Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 73 (1955)

Heft: 42: 100 Jahre Eidg. Technische Hochschule

Artikel: Die zweckmässige Lösung problematischer Fragen in der Entwässerung bindiger Böden

Autor: Ramser, Ernst

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-61999

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: 04.12.2025

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

materials. Neu ist der Umstand, dass der Gussbeton in den neuen Normen nicht mehr vorkommt. Eine nach Festigkeits- und anderen Kriterien definierte Skala enthält folgende Betonsorten: Normaler Beton, hochwertiger Beton, Spezialbeton. Angaben über die Beziehungen zwischen den Festigkeiten, über Elastizitätsmodul, Poisson'sche Zahl, Schubmodul, Schwinden und Kriechen, Temperaturwirkungen vervollständigen und bestimmen die zur Berechnung unerlässlichen Daten.

Die *Stahleinlagen* werden nach verschiedenen Gesichtspunkten hin charakterisiert und in zwei Hauptgruppen zusammengestellt.

Bemessung und zulässige Spannungen

Dieser ganze Abschnitt dürfte wesentlich dazu beitragen, der vorliegenden Fassung ihr Gepräge zu geben.

Eine Einführung «Grundlagen» enthält die in Abschnitt 2 formulierten Gesichtspunkte (insbesondere das Zusammenhangsproblem) und liefert Angaben über die allgemeinen Voraussetzungen für die Berechnung der Schnittkräfte, die Grundlagen des Spannungsnachweises, die Rissesicherheit und besonders für die richtige statische Erfassung von ganzen Bauwerken wie von Einzeltragwerken (Plattenbalken, Platten und Pilzdecken, Rippen- und Hohlkörperdecken, Balkenroste, gekrümmte Flächentragwerke sowie räumliche Tragwerke).

Es sei hervorgehoben, dass in den neuen Normen die *Modellmessung*, neben der statischen Berechnung, als voll anerkanntes Mittel zur Untersuchung des Kräftespiels zugelassen ist. Damit ist der intensiven Entwicklung der experimentellen Statik volle Anerkennung geleistet und einem dringenden Wunsche willfahren worden.

Die *zulässigen Spannungen* sind für den Beton ohne Stahleinlagen sowie für Eisenbetontragwerke getrennt aufgeführt. Gegenüber 1935 sind die zulässigen Spannungen in Eisenbetontragwerken zum Teil erhöht, sowohl die Beton- wie die Stahlspannungen. Dies erscheint im Hinblick auf die heute im allgemeinen besseren Baustoffqualitäten als gerechtfertigt. Eine besonders sorgfältige Differenzierung der zulässigen Spannungen erlaubt (Tabellen II und III der Normen), die Betonsorten wie auch die Arten und Abmessungen der verschiedenen Tragwerksteile in hohem Masse zu berücksichtigen. Damit kann das Rissebild günstig beeinflusst werden. Eine weitere Differenzierung erfahren die Stahlspannungen bezüglich der Eisenbahnbrücken.

Das *exzentrische Knicken* wurde, wie erwähnt, auf völlig neuer Grundlage formuliert. Die Bestimmungen aus dem Jahre 1935 waren viel zu ungünstig und betrafen einen Fall, der im Eisenbeton nur als grosse Ausnahme vorkommt! Der neue Artikel stellt das exzentrische Knicken auf seine wahre Grundlage, d. h. fasst es als ein Formänderungsproblem auf und führt einen fiktiven Elastizitätsmodul ein. Das Prinzip der strengen Berechnung wird angedeutet und es werden, als einzige Ausnahme vom obenangeführten Grundsatz, zwei willkommene Näherungsberechnungen angeführt.

Die Artikel über die *schrägen Hauptzug- und Torsionsspannungen* im Beton tragen ebenfalls völlig neuen Charakter.

Bauliche Ausbildung

Als oberster Konstruktionsgrundsatz gilt die konsequente Beherrschung des Zusammenhangsproblems, indem die bauliche Anordnung in allen Teilen dem monolithischen Charakter der Eisenbetonbauweise sowie dem Grundsatz des Zusammenwirkens von Beton und Stahleinlagen zu entsprechen hat. Besonders erwähnt seien: Haftung der Stahleinlagen am Beton, Einschränkung der Rissebildung, schädliche Einflüsse, Anordnung der Stahleinlagen.

Die Erkenntnis steht heute fest, dass die Stahleinlagen im Beton möglichst verteilt angeordnet werden müssen (Einschränkung der Rissebildung). Dies hat dazu geführt, in den neuen Normen einen maximalen Axabstand der Armierungseisen zu definieren, der nur unter gleichzeitiger Herabsetzung der zulässigen Spannungen überschritten werden darf. Zahlreiche andere konstruktive Einzelheiten sind neu und stammen aus Erfahrungen und Versuchen, die in den letzten zwanzig Jahren zu neuen Erkenntnissen geführt haben.

Ein ausgedehnter Unterabschnitt enthält die Konstruktionsgrundsätze der wichtigsten ein- und zweidimensionalen Bauelemente.

Vorgespannter Beton

In der Formulierung dieses wichtigen neuen Abschnittes hat sich die Kommission grösste Beschränkung auferlegt. In der Erkenntnis, dass diese neueste Bauweise gegenwärtig eine intensive Entwicklung durchmacht, schien es abwegig, hier zu weitläufig zu sein. Dennoch enthält dieser Abschnitt die wichtigsten unerlässlichen Angaben für den Konstrukteur. Es wird betont, dass die Anforderungen bezüglich der Baustoffe, der Ermittlung des Kräftespiels, der konstruktiven Ausbildung unter Einhaltung der notwendigen Sicherheiten sowie der Ausführung höchsten Anforderungen zu genügen hat.

Es folgen die Angaben über die Baustoffeigenschaften, die zulässigen Spannungen, die Voraussetzungen der statischen Berechnungen sowie der Risse- und Bruchsicherheit, die eine knappe, wenn auch vollständige Grundlage bilden.

4. Schlussbemerkungen

Die in Abschnitt 2 dargelegte Doppelforderung nach Anpassung der Normen an die heutigen Verhältnisse unter gleichzeitiger Freihaltung des Weges für die zukünftige Entwicklung bringt es mit sich, dass die Ausarbeitung eines solchen Normenentwurfes mit einer gefährlichen und heiklen Gratwanderung vergleichbar ist. Die Kommission hofft, diese Strapaze einigermassen erfolgreich und für den tätigen Bauingenieur nutzbringend überstanden zu haben.

Es besteht die Absicht, in kurzer Frist einen kleinen Anhang herauszugeben, der einige willkommene Ergänzungen enthalten soll, die nicht in die Normen aufgenommen wurden, um diese nicht zu überlasten.

Der Verfasser, als Präsident, dankt der Kommission an dieser Stelle für ihre hingebungsvolle Arbeit und für die wertvollen Erkenntnisse verschiedenster Art, die in einer Atmosphäre lebendigster Diskussionen gewonnen wurden.

Die zweckmässige Lösung problematischer Fragen in der Entwässerung bindiger Böden

Von Prof. **Ernst Ramser**, ETH, Zürich

Für die Wahl der sog. Grundabstände bei bestimmten Tiefenlagen von Drainagen mineralischer Böden enthält die zweite umgearbeitete Auflage des «Landwirtschaftlichen Wasserbaues» vom Jahr 1950 (Springer-Verlag) die nachstehend (Seite 620) wiedergegebene Tabelle.

Die Korngruppeneinteilung beruht auf derjenigen von Atterberg. Die Korngrösse I $<$ 0,02 mm umfasst die Fraktionen des Tons und des Schluffs. Die Angaben gelten für Drainagen im Ackerland bei homogener Bodenbeschaffenheit, bei einem mittleren Jahresniederschlag von rd. 650 mm, bei einem Geländegefälle unter 2% und bei Querdrainage. Je nach Jahresniederschlag, Einfluss von Fremdwasser, Geländegefälle, Lagerungsdichte, Vorkommen von Triebsand, Ausführung in Längsdrainage und Grünlandentwässerungen müssen diese Grundabstände den besonderen lokalen Verhältnissen durch prozentuale Zuschläge oder Abzüge noch angepasst werden.

Die Tabelle geht von der Auffassung aus, dass sich auch in bindigen Böden eine Absenkungskurve zwischen den Drains einstelle und dass mit der Vergrösserung der Draintiefe die Abstände vergrössert werden dürfen.

Auf Grund langjähriger Versuche durch die landwirtschaftliche Abteilung der Universität Cambridge gelangt Prof. Nicolson in seinem Buch: «The Principles of Field Drainage»,

Bodenart	Korngrösse I < 0,02 mm in Gew. %	Draintiefe in m 0,80	1,00	1,20	1,40
Schwerer Ton	100—75	6 — 8	6,5— 8,5	7 — 9	7,5— 9,5
Gewöhnl. Ton	75—60	8 — 9	8,5—10	9 —11	9,5—11,5
Schwerer Lehm	60—50	9 —10	10 —11,5	11 —12,5	11,5—13,5
Gewöhnl. Lehm	50—40	10 —11,5	11,5—13	12,5—14,5	13,5—16
Sandiger Lehm	40—25	11,5—14,5	13 —17	14,5—19,5	16 —22
Lehmiger Sand	25—10	14,5—18	17 —22	19,5—26	22 —30
Sand	< 10	> 18	> 22	> 26	> 30

vom Jahr 1946, zum Schluss, dass die Entwässerungswirkungen in durchlässigen Grundwasserträgern und in bindigen bis schweren Böden vollständig voneinander verschieden sind. Bei den erstern bestätigt er die Auffassung früherer Autoren, wonach sich zwischen den Drains der Grundwasserspiegel in eine nach oben gewölbte Kurve einstellt, deren Scheitel in ebenem Gelände in der Mitte liegt und sich mit zunehmender Geländeneigung dem obern Drain nähert. Die Form dieser Absenkungskurve steht in einem mathematischen Zusammenhang mit der Draintiefe und -entfernung, der Bodendurchlässigkeit, der Regenhöhe und -dauer.

In bindigen und schweren Böden dagegen beschränkt sich das Vorkommen freien Wassers und dessen Bewegung auf die obere durchlässige Bodenschicht und die Draingrabenfüllung.

Diese Auffassung wird auch bestätigt durch die von Nicolson unabhängigen Beobachtungsergebnisse Prof. Gustafssons von der Königlich-Schwedischen Landwirtschaftsakademie in Stockholm. Aus dessen Publikation: «Untersuchungen über die Strömungsverhältnisse in drainierten Böden» sei nur auf das Strömungsbild in einem schweren Tonboden verwiesen, das durch die Einbringung von Kochsalz kenntlich gemacht wurde (Bild 1). Der Nachweis und die Verteilung des Salzes infolge der Bodenwasserbewegung erfolgte ein Jahr später durch Zusatz von Silbernitrat in die zahlreichen Bodenlösungen, wobei das ausgefällte unlösliche Silberchlorid als Mengenmasstab diente. Aus der Kochsalzverteilung geht deutlich hervor, dass sich das Bodenwasser in der durchlässigen Oberschicht auf dem schweren Untergrund nach dem Draingraben bewegt und im lockeren Füllmaterial desselben versickert.

Die Beobachtungen in England und Schweden ergeben demnach, dass zwischen dem Drainabstand und der Draintiefe in einem dichten Boden keine Beziehung besteht. Die entwässernde Wirkung wird hier nicht verbessert, wenn auch die Draintiefe vergrössert wird. Eine solche Massnahme hat nur eine Verlängerung des Sickerweges, eine Kostenvermehrung und vielfach eine nachteilige Herabsetzung des Leistungsgefälles zur Folge.

In sehr bindigen Böden begnügen sich die Engländer mit Draintiefen von 60 bis 75 cm, die sie ausnahmsweise auf 75 bis 90 cm vergrössern. Nicolson erwähnt, *dass es besonders die bemerkenswerten Erfolge der Maulwurfsdrainage*[1]) *sind, die die Zweckmässigkeit der geringen Tiefen für die Röhrendrainage in schweren Böden bestätigen.* Das bei uns übliche Minimalmass von 1,20 m sollte deshalb auf 90 bis 80 cm vermindert werden.

Zu wertvollen Beobachtungsergebnissen kommt auch das Oesterreichische Versuchsinstitut für Kulturtechnik, in Petzenkirchen, auf seiner Drainversuchsanlage «Purgstall». Aus dem Bericht: «Die Dränung tagwasservernässter Böden», Heft 40 vom Oktober 1954 der «Oesterreichischen Wasserwirtschaft», erstattet von H. Schleifer und F. Feichtinger, sei nur auf die Zusammenfassung und Folgerung hingewiesen (es handelt sich um einen Lehm- und tonigen Lehmboden):

1. Durch die Abstufung der Dränentfernung von 14 auf 18 und 22 m wird der Wachstumsfaktor Wasser nicht so weit beeinflusst, dass neben der Dränwirkung, die vor allem in der zeitgerechten Abfuhr des schädlichen Bodenwassers besteht, auch eine eindeutige Einflussnahme auf den Ernteertrag feststellbar ist.

2. Die Veränderung des Dränabstandes von 14 auf 22 m bewirkte überraschenderweise keinen deutlichen Ertragsunterschied. Die Frage nach dem «optimalen» Dränabstand hinsichtlich des Ernteertrages konnte während der bisherigen Versuchsdauer noch nicht gelöst werden. Die Ergebnisse beweisen, dass nach dem gebräuchlichen Verfahren zur Ermittlung des Dränabstandes der «optimale» Abstand nicht bestimmt werden kann.

3. Aus den Beobachtungen geht überdies hervor, dass ein wesentlich weiterer Dränabstand als 22 m keine Ertragsverminderung hervorrufen würde. Ja sogar ein doppelt so grosser Abstand kann bei tagwasservernässten Böden, sofern diese noch entsprechende Neigungsverhältnisse aufweisen, ausreichen. Demnach erscheint die verbreitete Ansicht, dass tagwasservernässte Böden eng zu dränen sind, durchaus anfechtbar. Vielmehr wird eine der Geländeform angepasste Dränung, analog einer Bedarfsdränung, oft ausreichen.

4. Aus der Bodenwasserströmung ergibt sich die zwingende Folgerung, dass die Dränrohre, zumal im praktisch undurchlässigen Unterboden keine nennenswerte Wasserbewegung zur Dränleitung stattfindet, in geringerer Tiefe als 1,20 m verlegt werden können.

5. Die für die Pflanze tragbare Vernässungszeit darf durch die Fliessdauer des schädlichen Wassers allein in der Krume zum Füllboden des Drängrabens nicht überschritten werden; sie erscheint demnach als wichtiges Kriterium für die Festlegung des Dränabstandes bei Röhrendränungen in tagwasservernässten Böden.

6. Die Frage nach dem Bodenwasserhaushalt in trockenen und nassen Jahren konnte bisher nicht geklärt werden.

7. Neben der bereits angeführten zeitgerechten Abfuhr des schädlichen Bodenwassers wird durch die Dränung in dichten Böden auch eine Verbesserung der Durchlüftung erzielt. Da diese Besserung bei der Röhrendränung nur langsam eintritt, erhebt sich die Frage, *ob nicht der Maulwurfdränung der Vorzug eingeräumt werden soll. Bekanntlich bewirkt die Maulwurfdränung die anzustrebende Lockerung des Unterbodens weit rascher und in grösserem Ausmass als die Röhrendränung. Ueberdies würde die Melioration tagwasservernässter Böden (wasserstauender Unterboden) wesentlich verbilligt werden.*

Zum Schluss dieser Mitteilungen aus England, Schweden und Oesterreich sollen auch die Bemerkungen hinsichtlich Drainagewirkung zitiert werden, die Prof. Dr. Zunker anlässlich der Jahresversammlung 1953 des Deutschen Kuratoriums für Kulturbauwesen in München geäussert hat: «Was die Wirkung anbelangt, so hat man in England und Amerika die Erfahrung gemacht, die auch durch die Dränfelduntersuchungen des deutschen Arbeitsausschusses für Kulturbauwesen bestätigt worden ist, dass die Tonrohrdränung bei den üblichen Dränabständen in schweren Lehm- und Tonböden versagt. *In diesen ist die kombinierte Maulwurfdränung mit Tonrohrdränen als Sammler und mit Erddränen in Abständen von 2 bis 4 m als Sauger wirksamer und wirtschaftlicher.*»

Seit Frühjahr 1948 führt das Kulturtechnische Institut der ETH auf verschiedenen Versuchsfeldern Beobachtungen über die Wirkung der Maulwurfsdrainage durch und hat hierüber in der Oktobernummer 1953 der «Schweizerischen Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie» Bericht erstattet. («Unsere bisherigen Versuchsergebnisse bei Maulwurfsdrainagen.») Eine weitere Publikation ähnlicher Art erschien im «Schweizer Baublatt» vom Mai 1954 unter dem Titel: «Untersuchungen bindiger Böden auf Grund ihres Wasserhaltevermögens und Folgerungen für die Entwässerungspraxis.» An Stelle des Maulwurfspfluges wurde hierin ein ähnliches Bodenbearbeitungsgerät, der Untergrundslockerer, geschildert, der in USA und Frankreich sehr häufig zur Anwendung kommt. Diese «Charrue sous-soleuse», wie die Bezeichnung in Frankreich lautet, bezweckt neben der Bodenlockerung auch dessen Entwässerung, die durch parallele Bodenschnitte, analog wie mit dem Maulwurfspflug, quer zu den 50 bis 60 m voneinander entfernt liegenden Tonrohrleitungen, erreicht wird. Durch die neuzeitliche Verwendung schwerer Traktoren und Bodenbearbeitungsmaschinen bildet sich in gewisser Tiefe unter der Oberfläche ein Verdichtungshorizont (und zwar auch in gründlich entwässerten Gebieten), der zum Aufstau von Wassertümpeln Anlass gibt. In

[1]) Die sog. Maulwurfsgänge werden mit einem besonderen Pflug mittels verlängertem Schwert und spitzem Rundkörper am untern Ende in den Boden eingepresst. Diese dienen als seitliche Zubringer anstelle normaler Saugleitungen.

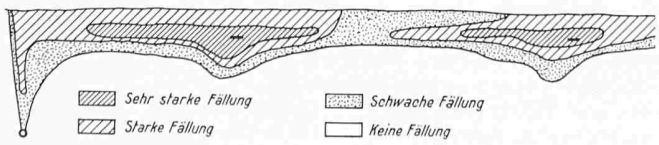

Bild 1. Strömungsbild in strengem Tonboden

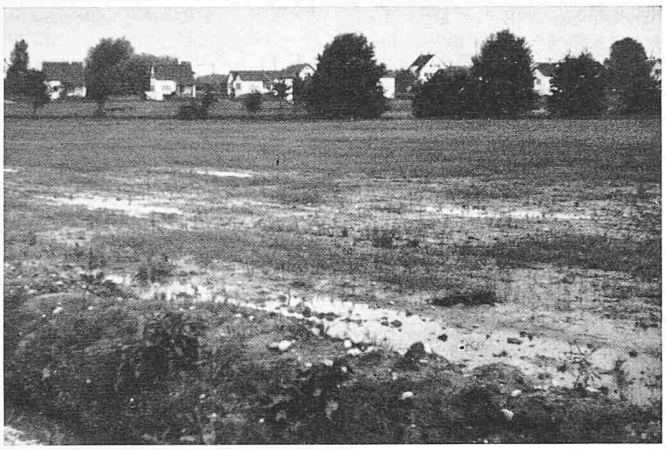

Bild 2. Geländeausschnitt, Aufnahme 1954

Bild 3. Der gleiche Geländeausschnitt im Jahre 1955

gewissen Zeitabständen muss diese verdichtete Schicht durchbrochen werden, damit das aufgestaute Tagwasser seinen Abfluss durch die Bodenschnitte als Zubringer der Drainsleitungen wieder findet.

Als eindrücklichstes Beispiel für die Notwendigkeit der Untergrundslockerung und ihrer gleichzeitigen Zweckmässigkeit für die Entwässerung sei auf ein Drainageprojekt verwiesen, das zum ersten Mal im Jahr 1918 und in seinen flachen Partien 1940/41 nochmals drainiert wurde. In den Hanglagen von 5 bis 7 Prozent Gefälle erwies sich die Entwässerungswirkung bei Abständen von 17 bis 18 m, in einem Untergrund von Moränelehm mit Sand und Steinen als gut, während in den ebenen Alluvionsgebieten mit Kies, Sand, lehmigem Sand und sandigem Lehm, bei den selben Drainabständen, eine Ergänzungsdrainage während des letzten Krieges erstellt wurde. Am Hang hätte vermutlich nach Pkt. 3 des österreichischen Berichtes auch ein wesentlich grösserer Drainabstand den gleichen Effekt erzielt. Gemäss der Tabelle für die Grundabstände hätte im flachen Grundwasserträger eine Drainentfernung von 22 bis 30 m genügt. Bei der Vernässung dieses Gebietes musste neben dem hohen Grundwasserstand noch ein natürlicher B-Horizont von wenigen Zentimetern Mächtigkeit die Ursache bilden, was bei der gefühlsmässigen Bodenbeurteilung nicht erkannt wurde. Leider war damals in der Schweiz der Maulwurfspflug oder der Untergrundslockerer noch nicht bekannt. Deren Anwendung hätte mit bedeutend geringeren Kosten zu einem guten Erfolg geführt. Die Ergänzungsdrainage 1940/41 erfolgte gegenüber der Anlage von 1918 in umgekehrter Richtung mit denselben Drainabständen und mit 20 bis 30 cm geringeren Tiefen. Gemäss Aussage des heutigen Grundbesitzers war der Gemüseertrag dieses kreuz und quer drainierten und wohl auch häufig gepflügten Gebietes von rd. 4 ha im nordwestlichen Teil, trotz den hohen Niederschlägen vom Jahr 1953, ein guter. Für die bessere Bewirtschaftung wurde darauf die grössere Fläche dieser Intensivkulturen mit einem schweren Traxcavator planiert. Das nachfolgende, ebenfalls niederschlagsreiche Jahr 1954 war vollkommen ertraglos, weil die empfindlichen Gemüsekulturen während Tagen und Wochen in aufgestauten Wassertümpeln des planierten Gebietes liegen blieben (Bild 2).

Das Kulturtechnische Institut der ETH untersuchte die Bodenverhältnisse im planierten und nichtplanierten Areal auf Grund von Sorptionskurven für Wassersaugspannungen von 50, 100 und 150 cm, sowie durch Bestimmung der k_F-Werte. Ganz besonders deutlich illustrieren die erstgenannten den grossen Unterschied im Verhalten des planierten und nicht planierten Bodens zu Wasser (Bild 4). Der Vergleich der beiden mittleren Sorptionslinien (ausgezogen und gestrichelt) für planierten, bzw. nichtplanierten Boden in Tiefen von 50 bis 60 cm ergibt, dass der Wasserentzug in Prozent der Sättigung, bei einer Tension von 150 cm, für den nichtplanierten Boden nur um rd. 3 % grösser ist als beim planierten, nämlich 8,4 gegenüber 5,3 %, d. h. dass die Bodenverdichtung in dieser Tiefe nur eine geringe Erhöhung erlitten hat. Die beiden äusseren Sorptionslinien für die Tiefe von 30 bis 40 cm dagegen zeigen eine wesentlich grössere Diskrepanz; der Wasserentzug im nicht planierten Boden erreicht bei einer Tension von 150 cm 11,6 %, im planierten nur 1,8 %, oder 9,8 % mehr als im letzteren, was deutlich demonstriert, dass in dieser Zone eine starke Verdichtung eingetreten sein muss.

Auch die Bestimmung der k_F-Werte verschiedener Tiefen bringt diesen Verdichtungshorizont zum Ausdruck:

Tiefen von	10 - 20	30 - 40	50 - 60	70 - 80 cm
k_F-Wert (unplan.)	$1{,}25.10^{-3}$	undurchl.	$1{,}0.10^{-3}$	$1{,}1.10^{-3}$ cm/s
k_F-Wert (plan.)	$7{,}50.10^{-3}$	$2{,}22.10^{-1}$	$3{,}5.10^{-3}$	$1{,}53.10^{-2}$,,

Auf Empfehlung des Kulturtechnischen Instituts der ETH wurden im Frühjahr 1955 rd. 40 ha mit dem Untergrundslockerer bearbeitet. Leider konnte diese Massnahme nicht auf die ganze Fläche ausgedehnt werden, da die zur Verfügung stehenden Traktoren, bei einem Tiefgang von 60 bis 70 cm der Auflockerung, zu schwach waren. Auf dem grössten Teil des Gebietes begnügte man sich mit einem Umbruch auf 40 bis 45 cm Tiefe, unter Verwendung eines schweren Anbaupfluges. Das mit dem Untergrundslockerer bearbeitete Gebiet wurde mit Gemüse angepflanzt und zwar meistens mit wasserempfindlichen Kohlarten. Trotz den grossen Niederschlägen dieses Jahres, die diejenigen von 1953 und 1954 noch übersteigen, waren die Erträge gut. Die jeweiligen Kontrollen nach starken Gewitterregen ergaben, dass nirgends Wasseraufstauungen festzustellen waren (Bild 3). Solche zeigten sich auch auf jenen Flächen nicht, die nur mit dem Pflug umgebrochen worden waren. Da dieser Umbruch auf 40 bis 45 cm Tiefe erfolgte und der Verdichtungshorizont zwischen 30 bis 40 cm unter der Oberfläche liegt, ist zu schliessen, dass der letzgenannte genügend aufgebrochen wurde, um dem Tagwasser Abfluss nach den Drains zu verschaffen. Nach dem vollständigen Ernteausfall des letzten Jahres möchten aber die jetzigen Grundeigentümer sicher gehen, indem sie die Untergrundslockerung auf dem ganzen Areal durchführen wollen.

Auf diese Schilderung mag der Einwand gemacht werden, dass natürlich eine Bodenverdichtung nach Verwendung eines schweren Trax eintreten musste, dass eine solche bei normaler Bewirtschaftung aber nicht in Erscheinung trete. Beispiele von der Bildung solcher abdichtender Horizonte liessen sich in Ackerbaugebieten, wo der Traktor und andere schwere Ma-

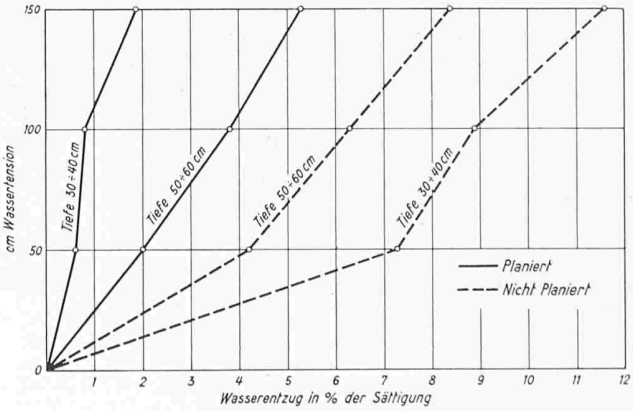

Bild 4. Sorptionskurven

schinen noch nicht Eingang gefunden haben, sowie auch in ausgesprochenen Weideflächen, zur Genüge anführen. Es kommt auch nicht von ungefähr, dass in gewissen Ackerbaugebieten Nord-Deutschlands die Pferde beim Pflügen, Eggen und Walzen mit grossen Schuhen versehen werden, um damit die Bodenpressung zu verringern.

Folgerung: Unsere eigenen sowie die im Ausland gemachten Beobachtungen ergeben, dass die bisherige Tonrohrentwässerung dichter Böden eine radikale Aenderung und Anpassung an die gewonnenen Erkenntnisse erfahren muss. Zudem zwingen unsere hohen Arbeits- und Materialkosten zu einer Vereinfachung und Verbilligung des Entwässerungsverfahrens, das in einer Kombination normaler Drainleitungen in grossen Abständen mit quer dazu verlaufenden Erddrains, hergestellt mit dem Maulwurfspflug oder dem Untergrundslockerer, die zweckmässigste Lösung bedeutet.

Hallenbauten aus Stahlbeton und Spannbeton

Von **Georges A. Steinmann**, dipl. Ing. ETH, Genf

Wir bezeichnen als Halle einen geschlossenen Raum, der zu folgenden Zwecken dient: Herstellen von Erzeugnissen aller Art, Einstellen und Ueberholen von Fahr- und Flugzeugen, Lagerung von Materialien, Verkauf und Ausstellung, Versammlung (in diesem Sinne gehören dann Kirchenbauten, Theaterbauten und Sportanlagen zu den Hallenbauten).

1. Einführung

Das Material Beton ist in Formen, die Schalungen, gegossen. Dieses Merkmal lässt den entwerfenden Architekten und Ingenieuren die grösste Freiheit in der künstlerischen und konstruktiven Gestaltung und Durchbildung. Sie können ihre Phantasie und ihre Ideen spielen lassen, sie haben die geistig so wichtige Ueberzeugung, ein Bauwerk zu schaffen, und sie sind nicht an das Zusammensetzspiel mit vorgeschriebenen Profilformen gebunden.

Risse im Stahlbeton sind bis zu einer Grenze von 0,3 mm annehmbar; sie gefährden den Bestand des Bauwerkes nicht. Dieses Mass in der Oeffnung der Risse bestimmt die Höhe der Zugspannungen in der Stahlbewehrung. Um die guten Stahlfestigkeiten voll auszunützen, wurden im Laufe der Zeit Spezialstähle entwickelt, deren Oberfläche besonders ausgebildet ist (Rippen, Nocken usw.), um die Haftung zwischen Beton und Bewehrung zu erhöhen. Damit wird eine bessere Verteilung der Risse (grössere Anzahl der Risse und kleinere Oeffnung derselben) erzielt. Für bestimmte Tragformen sind aber dadurch Grenzen festgelegt, dass, je grösser die Spannweite, desto grösser die Stahlquerschnitte und in der Folge die Betonquerschnitte sein müssen, um die Bewehrung unterzubringen. Aus dieser Erkenntnis wurden sehr früh besondere Formgebungen entwickelt, z. B. die Bogenformen, um Normalkräfte zu erzeugen, oder Schalen, wobei die Abmessungen so gehalten werden, dass nur Druckkräfte übertragen werden können, und die Zugkräfte nur an bestimmten Rändern auftreten.

Sehr früh hat man erkannt, dass, um die Rissebildung zu vermeiden, der Beton nur mit Druck und bescheidenem Zug zu beanspruchen ist. Wenn der Beton durch eine innere dauernde Kraft für alle Belastungen unter Druck oder nur kleinem Zug bleibt, also vorgespannt wird, entsteht das Material «Spannbeton». Der Träger der Vorspannung besteht am einfachsten aus speziellen Stählen mit hohen Festigkeiten. Die ersten Versuche misslangen, da die Stähle nicht genügend hoch vorgespannt wurden, und die erzeugten Druckkräfte gingen mit der Zeit verloren (Schwinden und Kriechen). E. Freyssinet legte 1926 klar die Bedingungen fest, unter welchen die Vorspannung erhalten bleibt. Der Spannbeton gibt früher ungeahnte Möglichkeiten im Bauwesen frei.

Der riesige Aufschwung der Industrie und des Verkehrswesens seit 1914 hat die Architekten und Ingenieure vor grosse Aufgaben gestellt, die alle mit Hilfe des Materials Stahlbeton oder Spannbeton glänzend gelöst wurden. Wir versuchen nun, einen Abriss der Entwicklung im Bau von grossen Hallenbauten vor 1939/45 zu geben, um uns dann auf diejenige der letzten Jahre, 1945/1955, mit typischen Beispielen und deren Möglichkeiten zu konzentrieren.

2. Die Entwicklung bis 1939/45

Für die Ueberdeckung von grossen Hallen steht die riesige Entwicklung der Bogenkonstruktionen und der Schalen im Vordergrund. Die Flugschiffhangars in Orly, nach einem Entwurf von Ing. *Eugène Freyssinet* im Jahre 1921 ausgeführt (Bild 1), sind aus Bogen mit U-Querschnitt (Spannweite 80 m, Pfeilhöhe 56 m) ausgebildet, um die notwendige

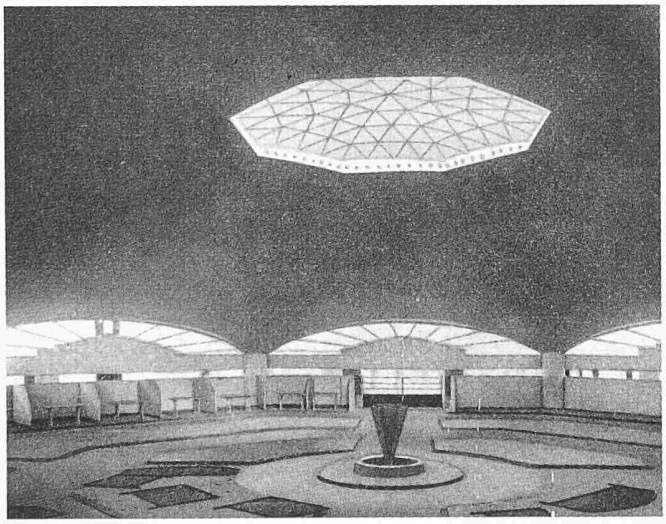

Bild 3. Markthalle in Algeciras (Spanien), 1932. Schalenkuppel von 47,62 m Spannweite mit vorgespanntem Zugband, aufgelagert auf 8 Säulen, Krümmungsradius 44,10 m, Schalendicke 9 cm, Scheitelöffnung mit 9 m Durchmesser. Entwurf: Prof. Dr. h. c. E. Torroja, Madrid. Ausführung: D. R. Barredo, Madrid

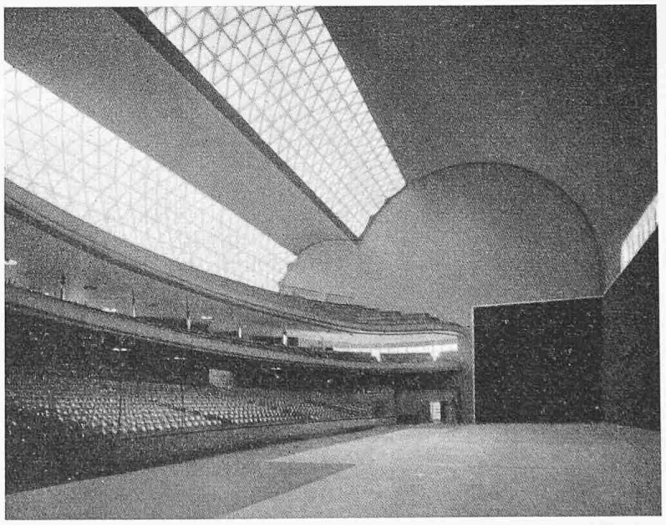

Bild 4. Fronton Recoletos in Madrid, 1936. Kreiszylindrische Schalen von 55 m Spannweite und 32,5 m Breite, Schalendicke 8 cm. Die Leitlinien sind zwei sich senkrecht zueinander schneidende Kreise mit 12,20 bzw. 6,40 m Radius. Unterbrechung der Schale für Belichtung durch dreieckförmige Zellen. Entwurf: Prof. Dr. h. c. E. Torroja, Madrid. Ausführung: Huarte y Compania S. L., Madrid. Zerstört 1939