Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 78 (1960)
Heft: 18

Artikel: Pilzdecken ohne Pilz
Autor: Escher, Arnold
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-64883

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: 12.07.2025

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

Dass der Milchbucktunnel für die Expresstrasse mit Mündung auf der Strickhofwiese bald am Ende seiner Leistungsfähigkeit ankomme, wird allgemein angenommen. Diese Lösung hat den unbestrittenen Nachteil der starken Steigung im Tunnel, bringt aber den Vorteil, dass sie am raschesten verwirklicht werden kann und den Stadtverkehr erheblich entlastet. Wenn einmal die Bauten der SBB (zweiter Tunnel nach Oerlikon und Ausbau der Anlagen in Oerlikon) endgültig projektiert sind, kann in einer weiteren Etappe ein Strassentunnel aus der Gegend des Bahnhofs Oerlikon nach der Gegend der Wipkingerbrücke erstellt werden, welcher den Milchbucktunnel entlasten wird. Als Fortsetzung dieses Tunnels kann dann ein Ausbau der städtischen Strassen entlang der linksufrigen Seebahn vorgenommen werden, so dass eine Verbindung entsteht, die beim Sihlhölzli den Anschluss an die Expresstrasse findet.

Da der Kanton den Bau der linksufrigen Zürichsee-Autobahn bereits in Angriff genommen hat, ist vorgesehen, diese Autobahn von der Höcklerbrücke her vorläufig bis zur Sihlhölzlibrücke zu führen und gleichzeitig für einen guten Abfluss von der Autobahn zu sorgen dadurch, dass die angrenzenden Stadtverbindungen ausgebaut werden. Im Gebiet Brunau/Utobrücke geht dieser Ausbau bereits der Vollendung entgegen; bei der Sihlhölzlibrücke wird eine Verbreiterung der Brücke und eine Verdoppelung des Ulmbergtunnels mit Unterführung unter dem Bleicherweg notwendig sein.

Dass für Zürich eine eigentliche U-Bahn nicht in Frage kommt, gilt als erwiesen. Für die Tieflegung der Strassenbahn in der Innenstadt befindet sich ein Projekt im Studium, welches voraussichtlich noch dieses Jahr fertig wird. Es umfasst 17 km Tunnelstrecken und zwei bis drei Limmatunterführungen, sowie die Einführung der Forchbahn in die unterirdische Station Bellevue. Als Variante der unterirdischen Führung in der Bahnhofstrasse wird ein Trassee studiert, welches unter dem Rennweg, dem St. Peterhügel und der Fraumünsterstrasse liegt. Die Projektierung liegt in den Händen der Firmen Locher & Cie., AG. Heinrich Hatt-Haller und AG. Conrad Zschokke; die Studienleitung hat Ing. E. Schnitter inne.

Soweit die Auffassungen der Projektverfasser. Weitere Diskussionen, an denen die zum Teil recht schwerwiegenden Einwände sowohl städtebaulicher wie verkehrstechnischer Natur gegen die skizzierten Pläne begründet würden, sind vorgesehen. *W. J.*

Pilzdecken ohne Pilz

DK 624.073.75

Von **Arnold Escher**, dipl. Bau-Ing., Zürich

In neuerer Zeit macht sich immer mehr die Tendenz geltend, trägerlose Eisenbetondecken ohne sichtbare Verstärkungen bei den Stützen, d. h. Pilzdecken ohne Pilz auszuführen. Als Ersatz für die sichtbare Beton-Pilz-Konstruktion dient dabei eine in der unveränderten Deckenstärke angeordnete zusätzliche Armierung. Begründet wird diese Unterdrückung eines zweckmässigen und bewährten Konstruktionselementes je nachdem mit ästhetischen Ueberlegungen, Vereinfachung der Installationen oder gelegentlich auch mit Kostenersparnis. Punkto Aesthetik erlaubt sich der Ingenieur immerhin die Frage, ob es wirklich schöner aussieht, wenn die Säule eine glatte Decke durchstösst, als wenn das Kräftespiel durch eine sichtbare Verstärkung angedeutet wird.

Es spielt sich hier ein ähnlicher Vorgang ab wie bei den Vouten der durchlaufenden Unterzüge. Diese stellten in einer früheren Periode des Eisenbetonbaues ein allgemein anerkanntes, wertvolles Bauelement dar und wurden aus ähnlichen Gründen wie heute der Pilz nach und nach verdrängt und schliessslich als altmodisch klassiert. Ersetzt werden sie üblicherweise durch Druckarmierung und Zulassung höherer Spannungen. Ob dieser Ersatz als vollwertig angesprochen werden kann, bleibe dahingestellt.

Aus den Anfängen der Pilzdeckenkonstruktion ist bekannt, dass gelegentlich eine Decke mit ungenügend ausgebildetem oder ganz weggelassenem Pilz von der Säule durchgestanzt wurde, da damals der starken Zunahme der Beanspruchungen in der Nähe der Stützen noch nicht genügend Beachtung geschenkt wurde. Heute ist es möglich, diese Verhältnisse, wenigstens für einfache Belastungsfälle, rechnerisch einwandfrei zu erfassen. In Bild 1 sind die Koeffizienten zur Bestimmung des Einspannmomentes und der Querkraft am Rande eines Pilzes in Funktion des relativen Pilzdurchmessers dargestellt. Der Berechnung der Momente liegt der Ansatz von Tölke/Girkmann zu Grunde für einen kreisrunden, starren Pilz in einer unendlich ausgedehnten Decke mit konstantem Stützenabstand und gleichmässig verteilter Vollast. Die Querkräfte sind unter den gleichen Voraussetzungen, jedoch mit Hilfe elementarer Ueberlegungen ermittelt.

Die Verhältniszahl $\rho = 0{,}25$ entspricht dabei einem Pilz mit normalen Abmessungen, bei $\rho = 0{,}05$ ist der Pilz mehr oder weniger auf den Säulendurchmesser zusammengeschrumpft. Wie ersichtlich nimmt in diesem Intervall die Querkraft auf das fünffache zu, und das Einspannungsmoment auf nicht ganz das dreifache. Hinsichtlich der Momente ist noch zu beachten, dass deren Verteilung über einen breiten Streifen, bzw. die übliche Mittelwertbildung, wie sie beim Betonpilz infolge der grossen Starrheit ohne weiteres angenommen werden darf, im Falle einer Platte von unveränderlicher Stärke nicht mehr im gleichen Masse erwartet werden kann. Auch eine empirische Lastverteilung unter 45° wird den tatsächlichen Verhältnissen kaum gerecht. Schliesslich sind auch noch unsymmetrische

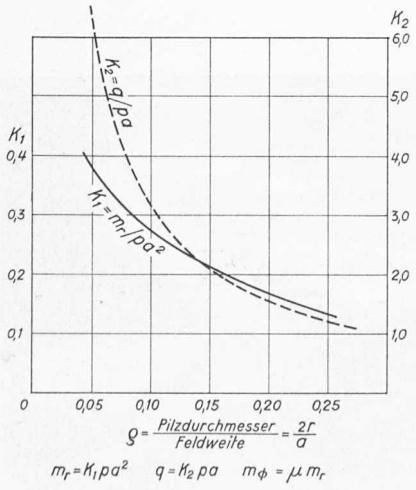

Bild 1. Einspannungsmoment m_r und Querkraft q in Funktion des Pilzdurchmessers

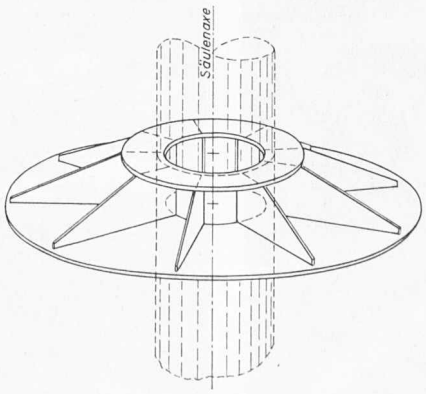

Bild 2. Reine Blechkonstruktion

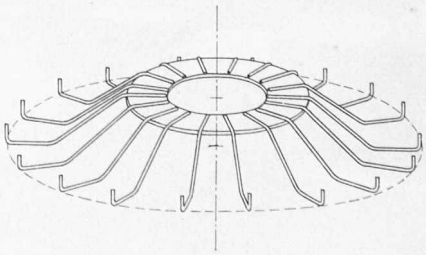

Bild 3. Blechring mit angeschweissten Rundeisen

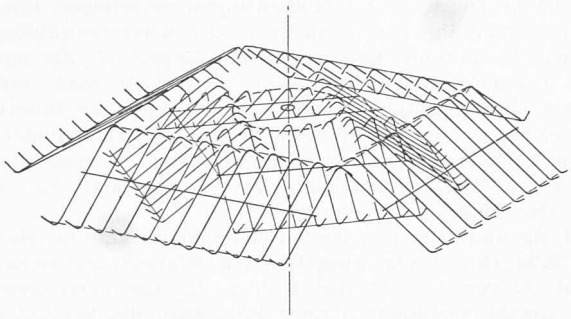

Bild 4. Reine Rundeisenarmierung

Belastungsfälle zu beachten, deren rechnerische Erfassung nur beschränkt möglich ist, die sich aber bei konstanter Plattenstärke in grossen Drillungsmomenten an den Stützen äussern werden.

Damit sind die hauptsächlichsten Gesichtspunkte gezeigt, die berücksichtigt werden müssen, wenn der herkömmliche Betonpilz unterdrückt und durch eine, in der unveränderten Plattenstärke unterzubringende Armierung ersetzt wird.

Im folgenden sollen einige typische Beispiele von solchen Ersatzkonstruktionen betrachtet werden, und zwar gewissermassen in entwicklungsgeschichtlicher Reihenfolge. Die generelle Darstellung kann selbstverständlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, wird aber doch erlauben, gewisse Schlüsse von allgemeiner Gültigkeit zu ziehen.

Bild 2 stellt eine zusammengesetzte Blechkonstruktion dar, wie sie aus älteren Veröffentlichungen bekannt ist. Auf ähnlichen Prinzipien beruht eine, auch heute gelegentlich, und zwar vorwiegend in Verbindung mit eisernen Säulen verwendete Ausführung, bei der einzelne Profileisenstumpen — im allgemeinen I — in Kreuz- oder Sternform unter sich zusammengeschweisst bzw. an die Stützen geschweisst werden. Diese Konstruktionselemente können ohne weiteres für jede berechnete Beanspruchung dimensioniert werden, hingegen haftet ihnen der allen Verbundkonstruktionen mehr oder weniger eigene Nachteil an, dass das homogene Gefüge des Betons gestört und die Konstruktion daher für Nebenbeanspruchungen empfindlicher wird. Dies gilt im vorliegenden Falle ganz besonders hinsichtlich der Drillungsmomente, für welche die Berührungsflächen von Stahl und Beton Ebenen stark reduzierter Widerstandsfähigkeit darstellen.

Einen Schritt weiter führt uns die Konstruktion nach Bild 3, bestehend aus einem oberen Blechring mit radial aufgeschweissten, abgebogenen Rundeisen als Schubelemente konventioneller Art. Die Ausführung lässt sich noch verfeinern, wenn die Abbiegungen in verschiedene Kegelmantelflächen verlegt werden. Hier verbleibt als Element mit querschnittschwächender Eigenschaft, im oben ausgeführten Sinne, nur der Blechring, welcher gegebenenfalls auch durch eine Anzahl von Rundeisenringen ersetzt werden kann. Damit kommen wir übrigens auf ein Armierungssystem zurück (radiale und ringförmige Eisen), das in den Anfängen der Pilzdeckenkonstruktion in den USA gelegentlich verwendet und auch patentiert wurde.

Einen Versuch, die Pilzarmierung noch weitgehender mit den gewöhnlichen Mitteln der Eisenbetonkonstruktion zu verwirklichen, stellt die Ausführung nach Bild 4 dar, welche in neuerer Zeit bei Bauten in den USA zur Verwendung gekommen ist: einzelne, aus Rundeisen zusammengeschweisste Tafeln, die gewissermassen nach Art eines Kartenhauses in konzentrischen Vierecken und mit der Neigung der schiefen Hauptzugspannungen um die Stützen aufgebaut werden. Bei den relativ kurzen Schubarmierungsstäben erscheint in diesem Falle die einwandfreie Uebertragung der Kräfte zwischen Beton und Eisen und das Zusammenwirken mit der Hauptarmierung immerhin etwas fraglich.

Eine noch weitergehende Auflösung und Verteilung der Armierung hat der Verfasser mit der in den Bildern 5 und 6 wiedergegebenen Lösung angestrebt: strahlenförmig angeordnete Elemente, die als orthogonale Gewebe wirken. Sie werden aus handelsüblichem Stahldrahtnetz durch U-förmiges Zusammenbiegen erhalten. Ein gutes Zusammenwirken mit dem Beton wird durch die schleifenförmige Ausbildung der Elemente, wie auch durch die grosse Zahl der verschweissten Kreuzungspunkte erreicht. Die Uebertragung des Spannungsinkrementes auf die Hauptarmierung kann in den Zonen, wo die zulässige Haftspannung nicht mehr ausreicht, durch Verschweissen von Hauptarmierung und Schubelementen gesichert werden. Eine solche Verschweissung lässt sich am Bau sehr leicht bewerkstelligen, da sich naturgemäss eine Vielzahl von Berührungspunkten der beiden Armierungskomponenten ergibt (Bild 6). Zu gewissen Bedenken mag hier die Spannungsverteilung bzw. -übertragung in den Randzonen der Säule Anlass geben, besonders wenn im Inneren der Säulen noch Aussparungen für Leitungen vorzusehen sind, wie dies übrigens bei allen dargestellten Ausführungstypen angenommen worden ist.

Zusammenfassend lässt sich wohl die Behauptung aufstellen, dass bei allen Ersatzkonstruktionen für einen normalen Betonpilz in den Einzelheiten Probleme auftreten, bei deren Lösung die Meinung der Konstrukteure auseinandergehen wird. Es wäre daher begrüssenswert, wenn einzelne, für den Pilzersatz typische Konstruktionsformen — Verbundkonstruktion einerseits und aufgelöste Armierung anderseits — durch systematische Versuche auf ihr tatsächliches Verhalten unter extremen Belastungsfällen geprüft werden könnten.

Vielleicht würde sich eine solche Prüfung sinngemäss in den Rahmen der aktuellen Untersuchungen über die Haftfestigkeitseigenschaften verschiedener Spezialstähle einfügen, und sie sei in diesem Sinne insbesondere den betreffenden Stahlwerken zur Beachtung empfohlen.

Auf jeden Fall glaube ich, bis zum Beweis des Gegenteils, aus den vorliegenden Betrachtungen den Schluss ziehen

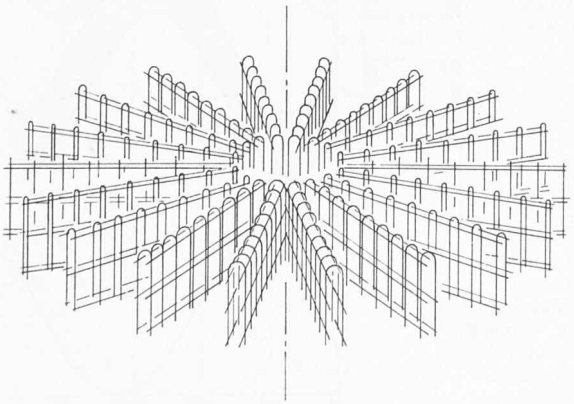

Bild 5. Armierung mit Hilfe von Elementen aus Stahldrahtnetz

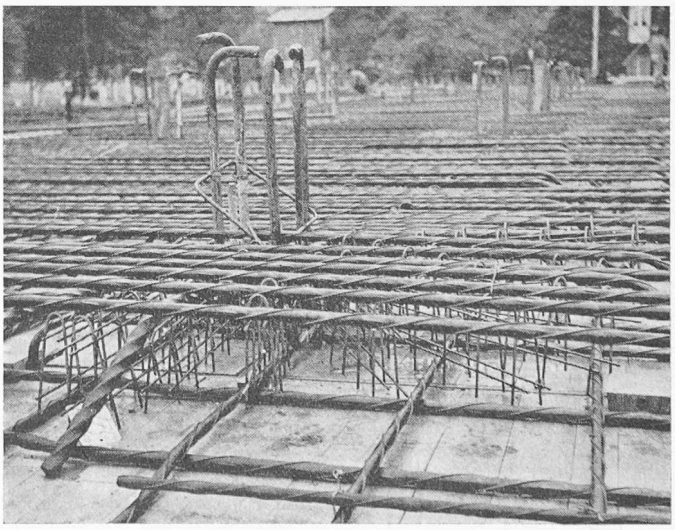

Bild 6. Gemäss Bild 5 ausgeführte Armierung

zu dürfen, dass eine Pilzdecke ohne Pilz auf keinen Fall die hervorragenden Eigenschaften einer normalen Pilzdecke aufweisen wird, nämlich ihre grosse Tragkraftreserve und damit ihre Unempfindlichkeit gegen unvorgesehene bzw. unberechenbare Belastungsfälle. Ich möchte daher abschliessend den Wunsch aussprechen, dass dort, wo ohne zwingende Gründe eine Unterdrückung des normalen Betonpilzes verlangt wird, der Ingenieur seinen Einfluss für die Ausführung der bewährten Pilzdecke mit Pilz geltend machen möge.

Adresse des Verfassers: *A. Escher*, dipl. Ing., Hinterbergstr. 68, Zürich 44.

Die Philips-Gaskältemaschine

DK 621.59

Die von der Firma Philips, Elektro Spezial GmbH., Hamburg, entwickelte Gaskältemaschine für tiefe Temperaturen und kleine Leistungen wirkt nach dem in Bild 1 dargestellten Verfahren. Darnach bewegt sich der Hauptkolben 1 im Zylinder 2 auf und ab und bewirkt dadurch eine Volumänderung des gesamten Arbeitsraumes, der durch die Räume 4 und 5 sowie den dazwischen liegenden Ringkanal gebildet wird. Dieser Arbeitsraum ist mit einem geeigneten Gas unter Druck gefüllt, das entsprechend den Bewegungen des Kolbens 4 verdichtet und wieder entspannt wird. Der Verdrängerkolben 3, der die Räume 4 und 5 voneinander trennt, führt ebenfalls eine schwingende Bewegung aus. Dabei ist seine Phase so gewählt, dass Raum 4 um den Winkel φ dem Raum 5 nacheilt (Bild 2). Dadurch kommt folgende Arbeitsweise zustande: Das im Raum 4 befindliche Gas wird zunächst verdichtet und strömt dann durch den Ringkanal nach dem Raum 5 über, wobei es sich sehr stark abkühlt. Dazu sind im untern Teil des Ringkanals ein mit Kühlwasser beschickter Kühler und darüber ein als Regenerator bezeichneter Kühlkörper von grosser Masse eingebaut, der unten warm (Zimmertemperatur), oben kalt ist. Anschliessend expandiert das kalte Gas und kühlt sich dadurch noch mehr ab. Auf diese Weise nimmt der obere Teil der Maschine eine sehr niedrige Temperatur an. Nun folgt ein Rückströmen von kaltem Gas von 5 nach 4, wobei es zuerst einen oberen Wärmeaustauscher durchströmt, in dem die nützliche Kälteleistung aufgenommen wird. Anschliessend folgt der Regenerator, der sich oben am kalten Gas abkühlt, während sich dieses erwärmt. Im unteren Kühler findet während des Rückströmens von 5 nach 4 keine Zustandsänderung mehr statt. Die grösste Temperaturänderung erfährt das Gas im Regenerator. Dieser bildet gewissermassen die Brücke zwischen dem warmen und dem kalten Teil der Maschine.

Bild 3 gibt einen schematischen Schnitt durch eine zur Luftverflüssigung gebaute Philips-Gaskältemaschine. Wie ersichtlich, wird der Hauptkolben 1 von der Kurbelwelle 8 über die Kurbeln 7 und die Pleuel 6 im Zylinder 2 auf- und abbewegt, während die mittlere Kurbel 11 über den Pleuel 10 und die Kolbenstange 9 den Verdrängerkolben betätigt. Dieser besteht aus dem mit Kolbenringen versehenen Körper 16, der ungefähr die Temperatur der wassergekühlten Zylinderwand annimmt, und der hohen Kappe 17, die aus schlecht wärmeleitendem Material hergestellt und mit einer losen Masse gefüllt ist, um Gasströmungen im Innern zu verhindern. Die Kappe 17 weist gegenüber der Zylinderwand ein geringes Spiel auf. Dieser Aufbau drosselt beträchtlich die Wärmeströmung vom warmen zum kalten Teil der Maschine.

Im Ringraum, der den oberen Zylinderteil umgibt, sind die ebenfalls ringförmig ausgebildeten Wärmeaustauscher eingebaut. Davon besteht der Kühler 13 aus einer sehr grossen Anzahl vertikaler dünner Röhrchen, die beidseitig mit ringförmigen Böden verbunden sind und durch die das Arbeitsmittel strömt, während sich das Kühlwasser zwischen den Röhrchen bewegt und so gleichzeitig die Zylinderwand kühlt. Der Regenerator 14 ist aus Ringen von feinem Metalldraht aufgebaut, die aufeinandergeschichtet und durch zwei konzentrische Büchsen aus schlecht wärmeleitendem Material (Nylon) in ihrer Form gehalten werden. Die äussere Wand des Ringkanals besteht aus einer ebenfalls schlecht wärmeleitenden Stahlsorte und ist so dünn ausgeführt, als es die Festigkeit zulässt. Der obere «kalte» Wärmeaustauscher 15 wird durch sehr viele feine Schlitze gebildet, die an der Innenseite des Kopfes in das massive Material eingesägt sind. Auf der Aussenseite dienen ähnliche Schlitze 18 zur Aufnahme der nützlichen Kälteleistung aus der Umgebung.

Die in Bild 3 dargestellte Ausführungsform dient zur Luftverflüssigung. Dementsprechend bilden die Schlitze 18 den Kondensator. Die flüssige Luft (von —194° C) sammelt sich im ringförmigen Kanal 19 und kann durch das Abzapfrohr entnommen werden. Der Kondensator ist mit einem Isoliermantel 21 umgeben. Frischluft tritt durch die Oeffnung 23 in die Schutzhaube 22 ein und strömt dann durch Löcher in den Platten 24, die durch das Rohr 25 mit dem kalten Innenteil wärmeleitend verbunden sind. Dadurch werden sie so kalt gehalten, dass sich Wasserdampf und Kohlendioxyd aus der Luft ausscheiden.

Das geschlossene Kurbelgehäuse ist mit dem Arbeitsmittel gefüllt und steht unter einem Druck, der ungefähr gleich dem geringsten Arbeitsdruck ist. Dieser Druck wird durch Nachfüllen von Arbeitsmittel aus der Flasche 27 über ein Rückschlagventil konstant gehalten. Vom Kurbelgehäuse führt die Leitung 28 mit dem Rückschlagventil 29 zum Arbeitsraum. Diese Nachspeisung entspricht dem sehr geringen Gasverlust durch die Stopfbüchse 26. Ein besonderes Problem stellte die Kolbenschmierung. Es gelang, eine Kolbenform zu finden, bei der das Arbeitsmittel völlig ölfrei bleibt, was

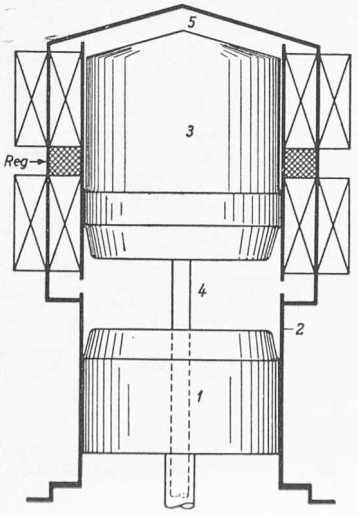

Bild 1 (links). Prinzip der Verdängermaschine (Regenerator schraffiert). 1 Hauptkolben, 2 Zylinder, 3 Verdränger, 4 unterer Arbeitsraum, 5 oberer Arbeitsraum

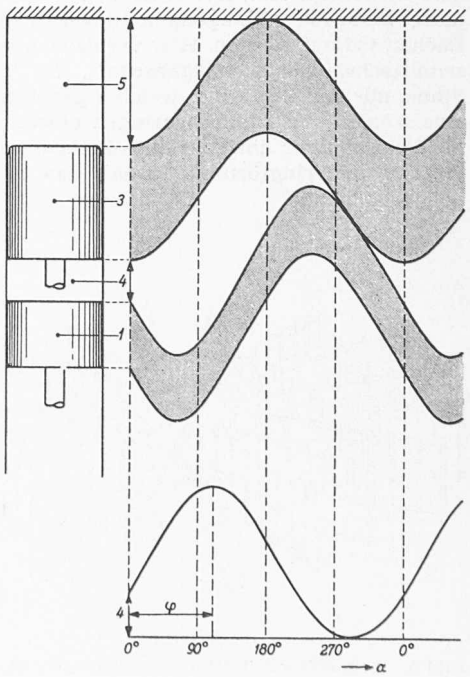

Bild 2 (rechts). Verlauf der Volumina der Arbeitsräume 4 und 5 in Funktion des Kurbelwinkels. Der unveränderliche Rauminhalt, der vom Verdrängerkörper 3 und vom Körper des Hauptkolbens 1 eingenommen wird, ist durch Schattierung angegeben. Unten ist das Volumen des Raumes 4 zwischen Hauptkolben und Verdränger nochmals aufgetragen, um die Phasenverschiebung φ gegenüber dem Raum 5 hervorzuheben