

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig (FH)

Fachbereich Bauwesen

Diplomarbeit

vorgelegt von:

Frank Sonntag

Matrikel: 98 BI 1

Matrikel-Nr.: 24500

Betreuer:

Prof. Dr.-Ing. Holschemacher

Ausgabetermin:

06. Dezember 2002

Abgabetermin:

28. Februar 2003

Inhaltsverzeichnis

<i>Kapitel</i>	<i>Überschrift</i>	<i>Seite</i>
	Aufgabenstellung.....	2
	Inhaltsverzeichnis.....	3-4
I	Holzspanbeton	
I.1.	Einleitung.....	5
I.1.1	Allgemeines.....	5
I.1.2	Geschichte.....	7
I.1.3	Produktchancen.....	8
I.2.	Ausgangsstoffe.....	13
I.2.1	Zement.....	13
I.2.2	Holz.....	14
I.2.2.1	Aufbau und Chemie des Holzes.....	15
I.2.2.2	Holzspäne.....	16
I.3.	Herstellung von Holzspanbeton.....	17
I.3.1	Zur Herstellung geeignete Hölzer.....	17
I.3.2	Vorbehandlung der Holzspäne.....	18
I.3.3	Wasserbedarf der Holzspäne.....	19
I.3.4	Zur Herstellung geeignete Zemente.....	21
I.4.	Eigenschaften von Holzspanbeton.....	22
I.4.1	Dichte.....	23
I.4.2	Baumechanische Kennwerte	24
I.4.3	Wärmeschutz.....	24
I.4.4	Schallschutz.....	25
I.4.5	Brandverhalten.....	25
I.4.6	Schwindverhalten.....	26
I.4.7	Dauerhaftigkeit.....	27

I.5	Produktion der Durisol- Schalungssteine.....	28
I.5.2	Stoffkreislauf.....	28
I.5.3	Produktionsablauf.....	29
II	Bemessungstabellen nach DIN 1045-1	
II.1.	Einleitung.....	30
II.2.	Grundlagen.....	31
II.2.1.	Vorschriften.....	31
II.2.2.	Bemessung unbewehrter Betonbauteile.....	31
II.2.3.	Sicherheitskonzept.....	32
II.2.4.	Statisches System.....	33
II.2.5.	Knicklänge.....	33
II.2.6.	Berechnung der Tabellen.....	34
II.3.	Anwendung der Tabellen.....	37
II.4.	Zusammenfassung.....	38
II.5.	Beispiele.....	39
II.5.1.	Außenwand - Untergeschoss.....	39
II.5.2.	Außenwand - Obergeschoss.....	42
II.5.3.	Innenwand - zentrisch belastet.....	45
II.6.	Bemessungstabellen.....	47-69
	Literaturverzeichnis.....	70
	Selbständigkeitserklärung.....	71

I.1 Einleitung

I.1.1 Allgemeines

Der natürliche Rohstoff Holz war über Jahrhunderte wesentlicher Teil des Tragwerks, Stahl und Beton kamen später hinzu. Ein Zusammenführen der Baustoffe Holz und Beton zu einem Verbund schien somit eine Erfolg versprechende Idee.

In Europa wurde vor 100 Jahren etwa die zehnfache Menge an Massivholz in der Baukonstruktion eingesetzt. Durch das Aufkommen von Stahl und Stahlbeton wurde der Rohstoff Holz in seiner Bedeutung im Bauwesen zurückgedrängt.

Durch eine kritischere Bewertung der Energie- und Stoffströme, des Primärenergiegehaltes von Baukonstruktionen und des Energiehaushaltes von Gebäuden haben die Einsatzmöglichkeiten von Holz in der heutigen Zeit wieder stark an Bedeutung gewonnen. Doch die Kombination von Holz mit anorganischen Baustoffen ist keine Neuentwicklung. Sie reicht bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts zurück. Unter den Bezeichnungen wie "Steinholz" oder "Sägemehlbeton" existierten eine Reihe von Anwendungen. Steinholzestrich zum Beispiel, auch als Steinholz-Stampfboden bezeichnet, wurde im Industriebau eingesetzt und 1930 unter der Bezeichnung Steinholzestrich erstmals in der DIN 272 genormt. Dieser kann als Wegbereiter der heutigen, unter dem Begriff Holzbeton zusammengefassten Baustoffe gesehen werden.

Holzbeton wird aufgrund seiner geringen Rohdichte zu den Leichtbetonen gezählt und daher auch als Holzleichtbeton bezeichnet. Er ist ein Verbundwerkstoff, der sich aus Zement, Sägespänen bzw. Sägemehl, Wasser und Additiven zusammensetzt. Je nach Mischungsverhältnis lassen sich Rohdichten von 400 bis 1 700 kg/m³ herstellen.

Beim Holzbeton werden die guten baumechanischen und bauphysikalischen Eigenschaften der Baustoffe Holz und Zement miteinander kombiniert. Zement ist witterungsbeständig, fäulnis- und pilzsicher und nicht brennbar. Holz ist leicht, elastisch und gut verarbeitbar. Aufgrund der relativ geringen Masse und der relativ hohen Festigkeit im Vergleich zu anderen Holzwerkstoffen besitzt dieser Verbundbaustoff baupraktische Vorteile. Dies gilt hauptsächlich in Bezug auf Wärmeschutz, Schallschutz und Brandschutz.

Die eingesetzten Holzgemische werden aus Abfällen der Holzverarbeitenden Industrie (Sägewerken) sowie aus Produkten der Forstwirtschaft als Sekundärrohstoffe gewonnen. Bei der Herstellung von Verbundbaustoffen und Baustoffkombinationen sind die Eigenschaften der Endprodukte in erheblichem Maße von denen der Ausgangsstoffe und deren Zusammensetzung abhängig. Gleiches gilt für die Kombination Holz-Zement. Holzmenge, Holzart, Spanform und Holzinhaltstoffe sind hier wichtige Faktoren für die

Eigenschaften. Wie aus der Betonherstellung bekannt, haben ebenfalls die Zementart, der Wasser-Zement-Wert und die Eigenschaften von möglichen verwendeten Betonzuschlägen entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis des Endproduktes. Gerade bei der Kombination von organischen Holzzuschlägen und dem mineralischen Bindemittel Zement können bestimmte Holzinhaltsstoffe den Abbindeprozess des Zementes sehr stark beeinflussen bzw. vollständig verhindern. Diese störenden Stoffe werden als Zementgifte bezeichnet. Diesen muss bei der Auswahl der Holzrohstoffe und durch den Einsatz geeigneter Abbinderregler entgegengewirkt werden.

Der momentane Entwicklungsstand des Baustoffes Holzbeton ordnet ihn als reines Holz-Zement-Wasser-Gemisch in eine separate Baustoffklasse ein.

Durch einige wissenschaftliche Arbeiten an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig zu den theoretischen Erkenntnissen und eine erste Versuchsarbeit zur Weiterentwicklung aufgezeigt, kann der Holzspanbeton durch seinen Anteil an Holzspänen bzw. Holzfasern jedoch auch in die Gruppe der faserbewehrten Betone eingeordnet werden.

Seit einigen Jahren beschäftigt man sich aufgrund von Ressourcenverknappung (Sand, Kies) und Gewichtersparnis (Wand- und Deckenkonstruktion) wieder eingehend mit diesen Konzepten, die mit den derzeitigen technologischen Möglichkeiten fortgeführt werden. Heutzutage werden Bauteile aus Holzleichtbeton weitgehend nur mit nicht tragenden, Wärme dämmenden Funktionen im Bauwesen verwendet. Dennoch eröffnet die Weiterentwicklung dieser Materialkombination hin zu statisch beanspruchbaren und thermisch aktiven Elementen viel versprechende Potentiale.

Holzbeton bietet durch seine relativ einfachen Bearbeitungsmöglichkeiten, sein vielseitiges Einsatzspektrum und die Verwendung einheimischer Roh- und Reststoffe auch ein erhebliches Potential an wirtschaftlichen Parametern. Durch die Verwendung natürlicher Rohstoffe und die Herstellung mit niedrigem Primärenergieverbrauch kann Holzspanbeton als ökologischer und den zukünftigen Anforderungen entsprechender Baustoff eingestuft werden.

Fazit

In dem Einsatz von Sekundärrohstoffen und den damit verbundenen ökologischen und wirtschaftlichen Vorteilen sowie den guten baumechanischen Eigenschaften liegt die Ursache für die Entwicklung, die Bedeutung und das Potential dieses Baustoffes.

I.1.2 Geschichtlicher Hintergrund

Die Möglichkeit der Herstellung von Baustoffen als Kombination aus Holz und mineralischen Bindemitteln ist schon seit 1920 bekannt, damals, siehe Kapitel I.1.1, unter der Bezeichnung Steinholz. Jedoch gab es bei der Verbindung aus Holz und Zement zwei wesentliche Probleme. Es traten oft Störungen bei der Zementerhärtung auf und nach der Herstellung und Verarbeitung stellten sich verhältnismäßig große Dimensionsänderungen ein. Deshalb wurden vorerst nur gips- und magnesitgebundene Holzwolleplatten hergestellt. Der Zement kam als Bindemittel erst einige Jahre später zum Einsatz.

Im Jahr 1949 veröffentlichte Dr. K. Charisius das erste Buch zum Thema Holzbeton mit dem Titel „Über das Wesen, die Herstellung und Eigenschaften von Holzbeton“. Es fehlten zu dieser Zeit jedoch noch gründliche Untersuchungen über die Abhängigkeit der Eigenschaften von der stofflichen Zusammensetzung, die Herstellung und die Verwendungsmöglichkeiten dieses Baustoffes.

Nach dem Zweiten Weltkrieg experimentierte man aufgrund von Rohstoffmangel verstärkt mit zementgebundenen Holzwerkstoffen. Somit gewann Holzbeton in dieser Zeit als Baustoff stark an Bedeutung und hielt auch verstärkt in der wissenschaftlichen Forschung Einzug. Ende der 60er Jahre wurde in der DDR dieser Ansatz für einen kostengünstigen Kleinwohnungsbau sowie landwirtschaftliche Bauten zeitweise aufgegriffen, doch wurden die Forschungen zu diesen Problemen erst in den 70er Jahren wieder verstärkt aufgenommen.

I.1.3 Produktchancen

Infolge der guten Eigenschaften des Holzbetons und durch die Möglichkeit des Einsatzes von Sekundärrohstoffen kann die Holzbetonproduktion einen Beitrag zur Durchsetzung von energiewirtschaftlich günstigen Bauausführungen und zur Nutzung einheimischer Rohstoffressourcen darstellen.

Das Zusammenspiel auf den Gebieten Politik, Recht, Technik, Umweltchemie und Anforderungen des Produkthanwenders wird die weitere Entwicklung des Produktes Holzspanbeton beeinflussen.

Abhängigkeiten und entwicklungsrelevante Punkte für die Chancen des Produktes Holzbeton sollen kurz angeführt werden. Eine genauere Betrachtung aller Faktoren würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Deshalb wird im Folgenden nur auf einige Punkte näher eingegangen.

- Kapitalkosten der Anlagenerstellung, laufende Kosten, Rentabilität
- Rohstoffversorgung am Standort (Rohstoffpreise, Mengen)
- Entwicklung der Maschinenteknik
- Preisentwicklung anderer Baustoffe
- Entwicklung der gesetzlichen Rahmenbedingungen (Fördermittel, Genehmigungsverfahren)

Energetische Verwertung vom Sekundärrohstoff Holz

In Deutschland ist der Ausstieg aus der Atomindustrie eingeleitet. Gleichzeitig hat sich die Bundesregierung verpflichtet, bis zum Jahr 2005 den Ausstoß an Kohlendioxid um 25 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 zu verringern. Ein Ausweichen auf alternative Energiequellen ist angesichts dieser Entwicklung zwingend geboten. Ihre Förderung sowie die Erschließung neuer und effizienter Verfahren zur Energiegewinnung hat sich die Bundesregierung auf die Fahnen geschrieben und eine Reihe von Initiativen ergriffen, die eine Trendwende einleiten sollen. Eine Perspektive bieten regenerative Energiequellen wie Sonne, Wind und Wasserstoff. Daneben setzt man in Berlin auf die verstärkte Nutzung nachwachsender Rohstoffe.

In diesem Zusammenhang wurden das Energie-Einspeisungsgesetz (EEG) sowie die Biomasseverordnung verabschiedet, die die energetische Nutzung nachwachsender

Rohstoffe auch finanziell unterstützen. Dadurch ist die Verbrennung von Alt- und Restholz zur Energiegewinnung ökonomisch attraktiv geworden. Dies spiegelt sich auch in zukünftigen Planungen wieder. Zu den bestehenden rund 60 Anlagen sollen innerhalb weniger Jahre etwa 30 neue Holzheizkraftwerke hinzukommen, was einen zusätzlichen Jahresbedarf von einer bis zwei Millionen Tonnen Alt- und Restholz zur Folge hat. Dadurch könnte der Sekundärrohstoff Holz zukünftig knapp und damit auch teuer werden. Somit könnten sich durch die Förderung der thermischen Verwertung von Altholz die Rahmenbedingungen für die Restholz verarbeitende Industrie verschlechtern.

Alt- und Restholzentorgung in Deutschland

Der Einsatz von Holz als Sekundärrohstoff für die Bauindustrie entspricht dem in der Bundesrepublik Deutschland geltenden Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz. Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) hat den Anwendungsbereich des Abfallrechts im Vergleich zur früheren Rechtslage erheblich ausgeweitet. Das Gesetz erfasst unter dem Begriff „Kreislaufwirtschaft“ auch alle abfallwirtschaftlich relevanten Abfallverwertungsmaßnahmen. Die dabei notwendigerweise vielfach allgemein gehaltenen Vorgaben des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes bedürfen für einzelne Abfallströme der Konkretisierung durch untergesetzliche Regelungen, um Rechts- und Investitionssicherheit im Vollzug des Gesetzes zu gewährleisten.

In diesem Zusammenhang hat das Bundeskabinett die Verordnung über die Entsorgung von Altholz beschlossen. Die Verordnung legt die Anforderungen an die Verwertung sowie an die Beseitigung von Altholz fest. Zentrales Ziel der Verordnung ist es, eine ordnungsgemäße und schadlose Verwertung von Altholz in Deutschland sicherzustellen.

Die Verordnung über die Entsorgung von Altholz ist als Pilotvorhaben für solche stoffbezogenen Verordnungen gedacht. Altholz bot sich in diesem Zusammenhang besonders an, da Altholz

- ein für die Abfallverwertung bedeutender Mengenstrom ist,
- sowohl stofflich wie auch energetisch verwertet werden kann,
- die Umweltverträglichkeit mancher der derzeit praktizierten Entsorgungswege für Altholz zweifelhaft ist und
- aufgrund unterschiedlicher Länderregelungen ein dringender Bedarf zur bundeseinheitlichen Regelung besteht.

Wesentliche Inhalte der Verordnung über die Entsorgung von Altholz

Die Verordnung legt nähere Anforderungen an die stoffliche und energetische Verwertung sowie an die Beseitigung von Altholz auf der Grundlage des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes fest. Gleichzeitig werden diese Anforderungen mit den ebenfalls bei der Entsorgung von Altholz zu beachtenden Bestimmungen des Chemikalien- und Gefahrstoffrechts sowie den Vorschriften über die Führung von Verwertungs- und Beseitigungsnachweisen harmonisiert.

Im Einzelnen sind hierbei folgende Regelungen von besonderer Bedeutung:

- Als Altholz im Sinne der Verordnung werden sowohl Industrierestholz als auch zu Abfall gewordene Holzprodukte erfasst. Grundsätzlich sind dies z.B. Holz- und Holzwerkstoffreste aus der Holzbe- und verarbeitung sowie Altprodukte wie Möbel, Verpackungen oder Holz aus dem Bauabfallbereich. Voraussetzung ist dabei zum einen, dass im Falle von Verbundstoffen der Holzanteil mehr als 50 Masseprozent beträgt, und zum anderen, dass das Altholz als Abfall zu qualifizieren ist. Nicht unter den Anwendungsbereich fällt daher etwa Restholz, das als Koppel- oder Nebenprodukt einzustufen ist (z.B. Späne aus Sägewerken oder Schwachholz aus der Durchforstung).
- Die Verordnung erfasst die heute gängigen Verwertungsverfahren für Altholz. Dabei handelt es sich um die Aufbereitung von Altholz zur Herstellung von Holzwerkstoffen, die Herstellung von Aktivkohle/Industrieholzkohle, die Erzeugung von Synthesegas als Chemierohstoff sowie die energetische Verwertung von Altholz. Sonstige eventuell mögliche Verwertungswege werden von der Verordnung zwar nicht geregelt, aber auch nicht ausgeschlossen, um die Erschließung neuer Verwertungswege bzw. innovativer Verwertungsverfahren für Altholz nicht zu behindern. Deren abfallrechtliche Zulässigkeit beurteilt sich dann aber nicht auf der Grundlage der Altholzverordnung, sondern unmittelbar auf der Grundlage der Anforderungen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes.
- Die Anforderungen der Altholzverordnung definieren hochwertige stoffliche und energetische Verwertungsverfahren. Eine Regelung zum Vorrang der stofflichen oder der energetischen Verwertung nach § 6 Abs. 1 Satz 4 KrW-/AbfG trifft die Verordnung nicht, da es bei Holz als nachwachsendem Rohstoff hierfür keine eindeutigen Vor- oder Nachteile für diese oder jene Verwertungsart gibt. Der

Abfallbesitzer hat somit die Wahl zwischen der stofflichen Verwertung oder der energetischen Verwertung, wobei für die energetische Verwertung die Zulässigkeitsvoraussetzungen des § 6 Abs. 2 KrW-/AbfG zu beachten sind.

- Altholz muss in Abhängigkeit von der Belastung mit Schadstoffen in vier Altholzkategorien eingeteilt werden, von A I (naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz) bis zu A IV (z.B. mit Holzschutzmitteln behandelte Bahnschwellen, Hopfenstangen etc.)

Auszug aus der Verordnung

§ 1 Anwendungsbereich

(1) Diese Verordnung gilt für

1. die stoffliche Verwertung,
2. die energetische Verwertung und
3. die Beseitigung von Altholz.

(2) Diese Verordnung gilt für

1. Erzeuger und Besitzer von Altholz,
2. Betreiber von Anlagen, in denen Altholz verwertet oder beseitigt wird,
3. öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger, soweit sie Altholz verwerten oder beseitigen und
4. Dritte, Verbände und Selbstverwaltungskörperschaften der Wirtschaft, denen nach § 16 Abs. 2, § 17 Abs. 3 oder § 18 Abs. 2 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes Pflichten zur Verwertung oder Beseitigung von Altholz übertragen worden sind.

§ 2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Verordnung bedeuten die Begriffe

1. Altholz: Industrierestholz und Gebrauchtholz, soweit diese Abfall im Sinne des § 3 Abs. 1 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes sind;
2. Industrierestholz: die in Betrieben der Holzbe- oder -verarbeitung anfallenden Holzreste einschließlich der in Betrieben der Holzwerkstoffindustrie anfallenden Holzwerkstoffreste sowie anfallende Verbundstoffe mit überwiegendem Holzanteil (mehr als 50 Masseprozent);
3. Gebrauchtholz: gebrauchte Erzeugnisse aus Massivholz, Holzwerkstoffen oder aus Verbundstoffen mit überwiegendem Holzanteil (mehr als 50 Masseprozent);

...

7. stoffliche Verwertung von Altholz:

- a) Aufbereitung von Altholz zu Holzhackschnitzeln und Holzspänen für die Herstellung von Holzwerkstoffen,
- b) Gewinnung von Synthesegas zur Herstellung von Methanol und
- c) Herstellung von Aktivkohle/Industrieholzkohle;

Fazit

Mit der Altholzverordnung beschreitet Deutschland Neuland. Europäische Regelungen existieren hierzu bislang noch nicht. Mit der Verordnung wird die umweltverträgliche Verwertung von Altholz gefördert. Sie gewährleistet einen verbindlichen und bundeseinheitlichen Standard der Altholzentsorgung und führt damit im Ergebnis zu mehr Wettbewerbsgleichheit und standardisierten Qualitätsmerkmalen für die Restholz verarbeitende Industrie.

I.2 Ausgangsstoffe

I.2.1 Zement

Jeder Zement hat seine eigene Charakteristik hinsichtlich der Klinkeranteile und des Erhärtungsverlaufs. Die Zemente sind somit durch eine unterschiedliche Eignung für die Verwendung als Bindemittel für Holz-Zement-Verbundstoffe gekennzeichnet.

Zementgebundene Holzwerkstoffe sind im Erhärtungsprozess durch eine große Vielzahl chemischer Einflussgrößen gekennzeichnet. Diese können die Hydratation stören oder sogar völlig verhindern.

Zement ist ein feingemalenes hydraulisches Bindemittel. Es setzt sich zusammen aus Verbindungen des CaO mit SiO₂, Al₂O₃ und Fe₂O₃.

Zement erhärtet somit sowohl an Luft als auch unter Wasser zu einem künstlichen Stein, dem Zementstein. Die anstehenden Erhärtungsprodukte sind wasserbeständig. Die Eigenschaften der Zemente werden weitgehend von denen im Klinker enthaltenen Klinkerphasen beeinflusst.

Da die Zemente mit unterschiedlichen Klinkeranteilen unterschiedliche Eignungen für die Verwendung als Bindemittel für Holz-Zement-Verbindungen besitzen, wird zur Vergleichbarkeit eine Größe eingeführt, der Kalkstandard K_{ST} .

$$K_{ST} = \frac{100 \cdot \text{CaO}}{2,80 \cdot \text{SiO}_2 + 1,18 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,65 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

Folgende Reaktionen des Zementes mit Wasser sind für die Wechselwirkungen der Ausgangsprodukte von Bedeutung.

- a) Die Hydrolyse – eine zu beobachtende Reaktion von Zement bzw. erhärtendem Zement mit Wasser. Hierbei wird Kalk (CaO) aus den Klinkerphasen in geringem Umfang freigesetzt und reagiert mit Wasser unter Bildung von OH^- Ionen.

Der pH-Wert steigt praktisch sofort an auf etwa $\text{pH} = 12,5$. Diese Reaktion ist deshalb so wichtig, weil sie im frischen und erhärteten Beton die Stahlbewehrung durch Passivierung vor dem Rosten schützt und beim Holz die Inhaltsstoffe löst.

- b) Die Hydratation – bezeichnet die eigentliche Erhärungsreaktion. Dieser Prozess beginnt später als die Hydrolyse und verläuft auch wesentlich langsamer. Bei der Hydratation werden die Zementbestandteile, die Klinkerphasen, allmählich umgewandelt und es entstehen wasserhaltige, kristalline Neubildungen, die "Hydratphasen".

Dass der Erhärungsverlauf durch die gebildeten Säuren und Zucker der Holzabbauprodukte gestört wird, darüber sind sich viele Experten einig. Es gibt aber verschiedene Theorien über die genaue Ursache und die weiteren Auswirkungen.

I.2.2 Holz

Holz wurde aufgrund seiner einfachen Bearbeitbarkeit und hohen Festigkeit schon seit Jahrtausenden von den Menschen genutzt und ist auch zukünftig aus dem Bauwesen nicht wegzudenken.

Der Begriff Holz beschreibt das aus meist verholzten Zellen zusammengesetzte, unter der Rinde liegende Gewebe von Bäumen und Sträuchern, das beim Wachstum der Pflanze von innen nach außen neu gebildet wird. Umgangssprachlich wird im Allgemeinen der liegende Stamm oder auch erst der von Rinde befreite Stamm als Holz bezeichnet.

I.2.2.1 Aufbau und Chemie des Holzes

Holz ist ein inhomogener organischer Stoff, seine chemischen Grundelemente sind mit geringen Schwankungen Kohlenstoff C (ca. 50 %), Sauerstoff O (ca. 43 %), Wasserstoff H (ca. 6 %), Stickstoff N (ca. 0,1-0,2 %) und geringe Mengen an Aschebestandteilen.

Die chemischen Stoffgruppen werden nach ihrer Bedeutung und Häufigkeit in Haupt- und Nebengruppen unterteilt:

Zur Hauptstoffgruppe gehören: Zellulose
 Holzpolyosen
 Lignin

Zu den Nebenstoffgruppen gehören: Fette, Öle, Wachse, Eiweiße, Harze, Stärke,
 Zucker, Gerbstoffe, Alkaloide und mineralische
 Bestandteile.

Neben den zuerst genannten drei chemischen Hauptbestandteilen ist die Zusammensetzung der Stoffe der Nebengruppe bestimmend für die charakteristische Eigenschaft einer Holzart.

Die zur Hauptstoffgruppe gehörende Zellulose ist der Grund für die hohe Zugfestigkeit des Holzes.

Holzpolyosen sind ein Gemisch verschiedener Einfachzucker, die im Holzgefüge mit der Zellulose die Gerüstsubstanz bilden, als Reservestoff dienen sowie als Kittsubstanz der Zellwände Bedeutung haben.

Lignin ist kein selbständiger Baustoff, sondern tritt als Zusatzstoff zur Zellulose auf, es ist ein amorpher, harzartiger, den Gerbstoffen ähnlicher Stoff in kurzketziger Verbindung. Durch seine Einlagerung bewirkt er eine Versteifung der Zellwände, die so genannte Verholzung.

Holz hat stark hygroskopische Eigenschaften, weshalb seine Rohdichte große, klimatisch bedingte Schwankungen aufweisen kann. Solange das Holz dem Grundgesetz vom hygroskopischen Gleichgewicht entsprechend das freie Wasser an die Umgebung abgibt, behält es sein Volumen. Bei anschließender Abgabe des gebundenen Wassers schwindet das Holz.

Da die chemischen Bestandteile die Eignung der Hölzer für die Verarbeitung zu Holzwerkstoffen entscheidend beeinflussen, soll an dieser Stelle auf geeignete Literatur verwiesen werden, welche die unterschiedlichen Hauptkomponenten und Extraktstoffe verschiedener Holzarten wiedergibt.

Allgemein bleibt festzustellen, dass Holzarten mit hohem Gehalt an wasserlöslichen Bestandteilen für die Herstellung zementgebundener Werkstoffe meist ungeeigneter sind als solche mit geringem Lösungsanteil.

Folgende organische Stoffe können das komplizierte Mineralgemisch des Zementes stören oder die Hydratation ganz behindern.

- Holzsäuren
- Zersetzungsprodukte des Holzes
- Fette, Harze
- alkalilösliche Bestandteile
- wasserlösliche Bestandteile

I.2.2.2 Holzspäne

Der Begriff Späne, oder auch Faser, ist mit einer geometrischen Definition verbunden. Das Verhältnis von Länge zu Stärke der einzelnen Holzfasern ist von entscheidender Bedeutung für die Entstehung eines ausreichenden Haftverbundes zwischen der Zementmatrix, dem Betonzuschlag und den Holzspänen.



Holzspäne für die Herstellung von Holzspanbeton

I.3 Herstellung von Holzspanbeton

Die charakteristischen Eigenschaften der Ausgangsstoffe sind ausschlaggebend für das spätere Endprodukt. Jeder Markt hat vielfältige Anforderungen an seine Produkte. Um diese zu erfüllen ist es notwendig, die Eigenschaften der Ausgangsstoffe differenzieren zu können, um diese in ihrer Eignung richtig einzustufen. Das Wissen um Methoden zur Beeinflussung der charakteristischen Eigenschaften der Ausgangsstoffe ist ebenfalls unabdingbar für ein den Anforderungen entsprechendes Endprodukt.

Bei dem für die Herstellung von Holzspanbeton wichtigen Ausgangsstoff Holz sind zwei Dinge von Bedeutung. Zum einen ist das die Vorbehandlung der Holzabfälle, darauf wird unter Kapitel I.3.2 eingegangen, und zum anderen die Auswahl einer geeigneten Holzart.

I.3.1 Zur Herstellung geeignete Hölzer

Die einzelnen Holzarten bilden artspezifische Zellen aus, die in Größe und Aufbau, auch innerhalb eines Baumes, erheblich variieren. In den Unterschieden der Feinstruktur und den chemischen Inhaltsstoffen liegen die Ursachen für die Divergenz der Holzeigenschaften.

Zur Beurteilung der Eignung einer Holzart wird in der Praxis meist die Hydratationstemperaturmessung verwendet. Dabei wird das Maximum der Wärmeentwicklung bei Mischungen mit Holzbestandteilen gemessen und mit einer Referenzgröße verglichen. Damit lassen sich Rückschlüsse über den Grad der Inhibition der Holzart treffen.

Holzarten mit hohem Gehalt an wasserlöslichen Bestandteilen sind für die Herstellung von zementgebundenen Holzwerkstoffen meist ungeeignet. Unter den wasserlöslichen Stoffen sind besonders Zucker wie Glucose, Fructose und Saccharose ungünstig, da sie störend auf die Zementabbindung wirken. In Gebieten der gemäßigten Zone ist während der Vegetationsperiode der Gehalt an löslichen Stoffen am größten. Aus diesem Grund eignet sich wintergeschlagenes Holz für die Herstellung prinzipiell besser als sommergeschlagenes.

In Experimenten wurde weiterhin ermittelt, dass Nadelhölzer besser geeignet sind für die Herstellung zementgebundener Werkstoffe, als Laubhölzer. Dies wurde schon vielfach durch unabhängige Versuche bestätigt. Neben einem höheren Anteil an wasserlöslichen Zuckern unterscheiden sich die Laubholzarten von den Nadelholzarten durch einen geringeren Anteil an Lignin und Galactoglucomanosen sowie einem höheren Anteil an Xylan.

Zusammenfassend kann aufgrund wissenschaftlicher Untersuchungen und praktischer Erfahrungen folgendes bestätigt werden:

Geeignet für die Herstellung von zementgebundenen Holzwerkstoffen sind Hölzer der Holzarten Fichte, Tanne, Kiefer, Pappel, Tola Branca, Jarrah, Karri, Akazie und Buche, wobei die Reihenfolge der Eignung der Hölzer entspricht. Die Eignung der Kiefer ist aufgrund ihres hohen Harzanteils jedoch umstritten.

I.3.2 Vorbehandlung der Holzspäne

Mit der Vorbehandlung des organischen Zuschlagstoffes Holz will man folgende Dinge erreichen:

- Reduzierung der wasserlöslichen Zucker,
- Erhöhung der Oberflächenbindung,
- Verringerung der Dimensionsänderungen.

Die Vorbehandlung der Späne beginnt schon mit dem Schlagen des Baumes zum günstigsten Zeitpunkt und der anschließenden Lagerung. Die Holzlagerung ist mit einer kontinuierlichen Reduzierung der wasserlöslichen Zucker verbunden. Das hat bei der Herstellung eine Verkürzung der Erhärtungszeit, jedoch keine Steigerung der Endproduktfestigkeit zur Folge. Dieser Prozess während der Lagerung tritt im nicht entrindeten Zustand und bei Holzarten mit alkalibeständigen Hemicellulosen nicht auf.

Die Möglichkeit der Mineralisierung der Späne soll neben der Erhöhung der Oberflächenbindung das Quellen beim Anmachen des Frischbetons vorwegnehmen und somit den unerwünschten Schwindvorgängen entgegenwirken.

I.3.3 Wasserbedarf der Holzspäne

Bei der Leichtbetontechnologie wird die von dem Zuschlag aufgenommene Wassermenge dadurch bestimmt, dass das trockene Material in Wasser gestellt und die innerhalb von 30 min aufgenommene Wassermenge, bezogen auf das ausgetrocknete Material, berechnet wird.

Es wird deshalb zwischen Gesamtwassergehalt (GW/Z) und wirksamem Wasser-Zement-Wert (WW/Z) einer Mischung unterschieden.

Der Gesamtwassergehalt eines Holzspanbetons umfaßt das Wasser, das zur Zementleimbindung benötigt wird, und das Wasser, das von den Leichtzuschlägen aufgenommen wird.

Als wirksamer Wasser-Zement-Wert wird das Gewichtsverhältnis vom Gesamtwassergehalt, abzüglich der Wassermenge, die die Späne aufnehmen, zum Zementgehalt bezeichnet.

Erfahrungen aus der Betontechnologie, dass zu hohe Wasserzugabe die Festigkeiten herabsetzt, bestätigen sich auch hier. Bei niedrigerem GW/Z-Wert scheint dem Zement durch die Hygroskopizität des Holzes nicht genügend Wasser zur vollständigen Hydratation zur Verfügung zu stehen.

Wenn der optimale GW/Z-Wert eingehalten wird, steigt die Biegefestigkeit linear mit dem Z/H-Verhältnis an. Da durch einen höheren Zementanteil die Rohdichte ebenfalls ansteigt, ergibt sich auch zwischen Rohdichte und Biegefestigkeit eine lineare Beziehung.

Doch diese Methode der Wasserbestimmung bei Holzspanbeton hat in der Wissenschaft Bedenken hervorgerufen. Es würde zu hohe Wasseraufnahmewerte liefern, da das Gemisch aus Holz, Zement und Wasser später verdichtet wird und ein Teil des Wassers aus den Poren heraustritt. Es erscheint daher zutreffender, den Fasersättigungsbereich des Holzes als Berechnungsgrundlage für das Wasseraufnahmevermögen heranzuziehen. Der Fasersättigungsbereich kann für viele Holzarten mit annähernd 30% angegeben werden.

Einen Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass sich wirksame W/Z-Werte zwischen 0,26 und 0,35 für die jeweils optimalen Festigkeitswerte ergeben. Der Durchschnittswert liegt bei 0,32. Der wirksame W/Z-Wert verschiebt sich etwas zu höheren Werten bei kleineren Zement-Holz-Verhältnissen und zu niedrigeren bei höheren Zement-Holz-Verhältnissen. Als allgemeine Berechnungsgrundlage, die sich auch mit theoretischen Überlegungen ungefähr deckt, kann ein wirksamer W/Z-Wert bei der Herstellung von zementgebundenen Holzspanplatten von 0,35 bis 0,4 angenommen werden. Bei der Verwendung andersartiger Späne sind geringfügige Korrekturen notwendig

Aus experimentellen Angaben kann gefolgert werden, dass eine Mischung den richtigen Gesamtwasser-Zement-Wert besitzt, wenn bei der Verdichtung auf Nenndicke keine erhebliche Menge an freiem Wasser mehr austritt.

I.3.4 Zur Herstellung geeignete Zemente

Im System Holz Zement führen die im Holz enthaltenen wasser- bzw. alkalilöslichen Kohlenhydrate zur Inhibition der Zementhydratation.

Die Ursache der zementschädigenden Wirkung ist derzeit noch nicht vollständig geklärt bzw. es gibt zur Zeit keine einheitliche Auffassung. Jedoch gehen alle Theorien davon aus, dass sich eine Schutzhaut auf den Klinkerphasen bildet, durch die die weitere Zementhydratation blockiert wird. Da es verschiedene Theorien der Ursachen gibt, existieren auch verschiedene vorgeschlagene Methoden, wie der Schutzhaut entgegengewirkt werden soll. Deshalb soll hier auf einige Anwendungen von spezifischen Portlandzementen (CEM I), welche die beste Eignung aufweisen, eingegangen werden.

Die Verwendung von C_3A -reichen Zementen:

Die Inhibition der Zementhydratation wird den monomeren Zuckern zugeschrieben und dadurch eine erhöhte Calcium-Ionen-Löslichkeit hervorgerufen. Durch die Klinkerphase C_3A findet eine Absorption der Inhibitoren statt.

Verwendung von alkaliarmen Zementen:

Durch die sogenannte "Peeling-Reaktion" werden die Hemicellulosen in Abhängigkeit von ihrer Alkalistabilität durch stufenweise Umwandlung und Abspaltung abgebaut. Die Abbauprodukte haben die gleiche Wirkung wie die monomeren Zucker.

In Versuchen hat sich gezeigt, daß alkaliarme Zemente geringere Abbindestörungen zeigen als Zemente mit normalem Alkaligehalt.

Verwendung von Zement mit hohen Frühfestigkeiten:

Bei Versuchen hat sich gezeigt, dass schnell erhärtende Zemente bessere Eigenschaften für Holzspanbeton-Produkte aufweisen als langsam erhärtende.

I.4 Eigenschaften von Holzspanbeton

Beim Holzspanbeton liegen die Späne im Verbundwerkstoff meist in wahlloser, dreidimensionaler Ausrichtung vor. Ein solcher mit kurzen, getrennten Spänen hergestellter Verbundwerkstoff besitzt physikalisch homogene und isotrope Eigenschaften.

Die Prozentsätze der Fasern beeinflussen dabei die gewünschten Eigenschaften des Endproduktes:

- Ein hoher Anteil von Fasern verstärkt die bauphysikalischen Eigenschaften.
- Ein geringerer Anteil fördert die statisch konstruktiven Kennwerte.

Die Kennwerte von zementgebundenen Holzwerkstoffen werden größtenteils bestimmt durch

- die Holzart,
- das Verhältnis Zement zu Holz,
- das Verhältnis von Wasser zu Zement und
- den Verdichtungsgrad und somit insgesamt von der Rohdichte.

Bei dem Holzspanbeton ist deshalb eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Rohdichte über den Querschnitt anzustreben, da alle relevanten Eigenschaften von ihr beeinflusst werden.

Die Rohdichteschwankungen selbst setzen sich wiederum aus verschiedenen Ursachen zusammen:

- der Schüttdichte-Schwankung,
- den Streufehlern innerhalb der Sieblinie,
- den unterschiedlichen Dickenfehlern der Einzelspäne und
- der Verdichtung oder Pressung der Mischung.

I.4.1 Dichte

Die baustofflichen Eigenschaften eines Werkstoffes sind erheblich von dessen Struktur und Dichte beeinflusst. Aus diesem Grund wurden verschiedene wissenschaftliche Untersuchungen zum Einfluss des Mischungsverhältnisses von Zement und Holz auf die Dichte des Holzspanbetons durchgeführt.

Beim Holzspanbeton lassen sich je nach Mischungsverhältnis Rohdichten von 400 bis 1.700 kg/m³ herstellen.

Bei der Schüttung der Späne tritt stets ein als Haufwerksporigkeit bezeichneter Hohlraumanteil L im Schüttvolumen auf, der aus der Schütt- und Rohdichte der Späne errechenbar ist. Dieser Hohlraumanteil wird durch Packungsart und Form der Späne sowie durch die Gemischzusammensetzung beeinflusst. Bei dichtesten Packungen gleichgroßer Späne wird eine minimale Haufwerksporigkeit von 0,6 (splitterige Stoffe) erreicht. Setzen sich die Schüttungen aus Spänen unterschiedlicher Form zusammen, ist eine Verringerung dieses Wertes möglich.

Bei der Betonherstellung steht das Haufwerksporenvolumen prinzipiell für die Verfüllung mit dem Zementleim zur Verfügung. Dabei werden mit wachsendem Verfüllungsgrad Dichte, Festigkeit und Wärmeleitwert des Betons erhöht.

Um eine gute Wärmedämmung zu erreichen und Material einzusparen, wird die Beeinflussung der Haufwerksporigkeit bei der Herstellung von Leichtbeton gezielt zur Dichteverringering genutzt. Dabei wird ein Einkorngemisch nur mit einer solchen Zementmenge vermischt, die für die Herausbildung einer geschlossenen Zementleimschicht auf den Spänen notwendig ist. Dadurch werden die Späne punktweise verkittet. Der Zementbedarf wird in diesen Fällen von der Oberfläche des Zuschlagstoffes bestimmt.

Um eine hohe Festigkeit des Endproduktes bei geringstem Zementeinsatz zu erzielen, sind Späne unterschiedlicher Form einzusetzen, die eine geringe Haufwerksporigkeit besitzen.

I.4.2 Baumechanische Kennwerte

Wesentlichen Einfluss auf Festigkeit und Verarbeitbarkeit von Holzleichtbeton hat der Wasser/Zement-Wert (Optimum liegt zwischen 0,55 und 0,65) sowie das Holz/Zement-Verhältnis.

Bei Stoffzusammensetzungen mit Rohdichten $> 1000 \text{ kg/m}^3$ und einem Zementgehalt größer 800 kg/m^3 können

- Druckfestigkeiten bis 15 N/mm^2
- Biegefestigkeiten bis 5 N/mm^2 und
- E-Moduli bis 6500 N/mm^2 erzielt werden.

Der Zuschlagsstoff Holz beeinflusst wesentlich die statischen Qualitäten des Materials, d.h. je größer der Holzanteil ist, desto stärker nehmen die Festigkeitswerte ab.

I.4.3 Wärmeschutz

Holzleichtbeton hat günstige thermische Eigenschaften. Bei der Wärmeleitfähigkeit wurden in Untersuchungen Werte zwischen $0,10 \text{ W/mK}$ ($\sigma = 480 \text{ kg/m}^3$) und $0,75 \text{ W/mK}$ ($\sigma = 1710 \text{ kg/m}^3$) ermittelt. Es zeigte sich, dass die Wärmeleitfähigkeit mit sinkendem Holzgehalt und dadurch erhöhter Dichte ansteigt. Damit liegt das Material bezüglich der Dämmwirkung im Bereich von Poren- und Leichtbeton (mit haufwerksporigem Gefüge).

Anhand von Berechnungen lassen sich bei mehrschichtigen Wandaufbauten ($d=30 \text{ cm}$) U-Werte zwischen $0,45$ und $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ erzielen. Somit sind gute Möglichkeiten zur Ausbildung eines Außenwandbauteils zu erwarten.

Die spezifische Wärmekapazität c_p zeigt einen Abfall der Werte bei erhöhten Dichten. Dies lässt sich dadurch erklären, dass der Holzanteil bei ansteigender Dichte vermindert ist. Der Verbundbaustoff Holzleichtbeton hat somit eine verringerte, spezifische Wärmekapazität. Messungen ergaben hier Werte von $1,004 \text{ J/gK}$ ($\sigma = 1250 \text{ kg/m}^3$) bis $1,387 \text{ J/gK}$ ($\sigma = 600 \text{ kg/m}^3$).

Obwohl die Diffusionsoffenheit des Materials aus bauphysikalischer Sicht die Anwendungsmöglichkeiten einschränkt, eignet sich Holzleichtbeton bei entsprechenden Aufbauten und Schichtenfolgen, z.B. in Kombination mit Massivholz, für eine Anwendung als Außen- wie auch als Innenbauteil.

Ergebnisse zeigen, dass Wandaufbauten in Holzleichtbeton- Verbundbauweise mit einer Außenwandstärke von < 30 cm mindestens den Standard von Gebäuden in konventioneller Ziegelbauweise (WSVO 1995) erreichen und der Heizwärmebedarf partiell um ca. 15-20 % reduziert werden kann. Sogar Werte im Bereich der Niedrigenergiebauweise können mit Wandaufbauten dieser Bauweise erzielt werden.

I.4.4 Schallschutz

In Bezug auf Luftschalldämmung sind die Werte und Einschätzungen je nach Art des Produktes sehr unterschiedlich. Es wurden jedoch Produkte entwickelt, die die Anforderungen der Normen im vollen Umfang erfüllen.

Der Schallschutz von Holzbeton-Mantelsteinen mit Kernbetonfüllung kann je nach der dynamischen Steifigkeit des Holzspanbetons sehr unterschiedlich sein.

I.4.5 Brandverhalten

Es wurde festgestellt, dass die Holzwerkstoffe eine weitgehende Imprägnierung durch das Bindemittel erhalten. In den zementgebundenen Spänen wurden eine Reihe von Bindemittelmolekülen des Portlandzementes nachgewiesen. Untersuchungen ergaben, dass das Bindemittel etwa 2 mm tief in das Holzgewebe eingedrungen war. Dadurch dürfte auch eine feinstrukturelle Veränderung der Zellwand, die auch die Cellulose einschließt, erfolgt sein. Dabei findet in erster Linie eine Dekristallisation der mineralgebundenen Holzspäne statt.

Aufgrund dieser Wechselwirkungen wird ein erhöhter Feuerschutz durch die Umhüllung der Späne mit dem mineralischen Bindemittel und einer möglichen Infiltration der Späne mit Bestandteilen des Bindemittels vermutet.

Aus brandschutztechnischer Sicht ist Holzbeton nach DIN 4102 als schwer entflammbar und feuerhemmend einzustufen.

I.4.6 Schwindverhalten

Neben den Problemen bei der Herstellung von Holzbeton, hinsichtlich der Wechselbeziehungen zwischen Holz und Zement, ist es das Schwindverhalten der Endprodukte, was die Grenzen für die Anwendungen bedingt.

Bei kleinen Werkstücken, wie zum Beispiel den Mantelsteinen, sind eine Lagerung und technische Konstruktionsmaßnahmen meist genügend, bei großformatigen Platten wären aber intensivere Aufwendungen nötig, deshalb ist eine Dimensionsstabilität des Baustoffes nötig.

Unter Betrachtung der Ausgangsstoffe Holz und Zement lässt sich vermuten, dass das Holz für das Schwinden verantwortlich sein wird, aber Überlegungen in Abhängigkeit vom prozentualen Holzanteil der Mischung und den relativen Spanlängen lassen Zweifel entstehen und auch den Einfluß des Zements vermuten.

Nach Untersuchungen von Bröcker und Simatupang lässt sich der Schwindverlauf in drei Zeitabschnitte gliedern:

- Zuerst kommt das Schwindverhalten in den ersten Tagen der Erhärtung durch den Wasseraustausch zwischen dem Holz und dem Zementstein, durch eine Quellung des hydratisierenden Zementes, die dem Gesamtschwinden des Verbundwerkstoffes entgegenwirkt, zustande. Dadurch kommt es zu einem "verzögerten" Schwinden.
- Nach 8 bis 10 Tagen ist der größte Teil des Wassers abgegeben, so dass die weitere Wasserabgabe ein Schwinden infolge Austrocknung der Späne und des Zementsteins bewirkt.
- Abhängig vom Zementanteil vollzieht sich der Schwindvorgang über die Zeit leicht unterschiedlich. Im Allgemeinen ist nach 28 Tagen die Wasserabgabe und das damit verbundene Schwinden abgeschlossen. Im weiteren Verlauf wird das Schwinden von der Porigkeit des Zementsteins als Folge seiner weiteren Hydratation bestimmt.

Andere Leichtbetone mit Zusätzen aus inerten Materialien, wie z.B. Styropor, zeigen das gleiche Schwindverhalten wie der Holzbeton. Dies ist ein Hinweis darauf, dass das Holz

für die Dimensionsänderung nur indirekt verantwortlich sein kann. Es wirkt im Beton eigentlich nur als leichter Zuschlag und Wasserreservoir.

Das bedeutet, dass nicht durch Dimensionsstabilisierung der Holzspäne in Form von Vorbehandlung und Imprägnierung, sondern nur über eine Dimensionstabilisierung des Zementsteins eine Schwind- und Quellvergütung des Verbundwerkstoffes möglich ist.

Ein weiterer Aspekt für die hohen Dimensionsänderungen bei zementgebundenen Holzwerkstoffen im Vergleich zu Betonen mit Zuschlägen wie Sand oder Kies liegt im geringen Elastizitätsmodul des Holzes.

I.4.7 Dauerhaftigkeit

Zementgebundene Holzwerkstoffe bleiben selbst nach langjährigem Gebrauch mikromorphologisch unverändert. Die Ursache für diese Beständigkeit gegen biologische und meteorologische Angriffe liegt in der Mineralisierung der Holzspäne. Durch diese Mineralisierung verliert das Holz seine charakteristischen Korrosionseigenschaften.

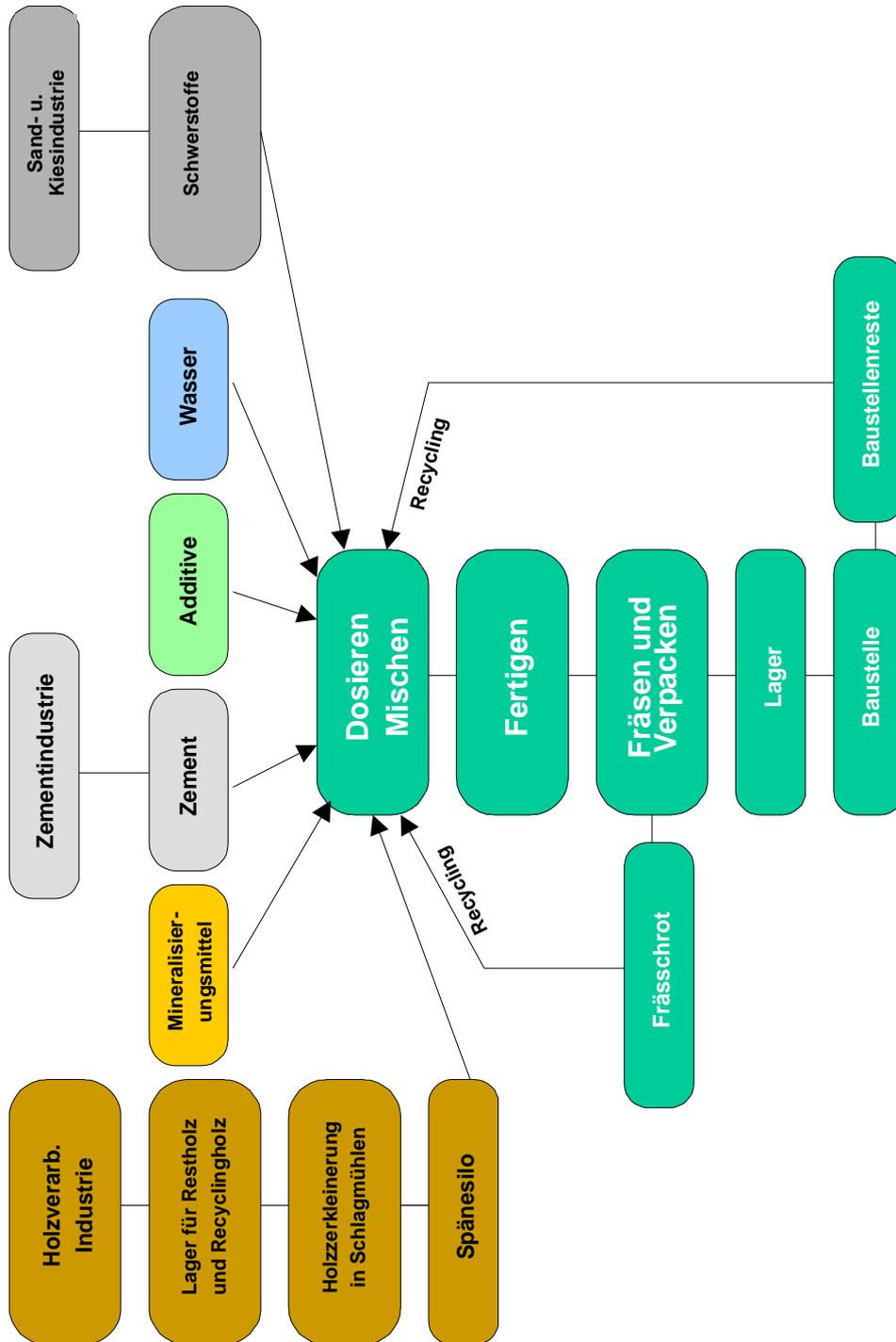
Die stärkste Beanspruchung durch innere Kräfte erfolgt bei feuchtem Holzbeton durch Frost-Tauwechsel. Hierbei erleiden die Porenwandungen erhebliche Deformationen, da sie mit Wasser gefüllt sind und somit der Volumenvergrößerung ausgesetzt sind. Bei spröden Baustoffen mit kleinen Poren kann dies bei Frostbeanspruchung zur Zerstörung führen. Im Holzspanbeton wechseln sich jedoch die Makroporen mit den Holzporen ab. Zudem sind die Makroporen vielgestaltig und in den Dimensionen sehr verschieden.

Fazit

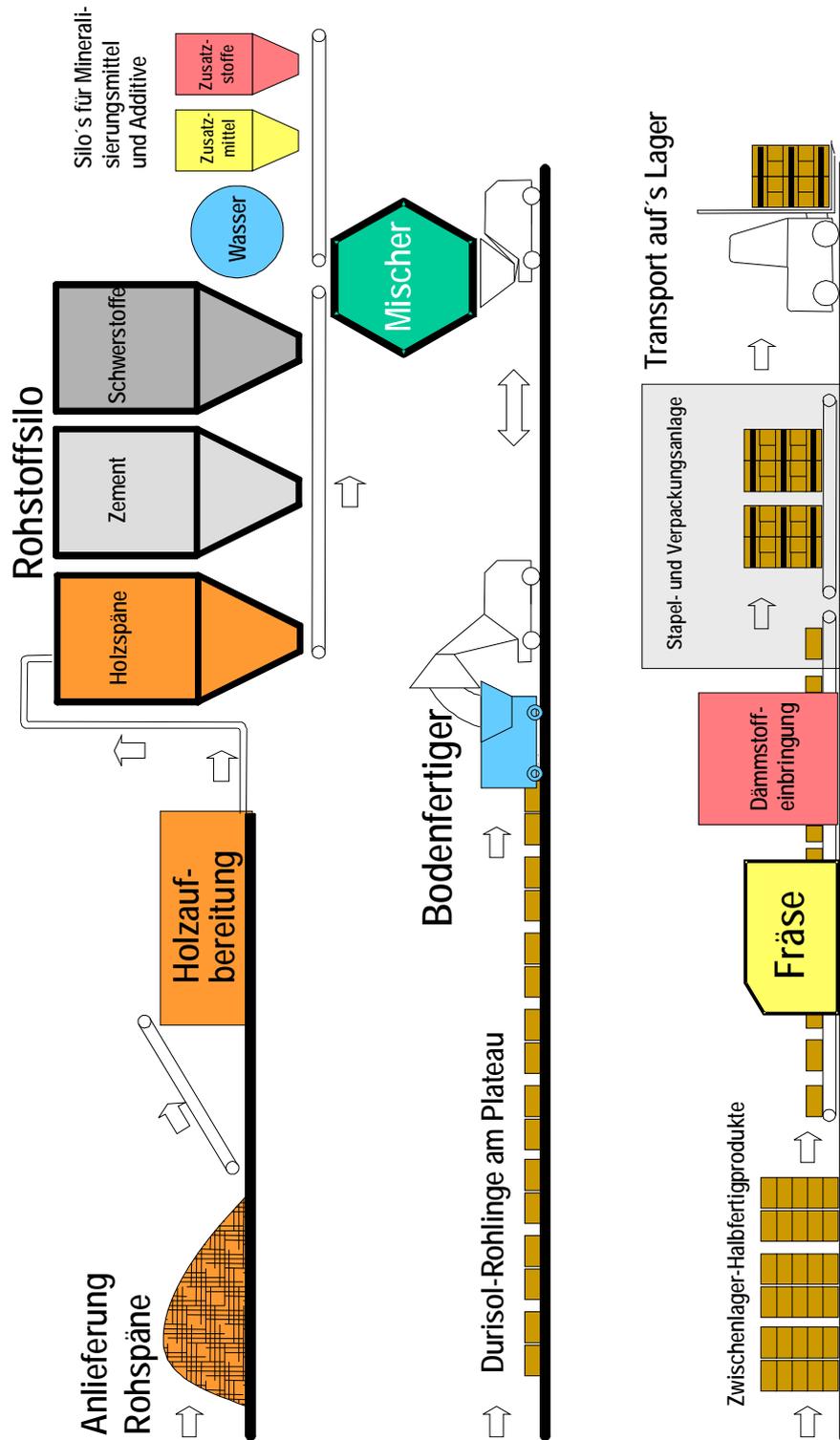
Aufgrund seines Holzanteiles wird der Holzbeton hinsichtlich seiner Langzeitbeständigkeit im Allgemeinen auch falsch eingeschätzt. Unter Alterung versteht man die Veränderung der Eigenschaften eines Stoffes durch die Nutzungsbedingungen und Umwelteinflüsse, wie die Einwirkung von dynamischen und statischen Lasten (Materialermüdung), Luft (Luftsauerstoff), Wasser, Feuchtigkeit, Wärme und Licht, vor allem der energiereichen ultravioletten Strahlung des Sonnenlichts sowie den chemischen und biologischen Angriff bzw. Abbau (Insekten, Pilze, Mikroben, Bakterien, Fäulnis). Doch sowohl die Erfahrungen aus bereits mehrere Jahrzehnte umfassender Anwendung von mineralisch gebundenen Holzpartikel-Baustoffen als auch bautechnische und wissenschaftliche Untersuchungen zum Alterungsverhalten bestätigen eine vollwertige Eignung als Baustoff. Holzbeton ist dynamisch belastbar, frostbeständig und verrottungsfest.

I.5 Produktion der Durisol- Schalungssteine

I.5.1 Stoffkreislauf



I.5.2 Produktionsablauf



II Bemessungstabellen nach DIN 1045-1

II.1. Einleitung

Zielstellung ist, auf Grundlage der DIN 1045-1 Bemessungstabellen zur Ermittlung der Traglast unbewehrter Wände aus Durisol-Mantelsteinen zu entwickeln, welche wirtschaftliche Querschnitte liefern und dennoch den Anforderungen des Sicherheitskonzeptes entsprechen.

Die Einführung der DIN 1045-1 hat eine Neubearbeitung der Tabellen erforderlich gemacht, da die Bemessung unbewehrter Betonwände in den jeweiligen Normen unterschiedlich geregelt ist und auch deutlich unterschiedliche Ergebnisse als Folge hat.

Druckglieder aus unbewehrtem Beton sind unabhängig vom Schlankheitsgrad nach DIN 1045-1 als schlanke Druckglieder zu betrachten, deren Schlankheit, bei am Einbauort hergestellten unbewehrten Wände, den Wert von $\lambda = 85$ bzw. $l_0/h_w = 25$ nicht überschreiten sollte.

Ein genaues, einfaches und allgemeingültiges Bemessungsverfahren für unbewehrte Wände zu erstellen, ist aufgrund der komplizierten nichtlinearen Zusammenhänge der Systemparameter nicht möglich.

Die im Grenzzustand der Tragfähigkeit aufnehmbare Längsdruckkraft von Wänden in unverschieblich ausgesteiften Tragwerken kann, vereinfacht und näherungsweise, nach DIN 1045-1, 8.6.7 berechnet werden. Die Abminderung der aufnehmbaren Längsdruckkraft infolge dem Einfluss der Theorie II. Ordnung erfolgt dabei über den Abminderungsfaktor φ .

Eine rechnerisch wesentlich aufwendigere Berechnung, die noch wirtschaftlichere Querschnitte bringen würde, ist nach DIN 1045-1, 8.6.1 (7) nicht ausgeschlossen.

Es sind im Rahmen dieser Diplomarbeit Bemessungstabellen für den praktisch tätigen Ingenieur entstanden, aus denen sich für jeden Steintyp in Abhängigkeit von der Betongüte, Bauart, Geschosshöhe, und bezogener Aussermittigkeit die zulässige aufnehmbare Längsdruckkraft einfach ablesen lässt. In den Tabellen wurde sich auf folgende Betonfestigkeitsklassen beschränkt: C12/15, C20/25, C25/30 und als höchste C35/45, da nach DIN 1045-1, 10.2 (2) bei unbewehrtem Beton rechnerisch keine höhere Festigkeitsklasse als C35/45 angesetzt werden darf.

Aus der Forderung, dass eine klaffende Fuge nur maximal bis zur Querschnittsmitte angenommen werden darf, resultiert die Beschränkung der bezogenen Ausmitte auf $e/d \leq 0,30$. Die ungewollte Ausmitte von $e_a = 0,5 \cdot l_0/200$ ist in die Bemessungstabellen eingearbeitet.

II.2. Grundlagen

II.2.1 Vorschriften

Die Bemessung erfolgt auf Basis der DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Bemessung und Konstruktion (Ausgabe Juli 2001).

Aufgaben besonderer Stabilitätsnachweise der DIN 1045-1 sind es, schlankheitsbedingte Tragfähigkeitsabminderung von Druckgliedern zu berücksichtigen.

Abschnitt 8.6 der DIN 1045-1 „Stabförmige Bauteile und Wände unter Längsdruck (Theorie II.Ordnung)“ behandelt Grundlagen zur Schnittgrößenermittlung nach Theorie II. Ordnung und beinhaltet vereinfachte Verfahren für Stützen, schlanke Träger und unbewehrte Wände.

In der DIN 1045 (07.88) war für diese Nachweise der Abschnitt 17.4 „Nachweis der Knicksicherheit“ maßgebend. Die Begriffe Knicken und Knicksicherheit haben ihren Ursprung in der klassischen Stabilitätstheorie. Für Druckglieder aus Beton sind die Voraussetzungen dieser Theorie (ideal elastisches Werkstoffverhalten, ideal geradlinige Stabachse, zentrische Lasteinleitung etc.) nicht mehr zutreffend. Daher wird der Begriff „Knicken“ in diesem Zusammenhang in der neuen Norm nicht mehr verwendet.

II.2.2 Bemessung unbewehrter Betonbauteile

Maßgebend für die Bemessung unbewehrter Betonbauteile nach DIN 1045-1 sind die Abschnitte 8.6.7 und 10.2 (2).

Folgende Annahmen und Grundsätze gelten bei unbewehrten Querschnitten nach Abschnitt 10.2 (2):

- Ebenbleiben der Querschnitte.
- Die Betonzugspannungen dürfen im Allgemeinen nicht angesetzt werden.
- Die Betondruckspannungen können wahlweise aus den für die Bemessung maßgebenden Spannungs-Dehnungs-Linien in 9.1.6 abgeleitet werden.
- Rechnerisch darf keine höhere Festigkeitsklasse des Betons als C35/40 oder LC20/22 ausgenutzt werden.

Abschnitt 8.6.7 (3) liefert die Näherungslösung zur Bestimmung des Bemessungswertes der aufnehmbaren Längsdruckkraft einer schlanken Wand aus unbewehrtem Beton in unverschieblich ausgesteiften Tragwerken.

$$\text{Gl. (44): } N_{Rd} = -(b \cdot h \cdot f_{ck} / \gamma_c \cdot \varphi)$$

mit

$$\text{Gl. (45) } \varphi = 1,14(1 - 2e_{tot}/h) - 0,02l_0/h \quad \text{und} \quad 0 \leq \varphi \leq 1 - 2e_{tot}/h$$

φ ... Beiwert zur Berücksichtigung der Auswirkung nach Theorie II. Ordnung auf die Tragfähigkeit von Druckgliedern aus unbewehrtem Beton in unverschieblich ausgesteiften Tragwerken

$$e_{tot} \dots \text{Gesamtausmitte} = e_0 + e_a + e_\varphi$$

e_0 ... Lastausmitte nach Theorie I. Ordnung, nach Erfordernis unter Berücksichtigung der Einwirkungen aus anschließenden Decken (z.B. Biegemomente infolge einer Einspannung, die von einer Platte auf die Wand übertragen werden) sowie aus horizontalen Lasten (z.B. Windeinwirkungen).

e_a ... ungewollte Lastausmitte infolge geometrischer Imperfektionen. Im Allgemeinen darf angenommen werden $e_a = 0,5 l_0/200$

e_φ ... Ausmitte infolge Kriechen, kann im Allgemeinen vernachlässigt werden

II.2.3 Sicherheitskonzept

Für die Anwendung der DIN 1045-1 gilt das in DIN 1055-100 festgelegte Sicherheitskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten. Diese werden getrennt für Material und Einwirkung angewendet. Der Teilsicherheitsbeiwert γ_c für den Beton beträgt 1,5 und wird für unbewehrte Bauteile um 20% erhöht, somit ergibt sich $\gamma_c = 1,8$. Diese Erhöhung hat ihren Grund in der geringen Verformungsfähigkeit des unbewehrten Betons.

II.2.4 Statisches System

Die statischen Systeme von Druckgliedern aus unbewehrtem Beton sind aus konstruktiven Gründen stark begrenzt. Die Ausbildung von biegesteifen Knoten innerhalb des Tragsystems wie beim Stahlbetonrahmen ist nicht möglich. Daher wird der Traglastnachweis auf den Nachweis gelenkig gelagerter Einzelstäbe zurückgeführt. Diese müssen jedoch zu einem hinreichend ausgesteiften Gesamtsystem gehören.

Dem Nachweis nach DIN 1045-1, 8.6.7 liegt das statische System nach Bild 2.1 zugrunde. Bei diesem System werden grundsätzlich auf der sicheren Seite liegende Traglasten ermittelt, da die maximale Ausmitte der äußeren Längskraft zugewiesen wird und beidseitig gleichgroß und gleichsinnig angesetzt wird. Statische Systeme mit ungleich oder gegensinnig angesetzten Ausmitten erreichen höhere Traglasten.

II.2.5 Knicklänge

Die Ersatzlänge l_0 von Wänden zum Nachweis der Längskraftbeanspruchung kann nach DIN 1045-1 in Abhängigkeit der Anzahl der seitigen Halterung wie folgt berechnet werden:

- zweiseitig gehalten: $l_0 = l_w$
- dreiseitig gehalten $l_0 = l_w / (1 + (l_w / (3l_h))^2)$
- vierseitig gehalten $l_0 = l_w / (1 + (l_w / l_h)^2)$ für $l_h \geq l_w$
 $l_0 = l_h / 2$ für $l_h < l_w$

Für unbewehrte Wände aus Schalungssteinen gilt die Annahme, dass die Wand als zweiseitig gehalten anzusehen ist. Grundlage für die Bemessungstabellen ist somit die zweiseitig gehaltene Wand.

II.2.6 Berechnung der Tabellen

Mit $l_0 = l_w$ und der Integrierung der ungewollten Ausmitte $e_a = 0,5 l_0/200$ ergibt sich Gl. (45) zu:

$$\varphi = 1,14 \left(1 - 2e / h_w + l_w / 400h_w \right) - 0,02l_w / h_w$$

Grundlage für die Erstellung der Bemessungstabellen ist die Auswertung dieser Funktion für $l_w/h_w = 2,5 \dots 25$ und $e/h_w = 0,00 \dots 0,30$ in einer Tabelle (siehe Bild 2.2).

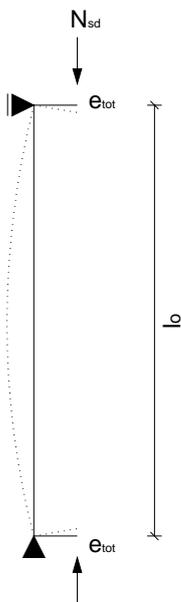


Bild 2.1 Statisches System

Ausmitte beidseitig gleichgroß und gleichsinnig

e / hw	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5
0,00	0,988	0,985	0,983	0,980	0,978	0,975	0,973	0,970	0,968	0,960	0,947	0,934	0,922	0,909	0,896	0,883	0,870	0,857	0,844	0,832	0,819	0,806	0,793
0,01	0,968	0,965	0,963	0,960	0,958	0,955	0,953	0,950	0,948	0,937	0,924	0,912	0,899	0,886	0,873	0,860	0,847	0,835	0,822	0,809	0,796	0,783	0,770
0,02	0,948	0,945	0,943	0,940	0,938	0,935	0,933	0,930	0,927	0,915	0,902	0,889	0,876	0,863	0,850	0,837	0,825	0,812	0,799	0,786	0,773	0,760	0,747
0,03	0,928	0,925	0,923	0,920	0,918	0,915	0,913	0,910	0,905	0,892	0,879	0,866	0,853	0,840	0,827	0,815	0,802	0,789	0,776	0,763	0,750	0,738	0,725
0,04	0,908	0,905	0,903	0,900	0,898	0,895	0,893	0,890	0,882	0,869	0,856	0,843	0,830	0,818	0,805	0,792	0,779	0,766	0,753	0,740	0,728	0,715	0,702
0,05	0,888	0,885	0,883	0,880	0,878	0,875	0,873	0,870	0,859	0,846	0,833	0,820	0,808	0,795	0,782	0,769	0,756	0,743	0,730	0,718	0,705	0,692	0,679
0,06	0,868	0,865	0,863	0,860	0,858	0,855	0,853	0,849	0,836	0,823	0,810	0,798	0,785	0,772	0,759	0,746	0,733	0,721	0,708	0,695	0,682	0,669	0,656
0,07	0,848	0,845	0,843	0,840	0,838	0,835	0,833	0,826	0,813	0,801	0,788	0,775	0,762	0,749	0,736	0,723	0,711	0,698	0,685	0,672	0,659	0,646	0,633
0,08	0,828	0,825	0,823	0,820	0,818	0,815	0,813	0,803	0,791	0,778	0,765	0,752	0,739	0,726	0,713	0,701	0,688	0,675	0,662	0,649	0,636	0,624	0,611
0,09	0,808	0,805	0,803	0,800	0,798	0,795	0,793	0,781	0,768	0,755	0,742	0,729	0,716	0,704	0,691	0,678	0,665	0,652	0,639	0,626	0,614	0,601	0,588
0,10	0,788	0,785	0,783	0,780	0,778	0,775	0,771	0,758	0,745	0,732	0,719	0,706	0,694	0,681	0,668	0,655	0,642	0,629	0,616	0,604	0,591	0,578	0,565
0,11	0,768	0,765	0,763	0,760	0,758	0,755	0,748	0,735	0,722	0,709	0,696	0,684	0,671	0,658	0,645	0,632	0,619	0,607	0,594	0,581	0,568	0,555	0,542
0,12	0,748	0,745	0,743	0,740	0,738	0,735	0,725	0,712	0,699	0,687	0,674	0,661	0,648	0,635	0,622	0,609	0,597	0,584	0,571	0,558	0,545	0,532	0,519
0,13	0,728	0,725	0,723	0,720	0,718	0,715	0,702	0,689	0,677	0,664	0,651	0,638	0,625	0,612	0,599	0,587	0,574	0,561	0,548	0,535	0,522	0,510	0,497
0,14	0,708	0,705	0,703	0,700	0,698	0,692	0,679	0,667	0,654	0,641	0,628	0,615	0,602	0,590	0,577	0,564	0,551	0,538	0,525	0,512	0,500	0,487	0,474
0,15	0,688	0,685	0,683	0,680	0,678	0,670	0,657	0,644	0,631	0,618	0,605	0,592	0,580	0,567	0,554	0,541	0,528	0,515	0,502	0,490	0,477	0,464	0,451
0,16	0,668	0,665	0,663	0,660	0,658	0,647	0,634	0,621	0,608	0,595	0,582	0,570	0,557	0,544	0,531	0,518	0,505	0,493	0,480	0,467	0,454	0,441	0,428
0,17	0,648	0,645	0,643	0,640	0,637	0,624	0,611	0,598	0,585	0,573	0,560	0,547	0,534	0,521	0,508	0,495	0,483	0,470	0,457	0,444	0,431	0,418	0,405
0,18	0,628	0,625	0,623	0,620	0,614	0,601	0,588	0,575	0,563	0,550	0,537	0,524	0,511	0,498	0,485	0,473	0,460	0,447	0,434	0,421	0,408	0,396	0,383
0,19	0,608	0,605	0,603	0,600	0,591	0,578	0,565	0,553	0,540	0,527	0,514	0,501	0,488	0,476	0,463	0,450	0,437	0,424	0,411	0,398	0,386	0,373	0,360
0,20	0,588	0,585	0,583	0,580	0,568	0,556	0,543	0,530	0,517	0,504	0,491	0,478	0,466	0,453	0,440	0,427	0,414	0,401	0,388	0,376	0,363	0,350	0,337
0,21	0,568	0,565	0,563	0,558	0,546	0,533	0,520	0,507	0,494	0,481	0,468	0,456	0,443	0,430	0,417	0,404	0,391	0,379	0,366	0,353	0,340	0,327	0,314
0,22	0,548	0,545	0,543	0,536	0,523	0,510	0,497	0,484	0,471	0,459	0,446	0,433	0,420	0,407	0,394	0,381	0,369	0,356	0,343	0,330	0,317	0,304	0,291
0,23	0,528	0,525	0,523	0,513	0,500	0,487	0,474	0,461	0,449	0,436	0,423	0,410	0,397	0,384	0,371	0,359	0,346	0,333	0,320	0,307	0,294	0,282	0,269
0,24	0,508	0,505	0,503	0,490	0,477	0,464	0,451	0,439	0,426	0,413	0,400	0,387	0,374	0,362	0,349	0,336	0,323	0,310	0,297	0,284	0,272	0,259	0,246
0,25	0,488	0,485	0,480	0,467	0,454	0,442	0,429	0,416	0,403	0,390	0,377	0,364	0,352	0,339	0,326	0,313	0,300	0,287	0,274	0,262	0,249	0,236	0,223
0,26	0,468	0,465	0,457	0,444	0,432	0,419	0,406	0,393	0,380	0,367	0,354	0,342	0,329	0,316	0,303	0,290	0,277	0,265	0,252	0,239	0,226	0,213	0,200
0,27	0,448	0,445	0,434	0,422	0,409	0,396	0,383	0,370	0,357	0,345	0,332	0,319	0,306	0,293	0,280	0,267	0,255	0,242	0,229	0,216	0,203	0,190	0,177
0,28	0,428	0,425	0,412	0,399	0,386	0,373	0,360	0,347	0,335	0,322	0,309	0,296	0,283	0,270	0,257	0,245	0,232	0,219	0,206	0,193	0,180	0,168	0,155
0,29	0,408	0,402	0,389	0,376	0,363	0,350	0,337	0,325	0,312	0,299	0,286	0,273	0,260	0,248	0,235	0,222	0,209	0,196	0,183	0,170	0,158	0,145	0,132
0,30	0,388	0,379	0,366	0,353	0,340	0,328	0,315	0,302	0,289	0,276	0,263	0,250	0,238	0,225	0,212	0,199	0,186	0,173	0,160	0,148	0,135	0,122	0,109

Bild 2.2 (1/2) tabellarische Auswertung des Abminderungsbeiwertes φ

	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0
0,780	0,767	0,755	0,742	0,729	0,716	0,703	0,690	0,677	0,665	0,652	0,639	0,626	0,613	0,600	0,587	0,575	0,562	0,549	0,536	0,523	0,510	0,498	0,488
0,757	0,745	0,732	0,719	0,706	0,693	0,680	0,667	0,655	0,642	0,629	0,616	0,603	0,590	0,578	0,565	0,552	0,539	0,526	0,513	0,500	0,488	0,475	0,465
0,735	0,722	0,709	0,696	0,683	0,670	0,658	0,645	0,632	0,619	0,606	0,593	0,580	0,568	0,555	0,542	0,529	0,516	0,503	0,490	0,478	0,465	0,452	0,442
0,712	0,699	0,686	0,673	0,660	0,648	0,635	0,622	0,609	0,596	0,583	0,570	0,558	0,545	0,532	0,519	0,506	0,493	0,481	0,468	0,455	0,442	0,429	0,420
0,689	0,676	0,663	0,650	0,638	0,625	0,612	0,599	0,586	0,573	0,560	0,548	0,535	0,522	0,509	0,496	0,483	0,471	0,458	0,445	0,432	0,419	0,406	0,406
0,666	0,653	0,641	0,628	0,615	0,602	0,589	0,576	0,563	0,551	0,538	0,525	0,512	0,499	0,486	0,473	0,461	0,448	0,435	0,422	0,409	0,396	0,384	0,384
0,643	0,631	0,618	0,605	0,592	0,579	0,566	0,553	0,541	0,528	0,515	0,502	0,489	0,476	0,464	0,451	0,438	0,425	0,412	0,399	0,386	0,374	0,361	0,361
0,621	0,608	0,595	0,582	0,569	0,556	0,544	0,531	0,518	0,505	0,492	0,479	0,466	0,454	0,441	0,428	0,415	0,402	0,389	0,376	0,364	0,351	0,338	0,338
0,598	0,585	0,572	0,559	0,546	0,534	0,521	0,508	0,495	0,482	0,469	0,456	0,444	0,431	0,418	0,405	0,392	0,379	0,367	0,354	0,341	0,328	0,315	0,315
0,575	0,562	0,549	0,536	0,524	0,511	0,498	0,485	0,472	0,459	0,447	0,434	0,421	0,408	0,395	0,382	0,369	0,357	0,344	0,331	0,318	0,305	0,292	0,292
0,552	0,539	0,527	0,514	0,501	0,488	0,475	0,462	0,449	0,437	0,424	0,411	0,398	0,385	0,372	0,359	0,347	0,334	0,321	0,308	0,295	0,282	0,270	0,270
0,529	0,517	0,504	0,491	0,478	0,465	0,452	0,439	0,427	0,414	0,401	0,388	0,375	0,362	0,350	0,337	0,324	0,311	0,298	0,285	0,272	0,260	0,247	0,247
0,507	0,494	0,481	0,468	0,455	0,442	0,430	0,417	0,404	0,391	0,378	0,365	0,352	0,340	0,327	0,314	0,301	0,288	0,275	0,262	0,250	0,237	0,224	0,224
0,484	0,471	0,458	0,445	0,432	0,420	0,407	0,394	0,381	0,368	0,355	0,342	0,330	0,317	0,304	0,291	0,278	0,265	0,253	0,240	0,227	0,214	0,201	0,201
0,461	0,448	0,435	0,422	0,410	0,397	0,384	0,371	0,358	0,345	0,333	0,320	0,307	0,294	0,281	0,268	0,255	0,243	0,230	0,217	0,204	0,191	0,178	0,178
0,438	0,425	0,413	0,400	0,387	0,374	0,361	0,348	0,335	0,323	0,310	0,297	0,284	0,271	0,258	0,245	0,233	0,220	0,207	0,194	0,181	0,168	0,156	0,156
0,415	0,403	0,390	0,377	0,364	0,351	0,338	0,325	0,313	0,300	0,287	0,274	0,261	0,248	0,236	0,223	0,210	0,197	0,184	0,171	0,158	0,146	0,133	0,133
0,393	0,380	0,367	0,354	0,341	0,328	0,316	0,303	0,290	0,277	0,264	0,251	0,238	0,226	0,213	0,200	0,187	0,174	0,161	0,148	0,136	0,123	0,110	0,110
0,370	0,357	0,344	0,331	0,318	0,306	0,293	0,280	0,267	0,254	0,241	0,228	0,216	0,203	0,190	0,177	0,164	0,151	0,139	0,126	0,113	0,100	0,087	0,087
0,347	0,334	0,321	0,308	0,296	0,283	0,270	0,257	0,244	0,231	0,219	0,206	0,193	0,180	0,167	0,154	0,141	0,129	0,116	0,103	0,090	0,077	0,064	0,064
0,324	0,311	0,299	0,286	0,273	0,260	0,247	0,234	0,221	0,209	0,196	0,183	0,170	0,157	0,144	0,131	0,119	0,106	0,093	0,080	0,067	0,054	0,041	0,041
0,301	0,289	0,276	0,263	0,250	0,237	0,224	0,211	0,199	0,186	0,173	0,160	0,147	0,134	0,122	0,109	0,096	0,083	0,070	0,057	0,044	0,032	0,019	0,019
0,279	0,266	0,253	0,240	0,227	0,214	0,202	0,189	0,176	0,163	0,150	0,137	0,124	0,112	0,099	0,086	0,073	0,060	0,047	0,034	0,022	0,009	0,000	0,000
0,256	0,243	0,230	0,217	0,204	0,192	0,179	0,166	0,153	0,140	0,127	0,114	0,102	0,089	0,076	0,063	0,050	0,037	0,024	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000
0,233	0,220	0,207	0,194	0,182	0,169	0,156	0,143	0,130	0,117	0,105	0,092	0,079	0,066	0,053	0,040	0,027	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,210	0,197	0,185	0,172	0,159	0,146	0,133	0,120	0,107	0,095	0,082	0,069	0,056	0,043	0,030	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,187	0,175	0,162	0,149	0,136	0,123	0,110	0,097	0,085	0,072	0,059	0,046	0,033	0,020	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,165	0,152	0,139	0,126	0,113	0,100	0,087	0,075	0,062	0,049	0,036	0,023	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,142	0,129	0,116	0,103	0,090	0,078	0,065	0,052	0,039	0,026	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,119	0,106	0,093	0,080	0,068	0,055	0,042	0,029	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,096	0,083	0,070	0,058	0,045	0,032	0,019	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Bild 2.2 (2/2) tabellarische Auswertung des Abminderungsbeiwertes φ

II.3. Anwendung der Tabellen

Mit den Bemessungstabellen ist es dem Anwender möglich, den Bemessungswert der aufnehmbaren Längsdruckkraft für eine Wand in Abhängigkeit von Steintyp, Betongüte, Bauart, Geschosshöhe und bezogener Ausmitte gemäß dem statischen System einfach zu ermitteln.

Betongüte

Die Traglasten sind für die Festigkeitsklassen C12/15, C20/25, C25/30 und C35/45 ermittelt

Bauart

Die Anordnung der Steine, direkt übereinander oder im Verband, ist zu beachten, da sich dadurch Auswirkungen auf die Größe der Kernbetondruckfläche und damit auf die Traglast ergeben.

Geschosshöhe l_w

Die Geschosshöhe l_w ist die lichte Wandhöhe zwischen den Geschossen. Es gilt als Grundlage der Ermittlung der Traglast die zweiseitig gehaltene Wand, d.h es gibt keine Reduzierung der Knicklänge, somit gilt $l_o = l_w$.

Bezogene Ausmitte e/h_w

Die Ausmitte e (auch als e_{tot} bezeichnet) ist die maximal auftretende Gesamtausmitte nach Theorie I. Ordnung, also unter Berücksichtigung der Einwirkungen aus anschließenden Decken (z.B. Biegemomente infolge einer Einspannung), aus Querlasten (z.B. Windeinwirkungen), etc.

Die ungewollte Lastausmitte $e_a = 0,5 l_o/200$ ist in die Bemessungstabellen eingearbeitet und ist daher bei der Bildung der Gesamtausmitte nicht zu berücksichtigen.

Die Kernbetondicke h_w ist aus den Zulassungen der Fa. Durisol zu entnehmen.

II.4. Zusammenfassung

Die DIN 1045 ließ aufgrund ihrer Einschränkung der Schlankheit keine wirtschaftlichen Wandstärken bei Wänden aus unbewehrtem Beton zu.

Die Näherungslösung nach DIN 1045-1 ist durch einen bilinearen Verlauf gekennzeichnet, wodurch eine genauere Abbildung der Traglastkurven erreicht wird und die Einschränkungen der Schlankheit entfallen.

Dennoch muss auf die Nachteile dieser Näherungslösung hingewiesen werden. Die Ergebnisse können unter Umständen sehr auf der sicheren Seite liegen. Das zugrunde liegende statische System entspricht Bild x, d.h. die Berücksichtigung der maximalen Querlastausmitte e_0 ist nur über die äußere Ausmitte möglich. Dadurch ergibt sich eine deutlich ungünstigere Tragwirkung durch den Ansatz der Querlastausmitte als konstante Ausmitte der Längskraft über die gesamte Länge.

Desweiteren sind die Ausmitten am Wandkopf und Wandfuß infolge der Deckeneinspannmomente im realen System entgegengesetzt gerichtet. Dadurch ergibt sich eine günstigere Tragwirkung als nach dem Ansatz nach DIN 1045-1.

Ein Vergleich der beiden Normen zeigt, dass die Bemessung von Druckgliedern aus unbewehrtem Beton nach DIN 1045-1 bei größeren Schlankheiten und ebenfalls größeren Ausmitten höhere Traglasten erzielt als die DIN 1045 (07.88). Es können somit auch mit geringeren Wandstärken noch Traglasten erreicht werden, die die auftretenden Lasten im Wohnungsbau aufnehmen.

Die genauere Ermittlung von Traglastkurven anhand numerischer Berechnungen, die auch den Einfluss des statischen Systems und von Querlasten auf die aufnehmbare Längsdruckkraft berücksichtigen, sollten Gegenstand folgender Untersuchungen des Fachbereiches Stahl- und Spannbeton der HTWK Leipzig sein.

II.5. Beispiele

II.5.1 Außenwand - Erdgeschoß

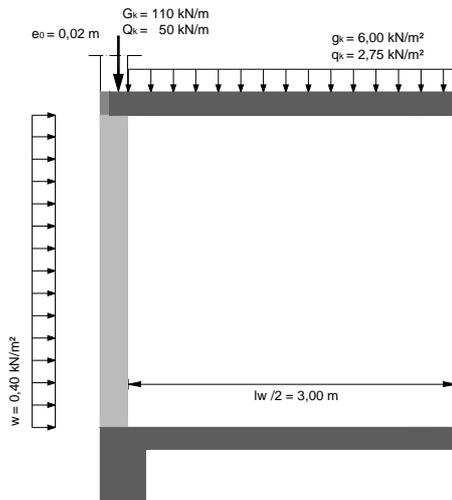


Bild 5.1

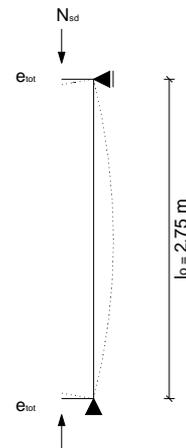


Bild 5.2

Gegeben ist eine Außenwand eines mehrgeschossigen Wohngebäudes, die durch Windlast und Vertikallasten aus oberen Geschossen belastet wird. Die Ausmitte e_0 ist aus der Betrachtung des Auflagerpunktes ermittelt.

Bild 5.1 Systemmaße, Belastung und Ausmitte

Bild 5.2 Statisches System des Nachweises

Steintyp: DSs 30/14neu $h_w = 14 \text{ cm}$ $A = 826 \text{ cm}^2/\text{m}$

Systemabmessungen: $l_0 = 2,75 \text{ m}$ $l_s/2 = 3,00 \text{ m}$

Beton: C 25/30 $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

Belastung, Ausmitten: Vertikallasten $e_1 = 0,02 \text{ m}$

$G_k = 170 \text{ kN/m}$ $g_k = 6,00 \text{ kN/m}^2$

$Q_k = 50 \text{ kN/m}$ $q_k = 2,75 \text{ kN/m}^2$

Windlast $w = 0,40 \text{ kN/m}^2$

$e_2 = M/N$

Bemessungswert N_{sd} (N_{max} am Wandfuß)

$$N_{sd} = 1,35 \cdot (110 + 6,0 \cdot 3,0 + 0,0826 \cdot 24 \cdot 2,75) + 1,5 \cdot (50 + 2,75 \cdot 3,0)$$

$$N_{sd} = 265,6 \text{ kN}$$

Gesamtausmitte e_{tot} der Längskraft N_{sd} (siehe Bild 5.2)

$$e_{tot} = e_0 + e_a + e_\varphi$$

e_0 - Lastausmitte nach Theorie I.Ordnung

$$e_0 = e_1 + e_2$$

$$e_1 = 0,020 \text{ m}$$

$$e_2 = \max M/N$$

$$\max M_{l/2} = 0,40 \cdot 2,75^2 / 8 = 0,38 \text{ kNm/m}$$

$$N_{l/2} = 110 + 50 + (6,0 + 2,75) \cdot 3,0 + 0,0826 \cdot 24 \cdot 2,75 / 2$$
$$= 188,98 \text{ kN/m}$$

$$e_2 = 0,38 / 188,98 = 0,0020 \text{ m}$$

$$e_0 = 0,020 + 0,0020 = 0,0220$$

e_a - ungewollte Ausmitte

$$e_a = 0,5 \cdot 2,75 / 200 = 0,0069 \text{ m}$$

e_φ - Zusatzausmitte infolge Kriechen, i. allgemeinen = 0

$$e_{tot} = 0,0220 + 0,0069 + 0 = 0,0289 \text{ m}$$

Bemessungswert der aufnehmbaren Längskraft N_{Rd}

$$N_{Rd} = b \cdot h_w \cdot \alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c \cdot \varphi = A \cdot \alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c \cdot \varphi$$

$$A = 826 \quad \text{cm}^2 \quad (\text{DSs 30/14neu})$$

$$f_{ck}/\gamma_c = 2,5 / 1,8 = 1,39 \quad \text{kN/cm}^2$$

$$\varphi = 1,14 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{tot}}{h_w} \right) - 0,02 \cdot \frac{l_0}{h_w} \leq 1 - 2 \cdot \frac{e_{tot}}{h_w}$$

$$= 1,14 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{0,0289}{0,14} \right) - 0,02 \cdot \frac{2,75}{0,14} \leq 1 - 2 \cdot \frac{0,0289}{0,14}$$

$$= 0,276 \leq 1 - 2 \cdot \frac{0,0284}{0,14} = 0,587$$

$$N_{Rd} = 826 \cdot 0,85 \cdot 2,5/1,8 \cdot 0,276 = \mathbf{269 \text{ kN/m}}$$

Anwendung der Bemessungstabellen

Ausgangswerte: C 25/30

$e_{tot} = 0,0220 \text{ m}$ (e_a in den Tabellen integriert !)

$l_0 = l_w = 2,75 \text{ m}$ (da zweiseitig gehalten)

$$e/h_w = 0,0220 / 0,14 = 0,157$$

Ablesung: $\left. \begin{array}{l} 0,14 \quad N_{Rd} = 312 \text{ kN/m} \\ 0,16 \quad N_{Rd} = 267 \text{ kN/m} \end{array} \right\} N_{Rd} = \mathbf{272 \text{ kN/m}}$

II.5.2 Außenwand - Obergeschoß

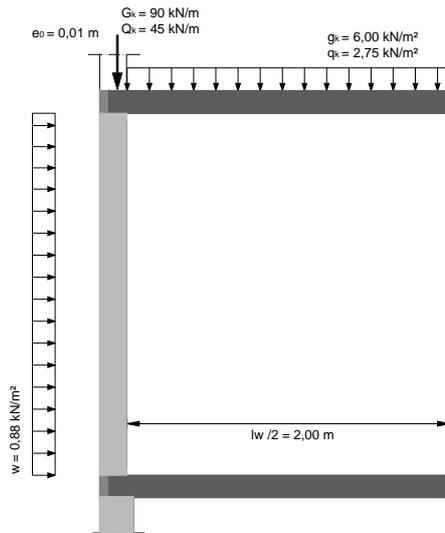


Bild 5.3

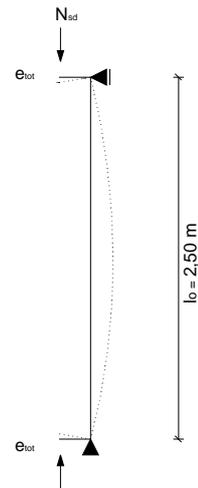


Bild 5.4

Gegeben ist eine Außenwand im oberen Geschoss eines Wohngebäudes, die durch Windlast und Vertikallasten aus oberen Geschossen belastet wird. Die Wand hat eine Kernbetondicke von 12 cm, wodurch sich eine große Schlankheit ergibt. Eine Ausmitte der Auflagerkraft der Geschosdecke ist durch konstruktive Maßnahmen nicht vorhanden. Die Ausmitte e_0 ist aus der Betrachtung des Auflagerpunktes ermittelt.

Bild 5.3 Systemmaße, Belastung und Ausmitte

Bild 5.4 Statisches System des Nachweises

Steintyp:	DSs 30/12	$h_w = 12 \text{ cm}$	$A = 671 \text{ cm}^2/\text{m}$
Systemabmessungen:	$l_0 = 2,50 \text{ m}$	$l_s/2 = 2,00 \text{ m}$	
Beton:	C 25/30	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$	
Belastung, Ausmitten:	Vertikallasten		$e_1 = 0,01 \text{ m}$
	$G_k = 50 \text{ kN/m}$	$g_k = 6,00 \text{ kN/m}^2$	
	$Q_k = 20 \text{ kN/m}$	$q_k = 2,75 \text{ kN/m}^2$	
	Windlast $w = 0,88 \text{ kN/m}^2$		$e_2 = M/N$

Bemessungswert N_{sd} (N_{max} am Wandfuß)

$$N_{sd} = 1,35 \cdot (90 + 6,0 \cdot 2,0 + 0,0671 \cdot 24 \cdot 2,50) + 1,5 \cdot (45 + 2,50 \cdot 3,0)$$

$$N_{sd} = 217,5 \text{ kN}$$

Gesamtausmitte e_{tot} der Längskraft N_{sd} (siehe Bild 5.4)

$$e_{tot} = e_0 + e_a + e_\varphi$$

e_0 - Lastausmitte nach Theorie I.Ordnung

$$e_0 = e_1 + e_2$$

$$e_1 = 0,010 \text{ m}$$

$$e_2 = \max M/N$$

$$\max M_{1/2} = 0,88 \cdot 2,50^2 / 8 = 0,688 \text{ kNm/m}$$

$$N_{1/2} = 90 + 45 + (6,0+2,75) \cdot 2,0 + 0,0671 \cdot 24 \cdot 2,50 / 2$$
$$= 154,51 \text{ kN/m}$$

$$e_2 = 0,688/154,51 = 0,0045 \text{ m}$$

$$e_0 = 0,010 + 0,0045 = 0,0145$$

e_a - ungewollte Ausmitte

$$e_a = 0,5 \cdot 2,50/200 = 0,0063 \text{ m}$$

e_φ - Zusatzausmitte infolge Kriechen, i. allgemeinen = 0

$$e_{tot} = 0,0145 + 0,0063 + 0 = 0,0208 \text{ m}$$

Bemessungswert der aufnehmbaren Längskraft N_{Rd}

$$N_{Rd} = b \cdot h_w \cdot \alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c \cdot \varphi = A \cdot \alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c \cdot \varphi$$

$$A = 671 \quad \text{cm}^2 \quad (\text{DSs } 30/12)$$

$$f_{ck}/\gamma_c = 2,5 / 1,8 = 1,39 \quad \text{kN/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \varphi &= 1,14 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{tot}}{h_w} \right) - 0,02 \cdot \frac{l_0}{h_w} \leq 1 - 2 \cdot \frac{e_{tot}}{h_w} \\ &= 1,14 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{0,0208}{0,12} \right) - 0,02 \cdot \frac{2,50}{0,12} \leq 1 - 2 \cdot \frac{0,0208}{0,12} \\ &= 0,329 \leq 1 - 2 \cdot \frac{0,0284}{0,12} = 0,654 \end{aligned}$$

$$N_{Rd} = 674 \cdot 0,85 \cdot 2,5/1,8 \cdot 0,329 = \mathbf{261 \text{ kN/m}}$$

Anwendung der Bemessungstabellen

Ausgangswerte: C 25/30

$e_{tot} = 0,0145 \text{ m}$ (e_a in den Tabellen integriert !)

$l_0 = l_w = 2,45 \text{ m}$ (da zweiseitig gehalten)

$$e/h_w = 0,0145 / 0,12 = 0,12$$

Ablesung: **$N_{Rd} = 259 \text{ kN/m}$**

Der aus den Bemessungstabellen abgelesene Wert kann, wenn nötig, linear interpoliert werden. Ansonsten ist die bezogene Ausmitte auf den höheren, in der Tabelle angegebenen Wert aufzurunden und die Traglast für diesen zu ermitteln.

II.5.3 Innenwand

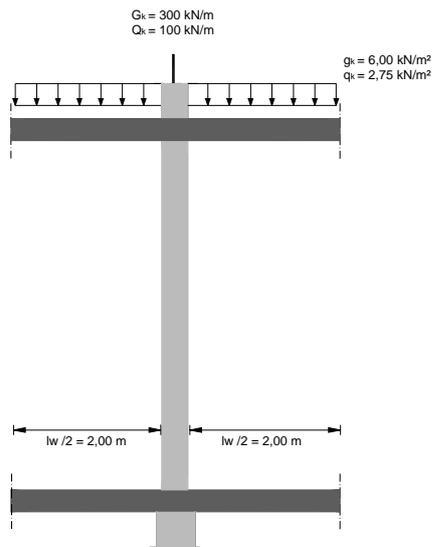


Bild 5.5



Bild 5.6

Gegeben ist eine Innenwand eines mehrgeschossigen Wohngebäudes die durch Vertikallasten aus oberen Geschossen belastet wird.

Bild 5.5 Systemmaße, Belastung

Bild 5.6 Statisches System des Nachweises

Steintyp:	DMi 17/12	$h_w = 12 \text{ cm}$	$A = 1006 \text{ cm}^2/\text{m}$
Systemabmessungen:	$l_o = 2,75 \text{ m}$	$l_s/2 = 2,00 \text{ m}$	
Beton:	C 25/30	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$	
Belastung, Ausmitten:	Vertikallasten		$e_1 = 0,00 \text{ m}$
	$G_k = 300 \text{ kN/m}$	$g_k = 6,00 \text{ kN/m}^2$	
	$Q_k = 100 \text{ kN/m}$	$q_k = 2,75 \text{ kN/m}^2$	

Bemessungswert N_{sd} (N_{max} am Wandfuß)

$$N_{sd} = 1,35 \cdot (300 + 6,0 \cdot 4,0 + 0,1006 \cdot 24 \cdot 2,75) + 1,5 \cdot (100 + 2,75 \cdot 4,0)$$

$$N_{sd} = 610,5 \text{ kN}$$

Gesamtausmitte e_{tot} der Längskraft N_{sd} (siehe Bild 5.6)

$$e_{\text{tot}} = e_0 + e_a + e_\varphi$$

e_0 - Lastausmitte nach Theorie I.Ordnung

$$e_0 = 0$$

e_a - ungewollte Ausmitte

$$e_a = 0,5 \cdot 2,75/200 = 0,0069 \text{ m}$$

e_φ - Zusatzausmitte infolge Kriechen, i. allgemeinen = 0

$$e_{\text{tot}} = 0 + 0,0069 + 0 = 0,0069 \text{ m}$$

Bemessungswert der aufnehmbaren Längskraft N_{Rd}

$$N_{\text{Rd}} = b \cdot h_w \cdot \alpha \cdot f_{\text{ck}}/\gamma_c \cdot \varphi = A \cdot \alpha \cdot f_{\text{ck}}/\gamma_c \cdot \varphi$$

$$A = 1006 \quad \text{cm}^2 \quad (\text{DMi 17/12})$$

$$f_{\text{ck}}/\gamma_c = 2,5 / 1,8 = 1,39 \quad \text{kN/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \varphi &= 1,14 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{\text{tot}}}{h_w} \right) - 0,02 \cdot \frac{l_0}{h_w} \leq 1 - 2 \cdot \frac{e_{\text{tot}}}{h_w} \\ &= 1,14 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{0,0069}{0,12} \right) - 0,02 \cdot \frac{2,75}{0,12} \leq 1 - 2 \cdot \frac{0,0069}{0,12} \\ &= 0,551 \leq 1 - 2 \cdot \frac{0,0284}{0,14} = 0,885 \end{aligned}$$

$$N_{\text{Rd}} = 1006 \cdot 0,85 \cdot 2,5/1,8 \cdot 0,551 = 654 \text{ kN/m}$$

Anwendung der Bemessungstabellen

Ausgangswerte: C 25/30

$$e_{\text{tot}} = 0 \quad \text{m} \quad (\text{e}_a \text{ in den Tabellen integriert !})$$

$$l_0 = l_w = 2,75 \text{ m} \quad (\text{da zweiseitig gehalten})$$

$$e/h_w = 0$$

Ablesung: **$N_{\text{Rd}} = 652 \text{ kN/m}$**

II.6. Bemessungstabellen

Für folgende Steintypen der Fa. Durisol wurden Bemessungstabellen berechnet:

<i>Steinbezeichnung</i>	<i>Seite</i>
DM 25/16.....	48
DM 25/16 (System 1000)	49
DM 30/21.....	50
DM 30/22.....	51
DMi 17/12.....	52
DMi 20/13Lap.....	53
DMi 25/18Lap.....	54
DSi 30/20Lap.....	55
DS 25/12.....	56
DS 30/15.....	57
DSs 25/12.....	58
DSs 25/12 (System 1000)	59
DSs 30/14neu.....	60
DSs 30/12.....	61
DSs 30/12 (System 1000)	62
DSs 30/14.....	63
DSs 30/14 (System 1000)	64
DSs 30K12.....	65
DSs 30K14.....	66
DSs 365/12.....	67
DSs 365/14.....	68
DSs 375/14.....	69

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DM 25/16

lw [cm]	e/hw	Steine im Verband (25 cm)				Steine direkt übereinander			
		C12/15	C20/25	C25/30	C35/45	C12/15	C20/25	C25/30	C35/45
225	0,00	454	757	947	1326	534	889	1112	1556
	0,02	428	713	892	1248	502	837	1047	1465
	0,04	401	669	836	1171	471	785	982	1374
	0,06	375	625	781	1093	440	733	917	1284
	0,08	348	580	725	1016	409	681	852	1193
	0,10	322	536	670	938	378	629	787	1102
	0,12	295	492	615	861	346	577	722	1011
	0,14	269	448	559	783	315	526	657	920
	0,16	242	403	504	706	284	474	592	829
	0,18	215	359	449	628	253	422	527	738
	0,20	189	315	393	551	222	370	462	647
	0,22	162	270	338	473	191	318	397	556
	0,24	136	226	283	396	159	266	332	465
	0,26	109	182	227	318	128	214	267	374
	0,28	83	138	172	241	97	162	202	283
	0,30	56	93	117	163	66	110	137	192
250	0,00	432	720	900	1260	507	845	1057	1480
	0,02	405	676	845	1183	476	793	992	1389
	0,04	379	632	789	1105	445	741	927	1298
	0,06	352	587	734	1028	414	689	862	1207
	0,08	326	543	679	950	383	638	797	1116
	0,10	299	499	623	873	351	586	732	1025
	0,12	273	454	568	795	320	534	667	934
	0,14	246	410	513	718	289	482	602	843
	0,16	220	366	457	640	258	430	537	752
	0,18	193	322	402	563	227	378	472	661
	0,20	166	277	347	485	195	326	407	570
	0,22	140	233	291	408	164	274	342	479
	0,24	113	189	236	330	133	222	277	388
	0,26	87	145	181	253	102	170	212	297
	0,28	60	100	125	175	71	118	147	206
	0,30	34	56	70	98	39	66	82	115
275	0,00	410	683	853	1195	481	801	1002	1403
	0,02	383	638	798	1117	450	750	937	1312
	0,04	356	594	743	1040	419	698	872	1221
	0,06	330	550	687	962	387	646	807	1130
	0,08	303	506	632	885	356	594	742	1039
	0,10	277	461	577	807	325	542	677	948
	0,12	250	417	521	730	294	490	612	857
	0,14	224	373	466	652	263	438	547	766
	0,16	197	328	411	575	231	386	482	675
	0,18	171	284	355	497	200	334	417	584
	0,20	144	240	300	420	169	282	352	493
	0,22	117	196	245	342	138	230	287	402
	0,24	91	151	189	265	107	178	222	311
	0,26	64	107	134	187	75	126	157	220
	0,28	38	63	79	110	44	74	92	129
	0,30	11	19	23	32	13	22	27	38
300	0,00	380	633	791	1107	446	743	929	1300
	0,02	353	588	736	1030	415	691	864	1209
	0,04	327	544	680	952	383	639	799	1118
	0,06	300	500	625	875	352	587	734	1027
	0,08	273	456	570	797	321	535	669	936
	0,10	247	411	514	720	290	483	604	845
	0,12	220	367	459	642	259	431	539	754
	0,14	194	323	404	565	227	379	474	663
	0,16	167	279	348	487	196	327	409	572
	0,18	141	234	293	410	165	275	344	481
	0,20	114	190	238	333	134	223	279	390
	0,22	87	146	182	255	103	171	214	299
	0,24	61	101	127	178	71	119	149	208
	0,26	34	57	71	100	40	67	84	117
	0,28	8	13	16	23	9	15	19	27
	0,30	0	0	0	0	0	0	0	0

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

System 1000

DM 26/26



lw [cm]	e/hw	Steine im Verband (25 / 50 cm)				Steine direkt übereinander			
		C12/15	C20/25	C25/30	C35/45	C12/15	C20/25	C25/30	C35/45
225	0,00	626 / 660	1046 / 1078	1808 / 9890	1829 / 1978	326	12304	1600	2260
	0,02	604 / 632	989 // 1059	1236 / 9037	1730 / 1264	495	12226	1638	2466
	0,04	566 / 606	9327 // 1070	1780 / 8263	1698 / 1768	606	11758	1977	2060
	0,06	529 / 580	886 / 653	1702 / 7989	1622 / 1667	658	10960	1963	1900
	0,08	496 / 555	826 / 698	1680 / 7355	9505 // 10521	603	10722	1243	1780
	0,10	462 / 520	703 / 633	9628 // 10701	1860 / 9867	578	925	1738	1690
	0,12	430 / 490	667 / 798	896 / 623	1267 / 8324	532	687	1709	1660
	0,14	392 / 429	600 / 753	825 / 663	1758 / 7250	492	620	16504	1903
	0,16	357 / 395	608 / 666	739 / 619	1662 / 7187	451	768	980	1325
	0,18	322 / 358	532 / 566	620 / 766	9679 // 10663	410	633	624	1736
	0,20	299 / 322	496 / 539	602 / 698	877 / 960	369	666	750	1070
	0,22	268 / 287	463 / 278	553 / 592	775 / 820	329	548	695	950
	0,24	233 / 257	382 / 429	465 / 286	679 / 703	288	460	600	860
0,26	200 / 216	323 / 360	416 / 250	209 / 622	247	412	266	320	
0,28	167 / 180	229 / 309	368 / 376	226 / 226	207	366	200	200	
0,30	138 / 145	228 / 261	209 / 302	393 / 402	166	208	336	400	
250	0,00	699 / 637	995 // 1078	1240 / 9348	1782 / 1276	302	12366	1645	2463
	0,02	560 / 612	934 // 1080	1790 / 8254	1669 / 1798	401	11888	1961	2076
	0,04	536 / 586	692 / 660	1740 / 7260	1656 / 1689	660	11701	1976	1926
	0,06	500 / 567	655 / 995	1688 / 7426	966 // 10977	600	10323	1251	1808
	0,08	466 / 506	509 / 650	9736 // 1052	1865 / 9623	579	665	1236	1600
	0,10	435 / 470	466 / 505	906 / 638	1269 / 8340	538	699	1722	1670
	0,12	402 / 436	626 / 720	638 / 906	1776 / 8066	498	620	1667	1952
	0,14	369 / 409	686 / 666	769 / 639	1073 / 7263	456	760	992	1336
	0,16	336 / 362	563 / 605	709 / 763	9600 // 1069	416	626	667	1244
	0,18	304 / 328	502 / 526	623 / 663	826 / 930	376	626	763	1036
	0,20	276 / 292	460 / 287	526 / 609	796 / 892	336	522	608	967
	0,22	238 / 282	390 / 236	296 / 295	682 / 749	292	291	638	858
	0,24	206 / 225	372 / 309	227 / 269	598 / 635	252	229	228	380
0,26	182 / 186	286 / 340	369 / 382	202 / 262	203	368	240	224	
0,28	150 / 150	232 // 1051	296 / 323	466 / 428	172	286	360	208	
0,30	106 / 145	132 / 591	262 / 239	392 / 995	132	269	274	384	
275	0,00	584 / 623	960 // 1095	1200 / 8606	1620 / 1220	470	11928	1996	2098
	0,02	560 / 592	999 / 686	1742 / 8082	1698 / 1725	646	11430	1973	1998
	0,04	536 / 566	659 / 622	1696 / 7528	9503 // 10522	637	10822	1362	1860
	0,06	492 / 524	606 / 668	1696 / 6065	1902 / 9348	593	699	1293	1748
	0,08	460 / 467	770 / 602	9503 // 10401	1830 / 8065	552	927	1730	1622
	0,10	426 / 480	693 / 769	668 / 937	1253 / 8371	525	650	10704	1333
	0,12	386 / 453	699 / 620	799 / 688	1680 / 7208	495	794	609	1365
	0,14	350 / 420	566 / 637	737 / 792	1022 / 6604	460	723	904	1236
	0,16	318 / 300	500 / 572	662 / 716	9239 // 1021	429	666	820	1668
	0,18	286 / 308	266 / 288	593 / 660	866 / 607	398	580	735	1029
	0,20	252 / 272	226 / 263	225 / 507	396 / 726	362	220	660	980
	0,22	219 / 239	366 / 396	229 / 208	620 / 697	236	222	266	392
	0,24	186 / 201	342 / 355	328 / 492	248 / 268	205	326	220	608
0,26	160 / 166	260 / 206	326 / 336	476 / 490	170	327	396	258	
0,28	126 / 180	269 / 247	252 / 202	362 / 380	140	249	311	428	
0,30	80 / 95	146 / 198	122 / 298	250 / 237	109	121	227	387	
300	0,00	556 / 597	922 / 695	1762 / 8044	1638 / 1721	634	11361	1926	1996
	0,02	520 / 562	662 / 996	1690 / 7430	9617 // 10638	640	10373	1364	1898
	0,04	486 / 526	610 / 637	1636 / 6096	1823 / 9634	609	10125	1236	1760
	0,06	452 / 494	760 / 606	9676 // 1022	1826 / 8861	562	937	1762	1640
	0,08	420 / 453	702 / 769	638 / 978	1280 / 8027	522	620	10627	1922
	0,10	389 / 420	686 / 699	880 / 624	1636 / 7224	487	802	1312	1868
	0,12	356 / 382	593 / 670	730 / 806	1602 / 6520	450	726	933	1264
	0,14	322 / 390	508 / 587	678 / 706	9620 // 10727	420	666	669	1666
	0,16	290 / 369	464 / 222	607 / 652	866 / 698	390	528	708	1067
	0,18	252 / 272	220 / 263	236 / 299	360 / 816	368	272	660	920
	0,20	220 / 242	378 / 492	228 / 205	652 / 307	232	223	270	880
	0,22	192 / 207	339 / 348	399 / 434	259 / 668	202	369	292	696
	0,24	159 / 161	254 // 1085	339 / 328	466 / 590	176	328	409	208
0,26	128 / 136	250 / 226	262 / 223	367 // 1006	146	269	324	456	
0,28	93 // 100	152 / 167	196 / 269	221 / 293	195	192	240	365	
0,30	60 / 65	100 / 008	126 / 035	176 / 089	70	104	165	207	

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DM 30/22



lw [cm]	e/hw	Steine im Verband (25 cm)				Steine direkt übereinander			
		C12/15	C20/25	C25/30	C35/45	C12/15	C20/25	C25/30	C35/45
225	0,00	704	1173	1467	2053	814	1357	1696	2374
	0,02	668	1113	1391	1947	772	1287	1608	2252
	0,04	631	1052	1315	1841	730	1217	1521	2129
	0,06	595	992	1239	1735	688	1147	1433	2007
	0,08	559	931	1164	1629	646	1077	1346	1884
	0,10	522	870	1088	1523	604	1006	1258	1761
	0,12	486	810	1012	1417	562	936	1171	1639
	0,14	450	749	936	1311	520	866	1083	1516
	0,16	413	689	861	1205	478	796	995	1393
	0,18	377	628	785	1099	436	726	908	1271
	0,20	340	567	709	993	394	656	820	1148
	0,22	304	507	634	887	352	586	733	1026
	0,24	268	446	558	781	310	516	645	903
	0,26	231	386	482	675	268	446	557	780
0,28	195	325	406	569	226	376	470	658	
0,30	159	264	331	463	183	306	382	535	
250	0,00	673	1122	1403	1964	779	1298	1622	2271
	0,02	637	1062	1327	1858	737	1228	1534	2148
	0,04	601	1001	1251	1752	694	1157	1447	2026
	0,06	564	940	1175	1646	652	1087	1359	1903
	0,08	528	880	1100	1540	610	1017	1272	1780
	0,10	491	819	1024	1434	568	947	1184	1658
	0,12	455	759	948	1327	526	877	1096	1535
	0,14	419	698	872	1221	484	807	1009	1412
	0,16	382	637	797	1115	442	737	921	1290
	0,18	346	577	721	1009	400	667	834	1167
	0,20	310	516	645	903	358	597	746	1045
	0,22	273	456	569	797	316	527	659	922
	0,24	237	395	494	691	274	457	571	799
	0,26	201	334	418	585	232	387	483	677
0,28	164	274	342	479	190	317	396	554	
0,30	128	213	267	373	148	247	308	431	
275	0,00	653	1088	1360	1904	755	1258	1573	2202
	0,02	616	1027	1284	1798	713	1188	1485	2079
	0,04	580	967	1208	1692	671	1118	1397	1956
	0,06	544	906	1133	1586	629	1048	1310	1834
	0,08	507	846	1057	1480	587	978	1222	1711
	0,10	471	785	981	1374	545	908	1135	1589
	0,12	435	724	906	1268	503	838	1047	1466
	0,14	398	664	830	1162	461	768	960	1343
	0,16	362	603	754	1056	419	698	872	1221
	0,18	326	543	678	950	376	627	784	1098
	0,20	289	482	603	844	334	557	697	975
	0,22	253	421	527	738	292	487	609	853
	0,24	217	361	451	631	250	417	522	730
	0,26	180	300	375	525	208	347	434	608
0,28	144	240	300	419	166	277	346	485	
0,30	107	179	224	313	124	207	259	362	
300	0,00	632	1054	1317	1844	731	1219	1523	2133
	0,02	596	993	1242	1738	689	1149	1436	2010
	0,04	560	933	1166	1632	647	1078	1348	1887
	0,06	523	872	1090	1526	605	1008	1261	1765
	0,08	487	811	1014	1420	563	938	1173	1642
	0,10	451	751	939	1314	521	868	1085	1519
	0,12	414	690	863	1208	479	798	998	1397
	0,14	378	630	787	1102	437	728	910	1274
	0,16	341	569	711	996	395	658	823	1152
	0,18	305	508	636	890	353	588	735	1029
	0,20	269	448	560	784	311	518	647	906
	0,22	232	387	484	678	269	448	560	784
	0,24	196	327	408	572	227	378	472	661
	0,26	160	266	333	466	185	308	385	538
0,28	123	206	257	360	143	238	297	416	
0,30	87	145	181	254	101	168	209	293	

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DMi 17/12



lw [cm]	e/hw	Steine im Verband (25 cm)				Steine direkt übereinander			
		C12/15	C20/25	C25/30	C35/45	C12/15	C20/25	C25/30	C35/45
225	0,00	347	578	722	1011	372	619	774	1084
	0,02	323	538	672	941	346	576	720	1008
	0,04	298	497	621	870	320	533	666	932
	0,06	274	457	571	799	294	489	612	856
	0,08	250	416	520	728	268	446	557	780
	0,10	225	376	470	658	242	403	503	704
	0,12	201	335	419	587	216	359	449	629
	0,14	177	295	369	516	190	316	395	553
	0,16	153	254	318	445	164	273	341	477
	0,18	128	214	267	374	138	229	287	401
	0,20	104	174	217	304	112	186	232	325
	0,22	80	133	166	233	86	143	178	250
	0,24	56	93	116	162	60	99	124	174
	0,26	31	52	65	91	34	56	70	98
0,28	7	12	15	21	8	13	16	22	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
250	0,00	319	532	665	932	342	570	713	998
	0,02	295	492	615	861	316	527	659	922
	0,04	271	451	564	790	290	484	605	846
	0,06	247	411	514	719	264	440	550	771
	0,08	222	371	463	649	238	397	496	695
	0,10	198	330	413	578	212	354	442	619
	0,12	174	290	362	507	186	310	388	543
	0,14	150	249	312	436	160	267	334	467
	0,16	125	209	261	365	134	224	280	392
	0,18	101	168	211	295	108	180	226	316
	0,20	77	128	160	224	82	137	171	240
	0,22	53	88	109	153	56	94	117	164
	0,24	28	47	59	82	30	50	63	88
	0,26	4	7	8	12	4	7	9	12
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
275	0,00	292	487	608	852	313	522	652	913
	0,02	268	446	558	781	287	478	598	837
	0,04	244	406	507	710	261	435	544	761
	0,06	219	365	457	640	235	392	489	685
	0,08	195	325	406	569	209	348	435	609
	0,10	171	285	356	498	183	305	381	534
	0,12	146	244	305	427	157	262	327	458
	0,14	122	204	255	356	131	218	273	382
	0,16	98	163	204	286	105	175	219	306
	0,18	74	123	154	215	79	132	164	230
	0,20	49	82	103	144	53	88	110	154
	0,22	25	42	52	73	27	45	56	79
	0,24	1	2	2	3	1	2	2	3
	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
300	0,00	265	441	551	772	284	473	591	827
	0,02	240	401	501	701	258	429	537	751
	0,04	216	360	450	631	232	386	483	676
	0,06	192	320	400	560	206	343	428	600
	0,08	168	279	349	489	180	299	374	524
	0,10	143	239	299	418	154	256	320	448
	0,12	119	199	248	347	128	213	266	372
	0,14	95	158	198	277	102	169	212	296
	0,16	71	118	147	206	76	126	158	221
	0,18	46	77	97	135	50	83	103	145
	0,20	22	37	46	64	24	39	49	69
	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,24	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DM 20/13Lap



lw [cm]	e/hw	Steine im Verband (25 cm)				Steine direkt übereinander			
		C12/15	C20/25	C25/30	C35/45	C12/15	C20/25	C25/30	C35/45
225	0,00	343	571	714	999	392	653	816	1142
	0,02	320	533	667	933	366	609	762	1067
	0,04	297	496	620	867	340	566	708	991
	0,06	275	458	572	801	314	523	654	916
	0,08	252	420	525	735	288	480	600	840
	0,10	229	382	478	669	262	437	546	765
	0,12	207	345	431	603	236	394	492	689
	0,14	184	307	384	537	210	351	438	614
	0,16	162	269	337	471	185	308	385	538
	0,18	139	232	289	405	159	265	331	463
	0,20	116	194	242	339	133	221	277	388
	0,22	94	156	195	273	107	178	223	312
	0,24	71	118	148	207	81	135	169	237
	0,26	48	81	101	141	55	92	115	161
0,28	26	43	54	75	29	49	61	86	
0,30	3	5	6	9	4	6	7	10	
250	0,00	317	529	661	925	362	604	755	1057
	0,02	294	491	614	859	337	561	701	981
	0,04	272	453	566	793	311	518	647	906
	0,06	249	415	519	727	285	475	593	831
	0,08	227	378	472	661	259	432	539	755
	0,10	204	340	425	595	233	388	486	680
	0,12	181	302	378	529	207	345	432	604
	0,14	159	264	331	463	181	302	378	529
	0,16	136	227	283	397	155	259	324	453
	0,18	113	189	236	331	130	216	270	378
	0,20	91	151	189	265	104	173	216	303
	0,22	68	114	142	199	78	130	162	227
	0,24	45	76	95	133	52	87	108	152
	0,26	23	38	48	67	26	44	54	76
0,28	0	0	0	1	0	0	1	1	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
275	0,00	292	486	608	851	333	555	694	972
	0,02	269	448	560	785	307	512	640	896
	0,04	246	411	513	718	281	469	586	821
	0,06	224	373	466	652	256	426	533	746
	0,08	201	335	419	586	230	383	479	670
	0,10	178	297	372	520	204	340	425	595
	0,12	156	260	325	454	178	297	371	519
	0,14	133	222	277	388	152	254	317	444
	0,16	111	184	230	322	126	210	263	368
	0,18	88	146	183	256	100	167	209	293
	0,20	65	109	136	190	75	124	155	217
	0,22	43	71	89	124	49	81	101	142
	0,24	20	33	42	58	23	38	48	67
	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
300	0,00	272	454	568	795	311	519	649	908
	0,02	250	416	520	729	285	476	595	833
	0,04	227	379	473	663	260	433	541	757
	0,06	205	341	426	597	234	390	487	682
	0,08	182	303	379	531	208	346	433	606
	0,10	159	265	332	465	182	303	379	531
	0,12	137	228	285	399	156	260	325	455
	0,14	114	190	238	333	130	217	271	380
	0,16	91	152	190	267	104	174	218	305
	0,18	69	115	143	201	79	131	164	229
	0,20	46	77	96	135	53	88	110	154
	0,22	23	39	49	68	27	45	56	78
	0,24	1	1	2	2	1	2	2	3
	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DMi 25/18Lap



lw [cm]	e/hw	Steine im Verband (25 cm)				Steine direkt übereinander			
		C12/15	C20/25	C25/30	C35/45	C12/15	C20/25	C25/30	C35/45
225	0,00	561	936	1170	1637	642	1069	1337	1871
	0,02	530	884	1104	1546	606	1010	1262	1767
	0,04	499	831	1039	1455	570	950	1188	1663
	0,06	468	779	974	1364	534	891	1113	1559
	0,08	436	727	909	1273	499	831	1039	1455
	0,10	405	675	844	1181	463	772	965	1350
	0,12	374	623	779	1090	427	712	890	1246
	0,14	343	571	714	999	391	652	816	1142
	0,16	311	519	648	908	356	593	741	1038
	0,18	280	467	583	817	320	533	667	933
	0,20	249	415	518	725	284	474	592	829
	0,22	217	362	453	634	249	414	518	725
	0,24	186	310	388	543	213	355	443	621
	0,26	155	258	323	452	177	295	369	516
0,28	124	206	258	361	141	236	294	412	
0,30	92	154	192	269	106	176	220	308	
250	0,00	535	892	1114	1560	611	1019	1274	1783
	0,02	504	839	1049	1469	576	960	1199	1679
	0,04	472	787	984	1378	540	900	1125	1575
	0,06	441	735	919	1287	504	840	1050	1471
	0,08	410	683	854	1196	468	781	976	1366
	0,10	379	631	789	1104	433	721	902	1262
	0,12	347	579	724	1013	397	662	827	1158
	0,14	316	527	659	922	361	602	753	1054
	0,16	285	475	593	831	326	543	678	950
	0,18	254	423	528	740	290	483	604	845
	0,20	222	370	463	648	254	423	529	741
	0,22	191	318	398	557	218	364	455	637
	0,24	160	266	333	466	183	304	380	533
	0,26	128	214	268	375	147	245	306	428
0,28	97	162	203	284	111	185	232	324	
0,30	66	110	137	192	75	126	157	220	
275	0,00	509	848	1059	1483	581	969	1211	1695
	0,02	477	795	994	1392	545	909	1136	1591
	0,04	446	743	929	1301	510	850	1062	1487
	0,06	415	691	864	1210	474	790	988	1383
	0,08	383	639	799	1118	438	730	913	1278
	0,10	352	587	734	1027	403	671	839	1174
	0,12	321	535	669	936	367	611	764	1070
	0,14	290	483	603	845	331	552	690	966
	0,16	258	431	538	754	295	492	615	861
	0,18	227	379	473	662	260	433	541	757
	0,20	196	326	408	571	224	373	466	653
	0,22	165	274	343	480	188	314	392	549
	0,24	133	222	278	389	152	254	317	444
	0,26	102	170	213	298	117	194	243	340
0,28	71	118	147	206	81	135	169	236	
0,30	40	66	82	115	45	75	94	132	
300	0,00	491	818	1023	1432	561	935	1169	1637
	0,02	460	766	958	1341	525	876	1094	1532
	0,04	428	714	892	1249	490	816	1020	1428
	0,06	397	662	827	1158	454	756	946	1324
	0,08	366	610	762	1067	418	697	871	1220
	0,10	335	558	697	976	382	637	797	1115
	0,12	303	506	632	885	347	578	722	1011
	0,14	272	453	567	793	311	518	648	907
	0,16	241	401	502	702	275	459	573	803
	0,18	210	349	436	611	239	399	499	698
	0,20	178	297	371	520	204	340	424	594
	0,22	147	245	306	429	168	280	350	490
	0,24	116	193	241	337	132	220	276	386
	0,26	84	141	176	246	97	161	201	281
0,28	53	89	111	155	61	101	127	177	
0,30	22	37	46	64	25	42	52	73	

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DSi 30/20Lap



lw [cm]	e/hw	Steine im Verband (25 cm)				Steine direkt übereinander			
		C12/15	C20/25	C25/30	C35/45	C12/15	C20/25	C25/30	C35/45
225	0,00	644	1073	1342	1879	702	1169	1461	2046
	0,02	609	1016	1269	1777	664	1106	1383	1936
	0,04	575	958	1197	1676	626	1043	1304	1825
	0,06	540	900	1124	1574	588	980	1225	1715
	0,08	505	842	1052	1473	550	917	1146	1604
	0,10	470	784	980	1371	512	854	1067	1494
	0,12	435	726	907	1270	474	790	988	1383
	0,14	401	668	835	1168	436	727	909	1273
	0,16	366	610	762	1067	398	664	830	1162
	0,18	331	552	690	966	361	601	751	1052
	0,20	296	494	617	864	323	538	672	941
	0,22	262	436	545	763	285	475	593	831
	0,24	227	378	472	661	247	412	514	720
	0,26	192	320	400	560	209	348	436	610
0,28	157	262	327	458	171	285	357	499	
0,30	122	204	255	357	133	222	278	389	
250	0,00	624	1041	1301	1821	680	1134	1417	1984
	0,02	590	983	1229	1720	642	1070	1338	1873
	0,04	555	925	1156	1619	604	1007	1259	1763
	0,06	520	867	1084	1517	567	944	1180	1652
	0,08	485	809	1011	1416	529	881	1101	1542
	0,10	451	751	939	1314	491	818	1022	1431
	0,12	416	693	866	1213	453	755	943	1321
	0,14	381	635	794	1111	415	692	865	1210
	0,16	346	577	721	1010	377	629	786	1100
	0,18	311	519	649	908	339	565	707	989
	0,20	277	461	576	807	301	502	628	879
	0,22	242	403	504	706	263	439	549	768
	0,24	207	345	432	604	226	376	470	658
	0,26	172	287	359	503	188	313	391	547
0,28	138	229	287	401	150	250	312	437	
0,30	103	171	214	300	112	187	233	326	
275	0,00	595	992	1240	1736	648	1080	1350	1890
	0,02	560	934	1167	1634	610	1017	1271	1780
	0,04	526	876	1095	1533	572	954	1192	1669
	0,06	491	818	1022	1431	534	891	1114	1559
	0,08	456	760	950	1330	497	828	1035	1448
	0,10	421	702	877	1228	459	765	956	1338
	0,12	386	644	805	1127	421	701	877	1227
	0,14	352	586	733	1026	383	638	798	1117
	0,16	317	528	660	924	345	575	719	1007
	0,18	282	470	588	823	307	512	640	896
	0,20	247	412	515	721	269	449	561	786
	0,22	212	354	443	620	231	386	482	675
	0,24	178	296	370	518	194	323	403	565
	0,26	143	238	298	417	156	259	324	454
0,28	108	180	225	315	118	196	245	344	
0,30	73	122	153	214	80	133	166	233	
300	0,00	575	959	1199	1678	627	1045	1306	1828
	0,02	541	901	1126	1577	589	982	1227	1718
	0,04	506	843	1054	1476	551	918	1148	1607
	0,06	471	785	982	1374	513	855	1069	1497
	0,08	436	727	909	1273	475	792	990	1386
	0,10	402	669	837	1171	437	729	911	1276
	0,12	367	611	764	1070	399	666	832	1165
	0,14	332	553	692	968	362	603	753	1055
	0,16	297	495	619	867	324	540	674	944
	0,18	262	437	547	765	286	476	596	834
	0,20	228	379	474	664	248	413	517	723
	0,22	193	321	402	563	210	350	438	613
	0,24	158	264	329	461	172	287	359	502
	0,26	123	206	257	360	134	224	280	392
0,28	89	148	184	258	96	161	201	281	
0,30	54	90	112	157	59	98	122	171	

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DS 25/12



lw [cm]	e/hw	Steine im Verband (25 cm)				Steine direkt übereinander			
		C12/15	C20/25	C25/30	C35/45	C12/15	C20/25	C25/30	C35/45
225	0,00	258	430	537	752	311	518	648	907
	0,02	240	400	499	699	289	482	602	843
	0,04	222	369	462	647	267	446	557	780
	0,06	204	339	424	594	246	409	512	717
	0,08	186	309	387	541	224	373	466	653
	0,10	168	279	349	489	202	337	421	590
	0,12	150	249	312	436	180	301	376	526
	0,14	132	219	274	384	159	264	331	463
	0,16	113	189	236	331	137	228	285	399
	0,18	95	159	199	278	115	192	240	336
	0,20	77	129	161	226	93	156	195	272
	0,22	59	99	124	173	72	119	149	209
	0,24	41	69	86	121	50	83	104	145
	0,26	23	39	49	68	28	47	59	82
0,28	5	9	11	15	6	11	13	19	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
250	0,00	237	396	495	693	286	477	597	835
	0,02	219	366	457	640	265	441	551	772
	0,04	201	336	420	587	243	405	506	708
	0,06	183	306	382	535	221	369	461	645
	0,08	165	275	344	482	199	332	415	582
	0,10	147	245	307	429	178	296	370	518
	0,12	129	215	269	377	156	260	325	455
	0,14	111	185	232	324	134	224	279	391
	0,16	93	155	194	272	112	187	234	328
	0,18	75	125	156	219	91	151	189	264
	0,20	57	95	119	166	69	115	143	201
	0,22	39	65	81	114	47	78	98	137
	0,24	21	35	44	61	25	42	53	74
	0,26	3	5	6	9	4	6	7	10
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
275	0,00	217	362	452	633	262	436	546	764
	0,02	199	332	415	581	240	400	500	700
	0,04	181	302	377	528	218	364	455	637
	0,06	163	272	340	475	197	328	410	573
	0,08	145	242	302	423	175	291	364	510
	0,10	127	212	264	370	153	255	319	447
	0,12	109	181	227	318	131	219	274	383
	0,14	91	151	189	265	110	183	228	320
	0,16	73	121	152	212	88	146	183	256
	0,18	55	91	114	160	66	110	138	193
	0,20	37	61	77	107	44	74	92	129
	0,22	19	31	39	55	23	38	47	66
	0,24	1	1	1	2	1	1	2	2
	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
300	0,00	197	328	410	574	237	396	495	692
	0,02	179	298	372	521	216	359	449	629
	0,04	161	268	335	469	194	323	404	565
	0,06	143	238	297	416	172	287	359	502
	0,08	125	208	260	364	150	251	313	439
	0,10	107	178	222	311	129	214	268	375
	0,12	89	148	184	258	107	178	223	312
	0,14	71	118	147	206	85	142	177	248
	0,16	52	87	109	153	63	106	132	185
	0,18	34	57	72	100	42	69	87	121
	0,20	16	27	34	48	20	33	41	58
	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,24	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DS 30/15



lw [cm]	e/hw	Steine im Verband (25 cm)				Steine direkt übereinander			
		C12/15	C20/25	C25/30	C35/45	C12/15	C20/25	C25/30	C35/45
225	0,00	353	589	736	1030	379	631	789	1105
	0,02	332	553	691	968	356	593	741	1038
	0,04	310	517	647	906	333	555	694	971
	0,06	289	482	602	843	310	517	646	905
	0,08	268	446	558	781	287	479	598	838
	0,10	246	411	513	719	264	441	551	771
	0,12	225	375	469	657	241	402	503	704
	0,14	204	340	424	594	219	364	455	637
	0,16	182	304	380	532	196	326	408	571
	0,18	161	268	336	470	173	288	360	504
	0,20	140	233	291	408	150	250	312	437
	0,22	118	197	247	345	127	212	265	370
	0,24	97	162	202	283	104	173	217	304
	0,26	76	126	158	221	81	135	169	237
	0,28	54	91	113	158	58	97	121	170
0,30	33	55	69	96	35	59	74	103	
250	0,00	335	559	698	977	359	599	749	1048
	0,02	314	523	654	915	337	561	701	982
	0,04	292	487	609	853	314	523	653	915
	0,06	271	452	565	791	291	485	606	848
	0,08	250	416	520	728	268	446	558	781
	0,10	228	381	476	666	245	408	510	715
	0,12	207	345	431	604	222	370	463	648
	0,14	186	310	387	542	199	332	415	581
	0,16	164	274	342	479	176	294	367	514
	0,18	143	238	298	417	153	256	320	447
	0,20	122	203	253	355	131	218	272	381
	0,22	100	167	209	293	108	179	224	314
	0,24	79	132	165	230	85	141	177	247
	0,26	58	96	120	168	62	103	129	180
	0,28	36	60	76	106	39	65	81	114
0,30	15	25	31	44	16	27	33	47	
275	0,00	311	518	648	907	334	556	695	973
	0,02	290	483	604	845	311	518	647	906
	0,04	268	447	559	783	288	480	600	840
	0,06	247	412	515	720	265	442	552	773
	0,08	226	376	470	658	242	403	504	706
	0,10	204	341	426	596	219	365	457	639
	0,12	183	305	381	534	196	327	409	572
	0,14	162	269	337	471	173	289	361	506
	0,16	140	234	292	409	150	251	314	439
	0,18	119	198	248	347	128	213	266	372
	0,20	98	163	203	285	105	175	218	305
	0,22	76	127	159	222	82	136	170	239
	0,24	55	92	114	160	59	98	123	172
	0,26	34	56	70	98	36	60	75	105
	0,28	12	20	25	36	13	22	27	38
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
300	0,00	293	488	610	855	314	524	655	917
	0,02	272	453	566	792	291	486	607	850
	0,04	250	417	522	730	269	448	559	783
	0,06	229	382	477	668	246	409	512	716
	0,08	208	346	433	606	223	371	464	650
	0,10	186	310	388	543	200	333	416	583
	0,12	165	275	344	481	177	295	369	516
	0,14	144	239	299	419	154	257	321	449
	0,16	122	204	255	357	131	219	273	382
	0,18	101	168	210	294	108	180	226	316
	0,20	80	133	166	232	85	142	178	249
	0,22	58	97	121	170	62	104	130	182
	0,24	37	61	77	108	40	66	82	115
	0,26	16	26	32	45	17	28	35	49
	0,28	0	0	0	0	0	0	0	0
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DSs 25/12



lw [cm]	e/hw	Steine im Verband (25 cm)				Steine direkt übereinander			
		C12/15	C20/25	C25/30	C35/45	C12/15	C20/25	C25/30	C35/45
225	0,00	278	464	580	812	332	553	691	967
	0,02	259	432	540	755	308	514	643	900
	0,04	239	399	499	698	285	475	594	832
	0,06	220	367	458	642	262	437	546	764
	0,08	201	334	418	585	239	398	498	697
	0,10	181	302	377	528	216	359	449	629
	0,12	162	269	337	471	192	321	401	561
	0,14	142	237	296	414	169	282	352	493
	0,16	123	204	255	358	146	243	304	426
	0,18	103	172	215	301	123	205	256	358
	0,20	84	139	174	244	100	166	207	290
	0,22	64	107	134	187	76	127	159	223
	0,24	45	74	93	130	53	89	111	155
	0,26	25	42	52	73	30	50	62	87
0,28	6	9	12	17	7	11	14	20	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
250	0,00	256	427	534	748	305	509	636	891
	0,02	237	395	494	691	282	470	588	823
	0,04	218	363	453	634	259	432	540	756
	0,06	198	330	413	578	236	393	491	688
	0,08	179	298	372	521	213	354	443	620
	0,10	159	265	331	464	189	316	395	553
	0,12	140	233	291	407	166	277	346	485
	0,14	120	200	250	350	143	238	298	417
	0,16	101	168	210	293	120	200	250	350
	0,18	81	135	169	237	97	161	201	282
	0,20	62	103	128	180	73	122	153	214
	0,22	42	70	88	123	50	84	105	146
	0,24	23	38	47	66	27	45	56	79
	0,26	3	5	7	9	4	6	8	11
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
275	0,00	235	391	489	684	279	466	582	815
	0,02	215	358	448	627	256	427	534	747
	0,04	196	326	407	570	233	388	485	679
	0,06	176	293	367	514	210	350	437	612
	0,08	157	261	326	457	186	311	389	544
	0,10	137	229	286	400	163	272	340	476
	0,12	118	196	245	343	140	233	292	409
	0,14	98	164	204	286	117	195	244	341
	0,16	79	131	164	229	94	156	195	273
	0,18	59	99	123	173	70	117	147	206
	0,20	40	66	83	116	47	79	98	138
	0,22	20	34	42	59	24	40	50	70
	0,24	1	1	2	2	1	1	2	3
	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
300	0,00	213	354	443	620	253	422	527	738
	0,02	193	322	402	563	230	383	479	671
	0,04	174	289	362	506	207	345	431	603
	0,06	154	257	321	450	184	306	382	535
	0,08	135	224	280	393	160	267	334	468
	0,10	115	192	240	336	137	229	286	400
	0,12	96	159	199	279	114	190	237	332
	0,14	76	127	159	222	91	151	189	265
	0,16	57	94	118	165	68	113	141	197
	0,18	37	62	78	109	44	74	92	129
	0,20	18	30	37	52	21	35	44	62
	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,24	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

System 1000

DSs 25/12

lw [cm]	e/hw	Steine im Verband (25 / 50 cm)				Steine direkt übereinander			
		C12/15	C20/25	C25/30	C35/45	C12/15	C20/25	C25/30	C35/45
225	0,00	269 / 290	448 / 484	560 / 605	784 / 847	333	555	693	970
	0,02	250 / 270	417 / 450	521 / 562	729 / 787	309	516	645	903
	0,04	231 / 250	385 / 416	482 / 520	674 / 728	286	477	596	835
	0,06	212 / 229	354 / 382	443 / 478	620 / 669	263	438	548	767
	0,08	194 / 209	323 / 348	403 / 435	565 / 610	240	399	499	699
	0,10	175 / 189	291 / 315	364 / 393	510 / 550	216	361	451	631
	0,12	156 / 168	260 / 281	325 / 351	455 / 491	193	322	402	563
	0,14	137 / 148	229 / 247	286 / 309	400 / 432	170	283	354	495
	0,16	118 / 128	197 / 213	247 / 266	345 / 373	146	244	305	427
	0,18	100 / 107	166 / 179	207 / 224	290 / 313	123	205	257	359
	0,20	81 / 87	135 / 145	168 / 182	235 / 254	100	167	208	291
	0,22	62 / 67	103 / 111	129 / 139	181 / 195	77	128	160	224
	0,24	43 / 47	72 / 78	90 / 97	126 / 136	53	89	111	156
	0,26	24 / 26	40 / 44	51 / 55	71 / 77	30	50	63	88
	0,28	5 / 6	9 / 10	11 / 12	16 / 17	7	11	14	20
0,30	0 / 0	1 / 0	2 / 0	3 / 0	0	0	0	0	
250	0,00	248 / 267	413 / 446	516 / 557	722 / 780	306	511	639	894
	0,02	229 / 247	381 / 412	477 / 515	667 / 721	283	472	590	826
	0,04	210 / 227	350 / 378	438 / 472	613 / 661	260	433	542	758
	0,06	191 / 206	319 / 344	398 / 430	558 / 602	237	394	493	690
	0,08	172 / 186	287 / 310	359 / 388	503 / 543	213	356	445	622
	0,10	154 / 166	256 / 276	320 / 345	448 / 484	190	317	396	554
	0,12	135 / 146	225 / 243	281 / 303	393 / 424	167	278	348	487
	0,14	116 / 125	193 / 209	242 / 261	338 / 365	144	239	299	419
	0,16	97 / 105	162 / 175	202 / 219	283 / 306	120	200	250	351
	0,18	78 / 85	131 / 141	163 / 176	228 / 247	97	162	202	283
	0,20	60 / 64	99 / 107	124 / 134	174 / 187	74	123	153	215
	0,22	41 / 44	68 / 73	85 / 92	119 / 128	50	84	105	147
	0,24	22 / 24	37 / 39	46 / 49	64 / 69	27	45	56	79
	0,26	3 / 3	5 / 6	6 / 7	9 / 10	4	6	8	11
	0,28	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0
0,30	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0	
275	0,00	226 / 244	377 / 407	472 / 509	660 / 713	280	467	584	817
	0,02	208 / 224	346 / 374	433 / 467	606 / 654	257	428	535	749
	0,04	189 / 204	315 / 340	393 / 425	551 / 595	234	389	487	682
	0,06	170 / 184	283 / 306	354 / 382	496 / 535	210	351	438	614
	0,08	151 / 163	252 / 272	315 / 340	441 / 476	187	312	390	546
	0,10	132 / 143	221 / 238	276 / 298	386 / 417	164	273	341	478
	0,12	114 / 123	189 / 204	237 / 255	331 / 358	141	234	293	410
	0,14	95 / 102	158 / 171	197 / 213	276 / 298	117	195	244	342
	0,16	76 / 82	127 / 137	158 / 171	222 / 239	94	157	196	274
	0,18	57 / 62	95 / 103	119 / 129	167 / 180	71	118	147	206
	0,20	38 / 41	64 / 69	80 / 86	112 / 121	47	79	99	138
	0,22	20 / 21	33 / 35	41 / 44	57 / 61	24	40	50	70
	0,24	1 / 1	1 / 1	1 / 2	2 / 2	1	1	2	3
	0,26	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0
	0,28	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0
0,30	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0	
300	0,00	205 / 222	342 / 369	428 / 462	599 / 646	254	423	529	741
	0,02	186 / 201	311 / 335	388 / 419	544 / 587	231	385	481	673
	0,04	168 / 181	279 / 302	349 / 377	489 / 528	207	346	432	605
	0,06	149 / 161	248 / 268	310 / 335	434 / 469	184	307	384	537
	0,08	130 / 140	217 / 234	271 / 292	379 / 409	161	268	335	469
	0,10	111 / 120	185 / 200	232 / 250	324 / 350	138	229	287	401
	0,12	92 / 100	154 / 166	192 / 208	269 / 291	114	191	238	333
	0,14	74 / 79	123 / 132	153 / 165	215 / 232	91	152	190	266
	0,16	55 / 59	91 / 99	114 / 123	160 / 172	68	113	141	198
	0,18	36 / 39	60 / 65	75 / 81	105 / 113	44	74	93	130
	0,20	17 / 18	29 / 31	36 / 39	50 / 54	21	35	44	62
	0,22	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0
	0,24	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0
	0,26	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0
	0,28	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0
0,30	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0	

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DSs 30/14neu



lw [cm]	e/hw	Steine im Verband (25 cm)				Steine direkt übereinander			
		C12/15	C20/25	C25/30	C35/45	C12/15	C20/25	C25/30	C35/45
225	0,00	318	530	662	927	341	569	711	995
	0,02	298	497	621	869	320	533	666	933
	0,04	278	464	580	811	298	497	622	870
	0,06	258	431	538	753	277	462	577	808
	0,08	238	397	497	695	256	426	533	746
	0,10	219	364	455	637	234	391	488	684
	0,12	199	331	414	579	213	355	444	621
	0,14	179	298	372	521	192	320	399	559
	0,16	159	265	331	463	170	284	355	497
	0,18	139	232	289	405	149	248	310	435
	0,20	119	198	248	347	128	213	266	372
	0,22	99	165	207	289	106	177	222	310
	0,24	79	132	165	231	85	142	177	248
	0,26	59	99	124	173	64	106	133	186
0,28	39	66	82	115	42	71	88	123	
0,30	20	33	41	57	21	35	44	61	
250	0,00	296	493	616	862	317	528	661	925
	0,02	276	459	574	804	296	493	616	863
	0,04	256	426	533	746	274	457	572	800
	0,06	236	393	491	688	253	422	527	738
	0,08	216	360	450	630	232	386	483	676
	0,10	196	327	409	572	210	351	438	614
	0,12	176	294	367	514	189	315	394	551
	0,14	156	260	326	456	168	279	349	489
	0,16	136	227	284	398	146	244	305	427
	0,18	117	194	243	340	125	208	260	365
	0,20	97	161	201	282	104	173	216	302
	0,22	77	128	160	224	82	137	171	240
	0,24	57	95	118	166	61	102	127	178
	0,26	37	62	77	108	40	66	82	115
0,28	17	28	35	50	18	30	38	53	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
275	0,00	279	465	581	813	299	498	623	872
	0,02	259	431	539	755	278	463	579	810
	0,04	239	398	498	697	256	427	534	748
	0,06	219	365	456	639	235	392	490	685
	0,08	199	332	415	581	214	356	445	623
	0,10	179	299	373	523	192	321	401	561
	0,12	159	266	332	465	171	285	356	499
	0,14	139	232	291	407	150	249	312	436
	0,16	120	199	249	349	128	214	267	374
	0,18	100	166	208	291	107	178	223	312
	0,20	80	133	166	233	86	143	178	250
	0,22	60	100	125	175	64	107	134	187
	0,24	40	67	83	117	43	71	89	125
	0,26	20	33	42	59	22	36	45	63
0,28	0	0	0	1	0	0	0	1	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
300	0,00	256	427	534	748	275	458	573	802
	0,02	236	394	493	690	254	423	528	740
	0,04	217	361	451	632	232	387	484	677
	0,06	197	328	410	574	211	352	439	615
	0,08	177	295	368	515	190	316	395	553
	0,10	157	261	327	457	168	280	351	491
	0,12	137	228	285	399	147	245	306	428
	0,14	117	195	244	341	126	209	262	366
	0,16	97	162	202	283	104	174	217	304
	0,18	77	129	161	225	83	138	173	242
	0,20	57	96	119	167	62	103	128	179
	0,22	37	62	78	109	40	67	84	117
	0,24	18	29	37	51	19	31	39	55
	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DSs 30/12

lw [cm]	e/hw	Steine im Verband (25 cm)				Steine direkt übereinander			
		C12/15	C20/25	C25/30	C35/45	C12/15	C20/25	C25/30	C35/45
225	0,00	248	413	516	723	248	413	516	723
	0,02	230	384	480	672	230	384	480	672
	0,04	213	355	444	622	213	355	444	622
	0,06	196	326	408	571	196	326	408	571
	0,08	178	297	372	520	178	297	372	520
	0,10	161	269	336	470	161	269	336	470
	0,12	144	240	300	419	144	240	300	419
	0,14	126	211	263	369	126	211	263	369
	0,16	109	182	227	318	109	182	227	318
	0,18	92	153	191	268	92	153	191	268
	0,20	74	124	155	217	74	124	155	217
	0,22	57	95	119	166	57	95	119	166
	0,24	40	66	83	116	40	66	83	116
	0,26	22	37	47	65	22	37	47	65
0,28	5	8	11	15	5	8	11	15	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
250	0,00	228	380	476	666	228	380	476	666
	0,02	211	352	439	615	211	352	439	615
	0,04	194	323	403	565	194	323	403	565
	0,06	176	294	367	514	176	294	367	514
	0,08	159	265	331	463	159	265	331	463
	0,10	142	236	295	413	142	236	295	413
	0,12	124	207	259	362	124	207	259	362
	0,14	107	178	223	312	107	178	223	312
	0,16	90	149	187	261	90	149	187	261
	0,18	72	120	150	211	72	120	150	211
	0,20	55	91	114	160	55	91	114	160
	0,22	38	63	78	109	38	63	78	109
	0,24	20	34	42	59	20	34	42	59
	0,26	3	5	6	8	3	5	6	8
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
275	0,00	209	348	435	609	209	348	435	609
	0,02	191	319	399	558	191	319	399	558
	0,04	174	290	363	508	174	290	363	508
	0,06	157	261	326	457	157	261	326	457
	0,08	139	232	290	406	139	232	290	406
	0,10	122	203	254	356	122	203	254	356
	0,12	105	174	218	305	105	174	218	305
	0,14	87	146	182	255	87	146	182	255
	0,16	70	117	146	204	70	117	146	204
	0,18	53	88	110	154	53	88	110	154
	0,20	35	59	74	103	35	59	74	103
	0,22	18	30	37	52	18	30	37	52
	0,24	1	1	1	2	1	1	1	2
	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
300	0,00	189	315	394	552	189	315	394	552
	0,02	172	286	358	501	172	286	358	501
	0,04	154	257	322	451	154	257	322	451
	0,06	137	229	286	400	137	229	286	400
	0,08	120	200	250	349	120	200	250	349
	0,10	102	171	213	299	102	171	213	299
	0,12	85	142	177	248	85	142	177	248
	0,14	68	113	141	198	68	113	141	198
	0,16	50	84	105	147	50	84	105	147
	0,18	33	55	69	97	33	55	69	97
	0,20	16	26	33	46	16	26	33	46
	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,24	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

System 1000

DSs 30/12

lw [cm]	e/hw	Steine im Verband (25 / 50 cm)				Steine direkt übereinander			
		C12/15	C20/25	C25/30	C35/45	C12/15	C20/25	C25/30	C35/45
225	0,00	269 / 290	448 / 484	560 / 605	784 / 847	333	555	693	970
	0,02	250 / 270	417 / 450	521 / 562	729 / 787	309	516	645	903
	0,04	231 / 250	385 / 416	482 / 520	674 / 728	286	477	596	835
	0,06	212 / 229	354 / 382	443 / 478	620 / 669	263	438	548	767
	0,08	194 / 209	323 / 348	403 / 435	565 / 610	240	399	499	699
	0,10	175 / 189	291 / 315	364 / 393	510 / 550	216	361	451	631
	0,12	156 / 168	260 / 281	325 / 351	455 / 491	193	322	402	563
	0,14	137 / 148	229 / 247	286 / 309	400 / 432	170	283	354	495
	0,16	118 / 128	197 / 213	247 / 266	345 / 373	146	244	305	427
	0,18	100 / 107	166 / 179	207 / 224	290 / 313	123	205	257	359
	0,20	81 / 87	135 / 145	168 / 182	235 / 254	100	167	208	291
	0,22	62 / 67	103 / 111	129 / 139	181 / 195	77	128	160	224
	0,24	43 / 47	72 / 78	90 / 97	126 / 136	53	89	111	156
	0,26	24 / 26	40 / 44	51 / 55	71 / 77	30	50	63	88
	0,28	5 / 6	9 / 10	11 / 12	16 / 17	7	11	14	20
0,30	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0	
250	0,00	248 / 267	413 / 446	516 / 557	722 / 780	306	511	639	894
	0,02	229 / 247	381 / 412	477 / 515	667 / 721	283	472	590	826
	0,04	210 / 227	350 / 378	438 / 472	613 / 661	260	433	542	758
	0,06	191 / 206	319 / 344	398 / 430	558 / 602	237	394	493	690
	0,08	172 / 186	287 / 310	359 / 388	503 / 543	213	356	445	622
	0,10	154 / 166	256 / 276	320 / 345	448 / 484	190	317	396	554
	0,12	135 / 146	225 / 243	281 / 303	393 / 424	167	278	348	487
	0,14	116 / 125	193 / 209	242 / 261	338 / 365	144	239	299	419
	0,16	97 / 105	162 / 175	202 / 219	283 / 306	120	200	250	351
	0,18	78 / 85	131 / 141	163 / 176	228 / 247	97	162	202	283
	0,20	60 / 64	99 / 107	124 / 134	174 / 187	74	123	153	215
	0,22	41 / 44	68 / 73	85 / 92	119 / 128	50	84	105	147
	0,24	22 / 24	37 / 39	46 / 49	64 / 69	27	45	56	79
	0,26	3 / 3	5 / 6	6 / 7	9 / 10	4	6	8	11
	0,28	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0
0,30	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0	
275	0,00	226 / 244	377 / 407	472 / 509	660 / 713	280	467	584	817
	0,02	208 / 224	346 / 374	433 / 467	606 / 654	257	428	535	749
	0,04	189 / 204	315 / 340	393 / 425	551 / 595	234	389	487	682
	0,06	170 / 184	283 / 306	354 / 382	496 / 535	210	351	438	614
	0,08	151 / 163	252 / 272	315 / 340	441 / 476	187	312	390	546
	0,10	132 / 143	221 / 238	276 / 298	386 / 417	164	273	341	478
	0,12	114 / 123	189 / 204	237 / 255	331 / 358	141	234	293	410
	0,14	95 / 102	158 / 171	197 / 213	276 / 298	117	195	244	342
	0,16	76 / 82	127 / 137	158 / 171	222 / 239	94	157	196	274
	0,18	57 / 62	95 / 103	119 / 129	167 / 180	71	118	147	206
	0,20	38 / 41	64 / 69	80 / 86	112 / 121	47	79	99	138
	0,22	20 / 21	33 / 35	41 / 44	57 / 61	24	40	50	70
	0,24	1 / 1	1 / 1	1 / 2	2 / 2	1	1	2	3
	0,26	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0
	0,28	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0
0,30	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0	
300	0,00	205 / 222	342 / 369	428 / 462	599 / 646	254	423	529	741
	0,02	186 / 201	311 / 335	388 / 419	544 / 587	231	385	481	673
	0,04	168 / 181	279 / 302	349 / 377	489 / 528	207	346	432	605
	0,06	149 / 161	248 / 268	310 / 335	434 / 469	184	307	384	537
	0,08	130 / 140	217 / 234	271 / 292	379 / 409	161	268	335	469
	0,10	111 / 120	185 / 200	232 / 250	324 / 350	138	229	287	401
	0,12	92 / 100	154 / 166	192 / 208	269 / 291	114	191	238	333
	0,14	74 / 79	123 / 132	153 / 165	215 / 232	91	152	190	266
	0,16	55 / 59	91 / 99	114 / 123	160 / 172	68	113	141	198
	0,18	36 / 39	60 / 65	75 / 81	105 / 113	44	74	93	130
	0,20	17 / 18	29 / 31	36 / 39	50 / 54	21	35	44	62
	0,22	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0
	0,24	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0
	0,26	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0
	0,28	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0
0,30	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0	0	0	0	

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DSs 30/14



Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

System 1000

DSs 30/14



Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DSs 30K12



Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DSs 30K14



Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DSs 36⁵/12

lw [cm]	e/hw	Steine im Verband (25 cm)				Steine direkt übereinander			
		C12/15	C20/25	C25/30	C35/45	C12/15	C20/25	C25/30	C35/45
225	0,00	256	427	534	748	311	518	647	906
	0,02	238	397	497	695	289	481	602	842
	0,04	220	367	459	643	267	445	556	779
	0,06	202	337	422	591	245	409	511	716
	0,08	185	308	385	538	224	373	466	652
	0,10	167	278	347	486	202	337	421	589
	0,12	149	248	310	434	180	300	375	526
	0,14	131	218	272	381	158	264	330	462
	0,16	113	188	235	329	137	228	285	399
	0,18	95	158	198	277	115	192	240	335
	0,20	77	128	160	224	93	155	194	272
	0,22	59	98	123	172	72	119	149	209
	0,24	41	68	86	120	50	83	104	145
	0,26	23	39	48	68	28	47	58	82
0,28	5	9	11	15	6	11	13	18	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
250	0,00	236	393	492	689	286	477	596	834
	0,02	218	364	454	636	264	441	551	771
	0,04	200	334	417	584	243	404	505	708
	0,06	182	304	380	532	221	368	460	644
	0,08	164	274	342	479	199	332	415	581
	0,10	146	244	305	427	177	296	370	517
	0,12	128	214	268	375	156	259	324	454
	0,14	111	184	230	322	134	223	279	391
	0,16	93	154	193	270	112	187	234	327
	0,18	75	124	156	218	91	151	189	264
	0,20	57	95	118	166	69	115	143	201
	0,22	39	65	81	113	47	78	98	137
	0,24	21	35	44	61	25	42	53	74
	0,26	3	5	6	9	4	6	7	10
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
275	0,00	216	360	450	630	262	436	545	763
	0,02	198	330	412	577	240	400	500	700
	0,04	180	300	375	525	218	364	454	636
	0,06	162	270	338	473	196	327	409	573
	0,08	144	240	300	420	175	291	364	509
	0,10	126	210	263	368	153	255	319	446
	0,12	108	180	226	316	131	219	273	383
	0,14	90	151	188	263	109	182	228	319
	0,16	72	121	151	211	88	146	183	256
	0,18	54	91	113	159	66	110	138	193
	0,20	37	61	76	107	44	74	92	129
	0,22	19	31	39	54	23	38	47	66
	0,24	1	1	1	2	1	1	2	2
	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	
300	0,00	196	326	408	571	237	395	494	692
	0,02	178	296	370	518	215	359	449	628
	0,04	160	266	333	466	194	323	403	565
	0,06	142	236	296	414	172	286	358	501
	0,08	124	207	258	361	150	250	313	438
	0,10	106	177	221	309	128	214	268	375
	0,12	88	147	183	257	107	178	222	311
	0,14	70	117	146	205	85	142	177	248
	0,16	52	87	109	152	63	105	132	184
	0,18	34	57	71	100	42	69	86	121
	0,20	16	27	34	48	20	33	41	58
	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,24	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0
0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DSs 36⁵/14



Tragfähigkeitstabellen DIN 1045-1

zul N [kN/m]

DSs 37⁵/14



- [1] DIN 1045-1 (07.01) Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Berlin-Köln, Beuth-Verlag. Ausgabe Juni 2001
- [2] DIN 1045 (07.88) Beton und Stahlbeton - Bemessung und Ausführung Berlin-Köln, Beuth-Verlag. Ausgabe Juli 1988
- [3] DIN 1053-1 Mauerwerk - Teil 1: Berechnung und Ausführung. Berlin-Köln, Beuth-Verlag. Ausgabe November 1996
- [4] Betonkalender 2002 Berlin, Verlag Ernst&Sohn, 91. Jahrgang
- [5] Rubert/Schot Traglast-Tafeln für unbewehrte Betondruckglieder aus Normal- und Leichtbeton. Berlin-München, Verlag Ernst&Sohn, März 1983
- [6] Rolle, S. Die Entwicklung von Holzfaserbeton Diplomarbeit, HTWK Leipzig, Februar 2001
- [7] Leßmüller, S. Holzspanbeton - Baustoffliche Eigenschaften und konstruktive Möglichkeiten Diplomarbeit, HTWK Leipzig, August 1997
- [8] Weide, A. Baumechanische Kennwerte von Holzspanbeton Diplomarbeit, HTWK Leipzig, Juli 1998
- [9] Voigt, J. Holzspanbeton - Baustoffliche Eigenschaften und konstruktive Möglichkeiten Diplomarbeit, HTWK Leipzig, Juli 1997
- [10] Entwurf Heft 525, Teil 1, Abschnitte 7 und 8 Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 525 Berlin, Beuth Verlag 2003
- [11] Kordina / Quast Bemessung von Beton- und Stahlbetonbauteilen nach DIN 1045 - Nachweis der Knicksicherheit Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 220 Berlin, Ernst & Sohn 1979

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, Frank Sonntag, dass die vorliegende Diplomarbeit durch mich selbständig und nur unter Verwendung der im Quellenverzeichnis aufgeführten Literatur angefertigt wurde.

Leipzig, den 28.02.2003

.....
Frank Sonntag