ist zu lesen: «Werk – durch Schaffen (Wirken) Hervorgebrachtes.»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



2.1 Falten als Vorgang

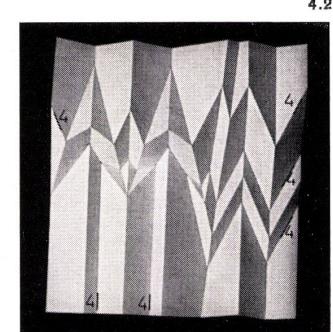
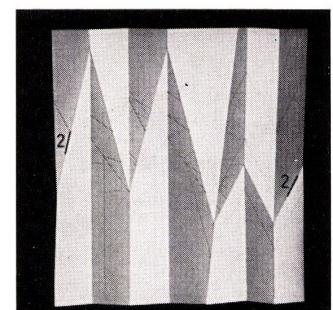
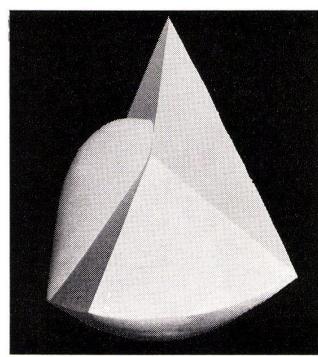


2.1, 2.2, 2.3
Beim Falten entsteht das Spiegelbild eines Flächenteils durch Umstülpen desselben.



2.3

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
4.2

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

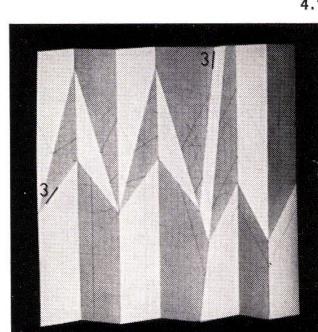
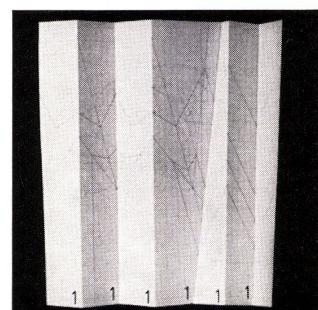
In den Worten biegen, drücken und knicken klingt an, daß beim Falten eine Kraft wirksam wird. Sie wirkt gegen den Biegewiderstand des Materials und verformt es innerhalb der Knicklinie.

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 Biegarkeit eines Werkstoffes allein – für Metall im Faltversuch nach DIN 1605 nachzuweisen – entscheidet nicht über seine Faltbarkeit. Glas ist wenig biegsam, Gummi ist sehr biegsam; 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. Wassergeränktes 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



4.3
4.4



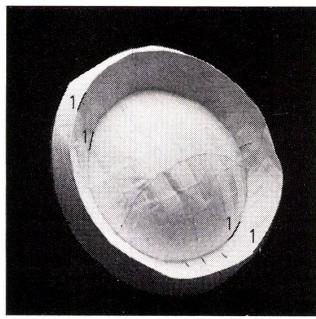
5

Dieses Faltwerk lässt sich stufenweise falten.

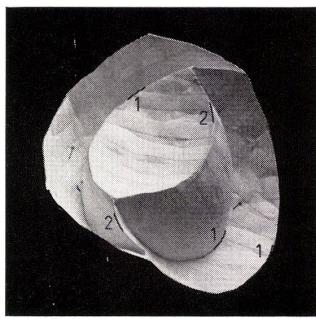
5

6.1, 6.2, 6.3

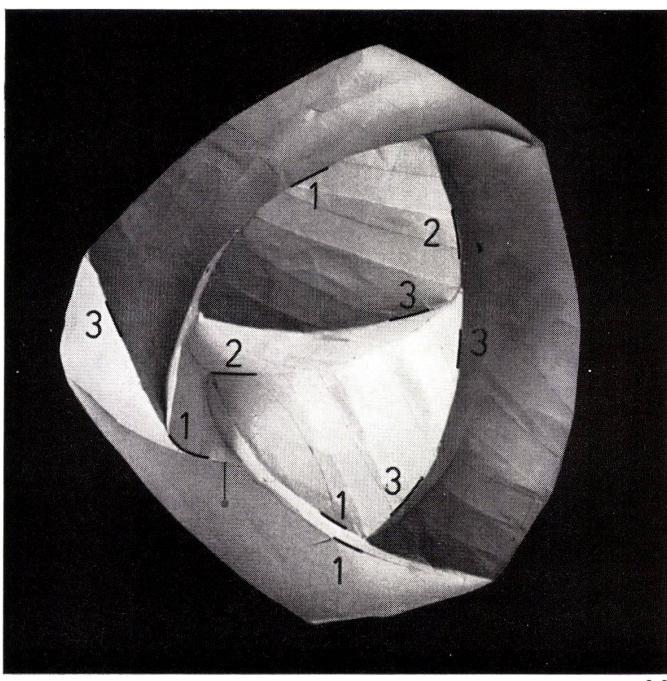
Das Faltwerk lässt sich stufenweise falten, wodurch der Faltvorgang übersichtlich wird.



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 Teillächen entstehen.

Die Schnittlinie ist die Begrenzungslinie für die Teillächen innerhalb der Schnittebene.

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

Die Schnittebene kann als Spiegel-ebene angesehen werden.

Die beiden Teillächen können mit dem Spiegelbild der zugehörigen anderen Teilläche 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 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 Teillächen entstehen durch Umstülpen der ursprünglichen Teillächen.

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 debar. So gesehen, setzt sich ein Faltwerk aus Flächen zusammen, die einander in den Faltlinien durchdringen.

Faltwerke stellen eine besondere Gruppe unter den Durchdringungsflächen 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 Faltwerk heißt ursprünglich Fläche.

Sie ist ohne Faltlinie (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 Faltlinien beziehen sich auf die ursprüngliche Fläche des gesuchten Faltwerks.

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 Faltlinien ersten Grades, in den Bildern mit 1 bezeichnet (Bild 4.1).

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

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

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

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

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

Die Winkelhalbierende des oberen Keils ist eine Faltlinie ersten Grades, sie geht jedoch in eine Faltlinie dritten Grades des unteren Keils über, die ihrerseits die ihr zugehörigen Faltlinien ersten und zweiten Grades voraussetzt. Dieses Spiel wiederholt sich an der Spitze des unteren Keils; der Ring schließt sich: jede Faltlinie 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 zumindest der Grad der Faltung, aus der das Faltwerk zusammengesetzt wurde.

Faltwerk 8 läßt sich über Faltwerk 7.4 auf 7.2 zurückführen.

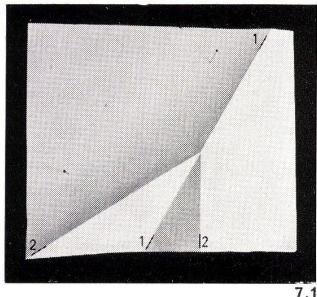
Faltwerke, die sich glätten lassen

Einachsig gekrümmte Flächen lassen sich zu einer Ebene glätten.

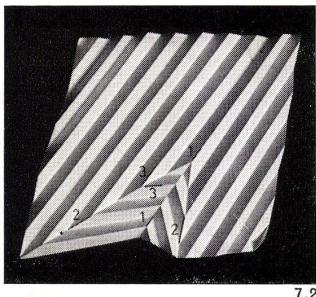
Faltwerke, deren ursprüngliche Fläche von einer Ebene abgeleitet werden kann, lassen sich glätten oder umgekehrt aus einer Ebene heraus als Ganzes reliefartig auf-falten, wobei die Teillächen sich gegeneinander so aufrichten, daß sie unmittelbar ihrer endgültigen neuen Lage innerhalb des Faltwerks zustreben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

Das Faltwerk vollzieht dabei eine ziehharmonikaartige Bewegung.

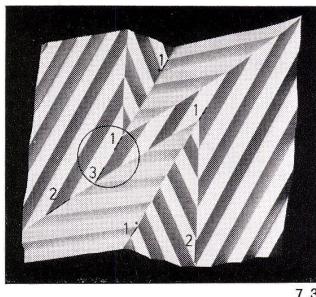
Diese Bewegung hört auf, wenn das Faltwerk seine endgültige Form eingegangen hat. Bei einer weitergeführten Bewegung kommt es zur Stauchung des Faltwerks: die Teillächen bewegen sich nicht mehr synchron und sind bestrebt, sich voneinander loszureißen.



7.1



7.2



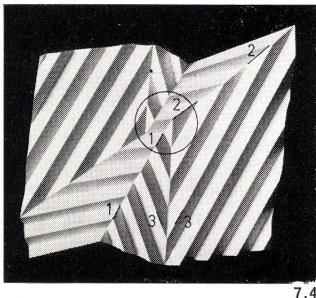
7.3

7.1, 7.2

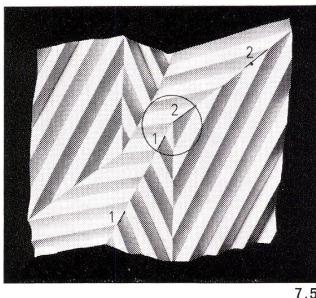
Eine Faltung dritten Grades. Die aus dem keilförmigen Bereich der Faltung kommende Winkelhalbierende (vergleiche Bild 7.1) ist eine Faltlinie ersten Grades, die übrigen ihr parallelen Linien dritten Grades.

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



7.5

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 ziehharmonikartigen Faltwerken die Winkel der Faltlinien in ihrer wahren Größe erscheinen.

10

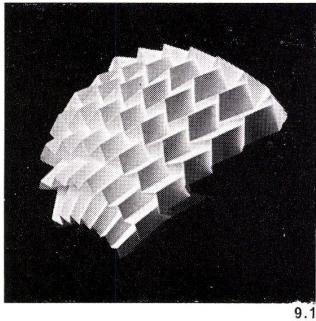
Faltlampe. Entwurf Brigitte Schüßler. Photo Toni Schneiders.
Ein Faltwerk mit verformten Teilflächen. Ihre Verformung ist durch die Art der Faltbedingungen: Die Faltlinien entsprechen nicht dem elliptischen Schnitt einer Ebene mit der zylindrischen ursprünglichen Fläche des Faltwerks (vergleiche Bild 1).

11.1

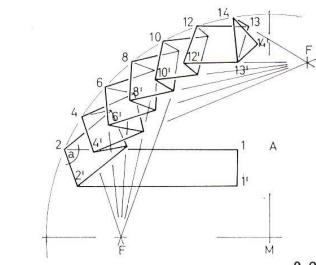
Das ursprüngliche Faltwerk der in Bild 11.2 abgebildete Kugellampe umschreibt eine einachsig gekrümmte Fläche.

11.2

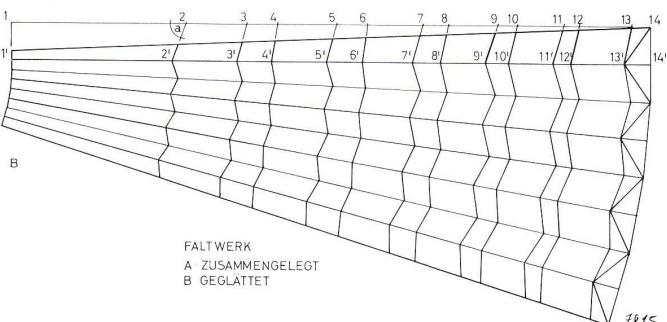
Die Verformung der Teilflächen ist nicht das Ergebnis des Faltvorganges, sondern sie erfolgt zusätzlich, indem das fertige Faltwerk verformt wird.



9.1



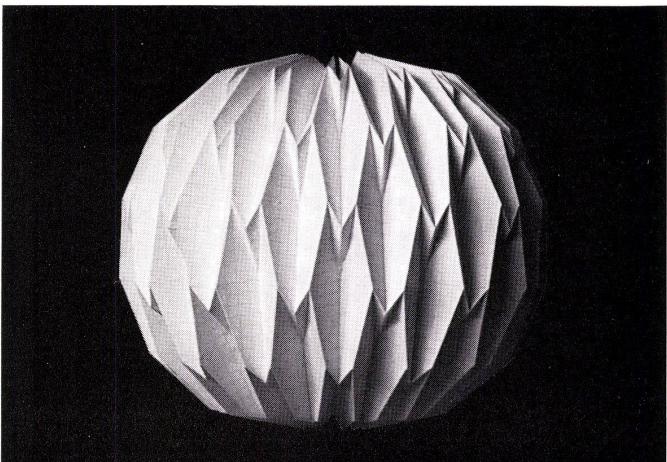
9.2



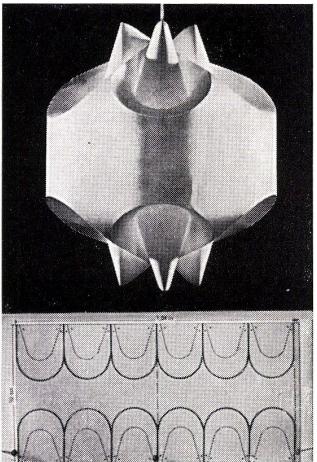
9.2

8

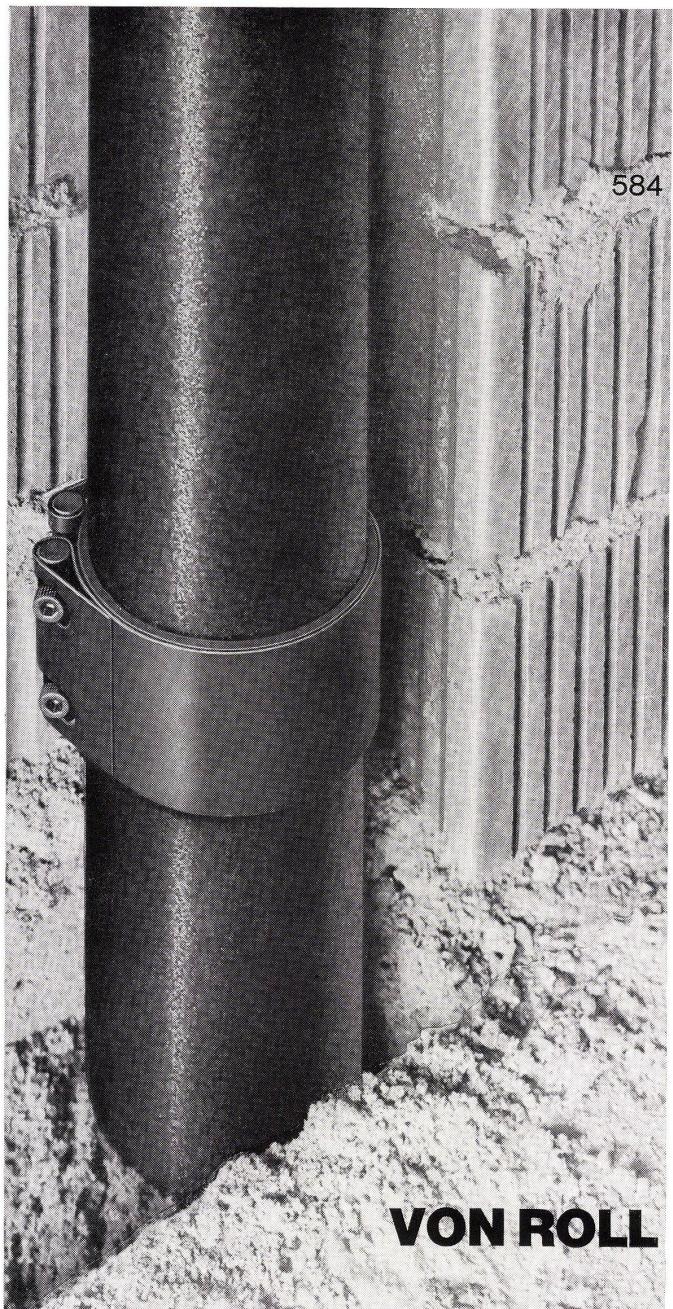
11.1



11.2



10



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 ROLLAG Werk Klus, 4710 Klus

Ziehharmonikafaltungen

Es gibt sogenannte Ziehharmonikafaltungen, bei denen sich die Teilstrecken 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 Teilstrecken

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

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

Beispiel Bild 10: Die ursprüngliche Fläche des abgebildeten Faltwerks ist zylinderförmig. 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 Teilstrecken 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 Faltwerke können aus ihren Teilstrecken auch zusammengeklebt, -geschweißt oder -gegnet werden oder als Gußform (betoniert) hergestellt sein.

Sie müssen nicht gefaltet werden. Damit erweitert sich der Bereich derjenigen Werkstoffe, aus denen Faltwerke 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 Faltwerke (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 Durchdringungslinien						
Grad der Faltung	4	3	3	(3)	2	1
Das Faltwerk ist stufenweise faltbar	●	●	●	●	●	●
ist nur als Ganzes faltbar			●			
Die Form der Teilstrecken entspricht der ursprünglichen Fläche	●	●	●	●	●	
Die Verformung der Teilstrecken 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						