Die approbierte Originalversion dieser Dissertation ist an der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt (http://www.ub.tuwien.ac.at).

The approved original version of this thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology (http://www.ub.tuwien.ac.at/englweb/).

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

DISSERTATION

Sicherheitskonzept für den Lehmsteinbau

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der technischen Wissenschaft unter der Leitung von

o. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.-techn. Andreas KOLBITSCH
Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. DDr.-techn. Elemer BÖLCSKEY

Institut für Hochbau und Technologie
Zentrum für Hochbaukonstruktionen und Gebäudeerhaltung
E206

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Dipl.-Ing. Andreas RISCHANEK
Mat.Nr. 9326196
Sedlitzkygasse 7a/14, 1110 Wien

Wien, im Dezember 2009

*gewidmet meiner Frau **Loida***

*und meinen Kindern **Sara & Lucas***

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Gelingen meiner Dissertation beigetragen haben, insbesondere…

…bei meinem Betreuer o. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.-techn. Andreas KOLBITSCH für seine laufende Unterstützung,

…bei ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. DDr.-techn. Elemer BÖLCSKEY für die interessanten Gespräche zum Thema Lehmbau und

…bei Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr.-techn. Heinrich BRUCKNER für seine hilfsbereite Betreuung meiner Laborarbeiten.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, ohne deren Hilfe das Erstellen dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre:

…meiner Frau, für ihre ständige Unterstützung und motivierenden Worte und

…meinen Kindern für ihre Geduld.

INHALTSVERZEICHNIS

SICHERHEITSKONZEPT FÜR DEN LEHMSTEINBAU I

1 EINLEITUNG 9

1.1 Einführung 9

1.2 Kurzer Abriss zur Geschichte des Lehmbaues 11

1.3 Aktuelle Situation 15

1.4 Inhalt und Ziel der Arbeit 17

2 GRUNDLAGEN DER SICHERHEITSTHEORIE 19

2.1 Einführung 19

2.1.1 Begriffsdefinitionen 19

2.1.2 Historischer Abriss 21

2.2 Versagenswahrscheinlichkeit 24

2.2.1 Basisvariablen 24

2.2.2 Berechnung der Versagenswahrscheinlichkeit 32

2.3 Prinzipielle Vorgehensweise zur Bestimmung des Teilsicherheitsfaktors der Widerstandsseite 37

2.3.1 Einleitung 37

2.3.2 Zuverlässigkeitsindex β 38

2.3.3 Semiprobabilistisches Sicherheitskonzept 39

3 WERKSTOFFVERHALTEN VON LEHM 44

3.1 Einführung 44

3.2 Allgemeine Eigenschaften des Lehms 45

3.2.1 Zusammensetzung des Lehms 47

3.2.2 Ermittlung der Zusammensetzung des Lehms 48

3.2.3 Festigkeiten des Lehms 50

3.2.4 Feuchtigkeitseinwirkungen auf den Lehm 56

3.2.5 Zusammenstellung allgemeiner Parameter des Lehms 63

3.3 Verbesserung der Materialeigenschaften 64

3.3.1 Verbesserung der Druckfestigkeit 64

3.3.2 Verringerung der Rissbildung 66

3.3.3 Verbesserung der Wasserfestigkeit 67

3.4 Praktische Untersuchungen an Lehmprismen 68

3.4.1 Allgemein 68

3.4.2 Versuchsreihe 1 „Vorversuche“ 75

3.4.3 Versuchsreihe 2 „Verbesserung der Festigkeit“ 87

3.4.4 Versuchsreihe 3 „Praxisnaher Lehmziegel“ 91

3.4.5 Zusammenstellung der Versuchsdaten 97

4 KALIBRIERUNG DES TEILSICHERHEITSFAKTORS FÜR LEHMSTEINE 100

4.1 Allgemeiner Lösungsansatz 100

4.1.1 Bestimmung des Zuverlässigkeitsindex β 100

4.1.2 Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchung γs 102

4.1.3 Ermittlung der statistischen Kennwerte für die Beanspruchbarkeit 103

4.1.4 Quantilwert für die Beanspruchung und die Beanspruchbarkeit 104

4.2 Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit 104

4.2.1 Ableitung mittels Normalverteilung 105

4.2.2 Ableitung mittels Lognormal Verteilung 106

4.3 Kalibrierung des Teilsicherheitsbeiwertes für Lehmbauteile 106

4.3.1 Festigkeitswerte aus dem Labor 106

4.3.2 Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes 108

4.3.3 Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse 111

4.3.4 Festigkeitswerte aus der Literatur 114

4.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Wände aus Mauerwerk 116

5 BERECHNUNGSBEISPIEL 118

5.1 Nachweis der Grenzzustände 118

5.1.1 Vertikaler Bemessungswiderstand einer Wand 118

5.1.2 Horizontaler Bemessungswiderstand von Wänden aus Mauerwerk 120

5.2 Nachweis der Teilflächenpressungen 121

6 AUSBLICK 123

7 LITERATURLISTE 126

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Rekonstruiertes Lehmhaus errichtet im Freilichtmuseum Asparn an der Zaya, [5] 12

Abbildung 2: Beispiele für Lehmhäuser, Gösing am Wagram (aus [37], Seite 6 und 10)..... 13

Abbildung 3: Beispiel eines Lehmhauses aus Ecuador (Zuleta) im Rohbau 14

Abbildung 4: Lehmhäuser mit Details aus Ecuador (Quito) von Arch. Acosta und Arch. Guayasamin 14

Abbildung 5: Vereinfachter Grundriss für ein eingeschossiges Lehmhaus 16

Abbildung 6 Dichtefunktion (oben) und Summenhäufigkeitsfunktion (unten) 26

Abbildung 7: Methode der zweiten Momente 34

Abbildung 8 Überblick über die Sicherheitskonzepte, vgl. [15], Bild C.1 38

Abbildung 9 Klassen für Schadensfolgen nach [15], Anhang B 38

Abbildung 10 Empfehlungen für Mindestwerte des Zuverlässigkeitsindex β ([15], Anhang B) 39

Abbildung 11: Zusammenhang von Quantilwerten und Wahrscheinlichkeit für Normalverteilungen 40

Abbildung 12: Darstellung der Grenzzustandsfunktion Z=R-S 41

Abbildung 13: Kornverteilungskurven für drei verschiedene Lehme aus [42]..... 48

Abbildung 14: Abmessungen in [mm] für die Prüfung auf Biegezugfestigkeit nach [13] 52

Abbildung 15: Prüfkörperform (Maße in mm) und Prüfeinrichtung nach [10] 55

Abbildung 16: Vorrichtung zur Ermittlung der Aufschlämmbarkeit nach DIN18952 [10] 57

Abbildung 17: Baulehm der Firma Claytec (Sorte 10.001) 69

Abbildung 18: Verwendete Probekörperform für die Versuchsserie 1 und 2 70

Abbildung 19: Verwende Prüfkörperform für die Versuchsserie 3 70

Abbildung 20: Leerformular für die Prüfberichte 71

Abbildung 21: Rührwerk MXP 1602 von der Firma Pro Tool 72

Abbildung 22: Abmessung des ermittelten Ausbreitmaßes für eine Lehmprobe 73

Abbildung 23: Betonstampfer und Verdichtungsstempel Abbildung 24: Laborwaage 74

Abbildung 25: Zusammenhang zwischen W/L-Wert und den Festigkeiten 76

Abbildung 26: Zusammenhang zwischen der Rührdauer und den Festigkeiten 77

Abbildung 27: Zusammenhang zwischen der Maukdauer und den Festigkeiten 78

Abbildung 28: Zusammenhang zwischen dem Ausbreitmaß und den Festigkeiten, Maukdauer = 0h 78

Abbildung 29: Zusammenhang Ausbreitmaß und Druckfestigkeit mit einzelnen Rührdauerkurven 79

Abbildung 30: Zusammenhang Ausbreitmaß und Biegezugfestigkeit mit einzelnen Rührdauerkurven 79

Abbildung 31: Zusammenhang von Druck- bzw. Biegezugfestigkeit und Wassergehalt 80

Abbildung 32: Bruchverhalten bei unterschiedlichen Gleichgewichtsfeuchte (links oben M5S7 mit GF = 8,57%, rechts oben M5S8 mit GF = 6,91%, unten M5S9 mit GF = 4,49%) 81

Abbildung 33: Austrocknungsverlauf in Abhängigkeit von der Zeit (M2S3, M4S6, M8S12) ... 84

Abbildung 34: Schwindverlauf in Abhängigkeit von der Zeit (M4S6) 84

Abbildung 35: Prinzipieller Zusammenhang zwischen Ausbreitmaß und Wassergehalt 86

Abbildung 36: Zusammenhang Maukdauer und Festigkeit für Versuchsszenarium 1 89

Abbildung 37: Vergleich der Festigkeiten von Versuchsszenarium 1 und 2 90

Abbildung 38: Links Prüfkörper der Serie M1, Mitte Prüfkörper der Serie M4 und rechts Prüfkörper der Serie M2 93

Abbildung 39: Zerstörter Lehmziegel nach erfolgreichen Ablauf des Biegezugversuches 94

Abbildung 40: Einbau des Prüfkörpers zwischen zwei Dämmplatten für die Ermittlung der Druckfestigkeit 95

Abbildung 41: Zusammenstellung der Ergebnisse aus der Versuchsreihe 1 "Vorversuche" . 98

Abbildung 42:: Zusammenstellung der Ergebnisse aus der Versuchsreihe 2 "Verbesserung der Festigkeit" 99

Abbildung 43: Leerformular zur Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes der Beanspruchung 109

Abbildung 44: Prinzipsskizze für den Nachweis auf Druck 118

Abbildung 45: Prinzipsskizze für den Nachweis auf Schub 120

Abbildung 46: Prinzipsskizze für den Nachweis der Teilflächenpressung 121

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Charakteristische Festigkeitswerte für die Druck- und Biegezugfestigkeit (Versuchsreihe 2) 2

Tabla 2: Coeficientes de resistencia característicos de resistencia a la compresión y a la flexo-tracción (serie experimental 2) 5

Table 3: Characteristical strength values of the tensile strength and compressive strength (test serie 2) 8

Tabelle 4: Wasserdampf - Diffusionswiderstandszahl für verschiedene Baustoffe 10

Tabelle 5: CO_2-äquivalent Werte für verschiedene Baustoffe [23] 15

Tabelle 6: Gegenüberstellung der Anschaffungskosten für Lehmziegel und gebrannten Ziegeln 17

Tabelle 7: Allgemein gültige Begriffe aus [15] 19

Tabelle 8: Wesentliche Begriffe im Bezug auf die Zuverlässigkeitsanalyse 19

Tabelle 9: Wesentliche Begriffe im Bezug auf die Grenzzustände und Bemessungssituationen 20

Tabelle 10 Normalverteilung 28

Tabelle 11 Lognormalverteilung 30

Tabelle 12 Gumbel-Verteilung 30

Tabelle 13 Weibull-Verteilung 31

Tabelle 14: Unter- bzw. Überschreitungswahrscheinlichkeit 39

Tabelle 15: Unterschiedliche Lehmarten nach [69] 45

Tabelle 16: Zusammenstellung der Korngrößen der einzelnen Füllstoffen 47

Tabelle 17: Einteilung der Baulehme nach Bindigkeit nach [69] 55

Tabelle 18: Plastizitätszahlen von verschiedenen Lehmen nach Minke [42] 60

Tabelle 19: Unterteilung der Konsistenzzahl nach [42] 60

Tabelle 20: Wasseraufnahme verschiedener Baustoffe nach 48 Stunden bei einem plötzlichen Anstieg von 50 auf 80% Luftfeuchtigkeit 62

Tabelle 21: Zusammenstellung der allgemeinen Parameter des Lehmes aus [7], [38], [42], [70]..... 63

Tabelle 22: Festigkeitswerte für Lehm bei Lagerung unter direkter Sonneneinstrahlung..... 82

Tabelle 23: Gegenüberstellung der Ergebnisse für die Druckfestigkeit bei paralleler und normaler Prüfrichtung bezogen auf die Stampfrichtung 83

Tabelle 24: Ermittlung des Endschwindmaßes für die Lehmprismen..... 85

Tabelle 25: Verhältnis der Raumteile Lehm zum Zuschlagstoff und Ausbreitmaß vor dem Einbau 92

Tabelle 26: Zusammenstellung der Ergebnisse aus den Biegezugversuchen 94

Tabelle 27: Zusammenstellung der ermittelten Werte für die Druckfestigkeit 96

Tabelle 28: Zusammenstellung der Schwindmaße für die einzelnen Prüfserien..... 96

Tabelle 29: Beziehung zwischen β und P_f 101

Tabelle 30 Zielwert des Zuverlässigkeitsindex β für Bauteile mit RC2 Anforderung 101

Tabelle 31 Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen..... 103

Tabelle 32: Festigkeitswert aus Versuchsserie 1 107

Tabelle 33: Festigkeitswerte aus der Versuchsserie 2 108

Tabelle 34: Festigkeitswerte aus der Versuchsserie 3 108

Tabelle 35: Teilsicherheitsbeiwerte für die Versuchsserie 1..... 110

Tabelle 36: Teilsicherheitsbeiwerte für die Versuchsserie 2..... 111

Tabelle 37: Teilsicherheitsbeiwerte für die Versuchsserie 3..... 111

Tabelle 38: Teilsicherheitsbeiwerte für Versuchsserie 1 und 2 112

Tabelle 39: Zusammenstellung der maximalen Teilsicherheitsbeiwerte 112

Tabelle 40: Ergebnisse der Untersuchung aus [38] mit Berechnung des Teilsicherheitsbeiwertes 115

Tabelle 41: Ergebnisse der Untersuchung aus [68] mit Berechnung des Teilsicherheitsbeiwertes 116

Tabelle 42: Teilsicherheitsbeiwerte für den Widerstand γ_M 117

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Große lateinische Buchstaben

A	außergewöhnliche Einwirkungen
Am	Ausbreitmaß einer Lehmprobe
C	Aktivitätskoeffizient nach Casagrande
E[X]	Erwartungswert
F	Bruchlast
$F_X(x)$	Wahrscheinlichkeitsfunktion
G	ständige Einwirkungen
G_A	Gewicht des Probekörpers zu Beginn der Trocknung
G_E	Gewicht des Probekörpers nach Abschluss der Trocknung
GF	Gleichgewichtsfeuchte
$G_{k,j}$	Charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung j
I_c	Konsistenzzahl
J_P	Plastizitätszahl nach Casagrande
L_d	Lastniveau
LNV	Lognormalverteiltes Wahrscheinlichkeitsmodell
LZ	Lehmziegel
Md	Maukdauer der Lehmmischung
MxSy	x-te Lehmmischung mit der Seriennummer y
NV	Normalverteiltes Wahrscheinlichkeitsmodell
P	Wahrscheinlichkeit
P_f	Versagenswahrscheinlichkeit
Q	veränderliche Einwirkungen
$Q_{k,i}$	Charakteristischer Wert einer veränderlichen Einwirkung i
R	Basisvariabel der Beanspruchbarkeit, Widerstand
Rd	Rührdauer der Lehmmischung
R_p	Charakteristische Wert für die Beanspruchbarkeit
RT	Raumteil
S	Basisvariabel der Beanspruchung, Einwirkung
S_q	Charakteristische Wert für die Beanspruchung
Var[X]	Varianz
V_R	Varianz der Beanspruchbarkeit
V_S	Varianz der Beanspruchung
V_W	Wasservolumen
V_T	Trockenvolumen
W	Wassergehalt
W/L-Wert	Verhältnis Wasser zu Lehm

W_a	Wasseraufnahmekoeffizient
W_A	Wassergewicht im Probekörper zu Beginn der Trocknung
W_E	Wassergewicht, das während der Trocknung entweicht.
W_L	Fliessgrenze nach Casagrande
W_P	Ausrollgrenze nach Casagrande
X	Basisvariabel (allgemein)
Z	Grenzzustandsfunktion, Zuverlässigkeit

Kleine lateinische Buchstaben

a	Gewichtsanteil aller Körner nach Fuller Parabel
b	Breite des Probekörpers
d	Höhe des Probekörpers
$f_X(x)$	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion
g	Lineare Grenzzustandsfunktion
k	Parameter für die Weibull Verteilung
k_R	Quantilwert der Beanspruchbarkeit
k_S	Quantilwert der Beanspruchung
l	Länge des Probekörpers
m_B	Mittelwert für Baustoffeingenschaften (Festigkeit, etc.)
m_G	Mittelwert für geometrische Abmessungen
m_M	Mittelwert für Modellunschärfe
m_R	Mittelwert für die Basisvariabel der Beanspruchbarkeit R
m_S	Mittelwert für die Basisvariabel der Beanspruchung S
m_x	Mittelwert
s	Wert für die Transformation der lognormalen Verteilung
t	Zeit
v_R	Variationskoeffizient von der Beanspruchbarkeit
v_S	Variationskoeffizient von der Beanspruchung
v_x	Varianz
W	Wasseraufnahmekoeffizient
y_R	Koordinate der Beanspruchbarkeit des transformierten Systems
y_S	Koordinate der Beanspruchung des transformierten Systems

Große griechische Buchstaben

Γ	Parameter für die Weibull Verteilung
Φ	Kumulative Verteilungsfunktion für die standardisierte Normalverteilung

Kleine griechische Buchstaben

α_g	Parameter für die Gumbel Verteilung
α_R	Wichtungsfaktor für die Beanspruchbarkeit
α_S	Wichtungsfaktor für die Beanspruchung
β	Sicherheitsindex
β_g	Parameter für die Gumbel Verteilung
ε	Parameter für die Weibull Verteilung
γ_0	zentrale Sicherheitszone
$\gamma_{G,j}$	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkung G_j
γ_{glob}	Globaler Sicherheitsbeiwert
$\gamma_{Q,j}$	Teilsicherheitsbeiwert für eine veränderliche Einwirkung Q_i
γ_R	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit
γ_S	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchung
λ	Parameter für die lognormale Verteilung
σ_B	Standardabweichung für Baustoffeigenschaften (Festigkeit, etc.)
σ_{BZ}	Biegezugfestigkeit
σ_D	Druckfestigkeit
σ_G	Standardabweichung für geometrische Abmessungen
σ_K	Grenzspannung
σ_M	Standardabweichung für Modellunschärfe
σ_R	Standardabweichung für die Basisvariabel der Beanspruchbarkeit R
σ_S	Standardabweichung für die Basisvariabel der Beanspruchung S
σ_{vorh}	vorhandene Spannung
σ_x	Standardabweichung
σ_{zul}	zulässige Spannung
μ	Wasserdampf - Diffusionswiderstandszahl
ω	Parameter für die Weibull Verteilung
ξ	Parameter für die lognormale Verteilung
ψ_R	Richtungswinkel für die Beanspruchbarkeit
ψ_S	Richtungswinkel für die Beanspruchung

KURZFASSUNG

Lehm, ein Baustoff von höchstem ökologischem und bauphysikalischem Wert, mit einer jahrhundertlangen Tradition, hat eine wesentliche Schwäche, nämlich dem Fehlen einer gültigen und mit den aktuellen Eurocode-Vorschriften bzw. Regelungen konformen Baunorm, in der die Bemessung und die Konstruktion von Lehmbauten geregelt ist. Ziel dieser vorliegenden Arbeit ist es, diesem Mangel entgegenzuwirken.

Für die Ausführung von Mauerwerken mit gebrannten Ziegeln ist heute der Eurocode 1996 „Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten“ heranzuziehen. Dieser beschreibt die Grundlagen für die Konstruktion von Mauerwerken, liefert die dafür nötigen Parameter wie Teilsicherheitsbeiwerte und charakteristische Festigkeitswerte und enthält die zur Bemessung notwendigen Berechnungsschritte. In Anlehnung an diesem Eurocode wird in dieser Arbeit versucht, Ansätze zu beschreiben, um einen für den Lehmbau gültigen Eurocode konformen Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit ermitteln zu können.

Die Arbeit gliedert sich im Wesentlichen in drei Teilen:

- Theoretische Grundlagen der Sicherheitstheorie
- Laborversuche zur Bestimmung der charakteristischen Festigkeitswerte des Lehmes als Baustoff
- Kalibrierung eines Teilsicherheitsbeiwertes für den Baustoff Lehm

Zu Beginn der Arbeit werden die Grundlagen für die heute übliche Sicherheitstheorie vorgestellt. Das Sicherheitskonzept wird gegenwärtig nicht mehr durch das deterministische Modell auf Basis von empirischen Werten beschrieben, sondern mit Hilfe des probabilistischen Modells auf Grundlage von wahrscheinlichkeitstheoretischen Methoden und statistischen Auswertungen. Dabei wird die Versagenswahrscheinlichkeit bzw. Zuverlässigkeit von Baukonstruktionen berechnet. Diese kann mit unterschiedlicher Genauigkeit ermittelt werden. Man unterscheidet drei Ebenen: Ebene III „das exakte Verfahren“, Ebene II „das probabilistische Näherungsverfahren“ und Ebene I „die semi-probabilistische Methode“.

Die Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe werden heute üblicherweise nach Ebene I kalibriert. Dabei wird ein Sicherheitsindex in Abhängigkeit von einer definierten Schadensklasse und einem Bezugszeitraum festgelegt, über den man mit Hilfe einer Wahrscheinlichkeitsverteilung den Teilsicherheitsbeiwert ermitteln kann. In dieser Arbeit werden als

Wahrscheinlichkeitsverteilungen die Normalverteilung und die Lognormalverteilung verwendet und ausgewertet.

Im zweiten Teil der Arbeit wird der Baustoff Lehm im Werkstofflabor des Institutes für Hochbau und Technologie, Forschungsbereich für Baustofflehre, Werkstofftechnologie und Brandsicherheit auf seine Materialeigenschaften untersucht.

Folgende wesentliche Untersuchungsziele wurden definiert:

- Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Aufbereitungs- bzw. Herstellungsmethoden für einen Lehmprüfkörper
- Verbesserung der Druck- und Biegezugfestigkeiten von Lehmziegel ohne Verwendung diverser Zusätze
- Ermittlung der Mittelwerte und der Standardabweichung für die Festigkeiten von einem Lehmziegel

Dabei hat sich gezeigt, dass durch die optimale Wahl der Lehmaufbereitung und dessen Verarbeitung bzw. Einbau in die Schalung man ein starkes signifikantes Verbesserungspotential des Lehmes abrufen kann. Die besten Ergebnisse erzielte man durch das „Mauken“[1] des Lehmes. Dies gilt für die Druck- und die Biegezugfestigkeit. Durch das „Mauken“ konnte die Druckfestigkeit um bis zu 30% erhöht werden, ohne eine Reduktion der Biegezugfestigkeit hinnehmen zu müssen.

Tabelle 1: Charakteristische Festigkeitswerte für die Druck- und Biegezugfestigkeit (Versuchsreihe 2)

Charakteristische Festigkeit	Mittelwert	Standardabweichung
Biegezugfestigkeit	1,60 N/mm²	0,35 N/mm²
Druckfestigkeit	5,00 N/mm²	1,16 N/mm²

[1] Unter „Mauken“ versteht man das Ruhenlassen einer aufbereiteten Lehmmischung.

Im letzten Teil der Arbeit wurde auf Basis der gewonnenen Mittelwerte und Standardabweichungen aus den Laboruntersuchungen und unter der Anwendung der allgemeinen Lösungsgleichungen, welche auf der semi-probabilistischen Methode basieren, ein Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit bestimmt. Der Sicherheitsindex β wurde nach kritischer Diskussion der angestrebten Nutzung und Lebenserwertung für ein Lehmbauwerk mit 3,80 festgelegt (Schadensklasse: CC2; Nutzungszeitraum: 50 Jahre).

Die vorliegende Arbeit ist eine der ersten Beiträge, die durch eine wissenschaftliche Abhandlung nachweisbar und belegbar die Ermittlung eines Teilsicherheitsbeiwertes für das Baumaterial Lehm herleitet. Als Baulehm wurde für die Laboruntersuchungen und die abschließende Kalibrierung des Teilsicherheitsbeiwertes ein industriell aufbereiteter Lehm der Firma Claytec verwendet. Für diesen Baustoff konnte ein γ_M von 2,10 abgeleitet werden.

RESUMEN

El barro (arcilla), un material de construcción de alto valor ecológico y para la física de construcción que cuenta con una tradición de muchos siglos, tiene un punto débil: la falta de una norma de construcción válida y compatible con las normas o reglas del Eurocódigo para regular el dimensionado y el diseño de construcciones de barro. Este trabajo aspira a suplir esta falta.

Para construir mampostería de ladrillos cocidos, hoy se debe recurrir al Eurocódigo 1996 “Dimensionado y diseño de construcciones de mampostería”. Este Eurocódigo describe las bases de construcción de obras de mampostería, ofrece los parámetros necesarios, tales como coeficientes parciales de seguridad y coeficientes de resistencia característicos y contiene los pasos de cálculo para realizar el dimensionado. En este trabajo, inspirado en el Eurocódigo, se describen métodos para llegar a un coeficiente de seguridad parcial para la resistencia al esfuerzo, conforme al Eurocódigo y válido para construir en barro.

Básicamente, el trabajo se divide en tres partes:

- bases de la teoría de seguridad
- ensayos de laboratorio para determinar los coeficientes de resistencia característicos del barro como material de construcción
- calibrado de un coeficiente de seguridad parcial para el barro como material de construcción

Al comienzo del trabajo se presentan las bases de la teoría de seguridad tal como hoy se define. Actualmente el concepto de seguridad ya no se describe mediante el modelo determinístico basado en valores empíricos, sino mediante el modelo probabilístico basado en métodos de la teoría de la probabilidad y evaluaciones estadísticas. En este caso se calcula la probabilidad de falla o la confiabilidad de construcciones. Hay distintos niveles de precisión: nivel III “el procedimiento exacto”, nivel II “el procedimiento aproximado probabilístico” y nivel I “el método semi-probabilístico”.

Hoy en día, los coeficientes de seguridad parcial de materiales de construcción generalmente son calibrados conforme al nivel I. Se determina un índice de seguridad relacionado a una categoría de daño definida y un período de referencia, para el cual se puede establecer el coeficiente de seguridad parcial usando una distribución de probabilidad. En este trabajo las distribuciones de probabilidad empleadas y evaluadas son la distribución normal y la distribución log-normal.

En la segunda parte del trabajo se estudian las características materiales del barro como material de construcción en el laboratorio de materiales del Instituto de edificaciones y tecnología, área de investigación: materiales de construcción, tecnología de materiales y seguridad contra incendios.

El estudio persigue los siguientes objetivos:

- Investigación de la influencia de diferentes métodos de preparación o producción en el comportamiento de una pieza de ensayo de barro.
- Mejoramiento de la resistencia a esfuerzos de compresión y flexo-tracción de ladrillos de barro sin emplear aditivos diversos.
- Determinación de medias aritméticas y la desviación estándar en las resistencias de un ladrillo de barro.

Resultó que optimizando la forma de preparación del barro, así como su elaboración y su encofrado se revela un alto potencial de mejoramiento del barro. Los mejores resultados se lograron dejando reposar el barro. Esto se refiere a la resistencia a la compresión y a la flexo-tracción. Dejando reposar la mezcla de barro se aumentó la resistencia a la compresión por hasta 30 % sin tener que admitir una reducción de la resistencia a la flexo-tracción.

Tabla 2: Coeficientes de resistencia característicos de resistencia a la compresión y a la flexo-tracción (serie experimental 2)

resistencia característica	media aritmética	desviación estándar
resistencia a la flexo-tracción	1,60 N/mm²	0,35 N/mm²
resistencia a la compresión	5,00 N/mm²	1,16 N/mm²

En la última parte del trabajo se establece un coeficiente de seguridad parcial para la resistencia al esfuerzo, empleando las medias aritméticas obtenidas y las desviaciones estándar de los exámenes de laboratorio y usando ecuaciones generales basadas en el método semi-probabilístico. Después de una discusión crítica sobre el uso pretendido y la esperanza de vida útil de una edificación de barro, se estableció un índice de seguridad β de 3,80 (categoría de daño: CC2; tiempo de utilidad: 50 años).

Es uno de los primeros estudios que establecen un coeficiente de seguridad parcial para el barro como material de construcción mediante un trabajo científico comprobable y demostrable. El barro de construcción utilizado para los exámenes de laboratorio y el

calibrado final del coeficiente de seguridad parcial es un barro de preparación industrial de la empresa Claytec. Para este material se llegó a un coeficiente γ_M de 2,10.

ABSTRACT

Clay is a material with a high ecological and structural physical value. Its only weakness is that there does not exist a construction standard. The target of this dissertation is to counteract this deficit.

For buildings of masonry consisting of burnt bricks the Eurocode 1996 “Design of masonry structures” is used nowadays. The Eurocode describes the basic of the constructions of masonry, delivers the necessary parameters like Partial Safety Factors and characteristical strength values and contains all the steps necessary for the calculation of the dimensioning. On the basis of this Eurocode this dissertation describes solutions to get a partial safety factor for adobe.

The dissertation is divided into three parts:

- Theoretical foundations of the Safety Concept
- Laboratory tests to determine the characteristical strength values of adobe
- Calibration of a Partial safety factor for adobe

At the beginning of the work the basics of the current safety theory are introduced. Today the concept is not described by the deterministic model anymore, but by the probabilistic model with use of probability distribution and statistical analyses. The probability of a collapse is being calculated or rather the reliability of building constructions. This can be calculated with different degrees of precision. One distinguishes between three levels: Level III “Full probabilistic method”, Level II “Probabilistic method (FORM)” and Level I “the semi-probabilistic method”.

Today the partial safety factor is normally calculated by the Level I method. It is necessary to define a safety index depending on classes of damage and a reference period. With the aid of probability distributions it is possible to get the partial safety value. In this work the normal as well as the lognormal distributions were used.

During the second part of the dissertation the material clay was analysed in the laboratory of the Institute of Building Construction and Technology, Research Centre of Building Materials Material Technology and Fire Protection.

Following targets were defined

- Analysis of the influence of the different methods to produce an adobe
- Improvement of the tensile strength and compressive strength without using any additions
- Ascertaining the mean value and the standard deviation of the strength for adobe

In these tests it was shown that it is possible to improve the material clay with the optimal choice of preparation and treatment of the clay. The best results could be achieved by "Aging[2] the clay". This applied for the tensile strength and the compressive strength. The compressive strength could be raised by 30%, without a reduction of the tensile strength.

Table 3: Characteristical strength values of the tensile strength and compressive strength (test serie 2)

characteristical strength value	mean value	standard deviation
tensile strength	1,60 N/mm²	0,35 N/mm²
compressive strength	5,00 N/mm²	1,16 N/mm²

In the last part of the work a partial safety index could be determined with the mean value and the standard deviation of the laboratory tests and the equation based on the semi probabilistic method. The index of safety was defined by 3,80.

The dissertation was presented in one of the first articles, which affiliated a detectable as well as provable partial safety index with scientific methods. As examination material clay from the company "Claytec" was used. This building material could be drained off γ_M = 2,10.

[2] Aging means the tempering of clay to improve workability

1 EINLEITUNG

1.1 Einführung

Bis vor wenigen Jahrzehnten war Lehmbau auch in Österreich eine gängige Bauform, die vor allem im ländlichen Raum erfolgreich angewendet wurde. Leider haftete aber stets ein negatives Image an ihm und so wurde er nur geringschätzig als schlechter Baustoff der Armen abgeurteilt.

In [29] schrieb Adalbert Kelm im Jahr 1920 folgendes: „Ich habe die Überzeugung, dass die vielseitige Verwendbarkeit des Lehms als Baustoff und seine weite Verbreitung ihm gegenwärtig allen anderen Baustoffen überlegen machen, ich weiß aber auch mit welchen Vorurteilen man ihm sowohl in Fach- wie in Laienkreisen gegenüberstehen, wie wenig seine Vorzüge be- und erkannt werden und wie wenig verbreitet die Kenntnis von den Verwendungsmöglichkeiten dieses Baustoffes ist.“

Das Jahr 1920 stand im Zeichen von wirtschaftlichen Schwierigkeiten und war von einer hohen Arbeitslosenrate gekennzeichnet. Baustoffe, wie der gebrannte Ziegel waren auf Grund von mangelnden und daher teuren Brennstoffen und hohen Lohnkosten für einen Großteil der Bevölkerung nicht erschwinglich. In diesem Zusammenhang schreibt Kelm etwas später in seinem Vorwort zu [29] folgendermaßen weiter, dass er zur Erkenntnis kam „dass der Lehmbau wegen seiner zahlreichen Ausführungs- und Anwendungsmöglichkeiten und dank der Einfachheit der damit verbundenen Arbeiten wie keine andere Bauweise imstande ist, über die Schwierigkeiten hinweg zu helfen, welche sich aus dem Mangel an anderen Baustoffen und den hohen Kosten für alle Lohnarbeiten zurzeit ergeben…“.

Vorteilhaft am Lehm ist, dass er neben seiner Unkompliziertheit auch noch eine Reihe von Vorteilen besitzt, die als Baustoff allen heutigen Anforderungen absolut entsprechen und bei manchen Eigenschaften, er sogar andere Materialien übertrifft. Zu den Vorteilen des Lehmes zählen folgende Punkte:

- Ein Lehmhaus benötigt in der Herstellung bzw. Verarbeitung wenig (Primär-)Energie, kann jederzeit einfach abgerissen und vor Ort recycelt werden.
- Lehm besitzt eine gute Wärmespeicherkapazität und wirkt Temperatur ausgleichend. Durch das Untermischen von etwa Stroh kann auch die Wärmedämmung optimiert werden.
- Lehm hat auch die Eigenschaften die Luftfeuchtigkeit im Raum optimal zu regeln. So nimmt er bei zu hoher Raumluftfeuchtigkeit sehr rasch den Wasserdampf auf und gibt diesen dann langsam wieder an die Umgebung ab.
- Lehm besitzt durch seine Masse eine gute Schalldämmung und hat ein gutes Adsorptionsvermögen. Die Wasserdampf – Diffusionswiderstandszahl μ , welche die Fähigkeit von Baustoffen beschreibt für Wasserdampf durchlässig zu sein, ist eine Möglichkeit, Baustoffe in Hinblick auf Sorption zu vergleichen. Je niedriger der Wert μ ist, desto höher ist das Sorptionsvermögen von Baustoffen. Nach [72] können folgende Werte für μ angegeben werden:

Tabelle 4: Wasserdampf - Diffusionswiderstandszahl für verschiedene Baustoffe

Baustoff	μ
Polyvinylchlorid (PVC)	50.000
Naturkautschuk	10.000
Stahlbeton	80-130
Sandstein	30-40
Mauerstein	20-30
Lehm	5-10
Strohleichtlehm	2-4

- Lehm weist eine gute Abschirmung bei elektromagnetischen Feldern auf. Prof. Pauli hat in [50] 100 verschiedene Baustoffe in Hinblick auf die Dämpfung von Strahlung untersucht. Dabei zeigt Lehm von allen massiven Baustoffen die besten Werte. Für den Frequenzbereich von 200 – 1200 MHz wird die Strahlung durch Lehmbaustoffe zwischen 90 und 99% gedämpft. Bei einer Frequenz von 1200 – 7000 MHz ist die Dämpfung beinahe 100%.
- Ferner ist Lehm im Allgemeinen schadstofffrei und es sind keine allergischen Reaktionen mit diesem bekannt.
- Konstruktionen aus Lehm besitzen eine hohe Lebensdauer.
- Lehm ist nicht brennbar.
- In der architektonischen Gestaltung bietet der Lehmbau ebenfalls viele Freiheiten.

- Lehm konserviert Holz. Die Kombination der beiden Baumaterialien erscheint daher vorteilhaft.

So wie jeder Baustoff hat natürlich auch Lehm seine Nachteile:

- Lehm ist nicht wasserbeständig und schwindet beim Austrocknen.
- Obwohl es zwar wieder Bestrebungen gibt, den Lehm durch Richtlinien zu beschreiben wie zum Beispiel in Deutschland in [69], gilt weitherhin für Lehm, dass er kein genormter Baustoff ist.

Aus den angeführten Nachteilen ergibt sich zunächst die Forderung, dass Lehm vor dem direkten Zutritt von Wasser, wie Spritzwasser, Schlagregen oder aufsteigende Feuchtigkeit mit entsprechenden konstruktiven Mitteln zu schützen ist.

Diese Forderung kann man also mit technischen Maßnahmen in den Griff bekommen. Anders verhält es sich bei den Normen. Bis heute fehlen aktuelle Regelwerke, die die Ausführung von Lehmbau definieren. So gab es zwar in Deutschland dazu Normen [8] [9] [10] [11] [12], diese wurden jedoch in den 70iger Jahren des vorigen Jahrhunderts zurückgezogen und nicht mehr ersetzt.

Bis heute gibt es nur Publikationen von verschiedenen Autoren wie etwa in [24] [25] [29] [39] [41] [42] [44] [69], die zwar eine ausreichende Grundlage zur erfolgreichen Ausführung von Lehmbauten darstellen, jedoch keine Normen sind. Dieser Mangel war Motivation zur Verfassung dieser Dissertation.

1.2 Kurzer Abriss zur Geschichte des Lehmbaues

Die Geschichte des Lehmbaues kann (weltweit) einige Jahrtausende zurückverfolgt werden, so auch in Österreich. Im Freilichtmuseum in Asparn an der Zaya [5] wurden Lehmbauten mit archäologischer Unterstützung nachgebaut, wie sie schon vor Jahrtausenden in Österreich errichtet worden waren.

Abbildung 1: Rekonstruiertes Lehmhaus errichtet im Freilichtmuseum Asparn an der Zaya, [5]

Das Recht auf das Brennen von Ziegeln war noch bis ins Jahr 1848 nur den Inhabern von Herrschaften und Städten sowie Märkten vorbehalten [49]. So war das Errichten von Häusern aus gebrannten Ziegeln für die Mehrzahl der Bevölkerung nicht leistbar. In kleineren Ortschaften gab es daher öffentliche Lehmgruben, aus denen die Gemeindebewohner Lehm für den Eigenbedarf entnehmen durften. Meist wurde dieser Lehm zum Herstellen von Lehmsteinen in den unterschiedlichsten Formaten verwendet. Dabei wurde dem Lehm auch oft Stroh beigemischt und die Steine anschließend luftgetrocknet. Erst Mitte des 19. Jahrhunderts nahm die Zahl privater Ziegelöfen zu und erreichte um 1900 ihren Höhepunkt.

Im Bezirk Hollabrunn befanden sich beispielsweise im Jahre 1848 nur ca. 40 Ziegeleien, im Jahre 1900 mehr als 120 [49]. Das Ende des ersten Weltkrieges brachte den ersten deutlichen Rückgang von Ziegelöfen. Dabei war vor allem das Fehlen an Brennmaterial und der Mangel an billigen Arbeitskräften verantwortlich. Nur die größten Ziegeleien konnten überleben. Seit 1980 gibt es nur mehr eine Ziegelei im Bezirk Hollabrunn, die Anlage in Göllersdorf IV.

Im Zeitraum bis 1900, als das Bauen mit Lehm noch selbstverständlich war und es genug Lehmbaufachleute gab, wurde das Wissen von Generation zu Generation mündlich überliefert. In Gegenden mit Lehmbautradition findet man noch heute alte, erhaltene Lehmbauten.

Abbildung 2: Beispiele für Lehmhäuser, Gösing am Wagram (aus [37], Seite 6 und 10)

Da mit Einsetzten der industriellen Fertigungen von gebrannten Ziegeln der Lehmbau schlagartig an Bedeutung verlor, wurde die jahrhunderte alte Praxiserfahrung im Lehmbau nicht mehr weitergegeben. Der Lehmbau verschwand praktisch zur Gänze.

Analog verhielt es sich auch in anderen Regionen, wie in Südamerika. Falsche Einschätzungen der Qualität des Baustoffes und dessen Bewertung als ein Synonym für Armut, führten auch dort zu einem Rückgang der Lehmbauten.

Trotzdem wird in Südamerika in ruralen Gebieten weiterhin auf Lehmbau gesetzt, so findet man dort eine große Anzahl von fachkundigen Maurern, die dieses Wissen zumindest mündlich von ihren Vorfahren mitbekommen haben und auch jetzt noch erfolgreich umsetzen.

Abbildung 3: Beispiel eines Lehmhauses aus Ecuador (Zuleta) im Rohbau

Noch ein zweiter Faktor unterstützt die Anwendung von Lehmbauten in Südamerika: Wie man heute in Ecuador feststellen kann, entdecken viele Bauherren wieder die reichhaltigen Möglichkeiten, die einem Lehm bietet, und so entstanden in den letzten Jahre viele neue beeindruckende Lehmbauten (siehe Abbildung 4).

Abbildung 4: Lehmhäuser mit Details aus Ecuador (Quito) von Arch. Acosta und Arch. Guayasamin

Die Mischung aus noch vorhandenem und praktiziertem alten Lehmbauwissen und aktueller Architektur führte dort bereits zu einer Renaissance dieser Bauweise.

Bei der Formulierung von Regelwerken kann in Südamerika daher auf ein bestehendes Wissensreservoir zurückgegriffen werden.

1.3 Aktuelle Situation

Wie in Abschnitt 1.1 dargelegt, liegt aktuell für einen traditionellen Baustoff, der Jahrtausende bewährt ist, kein Regelwerk vor, das es ermöglichen würde, Neubauten, die in Lehmbauweise hergestellt werden sollen, bauaufsichtlich zu genehmigen. Es ist daher notwendig, auf Basis bzw. in Anlehnung des bestehenden Eurocodes für den Mauerwerksbau eine Richtlinie für den Lehmbau zu schaffen.

Neben den schon zuvor erwähnten Vorteilen der Lehmbauweise handelt es sich bei Lehm auch um einen ökologischen Baustoff. Dies gewinnt im Kontext einer möglichen Klimaveränderung zunehmend an Stellenwert.

Vergleicht man die Herstellung von gebrannten Ziegeln mit luftgetrockneten Lehmziegeln und nimmt die CO_2 –Emission als Richtwert, gilt es auch da ganz klar den Lehmbau zu forcieren.

Tabelle 5: CO_2-äquivalent Werte für verschiedene Baustoffe [23]

Baustoff	CO_2-äquivalent [g CO_2/kg]
Beton C20/25	175
Stahl	2.037
Gips	46
Porenbetonstein	430
Zement (Portland)	968
Ziegel	200

Dazu ein kleines Rechenbeispiel:

Als Beispiel soll das in Abbildung 5 dargestellte Lehmhaus herangezogen werden. Unter den theoretischen Annahmen, dass für die Herstellung dieses Baues genügend Lehm auf der Baustelle vorhanden ist und, dass so die Transportwege gleich Null sind, wird für die Produktion von luftgetrockneten Lehmsteinen praktisch kein CO_2 freigesetzt.

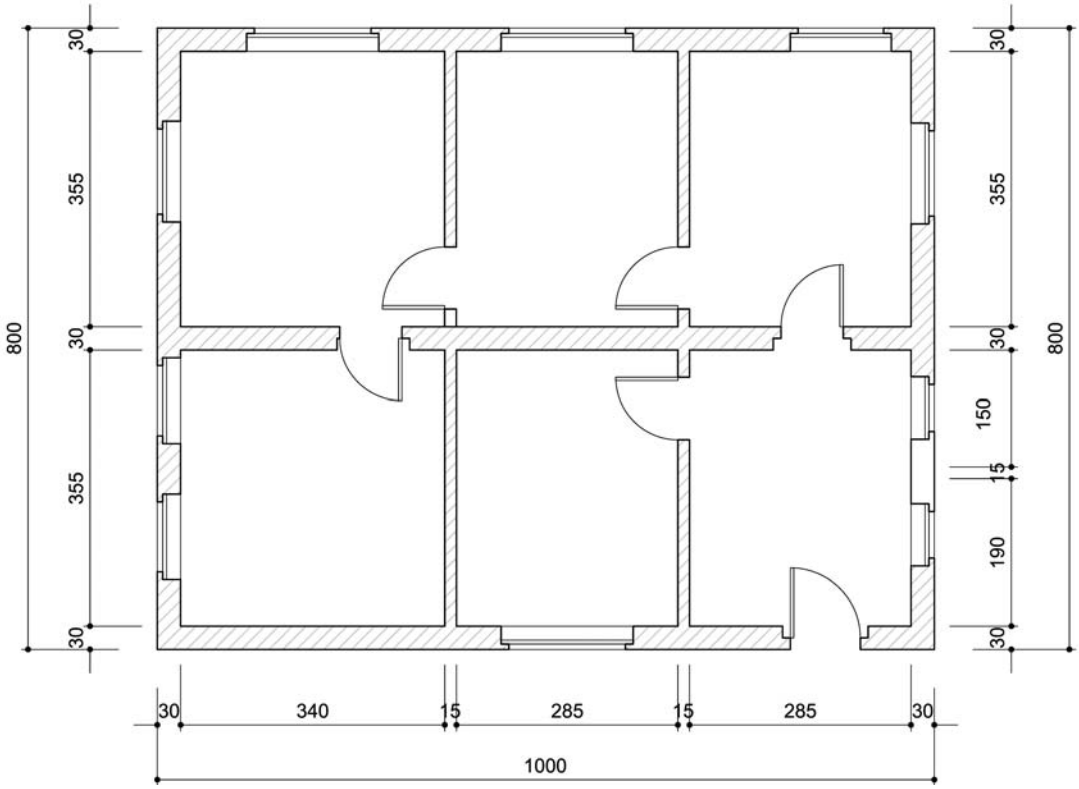


Abbildung 5: Vereinfachter Grundriss für ein eingeschossiges Lehmhaus

Würde man einen gebrannten Ziegel für die Errichtung dieses Wohngeschoßes verwenden, würde dies für die CO_2-Emission folgendes bedeuten. Laut Angaben nach [71] beträgt für einen gebrannten Ziegel, die Emission an Kohlendioxid pro Kilogramm Ziegel 200g CO_2-Äquivalent. Nimmt man nun einen handelsüblichen Ziegel (z.B. Plan Porostar 30, der Firma Brenner) mit einer Stärke von d=30cm, so wiegt dieser 17kg/Stk.. Für einen Quadratmeter Wand benötigt man etwa 13 Stück. Bei einer angenommen Höhe von 3m ergibt sich eine Ziegelfläche von 162m². Damit bekommt man folgende CO_2-Emission pro Geschoß:

CO_2 / Geschoß = 13Stk/m² x 162m² x 17kg/Stk x 0,2kg CO_2/kg Ziegel = 7160 kg CO_2

Also 7,2 Tonnen CO_2 könnten eingespart werden, wenn man dieses Haus in Lehmbauweise errichten würde.

Ein weiterer Vorbehalt gegenüber der Lehmbauweise resultiert aus den Lohnkosten, die bei der Produktion von Lehmziegeln entstehen. Dazu nochmals zum Beispiel aus Abbildung 5. In [42] findet man Angaben über die Arbeitsleistung von einer Person zur Herstellung von Lehmsteinen. Demnach schafft eine Person 300 Steine pro Tag. Dabei ist die Lehmaufbereitung mit Einbau, der Transport und das Stapeln schon mit eingerechnet. Für das in Abbildung 5 dargestellt Beispiel werden die Außenwände mit einer Stärke von 30cm

und die Innenwände mit einer Wandstärke von 15cm ausgeführt. Für diese Ausführung werden Lehmsteine mit den Abmessungen von 7x15x24cm verwendet. Damit braucht man für eine ~30cm starke Wand ~120Stk/m².

Tabelle 6: Gegenüberstellung der Anschaffungskosten für Lehmziegel und gebrannten Ziegeln

	Lehmziegel	Gebrannte Ziegeln
Benötige Ziegelanzahl	162m² Wandfläche x 120Stk/m² = 19.440Stk	162m² Wandfläche x 13Stk/m² = 2.106Stk
Benötigte Produktionstage	19.440Stk / 300Stk pro Tag = 64,8 Tage	
Tagessatz	8h x 12€/h zu 96€.	
Kosten	zu 96€/Tag x 64,8Tage = **6220 €.**	4,4€/Stk x 2.106Stk = **9273 €** (Porostar 30, Fa. Brenner)

Damit wird diese Behauptung der Hohen Lohnkosten für die Lehmziegelproduktion widerlegt. Im Gegenteil, selbst wenn man sich die Lehmziegel herstellen lässt, kommt man immer noch billiger weg, als wenn man sich gebrannte Ziegel kauft.

In den Kosten für die Erzeugung der Lehmziegel sind jedoch die Einschulungszeiten des Personals sowie Kosten für die Materialprüfung der Lehmsteine zu berücksichtigen. Doch werden diese Zusatzkosten sicher nicht die 9273€ übersteigen.

1.4 Inhalt und Ziel der Arbeit

Wie bereits in der Einleitung ausgeführt, ist ein wesentlicher Nachteil für die Lehmbauweise das Fehlen von rechtsgültigen Normen bzw. Richtlinien. Will man dem Lehmbau zu einer wirklichen Renaissance verhelfen, so gilt es vor allem diesen Missstand zu beseitigen. Ziel ist es daher, alle notwendigen Untersuchungen zum Baustoff durchzuführen, um anschließend die gültigen Normen zum Mauerwerksbau, wie EN 1996: „Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten“, verwenden zu können. Um mit diesem Eurocode auch Lehmbauten berechnen zu können, sind die Materialkennwerte und der Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit zu ermitteln. Ziel dieser Arbeit ist es, dazu einen Beitrag zu leisten.

Im ersten Teil der Dissertation werden die theoretischen Grundlagen der Sicherheitstheorie beschrieben, auf der die Normen wie EN 1990 ff beruhen und die Ableitungen für die Wahrscheinlichkeitsmodelle erläutert, nach denen die Teilsicherheitsbeiwerte bestimmen werden.

Im zweiten Abschnitt wird auf das Werkstoffverhalten von Lehm eingegangen. Dabei konnte auf eine Reihe von Untersuchungen zurückgriffen werden.

Bei vielen dieser Arbeiten war das Ziel, zu untersuchen, wie man die Festigkeitswerte durch das Zugeben von diversen Zusätzen bzw. Zuschlägen beeinflussen und verbessern kann [45] [65] [68]. Vergleicht man die vorliegenden Ergebnisse, zeigt sich, dass es durch diese Zusätze zu keinen wesentlichen Verbesserungen kommt. Das Baumaterial Lehm selbst liefert bereits sehr gute Werte und es ist daher primär zu hinterfragen, wie man durch das richtige Aufbereiten der Lehmmischung mit Wasser eine Materialverbesserung erreicht. Dies wurde im zweiten Teil dieser Arbeit untersucht.

Im dritten Teil wird auf Basis der gewonnenen Ergebnisse aus dem zweiten Abschnitt und mit den theoretischen Grundlagen aus dem ersten Teil eine Kalibrierung für den Teilsicherheitsbeiwert für den Lehmsteinbau durchgeführt.

Mit Hilfe der in diesen drei Teilen formulierten Ansätze, lässt sich für jeden Baulehm bzw. Lehmstein ein abgesicherter Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit ermitteln.

Mit diesem Faktor ist es dann möglich die EN 1996: „Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten“ für die Bemessung von ein bis zweigeschossigen Bauwerken anzuwenden.

2 GRUNDLAGEN DER SICHERHEITSTHEORIE

2.1 Einführung

2.1.1 Begriffsdefinitionen

Tabelle 7: Allgemein gültige Begriffe aus [15]

Bauwerk	Alles, was baulich erstellt wird oder von Bauarbeiten herrührt.
Art des Bauwerks	Die Art des Bauwerks gibt die vorgesehene Nutzung an, z.B. Wohnhaus, Stützwand, Industriegebäude, Straßenbrücke.
Bauart	Gibt die hauptsächlich verwendeten tragenden Baustoffe an, z.B. Stahlbetonbau, Stahlbau, Holzbau, Mauerwerkbau.
Bauverfahren	Art und Weise, in der das Bauwerk ausgeführt wird, z.B. Ortbetonbau, Fertigteilbau, Freivorbau.
Baustoff	Material, das für Bauwerke verwendet wird, z.B. Beton, Stahl, Holz, Mauerwerk.

Tabelle 8: Wesentliche Begriffe im Bezug auf die Zuverlässigkeitsanalyse

Risiko	Wagnis, Gefahr, Verlustmöglichkeit bei einer unsicheren Unternehmung, Produkt aus der Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses und dem Schaden (Kosten), der durch das Ereignis verursacht wird. [31]
Restrisiko	Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit bewusst akzeptierte Risiken und Gefahren aufgrund menschlichen Fehlverhaltens. [28] Das Restrisiko ergibt sich aus der Unmöglichkeit, alle möglichen zukünftigen Ereignisse zu erfassen. [31]
Qualitätssicherungs-system	• Die Wahl des Tragsystems und der Tragwerksplanung werden von dafür entsprechend qualifizierten und erfahrenen Personen durchgeführt. • Die Bauausführung erfolgt durch geschultes und erfahrenes Personal.

	• Sachgerechte Aufsicht und Güteüberwachung werden während der Bauausführung sichergestellt, z. B. bei der Tragwerksplanung, der Fertigung und auf der Baustelle. • Die Verwendung von Baustoffen und Erzeugnissen erfolgt entsprechend den Angaben in EN 1990 oder EN 1991 bis EN 1999 oder den maßgebenden Ausführungsnormen, Werkstoff- oder Produktnormen. • Speziell bei Lehmbauten sollte beachtet werden, dass das Tragwerk sachgemäß instand gehalten wird. • Das Tragwerk wird entsprechend den Planungsannahmen genutzt. [15]
Sicherheit	Abwesenheit von Gefährdung für Leib und Leben sowie für die Umwelt im Zusammenhang mit dem Gebrauch des betrachteten Bauwerks oder Bauteils. [28] Sicherheit ist nicht direkt messbar! [31]
Zuverlässigkeit	Eigenschaft des betrachteten Bauwerks oder Bauteils, die vorgesehene Funktion (Nutzeranforderung) für die beabsichtigte Zeit (Nutzungsdauer) des Gebrauchs mit ausreihend hoher Wahrscheinlichkeit zu erfüllen. [28]

Tabelle 9: Wesentliche Begriffe im Bezug auf die Grenzzustände und Bemessungssituationen

Grenzzustände	Zustände, bei deren Überschreitung das Tragwerk die Entwurfsanforderungen nicht mehr erfüllt. [15]
Grenzzustände der Gebrauchs-tauglichkeit	Zustände, bei deren Überschreitung die festgelegten Bedingungen für die Gebrauchstauglichkeit eines Tragwerks oder eines Bauteils nicht mehr erfüllt sind. [15]
Grenzzustände der Tragfähigkeit	Zustände, die im Zusammenhang mit Einsturz oder anderen Formen des Tragwerksversagens stehen. [15]
Einwirkung	a) Eine Gruppe von Kräften (Lasten), die auf ein Tragwerk wirken (direkte Einwirkungen) b) Eine Gruppe von aufgezwungenen Verformungen oder Beschleunigung (z.B. Temperaturänderungen) [15]
Ständige Einwirkung	Eine Einwirkung, von der vorausgesetzt wird, dass sie während der gesamten Nutzungsdauer wirkt. [15]
Veränderliche Einwirkung	Eine Einwirkung, deren zeitliche Größenänderung nicht vernachlässigbar ist oder für die die Änderung nicht immer in der gleichen Richtung stattfindet. [15]

Außergewöhnliche Einwirkung	Eine Einwirkung, die i. d. R. von kurzer Dauer, aber von bedeutender Größenordnung ist, und die während der geplanten Nutzungsdauer des Tragwerks, jedoch mit keiner nennenswerten Wahrscheinlichkeit auftreten kann. [15]
Charakteristische Werte	Wert einer Baustoffeigenschaft mit bestimmter Auftretenswahrscheinlichkeit bei unbegrenzter Probenzahl. Dieser Wert entspricht i. d. R. einer bestimmten Fraktile der statistischen Verteilung, in einigen Fällen werden Nennwerte verwendet. [15]
Teilsicherheits-beiwerte	Multiplikator für Beanspruchbarkeit oder Beanspruchung (charakteristische Werte) zur Umrechnung der stochastischen Variablen auf Bemessungswerte, Teilsicherheitswerte werden jeweils für die Beanspruchbarkeit (Festigkeit) und die Beanspruchung (Last) berechnet. [31]

Der Bemessungsnachweis erfolgt im Allgemeinen durch folgende Gleichung:

$S \leq R$ (siehe auch (2-12)) **(2-1)**

S…Einwirkung, R…Widerstand

2.1.2 Historischer Abriss

Schon in der frühen Antike kannte man Gesetze, die eine Art Tragsicherheit für Bauwerke vorschrieb. Eine der vollständigen überlieferten und ältesten Gesetzessammlungen der Welt ist der auf einer über zwei Meter hohen Basalt- und Diorit Stele eingravierten Codex Hammurabi, der 281 Paragraphen umfasst. Der Codex Hammurabi war die von König Hammurabi von Babylon, (1728 v. Chr. – 1686 v. Chr.) erlassene Gesetzessammlung. In diesem Codex wurden verschiedene Bereiche geregelt, etwa für Soldaten, Bauern, Familien, etc., und auch für bestimmte Berufsgruppen Haftungen festgeschrieben, so auch für den Baumeister. Dementsprechend findet man dazu folgende Bestimmung:

„...Stürzt das Haus ein und der Besitzer kommt dabei ums Leben, so verliert der Baumeister sein eigenes Leben als Strafe. Das Haus muss außerdem neu errichtet und der beschädigte Hausrat ersetzt werden. Kommt beim Hauseinsturz ein Sklave ums Leben, muss der Baumeister einen Sklaven als Ersatz anbieten...“ [52].

Die ersten Ansätze zu einer mathematischen fassbaren Sicherheitsanalyse findet man in der Baugeschichte in Zusammenhang mit der Sanierung der Kuppel des Petersdomes in Rom. In den Jahren 1742 und 1743 wurden drei Wissenschaftler, Ruggiero Guiseppe Boscovich,

Tommasso Le Seur und Francesco Jacquier [64], beauftragt ein Gutachten über die baulichen Schäden an der Kuppel zu erstellen und Vorschläge zu deren Behebung zu machen. Als Lösung dieser ersten praktischen Untersuchung der Baumechanik mit Hilfe der Mathematik wurde durch die drei Mathematiker auch ein Art Sicherheitsfaktor eingeführt: Für die Bemessung der Spannketten der Kuppel schlugen sie einen globalen Sicherheitsfaktor von 2 vor.

Im Zuge der Industrialisierung und mit dem zunehmenden Einsatz von Eisen- bzw. später Stahlkonstruktionen begann man sicherheitstechnische Überlegungen auch im Bauwesen einzuführen.

Im Jahre 1823 veröffentlichte Claude Navier[3] mehrere neuartige Brückenentwürfe, die der Konzeption einer Hängebrücke entsprachen. In diesen Entwürfen stellte er erste Sicherheitsüberlegungen an und führte einen globalen Sicherheitskoeffizienten für die Ketten ein, den er mit 3 festlegte. Trotz dieser Überlegungen kam es niemals zur endgültigen Ausführung seiner Entwürfe. Dennoch gilt Navier als einer der Begründer der Baustatik. Mit seinen Arbeiten und Darstellungen aus dem Jahre 1826 trennte er erstmals klar zwischen dem Elastizitätsmodul als einer Materialeigenschaft und dem Trägheitsmoment als einer geometrischen Eigenschaft des vorgegebenen Balkenquerschnitts [35].

Ein grundlegendes Problem für die Einführung eines Nachweisverfahrens basierend auf einem Sicherheitsansatz lag an der Tatsache, dass es bis etwa zum Ende des 19. Jahrhunderts noch keine ausreichende Datenmaterialien zu den Baustoffkennwerten gab, aber dafür empirische Erfahrungskennwerte. Erst mit der Wende zum 20.Jahrhundert setzte sich das deterministische[4] Sicherheitssystem durch und man begann mittels genormter Werkstoffprüfungen Kennwerte zu ermitteln und diese statistisch auszuwerten. Ferner wurden für die Widerstandsseite und die Einwirkungsseite deterministische Festlegungen getroffen. Auf der Seite der Beanspruchbarkeit wurde ein globaler

[3] Claude Louis Marie Henri Navier (* 10. Februar 1785 in Dijon; † 21. August 1836 in Paris) war ein französischer Mathematiker und Physiker. Neben der oben angeführten Veröffentlichung hat Navier auch große Bedeutung erlangt durch die Navier-Stokes-Gleichung für die Bewegung einer viskosen Flüssigkeit aus dem Jahre 1822. [27], [35]

[4] Determinismus (von lateinisch: *determinare* abgrenzen, bestimmen) geht davon aus, dass alle Ereignisse nach feststehenden Gesetzen ablaufen und dadurch seien diese vollständig bestimmt bzw. determiniert. Deterministen sind also der Auffassung, dass bei bekannten Zustand eines Systems, der weitere Ablauf aller Ereignisse prinzipiell vorherbestimmt ist und folglich weder ein echter Zufall, noch Wunder bzw. ähnliche nicht physische Phänomene existieren.

Sicherheitsfaktor (γ_{glob}) eingeführt. Die Bemessung wurde auf den Nachweis der zulässigen Spannung aufgebaut und in folgender Form definiert:

$$\sigma_{vorh} \leq \sigma_{zul} = \frac{\sigma_k}{\gamma_{glob}} \tag{2-2}$$

Im Jahre 1926 war es Mayer[5] [40], der den Grundstein für die Bemessung nach dem Prinzip der Versagenswahrscheinlichkeit legte. Er erkannte, dass es sowohl auf der Einwirkungsseite als auch der Widerstandsseite Zufallsvariabeln gibt. Folglich existiert für jedes Tragwerk eine Versagenswahrscheinlichkeit. Die Zufallsvariabeln besitzen Mittelwerte und Varianzen, und er empfiehlt erstmals, vom Prinzip der zuverlässigen Spannungen abzugehen und nach dem Prinzip der Versagenswahrscheinlichkeit zu dimensionieren [59].

Der Wissenschaftler Freudenthal[6] griff dieses Konzept auf und seine Arbeit aus dem Jahre 1956 [21] gilt als Grundlage für weitere Forschungen auf diesem Gebiet. Etwa zur gleichen Zeit wurde die sogenannte Monte Carlo Methode entwickelt, mit deren Hilfe es möglich ist, komplizierte mathematische Probleme auf der Grundlage von zufälligen Stichproben zu lösen. Ein Nachteil dieser Methode ist, dass sie einen hohen Rechenaufwand erfordert [59].

Ein weiterer wichtiger Meilenstein in der Entwicklung der Tragwerkszuverlässigkeit war die Arbeit von Corwell [2] der im Jahre 1969 den Sicherheitsindex β erstmals einführte [59].

Ende der 70 iger Jahre des vorigen Jahrhunderts begann man mit Einsetzen der Harmonisierung der europäischen Normung die statistischen Methoden der Tragwerkszuverlässigkeit zu übernehmen und weiterzuentwickeln. Neue Bemessungsmethoden wurden auf Grundlage der probabilistischen Methode geschaffen und

[5] Max Mayer (* 16. September 1886 in Salzburg) war von 1926 bis 1930 Professor an der Bauhaus Universität in Weimar. Im Jahr 1926 veröffentlichte er das Buch „Die Sicherheit der Bauwerke“

[6] Alfred Martin Freudenthal (* 12. Februar 1906 in Polen, † 27. September 1977 in der USA) studierte in Prag und Lwiw Bauingenierwesen. Im Jahre 1935 emigrierte er nach Palistina, wo er als Bauningenieur tätig war. Von 1949 bis 1969 war er Professor an der Universtät Columia (USA).

führten zur Entwicklung der Bemessung nach dem semi-probabilistischen[7] Prinzip auf dem die heutigen Bemessungsnormen im Eurocode aufgebaut sind.

Die Zuverlässigkeit eines Tragwerkes lässt sich unterschiedlich genau bestimmen. Unterschieden werden dabei drei Ebenen. Die Ebene III stellt dabei das exakte probabilistische Verfahren dar und liefert ein genaues Ergebnis. Die Ebenen I und II stellen Näherungsverfahren dar. Dabei ist das Verfahren der Ebene I der gängige Sicherheitsstandard, deren Zahlenwerte auf einer Kalibrierung mit Hilfe der Ebene II bzw. III beruhen[8].

In einem jahrelangen Prozess wurde sukzessive der Gedanke der Dimensionierung nach dem Prinzip für die zuverlässigen Spannungen durch das semi-probabilistischen Nachweisverfahren ersetzt.

2.2 Versagenswahrscheinlichkeit

2.2.1 Basisvariablen

2.2.1.1 Grundlagen

Für die Planung von Bauwerken ist es wesentlich die Sicherheit der Funktionstüchtigkeit des Tragwerkes zu gewährleisten. Dabei darf ein Grenzzustand nicht überschritten werden (zur Definition des Grenzzustandes siehe Tabelle 9). Zwei Grenzzustände werden untersucht. Zum einen der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, der den Nachweis erbringt, dass während der Nutzung des Bauwerkes es zu keinen unzulässigen Verformungen, Schwingungen, Lageveränderungen oder Bildung von Rissen etc. kommt und zum anderen der Grenzzustand der Tragwerkssicherheit, der gewährleistet, dass es zu keinem Stabilitätsverlust, Verlust der Sandsicherheit, Materialfließen, etc. des Bauwerkes kommt.

---

[7] Probabilistisch: auf wahrscheinlichkeitstheoretischer Grundlage abgeleitet. Probabilismus bedeutet nach dem Duden, Band 1, Wahrscheinlichkeitslehre. Semiprobabilistisch (=halbprobabilistisch): wahrscheinlichkeitstheoretisch abgeleitet und durch statistische Methode und mathematische Wahrscheinlichkeitstheorie in feste Zahlenwerte umgerechnet. [31]

[8] Vgl. [33] Kolbitsch, Andreas: Baukonstruktionen, Wien: Skriptum zur Vorlesung Baukonstruktionen, Institut für Hochbau und Technologie, 2005, S. 32 und [59] Six, Michael.: Sicherheitskonzept für nichtlineare Traglastverfahren im Betonbau, Dissertation, TU Darmstadt, Institut für Massivbau, 2001, S. 39.

Ziel ist es, eine Sicherheit für Bauwerke zu schaffen, bei der durch die Beanspruchung des Tragwerkes es zu keinem Überschreiten der Beanspruchbarkeit kommt. Für die Beanspruchung und Beanspruchbarkeit werden nun jeweils Basisvariablen definiert. Diese stehen für allgemeine Einwirkungen von Lasten, für mechanische Eigenschaften des Baustoffes, geometrische Größen, etc.. Die Beschreibung erfolgt über Verteilungsfunktionen. Mit Hilfe von statistischen Methoden kann die Unsicherheit über die zu erwartende Größe von Basisvariablen beschrieben werden.

Ferner können noch folgende Unsicherheiten auftreten:

1. Mangel an Daten und Messungen
2. Qualität des verwendeten Modells, das immer aus praktischen Gründen Vereinfachungen beinhaltet
3. Fehler im Entwurf, Ausführung und Konstruktion.

Um diese zu vermeiden, kann man für den ersten Fall zusätzliche Messungen veranlassen, für den Fall 2 ein besseres Modell wählen und für den Fall 3 effiziente Kontrollen einführen.

2.2.1.2 Wahrscheinlichkeitsfunktion

Die Beanspruchung und die Beanspruchbarkeit werden also über Basisvariablen oder Zufallsvariablen definiert. Diese Variablen kann man nun über die Verteilungsfunktionen definieren. Dabei gibt die Verteilungsfunktion F_X die Wahrscheinlichkeit an, dass eine Basisvariable X einen vorgegebenen Wert x kleiner oder gleich ist.

Die Wahrscheinlichkeitsverteilung von X kann mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsfunktion beschrieben werden, was die Summe der Wahrscheinlichkeiten ausdrückt bei der die Zufallsvariable X = x darstellt.

$$F_X(x) = P(X \leq x) = \sum_{x_i \leq x} p_X(x_i) \qquad \textbf{(2-3)}$$

Führt man die erste Ableitung der Wahrscheinlichkeitsfunktion durch, erhält man die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion $f_X(x)$, wenn die Wahrscheinlichkeitsfunktion linksseitig stetig[9] ist.

$$f_X(x) = \frac{dF_X(x)}{dx} \tag{2-4}$$

Für die beiden Funktionen, Wahrscheinlichkeitsfunktion und Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion, gelten folgende Bedingungen:

$$\begin{aligned} &F_X(x) \geq 0 \\ &\lim_{x \to -\infty} F_X(x) = 0 \\ &\lim_{x \to +\infty} F_X(x) = 1 \end{aligned} \tag{2-5}$$

In Abbildung 6 sind die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion und die Wahrscheinlichkeitsfunktion der Standardnormalverteilung dargestellt.

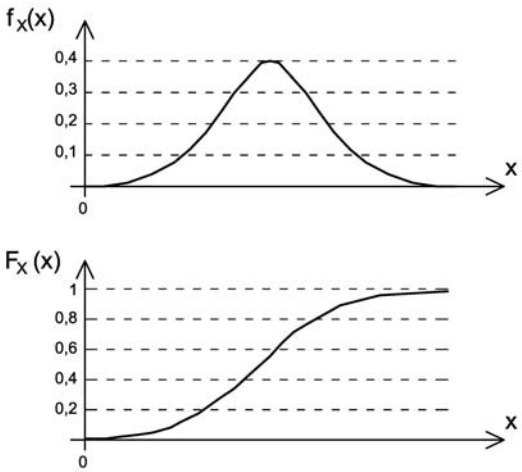


Abbildung 6 Dichtefunktion (oben) und Summenhäufigkeitsfunktion (unten)

[9] Eine Funktion ist dann stetig, wenn in ihren Funktionswerten keine Sprünge auftreten und es gilt $\lim_{x \to a} f(x) = f(a)$. Bei einer linksseitig stetigen Funktion ist x<a.

2.2.1.3 Parameter zur Beschreibung der Zufallsvariable

Wichtige Parameter zur Beschreibung der Zufallsvariabel sind der Mittelwert und die Varianz.

Der Mittelwert (m_x), in der Literatur oft auch als Erwartungswert bezeichnet daher auch die Bezeichnung E[X], stellt das gewichtete Mittel dar.

$$m_x = E[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} x f_X(x) dx \qquad \textbf{(2-6)}$$

Die Varianz Var(X) ist ein Maß mit der eine Zufallsvariable um den Mittelwert streut.

$$Var(x) = E[X^2] - m^2{}_x = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - m_x)^2 f_X(x) dx \qquad \textbf{(2-7)}$$

Neben der Varianz wird auch oft der Begriff Standardabweichung σ_X verwendet.

$$\sigma_X = \sqrt{Var(X)} \qquad \textbf{(2-8)}$$

Ferner von Bedeutung sind die sogenannte Quantilwerte (z.B. Q=0,05 bzw. Q=0,95), welche die Wahrscheinlichkeit p beschreiben mit der eine Zufallsvariable überschritten wird bzw. die Wahrscheinlichkeit 1-p mit welcher die Zufallsvariable unterschritten wird.

Der Faktor k gibt an, um wie viel die Standardabweichung sich die p-Quantile vom Mittelwert unterscheidet.

2.2.1.4 Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Im Bauwesen werden für die unterschiedlichen Bemessungssituationen verschiedene Verteilungsfunktionen herangezogen. Im Folgenden werden die wichtigsten näher vorgestellt.

Normalverteilung

Die Normalverteilung, oder auch Gauss´sche Normalverteilung genannt, gehört zu den gängigsten Wahrscheinlichkeitsverteilungen. Nach dem Eurocode EN 1990 [15] wird diese vor allem für das Eigengewicht herangezogen. Für einfache Nachweise wird sie auch für die

veränderlichen Einwirkungen, davon aber ausgenommen für die Ermüdungseinwirkungen, verwendet.

Im Wesentlichen definieren zwei Parameter die Normalverteilung: der Mittelwert und die Standardabweichung. Damit gehört die Normalverteilung zu den zweiparametrigen Wahrscheinlichkeitsfunktionen. Um die Wahrscheinlichkeit zu berechnen, ist die Integration der Dichtefunktion notwendig. Diese Integration kann jedoch nicht geschlossen durchgeführt werden; aus dem Mittelwert und der Standardabweichung, kann aber mit Hilfe der Standardnormalverteilung die Auftretenswahrscheinlichkeit berechnet werden. Bei der Standardnormalverteilung ist der Mittelwert 0 und die Standardabweichung 1. Mittels linearer Transformation kann nun für jeden Fall die Wahrscheinlichkeit aus den Tabellen für die Standardnormalverteilung abgelesen werden. Dabei lautet der allgemeine Ansatz für die Bestimmung der Auftretenswahrscheinlichkeit der Variable X in einem Intervall x_1 und x_2:

$$F_X(x_2) - F_X(x_1) = P(x_1 < X \leq x_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{x_1}^{x_2} \exp\left[-0{,}5\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2\right] dx =$$

$$= \Phi\left(\frac{x_2 - m}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{x_1 - m}{\sigma}\right) \qquad \textbf{(2-9)}$$

In folgender Tabelle sind die wichtigsten Zusammenhänge für die Normalverteilung zusammengestellt:

Tabelle 10 Normalverteilung

	Allgemeine Form	Standardisierte Form
Verteilungs-funktion	$F_X(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^{x} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)\right) dx = = \Phi\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)$	$F_X(x) = = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} \exp\left(-\frac{1}{2}x^2\right) dx$
Dichtefunktion	$f_X(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-0{,}5\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)\right]$	$f_X(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{x^2}{2}\right)$
Geltungsbereich	$\sigma > 0$, x reell, m reell	X reell

Mittelwert	$m_x = \frac{1}{n_i}\sum_{i=1}^{n} x_i$	$m_x = 0$
Standard-abweichung	$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - m_x)^2}$	$\sigma_x = 1$

Lognormalverteilung

Die Lognormalverteilung findet vor allem ihre Verwendung für die Berechnungen von Baustoffeigenschaften, Bauteilwiderstände und Modellunsicherheiten. Aus diesem Grund ist auch diese Wahrscheinlichkeitsverteilung in der gegenständlichen Arbeit von zentraler Bedeutung.

Wird nun in der Dichtefunktion der Normalverteilung die Variable x durch den Logarithmus ln(x) ersetzt, erhält man die Dichtefunktion der Lognormalverteilung.

Die beiden Parameter der Lognormalverteilung lauten λ und ξ. Aus dem Mittelwert und der Standardabweichung lassen sich die beiden Parameter ermitteln. Zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit für lognormalverteilte Zufallsvariablen kann man wieder auf die Tabelle der Standardnormalverteilung zurückgreifen. Die Transformation der Werte ist mit folgender Gleichung möglich:

$$s = \frac{\ln(x) - \lambda}{\xi} \tag{2-10}$$

Auf diese Weise lässt sich die Auftrittswahrscheinlichkeit für eine Zufallsvariable X im Intervall von a und b, wie folgt, ermitteln:

$$P(a < X \leq b) = \Phi\left(\frac{\ln(b) - \lambda}{\xi}\right) - \Phi\left(\frac{\ln(a) - \lambda}{\xi}\right) \tag{2-11}$$

Ein wesentlicher Vorteil der lognormalverteilten Funktion liegt darin, dass sie nur positive Werte zulässt. Aus diesem Grund wird sie häufig zur Ermittlung von Baustoffeigenschaften herangezogen. In folgender Tabelle sind die wichtigsten Zusammenhänge zusammengestellt.

Tabelle 11 Lognormalverteilung

	Allgemeine Form
Verteilungsfunktion	$F_X(x) = \Phi\left(\frac{\ln(x) - \lambda}{\xi}\right)$
Dichtefunktion	$f_X(x) = \frac{1}{x\xi\sqrt{2\pi}} \exp\left(-0{,}5\left(\frac{\ln(x) - \lambda}{\xi}\right)^2\right)$
Geltungsbereich	λ, ξ>0; $0 < x < +\infty$
Parameter	$\lambda = \ln(m_x) - 0{,}5\xi^2; \xi = \sqrt{\ln\left(\frac{v_x}{m_x^2} + 1\right)}$
Mittelwert	$m_{x,\ln} = \frac{1}{n_i}\sum_{i=1}^{n} \ln(x_i) \approx \lambda$
Standardabweichung	$\sigma_{x,\ln} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\ln(x_i) - m_{x,\ln}\right)^2} \approx \xi$

Gumbel-Verteilung

Mit der Gumbel-Verteilung, welche eine stetige Wahrscheinlichkeitsverteilung ist, werden Extremwerte (Maximalwerte bzw. Minimalwerte) bestimmt. Sie wird vor allem für zeitlich veränderliche Einwirkungen wie zum Beispiel die Nutzlast verwendet.

Die Parameter der Gumbel-Verteilung lauten β_g und α_g und lassen sich aus der Varianz und dem Mittelwert bestimmen.

Tabelle 12 Gumbel-Verteilung

	Allgemeine Form
Verteilungsfunktion	$F_X(x) = \exp\left[-\exp\left(-\alpha_g\left(x - \beta_g\right)\right)\right]$
Dichtefunktion	$f_X(x) = \alpha_g \cdot \exp\left[-\alpha\left(x - \beta_g\right)\right] \cdot \exp\left[-\exp\left(-\alpha_g\left(x - \beta_g\right)\right)\right]$

Geltungsbereich	α>0; $-\infty < x < +\infty$
Parameter	$\beta = m_x - \frac{0{,}577}{\alpha_g}; \alpha_g = \frac{\pi}{\sqrt{v_x \cdot 6}}$

Weibull-Verteilung

Die Weibull-Verteilung ist eine 3 parametrische Verteilung. Sie wird, wie die lognormale Verteilung für Baustoffeigenschaften, Bauteilwiderstände und Modellunsicherheiten verwendet.

Wie die Gumbel-Verteilung gehört sie auch zu den Extremwertverteilungen mit der Kleinstwerte ermittelt werden.

Die wichtigsten Zusammenhänge für die Weibull-Verteilung sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 13 Weibull-Verteilung

	Allgemeine Form
Verteilungsfunktion	$F_X(x) = 1 - \exp\left[\frac{(x-\varepsilon)}{(w-\varepsilon)}\right]^k$
Dichtefunktion	$f_X(x) = \frac{k}{w} - \varepsilon\left[\frac{(x-\varepsilon)}{(w-\varepsilon)}\right]^{k-1} \cdot \exp\left[\frac{(x-\varepsilon)}{(w-\varepsilon)}\right]^k$
Geltungsbereich	x>ε; k>0
Parameter	$m_x = \varepsilon + (w-\varepsilon)\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right); v_x = (w-\varepsilon)^2\left[\Gamma\left(1+\frac{2}{k}\right) - \Gamma^2\left(1-\frac{1}{k}\right)\right]$

2.2.2 Berechnung der Versagenswahrscheinlichkeit

2.2.2.1 Näherungsverfahren zur Berechnung der Versagenswahrscheinlichkeit mit zwei Basisvariablen

Das Näherungsverfahren zur Berechnung der Versagenswahrscheinlichkeit mit zwei Basisvariablen, oder auch Methode der zweiten Momente genannt, beruht auf einer Reihenentwicklung der Grenzzustandsfunktion zur Bestimmung der ersten beiden statistischen Momente. Bei der durchgeführten Reihenapproximation handelt es sich um eine der ersten Ordnung.

Die lineare Grenzzustandsfunktion wird wie folgt definiert:

$$g(R,S) = Z = R - S \qquad \textbf{(2-12)}$$

Zuverlässigkeit = Widerstand – Einwirkung ≥ 0

Die Basisvariablen R und S sind normalverteilt angenommen und werden durch die Mittelwerte m_R und m_S sowie die Standardabweichungen σ_R und σ_S definiert.

Mit der Methode der zweiten Momente wird der kürzeste Abstand zwischen dem Bemessungspunkt, der auf der Grenzzustandsgerade liegt, und dem Ursprung des transformierten Koordinatensystems gesucht. Dieser Abstand wird als Sicherheitsindex β bezeichnet. Zur Ermittlung dieses Abstandes werden zunächst die Basisvariablen (R und S) in die Standardnormalverteilung transformiert. Damit ergeben sich folgende neue Koordinaten:

$$y_R = \frac{R - m_R}{\sigma_R} \qquad y_S = \frac{S - m_S}{\sigma_S} \qquad \textbf{(2-13)}$$

Mit Hilfe der Gleichungen (2-13) lassen sich durch einfaches Umwandeln, die Basisvariablen R und S ermitteln; durch Einsetzen in Gleichung (2-12) erhält man die transformierte Grenzzustandsgleichung:

$$g(y_R, y_S) = y_R \cdot \sigma_R - y_S \cdot \sigma_S + m_R - m_S = 0 \qquad \textbf{(2-14)}$$

Das Näherungsverfahren zur Berechnung der Versagenswahrscheinlichkeit beruht auf einer Reihenentwicklung, die bereits nach den linearen Gliedern abgebrochen wird. Daraus folgt, dass g(R,S) eine lineare Grenzzustandsfunktion ist. Unter dieser Annahme kann die Gleichung (2-14) in die Hessesche Normalform[10] der Geradegleichung umgeformt werden und ergibt sich so zu:

$$-\frac{\sigma_R}{\sqrt{\sigma_R^2+\sigma_S^2}}y_R+\frac{\sigma_S}{\sqrt{\sigma_R^2+\sigma_S^2}}y_S-\frac{m_R-m_S}{\sqrt{\sigma_R^2+\sigma_S^2}}=0 \qquad \textbf{(2-15)}$$

Das absolute Glied der Hesseschen Normalform ist gleichzeitig der kürzeste Abstand zwischen der Grenzzustandsfunktion und dem Ursprungspunkt des transformierten Koordinatensystems. Dieser Punkt, der auf der linearen Grenzzustandsfunktion liegt, wird auch Bemessungspunkt bezeichnet. Der kürzeste Abstand ist der sogenannte Sicherheitsindex β.

$$\beta=\frac{m_Z}{\sigma_Z}=\frac{m_R-m_S}{\sqrt{\sigma_R^2+\sigma_S^2}} \qquad \textbf{(2-16)}$$

In Abbildung 7 ist der kürzeste Abstand, das absolute Glied der Hesseschen Normalform, β dargestellt, sowie die lineare Grenzzustandsfunktion mit den transformierten Koordinaten y_R und y_S. Des Weiteren lassen sich folgende Richtungsconsini der Normalen auf die Grenzzustandsfunktion ermitteln.

$$\cos\psi_R=\frac{\sigma_R}{\sqrt{\sigma_R^2+\sigma_S^2}}=\alpha_R \qquad \textbf{(2-17)}$$

[10] Die Hessesche Normalform kann in folgender Weise definiert werden:
$\frac{n_1}{|\vec{n}_1|}x_1+\frac{n_2}{|\vec{n}_2|}x_2+\frac{n_3}{|\vec{n}_3|}x_3-d=0$,mit $d=\frac{k}{|\vec{n}|}$. Somit ergeben sich für die Umformung der Grenzzustandsfunktion folgende Festlegungen:
$n_1=\sigma_R; n_2=\sigma_S; x_1=y_R; x_2=y_S; |\vec{n}|=\sqrt{\sigma_R^2+\sigma_S^2}; k=m_R-m_S$

$$\cos\psi_S = \frac{\sigma_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} = -\alpha_S \qquad \textbf{(2-18)}$$

Um nun eine Antwort auf die Versagenswahrscheinlichkeit geben zu können, ist also der kürzeste Abstand der linearen Grenzzustandsfunktion zum transformierten Koordinatenursprung zu suchen, was gleichbedeutend ist mit dem Auffinden des sogenannten Bemessungspunktes.

Ferner kann unter der Annahme einer linearen Grenzfunktion[11] die Methode der zweiten Momente zu exakter Lösung führen, die einer Integration in folgender Form entspricht:

$$p_f = \iint_{g(R,S)<0} f_{RS}(r,s)drds \qquad \textbf{(2-19)}$$

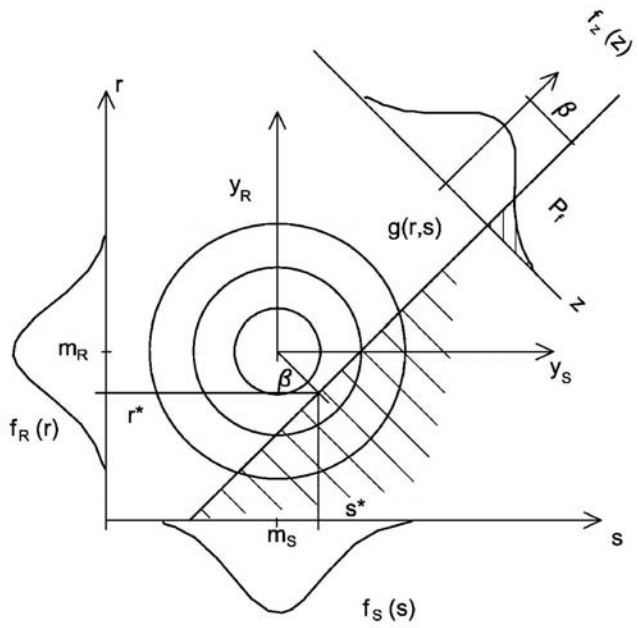


Abbildung 7: Methode der zweiten Momente

[11] Ergänzend ist festzualten, dass bei einer nichtlinearen Grenzzustandsfunktion nur über einen Taylor Reihenansatz eine Linearisierung am Bemessungspunkt vorgenommen werden kann, was eine Lösung in erster Näherung ergibt.

Mit Hilfe der Gleichung (2-17) und (2-18) kann eine Rücktransformation durchgeführt werden und man erhält so die Koordinaten für den Bemessungspunkt:

$$R^* = m_R - \alpha_R \beta \sigma_R \tag{2-20}$$

$$S^* = m_S - \alpha_S \beta \sigma_S \tag{2-21}$$

2.2.2.2 Exakte Verfahren

Zur Vervollständigung sei noch die Methode der Exakten Verfahren zur Lösung des Faltungsintegrales für die Versagenswahrscheinlichkeit erwähnt. Eine genaue Beschreibung dieser Verfahren findet sich in [31], [52], [59].

Eine anschauliche Deutung der Faltung ist das Beschreiben eines mathematischen Operators der durch die Gewichtung einer Funktion mit einer Anderen eine dritte Funktion liefert.

In allgemeiner Form wird das Faltungsintegral in folgender Form geschrieben:

$$p_f = \int_{g(x)<0} f_x(x) dx \tag{2-22}$$

Bei einer geringen Anzahl von Basisvariablen eignet sich die Lösung mit Hilfe von numerischer Integration.

Direkte Monte Carlo Methode (MCM)

Die direkte Monte Carlo Methode bzw. auch Monte Carlo Simulation genannt ist ein Näherungsverfahren zur Lösung des Faltungsintegrals, wobei die Grenzzustandsfunktion prinzipiell jede Form annehmen darf und die statistischen Informationen der einzelnen

Basisvariablen uneingeschränkt in die Berechnung einfließen. Dabei werden Unsicherheiten bzw. statistisches Verhalten simuliert[12].

Gewichtete Monte Carlo Methode

Ein bedeutender Nachteil der direkten Monte Carlo Methode ist die langsame Konvergenz. Aus diesem Grund wurde versucht, Methoden zu finden, welche die Streuung minimiert. Dies führte zur Entwicklung der gewichteten Monte Carlo Methode, dabei ist man bestrebt, für die Stichprobensimulation eine bessere Realisation[13] zu erreichen. Diese Methode wird als das „Importance Sampling“ (IS) bezeichnet[14].

Gewichtete Simulation mit adaptiven Stichprobenfunktionen

Diese Methode kann als Weiterentwicklung der gewichteten Monte Carlo Methode verstanden werden. Dabei wird die Stichprobenfunktion (IS) während der Berechnung laufend verbessert und adaptiert. Dieses Prinzip wird als Adaptive Importance Sampling (AIS) bezeichnet[15].

Stochastische Finite Elemente

Als Stochastische Finite Elemente (SFE) bezeichnet man die Verbindung mit dem einen von oben angeführten numerischen Integrationsverfahren mit Finiten Elementen Algorithmen. Dabei wird ein Tragwerk auf seine mechanischen Eigenschaften mit Finiten Elementen untersucht und die stochastischen Eigenschaften durch Zufallsvektoren diskretisiert. Im Allgemeinen weicht dabei die Diskretisierungsdichte des Zufallsfeldes vom jeweiligen mechanischen System ab und ist von deren Korrelationslänge abhängig[16].

---

[12] Vgl. [59] Six, Michael.: *Sicherheitskonzept für nichtlineare Traglastverfahren im Betonbau*, Dissertation, TU Darmstadt, Institut für Massivbau, 2001, S.44ff

[13] Die Realisation ist der Wert, den eine Zufallsvariable für ein bestimmtes Element des Wahrscheinlichkeitsraums bekommt, vgl. [53].

[14] Vgl. [59] Six, Michael.: *Sicherheitskonzept für nichtlineare Traglastverfahren im Betonbau*, Dissertation, TU Darmstadt, Institut für Massivbau, 2001, S.46ff

[15] Vgl. [59] Six, Michael.: *Sicherheitskonzept für nichtlineare Traglastverfahren im Betonbau*, Dissertation, TU Darmstadt, Institut für Massivbau, 2001, S.48ff

[16] Vgl. [59] Six, Michael.: *Sicherheitskonzept für nichtlineare Traglastverfahren im Betonbau*, Dissertation, TU Darmstadt, Institut für Massivbau, 2001, S.50f

2.3 Prinzipielle Vorgehensweise zur Bestimmung des Teilsicherheitsfaktors der Widerstandsseite

2.3.1 Einleitung

Für die Ermittlung von Teilsicherheitsfaktoren gibt es grundsätzlich zwei Methoden, welche im Prinzip noch beide zur Anwendung kommen:

1. Kalibrierung nach der deterministische Methode oder auch „empirische Methode“ genannt.

2. Durch statistische Auswertung von Versuchen bzw. Messungen: „Probabilistischen Methode“.

Viele der heutigen Teilsicherheitsfaktoren beruhen noch auf Kalibrierung nach der empirischen Methode. Es sind dies aus der Anwendung und Erfahrung kalibrierte Werte. Bei der Weiterentwicklung der Eurocodes bedient man sich heute hauptsächlich der Probabilistischen Methode.

Die Abbildung 8 ist eine Gegenüberstellung der beiden Methoden (deterministische und probabilistische Methode). Bei der probabilistischen Methode wiederum unterscheidet man drei Stufen: I, II, III.

Stufe III beschreibt die „vollständige probabilistische Methode“. Diese liefert zwar im Prinzip ein sehr genaues Resultat, ist aber oft mangels unzureichender statistischer Daten nicht anwendbar. Dem gegenüber stehen die Stufen II bzw. I einige Vereinfachungen beinhalten. Da in den Normen normalerweise nur konstante Teilsicherheitsfaktoren festgelegt werden, ist es durchaus üblich, dass die Genauigkeit der Stufe I genügt auf Grundlage der semi-probabilistischen Methode, deren charakteristische Zahlenwerte auf statistische Auswertungsmethoden der Zuverlässigkeitsrechnungen nach Stufe II beruhen.

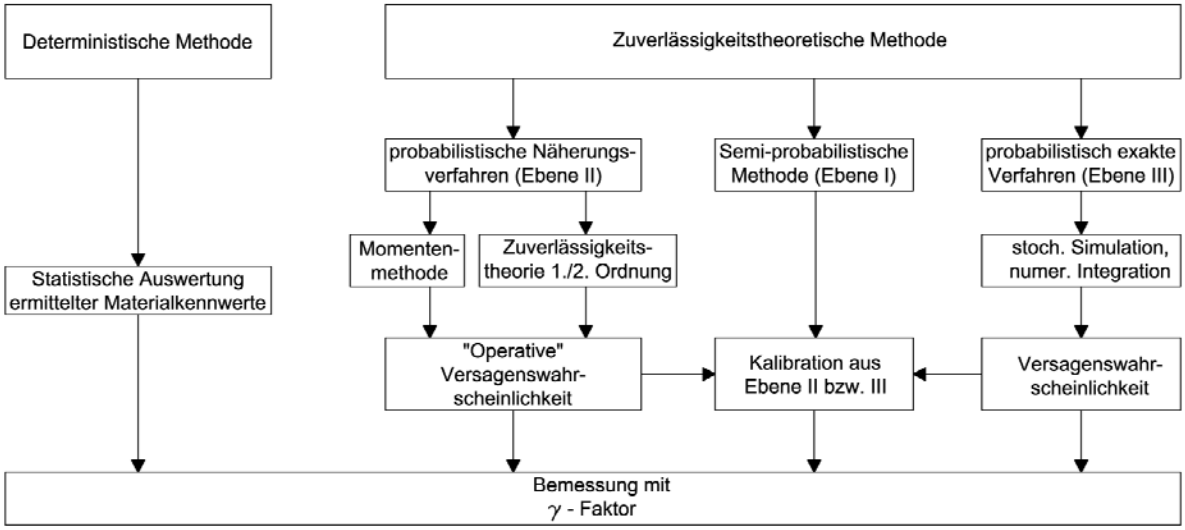


Abbildung 8 Überblick über die Sicherheitskonzepte, vgl. [15], Bild C.1

2.3.2 Zuverlässigkeitsindex β

Im Eurocode 1990 [15] werden nach einer Idee von Freudenthal sogenannte Schadensklassen (siehe auch [20]) definiert, um die Zuverlässigkeit bzw. Funktionstüchtigkeit von einem Bauteil zu beschreiben. Diese sind in Abbildung 9 zusammengestellt:

Schadens-folge-klassen	Merkmale	Beispiele im Hochbau oder bei sonstigen Ingenieurbauwerken
CC 3	Hohe Folgen für Menschenleben oder sehr große wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Tribünen, öffentliche Gebäude mit hohen Versagensfolgen (z. B. eine Konzerthalle)
CC 2	Mittlere Folgen für Menschenleben, beeinträchtliche wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Wohn- und Bürogebäude, öffentliche Gebäude mit mittleren Versagensfolgen (z. B. ein Bürogebäude)
CC 1	Niedrige Folgen für Menschenleben und kleine oder vernachlässigbare wirtschaftliche, soziale oder umwelt-beeinträchtigende Folgen	Landwirtschaftliche Gebäude ohne regelmäßigen Personenverkehr (z. B. Scheunen, Gewächshäuser)

Abbildung 9 Klassen für Schadensfolgen nach [15], Anhang B

Im direkten Zusammenhang zu den drei Schadensfolgeklassen CC1, CC2 und CC3 können auch Zuverlässigkeitsklassen RC1, RC2 und RC1 beschrieben werden, die vom Bezugszeitraum abhängig sind und Mindestwerte für den Zuverlässigkeitsindex β angeben.

Zuverlässigkeits-Klasse	Mindestwert für β	
	Bezugszeitraum 1 Jahr	Bezugszeitraum 50 Jahre
RC 3	5,2	4,3
RC 2	4,7	3,8
RC 1	4,2	3,3

Abbildung 10 Empfehlungen für Mindestwerte des Zuverlässigkeitsindex β ([15], Anhang B)

Mit Hilfe dieser beiden Tabellen kann der entsprechende Zuverlässigkeitsindex abgelesen werden.

2.3.3 Semiprobabilistisches Sicherheitskonzept

In den probabilistischen Normen werden charakteristische Werte für die Beanspruchung und die Beanspruchbarkeit definiert, welche die Wahrscheinlichkeit für das Unter- bzw. Überschreiten kennzeichnet. Dabei werden für die Beanspruchung und die Beanspruchbarkeit folgende Wahrscheinlichkeiten festgelegt:

Tabelle 14: Unter- bzw. Überschreitungswahrscheinlichkeit

Charakteristische Werte	Wahrscheinlichkeit
Beanspruchung S_q	95% Quantil (Vertrauensbereich)
Beanspruchbarkeit R_p	5% Quantil (Fraktilbereich)

Der Zusammenhang von Quantilwerten und der Wahrscheinlichkeit kann aus Abbildung 11 entnommen werden.

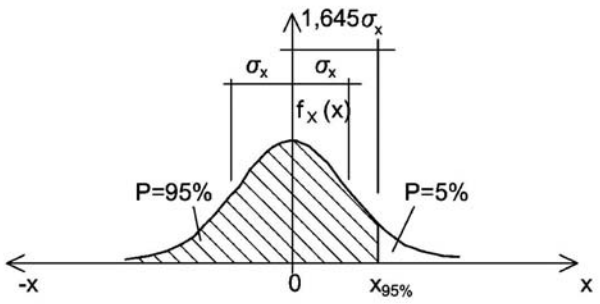


Abbildung 11: Zusammenhang von Quantilwerten und Wahrscheinlichkeit für Normalverteilungen

Die Berechnung der charakteristischen Werte für die Beanspruchung und Beanspruchbarkeit ergibt sich mit folgenden Gleichungen:

$$R_p = m_R - k_R \cdot \sigma_R = m_R \cdot (1 - k_R \cdot v_R) \qquad \textbf{(2-23)}$$

$$S_q = m_S + k_S \cdot \sigma_S = m_S \cdot (1 + k_S \cdot v_S) \qquad \textbf{(2-24)}$$

Sind die Funktionen für Einwirkungen und Widerstände normalverteilt, so ergeben sich die Werte k_R und k_S mit den folgenden Gleichungen.

$$k_R = \phi^{-1}\left(\frac{p[\%]}{100}\right) \qquad \textbf{(2-25)}$$

$$k_S = \phi^{-1}\left(\frac{q[\%]}{100}\right) \qquad \textbf{(2-26)}$$

Für die Wahrscheinlichkeit p[%] von 95 und 5 betragen die Werte k jeweils 1,645.

Betrachtet man nun die Grenzzustandsfunktion Z = R - S und trägt die jeweilige normalverteilte Funktion für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit auf, so lassen sich die Begriffe zentrale Sicherheitszone und Teilsicherheitszone, die für die weiteren Überlegungen von Bedeutung sind, anschaulich darstellen.

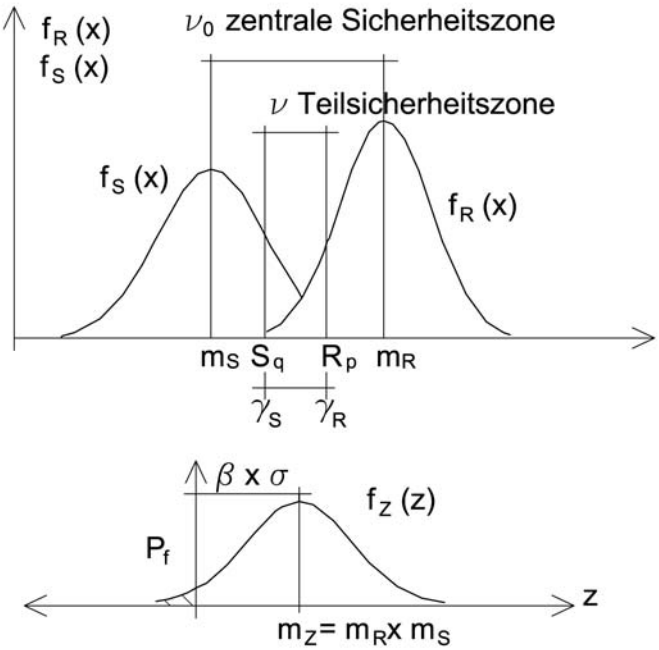


Abbildung 12: Darstellung der Grenzzustandsfunktion Z=R-S

Dabei wird die zentrale Sicherheitszone folgendermaßen definiert:

$$\nu_0 = \frac{m_R}{m_S} \tag{2-27}$$

Und die Teilsicherheitszone ergibt sich zu:

$$\nu = \gamma_S \cdot \gamma_R = \frac{R_p}{S_q} \tag{2-28}$$

Setzt man nun in die Gleichung (2-28) die beiden Gleichungen (2-23) und (2-24) ein, so erhält man folgende Gleichung:

$$\nu = \frac{m_R - k_R\sigma_R}{m_S + k_S\sigma_S} = \frac{m_R}{m_S} \cdot \frac{(1 - k_R V_R)}{(1 + k_S V_S)} = \nu_{0\cdot} \frac{(1 - k_R V_R)}{(1 + k_S V_S)} \tag{2-29}$$

Mit Hilfe des Sicherheitsindex β und den beiden Gleichungen (2-17) und (2-18) kann die Gleichung (2-16) in folgender Form umgeschrieben werden:

$$\beta = \frac{m_Z}{\sigma_Z} = \frac{m_R - m_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} = \frac{m_R - m_S}{\alpha_R \sigma_R + \alpha_S \sigma_S} \tag{2-30}$$

Durch weiteres Umformulieren der so eben erhaltenen Gleichung lässt sich folgender Zusammenhang definieren:

$$\frac{m_R}{m_S} = \frac{1 + \beta \alpha_S V_S}{1 - \beta \alpha_R V_R} = \nu_0 \tag{2-31}$$

Setzt man nun die Gleichung (2-31) in die Gleichung (2-29) ein, so ist ein Zusammenhang zwischen dem Sicherheitsindex β und den Quantilwerten für die Beanspruchung und die Beanspruchbarkeit hergestellt.

$$\nu = \gamma_S \cdot \gamma_R = \frac{(1 + \beta \alpha_S V_S)}{(1 + k_S V_S)} \cdot \frac{(1 - k_R V_R)}{(1 - \beta \alpha_R V_R)} \tag{2-32}$$

Trennt man nun die gewonnene Gleichung in die beiden Teilsicherheitsbeiwerte für die Beanspruchung und die Beanspruchbarkeit kann das Ergebnis in den beiden folgenden Gleichungen festgehalten werden:

$$\gamma_S = \frac{(1 + \beta \alpha_S V_S)}{(1 + k_S V_S)} \tag{2-33}$$

$$\gamma_R = \frac{(1 - k_R V_R)}{(1 - \beta \alpha_R V_R)} \tag{2-34}$$

Mit diesen beiden Teilsicherheitsbeiwerten kann auch die bekannte Nachweisgleichung für das Semiprobabilistische Nachweiskonzept angeschrieben werden.

$$\frac{R_q}{\gamma_R} \geq \gamma_S \cdot S_q \tag{2-35}$$

Wie schon unter Punkt 2.2.1.2 erwähnt, wird für die Ermittlung der Teilsicherheitsbeiwerte auf der Widerstandsseite im Wesentlichen die lognormale Verteilungsfunktion herangezogen:

Betrachtet man die Lösungsgleichungen ist klar zu erkennen, dass nur für kleinere Werte der Varianz für die Beanspruchbarkeit nämlich $V_R < \frac{1}{\beta_{erf}}$ eine gültige Lösung für den Sicherheitsfaktor vorliegt. Demnach ist es klar, dass die richtige Wahl der Verteilung entscheidende Bedeutung auf das Ergebnis hat. Aus diesem Grund eignet sich für die Ermittlung von Baustoffkennwerten eine Verteilungsfunktion, die keine negativen Werte zulässt. Dies ist bei der logarithmischen Normalverteilung der Fall.

Ersetzt man nun die Basisvariabel der Beanspruchung S und der Beanspruchbarkeit R durch den natürlichen Logarithmus der jeweiligen Basisvariabel, und führt die gleiche Ableitung wie für die Normalverteilung durch, so erhält man ebenfalls zwei Grundgleichung zur Lösung des Teilsicherheitsbeiwertes für den Widerstand und der Einwirkung

$$\gamma_R = \exp\left(\sigma_{uR} \cdot \left(\beta \cdot \alpha_{uR} - k_R\right)\right) \tag{2-36}$$

$$\gamma_S = \exp\left(\sigma_{uS} \cdot \left(\beta \cdot \alpha_{uS} - k_S\right)\right) \tag{2-37}$$

3 WERKSTOFFVERHALTEN VON LEHM

3.1 Einführung

Im folgenden Kapitel werden die Materialeigenschaften des Baustoffes Lehm allgemein dargestellt und die Versuche beschrieben, mit denen diese ermittelt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Hauptaugenmerk auf die Ermittlung der Festigkeiten gelegt, vor allem auf die Biegezug- und die Druckfestigkeit des Lehms. Wie man diese erhält, von welchen Merkmalen die Biegezug – und Druckfestigkeit bei Lehm abhängt und wie man die Festigkeiten des Lehmziegels verbessern kann, wird in diesem Abschnitt ausgeführt.

Ebenfalls von Bedeutung ist das Verhalten des Lehms im Bezug auf Wasser- und Wasserdampfeinwirkungen, was ebenfalls an dieser Stelle betrachtet wird.

Lehm ist ein Baustoff, dessen mechanischen Eigenschaften von vielen Merkmalen abhängen.

Lehm kann bei gleicher Kornverteilung des Ausgangsstoffes durch unterschiedliche Vorgänge in der Aufbereitung und Verarbeitung, durch das Zugeben unterschiedlicher Zusätze bzw. Zuschlägen, unterschiedliche Festigkeitseigenschaften aufweisen. Daher ist es wichtig über die wesentlichen Parameter des Lehms im Bezug auf die Festigkeit genau Bescheid zu wissen und bei sämtlichen Versuchen alle Randbedingungen genau zu erfassen.

Um die Baustoffeigenschafen von Lehm zu untersuchen, wurden im Zentrum für Baustoffforschung, Werkstofftechnik und Brandschutz drei Versuchsreihen durchgeführt.

- In der Versuchsreihe 1 „Vorversuche“ wurde versucht, die für die Festigkeitseigenschaften wesentlichen Parameter festzustellen.
- Die Versuchsreihe 2 „Verbesserung der Festigkeit“ hatte das Ziel, die auf Basis der ersten Versuchsreihe gewonnen Erkenntnisse, zu verifizieren.

- In der Versuchsreihe 3 „Praxisnaher Lehmziegel“ wurde versucht, einen Ausblick auf die Relevanz der Ergebnisse von Versuchsreihe 1 und 2 auf den praktischen Lehmziegelbau zu erhalten.

Eine Zusammenstellung zur Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes befindet sich im Kapitel 4.3.

3.2 Allgemeine Eigenschaften des Lehms

Lehm entsteht durch die Verwitterung von Gesteinsschichten. Dies kann durch verschiedene Prozesse verursacht werden. Es können dafür sowohl mechanische Vorgänge verantwortlich sein, als auch die Einwirkung von Wasser, Wind und Temperaturdifferenzen. Je nach Fundort werden die Lehme in unterschiedliche Kategorien eingeteilt[17].

Tabelle 15: Unterschiedliche Lehmarten nach [69]

Berglehm / Gehäng-lehm	lagert auf den Gesteinen, aus denen er durch Verwitterung entstanden ist, oder an den Hängen darunter. Das Mineralgerüst besteht vorwiegend aus kantigen Gesteinstrümmern verschiedener Körnung.
Geschiebelehm	ist ein durch Gletscher verlagerter Lehm. Das Mineralgerüst besteht aus rundlichen Körnungen.
Mergel	ist ein kalkhaltiger Geschiebelehm.
Schwemmlehm	ist durch Wasserläufe aus den früheren Lagerstätten abgeschlämmt und im ruhigen Wasser wieder abgesetzt worden. Schwemmlehm ist gelegentlich mit schwachen Linsen aus Sand, Kies oder Geröll durchsetzt. Humusbeimengungen sind möglich.
Lösslehm	ist aus Löß durch Auswaschung des Kalkgehalts entstanden. Der Löß ist ein windverfrachteter kalk- und tonhaltiger Feinsand. Lößlehm hat ein sehr feinkörniges Mineralgerüst und oft einen geringen Tongehalt.

[17] Vgl. [69] Volhard, Franz / Röhlen, Ulrich: *Lehmbau-Regeln : Begriffe, Baustoffe, Bauteile*, 3. Auflage, Braunschweig: Vieweg & Sohn, 2007, S.3

Lehm ist im Wesentlichen ein Gemisch aus Ton bzw. aus bindekräftigen Tonmineralien, Schluff und Sand, welcher auch gröbere Gesteinsanteile wie Schotter und Kies enthalten kann. Von den drei Hauptbestandteilen ist für die Bindigkeit der Ton verantwortlich, der die restlichen Bestandteile, die sogenannten Füllstoffe zusammenhält.

In der Baupraxis unterscheidet man nach ihrer Bindekraft „mageren“ Lehm, wenn dieser arm an Tonanteilen ist und einen „fetten“ Lehm, wenn dieser einen erhöhten Tonanteil aufweist.

Ton:

Als Tone werden Bestandteile bezeichnet, die einen Korndurchmesser von weniger als 0,002 mm aufweisen. Im Unterschied zu den restlichen Bestandteilen des Lehms haben Tone die Eigenschaft auf Grund ihrer negativen Ladung andere Teilchen an sich zu binden[18].

Im Wesentlichen ist der Ton ein Verwitterungsprodukt aus Feldspat oder anderen Mineralien. Die wichtigsten drei Tonmineralien sind: Illit, Montmorillonit und Kaolinit.

Tonminerale sind in der Regel hexagonale kristalline Plättchen. Diese Plättchen bestehen aus einem Kern, der entweder durch Silizium oder durch Aluminium gebildet wird. Dieser Kern wird im Fall des Siliziums von Sauerstoffatomen und im Fall von Aluminium von Hydroxidgruppen umgeben. Durch diese Plättchen oder auch Schichten werden die einzelnen Tonmineralien charakterisiert.

Das Tonmineral Kaolinit besteht aus zwei Schichten. Eine Schicht wird durch das Siliziumoxid gebildet und ist mit der zweiten Schicht dem Aluminiumhydroxid verbunden.

Beim Kaolinit ist die Ionenbindungskapazität relativ gering, was gleichbedeutend ist mit einer geringeren Festigkeit. Im Unterschied dazu sind die Tonminerale Illit und Montmorillonit 3-schichtig. Im Falle des Montmorillonit ist die mittlere Schicht das Aluminiumhydorxid, welche von zwei Schichten des Siliziumoxids umgeben ist. Illit ist ähnlich aufgebaut, nur dass das Aluminium entweder durch ein Mg- oder Fe-Ion ersetzt wird, beziehungsweise das Silizium durch Aluminium.

Allgemein kann man sagen, dass Tonminerale Kationen besitzen, die auf Grund ihrer Art und Anzahl entscheidenden Einfluss auf die Bindekraft des Lehms haben. Je dünner die

[18] Vgl. [42] Minke, Gernot: *Das neue Lehmbau-Handbuch,* 5. Auflage, Staufen bei Freiburg: Ökobuch Verlag, 2001, S.28ff

Plättchen sind, umso größer ist auch die spezifische Oberfläche, was wiederum eine Vergrößerung des Vermögens zum Kationenaustausch bewirkt. Dieses Vermögen gibt den entscheidenden Ausschlag für die Festigkeit des Lehms.

Schluff, Sand und Kies:

Schluffe, Sande und Kiese sind die Füllstoffe des Lehms und werden durch die Bindefähigkeit des Tones zusammengehalten.

Tabelle 16: Zusammenstellung der Korngrößen der einzelnen Füllstoffen

Füllstoff	Korngröße [mm]
Schluff	0,002 bis 0,06
Sand	0,06 bis 2
Kies	2 bis 60

3.2.1 Zusammensetzung des Lehms

Die Beschreibung der Zusammensetzung des Lehms erfolgt durch die Kornverteilungskurve (Körnungslinie bzw. Sieblinie). Dabei wird der Anteil des Kornes bezogen auf die Gesamtmasse des Lehms in Prozent angegeben und die Korngröße auf einer logarithmischen Skala aufgetragen.

Die Kornverteilungskurve ist schon ein erster Hinweis für den Charakter des Lehms und bildet so eine erste mögliche Entscheidung für welche Lehmbauweise sich die jeweilige Bodenprobe eignet. Durch das Hinzugeben von Sand beziehungsweise von Tonmineralen, kann jedoch der Charakter der jeweiligen Kornverteilungskurve entscheidend beeinflusst werden. Das Zugeben von Sand wird in der Fachsprache als „Magern“ bezeichnet und das Zugeben von Tonmineralien als „Auffetten“ des Lehms.

Für Lehmbauzwecke nach [69] genügt im Allgemeinen eine Siebabstufung von 0,06 – 0,25 – 1 – 2 mm (siehe auch Abbildung 13).

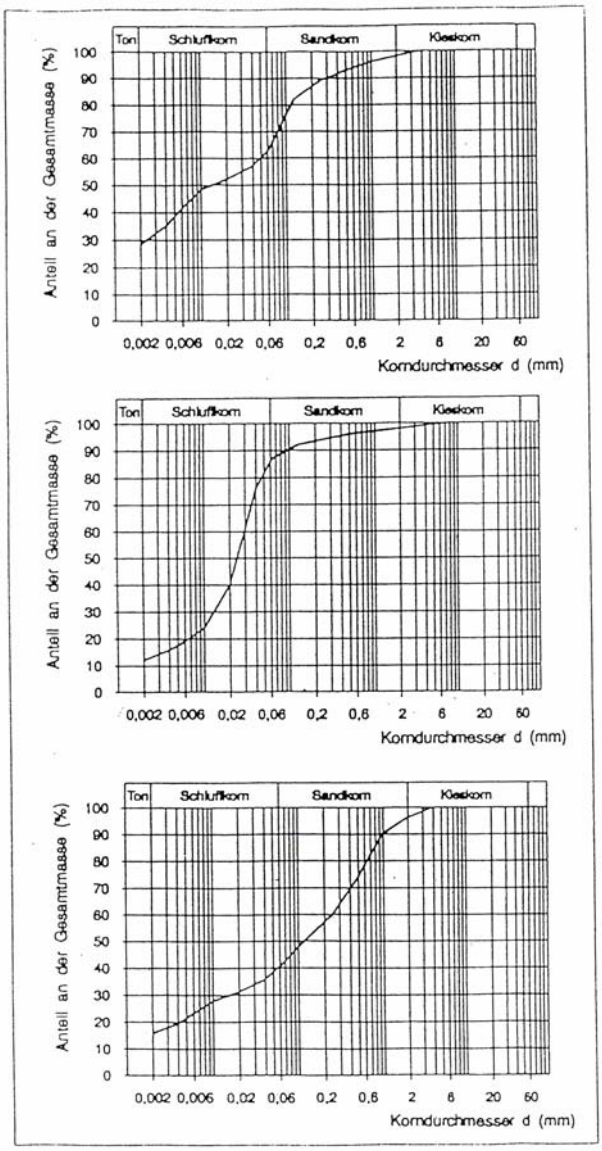


Abbildung 13: Kornverteilungskurven für drei verschiedene Lehme aus [42]

Abbildung 13 zeigt ganz oben eine Kornverteilungskurve für einen tonigen Lehm, in der Mitte eine für einen stark schluffigen Lehm und unten für einen stark sandigen Lehm.

3.2.2 Ermittlung der Zusammensetzung des Lehms

Die Ermittlung der Zusammensetzung des Lehms erfolgt für Körner größer 0,063mm mit Hilfe der Siebung und für die Bestandteile mit einem Durchmesser kleiner als 0,063mm mittels Sedimentation (Schlämmanalyse). Die genaue Beschreibung für das Verfahren der Bestimmung der Kornverteilungskurve für eine Bodenprobe ist in der ÖNORM B 4412 [47] bzw. ONCEN ISO/IS 17892-4 [48], Vornorm festgelegt.

Zur Abtrennung der tonigen Bestandteile von den restlichen Bestandteilen einer Bodenprobe wird diese zuerst in einem Trocknungsofen bei 105°C bis zur Massenkonstanz getrocknet. Nach anschließender Abkühlung wird die Probe abgewogen. Daraufhin wird die Bodenprobe mit Wasser angereichert und von Hand kräftig verrührt. Die gewonnene Aufschlämmung wird nun durch ein Feinsieb mit einer Maschenbreite von 0,063mm gesiebt. Zum Schutz des Feinsiebes vor gröberen Bestandteilen empfiehlt es sich über dem ein Sieb mit einer Maschenbreite von 1mm vorzuschalten. Der Siebdurchgang wird aufgefangen. Der Siebrückstand wird erneut mit Wasser durchmischt und erneut durch das Feinsieb gesiebt. Diese Vorgänge werden solang wiederholt bis der Siebdurchgang ein reines Wasser ergibt.

Zur Ermittlung der Kornverteilungskurve des Siebrückstandes wird die Probe erneut im Trocknungsofen bei 105°C getrocknet und darauf mittels Sieben mit unterschiedlich genormten Maschenbreiten die jeweiligen Gewichtsanteile für jede Korngröße bestimmt.

Zur Bestimmung der genauen Kornverteilungskurve des Siebdurchganges durch das Feinsieb wird das Verfahren der Sedimentation (Schlämmanalyse) verwendet. Grundlage dafür ist das „Gesetz von Stokes[19]“, das besagt, dass Körner mit unterschiedlicher Korngröße unterschiedliche Sinkgeschwindigkeiten aufweisen und so sich die Dichte der Suspension unterschiedlich verändert. Zur Messung dieser Dichteänderung und damit auch zur Ermittlung der Kornverteilung wird das Aräometerverfahren angewendet.

Neben der genormten Ermittlung der Kornverteilungskurve nach ÖNORM B 4412 sei noch darauf hingewiesen, dass es im Lehmbau auch eine Reihe einfacher Tests („Handprüfverfahren“, z.B. von Prof. Minke [42] oder Volhard [69]) gibt, die es erlauben rasch eine Abschätzung der Kornverteilung des vorhandenen Lehmes zu erhalten. Zu diesen zählen unter anderem folgende Methoden: Geruchstest, Beißtest, Reibe- und Waschtest, Schneidetest, Kugelfalltest, Konsistenztest, Kohäsionstest („Bändchentest“), Salzsäuretest.

[19] Sir George Gabriel Stokes (*13.August 1819 in Skreen; † 1.Februar 1903 in Cambridge) Mathematiker und Physiker, studierte und lehrte als Professor der Mathematik an der Universtät Cambridge. Er arbeitete auf dem Gebiet der Mathematik sowie mathematischen und experimentellen Physik.

3.2.3 Festigkeiten des Lehms

3.2.3.1 Druckfestigkeit nach DIN 18952 und DIN 18953

In den beiden Normen DIN 18952 und DIN 18953 findet man Verfahren für die Ermittlung der Druckfestigkeit. Obwohl die beiden Normen 1971 ersatzlos gestrichen wurden, sei an dieser Stelle trotzdem kurz der Ablauf zur Bestimmung der Druckfestigkeit beschrieben.

In DIN 18952 Blatt 2 [10] werden dazu zwei Verfahren beschrieben:

- Druckfestigkeit für den Baulehm: Dabei wird ein Würfel mit der Kantenlänge von 70mm hergestellt. Anschließend wird dieser getrocknet, zuerst bei Lufttrocknung und ab dem fünften Tag im Trocknungsofen bei 80°C. Ist der Würfel bis in den Kern trocken, was bei parallel angefertigten Proben überprüft wird, kann die Druckfestigkeit ermittelt werden. Der Prüfdruck wird dabei parallel zur Fertigung ausgeübt.

- Druckfestigkeit des trockenen und verdichteten Lehmbaustoffes: Dabei werden zunächst fünf würfelförmige Prüfkörper mit einer Kantenlänge von 300 mm hergestellt. Die Fertigungsrichtung der Würfel wird durch einen Pfeil in die Seitenwand eingeritzt. Für die Prüfung muss die Lehmprobe getrocknet sein. Zu diesem Zweck wird der Prüfkörper zunächst luftgetrocknet. Nach sechs Tagen kann die Trocknung beschleunigt werden, in dem man den Würfel in einem Klimaschrank stellt, der auf maximal 60°C eingestellt ist. Die Trocknungsphase ist dann abgeschlossen, wenn keine Gewichtsabnahme am Prüfkörper mehr festzustellen ist. Ein Problem dabei stellt die lange Trocknungszeit, das Gewicht der Probekörper, sowie die Rissbildung des Würfels dar.

3.2.3.2 Druckfestigkeit und Biegezugfestigkeit nach ÖNORM EN 1015-11 [13]

Wie schon in Abschnitt 1.1 erwähnt, fehlt derzeit eine gültige Norm für den Lehmsteinbau, in der die Bestimmung für die Druck- bzw. Biegezugfestigkeit beschrieben ist. Als Ersatznorm wurde deshalb die ÖNorm EN 1015-11 [13] herangezogen. Diese legt Verfahren fest zur Ermittlung der Biegezug- und der Druckfestigkeit von Mörtelprüfköper. In dieser Arbeit wurden die Festigkeitswerte für Druck und Biegezug für die Lehmproben wie in [13] bestimmt.

Prüfkörperform

Für die Versuchsreihe 1 „Vorversuche“ und die Versuchsreihe 2 „Verbesserung der Festigkeit“ wird die Prüfkörperform mit den Abmessungen von 40x40x160mm aus [13] verwendet, was folgende Vorteile hat:

- Die Trocknungszeit des Prüfkörpers wird gegenüber dem eines Probekörpers der DIN 18592 deutlich reduziert.
- Die bereits von der Beton- bzw. Mörtelprüfung vorhandenen Einrichtungen wie etwa Metallformen können übernommen werden.

3.2.3.2.1 Ermittlung der Biegezugfestigkeit

Allgemein

Da Bauteile aus Lehm nicht bzw. kaum durch Zug beansprucht werden dürfen, hat die Biegezugfestigkeit keine maßgebende Bedeutung. Sie hat u.a. für den Lehmputz und für die Kantenfestigkeit der Lehmbausteine eine gewisse Relevanz. Je höher die Biegezugfestigkeit ist, umso geringer ist die Gefahr, dass die Kanten von Lehmsteinen während der Montage oder beim Transport beschädigt werden.

Ferner treten auch Zugkräfte bei der Beanspruchung des Lehmprüfkörpers auf Druck auf. Wegen den unterschiedlichen Steifigkeiten von Zuschlag und Lehm kommt es bei einer Prüflaststeigerung in der Lehmprobe zu Kraftumlenkungen, die quer und schräg zur Kraftrichtung wirkende Zugkräfte hervorrufen.

Wie die Bindigkeit hängt auch die Zugfestigkeit in erster Linie vom Tongehalt und von der Art des Tones ab. sie kann auch durch verschiedene Zusätze, wie zum Beispiel durch Molke verbessert werden [42].

Prüfeinrichtung

Die hergestellten Lehmprismen werden über einer Dreipunktbelastung bis zum Bruch belastet. Die Prüfmaschine hat die Anforderungen nach ÖNORM EN 1015-11 [13] zu erfüllen. Die Abstände der Dreipunktbelastung sind der Abbildung 14 zu entnehmen.

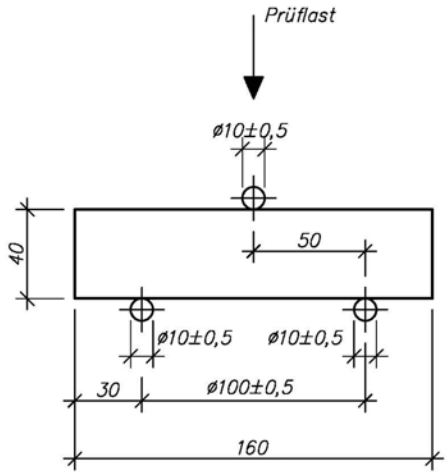


Abbildung 14: Abmessungen in [mm] für die Prüfung auf Biegezugfestigkeit nach [13]

Im Wesentlichen besteht die Prüfmaschine aus drei Stahlrollen mit dem Durchmesser von 10mm(+/-0,5mm) und einer Länge von 45-50mm. Die beiden Auflagerrollen werden in einem Abstand von 100mm (+/-0,5mm) angeordnet.

Belastung

Die Prüflast ist stoßfrei und mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit (zwischen 10N/s und 50N/s) aufzubringen, sodass der Bruch innerhalb von 30s bis 90s erfolgt.

Berechnung der Biegezugfestigkeit

Aus der erhaltenen Bruchlast F lässt sich nun die Biegezugfestigkeit nach der allgemeinen Spannungsformel für eine Einzellast (Prüflast in der Mitte) (3-1) berechnen.

$$\sigma_{BZ} = 1{,}5 \cdot \frac{F \cdot l}{b \cdot d^2} \qquad \text{[N/mm²]} \qquad \textbf{(3-1)}$$

b…Breite des Prüfkörpers in [mm]
d…Höhe des Prüfkörpers in [mm]
l…Abstand zwischen den Achsen der Auflagerrollen in [mm]

Die Biegezugfestigkeit ist auf 0,05N/mm² zu runden und der Mittelwert auf 0,1N/mm².

3.2.3.2.2 Ermittlung der Druckfestigkeit

Allgemein

Die Druckfestigkeit für Lehmbauten ist von folgenden Faktoren abhängig:

1. Wie schon im Punkt 3.2 erwähnt, ist die Art der Tonminerale und die Menge des Tones im Lehm ein Grad für die Festigkeit des Baumaterials.

2. Die Größe und die Menge von Schluff, Sand und Kies haben wichtigen Einfluss auf die Druckfestigkeit.

3. Neben der Kornverteilung des Baustoffes ist entscheidend, wie der Lehm aufbereitet und verdichtet wird.

4. Die Druckfestigkeit kann durch die Zugabe diverser Zusätze verbessert werden.

Durchführung der Druckprüfung

Für die Durchführung der Druckprüfung werden die bei der Biegezugprüfung erhaltenen beiden Lehmprismenhälften verwendet.

Die Prüflast ist kontinuierlich zu steigern bis der Bruch eintritt.

Auswertung der Ergebnisse

Aus der erhaltenen Bruchlast F lässt sich nun die Druckfestigkeit nach Formel (3-2) berechnen, wobei A die Fläche ist, mit der der Prüfköper belastet wird.

$$\sigma_D = \frac{F}{A} \qquad \text{[N/mm²]} \qquad \textbf{(3-2)}$$

Die Druckfestigkeit ist auf 0,05N/mm² zu runden und der Mittelwert auf 0,1N/mm².

3.2.3.3 Bindekraft

Die Bindekraft ist jener Widerstand, den ein Prüfkörper aus Lehm beim Zerreißen leistet und wird durch den sogenannten Zerreißversuch ermittelt[20]. Sie ist abhängig vom Tongehalt, von der Art der Tonminerale und dem Wassergehalt.

Um den Einfluss eines unterschiedlichen Wassergehaltes auszuschalten, ist es nach DIN 18952 Blatt 2 [10] zunächst notwendig einen „normsteifen“ Lehm herzustellen.

Herstellung eines „normsteifen Lehms“

Die Herstellung eines „normsteifen Lehms“ wird in [10] geregelt und ist folgendermaßen beschrieben:

- Schritt 1: Die Lehmprobe wird zerkleinert und durch ein Sieb mit einer Maschenbreite von einem Durchmesser von 2 mm gesiebt. Zur weiteren Verwendung wird das Durchgangsmaterial herangezogen.

- Schritt 2: Vom Durchgangsmaterial werden 1200 cm³ entnommen und unter spärlicher Wasserzugabe vermengt und durch einen Hammer zu einem zusammenhängenden Fladen geschlagen. Der Fladen wird mit Hilfe eines Messers abgehoben und in Streifen mit einer Breite von 2 cm geschnitten. Diese werden nun hochkant nebeneinander gestellt und erneut zu einem Fladen geschlagen. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis man ein gleichmäßiges Gefüge erhält.

- Schritt 3: Um eine gleichmäßige Durchfeuchtung des Lehms zu garantieren, wird dieser nun abgedeckt zum Rasten gestellt. Fette Lehme rasten 12 Stunden und magerer Lehme 6 Stunden lang.

- Schritt 4: Von diesem aufbereiteten Lehm werden nun 200 g entnommen, zu einer Kugel geformt und aus einer Höhe von 2 m auf eine eben Platte fallengelassen. Eine Normsteife des Lehms ist erreicht, wenn die Abplattung einen Durchmesser von 50mm aufweist. Ist der Durchmesser größer als 51 mm so wird der Versuch wiederholt mit einer etwas geringeren Wasserzugabe. Bei einem Durchmesser kleiner als 49 mm wird er durch Wasserzugabe wiederholt. Liegt keine kreisrunde Abplattung

[20] Vgl. [69] Volhard, Franz / Röhlen, Ulrich: *Lehmbau-Regeln : Begriffe, Baustoffe, Bauteile*, 3. Auflage, Braunschweig: Vieweg & Sohn, 2007, Seite 8

vor, darf diese an der kleinsten bzw. größten Stelle eine Abweichung von 2 mm besitzen.

Ermittlung der Bindekraft

Die Ermittlung der Bindekraft wird in DIN 18952 Blatt 2 [10] beschrieben. Dafür wird der ermittelte „normsteife“ Lehm in die Prüfform laut der Abbildung 15 in drei Lagen eingebracht und mittels eines Stampfers verdichtet. Das Stampfen ist solange durchzuführen, bis kein Verdichten mehr möglich ist. Daraufhin wird der Prüfkörper mit einem Messer auf beiden Seiten abgezogen und der Prüfkörper aus der Prüfform entnommen.

Der so gewonnene Prüfkörper wird nun sogleich in das abgebildete Prüfgerät eingebaut und durch die Zuführung von Sand belastet, bis er reist. Sobald der Probekörper reißt, wird die Sandzufuhr gestoppt und das Gewicht des Sandes, welches sich im Behälter befindet, abgewogen. Aus dem Gewicht des Sandes und der Querschnittsfläche des Prüfkörpers kann die Spannung ermittelt werden. Der endgültige Wert ergibt sich aus dem Mittelwert von mindestens drei Proben. Die Abweichungen der Proben dürfen nicht größer als 10 % sein. Sonst muss der komplette Prüfvorgang wiederholt werden.

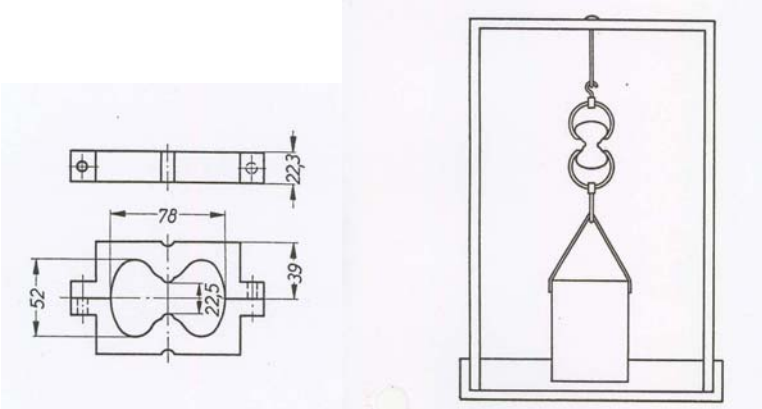


Abbildung 15: Prüfkörperform (Maße in mm) und Prüfeinrichtung nach [10]

Die Bindekraft liegt in der Regel zwischen 0,005 und 0,036 N/mm² (Tabelle 17). Anhand der Bindekraft kann der Lehm [69] in sechs verschiedene Gruppen eingeteilt werden.

Tabelle 17: Einteilung der Baulehme nach Bindigkeit nach [69]

Bindekraft [N/mm²]	0,005–0,008	>0,008–0,011	>0,011-0,020	>0,020-0,028	>0,028-0,036	>0,036
Benennung	sehr magerer Lehm	magerer Lehm	fast fetter Lehm	fetter Lehm	sehr fetter Lehm	Ton

3.2.4 Feuchtigkeitseinwirkungen auf den Lehm

3.2.4.1 Wassereinwirkung

Sobald Lehm mit Wasser in Berührung kommt, beginnt er zu quellen und kann sich auch plastisch verformen. Lehmbaustoffe besitzen eine feinporige Struktur. Durch die Kapillarkräfte kann Wasser rasch weitergeleitet werden[21].

Prinzipiell gilt es für Lehmbauten, diese absolut vor jeglicher direkter Wassereinwirkung, wie Niederschlag oder aufsteigender Bodenfeuchtigkeit, zu schützen.

Ferner gilt es nach Herstellung von Lehmsteinen, diese erst dann zu Vermauern, wenn das Schwinden des Lehmsteines abgeschlossen ist und die Gleichgewichtsfeuchte erreicht wurde.

3.2.4.1.1 Quellen und Schwinden

Das Quellen von Lehm tritt, wie oben erwähnt, nur bei direkter Wassereinwirkung ein. Die Wasserdampfeinwirkung hat keinen Einfluss auf das Quellen [42]. Dazu gibt es Untersuchung, die im Forschungslabor für Experimentelles Bauen an der Universität Kassel unter der Leitung von Prof. Minke durchgeführt wurde. Dabei wurden Lehmsteine bei einer 95% relativen Luftfeuchte sechs Monate lang gelagert. Nach Ablauf der Lagerung lag die Gleichgewichtsfeuchte bei 5 bis 7% und die Proben wurden nicht weich.

Das Quell- bzw. Schwindmaß hängt von der Art und der Menge des Tones und von der Kornverteilung des Lehms ab. Das Tonmineral Montmorillonit quillt stärker als Kaolinit und Illit. Nach Untersuchungen, die an der Universität in Kassel im Forschungslabor für experimentelles Bauen (FEB) durchgeführt wurden [42], stellt die Zusammensetzung des Lehms einen wesentlichen Punkt dar. So zeigte sich in dieser Untersuchung, dass ein handgefertigter Lehmstein, aus einem stark sandigen Lehm hergestellt, fast keine Schwindrisse aufweist. Dies bestätigte sich auch in der Versuchsreihe 3 „Praxisnaher Lehmziegel“ (siehe Kapitel 3.4.4.).

Das Schwindverhalten des Lehmsteines wird über das Ermitteln des Trockenschwindmaßes untersucht.

---

[21] Vgl. [69] Volhard, Franz / Röhlen, Ulrich: *Lehmbau-Regeln : Begriffe, Baustoffe, Bauteile*, 3. Auflage, Braunschweig: Vieweg & Sohn, 2007, Seite 73

Ermittlung des Trockenschwindmaßes:

Nach DIN 18952 [10] wird zur Ermittlung des Trockenschwindmaßes der „normsteife“ Lehm verwendet. Dieser wird, wie schon in Punkt 3.2.3.3 ausgeführt, hergestellt.

Mit diesem „normsteifen“ Lehm kann das Trockenschwindmaß ermittelt werden. Der Lehm wird mit einem Handstampfer, der eine Stampfquerschnittsfläche von etwa 2 cm x 2 cm besitzt, in einen Querschnitt mit den Ausmaßen von 22 cm x 2,5cm gestampft. Auf der flachen Seite des Prüfkörpers werden im Abstand von 20 cm 2 Messmarken eingeritzt. Die Probekörper werden nun auf eine mit einem Ölfilm versehenen Glasplatte gelegt und anschließend bei 20°C drei Tage getrocknet. Danach werden sie im Trocknungsofen bei 60°C solange getrocknet bis keine Längenverkürzung feststellbar ist. Der Mittelwert der Probekörperverkürzung ist nun das Trockenschwindmaß und auf die Prüfkörperlänge von 200 mm umgelegt das Maß in %. Der Versuch muss wiederholt werden, wenn die Verkürzungslängen um mehr als 2 mm differieren.

Da das Schwinden in dieser Arbeit kein wesentlicher Bestandteil ist, wurde es abweichend von [10] in einfacherer Form bestimmt. Zunächst wurde nach Ausschalung des Probekörpers aus der Prüfform die Länge des Prüfkörpers gemessen und dann nochmals nach Ablauf der Trocknung, (wenn keine Gewichtsreduktion mehr feststellbar war). Der Quotient der beiden Längen liefert das Schwindmaß in %. Die Ergebnisse aus der Versuchsreihe 1 und 2 finden sich im Punkt 3.4.2.3.2.

3.2.4.1.2 Aufschlämmbarkeit nach DIN 18952 [10]

Für die Prüfung der Aufschlämmbarkeit wird der Probekörper in der gleichen Weise wie für das Trockenschwindmaß (siehe Punkt 3.2.4.1.1) hergestellt. Nach abgeschlossener Trocknung wird die Probe wie in Abbildung 16 dargestellt aufgehängt und zwar so, dass 5 cm des Körpers in Wasser eintauchen.

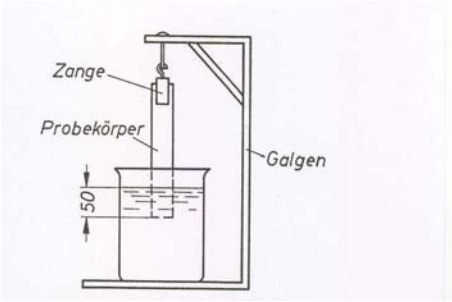


Abbildung 16: Vorrichtung zur Ermittlung der Aufschlämmbarkeit nach DIN18952 [10]

Löst sich der eingetauchte Teil in einer Stunde vom restlichen Probenteil ab, so ist er „leicht aufschlämmbar“. Geschieht dies schon innerhalb von 45 Minuten ist der Lehm für den Lehmbau ungeeignet. Haftet der eingetauchte Teil länger als eine Stunde am restlichen Probekörper, so ist der Lehm „schwer aufschlämmbar“.

3.2.4.1.3 Volumetrischer Wassergehalt

Zur Ermittlung des Wassergehaltes wird aus einer fertigen Lehmmischung ein Prüfkörper mit den Maßen von 16x4x4cm hergestellt. Dieser wird anschließend in einem Trocknungsschrank bei 106°C gelagert und zwar solange, bis keine Gewichtsreduktion des Prüfkörpers mehr gemessen wird.

So erhält man die Trockenmassen des Prüfkörpers. Nun bildet man die Differenz aus Trocken- und Anfangsgewicht des Probekörpers. Durch die Division des Trockengewichtes durch die gewonnene Differenz erhält man das einheitslose Maß für den Wassergehalt.

$$WG = \frac{V_W}{V_T}, \text{ [\%]} \qquad \textbf{(3-3)}$$

WG…Volumetrischer Wassergehalt
V_W…Wasservolumen
V_T…Trockenvolumen

3.2.4.1.4 Gleichgewichtsfeuchte GF

Unter der Gleichgewichtsfeuchte versteht man den Feuchtegehalt in einem Baumaterial der sich bei konstanter Luftfeuchtigkeit einstellt.

Die Gleichgewichtsfeuchte kann folgendermaßen ermittelt werden. Nach Fertigstellung einer Probe misst man das Gewicht des Prüfköpers G_A. Daraufhin lagert man die Probe unter konstanter Luftfeuchtigkeit. Stellt man keine Gewichtsreduktion der Probe mehr fest, wird die Probe erneut gewogen und man erhält das Endgewicht des Prüfkörpers G_E. Bildet man die Differenz von G_A und G_E, bekommt man das Wassergewicht W_E. W_E ist jenes Wasser, das während der Trocknung verdunstet ist.

Das gesamte Wassergewicht W_A, welches vor der Trocknung in der Probe ist, setzt sich zusammen aus dem Wassergehalt des Baulehmes und der Zugabemenge des Anmachwassers, welches notwendig ist um eine Lehmmischung herzustellen. Bildet man nun die Differenz von W_A und W_E erhält man die Restwassermenge, die sich noch im Probekörper befindet. Durch das Bilden des Quotienten der Restwassermenge durch das

Gewicht des Probekörpers erhält man die Gleichgewichtsfeuchte G_F oder den „praktischen Feuchtegehalt“ des Lehms.

$$GF = \frac{W_A - W_E}{G_A - W_A}, [\%] \quad \textbf{(3-4)}$$

3.2.4.1.5 Plastizität

Die Konsistenz des Lehms kann in unterschiedlicher Form vorliegen. Diese reicht von flüssig, plastisch bis fest. Zur Beschreibung der Konsistenzen werden die Atterbergschen Zustandsgrenzen herangezogen. Diese Zustandsgrenzen sind für den Lehm ebenfalls von Bedeutung.

Jedoch kann bei gleicher Konsistenz der Wassergehalt von unterschiedlichen Lehmen verschieden sein. So braucht ein Lehm mit einem höheren Tongehalt mehr Wasser als ein Lehm mit niederem Tongehalt, um eine gleiche Konsistenz zu erreichen[22].

Fließgrenze

Die Fließgrenze W_L wird durch den Wassergehalt an der Grenze vom flüssigen zum plastischen Zustand beschrieben. Sie wird durch das Fließgerät von Casagrande ermittelt und in Prozent angegeben. Der Wassergehalt lässt sich nach (3-3) bestimmen.

Ausrollgrenze

Die Ausrollgrenze W_P wird durch den Wassergehalt an der Grenze vom plastischen zum halbfesten Zustand beschrieben und wird ebenfalls in Prozent angegeben.

Auswertung der Ergebnisse

Zur Interpretation der Ergebnisse kann man nun die Plastizitätszahl J_p berechnen, die sich aus der Differenz von Fließgrenze und Ausrollgrenze ergibt. Je nach Größe der Plastizitätszahl kann nun der plastische Bereich des Lehms näher beschrieben werden und zwar in „breiig“, „weich“ und „steif“.

---

[22] Vgl. [42] Minke, Gernot: *Das neue Lehmbau-Handbuch,* 5. Auflage, Staufen bei Freiburg: Ökobuch Verlag, 2001, Seite 41

Tabelle 18: Plastizitätszahlen von verschiedenen Lehmen nach Minke [42]

Lehmart	W_L [%]	W_P [%]	$J_P=W_L-W_P$ [%]
Stark sandiger Lehm	10-23	5-20	<5
Stark schluffiger Lehm	15-35	10-25	5-15
Stark toniger Lehm	28-150	20-50	15-95
Betonit	40	8	32

Ferner kann aus den Versuchsergebnissen auch die Konsistenzzahl I_c ermittelt werden über die man wieder eine Einteilung des Lehms in breiig, weich und steif vornehmen kann (Tabelle 19). I_c wird nach folgender Formel ermittelt.

$$I_c = \frac{W_L - W}{W_L - W_P} \qquad \textbf{(3-5)}$$

W ist dabei der vorhandene Wassergehalt.

Tabelle 19: Unterteilung der Konsistenzzahl nach [42]

	I_c
Fest bis halbfest	>1
Steif	0,75 – 1
Weich	0,5 – 0,75
Breiig	0,5 – 0
flüssig	0

Aktivitätskoeffizient C

Das Verhältnis der Plastizitätszahl J_p zum Massenanteil des Tones definiert den Aktivitätskoeffizienten C (als Verhältniszahl).

$$C = \frac{W_L - W_P[Masse\%]}{Tongehalt[Masse\%]} \qquad \textbf{(3-6)}$$

Dabei weisen Werte über 0,75 auf eine niedrige und Werte über 1,25 auf eine hohe Aktivität hin.

3.2.4.1.6 Kapillare Wasseraufnahme

Baustoffe weisen durch ihre Porenstruktur die Fähigkeit auf, Wasser aufzunehmen. Diese Wasseraufnahme erfolgt im Wesentlichen durch die Kapillarität der Poren. Durch den Wasseraufnahmekoeffizienten Wa kann man für jeden Baustoff das Potential für die Wasseraufnahme bestimmen, so auch für den Lehm. Dieser gibt an wie viel Kilogramm Wasser w ein Baustoff auf einer Fläche von einem Quadratmeter in Abhängigkeit von der Zeit t aufgenommen werden kann.

$$Wa = w \cdot \sqrt{t} \quad \text{[kg/m²]} \qquad \textbf{(3-7)}$$

w…Wasseraufnahmekoeffizient [kg/m²h^{0,5}]
t…Zeit [h]

Im Labor kann der Wassergehalt durch die Messung der Gewichtszunahme eines Probekörpers bei Wasserzugabe in Abhängigkeit von der Zeit ermittelt werden.

Aber auch an Bauwerken kann dieser Wert gemessen werden, z.B. näherungsweise mittels dem Karstenschen Rohr.

Die kapillare Wasseraufnahme ist bei Lehm gegenüber Beton doppelt so hoch, jedoch beim gebrannten Ziegel drei- bis zehnmal geringer [7].

3.2.4.1.7 Austrocknungsdauer

Unter der Austrocknungsdauer bezeichnet man jene Zeit, die ein nasser Baustoff braucht bis er sich im Zustand der Gleichgewichtsfeuchte befindet.

Untersuchungen an der Universität in Kassel am Forschungslabor für experimentelles Bauen (FEB) [42] zeigten, dass für Lehmziegeln die Gleichgewichtsfeuchte schon nach 20 bis 30 Tagen erreicht ist, während gebrannte Ziegeln selbst nach 100 Tagen noch nicht diesen Zustand erreicht haben.

3.2.4.2 Wasserdampfeinwirkung

Die Wasserdampfeinwirkung hat auf Lehm keinen negativen Einfluss. Er beginnt unter dieser Einwirkung weder zu quellen noch wird er plastisch. Wie in Abschnitt 3.2.4.1.1 bereits

ausgeführt lag die Gleichgewichtsfeuchte bei Lehmproben, die sechs Monate bei 95% Luftfeuchtigkeit gelagert wurden, bei 5-7%.

Ferner zeigte sich bei Lehm, dass er gegenüber anderen Baustoffen wie Mauerziegel, Beton, Kalksandstein oder Holz viel rascher Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen kann[23].

Tabelle 20: Wasseraufnahme verschiedener Baustoffe nach 48 Stunden bei einem plötzlichen Anstieg von 50 auf 80% Luftfeuchtigkeit

Baustoff	Wasseraufnahme nach 48h in [g/m²]
Lehmsteinwand	300
Kalksandstein	100
Fichtenholz	100
Mauerziegel	10-30
Beton	60

[23] Vgl. [42] Minke, Gernot: *Das neue Lehmbau-Handbuch,* 5. Auflage, Staufen bei Freiburg: Ökobuch Verlag, 2001, Seite 21ff.

3.2.5 Zusammenstellung allgemeiner Parameter des Lehms

Tabelle 21: Zusammenstellung der allgemeinen Parameter des Lehmes aus [7], [38], [42], [70]

σ_{BZ}	Biegezugfestigkeit	1,1 – 1,6 N/mm²
σ_{D}	Druckfestigkeit	3 – 6 N/mm²
	Bindigkeit[24]	0,005 – 0,036 N/mm²
E	Elastizitätsmodul	6000 – 8500 N/mm²
λ	Wärmeleitfähigkeit[25]	0,09 – 1,20 W/(mK)
c[26]	Wärmekapazität	1,0 – 1,3 kJ/kgK
ρ	Dichte	Massivlehm: 2000 kg/m³ Leichtlehm: 200 – 1200 kg/m³
	Brandverhalten (ÖNorm B3806)	A1 (Nicht brennbar)
	Längenschwindung	Magerer[27] Lehm: 1 – 2,5% Fast fetter Lehm: 2 – 3,5% Fetter Lehm:3 – 5 % Sehr fetter Lehm: 4 – 10%

[24] siehe Seite 54

[25] Die Wärmeleitfähigkeit ist im Wesentlichen von der Dichte des Lehms abhängig. Diese ist bei Leichtlehmbauten (Mischung aus Stroh und Lehm) niedriger. Dadurch erhält man auch für die Wärmeleitfähigkeit günstigere Werte.

[26] Die Wärmespeicherung ergibt sich aus dem Produkt von der Wärmekapazität c und der Rohdichte.

[27] Bzgl. der Definiton für „mageren“ und „fetten“ Lehm siehe Abschnitt 3.2

3.3 Verbesserung der Materialeigenschaften

3.3.1 Verbesserung der Druckfestigkeit

3.3.1.1 Erhöhung der Bindigkeit

Die Bindigkeit[28] des Lehms ist in der Regel auch ein Maß für die Druckfestigkeit. Kann die Bindigkeit erhöht werden, wirkt sich das auch positiv für die Druckfestigkeit aus. Im Wesentlichen kann die Bindigkeit durch die Zugabe von Ton, durch eine bessere Aufbereitung des Lehms und durch diverse Zusätze verbessert werden (bei letzterer Maßnahme kann es auch zu Verschlechterungen kommen).

Aufbereitung des Lehms

Die Bindigkeit des Lehms kann durch zwei Prozesse verbessert bzw. vergrößert werden und zwar durch die Art des Mischens bzw. durch das sogenannte „Mauken“.

Unter „Mauken“ versteht man das Ruhenlassen einer aufbereiteten Lehmmischung.

Untersuchungen am Forschungslabor für experimentelles Bauen (FEB) der Universität Kassel [42] haben ergeben, dass durch die unterschiedliche Art des Mischens (Kneten, Rühren bzw. auch die Dauer dieser Vorgänge) man eine Verbesserung der Materialeigenschaften um bis zu 60% erreicht werden kann.

Durch das sogenannte „Mauken“ kann es ebenfalls zu einer Verbesserung der mechanischen Eigenschaften kommen.

Erhöhung des Tongehaltes

Eine weitere Möglichkeit die Bindigkeit zu verbessern, besteht darin bei einem mageren sandigen Lehm den Tongehalt zu erhöhen. Dabei kann man Tonpulver zugeben, z.B. Betonit oder Tonpulver, wie es in der Keramikindustrie z.B. für Glasuren verwendet wird. Letzteres ist dem Betonit vorzuziehen, da das Betonit vor allem reich an Montmorillonit ist. Im Vergleich zu den anderen Tonmineralen wie Kaolinit oder Illit quillt und schwindet Montmorillonit stärker.

[28] Zur Definition der Bindigkeit siehe Abschnitt 3.2.3.3 bzw. [70] auf Seite 8.

Zusätze

Durch eine Reihe von Zusätzen kann ebenfalls die Bindigkeit erhöht werden, wie zum Beispiel durch Magerquark, Molke, Urin, Frischkäse, Leinölfirmis, etc. [24] [38] [42] [55] [68] [65]. Zu beachten ist, dass der mit einem bestimmten Zusatz angereichte Lehm durch umfassende Labortests genau zu untersuchen ist.

3.3.1.2 Erhöhung der Druckfestigkeit

Verbesserung der Kornverteilung

Aus der Betontechnologie ist zur Ermittlung der idealen Kornverteilung bzw. der optimalen „Packungsdichte“ die Fuller Parabel bekannt. Sie wird zur Bestimmung der Betonzuschläge verwendet und durch folgende Gleichung definiert:

$$a = 100 \cdot \sqrt{d/D} \qquad \textbf{(3-8)}$$

a…Massen bzw. Gewichtsanteil mit Korndurchmesser kleiner d bezogen auf die Gesamtmasse
d…Korndurchmesser (0<d<D)
D…Durchmesser des Größtkorn

Auch für den Lehmbau kann Gleichung (3-8) herangezogen werden, um eine optimale Kornverteilung zu erhalten. Der Tongehalt darf dabei nicht zu gering werden. In [42] wird eine modifizierte Fuller Parabel vorgeschlagen.

Dabei soll die Fuller Parabel nur für Körner mit einem Durchmesser größer 0,002 mm verwendet werden Der Massenanteil für Ton wird mit 10 % fixiert.

$$a_{10} = 90 \cdot \sqrt{d/D} + 10 \qquad \textbf{(3-9)}$$

a_{10}… Massen bzw. Gewichtsanteil mit Korndurchmesser kleiner d bezogen auf die Gesamtmasse. Der Korndurchmesser d liegt dabei zwischen 0,002mm und D.

Aufbereitung und Verarbeitung

Zur Herstellung einer Lehmmischung ist es notwendig den Lehm mit Wasser und eventuell mit Zusätzen oder Zuschlägen zu vermischen. Dieser Vorgang, der als Aufbereitung bezeichnet wird, hat ebenfalls eine Auswirkung auf die Druckfestigkeit. Durch die Wahl der richtigen Aufbereitungsmethode kann die Druckfestigkeit verbessert werden.

Untersuchungen am Forschungslabor für experimentelles Bauen (FEB) der Universität Kassel [42] haben ergeben, dass ein intensives Durchkneten der Lehmmischung zu einem Anstieg der Druckfestigkeit führte. Man stellte fest, dass durch diesen Vorgang die Tonminerale besser parallel angeordnet wurden und so eine kompakte Packung erreicht wurde.

Nach dem Einbringen der Lehmmischung in die Ziegelformen kann der Lehm noch verdichtet werden. Durch dieses Verdichten kann die Druckfestigkeit ebenfalls verbessert werden.

Mineralische und organische Zusätze

Wie schon im oberen Punkt 3.3.1.1 erwähnt, kann die Festigkeit auch durch das Einbringen von Tonmineralen (wie zum Beispiel von Betonit) verbessert werden.

Ferner kann eine Veränderung der Druckfestigkeit auch durch folgende mineralische Zusätze bewirkt werden:

- Zement
- Kalk
- Puzzolane
- Ziegelmehl von gebrannten Ziegeln
- etc.

Zu den organischen Zusätzen zählt man folgende Produkte:

- Harnstoffe
- Ammoniumacetat
- etc. .

In [38], [42], [65], [68] werden Untersuchungen an zahlreichen Zusätzen vorgestellt. Dabei zeigt sich, dass in der Regel keine wesentliche Verbesserung festzustellen ist.

3.3.2 Verringerung der Rissbildung

Bei der Trocknung des Lehmziegels schwindet dieser und es können Risse im Lehmziegel entstehen. Diese können so stark sein, dass sie bis zur Zerstörung des Ziegels führen können (siehe Abbildung 38).

Das Schwindmaß ist abhängig von der Art und Menge des Tones und von der Zusammensetzung der Lehmmischung. Daraus ergeben sich folgende Möglichkeiten, um die Rissbildung von Lehmsteinen zu reduzieren:

Magern

Durch das Magern des Lehms (Zugabe von Sand, Kies und Schotter) kann die Rissbildung von „fetten“ Lehmen minimiert und zum Teil vollständig vermieden werden.

Verflüssigungsmittel

Aus der Keramikindustrie kennt man die Verwendung von Verflüssigungsmittel, um den Ton flüssiger zu machen, ohne dabei mehr Wasser zu zugeben. Dadurch kann man den Wassergehalt in der Lehmmischung reduzieren. Mögliche Verflüssigungsmittel sind Natrium Wasserglas, Humussäure oder Gerbsäure.

Faserstoff

Eine weitere Methode besteht darin, der Lehmmischung pflanzliche oder tierische Faserstoffe als Rissbremse zuzugeben. Dabei wird beispielsweise kurz geschnittenes Stroh in die Lehmmischung eingebracht, dadurch wird die Zugfestigkeit des plastischen Lehms erhöht, was sich wiederum beim Austrocknen positiv auswirkt und so die Rissbildung minimiert. Neben Stroh können auch Faserstoffe wie Tierhaare, Kokos-, Sisal-, Hanf-, Flachs- und Bambusfasern, Kiefern- und Lärchennadeln, Flachs- und Getreidestroh sowie Heu verwendet werden.

3.3.3 Verbesserung der Wasserfestigkeit

Wenn ein Baustoff gegenüber der Einwirkung von Wasser resistent ist, spricht man von einem wasserfesten Baustoff. Lehm ist kein wasserfester Baustoff. Daher gilt es generell, dass Lehmbauten vor Wasserzutritt zu schützen sind. So bringt man zwischen dem aufsteigenden Lehmmauerwerk und dem Fundamentsockel horizontale Sperrschichten an, um diese vor der aufsteigenden Bodenfeuchtigkeit zu schützen.

Der Sockel soll nicht aus Lehm hergestellt werden, da hier neben der Bodenfeuchte, der Einfluss des Spritzwassers zu berücksichtigen ist.

Der Sockel wird in der Regel aus Beton (bei historischen Bauten aus Stein) hergestellt. Ferner werden Lehmwände durch große Dachüberstände (laut [9] größer als 30cm), Putze und Anstriche, sowie Verkleidungen effektiv bzw. vorbeugend vor Wasserzutritt geschützt.

Neben den konstruktiven Maßnahmen, gibt es auch eine Reihe von verschiedenen Zusätzen[29] mit denen man Lehm wasserfester machen kann. Dazu zählen vor allem folgende:

- Mineralische Bindemittel: Zement, Kalk, Bitumen und Wasserglas
- Tierische Produkte: Blut, Urin, Kot, Kuhmist, Kasein und Knochenleim
- Mischungen aus mineralischen und tierischen Produkten
- Pflanzliche Produkte: Öl- und latexhaltige Pflanzensäfte, z.B. Sisalagaven, Bananen und dem Wolfsmilchgewächs
- Synthetische Produkte: Kunstharze, Paraffine, synthetische Wachse und synthetischer Latex

3.4 Praktische Untersuchungen an Lehmprismen

3.4.1 Allgemein

Für die Ermittlung der charakteristischen Werte zur Kalibrierung eines Teilsicherheitsbeiwertes für den Lehmbau wurden umfangreiche Untersuchungen im Werkstofflabor des Institutes für Hochbau und Technologie, Forschungsbereich für Baustofflehre, Werkstofftechnologie und Brandsicherheit unter Anleitung von Prof. Heinrich Bruckner durchgeführt.

[29] Vgl. [42] Minke, Gernot: *Das neue Lehmbau-Handbuch,* 5. Auflage, Staufen bei Freiburg: Ökobuch Verlag, 2001, Seite 79ff

3.4.1.1 Lehm

Für die Laborversuche wurde durch die Firma Claytec Baulehm (Claytec, 10.001) zur Verfügung gestellt.

Dabei handelt es sich um gemahlenen Lehm mit einer Körnung von 0-0,5mm geeignet zur Herstellung von Lehmbaustoffen.

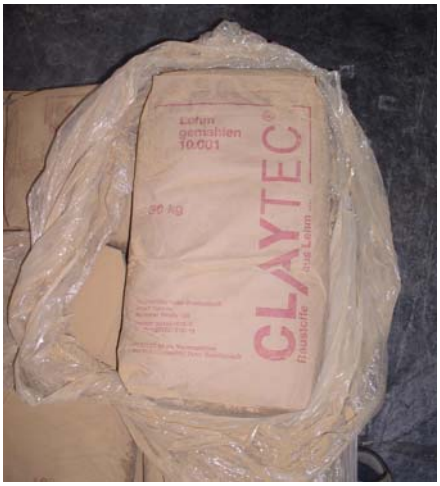


Abbildung 17: Baulehm der Firma Claytec (Sorte 10.001)

Laut Angabe des Herstellers liegt die Bindekraft, wie in Abschnitt 3.2.3.3 beschrieben, bei 50-80g/cm². Anwendungsgebiete für dieses Lehmprodukt sind alle Arten von Lehmmörtel, Leichtlehme, Lehmschüttungen im Innenbereich, sowie Lehm für konstruktiv geschützte Außenwände.

3.4.1.2 Probekörperformen

Zur Ermittlung der Druck- und Biegezugfestigkeit (σ_D / σ_{BZ}) wurde auf EN1015-11 für Mauermörtel [13] zurückgegriffen. Aus dieser Norm wurden die wesentlichen Rahmenbedingungen für die Versuche übernommen und für den Lehmbau adaptiert. Dies gilt auch für die Dimensionen des Probekörpers (für die Durchführung der Versuche im Rahmen der Versuchsserien 1 und 2 wurden Probekörper mit einer Größe von 16 x 4 x 4 cm hergestellt).

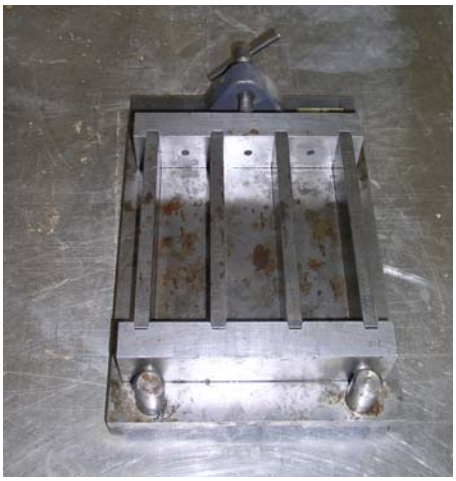


Abbildung 18: Verwendete Probekörperform für die Versuchsserie 1 und 2

In der abschließenden dritten Versuchsserie wurden die Festigkeitswerte an praxisnahen Ziegelformen ermittelt. Dafür wurde eine Probekörperform mit den Abmessungen von 26 x 12 x 8 cm verwendet. Dabei handelt es sich um ein für den Lehmbau typisches Steinmaß, welches auch in [11] beschrieben ist. Unter Berücksichtigung des Schwindverhaltens erhält man so Ziegeln mit den Abmessungen von l=24cm, b=11cm und h=7cm.

Abbildung 19: Verwende Prüfkörperform für die Versuchsserie 3

3.4.1.3 Lehmaufbereitung

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort: *Lehmanteil:* *Dimensionen des Probekörpers:*

Datum *Wasseranteil:* *Anz. Lagen:*

Zeit *Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:* *Stößelgröße:*

Mischungs-bezeichnung: *Art der Mischung* *Einbringung in Schalung:*

Serienbezeichnung: *Dauer der Mischung:* *Maukdauer:*

Ausbreitmaß in cm:

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles:

Trocknung

Lagerungsbedingungen

Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
1																
2																
3																
	Temperatur				Temperatur				Temperatur				Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwichenes Wasser [g]	Wassergewicht am Anfang [g]	Differenz [g]	Gleich-gewichtsfeuchte	*Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse:* *Lehmanteil:* *Wasseranteil:*
1							
2							reduzierte Wert lt. Formel AM
3							

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
				n = 3	
1				x	
2					
3					

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* *Zeit*

Serienbezeichnung:

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit *Vorkraft*

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1					x		
2					s		
3					v		

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit *Vorkraft*

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
1	1						x		
1	2						s		
2	3						v		
2	4								
3	5								
3	6								

Anmerkungen zur Prüfung:

Abbildung 20: Leerformular für die Prüfberichte

Der gelieferte Baulehm der Firma Claytec liegt im gemahlenen (mit einer Körnung von 0-0,5mm) und trockenem Zustand vor. Der Wassergehalt liegt bei 2,63%.

Für die Aufbereitung des Lehms und dessen Einbau in die Probekörperform wurden dem Lehm die notwendigen Wassermengen zugeführt und anschließend verrührt. Für die

Versuchsserien 1 und 2 wurden weder Zusätze noch Zuschläge verwendet, da es rein um die Untersuchung des Rohmaterialverhaltens des Baulehmes ging.

Bei der Herstellung einer Lehmmischung wurden stets folgende Parameter aufgenommen:

- Dauer des Verrührens von Lehm mit Wasser
- Konsistenz des Lehmes beim Mischen (Verhältnis von Wassermenge des Anmachwassers und Baulehm, welches als W/L-Wert bezeichnet wird.)
- Art der Verdichtung der Lehmmischung beim Einbringen in die Probeformen
- Die Maukdauer der Lehmmischung

All diese verschiedenen Rahmenbedingungen wurden für jede Serie aufgezeichnet. Als Vorlage für diese Aufzeichnungen diente das in Abbildung 20 dargestellte Prüfformular.

Sämtliche Prüfergebnisse und Anmerkungen wurden in diesem Bericht für jede Versuchsserie festgehalten.

Abbildung 21: Rührwerk MXP 1602 von der Firma Pro Tool

Für das Mischen des Lehmes mit dem Wasser wurde das Rührwerk MXP 1602 der Firma Pro Tool verwendet.

3.4.1.4 Ermittlung des Ausbreitmaßes

Vor dem Einbau des Lehmes in die Schalung wird das sogenannte „Ausbreitmaß“ ermittelt. Dafür wird von der aufbereiteten Lehmmischung 200g Lehm zu einer Kugel gerollt. Anschließend wird diese aus 2m Höhe auf eine glatte ebene Fläche fallengelassen. Dieser Vorgang wurde in Anlehnung an [10], Blatt 2, Abschnitt 2.2 festgelegt. Daraufhin wird der Durchmesser der platt zusammengedrückten Kugel ermittelt.

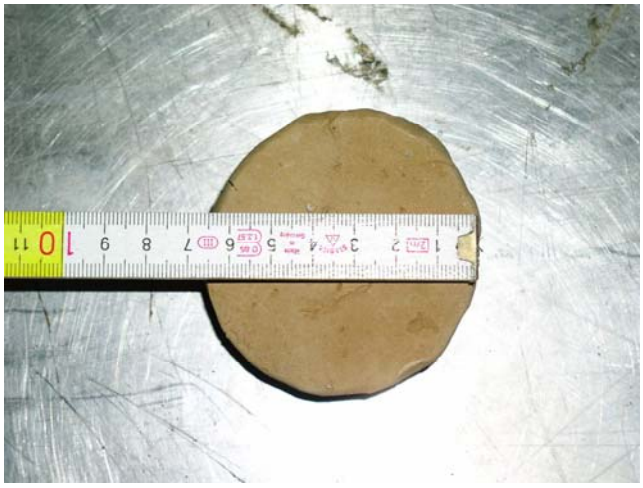


Abbildung 22: Abmessung des ermittelten Ausbreitmaßes für eine Lehmprobe

3.4.1.5 Lehmeinbau in Prüfkörperform

Die Lehmmischung wird anschließend in die Prüfformen eingebracht.

Dafür wird zunächst die Metallform mit Schalungsöl benetzt, um so den Ausbau aus der Form zu erleichtern. Der Einbau der Lehm-Wasser-Mischung in die Prüfkörperform erfolgt lagenweise, im Falle der Prismen mit den Abmessungen von 16x4x4cm in 3-4 Lagen. Jede Lage wird anschließend verdichtet. Für das Verdichten wurde im Rahmen dieser Arbeit ein eigener Verdichtungsstempel entwickelt.

Zu Beginn der Laborarbeiten wurde zum Einbau der Stampfer für die Betonprüfung verwendet. Dieser stellte sich in der Bearbeitung des Lehms als nicht sehr praktisch heraus. Daraufhin wurde ein Holzstößel, der kleiner und handlicher als der Stampfer für die Betonprüfung ist, mit einer Querschnittsabmessung von 2x2cm getestet. Beide Methoden haben eines gemeinsam. Man kann von keiner einheitlichen Verdichtung der Lehmmischung ausgehen. Die Intensität der Verdichtung war unregelmäßig, da sie aus unterschiedlicher Höhe und mit ungleicher Stärke erfolgte. Daher waren diese beiden Methode für die weiteren Untersuchungen nicht zufriedenstellend.

Aus diesem Grund wurde ein Verdichtungsstempel entwickelt. Dafür wurde in der Mitte eines Holzstücks (mit den Abmessungen von 15,8 x 3,8 x 4cm) eine Eisenstange (mit einem Durchmesser von 8mm und einer Länge von 30cm) montiert. Diese Stange diente als Führungsschiene für ein Fallgewicht. Das Fallgewicht war ein Messingzylinder mit einem Durchmesser von 4cm und einer Länge von 8cm.

Nach dem Einbringen der Lehmmischung in die Schalung des Prüfkörpers wurde das Holzstück auf dem Lehm gesetzt und der Messingzylinder vom oberen freien Ende der Stange auf das Holzstück fallen gelassen. Damit konnte eine einheitliche Verdichtung der Lehmmischung garantiert werden. Die Fallhöhe (30cm) und das Fallgewicht waren immer gleich und somit auch die Verdichtungsarbeit.

Nach Einbringung des Lehmes wird mit einem Abstreichlineal abgezogen und die Probe unverzüglich ausgebaut und gekennzeichnet. Daraufhin werden die Lehmprismen gewogen und abgemessen.

Abbildung 23: Betonstampfer und Verdichtungsstempel

Abbildung 24: Laborwaage

3.4.1.6 Trocknung und Lagerung

Die Trocknung bzw. Lagerung der einzelnen Prüfkörper erfolgte nach [13] in einem Klimaraum, in welchen folgende konstanten Bedingungen herrschten:

- Temperatur: 20°C
- Luftfeuchtigkeit: 65%

Die Trocknung der Probekörper erfolgte bis zur Einstellung der Gleichgewichtsfeuchte[30].

3.4.1.7 Prüfung

Bevor der Prüfkörper auf Druck- und Biegezugfestigkeit untersucht wurde, wurden vom Probekörper das Endgewicht, die Länge, die Höhe und die Breite ermittelt.

Die Biegezug und Druckfestigkeit wurden mit der Universal - Prüfmaschine der Firma Zwick festgestellt.

Für den Biegezugversuch wurde der Probekörper im Dreipunktversuch bis zum Bruch belastet. Die Prüfgeschwindigkeit wurde mit 0,05N/mm²s und die Vorbelastung mit 20N in Anlehnung an [13] festgelegt. Die so erhaltenen beiden Bruchstücke wurden nun auf Druck untersucht. Die Kraftübertragung erfolgt dabei über eine 62,5x40mm große Metallplatte. Die Prüfgeschwindigkeit für den Druckversuch wurde mit 0,20N/mm²s und die Vorbelastung mit 200N fixiert. Dabei wurde die Druckkraft solange erhöht bis sich ein Bruch einstellte.

3.4.2 Versuchsreihe 1 „Vorversuche“

3.4.2.1 Allgemein

Ziel der Versuchsreihe 1 „Vorversuche“ ist es, den notwendigen Prozessablauf für die Lehmprismenherstellung genau zu definieren und herauszufinden, welche Parameter für die Versuchsreihe 2 als fixe Größen zu beschreiben sind und welche als variabel angesehen werden können. Der Versuchsablauf kann in drei Teilen eingeteilt werden:

- Aufbereitung der Lehmmischung
- Trocknung und Lagerung
- Ermittlung der Festigkeitswerte

Es gilt nun, jeden dieser drei Parameter genau zu untersuchen, um eine möglichst standardisierte Versuchsabwicklung zu schaffen.

[30] Dies ist jener Zustand bei der keinerlei Gewichtsreduktion innerhalb von 24 Stunden mehr feststellbar ist.

Ferner wurde in Versuchsreihe 1 versucht, Aussagen über die Einwirkung des Wassers auf den Lehm zu gewinnen. Dabei wurden die Austrocknungsdauer, das Trockenschwindverhalten, der Wassergehalt und die Gleichgewichtsfeuchte untersucht.

3.4.2.2 Aussagen über die Festigkeit des Lehmes

Betrachtet man den Vorgang zur Lehmprismenherstellung, so ist zunächst die Wirkung des Anmachwassers auf Lehm zu untersuchen.

Im Rahmen der Versuchsreihen 1 und 2 wird die Aufbereitung des Lehmes rein durch Vermischen von Wasser mit Lehm durchgeführt ohne Zusätze bzw. Zuschlagstoffe zu zusetzen.

Das Verhältnis des Anmachwassers zu Lehm wird im Folgenden als W/L-Wert bezeichnet. Die Untersuchungen in der Versuchsreihe 1 „Vorversuche“ zeigten folgenden Trend.

Nimmt der W/L-Wert zu, so vergrößert sich auch die Biegezugfestigkeit, jedoch die Druckfestigkeit wird kleiner. Umgekehrt gilt das Gleiche. Bei Abnahme des W/L-Wertes steigt zwar die Druckfestigkeit, doch die Biegezugfestigkeit sinkt rasch ab. Dieser Zusammenhang wurde an Lehm festgestellt, der nicht gemaukt wurde.

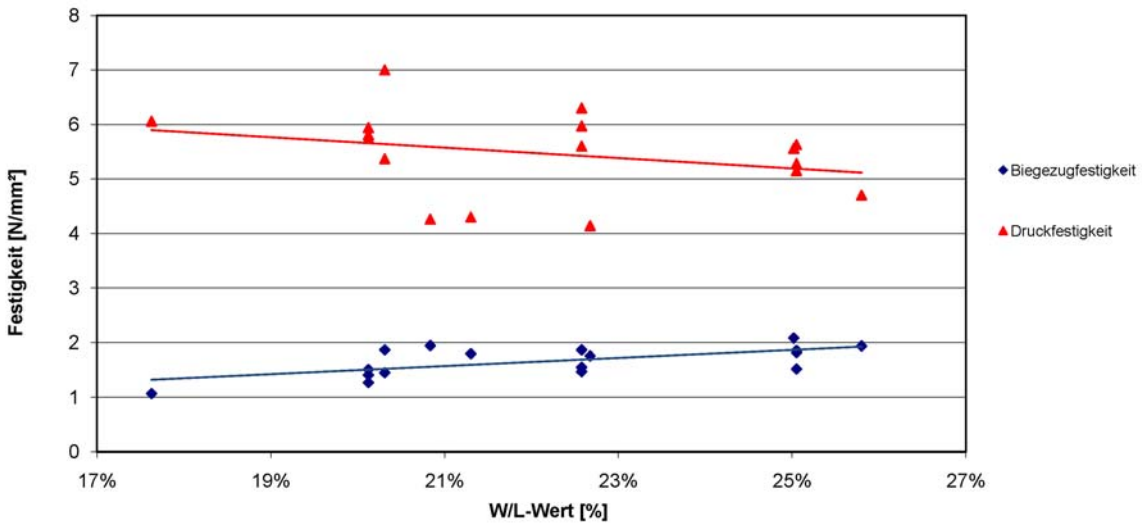


Abbildung 25: Zusammenhang zwischen W/L-Wert und den Festigkeiten

Um eine gleichmäßige Lehmmischung herzustellen, ist es notwendig den Baulehm mit dem Anmachwasser zu verrühren.

Im Folgenden wurde untersucht, wie lange das Rühren der Lehmmischung zu erfolgen hat. Dafür wurden Prüfserien durchgeführt bei denen der W/L-Wert konstant gehalten wurde und

der aufbereitete Lehm wurde nicht gemaukt. Die Mischungen wurden mit folgenden Rührzeiten verarbeitet: 1min, 5min, 10min und 15min.

Dabei zeigte sich, dass durch längeres Rühren die Druckfestigkeit um bis zu 10% verbessert werden konnte. Bei der Biegezugfestigkeit blieben die Werte fast gleich.

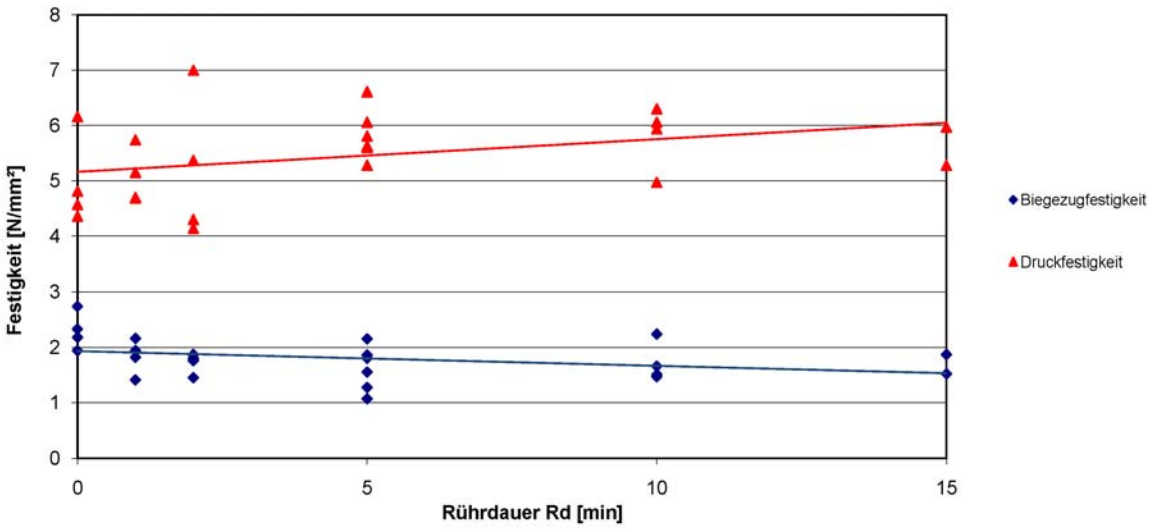


Abbildung 26: Zusammenhang zwischen der Rührdauer und den Festigkeiten

Nach Fertigstellung der Lehmmischung kann nun dieser in die Schalung eingebaut werden. Dies kann unmittelbar nach Herstellung der Lehmmischung erfolgen oder man lässt den Lehm noch ruhen, „Mauken“, und baut ihn dann später ein.

Daher wurde die Wahl des richtigen Einbauzeitpunktes ebenfalls untersucht.

Im Folgenden wurden Mischungen hergestellt, welche vor Einbau in die Schalung anschließend einige Tage gemaukt wurden. Vor dem Einbau wurde das Ausbreitmaß bestimmt, über das der Wassergehalt rückgerechnet werden kann (siehe 3.4.2.3.4).

Dabei hat sich gezeigt, dass das Mauken einen sehr wichtigen Einfluss auf die Festigkeit hat. So kann dieser Trend des Ansteigens der Druckfestigkeit bei einem niedrigem W/L-Wert bei gleichzeitiger Einbuße der Biegezugfestigkeit, der oben beschrieben wurde, korrigiert werden. Es zeigte sich, dass durch das Mauken die Druckfestigkeit zunahm, jedoch sich die Biegezugfestigkeit nicht verschlechterte (siehe Abbildung 27).

Durch das Rückrechnen nach Abschnitt 3.4.2.3.4 kann ein direkter Zusammenhang für das Ausbreitmaß hergestellt werden. In Abbildung 28 wurde dies für gemaukte und ungemaukte Lehmmischungen gemacht. Es zeigt sich wiederum, dass die Biegezugfestigkeit bei einem

kleineren Ausbreitmaß nicht so stark abfällt als bei einem ungemaukten Lehm und die Druckfestigkeit trotzdem ansteigt.

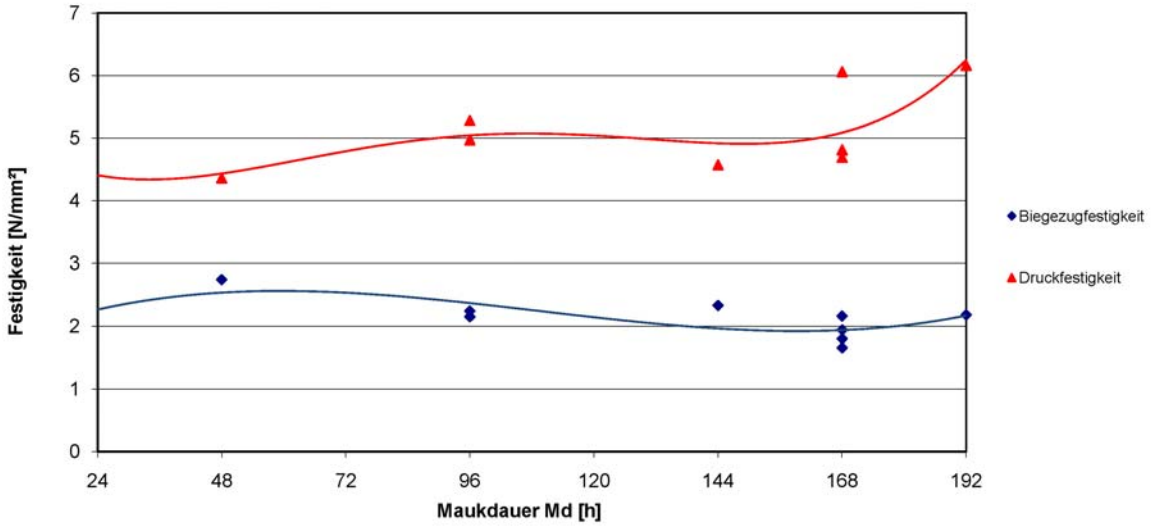


Abbildung 27: Zusammenhang zwischen der Maukdauer und den Festigkeiten

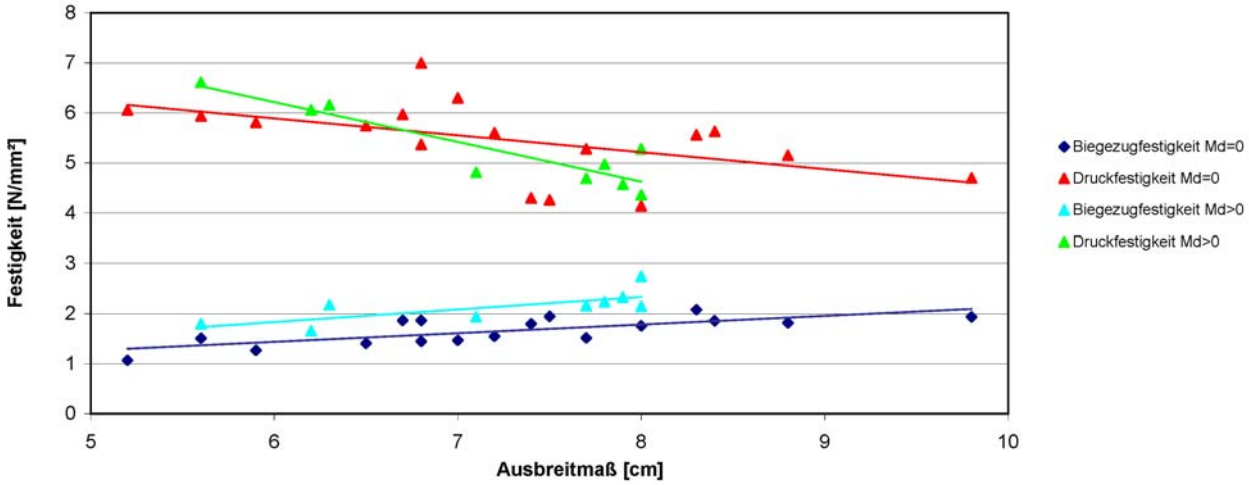


Abbildung 28: Zusammenhang zwischen dem Ausbreitmaß und den Festigkeiten, Maukdauer = 0h

Ferner wurde geprüft, welchen Einfluss der W/L-Wert und die Rührdauer auf das Mauken hat.

Dabei wurde der gemaukte Lehm mit unterschiedlichen W/L-Werten hergestellt. Es zeigte sich dass die verschiedenen W/L-Werte dabei keine Rolle auf das Resultat haben.

Im Hinblick auf die Rührdauer zeigte sich, dass sie für das Mauken auch keinen großen Einfluss hat (siehe Abbildung 29 und Abbildung 30).

Demnach kann für die Herstellung von Lehmmischungen der W/L-Wert hoch und die Rührdauer niedrig sein. Damit wird der Arbeitsaufwand in der Herstellung verringert, da die Arbeitszeit verkürzt und ein plastischer Lehm leichter verrührt werden kann.

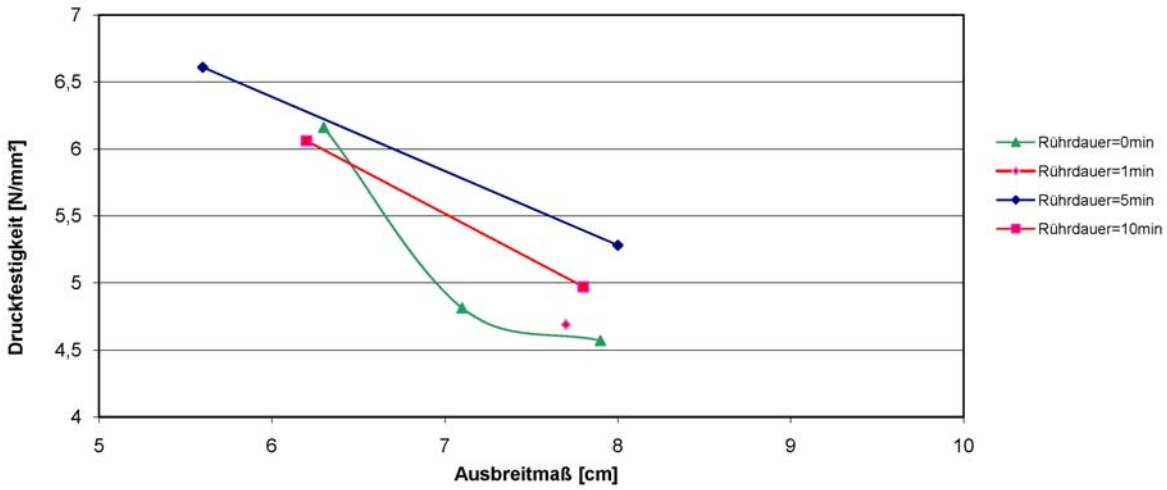


Abbildung 29: Zusammenhang Ausbreitmaß und Druckfestigkeit mit einzelnen Rührdauerkurven

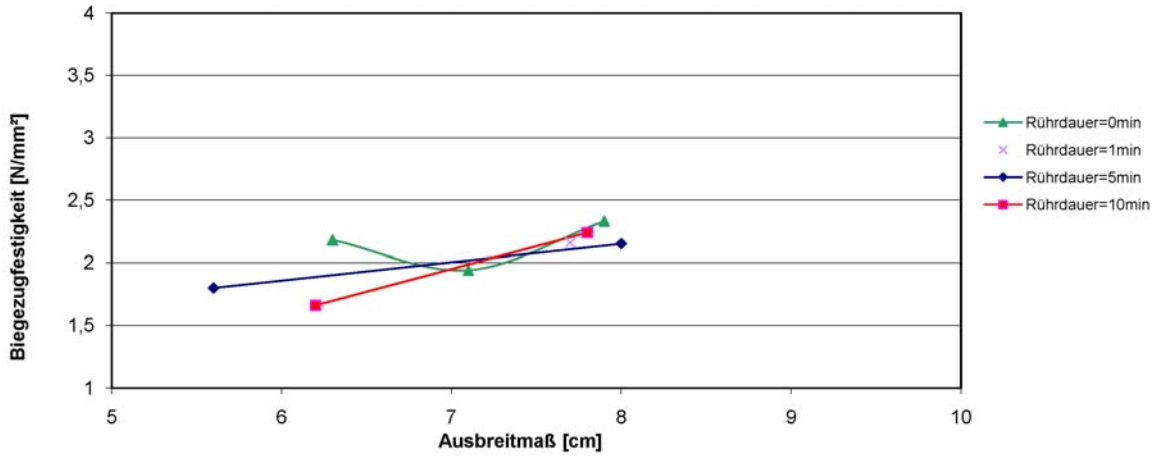


Abbildung 30: Zusammenhang Ausbreitmaß und Biegezugfestigkeit mit einzelnen Rührdauerkurven

Aus all den letzten Überlegungen sieht man auch, dass das Ausbreitmaß eine wichtige Kontrollgröße für den richtigen Einbau des Lehmes in die Schalung ist.

Einbau

Der Einbau des Lehmes in die Prüfschalung erfolgte in der Regel in drei Lagen, die dann mit unterschiedlichen Hilfsmitteln, wie in Abbildung 23 zu sehen sind, verdichtet wurden. Nach der Entwicklung des Prüfstempels stellte sich noch die Frage der richtigen Wahl für die Schlagzahl. Bei sämtlichen Versuchen wurde mit der Schlagzahl 10 verdichtet. Da ab einer Schlagzahl von etwa 7-8 keine merkliche Verdichtung mehr festzustellen war.

Lagerung und Trocknung

Die Lagerung und Trocknung des Probekörpers hat unter gleichmäßigen Bedingungen zu erfolgen. Die Trocknung ist abgeschlossen, wenn die Gleichgewichtsfeuchte erreicht wurde. Dies ist dann der Fall, wenn es innerhalb der letzten 24 Stunden zu keiner Gewichtsreduktion mehr kommt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde an Hand einer Prüfserie (M5S7) versucht, den Einfluss des Wassergehaltes auf die Druck- und Biegezugfestigkeit aufzuzeichnen. Dabei hat sich gezeigt, dass bei einem nicht erreichen der Gleichgewichtsfeuchte es zu einer deutlichen Verschlechterung der Festigkeitswerte kommt, wie aus der Abbildung 31 zu erkennen ist.

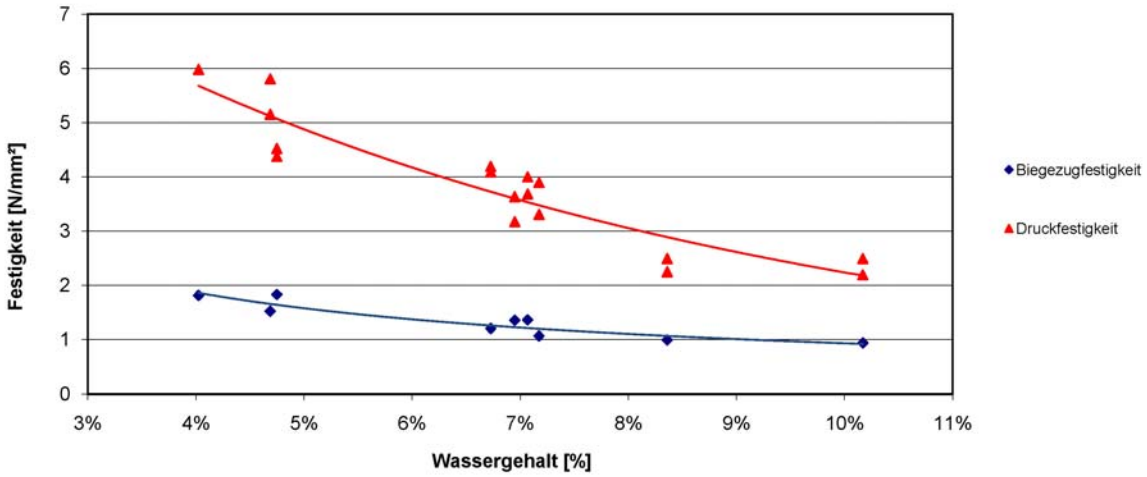


Abbildung 31: Zusammenhang von Druck- bzw. Biegezugfestigkeit und Wassergehalt

Neben der Abnahme der Festigkeitswerte verändert sich auch die Charakteristik der Bruchkurve des Probekörpers. Mit Zunahme des Wassergehaltes flacht die Kurve deutlich ab und der Bruch erfolgt nicht mehr so ruckartig, als an Probekörpern die ihre Gleichgewichtsfeucht erreicht haben.

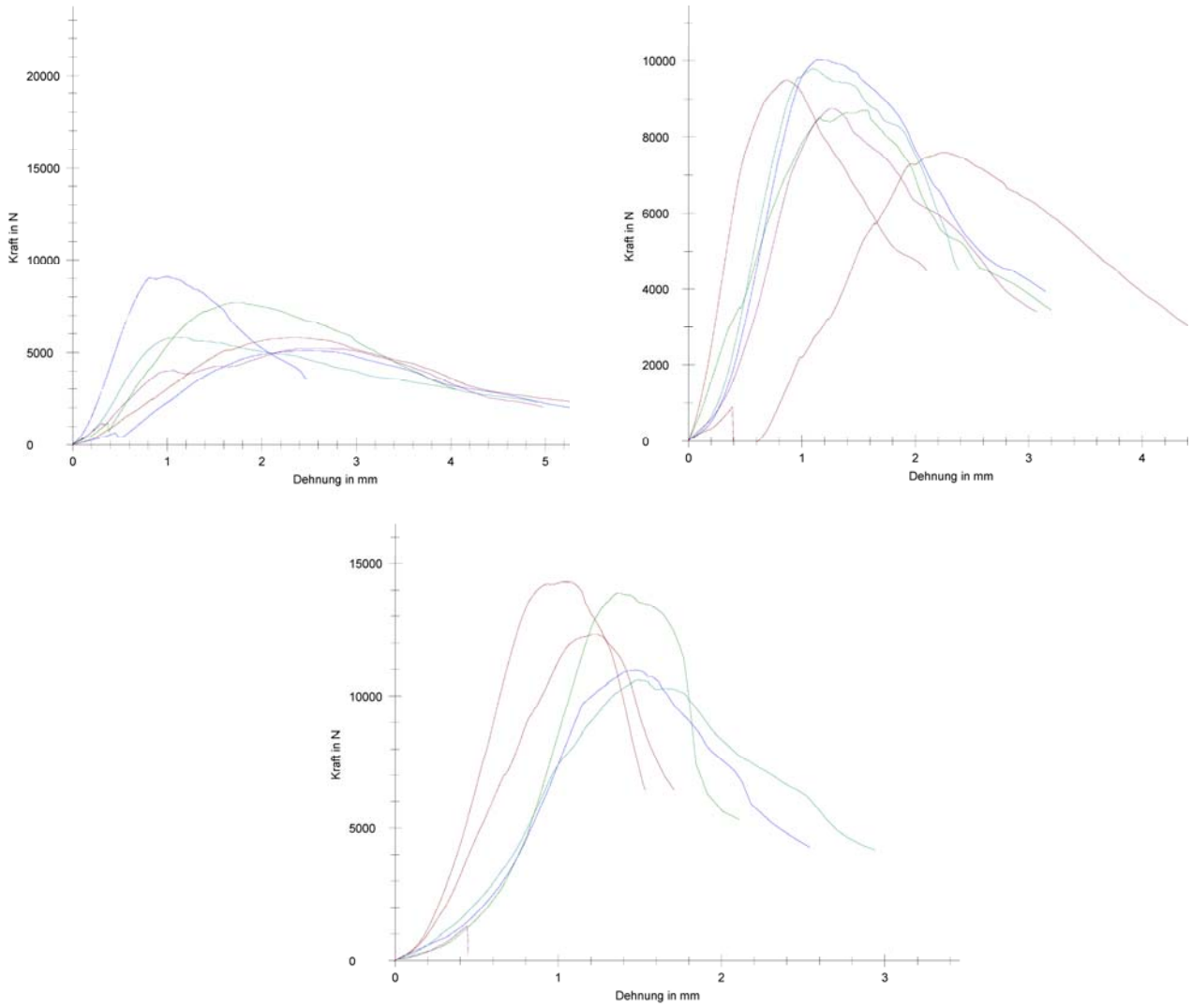


Abbildung 32: Bruchverhalten bei unterschiedlichen Gleichgewichtsfeuchte (links oben M5S7 mit GF = 8,57%, rechts oben M5S8 mit GF = 6,91%, unten M5S9 mit GF = 4,49%)

Neben dem Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte ist auch der Ort für die Lagerung von Bedeutung. So soll der Einfluss der direkten Sonneneinstrahlung auf die Probekörper vermieden werden, da dies zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen würde. In der Versuchsserie M9S13 wurde ein Teil der Probe sachgemäß im Klimaraum unter konstanten Bedingungen (20°C Temperatur und 65% Luftfeuchtigkeit) gelagert. Die restlichen Proben wurden in Fensternähe des Labors deponiert, wo sie untertags teilweise direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt waren. Auch vor Durchführung der Festigkeitsprüfungen war dies der Fall. Die Probekörper die unter direkter Sonneneinstrahlung standen, verzeichneten anscheinend eine signifikante Steigerung der Festigkeit im Druck und Biegezugbereich um bis zu 30 Prozent.

Tabelle 22: Festigkeitswerte für Lehm bei Lagerung unter direkter Sonneneinstrahlung

	Mittelwert f. Druckfestigkeit	Mittelwert f. Biegezugfestigkeit
Lagerung im Klimaraum	5,37 N/mm²	1,45 N/mm²
Lagerung unter Sonneneinstrahlung	7,00 N/mm²	1,87 N/mm²
Steigerung	30 %	29 %

Prüfung des Probekörpers

Wurden nun die Prüfköper unter den definierten Bedingungen hergestellt und gelagert, gilt es in der abschließenden Festigkeitsprüfung, ebenfalls jegliche störende Einflüsse für das Aufbringen der Prüflast auf die Prüfkörper auszuschalten. Für die Durchführung der Druckversuche wird die Prüfkraft über eine Prüfplatte flächig auf den Probekörper aufgebracht. Jede Unebenheit der Oberfläche wirkt sich dabei nachteilig aus. Nun gibt es verschiedene Möglichkeiten diesen Einfluss der Unebenheit des Prüfkörpers zu kompensieren.

Zum einen kann man schon bei der Anfertigung des Lehmprismas versuchen, das am Ende notwendige Abziehen so sauber wie möglich zu bewerkstelligen. Dies hat sich aber oft in der Verarbeitung als problematisch herausgestellt. Eine weitere Möglichkeit wäre es, so wie in der Lehmnorm DIN18952 [10] beschrieben, die Ober- und Unterfläche mit einem Zementmörtel eben und parallel abzugleichen. Nun ist dies wiederum aufwendig und von zusätzlichem längerem Trocknungsverlauf gekennzeichnet.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine andere und weit einfachere Variante erprobt und anschließend für sämtliche Prüfung verwendet. Es hat sich nämlich bei visueller Begutachtung der Probekörper gezeigt, dass zwar die Ober- bzw. Unterfläche des Prüfkörpers häufig sehr uneben waren, jedoch nicht die Seitenflächen. Aus diesem Grund wurde für die Druckversuche einfach der Prüfkörper um 90° gedreht. Aus den Lehmbaunormen gibt es zwar die Forderung, dass die Prüfkraft für die Druckversuche parallel zur Stampfrichtung zu erfolgen hat. Doch fehlt dazu jegliche zwingende Begründung, warum man dies so handhaben soll.

Betrachtet man einen Prüfkörper, so wird dieser durch das Einbringen von drei bis vier Lagen Lehmmischung hergestellt. Jede einzelne Lage wird dabei verdichtet. Durch dieses Verdichten soll ein kompakter Prüfkörper entstehen. Bei schlechter Verdichtung kann es

passieren, dass sich die verschiedenen Lagen nicht ausreichend miteinander verbinden. Dieser mangelnde Verbund hat bei einer Prüfung in Stampfrichtung kaum eine ungünstige Auswirkung. Bei einer Prüfrichtung die Normal auf die Stampfrichtung erfolgt, hat dies jedoch eine Verschlechterung der Ergebnisse zur Folge. Dieser Überlegung folgend, befindet man sich auf der sicheren Seite, wenn man den Prüfkörper normal zur Stampfrichtung auf Druck prüft.

Die Tabelle 23 zeigt, welche Auswirkungen die Unebenheiten der Prüffläche auf das Ergebnis haben können. Bei den Prüfserie M2S2 und M3S4 erfolgte die Aufbringung der Prüflast parallel zur Stampfrichtung. Die Oberflächen waren uneben. Dem gegenüber stehen zwei Serien, die unter den gleichen Rahmenbedingungen hergestellt wurden und zwar gleicher W/L-Wert, ähnliche Rührdauer und jeweils kein Mauken. Der einzige Unterschied lag in der Aufbringung der Prüfplatte. Bei den Serien M14S24 und M12S17 wurden die Prüfkörper um 90° gedreht und die Prüfplatte wurde direkt auf die glatte Seitenfläche des Prismas aufgebracht. Der Unterschied im Ergebnis für die Druckfestigkeit lag bei bis zu 36%.

Tabelle 23: Gegenüberstellung der Ergebnisse für die Druckfestigkeit bei paralleler und normaler Prüfrichtung bezogen auf die Stampfrichtung

	M2S2	M14S24
W/L	22,68%	22,58%
Rd	2min	5min
σ_D	4,14N/mm²	5,60N/mm²
	35%	

M3S4	M12S17
20,84%	20,13%
5min	5min
4,29N/mm²	5,87N/mm²
36%	

3.4.2.3 Aussagen über die Wassereinwirkung auf Lehm

3.4.2.3.1 Schwind- bzw. Austrocknungsverlauf

Im Rahmen der Versuchsreihe 1 „Vorversuche“ wurde in einigen Serien der Schwind- bzw. Austrocknungsverlauf ermittelt. Dafür wurden in einem Intervall von 24 Stunden an den Proben die Probenlängen und das Probengewicht bestimmt. In Abbildung 33 und Abbildung 34 ist nun der Zusammenhang vom Schwind- bzw. Austrocknungsverlauf im Bezug auf die Zeit aufgezeichnet.

Dabei lässt sich beobachten, dass der Schwindprozess bezogen auf die Austrocknung rascher abläuft. So ist dieser bereits nach etwa zwei Tagen für die Lehmprismen abgeschlossen. Hingegen ist die Austrocknung dabei noch lange nicht beendet: Nach 48 Stunden ist der Wassergehalt noch relativ hoch und bei weiten ist die Gleichgewichtsfeuchte noch nicht hergestellt.

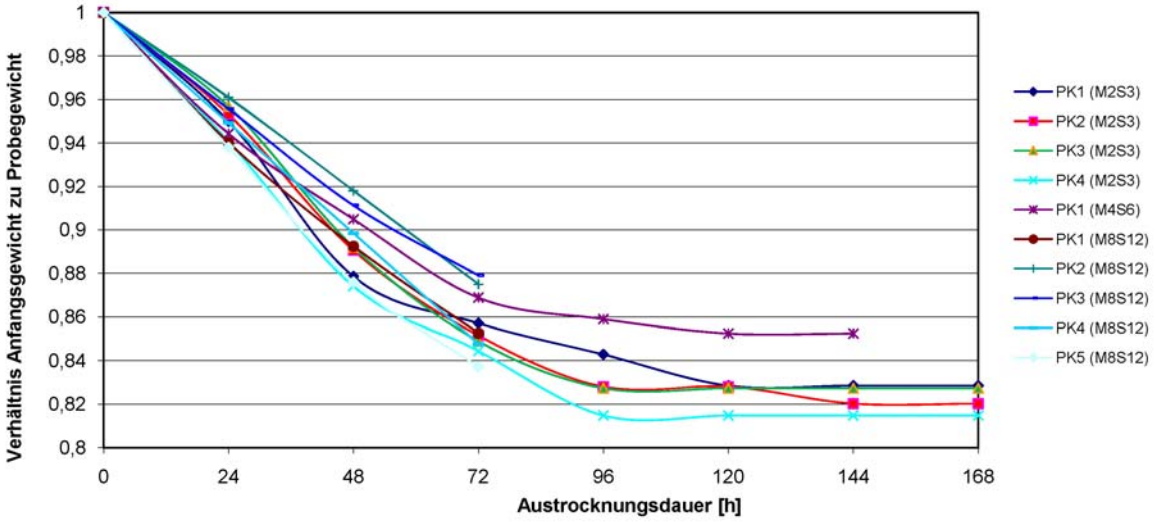


Abbildung 33: Austrocknungsverlauf in Abhängigkeit von der Zeit (M2S3, M4S6, M8S12)

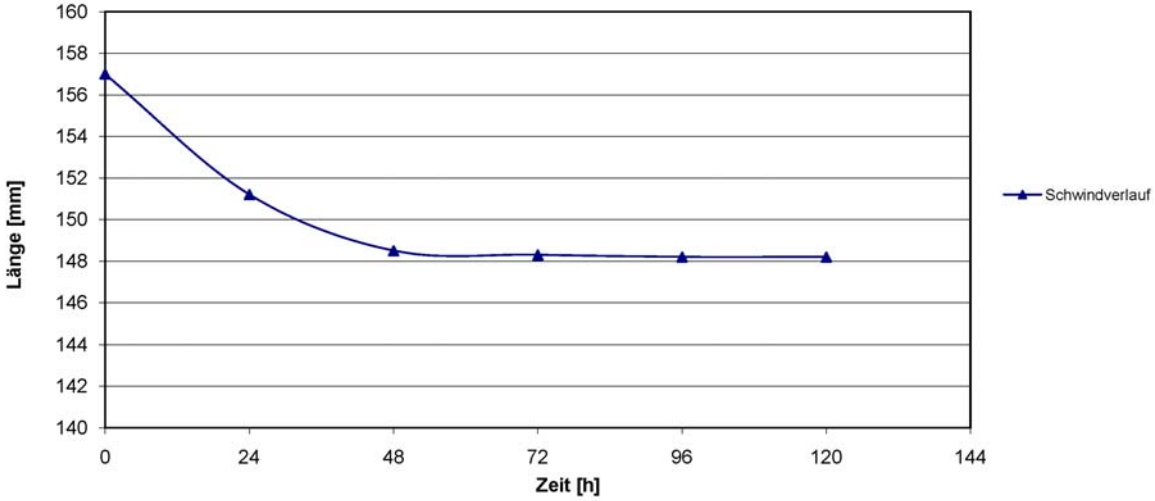


Abbildung 34: Schwindverlauf in Abhängigkeit von der Zeit (M4S6)

3.4.2.3.2 Endschwindmaß

Bei sämtlichen durchgeführten Versuchen wurden bei Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte von jedem Probekörper, die genauen Abmessungen mittels einer Schublehre bestimmt. Setzt

man diese Endabmessung in Relation zur Anfangslänge des Prüfkörpers, so lässt sich das Endschwindmaß ableiten.

Tabelle 24: Ermittlung des Endschwindmaßes für die Lehmprismen

	Mittelwert
Versuchsreihe 1: „Vorversuche“	4,29 %
Versuchsreihe 2: „Szenarium 1“	4,85 %
Versuchsreihe 2: „Szenarium 2“	4,12 %

3.4.2.3.3 Austrocknungsdauer

Wie schon in Kapitel 3.4.2.3.1 beschrieben, wurde im Rahmen der Versuche auch die Austrocknungsdauer bis zum Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte ermittelt. Für die Lehmprismen betrug diese etwa 6 Tage.

3.4.2.3.4 Wassergehalt

Die Bestimmung des Wassergehaltes erfolgte wie im Punkt 3.2.4.1.3 beschrieben. Zunächst wurde dies für den gelieferten Baulehm der Firma Claytec durchgeführt. Dafür wurde 150g Lehmpulver in ein Aluminiumgefäß gegeben und anschließend im Trocknungsofen bei 106°C solange gelagert, bis keine Gewichtsreduktion mehr messbar war. Über das so erhaltene Trockengewicht konnte der Wassergehalt für den gelieferten Baulehm ermittelt werden. Dieser lag bei 2,63%.

Als nächstes wurde der Wassergehalt an Lehmprismen ermittelt. Dies geschah in den Prüfserien M1S1, M3S4, M4S5 und M5S7. Nach Ablauf der Trocknung bei 106°C wurde wieder der Gewichtsanteil des verdunsteten Wasser bestimmt. Nun kann man diesen gewonnenen Wert nachrechnen und zwar über den bekannten Wassergehalt des reinen Baulehmes und dem für das Aufbereiten des Lehmes notwendigen Anmachwasser. Bildet man nun die Differenz des verdunsteten Wasser durch den Trocknungsprozess und dem Anmachwasser und der Grundfeuchte des Baulehmes erhält man die sogenannte Gleichgewichtsfeuchte für einen unter 106°C gelagertem Lehm. Der verbliebene Wassergehalt im Lehmprisma lag zwischen 0,03g und 3,3g oder anders ausgedrückt bei 0,01% und 0,80%. Dabei handelt es sich um das Konstitutionswasser des Tones, welches

erst bei Temperaturen ab 400°C entweicht. Dem Tonmineral Kaolinit entweicht zum Beispiel erst bei 450°C das Konstitutionswasser[31].

Wie unter Punkt 3.4.1.4 beschrieben, ist vor dem Einbau des Lehmes in die Schalung das Ausbreitmaß zu ermittelt, welches in einem direkten Zusammenhang mit dem Wassergehalt der Lehmmischung steht. Mit Hilfe des Ausbreitmaßes kann man nun Aussagen über den Wassergehalt einer gemaukten Lehmmischung treffen. Denn kann man beim nicht gemaukten Lehmprisma die Gleichgewichtsfeucht rasch feststellen, so fehlt bei einem gemaukten Lehm die Information über die bereits erfolgt Reduktion des Wassergehaltes.

In Abbildung 35 wurde der Zusammenhang zwischen dem Ausbreitmaß und dem Wasseranteil bezogen auf die Gesamtmasse für ungemaukte Lehmmischungen aufgetragen. Dabei setzt sich der Wasseranteil aus dem Wasser, das infolge der Mischung zugegeben wurde und dem Wasseranteil des Baulehmes (2,63%) zusammen. Man erkennt auch aus der Abbildung 35, dass diese Beziehung unabhängig von unterschiedlichen Rührzeiten ist.

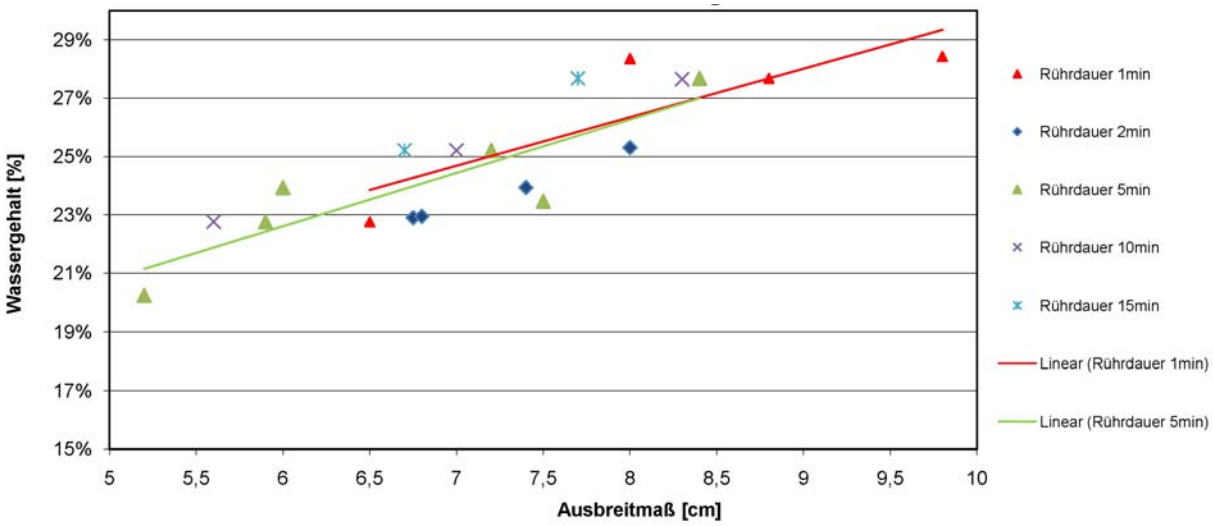


Abbildung 35: Prinzipieller Zusammenhang zwischen Ausbreitmaß und Wassergehalt

Nun lässt sich über das Ausbreitmaß eines gemaukten Lehmes mit der linearen grafisch sichtbaren Gleichung (3-10) der Wassergehalt bestimmen.

[31] Vgl. [67] Teiljohann, Uta: *Theoretische und experimentelle Untersuchungen der Trocknung plastisch geformter Ziegelrohlinge,* Dissertation, Magdeburg: Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik der Otto-von-Guericke-Universtät Magdeburg, 2004, Seite 15

$$Wassergehalt = 0{,}0166 \cdot AM + 0{,}1303 \quad \textbf{(3-10)}$$

Über den so errechneten Wassergehalt, lässt sich nun wieder für das getrocknete Lehmprisma die Gleichgewichtfeucht errechnen.

3.4.2.3.5 Gleichgewichtsfeuchte

Die Gleichgewichtsfeuchte wurde für sämtliche Lehmprismen bestimmt. Dabei lag der Mittelwert bei 4,67% mit Schwankungen von 4% bis 6%.

Für die gemaukten Lehmprismen wurde die Gleichgewichtsfeuchte nach Gleichung (3-10) abgeschätzt. Die Ergebnisse lagen ebenfalls in dem zuvor angeführten Bereichen. Nur der Maximalwert lag teilweise etwas höher (Mittelwert bei 5,96% mit einer Schwankung von 5,3% bis 6,5%).

3.4.2.4 Schlussfolgerung der Versuchsreihe 1 „Vorversuche“

Ziel der Versuchsreihe 1 war es, die grundlegenden Parameter für die Lehmprismenherstellung kennenzulernen, festzuhalten welche man als konstant definieren kann und bei welchen man durch nähere Untersuchung in einer zweiten Serie eine Verbesserung der Festigkeitseigenschaften des Lehmes bewirken kann. Dabei hat sich vor allem die Maukdauer als ein wesentlicher Faktor für die Druckfestigkeit und Biegezugfestigkeit herausgestellt und soll in einer zweiten Versuchsreihe näher betrachtet werden. Ein wesentlicher Vorteil der Maukdauer ist, dass diese Arbeitsweise mit geringem Arbeitseinsatz zu einer wesentlichen Verbesserung beiträgt. Anders verhält es sich ja zum Beispiel bei der Rührdauer, welche ebenfalls zu einer Steigerung der Festigkeit führt, aber gleichsam auch in der Herstellung eine Arbeitserschwernis darstellt. Gleiches gilt auch bei der Verdichtung.

3.4.3 Versuchsreihe 2 „Verbesserung der Festigkeit“

3.4.3.1 Allgemein

Auf Basis der Versuchsreihe 1 „Vorversuche“ wurde nun in der Versuchsreihe 2 das Mauken näher untersucht. Um dies zu tun, wurden im Folgenden zwei Szenarien definiert. Grundüberlegung dieser zwei Szenarien war es, zu prüfen, ob es tatsächlich durch längeres Mauken zu einem verlässlichen signifikanten Verbesserungseffekt der Druckfestigkeit kommt

oder, ob nicht vielmehr eine ideale Konsistenz aus Lehm und Wasser nach einer kürzeren Maukzeit ausreichend ist und bereits schon so die Festigkeiten erhöht werden.

Demzufolge wurden zwei Szenarien definiert, bei denen jeweils ein Parameter variabel ist.

Szenarium 1: Maukdauer veränderlich:

Folgende Randbedingungen wurden für den Versuch als konstant bzw. veränderlich definiert:

Lehmgrundstoff	Konstant	Claytec
Rührdauer	Konstant	1 min
Konsistenz (W/L) vor dem Mauken	Konstant	30%
Verdichtung	Konstant	mit Verdichtungsstempel (Schlagzahl n = 10)
Trocknungstemperatur	Konstant	20°
Luftfeuchtigkeit bei Trocknung	Konstant	65%
Probekörpergröße	Konstant	4x4x16cm
		Zeit
Maukdauer	Veränderlich	72h, 120h, 144h, 168h, 189h, 216h, 240h, 264h

Szenarium 2: Konsistenz (W/L) veränderlich:

Folgende Randbedingungen wurden für den Versuch als konstant bzw. veränderlich definiert:

Lehmgrundstoff	Konstant	Claytec
Rührdauer	Konstant	1 min
Konsistenz (W/L) vor dem Mauken	Veränderlich	20%, 22,5%, 25%, 27,5%, 30%
Verdichtung	Konstant	mit Verdichtungsstempel (Schlagzahl n = 10)
Trocknungstemperatur	Konstant	20°
Luftfeuchtigkeit bei Trocknung	Konstant	65%
Probekörpergröße	Konstant	4x4x16cm
		Zeit
Maukdauer	Konstant	72h

3.4.3.2 Aussagen über die Festigkeit des Lehmes

Zur Auswertung der Versuchsreihe 2 galt es vor allem zwei Fragen zu beantworten:

1. Lässt sich die Aussage bestätigen, dass es zu einer Festigkeitszunahme auf Druck bei gleichzeitiger Beibehaltung der Biegezugfestigkeit des Lehmes durch das Mauken kommt?

2. Wie verhalten sich die Druck- und Biegezugfestigkeit der beiden Szenarien zu einander?

3.4.3.2.1 Verbesserung durch Mauken

Im Szenarium 1 wurden Lehmprismen mit gleicher Konsistenz zu unterschiedlichen Zeitpunkten eingebaut. Die unterschiedlichen Maukzeiten betrugen dabei: 72h, 120h, 144h, 168h, 189h, 216h, 240h, 264h. Nach Herstellung der Lehmprismen wurden diese unter konstanten Bedingungen (Temperatur: 20°C und Luftfeuchtigkeit: 65%) bis zum Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte gelagert und anschließend auf Druck und Biegung geprüft.

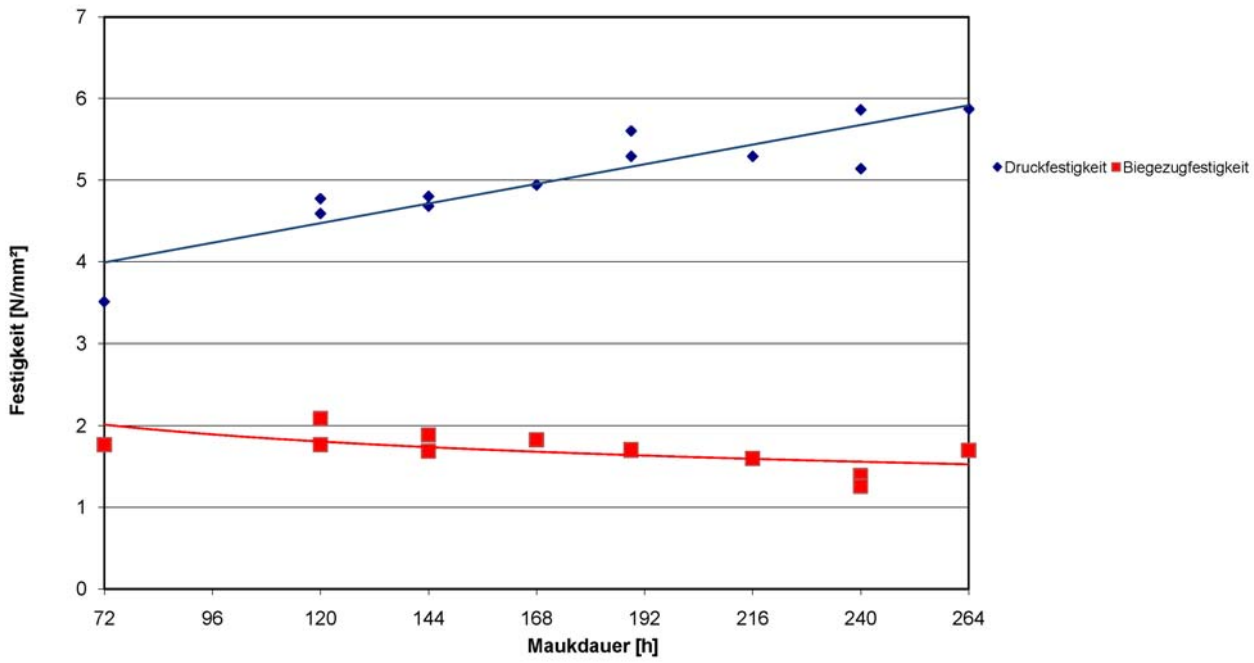


Abbildung 36: Zusammenhang Maukdauer und Festigkeit für Versuchsszenarium 1

Aus Abbildung 36 kann man sehr gut erkennen, dass es durch das Mauken zu einer klaren Verbesserung der Druckfestigkeit kommt. Gleichzeitig konnte bestätigt werden, dass der Abfall der Biegezugfestigkeit nicht signifikant ist. Im Vergleich dazu die Versuchsserie

M10S14 aus den Vorversuchen, wo zwar eine hohe Druckfestigkeit mit 6,06N/mm² erreicht wurde, dafür aber die Biegezugfestigkeit auf 1,07N/mm² abfiel. Was beim gemaukten Lehm eben nicht der Fall ist. So liegt beim Lehm der 264h gemaukt wurde (Versuchserie M1S12 der Versuchsreihe 2) die Druckfestigkeit bei 5,87N/mm² und die Biegezugfestigkeit immer noch bei 1,70N/mm².

3.4.3.2.2 Vergleich Szenarium 1 und 2

Um die Festigkeitswerte der beiden Serien vergleichen zu können, wurde als gemeinsamer Bezugspunkt das Ausbreitmaß herangezogen.

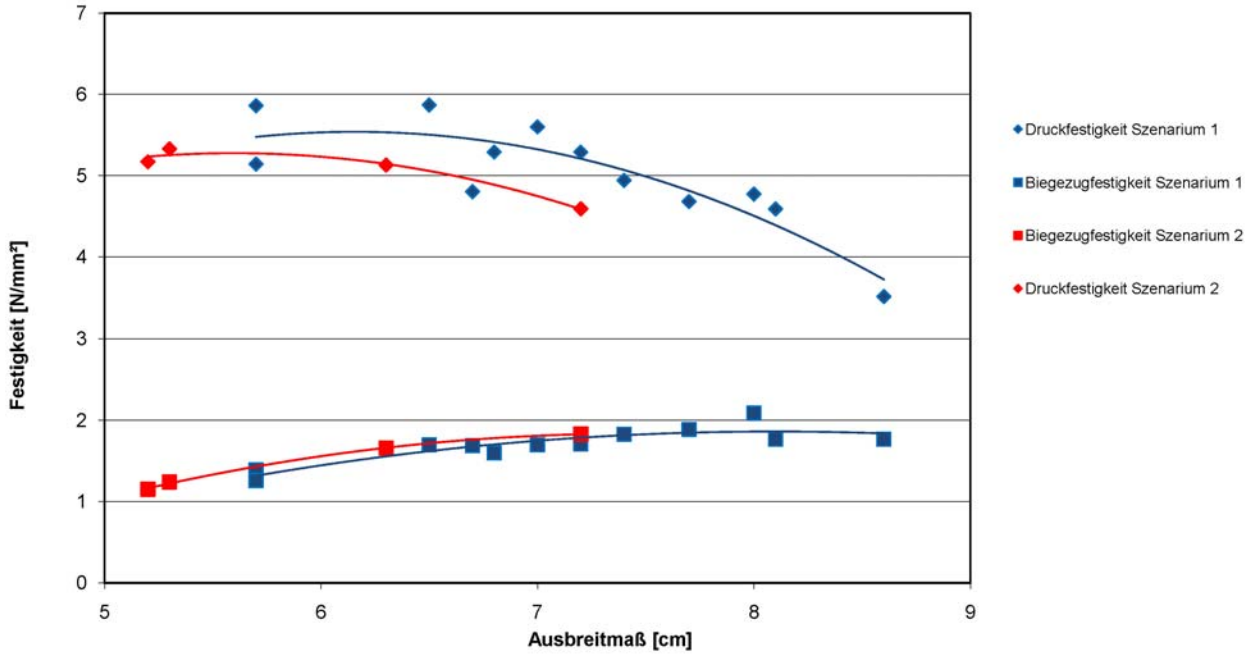


Abbildung 37: Vergleich der Festigkeiten von Versuchsszenarium 1 und 2

Aus dieser Gegenüberstellung lässt sich gut erkennen, dass es sehr wohl beim längeren Mauken zu einer Verbesserung im Bezug auf die Druckfestigkeit kommt. Das Verhalten auf die Biegezugfestigkeit bei den beiden Szenarien ist hingegen relativ gleich.

3.4.3.2.3 Schlussfolgerung

Aus den umfangreichen Versuchen aus der Versuchsreihe 2 „Verbesserung der Festigkeiten“ ließ sich eindeutig nachweisen, dass es zu einer klaren Verbesserung der Festigkeiten durch den sogenannten Maukprozess kommt. Als entscheidendes Prüfmaß für den richtigen Zeitpunkt des Einbaues des Materials hat sich dabei das Ausbreitmaß herausgestellt.

In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, dass ein Einbau bei einem Ausbreitmaß kleiner als 6cm relativ arbeitsintensiv ist, da der Lehm dabei schon ziemlich steif ist. Um so ein leichteres Verarbeiten des Lehmes zu schaffen, müsste man sich dafür geeignete technische Hilfsmittel überlegen.

3.4.4 Versuchsreihe 3 „Praxisnaher Lehmziegel“

3.4.4.1 Allgemein

In einer abschließenden kleinen Versuchsreihe wurden die Festigkeitswerte für einen praxisnahen Lehmziegel untersucht. Für diese Serie ist generell folgendes festzuhalten:

1. Ziel war es zu untersuchen, wo ungefähr die Festigkeitswerte für einen praxisnahen Ziegeln liegen.

2. Die Versuchsserie 3 versteht sich nur als ein Impuls für weitere umfangreichere Prüfserien, die nicht in dieser Dissertation durchgeführt wurden.

3. Die in diesem Abschnitt 3.4.4 gewählten Versuchsparameter (wie 3-Punkt Biegeversuch, Auflage der Prüfplatte für den Druckversuch) sind in einer eigenen Forschungsarbeit zu untersuchen.

Ausgehend von den Ergebnissen der Versuchsreihe 1 und 2 wurde für die erste Prüfserie der abschließenden Versuchsreihe 3 „Praxisnaher Lehmziegel“ zum Einbau ein Lehm aufbereitet, der folgendermaßen definiert wurde:

1. W/L-Wert = 30 %
2. Rührdauer = 5min
3. Maukdauer = 264 Stunden
4. Verdichtung mit Fallgewicht mit einer Schlagzahl = 10
5. Ausbreitmaß beim Einbau 5,8cm.

Obwohl vom Hersteller des Baulehmes der Fa. Claytec das Untermischen von Zuschlägen empfohlen wird, wurde dies für die erste Prüfserie nicht getan. Als Resultat stellte sich heraus, dass die Rissbildung bei der verwendeten Lehmmischung so stark war, dass nur nach einer Woche von den fünf hergestellten Lehmziegeln bis auf einen, sämtliche Probekörper durch die auftretenden Schwindrisse zerstört wurden. Dies lag an dem zu hohen Tonanteil der Lehmmischung.

Aus Konsequenz daraus wurde für die folgenden Mischungen versucht, die Kornverteilungskurven der Mischungen nach Punkt 3.3.2 durch Abmagern zu optimieren. Die Korngröße des Zuschlages lag zwischen 1 und 4 mm.

Damit wurden für die drei Prüfserien folgende Parameter festgelegt:

Tabelle 25: Verhältnis der Raumteile Lehm zum Zuschlagstoff und Ausbreitmaß vor dem Einbau

	Raumteil Zuschlag zu einem Raumteil Lehm	Ausbreitmaß
Prüfserie M2LZ2	0,96 RT	5,6cm
Prüfserie M3LZ3	0,35 RT	8,0cm
Prüfserie M4LZ4	0,64 RT	9,0cm

Die Rührdauer betrug bei allen drei Prüfserien 1min und die Maukdauer 96h. Der Einbau selbst erfolgte bei den drei Serien unterschiedlich. War bei der Prüfserie M2LZ2 der gemaukte Lehm noch relativ steif und die Verwendung des Verdichtungsstempels möglich, so war dies bei den beiden Serien M3 und M4 nicht gegeben. Der Lehm war noch relativ weich, speziell der der Prüfserie M4. Bei der Serie M4 wurden für den Einbau faustgroße Lehmpatzen schwungvoll in die Form geworfen und abschließend der über der Form herausstehende Lehm abgezogen. Dadurch war der Einbau um vieles leichter und rascher, als bei einem steifen Lehm unter der Verwendung des Verdichtungsstempels.

Als Ergebnis stellte sich heraus, dass durch die Zugabe von Zuschlägen die Rissbildung so gut wie vermieden werden konnte. Dabei waren vor allem die Mischungen aus der Serie M2 bzw. M4 optimal.

Abbildung 38: Links Prüfkörper der Serie M1, Mitte Prüfkörper der Serie M4 und rechts Prüfkörper der Serie M2

In Abbildung 38 sind drei Lehmsteine nach Ablauf der Trocknung der Serien M1, M4 und M2 abgebildet. Der Lehmziegel der Serie M1 war im Unterschied zu den Probekörpern aus der Serie M2 und M4 durch die Bildung der Schwindrisse völlig zerstört. Nach visueller Prüfung der Steine aus der Serie M2 und M4 ist die Homogenität an der Oberfläche von M4 am besten. Auch die Kantenfestigkeit bei der Serie M4 war besser, was auch im Zuge der Prüfung auf die Biegezugfestigkeit bestätigt werden konnte.

3.4.4.2 Aussagen über die Festigkeit

3.4.4.2.1 Ermittlung der Biegezugfestigkeit

Die Biegezugfestigkeit wurde wie in Punkt 3.2.3.2.1 beschrieben ermittelt. Der Abstand zwischen den beiden Auflagerollen wurde dabei auf 190 mm eingestellt mit der Annahme, dass der Abstand von 30mm zum Ziegelrand ausreichend für das Durchführen des Biegeversuches ist. Die Belastung, Prüfgeschwindigkeit und Prüflast, wurde in gleicher Weise vorgenommen wie für die Versuchsserien 1 und 2. Über die Formel (3-1) wurde nun wieder die Biegezugfestigkeit ermittelt.

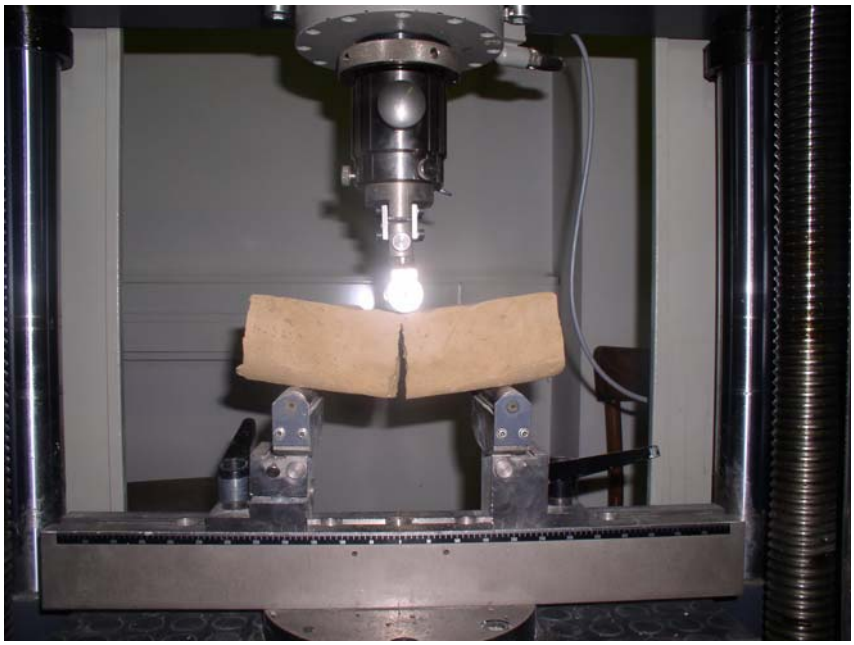


Abbildung 39: Zerstörter Lehmziegel nach erfolgreichen Ablauf des Biegezugversuches

In der Tabelle 26 sind für die Prüfserien die ermittelten Biegezugfestigkeiten zusammengestellt. Dabei weicht die Biegezugfestigkeit der Prüfserie M2LZ2 wesentlich von den restlichen Serien ab. Dies liegt daran, dass zuviel Zuschlag zum Abmagern der Lehmmischung verwendet wurde. Die Biegezugfestigkeiten für die Serie M3 und M4 sind deutlich besser, wobei bei der Serie M4 der maximale Wert bei 1,61N/mm² lag.

Tabelle 26: Zusammenstellung der Ergebnisse aus den Biegezugversuchen

	Biegezugfestigkeit
Prüfserie M1LZ1	1,42 N/mm²
Prüfserie M2LZ2	1,13 N/mm²
Prüfserie M3LZ3	1,47 N/mm²
Prüfserie M4LZ4	1,34 N/mm²

3.4.4.2.2 Ermittlung der Druckfestigkeit

Wie bei den kleineren Prüfkörper, stellt auch bei dem Lehmziegel der Einbau in die Prüfmaschine ein Problem dar. Wie schon in Abschnitt 3.4.2.2 beschrieben war dabei die Unebenheit der Probekörperoberfläche ein Problem. Um diese Fehlerquelle zu minieren, gibt es folgende Möglichkeiten:

1. Man kann die Oberfläche solange abschleifen bis man eine glatte Fläche erreicht hat.

2. Ferner könnte man die Ober- und Unterseite des Prüfkörpers mittels eines Zementmörtels oder Gipses eben abgleichen.

3. Eine weitere Einbaumöglichkeit stellen in der Prüftechnik üblichen, lastverteilende Dämmplatten dar, die man oben und unten zwischen Prüfkörper und Prüfmaschine anbringt kann, wie in Abbildung 40 dargestellt.

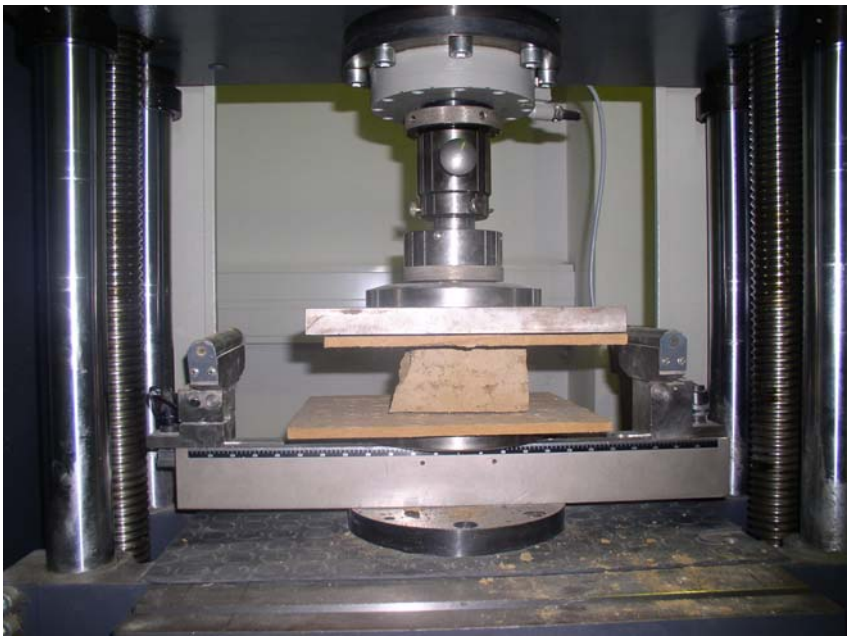


Abbildung 40: Einbau des Prüfkörpers zwischen zwei Dämmplatten für die Ermittlung der Druckfestigkeit

In dieser Versuchsreihe wurde die Oberfläche durch Abschleifen geglättet. In der folgenden Tabelle 27 sind die ermittelten Druckfestigkeiten für die einzelnen Prüfserien zusammengestellt. Dabei kann man festhalten, dass es zwischen den Mittelwerten keine großen Differenzen gibt. Auch beim Einbau eines sehr weichen Lehmes wie in der Serie M4 mit einem Ausbreitmaß von 9,0cm ist das Ergebnis relativ gut. Betrachtet man jedoch noch zusätzlich die Maximalwerte der einzelnen Serien, erkennt man, dass in der Serie M2 wohl das größte Potenzial für eine mögliche Steigerung der Druckfestigkeit liegt.

Tabelle 27: Zusammenstellung der ermittelten Werte für die Druckfestigkeit

	Druckfestigkeit	Maximal Wert
Prüfserie M1LZ1	3,73 N/mm²	
Prüfserie M2LZ2	3,35 N/mm²	4,72 N/mm²
Prüfserie M3LZ3	3,60 N/mm²	
Prüfserie M4LZ4	3,54 N/mm²	3,95 N/mm²

3.4.4.3 Aussagen über die Wassereinwirkung

3.4.4.3.1 Quellen und Schwinden

In der Tabelle 28 sind noch im Bezug auf das Schwinden die relevanten Maße angeben. Dabei zeigt sich, dass bei Abmagerung der Lehmmischung durch Zuschlagszugabe das Schwindmaß kleiner wird.

Tabelle 28: Zusammenstellung der Schwindmaße für die einzelnen Prüfserien

	Schwindmaß
Prüfserie M1LZ1	6,31%
Prüfserie M2LZ2	3,85%
Prüfserie M3LZ3	2,69%

3.4.4.3.2 Austrocknungsdauer

Die Austrocknungsdauer, also jener Zeitraum bei dem keine Gewichtsreduktion des Ziegels mehr feststellbar ist, lag bei sämtlichen Proben etwa bei 21 Tagen. Damit konnten die Werte, die im Punkt 3.2.4.1.7 angeführt wurden, durchaus bestätigt werden.

3.4.4.4 Schlussfolgerung

Die Durchführung der Versuchsserie 3 versteht sich nur als erstes Abtasten der Schwierigkeiten, die bei der Herstellung von praxisnahen Lehmziegeln entstehen. Wie schon zuvor erwähnt ist diese Serie als ein Vorversuch gedacht, um einen groben Richtwert für die Festigkeitswerte von Lehmziegeln zu erhalten. Als nächster Schritt wäre es interessant, mit der oben beschriebenen verbesserten Kornverteilungskurve größere Prüfserien durchzuführen. Dabei sollte auch das Problem der Prüfungsabnahme bei den Druckversuchen gelöst werden.

Auf diese Weise könnte man auch einen Umrechnungsfaktor, den sogenannten Size Effect, zwischen den kleineren Lehmprismen und den Lehmziegeln im Bezug auf die Festigkeit ermitteln.

3.4.5 Zusammenstellung der Versuchsdaten

Im Folgenden werden nochmals die Ergebnisse der beiden Versuchsreihen 1 und 2 kompakt in Abbildung 41 und Abbildung 42 dargestellt.

Legende:

M9 D=5,37; 8 B=1,45; 5	Bezeichnung der Prüfserie Mittelwert des Druckversuches; Prüfkörperanzahl Mittelwert des Biegezugversuches; Prüfkörperanzahl

Am	Ausbreitmaß einer Lehmprobe
Mz	Maukzeit der Lehmmischung
Rd	Rührdauer der Lehmmischung
W/L-Wert	Verhältnis Wasser zu Lehm

für Mz=0		Mz	0					48		96			144		168				192	
W/L	Am	Rd	1	5	10	15	h	1	h	1	5	10	1	h	1	5	10	h	1	h
10	5																			
11	5,2																			
12	5,4																			
13	5,6															M16S29 D=6,61; 10 B=1,80; 5				
14	5,8																			
15	6																			
16	6,2																M17S30 D=6,00; 10 B=1,66; 6			M11S20 D=6,16; 4 B=2,18; 2
17	6,4			M10 D=6,06; 12 B=1,07; 6																
18	6,6																			
19	6,8																			
20	7		M9 D=5,37; 8 B=1,45; 5	M12S17 D=5,81; 6 B=1,27; 3	M12S18 D=5,94; 6 B=1,51; 3		M5 D=5,17; 5 B=1,72; 3											M11S19 D=4,81; 6 B=1,94; 3		
21	7,2		M12S16 D=5,74; 6 B=1,41; 3	M3 D=5,15; 8 B=1,95; 5			M4 DK=5,16; 9 BK=1,80; 5													
22	7,4																			
23	7,6		M2 Dk=4,97; 19 B=1,76; 12	M14S24 D=5,60; 5 B=1,55; 3	M14S25 D=6,30; 5 B=1,47; 3	M14S26 D=5,97; 6 B=1,87; 3														
24	7,8											M17S28 D=4,97; 6 B=2,24; 3			M15S31 D=4,69; 16 B=2,16; 8					
25	8		M13S21 D=5,15; 6 B=1,82; 3	M13S22 D=5,63; 6 B=1,86; 3	M6 D=5,56; 18 B=2,08; 9	M13S23 D=5,28; 6 B=1,52; 3			M8 D=4,36; 8 B=2,74; 4		M16S27 D=5,28; 6 B=2,15; 3			M11S15 D=4,57; 5 B=2,33; 3						
26	8,2		M7 D=4,70; 9 B=1,94; 5																	
27	8,4																			
28	8,6																			

Abbildung 41: Zusammenstellung der Ergebnisse aus der Versuchsreihe 1 "Vorversuche"

für Mz=0		Mz	72	120	144	168	189	216	240	264
W/L	Am	Rd	1	1	1	1	1	1	1	1
	5									
	5,2		S13 D=5,17; 29 B=1,15; 15							
	5,4		S14 D=5,33; 26 B=1,24; 13							
	5,6								S11 D=5,86; 6 B=1,26; 3	
	5,8								S10 D=5,14; 12 B=1,39; 6	
	6									
	6,2									
	6,4		S15 D=5,13; 23 B=1,66; 12							S12 D=5,87; 16 B=1,70; 9
	6,6									
	6,8				S4 D=4,80; 4 B=1,69; 3			S9 D=5,29; 6 B=1,60; 3		
30	7						S7 D=5,60; 6 B=1,70; 3			
	7,2		S16 D=4,36; 20 B=1,83; 10				S8 D=5,29; 4 B=1,71; 2			
	7,4					S6 D=4,94; 6 B=1,83; 3				
	7,6									
	7,8				S5 D=4,68; 6 B=1,89; 3					
	8			S3 D=4,77; 12 B=2,09; 6						
	8,2			S2 D=4,59; 12 B=1,77; 6						
	8,4									
	8,6		S1 D=3,51; 14 B=1,77; 7							

Abbildung 42:: Zusammenstellung der Ergebnisse aus der Versuchsreihe 2 "Verbesserung der Festigkeit"

4 KALIBRIERUNG DES TEILSICHERHEITSFAKTORS FÜR LEHMSTEINE

Im folgenden Kapitel wird auf Basis der beiden vorangegangen Abschnitte eine Kalibrierung des Teilsicherheitsfaktors für den Lehmbau durchgeführt. Dies wird auf Grundlage der in Kapitel 3 ermittelten charakteristischen Werte für die Druck- und Biegezugfestigkeit vorgenommen. Diese Festigkeitswerte wurden in der Versuchsserie 1 und 2 aus Wasser-Lehm-Mischungen gewonnen. Die Versuchsserie 3 „Praxisnaher Lehmziegel“ hat jedoch gezeigt, dass schon allein auf Grund der entstandenen Rissbildungen die Verwendung von Zusätze bzw. Zuschläge notwendig ist, um einen brauchbaren Lehmziegel zu erhalten. Daher wurden für die Lehmmischungen mit diversen Zusätzen bzw. Zuschlägen (Magerungsmittel) Rezepturen aus der Literatur [38], [68] herangezogen und dafür ebenfalls die Teilsicherheitsbeiwerte bestimmt.

Die Vorgangsweise für die Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchung wird in diesem Kapitel beschrieben, die dafür notwendigen Ableitungen befinden sich im Anhang. So kann man für jede mögliche Lehmmischung, die man in der Praxis für die konstruktive Ausführung von Lehmbauten verwendet, seinen genauen Teilsicherheitsbeiwert bestimmen, falls man genaue Laboruntersuchung durchführt, was in jedem Fall für den Lehmbau empfohlen wird.

4.1 Allgemeiner Lösungsansatz

4.1.1 Bestimmung des Zuverlässigkeitsindex β

Bei der Konstruktion von Bauwerken kann es nie eine absolute Sicherheit geben. Ziel ist es, das Restrisiko auf ein annehmbares Maß zu beschränken. Im Eurocode EN 1990 [15] werden für die Zuverlässigkeit von Gebäuden Schadensklassen bzw. Zuverlässigkeitsklassen definiert, wie bereits in Punkt 2.3.2 ausgeführt wurde. Diese Werte ergeben sich aus der Betrachtung der standardisierten Normalverteilung, die uns eine

Beziehung zwischen der Zuverlässigkeit und der Versagenswahrscheinlichkeit liefert. Die Zusammenhänge dazu sind in der folgenden Tabelle 29 zusammengestellt.

Tabelle 29: Beziehung zwischen β und P_f

P_f	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
β	1,28	2,32	3,09	3,72	4,27	4,75	5,20

Über die Erfahrung von bestehenden Bauwerken wurden nun die Schadensklassen und aus denen heraus resultierend die Zuverlässigkeitsklassen definiert.

Für Wohn- und Bürogebäude gilt die Schadensklasse CC2 mit der Zuverlässigkeitsklasse RC2. Da der Lehmbau in diesem Bereich vornehmlich zur Anwendung kommt, wird für die weiteren Überlegungen die Klasse RC2 fixiert.

Des Weiteren werden für die unterschiedlichen Bemessungssituationen im Eurocode EN 1990 [15] verschiedene Zielwerte für die Benutzungszeiträume von 1 und 50 Jahre definiert.

Tabelle 30 Zielwert des Zuverlässigkeitsindex β für Bauteile mit RC2 Anforderung

Grenzzustand	Zielwert des Zuverlässigkeitsindex	
	Bezugszeitraum 1 Jahr	Bezugszeitraum 50 Jahre
Tragfähigkeit	4,7	3,8
Ermüdung		1,5 bis 3,8
Gebrauchstauglichkeit	2,9	1,5

In der folgenden Kalibrierung des Teilsicherheitsbeiwertes wird für den Zuverlässigkeitsindex β der Wert 3,80 festgelegt.

4.1.2 Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchung γs

Der Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchung ist auf Grund des festgelegten Lastniveau L_d zu berechnen. Dies wird einerseits durch die Grundkombination und andererseits durch die außergewöhnliche Kombination bestimmt.

Für die Definition der außergewöhnlichen Kombination werden Kombinationsbeiwerte verwendet, die im Eurocode für die verschiedenen Einwirkungen definiert sind. Zur Bestimmung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchung ist die Grundkombination zu betrachten.

4.1.2.1 Grundkombination

Diese unterscheidet sich durch die Art der Einwirkung, entweder ständige oder veränderliche und bei der veränderlichen Einwirkung durch die Anzahl der Einwirkungen.

Bei der Berechnung einer veränderlichen Einwirkung ergibt sich das Lastniveau zu:

$$L_d = \sum\left(\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}\right) + 1{,}50 \cdot Q_{k,i} \quad \text{für i=1} \tag{4-1}$$

Bei der Berechnung mehrerer veränderlichen Einwirkungen ergibt sich das Lastniveau zu:

$$L_d = \sum\left(\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}\right) + 1{,}35 \cdot \sum_{i=1}^{n} Q_{k,i} \quad \text{für i>1} \tag{4-2}$$

In der folgenden Tabelle sind die Teilsicherheitsbeiwerte für die Beanspruchung zusammengefasst. Für die Bestimmung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit werden demzufolge folgende Werte herangezogen:

$$\gamma_s = 1{,}35 \qquad \gamma_s = 1{,}50 \tag{4-3}$$

Tabelle 31 Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen

Art der Einwirkung		Auswirkung	
		ungünstig	günstig
ständig		$\gamma_{G.j} = 1{,}35$	$\gamma_{G.j} = 1{,}00$
veränderlich	eine Einwirkungsart	$\gamma_{Q.j} = 1{,}50$	-
	mehr als eine Einwirkungsart	$\gamma_{Q,j} = 1{,}35$	-

4.1.3 Ermittlung der statistischen Kennwerte für die Beanspruchbarkeit

4.1.3.1 Allgemeiner Ansatz zur Ermittlung von Mittelwert und Standardabweichung

Die für die Ermittlung von Mittelwert und Standardabweichung relevanten Gleichungen für die Normalverteilung und die Lognormale Verteilung wurden bereits im Punkt 2.2.1.4 beschrieben.

Um sämtliche Einflüsse, die auf die Widerstandseite einwirken können, zu betrachten sind folgende Punkte zu analysieren:

- Modellunschärfe
- Baustoffeigenschaften wie Festigkeit, E-Modul etc.
- Geometrische Abmessungen

All diese Faktoren zusammen ergeben die statistischen Kenngrößen für den Widerstand und werden durch folgende Gleichungen ermittelt:

$$m_R = m_M \cdot m_B \cdot m_G \tag{4-4}$$

$$\sigma_R = \sqrt{\sigma_M^2 + \sigma_B^2 + \sigma_G^2} \tag{4-5}$$

4.1.4 Quantilwert für die Beanspruchung und die Beanspruchbarkeit

Wie in Kapitel 2.3.3 näher ausgeführt, werden die Quantilwerte für die Beanspruchung und die Beanspruchbarkeit wie folgt definiert, wenn deren Basisvariablen normalverteilt sind:

$$k_R = \phi^{-1}\left(\frac{p[\%]}{100}\right) \tag{4-6}$$

$$k_S = \phi^{-1}\left(\frac{q[\%]}{100}\right) \tag{4-7}$$

Für die Ermittlung der Quantilwerte (Fraktilwerte) gelten als untere Wert für p = 5% und für den oberen Wert p = 95%. Damit ergeben sich für die Berechnung folgende Eingangswerte:

k_R = 1,645 und k_S = 1,645

4.2 Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Bevor man mit der Ableitung zur Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes (Baustoffwiderstand für den Baulehm der Fa. Claytec) beginnen kann müssen folgende Parameter festgelegt bzw. aus Laboruntersuchungen und Baustoffprüfungen ermittelt werden:

1. Zuverlässigkeitsindex β wird mit 3,80 festgelegt.

2. Der Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchung wird mit 1,40 festgesetzt, welcher sich als Mittelwert aus den ständigen und veränderlichen Einwirkungen ergibt.

3. Die beiden Quantilwerte für die Beanspruchung und Beanspruchbarkeit sind mit 1,645 bestimmt.

4. Die Baustoffprüfung liefert die statistischen Kennwerte für den Mittelwert und die Standardabweichung für den Baustoff Lehm. Herangezogen werden dafür die Werte für die Biegezug- und Druckfestigkeit.

5. Als Wahrscheinlichkeitsverteilung wurde sowohl die Normalverteilung als auch die Lognormal Verteilung verwendet, wobei wie schon im Punkt 2.2.1.3 erwähnt, die Normalverteilung nur zu einem gewissen Grad zulässig ist. Dafür muss, wie in

Gleichung (4-8) beschrieben, folgende Bedingung erfüllt sein:

$$V_R \prec 1/\beta \tag{4-8}$$

Ist V_R größer, liefert die Normalverteilung keine Lösung mehr.

6. Der im Punkt 4.1.3 beschriebene Einfluss der Modellunschärfe wurde in dieser Untersuchung nicht näher überprüft und mit m_M=1 und σ_M=0 festgelegt. Die unterschiedlichen geometrischen Abmessungen der Probekörper wurden bereits für die Berechnung der Festigkeitswerte berücksichtigt.

7. Um Wandaussparungen für Einbauten wie Stromleitungen zu berücksichtigen wird für den Wandquerschnitt ein reduzierter Querschnitt herangezogen. Nach [69] hat die Mindestwanddicke für eine Außenwand 36,5cm zu betragen. Bei einer Aussparung von 4cm ergibt dies eine Reduzierung des Querschnittes von 10,9%. Daher ist der Teilsicherheitsbeiwert noch um den Faktor 1,109 zu erhöhen.

4.2.1 Ableitung mittels Normalverteilung

Um nun eine Lösung für die Gleichung (2-34) zu erhalten, ist es zunächst notwendig den Wichtungsfaktor für die Beanspruchbarkeit α_R zu bestimmen. Dieser wird mit Hilfe der beiden Gleichung (2-30) und (2-33) ermittelt. Als ersten Schritt formuliert man die Gleichung (2-30) in folgender Form um:

$$m_S = m_R - \beta \cdot \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2} \tag{4-9}$$

Die gewonnene Gleichung (4-9) setzt man nun in die Gleichung (2-33) ein und man erhält eine quadratische Lösungsgleichung 4. Grades für σ_S und somit auch m_S. Die gesamte Ableitung befindet sich im Anhang sowie auch die Lösung für die Gleichung 4. Grades.

Mit der nun berechneten Standardabweichung für die Beanspruchung lässt sich jetzt auch der Wichtungsfaktor für die Beanspruchbarkeit ermitteln und somit wurde die letzte Unbekannte für die Ermittlung der Gleichung (2-34) bestimmt.

Dies funktioniert aber nur dann, solange die Bedingung / Beschränkung betreffend V_R

(Varianz der Beanspruchbarkeit) aus (4-8) erfüllt ist.

4.2.2 Ableitung mittels Lognormal Verteilung

Ähnlich wie für die Ableitung der Normalverteilung, lässt sich auch für die Lognormal-Verteilung eine Lösungsgleichung vierten Grades ermitteln.

Mit Hilfe der Gleichung (2-37) wird zunächst mit den bekannten Eingangsparametern die noch unbekannte Standardabweichung für Lognormal-Verteilung σ_{us} ermittelt. Dies erfolgt über eine Lösungsgleichung vierten Grades. Die Ableitung dafür befindet sich ebenfalls im Anhang. Mit dem so gewonnenen Parameter σ_{us} lässt sich der gesuchte Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit mit der Gleichung (2-36) finden.

4.3 Kalibrierung des Teilsicherheitsbeiwertes für Lehmbauteile

4.3.1 Festigkeitswerte aus dem Labor

Im Rahmen dieser Arbeit wurden drei Versuchsserien durchgeführt und dabei für jede einzelne Prüfserie der Mittelwert und die Standardabweichung für die Festigkeitswerte errechnet.

Zur Ermittlung der Festigkeitswerte aus der Versuchsserie 1 „Vorversuche“ werden insgesamt 26 Prüfserien herangezogen. Die Versuchserie 2 „Verbesserung der Festigkeit“ besteht aus insgesamt 16 Prüfserien.

In der Versuchsreihe 3 „Praxisnaher Lehmziegel“ wurden 5 Lehmziegel ohne Zuschläge und Zusätze hergestellt und 7 Lehmziegel auf Grund von der Rissbildung mittels Zuschlägen gefertigt. Wie in Abschnitt 3 bereits ausgeführt lieferte die erste Serie der Lehmziegel ohne Zuschläge kein brauchbares Ergebnis und bis auf einen Ziegel wurden sämtlich durch das Schwinden zerstört. Ferner ist festzuhalten, dass die Versuchsreihe 3 eine sehr kleine Prüfserie ist und nur als Anstoß für weiterführende Untersuchungen verstanden werden kann.

Im Folgenden werden nun zu jeder Prüfserie die Mittelwerte und Standardabweichungen resultierend aus dem Biegezug- und Druckversuch in tabellarischer Form aufgelistet.

Die genaue Berechnung zu jeder einzelnen Versuchsserie befindet sich im Anhang.

Tabelle 32: Festigkeitswert aus Versuchsserie 1

	Beschreibung			m_R	σ_R
1	M2	S2	Biegezugversuch	1,76 N/mm²	0,20 N/mm²
2	M3	S4	Biegezugversuch	1,95 N/mm²	0,19 N/mm²
3	M4	S5	Biegezugversuch	1,80 N/mm²	0,13 N/mm²
4	M6	S10	Biegezugversuch	2,08 N/mm²	0,27 N/mm²
5	M7	S11	Biegezugversuch	1,94 N/mm²	0,25 N/mm²
6	M8	S12	Biegezugversuch	2,74 N/mm²	0,21 N/mm²
7	M9	S13	Biegezugversuch	1,87 N/mm²	0,59 N/mm²
8	M9	S13	Biegezugversuch	1,45 N/mm²	0,19 N/mm²
9	M10	S14	Biegezugversuch	1,07 N/mm²	0,20 N/mm²
10	M11	S15	Biegezugversuch	2,33 N/mm²	0,37 N/mm²
11	M11	S19	Biegezugversuch	1,94 N/mm²	0,16 N/mm²
12	M11	S20	Biegezugversuch	2,18 N/mm²	0,14 N/mm²
13	M12	S16	Biegezugversuch	1,41 N/mm²	0,34 N/mm²
14	M12	S17	Biegezugversuch	1,27 N/mm²	0,37 N/mm²
15	M12	S18	Biegezugversuch	1,51 N/mm²	0,48 N/mm²
16	M13	S21	Biegezugversuch	1,82 N/mm²	0,11 N/mm²
17	M13	S22	Biegezugversuch	1,86 N/mm²	0,20 N/mm²
18	M13	S23	Biegezugversuch	1,52 N/mm²	0,10 N/mm²
19	M14	S24	Biegezugversuch	1,55 N/mm²	0,24 N/mm²
20	M14	S25	Biegezugversuch	1,47 N/mm²	0,27 N/mm²
21	M14	S24	Biegezugversuch	1,87 N/mm²	0,23 N/mm²
22	M15	S31	Biegezugversuch	2,16 N/mm²	0,30 N/mm²
23	M16	S27	Biegezugversuch	2,15 N/mm²	0,18 N/mm²
24	M16	S29	Biegezugversuch	1,80 N/mm²	0,29 N/mm²
25	M17	S28	Biegezugversuch	2,24 N/mm²	0,21 N/mm²
26	M17	S30	Biegezugversuch	1,66 N/mm²	0,27 N/mm²
27	M2	S2	Druckversuch	4,14 N/mm²	0,55 N/mm²
28	M3	S4	Druckversuch	4,26 N/mm²	1,01 N/mm²
29	M4	S5	Druckversuch	4,30 N/mm²	0,96 N/mm²
30	M6	S10	Druckversuch	5,56 N/mm²	0,69 N/mm²
31	M7	S11	Druckversuch	4,70 N/mm²	1,21 N/mm²
32	M8	S12	Druckversuch	4,36 N/mm²	0,70 N/mm²
33	M9	S13	Druckversuch	7,00 N/mm²	0,62 N/mm²
34	M9	S13	Druckversuch	5,37 N/mm²	0,60 N/mm²
35	M10	S14	Druckversuch	6,06 N/mm²	0,75 N/mm²
36	M11	S15	Druckversuch	4,57 N/mm²	0,66 N/mm²
37	M11	S19	Druckversuch	4,81 N/mm²	0,39 N/mm²
38	M11	S20	Druckversuch	6,16 N/mm²	0,38 N/mm²
39	M12	S16	Druckversuch	5,74 N/mm²	0,41 N/mm²
40	M12	S17	Druckversuch	5,81 N/mm²	0,62 N/mm²
41	M12	S18	Druckversuch	5,94 N/mm²	0,72 N/mm²
42	M13	S21	Druckversuch	5,15 N/mm²	1,12 N/mm²
43	M13	S22	Druckversuch	4,63 N/mm²	0,39 N/mm²
44	M13	S23	Druckversuch	5,28 N/mm²	1,64 N/mm²
45	M14	S24	Druckversuch	5,60 N/mm²	0,73 N/mm²
46	M14	S25	Druckversuch	6,30 N/mm²	0,27 N/mm²
47	M14	S24	Druckversuch	5,97 N/mm²	0,47 N/mm²
48	M15	S31	Druckversuch	4,69 N/mm²	0,69 N/mm²
49	M16	S27	Druckversuch	5,28 N/mm²	0,42 N/mm²
50	M16	S29	Druckversuch	6,61 N/mm²	0,79 N/mm²
51	M17	S28	Druckversuch	4,97 N/mm²	1,17 N/mm²
52	M17	S30	Druckversuch	6,06 N/mm²	0,95 N/mm²

Tabelle 33: Festigkeitswerte aus der Versuchsserie 2

	Beschreibung			m_R	σ_R
1	M1	S1	Biegezugversuch	1,77 N/mm²	0,23 N/mm²
2	M1	S2	Biegezugversuch	1,77 N/mm²	0,38 N/mm²
3	M1	S3	Biegezugversuch	2,09 N/mm²	0,33 N/mm²
4	M1	S4	Biegezugversuch	1,69 N/mm²	0,42 N/mm²
5	M1	S5	Biegezugversuch	1,89 N/mm²	0,25 N/mm²
6	M1	S6	Biegezugversuch	1,83 N/mm²	0,07 N/mm²
7	M1	S7	Biegezugversuch	1,70 N/mm²	0,30 N/mm²
8	M1	S8	Biegezugversuch	1,71 N/mm²	0,12 N/mm²
9	M1	S9	Biegezugversuch	1,60 N/mm²	0,30 N/mm²
10	M1	S10	Biegezugversuch	1,39 N/mm²	0,32 N/mm²
11	M1	S11	Biegezugversuch	1,26 N/mm²	0,40 N/mm²
12	M1	S12	Biegezugversuch	1,70 N/mm²	0,21 N/mm²
13	M2	S13	Biegezugversuch	1,15 N/mm²	0,27 N/mm²
14	M3	S14	Biegezugversuch	1,24 N/mm²	0,22 N/mm²
15	M4	S15	Biegezugversuch	1,66 N/mm²	0,20 N/mm²
16	M5	S16	Biegezugversuch	1,83 N/mm²	0,19 N/mm²
17	M1	S1	Druckversuch	3,51 N/mm²	0,62 N/mm²
18	M1	S2	Druckversuch	4,59 N/mm²	0,75 N/mm²
19	M1	S3	Druckversuch	4,77 N/mm²	0,81 N/mm²
20	M1	S4	Druckversuch	4,80 N/mm²	0,79 N/mm²
21	M1	S5	Druckversuch	4,68 N/mm²	0,26 N/mm²
22	M1	S6	Druckversuch	4,94 N/mm²	0,53 N/mm²
23	M1	S7	Druckversuch	5,60 N/mm²	0,44 N/mm²
24	M1	S8	Druckversuch	5,29 N/mm²	0,83 N/mm²
25	M1	S9	Druckversuch	5,29 N/mm²	0,66 N/mm²
26	M1	S10	Druckversuch	5,14 N/mm²	0,62 N/mm²
27	M1	S11	Druckversuch	5,86 N/mm²	0,57 N/mm²
28	M1	S12	Druckversuch	5,87 N/mm²	0,72 N/mm²
29	M2	S13	Druckversuch	5,17 N/mm²	0,61 N/mm²
30	M3	S14	Druckversuch	5,33 N/mm²	0,62 N/mm²
31	M4	S15	Druckversuch	5,13 N/mm²	0,74 N/mm²
32	M5	S16	Druckversuch	4,59 N/mm²	0,66 N/mm²

Tabelle 34: Festigkeitswerte aus der Versuchsserie 3

	Beschreibung		m_R	σ_R
1	Lehmziegel	Biegezugversuch	1,34 N/mm²	0,23 N/mm²
2	Lehmziegel	Druckversuch	3,47 N/mm²	0,83 N/mm²

4.3.2 Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes

Anhand der Ableitungen für die Normalverteilung und Lognormal-Verteilung, wie sie im Anhang schrittweise aufgezeichnet sind und mit dem allgemeinen Lösungsansatz für Gleichungen vierten Grades, welche ebenfalls im Anhang abgedruckt ist, wurde nun ein Berechnungsformular entwickelt (Abbildung 43).

Mit Unterstützung dieses Formulars wurden zunächst die Teilsicherheitswerte für jede Prüfserie der Versuchsserie 1, 2 und 3 ermittelt. Im Folgenden wurden die obigen Tabellen um die Spalten für den Teilsicherheitsbeiwert für die Normalverteilung (NV) und der Lognormal Verteilung (LNV) erweitert.

Bei genauerer Betrachtung der Tabellen gibt es in der Spalte zur Normalverteilung Fälle in denen der Teilsicherheitsbeiwert mit „-„ ausgewiesen ist. Dabei handelt es sich um Prüfserien, bei denen die Bedingung / Beschränkung, wie sie in Gleichung (4-8) beschrieben ist, nicht erfüllt ist und $V_R > 1/\beta$ ist. Daher liefert bei diesen Prüfserien das Wahrscheinlichkeitsmodell der Normalverteilung kein brauchbares Ergebnis und wurde in den Tabellen mit „-„ ausgewiesen.

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:		**Vorversuche**	**Biegezugversuch**				
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		$1/\beta$ =	**0,263**		
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich				
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800					
		Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**	
	β =				β =		β =
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =		m_R =		mur =		mur =
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =		σ_R =		σur =		σur =
Mittelwert Beanspruchung	ms =		ms =		mus =		mus =
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =		σ_S =		σus =		σus =
	α_s		α_s		α_s		α_s
	α_R		α_R		α_R		α_R
	V_s		V_s		V_s		V_s
	V_R		V_R		V_R		V_R
	β =		β =		β =		β =
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =		k_s =		k_s =		k_s =
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =		kr =		kr =		kr =
	γ_S		γ_S		γ_S		γ_S
	γ_R		γ_R		γ_R		γ_R
	γ		γ		γ		γ
Kontrolle	γ		γ	Kontrolle	γ		γ
Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades							
Faktoren laut Anhang A	A=				A=		
	B=				B=		
	C=				C=		
	D=				D=		
	E=				E=		
Faktoren laut Anhang B	α=				α=		
	β=				β=		
	γ=				γ=		
	P=				P=		
	Q=				Q=		
	U=				U=		
	y=				y=		
	W=				W=		

	σ_s	Kontrolle	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	Kontrolle
1. Lösung für σ_s								
2. Lösung für σ_s								
3. Lösung für σ_s								
4. Lösung für σ_s								

Abbildung 43: Leerformular zur Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes der Beanspruchung

Tabelle 35: Teilsicherheitsbeiwerte für die Versuchsserie 1

	Beschreibung			m_R	σ_R	NV γ_R	LNV γ_R
1	M2	S2	Biegezugversuch	1,76 N/mm²	0,20 N/mm²	1,33	1,17
2	M3	S4	Biegezugversuch	1,95 N/mm²	0,19 N/mm²	1,24	1,13
3	M4	S5	Biegezugversuch	1,80 N/mm²	0,13 N/mm²	1,12	1,07
4	M6	S10	Biegezugversuch	2,08 N/mm²	0,27 N/mm²	1,45	1,21
5	M7	S11	Biegezugversuch	1,94 N/mm²	0,25 N/mm²	1,45	1,21
6	M8	S12	Biegezugversuch	2,74 N/mm²	0,21 N/mm²	1,14	1,08
7	M9	S13	Biegezugversuch	1,87 N/mm²	0,59 N/mm²	-	1,81
8	M9	S13	Biegezugversuch	1,45 N/mm²	0,19 N/mm²	1,46	1,22
9	M10	S14	Biegezugversuch	1,07 N/mm²	0,20 N/mm²	2,29	1,37
10	M11	S15	Biegezugversuch	2,33 N/mm²	0,37 N/mm²	1,76	1,29
11	M11	S19	Biegezugversuch	1,94 N/mm²	0,16 N/mm²	1,17	1,09
12	M11	S20	Biegezugversuch	2,18 N/mm²	0,14 N/mm²	1,10	1,06
13	M12	S16	Biegezugversuch	1,41 N/mm²	0,34 N/mm²	7,09	1,54
14	M12	S17	Biegezugversuch	1,27 N/mm²	0,37 N/mm²	-	1,72
15	M12	S18	Biegezugversuch	1,51 N/mm²	0,48 N/mm²	-	1,82
16	M13	S21	Biegezugversuch	1,82 N/mm²	0,11 N/mm²	1,08	1,05
17	M13	S22	Biegezugversuch	1,86 N/mm²	0,20 N/mm²	1,30	1,15
18	M13	S23	Biegezugversuch	1,52 N/mm²	0,10 N/mm²	1,10	1,06
19	M14	S23	Biegezugversuch	1,55 N/mm²	0,24 N/mm²	1,71	1,28
20	M14	S25	Biegezugversuch	1,47 N/mm²	0,27 N/mm²	2,21	1,36
21	M14	S24	Biegezugversuch	1,87 N/mm²	0,23 N/mm²	1,40	1,19
22	M15	S31	Biegezugversuch	2,16 N/mm²	0,30 N/mm²	1,54	1,24
23	M16	S27	Biegezugversuch	2,15 N/mm²	0,18 N/mm²	1,17	1,10
24	M16	S29	Biegezugversuch	1,80 N/mm²	0,29 N/mm²	1,79	1,30
25	M17	S28	Biegezugversuch	2,24 N/mm²	0,21 N/mm²	1,22	1,12
26	M17	S30	Biegezugversuch	1,66 N/mm²	0,27 N/mm²	1,82	1,30
27	M2	S2	Druckversuch	4,14 N/mm²	0,55 N/mm²	1,48	1,22
28	M3	S4	Druckversuch	4,29 N/mm²	1,01 N/mm²	5,70	1,53
29	M4	S5	Druckversuch	4,30 N/mm²	0,96 N/mm²	4,06	1,49
30	M6	S10	Druckversuch	5,56 N/mm²	0,69 N/mm²	1,41	1,20
31	M7	S11	Druckversuch	4,70 N/mm²	1,21 N/mm²	26,44	1,60
32	M8	S12	Druckversuch	4,36 N/mm²	0,70 N/mm²	1,79	1,30
33	M9	S13	Druckversuch	7,00 N/mm²	0,62 N/mm²	1,19	1,11
34	M9	S13	Druckversuch	5,37 N/mm²	0,60 N/mm²	1,32	1,17
35	M10	S14	Druckversuch	6,06 N/mm²	0,75 N/mm²	1,41	1,20
36	M11	S15	Druckversuch	4,57 N/mm²	0,66 N/mm²	1,59	1,25
37	M11	S19	Druckversuch	4,81 N/mm²	0,39 N/mm²	1,16	1,09
38	M11	S20	Druckversuch	6,16 N/mm²	0,38 N/mm²	1,12	1,07
39	M12	S16	Druckversuch	5,74 N/mm²	0,41 N/mm²	1,12	1,07
40	M12	S17	Druckversuch	5,81 N/mm²	0,62 N/mm²	1,29	1,15
41	M12	S18	Druckversuch	5,94 N/mm²	0,72 N/mm²	1,39	1,19
42	M13	S21	Druckversuch	5,15 N/mm²	1,12 N/mm²	3,59	1,47
43	M13	S22	Druckversuch	5,63 N/mm²	1,28 N/mm²	4,49	1,50
44	M13	S23	Druckversuch	5,28 N/mm²	1,64 N/mm²	-	1,79
45	M14	S23	Druckversuch	5,60 N/mm²	0,73 N/mm²	1,46	1,21
46	M14	S25	Druckversuch	6,30 N/mm²	0,27 N/mm²	1,03	1,02
47	M14	S24	Druckversuch	5,97 N/mm²	0,47 N/mm²	1,15	1,09
48	M15	S31	Druckversuch	4,69 N/mm²	0,69 N/mm²	1,62	1,26
49	M16	S27	Druckversuch	5,28 N/mm²	0,42 N/mm²	1,15	1,09
50	M16	S29	Druckversuch	6,61 N/mm²	0,79 N/mm²	1,37	1,19
51	M17	S28	Druckversuch	4,97 N/mm²	1,17 N/mm²	5,70	1,53
52	M17	S30	Druckversuch	6,06 N/mm²	0,95 N/mm²	1,74	1,29

Tabelle 36: Teilsicherheitsbeiwerte für die Versuchsserie 2

	Beschreibung			m_R	σ_R	NV γ_R	LNV γ_R
1	M1	S1	Biegezugversuch	1,77 N/mm²	0,23 N/mm²	1,46	1,21
2	M1	S2	Biegezugversuch	1,77 N/mm²	0,38 N/mm²	3,40	1,46
3	M1	S3	Biegezugversuch	2,09 N/mm²	0,33 N/mm²	1,75	1,29
4	M1	S4	Biegezugversuch	1,69 N/mm²	0,42 N/mm²	10,51	1,57
5	M1	S5	Biegezugversuch	1,89 N/mm²	0,25 N/mm²	1,48	1,22
6	M1	S6	Biegezugversuch	1,83 N/mm²	0,07 N/mm²	1,02	1,01
7	M1	S7	Biegezugversuch	1,70 N/mm²	0,30 N/mm²	2,05	1,34
8	M1	S8	Biegezugversuch	1,71 N/mm²	0,12 N/mm²	1,12	1,07
9	M1	S9	Biegezugversuch	1,60 N/mm²	0,30 N/mm²	2,30	1,38
10	M1	S10	Biegezugversuch	1,39 N/mm²	0,32 N/mm²	4,85	1,51
11	M1	S11	Biegezugversuch	1,26 N/mm²	0,40 N/mm²	-	1,81
12	M1	S12	Biegezugversuch	1,70 N/mm²	0,21 N/mm²	1,40	1,20
13	M2	S13	Biegezugversuch	1,15 N/mm²	0,27 N/mm²	5,58	1,52
14	M3	S14	Biegezugversuch	1,24 N/mm²	0,22 N/mm²	2,07	1,35
15	M4	S15	Biegezugversuch	1,66 N/mm²	0,20 N/mm²	1,38	1,19
16	M5	S16	Biegezugversuch	1,83 N/mm²	0,19 N/mm²	1,27	1,15
17	M1	S1	Druckversuch	3,51 N/mm²	0,62 N/mm²	2,06	1,34
18	M1	S2	Druckversuch	4,59 N/mm²	0,75 N/mm²	1,83	1,30
19	M1	S3	Druckversuch	4,77 N/mm²	0,81 N/mm²	1,93	1,32
20	M1	S4	Druckversuch	4,80 N/mm²	0,79 N/mm²	1,85	1,31
21	M1	S5	Druckversuch	4,68 N/mm²	0,26 N/mm²	1,07	1,04
22	M1	S6	Druckversuch	4,94 N/mm²	0,53 N/mm²	1,29	1,15
23	M1	S7	Druckversuch	5,60 N/mm²	0,44 N/mm²	1,15	1,09
24	M1	S8	Druckversuch	5,29 N/mm²	0,83 N/mm²	1,74	1,29
25	M1	S9	Druckversuch	5,29 N/mm²	0,66 N/mm²	1,41	1,20
26	M1	S10	Druckversuch	5,14 N/mm²	0,62 N/mm²	1,38	1,19
27	M1	S11	Druckversuch	5,86 N/mm²	0,57 N/mm²	1,24	1,13
28	M1	S12	Druckversuch	5,87 N/mm²	0,72 N/mm²	1,40	1,19
29	M2	S13	Druckversuch	5,17 N/mm²	0,61 N/mm²	1,36	1,18
30	M3	S14	Druckversuch	5,33 N/mm²	0,62 N/mm²	1,35	1,18
31	M4	S15	Druckversuch	5,13 N/mm²	0,74 N/mm²	1,59	1,25
32	M5	S16	Druckversuch	4,59 N/mm²	0,66 N/mm²	1,58	1,25

Tabelle 37: Teilsicherheitsbeiwerte für die Versuchsserie 3

	Beschreibung		m_R	σ_R	NV γ_R	LNV γ_R
1	Lehmziegel	Biegezugversuch	1,34 N/mm²	0,23 N/mm²	1,96	1,33
2	Lehmziegel	Druckversuch	3,47 N/mm²	0,83 N/mm²	6,55	1,54

4.3.3 Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse

Als letzter Schritt wurden sämtliche Prüfungsergebnisse aus der Versuchsserie 1 in eine Liste zusammengeführt und das Gleiche auch für die Versuchsserie 2 und für beide Serien wieder jeweils für die Druck- und Biegezugfestigkeit der Mittelwert und die Standardabweichung bestimmt. Mit diesem Werten wurden ebenfalls die

Teilsicherheitsbeiwerte nach den beiden Wahrscheinlichkeitsmodellen errechnet.

Tabelle 38: Teilsicherheitsbeiwerte für Versuchsserie 1 und 2

			m_R	σ_R	NV γ_R	LNV γ_R
1	Vorversuche	Biegezugversuch	1,82 N/mm²	0,41 N/mm²	4,26	1,49
2	Versuche	Biegezugversuch	1,60 N/mm²	0,35 N/mm²	3,68	1,47
3	Vorversuche	Druckversuch	5,25 N/mm²	1,03 N/mm²	2,56	1,40
4	Versuche	Druckversuch	5,00 N/mm²	1,16 N/mm²	5,11	1,51

In nachfolgender Tabelle sind aus der, Tabelle 35, Tabelle 36 und Tabelle 38 die Maximalwerte zusammengeschrieben.

Tabelle 39: Zusammenstellung der maximalen Teilsicherheitsbeiwerte

	NV	LNV
Max. γ_R aus Tabelle 35	26,44	1,82
Max. γ_R aus Tabelle 36	10,51	1,81
Max. γ_R aus Tabelle 38	5,11	1,51

Aus der Gegenüberstellung der beiden Wahrscheinlichkeitsmodelle erkennt man, dass die Normalverteilung deutlich größere Werte aufweist als die Lognormalverteilung. Daraus ergibt sich die Frage, warum das so ist und ob für die Berechnung des Teilsicherheitswertes für Materialien tatsächlich nur die Lognormal-Verteilung sinnvoll ist.

Betrachtet man etwa in der Tabelle 35 die Zeile 31 der Ergebnisse aus den Druckversuchen der Vorversuche, liegt der Teilsicherheitsbeiwert der Normalverteilung bei 26,44, jedoch der der Lognormal-Verteilung nur bei 1,60. Bei genauerer Betrachtung der Berechnungsschritte zeigt sich, dass die erste Abfrage aus Gleichung (4-8) knapp mit 0,257 ($1/\beta$ = 0,263) noch erfüllt ist und die Normalverteilung gerade noch Ergebnisse liefert. Erhöht man etwa die Standardabweichung um nur 0,03N/mm² ist bereits die Bedingung aus (4-8) nicht mehr erfüllt und alleine das Wahrscheinlichkeitsmodell für die Lognormal-Verteilung erbringt ein brauchbares Ergebnis. Aus dieser Betrachtung erkennt man, dass die Werte aus der Normalverteilung kritisch zu prüfen sind bzw. ist auch festzuhalten, dass die Bedingung aus (4-8) wohl abzuändern ist. Nicht $1/\beta$ ist die Grenze für die Gleichung (4-8), sondern ein viel

kleinerer Wert, der im Falle für ein β=3,80 nämlich etwa bei 0,20 liegt. Aus dieser Problematik heraus zeigt sich einmal mehr, dass für ein sinnvolles Kalibrieren des Teilsicherheitsbeiwertes sich am Besten die Lognormalverteilung eignet.

Nach [15] wird auch dies im Anhang C empfohlen. Unter dem Punkt (1) in [15] wird festgehalten, dass für die β-Berechnungen die Lognormale-Verteilung für Baustoffeigenschaften und Bauteilwiderstände herangezogen werden soll[32].

Zur Beurteilung der gesammelten Ergebnisse der Lognormal-Verteilung betrachtet man nun die Tabelle 35. Die und Tabelle 36 liefert Werte, deren Grundlage kleinere Prüfserien sind, die eine Anzahl von minimal 3 bzw. maximal bis etwa 30 Prüfkörper aufweisen. Dem gegenüber steht die Tabelle 38, die sich aus sämtlichen Ergebnissen der Prüfkörper zusammensetzt. Im Falle der Vorversuche sind das für die Biegezugversuche 116 Prüfköper und für den Druckversuch 212 Prüfkörper und für die Versuchsserie 2 sind das für die Biegung 104 und beim Druck 202 Prüfkörper. Als Ergebnis für den Teilsicherheitsbeiwert erkennt man nun, dass für kleinere Prüfserien sich ein größerer Teilsicherheitsbeiwert ergibt als im Gegenteil zu einer größeren Serie. Dies liegt darin, dass sogenannte statistische Ausreißer bei Prüfserien mit einem größeren Datenvolumen besser abgefangen werden können und sich so die Standardabweichung verringert. Hingegen bei kleineren Serien kann schon ein so ein Ausreißer die Standardabweichung in die Höhe schnellen lassen und so auch den Teilsicherheitsbeiwert.

Um den reduzierten Wandquerschnitt noch zu berücksichtigen (siehe Abschnitt 4.2) sind die erhaltenen Teilsicherheitsbeiwerte noch dementsprechend zu erhöhen.

Aus den im Zuge dieser Dissertation durchgeführten Laborarbeiten die in Summe für die Biegezugversuch 220 Prüfköper waren und für den Druckversuch insgesamt 416 Prüfköper lässt sich als Endergebnis der Teilsicherheitsbeiwert unter Anwendung des Wahrscheinlichkeitsmodells der Lognormal-Verteilung für einen Zuverlässigkeitsindex von β = 3,80 mit 2,10 festlegen.

[32] Vgl. [15] EN 1990: *Grundlagen der Tragwerksplanung*, Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003, Anhang C.6, (1)

4.3.4 Festigkeitswerte aus der Literatur

In der Literatur gibt es mittlerweile schon eine Reihe von Untersuchungen, die sich dem Thema der Materialverbesserung des Baustoffes Lehm mittels Untermischung von diversen Zusätzen bzw. Zuschlägen gewidmet haben. Auch an der Technischen Universität Wien wurde in Rahmen von Diplomarbeiten diese Fragestellung untersucht. Stellvertretend für all diese Arbeiten werden an dieser Stelle zwei Arbeiten [38], [68] herangezogen. Basierend auf deren Festigkeitswerte wurde ebenfalls eine Kalibrierung des Teilsicherheitsbeiwertes durchgeführt.

4.3.4.1 Baustoffeigenschaften von Lehm [38]

Im Jahr 1997 wurde am Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz unter der Leitung von Univ. Prof. Dr.Dr. Techn. U. Schneider und Ass.Prof. Dr. H. Bruckner von Joana Mandadjieva das Thema der Baustoffeigenschaften von Lehm aufgegriffen.

In Rahmen dieser Arbeit wurde ebenfalls die Frage der Untermischung von diversen Zusätzen behandelt. Als Grundlage für diese Untersuchungen wurde die DIN EN 196 1: „Prüfverfahren für Zement“ herangezogen. Die Prüfung der Probekörper wurde nach Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte durchgeführt.

Der Baulehm wurde maschinell durchmischt und anschließend Probekörper mit den Abmessungen von 4x4x16cm hergestellt. Das Material wurde mittels eines Stampfers, der eine Stampffläche von 14,5x2cm besitzt, in zwei Lagen eingebracht. Die Lagerungsbedingungen wurden aus der DIN EN 196-1 übernommen.

Ein interessantes Ergebnis dieser Arbeit ist es, dass durch keine der gewählten Zusätze im Bezug auf die Druckfestigkeit es zu einer Verbesserung kam. Lediglich die Werte der Biegezugfestigkeit konnten verbessert werden. In der nachfolgenden Tabelle sind einige Werte dieser Untersuchung zusammengefasst und zusätzlich dafür wurde der zugehörige Teilsicherheitsbeiwert berechnet.

Tabelle 40: Ergebnisse der Untersuchung aus [38] mit Berechnung des Teilsicherheitsbeiwertes

	Beschreibung		m_R	σ_R	NV γ_R	LNV γ_R
1	0-Probe	Biegezugversuch	2,05 N/mm²	0,17 N/mm²	1,17	1,10
2	3% Soda	Biegezugversuch	2,35 N/mm²	0,07 N/mm²	1,01	1,00
3	3% Na Wasserglas	Biegezugversuch	0,99 N/mm²	0,10 N/mm²	1,26	1,14
4	3% Stärke	Biegezugversuch	1,88 N/mm²	0,37 N/mm²	2,58	1,40
5	3% Molke	Biegezugversuch	2,55 N/mm²	0,38 N/mm²	1,64	1,26
6	3% Holzasche	Biegezugversuch	0,55 N/mm²	0,05 N/mm²	1,21	1,11
7	3% Casein	Biegezugversuch	1,42 N/mm²	0,33 N/mm²	5,17	1,52
8	0-Probe	Druckversuch	6,28 N/mm²	0,57 N/mm²	1,21	1,11
9	3% Soda	Druckversuch	5,33 N/mm²	0,43 N/mm²	1,16	1,09
10	3% Na Wasserglas	Druckversuch	3,40 N/mm²	0,17 N/mm²	1,05	1,03
11	3% Stärke	Druckversuch	5,75 N/mm²	0,33 N/mm²	1,07	1,04
12	3% Molke	Druckversuch	5,32 N/mm²	0,44 N/mm²	1,17	1,10
13	3% Holzasche	Druckversuch	2,96 N/mm²	0,36 N/mm²	1,39	1,19
14	3% Casein	Druckversuch	4,02 N/mm²	0,31 N/mm²	1,14	1,08

Aus der Tabelle 40 ergibt sich für die Lognormale-Verteilung ein Maximalwert für γ_R von 1,52. Für die Ergebnisse der Normalverteilung gilt für den maximalen Wert das Gleiche, was schon in Kapitel 4.3.3 festgestellt wurde. Der Teilsicherheitsbeiwert von 5,17 für die Lehmmischung mit 3% Stärke ergibt sich daraus, dass eben die Bedingung aus Gleichung (4-8) gerade noch erfüllt ist. Deshalb der hohe Wert für diese Mischung und das bessere Ergebnis liefert wieder das Wahrscheinlichkeitsmodell der Lognormalverteilung.

4.3.4.2 Auswirkungen durch Beimischen von Zusatzstoffen auf die Druckfestigkeit von Lehmbaustoffen, [68]

Im Jahr 2007 wurde am Institut für Hochbau und Technologie ebenfalls unter der Leitung von Univ. Prof. Schneider und Ass. Prof. Bruckner eine Arbeit zu diesem Thema von Martin Trojan verfasst.

Als Grundlage dieser Arbeit diente für die Biegezugversuche die EN 12390-5 und für die Druckversuche die ÖNORM B 3303.

Die Abmessungen der Probekörper wurden ebenfalls mit 4x4x16cm festgelegt. Die Mischung erfolgte mit einem Rührwerk. Die Wasserzugabe zum erdfeuchten Lehm wurde konstant angenommen und betrug 10% bezogen auf das Lehmgewicht. Der Lehm stammte von der Firma Wienerberger Österreich aus dem Werk Hennersdorf. Die Trocknungsbedingungen der Probekörper wurden mit 40°C Temperatur und 50% Luftfeuchtigkeit festgelegt. Der Einbau der Mischung in die Prüfschalung erfolgt in 3-4 Lagen und wurde mittels eines Stößels

verdichtet.

Auch bei dieser Untersuchung ist festzustellen, dass es zu kaum einer Verbesserung der Festigkeitseigenschaften durch das Zumischen von diversen Zusätzen gegenüber dem reinen Lehm kam. Lediglich bei einer starken Zugabe von Tennismehl (17,5% bezogen auf das Lehmgewicht) stieg die Druckfestigkeit um 5%.

Zu den Lagerungsbedingungen selbst ist zu sagen, dass sie im Bezug auf die Temperatur mit 40°C hoch gewählt wurden und die Luftfeuchtigkeit mit 50% als niedrig angenommen wurde. Daraus lassen sich auch die besseren Festigkeitswerte erklären gegenüber den Werten, die in dieser Arbeit ermittelt wurden.

In Tabelle 41 sind einige Ergebnisse dieser Untersuchung dargestellt und mit den ermittelten Werten des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchung ergänzt.

Dabei ergibt sich für die Lognormal-Verteilung ein maximaler Teilsicherheitsbeiwert von 1,54 und für die Normalverteilung ein Wert von 6,43.

Tabelle 41: Ergebnisse der Untersuchung aus [68] mit Berechnung des Teilsicherheitsbeiwertes

			m_R	σ_R	NV γ_R	LNV γ_R
1	0-Probe	Biegezugversuch	2,77 N/mm²	0,62 N/mm²	4,26	1,49
2	1% Strohspäne	Biegezugversuch	2,54 N/mm²	0,29 N/mm²	1,35	1,17
3	2% Na Wasserglas	Biegezugversuch	1,42 N/mm²	0,34 N/mm²	6,43	1,54
4	2,75% Holzasche	Biegezugversuch	2,88 N/mm²	0,16 N/mm²	1,07	1,04
5	17,5% Tennismehl	Biegezugversuch	2,63 N/mm²	0,23 N/mm²	1,19	1,10
6	Kombination 3% Holzasche u. 10% Tennismehl	Biegezugversuch	2,69 N/mm²	0,18 N/mm²	1,11	1,06
7	0-Probe	Druckversuch	6,69 N/mm²	0,99 N/mm²	1,64	1,26
8	1% Strohspäne	Druckversuch	0,62 N/mm²	0,11 N/mm²	2,10	1,35
9	2% Na Wasserglas	Druckversuch	6,26 N/mm²	0,26 N/mm²	1,03	1,01
10	2,75% Holzasche	Druckversuch	7,03 N/mm²	0,40 N/mm²	1,07	1,04
11	17,5% Tennismehl	Druckversuch	7,08 N/mm²	0,40 N/mm²	1,07	1,04
12	Kombination 3% Holzasche u. 10% Tennismehl	Druckversuch	6,30 N/mm²	0,23 N/mm²	1,02	1,01

4.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Wände aus Mauerwerk

In der ÖNORM B1996: Eurocode 6 „Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten“ [46] werden die Teilsicherheitsbeiwerte für den Widerstand γ_M nach Tabelle 42 definiert.

Tabelle 42: Teilsicherheitsbeiwerte für den Widerstand γ_M[33]

Material	γ_M
Mauerwerk aus:	
Steinen der Kategorie I und Mörtel nach Eignungsprüfung	2,00
Steinen der Kategorie I und Rezeptmörtel	2,20
Steinen der Kategorie II	2,50

Dabei gilt nach [46] für Mauersteine der Kategorie I, dass die deklarierte Druckfestigkeit mit 95% Sicherheit garantiert ist. Mauersteine der Kategorie II sind Steine, die das Vertrauensniveau für Mauersteine der Kategorie I nicht erreichen.

In der ÖNORM B1996 [46] wird für die charakteristische Druckfestigkeit f_k für Mauersteine erwartet, dass sie von nicht mehr als 5% der Prüfergebnisse unterschritten wird. Sie ist daher mit der 5%-Fraktile der statistischen Verteilung gleichzusetzen.

Ermittelt wird sie durch folgende Gleichung:

$$f_k = k \cdot f_b^a \cdot f_m^\beta \qquad \textbf{(4-10)}$$

Dabei ist f_b der aus den Versuchen gewonnene Mittelwert für die Druckfestigkeit, welche noch mit einem Korrekturfaktor (in [46] Tabelle 3) zur Berücksichtigung der Steinabmessungen multipliziert wird.

Der Einfluss des Mörtels wird durch den Mittelwert der Mörteldruckfestigkeit f_m berücksichtigt. Der Beiwert k und die Exponenten a und b werden abhängig von Mauersteintyp in [46] festgelegt.

[33] Vgl. [46] ÖNORM B1996-1-1: *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten,* Wien: Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2009-03-01, S.4

5 BERECHNUNGSBEISPIEL

Im Folgenden werden anhand der ÖNORM B1996 „Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten“ [46] die wichtigsten Nachweise für die Bemessungen an Mauerwerksteilen durchgeführt.

Für den Nachweis wird der gleiche Ziegel wie in Kapitel 3.4.4 herangezogen mit den Abmessungen von 240 x 110 x 70mm. Dies entspricht auch nach der DIN 18953 [11] einen typischen Lehmbauziegel. Der Mittelwert für die charakteristische Druckfestigkeit wurde in der Versuchsreihe 3 ermittelt und liegt bei 3,47N/mm² (Tabelle 37). Die Stärke der belasteten Außenwand wird mit 37cm angenommen. Nach [69] soll die Außenwand eine Mindeststärke von 36,5cm aufweisen. Die Ermittlung der Schnittkräfte sowie die Abmessungen für das dafür herangezogene Einfamilienhaus befinden sich im Anhang.

5.1 Nachweis der Grenzzustände

5.1.1 Vertikaler Bemessungswiderstand einer Wand

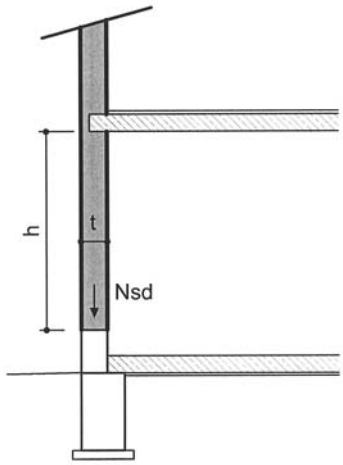


Abbildung 44: Prinzipsskizze für den Nachweis auf Druck

Der vertikale Bemessungswiderstand für eine Wand ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$N_{Rd} = \frac{\phi \cdot f_k \cdot A}{\gamma_M} = \frac{0{,}40 \cdot 1{,}44 \cdot 1000 \cdot 0{,}37}{2{,}10} = 101{,}49 kN/m > 90{,}35 kN/m \quad \textbf{(5-1)}$$

Dabei gilt für den Abminderungsfaktor ϕ eine der drei Forderungen, wobei der kleinste Wert maßgebend ist:

$$\phi = 0{,}85 - 0{,}0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}}\right)^2 = 0{,}85 - 0{,}0011 \cdot \left(\frac{2{,}06}{0{,}37}\right)^2 = 0{,}816 \quad \textbf{(5-2)}$$

$$\phi = 1{,}3 - \frac{l_{ef}}{8} = 1{,}3 - \frac{0{,}7 \cdot 4{,}45}{8} = 0{,}91 \quad \textbf{(5-3)}$$

$$\phi = 0{,}40 \quad \textbf{(5-4)}$$

Die Knicklänge h_{ef} erhält man mit folgender Gleichung:

$$h_{ef} = \rho_n \cdot h = 0{,}75 \cdot 2{,}75 = 2{,}06 m \quad \textbf{(5-5)}$$

Ferner muss die Bedingung für die effektive Schlankheit der Wand aus Gleichung (5-6) erfüllt sein.

$$\frac{h_{ef}}{t_{ef}} = \frac{2{,}06}{0{,}37} = 5{,}57 \leq 27 \quad \textbf{(5-6)}$$

Die charakteristische Druckfestigkeit der Wand f_k ergibt sich aus der Gleichung (5-7) und ist abhängig von der Mauersteingruppe. Für die in den Untersuchungen getesteten Lehmsteine gilt die Mauergruppe 1 (Lochanteil <25%). Unter Verwendung eines Normalmörtels ergibt sich der Beiwert k zu 0,60 und die Exponenten a zu 0,65 bzw. b zu 0,25.

$$f_k = k \cdot f_b^{\alpha} \cdot f_m^{\beta} = 0{,}6 \cdot 2{,}95^{0{,}65} \cdot 2{,}00^{0{,}25} = 1{,}44 N/mm^2 \quad \textbf{(5-7)}$$

Zur Ermittlung eines von der Form unabhängigen Festigkeitswertes, wird der aus den Versuchen ermittelte Wert für die Druckfestigkeit noch mit dem Korrekturfaktor δ multipliziert.

$$f_b = \overline{f_b} \cdot \delta = 3{,}47 \cdot 0{,}85 = 2{,}95 N/mm^2 \quad \textbf{(5-8)}$$

5.1.2 Horizontaler Bemessungswiderstand von Wänden aus Mauerwerk

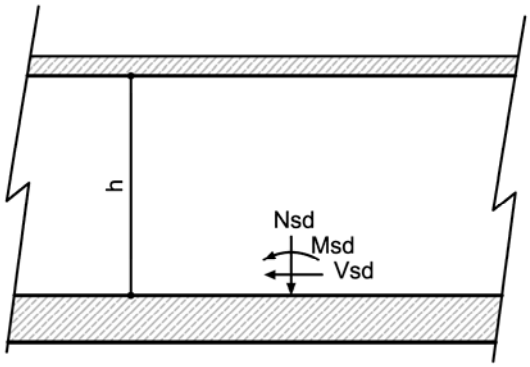


Abbildung 45: Prinzipsskizze für den Nachweis auf Schub

$$V_{Rd} = \frac{f_{vk} \cdot t \cdot l_c}{\gamma_M} = \frac{0{,}12 \cdot 0{,}37 \cdot 16{,}98 \cdot 1000}{2{,}10} = 359{,}0 kN > V_{Sd} = 91{,}20 kN \quad \textbf{(5-9)}$$

Die charakteristische Scherfestigkeit f_{vk} vom Mauerwerk ist abhängig von der Art der Ausbildung der Stoßfugen. In diesem Beispiel wird angenommen, dass die Stoßfugen unvermörtelt ausgeführt werden. Die charakteristische Anfangsscherfestigkeit $f_{vk,0}$ bekommt man aus der Tabelle 7 der ÖNORM B1996 [46]. Für einen Normalmörtel f_m<2,0 N/mm² beträgt $f_{vk,0}$ = 0,10 N/mm². Damit ergibt sich die charakteristische Scherfestigkeit wie folgt:

$$f_{vk} = 0{,}5 \cdot f_{vk0} + 0{,}4 \cdot \sigma_d = 0{,}5 \cdot 0{,}1 + 0{,}4 \cdot 0{,}17 = 0{,}12 N/mm^2 \leq 0{,}045 \cdot f_b = 0{,}14 N/mm^2 \quad \textbf{(5-10)}$$

Die mittlere rechnerische Druckspannung σ_d bekommt man aus folgender Gleichung:

$$\sigma_d = \frac{N_{Sd}}{l_c \cdot t} = \frac{1084{,}25}{16{,}98 \cdot 0{,}37 \cdot 1000} = 0{,}17 N/mm^2 \quad \textbf{(5-11)}$$

Dabei kann die Länge des von der vertikalen Beanspruchung überdrückten Teiles der Wand folgendermaßen bestimmt werden:

$$l_c = 3 \cdot \left(\frac{L}{2} - e \right) = 3 \cdot \left(\frac{12}{2} - 0{,}34 \right) = 16{,}98m \qquad \textbf{(5-12)}$$

$$e = \frac{M_{Sd}}{N_{Sd}} = \frac{370{,}29}{1084{,}25} = 0{,}34m \qquad \textbf{(5-13)}$$

5.2 Nachweis der Teilflächenpressungen

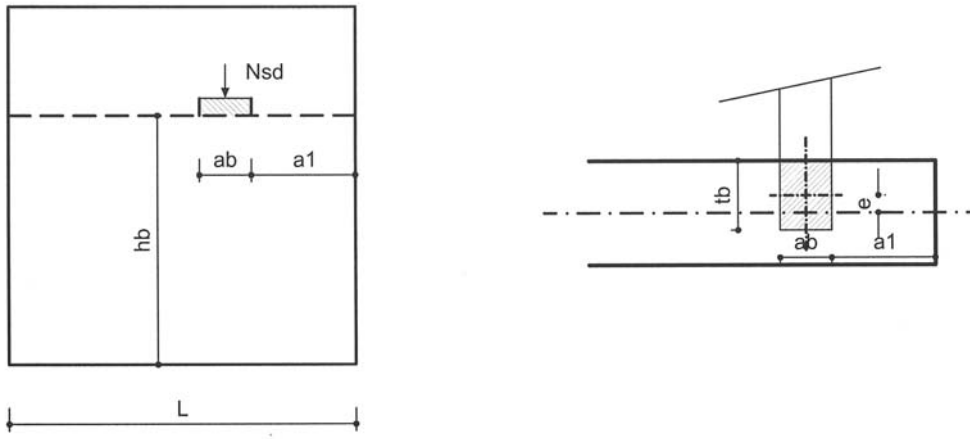


Abbildung 46: Prinzipsskizze für den Nachweis der Teilflächenpressung

Um eine konzentrierte Last in eine Wand einleiten zu können, müssen die folgenden Bedingungen erfüllt sein:

- Exzentrizität der Teilfläche $e = 0{,}085m \leq t/4 = 0{,}37/4 = 0{,}09m$
- Teilflächenlänge $a_b = 0{,}18m \leq 2 \cdot t = 2 \cdot 0{,}37m = 0{,}74m$
- Größe der Teilfläche $A_b = 0{,}036m^2 \leq 2 \cdot t^2 = 0{,}27m^2 bzw. A_b \leq L \cdot t/4 = 0{,}111m^2$
- $N_{Sd,c} \leq N_{Rd,c}$

$$N_{Rd,c} = \frac{\beta \cdot A_b \cdot f_k}{\gamma_M} = \frac{1{,}32 \cdot 0{,}036 \cdot 1{,}44 \cdot 1000}{2{,}1} = 32{,}59kN > 27{,}18kN \quad \textbf{(5-14)}$$

Für Mauersteine der Gruppe 1 erhält man β folgendermaßen:

$$\beta = 1{,}2 + 0{,}4 \cdot \frac{a_1}{h_b} = 1{,}2 + 0{,}4 \cdot \frac{0{,}70}{2{,}30} = 1{,}32 \leq 1{,}5 \quad \textbf{(5-15)}$$

Die Größe der Teilfläche ergibt sich aus folgender Beziehung:

$$A_b = a_b \cdot t_b = 0{,}18 \cdot 0{,}20 = 0{,}036m^2 \quad \textbf{(5-16)}$$

6 AUSBLICK

Der Baustoff Lehm hat so wie jeder andere Baustoff seine Stärken, wie Schwächen über die man weder in Euphorie noch in Antipathie verfallen soll. Vielmehr sollte man ihn objektiv analysieren und anfangen ihn wieder als eine seriöse Alternative unter den Baustoffen zu betrachten.

Um dies zu erreichen, sind jedoch noch einige wesentliche Maßnahmen notwendig. Es gilt den Lehm auf einer wissenschaftlichen Basis zu analysieren, bei dem am Ende eine Art Regelwerk (Richtlinie bzw. Norm) stehen soll, um so dem Baumeister ein taugliches Instrument zur Realisierung von Lehmbauten zu liefern und den Behörden wie Sachverständigen eine klare Richtschnur zur Prüfung der Funktionstüchtigkeit bzw. Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit von Lehmbauwerke zu geben.

Um dies erreichen zu können, sind folgende Schritte notwendig:

Schritt 1: In der vorliegenden Arbeit wurden sämtliche Untersuchungen an einem industriell aufbereiteten Baulehm durchgeführt. Die ideale Form des praktischen Lehmbaues ist es aber, wenn man direkt auf der Baustelle Baulehm zur Lehmziegelproduktion zur Verfügung hat. So können die Transportwege und der damit verbundene CO_2-Ausstoß für die Lehmziegelherstellung praktisch fast auf null reduziert werden. Daher wird es in der Baupraxis notwendig, Baulehme aus Lehmgruben zu analysieren und mit den so gewonnenen Mittelwerten und Standardabweichungen einen Teilsicherheitsbeiwert für einen konkret verwendeten Lehmbaustoff zu berechnen.

Schritt 2: Um einen Lehmziegel anzufertigen, gibt es verschiedene Möglichkeiten etwa in Verdichtung, Aufbereitung und Maukdauer. In den Laboruntersuchungen hat sich gezeigt, dass diese verschiedenen Formen der Ziegelproduktion einen entscheidenden Einfluss auf die Festigkeitseigenschaften des Lehmsteines haben. Daher sollten in einem Leitfaden die notwendigen Herstellungs- und Aufbereitungsmethoden für Lehmmischungen genau beschrieben und definiert sein.

Schritt 3: Um eine rasche Aussage über die Materialeigenschaften von Lehm zu erhalten, ist

es zweckmäßig, kleinere Prüfkörper zu verwenden, wie es auch in der vorliegenden Arbeit getan wurde. Dabei wurden Prüfkörper mit den Abmessungen von 4x4x16cm verwendet. Um von diesem kleinen Prüfkörper auf einen Lehmziegel mit den tatsächlich für den Bau verwendeten Abmessungen schließen zu können, ist die Erforschung des sogenannten Size Factors (Größenumrechnungsfaktor) notwendig.

Schritt 4: Lehm ist ein ökologischer Baustoff und das vor allem dann, wenn er dort bzw. in der Nähe eingesetzt wird, wo man auch vor Ort Lehmgruben antrifft. Um rasch einen ersten Aufschluss über die Lehmeigenschaften zu erhalten, gibt es eine Reihe von sogenannten einfachen Handprüfmethoden wie Geruchstest, Beißtest, Reibe- und Waschtest, Schneidetest, Kugelfalltest, Konsistenztest, Kohäsionstest („Bändchentest“), Salzsäuretest. Zweckmäßig wäre es, noch einen Schritt weiterzugehen und zu überlegen, wie man auf einer Lehmbaustelle etwa mit einfachen Hebeln oder Pressen kleine Prüfkörper auf ihre Druck- bzw. Biegezugfestigkeit untersuchen könnte. Es sollte daher ein Leitfaden verfasst werden, der diese einfachen Prüfmethoden festlegt.

Schritt 5: Wie für die einfachen Prüfmethoden, ist es auch notwendig einheitliche Prüfverfahren für Laboruntersuchungen in einem Leitfaden zu beschreiben. Mit den Berechnungsmethoden der vorliegenden Arbeit können dann aus den gewonnenen Mittelwerten und Standardabweichungen des Labors ein Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit berechnet werden.

Schritt 6: Um eine allumfassende Richtlinie für den Lehmziegelbau zu verfassen, bedarf es auch einer ausreichenden Untersuchung von Lehmbauten unter seismischer Belastung. Es sollte geklärt werden, welche Mindestfestigkeiten bei erhöhter Seismizität für den Lehmziegel gefordert werden müssten. Ferner wäre zu erforschen, welche Auslegungskriterien und Konstruktionsregeln es für den Lehmsteinbau bedarf, um so den Eurocode 1998 „Auslegungen von Bauwerken gegen Erdbeben“ anwenden zu können.

Schritt 7: Eine Stärke des Lehmes ist, dass er Holz konservieren kann. Diese Baustoffeigenschaft wäre es ebenfalls wert, noch ausreichender zu beleuchten. Bei einem Verbund von Holz mit Lehm, könnte Holz in Form einer Skelettbauweise die tragende Funktion übernehmen und die Auffüllung der Wände könnte mit Lehmsteinen erfolgen. Auch für diese Bauweise wäre es notwendig eine Richtlinie für die Lehmziegel und für die Ausführungsanforderungen von solch einem Lehm-Holz-Bauwerk zu erstellen. Auf diese Weise würde man sich bereits ein Expertenwissen über die Fertigung von Lehmziegeln, bei denen die Festigkeitsansprüche nicht so hoch sein müssen, aneignen.

Schritt 8. Als abschließendes Ziel sollte die Erstellung eines Leitfadens bzw. Regelwerkes für den Lehmziegelbau stehen, der die Bemessung und die Konstruktion von Lehmbauwerken festlegt. In diesem Leitfaden sollten die oben beschriebenen Fragestellungen beantwortet sein.

Um den Lehmbau tatsächlich effektiv vorantreiben zu können, gilt es einen interdisziplinären Prozess aus Bauingenieuren, Architekten und Bauphysiker auf nationaler wie internationaler Ebene zu starten. Denn wird in unserer Region der Lehmbau nur als historischer Baustoff gesehen, so ist er weltweit noch eine sehr verbreitete Baumethode. Dieses Praxiswissen gilt es unbedingt zu nützen. Nur wenn sämtliches bestehendes Wissen zu dieser Bauweise gebündelt werden kann, besteht eine realistische Chance dem Lehmbaustoff zu einer vernünftigen Renaissance zu verhelfen. Als Ergebnis sollte dann ein Regelwerk für den Lehmbau vorliegen, dass das Ausführen von Lehmbauwerken ohne Risiken und im Normalfall ohne aufwendige Experimente mit Hilfe von genormten Eignungsprüfungen ermöglicht.

7 LITERATURLISTE

[1] ASTM C1088: *Standard Specification for thin veneer brick units made from clay or shale,* West Conshohocken, PA: ASTM International

[2] Benjamin, J.R.; Cornell, C.A.: *Probability, Statistics and Decision for Civil Engineers,* New York: McGraw-Hill, 1970

[3] Bruckner, Alexander: *Bauen mit Lehm,* Wien: Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, 1996

[4] Bruckner, Heinrich: *Naturbaustoffe,* 1.Aufl., Düsseldorf: Werner Verlag, 1998

[5] Cusoon media gmbh , http://www.cusoon.at/museum-fuer-urgeschichte-asparn-zaya, Zugriff: 10.03.2009

[6] Danzmayr, Susanne : *Beitrag zur vergleichenden Ökobilanzierung von Bauteilen, im besonderen von Lehm- und Ziegelaußenwänden*, Wien: 1996., Diplomarbeit

[7] Dierks, Klaus / u.a.: *Lehmbau in Theorie und Praxis,* Berlin: Unterlagen zum Seminar, 1998

[8] DIN 1169: *Lehmmörtel für Mauerwerk und Putz*, Berlin: Fachnormenausschuss Bauwesen im Deutschen Normenausschuss, 1947

[9] DIN 18951: *Lehmbauten Vorschriften für die Ausführung,* Berlin: Fachnormenausschuss Bauwesen im Deutschen Normenausschuss, 1951

[10] DIN 18952: *Prüfung von Baulehm,* Berlin: Fachnormenausschuss Bauwesen im Deutschen Normenausschuss, 1956

[11] DIN 18953: *Baulehm, Lehmbauteile,* Berlin: Fachnormenausschuss Bauwesen im Deutschen Normenausschuss, 1951

[12] DIN 18954: *Ausführung von Lehmbauten,* Berlin: Fachnormenausschuss Bauwesen im Deutschen Normenausschuss, 1951

[13] EN 1015-11: *Prüfverfahren für Mauermörtel, Teil 11: Bestimmung der Biege- und Druckfestigkeit von erhärtetem Mörtel,* Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003

[14] EN 1052 -1,-2,-3,-4: , Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003

[15] EN 1990: *Grundlagen der Tragwerksplanung*, Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003

[16] EN 1991 Eurocode 1: *Grundlagen von Entwurf, Berechnung und Bemessung sowie*

Einwirkungen auf Tragwerke, Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003

[17] EN 772-1: *Prüfverfahren für Mauersteine, Teil 1: Bestimmung der Druckfestigkeit,* Wien: Österreichisches Normungsinstitut,

[18] EN 846-5 und -6: , Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003

[19] EN 998-2: *Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau – Teil 2: Mauermörtel,* Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2003

[20] EN 1998 Eurocode 8: *Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten,* Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2006-07-01

[21] Freudenthal, Alfred Martin: *Safety and the probability of structural failure*, ASCE Transactions, Vol. 121 pp.1337-97, 1956

[22] Freudenthal, Alfred Martin: *Die Sicherheit der Baukonstruktion*, Acta Technica, Hungaria, Vol. 46, pp 417-446, 1964

[23] Globales Emissions – Modell integrierter Systeme (Gemis 4.2), Ökoinstitut s.v, Institute for Applied Ecology, Darmstadt, 2004, www.gemis.de

[24] Hetzl, Michael: *Der Ingenieur-Lehmbau,* Wien: Fakultät für Architektur, 1994

[25] Huber, Anne-Louise: *Regeln zum Bauen mit Lehm,* Zürich: Forschungsgruppe Lehmbau, 1994

[26] Huber, Anne-Louise / u.a. : *Neues Bauen mit Lehm : Konstruktionen und gebaute Objekte,* 1. Auflage, Staufen bei Freiburg : Ökobuch Verlag, 1997

[27] JOC/EFR , http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Navier.html, Zugriff: 16.03.2009

[28] Kaiser, R.: *Elementare Tests zur Beurteilung von Messdaten*, Mannheim; Wien [u.a.]: Bibliograph. Inst., BI-Wissenschaftsverlag, 1972

[29] Kelm, Adalbert: *Der Lehmbau*, Leipzig: J.M. Gebhardt`s Verlag, 1920

[30] Klein, Arnold: *Lehmbau - ökologische Weise zu Bauen : Herstellung, Verarbeitung, Anwendung,* Cottbus: Regia , 2004

[31] Klingelmüller, Oswald und Bourgmund, Ulrich: *Sicherheit und Risiko im Kontruktiven Ingenieurbau,* Braunschweig / Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn VerlagsgesmbH, 1992

[32] Kolbitsch, Andreas: *Altbaukonstruktionen,* Wien: Springer Verlag Wien, 1989

[33] Kolbitsch, Andreas: *Baukonstruktionen,* Wien: Skriptum zur Vorlesung Baukonstruktionen, Institut für Hochbau und Technologie, 2005

[34] Kühas, Wilhelm: *Energieeinsätze von Holz-, Ziegel- und Lehmbauweise,* Diplomarbeit TU Wien, 1997

[35] Kurrer, Karl-Eugen: *Geschichte der Baustatik,* Berln: Erst & Sohn, 2002

[36] Lustig-Rössler, Ursula: U*ntersuchungen zum Feuchteverhalten von Lehm als Baustoff,* / vorgelegt von Ursula Lustig-Rössler, 1992

[37] Maldoner, Bruno; Schmid Wilhelm: *Lehm und Ziegel,* St. Pölten: Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung Kultur und Wissenschaft, Denkmalpflege in Niederösterreich, Band 39, 2008

[38] Mandadjieva, Joana: *Baustoffeigenschaften von Lehm,* Wien: Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, 1997

[39] Maurer, Gernot: *Richtlinien und Entwurfsansätze für Architekten beim Bau eines Hauses aus ungebrannten Steinen*, Diplomarbeit, Wien: Institut für Hochbau und Technologie, 2005

[40] Mayer, Max: *Die Sicherheit der Bauwerke und ihre Brerechnung nach Grenzkräften anstatt nach zulässigen Spannungen*, Berlin: Verlag von Julius Springer, 1926

[41] Miller, T. / u.a.: *Lehmbaufibel*, Weimar: Forschungsgemeinschaften Hochschule Weimar, 1947

[42] Minke, Gernot: *Das neue Lehmbau-Handbuch,* 5. Auflage, Staufen bei Freiburg: Ökobuch Verlag, 2001

[43] Molnár, Viktor: *Building with adobe and wooden frame,* Dissertation an der University of Western Hungary, Sopron, 2004

[44] Niemeyer, Richard: *Der Lehmbau und seine praktische Anwendung,* 4.Auflage, Freiburg: Ökobuch Verlag, 1987

[45] Öhlinger, Zinat Sadat: *Untersuchung des Schwindverhaltens von Lehm mit ausgewählten Zusatzstoffen,* Diplomarbeit, Wien: Institut für Hochbau und Technologie, 2005

[46] ÖNORM B1996-1-1: *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten,* Wien: Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2009-03-01

[47] ÖNORM B4412: *Korngrößenverteilung,* Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 1974

[48] ÖNORM CEN ISO/TS 17892-4: 2005 03 01 - Vornorm: *Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung,* Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2005

[49] Papp, Helga; Roetzel, Reinhard; Wimmer-Frey, Ingeborg: *Die Ziegelöfen des Bezirkes Hollabrunn: Geschichte und Geologie*, Wien: Archiv für Lagerstätten Forschung, Band 24, Geolgoische Bundesanstalt, 2003

[50] Pauli, Peter; Moldan, Dietrich: *Reduzierung hochfrequenter Strahlung im Bauwesen, Baustoffe und Abschirmung,* Universität der Bundeswehr Neubiberg, 2000

[51] Schillberg, Klaus : *Naturbaustoff Lehm : moderne Lehmbautechnik in der Praxis -*

bauen und sanieren mit Naturmaterialien, Aarau : AT-Verl., 1993

[52] Rackwitz, R. : *Zuverlässigkeit und Lasten im konstruktiven Ingenieurbau, Teil I: Zuverlässigkeitstheoretische Grundlagen* : TU München., 1993-2006

[53] Sachs, Lothar: *Statistische Methoden: Planung und Auswertung*, Berlin: Springer Verlag, 1993

[54] Schneider, Jörg: *Sicherheit und Zuverlässigkeit im Bauwesen,* Zürich: Verlag der Fachvereine; Stuttgart: Teuber, 1994

[55] Schneider, Ulrich / u.a.: *Lehmbau für Architekten und Ingenieure,* Düsseldorf: Werner-Verlag, 1996

[56] Schröder, Karl / Drigert, Karl-August: *Neues Sicherheitskonzept in der europäischen Normung,* Berlin: Werner-Ingenieur-Texte 88, 1993

[57] Schwimann, Mathias : *Bauen mit Lehm : Grundlagen für eine materialgerechte Normung und Vorschläge zur Verbesserung der Baustoffeigenschaften*, Wien: ,1994

[58] Sieber, Heinz G.: *Baustoff Lehm : Sammlung Lehmbauverfahren / Lehrmittelwerkstätten*, 2. Auflage, Heidelberg : Müller, 1994

[59] Six, Michael.: *Sicherheitskonzept für nichtlineare Traglastverfahren im Betonbau*, Dissertation, TU Darmstadt, Institut für Massivbau, 2001

[60] Spaehte, Gerhard: *Die Sicherheit tragender Baukonstruktionen,* Berlin: VEB Verlag f ür Bauwesen, 1987

[61] Stark, Ulrike: *Lehm als Baustoff,* 4.Auflage, Stuttgart : IRB-Verlag , 1996

[62] Steingass, Peter: *Moderner Lehmbau 2002 : internationale Beiträge zum modernen Lehmbau* / hrsg. von der KirchBauhof GmbH, Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verl., 2002

[63] Steingass, Peter: *Moderner Lehmbau 2003 : Nachhaltiger Wohnungsbau - Zukunft Ökologisches Bauen* ; / hrsg. von Die Wille GmbH, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verl. , 2003 .

[64] Student-Online:: http://www.student-online.net/Publikationen/178/, archo student-online GmbH: Zugriff: 20.03.2009

[65] Stummer, Astrid: *Maßnahmen zur Verringerung der Druckfestigkeitsverluste bei Lehmsteinen in feuchten Klimaten*, Diplomarbeit, Wien: Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, 2007

[66] Taurer, Thomas: *Bemessung von Mauerwerk nach aktueller Normenlage*, Diplomarbeit, Wien: Institut für Hochbau und Industriebau, 2003

[67] Teiljohann, Uta: *Theoretische und experimentelle Untersuchungen der Trocknung plastisch geformter Ziegelrohlinge*, Dissertation, Magdeburg: Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik der Otto-von-Guericke-Universtät Magdeburg, 2004

[68] Trojan, Martin: *Auswirkungen durch Beimischen von Zusatzstoffen auf die*

Druckfestigkeit von Lehmbaustoffen, Wien: Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, 2008

[69] Volhard, Franz / Röhlen, Ulrich: *Lehmbau-Regeln : Begriffe, Baustoffe, Bauteile*, 3. Auflage, Braunschweig: Vieweg & Sohn, 2007

[70] Volhard, Franz: *Leichtlehmbau. Alter Baustoff - neue Technik,* 4.Auflage, Karlsruhe: C.F.Müller, 1990

[71] Wagner, Siegfried: *Ökologisches Bauen mit Ziegeln,* 1. Auflage, Mainz: Rhein Main Druck, 1998

[72] Willems, W.; Schild, K.; Dinter, S.; Stricker, D.: *Formeln und Tabellen Bauphysik,* Wiesbaden: Vieweg Verlag, 2007

[73] Zogler, Oliver: *Moderne Einfamilienhäuser aus Lehm : Neubauten und Renovierungen,* Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 2004

ANHANG A: ABLEITUNG FÜR DIE NORMALVERTEILTE STANDARDABWEICHUNG DER BEANSPRUCHUNG

Mit Hilfe der Gleichungen (2-30) und (2-33) nach [15] wird eine quadratische Lösungsgleichung 4. Grades gefunden, die es zu lösen gilt.

$$\gamma_S + \gamma_S k_S \frac{\sigma_S}{m_S} = 1 + \beta \frac{\sigma_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \frac{\sigma_S}{m_S} \qquad \textbf{A-1}$$

$$\gamma_S \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2} + \gamma_S k_S \frac{\sigma_S}{m_S} \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2} = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2} + \beta \frac{\sigma_S^2}{m_S} \qquad \textbf{A-2}$$

$$m_R \gamma_S \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2} + \gamma_S k_S \sigma_S \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2} + \beta \sigma_R^2 = \beta \gamma_S \left(\sigma_R^2 + \sigma_S^2\right) + m_R \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2} \qquad \textbf{A-3}$$

$$\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2} \left(m_R \gamma_S - m_R + \gamma_S k_S \sigma_S\right) = \beta \gamma_S \sigma_R^2 + \beta \gamma_S \sigma_S^2 - \beta \sigma_R^2 \qquad \textbf{A-4}$$

$$\left(\sigma_R^2 + \sigma_S^2\right)\left(m_R^2 \gamma_S^2 + m_R^2 + \gamma_S^2 k_S^2 \sigma_S^2 - 2 m_R^2 \gamma_S + 2 m_R \gamma_S^2 k_S \sigma_S - 2 m_R \gamma_S k_S \sigma_S\right) =$$

$$= \beta^2 \gamma_S^2 \sigma_R^4 + \beta^2 \gamma_S^2 \sigma_S^4 + \beta^2 \sigma_R^4 + 2\beta^2 \gamma_S^2 \sigma_R^2 \sigma_S^2 - 2\beta^2 \gamma_S \sigma_R^4 - 2\beta^2 \gamma_S \sigma_R^2 \sigma_S^2 \qquad \textbf{A-5}$$

$$\sigma_S^4 \left(\gamma_S^2 k_S^2 - \beta^2 \gamma_S^2\right) + \sigma_S^3 \left(2 m_R \gamma_S^2 k_S - 2 m_R \gamma_S k_S\right) + \sigma_S^2 \left(\gamma_S^2 \sigma_R^2 k_S^2 + m_R^2 \gamma_S^2 + m_R^2 - 2 m_R^2 \gamma_S -\right.$$

$$\left. - 2\beta^2 \gamma_S^2 \sigma_R^2 + 2\beta^2 \gamma_S \sigma_R^2\right) + \sigma_S \left(2 m_R \gamma_S^2 k_S \sigma_R^2 - 2 m_R \gamma_S k_S \sigma_R^2\right) + \left(\sigma_R^2 m_R^2 \gamma_S^2 + m_R^2 \sigma_R^2 -\right.$$

$$\left. - 2 m_R^2 \gamma_S \sigma_R^2 - \beta^2 \gamma_S^2 \sigma_R^4 - \beta^2 \sigma_R^4 + 2\beta^2 \gamma_S \sigma_R^4\right) = 0 \qquad \textbf{A-6}$$

$$A \cdot \sigma_S^4 + B \cdot \sigma_S^3 + C \cdot \sigma_S^2 + D \cdot \sigma_S + E = 0 \qquad \textbf{A-7}$$

ANHANG B: ABLEITUNG FÜR DIE LOGARITHMISCHE STANDARDABWEICHUNG DER BEANSPRUCHUNG

Mit Hilfe der Gleichungen (2-37) nach [15] wird eine quadratische Lösungsgleichung 4. Grades gefunden, die es zu lösen gilt.

$$\ln \gamma_S = \sigma_{uS} \cdot \left(\beta \cdot \frac{\sigma_{uS}}{\sqrt{\sigma_{uS}^2 + \sigma_{uR}^2}} - k_S \right) \qquad \textbf{B-1}$$

$$\ln \gamma_S \cdot \sqrt{\sigma_{uS}^2 + \sigma_{uR}^2} = \beta \cdot \sigma_{uS}^2 - k_R \cdot \sigma_{uS} \cdot \sqrt{\sigma_{uS}^2 + \sigma_{uR}^2} \qquad \textbf{B-2}$$

$$\left(\sigma_{uS}^2 + \sigma_{uR}^2\right) \cdot \left(\ln \gamma_S^2 + 2k_R \sigma_{uS} \ln \gamma_S + k_R^2 \sigma_{uS}^2\right) = \beta^2 \sigma_{uS}^4 \qquad \textbf{B-3}$$

$$\beta^2 \sigma_{uS}^4 - k_R^2 \sigma_{uS}^4 - 2k_R \ln \gamma_S \sigma_{uS}^3 - \ln \gamma_S^2 \sigma_{uS}^2 - k_R^2 \sigma_{uR}^2 \sigma_{us}^2 - 2k_R \sigma_{uR}^2 \ln \gamma_S \sigma_{uS} - \sigma_{uR}^2 \ln \gamma_S^2 = 0 \qquad \textbf{B-4}$$

$$A \cdot \sigma_{uS}^4 + B \cdot \sigma_{uS}^3 + C \cdot \sigma_{uS}^2 + D \cdot \sigma_{uS} + E = 0 \qquad \textbf{B-5}$$

ANHANG C: ALLGEMEINER ANSATZ ZUR LÖSUNG VON QUADTRATISCHEN GLEICHUNGEN 4. GRADES

$$\alpha = -\frac{3B^2}{8A^2} + \frac{C}{A}$$

$$\beta = \frac{B^3}{8A^3} - \frac{BC}{2A^2} + \frac{D}{A}$$

$$\gamma = -\frac{3B^4}{256A^4} + \frac{CB^2}{16A^3} - \frac{BD}{4A^2} + \frac{E}{A} \qquad \textbf{C-1}$$

$$P = -\frac{\alpha^2}{12} - \gamma$$

$$Q = -\frac{\alpha^3}{108} + \frac{\alpha\gamma}{3} - \frac{\beta^2}{8}$$

$$U = \sqrt[3]{\frac{Q}{2} + \sqrt{\frac{Q^2}{4} + \frac{P^3}{27}}} \qquad \textbf{C-2}$$

$$y = -\frac{5}{6}\alpha - U + \frac{P}{3U}$$

$$W = \sqrt{\alpha + 2y}$$

$$x_{1,2,3,4} = -\frac{B}{4A} + \frac{\pm W \pm \sqrt{-(\alpha + 2y) - 2\left(\alpha \pm \frac{\beta}{W}\right)}}{2} \qquad \textbf{C-3}$$

ANHANG D: DETAILAUSWERTUNG VERSUCHSREIHE 1 „VORVERSUCHE“

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	2275,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	29.03.2008	*Wasseranteil:*	487,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	15:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	21,41%	*Stößelgröße:*	Stampfer für Beton-prismen
Mischungs-bezeichnung:	M1	*Art der Mischung*	händisch	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S1	*Dauer der Mischung:*	10min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	8,0cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Die Mischung des Lehmes mit dem Wasser erfolgte händisch, ohne Rührwerk. Die Masse wurde zu einem Lehmteig geknetet.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles:

Die Probekörper werden im Trockenschrank bei 106°C solange getrocknet, bis es zu keiner Gewichtsabnahme mehr kommt. Dabei kann der Wassergehalt des Lehmes bestimmt werden, der durch seine Poren- und Absorptionswasser bestimmt wird.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	29.03., 15:00				01.04., xx					02.04., 16:00								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
1	507,0	160,0			407,5				19,63%	407,5	153,0	38,0	38,0	19,63%				
2	492,5	162,0			395,5				19,70%	395,5	153,0	37,0	38,0	19,70%				
3	499,5	162,0			401,5				19,62%	401,5	153,0	38,0	38,0	19,62%				
4	503,5	162,0			404,5				19,66%	405,0	153,0	38,0	38,0	19,56%				
	Temperatur		106,0°C		Temperatur		106,0°C			Temperatur		106,0°C			Temperatur		106,0°C	
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiches Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
1	507,0	407,5	99,5	100,4	0,9	0,22%
2	492,5	395,5	97,0	97,5	0,5	0,13%
3	499,5	401,5	98,0	98,9	0,9	0,23%
4	503,5	405,0	98,5	99,7	1,2	0,30%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 17,6%
Lehmanteil: 2275,0g
Wasseranteil: 487,0g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert n = 4
1	160,0	153,0	4,38%	x	5,26%
2	162,0	153,0	5,56%		
3	162,0	153,0	5,56%		
4	162,0	153,0	5,56%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 02.04.2008 *Zeit* 15:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 4	FMax N	σ N/mm²
1	36,8	38,0	709,6	2,07	x	933,5	2,72
2	36,8	38,0	646,8	1,89	s	296,4	0,86
3	36,8	38,0	1168,2	3,41	v	31,75%	31,75%
4	36,8	38,0	1209,4	3,53			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 7	FMax N	σ N/mm²
1	1	2281	36,5	62,5	13749,0	6,03	x	15074,5	6,67
1		2281	36,5	62,5	1725,6		s	6101,7	0,96
2	3	1825	36,5	50,0	10624,8	5,82	v	40,48%	14,33%
2	4	2281	36,5	62,5	12074,2	5,29			
3	5	2281	36,5	62,5	17884,7	7,84			
3	6	2281	36,5	62,5	15788,4	6,92			
4	7	2281	36,5	62,5	16773,8	7,35			
4	8	2281	36,5	62,5	16901,0	7,41			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	8000,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	04.04.2008	*Wasseranteil:*	1814,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	14:30	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	22,68%	*Stößelgröße:*	Stampfer für Beton-prismen
Mischungs-bezeichnung:	M2	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S2	*Dauer der Mischung:*	2min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	8,0cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Da die Mischung zum Erstenmal mit dem Rührwerk erfolgte, war die Aufbereitung sicher noch nicht optimal.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Diese Serie diente zum Kennenlernen der einzelnen relevanten Arbeitsabläufe zur Ermittlung der Festigkeitswerte für die Lehmprismen.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	04.04.2008				07.04.2008					11.04.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
1	496,0	159,0	38,0	39,0	420,0	148,0	37,0	37,0	15,32%	409,5	150,2	37,3	38,0	17,44%	1,0	28,0	43,0	
2	491,5	158,5	39,0	38,0	428,0	149,0	36,5	37,0	12,92%	404,5	150,2	38,7	37,1	17,70%	1,0	36,9	38,3	
3	497,5	160,0	39,0	38,0	437,5	150,0	38,0	37,0	12,06%	411,0	151,4	38,0	37,8	17,39%	1,0	39,6	29,1	
4	506,0	159,0	39,0	40,0	444,0	149,0	38,0	38,5	12,25%	418,0	150,9	38,2	38,7	17,39%	1,0	40,0	30,0	
5	503,0	157,0	40,0	40,0	440,5	148,0	38,5	38,0	12,43%	417,0	149,5	39,0	38,5	17,10%				
6	508,5	160,0	40,0	39,0	444,0	150,0	37,0	37,0	12,68%	421,0	151,7	38,1	38,5	17,21%				
7	508,0	158,0	40,0	40,0	438,5	149,0	38,0	38,5	13,68%	421,0	150,7	39,3	39,4	17,13%				
8	503,0	157,0	40,0	40,0	428,0	147,0	39,0	39,5	14,91%	416,0	150,8	39,3	38,3	17,30%				
9	500,5	155,0	40,0	40,0	423,0	146,0	37,0	38,0	15,48%	413,5	147,4	38,2	38,3	17,38%				
10	500,5	155,0	40,0	40,0	416,0	149,0	38,0	37,0	16,88%	411,0	150,3	38,8	38,1	17,88%				
11	505,5	160,0			425,5	151,0			15,83%	416,5	151,4	38,3	38,3	17,61%				
12	497,5	160,0			416,0	152,0			16,38%	409,0	153,9	39,0	39,0	17,79%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
1	496,0	409,5	86,5	102,3	15,8	4,02%
2	491,5	404,5	87,0	101,4	14,4	3,69%
3	497,5	411,0	86,5	102,6	16,1	4,09%
4	506,0	418,0	88,0	104,4	16,4	4,08%
5	503,0	417,0	86,0	103,8	17,8	4,45%
6	508,5	421,0	87,5	104,9	17,4	4,31%
7	508,0	421,0	87,0	104,8	17,8	4,42%
8	503,0	416,0	87,0	103,8	16,8	4,20%
9	500,5	413,5	87,0	103,3	16,3	4,09%
10	500,5	411,0	89,5	103,3	13,8	3,46%
11	505,5	416,5	89,0	104,3	15,3	3,81%
12	497,5	409,0	88,5	102,6	14,1	3,58%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 18,5%

Lehmanteil: 8000,0g

Wasseranteil: 1814,0g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
				n = 12	
1	159,0	150,2	5,53%	x	4,74%
2	158,5	150,2	5,24%		
3	160,0	151,4	5,38%		
4	159,0	150,9	5,09%		
5	157,0	149,5	4,78%		
6	160,0	151,7	5,19%		
7	158,0	150,7	4,62%		
8	157,0	150,8	3,95%		
9	155,0	147,4	4,90%		
10	155,0	150,3	3,03%		
11	160,0	151,4	5,38%		
12	160,0	153,9	3,81%		

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 02.04.2008 *Zeit* 15:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 12	FMax N	σ N/mm²
1	38,0	37,3	710,8	1,98	x	664,2	1,76
2	37,1	38,7	716,3	2,02	s	61,0	0,20
3	37,8	38,0	632,2	1,75	v	9,19%	11,13%
4	38,7	38,2	623,2	1,63			
5	38,5	39,0	669,8	1,74			
6	38,5	38,1	718,2	1,91			
7	39,4	39,3	668,0	1,64			
8	38,3	39,3	544,5	1,42			
9	38,3	38,2	603,6	1,62			
10	38,1	38,8	757,7	2,02			
11	38,3	38,3	705,8	1,88			
12	39,0	39,0	619,8	1,57			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 19	FMax N	σ N/mm²
1		2331	37,3	62,5			x	9676,8	4,14
1	2	1119	37,3	30,0	5476,5	4,89	s	5352,4	0,55
2	3	2419	38,7	62,5	10261,8	4,24	v	55,31%	13,23%
2	4	2419	38,7	62,5	10794,0	4,46			
3	5	2375	38,0	62,5	8972,2	3,78			
3	6	2375	38,0	62,5	10124,3	4,26			
4	7	2388	38,2	62,5	8157,3	3,42			
4	8	2388	38,2	62,5	8823,9	3,70			
5	9	2438	39,0	62,5	8945,8	3,67			
5		2438	39,0	62,5					
6	11	2381	38,1	62,5	12430,8	5,22			
6		2381	38,1	62,5					
7	13	2456	39,3	62,5	11287,9	4,60			
7	14	2456	39,3	62,5	10737,9	4,37			
8	15	2456	39,3	62,5	10050,3	4,09			
8	16	2456	39,3	62,5	11897,3	4,84			
9		2388	38,2	62,5					
9		2388	38,2	62,5					
10	19	2425	38,8	62,5	9742,5	4,02			
10	20	2425	38,8	62,5	10944,9	4,51			
11	21	2394	38,3	62,5	10063,3	4,20			
11	22	2394	38,3	62,5	8789,2	3,67			
12	23	2438	39,0	62,5	8710,4	3,57			
12	24	2438	39,0	62,5	7649,6	3,14			

Anmerkungen zur Prüfung:

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	8000,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	
Datum	04.04.2008	*Wasseranteil:*	1814,0g	*Anz. Lagen:*	
Zeit	14:30	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	22,68%	*Stößelgröße:*	
Mischungs-bezeichnung:	M2	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	
Serienbezeichnung:	S3	*Dauer der Mischung:*	2min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	8,0cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Die Lagerung erfolgte unter Raumklima, keine Verdichtung bzw. Verwendung eines Stößels für die Herstellung de Probekörper. Aus dem Lehmfladen mit einer Höhe von etwa 3cm wurden vier Probekörper geschnitten.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ziel dieser Serie ist es, den Trocknungsverlauf bei Raumklima für die Lehmprismen zu dokumentieren.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	04.04.	05.04.		06.04.		07.04.		08.04.		09.04.		10.04.		11.04.			
Prüf-körper	Gewicht [g]	Gewicht [g]		Gewicht [g]		Gewicht [g]		Gewicht [g]		Gewicht [g]		Gewicht [g]		Gewicht [g]		Breite [mm]	Höhe [mm]
1	280,0	266,0	5,00%	246,0	12,14%	240,0	14,29%	236,0	15,71%	232,0	17,14%	232,0	17,14%	232,0	17,14%	28,0	43,0
2	256,0	244,0	4,69%	228,0	6,56%	218,0	14,84%	212,0	17,19%	212,0	17,19%	210,0	17,97%	210,0	17,97%	36,9	38,3
3	278,0	266,0	4,32%	248,0	6,77%	236,0	15,11%	230,0	17,27%	230,0	17,27%	230,0	17,27%	230,0	17,27%	39,6	29,1
4	270,0	254,0	5,93%	236,0	7,09%	228,0	15,56%	220,0	18,52%	220,0	18,52%	220,0	18,52%	220,0	18,52%	40,0	30,0

Temperatur Raumklima

Luftfeuchtigkeit

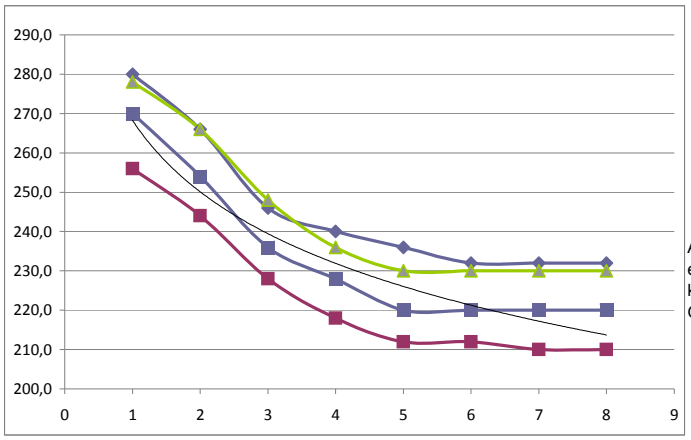


Abbildung zeigt den Trocknungsverlauf der vier Proben. Man erkennt, dass mehr oder weniger nach dem fünften Tag es zu keiner Gewichtswreduktion bei Raumklima mehr kommt. Die Gleichgewichtsfeuchte hat sich somit eingestellt.

Ermittlung Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht	End-gewicht	Entwiche nes Wasser W1	Wasser-gehalt im Lehm W2	Diff. W2-W1	Gleichge-wichts-feuchte
	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	
1	280,0	232,0	48,0	57,8	9,8	4,39%
2	256,0	212,0	44,0	52,8	8,8	4,34%
3	278,0	230,0	48,0	57,4	9,4	4,24%
4	270,0	220,0	50,0	55,7	5,7	2,66%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 18,5%

Lehmanteil: 8000,0g

Wasseranteil: 1814,0g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge	End-länge	Trocken-schwind maß	Mittel-wert
	[mm]	[mm]		n = 4
1				
2				
3				
4				

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	3530,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	11.04.2008	*Wasseranteil:*	735,5g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	15:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	20,84%	*Stößelgröße:*	Stampfer für Beton-prismen
Mischungs-bezeichnung:	M3	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S4	*Dauer der Mischung:*	5min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	7,5cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Die Mischung erfolgte mit dem Rührwerk. Dabei wurde zuerst der erste Teil der Wassermenge (550g) in einen Kübel geleert Daraufhin der Lehm hineingeschüttet und 3min gerührt. Danach die restliche Wassermenge (185,5g) und 2min gerührt

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte für die Lehmprismen.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	11.04.2008				17.04.2008					21.04.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
1	498,0	158,0			440,5	152,6	38,6	38,5	11,55%	412,5	152,1	38,5	38,4	17,17%				
2	498,5	160,0			453,5	153,0	38,5	38,1	9,03%	412,0	152,2	38,1	37,8	17,35%				
3	498,0	160,0			458,0	153,2	38,6	37,7	8,03%	411,5	152,2	38,5	37,6	17,37%				
5	503,5	160,0			462,5	153,0	38,6	39,1	8,14%	417,5	152,2	38,2	38,8	17,08%				
6	500,0	160,0			447,5	152,5	38,5	38,0	10,50%	415,0	152,5	38,5	38,0	17,00%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit			
4	504,0	160,0			406,5	153,7	38,5	38,7	19,35%	406,0	153,2	38,4	38,7	19,44%				
	Temperatur		106,0°C		Temperatur		106,0°C			Temperatur		106,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
1	498,0	412,5	85,5	96,9	11,4	2,83%
2	498,5	412,0	86,5	97,0	10,5	2,60%
3	498,0	411,5	86,5	96,9	10,4	2,58%
5	503,5	417,5	86,0	97,9	11,9	2,94%
6	500,0	415,0	85,0	97,2	12,2	3,04%
4	504,0	406,0	98,0	98,0	0,0	0,01%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 17,2%

Lehmanteil: 3530,0g

Wasseranteil: 735,5g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
				n = 6	
1	158,0	152,1	3,73%	x	4,55%
2	160,0	152,2	4,88%		
3	160,0	152,2	4,88%		
5	160,0	152,2	4,88%		
6	160,0	152,5	4,69%		
4	160,0	153,2	4,25%		

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 02.04.2008 *Zeit* 15:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Probendicke a0 mm	Probenbreite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 5	FMax N	σ N/mm²
1	38,4	38,5	653,8	1,73	x	724,5	1,95
2	37,8	38,1	741,7	2,04	s	53,9	0,19
3	37,6	38,5	799,0	2,20	v	7,45%	9,57%
5	38,8	38,2	696,9	1,82			
6	38,0	38,5	730,9	1,97			

Nr	A mm²	Probendicke a0 mm	Probenbreite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 1	FMax N	σ N/mm²
4	38,7	38,4	1205,7	3,14				

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Probendicke a0 mm	Probenbreite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 8	FMax N	σ N/mm²
1		2406	38,5	62,5	1352,9		x	10295,1	4,29
1		2406	38,5	62,5	1469,4		s	6368,3	1,01
2	3	2381	38,1	62,5	8886,2	3,73	v	61,86%	23,58%
2	4	2381	38,1	62,5	9586,9	4,03			
3	5	2406	38,5	62,5	10654,9	4,43			
3	6	2406	38,5	62,5	11834,1	4,92			
5		2388	38,2	62,5	1238,2				
5	8	1643	38,2	43,0	6338,0	3,86			
5	9	2388	38,2	62,5	11595,5	4,86			
6	10	2406	38,5	62,5	11733,5	4,88			
6		2406	38,5	62,5	1843,9				
6	12	1617	38,5	42,0	5827,3	3,60			

Nr		A mm²	Probendicke a0 mm	Probenbreite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 2	FMax N	σ N/mm²
4	7	2400	38,4	62,5	14335,4	5,97	x	13219,9	5,99
4	8	2012	38,4	52,4	12104,4	6,02	s	1577,5	0,03
							v	11,93%	0,50%

Anmerkungen zur Prüfung:

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	3530,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	11.04.2008	*Wasseranteil:*	752,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	21,30%	*Stößelgröße:*	Stampfer für Beton-prismen
Mischungs-bezeichnung:	M4	*Art der Mischung*	händisch	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S5	*Dauer der Mischung:*	2min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	7,4cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Die Mischung erfolgte händisch und ebenfalls in zwei Etappen. Zuerste das Wasser (565) dann mit dem Lehm gemischt. Danach das restlich Wasser hinzugegeben.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte für die Lehmprismen.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

Prüf-körper	11.04.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	17.04.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		21.04.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
7	505,5	158,0			451,5	155,0	38,0	37,0	10,68%	419,5	153,7	37,6	37,0	17,01%				
8	508,0	160,0			468,5	156,0	39,0	37,8	7,78%	422,0	151,3	38,6	37,6	16,93%				
9	504,5	160,0			466,0	154,6	37,8	38,8	7,63%	419,0	152,3	38,9	38,2	16,95%				
10	522,5	160,0			480,5	152,7	38,5	39,1	8,04%	435,5	152,2	38,5	38,0	16,65%				
12	514,5	160,0			462,5	153,0	38,3	38,3	10,11%	428,0	153,4	38,3	38,4	16,81%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit		67%			Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit			
11	517,4	160,0			418,5	153,6	39,1	39,7	19,11%	418,5	153,4	39,0	38,3	19,11%				
	Temperatur		106,0°C		Temperatur		106,0°C			Temperatur		106,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
7	505,5	419,5	86,0	99,9	13,9	3,42%
8	508,0	422,0	86,0	100,4	14,4	3,53%
9	504,5	419,0	85,5	99,7	14,2	3,51%
10	522,5	435,5	87,0	103,2	16,2	3,88%
12	514,5	428,0	86,5	101,7	15,2	3,67%
11	517,4	418,5	98,9	102,2	3,3	0,80%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 17,6%

Lehmanteil: 3530,0g

Wasseranteil: 752,0g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß	n = 6	Mittel-wert
7	158,0	153,7	2,72%	x	4,35%
8	160,0	151,3	5,44%		
9	160,0	152,3	4,81%		
10	160,0	152,2	4,88%		
12	160,0	153,4	4,13%		
11	160,0	153,4	4,13%		

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 02.04.2008 *Zeit* 15:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Probendicke a0 mm	Probenbreite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 5	FMax N	σ N/mm²
7	37,0	37,6	630,6	1,84	x	658,2	1,80
8	37,6	38,6	729,2	2,00	s	40,7	0,13
9	38,2	38,9	634,2	1,68	v	6,18%	7,18%
10	38,0	38,5	643,2	1,74			
12	38,4	38,3	654,0	1,74			

Nr	Probendicke a0 mm	Probenbreite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 1	FMax N	σ N/mm²
11	38,3	39,0	838,5	2,20			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Probendicke a0 mm	Probenbreite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 9	FMax N	σ N/mm²
7		2350	37,6	62,5	1293,6		x	9998,3	4,30
7	2	1767	37,6	47,0	9189,8	5,20	s	5750,1	0,96
7	3	2350	37,6	62,5	13879,0	5,91	v	57,51%	22,41%
8	4	2413	38,6	62,5	7638,3	3,17			
8	5	2413	38,6	62,5	7546,9	3,13			
9	6	2431	38,9	62,5	10132,9	4,17			
9	7	2431	38,9	62,5	8532,8	3,51			
10	8	2175	38,5	56,5	9697,5	4,46			
10	9	2406	38,5	62,5	12245,5	5,09			
12		2394	38,3	62,5	1541,0				
12	13	1685	38,3	44,0	6794,7	4,03			
12		2394	38,3	62,5	1492,6				

Nr		A mm²	Probendicke a0 mm	Probenbreite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 2	FMax N	σ N/mm²
11	10	2438	39,0	62,5	16698,2	6,85	x	15637,5	6,42
11	11	2438	39,0	62,5	14576,7	5,98	s	1500,2	0,62
							v	9,59%	9,59%

Anmerkungen zur Prüfung:

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	3530,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	~16x4x4cm
Datum	11.04.2008	*Wasseranteil:*	752,0g	*Anz. Lagen:*	
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	21,30%	*Stößelgröße:*	Stampfer für Beton-prismen
Mischungs-bezeichnung:	M4	*Art der Mischung*	händisch	*Einbringung in Schalung:*	
Serienbezeichnung:	S6	*Dauer der Mischung:*	5min	*Maukdauer:*	26h
		Ausbreitmaß in cm:	6,0cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Nach 26h werden Reste der Mischung M4 aufbereitet und zwar händisch. Der Prüfkörper wird durch kneten geformt, bis er in etwa die Form 16x4x4 hat. Dann wurde Anfang und Ende des Körper mit einem Messer abgeschnitten. Am Schluss wurde die Oberfläche mit Wasser benetzt und Risse zu gekittet. Das Material war schon eher sehr brüchig, was für eine schlechte Bindigkeit spricht. Beim Formen der Kugel für das Ausbreitmaß enstanden viele Risse. Trotzdem zerbrach die Kugel nicht beim Aufprall.

Prüfungsziel

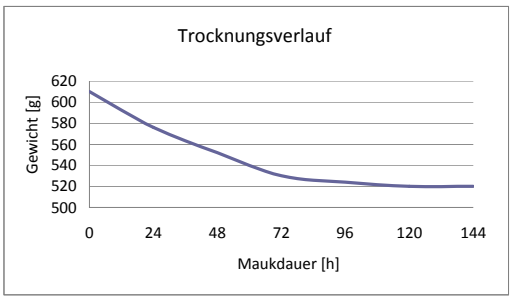
Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Austrocknungskurve und des Schwindmaßes.

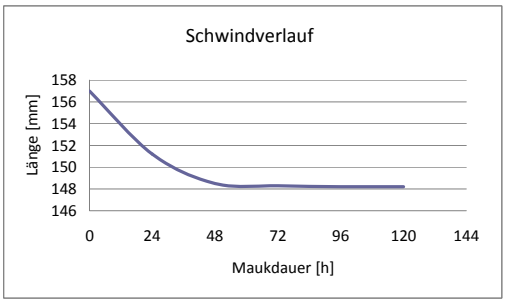
Trocknung

Lagerungsbedingungen

Prüf-körper	12.04.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		13.04.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		14.04.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		15.04.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	
1	610,0	157,0	46,4	42,0		576,0	151,2	45,3	42,0	5,57%	552,0	148,5	45,0	42,0	9,51%	530,0	148,3	45,0	42,0	13,11%
	Temperatur		Raumklima			Temperatur		Raumklima			Temperatur		Raumklima			Temperatur		Raumklima		
	Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit				

Prüf-körper	16.04.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		17.04.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		20.04.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	
1	524,0	148,2	44,7	42,0	14,10%	520,0	148,2	44,7	42,0	14,75%	520,0	149,0	45,0	42,0	14,75%
	Temperatur		Raumklima			Temperatur		Raumklima			Temperatur		Raumklima		
	Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit				





Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	5803,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	22.04.2008	*Wasseranteil:*	1176,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	15:30	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	20,27%	*Stößelgröße:*	Stampfer für Beton-prismen
Mischungs-bezeichnung:	M5	*Art der Mischung*	händisch	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S7	*Dauer der Mischung:*	2min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	6,5-7cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Die Mischung erfolgte händisch und ebenfalls in zwei Etappen. Zuerste das Wasser (878) dann den Lehm gemischt. Danach das restlich Wasser hinzugegeben. Mischung erfolgt durch kneten einzelner großer Lehmpatzen

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ziel deser Versuchsserie ist es, das Bruchverhalten und die Festigkeitswerte zu bestimmen bei unterschiedlicher Gleichgewichtsfeuchte.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	22.04.2008				24.04.2008					25.04.2008					28.04.2008				
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	
4	520,5				467,0				10,28%	448,0	153,2	38,4	38,0	13,93%	441,0	153,3	38,3	37,7	15,27%
5	517,0				467,5				9,57%	447,5	154,0	38,3	38,0	13,44%					
6	507,5				452,5	151,0			10,84%										
7	504,0				442,0	152,0			12,30%										
8	506,5				457,0	153,0			9,77%	437,5	153,0	38,3	37,2	13,62%					
9	502,5				452,0	153,0			10,05%	436,0	153,2	38,9	36,6	13,23%	426,0	154,0	38,8	36,5	15,22%
10	509,5				458,0	154,0			10,11%	441,5	155,1	38,3	38,0	13,35%					
11	509,0				441,5				13,26%										
12	515,5				455,5				11,64%	441,0	154,0	38,5	38,3	14,45%	434,0	154,3	38,3	38,2	15,81%
	Temperatur		Raumklima		Temperatur		Raumklima			Temperatur		20,0°C			Temperatur		-		
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit				
1	515,0				420,0	150,0			18,45%										
2	512,0				416,5	153,0			18,65%	416,5	154,3	38,4	38,3	18,65%					
3	515,0				419,5	154,0			18,54%	419,0	154,0	38,2	38,3	18,64%					
	Temperatur		106,0°C		Temperatur		106,0°C			Temperatur		106,0°C			Temperatur		-		
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit				

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte	*Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse:* 16,9%
							Lehmanteil: 5803,0g
6	507,5	452,5	55,0	96,8	41,8	10,17%	*Wasseranteil:* 1176,0g
7	504,0	442,0	62,0	96,1	34,1	8,36%	
11	509,0	441,5	67,5	97,1	29,6	7,17%	
5	517,0	447,5	69,5	98,6	29,1	6,95%	
8	506,5	437,5	69,0	96,6	27,6	6,73%	
10	509,5	441,5	68,0	97,2	29,2	7,07%	
4	520,5	441,0	79,5	99,2	19,7	4,69%	
9	502,5	426,0	76,5	95,8	19,3	4,75%	
12	515,5	434,0	81,5	98,3	16,8	4,03%	
1	515,0	420,0	95,0	98,2	3,2	0,77%	433,5
2	512,0	416,5	95,5	97,6	2,1	0,51%	430,9
3	515,0	419,0	96,0	98,2	2,2	0,53%	433,5

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
				n = 2	
6	160,0	151,0	5,63%	x	5,31%
7	160,0	152,0	5,00%		
5	160,0	154,0	3,75%	n = 3	
8	160,0	153,0	4,38%	x	3,73%
10	160	155,1	0,0306		
4	160,0	153,3	4,19%	n = 3	
9	160,0	154,0	3,75%	x	3,83%
12	160,0	154,3	3,56%		
1	160,0	150,0	6,25%	n = 3	
2	160,0	154,3	3,56%	x	4,52%
3	160,0	154,0	3,75%		

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 24.04.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S7

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
6	38,5	38,5	356,3	0,94	x	379,0	1,00
7	38,5	38,5	376,0	0,99	s	24,3	0,06
11	38,5	38,5	404,7	1,06	v	6,41%	6,41%

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 1	FMax N	σ N/mm²
1	38,5	38,5	983,0	2,58			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
6		2331,25	37,3	62,5	5104,8	2,19	x	6454,4	2,77
6	5	2331	37,3	62,5	5805,1	2,49	s	1589,6	0,68
7	6	2331	37,3	62,5	5232,0	2,24	v	24,63%	24,63%
7	7	2331	37,3	62,5	5798,0	2,49			
11	8	2331	37,3	62,5	7705,6	3,31			
11	9	2331	37,3	62,5	9081,2	3,90			

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 2	FMax N	σ N/mm²
1		2331,25	37,3	62,5	16805	7,20858	x	19978,0	8,57
1	3	2331	37,3	62,5	23151,0	9,93	s	4487,3	1,92
							v	22,46%	22,46%

Anmerkungen zur Prüfung: Die Proben 1 und 11 wurden unterschiedlich auf Druck geprüft. Der erste Wert ist mit Durck in Stampfrichtung und der zweite Wert ist der Druck normal zur Stampfrichtung aufgebracht. Dabei ergibt sich im Falle der Probe 11 eine Erhöhung von 17% und im Fall von 1 sogar eine Erhöhung von 37%. (Annahme: Diese Erhöhung ergibt sich auf Grund der glatteren Oberfläche bei Probe normal zur Stampfrichtung. Daraus lässt sich erkennen wie wichtig eine glatte Oberläche bei der Prüfung ist!)

Serienbezeichnung: S8

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
5	38,3	38,0	503,0	1,35	x	481,5	1,30
8	38,3	37,2	436,8	1,20	s	131,4	0,09
10	38,3	38,0	504,8	1,36	v	27,29%	6,88%

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 2	FMax N	σ N/mm²
2	38,4	38,3	741,1	1,97	x	886,1	2,37
3	38,2	38,3	1031,1	2,77	s	745,9	0,56
					v	84,18%	23,86%

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
5		2393,75	38,3	62,5	7590,72	3,17106	x	9056,3	3,79
5	6	2394	38,3	62,5	8694,0	3,63	s	899,6	0,38
8	7	2394	38,3	62,5	10028,4	4,19	v	9,93%	9,94%
8	8	2394	38,3	62,5	9786,6	4,09			
10	9	2375	38,0	62,5	8744,2	3,68			
10	10	2375	38,0	62,5	9493,6	4,00			

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 4	FMax N	σ N/mm²
2		2400	38,4	62,5	17805,4	7,41892	x	18711,7	7,97
2	2	2400	38,4	62,5	23044,4	9,60	s	14492,8	1,11
3	3	2388	38,2	62,5	18358,9	7,69	v	77,45%	13,86%

Anmerkungen zur Prüfung: Abdruckrichtung: Pr.2/1 normal geschliffen, 2/2 paralell; Pr3/3 n geschliffen, Pr3/4nL=57; Pr5/5 n, Pr5/6 n geschl, PR8/7, Pr8/8 und Pr10/9 par; Pr10/10 p geschliffen; Bei der Druckprobe wurden die Abdruckrichtung variiert bzw. die Proben vor dem Abdruck abgeschliffen.

Serienbezeichnung: S9

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
4	38,3	37,7	560,3	1,52	x	635,5	1,72
9	38,8	36,5	669,5	1,83	s	320,9	0,17
12	38,3	38,2	676,7	1,81	v	50,49%	10,07%

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 5	FMax N	σ N/mm²
4		2393,75	38,3	62,5	12331,8	5,15165	x	12680,5	5,1668
4	2	2394	38,3	62,5	13897,0	5,81	s	1694,6	0,73
9	3	2425	38,8	62,5	10964,9	4,52	v	13,36%	14,06%
9	4	2425	38,8	62,5	10612,1	4,38			
12		2394	38,3	62,5	1284,2				
12	6	2394	38,3	62,5	14312,5	5,98			

Anmerkungen zur Prüfung: Für die Druckprüfung wurden sämtliche Proben normal zur Abdruckrichtung geprüft. Im Vergleich zu den Prüfungen zuvor, erkennt man dass, obwohl die Gleichgewichtsfeuchte noch relativ hoch ist, die Werte um etwa 25% besser sind! Bei Biegung wurde 4 u 12 normal und 9 parallel geprüft.

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4005,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	25.04.2008	*Wasseranteil:*	1002,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	15:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	25,02%	*Stößelgröße:*	Stampfer für Beton-prismen
Mischungs-bezeichnung:	M6	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S10	*Dauer der Mischung:*	9min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	8,3cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	25.04.2008				28.05.2008					30.04.2008					05.05.2008				
	Gewicht	Länge	Breite	Höhe	Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe	
Prüf-körper	[g]	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]	
1	487,5	159,0			407,0	153,0	37,7	36,9	16,51%	398,5	153,6	37,8	36,6	18,26%	395,5	151,2	37,6	37,0	18,87%
2	490,5	158,0			418,5	151,3	37,7	36,7	14,68%	401,5	152,4	37,7	36,6	18,14%	397,5	150,3	37,6	36,3	18,96%
3	493,0	159,0			426,5	151,6	38,0	36,9	13,49%	405,5	151,3	38,0	36,8	17,75%	399,0	150,3	37,7	36,8	19,07%
4	494,0	160,0			429,5	151,6	38,1	37,3	13,06%	407,5	151,4	37,7	37,7	17,51%	400,5	150,6	38,0	38,4	18,93%
5	497,0	159,0			427,5	151,0	38,0	38,1	13,98%	409,5	153,0	38,0	38,0	17,61%	402,5	150,7	38,0	38,0	19,01%
6	493,0	160,0			422,0	151,0	37,6	37,6	14,40%	406,0	151,0	37,6	38,0	17,65%	399,0	150,6	38,0	37,6	19,07%
7	494,5	160,0			420,5	153,3	37,7	38,1	14,96%	405,5	152,7	38,0	38,0	18,00%	400,5	152,3	38,6	38,0	19,01%
8	495,0	160,0			410,5	151,3	37,7	36,8	17,07%	403,0	151,8	38,0	37,1	18,59%	400,5	151,0	38,0	37,4	19,09%
9	498,0	160,0			420,0	153,2	38,9	37,4	15,66%	408,0	153,3	38,3	38,3	18,07%	404,0	153,0	38,5	38,0	18,88%
	Temperatur		Raumklima		Temperatur		Raumklima			Temperatur		Raumklima			Temperatur		-		
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit				

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht	End-gewicht	Entwiche nes Wasser W1	Wasser-gehalt im Lehm W2	Diff. W2-W1	Gleichge-wichts-feuchte
	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	
1	487,5	395,5	92,0	108,0	16,0	4,20%
2	490,5	397,5	93,0	108,6	15,6	4,09%
3	493,0	399,0	94,0	109,2	15,2	3,95%
4	494,0	400,5	93,5	109,4	15,9	4,13%
5	497,0	402,5	94,5	110,1	15,6	4,02%
6	493,0	399,0	94,0	109,2	15,2	3,95%
7	494,5	400,5	94,0	109,5	15,5	4,03%
8	495,0	400,5	94,5	109,6	15,1	3,92%
9	498,0	404,0	94,0	110,3	16,3	4,20%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 20,0%

Lehmanteil: 4005,0g

Wasseranteil: 1002

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge	End-länge	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
	[mm]	[mm]		n = 9	
1	159,0	151,2	4,91%	x	5,23%
2	158,0	150,3	4,87%		
3	159,0	150,3	5,47%		
4	160,0	150,6	5,88%		
5	159,0	150,7	5,22%		
6	160,0	150,6	5,88%		
7	160,0	152,3	4,81%		
8	160,0	151,0	5,63%		
9	160,0	153,0	4,38%		

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 05.05.2008 *Zeit* 16:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Probendicke a0 mm	Probenbreite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 9	FMax N	σ N/mm²
1	37,0	37,6	712,4	2,08	x	738,8	2,08
2	36,3	37,6	685,5	2,08	s	95,8	0,27
3	36,8	37,7	776,8	2,28	v	12,96%	12,92%
4	38,4	38,0	647,9	1,73			
5	38,0	38,0	844,8	2,31			
6	37,6	38,0	587,1	1,64			
7	38,0	38,6	701,6	1,89			
8	37,4	38,0	821,6	2,32			
9	38,0	38,5	871,7	2,35			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Probendicke a0 mm	Probenbreite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 18	FMax N	σ N/mm²
1	1	2350	37,6	62,5	13776,0	5,86	x	13044,4	5,56
1	2	2350	37,6	62,5	14711,1	6,26	s	1735,9	0,69
2	3	2350	37,6	62,5	13725,8	5,84	v	13,31%	12,46%
2	4	2350	37,6	62,5	12649,2	5,38			
3	5	2356	37,7	62,5	16054,7	6,81			
3	6	2356	37,7	62,5	13973,0	5,93			
4	7	2375	38,0	62,5	13863,8	5,84			
4	8	2375	38,0	62,5	8831,7	3,72			
5	9	2375	38,0	62,5	10915,1	4,60			
5	10	2375	38,0	62,5	13344,3	5,62			
6	11	2375	38,0	62,5	12364,3	5,21			
6	12	2375	38,0	62,5	12226,4	5,15			
7	13	2413	38,6	62,5	14641,2	6,07			
7	14	2413	38,6	62,5	14906,4	6,18			
8	15	1900	38,0	50,0	10648,2	5,60			
8	16	2375	38,0	62,5	13154,4	5,54			
9	17	2406	38,5	62,5	11855,6	4,93			
9	18	2406	38,5	62,5	13157,9	5,47			

Anmerkungen zur Prüfung: Sämtliche Proben wurden normal zur Stampfrichtung abgedrückt, also um 90° gedreht.

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	2221,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	25.04.2008	*Wasseranteil:*	573,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	15:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	25,80%	*Stößelgröße:*	Stampfer für Beton-prismen
Mischungs-bezeichnung:	M7	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S11	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	9,8cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:
Aufgrund des Ausbreitmaßes muss der Wasseranteil höher sein als notiert. Annahme es kam bei der Abwaage zu Fehlern. Ebenfalls sollte die Gleichgewichtsfeuchte etwa gleich sein wie bei M6S10 wie gleiche Lagerungsbedingungen vorherrschten.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	25.04.2008				28.04.2008					30.04.2008					05.05.2008				
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	
10	486,0	159,0			405,5	150,9	38,2	38,3	16,56%	393,0				19,14%	389,5	150,7	37,5	38,0	19,86%
11	493,0	158,0			414,5	152,0	38,9	37,6	15,92%	398,0				19,27%	394,5	151,0	38,0	38,2	19,98%
12	491,5	159,0			417,5	153,7	38,0	38,3	15,06%	398,0				19,02%	393,0	151,5	37,7	39,0	20,04%
13	484,5	160,0			429,0	154,7	38,4	37,0	11,46%	393,0				18,89%	388,5	152,7	38,4	38,0	19,81%
14	495,5	159,0			411,5	152,0	38,1	38,0	16,95%	404,5				18,37%	400,5	154,0	37,7	37,0	19,17%
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur		-		
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit				

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
10	486,0	389,5	96,5	110,0	13,5	3,58%
11	493,0	398,0	95,0	111,6	16,6	4,34%
12	491,5	398,0	93,5	111,2	17,7	4,66%
13	484,5	393,0	91,5	109,6	18,1	4,84%
14	495,5	404,5	91,0	112,1	21,1	5,51%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 20,5%
Lehmanteil: 2221,0g
Wasseranteil: 573,0g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert n = 5
10	159,0	150,7	5,22%	x	4,41%
11	158,0	151,0	4,43%		
12	159,0	151,5	4,72%		
13	160,0	152,7	4,56%		
14	159,0	154,0	3,14%		

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 02.04.2008 *Zeit* 15:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 5	FMax N	σ N/mm²
10	38,0	37,5	784,5	2,17	x	709,9	1,94
11	38,2	38,0	630,4	1,71	s	100,7	0,25
12	39,0	37,7	739,7	1,93	v	14,19%	12,71%
13	38,0	38,4	814,9	2,20			
14	37,0	37,7	580,3	1,69			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 9	FMax N	σ N/mm²
10	1	2344	37,5	62,5	12271,2	5,24	x	11119,0	4,70
10	2	2344	37,5	62,5	9987,1	4,26	s	2824,7	1,21
11	3	2375	38,0	62,5	13392,3	5,64	v	25,40%	25,72%
11	4	2375	38,0	62,5	12770,5	5,38			
12	5	2356	37,7	62,5	13566,1	5,76			
12	6	2356	37,7	62,5	14497,9	6,15			
13	7	2400	38,4	62,5	8878,6	3,70			
13	8	2400	38,4	62,5	6224,9	2,59			
14	9	2356	37,7	62,5	8482,6	3,60			
14									

Anmerkungen zur Prüfung: Bei Biegezugversuch von Probe 14 war ein Reststück nur mehr 30mm lang und wurde nicht mehr auf Druck geprüft. Alle Proben wurden normal zur Stampfrichtung abgedrückt. Probe 10,11,12 sind annähernd gleich wie bei Mischung M6S10. Nur 13 und 14 fallen total unten durch. Was ist dafür die Ursache: Aufbereitung oder schlechter Einbau???

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	zu Hause	*Lehmanteil:*	2010,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	26.04.2008	*Wasseranteil:*	570,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	18:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	28,36%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M8	*Art der Mischung*	händisch	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S12	*Dauer der Mischung:*		*Maukdauer:*	48h
		Ausbreitmaß in cm:	8,0cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: händisch verrührt und gemaukt; nach 48h wird die Probe hergestellt und zwar wurde jede Lage mit dem 2x2cm Stößel verdichtet.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Austrocknungskurve.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	28.04.2008				29.04.2008					30.04.2008					01.05.2008				
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	
1	502,0	156,0	39,0		472,0	151,0	38,0	41,4	5,98%	448,0				10,76%	428,0	-	-	-	14,74%
2	512,0	159,0	40,0		492,0	156,0	40,0	40,4	3,91%	470,0				8,20%	448,0	-	-	-	12,50%
3	496,0	159,0	40,0		474,0	155,0	38,9	40,4	4,44%	452,0				8,87%	436,0	-	-	-	12,10%
4	512,0	160,0	40,0		486,0	157,0	39,0	40,0	5,08%	460,0				10,16%	434,0				15,23%
5	258,0	127,0	34,0	34,0	242,0	116,0	32,7	32,6	6,20%	226,0				12,40%	216,0	-	-	-	16,28%
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur		-		
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit				

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
1	502,0	408,0	94,0	121,3	27,3	7,18%
2	512,0	418,0	94,0	123,8	29,8	7,66%
3	496,0	402,0	94,0	119,9	25,9	6,88%
4	512,0	412,0	100,0	123,8	23,8	6,12%
5	258,0	210,0	48,0	62,4	14,4	7,34%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 22,1%
Lehmanteil: 2010,0g
Wasseranteil: 570,0g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß n = 4	Mittel-wert
1			x	
2				
3				
4				
5				

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 02.04.2008 *Zeit* 15:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 4	FMax N	σ N/mm²
1	37,0	38,0	1058,1	3,05	x	1011,5	2,74
2	39,0	39,0	1058,1	2,68	s	55,0	0,21
3	37,7	39,0	979,3	2,65	v	5,44%	7,55%
4	38,0	38,0	950,7	2,60			
5	33,0	33,0	874,2	2,19			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 8	FMax N	σ N/mm²
1	1	2313	37,0	62,5	11176,1	4,83	x	9745,0	4,36
1	2	2313	37,0	62,5	10015,1	4,33	s	1618,7	0,70
2	3	2438	39,0	62,5	8725,1	3,58	v	16,61%	16,13%
2	5	1521	39,0	39,0	7815,8	5,14			
3	6	2356	37,7	62,5	8308,6	3,53			
3	7	2356	37,7	62,5	11732,7	4,98			
4	8	2375	38,0	62,5	8480,6	3,57			
4	9	2375	38,0	62,5	11705,8	4,93			
5	10	1947	33,0	59,0	6320,2	3,25			
5	11	1947	33,0	59,0	5021,0	2,58			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4000,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	30.04.2008	*Wasseranteil:*	812,5g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	20,31%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M9	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S13	*Dauer der Mischung:*	etwa 2min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	6,8cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Die Mischung erfolgte in zwei Etappen. Zuerst wurde 457g Wasser mit dem Lehm gemischt, bis dieser krümelig wurde und dann wurde das restliche Wasser untergemischt.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte. Bei den Prüfkörpern 1,3,6 und 8 erfolgte die Trocknung unter Einfluss einer direkten Sonneneinstrahlung.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

Prüf-körper	30.04.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	05.05.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		09.05.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
1	512,0				428,5				16,31%	426,0	153,0	38,0	37,8	16,80%				
3	512,5				428,5				16,39%	426,0	153,6	38,4	38,4	16,88%				
6	507,0				424,0				16,37%	421,5	154,4	38,4	36,3	16,86%				
8	511,5				428,0				16,32%	426,0	153,8	38,2	37,0	16,72%				
	Temperatur		Raumklima		Temperatur		Raumklima			Temperatur		Raumklima			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit			
2	511,5				431,5	150,0			15,64%	430,5	154,8	38,4	37,4	15,84%				
4	508,0				429,5	153,0			15,45%	428,5	155,0	38,2	37,0	15,65%				
5	506,5				427,0	154,0			15,70%	426,5	154,0	38,7	37,0	15,79%				
7	516,0				436,5	153,0			15,41%	435,5	156,0	38,5	37,4	15,60%				
9	510,5				431,0	154,0			15,57%	430,5	155,0	38,6	37,7	15,67%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiches Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
1	512,0	426,0	86,0	97,8	11,8	2,85%
3	512,5	426,0	86,5	97,9	11,4	2,75%
6	507,0	421,5	85,5	96,8	11,3	2,76%
8	511,5	426,0	85,5	97,7	12,2	2,95%
2	511,5	430,5	81,0	97,7	16,7	4,03%
4	508,0	428,5	79,5	97,0	17,5	4,26%
5	506,5	426,5	80,0	96,7	16,7	4,09%
7	516,0	435,5	80,5	98,6	18,1	4,32%
9	510,5	430,5	80,0	97,5	17,5	4,24%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 16,9%

Lehmanteil: 4000,0g

Wasseranteil: 812,5g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß			Mittel-wert
					n = 4	
1	160,0	153,0	4,38%	x		3,94%
3	160,0	153,6	4,00%			Mittel-wert
6	160,0	154,4	3,50%			
8	160,0	153,8	3,88%		n = 5	
2	160,0	154,8	3,25%	x		3,15%
4	160,0	155,0	3,13%			
5	160,0	154,0	3,75%			
7	160,0	156,0	2,50%			
9	160,0	155,0	3,13%			

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 24.04.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S13

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 4	FMax N	σ N/mm²

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 5	FMax N	σ N/mm²

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

1	38,0	37,8	360,0	0,99	x	679,7	1,87
3	38,4	38,4	764,7	2,03	s	214,6	0,59
6	38,4	36,3	771,9	2,16	v	31,58%	31,82%
8	38,2	37,0	822,0	2,28			

1		2375	38,0	62,5			x	16758,7	7,00
1		2375	38,0	62,5			s	1456,1	0,62
3	3	2400	38,4	62,5	14624,5	6,09	v	8,69%	8,87%
3	4	2400	38,4	62,5	15984,6	6,66			
6	5	2400	38,4	62,5	16961,2	7,07			
6		2400	38,4	62,5	1249,0	0,52			
8	7	2388	38,2	62,5	16432,6	6,88			
8	8	2388	38,2	62,5	18541,8	7,77			

Anmerkungen zur Prüfung: Die Lagerung der Probe erfolgte bei Raumklima. Die gute Austrocknung ist dadurch zu erklären, dass die Proben beim Fenster lagerten und es auf Grund der Witterung (Sonnenwetter) zu einer guten Austrocknung kam, welches auch bei der Druckfestigkeit sich positiv auswirkte. Probe 1 wurde beim Biegezugversuch zerstört und zwar der längs nach. Eventuell Fehler beim Einbau.

Serienbezeichnung: S14

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	5	FMax N	σ N/mm²
2	38,4	37,4	592,8	1,61	x	535,8	1,45
4	38,2	37,0	422,7	1,17	s	176,6	0,19
5	38,7	37,0	542,7	1,47	v	32,96%	13,01%
7	38,5	37,4	605,3	1,64			
9	38,6	37,7	515,8	1,38			

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	8	FMax N	σ N/mm²
	2	2400	38,4	62,5			x	12913,3	5,37
2		2400	38,4	62,5			s	1460,3	0,60
4	3	2388	38,2	62,5	10658,8	4,46	v	11,31%	11,20%
4	4	2388	38,2	62,5	13208,8	5,53			
5	5	2419	38,7	62,5	12501,0	5,17			
5	6	2419	38,7	62,5	13142,5	5,43			
7	7	2406	38,5	62,5	13843,2	5,75			
7	8	2406	38,5	62,5	14194,4	5,90			
9	9	2413	38,6	62,5	11004,7	4,56			
9	10	2413	38,6	62,5	14753,5	6,12			

Anmerkungen zur Prüfung: Probe 2 wurde ebenfalls beim Biegezugversuchs der längs zerstört.

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	3999,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	09.05.2008	*Wasseranteil:*	705,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit		*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	17,63%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M10	*Art der Mischung*		*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S14	*Dauer der Mischung:*	5min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	5,2cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Zuerst wurde versucht eine Mischung mit nur 15% Wasseranteil herzustellen. Dabei kam es zu keinerlei Bindung und die Lehmmasse war noch feinkörnig. Bei Zugabe von zusätzlichen 100g Wasser konnte eine Bindigkeit des Lehmes hergestellt werden

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

Prüf-körper	09.05.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	16.05.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		20.05.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
1	520,5				450,5				13,45%	450,0		38,0	38,0	13,54%				
2	526,0				454,5				13,59%	454,0		38,0	38,5	13,69%				
3	529,0				456,5				13,71%	456,0		38,0	38,0	13,80%				
4	527,0				456,5				13,38%	456,0		38,0	38,0	13,47%				
5	524,0				453,0				13,55%	453,0		38,0	38,0	13,55%				
6	517,5				447,5				13,53%	447,5		38,0	38,0	13,53%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiches Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
1	520,5	450,0	70,5	89,8	19,3	4,48%
2	526,0	454,0	72,0	90,8	18,8	4,31%
3	529,0	456,0	73,0	91,3	18,3	4,17%
4	527,0	456,0	71,0	90,9	19,9	4,57%
5	524,0	453,0	71,0	90,4	19,4	4,48%
6	517,5	447,5	70,0	89,3	19,3	4,50%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 15,0%
Lehmanteil: 3999,0g
Wasseranteil: 705,0g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß	Mittel-wert
			n = 4	
1			x	
2				
3				
4				
5				
6				

Prüfung Temperatur

Ort: Labor TU Wien *Datum* 20.05.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S14

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
1	38,0	38,0	277,5	0,76	x	393,3	1,07
2	38,0	38,5	494,2	1,33	s	75,9	0,20
3	38,0	38,0	368,8	1,01	v	19,29%	18,91%
4	38,0	38,0	365,3	1,00			
5	38,0	38,0	454,8	1,24			
6	38,0	38,0	399,3	1,09			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 12	FMax N	σ N/mm²
1	1	2375	38,0	62,5	15710,9	6,62	x	14009,0	6,06
1	2	1900	38,0	50,0	12446,5	6,55	s	1710,4	0,75
2	3	2406	38,5	62,5	15524,6	6,45	v	12,21%	12,35%
2	4	2406	38,5	62,5	14308,1	5,95			
3	5	2375	38,0	62,5	12487,7	5,26			
3	6	2166	38,0	57,0	15092,8	6,97			
4	7	2375	38,0	62,5	16268,1	6,85			

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

4	8	2318	38,0	62,5	13254,6	5,72
5	9	2375	38,0	62,5	14044,7	5,91
5	10	2375	38,0	62,5	15501,3	6,53
6	11	2375	38,0	62,5	12899,8	5,43
6	12	2375	38,0	61,0	10568,9	4,45

Anmerkungen zur Prüfung: Visuell konnte man schon die schlechte Biegezugfestigkeit erahnen. Die Kanten der Prüfkörper waren tw abgebrochen. Die Längen der kürzeren Teile für die Druckfestigkeit wurden gemittelt.

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	zu Hause	*Lehmanteil:*	4001,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	06.05.2008	*Wasseranteil:*	1355,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	18:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	33,87%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M11	*Art der Mischung*	händisch	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S15	*Dauer der Mischung:*		*Maukdauer:*	144h
		Ausbreitmaß in cm:	7,9cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Die Mischung wird zum Mauken vorbereitet. Mit einem 2x2Stab wird die Mischung solange durchgerührt, bis sich sämtliches Lehmpulver mit dem Wasser gemischt hat. Beobachtung: trotz langem Rühren bilden sich kleinere Lehmklumpen was wohl beim Rührwerk nicht passieren würde. Nach 144h werden die ersten Proben eingebaut.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	12.05.2008				15.05.2008					19.05.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
1	520,0				434,0				16,54%	434,5		35,5	37,5	16,44%				
2	482,0				406,0				15,77%	402,5		37,0	36,0	16,49%				
3	518,0				440,0				15,06%	435,5		36,5	38,0	15,93%				
	Temperatur		Raumklima		Temperatur		Raumklima			Temperatur		Raumklima			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
1	520,0	434,5	85,5	106,4	20,9	5,05%
2	482,0	402,5	79,5	98,6	19,1	4,99%
3	518,0	435,5	82,5	106,0	23,5	5,70%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 18,3%

Lehmanteil: 4001,0g

Wasseranteil: 895,0g

reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß n = 3	Mittel-wert
1			x	
2				
3				

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 24.04.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	35,5	37,5	727,3	2,31	x	764,9	2,33
2	37,0	36,0	650,3	1,98	s	137,4	0,37
3	36,5	38,0	917,2	2,72	v	17,96%	15,84%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 5	FMax N	σ N/mm²
1	1	2344	37,5	62,5	11954,1	5,10	x	10388,2	4,57
1	2	2344	37,5	62,5	8804,3	3,76	s	1913,8	0,66
2	3	1980	36,0	55,0	7342,3	3,71	v	18,42%	14,43%
2	4	2250	36,0	62,5	10802,1	4,80			
3		2375	38,0	62,5	2159,0	0,91			
3	6	2375	38,0	62,5	10879,1	4,58			

Anmerkungen zur Prüfung: Für die Druckprüfung wurden sämtliche Proben parallel zur Abdruckrichtung geprüft. Im Vergleich zu den Prüfungen zuvor, erkennt man, dass obwohl die Gleichgewichtsfeuchte noch relativ hoch ist, die Werte um etwa 25% besser sind!!!

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	zu Hause	*Lehmanteil:*	4001,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	06.05.2008	*Wasseranteil:*	1355,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	18:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	33,87%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M11	*Art der Mischung*	händisch	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S19	*Dauer der Mischung:*		*Maukdauer:*	168h
		Ausbreitmaß in cm:	7,1cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Die Mischung wird zum Mauken vorbereitet. Mit einem 2x2Stab wird die Mischung solange durchgerührt, bis sich sämtliches Lehmpulver mit dem Wasser gemischt hat. Beobachtung: trotz langem Rühren bilden sich kleinere Lehmklumpen was wohl beim Rührwerk nicht passieren würde. Nach 144h werden die ersten Proben eingebaut.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	13.05.2008				15.05.2008					20.05.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
4	502,0				442,0				11,95%	427,0		38,0	37,5	14,94%				
5	520,0				466,0				10,38%	443,0		38,5	37,0	14,81%				
6	520,0				452,0				13,08%	440,5		37,0	38,0	15,29%				
	Temperatur		Raumklima		Temperatur		Raumklima			Temperatur		Raumklima			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiches nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
4	502,0	442,0	60,0	95,5	35,5	8,72%
5	520,0	466,0	54,0	98,9	44,9	10,66%
6	520,0	452,0	68,0	98,9	30,9	7,34%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 16,8%

Lehmanteil: 4001,0g

Wasseranteil: 807,8g

reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß	n = 3	Mittel-wert
4				x	
5					
6					

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 24.04.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S9

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
4	38,0	37,5	764,9	2,12	x	693,2	1,94
5	38,5	37,0	670,0	1,83	s	63,3	0,16
6	37,0	38,0	644,9	1,86	v	9,13%	8,17%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
4 7	2344	37,5	62,5	11368,2	4,85	x	11258,0	4,81
4 8	2344	37,5	62,5	11445,3	4,88	s	794,3	0,39
5 9	2313	37,0	62,5	12000,7	5,19	v	7,06%	8,18%
5 10	2313	37,0	62,5	12074,1	5,22			
6 11	2375	38,0	62,5	10040,6	4,23			
6 12	2375	38,0	62,5	10619,3	4,47			

Anmerkungen zur Prüfung: Für die Druckprüfung wurden sämtliche Proben parallel zur Abdruckrichtung geprüft. Im Vergleich zu den Prüfungen zuvor, erkennt man dass obwohl die Gleichgewichtsfeuchte noch relativ hoch ist die Werte um etwa 25% besser sind!!!

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	zu Hause	*Lehmanteil:*	4001,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	06.05.2008	*Wasseranteil:*	1355,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	18:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	33,87%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M11	*Art der Mischung*	händisch	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S20	*Dauer der Mischung:*		*Maukdauer:*	192h
		Ausbreitmaß in cm:	6,3cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Die Mischung wird zum Mauken vorbereitet. Mit einem 2x2Stab wird die Mischung solange durchgerührt, bis sich sämtliches Lehmpulver mit dem Wasser gemischt hat. Beobachtung: trotz langem Rühren bilden sich kleinere Lehmklumpen was wohl beim Rührwerk nicht passieren würde. Nach 144h werden die ersten Proben eingebaut.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

Prüf-körper	14.05.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	15.05.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		20.05.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
7	518,0				480,0				7,34%	448,0		37,5	38,0	13,51%				
8	536,0				496,0				7,46%	464,5		38,5	38,0	13,34%				
	Temperatur		Raumklima		Temperatur		Raumklima			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit				Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit					Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte	*Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse:*	16,3%
							Lehmanteil:	4001,0g
7	518,0	448,0	70,0	96,0	26,0	6,16%	*Wasseranteil:*	779,0g
8	536,0	464,5	71,5	99,3	27,8	6,37%	reduzierte Wert lt. Formel AM	

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
				n = 2	
7				x	
8					

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 24.04.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S9

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 2	FMax N	σ N/mm²
7	37,5	38,0	741,6	2,08	x	799,8	2,18
8	38,5	38,0	858,0	2,29	s	82,3	0,14
					v	10,29%	6,59%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 4	FMax N	σ N/mm²
4	1	2375	38,0	62,5	13584,5	5,72	x	14624,6	6,16
4	2	2375	38,0	62,5	15691,5	6,61	s	912,5	0,38
9	3	2375	38,0	62,5	14238,5	6,00	v	6,24%	6,24%
9	4	2375	38,0	62,5	14983,8	6,31			

Anmerkungen zur Prüfung: Für die Druckprüfung wurden sämtliche Proben parallel zur Abdruckrichtung geprüft. Im Vergleich zu den Prüfungen zuvor, erkennt man dass obwohl die Gleichgewichtsfeuchte noch relativ hoch ist die Werte um etwa 25% besser sind!!!

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4000,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	09.05.2008	*Wasseranteil:*	805,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	20,13%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M12	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S16	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	6,5cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

Prüf-körper	09.05.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	16.05.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		20.05.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
1	512,5				435,5				15,02%	435,0		37,5	37,5	15,12%				
2	521,0				442,0				15,16%	442,0		37,5	38,0	15,16%				
3	510,0				432,5				15,20%	432,0		37,0	37,0	15,29%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
1	512,5	435,5	77,0	97,2	20,2	4,87%
2	521,0	442,0	79,0	98,9	19,9	4,70%
3	510,0	432,5	77,5	96,8	19,3	4,66%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 16,8%
Lehmanteil: 4000,0g
Wasseranteil: 805,0g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß	Mittel-wert n = 3
1			x	
2				
3				

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 20.05.2008 *Zeit* 15:00

Biegezugfestigkeit Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N *Prüfgeschwindigkeit* 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	37,0	38,0	360,0	1,04	x	526,5	1,41
2	39,0	39,0	589,2	1,49	s	145,7	0,34
3	37,7	39,0	630,4	1,71	v	27,67%	24,15%

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
1	1	2313	37,0	62,5	12718,1	5,50	x	12391,1	5,74
1	2	2313	37,0	62,5	13002,9	5,62	s	1730,5	0,41
2	3	2438	39,0	62,5	13031,6	5,35	v	13,97%	7,14%
2	5	1521	39,0	39,0	8896,7	5,85			
3	6	2356	37,7	62,5	13212,5	5,61			
3	7	2074	37,7	55,0	13484,8	6,50			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4000,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	09.05.2008	*Wasseranteil:*	805,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	20,13%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M12	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S17	*Dauer der Mischung:*	5min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	5,9cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	09.05.2008				16.05.2008					20.05.2008								
	Gewicht	Länge	Breite	Höhe	Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe
Prüf-körper	[g]	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]
4	520,0				444,0				14,62%	444,0		38,0	37,5	14,62%				
5	518,5				443,0				14,56%	443,0		37,5	37,5	14,56%				
6	520,0				444,5				14,52%	444,0		38,0	38,0	14,62%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht	End-gewicht	Entwiche nes Wasser W1	Wasser-gehalt im Lehm W2	Diff. W2-W1	Gleichge-wichts-feuchte
	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	
1	520,0	444,0	76,0	98,7	22,7	5,38%
2	518,5	443,0	75,5	98,4	22,9	5,45%
3	520,0	444,5	75,5	98,7	23,2	5,50%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 16,8%
Lehmanteil: 4000,0g
Wasseranteil: 805,0g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge	End-länge	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
	[mm]	[mm]		n = 3	
1				x	
2					
3					

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 20.05.2008 *Zeit* 15:00

Biegezugfestigkeit Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N *Prüfgeschwindigkeit* 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	37,0	38,0	420,9	1,21	x	469,8	1,27
2	39,0	39,0	370,7	0,94	s	130,6	0,37
3	37,7	39,0	617,9	1,67	v	27,81%	29,12%

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
1	1	2313	37,0	62,5	11539,2	4,99	x	13777,4	5,81
1	2	2313	37,0	62,5	14801,6	6,40	s	1625,2	0,62
2	3	2438	39,0	62,5	15090,0	6,19	v	11,80%	10,63%
2	5	2438	39,0	62,5	15242,3	6,25			
3	6	2356	37,7	62,5	11981,7	5,09			
3	7	2356	37,7	62,5	14009,8	5,95			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4000,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	09.05.2008	*Wasseranteil:*	805,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	20,13%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M12	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S18	*Dauer der Mischung:*	10min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	5,6cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	09.05.2008				16.05.2008					20.05.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
7	528,5				453,6				14,18%	454,0		38,0	37,0	14,10%				
8	524,5				450,5				14,11%	450,0		38,0	38,0	14,20%				
9	533,5				459,0				13,96%	459,0		38,0	37,5	13,96%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
1	528,5	453,6	74,9	100,3	25,3	5,92%
2	524,5	450,5	74,0	99,5	25,5	6,00%
3	533,5	459,0	74,5	101,2	26,7	6,18%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 16,8%
Lehmanteil: 4000,0g
Wasseranteil: 805,0g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß n = 3	Mittel-wert
1			x	
2				
3				

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 20.05.2008 *Zeit* 15:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	37,0	38,0	463,9	1,34	x	558,8	1,51
2	39,0	39,0	453,1	1,15	s	173,8	0,48
3	37,7	39,0	759,4	2,05	v	31,10%	31,68%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
1	1	2313	37,0	62,5	14726,4	6,37	x	14062,0	5,94
1	2	2313	37,0	62,5	13015,5	5,63	s	1690,0	0,72
2	3	2438	39,0	62,5	15867,6	6,51	v	12,02%	12,18%
2	5	2438	39,0	62,5	11833,0	4,85			
3	6	2356	37,7	62,5	15912,4	6,75			
3	7	2356	37,7	62,5	13017,2	5,52			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4002,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	16.05.2008	*Wasseranteil:*	1002,5g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	15:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	25,05%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M13	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S21	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	8,8cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	16.05.2008				23.05.2008					27.05.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
1	490,5				400,0				18,45%	399,5	155,0	38,3	36,9	18,55%				
2	489,5				399,0				18,49%	398,5	151,3	37,8	37,3	18,59%				
3	488,0				398,0				18,44%	397,5	151,3	37,7	37,9	18,55%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
1	490,5	399,5	91,0	108,7	17,7	4,64%
2	489,5	398,5	91,0	108,5	17,5	4,59%
3	488,0	397,5	90,5	108,2	17,7	4,65%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 20,0%
Lehmanteil: 4002,0g
Wasseranteil: 1002,5g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert n = 3
1	160,0	155,0	3,13%	x	4,67%
2	160,0	151,3	5,44%		
3	160,0	151,3	5,44%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 27.05.2008 *Zeit* 15:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	38,3	36,9	694,5	1,92	x	654,0	1,82
2	37,8	37,3	651,6	1,83	s	39,4	0,11
3	37,7	37,9	615,8	1,71	v	6,03%	5,77%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
1	1	2306	36,9	62,5	10092,0	4,38	x	10981,9	5,15
1	2	2306	36,9	62,5	10339,3	4,48	s	1143,5	1,12
2	3	2331	37,3	62,5	12894,1	5,53	v	10,41%	21,70%
2	5	1455	37,3	39,0	10514,8	7,23			
3	6	2369	37,9	62,5	11878,3	5,01			
3	7	2369	37,9	62,5	10172,7	4,29			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4002,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	16.05.2008	*Wasseranteil:*	1002,5g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	15:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	25,05%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M13	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S22	*Dauer der Mischung:*	5min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	8,4cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	16.05.2008				23.05.2008					27.05.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
4	488,0				400,0				18,03%	399,5	152,7	38,8	36,4	18,14%				
5	493,5				404,0				18,14%	403,5	153,8	38,0	38,3	18,24%				
6	487,5				399,0				18,15%	398,5	153,0	38,0	37,0	18,26%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte	*Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse:* 20,0%
							Lehmanteil: 4002,0g
							Wasseranteil: 1002,5g
1	488,0	399,5	88,5	108,2	19,7	5,18%	
2	493,5	403,5	90,0	109,4	19,4	5,05%	
3	487,5	398,5	89,0	108,1	19,1	5,02%	

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß	n = 3	Mittel-wert
1	160,0	152,7	4,56%	x	4,27%
2	160,0	153,8	3,88%		
3	160,0	153,0	4,38%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 02.04.2008 *Zeit* 15:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	38,8	36,4	701,7	1,92	x	678,4	1,86
2	38,0	38,3	748,2	2,03	s	83,9	0,20
3	38,0	37,0	585,4	1,64	v	12,37%	10,68%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
1	1	2275	36,4	62,5	12112,9	5,32	x	11949,3	5,63
1	2	2275	36,4	62,5	9334,2	4,10	s	1344,3	1,28
2	3	2394	38,3	62,5	12679,1	5,30	v	11,25%	22,72%
2	5	1494	38,3	39,0	11948,1	8,00			
3	6	2313	37,0	62,5	12534,0	5,42			
3	7	2313	37,0	62,5	13087,6	5,66			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4002,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	16.05.2008	*Wasseranteil:*	1002,5g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	15:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	25,05%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M13	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S23	*Dauer der Mischung:*	15min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	7,7cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	16.05.2008				23.05.2008					27.05.2008								
	Gewicht	Länge	Breite	Höhe	Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe
Prüf-körper	[g]	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]
7	500,0				413,0				17,40%	413,0	153,6	38,3	37,6	17,40%				
8	495,5				409,5				17,36%	409,5	153,0	38,0	38,0	17,36%				
9	497,0				410,0				17,51%	410,0	152,6	38,5	37,2	17,51%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht	End-gewicht	Entwiche nes Wasser W1	Wasser-gehalt im Lehm W2	Diff. W2-W1	Gleichge-wichts-feuchte
	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	
1	500,0	413,0	87,0	110,8	23,8	6,12%
2	495,5	409,5	86,0	109,8	23,8	6,18%
3	497,0	410,0	87,0	110,2	23,2	5,99%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 20,0%
Lehmanteil: 4002,0g
Wasseranteil: 1002,5g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge	End-länge	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
	[mm]	[mm]		n = 3	
1	160,0	153,6	4,00%	x	4,33%
2	160,0	153,0	4,38%		
3	160,0	152,6	4,63%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 02.04.2008 *Zeit* 15:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	38,3	37,6	580,0	1,58	x	559,1	1,52
2	38,0	38,0	580,0	1,59	s	36,2	0,10
3	38,5	37,2	517,3	1,41	v	6,47%	6,60%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 5	FMax N	σ N/mm²
1	1	2350	37,6	62,5	10914,4	4,64	x	10854,5	4,63
1	2	2350	37,6	62,5	10615,2	4,52	s	5504,5	0,39
2	3	2375	38,0	62,5	11281,7	4,75	v	50,71%	8,38%
2		1482	38,0	39,0		0,00			
3	6	2325	37,2	62,5	11976,8	5,15			
3	7	2325	37,2	62,5	9484,7	4,08			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4004,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	16.05.2008	*Wasseranteil:*	904,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	22,58%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M14	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S23	*Dauer der Mischung:*	5min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	7,2cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	16.05.2008				23.05.2008					27.05.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
1	495,5				413,0				16,65%	413,0	155,0	38,0	36,6	16,65%				
2	500,5				416,5				16,78%	416,5	153,0	38,0	37,8	16,78%				
3	502,0				418,0				16,73%	417,5	152,3	38,0	37,0	16,83%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
1	495,5	413,0	82,5	102,0	19,5	4,97%
2	500,5	416,5	84,0	103,1	19,1	4,80%
3	502,0	417,5	84,5	103,4	18,9	4,74%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 18,4%
Lehmanteil: 4004,0g
Wasseranteil: 904,0g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert n = 3
1	160,0	155,0	3,13%	x	4,10%
2	160,0	153,0	4,38%		
3	160,0	152,3	4,81%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 27.05.2008 *Zeit* 15:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	38,0	36,6	453,1	1,29	x	554,6	1,55
2	38,0	37,8	641,2	1,76	s	403,5	0,24
3	38,0	37,0	569,6	1,60	v	72,75%	15,62%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 5	FMax N	σ N/mm²
1		2288	36,6	62,5	1241,8	0,54	x	13032,5	5,60
1	2	2288	36,6	62,5	11237,3	4,91	s	1778,1	0,73
2	3	2363	37,8	62,5	12640,4	5,35	v	13,64%	13,02%
2	5	2363	37,8	62,5	14599,0	6,18			
3	6	2313	37,0	62,5	14541,6	6,29			
3	7	2313	37,0	62,5	10902,2	4,71			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4004,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	16.05.2008	*Wasseranteil:*	904,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	22,58%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M14	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S24	*Dauer der Mischung:*	15min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	6,7cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	16.05.2008				23.05.2008					27.05.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
7	505,5				426,0				15,73%	425,0	154,6	38,8	36,5	15,92%				
8	510,5				429,5				15,87%	429,0	154,7	38,3	37,3	15,96%				
9	504,5				424,0				15,96%	423,5	154,0	38,0	37,0	16,06%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte	*Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse:* 18,4%
							Lehmanteil: 4004,0g
1	505,5	425,0	80,5	104,1	23,6	5,88%	*Wasseranteil:* 904,0g
2	510,5	429,0	81,5	105,1	23,6	5,83%	
3	504,5	423,5	81,0	103,9	22,9	5,72%	

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß	n = 3	Mittel-wert
1	160,0	154,6	3,38%	x	3,48%
2	160,0	154,7	3,31%		
3	160,0	154,0	3,75%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 27.05.2008 *Zeit* 15:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	38,8	36,5	600,0	1,64	x	676,4	1,87
2	38,3	37,3	764,8	2,10	s	83,0	0,23
3	38,0	37,0	664,5	1,87	v	12,28%	12,29%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
1	1	2281	36,5	62,5	14502,2	6,36	x	13776,2	5,97
1	2	2281	36,5	62,5	12072,3	5,29	s	1134,9	0,47
2	3	2331	37,3	62,5	15426,9	6,62	v	8,24%	7,91%
2	5	2331	37,3	62,5	13253,2	5,69			
3	6	2313	37,0	62,5	13686,9	5,92			
3	7	2313	37,0	62,5	13715,6	5,93			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4004,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	16.05.2008	*Wasseranteil:*	904,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	22,58%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M14	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S25	*Dauer der Mischung:*	10min	*Maukdauer:*	0h
		Ausbreitmaß in cm:	7,0cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	16.05.2008				23.05.2008					27.05.2008								
	Gewicht	Länge	Breite	Höhe	Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe
Prüf-körper	[g]	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]
4	498,0				416,5				16,37%	416,0	154,0	38,5	36,7	16,47%				
5	506,0				423,0				16,40%	422,5	154,4	38,0	38,0	16,50%				
6	497,5				415,5				16,48%	415,0	153,6	38,1	36,6	16,58%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht	End-gewicht	Entwiches nes Wasser W1	Wasser-gehalt im Lehm W2	Diff. W2-W1	Gleichge-wichts-feuchte
	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	
1	498,0	416,0	82,0	102,6	20,6	5,20%
2	506,0	422,5	83,5	104,2	20,7	5,15%
3	497,5	415,0	82,5	102,5	20,0	5,05%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 18,4%
Lehmanteil: 4004,0g
Wasseranteil: 904,0g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge	End-länge	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
	[mm]	[mm]		n = 3	
1	160,0	154,0	3,75%	x	3,75%
2	160,0	154,4	3,50%		
3	160,0	153,6	4,00%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 27.05.2008 *Zeit* 15:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	38,5	36,7	632,3	1,74	x	530,2	1,47
2	38,0	38,0	532,0	1,45	s	103,0	0,27
3	38,1	36,6	426,3	1,20	v	19,43%	18,42%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 5	FMax N	σ N/mm²
1	1	2294	36,7	62,5	14036,3	6,12	x	14537,7	6,30
1	2	2294	36,7	62,5	13765,7	6,00	s	714,7	0,27
2		2375	38,0	62,5	1277,7	0,54	v	4,92%	4,34%
2	5	2375	38,0	62,5	14955,6	6,30			
3	6	2288	36,6	62,5	13643,9	5,96			
3	7	2288	36,6	62,5	15009,3	6,56			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4250,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	16.05.2008	*Wasseranteil:*	1467,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	34,52%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M15	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S31	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	168h
		Ausbreitmaß in cm:	7,7cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Die Mischung wurde zum Mauken hergerichtet und in der Klimakammer bei 20/65 gelagert. Nach 168h erfolgte das Erstellen der Prüfkörper

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	23.05.2008				27.05.2008					03.05.2006								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
1	506,0				416,5				17,69%	414,5	152,4	39,0	37,3	18,08%				
2	508,0				418,0				17,72%	416,0	151,0	38,3	37,4	18,11%				
3	511,5				421,5				17,60%	419,5	151,0	38,0	38,0	17,99%				
4	501,0				413,5				17,47%	411,5	153,0	38,0	37,0	17,86%				
5	509,0				419,5				17,58%	417,0	152,6	38,5	37,1	18,07%				
6	504,5				418,5				17,05%	415,5	153,9	38,2	37,0	17,64%				
7	509,0				418,5				17,78%	416,5	152,9	38,5	37,0	18,17%				
8	508,0				419,0				17,52%	416,0	152,7	38,3	37,2	18,11%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
1	506,0	414,5	91,5	114,8	23,3	5,97%
2	508,0	416,0	92,0	115,3	23,3	5,93%
3	511,5	419,5	92,0	116,1	24,1	6,09%
4	501,0	411,5	89,5	113,7	24,2	6,25%
5	509,0	417,0	92,0	115,5	23,5	5,98%
6	504,5	415,5	89,0	114,5	25,5	6,54%
7	509,0	416,5	92,5	115,5	23,0	5,85%
8	508,0	416,0	92,0	115,3	23,3	5,93%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 20,6%
Lehmanteil: 4250,0g
Wasseranteil: 1101,1g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert n = 8
1	160,0	152,4	4,75%	x	4,73%
2	160,0	151,0	5,63%		
3	160,0	151,0	5,63%		
4	160,0	153,0	4,38%		
5	160,0	152,6	4,63%		
6	160,0	153,9	3,81%		
7	160,0	152,9	4,44%		
8	160,0	152,7	4,56%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 03.06.2008 *Zeit* 16:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 8	FMax N	σ N/mm²
1	39,0	37,3	752,1	1,99	x	790,6	2,16
2	38,3	37,4	895,3	2,45	s	108,6	0,30
3	38,0	38,0	718,0	1,96	v	13,74%	13,69%
4	38,0	37,0	744,9	2,09			
5	38,5	37,1	741,3	2,02			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 16	FMax N	σ N/mm²
1	1	2331	37,3	62,5	10245,1	4,39	x	10935,3	4,69
1	2	2331	37,3	62,5	10216,4	4,38	s	1669,8	0,69
2	3	2338	37,4	62,5	13193,5	5,64	v	15,27%	14,74%
2	4	2338	37,4	62,5	8805,8	3,77			
3	5	2375	38,0	62,5	14611,3	6,15			

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

6	38,2	37,0	630,3	1,75
7	38,5	37,0	906,1	2,48
8	38,3	37,2	936,5	2,57

3	6	2375	38,0	62,5	11584,0	4,88
4	7	2313	37,0	62,5	8734,1	3,78
4	8	2313	37,0	62,5	11454,9	4,95
5	9	2319	37,1	62,5	11118,0	4,79
5	10	2319	37,1	62,5	10919,7	4,71
6	11	2313	37,0	62,5	10801,4	4,67
6	12	2313	37,0	62,5	10670,6	4,61
7	13	2313	37,0	62,5	9317,3	4,03
7	14	2313	37,0	62,5	8604,1	3,72
8	15	2325	37,2	62,5	12395,2	5,33
8	16	2325	37,2	62,5	12293,1	5,29

Anmerkungen zur Prüfung: Sämtliche Proben wurden parallel zur Stampfrichtung abgedrückt also um 90° gedreht.

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4072,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	16.05.2008	*Wasseranteil:*	1222,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,01%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M16	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S27	*Dauer der Mischung:*	5min	*Maukdauer:*	96h
		Ausbreitmaß in cm:	8,0cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Die Mischung wurde zum Mauken hergerichtet und in der Klimakammer bei 20/65 gelagert.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	20.05.2008				23.05.2008					27.05.2008					03.06.2008				
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	
1	504,5				417,0				17,34%	414,5				17,84%	414,0	153,0	38,1	36,1	17,94%
2	508,0				418,0				17,72%	415,5				18,21%	415,5	153,0	38,5	37,4	18,21%
3	507,5				419,5				17,34%	417,0				17,83%	416,5	152,0	38,0	38,0	17,93%
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur				
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit				

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiches nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
1	504,5	414,0	90,5	116,0	25,5	6,58%
2	508,0	415,5	92,5	116,8	24,3	6,23%
3	507,5	416,5	91,0	116,7	25,7	6,59%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 20,9%

Lehmanteil: 4072,0g

Wasseranteil: 1075,4g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß	n = 3	Mittel-wert
1	160,0	153,0	4,38%	x	4,58%
2	160,0	153,0	4,38%		
3	160,0	152,0	5,00%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 05.05.2008 *Zeit* 16:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	38,1	36,1	677,3	1,94	x	777,0	2,15
2	38,5	37,4	843,9	2,28	s	88,0	0,18
3	38,0	38,0	809,9	2,21	v	11,33%	8,50%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
1	1	2256	36,1	62,5	12363,9	5,48	x	12263,8	5,28
1	2	2256	36,1	62,5	12901,7	5,72	s	871,4	0,42
2	3	2338	37,4	62,5	12546,8	5,37	v	7,11%	7,92%
2	4	2338	37,4	62,5	11014,0	4,71			
3	5	2375	38,0	62,5	13303,3	5,60			
3	6	2375	38,0	62,5	11453,2	4,82			

Anmerkungen zur Prüfung: Sämtliche Proben wurden parallel zur Stampfrichtung abgedrückt also um 90° gedreht.

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4072,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	16.05.2008	*Wasseranteil:*	1222,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,01%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M16	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S29	*Dauer der Mischung:*	5min	*Maukdauer:*	168h
		Ausbreitmaß in cm:	5,6cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Die Mischung wurde zum Mauken hergerichtet und in der Klimakammer bei 20/65 gelagert.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	23.05.2008				27.05.2008					03.06.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
4	523,0				442,5				15,39%	441,5	154,4	38,4	37,4	15,58%				
5	523,0				444,5				15,01%	443,5	154,0	38,5	38,0	15,20%				
6	524,5				445,5				15,06%	444,5	154,0	38,8	37,7	15,25%				
7	522,5				444,5				14,93%	443,5	155,0	38,5	37,4	15,12%				
8	517,0				438,8				15,13%	437,0	155,0	38,4	37,4	15,47%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiches nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
4	523,0	441,5	81,5	107,1	25,6	6,16%
5	523,0	443,5	79,5	107,1	27,6	6,64%
6	524,5	444,5	80,0	107,4	27,4	6,57%
7	522,5	443,5	79,0	107,0	28,0	6,74%
8	517,0	437,0	80,0	105,9	25,9	6,30%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 18,3%
Lehmanteil: 4072,0g
Wasseranteil: 912,2g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert n = 5
4	160,0	154,4	3,50%	x	3,45%
5	160,0	154,0	3,75%		
6	160,0	154,0	3,75%		
7	160,0	155,0	3,13%		
8	160,0	155,0	3,13%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 05.05.2008 *Zeit* 16:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 5	FMax N	σ N/mm²
4	38,4	37,4	632,5	1,72	x	670,2	1,80
5	38,5	38,0	809,9	2,16	s	112,8	0,29
6	38,8	37,7	745,4	1,97	v	16,83%	15,88%
7	38,5	37,4	516,1	1,40			
8	38,4	37,4	646,9	1,76			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 10	FMax N	σ N/mm²
1	1	2338	37,4	62,5	16469,1	7,05	x	15527,0	6,61
1	2	2338	37,4	62,5	15934,9	6,82	s	1855,5	0,79
2	3	2375	38,0	62,5	15597,9	6,57	v	11,95%	11,98%
2	4	2375	38,0	62,5	14739,2	6,21			
3	5	2356	37,7	62,5	16067,5	6,82			
3	6	2356	37,7	62,5	17166,4	7,29			
4	7	2338	37,4	62,5	11365,4	4,86			
4	8	2338	37,4	62,5	13875,1	5,94			
5	9	2338	37,4	62,5	16085,5	6,88			
5	10	2338	37,4	62,5	17969,5	7,69			

Anmerkungen zur Prüfung: Sämtliche Proben wurden parallel zur Stampfrichtung abgedrückt also um 90° gedreht.

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4013,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	16.05.2008	*Wasseranteil:*	1203,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	29,98%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M17	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S28	*Dauer der Mischung:*	10min	*Maukdauer:*	96h
		Ausbreitmaß in cm:	7,8cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Die Mischung wurde zum Mauken hergerichtet und in der Klimakammer bei 20/65 gelagert.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	20.05.2008				23.05.2008					27.05.2008					03.06.2008				
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	
1	501,0				410,5				18,06%	408,0				18,56%	407,5	152,5	37,6	38,0	18,66%
2	504,0				413,5				17,96%	411,0				18,45%	410,5	152,7	38,1	36,5	18,55%
3	504,5				413,0				18,14%	411,0				18,53%	410,5	151,6	37,7	37,5	18,63%
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur				
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit				

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiches nes Wasser W1 [g]	Wasser-gehalt im Lehm W2 [g]	Diff. W2-W1 [g]	Gleichge-wichts-feuchte
1	501,0	407,5	93,5	114,2	20,7	5,36%
2	504,0	410,5	93,5	114,9	21,4	5,50%
3	504,5	410,5	94,0	115,0	21,0	5,40%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 20,7%

Lehmanteil: 4013,0g

Wasseranteil: 1046,4g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß	n = 3	Mittel-wert
1	160,0	152,5	4,69%	x	4,83%
2	160,0	152,7	4,56%		
3	160,0	151,6	5,25%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 05.05.2008 *Zeit* 16:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	37,6	38,0	743,7	2,08	x	798,1	2,24
2	38,1	36,5	767,0	2,17	s	74,9	0,21
3	37,7	37,5	883,5	2,49	v	9,38%	9,56%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
1	1	2375	38,0	62,5	10654,9	4,49	x	11600,8	4,97
1	2	2375	38,0	62,5	11644,3	4,90	s	2740,1	1,17
2	3	2281	36,5	62,5	12960,1	5,68	v	23,62%	23,46%
2	4	2281	36,5	62,5	7716,9	3,38			
3	5	2344	37,5	62,5	15944,9	6,80			
3	6	2344	37,5	62,5	10683,7	4,56			

Anmerkungen zur Prüfung: Sämtliche Proben wurden parallel zur Stampfrichtung abgedrückt also um 90° gedreht.

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor TU Wien	*Lehmanteil:*	4013,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	16.05.2008	*Wasseranteil:*	1203,0g	*Anz. Lagen:*	3-4
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	29,98%	*Stößelgröße:*	2x2cm
Mischungs-bezeichnung:	M17	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage verdichtet
Serienbezeichnung:	S30	*Dauer der Mischung:*	10min	*Maukdauer:*	168h
		Ausbreitmaß in cm:	6,2cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Die Mischung wurde zum Mauken hergerichtet und in der Klimakammer bei 20/65 gelagert.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Ermittlung der Festigkeitswerte auf Druck und Biegezug.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	23.05.2008				27.05.2008					03.06.2008								
	Gewicht	Länge	Breite	Höhe	Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe
Prüf-körper	[g]	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]
4	513,0				430,5				16,08%	429,5	155,0	38,0	37,0	16,28%				
5	514,0				432,0				15,95%	431,0	154,0	38,0	38,0	16,15%				
6	516,0				435,0				15,70%	433,0	154,0	38,2	37,0	16,09%				
7	518,0				437,0				15,64%	435,0	154,6	38,0	37,8	16,02%				
8	515,5				433,0				16,00%	431,5	154,0	38,5	38,4	16,29%				
9	479,0				401,5				16,18%	400,0	154,8	38,3	35,6	16,49%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht	End-gewicht	Entwiche nes Wasser W1	Wasser-gehalt im Lehm W2	Diff. W2-W1	Gleichge-wichts-feuchte
	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	
4	513,0	430,5	82,5	108,4	25,9	6,40%
5	514,0	432,0	82,0	108,6	26,6	6,56%
6	516,0	435,0	81,0	109,0	28,0	6,88%
7	518,0	437,0	81,0	109,4	28,4	6,96%
8	515,5	433,0	82,5	108,9	26,4	6,49%
9	479,0	401,5	77,5	101,2	23,7	6,27%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 19,0%
Lehmanteil: 4013,0g
Wasseranteil: 939,2g

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge	End-länge	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
	[mm]	[mm]		n = 6	
4	160,0	155,0	3,13%	x	3,50%
5	160,0	154,0	3,75%		
6	160,0	154,0	3,75%		
7	160,0	154,6	3,38%		
8	160,0	154,0	3,75%		
9	160,0	154,8	3,25%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 05.05.2008 *Zeit* 16:00

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0	Proben-breite b0	FMax	σ		FMax	σ
	mm	mm	N	N/mm²	n = 6	N	N/mm²
4	38,0	37,0	587,8	1,65	x	602,1	1,66
5	38,0	38,0	440,9	1,21	s	101,2	0,27
6	38,2	37,0	725,8	2,02	v	16,80%	16,23%
7	38,0	37,8	630,8	1,73			
8	38,5	38,4	679,2	1,79			
9	38,3	35,6	548,4	1,58			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A	Proben-dicke a0	Proben-breite b0	FMax	σ		FMax	σ
		mm²	mm	mm	N	N/mm²	n = 10	N	N/mm²
4	1	2313	37,0	62,5	13245,3	5,73	x	14180,7	6,06
4	2	2313	37,0	62,5	12474,5	5,39	s	2341,0	0,95
5		2375	38,0	62,5	1599,0	0,67	v	16,51%	15,68%
5	4	2375	38,0	62,5	17915,0	7,54			
6	5	2313	37,0	62,5	14234,8	6,16			
6	6	2313	37,0	62,5	16052,5	6,94			
7	7	2363	37,8	62,5	14887,3	6,30			
7	8	2363	37,8	62,5	13388,7	5,67			
8	9	2400	38,4	62,5	15615,1	6,51			
8	10	2400	38,4	62,5	11056,6	4,61			

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

9		2225	35,6	62,5	1048,7	0,47
9	12	2225	35,6	62,5	10289,4	4,62

Anmerkungen zur Prüfung: Sämtliche Proben wurden parallel zur Stampfrichtung abgedrückt also um 90° gedreht.

ANHANG E: DETAILAUSWERTUNG VERSUCHSREIHE 2 „VERBESSERUNG DER FESTIGKEIT“

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	8000,5g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	27.06.2008	*Wasseranteil:*	2403,5g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,04%	*Stößelgröße:*	Hammer
Mischungs-bezeichnung:	M1	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage mit Hammer 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S1	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	72h
		Ausbreitmaß in cm:	8,6cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Der Probekörper 7 hatte beim Einbau noch eine sehr plastische Konsistenz (Vermutung ein AM von mehr als 9cm!)

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeit des Lehmes bei unterschiedlicher Maukdauer. Der Wasser zu Lehmanteil ist dabei konstant. Veränderlich ist nur die Maukdauer

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	30.06.2008				04.07.2008					06.07.2008					10.07.2008				
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	
1	502,0				408,5				18,63%	408,0				18,73%	406,0	153,3	38,8	36,0	19,12%
2	493,0				400,0				18,86%	399,0				19,07%	397,5	151,7	38,8	36,3	19,37%
3	492,5				399,0				18,98%	399,0				18,98%	396,5	153,0	37,0	37,0	19,49%
4	479,5				389,0				18,87%	387,0				19,29%	386,0	152,6	37,9	36,6	19,50%
5	487,5				395,0				18,97%	394,0				19,18%	392,0	152,4	38,0	37,2	19,59%
6	489,5				397,0				18,90%	394,5				19,41%	393,5	153,7	38,1	36,3	19,61%
7	476,0				384,0				19,33%	382,0				19,75%	381,5	154,7	37,4	36,0	19,85%
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C		
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%		

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser [g]	Wasserg ewicht am Anfang [g]	Diffenren z [g]	Gleich-gewichtsf euchte
1	502,0	406,0	96,0	118,5	22,5	5,87%
2	493,0	397,5	95,5	116,4	20,9	5,55%
3	492,5	396,5	96,0	116,3	20,3	5,39%
4	479,5	386,0	93,5	113,2	19,7	5,38%
5	487,5	392,0	95,5	115,1	19,6	5,26%
6	489,5	393,5	96,0	115,6	19,6	5,23%
7	476,0	381,5	94,5	112,4	17,9	4,91%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 21,5%
Lehmanteil: 8000,5g
Wasseranteil: 2193,1g
reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
				n = 7	
1	160,0	153,3	4,19%	x	4,34%
2	160,0	151,7	5,19%		
3	160,0	153,0	4,38%		
4	160,0	152,6	4,63%		
5	160,0	152,4	4,75%		
6	160,0	153,7	3,94%		
7	160,0	154,7	3,31%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 7	FMax N	σ N/mm²
1	38,8	36,0	705,9	1,95	x	621,7	1,77
2	38,8	36,3	655,7	1,80	s	88,1	0,23
3	37,0	37,0	675,4	2,00	v	14,17%	12,83%
4	37,9	36,6	539,3	1,54			
5	38,0	37,2	702,3	1,96			
6	38,1	36,3	598,4	1,70			
7	37,4	36,0	474,8	1,41			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 14	FMax N	σ N/mm²
1	1	2250	36,0	62,5	6611,3	2,94	x	8009,9	3,51
1	2	2250	36,0	62,5	9997,6	4,44	s	1452,1	0,62
2	3	2269	36,3	62,5	7127,6	3,14	v	18,13%	17,80%
2	4	2269	36,3	62,5	8412,9	3,71			
3	5	2313	37,0	62,5	8999,1	3,89			
3	6	2313	37,0	62,5	8642,4	3,74			
4	7	2288	36,6	62,5	8213,9	3,59			
4	8	2288	36,6	62,5	6270,7	2,74			
5	9	2325	37,2	62,5	9578,1	4,12			
5	10	2325	37,2	62,5	8203,2	3,53			

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

6	11	2269	36,3	62,5	9920,5	4,37
6	12	2269	36,3	62,5	8391,4	3,70
7	13	2250	36,0	62,5	6516,3	2,90
7	14	2250	36,0	62,5	5254,3	2,34

Anmerkungen zur Prüfung:

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	8000,5g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	27.06.2008	*Wasseranteil:*	2403,5g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,04%	*Stößelgröße:*	Hammer
Mischungs-bezeichnung:	M1	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage mit Hammer 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S2	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	120h
		Ausbreitmaß in cm:	8,1cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeit des Lehmes bei unterschiedlicher Maukdauer. Der Wasser zu Lehmanteil ist dabei konstant. Veränderlich ist nur die Maukdauer

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	02.07.2008				06.07.2008					10.07.2008					11.07.2008				
	Gewicht	Länge	Breite	Höhe	Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe	
Prüf-körper	[g]	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]	
8	501,0				414,5				17,27%	411,5				17,86%	411,5	150,7	38,0	37,0	17,86%
9	500,0				413,5				17,30%	412,0				17,60%	412,0	150,6	38,3	38,3	17,60%
10	493,0				406,5				17,55%	405,0				17,85%	405,0	150,5	38,2	37,2	17,85%
11	491,0				402,5				18,02%	399,5				18,64%	399,5	153,1	38,2	37,3	18,64%
12	497,0				411,0				17,30%	407,5				18,01%	407,5	152,0	38,3	38,0	18,01%
13	494,0				409,0				17,21%	405,5				17,91%	405,5	153,0	38,1	37,0	17,91%
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C		
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%		

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht	End-gewicht	Entwiche nes Wasser	Wasserg ewicht am Anfang	Diffenren z	Gleich-gewichtsf euchte
	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	
8	501,0	411,5	89,5	115,7	26,2	6,81%
9	500,0	412,0	88,0	115,5	27,5	7,16%
10	493,0	405,0	88,0	113,9	25,9	6,83%
11	491,0	399,5	91,5	113,4	21,9	5,81%
12	497,0	407,5	89,5	114,8	25,3	6,63%
13	494,0	405,5	88,5	114,1	25,6	6,75%

Wasseranteil bezogen auf
Gesamtmasse: 21,0%
Lehmanteil: 8000,5g
Wasseranteil: 2126,3g

reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge	End-länge	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
	[mm]	[mm]		n = 6	
8	160,0	150,7	5,81%	x	5,22%
9	160,0	150,6	5,88%		
10	160,0	150,5	5,94%		
11	160,0	153,1	4,31%		
12	160,0	152,0	5,00%		
13	160,0	153,0	4,38%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
8	38,0	37,0	802,8	2,25	x	643,6	1,77
9	38,3	38,3	779,5	2,08	s	137,9	0,38
10	38,2	37,2	539,4	1,49	v	21,43%	21,48%
11	38,2	37,3	444,4	1,22			
12	38,3	38,0	629,0	1,69			
13	38,1	37,0	666,6	1,86			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 12	FMax N	σ N/mm²
1	1	2313	37,0	62,5	14586,8	6,31	x	10746,6	4,59
1	2	2313	37,0	62,5	10897,5	4,71	s	1757,4	0,75
2	3	2394	38,3	62,5	12582,6	5,26	v	16,35%	16,40%
2	4	2394	38,3	62,5	8511,5	3,56			
3	5	2331	37,3	62,5	9857,8	4,23			
3	6	2325	37,2	62,5	9499,3	4,09			
4	7	2331	37,3	62,5	10207,4	4,38			
4	8	2331	37,3	62,5	8990,1	3,86			
5	9	2375	38,0	62,5	11049,9	4,65			
5	10	2375	38,0	62,5	12396,2	5,22			
6	11	2313	37,0	62,5	11107,3	4,80			
6	12	2313	37,0	62,5	9273,4	4,01			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	8000,5g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	27.06.2008	*Wasseranteil:*	2403,5g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,04%	*Stößelgröße:*	Hammer
Mischungs-bezeichnung:	M1	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage mit Hammer 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S3	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	120h
		Ausbreitmaß in cm:	8,0cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeit des Lehmes bei unterschiedlicher Maukdauer. Der Wasser zu Lehmanteil ist dabei konstant. Veränderlich ist nur die Maukdauer

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	02.07.2008				06.07.2008					10.07.2008					11.07.2008				
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	
14	500,5				417,5				16,58%	414,0				17,28%	413,5	152,2	37,8	38,0	17,38%
15	505,5				421,0				16,72%	417,0				17,51%	417,0	153,0	37,7	38,3	17,51%
16	499,5				412,5				17,42%	411,5				17,62%	411,0	152,0	37,7	38,3	17,72%
17	492,5				407,0				17,36%	404,5				17,87%	404,0	153,4	38,0	38,0	17,97%
18	505,0				414,5				17,92%	413,5				18,12%	413,5	152,5	37,9	39,0	18,12%
19	491,0				405,0				17,52%	403,0				17,92%	402,5	153,7	37,0	38,6	18,02%
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C		
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%		

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiches Wasser [g]	Wasserg ewicht am Anfang [g]	Diffenrenz [g]	Gleich-gewichtsfeuchte
14	500,5	414,0	86,5	115,1	28,6	7,43%
15	505,5	417,0	88,5	116,3	27,8	7,14%
16	499,5	411,5	88,0	114,9	26,9	6,99%
17	492,5	404,5	88,0	113,3	25,3	6,67%
18	505,0	413,5	91,5	116,2	24,7	6,34%
19	491,0	403,0	88,0	112,9	24,9	6,60%

Wasseranteil bezogen auf
Gesamtmasse: 20,9%
Lehmanteil: 8000,5g
Wasseranteil: 2112,9g

reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
				n = 6	
14	160,0	152,2	4,88%	x	4,50%
15	160,0	153,0	4,38%		
16	160,0	152,0	5,00%		
17	160,0	153,4	4,13%		
18	160,0	152,5	4,69%		
19	160,0	153,7	3,94%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
14	37,8	38,0	589,6	1,63	x	756,3	2,09
15	37,7	38,3	797,4	2,20	s	110,0	0,33
16	37,7	38,3	811,8	2,24	v	14,54%	15,78%
17	38,0	38,0	697,1	1,91			
18	37,9	39,0	731,2	1,96			
19	37,0	38,6	910,5	2,58			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 12	FMax N	σ N/mm²
1	1	2375	38,0	62,5	13097,1	5,51	x	11431,7	4,77
1	2	2375	38,0	62,5	13918,1	5,86	s	1916,5	0,81
2	3	2394	38,3	62,5	13534,5	5,65	v	16,76%	17,00%
2	4	2394	38,3	62,5	8999,1	3,76			
3	5	2394	38,3	62,5	9300,3	3,89			
3	6	2394	38,3	62,5	11758,0	4,91			
4	7	2375	38,0	62,5	9088,7	3,83			
4	8	2375	38,0	62,5	12849,7	5,41			
5	9	2438	39,0	62,5	11822,5	4,85			
5	10	2438	39,0	62,5	11060,7	4,54			
6	11	2413	38,6	62,5	8870,0	3,68			
6	12	2413	38,6	62,5	12882,0	5,34			

Anmerkungen zur Prüfung: 17/1: Oberfläche sehr uneben;

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	8000,5g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	27.06.2008	*Wasseranteil:*	2403,5g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,04%	*Stößelgröße:*	Hammer
Mischungs-bezeichnung:	M1	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage mit Hammer 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S4	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	144h
		Ausbreitmaß in cm:	6,7cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeit des Lehmes bei unterschiedlicher Maukdauer. Der Wasser zu Lehmanteil ist dabei konstant. Veränderlich ist nur die Maukdauer

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	03.07.2008				06.07.2008					10.07.2008					11.07.2008				
	Gewicht	Länge	Breite	Höhe	Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe	
Prüf-körper	[g]	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]	
20	508,5				419,5				17,50%	416,0				18,19%	416,0	152,3	38,0	37,2	18,19%
21	506,5				419,5				17,18%	415,5				17,97%	415,0	152,2	38,0	39,0	18,07%
22	513,5				429,0				16,46%	424,0				17,43%	424,0	152,3	38,0	39,0	17,43%
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur		-		
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit				

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht	End-gewicht	Entwiche nes Wasser	Wasserg ewicht am Anfang	Diffenren z	Gleich-gewichtsf euchte
	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	
20	508,5	416,0	92,5	110,1	17,6	4,42%
21	506,5	415,5	91,0	109,7	18,7	4,71%
22	513,5	424,0	89,5	111,2	21,7	5,40%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 19,5%
Lehmanteil: 8000,5g
Wasseranteil: 1939,2g
reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge	End-länge	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
	[mm]	[mm]		n = 3	
20	160,0	152,3	4,81%	x	4,83%
21	160,0	152,2	4,88%		
22	160,0	152,3	4,81%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	38,0	37,2	559,2	1,56	x	624,3	1,69
2	38,0	39,0	808,3	2,15	s	161,6	0,42
3	38,0	39,0	505,4	1,35	v	25,89%	24,76%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 4	FMax N	σ N/mm²
1	1	2325	37,2	62,5	9536,9	4,10	x	11417,8	4,80
1	2	2325	37,2	62,5	13755,0	5,92	s	9488,2	0,79
2	3	2438	39,0	62,5	11535,7	4,73	v	83,10%	16,41%
2	4	2438	39,0	62,5	10843,7	4,45			
3		2438	39,0	62,5					
3		2438	39,0	62,5					

Anmerkungen zur Prüfung: nach dem Biegezugversuch ist die Probe 22 längs gespalten

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	8000,5g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	27.06.2008	*Wasseranteil:*	2403,5g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,04%	*Stößelgröße:*	Hammer
Mischungs-bezeichnung:	M1	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage mit Hammer 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S5	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	144h
		Ausbreitmaß in cm:	7,7cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeit des Lehmes bei unterschiedlicher Maukdauer. Der Wasser zu Lehmanteil ist dabei konstant. Veränderlich ist nur die Maukdauer

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	03.07.2008				06.07.2008					10.07.2008					11.07.2008				
	Gewicht	Länge	Breite	Höhe	Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe	
Prüf-körper	[g]	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]	
24	502,5				417,0				17,01%	411,5				18,11%	412,0	151,0	38,0	38,2	18,01%
25	496,0				408,5				17,64%	403,5				18,65%	403,5	151,7	38,0	37,7	18,65%
26	502,0				415,0				17,33%	411,0				18,13%	411,0	153,0	38,3	38,7	18,13%
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C		
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%		

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht	End-gewicht	Entwiche nes Wasser	Wasserg ewicht am Anfang	Diffenren z	Gleich-gewichtsf euchte
	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	
24	502,5	411,5	91,0	114,045	23,0	5,93%
25	496,0	403,5	92,5	112,57	20,1	5,23%
26	502,0	411,0	91,0	113,931	22,9	5,91%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 20,6%
Lehmanteil: 8000,5g
Wasseranteil: 2072,8g
reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge	End-länge	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
	[mm]	[mm]		n = 3	
24	160,0	151,0	5,63%	x	5,06%
25	160,0	151,7	5,19%		
26	160,0	153,0	4,38%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0	Proben-breite b0	FMax	σ		FMax	σ
	mm	mm	N	N/mm²	n = 3	N	N/mm²
1	38,0	38,2	630,9	1,72	x	697,2	1,89
2	38,0	37,7	788,6	2,17	s	81,8	0,25
3	38,3	38,7	672,1	1,78	v	11,73%	13,16%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A	Proben-dicke a0	Proben-breite b0	FMax	σ		FMax	σ
		mm²	mm	mm	N	N/mm²	n = 6	N	N/mm²
1	1	2388	38,2	62,5	12082,5	5,06	x	11163,7	4,68
1	2	2388	38,2	62,5	11245,3	4,71	s	629,7	0,26
2	3	2356	37,7	62,5	10144,6	4,31	v	5,64%	5,57%
2	4	2356	37,7	62,5	11419,2	4,85			
3	5	2419	38,7	62,5	11037,4	4,56			
3	6	2419	38,7	62,5	11053,5	4,57			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	8000,5g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	27.06.2008	*Wasseranteil:*	2403,5g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	16:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,04%	*Stößelgröße:*	Hammer
Mischungs-bezeichnung:	M1	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage mit Hammer 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S6	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	168h
		Ausbreitmaß in cm:	7,4cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeit des Lehmes bei unterschiedlicher Maukdauer. Der Wasser zu Lehmanteil ist dabei konstant. Veränderlich ist nur die Maukdauer

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	03.07.2008				06.07.2008					10.07.2008					11.07.2008				
	Gewicht	Länge	Breite	Höhe	Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe	
Prüf-körper	[g]	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]	
27	512,5				420,0				18,05%	416,5				18,73%	416,5	151,6	38,6	38,0	18,73%
28	508,0				421,0				17,13%	418,0				17,72%	417,5	151,0	38,0	39,0	17,81%
29	507,0				426,0				15,98%	422,0				16,77%	422,0	151,3	38,0	38,1	16,77%
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C		
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%		

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht	End-gewicht	Entwiche nes Wasser	Wasserg ewicht am Anfang	Diffenren z	Gleich-gewichtsf euchte
	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	
27	512,5	416,5	96,0	114,7	18,7	4,71%
28	508,0	418,0	90,0	113,7	23,7	6,02%
29	507,0	422,0	85,0	113,5	28,5	7,24%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 20,3%
Lehmanteil: 8000,5g
Wasseranteil: 2032,8g

reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge	End-länge	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
	[mm]	[mm]		n = 3	
27	160,0	151,6	5,25%	x	5,44%
28	160,0	151,0	5,63%		
29	160,0	151,3	5,44%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0	Proben-breite b0	FMax	σ		FMax	σ
	mm	mm	N	N/mm²	n = 3	N	N/mm²
1	38,6	38,0	715,1	1,89	x	682,2	1,83
2	38,0	39,0	686,4	1,83	s	35,1	0,07
3	38,0	38,1	645,2	1,76	v	5,15%	3,71%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A	Proben-dicke a0	Proben-breite b0	FMax	σ		FMax	σ
		mm²	mm	mm	N	N/mm²	n = 6	N	N/mm²
1	1	2375	38,0	62,5	12276,1	5,17	x	11832,4	4,94
1	2	2375	38,0	62,5	12398,0	5,22	s	1204,2	0,53
2	3	2438	39,0	62,5	12751,1	5,23	v	10,18%	10,70%
2	4	2438	39,0	62,5	9438,3	3,87			
3	5	2381	38,1	62,5	12222,3	5,13			
3	6	2381	38,1	62,5	11908,6	5,00			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	8000,5g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	27.06.2008	*Wasseranteil:*	2403,5g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	17:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,04%	*Stößelgröße:*	Hammer
Mischungs-bezeichnung:	M1	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage mit Hammer 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S7	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	189h
		Ausbreitmaß in cm:	7,0cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeit des Lehmes bei unterschiedlicher Maukdauer. Der Wasser zu Lehmanteil ist dabei konstant. Veränderlich ist nur die Maukdauer

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	04.07.2008				10.07.2008					11.07.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
30	502,5				415,5				17,31%	415,0	152,9	38,2	38,1	17,41%				
31	501,5				415,5				17,15%	415,0	151,0	38,0	38,2	17,25%				
32	502,5				417,0				17,01%	416,5	150,9	37,7	38,0	17,11%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser [g]	Wasserg ewicht am Anfang [g]	Diffenren z [g]	Gleich-gewichtsf euchte
30	502,5	415,0	87,5	110,4	22,9	5,84%
31	501,5	415,0	86,5	110,2	23,7	6,05%
32	502,5	416,5	86,0	110,4	24,4	6,22%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 19,8%
Lehmanteil: 8000,5g
Wasseranteil: 1979,3g
reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert n = 3
30	160,0	152,9	4,44%	x	5,25%
31	160,0	151,0	5,63%		
32	160,0	150,9	5,69%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	38,2	38,1	501,9	1,35	x	621,4	1,70
2	38,0	38,2	682,9	1,86	s	103,5	0,30
3	37,7	38,0	679,3	1,89	v	16,66%	17,61%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
1	1	2381	38,1	62,5	12798,4	5,37	x	13337,1	5,60
1	2	2381	38,1	62,5	13187,5	5,54	s	1026,0	0,44
2	3	2388	38,2	62,5	13087,1	5,48	v	7,69%	7,84%
2	4	2388	38,2	62,5	12699,8	5,32			
3	5	2375	38,0	62,5	12852,2	5,41			
3	6	2375	38,0	62,5	15397,9	6,48			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	8000,5g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	27.06.2008	*Wasseranteil:*	2403,5g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	17:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,04%	*Stößelgröße:*	Hammer
Mischungs-bezeichnung:	M1	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage mit Hammer 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S8	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	189h
		Ausbreitmaß in cm:	7,2cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeit des Lehmes bei unterschiedlicher Maukdauer. Der Wasser zu Lehmanteil ist dabei konstant. Veränderlich ist nur die Maukdauer

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	04.07.2008				10.07.2008					11.07.2008								
	Gewicht	Länge	Breite	Höhe	Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe
Prüf-körper	[g]	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]
33	503,5				418,0				16,98%	418,0	152,2	38,5	37,7	16,98%				
34	499,5				413,5				17,22%	413,5	151,4	38,0	38,2	17,22%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser [g]	Wasserg ewicht am Anfang [g]	Diffenren z [g]	Gleich-gewichtsf euchte
33	503,5	418,0	85,5	111,7	26,2	6,68%
34	499,5	413,5	86,0	110,8	24,8	6,38%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 20,0%
Lehmanteil: 8000,5g
Wasseranteil: 2006,0g
reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
				n = 2	
33	160,0	152,2	4,88%	x	5,13%
34	160,0	151,4	5,38%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 2	FMax N	σ N/mm²
1	38,5	37,7	668,6	1,79	x	631,8	1,71
2	38,0	38,2	595,1	1,62	s	52,0	0,12
					v	8,22%	7,31%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 4	FMax N	σ N/mm²
1	1	2356	37,7	62,5	13210,8	5,607	x	12541,2	5,29
1	2	2356	37,7	62,5	11337,3	4,812	s	1999,6	0,83
2	3	2388	38,2	62,5	10577,2	4,430	v	15,94%	15,78%
2	4	2388	38,2	62,5	15039,4	6,299			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	8000,5g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	27.06.2008	*Wasseranteil:*	2403,5g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	13:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,04%	*Stößelgröße:*	Hammer
Mischungs-bezeichnung:	M1	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage mit Hammer 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S9	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	216h
		Ausbreitmaß in cm:	6,8cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeit des Lehmes bei unterschiedlicher Maukdauer. Der Wasser zu Lehmanteil ist dabei konstant. Veränderlich ist nur die Maukdauer

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	05.07.2008				10.07.2008					11.07.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
35	504,5				419,5				16,85%	419,0	151,0	38,2	38,0	16,95%				
36	502,5				418,5				16,72%	418,0	151,6	38,3	38,0	16,82%				
37	506,5				420,5				16,98%	420,0	151,3	38,3	37,2	17,08%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser [g]	Wasserg ewicht am Anfang [g]	Diffenren z [g]	Gleich-gewichtsf euchte
35	504,5	419,0	85,5	109,8	24,3	6,15%
36	502,5	418,0	84,5	109,4	24,9	6,32%
37	506,5	420,0	86,5	110,2	23,7	5,99%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 19,6%
Lehmanteil: 8000,5g
Wasseranteil: 1952,6g
reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert n = 3
35	160,0	151,0	5,63%	x	5,44%
36	160,0	151,6	5,25%		
37	160,0	151,3	5,44%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	38,2	38,0	466,0	1,26	x	590,3	1,60
2	38,3	38,0	668,6	1,80	s	108,8	0,30
3	38,3	37,2	636,3	1,75	v	18,44%	18,56%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
1	1	2375	38,0	62,5	11751,5	4,95	x	12470,1	5,29
1	2	2375	38,0	62,5	14299,0	6,02	s	1614,0	0,66
2	3	2375	38,0	62,5	11439,5	4,82	v	12,94%	12,47%
2	4	2375	38,0	62,5	14351,0	6,04			
3	5	2325	37,2	62,5	12638,9	5,44			
3	6	2325	37,2	62,5	10340,6	4,45			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	8000,5g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	27.06.2008	*Wasseranteil:*	2403,5g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	15:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,04%	*Stößelgröße:*	Hammer
Mischungs-bezeichnung:	M1	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage mit Hammer 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S10	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	240h
		Ausbreitmaß in cm:	5,7cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeit des Lehmes bei unterschiedlicher Maukdauer. Der Wasser zu Lehmanteil ist dabei konstant. Veränderlich ist nur die Maukdauer

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	06.07.2008				10.07.2008					11.07.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
38	517,5				442,0				14,59%	441,0	153,6	38,3	38,2	14,78%				
39	512,5				438,5				14,44%	437,0	153,6	38,6	38,3	14,73%				
40	519,0				443,5					442,0	154,0	38,6	39,0					
41	516,5				439,5					439,0	154,0	38,3	37,8					
42	518,0				440,0					439,5	153,7	39,0	37,7					
43	517,0				441,0				14,70%	440,5	153,9	38,2	38,0	14,80%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser [g]	Wasserg ewicht am Anfang [g]	Diffenren z [g]	Gleich-gewichtsf euchte
38	517,5	441,0	76,5	106,5	30,0	7,31%
39	512,5	437,0	75,5	105,5	30,0	7,38%
40	519,0	442,0	77,0	106,9	29,9	7,24%
41	516,5	439,0	77,5	106,3	28,8	7,03%
42	518,0	439,5	78,5	106,7	28,2	6,84%
43	517,0	440,5	76,5	106,4	29,9	7,29%

Wasseranteil bezogen auf
Gesamtmasse: 18,4%
Lehmanteil: 8000,5g
Wasseranteil: 1805,6g

reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
				n = 6	
38	160,0	153,6	4,00%	x	3,88%
39	160,0	153,6	4,00%		
40	160,0	154,0	3,75%		
41	160,0	154,0	3,75%		
42	160,0	153,7	3,94%		
43	160,0	153,9	3,81%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
1	38,3	38,2	424,8	1,14	x	524,0	1,39
2	38,6	38,3	489,3	1,29	s	114,3	0,32
3	38,6	39,0	485,8	1,25	v	21,81%	22,83%
4	38,3	37,8	745,7	2,02			
5	39,0	37,7	534,2	1,40			
6	38,2	38,0	464,2	1,26			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 12	FMax N	σ N/mm²
1	1	2388	38,2	62,5	14010,3	5,87	x	12302,6	5,14
1	2	2388	38,2	62,5	12274,9	5,14	s	1480,8	0,62
2	3	2394	38,3	62,5	12402,2	5,18	v	12,04%	11,98%
2	4	2394	38,3	62,5	10801,3	4,51			
3	5	2438	39,0	62,5	14327,6	5,88			
3	6	2438	39,0	62,5	12959,8	5,32			
4	7	2363	37,8	62,5	10765,5	4,56			
4	8	2457	37,8	65,0	10663,3	4,34			
5	9	2356	37,7	62,5	11260,3	4,78			
5	10	2356	37,7	62,5	13345,2	5,66			
6	11	2375	38,0	62,5	14302,5	6,02			
6	12	2375	38,0	62,5	10518,1	4,43			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	8000,5g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	27.06.2008	*Wasseranteil:*	2403,5g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	15:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,04%	*Stößelgröße:*	Hammer
Mischungs-bezeichnung:	M1	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage mit Hammer 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S11	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	240h
		Ausbreitmaß in cm:	5,7cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeit des Lehmes bei unterschiedlicher Maukdauer. Der Wasser zu Lehmanteil ist dabei konstant. Veränderlich ist nur die Maukdauer

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	06.07.2008				10.07.2008					11.07.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
44	515,0				438,0				14,95%	437,0	153,6	38,2	37,0	15,15%				
45	517,0				440,5				14,80%	439,5	152,7	38,5	38,0	14,99%				
46	516,5				442,0				14,42%	441,0	153,6	38,1	38,2	14,62%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser [g]	Wasserg ewicht am Anfang [g]	Diffenren z [g]	Gleich-gewichtsf euchte
44	515,0	437,0	78,0	106,0	28,0	6,85%
45	517,0	439,5	77,5	106,4	28,9	7,05%
46	516,5	441,0	75,5	106,3	30,8	7,52%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 18,4%
Lehmanteil: 8000,5g
Wasseranteil: 1805,6g

reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert n = 3
44	160,0	153,6	4,00%	x	4,19%
45	160,0	152,7	4,56%		
46	160,0	153,6	4,00%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	38,2	37,0	378,2	1,05	x	464,9	1,26
2	38,5	38,0	647,1	1,72	s	157,9	0,40
3	38,1	38,2	369,3	1,00	v	33,96%	32,13%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 6	FMax N	σ N/mm²
1	1	2313	37,0	62,5	14770,5	6,39	x	13816,4	5,86
1	2	2313	37,0	62,5	14064,1	6,08	s	1321,0	0,59
2	3	2375	38,0	62,5	11323,0	4,77	v	9,56%	10,10%
2	4	2375	38,0	62,5	14892,4	6,27			
3	5	2388	38,2	62,5	13503,0	5,66			
3	6	2388	38,2	62,5	14345,6	6,01			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	8000,5g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	27.06.2008	*Wasseranteil:*	2403,5g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	15:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,04%	*Stößelgröße:*	Hammer
Mischungs-bezeichnung:	M1	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage mit Hammer 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S12	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	264h
		Ausbreitmaß in cm:	6,5cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeit des Lehmes bei unterschiedlicher Maukdauer. Der Wasser zu Lehmanteil ist dabei konstant. Veränderlich ist nur die Maukdauer

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	07.07.2008				10.07.2008					11.07.2008					21.07.2008				
	Gewicht	Länge	Breite	Höhe	Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe	
Prüf-körper	[g]	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]	
47	506,5				431,0				14,91%	424,0	151,8	37,9	38,4	16,29%	423,0				16,49%
48	504,5				430,5				14,67%	424,5	151,0	38,0	36,6	15,86%	423,5				16,06%
49	507,0				431,0				14,99%	427,0	153,2	38,0	38,4	15,78%	426,5				15,88%
50	509,0				434,0				14,73%	429,5	153,0	38,0	37,9	15,62%	429,0				15,72%
51	509,5				436,0				14,43%	427,5	151,5	38,6	37,6	16,09%	426,0				16,39%
52	505,0				431,5				14,55%	424,5	153,3	38,0	38,7	15,94%	423,0				16,24%
53	505,5				429,5				15,03%	423,5	153,0	38,2	38,0	16,22%	422,0				16,52%
54	504,0				425,0				15,67%	419,0	151,0	38,8	37,5	16,87%	418,5				16,96%
55	505,0				427,5				15,35%	424,0	152,0	38,2	36,8	16,04%	423,5				16,14%
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C		
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%		

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiches nes Wasser [g]	Wasserg ewicht am Anfang [g]	Diffenren z [g]	Gleich-gewichtsf euchte
47	506,5	423,0	83,5	108,6	25,1	6,31%
48	504,5	423,5	81,0	108,2	27,2	6,86%
49	507,0	426,5	80,5	108,7	28,2	7,09%
50	509,0	429,0	80,0	109,2	29,2	7,29%
51	509,5	426,0	83,5	109,3	25,8	6,44%
52	505,0	423,0	82,0	108,3	26,3	6,63%
53	505,5	422,0	83,5	108,4	24,9	6,27%
54	504,0	418,5	85,5	108,1	22,6	5,70%
55	505,0	423,5	81,5	108,3	26,8	6,76%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 19,3%
Lehmanteil: 8000,5g
Wasseranteil: 1912,5g

reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß	n = 9	Mittel-wert
47	160,0	151,8	5,12%	x	4,88%
48	160,0	151,0	5,63%		
49	160,0	153,2	4,25%		
50	160,0	153,0	4,38%		
51	160,0	151,5	5,31%		
52	160,0	153,3	4,19%		
53	160,0	153,0	4,38%		
54	160,0	151,0	5,63%		
55	160,0	152,0	5,00%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 9	FMax N	σ N/mm²
1	37,9	38,4	453,5	1,23	x	623,2	1,70
2	38,0	36,6	645,3	1,83	s	74,3	0,21
3	38,0	38,4	670,4	1,81	v	11,93%	12,57%
4	38,0	37,9	609,5	1,67			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 16	FMax N	σ N/mm²
1	1	2400	38,4	62,5	15376,4	6,41	x	13802,3	5,87
1	2	2400	38,4	62,5	14277,4	5,95	s	1659,9	0,72
2	3	2288	36,6	62,5	13207,2	5,77	v	12,03%	12,24%
2	4	2288	36,6	62,5	13856,2	6,06			

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

5	38,6	37,6	688,3	1,84
6	38,0	38,7	616,6	1,66
7	38,2	38,0	631,0	1,71
8	38,8	37,5	588,0	1,56
9	38,2	36,8	706,3	1,97

3	5	2400	38,4	62,5	15320,8	6,38
3	6	2400	38,4	62,5	12156,6	5,07
4		2369	37,9	62,5	1593,8	0,67
4		2198	37,9	58,0	7508,0	3,42
5	9	2350	37,6	62,5	14983,8	6,38
5	10	2350	37,6	62,5	11900,3	5,06
6	11	2419	38,7	62,5	12439,9	5,14
6	12	2419	38,7	62,5	11545,3	4,77
7	13	2375	38,0	62,5	14446,0	6,08
7	14	2375	38,0	62,5	12563,6	5,29
8	15	2344	37,5	62,5	11873,4	5,07
8	16	2344	37,5	62,5	9953,3	4,25
9	17	2300	36,8	62,5	14541,0	6,32
9	18	2300	36,8	62,5	13293,2	5,78

Anmerkungen zur Prüfung:

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	8000,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	11.07.2008	*Wasseranteil:*	1600,0g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	14:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	20,00%	*Stößelgröße:*	Messing-Fallgewicht
Mischungs-bezeichnung:	M2	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S13	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	72h
		Ausbreitmaß in cm:	5,2cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeiten des Lehmes bei Lehmmischungen mit unterschielichem Wasser zu Lehmanteilen. Die Maukdauer ist dabei konstant.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	14.07.2008				21.07.2008					22.07.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
60	525,4				455,0				13,40%	454,5	154,4	38,6	39,0	13,49%				
61	527,5				456,5				13,46%	455,5	154,3	39,0	39,1	13,65%				
62	522,5				452,0				13,49%	451,5	154,0	38,8	38,8	13,59%				
63	523,0				453,0				13,38%	452,5	155,0	38,6	38,4	13,48%				
64	525,5				455,0				13,42%	454,5	154,3	38,8	39,2	13,51%				
65	524,5				453,5				13,54%	453,0	154,4	39,0	39,0	13,63%				
66	522,0				450,5				13,70%	450,0	155,0	39,0	39,3	13,79%				
67	514,0				443,0				13,81%	443,0	154,3	38,5	38,1	13,81%				
68	511,0				441,0				13,70%	440,5	154,6	38,7	39,1	13,80%				
69	512,0				441,5				13,77%	440,5	154,4	38,8	39,5	13,96%				
70	521,0				450,5				13,53%	440,5	154,6	38,8	39,6	15,45%				
71	512,0				442,5				13,57%	441,5	155,0	38,7	39,2	13,77%				
72	515,0				443,5				13,88%	442,5	154,2	38,7	39,4	14,08%				
73	514,0				441,5				14,11%	440,5	154,3	38,8	38,3	14,30%				
74	516,5				443,5				14,13%	443,0	154,4	38,7	38,8	14,23%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur			
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit			

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser [g]	Wasserg ewicht am Anfang [g]	Diffenren z [g]	Gleich-gewichtsf euchte
60	525,4	455,0	70,4	105,3	34,9	8,31%
61	527,5	456,5	71,0	105,7	34,7	8,24%
62	522,5	452,0	70,5	104,7	34,2	8,19%
63	523,0	453,0	70,0	104,8	34,8	8,33%
64	525,5	455,0	70,5	105,3	34,8	8,29%
65	524,5	453,5	71,0	105,1	34,1	8,14%
66	522,0	450,5	71,5	104,6	33,1	7,94%
67	514,0	443,0	71,0	103,0	32,0	7,79%
68	511,0	441,0	70,0	102,4	32,4	7,94%
69	512,0	441,5	70,5	102,6	32,1	7,85%
70	521,0	450,5	70,5	104,4	33,9	8,15%
71	512,0	442,5	69,5	102,6	33,1	8,09%
72	515,0	443,5	71,5	103,2	31,7	7,71%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 17,9%
Lehmanteil: 8000,0g
Wasseranteil: 1738,7g

reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß	n = 15	Mittel-wert
60	160,0	154,4	3,50%	x	3,45%
61	160,0	154,3	3,56%		
62	160,0	154,0	3,75%		
63	160,0	155,0	3,13%		
64	160,0	154,3	3,56%		
65	160,0	154,4	3,50%		
66	160,0	155,0	3,13%		
67	160,0	154,3	3,56%		
68	160,0	154,6	3,38%		
69	160,0	154,4	3,50%		
70	160,0	154,6	3,38%		
71	160,0	155,0	3,13%		
72	160,0	154,2	3,63%		

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

73	514,0	441,5	72,5	103,0	30,5	7,43%
74	516,5	443,5	73,0	103,5	30,5	7,39%

73	160,0	154,3	3,56%
74	160,0	154,4	3,50%

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 22.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 15	FMax N	σ N/mm²
1	38,6	39,0	313,4	0,81	x	448,8	1,15
2	39,0	39,1	437,0	1,10	s	103,5	0,27
3	38,8	38,8	517,6	1,33	v	23,05%	23,19%
4	38,6	38,4	442,4	1,16			
5	38,8	39,2	463,9	1,18			
6	39,0	39,0	460,3	1,16			
7	39,0	39,3	390,4	0,98			
8	38,5	38,1	326,0	0,87			
9	38,7	39,1	458,5	1,17			
10	38,8	39,5	302,7	0,76			
11	38,8	39,6	415,5	1,05			
12	38,7	39,2	415,5	1,06			
13	38,7	39,4	603,6	1,53			
14	38,8	38,3	496,1	1,29			
15	38,7	38,8	689,5	1,78			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 29	FMax N	σ N/mm²
1	1	2438	39,0	62,5	15164,6	6,22	x	12592,6	5,17
1	2	2438	39,0	62,5	13893,7	5,70	s	1455,7	0,61
2	3	2444	39,1	62,5	15153,8	6,20	v	11,56%	11,78%
2	4	2444	39,1	62,5	11335,8	4,64			
3	5	2425	38,8	62,5	12873,8	5,31			
3	6	2425	38,8	62,5	13031,5	5,37			
4	7	2400	38,4	62,5	13554,9	5,65			
4	8	2400	38,4	62,5	13587,2	5,66			
5	9	2450	39,2	62,5	13427,7	5,48			
5	10	2450	39,2	62,5	11832,3	4,83			
6		2438	39,0	62,5					
6	12	2438	39,0	62,5	11948,8	4,90			
7	13	2456	39,3	62,5	12181,9	4,96			
7	14	2456	39,3	62,5	13183,9	5,37			
8	15	2381	38,1	62,5	11384,2	4,78			
8	16	2381	38,1	62,5	11455,9	4,81			
9	17	2444	39,1	62,5	13782,6	5,64			
9	18	2444	39,1	62,5	10202,9	4,18			
10	19	2469	39,5	62,5	10034,4	4,06			
10	20	2469	39,5	62,5	10358,9	4,20			
11	21	2475	39,6	62,5	12183,7	4,92			
11	22	2475	39,6	62,5	11706,9	4,73			
12	23	2450	39,2	62,5	10362,5	4,23			
12	24	2450	39,2	62,5	12382,6	5,05			
13	25	2463	39,4	62,5	12938,3	5,25			
13	26	2463	39,4	62,5	14591,0	5,93			
14	27	2394	38,3	62,5	13497,6	5,64			
14	28	2394	38,3	62,5	13248,4	5,53			
15	29	2419	38,7	62,5	14601,8	6,04			
15	30	2419	38,7	62,5	11283,8	4,67			

Anmerkungen zur Prüfung:

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	7000,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	11.07.2008	*Wasseranteil:*	1575,0g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	14:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	22,50%	*Stößelgröße:*	Messing-Fallgewicht
Mischungs-bezeichnung:	M3	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S14	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	72h
		Ausbreitmaß in cm:	5,3cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeiten des Lehmes bei Lehmmischungen mit unterschielichem Wasser zu Lehmanteilen. Die Maukdauer ist dabei konstant.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	14.07.2008				21.07.2008					22.07.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
75	517,0				444,5				14,02%	444,0	154,3	38,3	38,8	14,12%				
76	519,0				445,0				14,26%	444,0	153,6	38,3	39,3	14,45%				
77	522,0				448,0				14,18%	447,0	153,8	38,5	38,3	14,37%				
78	518,0				444,5				14,19%	444,0	154,3	38,5	39,2	14,29%				
79	520,0				445,0				14,42%	444,5	154,2	38,7	38,3	14,52%				
80	517,5				442,0				14,59%	441,5	154,0	38,5	38,8	14,69%				
81	520,5				444,5				14,60%	444,5	154,0	38,7	38,7	14,60%				
82	523,0				446,5				14,63%	446,0	153,6	38,6	38,4	14,72%				
83	522,5				447,5				14,35%	447,0	154,4	38,8	40,0	14,45%				
84	532,0				458,5				13,82%	457,5	155,2	39,0	40,0	14,00%				
85	517,5				446,0				13,82%	445,0	154,3	38,8	39,3	14,01%				
86	518,5				446,5				13,89%	445,5	155,3	39,0	38,8	14,08%				
87	516,5				444,0				14,04%	443,5	154,7	38,7	39,0	14,13%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C						
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%						

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser [g]	Wasserg ewicht am Anfang [g]	Diffenren z [g]	Gleich-gewichtsf euchte
75	517,0	444,5	72,5	104,2	31,7	7,68%
76	519,0	445,0	74,0	104,6	30,6	7,38%
77	522,0	448,0	74,0	105,2	31,2	7,49%
78	518,0	444,5	73,5	104,4	30,9	7,47%
79	520,0	445,0	75,0	104,8	29,8	7,18%
80	517,5	442,0	75,5	104,3	28,8	6,97%
81	520,5	444,5	76,0	104,9	28,9	6,95%
82	523,0	446,5	76,5	105,4	28,9	6,92%
83	522,5	447,5	75,0	105,3	30,3	7,26%
84	532,0	458,5	73,5	107,2	33,7	7,94%
85	517,5	446,0	71,5	104,3	32,8	7,94%
86	518,5	446,5	72,0	104,5	32,5	7,85%
87	516,5	444,0	72,5	104,1	31,6	7,66%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 18,0%
Lehmanteil: 7000,0g
Wasseranteil: 1533,1g

reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß	n = 13	Mittel-wert
75	160,0	154,3	3,56%	x	3,57%
76	160,0	153,6	4,00%		
77	160,0	153,8	3,88%		
78	160,0	154,3	3,56%		
79	160,0	154,2	3,63%		
80	160,0	154,0	3,75%		
81	160,0	154,0	3,75%		
82	160,0	153,6	4,00%		
83	160,0	154,4	3,50%		
84	160,0	155,2	3,00%		
85	160,0	154,3	3,56%		
86	160,0	155,3	2,94%		
87	160,0	154,7	3,31%		

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 22.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 13	FMax N	σ N/mm²
1	38,3	38,8	408,6	1,08	x	482,0	1,24
2	38,3	39,3	471,3	1,23	s	89,7	0,22
3	38,5	38,3	412,1	1,09	v	18,61%	18,11%
4	38,5	39,2	476,7	1,23			
5	38,7	38,3	500,0	1,31			
6	38,5	38,8	528,6	1,38			
7	38,7	38,7	578,8	1,50			
8	38,6	38,4	548,3	1,44			
9	38,8	40,0	535,8	1,33			
10	39,0	40,0	598,5	1,48			
11	38,8	39,3	258,0	0,65			
12	39,0	38,8	514,3	1,31			
13	38,7	39,0	435,4	1,12			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 26	FMax N	σ N/mm²
1	1	2425	38,8	62,5	14645,6	6,04	x	12997,3	5,33
1	2	2425	38,8	62,5	11827,6	4,88	s	1431,3	0,62
2	3	2456	39,3	62,5	13342,4	5,43	v	11,01%	11,65%
2	4	2456	39,3	62,5	12429,9	5,06			
3	5	2394	38,3	62,5	13408,7	5,60			
3	6	2394	38,3	62,5	14615,1	6,11			
4	7	2450	39,2	62,5	13256,3	5,41			
4	8	2450	39,2	62,5	13408,7	5,47			
5	9	2394	38,3	62,5	14088,1	5,89			
5	10	2394	38,3	62,5	11937,0	4,99			
6	11	2425	38,8	62,5	13613,0	5,61			
6	12	2425	38,8	62,5	13021,5	5,37			
7	13	2419	38,7	62,5	11259,3	4,66			
7	14	2419	38,7	62,5	14249,4	5,89			
8	15	2400	38,4	62,5	14167,0	5,90			
8	16	2400	38,4	62,5	14640,2	6,10			
9	17	2500	40,0	62,5	14312,2	5,72			
9	18	2500	40,0	62,5	12564,4	5,03			
10	19	2500	40,0	62,5	12951,6	5,18			
10	20	2500	40,0	62,5	11338,2	4,54			
11	21	2456	39,3	62,5	12096,5	4,92			
11	22	2456	39,3	62,5	11942,3	4,86			
12	23	2464	38,8	63,5	13485,8	5,47			
12	24	2503	38,8	64,5	8385,8	3,35			
13	25	2438	39,0	62,5	14844,6	6,09			
13	26	2438	39,0	62,5	12098,3	4,96			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	6000,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	11.07.2008	*Wasseranteil:*	1500,0g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	14:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	25,00%	*Stößelgröße:*	Messing-Fallgewicht
Mischungs-bezeichnung:	M4	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S15	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	72h
		Ausbreitmaß in cm:	6,3cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeiten des Lehmes bei Lehmmischungen mit unterschielichem Wasser zu Lehmanteilen. Die Maukdauer ist dabei konstant.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	14.07.2008				21.07.2008					22.07.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
88	509,0				428,0				15,91%	427,5	152,0	38,0	38,0	16,01%				
89	507,0				425,5				16,07%	425,0	151,4	38,5	38,0	16,17%				
90	496,5				416,0				16,21%	415,0	151,3	38,0	38,0	16,41%				
91	508,0				426,0				16,14%	425,5	152,9	38,8	37,5	16,24%				
92	509,5				426,5				16,29%	426,0	152,0	38,5	37,0	16,39%				
93	506,5				423,5				16,39%	423,0	154,0	38,8	37,6	16,49%				
94	506,0				423,0				16,40%	422,5	152,4	38,6	37,6	16,50%				
95	509,5				426,5				16,29%	426,0	153,5	39,0	38,5	16,39%				
96	501,0				418,5				16,47%	418,5	152,6	38,4	37,3	16,47%				
97	499,0				416,0				16,63%	416,0	151,3	38,6	38,0	16,63%				
98	503,5				420,5				16,48%	420,5	151,7	38,8	37,8	16,48%				
99	503,0				421,5				16,20%	421,0	153,0	38,3	38,5	16,30%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C						
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%						

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiche nes Wasser [g]	Wasserg ewicht am Anfang [g]	Diffenren z [g]	Gleich-gewichtsf euchte
88	509,0	428,0	81,0	108,1	27,1	6,75%
89	507,0	425,5	81,5	107,7	26,2	6,55%
90	496,5	416,0	80,5	105,4	24,9	6,37%
91	508,0	426,0	82,0	107,9	25,9	6,46%
92	509,5	426,5	83,0	108,2	25,2	6,27%
93	506,5	423,5	83,0	107,5	24,5	6,15%
94	506,0	423,0	83,0	107,4	24,4	6,13%
95	509,5	426,5	83,0	108,2	25,2	6,27%
96	501,0	418,5	82,5	106,4	23,9	6,05%
97	499,0	416,0	83,0	106,0	23,0	5,84%
98	503,5	420,5	83,0	106,9	23,9	6,03%
99	503,0	421,5	81,5	106,8	25,3	6,39%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 19,1%
Lehmanteil: 6000,0g
Wasseranteil: 1414,3g

reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
				n = 12	
88	160,0	152,0	5,00%	x	4,79%
89	160,0	151,4	5,38%		
90	160,0	151,3	5,44%		
91	160,0	152,9	4,44%		
92	160,0	152,0	5,00%		
93	160,0	154,0	3,75%		
94	160,0	152,4	4,75%		
95	160,0	153,5	4,06%		
96	160,0	152,6	4,63%		
97	160,0	151,3	5,44%		
98	160,0	151,7	5,19%		
99	160,0	153,0	4,38%		

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 22.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 12	FMax N	σ N/mm²
1	38,0	38,0	512,6	1,40	x	622,0	1,66
2	38,5	38,0	530,5	1,41	s	78,6	0,20
3	38,0	38,0	630,8	1,72	v	12,64%	11,98%
4	38,8	37,5	514,4	1,37			
5	38,5	37,0	568,1	1,55			
6	38,8	37,6	566,3	1,50			
7	38,6	37,6	657,7	1,76			
8	39,0	38,5	718,7	1,84			
9	38,4	37,3	686,4	1,87			
10	38,6	38,0	693,6	1,84			
11	38,8	37,8	684,6	1,80			
12	38,3	38,5	700,7	1,86			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 23	FMax N	σ N/mm²
1	1	2375	38,0	62,5	14629,8	6,16	x	12128,3	5,13
1	2	2375	38,0	62,5	14586,8	6,14	s	2879,2	0,74
2	3	2375	38,0	62,5	13801,6	5,81	v	23,74%	14,49%
2	4	2375	38,0	62,5	13516,6	5,69			
3	5	2375	38,0	62,5	11460,4	4,83			
3	6	2375	38,0	62,5	11793,8	4,97			
4	7	2344	37,5	62,5	12510,9	5,34			
4	8	2344	37,5	62,5	9692,6	4,14			
5	9	2313	37,0	62,5	11044,2	4,78			
5	10	2313	37,0	62,5	13268,9	5,74			
6	11	2350	37,6	62,5	7577,3	3,22			
6	12	2350	37,6	62,5	9854,0	4,19			
7	13	2350	37,6	62,5	14233,3	6,06			
7	14	2350	37,6	62,5	13507,3	5,75			
8		2406	38,5	62,5	1543,4	0,64			
8	16	2406	38,5	62,5	13491,2	5,61			
9	17	2331	37,3	62,5	10450,9	4,48			
9	18	2331	37,3	62,5	11655,5	5,00			
10	19	2375	38,0	62,5	13277,8	5,59			
10	20	2375	38,0	62,5	10594,3	4,46			
11	21	2363	37,8	62,5	10879,3	4,61			
11	22	2363	37,8	62,5	10895,5	4,61			
12	23	2406	38,5	62,5	12684,5	5,27			
12	24	2406	38,5	62,5	12001,5	4,99			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	5000,0g	*Dimensionen des Probekörpers:*	16x4x4cm
Datum	11.07.2008	*Wasseranteil:*	1375,0g	*Anz. Lagen:*	3
Zeit	14:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	27,50%	*Stößelgröße:*	Messing-Fallgewicht
Mischungs-bezeichnung:	M5	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	S16	*Dauer der Mischung:*	1min	*Maukdauer:*	72h
		Ausbreitmaß in cm:	7,2cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Untersuchung der Auswirkungen auf die Festigkeiten des Lehmes bei Lehmmischungen mit unterschielichem Wasser zu Lehmanteilen. Die Maukdauer ist dabei konstant.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	14.07.2008				21.07.2008					22.07.2008								
Prüf-körper	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
100	498,0				411,0				17,47%	410,0	151,8	37,8	38,3	17,67%				
101	497,5				411,5				17,29%	411,0	152,2	38,0	37,9	17,39%				
102	505,0				418,0				17,23%	417,0	152,2	38,0	39,2	17,43%				
103	498,0				411,0				17,47%	410,5	151,6	38,4	36,6	17,57%				
104	500,0				411,5				17,70%	411,0	152,6	38,1	37,8	17,80%				
105	486,5				400,0				17,78%	399,5	153,2	38,2	37,0	17,88%				
107	493,5				406,0				17,73%	405,5	152,2	38,5	37,2	17,83%				
108	498,0				410,0				17,67%	409,5	153,8	38,0	38,3	17,77%				
109	495,5				407,5				17,76%	407,0	152,0	38,0	38,5	17,86%				
110	500,5				411,0				17,88%	410,5	154,0	38,6	37,2	17,98%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C						
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%						

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht [g]	End-gewicht [g]	Entwiches Wasser [g]	Wasserg ewicht am Anfang [g]	Diffenren z [g]	Gleich-gewichtsf euchte
100	498,0	411,0	87,0	110,5	23,5	6,05%
101	497,5	411,5	86,0	110,3	24,3	6,29%
102	505,0	418,0	87,0	112,0	25,0	6,36%
103	498,0	411,0	87,0	110,5	23,5	6,05%
104	500,0	411,5	88,5	110,9	22,4	5,76%
105	486,5	400,0	86,5	107,9	21,4	5,65%
107	493,5	406,0	87,5	109,5	22,0	5,72%
108	498,0	410,0	88,0	110,5	22,5	5,79%
109	495,5	407,5	88,0	109,9	21,9	5,68%
110	500,5	411,0	89,5	111,0	21,5	5,52%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 20,0%
Lehmanteil: 5000,0g
Wasseranteil: 1253,7g

reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert
				n = 10	
100	160,0	151,8	5,12%	x	4,65%
101	160,0	152,2	4,88%		
102	160,0	152,2	4,88%		
103	160,0	151,6	5,25%		
104	160,0	152,6	4,63%		
105	160,0	153,2	4,25%		
107	160,0	152,2	4,88%		
108	160,0	153,8	3,88%		
109	160,0	152,0	5,00%		
110	160,0	154,0	3,75%		

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 22.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 10	FMax N	σ N/mm²
1	37,8	38,3	570,0	1,56	x	671,8	1,83
2	38,0	37,9	672,1	1,84	s	69,3	0,19
3	38,0	39,2	754,6	2,00	v	10,31%	10,18%
4	38,4	36,6	638,1	1,78			
5	38,1	37,8	700,8	1,92			
6	38,2	37,0	776,1	2,16			
7	38,5	37,2	625,5	1,70			
8	38,0	38,3	586,1	1,59			
9	38,0	38,5	731,3	1,97			
10	38,6	37,2	663,2	1,79			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 20	FMax N	σ N/mm²
1	1	2394	38,3	62,5	1763,9	0,74	x	10296,7	4,36
1	2	2394	38,3	62,5	12738,4	5,32	s	2547,3	1,07
2	3	2369	37,9	62,5	12501,8	5,28	v	24,74%	24,52%
2	4	2369	37,9	62,5	12508,9	5,28			
3	5	2450	39,2	62,5	12295,6	5,02			
3	6	2450	39,2	62,5	11981,9	4,89			
4	7	2288	36,6	62,5	11881,5	5,19			
4	8	2288	36,6	62,5	11510,4	5,03			
5	9	2363	37,8	62,5	12844,1	5,44			
5	10	2363	37,8	62,5	10420,5	4,41			
6	11	2313	37,0	62,5	9524,2	4,12			
6	12	2313	37,0	62,5	9113,7	3,94			
7	13	2325	37,2	62,5	11372,4	4,89			
7	14	2325	37,2	62,5	9938,3	4,27			
8	15	2394	38,3	62,5	9418,4	3,93			
8	16	2394	38,3	62,5	10205,4	4,26			
9	17	2406	38,5	62,5	9083,2	3,77			
9	18	2406	38,5	62,5	11008,5	4,57			
10	19	2325	37,2	62,5	8000,5	3,44			
10	20	2325	37,2	62,5	7823,0	3,36			

Anmerkungen zur Prüfung:

ANHANG F: DETAILAUSWERTUNG VERSUCHSREIHE 3 „PRAXISNAHER LEHMZIEGEL“

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	8000,3g	*Dimensionen des Lehmziegels:*	12,2x7,8x26cm
Datum	08.08.2008	*Wasseranteil:*	2400,3g	*Anz. Lagen:*	4
		Anteil Zuschlagstoff:			
Zeit	14:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,00%	*Stößelgröße:*	Fallgewicht
Mischungs-bezeichnung:	M1-M3	*Art der Mischung*	Rührwerk	*Einbringung in Schalung:*	jede Lage 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	LZ1	*Dauer der Mischung:*	5min	*Maukdauer:*	264h
		Ausbreitmaß in cm:	5,8cm		

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Das Ausbreitmaß ist der Mittelwert aus den Ausbreitmaßen der Mischung 1,2 und 3.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Herstellung von praxisnahen Lehmziegeln und Untersuchung auf die Festigkeiten und dem Schwinden.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

Prüf-körper	19.08.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	23.08.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		05.09.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
1	4887,5				4321,5	241,0	115,0	75,0	11,58%	4098,5	241,0	115,0	75,0	16,14%				
2	4819,5				4218,0	244,0	114,0	79,0	12,48%	4012,0				16,75%				
3	4845,0				4333,0	244,0	118,0	74,0	10,57%	4033,0				16,76%				
4	4870,5				4328,5	244,0	115,0	77,0	11,13%	4064,5				16,55%				
5	4836,5				4217,5	245,0	112,0	72,0	12,80%	4028,0	245,0	112,0	72,0	16,72%				
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C	
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%	

Anmerkungen zur Trocknung: Nach vier Tagen war die Probe 2 quer und die Probe 3 längs durchgerissen.

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht	End-gewicht	Entwiches nes Wasser	Wasserg ewicht am Anfang	Diffenren z	Gleich-gewichtsf euchte
1	4887,5	4098,5	789,0	875,451	86,5	2,15%
2	4819,5	4012,0	807,5	863,271	55,8	1,41%
3	4845,0	4033,0	812,0	867,838	55,8	1,40%
4	4870,5	4064,5	806,0	872,406	66,4	1,66%
5	4836,5	4028,0	808,5	866,316	57,8	1,46%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 15,7%
Lehmanteil: 8000,3g
Wasseranteil: 1485,8g

reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß	n = 5	Mittel-wert
1	260,0	241,0	7,31%	x	6,31%
2	260,0	244,0	6,15%		
3	260,0	244,0	6,15%		
4	260,0	244,0	6,15%		
5	260,0	245,0	5,77%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 5	FMax N	σ N/mm²
1					x		
2					s		
3					v		
4							
5	77,0	115,0	3385,9	1,415			

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 2	FMax N	σ N/mm²
1	1	12650	110,0	115,0	50842,8	4,019	x	41224	3,73
1							s	13603,2	0,41286
2							v	33,00%	11,08%
2									
3									
3									
4									
4									
5									
5	10	9200	80,0	115,0	31605,0	3,435			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	6000,0g	1,00RT	*Dimensionen des Lehmziegels:*	12,2x7,8x26cm
Datum	14.11.2008	*Wasseranteil:*	1800,0g		*Anz. Lagen:*	4
		Anteil Zuschlagstoff:	7320,0g	0,96RT		
Zeit	15:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,00%		*Stößelgröße:*	Fallgewicht
Mischungs-bezeichnung:	M2	*Art der Mischung*	Rührwerk		*Einbringung in Schalung:*	jede Lage 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	LZ2	*Dauer der Mischung:*	1min		*Maukdauer:*	96h
		Ausbreitmaß in cm:	5,6cm			

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung:

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles:

Trocknung

Lagerungsbedingungen

Prüf-körper	18.11.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	09.12.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		12.12.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		16.12.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	
1	5209,5				4846,0				6,98%	4843,5				7,03%	4840,5	250,0	120,0	73,0	7,08%
2	5365,5				4708,0				12,25%	4706,0				12,29%	4703,5	250,0	118,0	75,0	12,34%
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C		
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%		

Anmerkungen zur Trocknung:

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht	End-gewicht	Entwiche nes Wasser	Wasserg ewicht am Anfang	Diffenren z	Gleich-gewichtsf euchte
1	5209,5	4843,5	366,0	919,814	553,8	12,91%
2	5365,5	4706,0	659,5	947,358	287,9	6,52%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 15,4%
Lehmanteil: 6000,0g
Wasseranteil: 1092,2g
reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß	n = 2	Mittel-wert
1	260,0	250,0	3,85%	x	3,85%
2	260,0	250,0	3,85%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 2	FMax N	σ N/mm²
1	73,0	120,0	2407,3	1,073	x	2579,15	1,13
2	75,0	118,0	2751,0	1,181	s	242,997	0,0766
					v	9,42%	6,80%

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

	Nr	A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 3	FMax N	σ N/mm²
1	1	14986	127,0	118,0	45868,9	3,061	x	46954	3,35
1		14400	120,0	120,0	6403,9	0,445	s	18240,3	1,4652
2	3	14400	120,0	120,0	26266,1	1,824	v	38,85%	43,73%
2	4	13200	110,0	120,0	62324,1	4,722			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	7940,0g	1,00RT	*Dimensionen des Lehmziegels:*	12,2x7,8x26cm
Datum	14.11.2008	*Wasseranteil:*	2400,0g		*Anz. Lagen:*	4
		Anteil Zuschlagstoff:	3555,0g	0,35RT		
Zeit	15:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	30,23%		*Stößelgröße:*	Fallgewicht
Mischungs-bezeichnung:	M2	*Art der Mischung*	Rührwerk		*Einbringung in Schalung:*	jede Lage 10x verdichtet
Serienbezeichnung:	LZ2	*Dauer der Mischung:*	1min		*Maukdauer:*	96h
		Ausbreitmaß in cm:	8,0cm			

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Kübelnummer 4

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles:

Trocknung

Lagerungsbedingungen

Prüf-körper	18.11.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	09.12.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		12.12.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]		16.12.2008 Gewicht [g]	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	
1	5015,0				4308,5				14,09%	4304,0				14,18%					
2	4998,0				4267,5				14,62%	4267,0				14,63%	4265,0	253,0	118,0	74,0	14,67%
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C		
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%		

Anmerkungen zur Trocknung:

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht	End-gewicht	Entwiche nes Wasser	Wasserg ewicht am Anfang	Diffenren z	Gleich-gewichtsf euchte
1	5015,0	4304,0	711,0	1034,19	323,2	8,12%
2	4998,0	4267,0	731,0	1030,69	299,7	7,55%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 18,4%
Lehmanteil: 7940,0g
Wasseranteil: 1796,0g
reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß	n = 1	Mittel-wert
1				x	2,69%
2	260,0	253,0	2,69%		

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 2	FMax N	σ N/mm²
1					x		
2	74,0	118,0	3329,7	1,469	s		
					v		

Druckfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 4	FMax N	σ N/mm²
1	*1*	*11500*	*100,0*	*115,0*	*32077,9*	*2,789*	x	49051	3,60
1	*2*	*15340*	*130,0*	*118,0*	*64259,7*	*4,189*	s	14850,1	0,74501
2	3	13640	124,0	110,0	58317,7	4,275	v	30,27%	20,69%
2	4	13200	120,0	110,0	41547,0	3,148			

Anmerkungen zur Prüfung: Die Werte 1 und 2 (kursiv) stammen vom Probekörper 3, der schon bei der Trocknung quer in der Mitte gerissen ist. Für die Druckprüfung konnte man sie verwenden.

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

TU Wien
Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
A-1030 Wien

Prüfbericht

Verwendete Prüfnorm

Nummer: EN 1015-11 *Ausgabedatum:* 2007-03-01

Titel: Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk, Teil 11: Bestimmung der Biegzug- und Druckfestigkeit von Festmörtel

Lehmangaben

Entnahmedaten der Teilprobe *Ort:* *Koordinaten:*

Lehmbezeichnung: Claytec *Datum :* *Tiefe:*

Verfahren zur Entnahme der Teilprobe: *Uhrzeit:*

Lehmaufbereitung

Ort:	Labor	*Lehmanteil:*	8846,0g	1,00RT	*Dimensionen des Lehmziegels:*	12,2x7,8x26cm
Datum	14.11.2008	*Wasseranteil:*	3000,0g		*Anz. Lagen:*	2
		Anteil Zuschlagstoff:	7200,0g	0,64RT		
Zeit	15:00	*Wasseranteil bezogen auf die Lehmmasse:*	33,91%		*Stößelgröße:*	
Mischungs-bezeichnung:	M2	*Art der Mischung*	Rührwerk		*Einbringung in Schalung:*	
Serienbezeichnung:	LZ2	*Dauer der Mischung:*	1min		*Maukdauer:*	96h
		Ausbreitmaß in cm:	9,0cm			

Anmerkungen zur Lehmaufbereitung: Der aufbereitete Lehm ist noch sehr plastisch. Trotzdem wurde er in die Schalung eingebracht und zwar ohne zu stark zu verdichten. Einzelne Lehmpatzen wurden in die Schalung hineingeschleudert und dann teilweise verdichtet.

Prüfungsziel

Beschreibung des Zieles: Da der Lehm noch sehr plastisch war, war er natürlich angenehm zu verarbeiten. Ziel dieses Versuches ist es zu schauen wie sich diese hohe Plastizität auf die Ziegeleigenschaften auswirkt.

Trocknung

Lagerungsbedingungen

	18.11.2008				09.12.2008					12.12.2008					16.12.2008				
	Gewicht	Länge	Breite	Höhe	Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe		Gewicht	Länge	Breite	Höhe	
Prüf-körper	[g]	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]		[g]	[mm]	[mm]	[mm]	
1	5024,0				4380,0				12,82%	4379,5				12,83%	4377,5	256,0	114,0	75,0	12,87%
2	5120,5				4469,0				12,72%	4468,0				12,74%					
3	4982,5				4308,0				13,54%	4308,0				13,54%	4306,5				13,57%
	Temperatur		20,0°C		Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C			Temperatur		20,0°C		
	Luftfeuchtigkeit		65%		Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%			Luftfeuchtigkeit		65%		

Anmerkungen zur Trocknung:

Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte

Prüf-körper	Anfangs-gewicht	End-gewicht	Entwiche nes Wasser	Wasserg ewicht am Anfang	Diffenren z	Gleich-gewichtsf euchte
1	5024,0	4379,5	644,5	1095,01	450,5	11,47%
2	5120,5	4468,0	652,5	1116,04	463,5	11,58%
3	4982,5	4308,0	674,5	1085,96	411,5	10,56%

Wasseranteil bezogen auf Gesamtmasse: 19,7%
Lehmanteil: 8846,0g
Wasseranteil: 2163,7g

reduzierte Wert lt. Formel AM

Ermittlung Trockenschwindmaß

Prüf-körper	Anfangs-länge [mm]	End-länge [mm]	Trocken-schwind maß		Mittel-wert n = 1
1	260,0	256,0	1,54%	x	1,54%

Prüfung

Ort: Labor TU Wien *Datum* 21.07.2008 *Zeit* 16:00

Serienbezeichnung: S15

Biegezugfestigkeit

Prüfgeschwindigkeit 0,05N/mm²s *Vorkraft* 20N

Nr	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 2	FMax N	σ N/mm²
1	75,0	114,0	2418,8	1,075	x	2540,57	1,34
					s	172,258	0,3789
3	64,0	115,0	2662,4	1,611	v	6,78%	28,21%

Druckfestigkeit

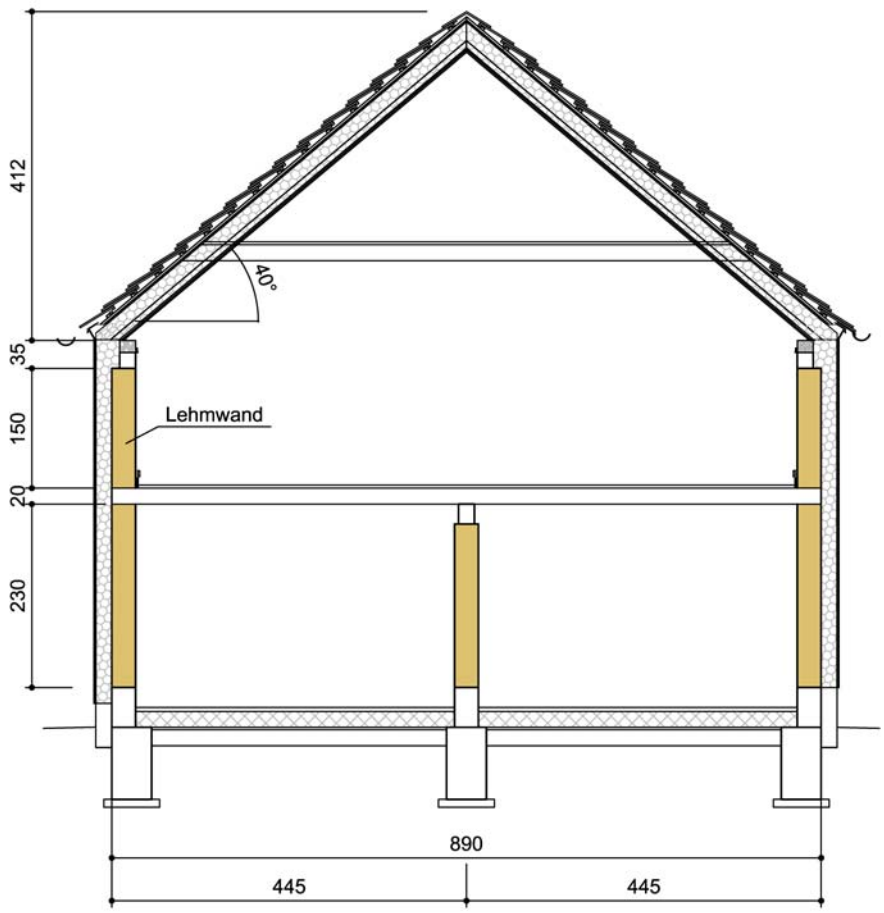
Prüfgeschwindigkeit 0,20N/mm²s *Vorkraft* 200N

Nr		A mm²	Proben-dicke a0 mm	Proben-breite b0 mm	FMax N	σ N/mm²	n = 4	FMax N	σ N/mm²
1	1	15525	135,0	115,0	61389,9	3,954	x	53622	3,54
1	2	13800	120,0	115,0	49534,0	3,589	s	10568,7	0,49843
2							v	19,71%	14,10%
2									
3	5	16675	115,0	145,0	62989,6	3,777			
3	6	14375	115,0	125,0	40572,5	2,822			

Anmerkungen zur Prüfung:

Verfasser: Andreas Rischanek
16.03.2009

ANHANG G: ERMITTLUNG DER SCHNITTKRÄFTE FÜR DAS BERECHNUNGSBEISPIEL (KAPITEL 5)



G.1 ERMITTLUNG DER SCHNITTKRÄFTE FÜR DEN NACHWEIS AUF DRUCK

$$N_{Sd} = \gamma_G \cdot \sum_j G_{k,j} + \gamma_Q \cdot \sum_j Q_{k,j}$$

Lastaufstellung

Dacheigenlast: G_{DA} = 1,80 kN/m²

Schneelast: s = 1,20 kN/m²

Windlast: w = 0,62 kN/m²

Deckeneigenlast: G_{De} = 6,30 kN/m² (inkl. Zwischenwandzuschlag von 1,00kN/m²)

Deckennutzlast: Q_{De} = 2,00 kN/m²

Wandgewicht EG: $G_{W,EG}$ = 18,72 kN/m

Wandgewicht DG: $G_{W,DG}$ = 12,21 kN/m

$$N_{Sd} = 1{,}35 \cdot (0{,}5 \cdot 8{,}9 \cdot 1{,}80 + 0{,}5 \cdot 4{,}45 \cdot 6{,}30 + 12{,}21 + 18{,}72) + 1{,}5 \cdot (0{,}5 \cdot 8{,}90 \cdot 1{,}82 + 0{,}5 \cdot 4{,}45 \cdot 2{,}00) =$$
$$= 90{,}35 kN/m$$

G.2 ERMITTLUNG DER SCHNITTKRÄFTE FÜR DEN NACHWEIS AUF SCHUB

Die Länge der betrachteten Wandscheiben beträgt 12m.

$$N_{Sd} = 82{,}45 \cdot 12 = 1084{,}25 kN$$

Die Vertikalkraft und das Moment ergeben sich aus der Windbelastung wie folgt:

$$V_{Sd} = 1{,}5 \cdot (2{,}3 + 0{,}2 + 1{,}5 + 4{,}12) \cdot 12 \cdot 0{,}62 = 91{,}20 kN$$

$$M_{Sd} = (2{,}3 + 0{,}2 + 1{,}5 + 4{,}12) \cdot 0{,}5 \cdot 91{,}20 = 370{,}29 kNm$$

G.3 ERMITTLUNG DER SCHNITTKRÄFTE FÜR DIE TEILFLÄCHENPRESSUNG

Die Belastung aus der Decke ergibt sich mit einer Einflussbreite von 0,92m und einer Spannweite von 4,45m zu:

$$N_{Sd} = (1{,}35 \cdot 6{,}3 + 1{,}5 \cdot 2) \cdot 0{,}92 \cdot 4{,}45 \cdot 0{,}5 = 23{,}55 kN$$

Der Einfluss der Dachlast unter Berücksichtigung des Lastdreieckes unter 60° ist dann

$$B = \left(\frac{1{,}5}{\tan 60°} \cdot 2 + 0{,}15 \right) = 1{,}88 m$$

$$N_{Sd} = (1{,}35 \cdot 1{,}80 + 1{,}50 \cdot 1{,}82) \cdot 0{,}92 \cdot 8{,}9 \cdot 0{,}5 \cdot \frac{0{,}18}{1{,}88} = 2{,}02 kN$$

Das Gewicht der Lehmwand, welches auf die Teilfläche wirkt, ergibt sich zu

$$N_{Sd} = 1{,}35 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}18 \cdot 22 = 1{,}61 kN$$

$$\sum N_{Sd} = 23{,}55 + 2{,}02 + 1{,}61 = 27{,}18 kN$$

ANHANG H: DETAILAUSWERTUNG ZUR ERMITTLUNG DES TEILISICHERHEITSBEIWERTES FÜR DIE BEANSPRUCHBARKEIT FÜR DIE VERSUCHSREIHE 1

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S2**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,760	m_R =	1,760	mur =	0,559	mur =	0,559
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,200	σ_R =	0,200	σur =	0,113	σur =	0,113
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,493	ms =	0,920	mus =	-0,320	mus =	0,020
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,267	σ_S =	-0,094	σus =	0,202	σus =	-0,086
	α_s	0,800	α_s	-0,425	α_s	0,872	α_s	-0,603
	α_R	0,600	α_R	0,905	α_R	0,490	α_R	0,798
	V_s	0,542	V_s	-0,102	V_s	-0,630	V_s	-4,376
	V_R	0,114	V_R	0,114	V_R	0,203	V_R	0,203
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,097	γ_R	1,335	γ_R	1,025	γ_R	1,170
	γ	1,536	γ	1,869	γ	1,435	γ	1,638
Kontrolle	γ	1,536	γ	1,869	Kontrolle γ	1,435	γ	1,638

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,243	B=	-1,107
	C=	0,061	C=	-0,148
	D=	0,130	D=	-0,014
	E=	0,016	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,010	α=	-0,016
	β=	-0,006	β=	-0,002
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,016	U=	0,008
	y=	0,010	y=	0,010
	W=	0,102	W=	0,069

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,267	0,000	0,493	0,800	0,600	0,542	0,202	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,094	0,000	0,920	-0,425	0,905	-0,102	-0,086	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S4**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

		Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**		
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,950	m_R =	1,950	mur =	0,663	mur =	0,663
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,190	σ_R =	0,190	σur =	0,097	σur =	0,097
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,633	ms =	1,121	mus =	-0,157	mus =	0,180
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,290	σ_S =	-0,107	σus =	0,193	σus =	-0,082
	α_s	0,836	α_s	-0,492	α_s	0,893	α_s	-0,645
	α_R	0,548	α_R	0,870	α_R	0,451	α_R	0,764
	V_s	0,457	V_s	-0,096	V_s	-1,230	V_s	-0,458
	V_R	0,097	V_R	0,097	V_R	0,147	V_R	0,147
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,054	γ_R	1,239	γ_R	1,007	γ_R	1,130
	γ	1,475	γ	1,735	γ	1,409	γ	1,582
Kontrolle	γ	1,475	γ	1,735	Kontrolle γ	1,409	γ	1,582

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,593	B=	-1,107
	C=	0,216	C=	-0,139
	D=	0,130	D=	-0,010
	E=	0,019	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,019	α=	-0,015
	β=	-0,007	β=	-0,002
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,019	U=	0,008
	y=	0,015	y=	0,010
	W=	0,104	W=	0,063

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,290	0,000	0,633	0,836	0,548	0,457	0,193	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,107	0,000	1,121	-0,492	0,870	-0,096	-0,082	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S5**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,800	m_R =	1,800	mur =	0,585	mur =	0,585
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,130	σ_R =	0,130	σur =	0,072	σur =	0,072
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,703	ms =	1,174	mus =	-0,148	mus =	0,186
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,258	σ_S =	-0,101	σus =	0,179	σus =	-0,076
	α_s	0,893	α_s	-0,614	α_s	0,928	α_s	-0,727
	α_R	0,450	α_R	0,789	α_R	0,374	α_R	0,687
	V_s	0,367	V_s	-0,086	V_s	-1,208	V_s	-0,410
	V_R	0,072	V_R	0,072	V_R	0,123	V_R	0,123
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,005	γ_R	1,125	γ_R	0,984	γ_R	1,072
	γ	1,408	γ	1,575	γ	1,377	γ	1,501
Kontrolle	γ	1,408	γ	1,575	Kontrolle γ	1,377	γ	1,501

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,316	B=	-1,107
	C=	0,335	C=	-0,127
	D=	0,056	D=	-0,006
	E=	0,008	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,022	α=	-0,014
	β=	-0,004	β=	-0,001
	γ=	0,000	γ=	0,000
	P=	0,000	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,014	U=	0,006
	y=	0,015	y=	0,009
	W=	0,084	W=	0,055

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,258	0,000	0,703	0,893	0,450	0,367	0,179	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,101	0,000	1,174	-0,614	0,789	-0,086	-0,076	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S10**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,080	m_R =	2,080	mur =	0,724	mur =	0,724
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,270	σ_R =	0,270	σur =	0,129	σur =	0,129
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,486	ms =	0,978	mus =	-0,216	mus =	0,128
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,321	σ_S =	-0,106	σus =	0,211	σus =	-0,089
	α_s	0,765	α_s	-0,365	α_s	0,853	α_s	-0,566
	α_R	0,644	α_R	0,931	α_R	0,522	α_R	0,825
	V_s	0,661	V_s	-0,108	V_s	-0,976	V_s	-0,691
	V_R	0,130	V_R	0,130	V_R	0,179	V_R	0,179
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,152	γ_R	1,454	γ_R	1,045	γ_R	1,212
	γ	1,613	γ	2,036	γ	1,463	γ	1,697
Kontrolle	γ	1,613	γ	2,036	Kontrolle γ	1,463	γ	1,697

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,832	B=	-1,107
	C=	-0,100	C=	-0,158
	D=	0,279	D=	-0,018
	E=	0,038	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,006	α=	-0,017
	β=	-0,012	β=	-0,002
	γ=	-0,002	γ=	0,000
	P=	0,002	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,024	U=	0,009
	y=	0,012	y=	0,011
	W=	0,132	W=	0,075

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,321	0,000	0,486	0,765	0,644	0,661	0,211	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,106	0,000	0,978	-0,365	0,931	-0,108	-0,089	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S11**	**Biegezugversuch**						
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**			
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich					
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800						

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,940	m_R =	1,940	mur =	0,654	mur =	0,654
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,250	σ_R =	0,250	σur =	0,128	σur =	0,128
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,458	ms =	0,918	mus =	-0,282	mus =	0,062
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,299	σ_S =	-0,099	σus =	0,210	σus =	-0,089
	α_s	0,767	α_s	-0,369	α_s	0,854	α_s	-0,568
	α_R	0,641	α_R	0,930	α_R	0,521	α_R	0,823
	V_s	0,653	V_s	-0,108	V_s	-0,746	V_s	-1,426
	V_R	0,129	V_R	0,129	V_R	0,196	V_R	0,196
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,149	γ_R	1,446	γ_R	1,044	γ_R	1,210
	γ	1,608	γ	2,025	γ	1,461	γ	1,694
Kontrolle	γ	1,608	γ	2,025	Kontrolle γ	1,461	γ	1,694

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,574	B=	-1,107
	C=	-0,077	C=	-0,158
	D=	0,223	D=	-0,018
	E=	0,029	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,006	α=	-0,017
	β=	-0,010	β=	-0,002
	γ=	-0,002	γ=	0,000
	P=	0,002	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,021	U=	0,009
	y=	0,010	y=	0,011
	W=	0,122	W=	0,075

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,299	0,000	0,458	0,767	0,641	0,653	0,210	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,099	0,000	0,918	-0,369	0,930	-0,108	-0,089	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S12**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,740	m_R =	2,740	mur =	1,005	mur =	1,005
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,210	σ_R =	0,210	σur =	0,077	σur =	0,077
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,040	ms =	1,751	mus =	0,257	mus =	0,591
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,395	σ_S =	-0,154	σus =	0,181	σus =	-0,077
	α_s	0,883	α_s	-0,591	α_s	0,921	α_s	-0,711
	α_R	0,469	α_R	0,807	α_R	0,389	α_R	0,703
	V_s	0,380	V_s	-0,088	V_s	0,705	V_s	-0,131
	V_R	0,077	V_R	0,077	V_R	0,076	V_R	0,076
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,012	γ_R	1,142	γ_R	0,987	γ_R	1,082
	γ	1,417	γ	1,599	γ	1,382	γ	1,515
Kontrolle	γ	1,417	γ	1,599	Kontrolle γ	1,382	γ	1,515

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	5,048	B=	-1,107
	C=	0,722	C=	-0,129
	D=	0,223	D=	-0,006
	E=	0,048	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,049	α=	-0,014
	β=	-0,014	β=	-0,001
	γ=	-0,003	γ=	0,000
	P=	0,003	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,033	U=	0,006
	y=	0,033	y=	0,009
	W=	0,131	W=	0,057

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,395	0,000	1,040	0,883	0,469	0,380	0,181	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,154	0,000	1,751	-0,591	0,807	-0,088	-0,077	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S13**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis nur mit Log-Normalverteilung	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,870	m_R =	1,870	mur =	0,578	mur =	0,578
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,590	σ_R =	0,590	σur =	0,308	σur =	0,308
Mittelwert Beanspruchung	ms =	#ZAHL!	ms =	#ZAHL!	mus =	-1,094	mus =	-0,669
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	#ZAHL!	σ_S =	#ZAHL!	σus =	0,315	σus =	-0,114
	α_s	#ZAHL!	α_s	#ZAHL!	α_s	0,714	α_s	-0,346
	α_R	#ZAHL!	α_R	#ZAHL!	α_R	0,700	α_R	0,938
	V_s	#ZAHL!	V_s	#ZAHL!	V_s	-0,287	V_s	0,170
	V_R	0,316	V_R	0,316	V_R	0,533	V_R	0,533
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	#ZAHL!	γ_S	#ZAHL!	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,000	γ_R	0,000	γ_R	1,367	γ_R	1,807
	γ	#ZAHL!	γ	#ZAHL!	γ	1,913	γ	2,529
Kontrolle	γ	#ZAHL!	γ	#ZAHL!	Kontrolle γ	1,913	γ	2,529

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,445	B=	-1,107
	C=	-3,224	C=	-0,370
	D=	1,199	D=	-0,105
	E=	-0,085	E=	-0,011
Faktoren laut Anhang B	α=	0,132	α=	-0,035
	β=	-0,042	β=	-0,011
	γ=	0,002	γ=	-0,001
	P=	-0,003	P=	0,001
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	#ZAHL!	U=	0,019
	y=	#ZAHL!	y=	0,029
	W=	#ZAHL!	W=	0,154

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	0,315	0,000
2. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	-	-
3. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	-0,114	0,000
4. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S13**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,450	m_R =	1,450	mur =	0,363	mur =	0,363
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,190	σ_R =	0,190	σur =	0,130	σur =	0,130
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,334	ms =	0,676	mus =	-0,582	mus =	-0,237
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,224	σ_S =	-0,074	σus =	0,212	σus =	-0,089
	α_s	0,763	α_s	-0,361	α_s	0,851	α_s	-0,563
	α_R	0,647	α_R	0,933	α_R	0,525	α_R	0,826
	V_s	0,672	V_s	-0,109	V_s	-0,364	V_s	0,375
	V_R	0,131	V_R	0,131	V_R	0,359	V_R	0,359
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,157	γ_R	1,464	γ_R	1,047	γ_R	1,215
	γ	1,620	γ	2,050	γ	1,465	γ	1,702
Kontrolle	γ	1,620	γ	2,050	Kontrolle γ	1,465	γ	1,702

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	2,671	B=	-1,107
	C=	-0,056	C=	-0,159
	D=	0,096	D=	-0,019
	E=	0,009	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,003	α=	-0,017
	β=	-0,004	β=	-0,002
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,012	U=	0,009
	y=	0,006	y=	0,011
	W=	0,092	W=	0,076

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,224	0,000	0,334	0,763	0,647	0,672	0,212	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,074	0,000	0,676	-0,361	0,933	-0,109	-0,089	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S15**	**Biegezugversuch**						
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**			
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich					
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800						

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,070	m_R =	1,070	mur =	0,050	mur =	0,050
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,200	σ_R =	0,200	σur =	0,185	σur =	0,185
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,070	ms =	0,296	mus =	-1,113	mus =	-0,747
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,171	σ_S =	-0,039	σus =	0,244	σus =	-0,098
	α_s	0,650	α_s	-0,192	α_s	0,796	α_s	-0,468
	α_R	0,760	α_R	0,981	α_R	0,605	α_R	0,883
	V_s	2,424	V_s	-0,132	V_s	-0,219	V_s	0,132
	V_R	0,187	V_R	0,187	V_R	3,670	V_R	3,670
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,506	γ_R	2,286	γ_R	1,129	γ_R	1,373
	γ	2,108	γ	3,202	γ	1,581	γ	1,923
Kontrolle	γ	2,108	γ	3,202	Kontrolle γ	1,581	γ	1,923

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	1,971	B=	-1,107
	C=	-0,252	C=	-0,206
	D=	0,079	D=	-0,038
	E=	0,004	E=	-0,004
Faktoren laut Anhang B	α=	0,008	α=	-0,021
	β=	-0,003	β=	-0,004
	γ=	0,000	γ=	0,000
	P=	0,000	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,006	U=	0,012
	y=	0,000	y=	0,015
	W=	0,089	W=	0,098

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,171	0,000	0,070	0,650	0,760	2,424	0,244	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,039	0,000	0,296	-0,192	0,981	-0,132	-0,098	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S15**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,330	m_R =	2,330	mur =	0,833	mur =	0,833
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,370	σ_R =	0,370	σur =	0,158	σur =	0,158
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,347	ms =	0,869	mus =	-0,219	mus =	0,136
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,368	σ_S =	-0,104	σus =	0,228	σus =	-0,094
	α_s	0,705	α_s	-0,271	α_s	0,822	α_s	-0,511
	α_R	0,709	α_R	0,962	α_R	0,570	α_R	0,860
	V_s	1,061	V_s	-0,120	V_s	-1,039	V_s	-0,691
	V_R	0,159	V_R	0,159	V_R	0,189	V_R	0,189
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,291	γ_R	1,762	γ_R	1,086	γ_R	1,292
	γ	1,808	γ	2,468	γ	1,520	γ	1,808
Kontrolle	γ	1,808	γ	2,468	Kontrolle γ	1,520	γ	1,808

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	4,293	B=	-1,107
	C=	-0,619	C=	-0,181
	D=	0,588	D=	-0,028
	E=	0,076	E=	-0,003
Faktoren laut Anhang B	α=	0,014	α=	-0,019
	β=	-0,024	β=	-0,003
	γ=	-0,004	γ=	0,000
	P=	0,004	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,030	U=	0,011
	y=	0,008	y=	0,013
	W=	0,170	W=	0,087

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,368	0,000	0,347	0,705	0,709	1,061	0,228	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,104	0,000	0,869	-0,271	0,962	-0,120	-0,094	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S19**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,940	m_R =	1,940	mur =	0,659	mur =	0,659
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,160	σ_R =	0,160	σur =	0,082	σur =	0,082
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,707	ms =	1,205	mus =	-0,108	mus =	0,226
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,282	σ_S =	-0,109	σus =	0,184	σus =	-0,079
	α_s	0,870	α_s	-0,562	α_s	0,913	α_s	-0,691
	α_R	0,493	α_R	0,827	α_R	0,408	α_R	0,723
	V_s	0,399	V_s	-0,090	V_s	-1,706	V_s	-0,348
	V_R	0,082	V_R	0,082	V_R	0,125	V_R	0,125
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,022	γ_R	1,167	γ_R	0,992	γ_R	1,095
	γ	1,431	γ	1,634	γ	1,389	γ	1,533
Kontrolle	γ	1,431	γ	1,634	Kontrolle γ	1,389	γ	1,533

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,574	B=	-1,107
	C=	0,324	C=	-0,132
	D=	0,092	D=	-0,008
	E=	0,014	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,023	α=	-0,015
	β=	-0,006	β=	-0,001
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,017	U=	0,007
	y=	0,016	y=	0,009
	W=	0,096	W=	0,058

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,282	0,000	0,707	0,870	0,493	0,399	0,184	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,109	0,000	1,205	-0,562	0,827	-0,090	-0,079	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S20**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,180	m_R =	2,180	mur =	0,777	mur =	0,777
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,140	σ_R =	0,140	σur =	0,064	σur =	0,064
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,893	ms =	1,473	mus =	0,069	mus =	0,404
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,309	σ_S =	-0,123	σus =	0,175	σus =	-0,074
	α_s	0,911	α_s	-0,659	α_s	0,939	α_s	-0,757
	α_R	0,413	α_R	0,752	α_R	0,344	α_R	0,653
	V_s	0,346	V_s	-0,083	V_s	2,536	V_s	-0,184
	V_R	0,064	V_R	0,064	V_R	0,083	V_R	0,083
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,995	γ_R	1,095	γ_R	0,979	γ_R	1,055
	γ	1,393	γ	1,534	γ	1,370	γ	1,477
Kontrolle	γ	1,393	γ	1,534	Kontrolle γ	1,370	γ	1,477

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	4,016	B=	-1,107
	C=	0,547	C=	-0,124
	D=	0,079	D=	-0,005
	E=	0,014	E=	0,000
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,035	α=	-0,014
	β=	-0,006	β=	-0,001
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,019	U=	0,006
	y=	0,022	y=	0,008
	W=	0,099	W=	0,053

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,309	0,000	0,893	0,911	0,413	0,346	0,175	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,123	0,000	1,473	-0,659	0,752	-0,083	-0,074	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S16**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,410	m_R =	1,410	mur =	0,315	mur =	0,315
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,340	σ_R =	0,340	σur =	0,238	σur =	0,238
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,130	ms =	0,116	mus =	-1,064	mus =	-0,673
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,220	σ_S =	-0,019	σus =	0,274	σus =	-0,106
	α_s	0,544	α_s	-0,054	α_s	0,756	α_s	-0,406
	α_R	0,839	α_R	0,999	α_R	0,655	α_R	0,914
	V_s	-1,698	V_s	-0,160	V_s	-0,258	V_s	0,157
	V_R	0,241	V_R	0,241	V_R	0,754	V_R	0,754
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,401	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	2,610	γ_R	7,094	γ_R	1,222	γ_R	1,544
	γ	3,654	γ	9,937	γ	1,711	γ	2,162
Kontrolle	γ	-7,851	γ	9,937	Kontrolle γ	1,711	γ	2,162

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	2,598	B=	-1,107
	C=	-0,938	C=	-0,266
	D=	0,300	D=	-0,063
	E=	0,006	E=	-0,006
Faktoren laut Anhang B	α=	0,036	α=	-0,026
	β=	-0,011	β=	-0,007
	γ=	-0,001	γ=	-0,001
	P=	0,000	P=	0,001
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,006	U=	0,015
	y=	-0,007	y=	0,020
	W=	0,145	W=	0,122

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,220	0,000	-0,130	0,544	0,839	-1,698	0,274	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,019	0,000	0,116	-0,054	0,999	-0,160	-0,106	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S17**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis nur mit Log-Normalverteilung	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,270	m_R =	1,270	mur =	0,198	mur =	0,198
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,370	σ_R =	0,370	σur =	0,285	σur =	0,285
Mittelwert Beanspruchung	ms =	#ZAHL!	ms =	#ZAHL!	mus =	-1,380	mus =	-0,966
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	#ZAHL!	σ_S =	#ZAHL!	σus =	0,302	σus =	-0,111
	α_s	#ZAHL!	α_s	#ZAHL!	α_s	0,726	α_s	-0,363
	α_R	#ZAHL!	α_R	#ZAHL!	α_R	0,687	α_R	0,932
	V_s	#ZAHL!	V_s	#ZAHL!	V_s	-0,219	V_s	0,115
	V_R	0,291	V_R	0,291	V_R	1,439	V_R	1,439
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	#ZAHL!	γ_S	#ZAHL!	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,000	γ_R	0,000	γ_R	1,318	γ_R	1,718
	γ	#ZAHL!	γ	#ZAHL!	γ	1,845	γ	2,405
Kontrolle	γ	#ZAHL!	γ	#ZAHL!	Kontrolle γ	1,845	γ	2,405

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	2,340	B=	-1,107
	C=	-1,230	C=	-0,334
	D=	0,320	D=	-0,090
	E=	-0,008	E=	-0,009
Faktoren laut Anhang B	α=	0,050	α=	-0,032
	β=	-0,011	β=	-0,009
	γ=	0,000	γ=	-0,001
	P=	0,000	P=	0,001
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	#ZAHL!	U=	0,017
	y=	#ZAHL!	y=	0,026
	W=	#ZAHL!	W=	0,143

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	0,302	0,000
2. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	-	-
3. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	-0,111	0,000
4. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S18**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis nur mit Log-Normalverteilung	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,510	m_R =	1,510	mur =	0,364	mur =	0,364
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,480	σ_R =	0,480	σur =	0,310	σur =	0,310
Mittelwert Beanspruchung	ms =	#ZAHL!	ms =	#ZAHL!	mus =	-1,318	mus =	-0,892
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	#ZAHL!	σ_S =	#ZAHL!	σus =	0,316	σus =	-0,114
	α_s	#ZAHL!	α_s	#ZAHL!	α_s	0,713	α_s	-0,345
	α_R	#ZAHL!	α_R	#ZAHL!	α_R	0,701	α_R	0,939
	V_s	#ZAHL!	V_s	#ZAHL!	V_s	-0,240	V_s	0,128
	V_R	0,318	V_R	0,318	V_R	0,852	V_R	0,852
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	#ZAHL!	γ_S	#ZAHL!	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,000	γ_R	0,000	γ_R	1,372	γ_R	1,816
	γ	#ZAHL!	γ	#ZAHL!	γ	1,920	γ	2,542
Kontrolle	γ	#ZAHL!	γ	#ZAHL!	Kontrolle γ	1,920	γ	2,542

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	2,782	B=	-1,107
	C=	-2,139	C=	-0,374
	D=	0,641	D=	-0,107
	E=	-0,039	E=	-0,011
Faktoren laut Anhang B	α=	0,088	α=	-0,035
	β=	-0,022	β=	-0,011
	γ=	0,001	γ=	-0,001
	P=	-0,002	P=	0,001
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	#ZAHL!	U=	0,019
	y=	#ZAHL!	y=	0,030
	W=	#ZAHL!	W=	0,155

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	0,316	0,000
2. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	-	-
3. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	-0,114	0,000
4. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S21**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,820	m_R =	1,820	mur =	0,597	mur =	0,597
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,110	σ_R =	0,110	σur =	0,060	σur =	0,060
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,761	ms =	1,249	mus =	-0,100	mus =	0,236
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,256	σ_S =	-0,102	σus =	0,173	σus =	-0,073
	α_s	0,919	α_s	-0,681	α_s	0,944	α_s	-0,773
	α_R	0,395	α_R	0,733	α_R	0,329	α_R	0,635
	V_s	0,337	V_s	-0,082	V_s	-1,734	V_s	-0,312
	V_R	0,060	V_R	0,060	V_R	0,101	V_R	0,101
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,990	γ_R	1,083	γ_R	0,977	γ_R	1,047
	γ	1,386	γ	1,516	γ	1,367	γ	1,467
Kontrolle	γ	1,386	γ	1,516	Kontrolle γ	1,367	γ	1,467

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,353	B=	-1,107
	C=	0,398	C=	-0,123
	D=	0,041	D=	-0,004
	E=	0,006	E=	0,000
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,025	α=	-0,014
	β=	-0,003	β=	-0,001
	γ=	0,000	γ=	0,000
	P=	0,000	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,013	U=	0,005
	y=	0,016	y=	0,008
	W=	0,081	W=	0,053

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,256	0,000	0,761	0,919	0,395	0,337	0,173	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,102	0,000	1,249	-0,681	0,733	-0,082	-0,073	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S22**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,860	m_R =	1,860	mur =	0,615	mur =	0,615
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,200	σ_R =	0,200	σur =	0,107	σur =	0,107
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,552	ms =	1,009	mus =	-0,242	mus =	0,097
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,280	σ_S =	-0,101	σus =	0,198	σus =	-0,084
	α_s	0,814	α_s	-0,450	α_s	0,880	α_s	-0,618
	α_R	0,581	α_R	0,893	α_R	0,476	α_R	0,786
	V_s	0,507	V_s	-0,100	V_s	-0,821	V_s	-0,872
	V_R	0,108	V_R	0,108	V_R	0,174	V_R	0,174
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,079	γ_R	1,296	γ_R	1,018	γ_R	1,155
	γ	1,511	γ	1,815	γ	1,425	γ	1,617
Kontrolle	γ	1,511	γ	1,815	Kontrolle γ	1,425	γ	1,617

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,427	B=	-1,107
	C=	0,119	C=	-0,144
	D=	0,137	D=	-0,013
	E=	0,018	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,013	α=	-0,016
	β=	-0,007	β=	-0,002
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,018	U=	0,008
	y=	0,012	y=	0,010
	W=	0,105	W=	0,067

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,280	0,000	0,552	0,814	0,581	0,507	0,198	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,101	0,000	1,009	-0,450	0,893	-0,100	-0,084	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S23**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,520	m_R =	1,520	mur =	0,417	mur =	0,417
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,100	σ_R =	0,100	σur =	0,066	σur =	0,066
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,617	ms =	1,020	mus =	-0,297	mus =	0,038
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,216	σ_S =	-0,086	σus =	0,176	σus =	-0,075
	α_s	0,907	α_s	-0,650	α_s	0,937	α_s	-0,751
	α_R	0,421	α_R	0,760	α_R	0,350	α_R	0,660
	V_s	0,350	V_s	-0,084	V_s	-0,593	V_s	-1,957
	V_R	0,066	V_R	0,066	V_R	0,158	V_R	0,158
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,997	γ_R	1,101	γ_R	0,980	γ_R	1,058
	γ	1,395	γ	1,541	γ	1,371	γ	1,482
Kontrolle	γ	1,395	γ	1,541	Kontrolle γ	1,371	γ	1,482

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	2,800	B=	-1,107
	C=	0,261	C=	-0,125
	D=	0,028	D=	-0,005
	E=	0,003	E=	0,000
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,017	α=	-0,014
	β=	-0,002	β=	-0,001
	γ=	0,000	γ=	0,000
	P=	0,000	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,009	U=	0,006
	y=	0,011	y=	0,008
	W=	0,069	W=	0,054

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,216	0,000	0,617	0,907	0,421	0,350	0,176	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,086	0,000	1,020	-0,650	0,760	-0,084	-0,075	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S23**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,550	m_R =	1,550	mur =	0,426	mur =	0,426
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,240	σ_R =	0,240	σur =	0,154	σur =	0,154
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,249	ms =	0,599	mus =	-0,611	mus =	-0,257
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,244	σ_S =	-0,071	σus =	0,225	σus =	-0,093
	α_s	0,713	α_s	-0,283	α_s	0,826	α_s	-0,518
	α_R	0,701	α_R	0,959	α_R	0,564	α_R	0,856
	V_s	0,982	V_s	-0,118	V_s	-0,369	V_s	0,362
	V_R	0,155	V_R	0,155	V_R	0,361	V_R	0,361
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,268	γ_R	1,710	γ_R	1,080	γ_R	1,280
	γ	1,776	γ	2,395	γ	1,512	γ	1,793
Kontrolle	γ	1,776	γ	2,395	Kontrolle γ	1,512	γ	1,793

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	2,856	B=	-1,107
	C=	-0,242	C=	-0,177
	D=	0,164	D=	-0,026
	E=	0,014	E=	-0,003
Faktoren laut Anhang B	α=	0,005	α=	-0,018
	β=	-0,007	β=	-0,003
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,013	U=	0,011
	y=	0,004	y=	0,013
	W=	0,111	W=	0,085

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,244	0,000	0,249	0,713	0,701	0,982	0,225	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,071	0,000	0,599	-0,283	0,959	-0,118	-0,093	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S25**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,470	m_R =	1,470	mur =	0,369	mur =	0,369
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,270	σ_R =	0,270	σur =	0,182	σur =	0,182
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,111	ms =	0,423	mus =	-0,782	mus =	-0,417
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,235	σ_S =	-0,055	σus =	0,242	σus =	-0,098
	α_s	0,656	α_s	-0,200	α_s	0,799	α_s	-0,473
	α_R	0,755	α_R	0,980	α_R	0,601	α_R	0,881
	V_s	2,115	V_s	-0,131	V_s	-0,309	V_s	0,235
	V_R	0,184	V_R	0,184	V_R	0,494	V_R	0,494
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,475	γ_R	2,207	γ_R	1,124	γ_R	1,364
	γ	2,065	γ	3,090	γ	1,573	γ	1,909
Kontrolle	γ	2,065	γ	3,090	Kontrolle γ	1,573	γ	1,909

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	2,708	B=	-1,107
	C=	-0,447	C=	-0,203
	D=	0,197	D=	-0,037
	E=	0,013	E=	-0,004
Faktoren laut Anhang B	α=	0,014	α=	-0,021
	β=	-0,008	β=	-0,004
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,011	U=	0,012
	y=	0,000	y=	0,015
	W=	0,120	W=	0,097

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,235	0,000	0,111	0,656	0,755	2,115	0,242	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,055	0,000	0,423	-0,200	0,980	-0,131	-0,098	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S24**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,870	m_R =	1,870	mur =	0,618	mur =	0,618
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,230	σ_R =	0,230	σur =	0,123	σur =	0,123
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,473	ms =	0,921	mus =	-0,296	mus =	0,047
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,287	σ_S =	-0,097	σus =	0,207	σus =	-0,087
	α_s	0,780	α_s	-0,390	α_s	0,861	α_s	-0,581
	α_R	0,626	α_R	0,921	α_R	0,509	α_R	0,814
	V_s	0,605	V_s	-0,106	V_s	-0,700	V_s	-1,878
	V_R	0,123	V_R	0,123	V_R	0,198	V_R	0,198
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,127	γ_R	1,400	γ_R	1,036	γ_R	1,194
	γ	1,578	γ	1,961	γ	1,451	γ	1,672
Kontrolle	γ	1,578	γ	1,961	Kontrolle γ	1,451	γ	1,672

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,445	B=	-1,107
	C=	-0,015	C=	-0,154
	D=	0,182	D=	-0,017
	E=	0,023	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,008	α=	-0,016
	β=	-0,008	β=	-0,002
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,019	U=	0,009
	y=	0,010	y=	0,011
	W=	0,114	W=	0,072

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,287	0,000	0,473	0,780	0,626	0,605	0,207	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,097	0,000	0,921	-0,390	0,921	-0,106	-0,087	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S31**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,160	m_R =	2,160	mur =	0,761	mur =	0,761
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,300	σ_R =	0,300	σur =	0,138	σur =	0,138
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,448	ms =	0,950	mus =	-0,214	mus =	0,133
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,336	σ_S =	-0,106	σus =	0,216	σus =	-0,090
	α_s	0,746	α_s	-0,334	α_s	0,842	α_s	-0,547
	α_R	0,666	α_R	0,942	α_R	0,539	α_R	0,837
	V_s	0,751	V_s	-0,112	V_s	-1,008	V_s	-0,679
	V_R	0,139	V_R	0,139	V_R	0,182	V_R	0,182
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,189	γ_R	1,535	γ_R	1,057	γ_R	1,236
	γ	1,665	γ	2,149	γ	1,480	γ	1,731
Kontrolle	γ	1,665	γ	2,149	Kontrolle γ	1,480	γ	1,731

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,980	B=	-1,107
	C=	-0,232	C=	-0,165
	D=	0,358	D=	-0,021
	E=	0,048	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,001	α=	-0,017
	β=	-0,015	β=	-0,003
	γ=	-0,003	γ=	0,000
	P=	0,003	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,026	U=	0,010
	y=	0,011	y=	0,012
	W=	0,143	W=	0,079

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,336	0,000	0,448	0,746	0,666	0,751	0,216	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,106	0,000	0,950	-0,334	0,942	-0,112	-0,090	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S27**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,150	m_R =	2,150	mur =	0,762	mur =	0,762
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,180	σ_R =	0,180	σur =	0,084	σur =	0,084
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,777	ms =	1,327	mus =	-0,010	mus =	0,325
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,313	σ_S =	-0,120	σus =	0,185	σus =	-0,079
	α_s	0,867	α_s	-0,556	α_s	0,911	α_s	-0,687
	α_R	0,498	α_R	0,831	α_R	0,412	α_R	0,726
	V_s	0,403	V_s	-0,091	V_s	-19,197	V_s	-0,243
	V_R	0,084	V_R	0,084	V_R	0,110	V_R	0,110
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,025	γ_R	1,172	γ_R	0,993	γ_R	1,098
	γ	1,435	γ	1,641	γ	1,391	γ	1,537
Kontrolle	γ	1,435	γ	1,641	Kontrolle γ	1,391	γ	1,537

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,961	B=	-1,107
	C=	0,387	C=	-0,132
	D=	0,128	D=	-0,008
	E=	0,022	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,028	α=	-0,015
	β=	-0,008	β=	-0,001
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,021	U=	0,007
	y=	0,020	y=	0,009
	W=	0,107	W=	0,059

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,313	0,000	0,777	0,867	0,498	0,403	0,185	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,120	0,000	1,327	-0,556	0,831	-0,091	-0,079	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S29**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,800	m_R =	1,800	mur =	0,575	mur =	0,575
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,290	σ_R =	0,290	σur =	0,160	σur =	0,160
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,256	ms =	0,657	mus =	-0,487	mus =	-0,131
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,285	σ_S =	-0,080	σus =	0,229	σus =	-0,094
	α_s	0,701	α_s	-0,264	α_s	0,820	α_s	-0,507
	α_R	0,714	α_R	0,964	α_R	0,573	α_R	0,862
	V_s	1,114	V_s	-0,121	V_s	-0,470	V_s	0,720
	V_R	0,161	V_R	0,161	V_R	0,278	V_R	0,278
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,305	γ_R	1,794	γ_R	1,089	γ_R	1,298
	γ	1,827	γ	2,513	γ	1,525	γ	1,818
Kontrolle	γ	1,827	γ	2,513	Kontrolle γ	1,525	γ	1,818

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,316	B=	-1,107
	C=	-0,396	C=	-0,183
	D=	0,279	D=	-0,028
	E=	0,027	E=	-0,003
Faktoren laut Anhang B	α=	0,009	α=	-0,019
	β=	-0,011	β=	-0,003
	γ=	-0,002	γ=	0,000
	P=	0,002	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,018	U=	0,011
	y=	0,004	y=	0,013
	W=	0,133	W=	0,088

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,285	0,000	0,256	0,701	0,714	1,114	0,229	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,080	0,000	0,657	-0,264	0,964	-0,121	-0,094	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S28**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,240	m_R =	2,240	mur =	0,802	mur =	0,802
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,210	σ_R =	0,210	σur =	0,094	σur =	0,094
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,750	ms =	1,313	mus =	-0,004	mus =	0,331
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,331	σ_S =	-0,124	σus =	0,191	σus =	-0,081
	α_s	0,844	α_s	-0,509	α_s	0,898	α_s	-0,656
	α_R	0,536	α_R	0,861	α_R	0,441	α_R	0,755
	V_s	0,442	V_s	-0,094	V_s	-42,710	V_s	-0,246
	V_R	0,094	V_R	0,094	V_R	0,117	V_R	0,117
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,045	γ_R	1,220	γ_R	1,003	γ_R	1,121
	γ	1,463	γ	1,708	γ	1,404	γ	1,570
Kontrolle	γ	1,463	γ	1,708	Kontrolle γ	1,404	γ	1,570

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	4,127	B=	-1,107
	C=	0,323	C=	-0,137
	D=	0,182	D=	-0,010
	E=	0,031	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,026	α=	-0,015
	β=	-0,010	β=	-0,001
	γ=	-0,002	γ=	0,000
	P=	0,002	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,025	U=	0,007
	y=	0,020	y=	0,009
	W=	0,117	W=	0,062

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,331	0,000	0,750	0,844	0,536	0,442	0,191	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,124	0,000	1,313	-0,509	0,861	-0,094	-0,081	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S30**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,660	m_R =	1,660	mur =	0,494	mur =	0,494
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,270	σ_R =	0,270	σur =	0,162	σur =	0,162
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,228	ms =	0,597	mus =	-0,574	mus =	-0,217
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,263	σ_S =	-0,073	σus =	0,230	σus =	-0,094
	α_s	0,697	α_s	-0,260	α_s	0,818	α_s	-0,505
	α_R	0,717	α_R	0,966	α_R	0,575	α_R	0,863
	V_s	1,151	V_s	-0,122	V_s	-0,400	V_s	0,434
	V_R	0,163	V_R	0,163	V_R	0,327	V_R	0,327
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,315	γ_R	1,817	γ_R	1,091	γ_R	1,303
	γ	1,841	γ	2,544	γ	1,528	γ	1,824
Kontrolle	γ	1,841	γ	2,544	Kontrolle γ	1,528	γ	1,824

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,058	B=	-1,107
	C=	-0,351	C=	-0,184
	D=	0,223	D=	-0,029
	E=	0,020	E=	-0,003
Faktoren laut Anhang B	α=	0,009	α=	-0,019
	β=	-0,009	β=	-0,003
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,015	U=	0,011
	y=	0,003	y=	0,013
	W=	0,124	W=	0,088

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,263	0,000	0,228	0,697	0,717	1,151	0,230	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,073	0,000	0,597	-0,260	0,966	-0,122	-0,094	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S2**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,140	m_R =	4,140	mur =	1,412	mur =	1,412
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,550	σ_R =	0,550	σur =	0,132	σur =	0,132
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,931	ms =	1,905	mus =	0,460	mus =	0,806
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,641	σ_S =	-0,209	σus =	0,213	σus =	-0,089
	α_s	0,759	α_s	-0,355	α_s	0,849	α_s	-0,559
	α_R	0,651	α_R	0,935	α_R	0,528	α_R	0,829
	V_s	0,689	V_s	-0,110	V_s	0,462	V_s	-0,111
	V_R	0,133	V_R	0,133	V_R	0,094	V_R	0,094
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,164	γ_R	1,480	γ_R	1,049	γ_R	1,220
	γ	1,630	γ	2,072	γ	1,469	γ	1,708
Kontrolle	γ	1,630	γ	2,072	Kontrolle γ	1,469	γ	1,708

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	7,628	B=	-1,107
	C=	-0,546	C=	-0,161
	D=	2,307	D=	-0,019
	E=	0,618	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,018	α=	-0,017
	β=	-0,101	β=	-0,002
	γ=	-0,035	γ=	0,000
	P=	0,035	P=	0,000
	Q=	-0,001	Q=	0,000
	U=	0,094	U=	0,010
	y=	0,044	y=	0,011
	W=	0,266	W=	0,076

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,641	0,000	0,931	0,759	0,651	0,689	0,213	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,209	0,000	1,905	-0,355	0,935	-0,110	-0,089	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S4**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,290	m_R =	4,290	mur =	1,429	mur =	1,429
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	1,010	σ_R =	1,010	σur =	0,232	σur =	0,232
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,325	ms =	0,443	mus =	0,073	mus =	0,461
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,674	σ_S =	-0,069	σus =	0,271	σus =	-0,105
	α_s	0,555	α_s	-0,068	α_s	0,759	α_s	-0,412
	α_R	0,832	α_R	0,998	α_R	0,651	α_R	0,911
	V_s	-2,075	V_s	-0,156	V_s	3,734	V_s	-0,228
	V_R	0,235	V_R	0,235	V_R	0,162	V_R	0,162
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	2,393	γ_R	5,702	γ_R	1,212	γ_R	1,526
	γ	3,351	γ	7,985	γ	1,697	γ	2,136
Kontrolle	γ	-5,895	γ	7,985	Kontrolle γ	1,697	γ	2,136

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	7,904	B=	-1,107
	C=	-8,143	C=	-0,259
	D=	8,063	D=	-0,060
	E=	0,600	E=	-0,006
Faktoren laut Anhang B	α=	0,310	α=	-0,025
	β=	-0,295	β=	-0,006
	γ=	-0,054	γ=	-0,001
	P=	0,046	P=	0,001
	Q=	-0,017	Q=	0,000
	U=	0,059	U=	0,015
	y=	-0,061	y=	0,020
	W=	0,433	W=	0,119

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,674	0,000	-0,325	0,555	0,832	-2,075	0,271	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,069	0,000	0,443	-0,068	0,998	-0,156	-0,105	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S5**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,300	m_R =	4,300	mur =	1,434	mur =	1,434
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,960	σ_R =	0,960	σur =	0,221	σur =	0,221
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,175	ms =	0,634	mus =	0,126	mus =	0,509
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,682	σ_S =	-0,095	σus =	0,264	σus =	-0,103
	α_s	0,579	α_s	-0,098	α_s	0,768	α_s	-0,424
	α_R	0,815	α_R	0,995	α_R	0,641	α_R	0,906
	V_s	-3,904	V_s	-0,150	V_s	2,097	V_s	-0,203
	V_R	0,223	V_R	0,223	V_R	0,154	V_R	0,154
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	2,052	γ_R	4,063	γ_R	1,190	γ_R	1,486
	γ	2,873	γ	5,689	γ	1,666	γ	2,081
Kontrolle	γ	-3,706	γ	5,689	Kontrolle γ	1,666	γ	2,081

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	7,922	B=	-1,107
	C=	-7,058	C=	-0,245
	D=	7,301	D=	-0,054
	E=	0,764	E=	-0,006
Faktoren laut Anhang B	α=	0,262	α=	-0,024
	β=	-0,270	β=	-0,006
	γ=	-0,058	γ=	-0,001
	P=	0,053	P=	0,001
	Q=	-0,014	Q=	0,000
	U=	0,072	U=	0,014
	y=	-0,045	y=	0,019
	W=	0,415	W=	0,114

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,682	0,000	-0,175	0,579	0,815	-3,904	0,264	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,095	0,000	0,634	-0,098	0,995	-0,150	-0,103	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S10**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,560	m_R =	5,560	mur =	1,708	mur =	1,708
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,690	σ_R =	0,690	σur =	0,124	σur =	0,124
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,390	ms =	2,718	mus =	0,790	mus =	1,132
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,853	σ_S =	-0,289	σus =	0,208	σus =	-0,088
	α_s	0,778	α_s	-0,386	α_s	0,859	α_s	-0,578
	α_R	0,629	α_R	0,923	α_R	0,512	α_R	0,816
	V_s	0,614	V_s	-0,106	V_s	0,263	V_s	-0,077
	V_R	0,124	V_R	0,124	V_R	0,072	V_R	0,072
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,131	γ_R	1,409	γ_R	1,038	γ_R	1,197
	γ	1,584	γ	1,972	γ	1,453	γ	1,676
Kontrolle	γ	1,584	γ	1,972	Kontrolle γ	1,453	γ	1,676

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	10,244	B=	-1,107
	C=	-0,229	C=	-0,155
	D=	4,877	D=	-0,017
	E=	1,831	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,064	α=	-0,017
	β=	-0,221	β=	-0,002
	γ=	-0,104	γ=	0,000
	P=	0,103	P=	0,000
	Q=	-0,004	Q=	0,000
	U=	0,168	U=	0,009
	y=	0,091	y=	0,011
	W=	0,342	W=	0,073

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,853	0,000	1,390	0,778	0,629	0,614	0,208	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,289	0,000	2,718	-0,386	0,923	-0,106	-0,088	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S11**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,700	m_R =	4,700	mur =	1,515	mur =	1,515
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	1,210	σ_R =	1,210	σur =	0,253	σur =	0,253
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,649	ms =	0,102	mus =	0,071	mus =	0,470
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,719	σ_S =	-0,017	σus =	0,283	σus =	-0,108
	α_s	0,511	α_s	-0,014	α_s	0,745	α_s	-0,391
	α_R	0,860	α_R	1,000	α_R	0,667	α_R	0,921
	V_s	-1,108	V_s	-0,170	V_s	3,974	V_s	-0,229
	V_R	0,257	V_R	0,257	V_R	0,167	V_R	0,167
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,402	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	3,623	γ_R	26,443	γ_R	1,252	γ_R	1,599
	γ	5,073	γ	37,062	γ	1,753	γ	2,239
Kontrolle	γ	-37,722	γ	37,062	Kontrolle γ	1,753	γ	2,239

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	8,659	B=	-1,107
	C=	-12,379	C=	-0,287
	D=	12,678	D=	-0,071
	E=	0,222	E=	-0,007
Faktoren laut Anhang B	α=	0,485	α=	-0,028
	β=	-0,457	β=	-0,007
	γ=	-0,057	γ=	-0,001
	P=	0,037	P=	0,001
	Q=	-0,036	Q=	0,000
	U=	0,038	U=	0,016
	y=	-0,110	y=	0,022
	W=	0,514	W=	0,129

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,719	-0,001	-0,649	0,511	0,860	-1,108	0,283	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,017	-0,001	0,102	-0,014	1,000	-0,170	-0,108	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S12**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,360	m_R =	4,360	mur =	1,460	mur =	1,460
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,700	σ_R =	0,700	σur =	0,160	σur =	0,160
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,626	ms =	1,601	mus =	0,400	mus =	0,756
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,689	σ_S =	-0,193	σus =	0,229	σus =	-0,094
	α_s	0,702	α_s	-0,266	α_s	0,820	α_s	-0,508
	α_R	0,712	α_R	0,964	α_R	0,572	α_R	0,861
	V_s	1,101	V_s	-0,121	V_s	0,571	V_s	-0,125
	V_R	0,161	V_R	0,161	V_R	0,109	V_R	0,109
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,302	γ_R	1,787	γ_R	1,088	γ_R	1,297
	γ	1,822	γ	2,501	γ	1,523	γ	1,815
Kontrolle	γ	1,822	γ	2,501	Kontrolle γ	1,523	γ	1,815

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	8,033	B=	-1,107
	C=	-2,284	C=	-0,182
	D=	3,936	D=	-0,028
	E=	0,936	E=	-0,003
Faktoren laut Anhang B	α=	0,054	α=	-0,019
	β=	-0,159	β=	-0,003
	γ=	-0,055	γ=	0,000
	P=	0,055	P=	0,000
	Q=	-0,004	Q=	0,000
	U=	0,105	U=	0,011
	y=	0,025	y=	0,013
	W=	0,322	W=	0,087

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,689	0,000	0,626	0,702	0,712	1,101	0,229	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,193	0,000	1,601	-0,266	0,964	-0,121	-0,094	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S13**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	7,000	m_R =	7,000	mur =	1,942	mur =	1,942
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,620	σ_R =	0,620	σur =	0,088	σur =	0,088
Mittelwert Beanspruchung	ms =	2,441	ms =	4,217	mus =	1,154	mus =	1,489
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	1,027	σ_S =	-0,390	σus =	0,188	σus =	-0,080
	α_s	0,856	α_s	-0,532	α_s	0,905	α_s	-0,672
	α_R	0,517	α_R	0,847	α_R	0,426	α_R	0,741
	V_s	0,421	V_s	-0,092	V_s	0,163	V_s	-0,054
	V_R	0,089	V_R	0,089	V_R	0,046	V_R	0,046
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,034	γ_R	1,195	γ_R	0,998	γ_R	1,109
	γ	1,448	γ	1,673	γ	1,397	γ	1,553
Kontrolle	γ	1,448	γ	1,673	Kontrolle γ	1,397	γ	1,553

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	12,897	B=	-1,107
	C=	3,662	C=	-0,134
	D=	4,958	D=	-0,009
	E=	2,672	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,277	α=	-0,015
	β=	-0,282	β=	-0,001
	γ=	-0,151	γ=	0,000
	P=	0,144	P=	0,000
	Q=	0,004	Q=	0,000
	U=	0,234	U=	0,007
	y=	0,202	y=	0,009
	W=	0,357	W=	0,060

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	1,027	0,000	2,441	0,856	0,517	0,421	0,188	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,390	0,000	4,217	-0,532	0,847	-0,092	-0,080	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S13**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,370	m_R =	5,370	mur =	1,675	mur =	1,675
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,600	σ_R =	0,600	σur =	0,111	σur =	0,111
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,532	ms =	2,841	mus =	0,803	mus =	1,142
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,813	σ_S =	-0,288	σus =	0,201	σus =	-0,085
	α_s	0,804	α_s	-0,433	α_s	0,874	α_s	-0,607
	α_R	0,594	α_R	0,902	α_R	0,485	α_R	0,794
	V_s	0,531	V_s	-0,101	V_s	0,250	V_s	-0,075
	V_R	0,112	V_R	0,112	V_R	0,067	V_R	0,067
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,091	γ_R	1,322	γ_R	1,022	γ_R	1,165
	γ	1,528	γ	1,851	γ	1,431	γ	1,632
Kontrolle	γ	1,528	γ	1,851	Kontrolle γ	1,431	γ	1,632

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	9,894	B=	-1,107
	C=	0,701	C=	-0,147
	D=	3,562	D=	-0,014
	E=	1,362	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,100	α=	-0,016
	β=	-0,171	β=	-0,002
	γ=	-0,077	γ=	0,000
	P=	0,076	P=	0,000
	Q=	-0,001	Q=	0,000
	U=	0,152	U=	0,008
	y=	0,098	y=	0,010
	W=	0,310	W=	0,068

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,813	0,000	1,532	0,804	0,594	0,531	0,201	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,288	0,000	2,841	-0,433	0,902	-0,101	-0,085	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S14**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	6,060	m_R =	6,060	mur =	1,794	mur =	1,794
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,750	σ_R =	0,750	σur =	0,123	σur =	0,123
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,521	ms =	2,969	mus =	0,877	mus =	1,220
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,930	σ_S =	-0,315	σus =	0,207	σus =	-0,088
	α_s	0,778	α_s	-0,387	α_s	0,860	α_s	-0,579
	α_R	0,628	α_R	0,922	α_R	0,511	α_R	0,815
	V_s	0,611	V_s	-0,106	V_s	0,237	V_s	-0,072
	V_R	0,124	V_R	0,124	V_R	0,069	V_R	0,069
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,130	γ_R	1,406	γ_R	1,037	γ_R	1,196
	γ	1,582	γ	1,969	γ	1,452	γ	1,675
Kontrolle	γ	1,582	γ	1,969	Kontrolle γ	1,452	γ	1,675

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	11,165	B=	-1,107
	C=	-0,238	C=	-0,154
	D=	6,280	D=	-0,017
	E=	2,574	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,078	α=	-0,016
	β=	-0,285	β=	-0,002
	γ=	-0,146	γ=	0,000
	P=	0,145	P=	0,000
	Q=	-0,006	Q=	0,000
	U=	0,199	U=	0,009
	y=	0,108	y=	0,011
	W=	0,372	W=	0,073

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,930	0,000	1,521	0,778	0,628	0,611	0,207	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,315	0,000	2,969	-0,387	0,922	-0,106	-0,088	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S15**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,570	m_R =	4,570	mur =	1,509	mur =	1,509
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,660	σ_R =	0,660	σur =	0,144	σur =	0,144
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,873	ms =	1,926	mus =	0,513	mus =	0,862
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,715	σ_S =	-0,220	σus =	0,219	σus =	-0,091
	α_s	0,735	α_s	-0,316	α_s	0,837	α_s	-0,537
	α_R	0,678	α_R	0,949	α_R	0,548	α_R	0,844
	V_s	0,818	V_s	-0,114	V_s	0,428	V_s	-0,106
	V_R	0,144	V_R	0,144	V_R	0,095	V_R	0,095
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,215	γ_R	1,591	γ_R	1,065	γ_R	1,252
	γ	1,701	γ	2,227	γ	1,491	γ	1,752
Kontrolle	γ	1,701	γ	2,227	Kontrolle γ	1,491	γ	1,752

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	8,420	B=	-1,107
	C=	-1,393	C=	-0,169
	D=	3,668	D=	-0,023
	E=	1,017	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	0,010	α=	-0,018
	β=	-0,155	β=	-0,003
	γ=	-0,059	γ=	0,000
	P=	0,059	P=	0,000
	Q=	-0,003	Q=	0,000
	U=	0,116	U=	0,010
	y=	0,043	y=	0,012
	W=	0,312	W=	0,081

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,715	0,000	0,873	0,735	0,678	0,818	0,219	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,220	0,000	1,926	-0,316	0,949	-0,114	-0,091	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**Druckversuch**	**0,390**							
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**				
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich						
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800							
		Normalverteilung					**Log-Normalverteilung**		
	β =	3,800				β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,810	m_R =	4,810		mur =	1,567	mur =	1,567
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,390	σ_R =	0,390		σur =	0,081	σur =	0,081
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,771	ms =	3,008		mus =	0,805	mus =	1,139
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,698	σ_S =	-0,270		σus =	0,184	σus =	-0,078
	α_s	0,873	α_s	-0,569		α_s	0,915	α_s	-0,696
	α_R	0,488	α_R	0,823		α_R	0,403	α_R	0,718
	V_s	0,394	V_s	-0,090		V_s	0,228	V_s	-0,069
	V_R	0,081	V_R	0,081		V_R	0,052	V_R	0,052
	β =	3,800	β =	3,800		β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645		k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645		kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400		γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,020	γ_R	1,161		γ_R	0,991	γ_R	1,092
	γ	1,428	γ	1,625		γ	1,387	γ	1,528
Kontrolle	γ	1,428	γ	1,625	Kontrolle	γ	1,387	γ	1,528
Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades									
Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999				A=	11,734		
	B=	8,862				B=	-1,107		
	C=	2,049				C=	-0,131		
	D=	1,348				D=	-0,007		
	E=	0,510				E=	-0,001		
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,145				α=	-0,014		
	β=	-0,083				β=	-0,001		
	γ=	-0,029				γ=	0,000		
	P=	0,027				P=	0,000		
	Q=	0,001				Q=	0,000		
	U=	0,106				U=	0,007		
	y=	0,100				y=	0,009		
	W=	0,236				W=	0,058		

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,698	0,000	1,771	0,873	0,488	0,394	0,184	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,270	0,000	3,008	-0,569	0,823	-0,090	-0,078	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**Druckversuch**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,740	m_R =	5,740	mur =	1,745	mur =	1,745
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,410	σ_R =	0,410	σur =	0,071	σur =	0,071
Mittelwert Beanspruchung	ms =	2,252	ms =	3,757	mus =	1,014	mus =	1,348
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,821	σ_S =	-0,323	σus =	0,179	σus =	-0,076
	α_s	0,895	α_s	-0,619	α_s	0,929	α_s	-0,730
	α_R	0,447	α_R	0,786	α_R	0,371	α_R	0,684
	V_s	0,365	V_s	-0,086	V_s	0,176	V_s	-0,056
	V_R	0,071	V_R	0,071	V_R	0,041	V_R	0,041
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,004	γ_R	1,122	γ_R	0,983	γ_R	1,070
	γ	1,406	γ	1,570	γ	1,377	γ	1,499
Kontrolle	γ	1,406	γ	1,570	Kontrolle γ	1,377	γ	1,499

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	10,575	B=	-1,107
	C=	3,445	C=	-0,127
	D=	1,778	D=	-0,006
	E=	0,821	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,229	α=	-0,014
	β=	-0,124	β=	-0,001
	γ=	-0,047	γ=	0,000
	P=	0,043	P=	0,000
	Q=	0,002	Q=	0,000
	U=	0,141	U=	0,006
	y=	0,151	y=	0,009
	W=	0,268	W=	0,055

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,821	0,000	2,252	0,895	0,447	0,365	0,179	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,323	0,000	3,757	-0,619	0,786	-0,086	-0,076	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S16**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,740	m_R =	5,740	mur =	1,745	mur =	1,745
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,410	σ_R =	0,410	σur =	0,071	σur =	0,071
Mittelwert Beanspruchung	ms =	2,252	ms =	3,757	mus =	1,014	mus =	1,348
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,821	σ_S =	-0,323	σus =	0,179	σus =	-0,076
	α_s	0,895	α_s	-0,619	α_s	0,929	α_s	-0,730
	α_R	0,447	α_R	0,786	α_R	0,371	α_R	0,684
	V_s	0,365	V_s	-0,086	V_s	0,176	V_s	-0,056
	V_R	0,071	V_R	0,071	V_R	0,041	V_R	0,041
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,004	γ_R	1,122	γ_R	0,983	γ_R	1,070
	γ	1,406	γ	1,570	γ	1,377	γ	1,499
Kontrolle	γ	1,406	γ	1,570	Kontrolle γ	1,377	γ	1,499

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	10,575	B=	-1,107
	C=	3,445	C=	-0,127
	D=	1,778	D=	-0,006
	E=	0,821	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,229	α=	-0,014
	β=	-0,124	β=	-0,001
	γ=	-0,047	γ=	0,000
	P=	0,043	P=	0,000
	Q=	0,002	Q=	0,000
	U=	0,141	U=	0,006
	y=	0,151	y=	0,009
	W=	0,268	W=	0,055

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,821	0,000	2,252	0,895	0,447	0,365	0,179	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,323	0,000	3,757	-0,619	0,786	-0,086	-0,076	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S17**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,810	m_R =	5,810	mur =	1,754	mur =	1,754
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,620	σ_R =	0,620	σur =	0,106	σur =	0,106
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,739	ms =	3,168	mus =	0,901	mus =	1,239
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,874	σ_S =	-0,315	σus =	0,198	σus =	-0,084
	α_s	0,816	α_s	-0,453	α_s	0,881	α_s	-0,620
	α_R	0,579	α_R	0,892	α_R	0,474	α_R	0,785
	V_s	0,502	V_s	-0,099	V_s	0,220	V_s	-0,068
	V_R	0,107	V_R	0,107	V_R	0,061	V_R	0,061
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,077	γ_R	1,291	γ_R	1,017	γ_R	1,153
	γ	1,508	γ	1,808	γ	1,423	γ	1,614
Kontrolle	γ	1,508	γ	1,808	Kontrolle γ	1,423	γ	1,614

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	10,704	B=	-1,107
	C=	1,223	C=	-0,144
	D=	4,115	D=	-0,013
	E=	1,735	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,134	α=	-0,016
	β=	-0,204	β=	-0,002
	γ=	-0,098	γ=	0,000
	P=	0,096	P=	0,000
	Q=	-0,001	Q=	0,000
	U=	0,175	U=	0,008
	y=	0,120	y=	0,010
	W=	0,326	W=	0,066

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,874	0,000	1,739	0,816	0,579	0,502	0,198	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,315	0,000	3,168	-0,453	0,892	-0,099	-0,084	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S18**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,940	m_R =	5,940	mur =	1,774	mur =	1,774
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,720	σ_R =	0,720	σur =	0,121	σur =	0,121
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,534	ms =	2,960	mus =	0,867	mus =	1,209
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,909	σ_S =	-0,311	σus =	0,206	σus =	-0,087
	α_s	0,784	α_s	-0,396	α_s	0,863	α_s	-0,585
	α_R	0,621	α_R	0,918	α_R	0,506	α_R	0,811
	V_s	0,592	V_s	-0,105	V_s	0,238	V_s	-0,072
	V_R	0,121	V_R	0,121	V_R	0,068	V_R	0,068
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,121	γ_R	1,387	γ_R	1,034	γ_R	1,190
	γ	1,570	γ	1,942	γ	1,448	γ	1,666
Kontrolle	γ	1,570	γ	1,942	Kontrolle γ	1,448	γ	1,666

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	10,944	B=	-1,107
	C=	0,011	C=	-0,153
	D=	5,673	D=	-0,016
	E=	2,306	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,085	α=	-0,016
	β=	-0,260	β=	-0,002
	γ=	-0,130	γ=	0,000
	P=	0,130	P=	0,000
	Q=	-0,005	Q=	0,000
	U=	0,190	U=	0,009
	y=	0,107	y=	0,011
	W=	0,360	W=	0,072

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,909	0,000	1,534	0,784	0,621	0,592	0,206	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,311	0,000	2,960	-0,396	0,918	-0,105	-0,087	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S21**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,150	m_R =	5,150	mur =	1,616	mur =	1,616
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	1,120	σ_R =	1,120	σur =	0,215	σur =	0,215
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,123	ms =	0,867	mus =	0,331	mus =	0,711
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,819	σ_S =	-0,127	σus =	0,261	σus =	-0,103
	α_s	0,590	α_s	-0,113	α_s	0,772	α_s	-0,431
	α_R	0,807	α_R	0,994	α_R	0,636	α_R	0,903
	V_s	-6,678	V_s	-0,147	V_s	0,790	V_s	-0,144
	V_R	0,217	V_R	0,217	V_R	0,133	V_R	0,133
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,929	γ_R	3,591	γ_R	1,180	γ_R	1,468
	γ	2,701	γ	5,028	γ	1,652	γ	2,055
Kontrolle	γ	-3,106	γ	5,028	Kontrolle γ	1,652	γ	2,055

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	9,488	B=	-1,107
	C=	-9,390	C=	-0,238
	D=	11,902	D=	-0,051
	E=	1,688	E=	-0,005
Faktoren laut Anhang B	α=	0,344	α=	-0,024
	β=	-0,442	β=	-0,005
	γ=	-0,123	γ=	-0,001
	P=	0,113	P=	0,001
	Q=	-0,039	Q=	0,000
	U=	0,110	U=	0,014
	y=	-0,054	y=	0,018
	W=	0,486	W=	0,111

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,819	-0,001	-0,123	0,590	0,807	-6,678	0,261	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,127	-0,001	0,867	-0,113	0,994	-0,147	-0,103	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S22**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,630	m_R =	5,630	mur =	1,703	mur =	1,703
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	1,280	σ_R =	1,280	σur =	0,224	σur =	0,224
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,296	ms =	0,747	mus =	0,378	mus =	0,763
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,891	σ_S =	-0,113	σus =	0,267	σus =	-0,104
	α_s	0,571	α_s	-0,088	α_s	0,765	α_s	-0,420
	α_R	0,821	α_R	0,996	α_R	0,644	α_R	0,908
	V_s	-3,014	V_s	-0,152	V_s	0,705	V_s	-0,136
	V_R	0,227	V_R	0,227	V_R	0,132	V_R	0,132
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	2,152	γ_R	4,490	γ_R	1,197	γ_R	1,499
	γ	3,014	γ	6,287	γ	1,676	γ	2,099
Kontrolle	γ	-4,261	γ	6,287	Kontrolle γ	1,676	γ	2,099

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	10,373	B=	-1,107
	C=	-12,736	C=	-0,250
	D=	16,995	D=	-0,056
	E=	2,107	E=	-0,006
Faktoren laut Anhang B	α=	0,478	α=	-0,025
	β=	-0,626	β=	-0,006
	γ=	-0,168	γ=	-0,001
	P=	0,149	P=	0,001
	Q=	-0,077	Q=	0,000
	U=	0,116	U=	0,014
	y=	-0,087	y=	0,019
	W=	0,552	W=	0,116

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,891	-0,001	-0,296	0,571	0,821	-3,014	0,267	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,113	-0,001	0,747	-0,088	0,996	-0,152	-0,104	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S23**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis nur mit Log-Normalverteilung	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,280	m_R =	5,280	mur =	1,618	mur =	1,618
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	1,640	σ_R =	1,640	σur =	0,303	σur =	0,303
Mittelwert Beanspruchung	ms =	#ZAHL!	ms =	#ZAHL!	mus =	-0,036	mus =	0,387
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	#ZAHL!	σ_S =	#ZAHL!	σus =	0,312	σus =	-0,113
	α_s	#ZAHL!	α_s	#ZAHL!	α_s	0,717	α_s	-0,349
	α_R	#ZAHL!	α_R	#ZAHL!	α_R	0,697	α_R	0,937
	V_s	#ZAHL!	V_s	#ZAHL!	V_s	-8,685	V_s	-0,292
	V_R	0,311	V_R	0,311	V_R	0,188	V_R	0,188
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	#ZAHL!	γ_S	#ZAHL!	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,000	γ_R	0,000	γ_R	1,357	γ_R	1,788
	γ	#ZAHL!	γ	#ZAHL!	γ	1,899	γ	2,504
Kontrolle	γ	#ZAHL!	γ	#ZAHL!	Kontrolle γ	1,899	γ	2,504

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	9,728	B=	-1,107
	C=	-24,773	C=	-0,362
	D=	26,164	D=	-0,102
	E=	-4,716	E=	-0,010
Faktoren laut Anhang B	α=	1,010	α=	-0,034
	β=	-0,919	β=	-0,010
	γ=	0,096	γ=	-0,001
	P=	-0,181	P=	0,001
	Q=	-0,083	Q=	0,000
	U=	#ZAHL!	U=	0,018
	y=	#ZAHL!	y=	0,029
	W=	#ZAHL!	W=	0,152

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	0,312	0,000
2. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	-	-
3. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	-0,113	0,000
4. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S23**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,600	m_R =	5,600	mur =	1,714	mur =	1,714
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,730	σ_R =	0,730	σur =	0,130	σur =	0,130
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,299	ms =	2,622	mus =	0,772	mus =	1,117
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,865	σ_S =	-0,285	σus =	0,211	σus =	-0,089
	α_s	0,764	α_s	-0,363	α_s	0,852	α_s	-0,565
	α_R	0,645	α_R	0,932	α_R	0,524	α_R	0,825
	V_s	0,666	V_s	-0,109	V_s	0,274	V_s	-0,080
	V_R	0,130	V_R	0,130	V_R	0,076	V_R	0,076
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,154	γ_R	1,459	γ_R	1,046	γ_R	1,214
	γ	1,616	γ	2,042	γ	1,464	γ	1,699
Kontrolle	γ	1,616	γ	2,042	Kontrolle γ	1,464	γ	1,699

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	10,317	B=	-1,107
	C=	-0,774	C=	-0,159
	D=	5,498	D=	-0,019
	E=	2,018	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,042	α=	-0,017
	β=	-0,243	β=	-0,002
	γ=	-0,115	γ=	0,000
	P=	0,114	P=	0,000
	Q=	-0,006	Q=	0,000
	U=	0,172	U=	0,009
	y=	0,084	y=	0,011
	W=	0,356	W=	0,075

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,865	0,000	1,299	0,764	0,645	0,666	0,211	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,285	0,000	2,622	-0,363	0,932	-0,109	-0,089	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S25**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	6,300	m_R =	6,300	mur =	1,840	mur =	1,840
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,270	σ_R =	0,270	σur =	0,043	σur =	0,043
Mittelwert Beanspruchung	ms =	2,860	ms =	4,625	mus =	1,190	mus =	1,531
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,864	σ_S =	-0,349	σus =	0,165	σus =	-0,069
	α_s	0,954	α_s	-0,791	α_s	0,968	α_s	-0,850
	α_R	0,298	α_R	0,612	α_R	0,251	α_R	0,527
	V_s	0,302	V_s	-0,075	V_s	0,139	V_s	-0,045
	V_R	0,043	V_R	0,043	V_R	0,023	V_R	0,023
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,977	γ_R	1,032	γ_R	0,971	γ_R	1,015
	γ	1,368	γ	1,445	γ	1,359	γ	1,422
Kontrolle	γ	1,368	γ	1,445	Kontrolle γ	1,359	γ	1,422

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	11,607	B=	-1,107
	C=	5,558	C=	-0,118
	D=	0,846	D=	-0,002
	E=	0,451	E=	0,000
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,337	α=	-0,013
	β=	-0,114	β=	-0,001
	γ=	-0,029	γ=	0,000
	P=	0,019	P=	0,000
	Q=	0,002	Q=	0,000
	U=	0,128	U=	0,004
	y=	0,203	y=	0,008
	W=	0,263	W=	0,049

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,864	0,000	2,860	0,954	0,298	0,302	0,165	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,349	0,000	4,625	-0,791	0,612	-0,075	-0,069	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S24**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,970	m_R =	5,970	mur =	1,784	mur =	1,784
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,470	σ_R =	0,470	σur =	0,079	σur =	0,079
Mittelwert Beanspruchung	ms =	2,234	ms =	3,777	mus =	1,029	mus =	1,363
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,864	σ_S =	-0,335	σus =	0,182	σus =	-0,078
	α_s	0,878	α_s	-0,581	α_s	0,918	α_s	-0,704
	α_R	0,478	α_R	0,814	α_R	0,396	α_R	0,710
	V_s	0,387	V_s	-0,089	V_s	0,177	V_s	-0,057
	V_R	0,079	V_R	0,079	V_R	0,044	V_R	0,044
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,016	γ_R	1,151	γ_R	0,989	γ_R	1,086
	γ	1,422	γ	1,611	γ	1,385	γ	1,521
Kontrolle	γ	1,422	γ	1,611	Kontrolle γ	1,385	γ	1,521

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	10,999	B=	-1,107
	C=	3,302	C=	-0,130
	D=	2,430	D=	-0,007
	E=	1,147	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,229	α=	-0,014
	β=	-0,154	β=	-0,001
	γ=	-0,065	γ=	0,000
	P=	0,061	P=	0,000
	Q=	0,002	Q=	0,000
	U=	0,161	U=	0,006
	y=	0,157	y=	0,009
	W=	0,289	W=	0,057

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,864	0,000	2,234	0,878	0,478	0,387	0,182	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,335	0,000	3,777	-0,581	0,814	-0,089	-0,078	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S31**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,690	m_R =	4,690	mur =	1,535	mur =	1,535
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,690	σ_R =	0,690	σur =	0,146	σur =	0,146
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,859	ms =	1,935	mus =	0,528	mus =	0,878
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,735	σ_S =	-0,223	σus =	0,221	σus =	-0,092
	α_s	0,729	α_s	-0,307	α_s	0,834	α_s	-0,532
	α_R	0,684	α_R	0,952	α_R	0,552	α_R	0,847
	V_s	0,856	V_s	-0,115	V_s	0,419	V_s	-0,105
	V_R	0,147	V_R	0,147	V_R	0,095	V_R	0,095
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,228	γ_R	1,620	γ_R	1,069	γ_R	1,259
	γ	1,719	γ	2,268	γ	1,496	γ	1,763
Kontrolle	γ	1,719	γ	2,268	Kontrolle γ	1,496	γ	1,763

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	8,641	B=	-1,107
	C=	-1,655	C=	-0,171
	D=	4,114	D=	-0,024
	E=	1,152	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	0,019	α=	-0,018
	β=	-0,172	β=	-0,003
	γ=	-0,066	γ=	0,000
	P=	0,066	P=	0,000
	Q=	-0,004	Q=	0,000
	U=	0,122	U=	0,010
	y=	0,043	y=	0,012
	W=	0,324	W=	0,082

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,735	0,000	0,859	0,729	0,684	0,856	0,221	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,223	0,000	1,935	-0,307	0,952	-0,115	-0,092	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S27**							
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**			
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich					
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800						
		Normalverteilung					**Log-Normalverteilung**	
	β =	3,800				β =	3,800	
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,280	m_R =	5,280		mur =	1,661	mur =	1,661
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,420	σ_R =	0,420		σur =	0,079	σur =	0,079
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,965	ms =	3,327		mus =	0,903	mus =	1,238
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,765	σ_S =	-0,296		σus =	0,183	σus =	-0,078
	α_s	0,877	α_s	-0,576		α_s	0,917	α_s	-0,701
	α_R	0,481	α_R	0,817		α_R	0,398	α_R	0,713
	V_s	0,389	V_s	-0,089		V_s	0,202	V_s	-0,063
	V_R	0,080	V_R	0,080		V_R	0,048	V_R	0,048
	β =	3,800	β =	3,800		β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645		k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645		kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400		γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,017	γ_R	1,154		γ_R	0,990	γ_R	1,088
	γ	1,424	γ	1,616		γ	1,386	γ	1,524
Kontrolle	γ	1,424	γ	1,616	Kontrolle	γ	1,386	γ	1,524
Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades								
Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999				A=	11,734	
	B=	9,728				B=	-1,107	
	C=	2,543				C=	-0,130	
	D=	1,716				D=	-0,007	
	E=	0,715				E=	-0,001	
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,178				α=	-0,014	
	β=	-0,107				β=	-0,001	
	γ=	-0,041				γ=	0,000	
	P=	0,038				P=	0,000	
	Q=	0,001				Q=	0,000	
	U=	0,126				U=	0,006	
	y=	0,122				y=	0,009	
	W=	0,257				W=	0,058	

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,765	0,000	1,965	0,877	0,481	0,389	0,183	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,296	0,000	3,327	-0,576	0,817	-0,089	-0,078	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S27**							
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**			
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich					
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800						

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	6,610	m_R =	6,610	mur =	1,881	mur =	1,881
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,790	σ_R =	0,790	σur =	0,119	σur =	0,119
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,739	ms =	3,330	mus =	0,980	mus =	1,322
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	1,009	σ_S =	-0,348	σus =	0,205	σus =	-0,087
	α_s	0,787	α_s	-0,403	α_s	0,865	α_s	-0,589
	α_R	0,616	α_R	0,915	α_R	0,502	α_R	0,808
	V_s	0,580	V_s	-0,104	V_s	0,209	V_s	-0,066
	V_R	0,120	V_R	0,120	V_R	0,063	V_R	0,063
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,116	γ_R	1,375	γ_R	1,032	γ_R	1,185
	γ	1,562	γ	1,925	γ	1,445	γ	1,659
Kontrolle	γ	1,562	γ	1,925	Kontrolle γ	1,445	γ	1,659

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	12,178	B=	-1,107
	C=	0,207	C=	-0,152
	D=	7,600	D=	-0,016
	E=	3,463	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,114	α=	-0,016
	β=	-0,351	β=	-0,002
	γ=	-0,195	γ=	0,000
	P=	0,194	P=	0,000
	Q=	-0,008	Q=	0,000
	U=	0,235	U=	0,009
	y=	0,136	y=	0,011
	W=	0,397	W=	0,071

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	1,009	0,000	1,739	0,787	0,616	0,580	0,205	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,348	0,000	3,330	-0,403	0,915	-0,104	-0,087	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S27**							
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**			
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich					
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800						
		Normalverteilung					**Log-Normalverteilung**	
	β =	3,800				β =	3,800	
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,970	m_R =	4,970		mur =	1,576	mur =	1,576
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	1,170	σ_R =	1,170		σur =	0,232	σur =	0,232
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,376	ms =	0,514		mus =	0,220	mus =	0,608
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,781	σ_S =	-0,080		σus =	0,271	σus =	-0,105
	α_s	0,555	α_s	-0,068		α_s	0,759	α_s	-0,412
	α_R	0,832	α_R	0,998		α_R	0,651	α_R	0,911
	V_s	-2,076	V_s	-0,156		V_s	1,233	V_s	-0,172
	V_R	0,235	V_R	0,235		V_R	0,147	V_R	0,147
	β =	3,800	β =	3,800		β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645		k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645		kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400		γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	2,393	γ_R	5,699		γ_R	1,212	γ_R	1,525
	γ	3,350	γ	7,980		γ	1,696	γ	2,136
Kontrolle	γ	-5,890	γ	7,980	Kontrolle	γ	1,696	γ	2,136
Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades								
Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999				A=	11,734	
	B=	9,157				B=	-1,107	
	C=	-10,926				C=	-0,259	
	D=	12,535				D=	-0,060	
	E=	1,081				E=	-0,006	
Faktoren laut Anhang B	α=	0,416				α=	-0,025	
	β=	-0,458				β=	-0,006	
	γ=	-0,097				γ=	-0,001	
	P=	0,082				P=	0,001	
	Q=	-0,040				Q=	0,000	
	U=	0,080				U=	0,015	
	y=	-0,082				y=	0,020	
	W=	0,502				W=	0,119	

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,781	-0,001	-0,376	0,555	0,832	-2,076	0,271	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,080	-0,001	0,514	-0,068	0,998	-0,156	-0,105	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S27**							
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**			
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich					
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800						
		Normalverteilung					**Log-Normalverteilung**	
	β =	3,800				β =	3,800	
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	6,060	m_R =	6,060		mur =	1,790	mur =	1,790
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,950	σ_R =	0,950		σur =	0,156	σur =	0,156
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,938	ms =	2,302		mus =	0,745	mus =	1,099
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,956	σ_S =	-0,274		σus =	0,226	σus =	-0,093
	α_s	0,709	α_s	-0,277		α_s	0,824	α_s	-0,514
	α_R	0,705	α_R	0,961		α_R	0,567	α_R	0,858
	V_s	1,019	V_s	-0,119		V_s	0,304	V_s	-0,085
	V_R	0,157	V_R	0,157		V_R	0,087	V_R	0,087
	β =	3,800	β =	3,800		β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645		k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645		kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400		γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,279	γ_R	1,735		γ_R	1,083	γ_R	1,286
	γ	1,791	γ	2,429		γ	1,516	γ	1,800
Kontrolle	γ	1,791	γ	2,429	Kontrolle	γ	1,516	γ	1,800

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	11,165	B=	-1,107
	C=	-3,933	C=	-0,179
	D=	10,076	D=	-0,027
	E=	3,421	E=	-0,003
Faktoren laut Anhang B	α=	0,083	α=	-0,019
	β=	-0,411	β=	-0,003
	γ=	-0,200	γ=	0,000
	P=	0,199	P=	0,000
	Q=	-0,027	Q=	0,000
	U=	0,203	U=	0,011
	y=	0,055	y=	0,013
	W=	0,439	W=	0,086

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,956	0,000	0,938	0,709	0,705	1,019	0,226	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,274	0,000	2,302	-0,277	0,961	-0,119	-0,093	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

ANHANG I: DETAILAUSWERTUNG ZUR ERMITTLUNG DES TEILISICHERHEITSBEIWERTES FÜR DIE BEANSPRUCHBARKEIT FÜR DIE VERSUCHSREIHE 2

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S1**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,770	m_R =	1,770	mur =	0,563	mur =	0,563
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,230	σ_R =	0,230	σur =	0,129	σur =	0,129
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,413	ms =	0,831	mus =	-0,378	mus =	-0,034
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,273	σ_S =	-0,090	σus =	0,211	σus =	-0,089
	α_s	0,765	α_s	-0,365	α_s	0,852	α_s	-0,565
	α_R	0,644	α_R	0,931	α_R	0,523	α_R	0,825
	V_s	0,662	V_s	-0,108	V_s	-0,558	V_s	2,643
	V_R	0,130	V_R	0,130	V_R	0,230	V_R	0,230
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,153	γ_R	1,455	γ_R	1,045	γ_R	1,213
	γ	1,614	γ	2,038	γ	1,463	γ	1,698
Kontrolle	γ	1,614	γ	2,038	Kontrolle γ	1,463	γ	1,698

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,261	B=	-1,107
	C=	-0,074	C=	-0,159
	D=	0,173	D=	-0,019
	E=	0,020	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,004	α=	-0,017
	β=	-0,008	β=	-0,002
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,017	U=	0,009
	y=	0,008	y=	0,011
	W=	0,112	W=	0,075

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,273	0,000	0,413	0,765	0,644	0,662	0,211	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,090	0,000	0,831	-0,365	0,931	-0,108	-0,089	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S2**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,770	m_R =	1,770	mur =	0,548	mur =	0,548
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,380	σ_R =	0,380	σur =	0,212	σur =	0,212
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,028	ms =	0,316	mus =	-0,726	mus =	-0,347
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,282	σ_S =	-0,046	σus =	0,260	σus =	-0,102
	α_s	0,596	α_s	-0,120	α_s	0,774	α_s	-0,434
	α_R	0,803	α_R	0,993	α_R	0,633	α_R	0,901
	V_s	-10,142	V_s	-0,145	V_s	-0,358	V_s	0,295
	V_R	0,215	V_R	0,215	V_R	0,387	V_R	0,387
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,876	γ_R	3,404	γ_R	1,175	γ_R	1,459
	γ	2,627	γ	4,766	γ	1,645	γ	2,042
Kontrolle	γ	-2,874	γ	4,766	Kontrolle γ	1,645	γ	2,042

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,261	B=	-1,107
	C=	-1,068	C=	-0,235
	D=	0,471	D=	-0,050
	E=	0,024	E=	-0,005
Faktoren laut Anhang B	α=	0,039	α=	-0,023
	β=	-0,018	β=	-0,005
	γ=	-0,002	γ=	-0,001
	P=	0,002	P=	0,001
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,013	U=	0,014
	y=	-0,006	y=	0,018
	W=	0,165	W=	0,110

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,282	0,000	-0,028	0,596	0,803	-10,142	0,260	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,046	0,000	0,316	-0,120	0,993	-0,145	-0,102	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S3**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,090	m_R =	2,090	mur =	0,725	mur =	0,725
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,330	σ_R =	0,330	σur =	0,157	σur =	0,157
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,317	ms =	0,786	mus =	-0,324	mus =	0,030
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,330	σ_S =	-0,094	σus =	0,227	σus =	-0,094
	α_s	0,707	α_s	-0,274	α_s	0,823	α_s	-0,513
	α_R	0,707	α_R	0,962	α_R	0,568	α_R	0,859
	V_s	1,042	V_s	-0,120	V_s	-0,701	V_s	-3,083
	V_R	0,158	V_R	0,158	V_R	0,216	V_R	0,216
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,286	γ_R	1,750	γ_R	1,084	γ_R	1,289
	γ	1,800	γ	2,450	γ	1,518	γ	1,805
Kontrolle	γ	1,800	γ	2,450	Kontrolle γ	1,518	γ	1,805

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,851	B=	-1,107
	C=	-0,485	C=	-0,180
	D=	0,419	D=	-0,027
	E=	0,049	E=	-0,003
Faktoren laut Anhang B	α=	0,011	α=	-0,019
	β=	-0,017	β=	-0,003
	γ=	-0,003	γ=	0,000
	P=	0,003	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,024	U=	0,011
	y=	0,006	y=	0,013
	W=	0,152	W=	0,086

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,330	0,000	0,317	0,707	0,707	1,042	0,227	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,094	0,000	0,786	-0,274	0,962	-0,120	-0,094	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S4**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,690	m_R =	1,690	mur =	0,495	mur =	0,495
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,420	σ_R =	0,420	σur =	0,245	σur =	0,245
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,191	ms =	0,093	mus =	-0,914	mus =	-0,520
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,262	σ_S =	-0,015	σus =	0,278	σus =	-0,106
	α_s	0,529	α_s	-0,036	α_s	0,751	α_s	-0,399
	α_R	0,848	α_R	0,999	α_R	0,660	α_R	0,917
	V_s	-1,371	V_s	-0,164	V_s	-0,305	V_s	0,205
	V_R	0,249	V_R	0,249	V_R	0,495	V_R	0,495
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,401	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	2,974	γ_R	10,511	γ_R	1,236	γ_R	1,569
	γ	4,164	γ	14,726	γ	1,730	γ	2,197
Kontrolle	γ	-12,874	γ	14,726	Kontrolle γ	1,730	γ	2,197

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,114	B=	-1,107
	C=	-1,460	C=	-0,275
	D=	0,549	D=	-0,066
	E=	0,009	E=	-0,007
Faktoren laut Anhang B	α=	0,057	α=	-0,027
	β=	-0,020	β=	-0,007
	γ=	-0,001	γ=	-0,001
	P=	0,001	P=	0,001
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,007	U=	0,015
	y=	-0,012	y=	0,021
	W=	0,179	W=	0,125

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,262	0,000	-0,191	0,529	0,848	-1,371	0,278	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,015	0,000	0,093	-0,036	0,999	-0,164	-0,106	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S5**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,890	m_R =	1,890	mur =	0,628	mur =	0,628
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,250	σ_R =	0,250	σur =	0,132	σur =	0,132
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,428	ms =	0,873	mus =	-0,322	mus =	0,024
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,292	σ_S =	-0,095	σus =	0,212	σus =	-0,089
	α_s	0,760	α_s	-0,357	α_s	0,850	α_s	-0,561
	α_R	0,650	α_R	0,934	α_R	0,527	α_R	0,828
	V_s	0,683	V_s	-0,109	V_s	-0,660	V_s	-3,783
	V_R	0,132	V_R	0,132	V_R	0,210	V_R	0,210
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,162	γ_R	1,475	γ_R	1,048	γ_R	1,219
	γ	1,627	γ	2,065	γ	1,468	γ	1,706
Kontrolle	γ	1,627	γ	2,065	Kontrolle γ	1,468	γ	1,706

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,482	B=	-1,107
	C=	-0,108	C=	-0,160
	D=	0,218	D=	-0,019
	E=	0,027	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,004	α=	-0,017
	β=	-0,010	β=	-0,002
	γ=	-0,002	γ=	0,000
	P=	0,002	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,020	U=	0,009
	y=	0,009	y=	0,011
	W=	0,121	W=	0,076

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,292	0,000	0,428	0,760	0,650	0,683	0,212	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,095	0,000	0,873	-0,357	0,934	-0,109	-0,089	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S6**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,830	m_R =	1,830	mur =	0,604	mur =	0,604
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,070	σ_R =	0,070	σur =	0,038	σur =	0,038
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,845	ms =	1,364	mus =	-0,035	mus =	0,307
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,249	σ_S =	-0,101	σus =	0,164	σus =	-0,068
	α_s	0,963	α_s	-0,821	α_s	0,974	α_s	-0,871
	α_R	0,270	α_R	0,571	α_R	0,227	α_R	0,491
	V_s	0,295	V_s	-0,074	V_s	-4,646	V_s	-0,221
	V_R	0,038	V_R	0,038	V_R	0,063	V_R	0,063
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,975	γ_R	1,022	γ_R	0,971	γ_R	1,008
	γ	1,366	γ	1,431	γ	1,359	γ	1,412
Kontrolle	γ	1,366	γ	1,431	Kontrolle γ	1,359	γ	1,412

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,372	B=	-1,107
	C=	0,483	C=	-0,117
	D=	0,017	D=	-0,002
	E=	0,003	E=	0,000
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,029	α=	-0,013
	β=	-0,003	β=	-0,001
	γ=	0,000	γ=	0,000
	P=	0,000	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,010	U=	0,004
	y=	0,017	y=	0,008
	W=	0,076	W=	0,049

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,249	0,000	0,845	0,963	0,270	0,295	0,164	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,101	0,000	1,364	-0,821	0,571	-0,074	-0,068	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S7**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,700	m_R =	1,700	mur =	0,515	mur =	0,515
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,300	σ_R =	0,300	σur =	0,175	σur =	0,175
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,164	ms =	0,531	mus =	-0,607	mus =	-0,245
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,271	σ_S =	-0,068	σus =	0,238	σus =	-0,097
	α_s	0,670	α_s	-0,220	α_s	0,805	α_s	-0,483
	α_R	0,742	α_R	0,975	α_R	0,593	α_R	0,875
	V_s	1,647	V_s	-0,127	V_s	-0,392	V_s	0,395
	V_R	0,176	V_R	0,176	V_R	0,340	V_R	0,340
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,413	γ_R	2,052	γ_R	1,112	γ_R	1,342
	γ	1,979	γ	2,873	γ	1,557	γ	1,880
Kontrolle	γ	1,979	γ	2,873	Kontrolle γ	1,557	γ	1,880

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,132	B=	-1,107
	C=	-0,516	C=	-0,196
	D=	0,282	D=	-0,034
	E=	0,023	E=	-0,003
Faktoren laut Anhang B	α=	0,015	α=	-0,020
	β=	-0,011	β=	-0,004
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,015	U=	0,012
	y=	0,001	y=	0,014
	W=	0,135	W=	0,094

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,271	0,000	0,164	0,670	0,742	1,647	0,238	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,068	0,000	0,531	-0,220	0,975	-0,127	-0,097	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S8**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

		Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**		
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,710	m_R =	1,710	mur =	0,534	mur =	0,534
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,120	σ_R =	0,120	σur =	0,070	σur =	0,070
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,676	ms =	1,126	mus =	-0,193	mus =	0,142
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,244	σ_S =	-0,096	σus =	0,178	σus =	-0,076
	α_s	0,897	α_s	-0,626	α_s	0,930	α_s	-0,735
	α_R	0,441	α_R	0,780	α_R	0,366	α_R	0,679
	V_s	0,361	V_s	-0,085	V_s	-0,923	V_s	-0,536
	V_R	0,070	V_R	0,070	V_R	0,131	V_R	0,131
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,002	γ_R	1,117	γ_R	0,982	γ_R	1,068
	γ	1,403	γ	1,564	γ	1,375	γ	1,495
Kontrolle	γ	1,403	γ	1,564	Kontrolle γ	1,375	γ	1,495

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,151	B=	-1,107
	C=	0,311	C=	-0,127
	D=	0,045	D=	-0,005
	E=	0,006	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,021	α=	-0,014
	β=	-0,003	β=	-0,001
	γ=	0,000	γ=	0,000
	P=	0,000	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,012	U=	0,006
	y=	0,013	y=	0,009
	W=	0,079	W=	0,055

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,244	0,000	0,676	0,897	0,441	0,361	0,178	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,096	0,000	1,126	-0,626	0,780	-0,085	-0,076	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S10**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,600	m_R =	1,600	mur =	0,453	mur =	0,453
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,300	σ_R =	0,300	σur =	0,186	σur =	0,186
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,103	ms =	0,439	mus =	-0,713	mus =	-0,346
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,255	σ_S =	-0,058	σus =	0,244	σus =	-0,098
	α_s	0,648	α_s	-0,190	α_s	0,796	α_s	-0,468
	α_R	0,761	α_R	0,982	α_R	0,606	α_R	0,884
	V_s	2,489	V_s	-0,132	V_s	-0,342	V_s	0,284
	V_R	0,188	V_R	0,188	V_R	0,411	V_R	0,411
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,511	γ_R	2,302	γ_R	1,130	γ_R	1,375
	γ	2,116	γ	3,223	γ	1,582	γ	1,925
Kontrolle	γ	2,116	γ	3,223	Kontrolle γ	1,582	γ	1,925

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	2,948	B=	-1,107
	C=	-0,569	C=	-0,207
	D=	0,265	D=	-0,038
	E=	0,018	E=	-0,004
Faktoren laut Anhang B	α=	0,019	α=	-0,021
	β=	-0,010	β=	-0,004
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,013	U=	0,012
	y=	0,000	y=	0,015
	W=	0,133	W=	0,099

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,255	0,000	0,103	0,648	0,761	2,489	0,244	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,058	0,000	0,439	-0,190	0,982	-0,132	-0,098	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S10**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,390	m_R =	1,390	mur =	0,303	mur =	0,303
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,320	σ_R =	0,320	σur =	0,227	σur =	0,227
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,084	ms =	0,170	mus =	-1,032	mus =	-0,647
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,219	σ_S =	-0,026	σus =	0,268	σus =	-0,104
	α_s	0,566	α_s	-0,081	α_s	0,763	α_s	-0,417
	α_R	0,825	α_R	0,997	α_R	0,646	α_R	0,909
	V_s	-2,598	V_s	-0,153	V_s	-0,260	V_s	0,161
	V_R	0,230	V_R	0,230	V_R	0,749	V_R	0,749
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,401	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	2,231	γ_R	4,851	γ_R	1,202	γ_R	1,508
	γ	3,123	γ	6,794	γ	1,683	γ	2,112
Kontrolle	γ	-4,740	γ	6,794	Kontrolle γ	1,683	γ	2,112

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	2,561	B=	-1,107
	C=	-0,804	C=	-0,253
	D=	0,262	D=	-0,057
	E=	0,007	E=	-0,006
Faktoren laut Anhang B	α=	0,030	α=	-0,025
	β=	-0,010	β=	-0,006
	γ=	-0,001	γ=	-0,001
	P=	0,001	P=	0,001
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,007	U=	0,015
	y=	-0,006	y=	0,019
	W=	0,138	W=	0,117

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,219	0,000	-0,084	0,566	0,825	-2,598	0,268	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,026	0,000	0,170	-0,081	0,997	-0,153	-0,104	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S11**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis nur mit Log-Normalverteilung	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,260	m_R =	1,260	mur =	0,183	mur =	0,183
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,400	σ_R =	0,400	σur =	0,310	σur =	0,310
Mittelwert Beanspruchung	ms =	#ZAHL!	ms =	#ZAHL!	mus =	-1,497	mus =	-1,071
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	#ZAHL!	σ_S =	#ZAHL!	σus =	0,316	σus =	-0,114
	α_s	#ZAHL!	α_s	#ZAHL!	α_s	0,714	α_s	-0,345
	α_R	#ZAHL!	α_R	#ZAHL!	α_R	0,701	α_R	0,939
	V_s	#ZAHL!	V_s	#ZAHL!	V_s	-0,211	V_s	0,106
	V_R	0,317	V_R	0,317	V_R	1,692	V_R	1,692
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	#ZAHL!	γ_S	#ZAHL!	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,000	γ_R	0,000	γ_R	1,371	γ_R	1,814
	γ	#ZAHL!	γ	#ZAHL!	γ	1,919	γ	2,540
Kontrolle	γ	#ZAHL!	γ	#ZAHL!	Kontrolle γ	1,919	γ	2,540

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	2,321	B=	-1,107
	C=	-1,485	C=	-0,373
	D=	0,371	D=	-0,106
	E=	-0,019	E=	-0,011
Faktoren laut Anhang B	α=	0,061	α=	-0,035
	β=	-0,013	β=	-0,011
	γ=	0,000	γ=	-0,001
	P=	-0,001	P=	0,001
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	#ZAHL!	U=	0,019
	y=	#ZAHL!	y=	0,030
	W=	#ZAHL!	W=	0,155

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	0,316	0,000
2. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	-	-
3. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	-0,114	0,000
4. Lösung für σ_s	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	#ZAHL!	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S12**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,700	m_R =	1,700	mur =	0,523	mur =	0,523
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,210	σ_R =	0,210	σur =	0,123	σur =	0,123
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,428	ms =	0,834	mus =	-0,393	mus =	-0,051
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,261	σ_S =	-0,088	σus =	0,207	σus =	-0,087
	α_s	0,779	α_s	-0,388	α_s	0,860	α_s	-0,579
	α_R	0,627	α_R	0,922	α_R	0,510	α_R	0,815
	V_s	0,609	V_s	-0,106	V_s	-0,527	V_s	1,725
	V_R	0,124	V_R	0,124	V_R	0,235	V_R	0,235
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,129	γ_R	1,404	γ_R	1,037	γ_R	1,196
	γ	1,581	γ	1,966	γ	1,452	γ	1,674
Kontrolle	γ	1,581	γ	1,966	Kontrolle γ	1,452	γ	1,674

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,132	B=	-1,107
	C=	-0,017	C=	-0,154
	D=	0,138	D=	-0,017
	E=	0,016	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,006	α=	-0,016
	β=	-0,006	β=	-0,002
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,016	U=	0,009
	y=	0,009	y=	0,011
	W=	0,104	W=	0,073

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,261	0,000	0,428	0,779	0,627	0,609	0,207	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,088	0,000	0,834	-0,388	0,922	-0,106	-0,087	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S13**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,150	m_R =	1,150	mur =	0,113	mur =	0,113
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,270	σ_R =	0,270	σur =	0,232	σur =	0,232
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,085	ms =	0,121	mus =	-1,241	mus =	-0,853
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,181	σ_S =	-0,019	σus =	0,271	σus =	-0,105
	α_s	0,557	α_s	-0,070	α_s	0,760	α_s	-0,412
	α_R	0,831	α_R	0,998	α_R	0,650	α_R	0,911
	V_s	-2,128	V_s	-0,156	V_s	-0,218	V_s	0,123
	V_R	0,235	V_R	0,235	V_R	2,051	V_R	2,051
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,401	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	2,372	γ_R	5,579	γ_R	1,211	γ_R	1,523
	γ	3,320	γ	7,814	γ	1,695	γ	2,133
Kontrolle	γ	-5,726	γ	7,814	Kontrolle γ	1,695	γ	2,133

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	2,119	B=	-1,107
	C=	-0,581	C=	-0,258
	D=	0,154	D=	-0,059
	E=	0,003	E=	-0,006
Faktoren laut Anhang B	α=	0,022	α=	-0,025
	β=	-0,006	β=	-0,006
	γ=	0,000	γ=	-0,001
	P=	0,000	P=	0,001
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,004	U=	0,015
	y=	-0,004	y=	0,020
	W=	0,116	W=	0,119

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,181	0,000	-0,085	0,557	0,831	-2,128	0,271	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,019	0,000	0,121	-0,070	0,998	-0,156	-0,105	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S14**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,240	m_R =	1,240	mur =	0,200	mur =	0,200
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,220	σ_R =	0,220	σur =	0,176	σur =	0,176
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,116	ms =	0,383	mus =	-0,926	mus =	-0,564
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,198	σ_S =	-0,049	σus =	0,238	σus =	-0,097
	α_s	0,668	α_s	-0,218	α_s	0,804	α_s	-0,482
	α_R	0,744	α_R	0,976	α_R	0,594	α_R	0,876
	V_s	1,697	V_s	-0,128	V_s	-0,257	V_s	0,172
	V_R	0,177	V_R	0,177	V_R	0,882	V_R	0,882
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,421	γ_R	2,071	γ_R	1,114	γ_R	1,345
	γ	1,989	γ	2,900	γ	1,559	γ	1,883
Kontrolle	γ	1,989	γ	2,900	Kontrolle γ	1,559	γ	1,883

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	2,285	B=	-1,107
	C=	-0,280	C=	-0,197
	D=	0,111	D=	-0,034
	E=	0,006	E=	-0,004
Faktoren laut Anhang B	α=	0,008	α=	-0,020
	β=	-0,004	β=	-0,004
	γ=	0,000	γ=	0,000
	P=	0,000	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,008	U=	0,012
	y=	0,001	y=	0,015
	W=	0,099	W=	0,094

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,198	0,000	0,116	0,668	0,744	1,697	0,238	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,049	0,000	0,383	-0,218	0,976	-0,128	-0,097	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S15**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,660	m_R =	1,660	mur =	0,500	mur =	0,500
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,200	σ_R =	0,200	σur =	0,120	σur =	0,120
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,432	ms =	0,831	mus =	-0,405	mus =	-0,064
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,254	σ_S =	-0,087	σus =	0,206	σus =	-0,087
	α_s	0,785	α_s	-0,399	α_s	0,864	α_s	-0,586
	α_R	0,619	α_R	0,917	α_R	0,504	α_R	0,810
	V_s	0,587	V_s	-0,105	V_s	-0,508	V_s	1,368
	V_R	0,120	V_R	0,120	V_R	0,240	V_R	0,240
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,119	γ_R	1,382	γ_R	1,033	γ_R	1,188
	γ	1,567	γ	1,935	γ	1,446	γ	1,663
Kontrolle	γ	1,567	γ	1,935	Kontrolle γ	1,446	γ	1,663

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,058	B=	-1,107
	C=	0,006	C=	-0,152
	D=	0,122	D=	-0,016
	E=	0,014	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,007	α=	-0,016
	β=	-0,006	β=	-0,002
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,015	U=	0,009
	y=	0,008	y=	0,011
	W=	0,100	W=	0,072

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,254	0,000	0,432	0,785	0,619	0,587	0,206	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,087	0,000	0,831	-0,399	0,917	-0,105	-0,087	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S16**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,830	m_R =	1,830	mur =	0,599	mur =	0,599
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,190	σ_R =	0,190	σur =	0,104	σur =	0,104
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,562	ms =	1,015	mus =	-0,244	mus =	0,093
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,274	σ_S =	-0,100	σus =	0,196	σus =	-0,084
	α_s	0,822	α_s	-0,465	α_s	0,884	α_s	-0,628
	α_R	0,570	α_R	0,885	α_R	0,467	α_R	0,778
	V_s	0,488	V_s	-0,098	V_s	-0,804	V_s	-0,893
	V_R	0,104	V_R	0,104	V_R	0,173	V_R	0,173
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,070	γ_R	1,274	γ_R	1,013	γ_R	1,146
	γ	1,497	γ	1,784	γ	1,419	γ	1,604
Kontrolle	γ	1,497	γ	1,784	Kontrolle γ	1,419	γ	1,604

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,372	B=	-1,107
	C=	0,143	C=	-0,142
	D=	0,122	D=	-0,012
	E=	0,016	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,014	α=	-0,015
	β=	-0,006	β=	-0,002
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,017	U=	0,008
	y=	0,012	y=	0,010
	W=	0,101	W=	0,065

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,274	0,000	0,562	0,822	0,570	0,488	0,196	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,100	0,000	1,015	-0,465	0,885	-0,098	-0,084	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S1**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	3,510	m_R =	3,510	mur =	1,240	mur =	1,240
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,620	σ_R =	0,620	σur =	0,175	σur =	0,175
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,338	ms =	1,095	mus =	0,117	mus =	0,480
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,559	σ_S =	-0,140	σus =	0,238	σus =	-0,097
	α_s	0,670	α_s	-0,220	α_s	0,805	α_s	-0,483
	α_R	0,743	α_R	0,976	α_R	0,593	α_R	0,876
	V_s	1,655	V_s	-0,128	V_s	2,028	V_s	-0,202
	V_R	0,177	V_R	0,177	V_R	0,141	V_R	0,141
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,415	γ_R	2,055	γ_R	1,113	γ_R	1,343
	γ	1,981	γ	2,878	γ	1,558	γ	1,880
Kontrolle	γ	1,981	γ	2,878	Kontrolle γ	1,558	γ	1,880

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	6,467	B=	-1,107
	C=	-2,207	C=	-0,196
	D=	2,486	D=	-0,034
	E=	0,416	E=	-0,003
Faktoren laut Anhang B	α=	0,066	α=	-0,020
	β=	-0,097	β=	-0,004
	γ=	-0,025	γ=	0,000
	P=	0,025	P=	0,000
	Q=	-0,002	Q=	0,000
	U=	0,066	U=	0,012
	y=	0,006	y=	0,014
	W=	0,279	W=	0,094

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,559	0,000	0,338	0,670	0,743	1,655	0,238	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,140	0,000	1,095	-0,220	0,976	-0,128	-0,097	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S2**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,590	m_R =	4,590	mur =	1,511	mur =	1,511
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,750	σ_R =	0,750	σur =	0,162	σur =	0,162
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,621	ms =	1,640	mus =	0,440	mus =	0,797
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,727	σ_S =	-0,200	σus =	0,230	σus =	-0,095
	α_s	0,696	α_s	-0,258	α_s	0,817	α_s	-0,503
	α_R	0,718	α_R	0,966	α_R	0,576	α_R	0,864
	V_s	1,171	V_s	-0,122	V_s	0,523	V_s	-0,119
	V_R	0,163	V_R	0,163	V_R	0,107	V_R	0,107
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,320	γ_R	1,828	γ_R	1,092	γ_R	1,305
	γ	1,847	γ	2,559	γ	1,529	γ	1,827
Kontrolle	γ	1,847	γ	2,559	Kontrolle γ	1,529	γ	1,827

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	8,457	B=	-1,107
	C=	-2,743	C=	-0,185
	D=	4,757	D=	-0,029
	E=	1,165	E=	-0,003
Faktoren laut Anhang B	α=	0,069	α=	-0,019
	β=	-0,191	β=	-0,003
	γ=	-0,069	γ=	0,000
	P=	0,068	P=	0,000
	Q=	-0,006	Q=	0,000
	U=	0,116	U=	0,011
	y=	0,025	y=	0,013
	W=	0,343	W=	0,089

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,727	0,000	0,621	0,696	0,718	1,171	0,230	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,200	0,000	1,640	-0,258	0,966	-0,122	-0,095	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S3**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,770	m_R =	4,770	mur =	1,548	mur =	1,548
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,810	σ_R =	0,810	σur =	0,169	σur =	0,169
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,555	ms =	1,600	mus =	0,452	mus =	0,812
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,758	σ_S =	-0,199	σus =	0,234	σus =	-0,096
	α_s	0,683	α_s	-0,239	α_s	0,811	α_s	-0,493
	α_R	0,730	α_R	0,971	α_R	0,585	α_R	0,870
	V_s	1,365	V_s	-0,125	V_s	0,517	V_s	-0,118
	V_R	0,170	V_R	0,170	V_R	0,109	V_R	0,109
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,363	γ_R	1,930	γ_R	1,102	γ_R	1,323
	γ	1,908	γ	2,702	γ	1,543	γ	1,852
Kontrolle	γ	1,908	γ	2,702	Kontrolle γ	1,543	γ	1,852

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	8,788	B=	-1,107
	C=	-3,491	C=	-0,190
	D=	5,766	D=	-0,031
	E=	1,394	E=	-0,003
Faktoren laut Anhang B	α=	0,097	α=	-0,020
	β=	-0,229	β=	-0,004
	γ=	-0,083	γ=	0,000
	P=	0,083	P=	0,000
	Q=	-0,009	Q=	0,000
	U=	0,123	U=	0,012
	y=	0,019	y=	0,014
	W=	0,367	W=	0,091

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,758	0,000	0,555	0,683	0,730	1,365	0,234	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,199	0,000	1,600	-0,239	0,971	-0,125	-0,096	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S4**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,800	m_R =	4,800	mur =	1,555	mur =	1,555
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,790	σ_R =	0,790	σur =	0,163	σur =	0,163
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,633	ms =	1,696	mus =	0,480	mus =	0,837
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,761	σ_S =	-0,208	σus =	0,231	σus =	-0,095
	α_s	0,694	α_s	-0,254	α_s	0,816	α_s	-0,502
	α_R	0,720	α_R	0,967	α_R	0,578	α_R	0,865
	V_s	1,202	V_s	-0,122	V_s	0,481	V_s	-0,113
	V_R	0,165	V_R	0,165	V_R	0,105	V_R	0,105
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,327	γ_R	1,846	γ_R	1,094	γ_R	1,308
	γ	1,858	γ	2,584	γ	1,532	γ	1,831
Kontrolle	γ	1,858	γ	2,584	Kontrolle γ	1,532	γ	1,831

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	8,844	B=	-1,107
	C=	-3,097	C=	-0,186
	D=	5,519	D=	-0,030
	E=	1,401	E=	-0,003
Faktoren laut Anhang B	α=	0,079	α=	-0,019
	β=	-0,221	β=	-0,003
	γ=	-0,083	γ=	0,000
	P=	0,082	P=	0,000
	Q=	-0,008	Q=	0,000
	U=	0,126	U=	0,011
	y=	0,025	y=	0,014
	W=	0,361	W=	0,089

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,761	0,000	0,633	0,694	0,720	1,202	0,231	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,208	0,000	1,696	-0,254	0,967	-0,122	-0,095	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S5**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,680	m_R =	4,680	mur =	1,542	mur =	1,542
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,260	σ_R =	0,260	σur =	0,056	σur =	0,056
Mittelwert Beanspruchung	ms =	2,007	ms =	3,277	mus =	0,859	mus =	1,196
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,654	σ_S =	-0,262	σus =	0,171	σus =	-0,072
	α_s	0,929	α_s	-0,710	α_s	0,951	α_s	-0,793
	α_R	0,370	α_R	0,704	α_R	0,309	α_R	0,609
	V_s	0,326	V_s	-0,080	V_s	0,199	V_s	-0,060
	V_R	0,056	V_R	0,056	V_R	0,036	V_R	0,036
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,986	γ_R	1,067	γ_R	0,974	γ_R	1,038
	γ	1,380	γ	1,494	γ	1,364	γ	1,453
Kontrolle	γ	1,380	γ	1,494	Kontrolle γ	1,364	γ	1,453

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	8,622	B=	-1,107
	C=	2,770	C=	-0,122
	D=	0,583	D=	-0,003
	E=	0,226	E=	0,000
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,173	α=	-0,014
	β=	-0,055	β=	-0,001
	γ=	-0,014	γ=	0,000
	P=	0,011	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,082	U=	0,005
	y=	0,107	y=	0,008
	W=	0,204	W=	0,051

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,654	0,000	2,007	0,929	0,370	0,326	0,171	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,262	0,000	3,277	-0,710	0,704	-0,080	-0,072	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S6**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,940	m_R =	4,940	mur =	1,592	mur =	1,592
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,530	σ_R =	0,530	σur =	0,107	σur =	0,107
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,471	ms =	2,684	mus =	0,736	mus =	1,074
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,743	σ_S =	-0,267	σus =	0,198	σus =	-0,084
	α_s	0,814	α_s	-0,451	α_s	0,880	α_s	-0,619
	α_R	0,580	α_R	0,893	α_R	0,475	α_R	0,786
	V_s	0,506	V_s	-0,100	V_s	0,269	V_s	-0,078
	V_R	0,107	V_R	0,107	V_R	0,067	V_R	0,067
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,079	γ_R	1,295	γ_R	1,017	γ_R	1,154
	γ	1,510	γ	1,813	γ	1,424	γ	1,616
Kontrolle	γ	1,510	γ	1,813	Kontrolle γ	1,424	γ	1,616

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	9,101	B=	-1,107
	C=	0,851	C=	-0,144
	D=	2,557	D=	-0,013
	E=	0,914	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,096	α=	-0,016
	β=	-0,126	β=	-0,002
	γ=	-0,051	γ=	0,000
	P=	0,051	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,127	U=	0,008
	y=	0,087	y=	0,010
	W=	0,278	W=	0,067

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,743	0,000	1,471	0,814	0,580	0,506	0,198	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,267	0,000	2,684	-0,451	0,893	-0,100	-0,084	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S7**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,600	m_R =	5,600	mur =	1,720	mur =	1,720
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,440	σ_R =	0,440	σur =	0,078	σur =	0,078
Mittelwert Beanspruchung	ms =	2,098	ms =	3,545	mus =	0,965	mus =	1,300
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,810	σ_S =	-0,314	σus =	0,182	σus =	-0,078
	α_s	0,879	α_s	-0,581	α_s	0,919	α_s	-0,704
	α_R	0,477	α_R	0,814	α_R	0,395	α_R	0,710
	V_s	0,386	V_s	-0,089	V_s	0,189	V_s	-0,060
	V_R	0,079	V_R	0,079	V_R	0,046	V_R	0,046
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,015	γ_R	1,150	γ_R	0,989	γ_R	1,086
	γ	1,422	γ	1,610	γ	1,384	γ	1,521
Kontrolle	γ	1,422	γ	1,610	Kontrolle γ	1,384	γ	1,521

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	10,317	B=	-1,107
	C=	2,913	C=	-0,130
	D=	1,997	D=	-0,007
	E=	0,885	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,202	α=	-0,014
	β=	-0,127	β=	-0,001
	γ=	-0,050	γ=	0,000
	P=	0,047	P=	0,000
	Q=	0,001	Q=	0,000
	U=	0,141	U=	0,006
	y=	0,138	y=	0,009
	W=	0,271	W=	0,057

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,810	0,000	2,098	0,879	0,477	0,386	0,182	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,314	0,000	3,545	-0,581	0,814	-0,089	-0,078	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S8**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,290	m_R =	5,290	mur =	1,654	mur =	1,654
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,830	σ_R =	0,830	σur =	0,156	σur =	0,156
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,817	ms =	2,007	mus =	0,608	mus =	0,963
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,835	σ_S =	-0,239	σus =	0,227	σus =	-0,094
	α_s	0,709	α_s	-0,277	α_s	0,824	α_s	-0,514
	α_R	0,705	α_R	0,961	α_R	0,567	α_R	0,858
	V_s	1,022	V_s	-0,119	V_s	0,372	V_s	-0,097
	V_R	0,157	V_R	0,157	V_R	0,094	V_R	0,094
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,280	γ_R	1,737	γ_R	1,083	γ_R	1,286
	γ	1,792	γ	2,432	γ	1,516	γ	1,801
Kontrolle	γ	1,792	γ	2,432	Kontrolle γ	1,516	γ	1,801

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	9,746	B=	-1,107
	C=	-3,010	C=	-0,179
	D=	6,714	D=	-0,027
	E=	1,988	E=	-0,003
Faktoren laut Anhang B	α=	0,064	α=	-0,019
	β=	-0,274	β=	-0,003
	γ=	-0,116	γ=	0,000
	P=	0,116	P=	0,000
	Q=	-0,012	Q=	0,000
	U=	0,155	U=	0,011
	y=	0,042	y=	0,013
	W=	0,383	W=	0,086

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,835	0,000	0,817	0,709	0,705	1,022	0,227	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,239	0,000	2,007	-0,277	0,961	-0,119	-0,094	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S9**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,290	m_R =	5,290	mur =	1,658	mur =	1,658
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,660	σ_R =	0,660	σur =	0,124	σur =	0,124
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,313	ms =	2,575	mus =	0,737	mus =	1,080
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,812	σ_S =	-0,274	σus =	0,208	σus =	-0,088
	α_s	0,776	α_s	-0,383	α_s	0,858	α_s	-0,577
	α_R	0,631	α_R	0,924	α_R	0,513	α_R	0,817
	V_s	0,619	V_s	-0,106	V_s	0,282	V_s	-0,081
	V_R	0,125	V_R	0,125	V_R	0,075	V_R	0,075
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,134	γ_R	1,414	γ_R	1,038	γ_R	1,199
	γ	1,587	γ	1,980	γ	1,454	γ	1,679
Kontrolle	γ	1,587	γ	1,980	Kontrolle γ	1,454	γ	1,679

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	9,746	B=	-1,107
	C=	-0,257	C=	-0,155
	D=	4,245	D=	-0,017
	E=	1,512	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,056	α=	-0,017
	β=	-0,192	β=	-0,002
	γ=	-0,086	γ=	0,000
	P=	0,085	P=	0,000
	Q=	-0,003	Q=	0,000
	U=	0,152	U=	0,009
	y=	0,081	y=	0,011
	W=	0,327	W=	0,073

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,812	0,000	1,313	0,776	0,631	0,619	0,208	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,274	0,000	2,575	-0,383	0,924	-0,106	-0,088	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S10**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,140	m_R =	5,140	mur =	1,630	mur =	1,630
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,620	σ_R =	0,620	σur =	0,120	σur =	0,120
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,336	ms =	2,571	mus =	0,725	mus =	1,066
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,786	σ_S =	-0,269	σus =	0,206	σus =	-0,087
	α_s	0,785	α_s	-0,399	α_s	0,863	α_s	-0,586
	α_R	0,619	α_R	0,917	α_R	0,505	α_R	0,810
	V_s	0,588	V_s	-0,105	V_s	0,284	V_s	-0,082
	V_R	0,121	V_R	0,121	V_R	0,074	V_R	0,074
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,119	γ_R	1,383	γ_R	1,033	γ_R	1,188
	γ	1,567	γ	1,936	γ	1,447	γ	1,663
Kontrolle	γ	1,567	γ	1,936	Kontrolle γ	1,447	γ	1,663

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	9,470	B=	-1,107
	C=	0,049	C=	-0,152
	D=	3,640	D=	-0,016
	E=	1,284	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,066	α=	-0,016
	β=	-0,167	β=	-0,002
	γ=	-0,072	γ=	0,000
	P=	0,072	P=	0,000
	Q=	-0,002	Q=	0,000
	U=	0,142	U=	0,009
	y=	0,081	y=	0,011
	W=	0,311	W=	0,072

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,786	0,000	1,336	0,785	0,619	0,588	0,206	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,269	0,000	2,571	-0,399	0,917	-0,105	-0,087	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S11**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,860	m_R =	5,860	mur =	1,763	mur =	1,763
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,570	σ_R =	0,570	σur =	0,097	σur =	0,097
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,906	ms =	3,371	mus =	0,944	mus =	1,280
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,870	σ_S =	-0,323	σus =	0,192	σus =	-0,082
	α_s	0,837	α_s	-0,493	α_s	0,893	α_s	-0,646
	α_R	0,548	α_R	0,870	α_R	0,450	α_R	0,763
	V_s	0,457	V_s	-0,096	V_s	0,204	V_s	-0,064
	V_R	0,097	V_R	0,097	V_R	0,055	V_R	0,055
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,053	γ_R	1,238	γ_R	1,006	γ_R	1,130
	γ	1,475	γ	1,734	γ	1,409	γ	1,582
Kontrolle	γ	1,475	γ	1,734	Kontrolle γ	1,409	γ	1,582

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	10,796	B=	-1,107
	C=	1,963	C=	-0,139
	D=	3,508	D=	-0,010
	E=	1,541	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,168	α=	-0,015
	β=	-0,185	β=	-0,002
	γ=	-0,087	γ=	0,000
	P=	0,084	P=	0,000
	Q=	0,001	Q=	0,000
	U=	0,171	U=	0,008
	y=	0,133	y=	0,010
	W=	0,313	W=	0,063

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,870	0,000	1,906	0,837	0,548	0,457	0,192	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,323	0,000	3,371	-0,493	0,870	-0,096	-0,082	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S12**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,870	m_R =	5,870	mur =	1,762	mur =	1,762
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,720	σ_R =	0,720	σur =	0,122	σur =	0,122
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,492	ms =	2,897	mus =	0,849	mus =	1,192
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,899	σ_S =	-0,306	σus =	0,207	σus =	-0,087
	α_s	0,781	α_s	-0,391	α_s	0,861	α_s	-0,581
	α_R	0,625	α_R	0,920	α_R	0,509	α_R	0,814
	V_s	0,603	V_s	-0,106	V_s	0,244	V_s	-0,073
	V_R	0,123	V_R	0,123	V_R	0,069	V_R	0,069
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,126	γ_R	1,398	γ_R	1,036	γ_R	1,193
	γ	1,577	γ	1,957	γ	1,450	γ	1,671
Kontrolle	γ	1,577	γ	1,957	Kontrolle γ	1,450	γ	1,671

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	10,815	B=	-1,107
	C=	-0,121	C=	-0,154
	D=	5,606	D=	-0,017
	E=	2,237	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,078	α=	-0,016
	β=	-0,256	β=	-0,002
	γ=	-0,126	γ=	0,000
	P=	0,126	P=	0,000
	Q=	-0,005	Q=	0,000
	U=	0,187	U=	0,009
	y=	0,103	y=	0,011
	W=	0,358	W=	0,072

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,899	0,000	1,492	0,781	0,625	0,603	0,207	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,306	0,000	2,897	-0,391	0,920	-0,106	-0,087	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S13**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,170	m_R =	5,170	mur =	1,636	mur =	1,636
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,610	σ_R =	0,610	σur =	0,118	σur =	0,118
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,383	ms =	2,630	mus =	0,741	mus =	1,081
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,788	σ_S =	-0,273	σus =	0,204	σus =	-0,086
	α_s	0,791	α_s	-0,408	α_s	0,867	α_s	-0,592
	α_R	0,612	α_R	0,913	α_R	0,499	α_R	0,806
	V_s	0,570	V_s	-0,104	V_s	0,276	V_s	-0,080
	V_R	0,118	V_R	0,118	V_R	0,072	V_R	0,072
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,111	γ_R	1,364	γ_R	1,030	γ_R	1,181
	γ	1,555	γ	1,910	γ	1,442	γ	1,654
Kontrolle	γ	1,555	γ	1,910	Kontrolle γ	1,442	γ	1,654

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	9,525	B=	-1,107
	C=	0,232	C=	-0,151
	D=	3,544	D=	-0,015
	E=	1,271	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,074	α=	-0,016
	β=	-0,165	β=	-0,002
	γ=	-0,072	γ=	0,000
	P=	0,071	P=	0,000
	Q=	-0,002	Q=	0,000
	U=	0,143	U=	0,009
	y=	0,085	y=	0,011
	W=	0,308	W=	0,071

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,788	0,000	1,383	0,791	0,612	0,570	0,204	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,273	0,000	2,630	-0,408	0,913	-0,104	-0,086	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S14**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,330	m_R =	5,330	mur =	1,667	mur =	1,667
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,620	σ_R =	0,620	σur =	0,116	σur =	0,116
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,451	ms =	2,741	mus =	0,778	mus =	1,118
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,811	σ_S =	-0,283	σus =	0,203	σus =	-0,086
	α_s	0,794	α_s	-0,415	α_s	0,869	α_s	-0,596
	α_R	0,607	α_R	0,910	α_R	0,496	α_R	0,803
	V_s	0,559	V_s	-0,103	V_s	0,261	V_s	-0,077
	V_R	0,116	V_R	0,116	V_R	0,070	V_R	0,070
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,105	γ_R	1,353	γ_R	1,028	γ_R	1,177
	γ	1,548	γ	1,894	γ	1,439	γ	1,648
Kontrolle	γ	1,548	γ	1,894	Kontrolle γ	1,439	γ	1,648

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	9,820	B=	-1,107
	C=	0,367	C=	-0,150
	D=	3,775	D=	-0,015
	E=	1,406	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,084	α=	-0,016
	β=	-0,177	β=	-0,002
	γ=	-0,079	γ=	0,000
	P=	0,079	P=	0,000
	Q=	-0,002	Q=	0,000
	U=	0,152	U=	0,009
	y=	0,092	y=	0,010
	W=	0,315	W=	0,070

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,811	0,000	1,451	0,794	0,607	0,559	0,203	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,283	0,000	2,741	-0,415	0,910	-0,103	-0,086	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S15**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,130	m_R =	5,130	mur =	1,625	mur =	1,625
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,740	σ_R =	0,740	σur =	0,144	σur =	0,144
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,983	ms =	2,165	mus =	0,629	mus =	0,978
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,802	σ_S =	-0,247	σus =	0,219	σus =	-0,091
	α_s	0,735	α_s	-0,317	α_s	0,837	α_s	-0,537
	α_R	0,678	α_R	0,949	α_R	0,548	α_R	0,844
	V_s	0,816	V_s	-0,114	V_s	0,349	V_s	-0,093
	V_R	0,144	V_R	0,144	V_R	0,088	V_R	0,088
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,214	γ_R	1,589	γ_R	1,065	γ_R	1,251
	γ	1,699	γ	2,224	γ	1,490	γ	1,752
Kontrolle	γ	1,699	γ	2,224	Kontrolle γ	1,490	γ	1,752

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	9,452	B=	-1,107
	C=	-1,741	C=	-0,169
	D=	5,176	D=	-0,023
	E=	1,613	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	0,012	α=	-0,018
	β=	-0,218	β=	-0,003
	γ=	-0,093	γ=	0,000
	P=	0,093	P=	0,000
	Q=	-0,006	Q=	0,000
	U=	0,146	U=	0,010
	y=	0,055	y=	0,012
	W=	0,350	W=	0,081

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,802	0,000	0,983	0,735	0,678	0,816	0,219	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,247	0,000	2,165	-0,317	0,949	-0,114	-0,091	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**S16**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,590	m_R =	4,590	mur =	1,514	mur =	1,514
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,660	σ_R =	0,660	σur =	0,143	σur =	0,143
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,885	ms =	1,945	mus =	0,520	mus =	0,869
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,717	σ_S =	-0,222	σus =	0,219	σus =	-0,091
	α_s	0,736	α_s	-0,318	α_s	0,837	α_s	-0,538
	α_R	0,677	α_R	0,948	α_R	0,547	α_R	0,843
	V_s	0,810	V_s	-0,114	V_s	0,421	V_s	-0,105
	V_R	0,144	V_R	0,144	V_R	0,095	V_R	0,095
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,212	γ_R	1,584	γ_R	1,064	γ_R	1,250
	γ	1,696	γ	2,218	γ	1,490	γ	1,750
Kontrolle	γ	1,696	γ	2,218	Kontrolle γ	1,490	γ	1,750

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	8,457	B=	-1,107
	C=	-1,364	C=	-0,169
	D=	3,684	D=	-0,023
	E=	1,030	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	0,009	α=	-0,018
	β=	-0,155	β=	-0,003
	γ=	-0,059	γ=	0,000
	P=	0,059	P=	0,000
	Q=	-0,003	Q=	0,000
	U=	0,117	U=	0,010
	y=	0,044	y=	0,012
	W=	0,312	W=	0,081

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,717	0,000	0,885	0,736	0,677	0,810	0,219	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,222	0,000	1,945	-0,318	0,948	-0,114	-0,091	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

ANHANG J: DETAILAUSWERTUNG ZUR ERMITTLUNG DES TEILISICHERHEITSBEIWERTES FÜR DIE BEANSPRUCHBARKEIT FÜR DIE VERSUCHSREIHE 3

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**0,000**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

		Normalverteilung					**Log-Normalverteilung**	
	β =	3,800				β =	3,800	
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,340	m_R =	1,340	mur =	0,278	mur =	0,278
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,230	σ_R =	0,230	σur =	0,170	σur =	0,170
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,149	ms =	0,441	mus =	-0,825	mus =	-0,465
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,213	σ_S =	-0,055	σus =	0,235	σus =	-0,096
	α_s	0,680	α_s	-0,234	α_s	0,810	α_s	-0,490
	α_R	0,734	α_R	0,972	α_R	0,587	α_R	0,871
	V_s	1,433	V_s	-0,125	V_s	-0,285	V_s	0,206
	V_R	0,172	V_R	0,172	V_R	0,613	V_R	0,613
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,376	γ_R	1,962	γ_R	1,105	γ_R	1,328
	γ	1,927	γ	2,747	γ	1,547	γ	1,860
Kontrolle	γ	1,927	γ	2,747	Kontrolle γ	1,547	γ	1,860

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	2,469	B=	-1,107
	C=	-0,288	C=	-0,192
	D=	0,131	D=	-0,032
	E=	0,009	E=	-0,003
Faktoren laut Anhang B	α=	0,008	α=	-0,020
	β=	-0,005	β=	-0,004
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,010	U=	0,012
	y=	0,001	y=	0,014
	W=	0,104	W=	0,092

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,213	0,000	0,149	0,680	0,734	1,433	0,235	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,055	0,000	0,441	-0,234	0,972	-0,125	-0,096	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**0,000**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

		Normalverteilung					**Log-Normalverteilung**	
	β =	3,800				β =	3,800	
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	3,470	m_R =	3,470	mur =	1,216	mur =	1,216
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,830	σ_R =	0,830	σur =	0,236	σur =	0,236
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,300	ms =	0,310	mus =	-0,155	mus =	0,235
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,544	σ_S =	-0,049	σus =	0,273	σus =	-0,105
	α_s	0,548	α_s	-0,059	α_s	0,757	α_s	-0,408
	α_R	0,837	α_R	0,998	α_R	0,653	α_R	0,913
	V_s	-1,810	V_s	-0,158	V_s	-1,759	V_s	-0,449
	V_R	0,239	V_R	0,239	V_R	0,194	V_R	0,194
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	2,531	γ_R	6,546	γ_R	1,219	γ_R	1,538
	γ	3,543	γ	9,167	γ	1,706	γ	2,153
Kontrolle	γ	-7,072	γ	9,167	Kontrolle γ	1,706	γ	2,153

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	6,393	B=	-1,107
	C=	-5,561	C=	-0,264
	D=	4,404	D=	-0,062
	E=	0,231	E=	-0,006
Faktoren laut Anhang B	α=	0,213	α=	-0,026
	β=	-0,161	β=	-0,006
	γ=	-0,022	γ=	-0,001
	P=	0,018	P=	0,001
	Q=	-0,005	Q=	0,000
	U=	0,036	U=	0,015
	y=	-0,043	y=	0,020
	W=	0,355	W=	0,121

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,544	0,000	-0,300	0,548	0,837	-1,810	0,273	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,049	0,000	0,310	-0,059	0,998	-0,158	-0,105	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

ANHANG K: DETAILAUSWERTUNG ZUR ERMITTLUNG DES TEILISICHERHEITSBEIWERTES FÜR DIE BEANSPRUCHBARKEIT FÜR DIE VERSUCHSREIHE 1+2

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:		**Vorversuche**	**Biegezugversuch**	
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

		Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**		
	β =	3,800				β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,820	m_R =	1,820		mur =	0,574	mur =	0,574
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,410	σ_R =	0,410		σur =	0,222	σur =	0,222
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,085	ms =	0,255		mus =	-0,742	mus =	-0,359
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,288	σ_S =	-0,038		σus =	0,265	σus =	-0,104
	α_s	0,575	α_s	-0,093		α_s	0,766	α_s	-0,422
	α_R	0,818	α_R	0,996		α_R	0,642	α_R	0,907
	V_s	-3,408	V_s	-0,151		V_s	-0,358	V_s	0,289
	V_R	0,225	V_R	0,225		V_R	0,388	V_R	0,388
	β =	3,800	β =	3,800		β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645		k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645		kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400		γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	2,100	γ_R	4,262		γ_R	1,194	γ_R	1,493
	γ	2,940	γ	5,968		γ	1,671	γ	2,090
Kontrolle	γ	-3,963	γ	5,968	Kontrolle	γ	1,671	γ	2,090

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,353	B=	-1,107
	C=	-1,297	C=	-0,247
	D=	0,564	D=	-0,055
	E=	0,024	E=	-0,006
Faktoren laut Anhang B	α=	0,048	α=	-0,024
	β=	-0,021	β=	-0,006
	γ=	-0,002	γ=	-0,001
	P=	0,002	P=	0,001
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,013	U=	0,014
	y=	-0,009	y=	0,019
	W=	0,177	W=	0,115

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,288	0,000	-0,085	0,575	0,818	-3,408	0,265	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,038	0,000	0,255	-0,093	0,996	-0,151	-0,104	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:		**Versuche**	**Biegezugversuch**	
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,600	m_R =	1,600	mur =	0,447	mur =	0,447
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,350	σ_R =	0,350	σur =	0,216	σur =	0,216
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,044	ms =	0,262	mus =	-0,844	mus =	-0,463
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,254	σ_S =	-0,039	σus =	0,262	σus =	-0,103
	α_s	0,588	α_s	-0,110	α_s	0,771	α_s	-0,429
	α_R	0,809	α_R	0,994	α_R	0,637	α_R	0,903
	V_s	-5,773	V_s	-0,147	V_s	-0,310	V_s	0,222
	V_R	0,219	V_R	0,219	V_R	0,484	V_R	0,484
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,954	γ_R	3,684	γ_R	1,182	γ_R	1,472
	γ	2,736	γ	5,160	γ	1,655	γ	2,060
Kontrolle	γ	-3,224	γ	5,160	Kontrolle γ	1,655	γ	2,060

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	2,948	B=	-1,107
	C=	-0,922	C=	-0,240
	D=	0,361	D=	-0,052
	E=	0,016	E=	-0,005
Faktoren laut Anhang B	α=	0,034	α=	-0,024
	β=	-0,013	β=	-0,005
	γ=	-0,001	γ=	-0,001
	P=	0,001	P=	0,001
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,010	U=	0,014
	y=	-0,005	y=	0,018
	W=	0,152	W=	0,112

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,254	0,000	-0,044	0,588	0,809	-5,773	0,262	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,039	0,000	0,262	-0,110	0,994	-0,147	-0,103	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:		**Vorversuche**	**Biegezugversuch**	
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,250	m_R =	5,250	mur =	1,639	mur =	1,639
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	1,030	σ_R =	1,030	σur =	0,194	σur =	0,194
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,202	ms =	1,280	mus =	0,439	mus =	0,809
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,839	σ_S =	-0,174	σus =	0,249	σus =	-0,100
	α_s	0,631	α_s	-0,167	α_s	0,788	α_s	-0,456
	α_R	0,775	α_R	0,986	α_R	0,615	α_R	0,890
	V_s	4,145	V_s	-0,136	V_s	0,568	V_s	-0,123
	V_R	0,196	V_R	0,196	V_R	0,119	V_R	0,119
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,605	γ_R	2,556	γ_R	1,144	γ_R	1,401
	γ	2,247	γ	3,579	γ	1,602	γ	1,962
Kontrolle	γ	2,247	γ	3,579	Kontrolle γ	1,602	γ	1,962

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	9,673	B=	-1,107
	C=	-7,121	C=	-0,215
	D=	10,262	D=	-0,042
	E=	2,078	E=	-0,004
Faktoren laut Anhang B	α=	0,243	α=	-0,022
	β=	-0,390	β=	-0,005
	γ=	-0,134	γ=	0,000
	P=	0,129	P=	0,000
	Q=	-0,030	Q=	0,000
	U=	0,135	U=	0,013
	y=	-0,019	y=	0,016
	W=	0,454	W=	0,102

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,839	0,000	0,202	0,631	0,775	4,145	0,249	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,174	0,000	1,280	-0,167	0,986	-0,136	-0,100	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:		**Versuche**	**Biegezugversuch**	
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,000	m_R =	5,000	mur =	1,583	mur =	1,583
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	1,160	σ_R =	1,160	σur =	0,229	σur =	0,229
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,330	ms =	0,579	mus =	0,240	mus =	0,627
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,788	σ_S =	-0,089	σus =	0,269	σus =	-0,104
	α_s	0,562	α_s	-0,077	α_s	0,762	α_s	-0,415
	α_R	0,827	α_R	0,997	α_R	0,648	α_R	0,910
	V_s	-2,392	V_s	-0,154	V_s	1,121	V_s	-0,167
	V_R	0,232	V_R	0,232	V_R	0,145	V_R	0,145
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	2,283	γ_R	5,110	γ_R	1,206	γ_R	1,514
	γ	3,197	γ	7,156	γ	1,688	γ	2,120
Kontrolle	γ	-5,088	γ	7,156	Kontrolle γ	1,688	γ	2,120

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	9,212	B=	-1,107
	C=	-10,625	C=	-0,255
	D=	12,396	D=	-0,058
	E=	1,199	E=	-0,006
Faktoren laut Anhang B	α=	0,402	α=	-0,025
	β=	-0,454	β=	-0,006
	γ=	-0,102	γ=	-0,001
	P=	0,088	P=	0,001
	Q=	-0,040	Q=	0,000
	U=	0,086	U=	0,015
	y=	-0,077	y=	0,019
	W=	0,499	W=	0,118

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,788	-0,001	-0,330	0,562	0,827	-2,392	0,269	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,089	-0,001	0,579	-0,077	0,997	-0,154	-0,104	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

ANHANG L: DETAILAUSWERTUNG ZUR ERMITTLUNG DES TEILISICHERHEITSBEIWERTES FÜR DIE BEANSPRUCHBARKEIT FÜR DEN ABSCHNITT 4.3.4.1

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**#BEZUG!**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,050	m_R =	2,050	mur =	0,714	mur =	0,714
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,170	σ_R =	0,170	σur =	0,083	σur =	0,083
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,745	ms =	1,271	mus =	-0,054	mus =	0,280
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,298	σ_S =	-0,115	σus =	0,185	σus =	-0,079
	α_s	0,869	α_s	-0,560	α_s	0,912	α_s	-0,690
	α_R	0,495	α_R	0,829	α_R	0,409	α_R	0,724
	V_s	0,401	V_s	-0,090	V_s	-3,388	V_s	-0,282
	V_R	0,083	V_R	0,083	V_R	0,116	V_R	0,116
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,023	γ_R	1,169	γ_R	0,993	γ_R	1,096
	γ	1,432	γ	1,637	γ	1,390	γ	1,534
Kontrolle	γ	1,432	γ	1,637	Kontrolle γ	1,390	γ	1,534

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,777	B=	-1,107
	C=	0,358	C=	-0,132
	D=	0,109	D=	-0,008
	E=	0,018	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,026	α=	-0,015
	β=	-0,007	β=	-0,001
	γ=	-0,001	γ=	0,000
	P=	0,001	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,019	U=	0,007
	y=	0,018	y=	0,009
	W=	0,102	W=	0,059

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,298	0,000	0,745	0,869	0,495	0,401	0,185	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,115	0,000	1,271	-0,560	0,829	-0,090	-0,079	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**#BEZUG!**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,350	m_R =	2,350	mur =	0,854	mur =	0,854
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,070	σ_R =	0,070	σur =	0,030	σur =	0,030
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,116	ms =	1,797	mus =	0,232	mus =	0,579
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,317	σ_S =	-0,128	σus =	0,161	σus =	-0,066
	α_s	0,976	α_s	-0,877	α_s	0,983	α_s	-0,911
	α_R	0,216	α_R	0,481	α_R	0,182	α_R	0,412
	V_s	0,284	V_s	-0,071	V_s	0,693	V_s	-0,114
	V_R	0,030	V_R	0,030	V_R	0,035	V_R	0,035
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,975	γ_R	1,006	γ_R	0,972	γ_R	0,998
	γ	1,365	γ	1,408	γ	1,361	γ	1,397
Kontrolle	γ	1,365	γ	1,408	Kontrolle γ	1,361	γ	1,397

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	4,330	B=	-1,107
	C=	0,830	C=	-0,116
	D=	0,021	D=	-0,001
	E=	0,004	E=	0,000
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,049	α=	-0,013
	β=	-0,005	β=	-0,001
	γ=	0,000	γ=	0,000
	P=	0,000	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,015	U=	0,003
	y=	0,029	y=	0,008
	W=	0,095	W=	0,048

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,317	0,000	1,116	0,976	0,216	0,284	0,161	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,128	0,000	1,797	-0,877	0,481	-0,071	-0,066	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**#BEZUG!**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	0,990	m_R =	0,990	mur =	-0,015	mur =	-0,015
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,100	σ_R =	0,100	σur =	0,101	σur =	0,101
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,312	ms =	0,558	mus =	-0,848	mus =	-0,511
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,148	σ_S =	-0,054	σus =	0,195	σus =	-0,083
	α_s	0,828	α_s	-0,477	α_s	0,888	α_s	-0,635
	α_R	0,560	α_R	0,879	α_R	0,460	α_R	0,772
	V_s	0,474	V_s	-0,097	V_s	-0,230	V_s	0,162
	V_R	0,101	V_R	0,101	V_R	-6,661	V_R	-6,661
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,062	γ_R	1,258	γ_R	1,010	γ_R	1,139
	γ	1,487	γ	1,762	γ	1,415	γ	1,594
Kontrolle	γ	1,487	γ	1,762	Kontrolle γ	1,415	γ	1,594

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	1,824	B=	-1,107
	C=	0,048	C=	-0,141
	D=	0,018	D=	-0,011
	E=	0,001	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,004	α=	-0,015
	β=	-0,001	β=	-0,002
	γ=	0,000	γ=	0,000
	P=	0,000	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,005	U=	0,008
	y=	0,004	y=	0,010
	W=	0,054	W=	0,064

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,148	0,000	0,312	0,828	0,560	0,474	0,195	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,054	0,000	0,558	-0,477	0,879	-0,097	-0,083	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**#BEZUG!**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,880	m_R =	1,880	mur =	0,612	mur =	0,612
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,370	σ_R =	0,370	σur =	0,195	σur =	0,195
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,069	ms =	0,454	mus =	-0,591	mus =	-0,220
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,300	σ_S =	-0,062	σus =	0,249	σus =	-0,100
	α_s	0,630	α_s	-0,165	α_s	0,788	α_s	-0,455
	α_R	0,776	α_R	0,986	α_R	0,616	α_R	0,890
	V_s	4,351	V_s	-0,137	V_s	-0,422	V_s	0,454
	V_R	0,197	V_R	0,197	V_R	0,318	V_R	0,318
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,613	γ_R	2,577	γ_R	1,145	γ_R	1,403
	γ	2,258	γ	3,608	γ	1,603	γ	1,965
Kontrolle	γ	2,258	γ	3,608	Kontrolle γ	1,603	γ	1,965

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	3,464	B=	-1,107
	C=	-0,922	C=	-0,216
	D=	0,474	D=	-0,042
	E=	0,034	E=	-0,004
Faktoren laut Anhang B	α=	0,032	α=	-0,022
	β=	-0,018	β=	-0,005
	γ=	-0,002	γ=	0,000
	P=	0,002	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,017	U=	0,013
	y=	-0,003	y=	0,016
	W=	0,163	W=	0,103

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,300	0,000	0,069	0,630	0,776	4,351	0,249	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,062	0,000	0,454	-0,165	0,986	-0,137	-0,100	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**#BEZUG!**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,550	m_R =	2,550	mur =	0,925	mur =	0,925
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,380	σ_R =	0,380	σur =	0,148	σur =	0,148
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,453	ms =	1,036	mus =	-0,089	mus =	0,262
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,400	σ_S =	-0,120	σus =	0,222	σus =	-0,092
	α_s	0,725	α_s	-0,301	α_s	0,832	α_s	-0,528
	α_R	0,689	α_R	0,953	α_R	0,555	α_R	0,849
	V_s	0,884	V_s	-0,116	V_s	-2,487	V_s	-0,352
	V_R	0,149	V_R	0,149	V_R	0,160	V_R	0,160
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,237	γ_R	1,641	γ_R	1,071	γ_R	1,264
	γ	1,732	γ	2,297	γ	1,500	γ	1,770
Kontrolle	γ	1,732	γ	2,297	Kontrolle γ	1,500	γ	1,770

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	4,698	B=	-1,107
	C=	-0,529	C=	-0,173
	D=	0,678	D=	-0,024
	E=	0,102	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	0,007	α=	-0,018
	β=	-0,028	β=	-0,003
	γ=	-0,006	γ=	0,000
	P=	0,006	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,036	U=	0,010
	y=	0,012	y=	0,012
	W=	0,178	W=	0,083

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,400	0,000	0,453	0,725	0,689	0,884	0,222	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,120	0,000	1,036	-0,301	0,953	-0,116	-0,092	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**#BEZUG!**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	0,550	m_R =	0,550	mur =	-0,602	mur =	-0,602
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,050	σ_R =	0,050	σur =	0,091	σur =	0,091
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,188	ms =	0,327	mus =	-1,398	mus =	-1,063
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,081	σ_S =	-0,031	σus =	0,189	σus =	-0,081
	α_s	0,851	α_s	-0,522	α_s	0,901	α_s	-0,665
	α_R	0,525	α_R	0,853	α_R	0,433	α_R	0,747
	V_s	0,430	V_s	-0,093	V_s	-0,135	V_s	0,076
	V_R	0,091	V_R	0,091	V_R	-0,151	V_R	-0,151
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,039	γ_R	1,206	γ_R	1,000	γ_R	1,114
	γ	1,455	γ	1,688	γ	1,400	γ	1,560
Kontrolle	γ	1,455	γ	1,688	Kontrolle γ	1,400	γ	1,560

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	1,013	B=	-1,107
	C=	0,021	C=	-0,135
	D=	0,003	D=	-0,009
	E=	0,000	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,002	α=	-0,015
	β=	0,000	β=	-0,001
	γ=	0,000	γ=	0,000
	P=	0,000	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,001	U=	0,007
	y=	0,001	y=	0,009
	W=	0,028	W=	0,061

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,081	0,000	0,188	0,851	0,525	0,430	0,189	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,031	0,000	0,327	-0,522	0,853	-0,093	-0,081	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**#BEZUG!**	**Biegezugversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,420	m_R =	1,420	mur =	0,324	mur =	0,324
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,330	σ_R =	0,330	σur =	0,229	σur =	0,229
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,095	ms =	0,162	mus =	-1,020	mus =	-0,633
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,224	σ_S =	-0,025	σus =	0,269	σus =	-0,104
	α_s	0,561	α_s	-0,076	α_s	0,762	α_s	-0,415
	α_R	0,828	α_R	0,997	α_R	0,648	α_R	0,910
	V_s	-2,351	V_s	-0,155	V_s	-0,264	V_s	0,165
	V_R	0,232	V_R	0,232	V_R	0,707	V_R	0,707
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,401	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	2,295	γ_R	5,172	γ_R	1,206	γ_R	1,516
	γ	3,213	γ	7,243	γ	1,689	γ	2,122
Kontrolle	γ	-5,171	γ	7,243	Kontrolle γ	1,689	γ	2,122

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	2,616	B=	-1,107
	C=	-0,861	C=	-0,256
	D=	0,285	D=	-0,058
	E=	0,008	E=	-0,006
Faktoren laut Anhang B	α=	0,033	α=	-0,025
	β=	-0,010	β=	-0,006
	γ=	-0,001	γ=	-0,001
	P=	0,001	P=	0,001
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,007	U=	0,015
	y=	-0,006	y=	0,019
	W=	0,142	W=	0,118

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,224	0,000	-0,095	0,561	0,828	-2,351	0,269	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,025	0,000	0,162	-0,076	0,997	-0,155	-0,104	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**#BEZUG!**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	6,280	m_R =	6,280	mur =	1,833	mur =	1,833
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,570	σ_R =	0,570	σur =	0,091	σur =	0,091
Mittelwert Beanspruchung	ms =	2,153	ms =	3,740	mus =	1,037	mus =	1,372
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,924	σ_S =	-0,349	σus =	0,189	σus =	-0,081
	α_s	0,851	α_s	-0,522	α_s	0,902	α_s	-0,665
	α_R	0,525	α_R	0,853	α_R	0,432	α_R	0,747
	V_s	0,429	V_s	-0,093	V_s	0,182	V_s	-0,059
	V_R	0,091	V_R	0,091	V_R	0,049	V_R	0,049
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,039	γ_R	1,205	γ_R	1,000	γ_R	1,114
	γ	1,454	γ	1,687	γ	1,400	γ	1,560
Kontrolle	γ	1,454	γ	1,687	Kontrolle γ	1,400	γ	1,560

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	11,570	B=	-1,107
	C=	2,779	C=	-0,135
	D=	3,759	D=	-0,009
	E=	1,806	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,216	α=	-0,015
	β=	-0,210	β=	-0,001
	γ=	-0,102	γ=	0,000
	P=	0,098	P=	0,000
	Q=	0,002	Q=	0,000
	U=	0,191	U=	0,007
	y=	0,160	y=	0,009
	W=	0,324	W=	0,061

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,924	0,000	2,153	0,851	0,525	0,429	0,189	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,349	0,000	3,740	-0,522	0,853	-0,093	-0,081	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**#BEZUG!**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,330	m_R =	5,330	mur =	1,670	mur =	1,670
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,430	σ_R =	0,430	σur =	0,081	σur =	0,081
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,968	ms =	3,340	mus =	0,909	mus =	1,243
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,773	σ_S =	-0,299	σus =	0,183	σus =	-0,078
	α_s	0,874	α_s	-0,571	α_s	0,916	α_s	-0,697
	α_R	0,486	α_R	0,821	α_R	0,402	α_R	0,717
	V_s	0,393	V_s	-0,089	V_s	0,202	V_s	-0,063
	V_R	0,081	V_R	0,081	V_R	0,048	V_R	0,048
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,019	γ_R	1,159	γ_R	0,991	γ_R	1,091
	γ	1,427	γ	1,623	γ	1,387	γ	1,527
Kontrolle	γ	1,427	γ	1,623	Kontrolle γ	1,387	γ	1,527

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	9,820	B=	-1,107
	C=	2,536	C=	-0,131
	D=	1,816	D=	-0,007
	E=	0,761	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,179	α=	-0,014
	β=	-0,112	β=	-0,001
	γ=	-0,043	γ=	0,000
	P=	0,041	P=	0,000
	Q=	0,001	Q=	0,000
	U=	0,130	U=	0,007
	y=	0,123	y=	0,009
	W=	0,261	W=	0,058

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,773	0,000	1,968	0,874	0,486	0,393	0,183	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,299	0,000	3,340	-0,571	0,821	-0,089	-0,078	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**#BEZUG!**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	3,400	m_R =	3,400	mur =	1,223	mur =	1,223
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,170	σ_R =	0,170	σur =	0,050	σur =	0,050
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,497	ms =	2,432	mus =	0,555	mus =	0,893
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,471	σ_S =	-0,190	σus =	0,168	σus =	-0,071
	α_s	0,941	α_s	-0,745	α_s	0,959	α_s	-0,817
	α_R	0,339	α_R	0,668	α_R	0,284	α_R	0,576
	V_s	0,315	V_s	-0,078	V_s	0,303	V_s	-0,079
	V_R	0,050	V_R	0,050	V_R	0,041	V_R	0,041
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,981	γ_R	1,051	γ_R	0,972	γ_R	1,028
	γ	1,373	γ	1,472	γ	1,361	γ	1,439
Kontrolle	γ	1,373	γ	1,472	Kontrolle γ	1,361	γ	1,439

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	6,264	B=	-1,107
	C=	1,535	C=	-0,120
	D=	0,181	D=	-0,003
	E=	0,052	E=	0,000
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,095	α=	-0,014
	β=	-0,019	β=	-0,001
	γ=	-0,003	γ=	0,000
	P=	0,002	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,041	U=	0,005
	y=	0,058	y=	0,008
	W=	0,145	W=	0,050

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,471	0,000	1,497	0,941	0,339	0,315	0,168	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,190	0,000	2,432	-0,745	0,668	-0,078	-0,071	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**#BEZUG!**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,750	m_R =	5,750	mur =	1,748	mur =	1,748
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,330	σ_R =	0,330	σur =	0,057	σur =	0,057
Mittelwert Beanspruchung	ms =	2,443	ms =	3,997	mus =	1,060	mus =	1,396
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,805	σ_S =	-0,322	σus =	0,172	σus =	-0,073
	α_s	0,925	α_s	-0,699	α_s	0,949	α_s	-0,785
	α_R	0,379	α_R	0,715	α_R	0,317	α_R	0,619
	V_s	0,330	V_s	-0,081	V_s	0,162	V_s	-0,052
	V_R	0,057	V_R	0,057	V_R	0,033	V_R	0,033
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,987	γ_R	1,073	γ_R	0,975	γ_R	1,041
	γ	1,382	γ	1,502	γ	1,365	γ	1,458
Kontrolle	γ	1,382	γ	1,502	Kontrolle γ	1,365	γ	1,458

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	10,594	B=	-1,107
	C=	4,106	C=	-0,122
	D=	1,154	D=	-0,004
	E=	0,549	E=	0,000
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,258	α=	-0,014
	β=	-0,104	β=	-0,001
	γ=	-0,033	γ=	0,000
	P=	0,027	P=	0,000
	Q=	0,002	Q=	0,000
	U=	0,126	U=	0,005
	y=	0,161	y=	0,008
	W=	0,253	W=	0,052

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,805	0,000	2,443	0,925	0,379	0,330	0,172	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,322	0,000	3,997	-0,699	0,715	-0,081	-0,073	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**#BEZUG!**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	5,320	m_R =	5,320	mur =	1,668	mur =	1,668
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,440	σ_R =	0,440	σur =	0,083	σur =	0,083
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,936	ms =	3,301	mus =	0,900	mus =	1,234
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,774	σ_S =	-0,298	σus =	0,185	σus =	-0,079
	α_s	0,869	α_s	-0,561	α_s	0,913	α_s	-0,691
	α_R	0,494	α_R	0,828	α_R	0,408	α_R	0,723
	V_s	0,400	V_s	-0,090	V_s	0,205	V_s	-0,064
	V_R	0,083	V_R	0,083	V_R	0,049	V_R	0,049
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,023	γ_R	1,168	γ_R	0,992	γ_R	1,095
	γ	1,432	γ	1,635	γ	1,389	γ	1,534
Kontrolle	γ	1,432	γ	1,635	Kontrolle γ	1,389	γ	1,534

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	9,802	B=	-1,107
	C=	2,424	C=	-0,132
	D=	1,898	D=	-0,008
	E=	0,790	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,174	α=	-0,015
	β=	-0,115	β=	-0,001
	γ=	-0,045	γ=	0,000
	P=	0,042	P=	0,000
	Q=	0,001	Q=	0,000
	U=	0,131	U=	0,007
	y=	0,121	y=	0,009
	W=	0,263	W=	0,059

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,774	0,000	1,936	0,869	0,494	0,400	0,185	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,298	0,000	3,301	-0,561	0,828	-0,090	-0,079	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**#BEZUG!**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,960	m_R =	2,960	mur =	1,078	mur =	1,078
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,360	σ_R =	0,360	σur =	0,121	σur =	0,121
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,761	ms =	1,471	mus =	0,169	mus =	0,511
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,453	σ_S =	-0,155	σus =	0,206	σus =	-0,087
	α_s	0,783	α_s	-0,395	α_s	0,862	α_s	-0,584
	α_R	0,622	α_R	0,919	α_R	0,507	α_R	0,812
	V_s	0,595	V_s	-0,105	V_s	1,222	V_s	-0,171
	V_R	0,122	V_R	0,122	V_R	0,112	V_R	0,112
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,123	γ_R	1,390	γ_R	1,034	γ_R	1,191
	γ	1,572	γ	1,946	γ	1,448	γ	1,667
Kontrolle	γ	1,572	γ	1,946	Kontrolle γ	1,448	γ	1,667

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	5,454	B=	-1,107
	C=	-0,007	C=	-0,153
	D=	0,707	D=	-0,016
	E=	0,143	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,021	α=	-0,016
	β=	-0,032	β=	-0,002
	γ=	-0,008	γ=	0,000
	P=	0,008	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,047	U=	0,009
	y=	0,027	y=	0,011
	W=	0,180	W=	0,072

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,453	0,000	0,761	0,783	0,622	0,595	0,206	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,155	0,000	1,471	-0,395	0,919	-0,105	-0,087	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**#BEZUG!**	**Druckversuch**		
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	4,020	m_R =	4,020	mur =	1,388	mur =	1,388
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,310	σ_R =	0,310	σur =	0,077	σur =	0,077
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,521	ms =	2,563	mus =	0,639	mus =	0,973
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,580	σ_S =	-0,226	σus =	0,182	σus =	-0,078
	α_s	0,882	α_s	-0,589	α_s	0,921	α_s	-0,709
	α_R	0,471	α_R	0,808	α_R	0,390	α_R	0,705
	V_s	0,382	V_s	-0,088	V_s	0,284	V_s	-0,080
	V_R	0,077	V_R	0,077	V_R	0,055	V_R	0,055
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,013	γ_R	1,144	γ_R	0,988	γ_R	1,083
	γ	1,418	γ	1,602	γ	1,383	γ	1,516
Kontrolle	γ	1,418	γ	1,602	Kontrolle γ	1,383	γ	1,516

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	7,406	B=	-1,107
	C=	1,541	C=	-0,129
	D=	0,712	D=	-0,007
	E=	0,227	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,106	α=	-0,014
	β=	-0,046	β=	-0,001
	γ=	-0,013	γ=	0,000
	P=	0,012	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,072	U=	0,006
	y=	0,072	y=	0,009
	W=	0,193	W=	0,057

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,580	0,000	1,521	0,882	0,471	0,382	0,182	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,226	0,000	2,563	-0,589	0,808	-0,088	-0,078	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

ANHANG M: DETAILAUSWERTUNG ZUR ERMITTLUNG DES TEILISICHERHEITSBEIWERTES FÜR DIE BEANSPRUCHBARKEIT FÜR DEN ABSCHNITT 4.3.4.2

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:		**0-Probe**	**Biegezugversuch**					
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**			
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich					
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800						
		Normalverteilung					**Log-Normalverteilung**	
	β =	3,800				β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,770	m_R =	2,770		mur =	0,994	mur =	0,994
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,624	σ_R =	0,624		σur =	0,222	σur =	0,222
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,129	ms =	0,388		mus =	-0,322	mus =	0,062
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,439	σ_S =	-0,058		σus =	0,265	σus =	-0,104
	α_s	0,575	α_s	-0,093		α_s	0,766	α_s	-0,422
	α_R	0,818	α_R	0,996		α_R	0,642	α_R	0,907
	V_s	-3,409	V_s	-0,151		V_s	-0,824	V_s	-1,684
	V_R	0,225	V_R	0,225		V_R	0,224	V_R	0,224
	β =	3,800	β =	3,800		β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645		k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645		kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400		γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	2,100	γ_R	4,261		γ_R	1,194	γ_R	1,493
	γ	2,940	γ	5,967		γ	1,671	γ	2,090
Kontrolle	γ	-3,962	γ	5,967	Kontrolle	γ	1,671	γ	2,090
Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades									
Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999				A=	11,734		
	B=	5,103				B=	-1,107		
	C=	-3,004				C=	-0,247		
	D=	1,987				D=	-0,055		
	E=	0,128				E=	-0,006		
Faktoren laut Anhang B	α=	0,112				α=	-0,024		
	β=	-0,073				β=	-0,006		
	γ=	-0,010				γ=	-0,001		
	P=	0,009				P=	0,001		
	Q=	-0,001				Q=	0,000		
	U=	0,029				U=	0,014		
	y=	-0,020				y=	0,019		
	W=	0,269				W=	0,115		

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,439	0,000	-0,129	0,575	0,818	-3,409	0,265	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,058	0,000	0,388	-0,093	0,996	-0,151	-0,104	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**1% Strohspäne**		**Biegezugversuch**					
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**			
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich					
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800						
		Normalverteilung					**Log-Normalverteilung**	
	β =	3,800				β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,540	m_R =	2,540		mur =	0,926	mur =	0,926
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,293	σ_R =	0,293		σur =	0,115	σur =	0,115
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,698	ms =	1,314		mus =	0,040	mus =	0,380
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,386	σ_S =	-0,135		σus =	0,203	σus =	-0,086
	α_s	0,797	α_s	-0,419		α_s	0,870	α_s	-0,598
	α_R	0,605	α_R	0,908		α_R	0,493	α_R	0,801
	V_s	0,553	V_s	-0,103		V_s	5,054	V_s	-0,226
	V_R	0,115	V_R	0,115		V_R	0,124	V_R	0,124
	β =	3,800	β =	3,800		β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645		k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645		kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400		γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,102	γ_R	1,346		γ_R	1,027	γ_R	1,175
	γ	1,543	γ	1,885		γ	1,438	γ	1,645
Kontrolle	γ	1,543	γ	1,885	Kontrolle	γ	1,438	γ	1,645
Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades									
Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999				A=	11,734		
	B=	4,680				B=	-1,107		
	C=	0,099				C=	-0,149		
	D=	0,402				D=	-0,015		
	E=	0,072				E=	-0,001		
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,020				α=	-0,016		
	β=	-0,019				β=	-0,002		
	γ=	-0,004				γ=	0,000		
	P=	0,004				P=	0,000		
	Q=	0,000				Q=	0,000		
	U=	0,034				U=	0,009		
	y=	0,021				y=	0,010		
	W=	0,149				W=	0,070		

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,386	0,000	0,698	0,797	0,605	0,553	0,203	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,135	0,000	1,314	-0,419	0,908	-0,103	-0,086	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**2% Na Wasserglas**		**Biegezugversuch**					
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**			
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich					
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800						
		Normalverteilung					**Log-Normalverteilung**	
	β =	3,800				β =	3,800	
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	1,420	m_R =	1,420		mur =	0,323	mur =	0,323
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,339	σ_R =	0,339		σur =	0,235	σur =	0,235
Mittelwert Beanspruchung	ms =	-0,121	ms =	0,129		mus =	-1,047	mus =	-0,657
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,223	σ_S =	-0,020		σus =	0,273	σus =	-0,105
	α_s	0,549	α_s	-0,060		α_s	0,757	α_s	-0,408
	α_R	0,836	α_R	0,998		α_R	0,653	α_R	0,913
	V_s	-1,839	V_s	-0,158		V_s	-0,261	V_s	0,160
	V_R	0,239	V_R	0,239		V_R	0,729	V_R	0,729
	β =	3,800	β =	3,800		β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645		k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645		kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,401		γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	2,513	γ_R	6,429		γ_R	1,218	γ_R	1,536
	γ	3,518	γ	9,004		γ	1,705	γ	2,151
Kontrolle	γ	-6,907	γ	9,004	Kontrolle	γ	1,705	γ	2,151
Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades									
Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999				A=	11,734		
	B=	2,616				B=	-1,107		
	C=	-0,926				C=	-0,263		
	D=	0,301				D=	-0,061		
	E=	0,007				E=	-0,006		
Faktoren laut Anhang B	α=	0,035				α=	-0,026		
	β=	-0,011				β=	-0,006		
	γ=	-0,001				γ=	-0,001		
	P=	0,001				P=	0,001		
	Q=	0,000				Q=	0,000		
	U=	0,006				U=	0,015		
	y=	-0,007				y=	0,020		
	W=	0,145				W=	0,121		

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,223	0,000	-0,121	0,549	0,836	-1,839	0,273	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,020	0,000	0,129	-0,060	0,998	-0,158	-0,105	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**2,75% Holzasche**		**Biegezugversuch**					
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**			
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich					
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800						
		Normalverteilung					**Log-Normalverteilung**	
	β =	3,800				β =	3,800	
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,880	m_R =	2,880		mur =	1,056	mur =	1,056
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,160	σ_R =	0,160		σur =	0,056	σur =	0,056
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,235	ms =	2,017		mus =	0,373	mus =	0,710
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,402	σ_S =	-0,161		σus =	0,171	σus =	-0,072
	α_s	0,929	α_s	-0,710		α_s	0,951	α_s	-0,793
	α_R	0,370	α_R	0,704		α_R	0,309	α_R	0,609
	V_s	0,326	V_s	-0,080		V_s	0,458	V_s	-0,102
	V_R	0,056	V_R	0,056		V_R	0,053	V_R	0,053
	β =	3,800	β =	3,800		β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645		k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645		kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400		γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,986	γ_R	1,067		γ_R	0,974	γ_R	1,038
	γ	1,380	γ	1,494		γ	1,364	γ	1,453
Kontrolle	γ	1,380	γ	1,494	Kontrolle	γ	1,364	γ	1,453
Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades									
Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999				A=	11,734		
	B=	5,306				B=	-1,107		
	C=	1,049				C=	-0,122		
	D=	0,136				D=	-0,003		
	E=	0,032				E=	0,000		
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,066				α=	-0,014		
	β=	-0,013				β=	-0,001		
	γ=	-0,002				γ=	0,000		
	P=	0,002				P=	0,000		
	Q=	0,000				Q=	0,000		
	U=	0,031				U=	0,005		
	y=	0,041				y=	0,008		
	W=	0,126				W=	0,051		

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,402	0,000	1,235	0,929	0,370	0,326	0,171	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,161	0,000	2,017	-0,710	0,704	-0,080	-0,072	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**17,5% Tennismehl**		**Biegezugversuch**					
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**			
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich					
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800						
		Normalverteilung					**Log-Normalverteilung**	
	β =	3,800				β =	3,800	
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,630	m_R =	2,630		mur =	0,963	mur =	0,963
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,228	σ_R =	0,228		σur =	0,087	σur =	0,087
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,930	ms =	1,600		mus =	0,181	mus =	0,516
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,385	σ_S =	-0,147		σus =	0,187	σus =	-0,080
	α_s	0,860	α_s	-0,541		α_s	0,907	α_s	-0,678
	α_R	0,510	α_R	0,841		α_R	0,421	α_R	0,735
	V_s	0,414	V_s	-0,092		V_s	1,029	V_s	-0,155
	V_R	0,087	V_R	0,087		V_R	0,090	V_R	0,090
	β =	3,800	β =	3,800		β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645		k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645		kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400		γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,030	γ_R	1,186		γ_R	0,996	γ_R	1,105
	γ	1,443	γ	1,660		γ	1,394	γ	1,546
Kontrolle	γ	1,443	γ	1,660	Kontrolle	γ	1,394	γ	1,546
Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades									
Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999				A=	11,734		
	B=	4,846				B=	-1,107		
	C=	0,542				C=	-0,133		
	D=	0,252				D=	-0,008		
	E=	0,051				E=	-0,001		
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,040				α=	-0,015		
	β=	-0,015				β=	-0,001		
	γ=	-0,003				γ=	0,000		
	P=	0,003				P=	0,000		
	Q=	0,000				Q=	0,000		
	U=	0,033				U=	0,007		
	y=	0,029				y=	0,009		
	W=	0,133				W=	0,060		

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,385	0,000	0,930	0,860	0,510	0,414	0,187	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,147	0,000	1,600	-0,541	0,841	-0,092	-0,080	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**Kombination 3% Holzasche u. 10% Tennismehl**		**Biegezugversuch**	
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	2,690	m_R =	2,690	mur =	0,987	mur =	0,987
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,183	σ_R =	0,183	σur =	0,068	σur =	0,068
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,077	ms =	1,788	mus =	0,267	mus =	0,602
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,383	σ_S =	-0,151	σus =	0,177	σus =	-0,075
	α_s	0,902	α_s	-0,637	α_s	0,933	α_s	-0,743
	α_R	0,431	α_R	0,771	α_R	0,359	α_R	0,670
	V_s	0,355	V_s	-0,085	V_s	0,662	V_s	-0,125
	V_R	0,068	V_R	0,068	V_R	0,069	V_R	0,069
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,000	γ_R	1,109	γ_R	0,981	γ_R	1,063
	γ	1,399	γ	1,553	γ	1,373	γ	1,488
Kontrolle	γ	1,399	γ	1,553	Kontrolle γ	1,373	γ	1,488

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	4,956	B=	-1,107
	C=	0,794	C=	-0,126
	D=	0,166	D=	-0,005
	E=	0,036	E=	-0,001
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,052	α=	-0,014
	β=	-0,012	β=	-0,001
	γ=	-0,002	γ=	0,000
	P=	0,002	P=	0,000
	Q=	0,000	Q=	0,000
	U=	0,030	U=	0,006
	y=	0,034	y=	0,009
	W=	0,124	W=	0,054

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,383	0,000	1,077	0,902	0,431	0,355	0,177	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,151	0,000	1,788	-0,637	0,771	-0,085	-0,075	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:		**0-Probe**	**Druckversuch**	
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

		Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**		
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	6,690	m_R =	6,690	mur =	1,890	mur =	1,890
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,994	σ_R =	0,994	σur =	0,148	σur =	0,148
Mittelwert Beanspruchung	ms =	1,197	ms =	2,727	mus =	0,877	mus =	1,228
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	1,050	σ_S =	-0,316	σus =	0,222	σus =	-0,092
	α_s	0,726	α_s	-0,303	α_s	0,832	α_s	-0,529
	α_R	0,688	α_R	0,953	α_R	0,555	α_R	0,849
	V_s	0,877	V_s	-0,116	V_s	0,253	V_s	-0,075
	V_R	0,149	V_R	0,149	V_R	0,078	V_R	0,078
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,235	γ_R	1,636	γ_R	1,071	γ_R	1,263
	γ	1,729	γ	2,290	γ	1,499	γ	1,768
Kontrolle	γ	1,729	γ	2,290	Kontrolle γ	1,499	γ	1,768

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	12,326	B=	-1,107
	C=	-3,578	C=	-0,172
	D=	12,178	D=	-0,024
	E=	4,820	E=	-0,002
Faktoren laut Anhang B	α=	0,048	α=	-0,018
	β=	-0,507	β=	-0,003
	γ=	-0,279	γ=	0,000
	P=	0,279	P=	0,000
	Q=	-0,037	Q=	0,000
	U=	0,249	U=	0,010
	y=	0,085	y=	0,012
	W=	0,466	W=	0,083

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	1,050	-0,001	1,197	0,726	0,688	0,877	0,222	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,316	-0,001	2,727	-0,303	0,953	-0,116	-0,092	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**1% Strohspäne**		**Druckversuch**					
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**			
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich					
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800						
		Normalverteilung					**Log-Normalverteilung**	
	β =	3,800				β =	3,800	
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	0,621	m_R =	0,621		mur =	-0,492	mur =	-0,492
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,111	σ_R =	0,111		σur =	0,177	σur =	0,177
Mittelwert Beanspruchung	ms =	0,056	ms =	0,189		mus =	-1,623	mus =	-1,260
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,099	σ_S =	-0,024		σus =	0,239	σus =	-0,097
	α_s	0,666	α_s	-0,214		α_s	0,803	α_s	-0,480
	α_R	0,746	α_R	0,977		α_R	0,596	α_R	0,877
	V_s	1,771	V_s	-0,128		V_s	-0,147	V_s	0,077
	V_R	0,179	V_R	0,179		V_R	-0,360	V_R	-0,360
	β =	3,800	β =	3,800		β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645		k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645		kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400		γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	1,432	γ_R	2,098		γ_R	1,116	γ_R	1,349
	γ	2,005	γ	2,938		γ	1,562	γ	1,889
Kontrolle	γ	2,005	γ	2,938	Kontrolle	γ	1,562	γ	1,889
Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades									
Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999				A=	11,734		
	B=	1,144				B=	-1,107		
	C=	-0,072				C=	-0,198		
	D=	0,014				D=	-0,035		
	E=	0,000				E=	-0,004		
Faktoren laut Anhang B	α=	0,002				α=	-0,020		
	β=	-0,001				β=	-0,004		
	γ=	0,000				γ=	0,000		
	P=	0,000				P=	0,000		
	Q=	0,000				Q=	0,000		
	U=	0,002				U=	0,012		
	y=	0,000				y=	0,015		
	W=	0,050				W=	0,095		

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,099	0,000	0,056	0,666	0,746	1,771	0,239	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,024	0,000	0,189	-0,214	0,977	-0,128	-0,097	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**2,75% Holzasche**		**Druckversuch**					
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**			
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich					
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800						
		Normalverteilung					**Log-Normalverteilung**	
	β =	3,800				β =	3,800	
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	6,260	m_R =	6,260		mur =	1,833	mur =	1,833
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,264	σ_R =	0,264		σur =	0,042	σur =	0,042
Mittelwert Beanspruchung	ms =	2,850	ms =	4,606		mus =	1,185	mus =	1,526
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,858	σ_S =	-0,346		σus =	0,165	σus =	-0,069
	α_s	0,956	α_s	-0,795		α_s	0,969	α_s	-0,853
	α_R	0,294	α_R	0,607		α_R	0,247	α_R	0,522
	V_s	0,301	V_s	-0,075		V_s	0,139	V_s	-0,045
	V_R	0,042	V_R	0,042		V_R	0,023	V_R	0,023
	β =	3,800	β =	3,800		β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645		k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645		kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400		γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,977	γ_R	1,031		γ_R	0,971	γ_R	1,014
	γ	1,367	γ	1,443		γ	1,359	γ	1,420
Kontrolle	γ	1,367	γ	1,443	Kontrolle	γ	1,359	γ	1,420
Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades									
Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999				A=	11,734		
	B=	11,533				B=	-1,107		
	C=	5,512				C=	-0,118		
	D=	0,804				D=	-0,002		
	E=	0,426				E=	0,000		
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,334				α=	-0,013		
	β=	-0,111				β=	-0,001		
	γ=	-0,027				γ=	0,000		
	P=	0,018				P=	0,000		
	Q=	0,002				Q=	0,000		
	U=	0,125				U=	0,004		
	y=	0,201				y=	0,008		
	W=	0,261				W=	0,049		

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,858	0,000	2,850	0,956	0,294	0,301	0,165	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,346	0,000	4,606	-0,795	0,607	-0,075	-0,069	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**2,75% Holzasche**		**Druckversuch**					
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**			
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich					
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800						
		Normalverteilung					**Log-Normalverteilung**	
	β =	3,800				β =	3,800	
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	7,030	m_R =	7,030		mur =	1,949	mur =	1,949
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,402	σ_R =	0,402		σur =	0,057	σur =	0,057
Mittelwert Beanspruchung	ms =	2,990	ms =	4,891		mus =	1,261	mus =	1,597
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,984	σ_S =	-0,394		σus =	0,172	σus =	-0,073
	α_s	0,926	α_s	-0,700		α_s	0,949	α_s	-0,786
	α_R	0,378	α_R	0,714		α_R	0,316	α_R	0,618
	V_s	0,329	V_s	-0,081		V_s	0,136	V_s	-0,045
	V_R	0,057	V_R	0,057		V_R	0,029	V_R	0,029
	β =	3,800	β =	3,800		β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645		k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645		kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400		γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,987	γ_R	1,072		γ_R	0,975	γ_R	1,041
	γ	1,382	γ	1,501		γ	1,365	γ	1,458
Kontrolle	γ	1,382	γ	1,501	Kontrolle	γ	1,365	γ	1,458
Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades									
Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999				A=	11,734		
	B=	12,952				B=	-1,107		
	C=	6,151				C=	-0,122		
	D=	2,093				D=	-0,004		
	E=	1,218				E=	0,000		
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,386				α=	-0,014		
	β=	-0,189				β=	-0,001		
	γ=	-0,072				γ=	0,000		
	P=	0,060				P=	0,000		
	Q=	0,005				Q=	0,000		
	U=	0,187				U=	0,005		
	y=	0,241				y=	0,008		
	W=	0,309				W=	0,052		

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,984	0,000	2,990	0,926	0,378	0,329	0,172	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,394	0,000	4,891	-0,700	0,714	-0,081	-0,073	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**17,5% Tennismehl**		**Druckversuch**					
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400		**1/β =**	**0,263**			
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich					
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800						
		Normalverteilung					**Log-Normalverteilung**	
	β =	3,800				β =	3,800	
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	7,080	m_R =	7,080		mur =	1,956	mur =	1,956
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,397	σ_R =	0,397		σur =	0,056	σur =	0,056
Mittelwert Beanspruchung	ms =	3,028	ms =	4,947		mus =	1,271	mus =	1,608
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,990	σ_S =	-0,397		σus =	0,171	σus =	-0,072
	α_s	0,928	α_s	-0,707		α_s	0,950	α_s	-0,791
	α_R	0,372	α_R	0,707		α_R	0,311	α_R	0,612
	V_s	0,327	V_s	-0,080		V_s	0,135	V_s	-0,045
	V_R	0,056	V_R	0,056		V_R	0,029	V_R	0,029
	β =	3,800	β =	3,800		β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645		k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645		kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400		γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,986	γ_R	1,069		γ_R	0,974	γ_R	1,039
	γ	1,380	γ	1,496		γ	1,364	γ	1,455
Kontrolle	γ	1,380	γ	1,496	Kontrolle	γ	1,364	γ	1,455
Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades									
Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999				A=	11,734		
	B=	13,044				B=	-1,107		
	C=	6,307				C=	-0,122		
	D=	2,056				D=	-0,003		
	E=	1,207				E=	0,000		
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,395				α=	-0,014		
	β=	-0,190				β=	-0,001		
	γ=	-0,072				γ=	0,000		
	P=	0,059				P=	0,000		
	Q=	0,006				Q=	0,000		
	U=	0,188				U=	0,005		
	y=	0,245				y=	0,008		
	W=	0,309				W=	0,052		

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,990	0,000	3,028	0,928	0,372	0,327	0,171	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,397	0,000	4,947	-0,707	0,707	-0,080	-0,072	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-

Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Beanspruchbarkeit

Eingabemaske:	**Kombination 3% Holzasche u. 10% Tennismehl**		**Druckversuch**	
Teilsicherheitsbeiwert für Beanspruchung	γ_s =	1,400	**1/β =**	**0,263**
Quantilwert für Beanspruchung und Beanspruchbarkeit	k_s =	1,645	Nachweis mit Normalverteilung möglich	
Zuverlässigkeitsindex	β =	3,800		

	Normalverteilung				**Log-Normalverteilung**			
	β =	3,800			β =	3,800		
Mittelwert Beanspruchbarkeit	m_R =	6,300	m_R =	6,300	mur =	1,840	mur =	1,840
Standardabweichung Beanspruchbarkeit	σ_R =	0,226	σ_R =	0,226	σur =	0,036	σur =	0,036
Mittelwert Beanspruchung	ms =	2,935	ms =	4,732	mus =	1,206	mus =	1,550
Standardabweichung Beanspruchung	σ_S =	0,856	σ_S =	-0,345	σus =	0,163	σus =	-0,067
	α_s	0,967	α_s	-0,837	α_s	0,977	α_s	-0,883
	α_R	0,255	α_R	0,548	α_R	0,215	α_R	0,470
	V_s	0,292	V_s	-0,073	V_s	0,135	V_s	-0,043
	V_R	0,036	V_R	0,036	V_R	0,019	V_R	0,019
	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800	β =	3,800
Quantilwert für Beanspruchung	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645	k_s =	1,645
Quantilwert für Beanspruchbarkeit	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645	kr =	1,645
	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400	γ_S	1,400
	γ_R	0,975	γ_R	1,017	γ_R	0,971	γ_R	1,005
	γ	1,365	γ	1,424	γ	1,359	γ	1,407
Kontrolle	γ	1,365	γ	1,424	Kontrolle γ	1,359	γ	1,407

Lösung der quadratischen Gleichung 4. Grades

Faktoren laut Anhang A	A=	-22,999	A=	11,734
	B=	11,607	B=	-1,107
	C=	5,795	C=	-0,117
	D=	0,593	D=	-0,001
	E=	0,318	E=	0,000
Faktoren laut Anhang B	α=	-0,347	α=	-0,013
	β=	-0,105	β=	-0,001
	γ=	-0,022	γ=	0,000
	P=	0,012	P=	0,000
	Q=	0,002	Q=	0,000
	U=	0,116	U=	0,004
	y=	0,207	y=	0,008
	W=	0,259	W=	0,048

	σ_s	**Kontrolle**	m_s	α_s	α_R	V_s	σ_s	**Kontrolle**
1. Lösung für σ_s	0,856	0,000	2,935	0,967	0,255	0,292	0,163	0,000
2. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Lösung für σ_s	-0,345	0,000	4,732	-0,837	0,548	-0,073	-0,067	0,000
4. Lösung für σ_s	-	-	-	-	-	-	-	-