

René Hesselbarth

**Versuche zu Anforderungen an Außenputze
auf verschiedenen
Mauerwerksuntergründen**

Diplomarbeit

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2001 Diplom.de
ISBN: 9783832450151

René Hesselbarth

Versuche zu Anforderungen an Außenputze auf verschiedenen Mauerwerksuntergründen

René Hesselbarth

Versuche zu Anforderungen an Außenputze auf verschiedenen Mauerwerksuntergründen

Diplomarbeit
an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)
Fachbereich Bauingenieurwesen/Architektur
Juli 2001 Abgabe



Diplomica GmbH _____
Hermannstal 119k _____
22119 Hamburg _____
Fon: 040 / 655 99 20 _____
Fax: 040 / 655 99 222 _____
agentur@diplom.de _____
www.diplom.de _____

ID 5015

Hesselbarth, René: Versuche zu Anforderungen an Außenputze auf verschiedenen Mauerwerksuntergründen / René Hesselbarth - Hamburg: Diplomica GmbH, 2002
Zugl.: Dresden, Fachhochschule, Diplom, 2001

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Diplomica GmbH
<http://www.diplom.de>, Hamburg 2002
Printed in Germany



Wissensquellen gewinnbringend nutzen

Qualität, Praxisrelevanz und Aktualität zeichnen unsere Studien aus. Wir bieten Ihnen im Auftrag unserer Autorinnen und Autoren Wirtschaftsstudien und wissenschaftliche Abschlussarbeiten – Dissertationen, Diplomarbeiten, Masterarbeiten, Staatsexamensarbeiten und Studienarbeiten zum Kauf. Sie wurden an deutschen Universitäten, Fachhochschulen, Akademien oder vergleichbaren Institutionen der Europäischen Union geschrieben. Der Notendurchschnitt liegt bei 1,5.

Wettbewerbsvorteile verschaffen – Vergleichen Sie den Preis unserer Studien mit den Honoraren externer Berater. Um dieses Wissen selbst zusammenzutragen, müssten Sie viel Zeit und Geld aufbringen.

<http://www.diplom.de> bietet Ihnen unser vollständiges Lieferprogramm mit mehreren tausend Studien im Internet. Neben dem Online-Katalog und der Online-Suchmaschine für Ihre Recherche steht Ihnen auch eine Online-Bestellfunktion zur Verfügung. Inhaltliche Zusammenfassungen und Inhaltsverzeichnisse zu jeder Studie sind im Internet einsehbar.

Individueller Service – Gerne senden wir Ihnen auch unseren Papierkatalog zu. Bitte fordern Sie Ihr individuelles Exemplar bei uns an. Für Fragen, Anregungen und individuelle Anfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Wir freuen uns auf eine gute Zusammenarbeit.

Ihr Team der Diplomarbeiten Agentur

Diplomica GmbH _____
Hermannstal 119k _____
22119 Hamburg _____

Fon: 040 / 655 99 20 _____
Fax: 040 / 655 99 222 _____

agentur@diplom.de _____
www.diplom.de _____

INHALTSVERZEICHNIS

Thesen zur Diplomarbeit	8
1. Vorwort	9
2. Theoretische Grundlagen	10
2.1. Kenngrößen von Baustoffen	10
2.2. Lastbedingte Formänderungen	10
2.3. Der Ziegel	12
2.3.1. Kennwerte und Eigenschaften	13
2.3.1.1. Format	13
2.3.1.2. Druckfestigkeit	13
2.3.2. Vollziegel und Leichthochlochziegel	14
2.4. Mauermörtel	15
2.4.1. Begriffsbestimmung	15
2.4.2. Eigenschaften	17
2.5. Putzmörtel	18
2.5.1. Begriffsbestimmung	18
2.5.2. Putzmörtelgruppen	18
2.5.3. Herstellungs-, Lösch- und Erhärtungsprozesse	19
2.5.3.1. Luftkalk	20
2.5.3.2. Hydraulischer Kalk	21
2.6. Witterungsbedingte Putzbeanspruchungen	22
2.6.1. Der Einfluss von Wasser, Schlagregen und Frost	22
2.6.1.1. Wasser	22
2.6.1.2. Schlagregenbeanspruchung	22
2.6.1.3. Frost	23
2.6.1.4. Temperaturwechsel	24
2.6.1.5. Weitere Beanspruchungen	25
2.7. Rissbilder im Außenputz und ihre Ursachen	25
2.7.1. Definition Riss	25
2.7.2. Klassifizierung von Putzrissen	26
2.7.2.1. Putzgrundbedingte Risse	26
2.7.2.2. Putzbedingte Risse	27
2.7.2.3. Bauwerksbedingte Risse	28
2.8. Putzaufbau	29
2.8.1. Putzlagen	29
2.8.2. Der Putzgrund	29
2.8.3. Unterschiede zwischen „altem“ und „neuem“ Putz	31
2.8.4. Rissbildung infolge Verwendung von hochwärmedämmendem Mauerwerk	32

3. Experimentelle Untersuchungen.....	35
3.1. Vorbemerkungen.....	35
3.2. Kennwerte der verwendeten Materialien	35
3.2.1. Putzmörtel	35
3.2.2. Mauersteine	36
3.3. Versuchsprogramm zur Ermittlung ausgewählter Kennwerte der verwendeten Materialien	37
3.3.1. Beschreibung der Experimente zur Bestimmung der Putzmörtelkennwerte.....	37
3.3.1.1. Das Anmischen	37
3.3.1.2. Ausbreitmaß, Frischmörtelrohddichte und Luftporengehalt.....	37
3.3.1.3. Rohddichte und Druckfestigkeit der Putze	38
3.3.1.4. Statischer E-Modul.....	38
3.3.1.5. Dynamischer E-Modul.....	38
3.3.1.6. Zugfestigkeit der Putze	39
3.3.1.7. Kriechversuche an Putzmörteln	41
3.3.1.8. Schwindmaß der Putzmörtel nach Graf-Kaufmann	43
3.3.1.9. Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ	44
3.3.1.10. Wasseraufnahmekoeffizient der Putzmörtel	45
3.3.2. Beschreibung der Experimente zur Bestimmung ausgewählter Ziegelkennwerte.....	46
3.3.2.1. Format, Ziegel- und Scherbenrohddichte und Druckfestigkeit.....	46
3.3.2.2. Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten und Quellen der Ziegel an einer Ansichtsfläche.....	47
3.3.2.3. Das Karsten'sche Röhrchen - ein weiteres Messverfahren zur Ermittlung der Wasseraufnahme.....	48
3.3.3. Versuche am Verbundsystem Außenputz – Ziegel zur Untersuchung des Rissverhaltens bei extremer Temperaturwechselbeanspruchung.....	49
3.3.3.1. Allgemeines.....	49
3.3.3.2. Versuchsaufbau	49
3.3.3.3. Bestimmung der Temperaturverteilungen im Mauerwerk.....	51
3.3.3.4. Bestimmung der Dehnungen der Putzmörtel infolge extremer Temperatur- wechsel	51
3.3.3.5. Haftzugprüfungen.....	52
3.3.3.6. Bestimmung des E-Moduls und Druckfestigkeit der Putzmörtel von den Versuchswänden	52
3.3.3.7. Bestimmung der Scherfestigkeiten in der Übergangszone Putz-Steinoberfläche ..	53
3.4. Zusammenstellung und Wertung der ermittelten Ergebnisse.....	55
3.4.1. Ermittelte Kennwerte der Putzmörtel.....	55
3.4.1.1. Ausbreitmaß, Frischmörtelrohddichte und Luftporengehalt.....	55
3.4.1.2. Rohddichte und Druckfestigkeit der Putze	56
3.4.1.3. Statischer E-Modul.....	57
3.4.1.4. Dynamischer E-Modul.....	57
3.4.1.5. Zugfestigkeit der Putze	57
3.4.1.6. Kriechversuche an Putzmörteln	58
3.4.1.7. Bestimmung der Schwindmaße von Putzmörteln	58
3.4.1.8. Bestimmung der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ	62
3.4.1.9. Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten der Putzmörtel	63
3.4.2. Ermittelte Kennwerte der Ziegel	65
3.4.2.1. Format, Ziegel- und Scherbenrohddichte und Druckfestigkeit.....	65
3.4.2.2. Wasseraufnahmekoeffizient der Ziegel.....	65
3.4.2.3. Auswertung des Karsten'schen Röhrchens.....	66
3.4.3. Ergebnisse der Versuche am Verbundsystem Putz-Ziegel.....	68
3.4.3.1. Beobachtungen bis zum Beginn der thermisch – hygrischen Belastung.....	68
3.4.3.2. Beobachtungen während der thermisch-hygrischen Belastung	69

3.4.3.3. Ermittelte Dehnungen an den Versuchswänden infolge Temperaturbelastung	76
3.4.3.4. Haftzugfestigkeitsprüfung.....	77
3.4.3.5. Druckfestigkeit.....	78
3.4.3.6. Dynamischer E-Modul.....	79
3.4.3.7. Scherfestigkeit.....	80
3.4.3.8. Auswertung des Karsten'schen Röhrchens am Verbundsystem Putz-Ziegel	81
3.5. Rechnerische Ermittlung der Risssicherheit	82
3.6. Beurteilung der Prüfungen zur Bestimmung der Dauerhaftigkeit von Putzmörteln.....	83
4. Zusammenfassung, Verbunden mit Hinweisen zur Vermeidung von Putzschäden auf hochwärmedämmendem Mauerwerk	85
5. Anhang.....	89
5.1. Messergebnisse	89
5.1.1. Bestimmung des Luftporengehaltes des Frischmörtels nach DIN 18 555, Teil 2	89
5.1.2. Bestimmung des Ausbreitmaßes nach DIN 1060, Teil 3	89
5.1.3. Bestimmung der Frischmörtelrohichte nach DIN 18 555, Teil 2.....	89
5.1.4. Bestimmung der Zugfestigkeit der Putzmörtel	90
5.1.5. Ergebnisse der Schwindmessung Faser-Leichtputz MFL.....	91
5.1.5.1. Lagerung im Exsikkator.....	91
5.1.5.2. Normlagerung nach DIN 18 555, Teil 3	92
5.1.5.3. Lagerung im Trockenschrank bei 50°C.....	93
5.1.5.4. Lagerung im Trockenschrank bei 105°C.....	93
5.1.5.5. Lagerung im Freien	94
5.1.6. Ergebnisse der Schwindmessung Kalk-Zementputz MK3	95
5.1.6.1. Lagerung im Exsikkator.....	95
5.1.6.2. Normlagerung nach DIN 18 555, Teil 3	96
5.1.6.3. Lagerung im Trockenschrank bei 50°C.....	97
5.1.6.4. Lagerung im Trockenschrank bei 105°C.....	97
5.1.6.5. Lagerung im Freien	98
5.1.7. Gesammelte Wetterdaten aus der Sächsischen Zeitung und Dresdner Neusten Nachrichten vom 25.04. – 20.06.2001	99
5.1.7.1. Temperaturverlauf.....	99
5.1.7.2. Niederschlag	99
5.1.8. Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsaufzeichnung während einer Woche mit Hilfe eines Thermo-Hygrographen im Klimaschrank.....	100
5.1.9. Berechnung der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl nach DIN 52 615	100
5.1.10. Ermittelte Wasseraufnahme und -abgabe zur Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten der Putzmörtel	101
5.1.11. Kalibrierung der Kriechstände mittels Kraftmessdose	102
5.1.12. Bestimmung der Kriechdehnungen an den Putzmörteln.....	102
5.1.13. Bestimmung der Abmessungen von Ziegeln nach DIN 105	103
5.1.14. Bestimmung der Ziegelrohichte nach DIN 105, Teil 1.....	104
5.1.15. Bestimmung der Scherbenrohichte nach DIN 105, Teil 1	104
5.1.16. Vorrichtung zur Wägung der Hochlochziegel unter Wasser	104
5.1.17. Temperatur- und Feuchtigkeitsaufzeichnung während einer Woche im Raum der unbelasteten Wände mit Hilfe des Thermo-Hygrographen.....	105

5.1.18. Temperatur- und Feuchtigkeitsaufzeichnung während einer Woche im Raum der belasteten Wände mit Hilfe des Thermo-Hygrographen.....	105
5.1.19. Temperatur- und Feuchtigkeitsaufzeichnung für eine Woche während der Prismenlagerung mit Hilfe des Thermo-Hygrographen.....	106
5.1.20. Verformungen der Mauersteine während der Quellmessung	106
5.1.21. Ermittelte Wasseraufnahme und -abgabe zur Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten der Ziegel.....	106
5.1.22. Anhaltswerte für die Beurteilung der Prüfergebnisse des Karsten'schen Röhrchens (gemittelte Wassereindringwerte je Minute und 3 cm ³ Prüffläche) /43/ S. 400.....	107
5.1.23. Messwerte des Karsten'schen Röhrchens.....	107
5.1.24. Messpunktanordnung der Thermoelemente an den Versuchswänden	108
5.1.25. Anordnung der Setzdehnungsmesspunkte auf den Versuchswänden	109
5.1.26. Messwerte der Putzdehnungen infolge extremer Temperaturbelastung	109
5.1.27. Ergebnisse der Haftzugprüfungen nach DIN 18 555, Teil 6.....	110
5.1.28. Ergebnisse der dynamischen E-Modulprüfung an den Putzscheiben	110
5.1.29. Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung an den Putzscheiben.....	111
5.1.30. Ergebnisse der Scherfestigkeitsprüfung an den Probekörpern	111
5.1.31. CD-ROM, Inhalt: Diplomarbeit im Word 2000- und pdf-Format, Exceltabellen, Grafiken und Bilder.....	111
5.2. Prüfprotokolle.....	112
5.2.1. Biegezug- und Druckfestigkeit Faser-Leichtputz MFL nach 28 Tagen	112
5.2.2. Biegezug- und Druckfestigkeit Kalk-Zementputz MK3 nach 28 Tagen.....	112
5.2.3. Biegezug- und Druckfestigkeit Dünnbettmörtel nach 28 Tagen.....	113
5.2.4. Biegezug- und Druckfestigkeit Mauermörtel nach 28 Tagen	113
5.2.5. Biegezug- und Druckfestigkeit Faser-Leichtputz MFL nach 56 Tagen	114
5.2.6. Biegezug- und Druckfestigkeit Kalk-Zementputz MK3 nach 56 Tagen.....	114
5.2.7. Biegezug- und Druckfestigkeit Dünnbettmörtel nach 56 Tagen.....	115
5.2.8. Biegezug- und Druckfestigkeit Mauermörtel nach 56 Tagen	115
5.2.9. Trockenrohdichte Faser-Leichtputz MFL.....	116
5.2.10. Trockenrohdichte Kalk-Zementputz MK3.....	116
5.2.11. Druckfestigkeit an Würfeln nach 14 Tagen vor der E-Modulprüfung (Kalk-Zementputz MK3)	117
5.2.12. E-Modul Kalk-Zementputz MK3 nach 14 Tagen	117
5.2.13. Druckfestigkeit nach der E-Modulprüfung Kalk-Zementputz MK3 nach 14 Tagen ...	119
5.2.14. Druckfestigkeit an Würfeln nach 28 Tagen vor der E-Modulprüfung (Kalk-Zementputz MK3)	120
5.2.15. E-Modul Kalk-Zementputz MK3 nach 28 Tagen	120
5.2.16. Druckfestigkeit nach der E-Modulprüfung Kalk-Zementputz MK3 nach 28 Tagen ...	122
5.2.17. Druckfestigkeit Plangitterziegel P014, 12DF	123
5.2.18. E-Modul Plangitterziegel.....	123
5.2.19. Druckfestigkeit Vollziegel MZ 1,8	125
5.2.20. E-Modul Vollziegel MZ 1,8.....	125

5.2.21. Dynamischer E-Modul der Putzmörtel nach 14 Tagen	127
Faser-Leichtputz MFL	127
Kalk-Zementputz MK3.....	128
5.2.22. Dynamischer E-Modul der Putzmörtel nach 28 Tagen	129
Faser-Leichtputz MFL	129
Kalk-Zementputz MK3.....	130
5.3. Quellenverzeichnis.....	131
5.4. Bildverzeichnis	134
5.5. Abbildungsverzeichnis	136
5.6. Tabellenverzeichnis	136
5.7. Diagrammverzeichnis	137
5.8. Normenverzeichnis	138
Danksagung	140
Erklärung	141

THESEN ZUR DIPLOMARBEIT

1. Wird von wärmedämmendem Mauerwerk gesprochen, ist damit Mauerwerk aus Mauersteinen mit einer Steinrohichte von $\leq 1000 \text{ kg/m}^3$ unter Verwendung von Leicht- bzw. Dünnbettmörtel gemeint.
2. Auf Grund des niedrigen E-Moduls und der Druckfestigkeit des Leichthochlochziegels kann die Rissanfälligkeit durch die Verwendung von weichen, verformbaren Putzen verringert werden.
3. Daraus resultierend sollten die verwendeten Putzmörtel auf den Putzgrund abgestimmt sein. D.h. mit Hilfe der Putzregel „weich auf hart“ können die Spannungsverformungen des Untergrundes besser abgebaut werden.
4. Die auftretenden Temperaturschwankungen infolge extremen Temperaturbelastungen spielen sich ausschließlich im äußeren Bereich der Steinaußenschale ab und können maßgebend sein für eine Rissbildung im fugennahen Bereich.
5. Extreme Temperaturbeanspruchungen, Quellen und Schwinden beeinflussen entscheidend die Dauerhaftigkeit der aufgetragenen Putzmörtel am jeweiligen Mauerwerk.
6. Risse können durch Überschreitung der Zugspannungen im Putz sowie durch Temperaturdehnungen entstehen.
7. Zwischen den nach DIN ermittelten und den an den Wänden geprüften Druckfestigkeiten der Putzmörtel sind Abweichungen infolge unterschiedlicher Bedingungen möglich.
8. Durch einen wasserabweisend eingestellten Putz erfolgt eine Erhöhung des Schlagregenschutzes und der Witterungsbeständigkeit.

1. VORWORT

Eine seit Jahrhunderten bewährte Möglichkeit, die Außenwände vor schädlichen Witterungseinflüssen zu schützen und ansprechende Fassadengestaltungen zu erreichen, wurde durch die Verwendung von Putzmörteln verwirklicht. Bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts hatten sich die Wandbauarten und Bindemittel für Außenputze kaum geändert. Daher konnte eine Handwerkstradition wachsen, die auf den Erfahrungen von Generationen von Bauleuten fußte. Das wohl entscheidendste Merkmal der alten Traditionen war, dass die Wärmeleitfähigkeiten der verwendeten Ziegelformate, meist Normalformat und das Verformungsverhalten der Außenputze nur geringfügig von einander abwichen. Des Weiteren hatten Vollziegel eine sehr viel größere mechanische Stabilität im Vergleich zu den heute verwendeten Steinformaten; als Außenputz waren der Kalk- bzw. Kalk-Zementputz weit verbreitet.

Im Laufe der weiteren Entwicklung in der Baustoffindustrie und besonders durch die Energiekrisen in den siebziger Jahren wurden verstärkt Baustoffe mit immer höherer Wärmedämmung und abnehmenden Wanddicken bei gleichzeitiger Vergrößerung der Formate entwickelt. Die Frage nach dem richtigen, auf den Putzgrund abgestimmten Putz, ist daher heute aktueller als je zuvor.

So spricht auch Oswald in seiner Veröffentlichung „Mängel, Schäden, Streitigkeiten“ diese Problematik an. Die Wärmeschutznorm DIN 4108 von 1969 nennt für den gängigen $1,2 \text{ kg/dm}^3$ schweren Leichtziegel einen Wärmeleitwert von $0,52 \text{ W/mK}$ und dem gegenüber weisen heute praxisübliche, in Leichtmauermörtel vermauerte Leichthochlochziegel bei einer Ziegelrohddichte von $0,7 \text{ kg/dm}^3$ einen Wärmeleitwert von $0,18$ bis $0,21 \text{ W/mK}$ auf. Die fast dreifache Verbesserung des Wärmeschutzes ist mit einer erheblichen Verminderung des Wandgewichtes verbunden. /1/ S.72

Die oben dargestellten gegenläufigen Entwicklungen – harter, unelastischer Putz auf weichem dämmenden Untergrund – sind die Ursache vieler Putzschäden. Deshalb muss es das Ziel sein, die verschiedenen Putzarten auf den Putzgrund abzustimmen.

Die theoretischen Grundlagen im ersten Abschnitt stellen eine Einführung in die angesprochene Problematik dar. Anschließend folgen die Versuchsbeschreibungen bzw. Auswertungen und im Ergebnis der Diplomarbeit Hinweise zur Beschaffenheit von Außenputzen auf wärmedämmenden Mauerwerksuntergründen, um Risschäden vermeiden bzw. eingrenzen zu können.

2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

2.1. Kenngrößen von Baustoffen

Um Veränderungen bzw. Verformungen von Baustoffen oder Bauwerken besser vergleichen zu können, sind im Laufe der Zeit verschiedene Kenngrößen entwickelt worden. Dabei handelt es sich u.a. um:

2.2. Lastbedingte Formänderungen

Elastizitätsmodul	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_{el}}$	[N/mm ²]	Gl. 1 nach /2/ S. 15
mit:	σ = Normalspannung (N/mm ²)		
	ε_{el} = Dehnung [‰]		

Das Hooke'sche Gesetz beschreibt die elastische Verformung eines Körpers in Abhängigkeit von der verformenden Kraft. Die Verformung darf nach Einwirkung der Kraft nicht bestehen bleiben, d.h. der Körper muss nach der Krafteinwirkung wieder seine ursprüngliche Form annehmen. Die Konstante E bezeichnet man als Elastizitätsmodul. Unter einer Dehnung versteht man die Längenänderung des Körpers, d.h. die Kraft wirkt entlang der Längsachse des Körpers. Bei der Spannung (auch Normalspannung) wirkt die Kraft senkrecht auf den Querschnitt des Körpers. /3/

Schubmodul	$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \mu)}$	[N/mm ²]	Gl. 2 nach /2/ S. 15
mit:	E = Elastizitätsmodul	[N/mm ²]	
	μ = Querdehnzahl	[-]	

Kriechzahl	$\varphi = \frac{\varepsilon_K}{\varepsilon_{el}}$	[-]	Gl. 3 nach /2/ S. 15
mit:	ε_K = Kriechdehnung [mm/m]		
	ε_{el} = Dehnung [mm/m]		

Die Kriechzahl φ ist die Kriechdehnung, bezogen auf die elastische Dehnung. /4/ S. 32

Kriechen	Laut Schäffler's Baustoffkunde wird darunter die zeitabhängige Formänderung unter ständig wirkender Spannung σ_0 verstanden. Das Kriechen setzt sich aus einem reversiblen Teil $\varepsilon_{k,r}$, der nach der Entlastung im Laufe der Zeit wieder verschwindet und einem irreversiblen Anteil $\varepsilon_{k,ir}$ zusammen. /4/ S. 32
----------	--