

KALKSANDSTEIN Bauseminar 2020

TAGUNGSHANDBUCH

Das neue GEG – was hat sich geändert
Zukunft Bauen mit Kalksandstein. Forschung – ein Blick hinter die Kulissen
Aus Fehlern lernen – wie der Schallschutz am Bau wirklich gelingt



www.ks-nord.de

Kalksandstein Bauseminar 2020

Stand: Januar 2020

Herausgeber:

Kalksandsteinindustrie Nord e.V.

Alle Angaben erfolgen nach bestem Wissen und Gewissen
jedoch ohne Gewähr.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung.
Das Copyright liegt bei den Referenten.

Inhaltsverzeichnis

Das neue Gebäudeenergiegesetz GEG – was hat sich geändert	03
Prof. Dr.-Ing. Andreas H. Holm Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V., München	
Zukunft Bauen mit Kalksandstein. Forschung – ein Blick hinter die Kulissen	31
Dr.-Ing. Wolfgang Eden Forschungsvereinigung Kalk-Sand e. V., Hannover	
Aus Fehlern lernen – wie der Schallschutz am Bau wirklich gelingt	83
Prof. Dr.-Ing. Alfred Schmitz TAC Technische Akustik, Grevenbroich	

Das neue Gebäudeenergiegesetz GEG – was hat sich geändert

Prof. Dr.-Ing. Andreas H. Holm

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V., München



Das neue Gebäudeenergiegesetz (GEG) - was hat sich geändert ?

Andreas H. Holm



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Entwicklung der Anforderungen



1977
Energiesparender Wärmeschutz (WSchV)

1984
 U_{Mittel}

1995
 Q_{Heiz}
 U_{Mittel}

2002
 $Q_{\text{primär}}$ für Heizung, WW, Lüftung
 U_{Mittel}

2007
 $Q_{\text{primär}}$ für Heizung, WW, Lüftung, Kühlung, Beleuchtung
 U_{Mittel}

2009
 $Q_{\text{primär}}$ für Heizung, WW, Lüftung, Kühlung, Beleuchtung
Anteil Erneuerbare Energien
 U_{Mittel}

EEWärmeG

Mindestwärmeschutz nach Bauordnungsrecht (DIN 4108-2)

Energieeinsparverordnung

Nichtamtliche Lesefassung

zu der am 16.10.2013 von der Bundesregierung beschlossene noch nicht in Kraft getretene Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung^{1, 2}

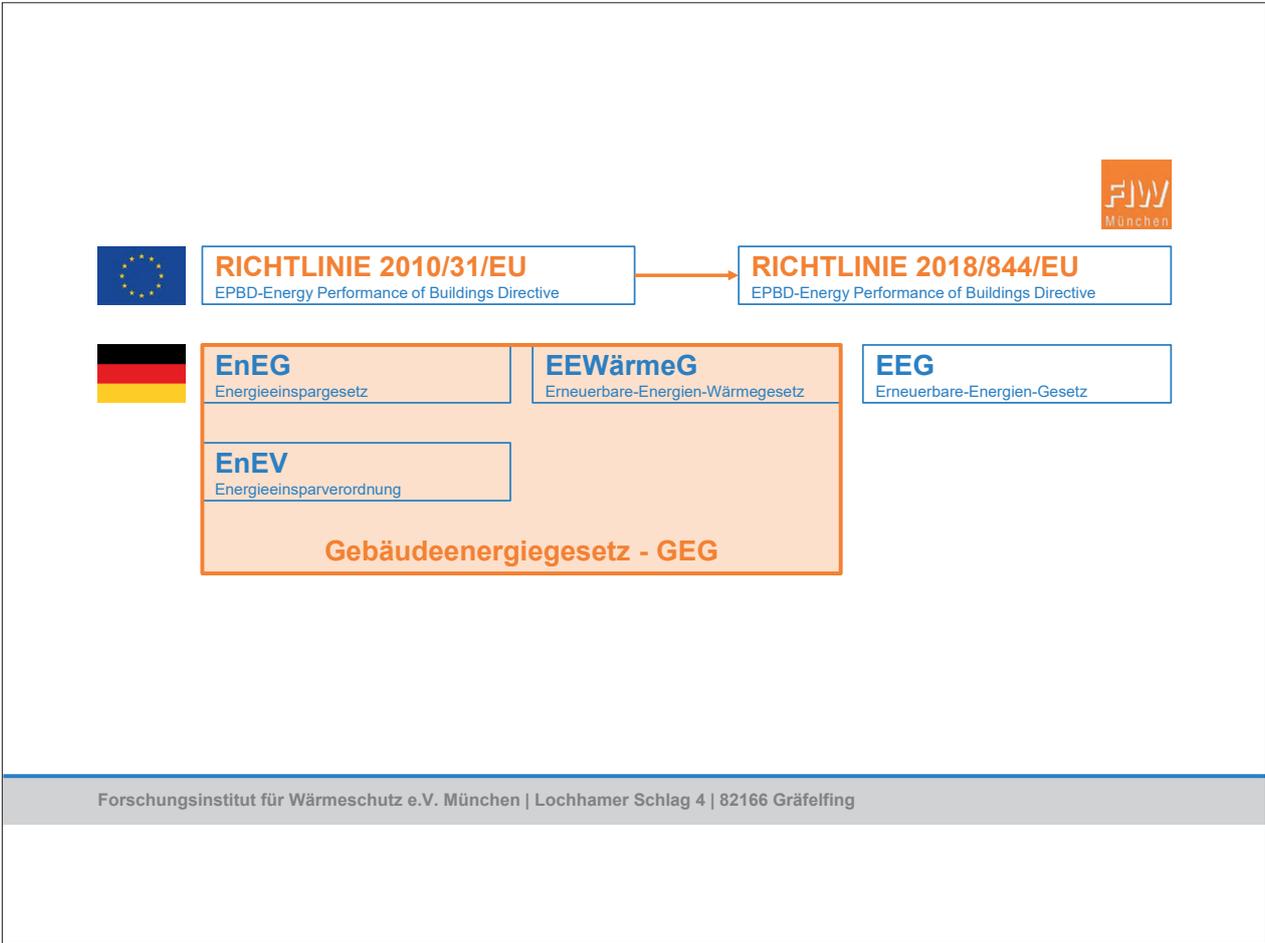
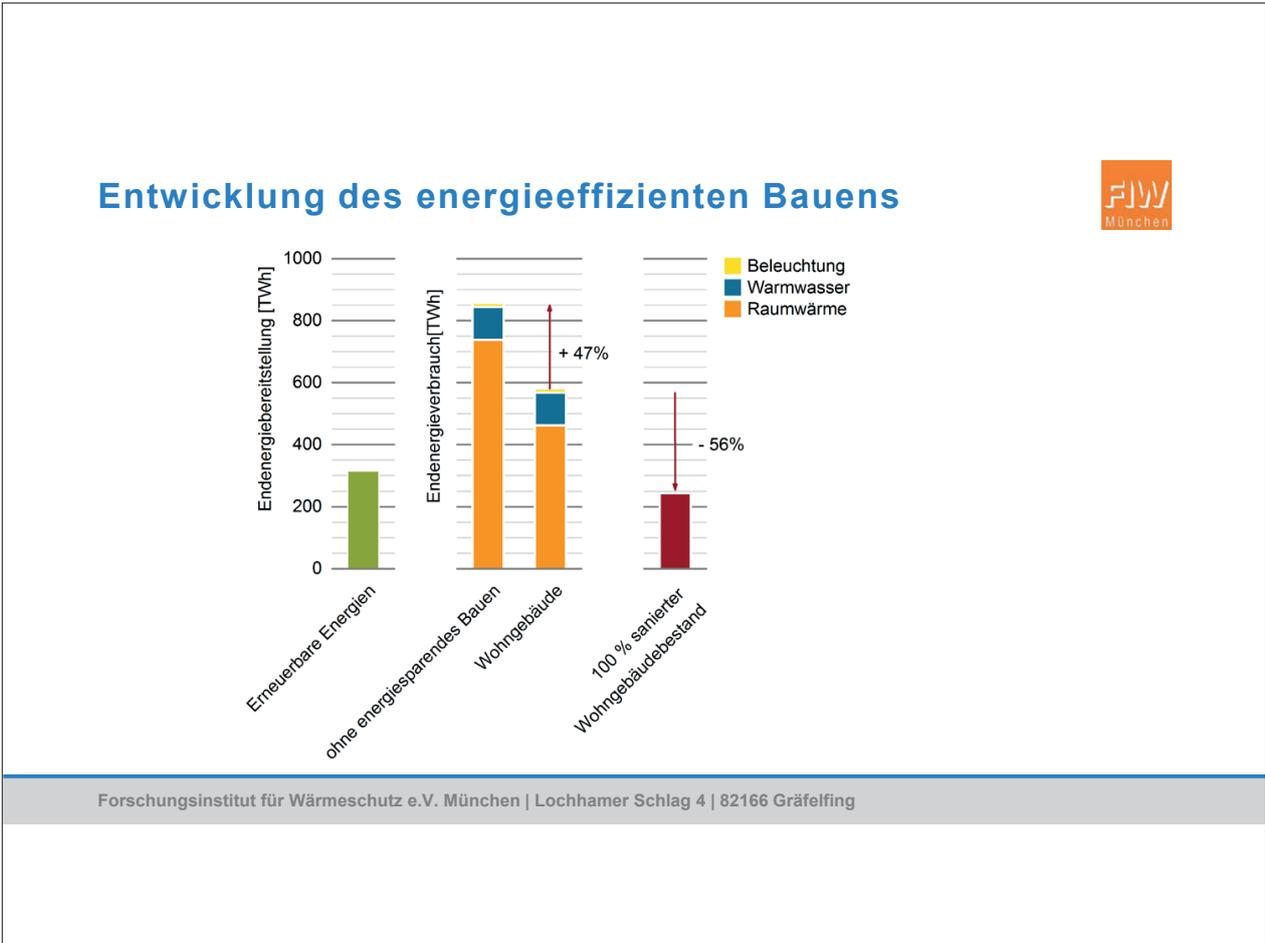
Legende:

Änderungen im Fettdruck beruhen auf der Änderungsverordnung vom 16.10.2013 (Änderungen in der Farbgliederung sind durch Klammerschließen hervorgehoben.)

Anmerkungen: In den Tabellen der Anlagen 1 bis 5 und 10 können die Änderungen nicht kenntlich gemacht werden. In den Anlagen 6 bis 9 war eine Kennzeichnung der Änderungen nicht möglich.

Streichungen (d.h. weggelassene Texte) sind nicht gesondert kenntlich gemacht.

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing





- 4 - Bearbeitungsstand: 23.01.2017 13:00 Uhr

Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Entwurf eines Gesetzes zur Zusammenführung ...

Gebäudeenergiegesetz – GEG 2017

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Gebäudeenergiegesetz – GEG 2017



Wirtschaftlichkeit von Einfamilienhäusern in Niedrigenergie-Gebäustandard

Wirtschaftlichkeit von Einfamilienhäusern in Niedrigenergie-Gebäustandard

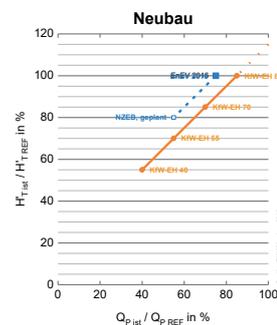
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München
 Prof. Dr.-Ing. Andreas Holm
 Dipl.-Ing. Florian Kogler, MSc
 Dipl.-Ing. Christine Madenpacher
 Dipl.-Ing. Christoph Eppengard
 Eine Studie in Kooperation mit der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (AZG/eV)
 Dipl.-Ing. Dietmar Wabrig
 Dipl.-Ing. Timo Gieseler
 ARGE//eV
 Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Deutschen Gesellschaft für Massenerdbebau (DGM) gefördert.
 Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.



FIW München
 Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V.
 ISBN 978-3-93288-41-3

Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing
 Tel: +49 89 30808-0 | Fax: +49 89 30808-40
 www.fiw-muenchen.de | www.forschungsinstitut-fur-waermeschutz.de
 Prof. Dr.-Ing. Andreas H. Holm



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Gebäudeenergiegesetz – GEG 2017



Novelle des Energieeinsparrechts für Gebäude



GEG-Start | Nachrichten | > 30.03.2017 Kurzbericht

GEG GebäudeEnergieGesetz gescheitert:
Koalitionsausschuss konnte sich nicht einigen

Lesen Sie was das Umwelt- und Bauministerium (BMUB) zu diesem Anlass resümiert, welche Aspekte von besonderer Bedeutung sind und welche Konsequenzen sich für den Klimaschutz, die Kommunen, Planer und Bauherren ergeben

© Foto: BMUB/Susie Knoll Farbraum: RGB

Dr. Barbara Hendricks, Umwelt- und Bauministerin
zum gescheiterten GebäudeEnergieGesetz (GEG):

„Es ist ein Armutszeugnis, dass die Unionsfraktion das Gebäudeenergiegesetz hat scheitern lassen. Mit dem Gesetz hätten wir bezahlbares Bauen und Klimaschutz im Gebäudebereich miteinander in Einklang gebracht und die Vorbildfunktion des Bundes unterstrichen: Denn es hätte den Niedrigstenergiegebäudestandard für öffentliche Gebäude ab 2019 definiert und den Kommunen die dringend erforderliche Planungssicherheit für den Bau von energieeffizienten, klimagerechten und nachhaltigen Schulen, Kitas

GEG kommt!

[Interview mit Staatssekretär Gunther Adler, BMUB](#)

[GebäudeEnergie-Gesetz GEG: Was kommt wann?](#)

GEG Überblick

[Suchen + finden](#)

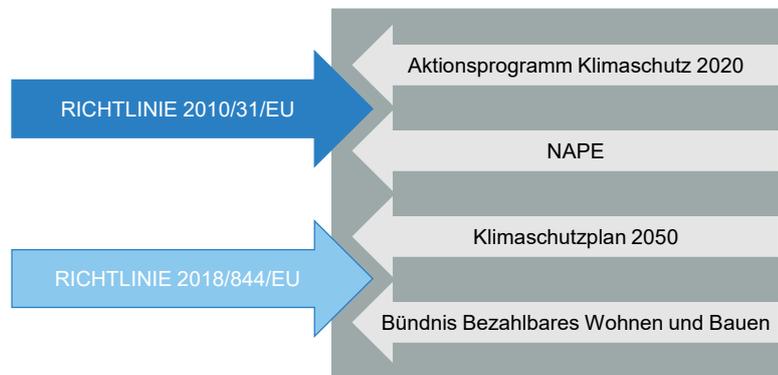
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Neuer Versuch - Gebäudeenergiegesetz 2019

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Aktuelle Herausforderung



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Koalitionsvertrag



IX. Lebenswerte Städte, attraktive Regionen und bezahlbares Wohnen
→ 4. Innovation und Wirtschaftlichkeit beim Bauen

Wir werden das Ordnungsrecht entbürokratisieren und vereinfachen und die Vorschriften der EnEV, des EnergieeinsparG und des EEWärmeG in einem **modernem Gebäudeenergiegesetz** zusammenführen und damit die Anforderungen des EURechts zum 1. Januar 2019 für öffentliche Gebäude und zum 1. Januar 2021 für alle Gebäude umsetzen. **Dabei gelten die aktuellen energetischen Anforderungen für Bestand und Neubau fort.** Wir wollen dadurch insbesondere den weiteren Kostenauftrieb für die Mietpreise vermeiden. Zusätzlich werden wir den **Quartiersansatz** einführen. Mögliche Vorteile einer **Umstellung** künftiger gesetzlicher Anforderungen **auf die CO₂-Emissionen** werden wir prüfen. Die mögliche Umstellung soll spätestens bis zum 1. Januar 2023 eingeführt werden.

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Koalitionsvertrag



Wir setzen das Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 und **den Klimaschutzplan 2050 mit den für alle Sektoren vereinbarten Maßnahmenpaketen und Zielen vollständig um** und werden Ergänzungen vornehmen, um die Handlungslücke zur Erreichung des Klimaziels 2020 so schnell wie möglich zu schließen. **Das Minderungsziel 2030 wollen wir auf jeden Fall erreichen.** Dies soll unter Beachtung des Zieldreiecks Versorgungssicherheit, Sauberkeit und Wirtschaftlichkeit sowie ohne Strukturbrüche und mithilfe einer deutlichen Steigerung des Ausbaus der Erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz realisiert werden. Wir stehen weiterhin für eine wissenschaftlich fundierte, technologieoffene und effiziente Klimapolitik.

**XI. Verantwortungsvoller Umgang mit unseren Ressourcen
→ 1. Umwelt und Klima**

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Inhaltliche Aspekte



- Nicht viel gendert hat im Vergleich zu dem ersten GEG Entwurf im Jahr 2017
- Aber: **Niedrigstenergie-Gebäudestandard = EnEV 2016**

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Neuerungen



- Referenzgebäude:
 - Brennwärtekessel
 - Gebäudeautomation - Klasse C nach DIN V 18599-11: 2018-09
- Wärmeschutz der Gebäudehülle - $H'_T \text{ ist } \leq H'_{T,REF}$
- Berechnungsverfahren – Wohngebäude auch DIN 4108-6 und 4701-10
- Primärenergiefaktoren
- Erneuerbare Energien
- Energieausweis: Umstellung auf Primärenergie
- Innovationsklausel

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Neuerungen



- Innovationsklausel (bis Ende des Jahres 2023)

§ 103

Innovationsklausel

(1) Bis zum 31. Dezember 2023 können die nach Landesrecht zuständigen Behörden auf Antrag nach § 102 Absatz 1 Satz 1 Nummer 1

1. von den Anforderungen des § 10 Absatz 2 befreien, wenn
 - a) ein Wohngebäude so errichtet wird, dass die Treibhausgasemissionen des Gebäudes gleichwertig begrenzt werden und der Höchstwert des Jahres-Endenergiebedarfs für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Kühlung das 0,75fache des auf die Gebäudenutzfläche bezogenen Wertes des Jahres-Endenergiebedarfs eines Referenzgebäudes, das die gleiche Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung wie das zu errichtende Gebäude aufweist und der technischen Referenzausführung der Anlage 1 entspricht, nicht überschreitet oder

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Neuerungen



■ Innovationsklausel (bis Ende des Jahres 2023)

2. von den Anforderungen des § 50 Absatz 1 in Verbindung mit § 48 befreien,
 - a) wenn ein Wohngebäude so geändert wird, dass die Treibhausgasemissionen des Gebäudes gleichwertig begrenzt werden und der Jahres-Endenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Kühlung das 1,4fache des auf die Gebäudenutzfläche bezogenen Wertes des Jahres-Endenergiebedarfs eines Referenzgebäudes, das die gleiche Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung wie das geänderte Gebäude aufweist und der technischen Referenzausführung der Anlage 1 entspricht, nicht überschreitet oder

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Sanierung eines Gebäudes in einem Quartier



(3) Bis zum 31. Dezember 2025 können Bauherren oder Eigentümer bei Änderung ihrer Gebäude, die in räumlichem Zusammenhang stehen, eine Vereinbarung über die gemeinsame Erfüllung der Anforderungen nach § 50 Absatz 1 in Verbindung mit § 48 treffen, wenn sichergestellt ist, dass die von der Vereinbarung erfassten geänderten Gebäude in ihrer Gesamtheit die Anforderungen nach § 50 Absatz 1 erfüllen. Jedes geänderte Gebäude, das von der Vereinbarung erfasst wird, muss eine Mindestqualität der Anforderungen an die wärmeübertragende Umfassungsfläche einhalten. Die Mindestqualität nach Satz 2 gilt als erfüllt, wenn die Wärmedurchgangskoeffizienten der geänderten Außenbauteile jedes einzelnen Gebäudes die Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten nach § 48 in Verbindung mit Anlage 7 um nicht mehr als 40 Prozent überschreiten.

Fazit



- GEG IST immer noch nicht verabschiedet
 - Zusammenfassung EnEG, EnEV und EEWärmeG
 - Kaum Änderungen bei Hauptanforderung PE-Bedarf
 - Stärkung Effizienz gegenüber Nutzung Erneuerbarer Energien
 - Änderungen in einer Reihe von Details
- Inkrafttreten frühestens im Sommer 2020
- Erreichung der Klimaziele erfordert perspektivisch andere Instrumente

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

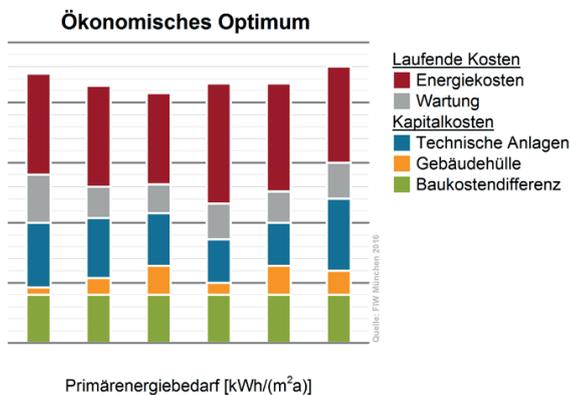


schoener-wohnen.de

EnEV als Kostentreiber?

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Definition „Niedrigstenergiegebäude“



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



ARGE//eV
Arbeitsgemeinschaft
für zeitgemäßes Bauen e.V.

Kostentreiber für den Wohnungsbau

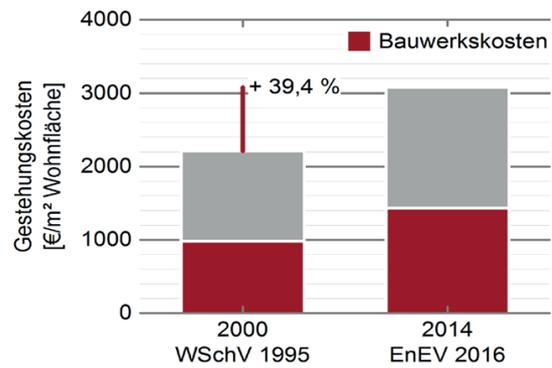
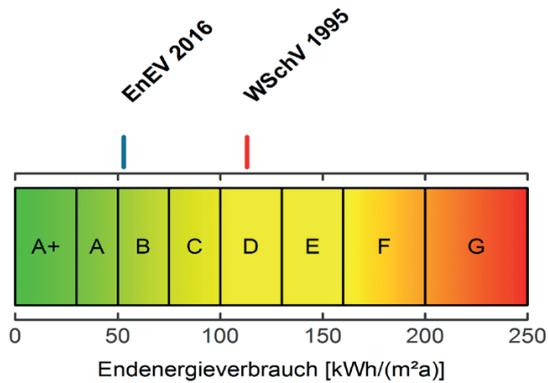
Untersuchung und Betrachtung der wichtigsten
Einflussfaktoren auf die Gestehungskosten
und auf die aktuelle Kostenentwicklung
von Wohnraum in Deutschland



Neubau eines MFH im mittleren Preissegment mit gutem Wohnkomfort Vergleich: 2000 und 2014

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Neubau eines MFH im mittleren Preissegment mit gutem Wohnkomfort



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Fazit zur EnEV 2016!



Kostensteigerung durch Energieeffizienz (WSchV1995 zu EnEV2106)

- 19 % der Bauwerkskostensteigerung
- 12,5 % der Gestehungskostensteigerung

bei 50% Reduktion des Endenergieverbrauchs

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Warum redet jeder von „Grauer Energie“ ?

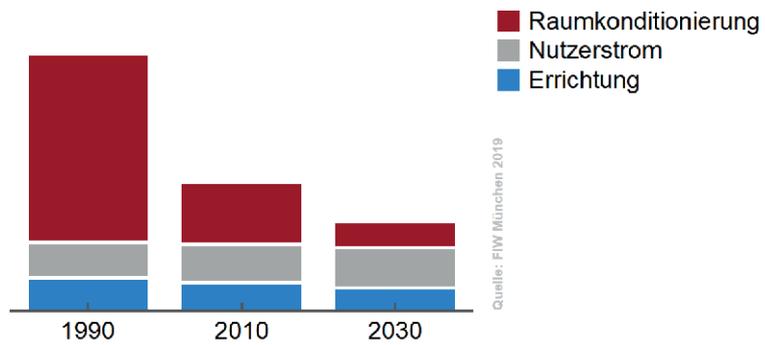
Politische Rahmenbedingung



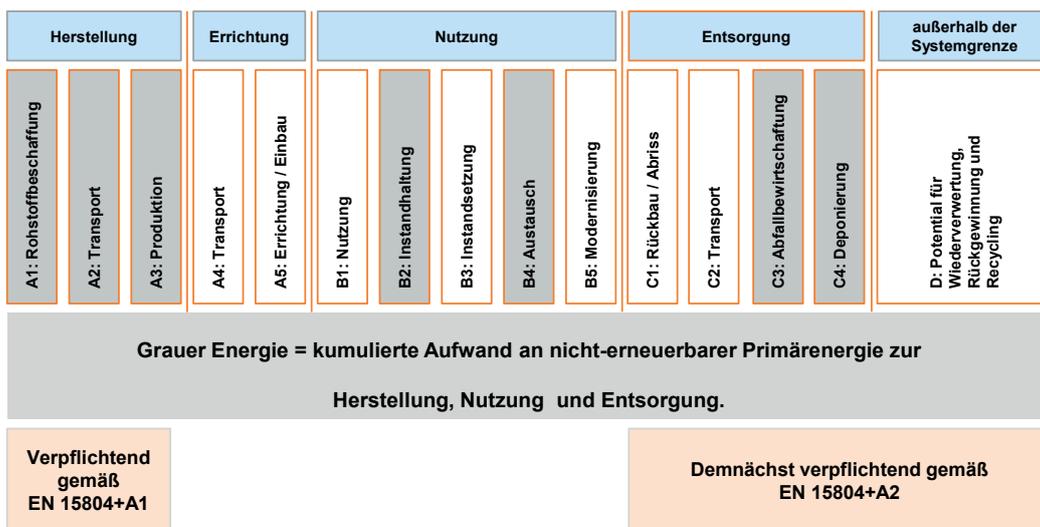
.... Einsatz **nachhaltiger Bau- und Dämmstoffe** zu stärken. Dabei sollen auch vor- und nachgelagerte Klimaschutzaspekte – also Emissionen, die bei der Herstellung, der Verarbeitung, der Entsorgung oder der Wiederverwertung von Baustoffen entstehen – auf Basis frei verfügbarer Ökobilanzdaten berücksichtigt werden. Außerdem sollen Instrumente zur stärkeren Einbeziehung des gesamten **Lebenszyklus** („Cradle to Grave“ oder „Cradle to Cradle“) von Baumaterialien überprüft und stärker in die Praxis der Bauplanung mit einbezogen werden.

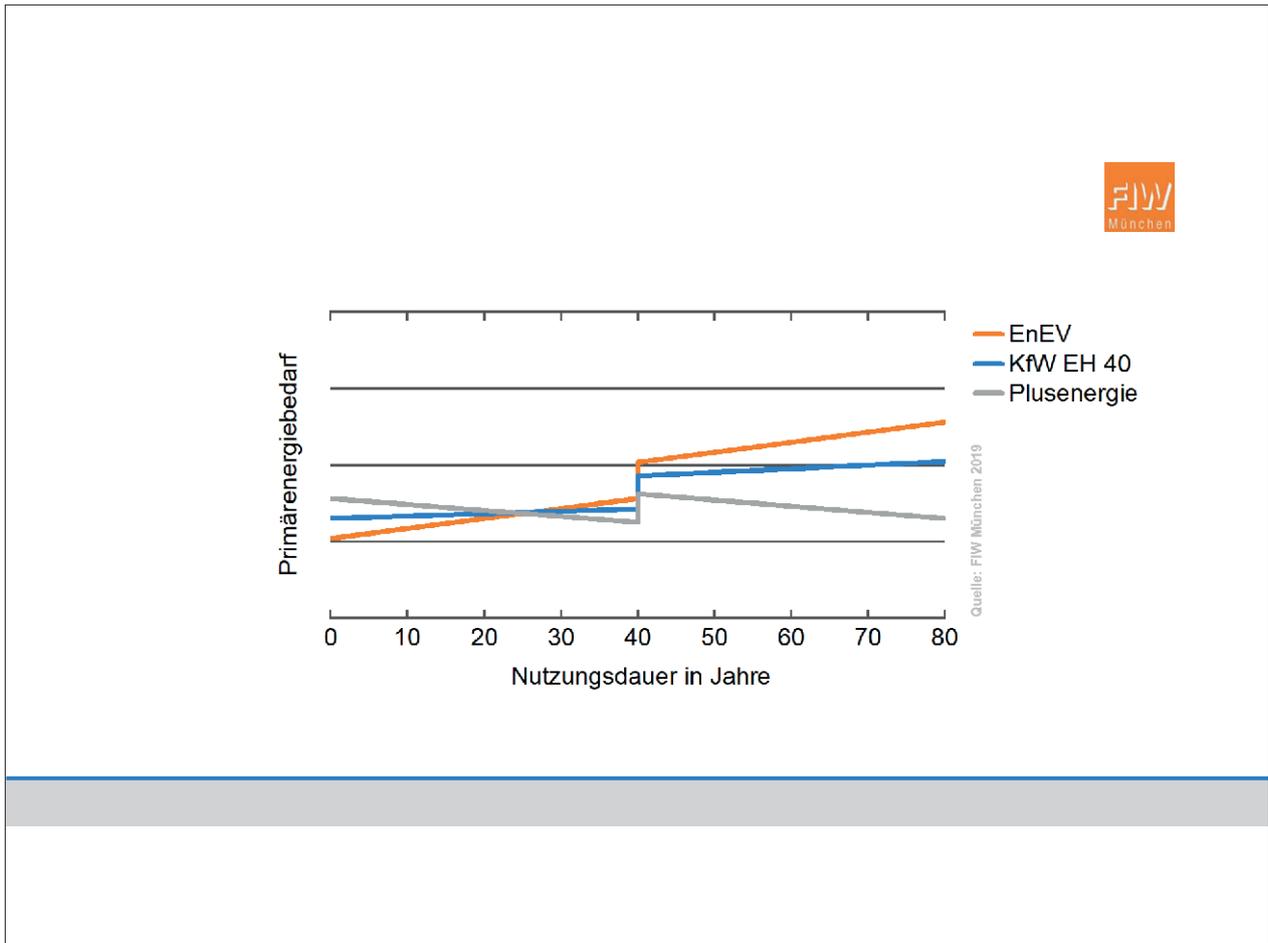


Primärenergiebedarf



Lebenswegphasen und -module





THIRD-PARTY VERIFIED
EPD
ISO 14025 and EN 15804

Institut Bauen und Umwelt e.V.

ÖKOBAUDAT
INFORMATIONSPORTAL NACHHALTIGES BAUEN

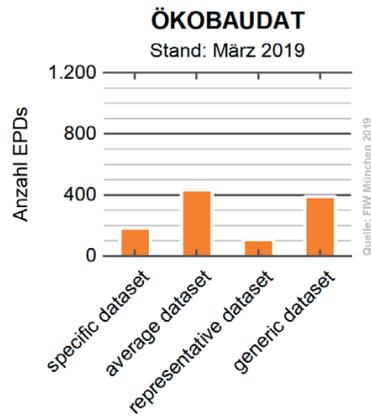
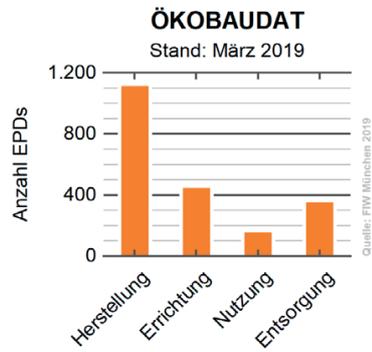
JOINT RESEARCH CENTRE
European Platform on Life Cycle Assessment

ILCD International Life Cycle Data system

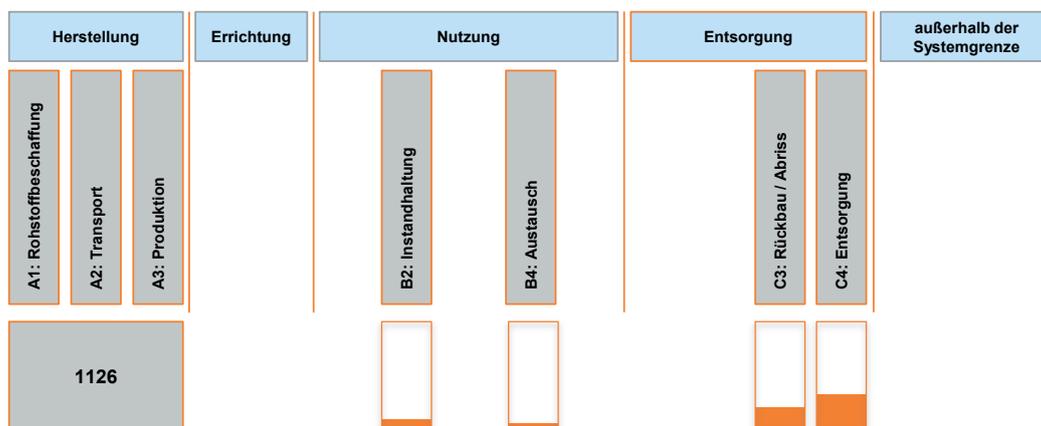
baubook

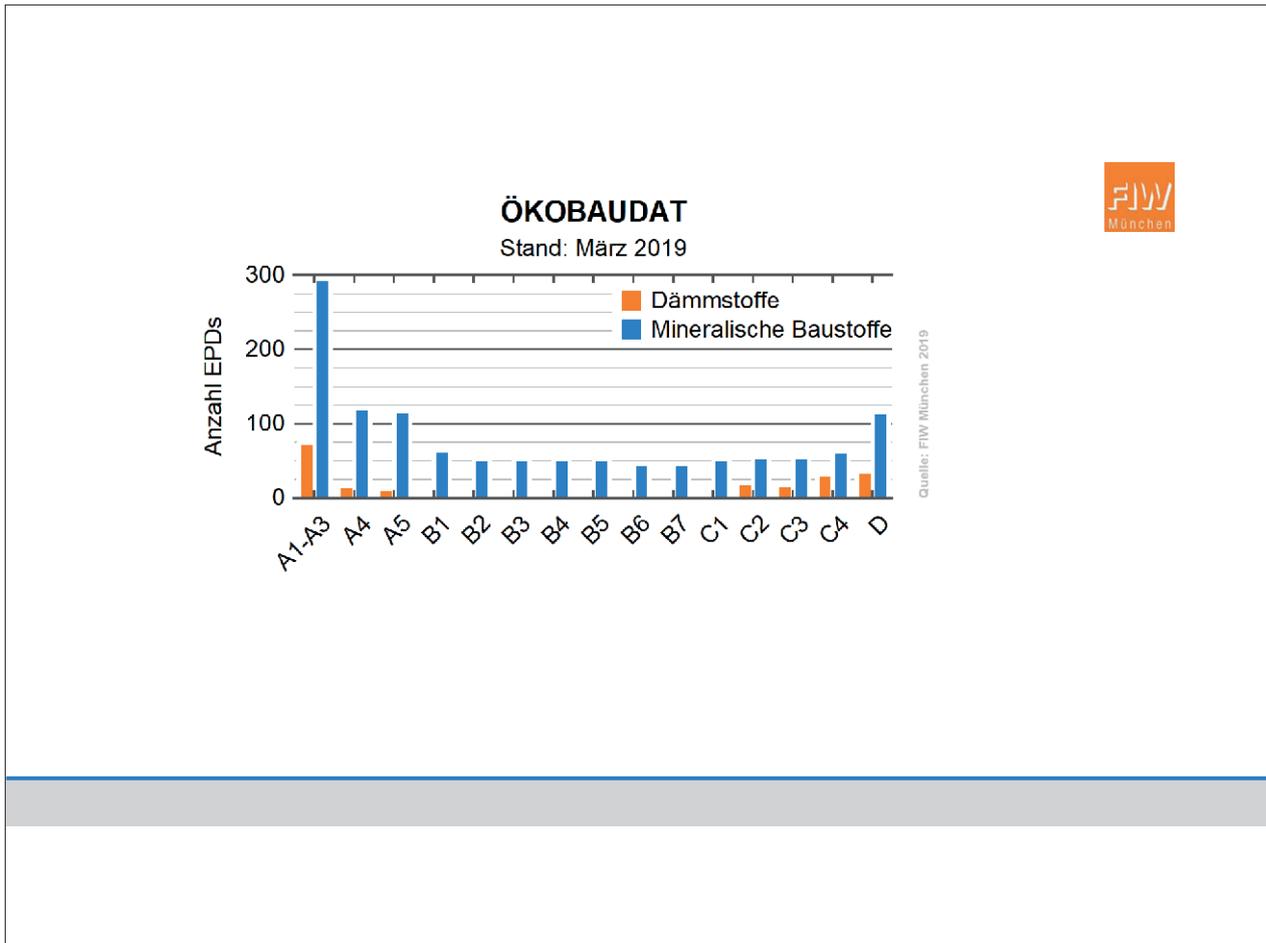
WECOBIS
Ökologisches Baustoffinformationssystem

BAUTEILKATALOG.CH



Lebenswegphasen und -module





ÖKOBAUDAT

Quelle: FIW München

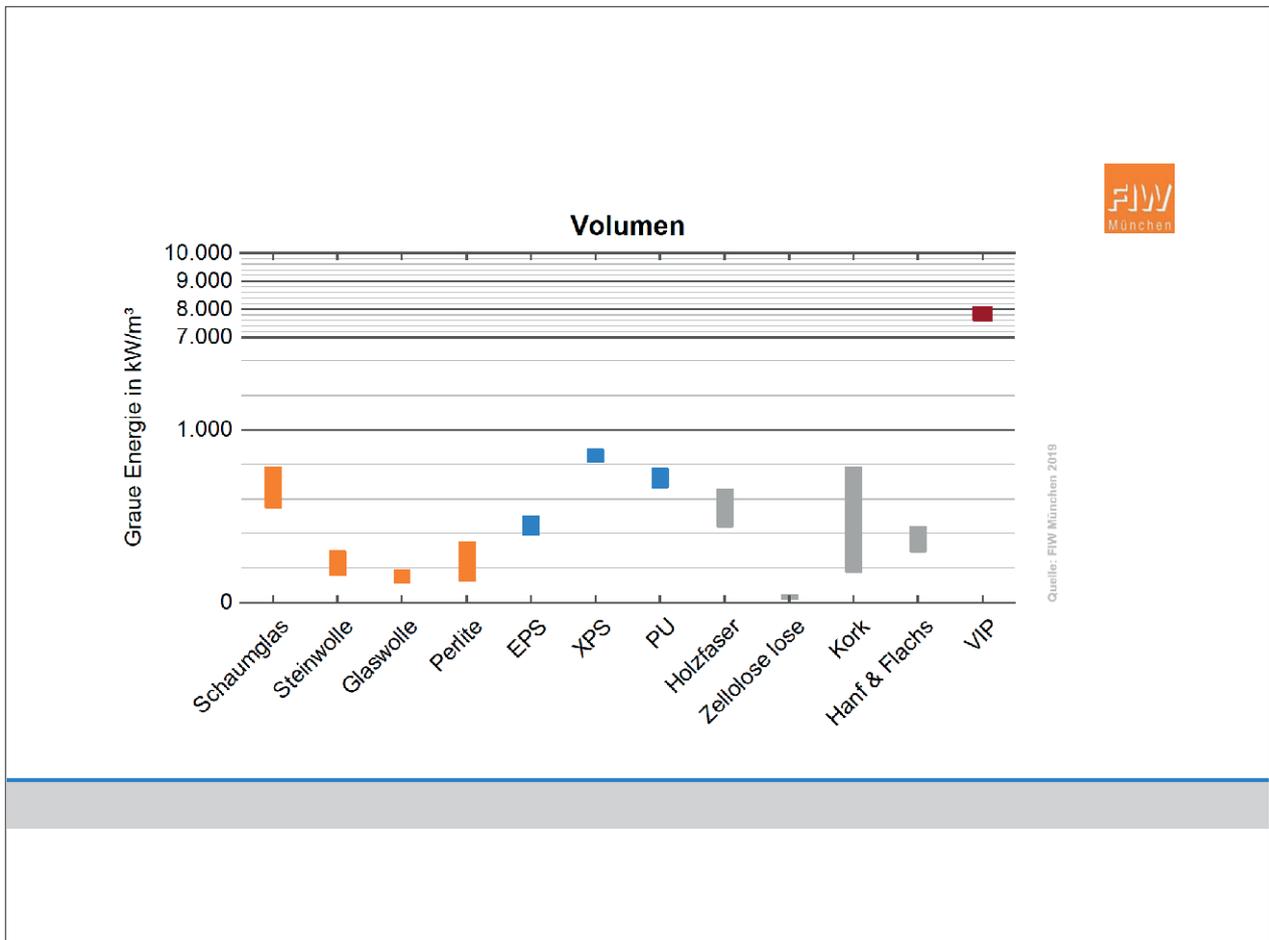
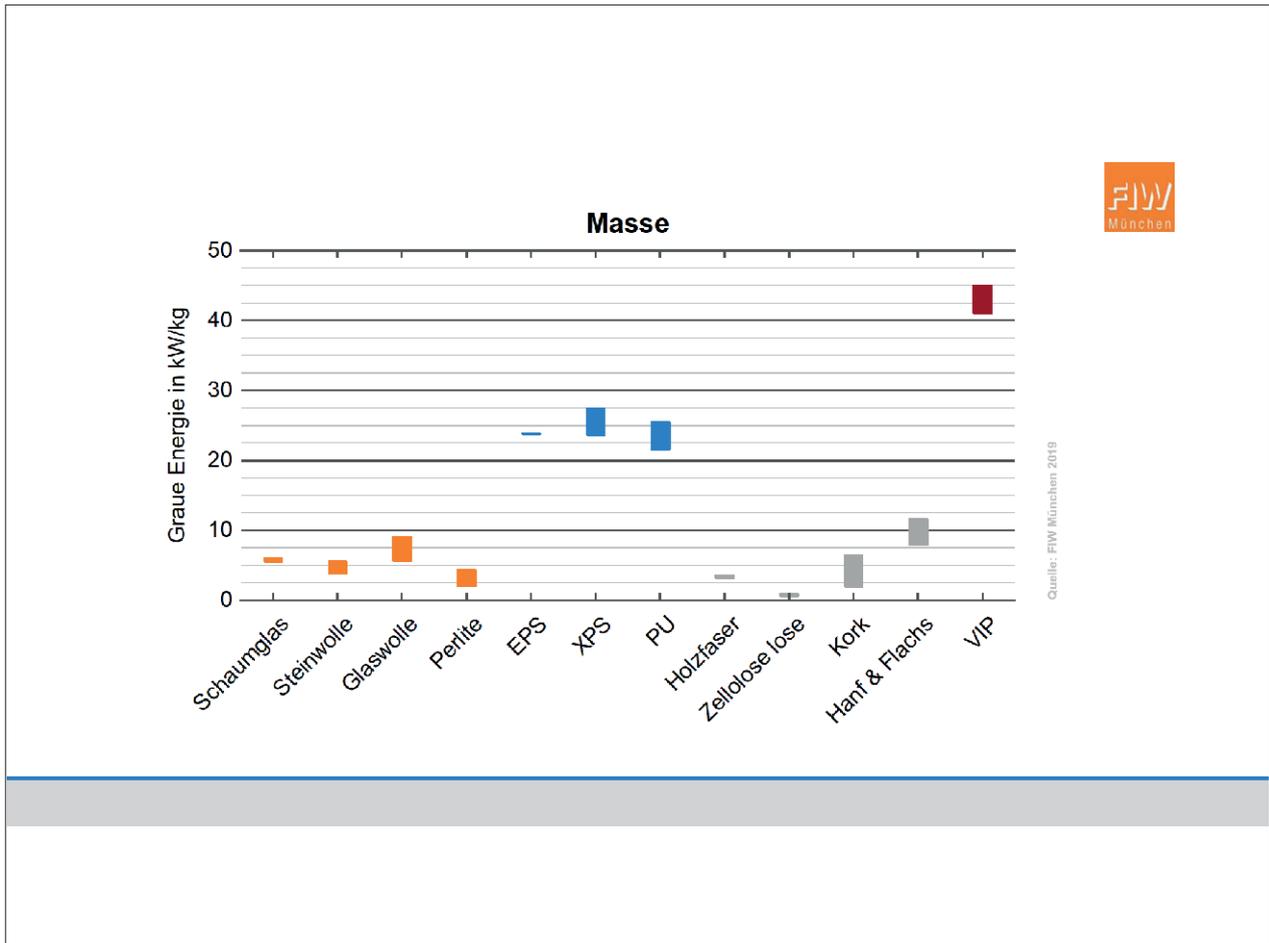
Datensätze:

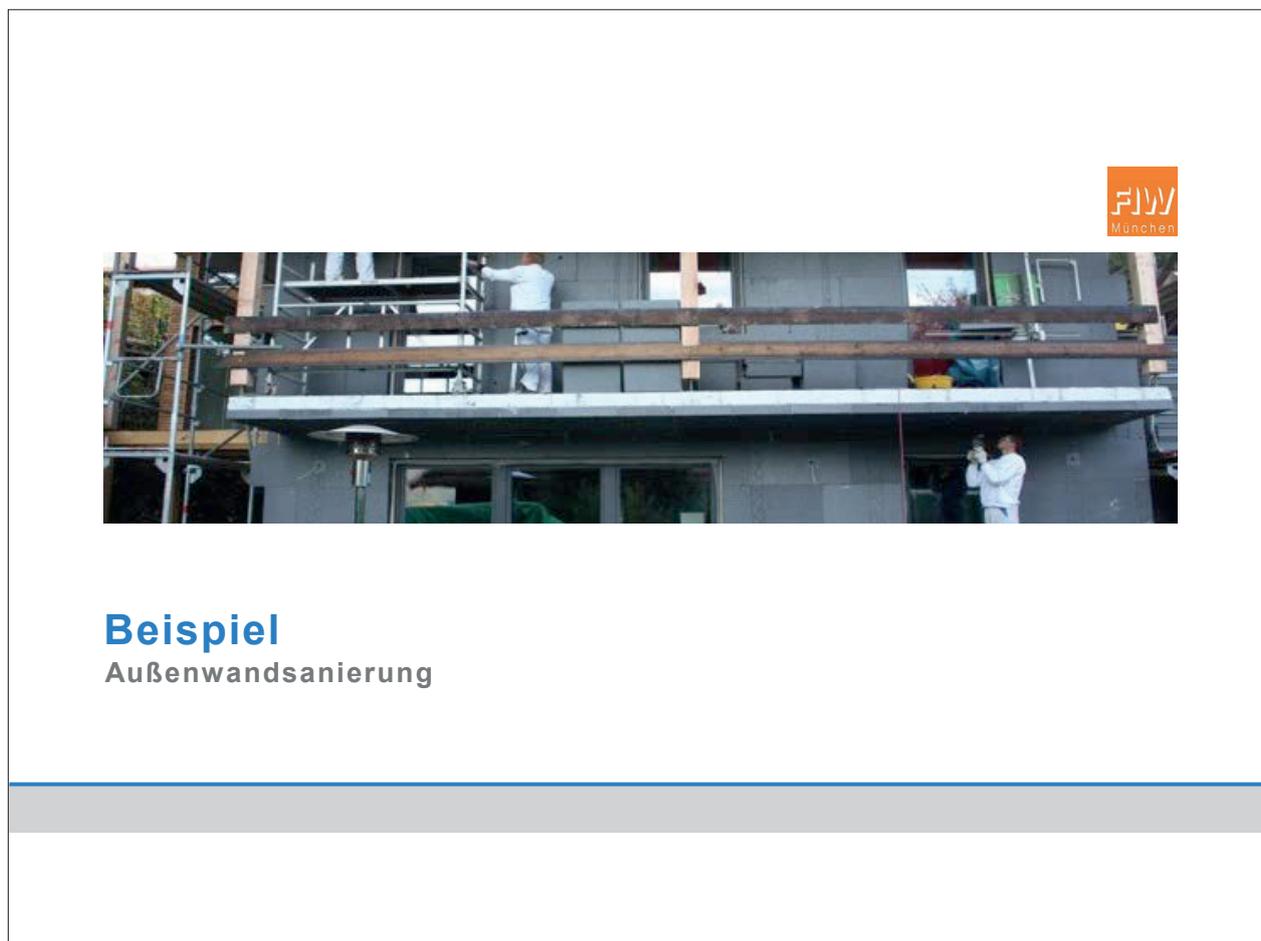
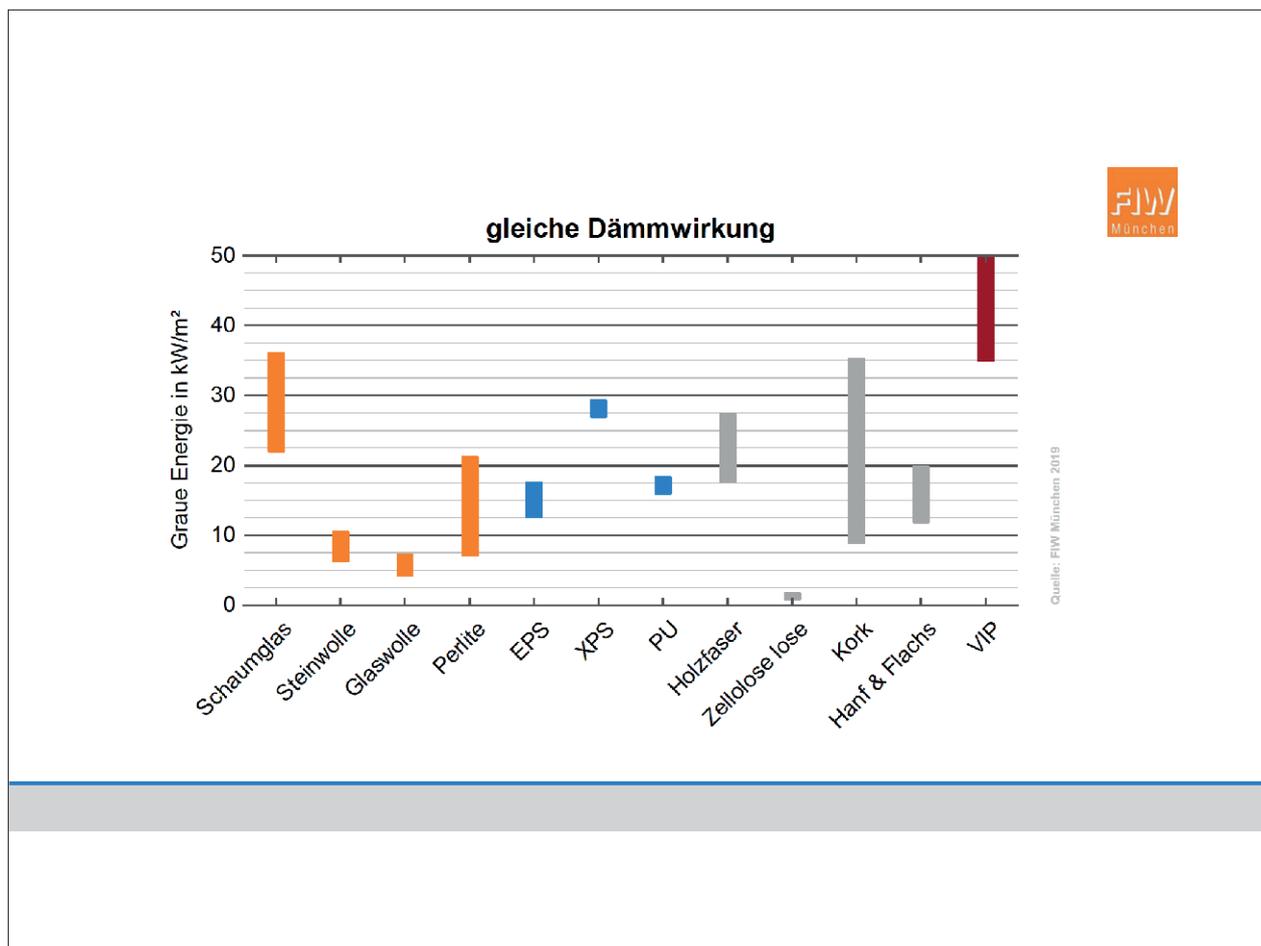
- Dämmstoffe: 68
- WDVS: 15

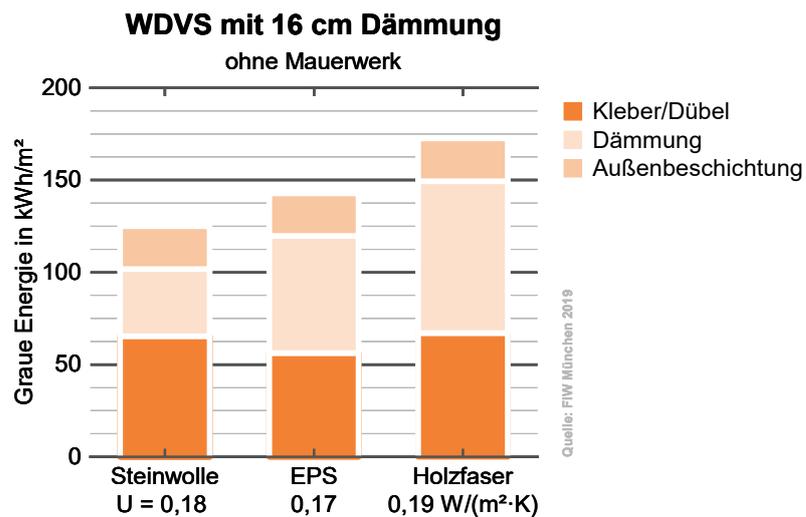
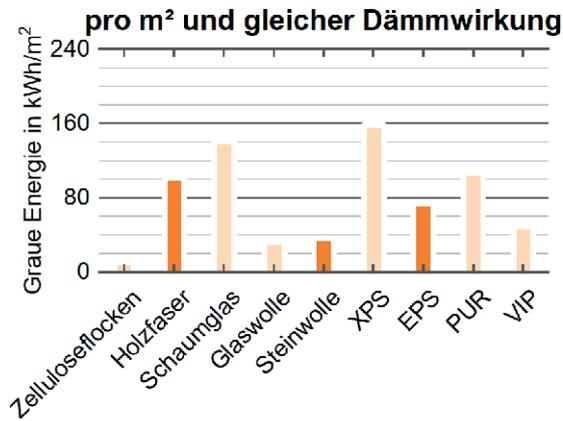
EPD: keine Angabe zu λ !

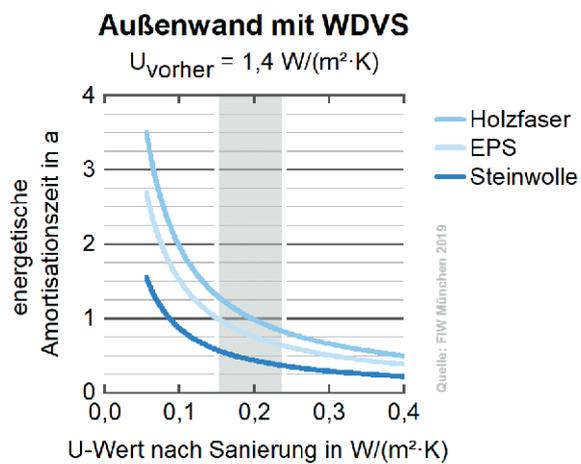
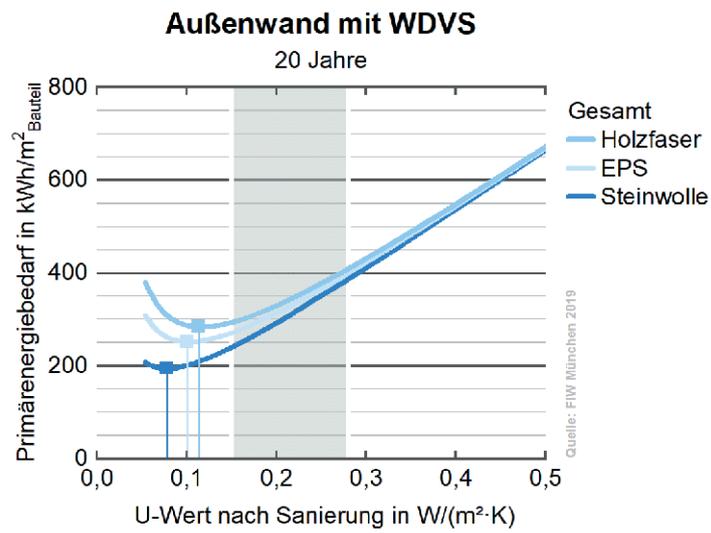
Rohdichte keine deklarierte Eigenschaft !

Dämmstoff	Referenzfluss		
	1 kg	1 m ³	1 m ²
Zelluloseflocken	X		
Holzfasern		X	
Schaumglas	X		
Glaswolle		X	
Steinwolle		X	
XPS		X	X
EPS		X	
PUR			X
VIP			X











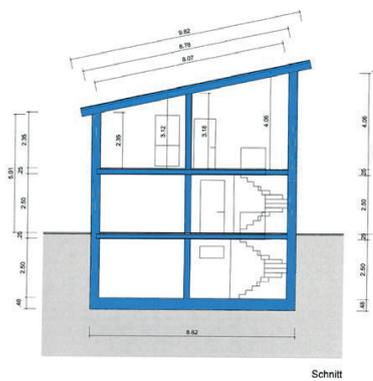
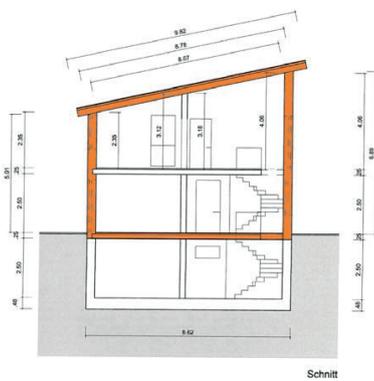
Beispiel

Neubau eines Einfamilienhauses

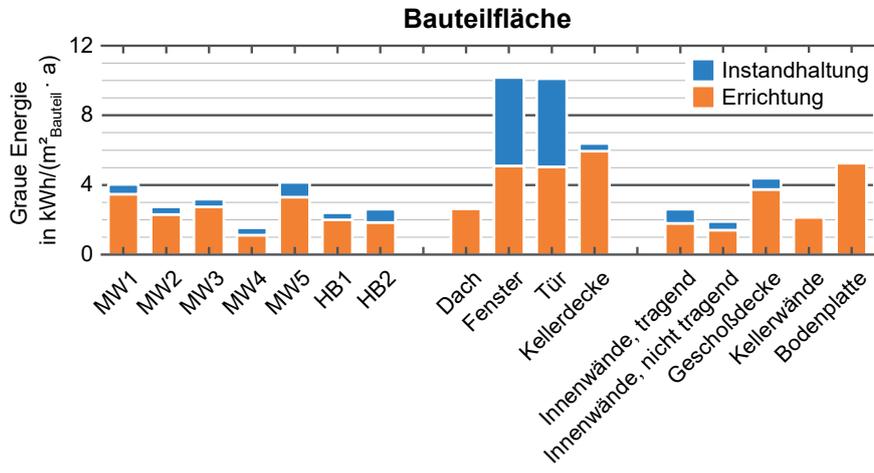
Bilanzgrenzen für

EnEV

Graue Energie



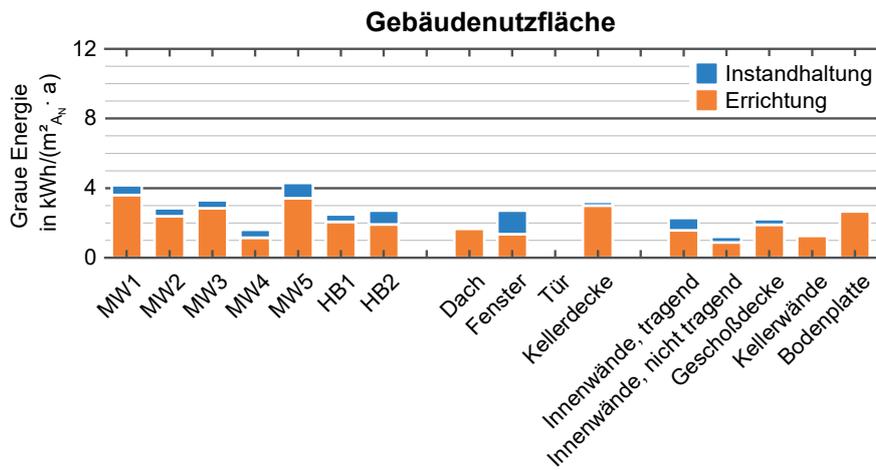
Hauptgruppen und Anteil an Grauer Energie



Quelle: FIW München 2019

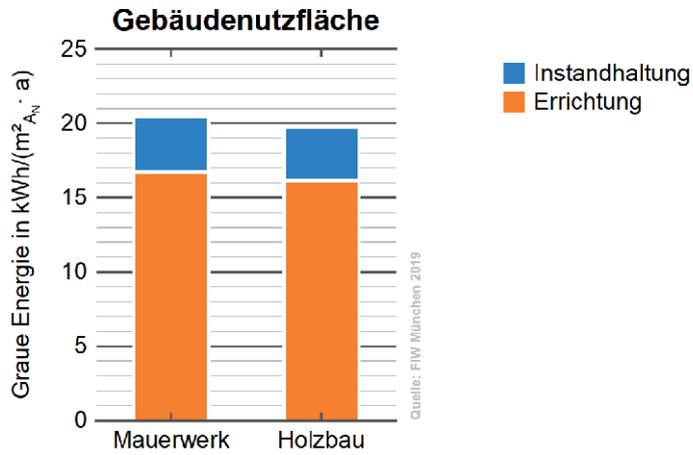
10.01.2020

Hauptgruppen und Anteil an Grauer Energie

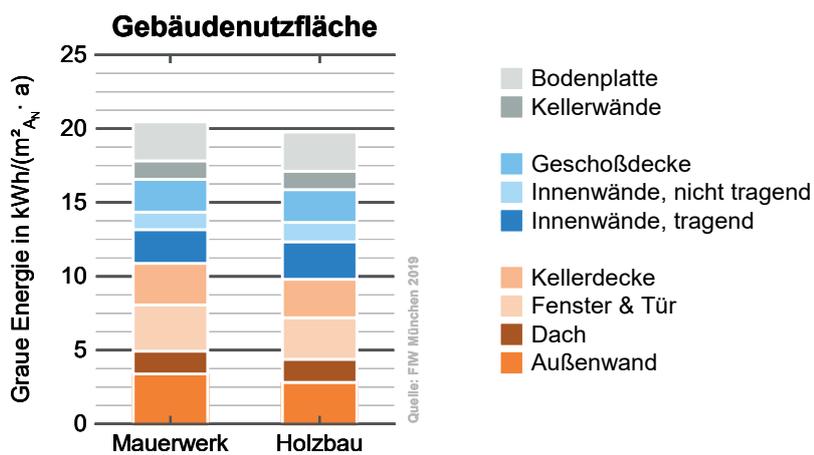


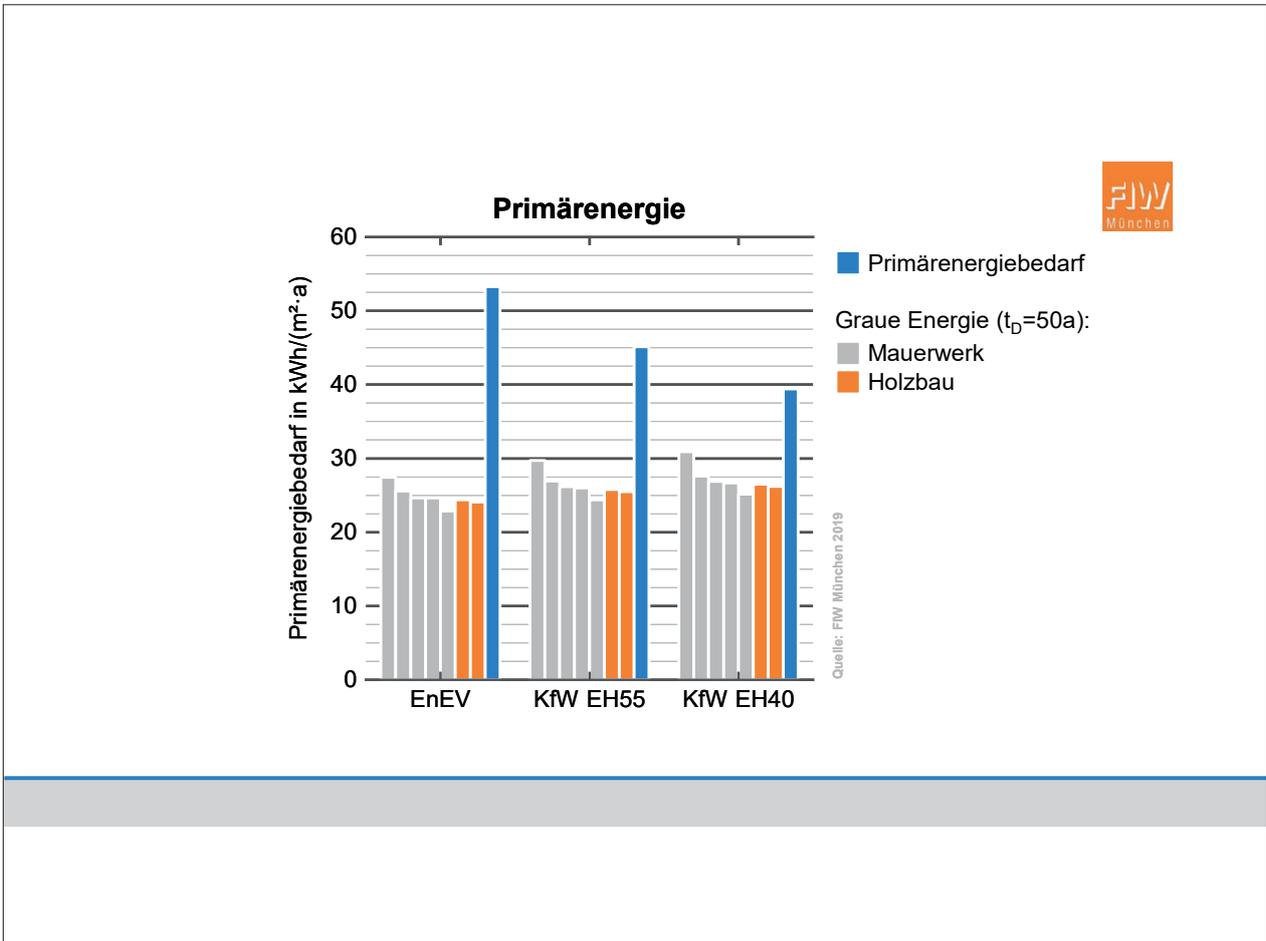
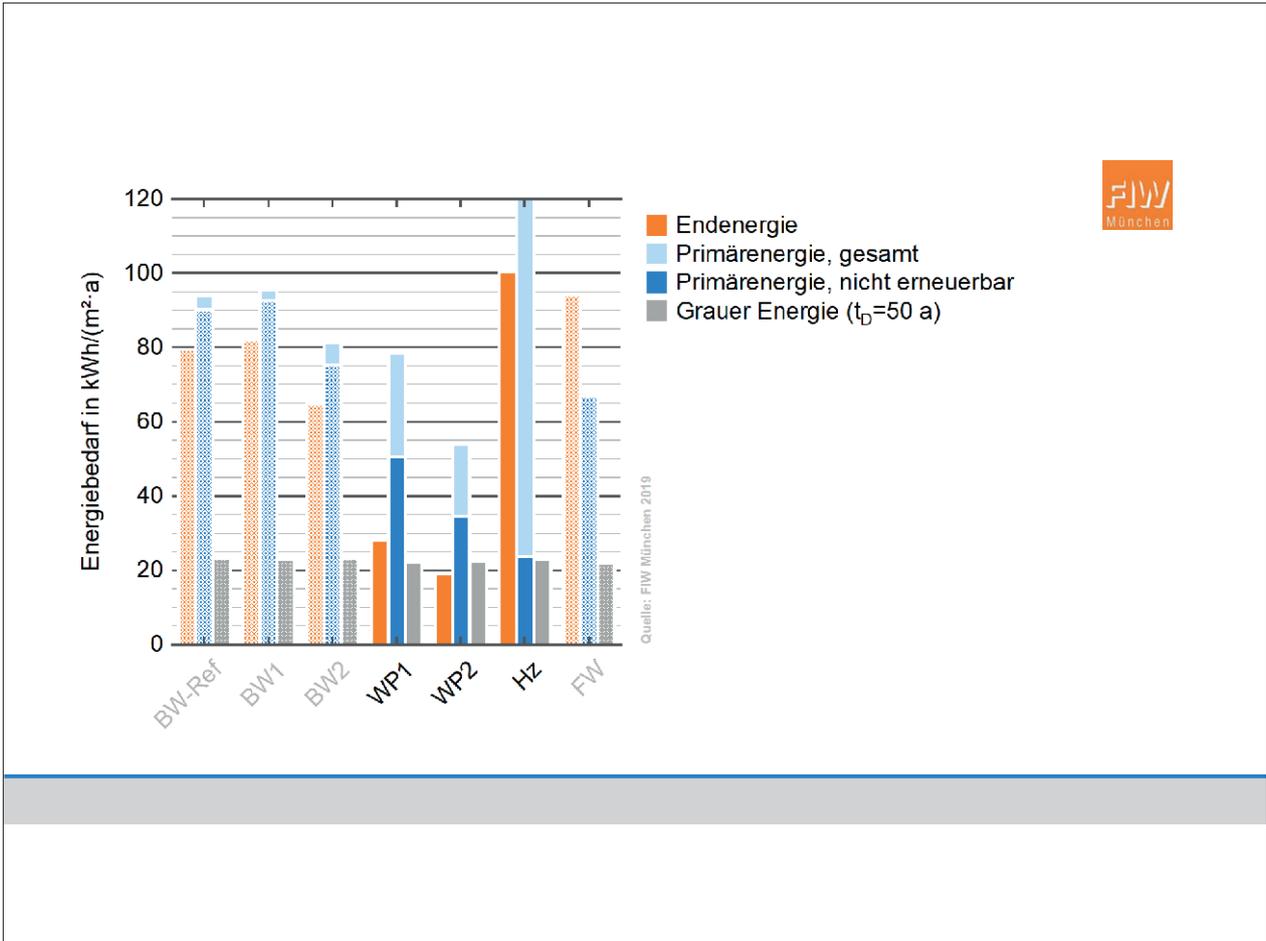
Quelle: FIW München 2019

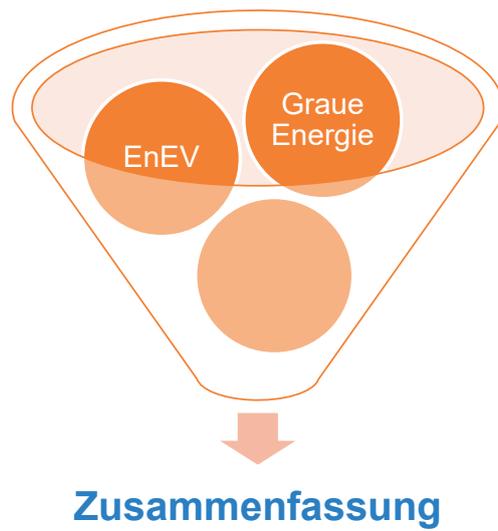
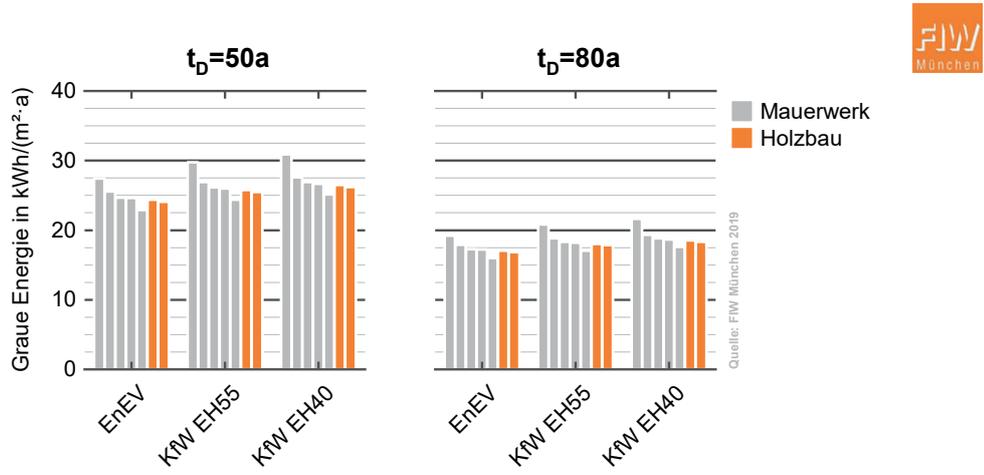
10.01.2020



10.01.2020







Graue Energie: Zusammenfassung



- Graue Energie ist ein wichtiger Kennwert für die ökologische Bewertung
- Begriff Graue Energie nicht eindeutig definiert
- Immer: Gesamtenergiebilanz über den ganzen Lebenszyklus
- Bestimmung der Grauen Energie ist noch zu aufwändig
- Vergleichbarkeit ist nicht immer gegeben
- Die zusätzliche Energieeinsparung ist größer als der Mehreinsatz an Grauer Energie
- Der Gebäudebetrieb ist entscheidend
- Wesentlicher Einfluss hat die Dauer der Nutzung
- Die Außenwand selbst macht nur einen Teil des gesamten Primärenergieinhaltes eines Gebäudes aus.
- Die Bauweise hat nur geringen Einfluss
- Wichtig: Betrachtungsebene !
- Graue Energie ist dem Industriesektor zugeordnet



Wärmebrücken – Überarbeitung DIN 4108, Beiblatt 2

Neuerungen



- Überarbeitung und Ergänzung der Begrifflichkeiten, Regelungen und Definitionen
- Überarbeitung und Ergänzung der Berechnungsrandbedingungen
- Erarbeitung von fehlenden Anschlussdetails, beispielsweise Innenwandeinbindungen in Außenwände, Innenwandeinbindungen in Bodenplatten, Balkonanschlüsse und Bauteile im Bereich von Tiefgaragen
- Neuberechnung der vorhandenen Konstruktionsbeispiele und Erfassung von verbesserten Wärmeschutzniveaus
- Ergänzung von gebräuchlichen Anschlusspunkten, beispielsweise untere Fenstertüranschlüsse, Rollladenanschlüsse, Ortgang- und Traufanschlüssen und Vorsatzkästen
- Differenzierte Abbildung von konstruktiven Anschlussausbildungen zur Erlangung der Wärmebrückenanschläge von $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Überarbeitung und Ergänzung von Bagatellregeln

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Das neue Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Anforderungen, Änderungen, Umsetzung und Wirtschaftlichkeit

Andreas H. Holm



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

**Zukunft Bauen mit Kalksandstein.
Forschung – ein Blick hinter die Kulissen**

Dr.-Ing. Wolfgang Eden

Forschungsvereinigung Kalk-Sand e. V., Hannover

Forschungsvereinigung Kalk-Sand eV

Zukunft bauen mit Kalksandstein Forschung - ein Blick hinter die Kulissen

Dr.-Ing. Wolfgang Eden

Kalksandstein-Bauseminare 2020

KS-Nord e.V.

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

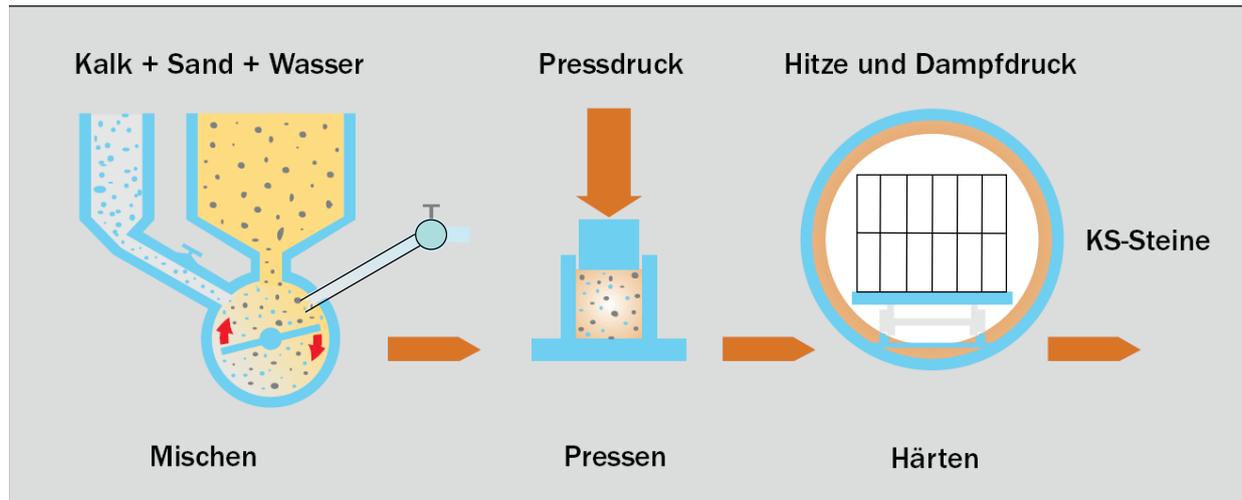
Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Worum geht es in diesem Vortrag?

- Unsere Rohstoffe → Kalk, Sand und Wasser
- Herstellung → Dosierung, Mischvorgang, Pressen, Härten
- Relevante Eigenschaften von Kalksandsteinen
- Qualität → Prüfverfahren, Messmethoden
- Umwelt, Nachhaltigkeit und Recycling
- Aktuelle Forschungsthemen
- Zukünftige Entwicklungen - Trends

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



Produktionsschema der Kalksandsteinherstellung

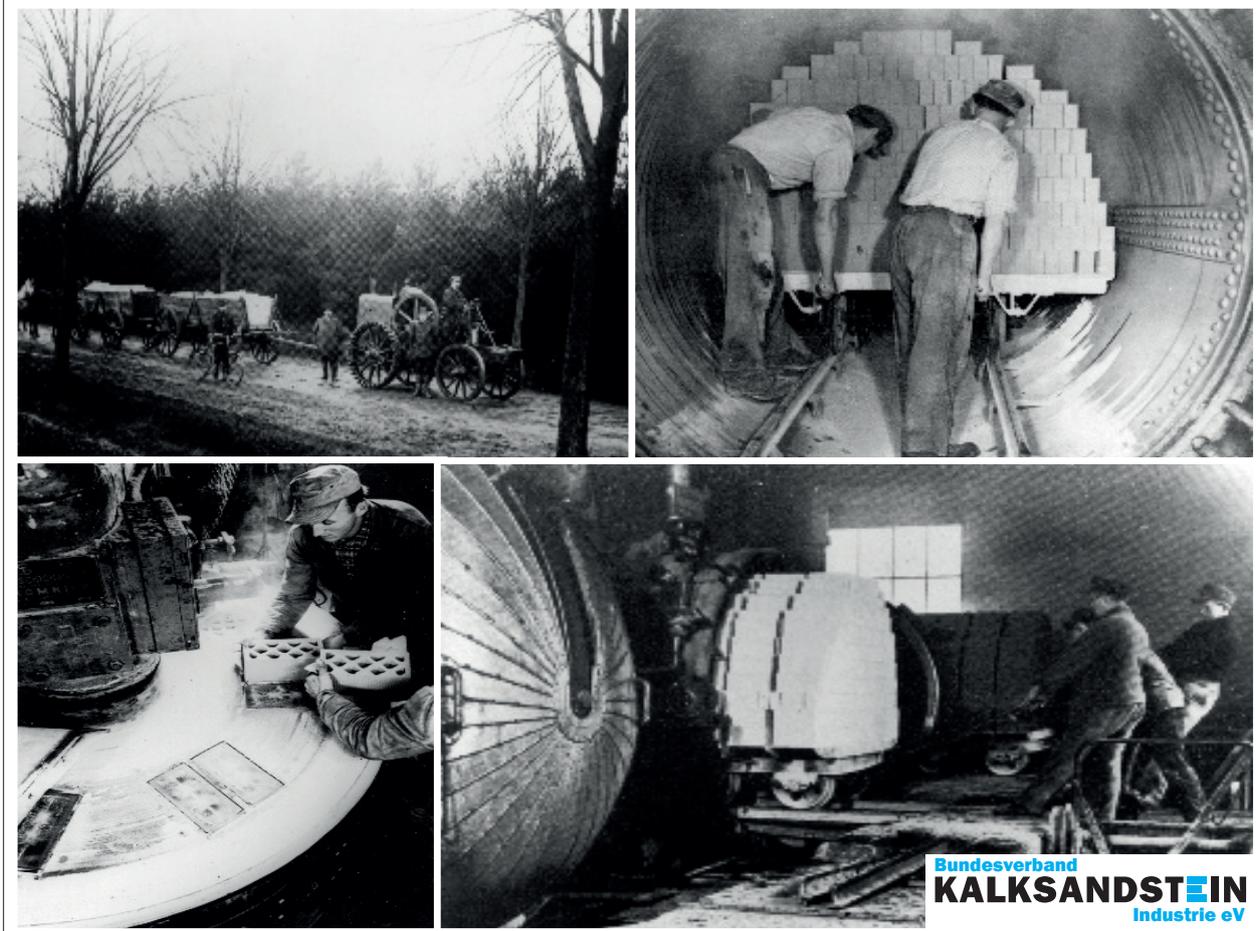
Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

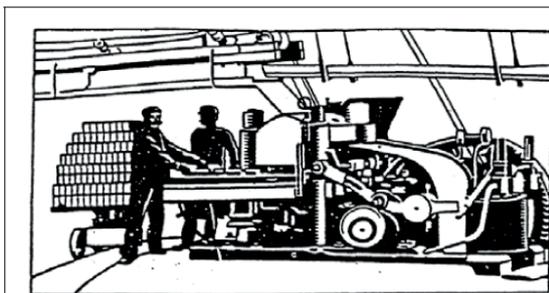
Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



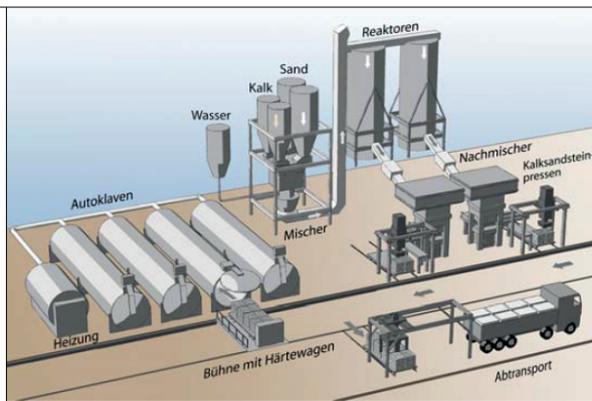
Kalksandstein-Herstellung

→ industrielle Produktion seit 1894

→ denkbar einfache Technologie



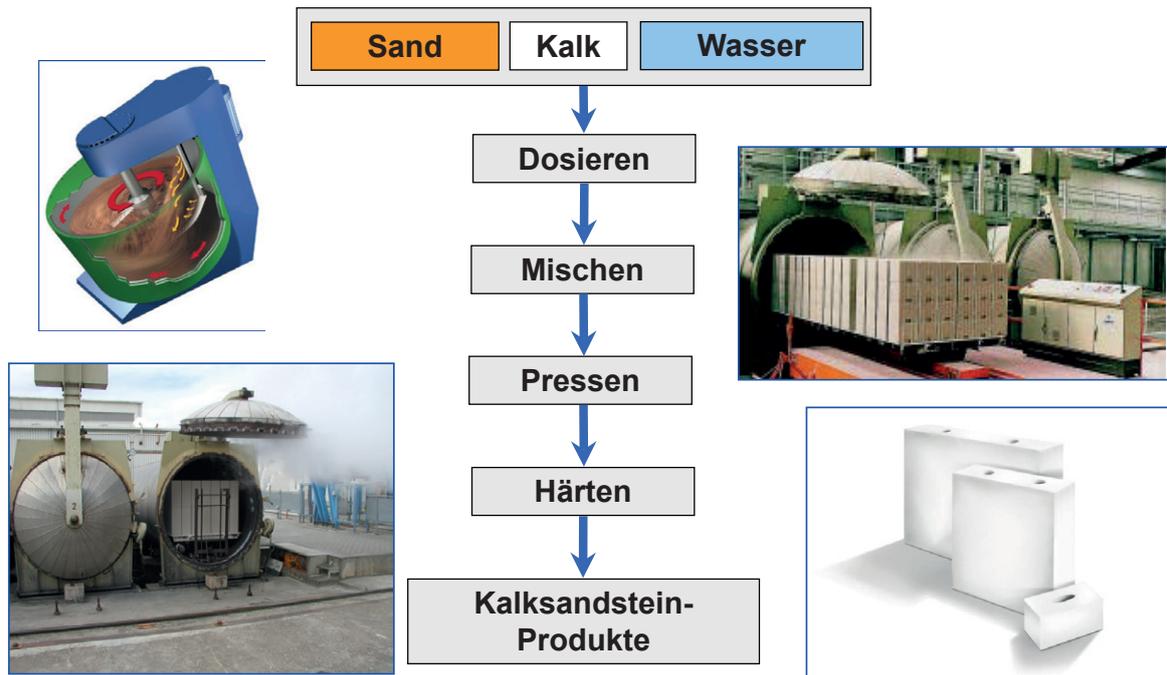
Atlas-Press No. 0



Kalksandstein-Produktion - früher und heute

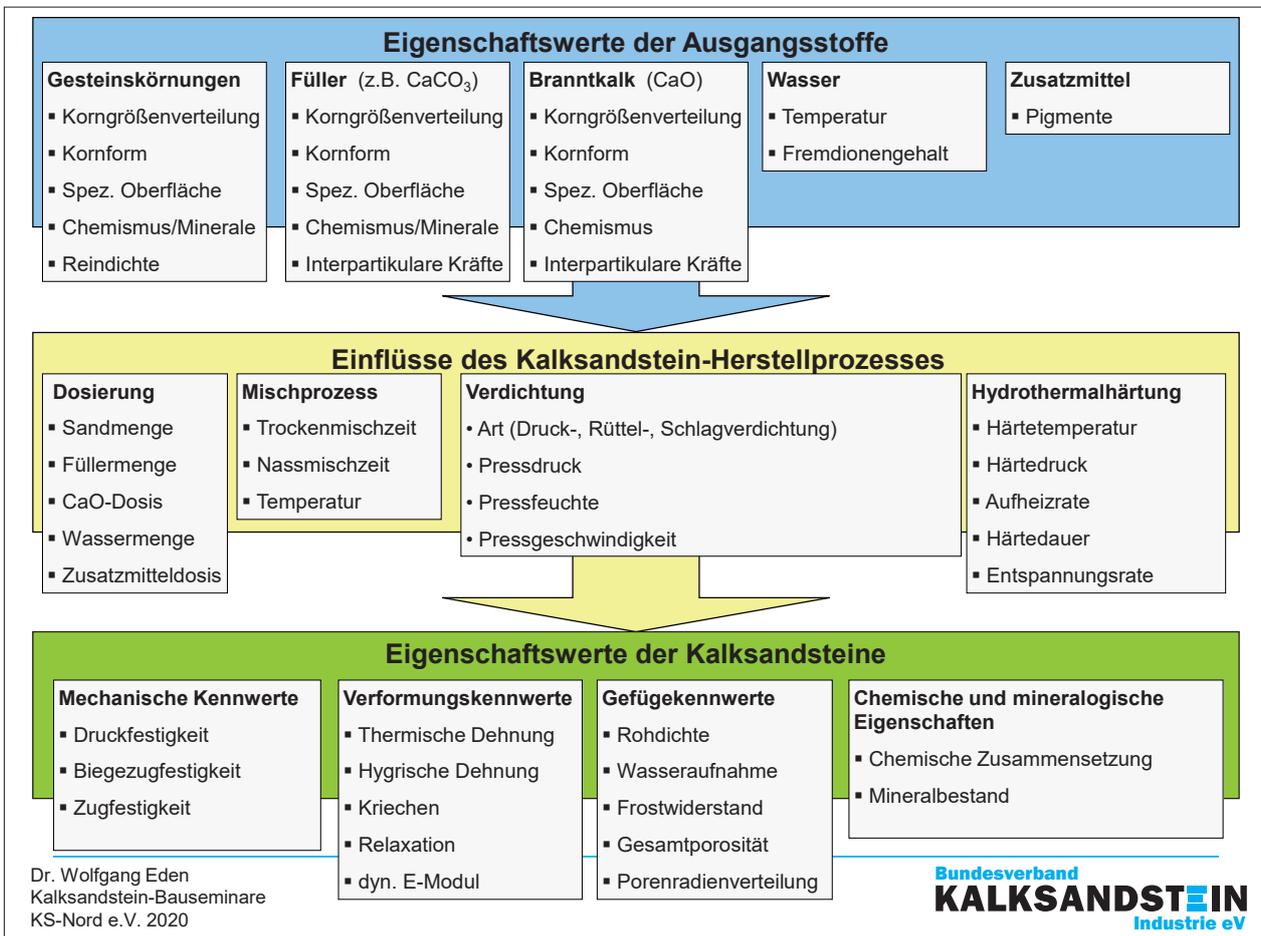
Bild: Lasco Umformtechnik

Produktionsschritte bei der Kalksandstein-Herstellung



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



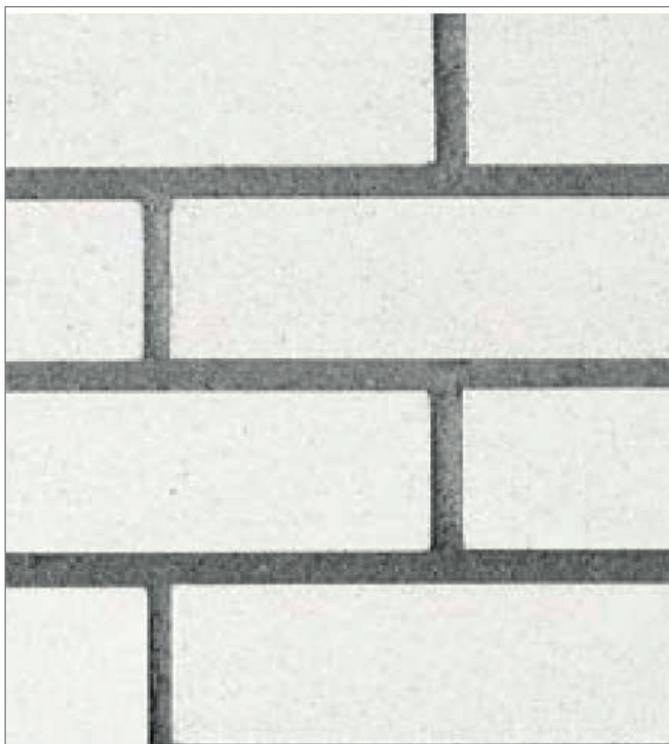
Kalksandsteine



Kirche in Mögeldorf
bei Nürnberg

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



Wichtigste Eigenschaften:

- hohe Festigkeit
- hoher E-Modul
- nicht brennbar
- hohe Wärmespeicherkapazität
- guter Schallschutz
- hohe Wärmeleitfähigkeit
- ökologisch, Reinheitsgebot



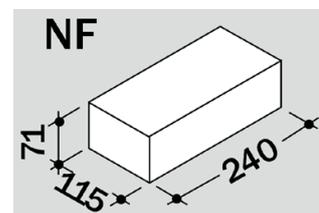
Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Die Kalksandsteinindustrie in Deutschland 2019

- Anzahl der Kalksandsteinwerke: 77
- Produktionsmenge: rd. 2.000.000.000 Volumen-NF
- Produktionsmasse: rd. 8 Mio. Tonnen
- Kalkverbrauch: rd. 0,56 Mio. Tonnen
- Sandverbrauch: rd. 7,44 Mio. Tonnen
- Beschäftigte: rd. 2.000 Menschen
- Produktion seit 1894: rd. 750 Mio. Tonnen

→ Würfel mit einer Kantenlänge von rd. 900 m



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Kalksandsteinwürfel

Eifelturm
ca. 300 m

Burj Kalifa
Dubai
ca. 830 m

Kantenlänge: rd. 900 m

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Funktionstrennung als Prinzip

Wärmeschutz
Abdichtung

Lastabtrag
Schallschutz
Brandschutz
Hitzeschutz

Wärmeleitfähigkeit

Rohdichte

außen

innen

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Kalksandstein-Forschung ANNO 1909 Rheine

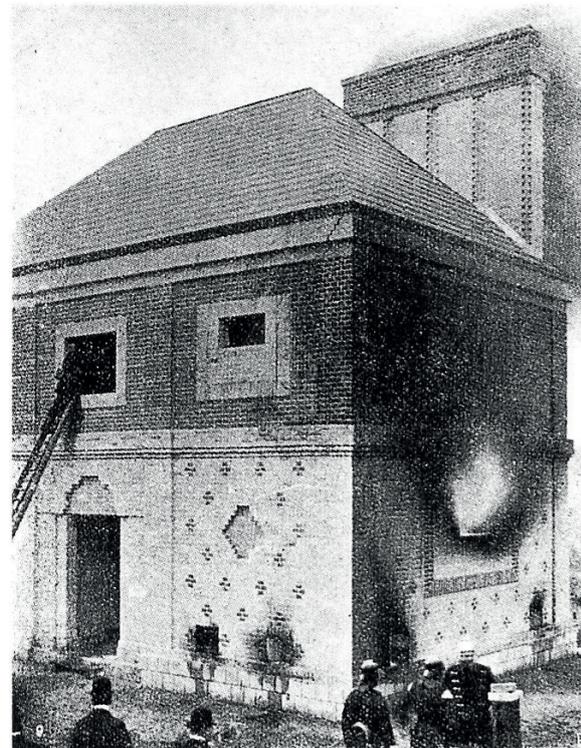
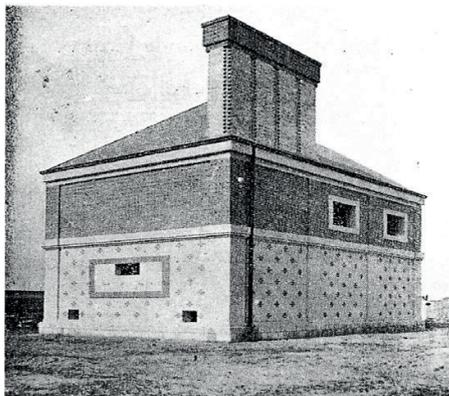
Historisches
Tragfähigkeitsexperiment
mit sog. „Stahlbrammen“



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

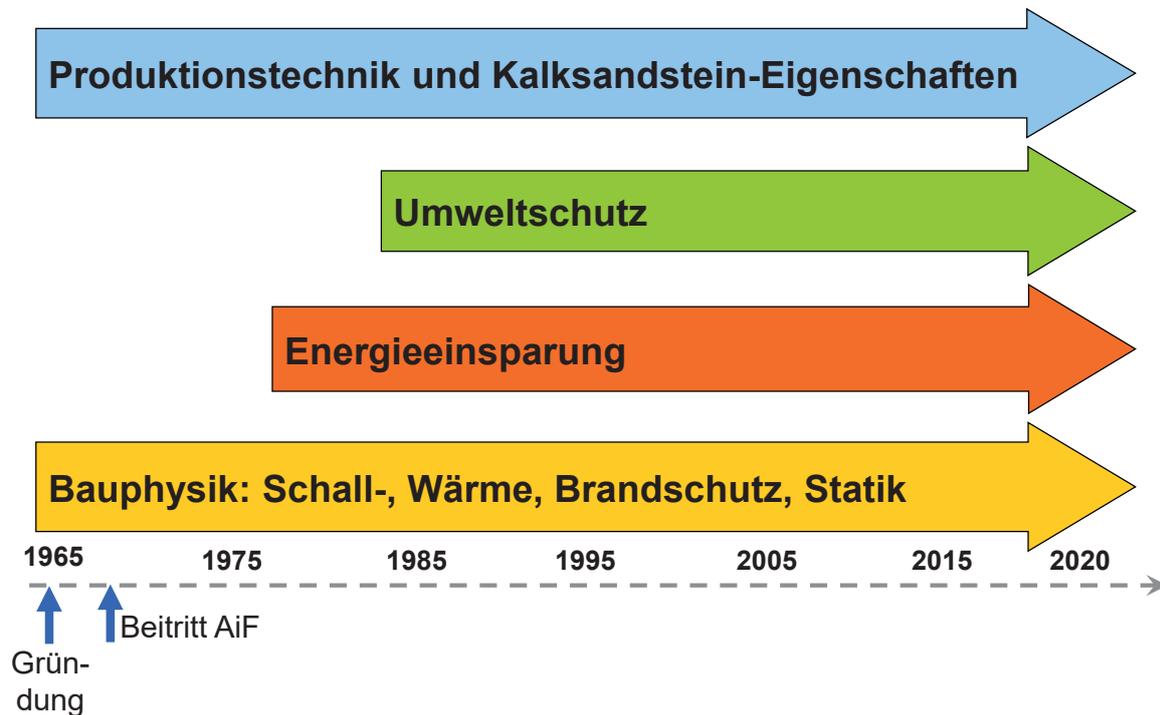
Historischer Brandversuch Anno 1910



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V.



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Kalksandstein-Forschung heute:



- Reduktion Produktionskosten
- Reduktion Energieverbrauch
- Umweltschutz
- Qualitätssicherung
- Schadenfreies Bauen
- Zukunftstechnologien

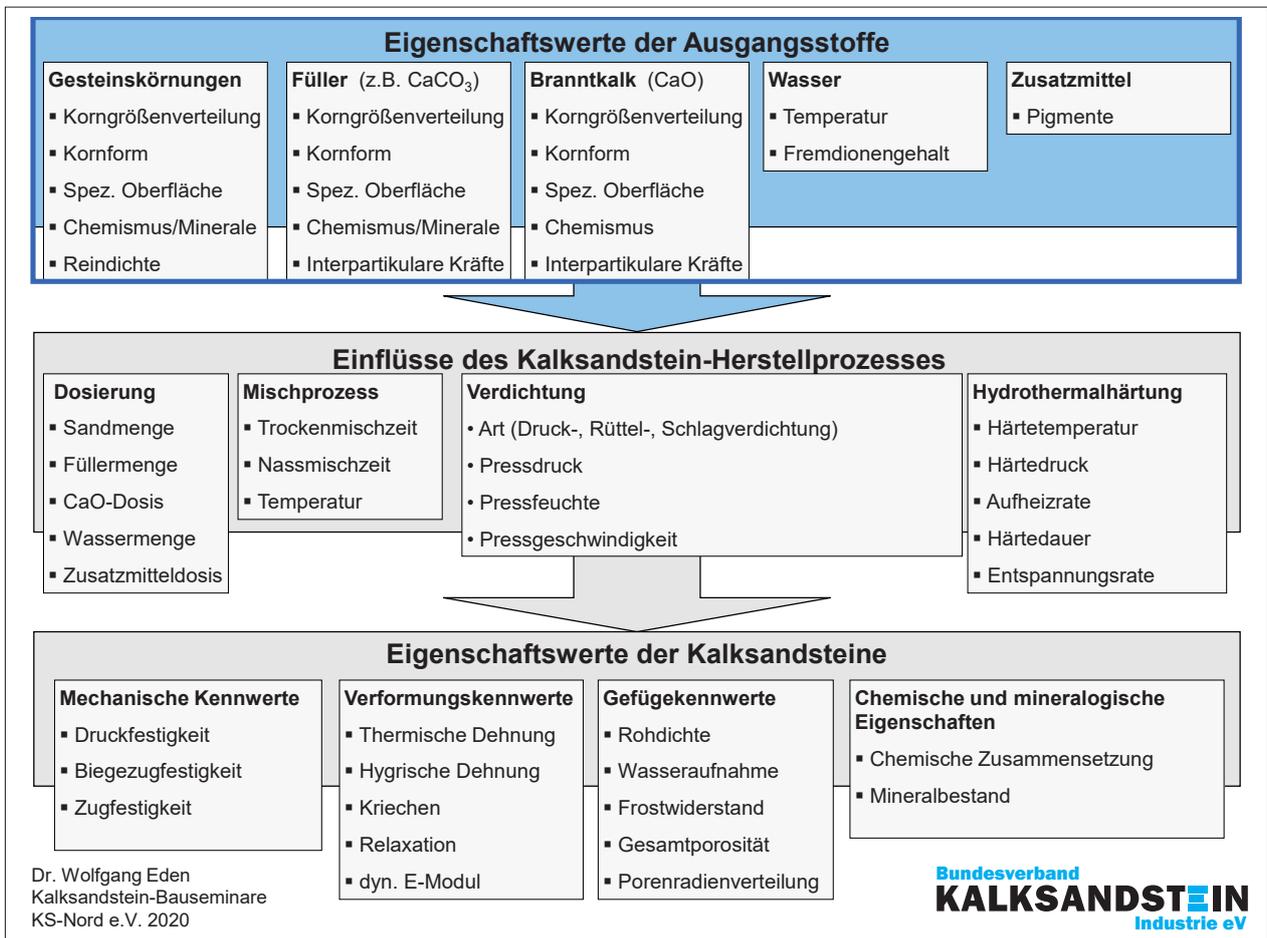


Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV





Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

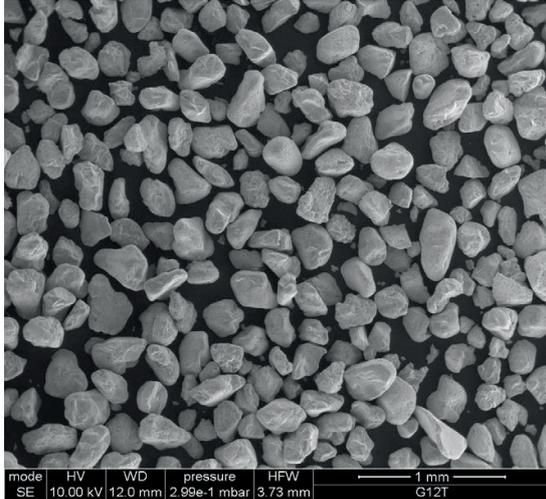


Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

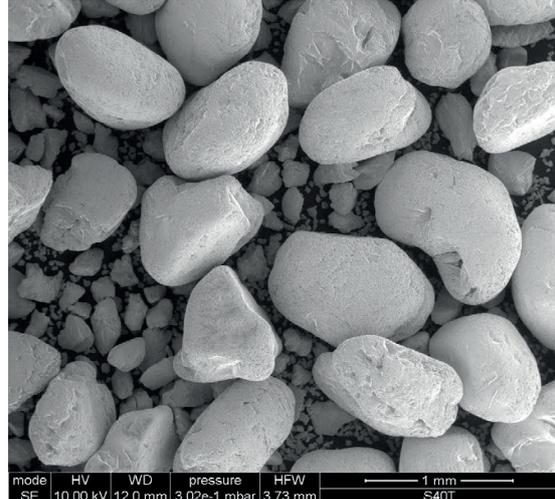
Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Sandkörner unter dem Rasterelektronenmikroskop

Feinsand



Grobsand

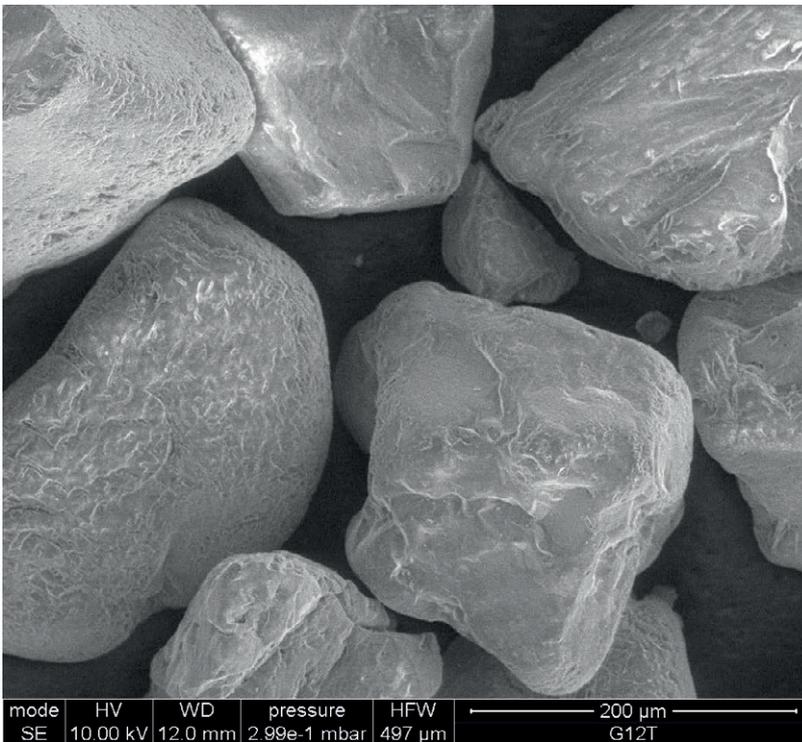


1 mm

Uni Kassel, Prof. Middendorf

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



Uni Kassel, Prof. Middendorf

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

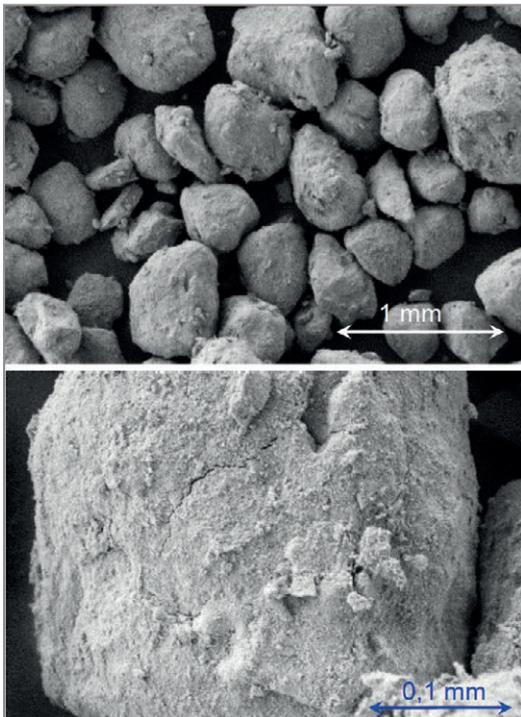
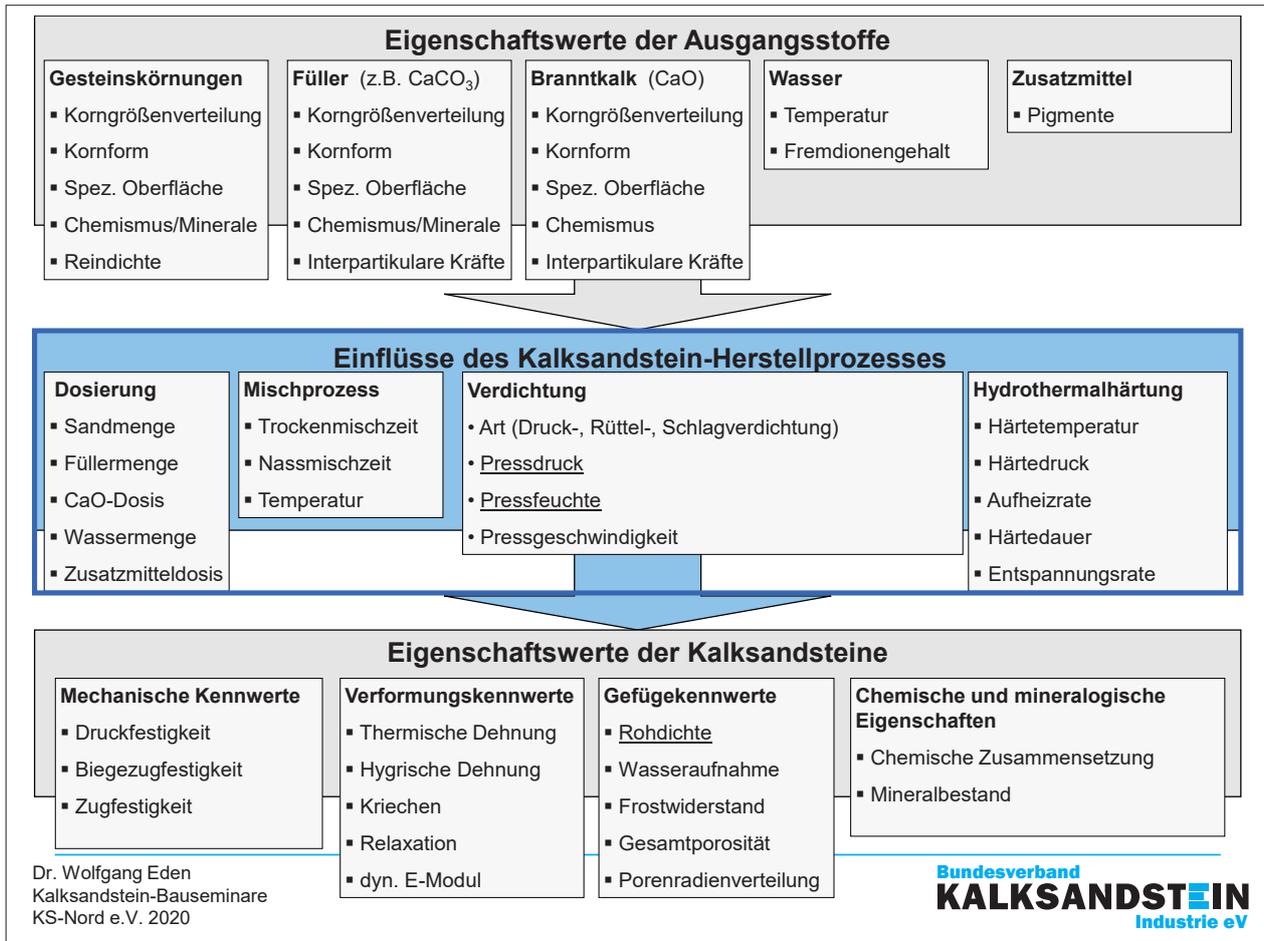
Uni Kassel, Prof. Middendorf

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



Ziel des Mischvorgangs:

- 1) Verteilung
→ vollständiges Belegen der Sandkornoberfläche mit Kalk
- 2) Zerteilung
→ Zerkleinern von Agglomeraten

Quellen:
Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH und
Fraunhofer Institut Dresden

Löschreaktion im Reaktor:

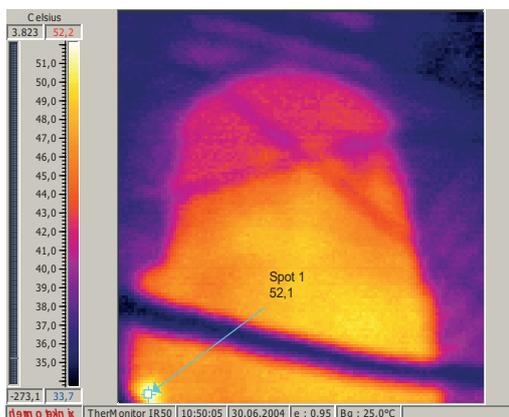
Brantkalk + Wasser → Kalkhydrat + Wärme



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

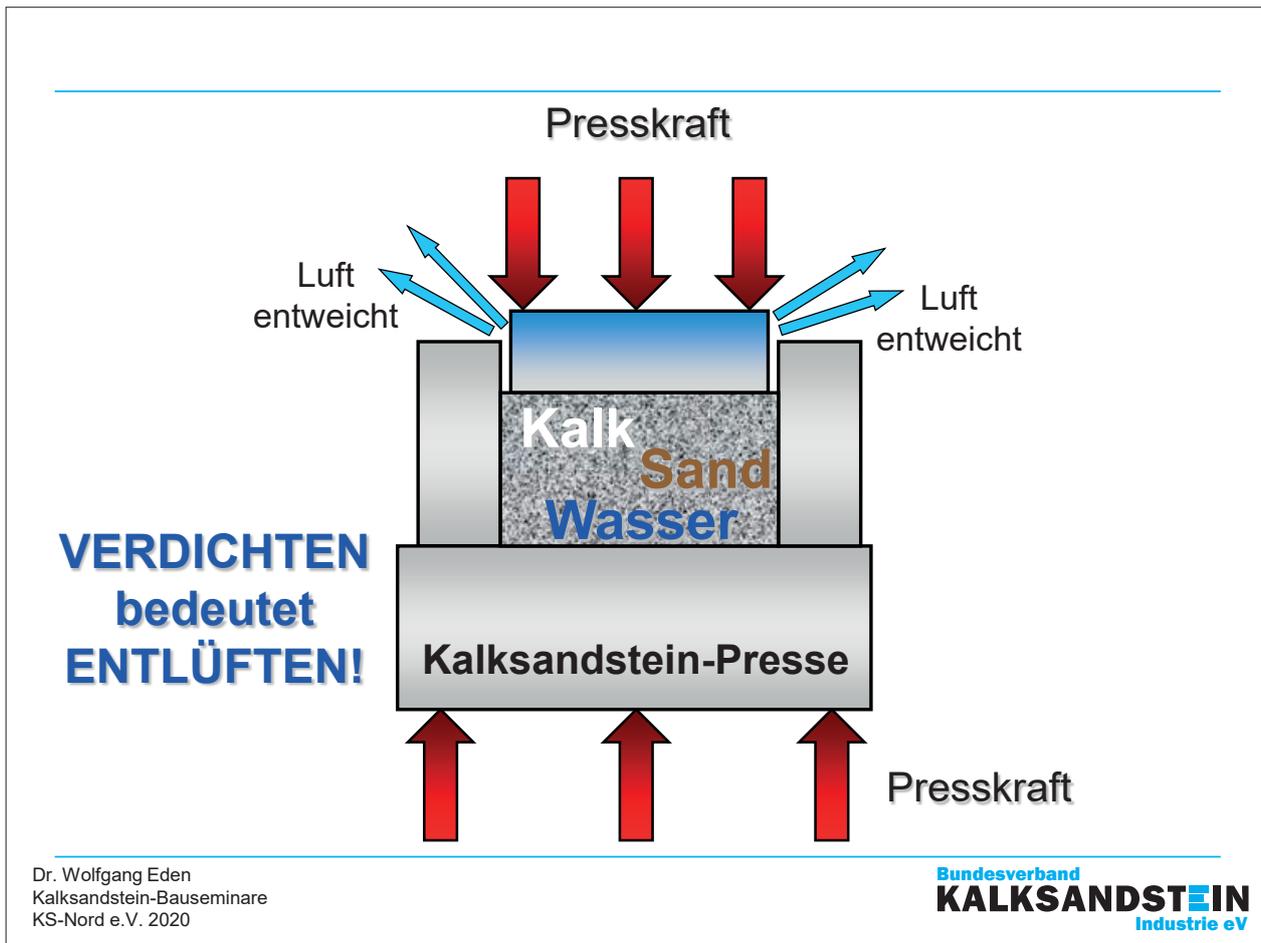
Im Kalksandsteinwerk: Infrarot-Aufnahme eines Reaktors
→ Wärmeentwicklung durch den Löschvorgang



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

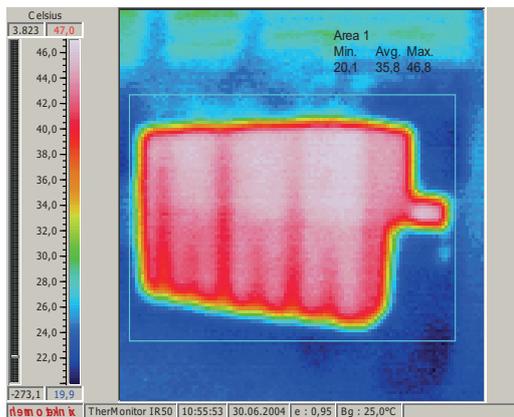
Quelle: Rheinkalk GmbH

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



Kalksandstein-Rohlinge

Infrarot-Aufnahme von Kalksandstein-Rohlingen



Schallschutz → möglichst hohe Scherbenrohdichte



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

AIF ALLIANZ
INDUSTRIE
FORSCHUNG

Aufgabenstellung für die Produktionstechnologie:

→ Maßnahmen zur Erhöhung der Scherbenrohdichte

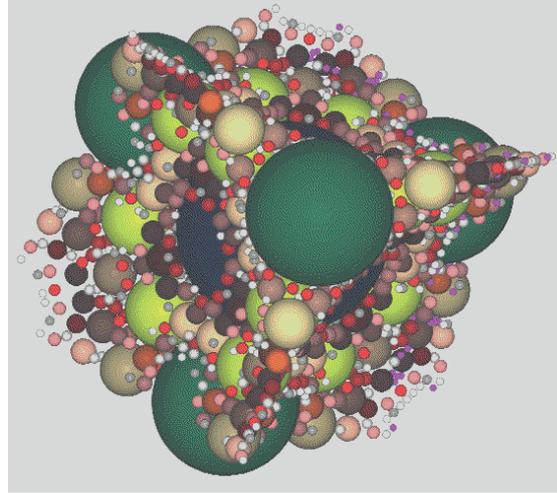
1. Reduzierung des Hohlraumanteils (Wegnahme des Dornlochvolumens)
2. Zugabe von Gesteinskörnungen mit hoher Reindichte
3. Erhöhung der Packungsdichte durch eine Anhebung der Presskraft
4. Optimierung der Korngrößenverteilung der verwendeten Gesteinskörnungen (Feinpartikel und Grobzuschlag) im Hinblick auf eine maximale volumetrische Packungsdichte.

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Packungsdichte

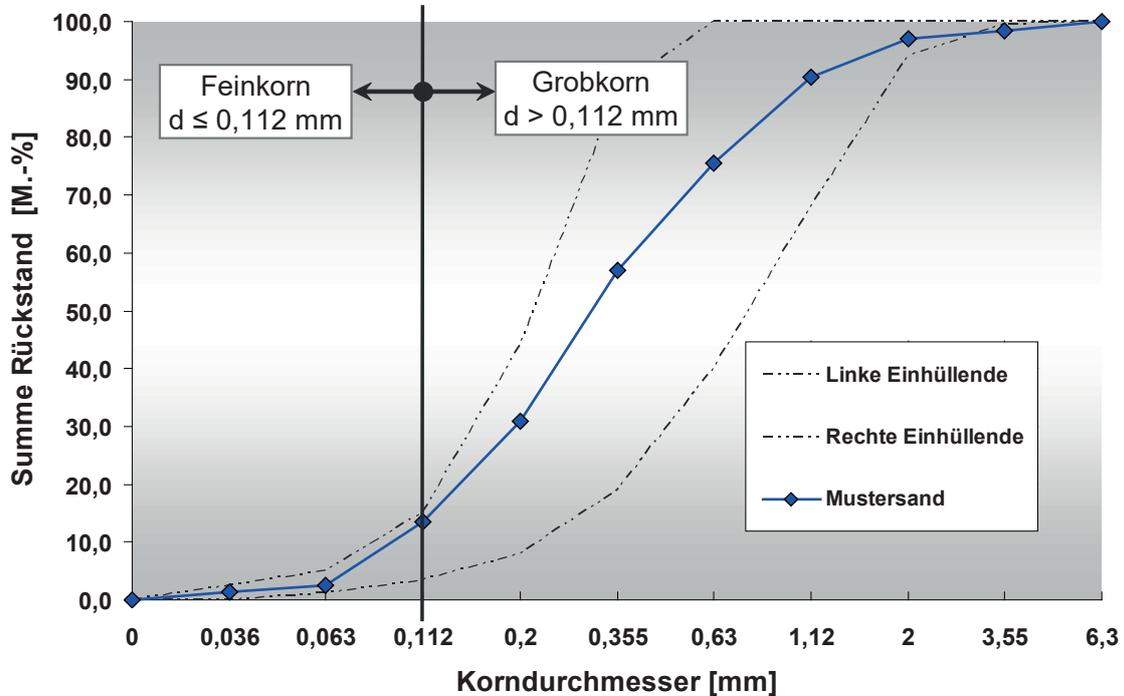
Forschungsergebnis:
Packungsdichten von
Kalksandstein-Mischungen
können von nun an durch
Berechnung optimiert
werden.



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Quelle: Universität Kassel

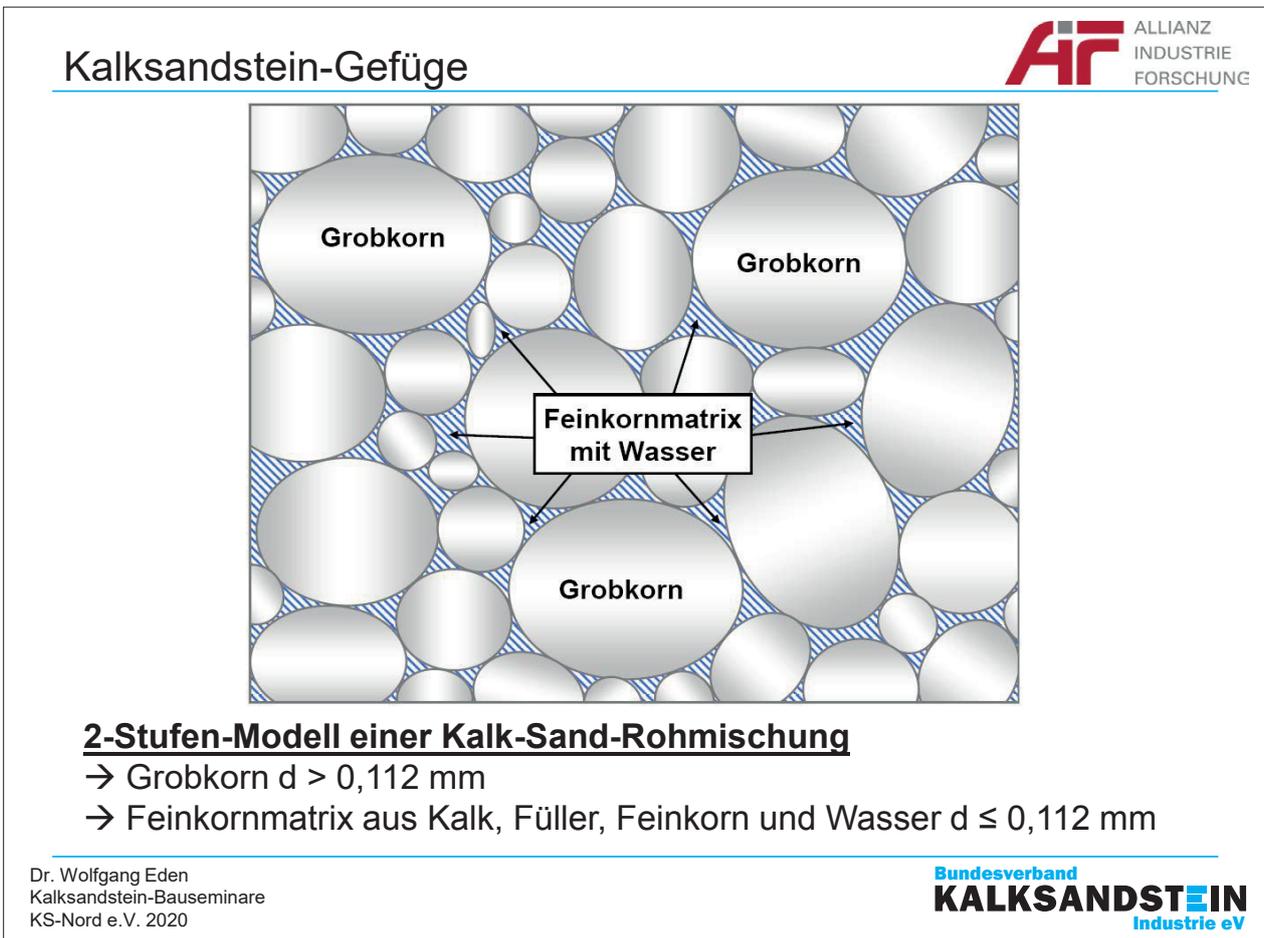
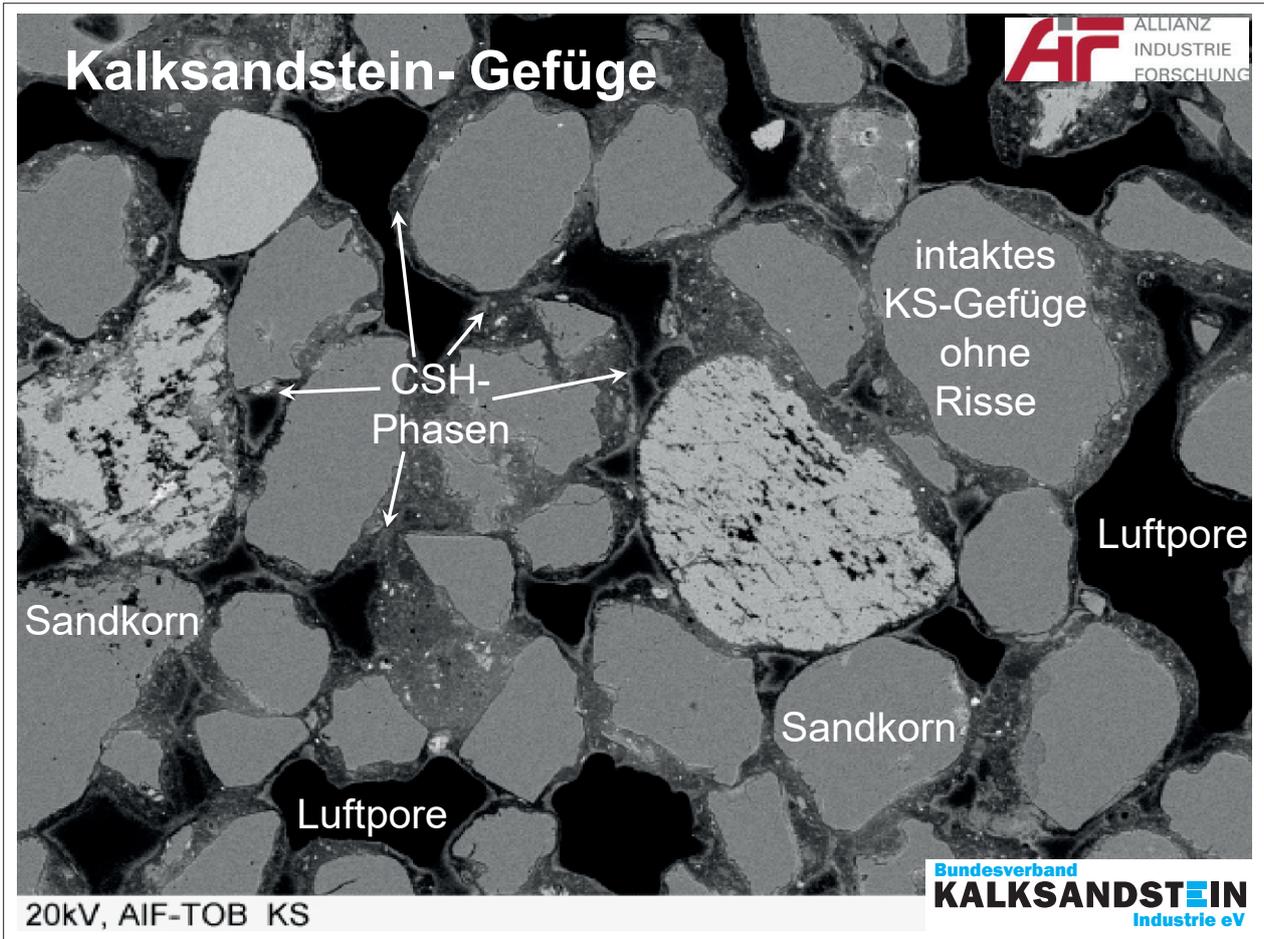
Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



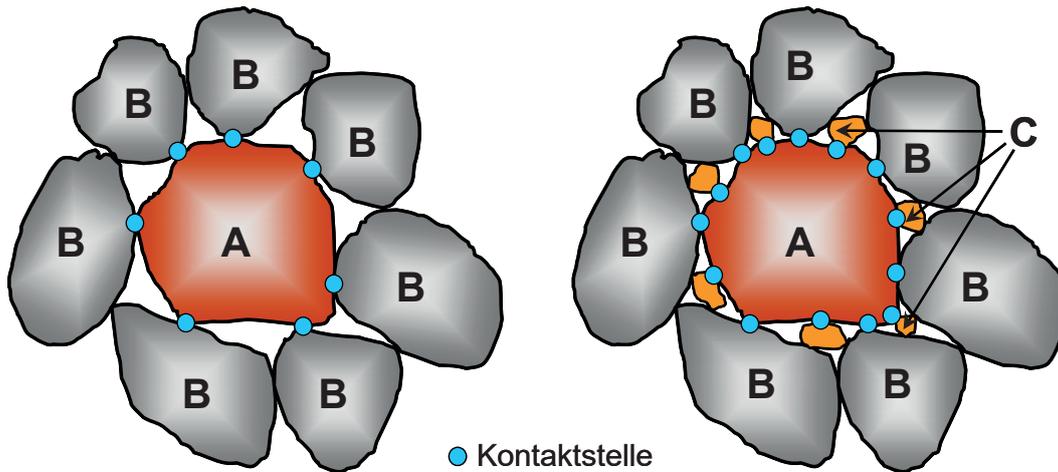
Korngrößenverteilungslinie für die Kalksandsteinherstellung mit
Streubereich, sog. linke und rechte Einhüllende (Beispiel)

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



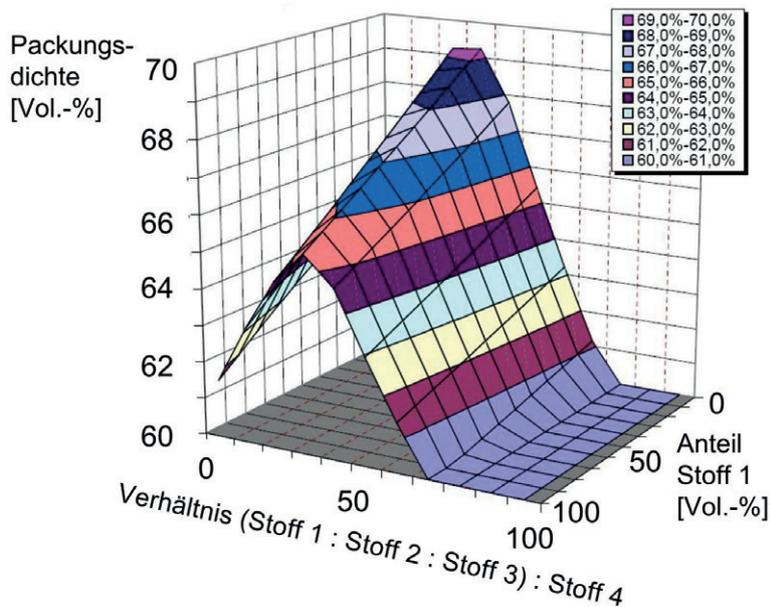
Steigerung der Packungsdichte



Erhöhung der Koordinationszahl

→ Steigerung der Packungsdichte, Scherbenrohichte und der Steindruckfestigkeit

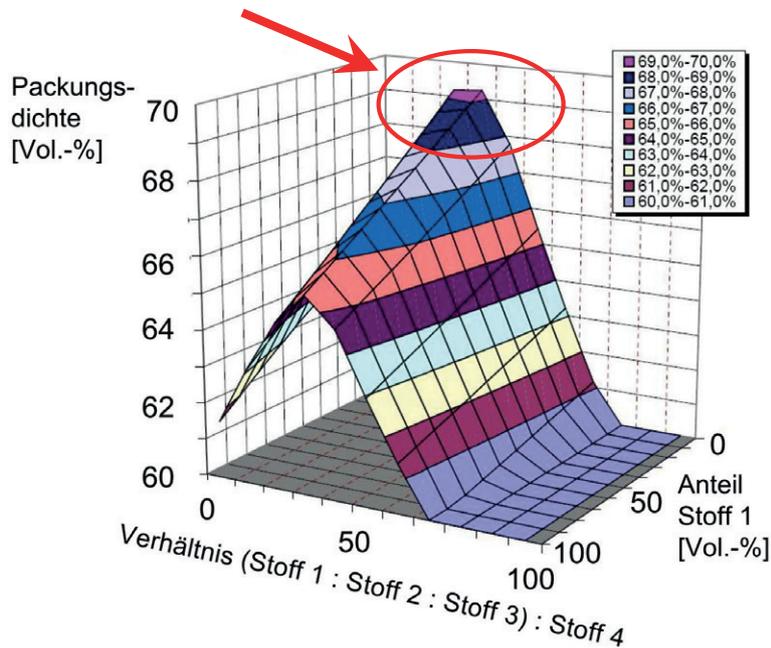
Steigerung der Packungsdichte



Kalksandstein-Forschung heute:

Packungsdichte-
berechnung mittels
Spezialsoftware

Steigerung der Packungsdichte

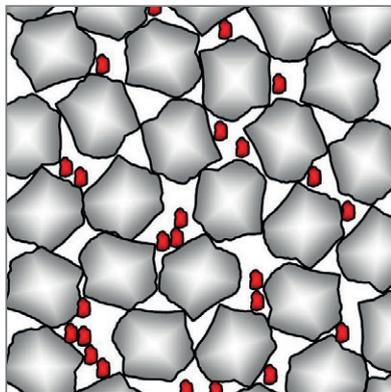


Kalksandstein-Forschung heute:

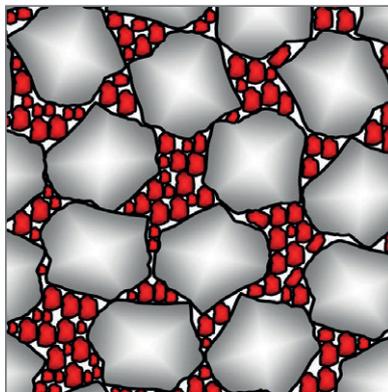
Packungsdichte-berechnung mittels Spezialsoftware

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

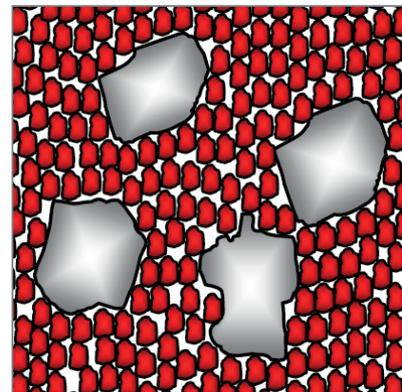
Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



Dominanz der Grobfraktion:
Die Position der Grobpartikel wird nicht von den Feinkornpartikeln beeinflusst.
Packungsdichte ist geringer.



Maximale Packungsdichte:
Die Feinkornpartikel füllen das Hohlraumvolumen des Grobkorngerüsts gerade aus.



Dominanz der Feinfraktion:
Die Grobpartikel "schwimmt" in der Feinkornfraktion, Auseinanderdrängungseffekt!
Packungsdichte ist geringer.

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

KS-Verblender und Vormauersteine

Frostwiderstandsfähigkeit

Einflussgrößen:

- Korngrößenverteilung der Sande
- Kalkdosis
- Pressdruck
- Härtezeit

→ Eine hohe Festigkeit des Gefüges führt zu einer hohen Frostwiderstandsfähigkeit.

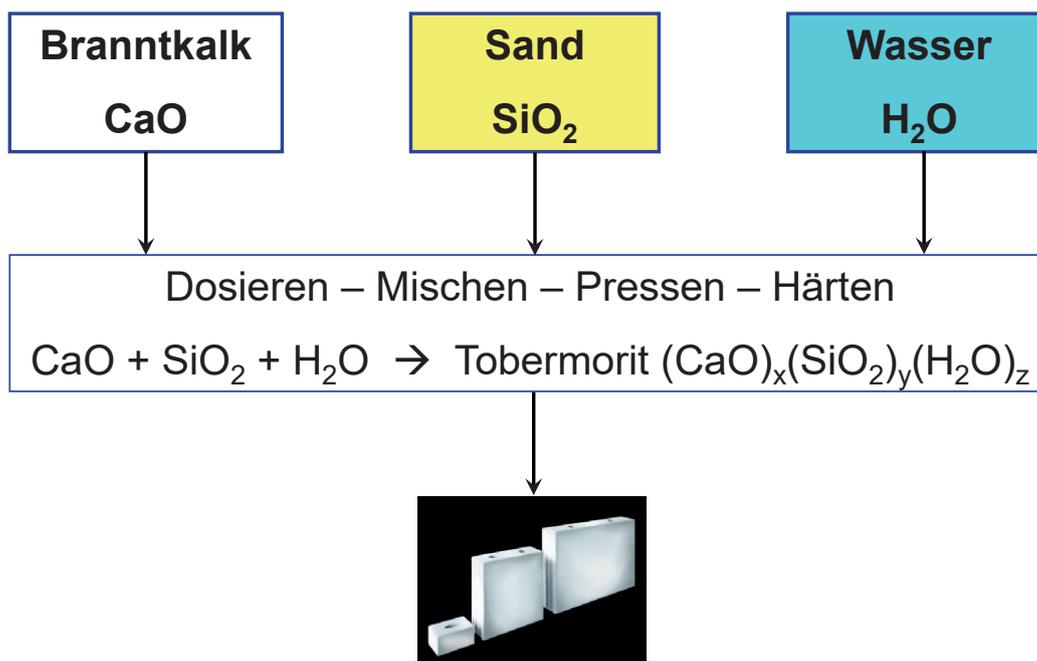


Frostprüfruhe im KS-Labor

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

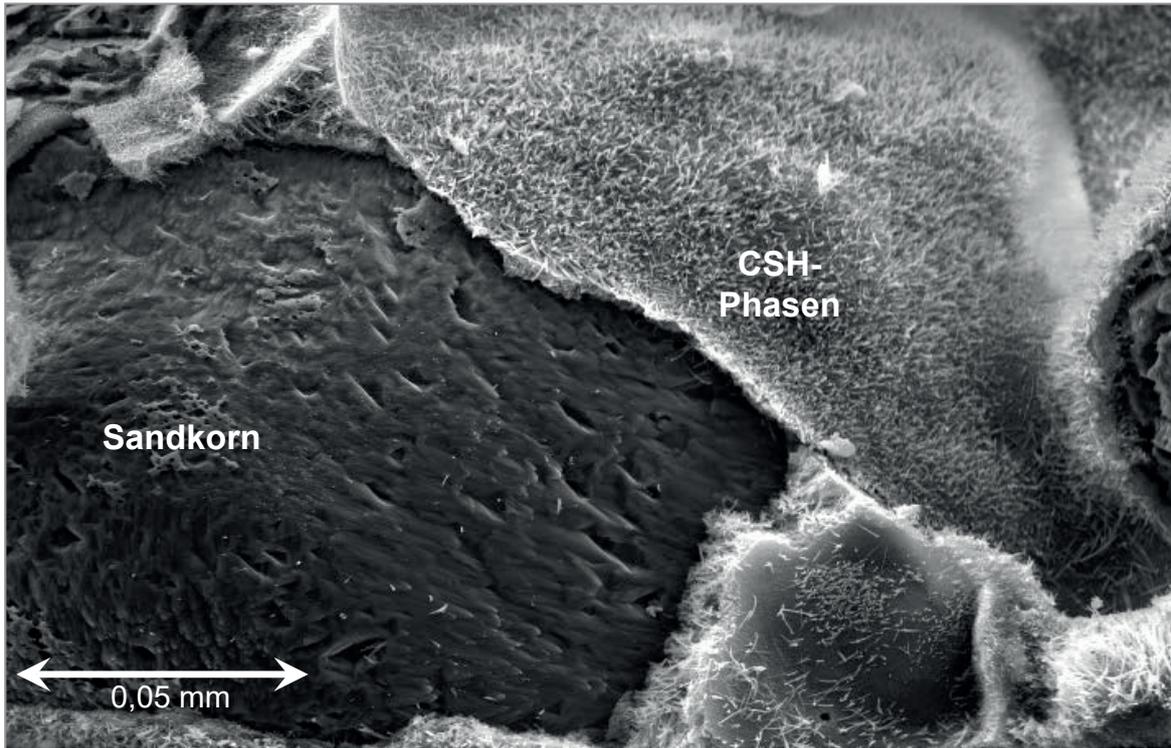
Dampfhärtung der Rohlinge – chemische Reaktionen



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Kalksandstein im Elektronenmikroskop



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Quelle: Universität Kassel, Prof. Dr. rer. nat. Bernhard Middendorf

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Kalksandstein-Härtekessel T ~ 200°C und p = 16 bar



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Quelle: Scholz Maschinenfabrik GmbH

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Kalksandstein-Härtekessel T ~ 200°C und p = 16 bar

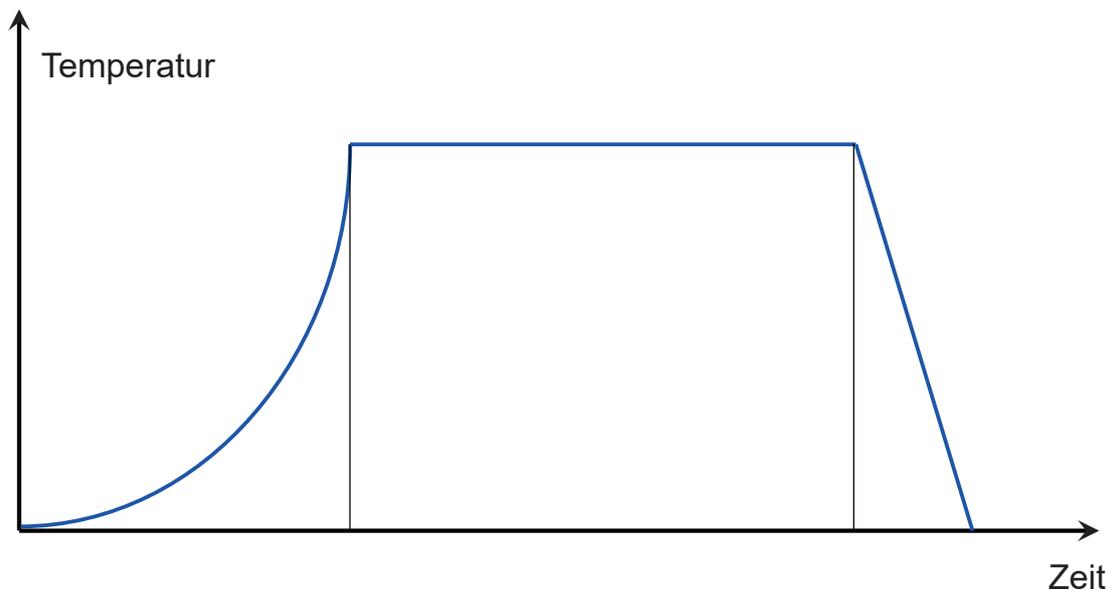


Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Quelle: Rheinkalk GmbH

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Dampfhärtung der Rohlinge bei T ~ 200°C und p = 16 bar



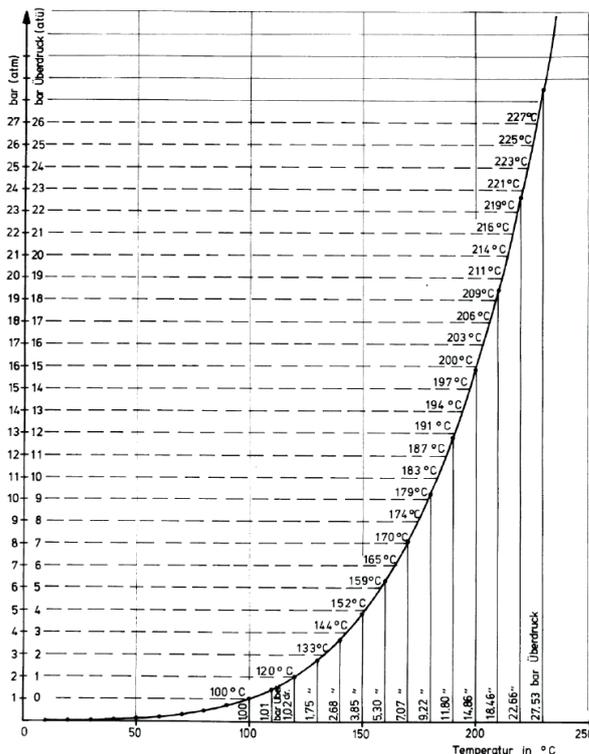
Standard-Härtekurve für KS-XL-PE im Kalksandsteinwerk XY

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

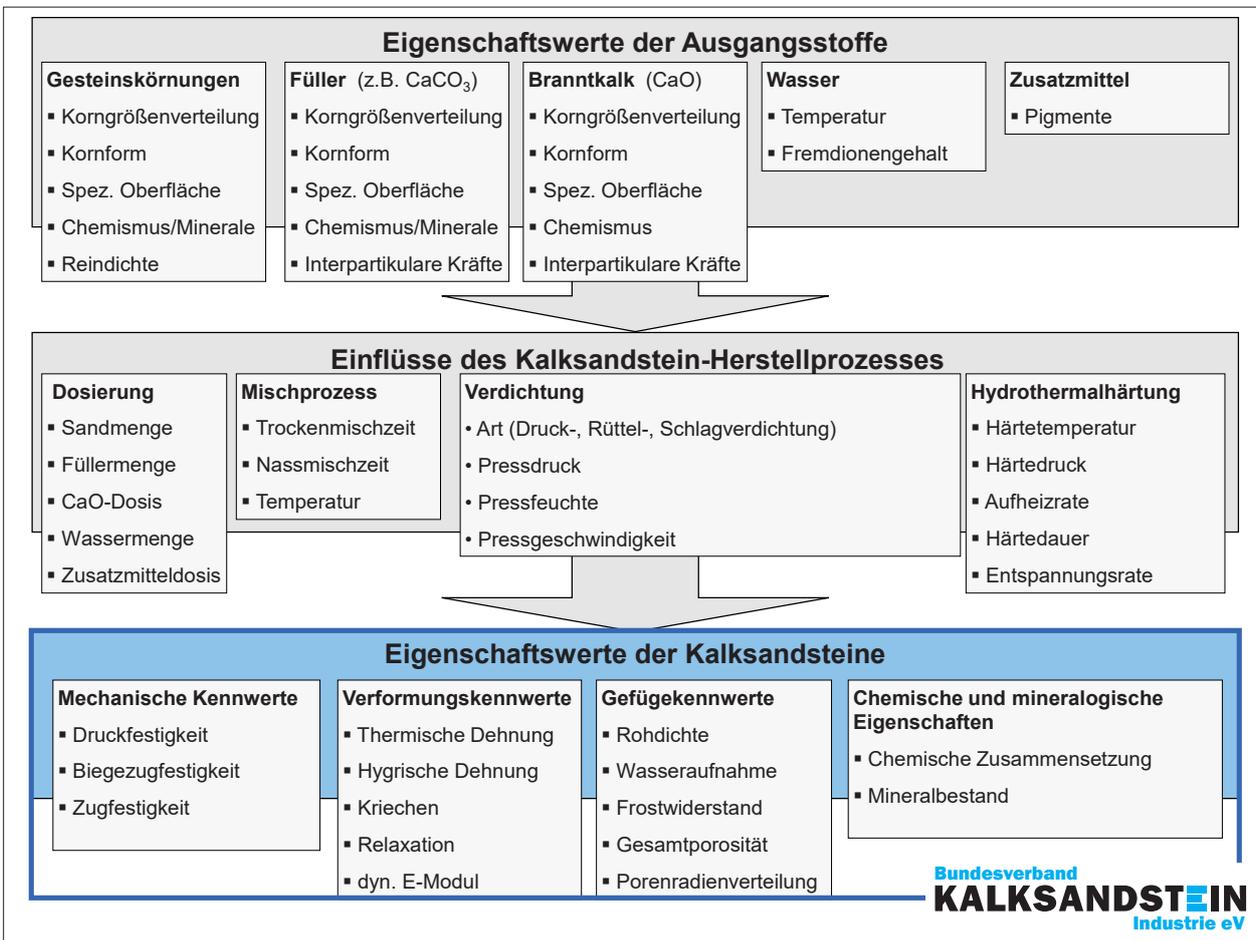
Dampfdruck und Dampftemperatur

Dampf-(über-)druck p_e [bar]	Dampf-temperatur T [°C]
0	100
1	120
2	133
3	144
4	152
5	159
6	165
7	170
8	174
9	179
10	183
11	187
12	191
13	194
14	197
15	200
16	203
17	206
18	209
19	211
20	214
21	216
22	219
23	221
24	223
25	225
26	227

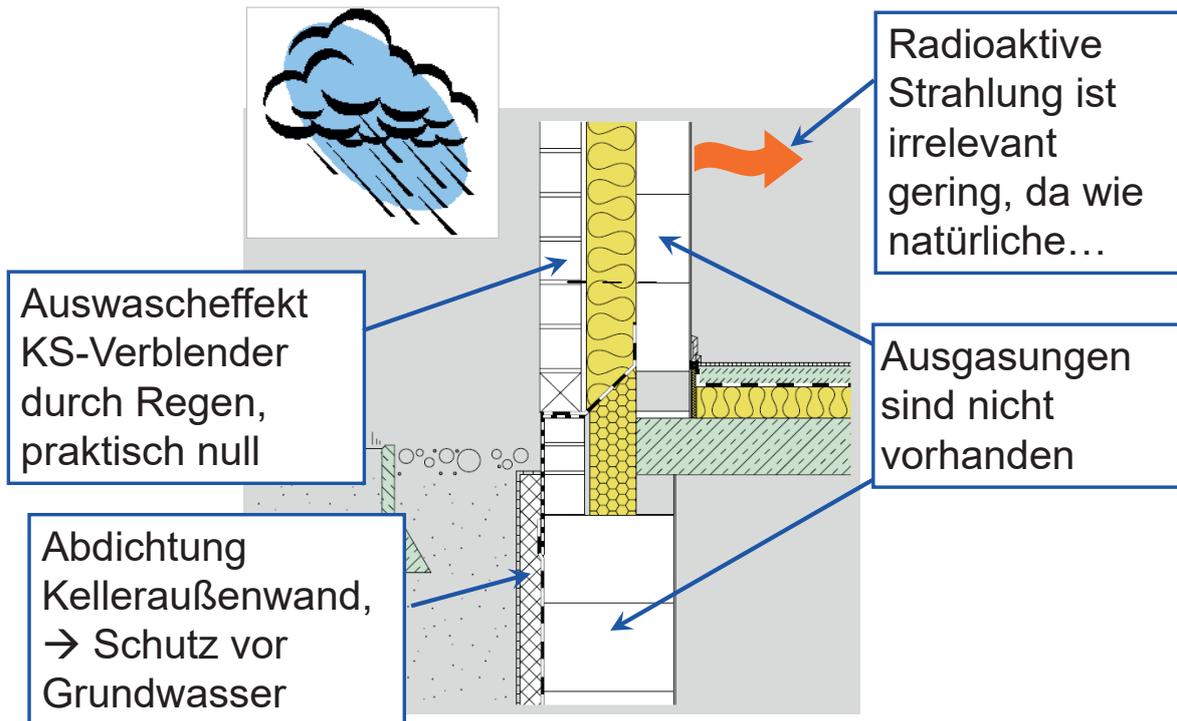


Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



Kalksandsteine → keine Umweltprobleme



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Welche Umweltnachweise liegen für Kalksandsteine vor?

Auslaugung / Beregnung:

RWTH Aachen
ibac M1223 / F7043-1:

div. Prüfberichte:
Labor Dr. Wessling,
Hettstedt:

Ergebnisse
(Eluat und content):
→ „stets sehr geringe
Konzentrationen an
Salzen und
Schwermetallen...“

VOC-Emissionen (indoor-air):

eurofins (DK):
Ergebnisse:

→ „Kalksandsteine
sind gemäß AgBB-
Schema für
Innenräume geeignet.“

2) Fraunhofer-Institut für
Bauphysik (D):

Ergebnisse:
→ „WHO-Kriterien
eingehalten...“

Radioaktivität:

Bundesamt für
Strahlenschutz:

Messungen 2007
(K-40, Ra-228, Th-228,
U-238, Ra-226, Pb-210, Rn):

Ergebnisse:
→ „Kalksandsteine
sind völlig
unbedenklich...“

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

UMWELT-PRODUKTDEKLARATION
nach ISO 14025 und EN 15804

Dokumentation: **Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.**
Herstellung: Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)
Programmhalter: Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)
Dokumentationsnummer: EPD-BKS-20160002-1AE-1-DE
Ausstellungsdatum: 03.03.2016
Gültig bis: 02.03.2021

Kalksandstein
Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.

www.bau-umwelt.com / https://epd-online.com

Institut Bauen und Umwelt e.V.

Bundesverband KALKSANDSTEIN Industrie eV

1. Allgemeine Angaben

Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.	Kalksandsteine
Programmmittel: IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V. Personenr.: 1 16178 Berlin Deutschland Dokumentationsnummer: EPD-BKS-20160002-1AE-1-DE Diese Deklaration basiert auf den Produktkategorieenregeln: Kalksandstein, 07 2014 (PCR gemäß und zugelassen durch den unabhängigen Sachverständigenrat) Ausstellungsdatum: 03.03.2016 Gültig bis: 02.03.2021	Inhaber der Deklaration: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. Erfassung 15 26119 Hannover Deutschland Dokumentationsnummer: 1 Tonne Kalksandstein Gültigkeitsbereich: Als Datenbasis wurden spezifische Daten aus dem im Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. organisierten Werkstätten gemittelt. Die Deklaration umfasst die Rohstoffe- und Energiegewinnung, Rohstofftransporte und die eigentliche Herstellungsgänge von Kalksandsteinen der Rohstoffklasse 1.8. Die Daten sind repräsentativ für die Produktion des Bundesverbandes. Es erfolgte eine Durchsicht der Deklaration auf Basis der aktuellen Produktkategorieenregeln 2014 der Werke des Bundesverbandes. Der Inhaber der Deklaration haftet für die zugehörigen Angaben und Nachweise; eine Haftung des IBU in Bezug auf Herstellerformalitäten, Dualisierungen und Nachweise ist ausgeschlossen. Verifizierung: Die DIN Norm EN 15804 dient als Kern-PCR. Verifizierung der EPD durch einen unabhängigen Dritten gemäß ISO 14065 <input type="checkbox"/> extern <input checked="" type="checkbox"/> intern P. Weg Formel (mit Unabhängigen Prüfern vom IBU besetzt)

2. Produkt

2.1 Produktbeschreibung
Die in der Deklaration berechneten Produkte sind durchschnittliche unbewehrte Mauersteine unterschiedlicher Formate aus Kalksandstein. Kalksandstein gehört zur Gruppe der dämpfgeharteten Baustoffe. Die Daten sind repräsentativ für die Produktion der Mitglieder des Bundesverbandes. Es erfolgt eine Durchsicht der Deklaration auf Basis der jährlichen Produktionsvolumen 2014 der Werke des Bundesverbandes.

2.2 Anwendung
Mauersteine für tragende und nicht tragende Wände.

2.3 Technische Daten

Bezeichnende Daten	Wert	Einheit
Rohdichte	1200 - 2600	kg/m ³
Rohrbruchfestigkeit	10 - 60	N/mm ²
Wärmeleitfähigkeit nach DIN	0,38 - 1,21	W/mK

2.4 Inverkehrbringungs-/Anwendungsregeln
Für das Inverkehrbringen in der EU/EFTA (mit Ausnahme der Schweiz) gilt die Verordnung (EU) Nr. 305/2011 vom 03.03.2011. Die Produkte benötigen eine Leistungserklärung unter Berücksichtigung der DIN EN 771-2:2011-07: Festlegungen für Mauersteine - Teil 2: Kalksandsteine. Deutsche Fassung EN 771-2:2011-07.

2.5 FPO

Wasserdampf-Diffusionswiderstand	siehe unten	-
Bezugsdruckfestigkeit bei 23 °C, 60% Luftfeuchte	2 - 3	M-%

Wasserdampf-Diffusionsänderungsanzahl n nach DIN 4108-4: Für die RDK 1,8 - 1,4 µm S1D
Für die RDK 1,6 - 2,5 µm S1D2

Anwendungsregeln nach DIN EN 771-2, /DIN V 20000-402 und /DIN V 1968 sowie allgemeine bauaufsichtliche Zustimmungen

2.6 Umwelt-Produktdeklaration Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. - Kalksandstein

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband KALKSANDSTEIN Industrie eV

Qualität: → Chemische Analyse im Labor

AIF ALLIANZ INDUSTRIE FORSCHUNG

Dipl.-Ing. Wolfgang Eden
Dr.-Ing. Armin Just
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Bernhard Middendorf

110

Einsatz der Differenzial-Thermoanalyse als Prüfverfahren für die Qualitätsbewertung bei der Kalksandstein-Produktion
Forschungsbericht Nr. 110, Januar 2010

AIF Ideen eine Zukunft geben

Forschungsvereinigung Kalk-Sand eV



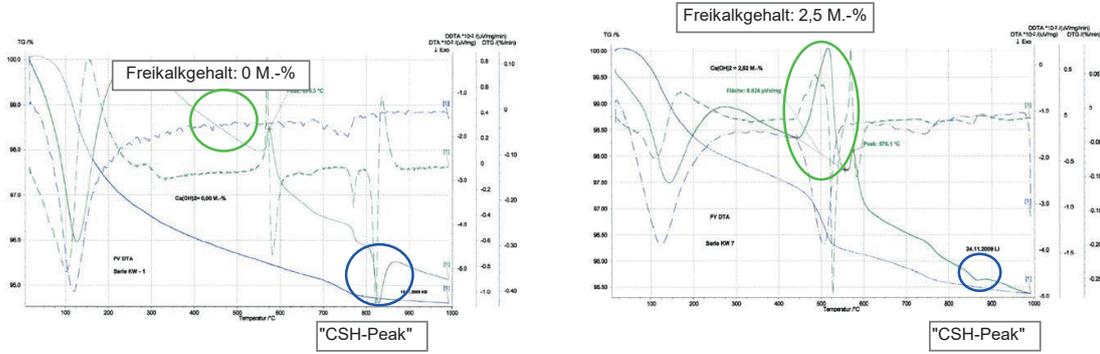
Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband KALKSANDSTEIN Industrie eV

Qualität: → Chemische Analyse im Labor



Thermogramme der Kalksandsteine der Nullserien aus Fein- und Grobsand: exothermer Peak im Temperaturbereich zwischen T = 830 und 870 °C



Kalksandstein aus Feinsand - Freikalkgehalt: 0,0 M.-% - CSH-Peak ist groß

Kalksandstein aus Grobsand - Freikalkgehalt: 2,5 M.-% - CSH-Peak ist klein

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020



Reduzierung des Energieverbrauchs

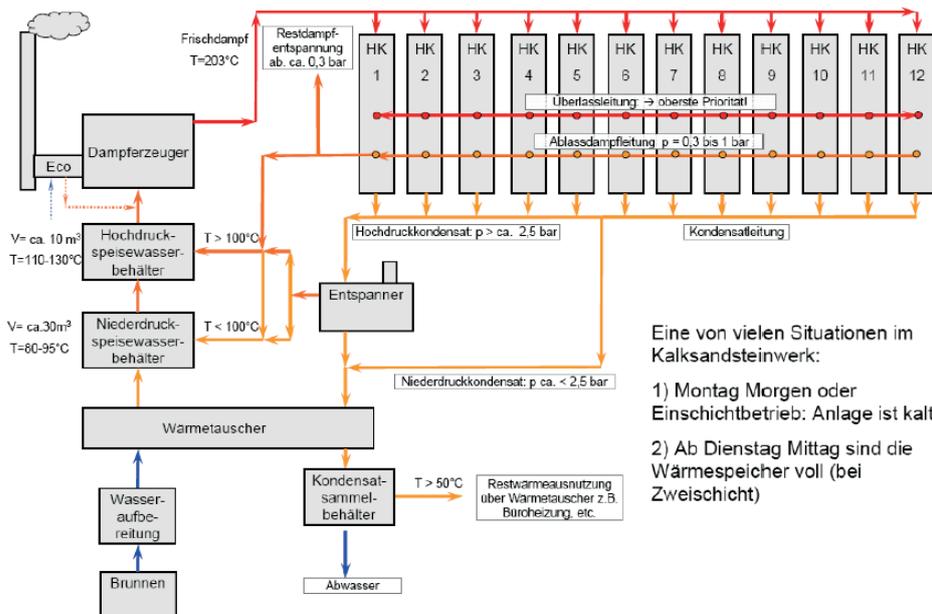
Dr.-Ing. Wolfgang Eden
Dr.-Ing. Wolf-Dieter Steinhilber

112

Reduzierung des Energieverbrauchs und der produktionsrechtlich bedingten CO₂-Emissionen bei der Kalksandsteinherstellung durch übergeordnete Systemoptimierungen

112 November 2018

DBU DLR Forschungsvereinigung Kalk-Sand eV



Eine von vielen Situationen im Kalksandsteinwerk:

- 1) Montag Morgen oder Einschichtbetrieb: Anlage ist kalt!
- 2) Ab Dienstag Mittag sind die Wärmespeicher voll (bei Zweischicht)

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020



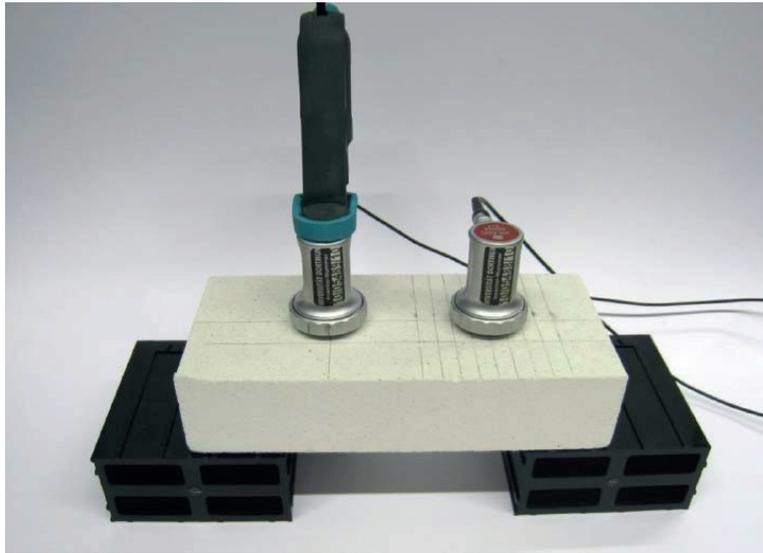
Zerstörungsfreie Prüfverfahren → Ultraschall

Dr.-Ing. Wolfgang Eden
Dr.-Ing. André Glaubitt
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Bernhard Middendorf

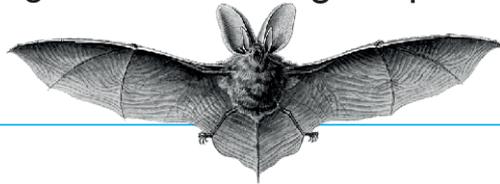
113

Optimierung zerstörungsfreier Ultraschall-Messtechnik zum Praxisinsatz als Ersatzprüfverfahren zur Qualitätsüberwachung der Kalksandstein-Produktion
Forschungsbericht Nr. 113, August 2011

AIF Mitglied Forschungsvereinigung
Kalk-Sand eV



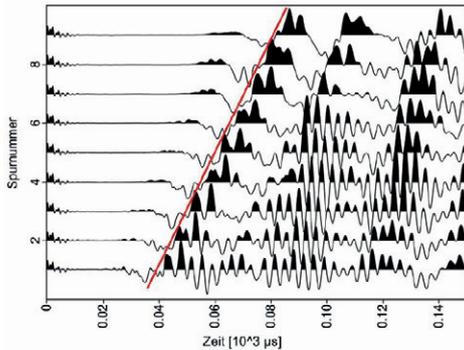
Schnellabschätzung der Druckfestigkeit per Ultraschall-Messung



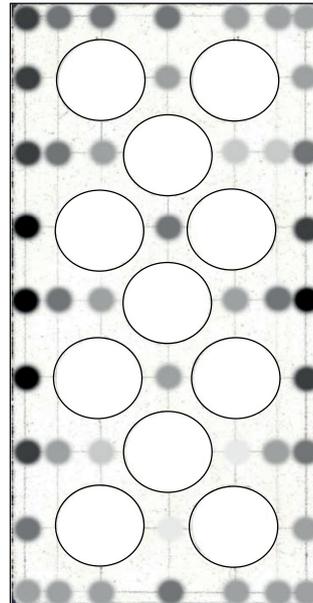
Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Zerstörungsfreie Prüfverfahren → Ultraschall



Oberflächenwellen auf einem
Kalksandstein



Impulsgeschwindigkeit,
graustufencodiert

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Zerstörungsfreie Prüfverfahren → Ultraschall

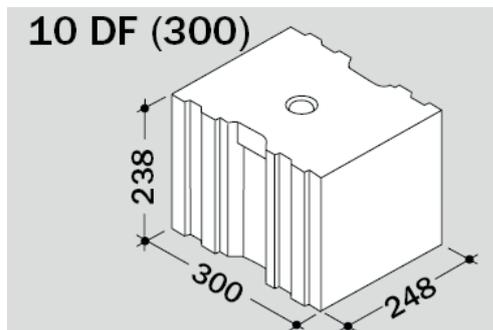


Ultraschallgerät Prüfkopfarray Typ: acsys M2502
(Nennfrequenz 55 kHz)

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

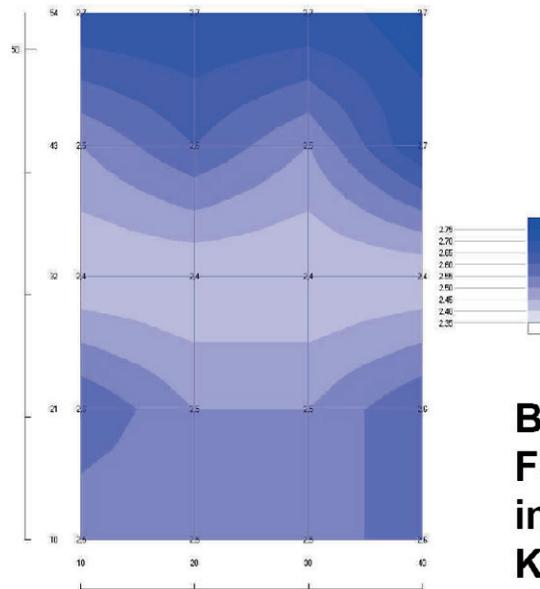
Zerstörungsfreie Prüfverfahren → Ultraschall



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Zerstörungsfreie Prüfverfahren → Mikrowellen



**Beispiel:
Feuchteverteilung
im Messfeld eines
KS XL-RE**

Rohdichtebestimmung - Feuchtemessung von Kalksandsteinen

Optimierung des Mischvorgangs

→ Entwicklung von Prüfverfahren zur Beurteilung der Mischungsqualität

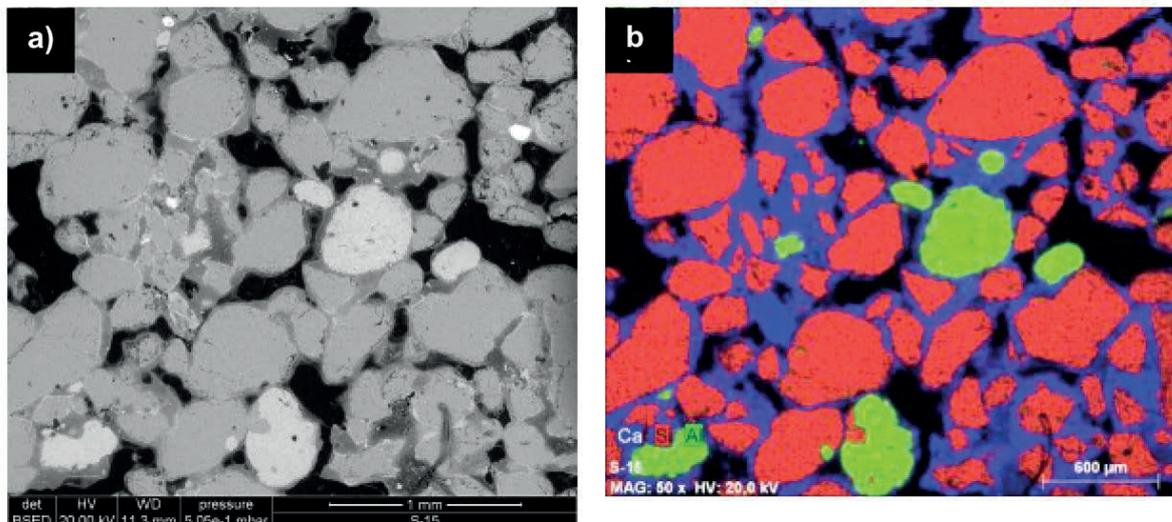


Bild 58: REM-Aufnahme des Anschliffs der Probe S-15

Quelle: FHI Dresden

a) BSE-Aufnahme und
b) EDX-Aufnahme (rot = Si, blau = Ca, grün = Al)

Recycling von Kalksandstein

KS-Recycling-Material für den Straßenbau
Tragschichten **ohne** Bindemittel



ToB

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Recycling von Kalksandstein



Sortenreines Kalksandstein-Recyclingmaterial

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Recycling von Kalksandstein



Sortenreines Kalksandstein-Recyclingmaterial

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Recycling von Kalksandstein



Sortenreines Kalksandstein-Recyclingmaterial

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Recycling von Kalksandstein



Recycling von Kalksandstein-Material

→ Ergebnisse der Forschungsvereinigung Kalk-Sand eV:

1. Sortenreines KS-Material für eine erneute KS-Produktion (AiF)
2. Einfluss anhaftender Reste anderer Baustoffe (AiF)
3. Verwertungspfade Beton und Wegebau (AiF)
4. Verwertungspfad Straßenbau ToB (AiF)
5. Recycling-Steine aus Mauerwerkabbruch (BBR)
6. Deponiebau „Methanox“ → KS- und PB-RC-Material (AiF)
7. Vegetationssubstrate (Bäume, Sträucher, Dachbegrünungen)
8. div. andere Verwertungsoptionen

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020



Recycling von Kalksandstein



Beim Recycling für die erneute KS-Produktion ist zu beachten:

→ Die Zugabe von sortenreinem Kalksandstein-Recycling-Material zur erneuten Kalksandsteinproduktion ist grundsätzlich möglich.

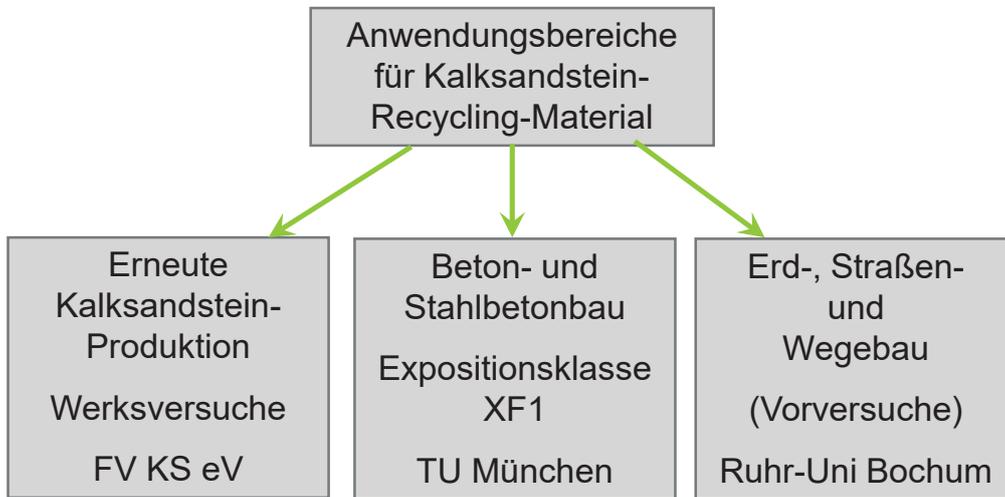
Zu beachten:

- keine Verunreinigungen (Tapetenreste, Holz, Gips, schwermetallhaltige Fremdstoffe, etc.) !!
- Anpassung der Rezepturen
 - leichte Erhöhung der Kalkdosis
 - leichte Erhöhung der Pressfeuchte

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020



Recycling von Kalksandstein



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Recycling von Kalksandstein

Dipl.-Ing. Wolfgang Eden
Dipl.-Ing. Nina Flottmann
Dr.-Ing. Guntram Kohler
Dipl.-Ing. Jan Kollar
Dipl.-Ing. Harald Kurkowski
Prof. Dr.-Ing. Martin Radenberg
Dr. rer. nat. Frank Schlütter

Eignung von rezykliertem Kalksandstein-Mauerwerk für Tragschichten ohne Bindemittel
Forschungsbericht Nr. 111, März 2010

AIF
Ideen eine Zukunft geben

Forschungsvereinigung Kalk-Sand eV

Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V.
Hannover

Lehrstuhl für Verkehrswegebau
der Ruhr-Universität Bochum



Amtliche Materialprüfungsanstalt
der Freien Hansestadt Bremen
ein Geschäftsbereich der
Stiftung Institut für Werkstofftechnik Bremen



TerraTextura Baustoff- und
Vegetations-Technologie GmbH
Soest



Brockmann Recycling GmbH,
Nützen



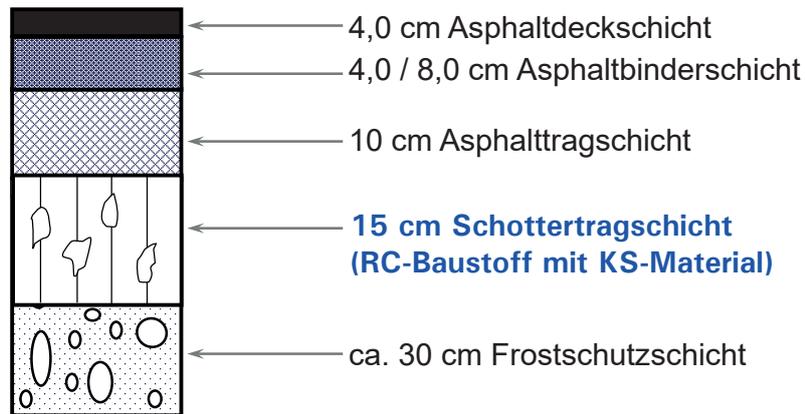
Impressum

Forschungsbericht Nr. 111
„Eignung von rezykliertem Kalksandstein-Mauerwerk für Tragschichten ohne Bindemittel“
April 2010

Herausgeber:
Forschungsvereinigung Kalk-Sand eV, Hannover
Entenfangweg 15
30419 Hannover
Wolfgang.Eden@Kalksandstein.de

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

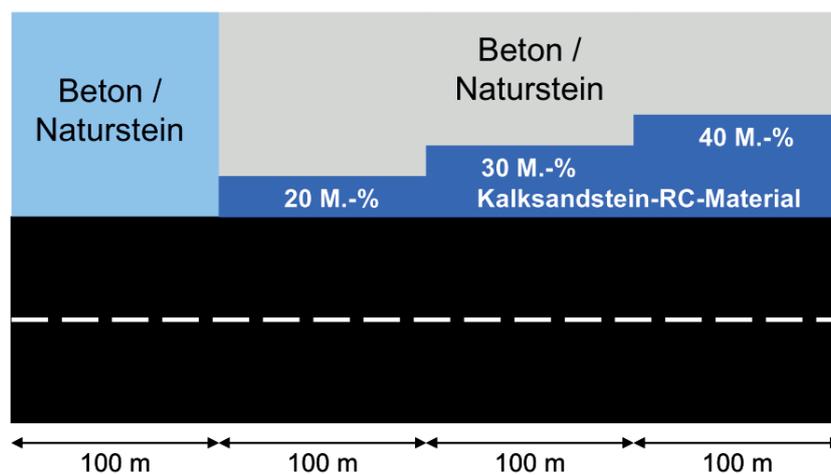
Recycling von Kalksandstein



Geplanter Oberbau der Versuchsstrecke,
in Anlehnung an die RStO 01, BK II / III

Recycling von Kalksandstein

Recycling-Projekt Tragschichten ohne Bindemittel – reale Strecke



Aufbau der Erprobungsstrecke

Recycling von Kalksandstein



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Recycling von Kalksandstein



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Recycling von Kalksandstein



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Quelle: Bimolab GmbH

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Recycling von Kalksandstein



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Quelle: Bimolab GmbH

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Recycling von Kalksandstein

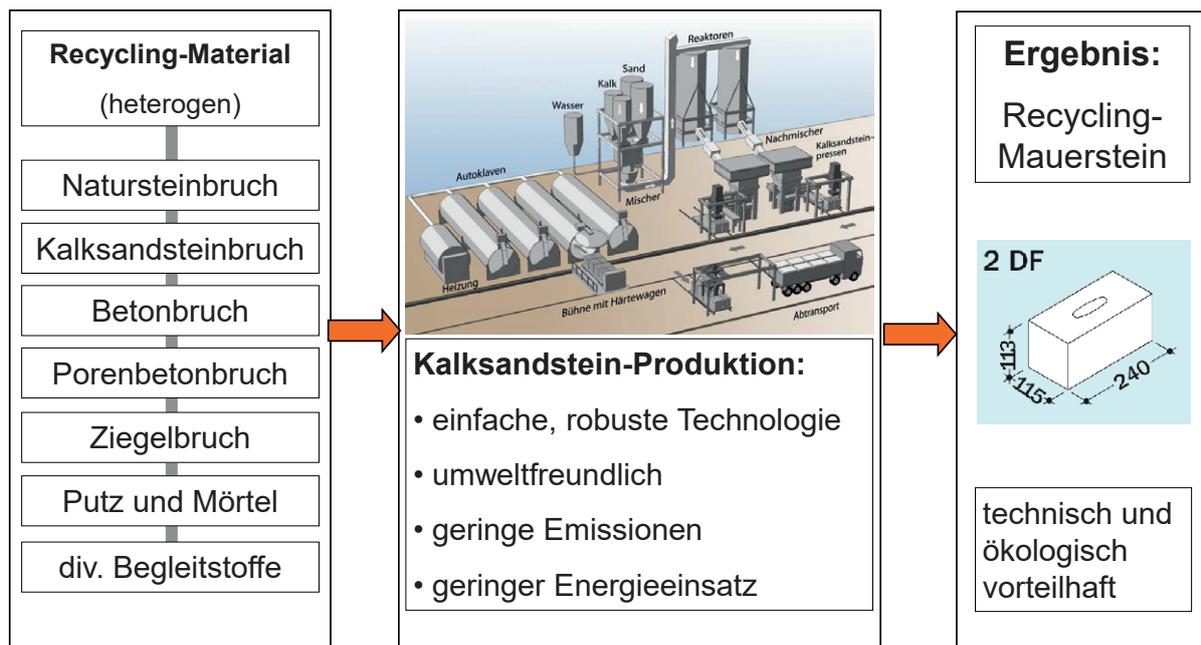


Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Quelle: Bimolab GmbH

Recycling von Kalksandstein

Recycling-Mauersteine



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Recycling von Kalksandstein

FORSCHUNGSINITIATIVE
ZukunftBAU

Kalksandstein-Abbruchmaterial



Gebrochenes Kalksandstein-Material

Beton-Abbruchmaterial



Gebrochenes Beton-Material

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Recycling von Kalksandstein

FORSCHUNGSINITIATIVE
ZukunftBAU

...auf der Recyclinganlage

brockmann
recycling



Beschickung der Brecheranlage



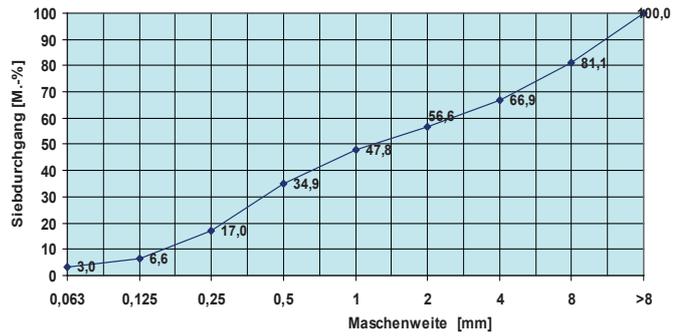
Befüllung der Mulden

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Quelle: Brockmann Recycling GmbH

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

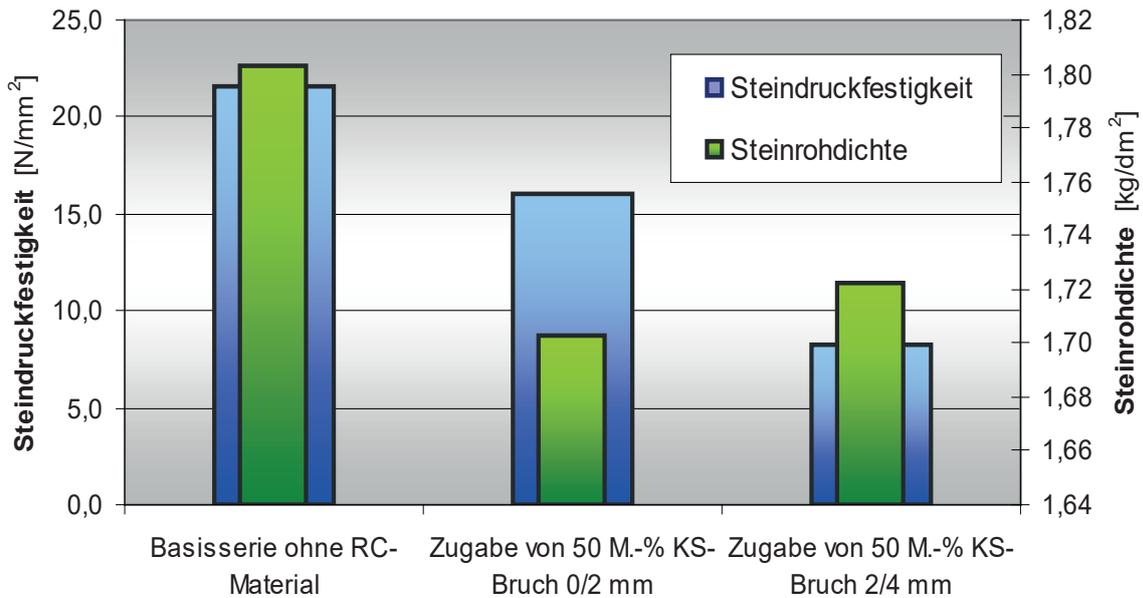
Recycling von Kalksandstein



Gebrochenes
Kalksandstein-Material

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Recycling von Kalksandstein



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Recycling von Kalksandstein

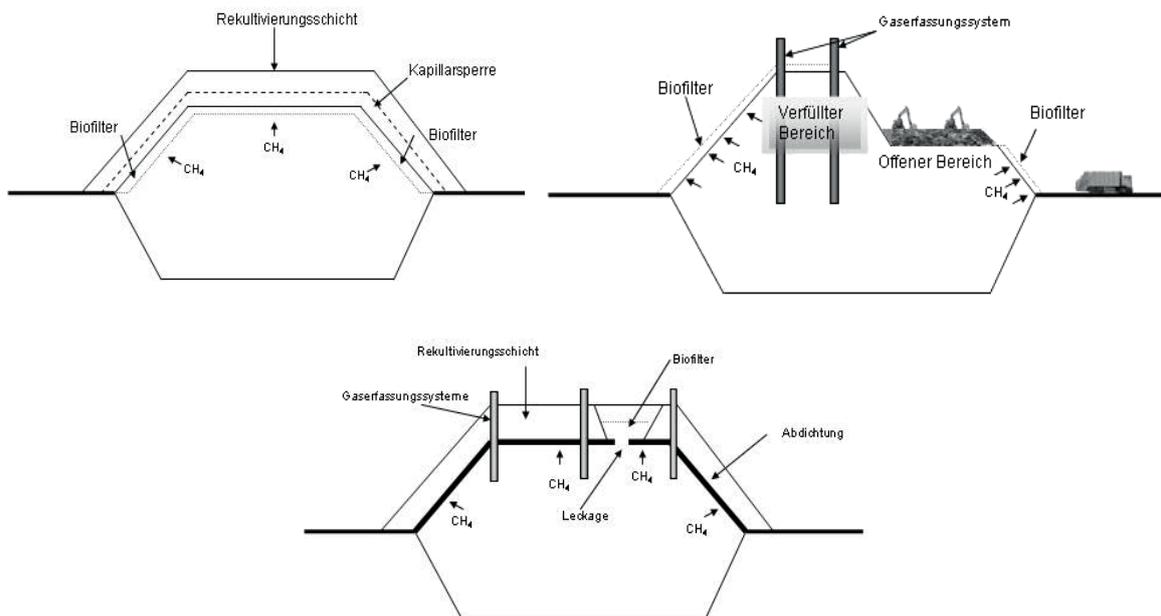


Extrembeispiel: → Zugabe von 50 M.-% KS-Recycling-Material 0/2 mm

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

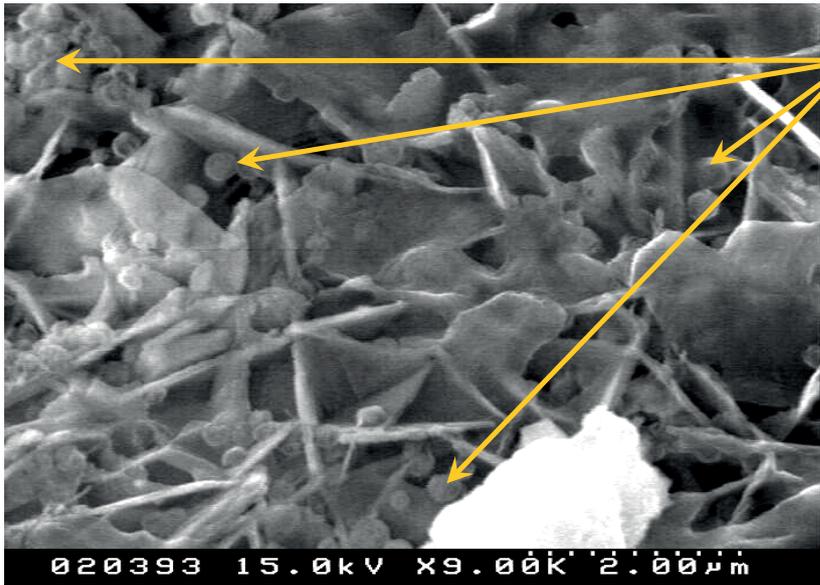
Recycling von Kalksandstein

zu 6) verschiedene Anwendungsfälle



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Recycling von Kalksandstein



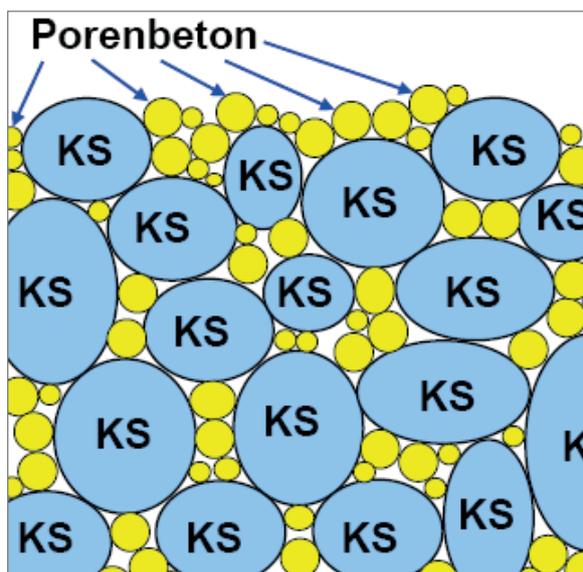
REM,
9000-fache
Vergrößerung
stabförmige
Bakterien

Methanoxidierende Bakterien im Porenbeton angereichert

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

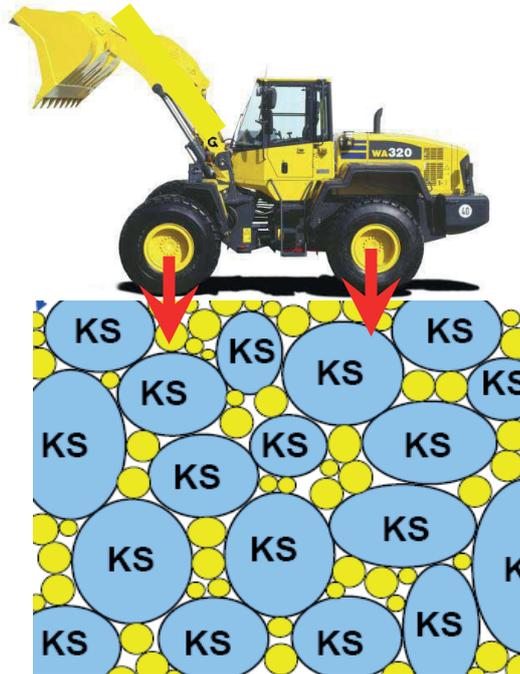
Recycling von Kalksandstein

Beispiel für einen möglichen Gefügebau → Berechnung der optimalen Korngrößenverteilung mittels Spezialsoftware



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Recycling von Kalksandstein



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Recycling von Kalksandstein

Dipl.-Ing. Gerhard Bukowski
Dr.-Ing. Wolfgang Eden
Dr. rer. nat. Jan Küver
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Harald Kurkowski
Dipl.-Chem. Jens-Jürgen Lau
Dipl.-Biol. Markko Romesch

118

Bioaktivierung von Porenbeton- und Kalksandstein-Recyclinggranulaten mit Methan oxidierenden Bakterien zur Reduktion von Methan ausgasungen aus Hausmülldeponien - ein Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz –METHANOX II
Forschungsbericht Nr. 118, Januar 2015

AF Mitglied

Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V.
Forschungsvereinigung Porenbetonindustrie e.V.
Forschungsvereinigung Recycling und Wertstoffverwertung im Bauwesen e. V. - RWB

SIM-Recycling-Projekt Methanox II

Forschungsvereinigung Kalk-Sand eV FORSCHUNGSVEREINIGUNG PORENBETON

Bioaktivierung von Porenbeton- und Kalksandstein-Recyclinggranulaten mit Methan oxidierenden Bakterien zur Reduktion von Methan ausgasungen aus Hausmülldeponien - ein Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz – METHANOX II

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Recycling von Kalksandstein



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Dachbegrünungen



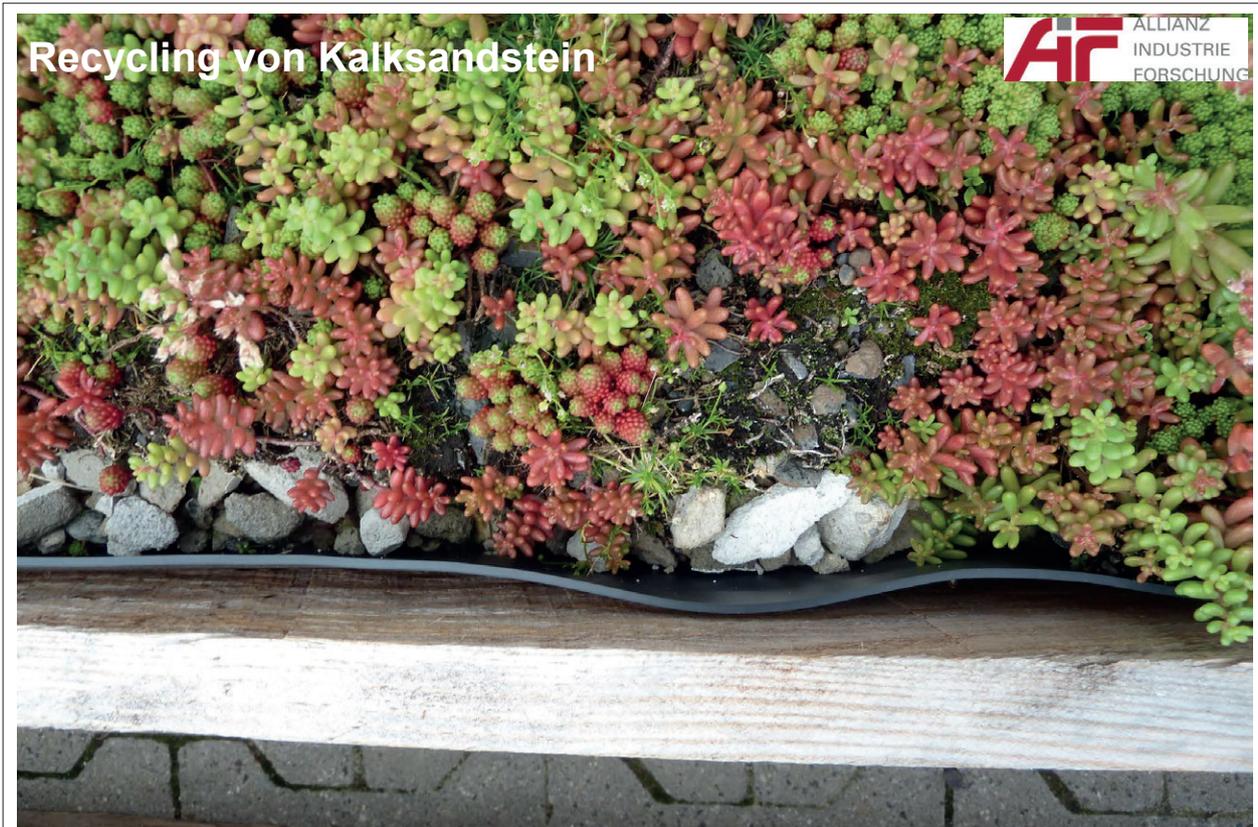
Recycling von Kalksandstein



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Dachbegrünungen





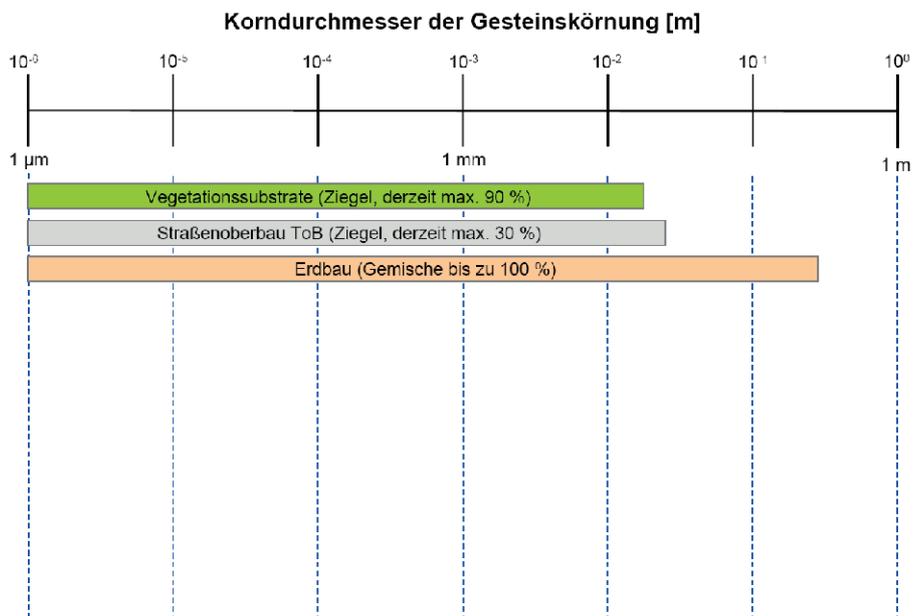
Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Dachbegrünungen

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Recycling von Kalksandstein

AF ALLIANZ INDUSTRIE FORSCHUNG

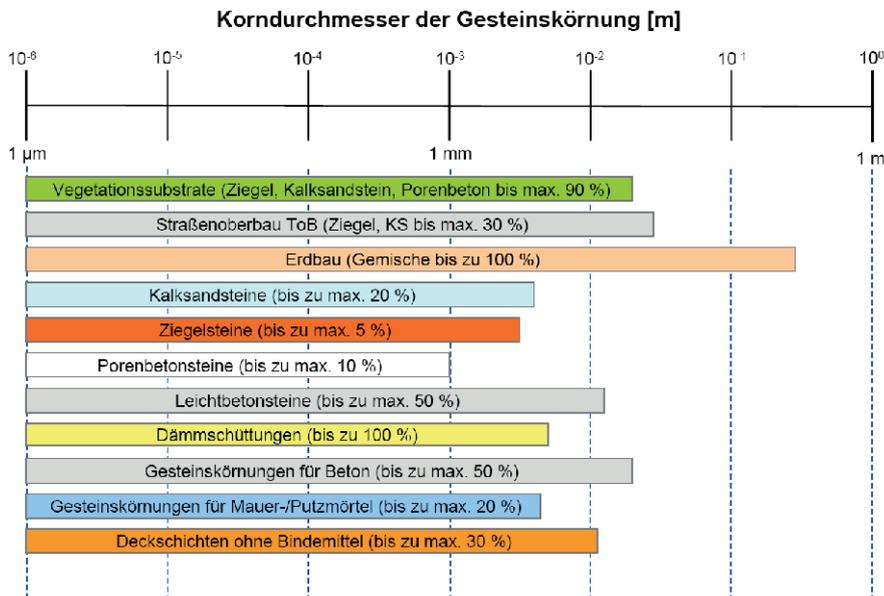


Derzeitiger Stand der Verwertung von rezyklierten Gesteinskörnungen aus Mauerwerk (korngrößenspezifisch)

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Recycling von Kalksandstein



Potenzielle zukünftige Verwertung von rezyklierten Gesteinskörnungen aus Mauerwerk (korngrößen-spezifisch)

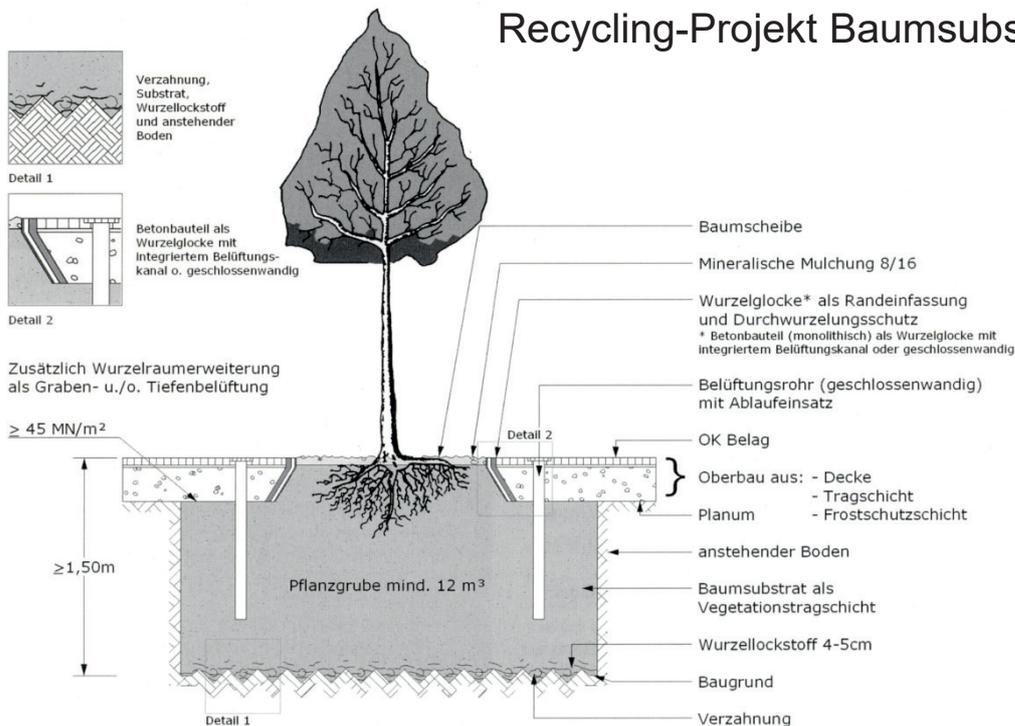
Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020



Recycling von Kalksandstein



Recycling-Projekt Baumsubstrate



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020



Fazit der bisherigen KS-Recycling-Forschung:



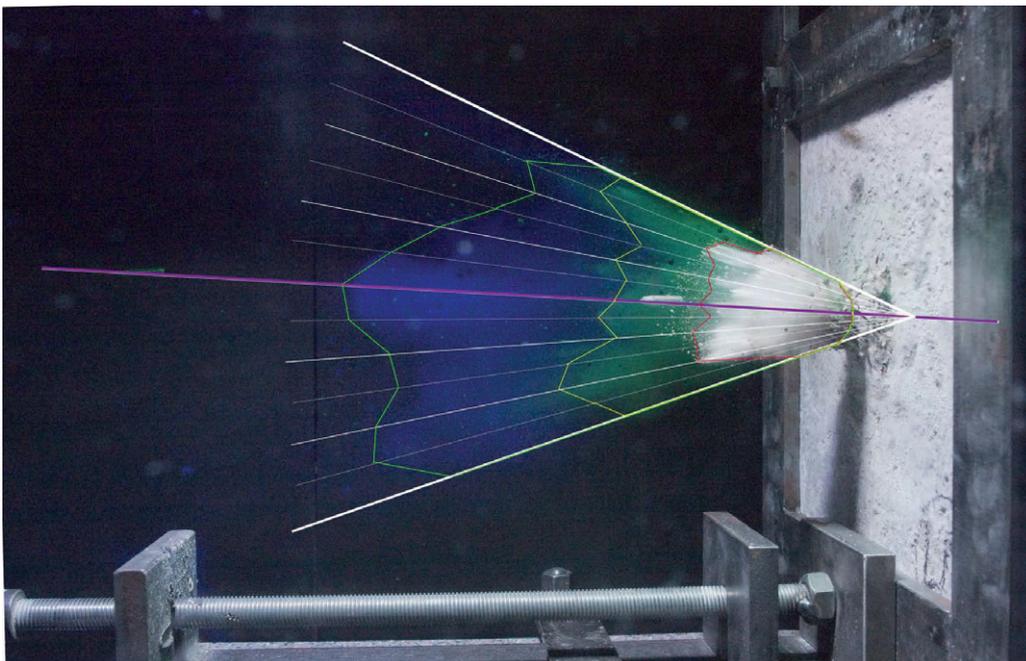
- Kalksandstein-Material ist in weiten Bereichen recyclingfähig.
- Potenzielle Einsatzbereiche aufzeigen:
 - Erneute Kalksandstein-Produktion, sofern (streng) sortenrein
 - Betonbau Expositionsklasse XF1 (Stahlbetonstütze im Freien)
 - Erd-, Straßen- und Wegebau, Vegetationssubstrate
 - Deponiebau → Methan abbauendes RC-Granulat
 - Herstellung von Recycling-Mauersteinen
- Begleitstoffe (Holzreste, Kunststoff, Gipsputz, etc.) sind zu entfernen.
- Die technischen und wirtschaftlichen Anforderungen sind jeweils einzuhalten.
- Weitere Forschungsaktivitäten sind erforderlich.

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Beschussversuche an Kalksandsteinen

Quelle: Prof. Thienel, Prof. Höcherl, Uni der Bundeswehr München



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



Infrarotkamera
Kalksandstein-
Härtekessel



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV



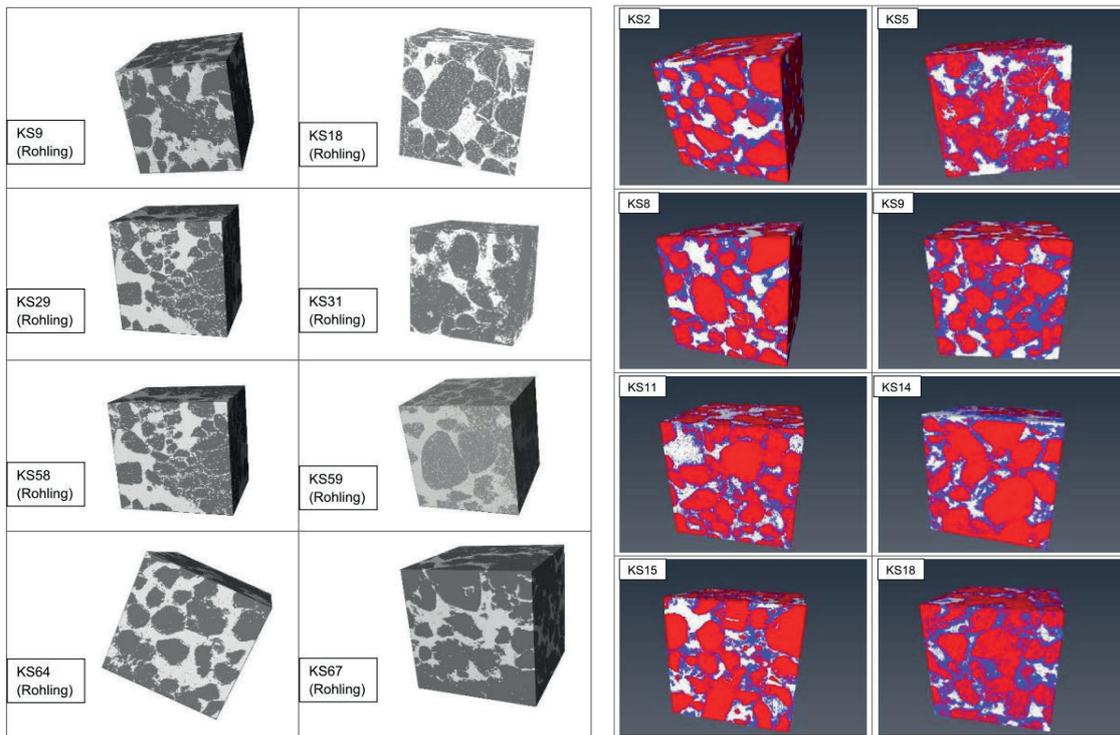
Infrarotkamera
oben:
Schaltschrank
unten:
Formwerkzeug-
heizung



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Kalksandstein-Rohlinge und gehärtete Steine - μ CT Quelle: Prof. Middendorf, Uni Kassel



Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Datenbank und Archiv der Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V.



Unser gespeichertes Know-how:

- rd. 10.000 Literaturquellen
- AiF-Forschungsprojekte, Schriftenreihe, Nr. 1 bis 124

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
Fragen sind willkommen!

Dr. Wolfgang Eden
Kalksandstein-Bauseminare
KS-Nord e.V. 2020

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie eV

Aus Fehlern lernen – wie der Schallschutz am Bau wirklich gelingt

Prof. Dr.-Ing. Alfred Schmitz
TAC Technische Akustik, Grevenbroich



Aus Fehlern lernen – wie Schallschutz am Bau wirklich gelingt

Kalksandstein Bauseminare Nord 2020

Referent: Prof. Dr.-Ing. Alfred Schmitz

Planung

Fehler Nr.1

Bedeutung des Schallschutzes wird unterschätzt.

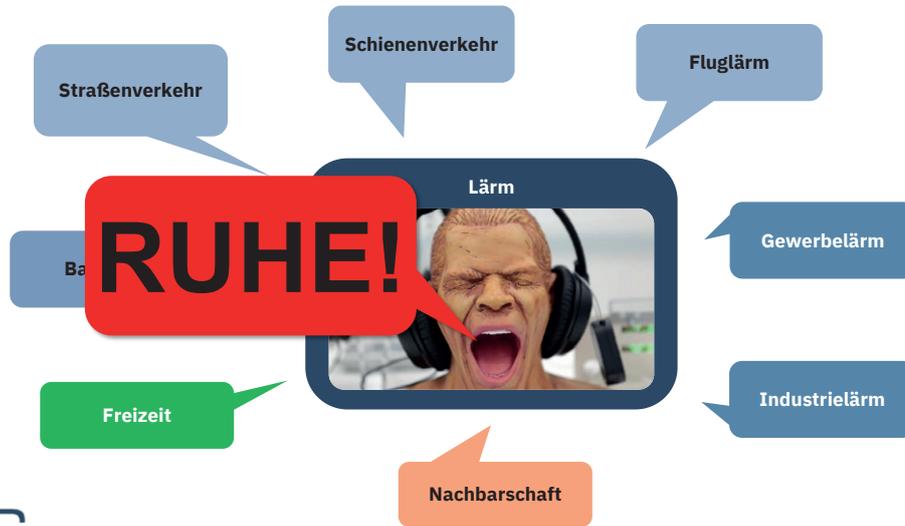


Tote durch äußere Einflüsse / Jahr

Ursache	Tote / Jahr	ca. Tote / Tag
Straßenverkehr	3.500	10
Haushaltsunfälle	9.200	27
Behandlungsfehler	18.000	50
Krankenhauskeime	40.000	110
Alkohol	74.000	200
Rauchen	110.000	300
Brand	400	1
Verkehrslärm	ca. 2700	7-8



Lärmarten



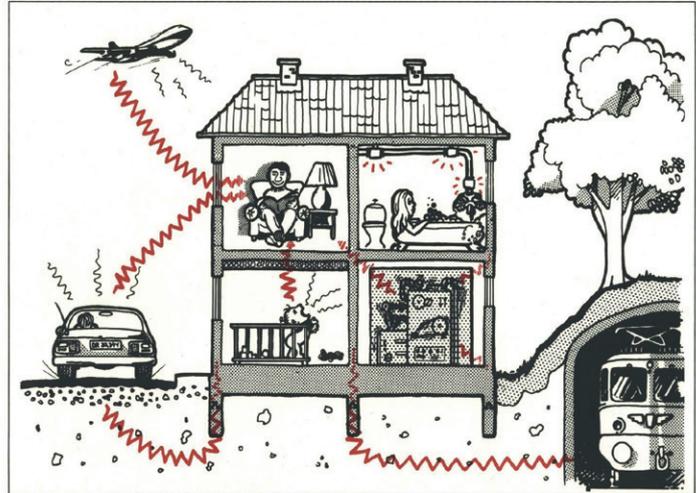
Möglichkeit I - „Meditativer / psychologischer Ansatz“

- **SPIEGEL ONLINE:** Was kann man tun, um sich weniger an Lärm zu stören?
- **Hellbrück:** Sie sollten versuchen, die Lärmquelle kognitiv **umzubewerten**, um Ihr Unbehagen abzumildern. Sie können sich sagen, dass der Baulärm sein muss, weil das Haus gebaut werden will, der Rasen auch eines unsympathischen Nachbarn gemäht werden muss und er irgendwann damit fertig sein wird. Vor allem, wenn Sie wissen, dass der Lärm zeitlich begrenzt ist, kommen Sie auf diese Weise damit besser zurecht.

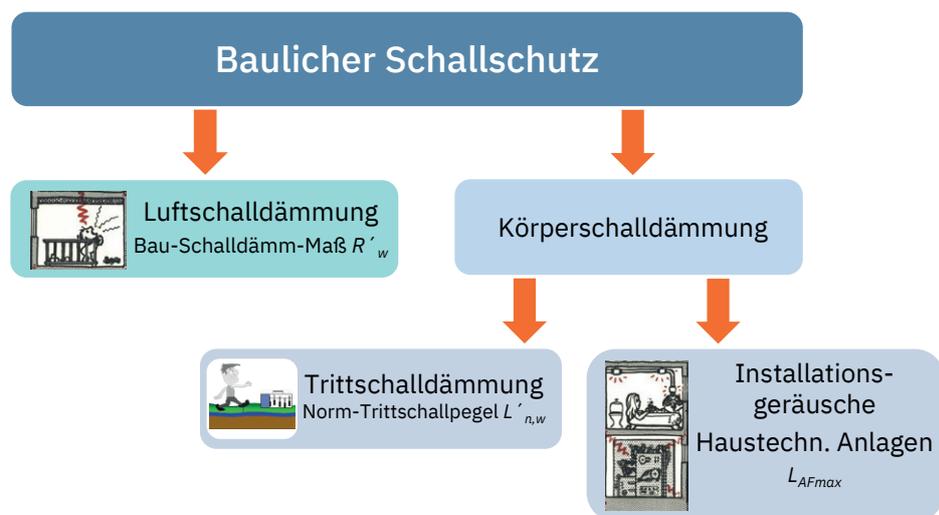


Baulicher Schallschutz

Der bauliche Schallschutz beschreibt den Schalldurchgang durch Gebäudestrukturen.



Baulicher Schallschutz



Lösung Nr.1

Schallschutz konsequent in der Prioritätenliste nach vorne rücken.



Aus Fehlern lernen – wie Schallschutz am Bau wirklich gelingt · KS Nord e.V. **KALKSANDSTEIN** · Februar 2020
www.ks-nord.de

Seite 9

Fehler Nr.2

Schallschutz ist mehr als die Schalldämmung eines Bauteils.



Aus Fehlern lernen – wie Schallschutz am Bau wirklich gelingt · KS Nord e.V. **KALKSANDSTEIN** · Februar 2020
www.ks-nord.de

Seite 10

Abhängigkeit der Schalldämmung - Baustoffe

Kalksandstein

Ziegel

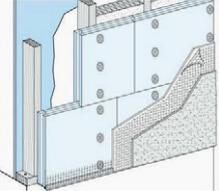




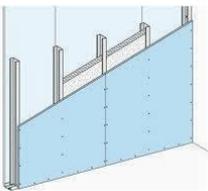
Porenbeton



Holzbau



Trockenbau





Aus Fehlern lernen – wie Schallschutz am Bau wirklich gelingt · KS Nord e.V. **KALKSANDSTEIN** · Februar 2020
www.ks-nord.de

Seite 11

Wesentliche „objektive“ Komponenten des Schallschutzes

Schalltechnische Eigenschaften der Baustoffe!



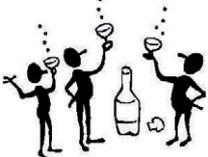


Raumgeometrien und Lage der Räume zueinander!





Quelleigenschaften (Nachbarn)



Aus Fehlern lernen – wie Schallschutz am Bau wirklich gelingt · KS Nord e.V. **KALKSANDSTEIN** · Februar 2020
www.ks-nord.de

Seite 12

Schalldruckpegel

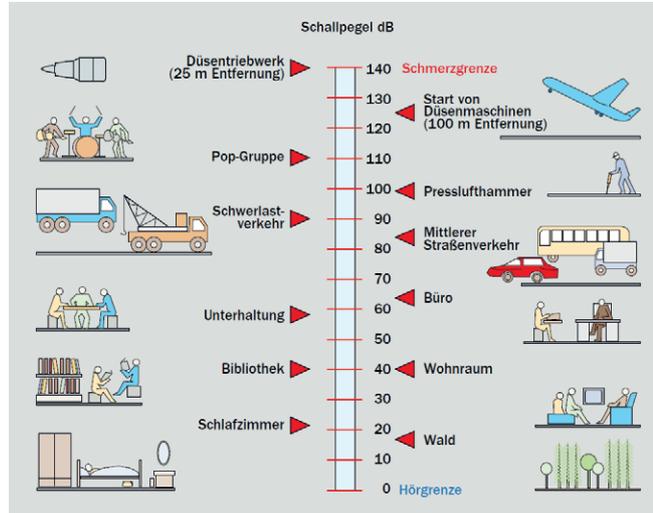
$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

mit $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \frac{N}{m^2}$

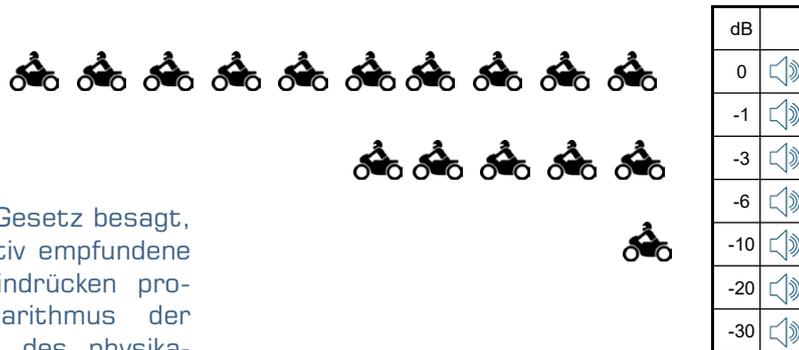
Addition von Pegeln:

$$L_1 = 30 \text{ dB} \rightarrow L_{1+2} = 33 \text{ dB}$$

$$L_2 = 30 \text{ dB}$$



Hörbarkeit von Pegeldifferenzen

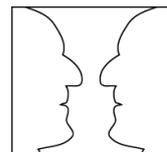
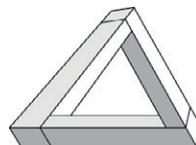


Das Weber-Fechner-Gesetz besagt, dass sich die subjektiv empfundene Stärke von Sinneseindrücken proportional zum Logarithmus der objektiven Intensität des physikalischen Reizes verhält.

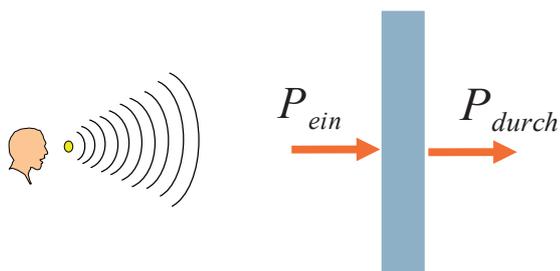


Wahrnehmung ist entscheidend

- Verzerrte Wahrnehmung auf Grund der Reduzierung der Darstellungsebene
- Selektive Wahrnehmung und Interpretation
- Wahrnehmung im Kontext



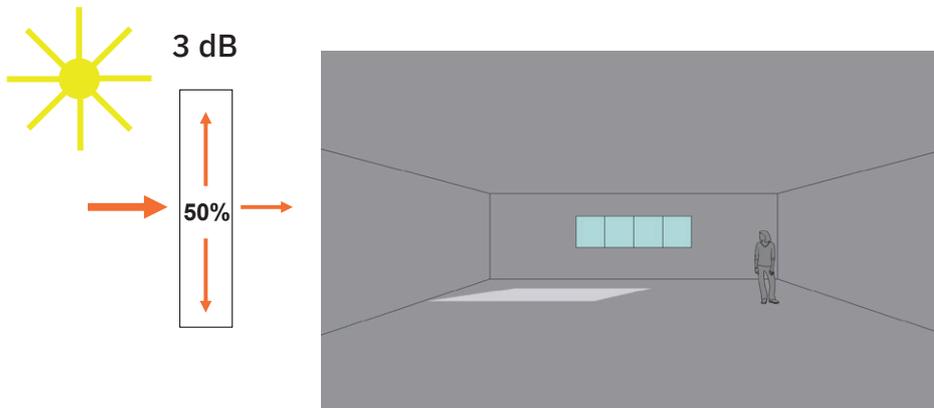
Definition Schalldämm-Maß



$$R = 10 \lg \frac{P_{ein}}{P_{durch}} = 10 \lg \frac{I_{ein}}{I_{durch}}$$

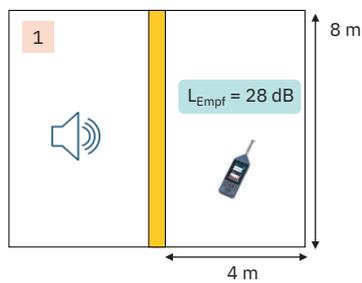
Schalldämm-Maß basiert auf einem energetischen Verhältnis

Analogie – Schalldämm-Maß und Empfangsraumpegel

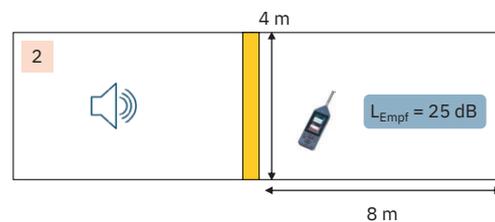


Schallschutz - Schalldämmung

$R'_w = 54 \text{ dB}$	$L_{\text{Sende}} = 80 \text{ dB}$	$D_{nT,w,1} = 52 \text{ dB}$
$T_E = 1 \text{ s}$	$V_{\text{Empf}} = 100 \text{ m}^3$	$D_{nT,w,2} = 55 \text{ dB}$

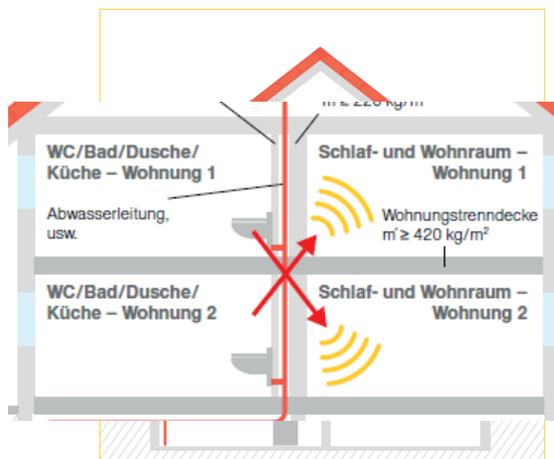
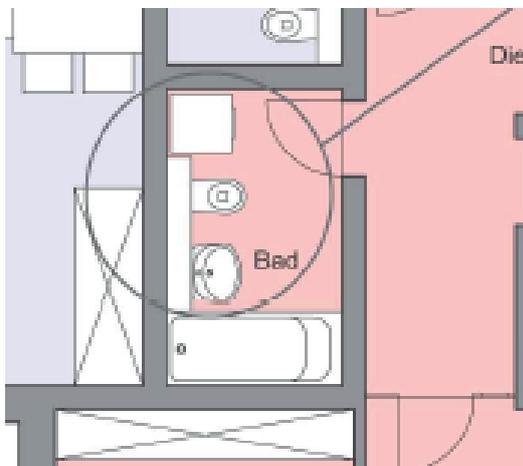


ungünstig



günstig

Abhängigkeit des Schallschutzes - Grundriss



Auswirkung von Stoßstellen im Massivbau

Spalte	1	2	
Zeile	Lage der Empfangsräume (ER)		K_T dB
1	neben oder schräg unter der angeregten Decke		+5 ^b
2	wie Zeile 1, jedoch ein Raum dazwischenliegend		+10 ^b
3	über der angeregten Decke (Gebäude mit tragenden Wänden)		+10 ^c
4	über der angeregten Decke (Skelettbau)		+20



Lösung Nr.2

Zusätzlich zu den Eigenschaften des Bauteils den Grundriss und die Raumgestaltung sowie die Quellsituation (Nachbarn) mit berücksichtigen.



Fehler Nr. 3

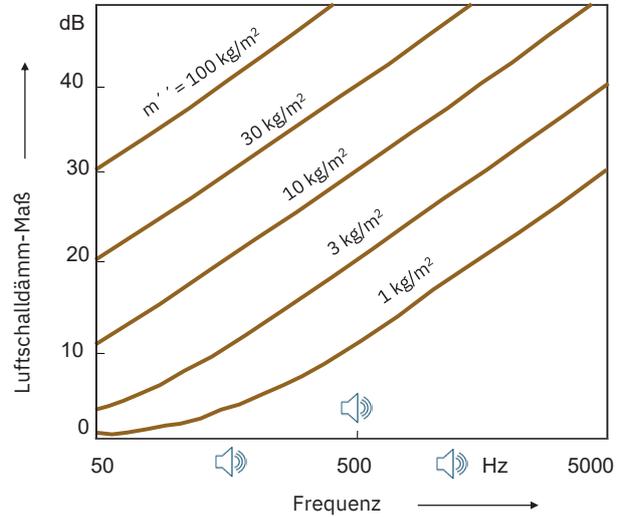
Bedeutung der Bauteilrohdichte wird unter- oder überschätzt.



Berger'sches Massengesetz und einfache Massekurven

$$R \approx 20 \lg \frac{\omega m''}{2 \rho_0 c} \text{ dB}$$

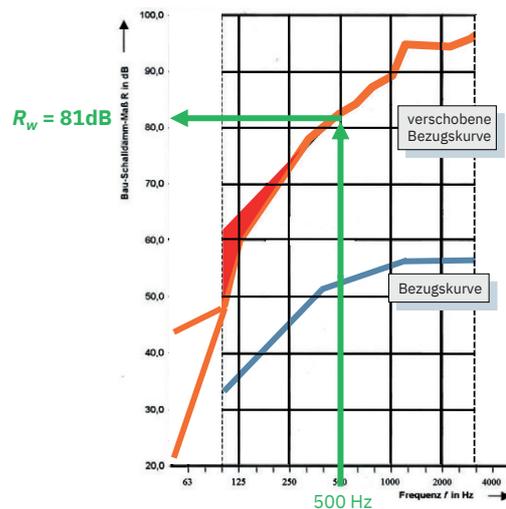
- Berger'sches Massengesetz
 - Anstieg der Schalldämmung mit 6 dB je Frequenzverdopplung (Oktave)
 - Anstieg der Schalldämmung mit 6 dB je Verdopplung der flächenbezogenen Masse



Bewertetes Schalldämm-Maß R_w (DIN EN ISO 717-1)

- Messkurve
- Bezugskurve

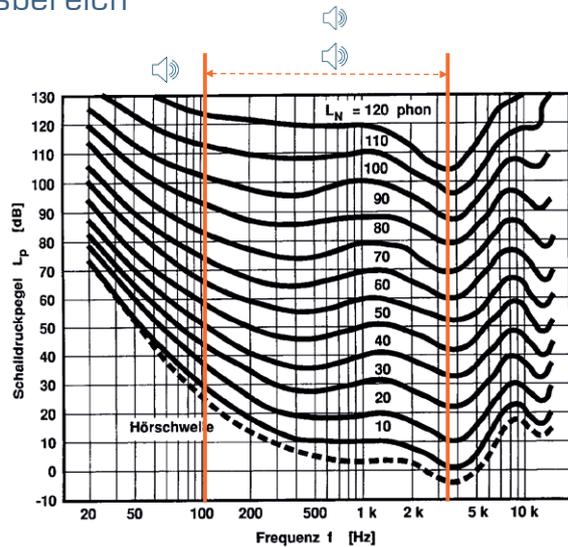
- Verschieben der Bezugskurve
 - in Schritten von ganzen dB
 - bis mittlere Unterschreitung der verschobenen Bezugskurve durch die Messkurve nicht größer als 2 dB ist
- Einzahlwert R_w entspricht dem Wert der verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz!



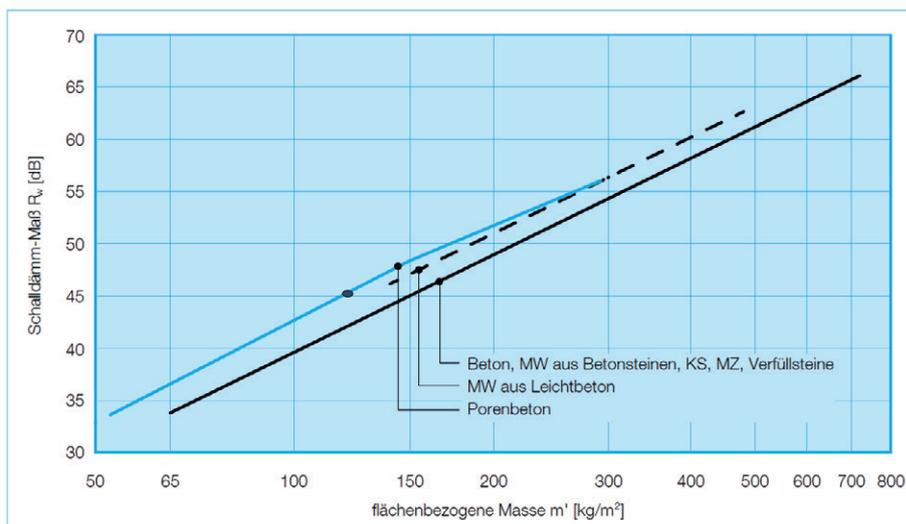
Bauakustischer Mess- und Bewertungsbereich

- $f \geq 3150 \text{ Hz}$
 - Schalldämmung bei hohen Frequenzen nicht problematisch

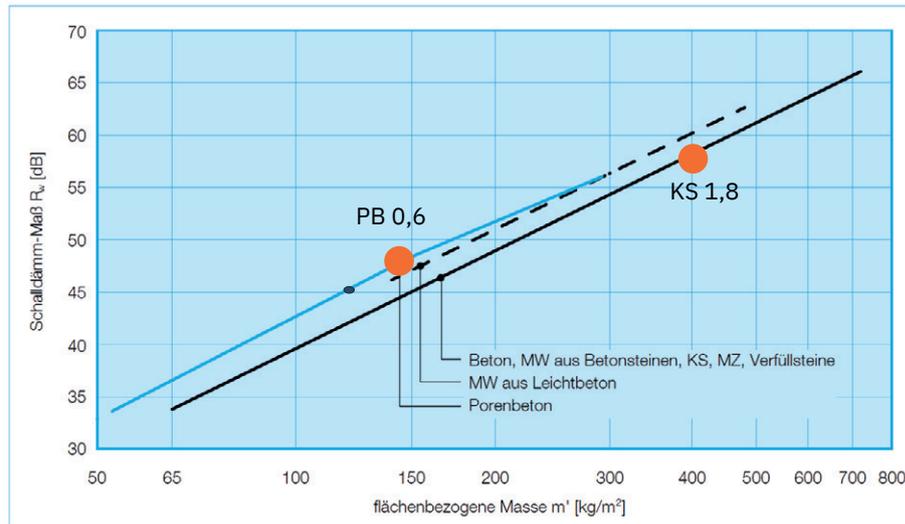
- $f \leq 100 \text{ Hz}$
 - Messgenauigkeit nicht hinreichend (Diffusfeldbedingungen)
 - aber oft erhebliche Beschwerden über mangelnde Schalldämmung im tieffrequenten Bereich



Massive Wände – Massekurven



Massive Wände – 24 cm Dicke



Lösung Nr.3

Rohdichte der Trennwände Bauteile immer so hoch wie möglich wählen ($RDK \geq 2.0$).

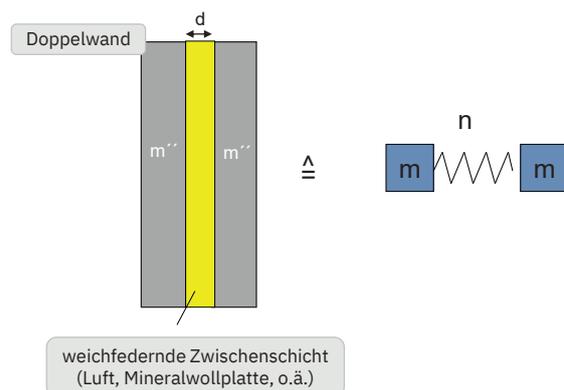
Fehler Nr. 4

Wirkung zweischaliger Konstruktionen wird über- oder unterschätzt.

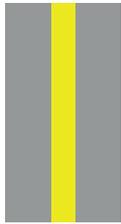
Schalldämmung zweischaliger Bauteile

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2}{m \cdot n}} \approx \frac{3400}{\sqrt{m' \cdot d}}$$

- Schalldämmung zweischaliger Bauteile
 - $f < f_0$ Massengesetz, Anstieg mit 6 dB / Oktave
 - $f \approx f_0$ Einbruch in der Schalldämmung
 - $f > f_0$ Anstieg mit 18 dB / Oktave (System 3. Ordnung), erhebliche Verbesserung der Schalldämmung

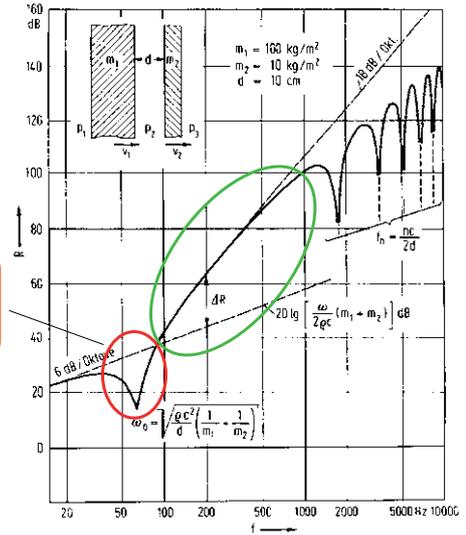


Schalldämmung einer Doppelwand senkrechter Schalleinfall

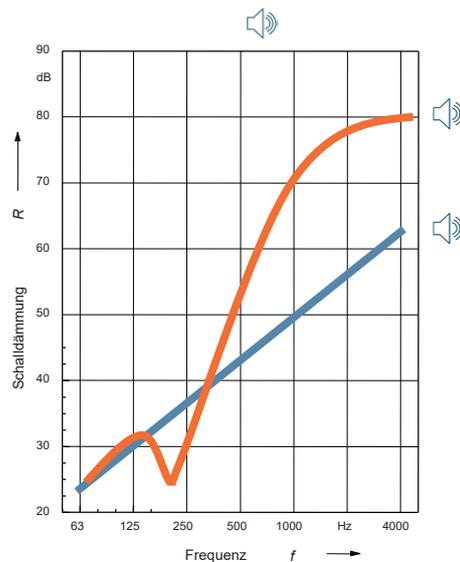
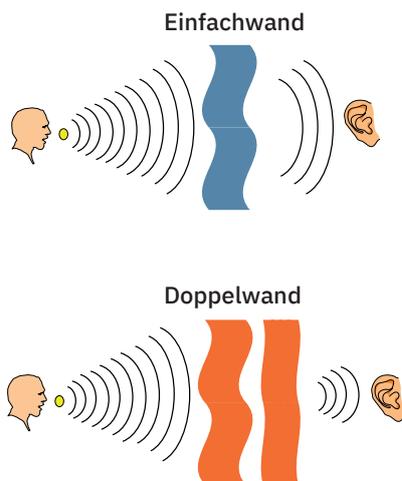


Einbruch der Schalldämmung auf Grund der Doppelwandresonanz

- Verlustzone
- Gewinnzone



Einfachwand - Doppelwand



Doppelschalige Konstruktion

- Doppelschalige Haustrennwände
- Gipskarton-Ständerwände
- Vorsatzschalen
- Schwimmende Estriche
- Wärmedämm-Verbundsysteme
- Doppelglasscheiben

aber auch jede Art der einfach elastischen Entkopplung unterliegt den gleichen Gesetzen

- Treppen und Treppenstufen
- Rohrleitungen / Rohrschellen
- Maschinenaufleger
- Erschütterungsschutz



Lösung Nr.4

Resonanzfrequenz zweischaliger Bauteile immer möglichst tief abstimmen.

Möglichst hohes Flächengewicht der Einzelschale realisieren.

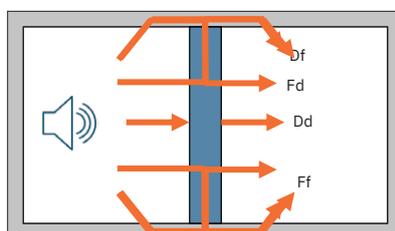


Fehler Nr. 5

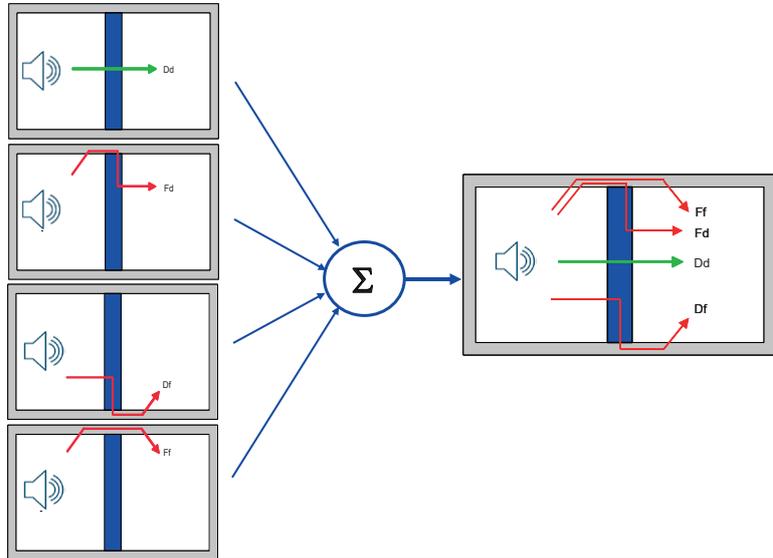
Einfluss flankierender Bauteile wird unterschätzt.

Reale Schalldämmung am Bau

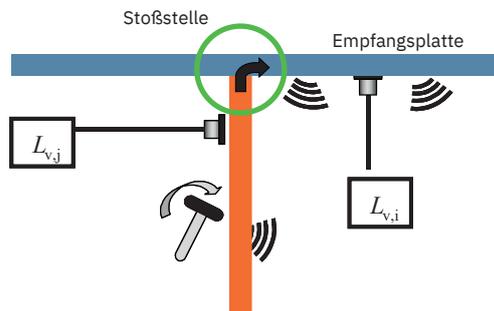
Schalldämmung
Wände / Decken



Neues Rechenverfahren im Massivbau



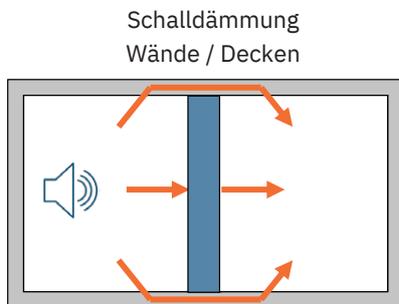
Stoßstellendämm-Maß K_{ij}



$$K_{ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10 \lg \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i a_j}}$$



Reale Schalldämmung am Bau nach alter DIN 4109



- Direktschalldämmung R_w
- Flankenwege Längsdämmung $R_{L,w}$



- R'_w = Bau-Schalldämm-Maß

$$R'_w = -10 \lg \left(10^{\frac{-R_w}{10}} + \sum_{i=1}^n 10^{\frac{-R_{L,w,i}}{10}} \right) \text{ dB}$$

Kennwerte Luftschalldämmung

- Luftschalldämmung
 - R = Schalldämm-Maß, ermittelt in Terzen
 - R_w = bewertetes Schalldämm-Maß, ohne Flankenwege, Einzahlwert
 - R' = Bau-Schalldämm-Maß, ermittelt in Terzen mit Flankenwegen
 - R'_w = bewertetes Bau-Schalldämm-Maß, mit Flankenwegen, Einzahlwert
 - $R_{w,P}$ = bewertetes Schalldämm-Maß, ermittelt in Terzen, Prüfstandswert (DIN 4109 / 1989)
 - $R_{w,R}$ = bewertetes Schalldämm-Maß, ermittelt in Terzen, Rechenwert (DIN 4109 / 1989)
 - (Vorhaltemaß bereits abgezogen)
 - $R'_{w,ges}$ = Gesamt-Schalldämm-Maß, wenn Trennbauteil aus zwei einzelnen Bauteilen mit unterschiedlichem Schalldämm-Maß besteht (typ. Wand und Tür der Wand und Fenster)
 - R_L = Schall-Längsdämm-Maß, Schalldämmung über einen flankierenden Übertragungsweg
 - $R_{L,w}$ = bewertetes Schall-Längsdämm-Maß, Schalldämmung über einen flankierenden Übertragungsweg, Einzahlwert

für spezielle Fälle

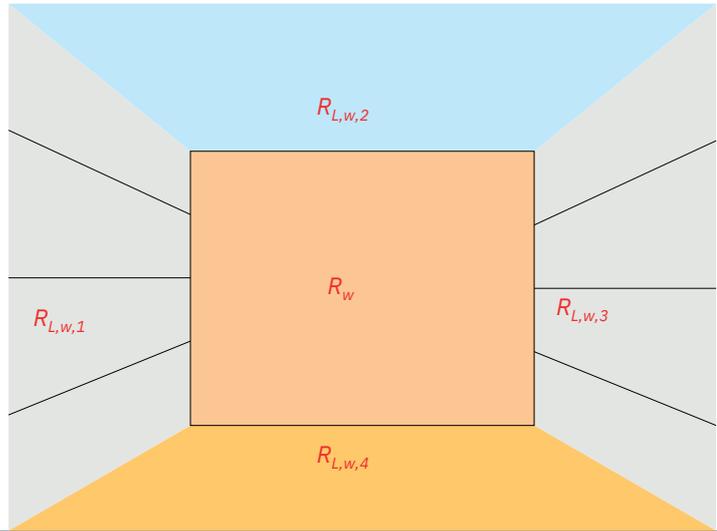
- D_n = Norm-Schallpegeldifferenz, ermittelt in Terzen
- $D_{n,w}$ = bewertete Norm-Schallpegeldifferenz, Einzahlwert
- $D_{nT,w}$ = bewertete Standard-Schallpegeldifferenz, Einzahlwert

Praktisches Rechenbeispiel

$R_w = 55 \text{ dB}$
 $R_{L,w,1} = 58 \text{ dB}$
 $R_{L,w,2} = 61 \text{ dB}$
 $R_{L,w,3} = 58 \text{ dB}$
 $R_{L,w,4} = 61 \text{ dB}$

 $R'_w = 52 \text{ dB}$

Das schwächste Bauteil bestimmt das untere Limit der Gesamtschalldämmung.



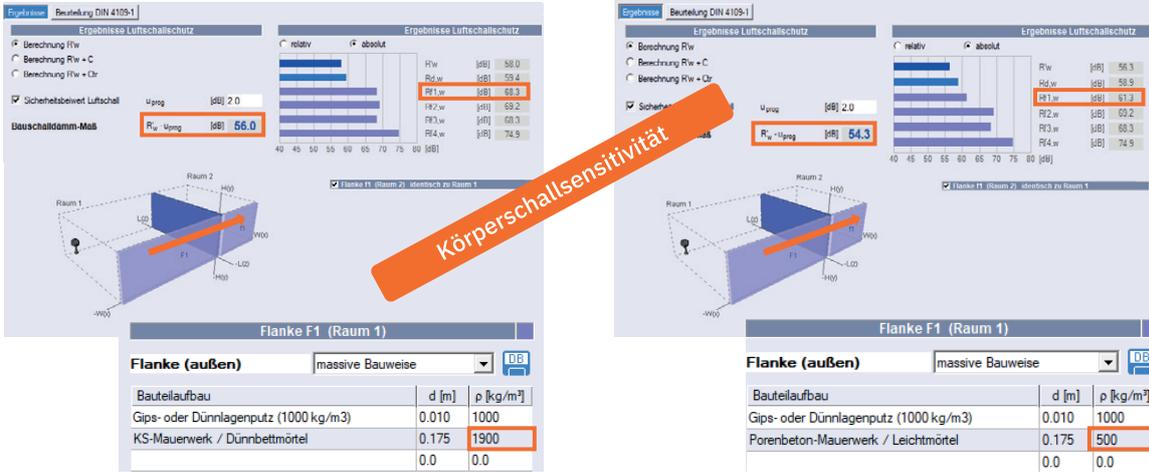
Beispiel: Trennwand mit unterschiedlichen Flanken

Bauteilaufbau	d [m]	ρ [kg/m³]
Gips- oder Dünnlagenputz (1000 kg/m³)	0.010	1000
KS-Mauerwerk / Dünnbettmörtel	0.175	1900
	0.0	0.0

Bauteilaufbau	d [m]	ρ [kg/m³]
Gips- oder Dünnlagenputz (1000 kg/m³)	0.010	1000
Porenbeton-Mauerwerk / Leichtmörtel	0.175	500
	0.0	0.0



Beispiel: Trennwand mit unterschiedlichen Flanken



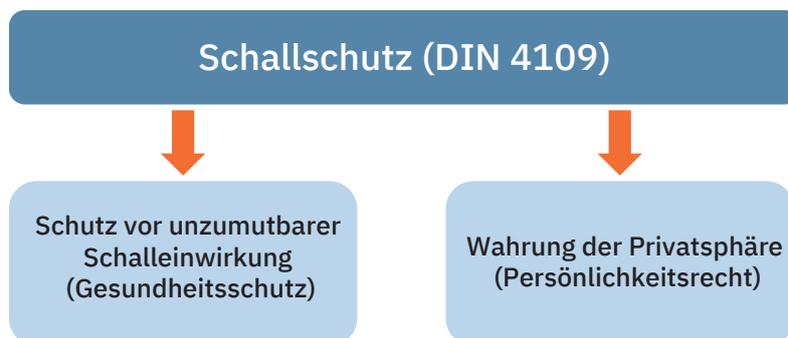
Lösung Nr.5

Auch flankierende Bauteile (meist Außenbauteile) mit möglichst hoher Rohdichte ($RDK \geq 1,4$) herstellen.

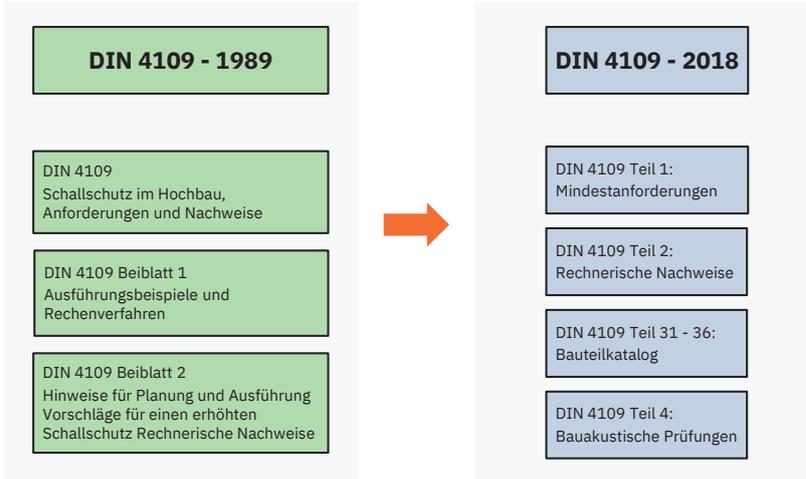
Fehler Nr. 6

Schallschutzniveau wird falsch gewählt.

Was leistet der bauliche Schallschutz?



Struktur der alten und neuen DIN 4109



DIN 4109: 2018

Tabelle 2 – Anforderungen an die Schalldämmung in Mehrfamilienhäusern, Bürogebäuden und in gemischt genutzten Gebäuden

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile		Bauteile	Anforderungen R'_{w} dB	Anforderungen $L'_{n,w}$ dB	Bemerkungen
1		Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z. B. Trockenböden, Abstellräumen und Itern	≥ 53	≤ 52	
2		Wohnungstrenndecken (auch Treppen)	≥ 54	$\leq 50^{a,b}$	Wohnungstrenndecken sind Bauteile, die Wohnungen voneinander oder von fremden Arbeitsräumen trennen.
3		Trenndecken (auch Treppen) zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungseinheiten	≥ 54	≤ 53	
4		Decken über Kellern, Hausfluren, Trepperräumen unter Aufenthaltsräumen	≥ 52	≤ 50	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
5		Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgängen und ähnliches unter Aufenthaltsräumen	≥ 55	≤ 50	
6	Decken	Decken unter /über Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	≥ 55	≤ 46	Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätzliche Maßnahmen zur Schalldämmung erforderlich sein.
7		Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen	—	≤ 50	Bezüglich der Luftschalldämmung gegen Außenlärm siehe Abschnitt 7.
8		Decken unter Laubengängen	—	≤ 53	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
8.1		Balkone	—	≤ 58	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume, in alle Schallausbreitungsrichtungen.
9		Decken und Treppen innerhalb von Wohnungen, die sich über zwei Geschosse erstrecken	—	≤ 50	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume, in alle Schallausbreitungsrichtungen.
10		Decken unter Bad und WC ohne/mit Bodenentwässerung	≥ 54	≤ 53	

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile		Bauteile	Anforderungen R'_{w} dB	Anforderungen $L'_{n,w}$ dB	Bemerkungen
11		Decken unter Hausfluren	—	≤ 50	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen
12	Treppen	Treppenläufe und -podeste	—	≤ 53	
13		Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen	≥ 53	—	Wohnungstrennwände sind Bauteile, die Wohnungen voneinander oder von fremden Arbeitsräumen trennen.
14	Wände	Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren	≥ 53	—	Für Wände mit Türen gilt die Anforderung R'_{w} (Wand) = R_w (Tür) + 15 dB. Darin bedeutet R_w (Tür) die erforderliche Schalldämmung der Tür nach Zeile 18 oder Zeile 19. Wandbreiten ≤ 30 cm bleiben dabei unberücksichtigt.
15		Wände neben Durchfahrten, Sammelgängen, einschließlich Einfahrten	≥ 55	—	
16		Wände von Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	≥ 55	—	
17		Schachtwände von Aufzugsanlagen an Aufenthaltsräumen	≥ 57	—	
18	Türen	Türen, die von Hausfluren oder Trepperräumen in geschlossene Flure und Dielen von Wohnungen und Wohn-heimen oder von Arbeits-räumen führen	≥ 27	—	
19		Türen, die von Hausfluren oder Trepperräumen unmittelbar in Aufenthaltsräume – außer Flure und Dielen – von Wohnungen führen	≥ 37	—	Bei Türen gilt R_w nach Tabelle 1 – siehe auch Tabelle 1, Fußnote c.



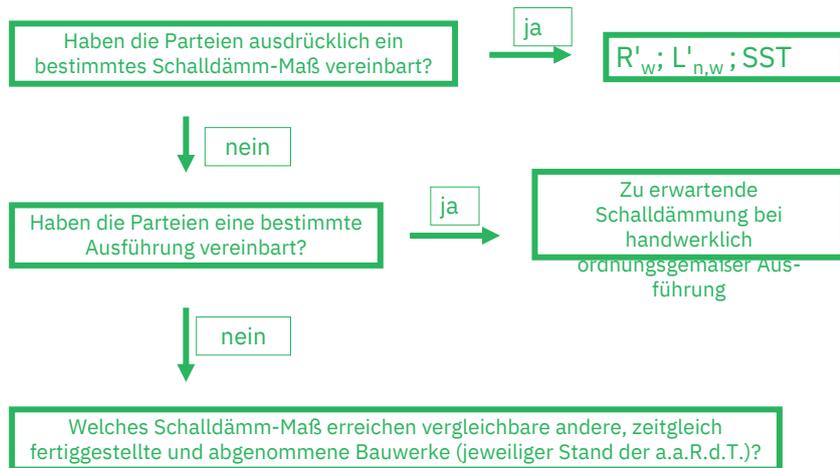
DIN 4109: 2018

Tabelle 3 — Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zwischen Einfamilien-Reihenhäusern und zwischen Doppelhäusern

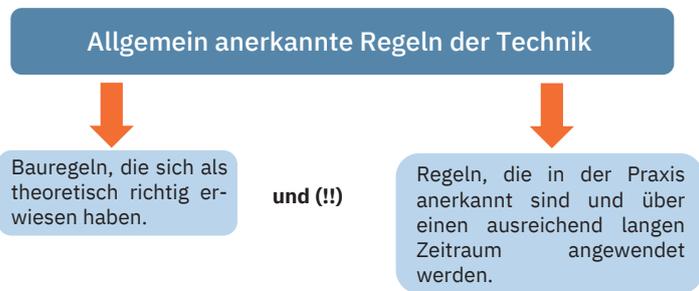
Spalte	1	2	3		4	5
			R'_w dB	$L'_{n,w}$ dB		
Zeile	Bauteile		Anforderungen		Bemerkungen	
1	Decken	Decken	—	≤ 41	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in waagerechter oder schräger Richtung.	
2		Bodenplatte auf Erdreich bzw. Decke über Kellergeschoss	—	≤ 46		
3	Treppen	Treppenläufe und -podeste	—	≤ 46	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in waagerechter oder schräger Richtung.	
4	Wände	Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen, die im untersten Geschoss (erdberührt oder nicht) eines Gebäudes gelegen sind	≥ 59	—		
5		Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen, unter denen mindestens 1 Geschoss (erdberührt oder nicht) des Gebäudes vorhanden ist	≥ 62	—		



Prüfungsschema gemäß BGH



Allgemein anerkannte Regeln der Technik



BGH Urteil VII ZR 45/06

BGB § 157 B; DIN 4109; VDI-Richtlinie 4100

- a) Welcher Schallschutz für die Errichtung von Doppelhäusern geschuldet ist, ist durch Auslegung des Vertrages zu ermitteln. Wird ein üblicher Qualitäts- und Komfortstandard geschuldet, muss sich das einzuhaltende Schalldämm-Maß an dieser Vereinbarung orientieren. Die Schalldämm-Maße der DIN 4109 können schon deshalb nicht herangezogen werden, weil sie lediglich Mindestanforderungen zur Vermeidung unzumutbarer Belästigungen regeln. Anhaltspunkte können aus den Regelwerken die Schallschutzstufen II und III der VDI-Richtlinie 4100 aus dem Jahre 1994 oder das Beiblatt 2 zu DIN 4109 liefern.
- b) Vertraglichen Erklärungen des Unternehmers, die Mindestanforderungen an den Schallschutz würden überschritten oder es werde optimaler Schallschutz erreicht, kann eine vertragliche Wirkung nicht deshalb aberkannt werden, weil aus ihnen das Maß des geschuldeten Schallschutzes nicht bestimmbar sei. Das Gericht muss unter Berücksichtigung der gesamten Vertragsumstände das geschuldete Maß ermitteln.
- c) Können durch die vereinbarte Bauweise bei einwandfreier, den anerkannten Regeln der Technik entsprechender Bauausführung höhere Schallschutzwerte erreicht werden, als sie sich aus den Anforderungen der DIN 4109 ergeben, sind diese Werte unabhängig davon geschuldet, welche Bedeutung den Schalldämm-Maßen der DIN 4109 sonst zukommt.
- d) Bei gleichwertigen, nach den anerkannten Regeln der Technik möglichen Bauweisen darf der Besteller angesichts der hohen Bedeutung des Schallschutzes im modernen Haus- und Wohnungsbau erwarten, dass der Unternehmer jedenfalls dann diejenige Bauweise wählt, die den besseren Schallschutz erbringt, wenn sie ohne nennenswerten Mehraufwand möglich ist.
- e) Zur Schalldämmung der Haustrennwand zwischen zwei Doppelhaushälften.

BGH, Urteil vom 14. Juni 2007 - VII ZR 45/06 -

OLG Hamm
LG Bielefeld

BGH Urteil 54/07

BGH Urteil 54/07

Der Umstand, dass im Vertrag auf eine "Schalldämmung nach DIN 4109" Bezug genommen ist, lässt schon deshalb nicht die Annahme zu, es seien lediglich die Mindestmaße der DIN 4109 vereinbart, weil diese Werte in der Regel keine anerkannten Regeln der Technik für die Herstellung des Schallschutzes in Wohnungen sind, die üblichen Qualitäts- und Komfortstandards genügen (im Anschluss an BGH, Urteil vom 14. Juni 2007 - VII ZR 45/06, BGHZ 172, 346)

Anforderungen / Empfehlungen

Anforderungen Mindestschallschutz

- **DIN 4109**, Ausgabe 1989-11
Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise
- **DIN 4109**, Ausgabe 2018-01
Schallschutz im Hochbau
Teil 1: Mindestanforderungen

Empfehlungen für erhöhten Schallschutz

- **DIN 4109, Beiblatt 2**, Ausgabe 1989-11
Hinweise für Planung und Ausführung
Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz
- **VDI 4100**, 1994-09
Schallschutz von Wohnungen - Kriterien für Planung und Beurteilung
- **VDI 4100, Ausgabe 2012-10**
Schallschutz im Hochbau - Wohnungen - Beurteilung und Vorschläge für den erhöhten Schallschutz
- **DEGA Empfehlung 103**, 2018-01
Erhöhter Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis
- **E DIN 4109-5 : 2019-05**
Schallschutz im Hochbau
Teil 5: Erhöhte Anforderungen

DEGA Empfehlung 103

Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.



DEGA-Empfehlung 103

Schallschutz im Wohnungsbau - Schallschutzausweis



Januar 2018



Aus Fehlern lernen – wie Schallschutz am Bau wirklich gelingt · **KALKSANDSTÄUBEN** · Februar 2020



Seite 55

DEGA Empfehlung 103

Tabelle 3 Anforderungen Luftschall

	F	E	D	C	B	A	A*
Wände/ Decken [R _w] ¹⁾	< 50 dB	≥ 50 dB	≥ 54 ²⁾ dB	≥ 57 ²⁾ dB	≥ 62 dB	≥ 67 dB	≥ 72 dB
Wohnungseingangstüren in Flure oder Dielen [R _w] ³⁾	< 22 dB	≥ 22 dB	≥ 27 dB	≥ 32 dB	≥ 37 dB	≥ 40 dB	
Wohnungseingangstüren direkt in Aufenthaltsräume [R _w] ³⁾	< 32 dB	≥ 32 dB	≥ 37 dB	≥ 42 dB	nicht zulässig		

Anmerkung zu Tabelle 3:

- 1) Bei Trennflächen von weniger als 10 m² ist der Nachweis über D_{sn} zu führen.
- 2) Für Wände gilt ein um 1 dB reduzierter Anforderungswert.
- 3) Die Anforderung an die Türen gilt für die Schallübertragung über die betriebsfertig eingebaute Tür ohne Nebenwege.

- 7-stufiger Schallschutz
- keine Trennung zwischen Wohnungen und Doppel- und Reihenhäusern
- zwei zusätzliche Stufen zur Kennzeichnung von Bauteilen von Altgebäuden

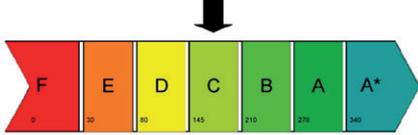


Aus Fehlern lernen – wie Schallschutz am Bau wirklich gelingt · **KALKSANDSTÄUBEN** · Februar 2020



Seite 56

DEGA Empfehlung 103

 Schallschutzausweis		
Antragsteller: Max Mustermann Musterbau GmbH Musterstraße 1 11111 Musterstadt	Gebäude: Musterbau Muster A Mustergasse 24 70000 Musterhausen	Bezeichnung der Wohneinheit H1E52
Standort und Außenlärmsituation		
Punktzahl 42 <small>von mind. 40 in Stufe B</small>	<small>Wohngebiet ohne besondere Anforderungen an den Schallschutz der Außenbauteile</small>	Klasse B
Baulicher Schallschutz		
Punktzahl 227 <small>(incl. 32 Bonuspunkte)</small> <small>von mind. 145 in Stufe C</small>	Ausführungsqualität teilweise durch Messungen überprüft (siehe detaillierter SSAw) <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein Gesamtklasse von allen Kriterien eingehalten <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	Klasse C
		
Baubliche Einordnung	Doppel-/Reihenhaus >>> Mehrfamilienhaus	
Bewertung	<small>Wohnheit mit gutem Schallschutz, in der die Bewohner bei üblichem individuellen Wohnverhalten im allgemeinen Ruhe finden und die Vertraulichkeit gewahrt bleibt.</small> <small>- Erhöhter Schallschutz in Mehrfamilienhäusern -</small>	



E DIN 4109-5:2019-5

- soll als Ersatz für Beiblatt 2 der DIN 4109 dienen
- soll Gegengewicht zu VDI 4100 und DEGA Empfehlung 103 schaffen
- enthält nur eine weitere Schallschutzstufe
- enthält derzeit eine 3 dB Abstufung für Luftschall
- enthält derzeit 5 dB Abstufung für Trittschall
- belässt Unterscheidung zwischen Wohnungen und Doppel- und Reihenhäuser
- enthält erhöhte Anforderungen an Beherbergungsstätten, Krankenhäuser, Sanatorien und Hotels
- enthält keine Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohnbereich



E DIN 4109-5:2019-5

Tabelle 1 – Anforderungen an die Schalldämmung in Mehrfamilienhäusern und in gemischt genutzten Gebäuden

Spalte	1	2	3		4	5
			R'_w dB	$L'_{n,w}$ dB		
Zelle		Bauteile	Anforderungen			Bemerkungen
1		Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z. B. Trockenböden, Abstellräumen und ihren Zugängen	≥ 56	≤ 47		
2		Wohnungstrenndecken (auch Treppen)	≥ 57	≤ 45		Wohnungstrenndecken sind Bauteile, die Wohnungen voneinander oder von fremden Arbeitsräumen trennen.
3		Trenndecken (auch Treppen) zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungseinheiten	-	-		Trenndecken (auch Treppen) zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungseinheiten sind nicht im Anwendungsbereich dieses Dokuments enthalten.
4	Decken	Decken über Kellern, Hausfluren, Treppenträumen unter Aufenthaltsräumen	≥ 55	≤ 45		Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
5		Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnliches unter Aufenthaltsräumen	≥ 57	≤ 45		
6		Decken unter/über Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	≥ 57	≤ 41		Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätzliche Maßnahmen zur Schalldämmung erforderlich sein.
7		Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen	-	≤ 45		



E DIN 4109-5:2019-5

Tabelle 2 – Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zwischen Einfamilien-Reihenhäusern und zwischen Doppelhaushälften

Spalte	1	2	3		4	5
			R'_w dB	$L'_{n,w}$ dB		
Zelle		Bauteile	Anforderungen			Bemerkungen
1	Decken	Decken	-	≤ 38		Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in waagerechter oder schräger Richtung.
2		Bodenplatte auf Erdreich bzw. Decke über Kellergeschoss	-	≤ 41		
3	Treppen	Treppenläufe und -podeste	-	≤ 41		Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in waagerechter oder schräger Richtung.
4	Wände	Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen, die im untersten Geschoss (erdberührt oder nicht) eines Gebäudes gelegen sind	≥ 64	-		
5		Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen, unter denen mindestens 1 Geschoss (erdberührt oder nicht) des Gebäudes vorhanden ist	≥ 67	-		



Dokumente für den erhöhten Schallschutz

Dokument	SST	DIN 4109 enthalten	Kennwerte	DIN 4109 kompatibel	weit fachlich „anerkannt“
DIN 4109, Beiblatt 2, Ausgabe November 1989 Hinweise für Planung und Ausführung Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz	1		R'_{w} $L'_{n,w}$ $L_{AFmax,n}$		
VDI 4100, Ausgabe: 2007-08 Schallschutz von Wohnungen – Kriterien für Planung und Beurteilung	3		R'_{w} $L'_{n,w}$ $L_{AFmax,n}$		
VDI 4100, Ausgabe 2012-10 Schallschutz im Hochbau - Wohnungen – Beurteilung und Vorschläge für den erhöhten Schallschutz	3		$D_{nT,w}$ $L'_{nT,w}$ $L_{AFmax,nT}$		
DEGA Empfehlung 103: 2009-03 Erhöhter Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis	7		R'_{w} $L'_{n,w}$ $L_{AFmax,n}$		
E DIN 4109-5 : 2019-05 Schallschutz im Hochbau Teil 5: Erhöhte Anforderungen	1		R'_{w} $L'_{n,w}$ $L_{AFmax,n}$		



Dokumente für den erhöhten Schallschutz

Dokument	SST	DIN 4109 enthalten	Kennwerte	DIN 4109 kompatibel	weit fachlich „anerkannt“
DIN 4109, Hinweise für Planung und Ausführung Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz					
VDI 4100, Schallschutz von Wohnungen – Kriterien für Planung und Beurteilung					
VDI 4100, Schallschutz im Hochbau - Wohnungen – Beurteilung und Vorschläge für den erhöhten Schallschutz					
DEGA Empfehlung 103: 2009-03 Erhöhter Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis	7		R'_{w} $L'_{n,w}$ $L_{AFmax,n}$		
E DIN 4109-5 Schallschutz Teil 5: Erhöhte Anforderungen					



Empfehlungen für vertragliche Vereinbarungen

- Schallschutzniveaus ausdrücklich mit Bezug auf Zahlenwerte oder Normen fest im Vertrag vereinbaren.
- Im Wohnungsbau standardmäßig ein erhöhtes Schallschutzniveau vereinbaren.
 - VDI 2007-08 **alt**, SST 2
 - DEGA Empfehlung 103, Stufe C
 - DIN 4109 Teil 5
 - Wohnungen: $R'_{w} \geq 56 / 57$ dB, $L'_{n,w} \leq 46$ dB, $L_{AFmax,n} \leq 27$ dB
 - Doppel- u. Reihenhäuser: $R'_{w} \geq 62 / 63$ dB, $L'_{n,w} \leq 41 / 40$ dB, $L_{AFmax,n} \leq 20$ dB
- Keine verbalen oder sonstig konkludente Versprechen machen, die nicht mit dem geplanten Schallschutzziel übereinstimmen (z.B. Anpreisen von Luxuswohnungen o.ä.).
- Sofern Mindestschallschutz (z.B. im sozialen Wohnungsbau) geplant ist, dies vertraglich absichern und ggf. eine Aufklärung vertraglich aufnehmen.

Offene Fragen

- Da gemäß BGH in der Regel ein erhöhtes Niveau (über DIN 4109 hinaus) bei der Herstellung üblicher Wohn- und Komfortstandards geschuldet ist, welches Niveau ist bei gehobenem Standard oder gar bei Luxuswohnungen geschuldet?
- Stellt die Übertragung von tiefen Frequenzen im Wohnungsbau (z.B. Estrichdröhnen) einen Mangel dar?

Lösung Nr.6

Immer ein erhöhtes Schallschutzniveau vereinbaren und umsetzen.

Schallschutzziel nach „oben“ an die Anforderungen der Vertragspartner und an die Güte der Wohnung anpassen.



Planung und Bauausführung

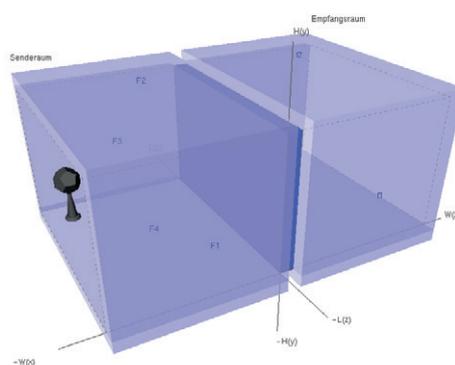


Fehler Nr. 7

Trennwandanschluss wird ungünstig hergestellt.

Beispiel mit leichter flankierender Außenwand

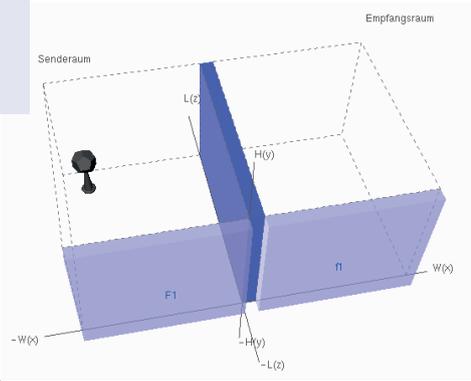
- Massive Trennwand
 - Dicke 24 cm
 - Rohdichte 1900 kg/m²
- Decke / Boden
 - Dicke 22 cm
 - Rohdichte 2200 kg/m²
- Flanke Innenwand
 - Dicke 17,5 cm
 - Rohdichte 1900 kg/m²
- Leichte Außenwand
 - Dicke 24 cm
 - Rohdichte 675 kg/m²



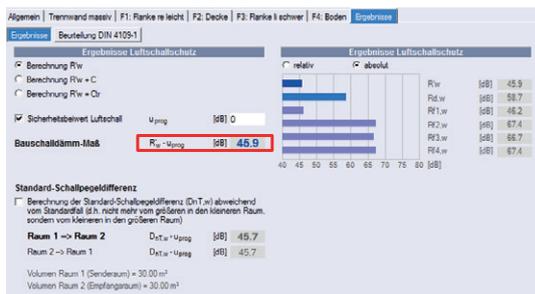
Beispiel mit leichter flankierender Außenwand



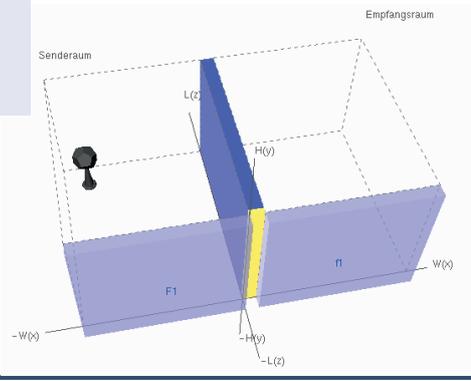
Trennwand kraftschlüssig angebunden!



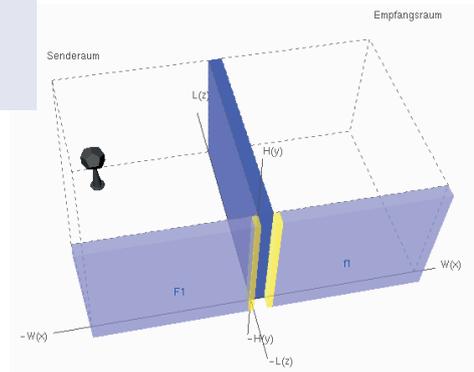
Beispiel mit leichter flankierender Außenwand



Trennwand von Flanke entkoppelt!



Beispiel mit leichter flankierender Außenwand



Trennwand durchgebunden, Flanke entkoppelt!



Lösung Nr.7

Trennwand bei Verwendung unterschiedlicher Baustoffe nach außen „durchbinden“.



Fehler Nr. 8

Trennfuge wird mit Schallbrücke ausgeführt.



Beispiel „richtiger“ Bauausführung

Trennwand



Giebelwand



Dachfette



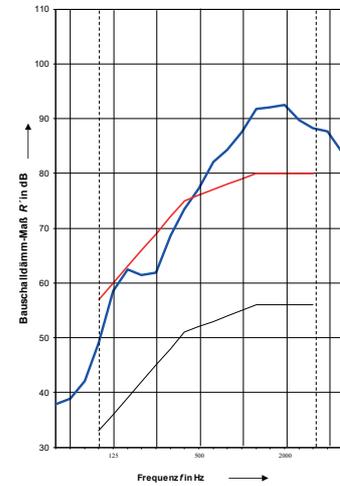
Messung einer Doppelhaustrennwand

- 2 x 17,5 cm KS Wand
- Steinrohdichte 1,8
- Fugenbreite 4 cm
- mit Mineralwolle ausgefüllt

Bezugskurve
 verschobene Bezugskurve

Fläche S des Trennbauteiles: 14,6 m²
 Volumen des Senderraumes: 110,0 m³
 Volumen des Empfangsraumes: 110,7 m³

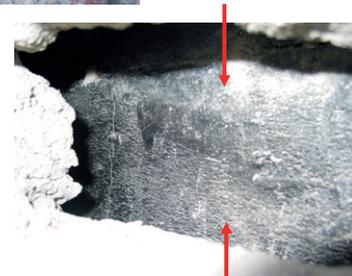
Frequenz Hz	R' Terz dB
50	37,9
63	38,9
80	42,1
100	49,0
125	58,5
160	62,5
200	61,5
250	61,9
315	68,6
400	73,4
500	77,3
630	82,1
800	84,3
1000	87,5
1250	91,7
1600	92,1
2000	92,5
2500	89,7
3150	88,2
4000	87,6
5000	83,9



Bewertung nach ISO 717-1
 $R_w(C; C_T) = 76$ (-2; -9) dB $C_{50-3150} = -7$ dB $C_{50-2000} = -6$ dB $C_{100-5000} = -1$ dB



Schallbrücke über Verblendmauerwerk



Doppelhaushälfte mit Schallbrücke – Erdgeschoss

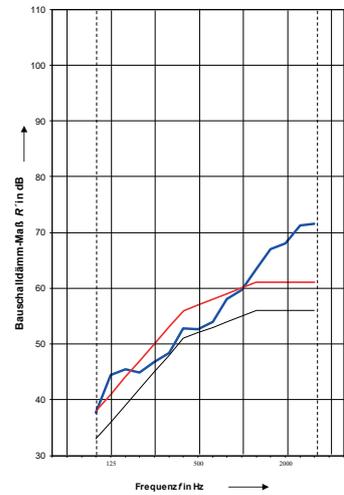
- 2 x 17,5 cm KS Wand
- Steinrohdichte 1,8
- Fugenbreite 4 cm
- mit Mineralwolle ausgefüllt



Bezugskurve
verschoberne Bezugskurve

Fläche S des Trennbauteiles: 14,6 m²
Volumen des Sende-raumes: 113,0 m³
Volumen des Empfangs-raumes: 113,7 m³

Frequenz Hz	R' Terz dB
50	
63	
80	
100	37,7
125	44,5
160	45,4
200	44,9
250	46,8
315	48,4
400	52,8
500	52,6
630	54,0
800	58,0
1000	59,7
1250	63,5
1600	67,0
2000	68,0
2500	71,2
3150	71,6
4000	
5000	



Bewertung nach ISO 717-1

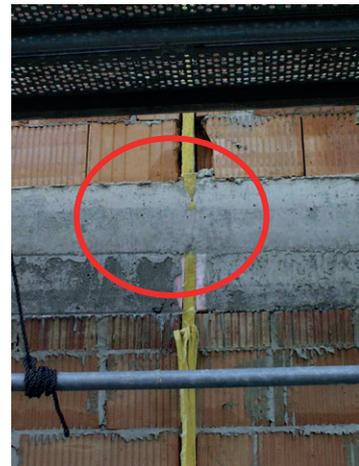
$R_w(C; C_p) = 57$ (-1; -5) dB $C_{0,3150} = (-)$ $C_{0,5000} = (-)$ $C_{100,5000} = (-)$



Schallbrücke über Geschossdecke



Schallbrücken durch das Gießen einer Geschossdecke



Lösung Nr.8

Trennung der Schalen (Trennfuge) konsequent von der Dachhaut bis zur Bodenplatte durchführen.



Aus Fehlern lernen – wie Schallschutz am Bau wirklich gelingt · KS Nord e.V. **KALKSANDSTEIN** · Februar 2020

Seite 79

Fehler Nr. 9

Bedeutung der Trennfugenbreite wird unterschätzt.



Aus Fehlern lernen – wie Schallschutz am Bau wirklich gelingt · KS Nord e.V. **KALKSANDSTEIN** · Februar 2020

Seite 80

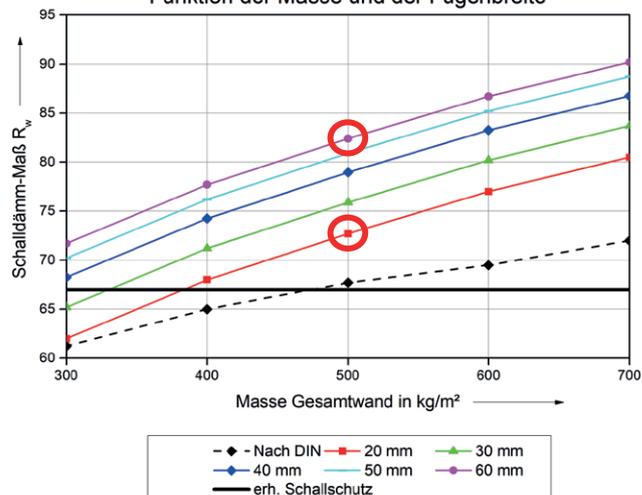
Schallbrücke durch Hohlraumfüllung

Flächige „Schallbrücken“ durch zu steife Hohlraumfüllung



Einfluss der Fugenbreite

Schalldämm-Maß zweischaliger Haustrennwände
 Funktion der Masse und der Fugenbreite



Trennwandzuschlag gemäß DIN 4109-2

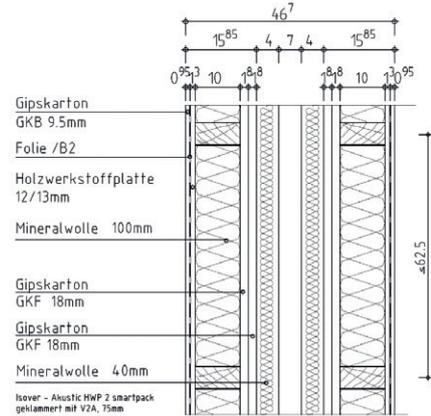
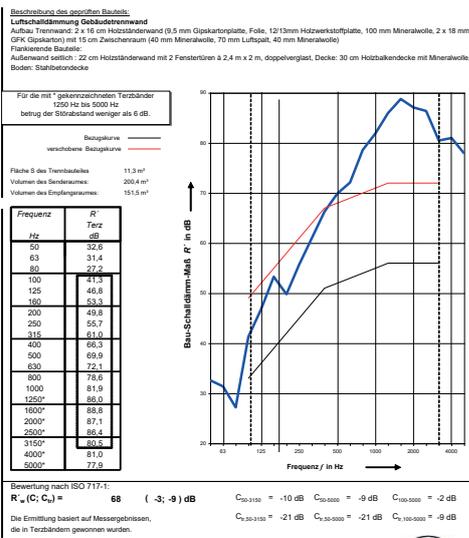


Zeile	Situation (Vertikalschnitt)	Beschreibung	$\Delta R_{w,Tr}$ dB
1		vollständige Trennung der Schalen und der flankierenden Bauteile ab Oberkante Bodenplatte, auch gültig für alle darüber liegenden Geschosse, unabhängig von der Ausbildung der Bodenplatte und der Fundamente	12
2		Außenwände durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$ (z. B. Kelleraußenwände als „weiße Wanne“)	9
3		Außenwände durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$ (z. B. Kelleraußenwände als „weiße Wanne“) Bodenplatte durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$	3
4		Außenwände getrennt Bodenplatte und Fundamente getrennt	9
5		Außenwände getrennt Bodenplatte getrennt auf gemeinsamen Fundament	6 ^d
6		Außenwände getrennt Bodenplatte durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$	6 ^d

Aus Fehlern lernen – wie Schallschutz am Bau wirklich gelingt · **KALKSANDST** · Februar 2020 Seite 83

KS Nord e.V. **KALKSANDST** www.ks-nord.de

Holzbauweise



Aus Fehlern lernen – wie Schallschutz am Bau wirklich gelingt · **KALKSANDST** · Februar 2020 Seite 84

KS Nord e.V. **KALKSANDST** www.ks-nord.de

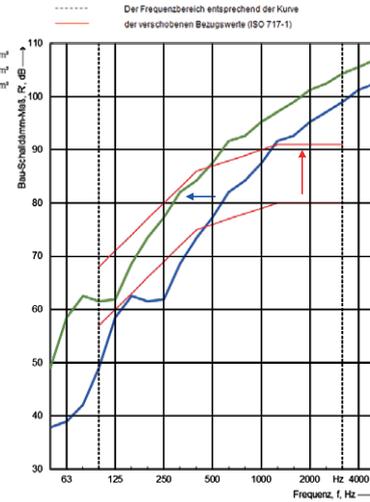
R'_w für Fugenbreite **4cm** und **16cm** (gerechnet)

$$R'_w(C;C_{tr}) = 76 \text{ dB}$$

$$R'_w(C;C_{tr}) = 87 \text{ dB}$$

Fläche § des Trennbauteils: 12,00 m²
 Volumen des Senderraumes: 35,8 m³
 Volumen des Empfangsraum: 35,4 m³

Frequenz f [Hz]	R' Trenn [dB]
50	37,9
63	38,9
80	42,1
100	49,0
125	58,5
160	62,5
200	61,5
250	61,9
315	68,8
400	73,4
500	77,3
630	82,1
800	84,3
1000	87,5
1250	91,7
1600	92,7
2000	95,3
2500	97,1
3150	99,0
4000	101,3
5000	102,5



Lösung Nr.9

Trennfugenbreite auch im Massivbau so groß wie möglich ($d \geq 10 \text{ cm}$) ausführen.

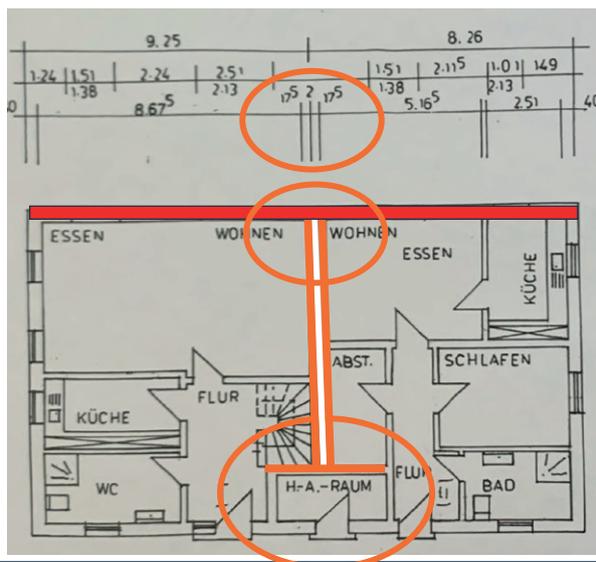


Fehler Nr. 10

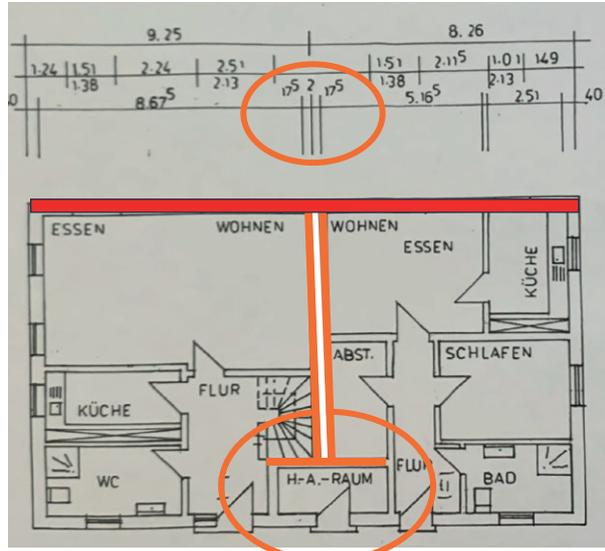
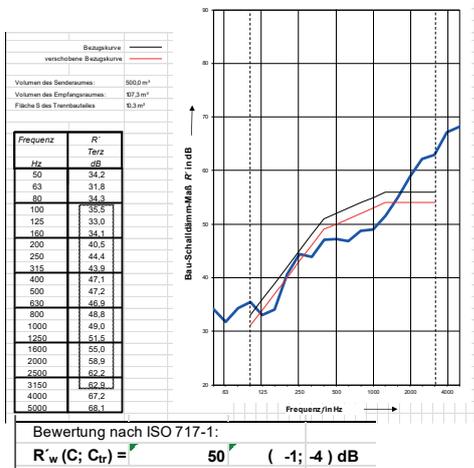
Trennfuge wird falsch geplant.



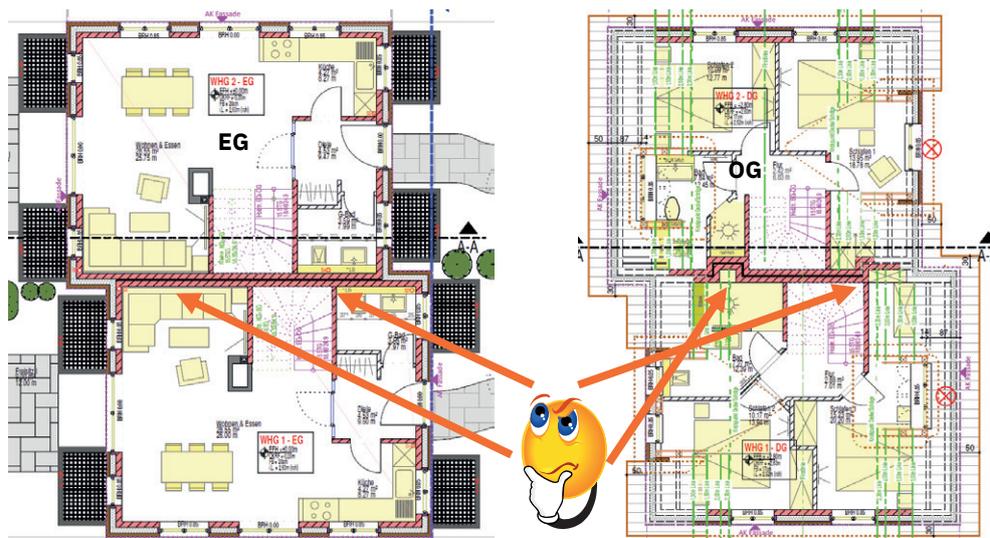
Nebeneinanderliegende Wohnungen (2 x 17,5 cm KS mit 2 cm Trennfuge)



Nebeneinanderliegende Wohnungen (2 x 17,5 cm KS mit 2 cm Trennfuge)



Doppelschalige „Wohnungstrennwand“ mit Versprung



Lösung Nr. 10

Wohnungstrennwände nur zweischalig planen und ausführen, wenn diese wie Doppelhaustrennwände von Dachhaut bis Bodenplatte getrennt werden können.

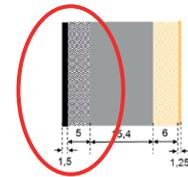
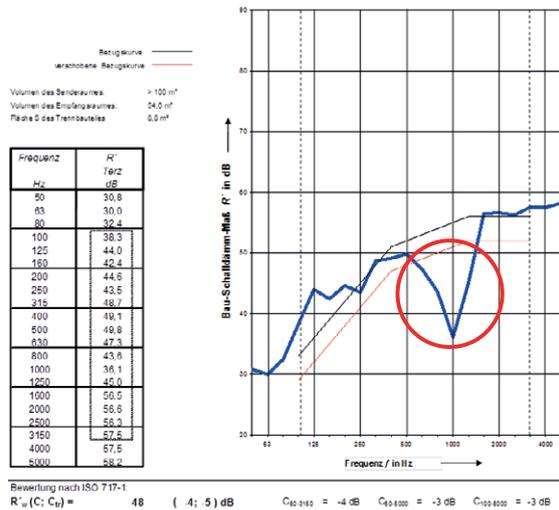


Fehler Nr. 11

Schalltechnische Auswirkung von weiteren Systemen (Schalen) nicht beachtet.



„Besondere“ Wärmedämmung



- 12,5 mm Gipskarton
- ≥ 60 mm Hohlraum mit Mineralwollfüllung
- 154 mm Beton
- 50 mm Styroporstein (Typ F 395)
- 15 mm Gipsputz



Lösung Nr. 11

Wirkung von Putzen und Dämmsystemen in Bezug auf die Resonanzfrequenz (besonders bei Innendämmungen) genau betrachten.



Fehler Nr. 12

Flächengewicht der Installationswand (220 kg/m²) und Körperschallentkopplung nicht beachtet.



„Ungünstige“ und günstige Ausführung

Quelle: Missel



Baukonstruktion

- Schwere Wände und schwere Decken (Masse)
- Wände, an denen Armaturen und Wasserinstallationen befestigt sind müssen gemäß DIN 4109 Teil 36, Abschnitt 6.4.4.2 eine flächenbezogenen Masse $m' > 220 \text{ kg/m}^2$ besitzen.
- Abwasser und Trinkwasserleitungen sind körperschallisoliert zu befestigen. (Rohrschellen, Isolierungen und Rohrummantelungen)
- Bei Abwasserleitungen sind starke Knicke zu vermeiden.
- Sanitärgegenstände sind körperschallisoliert aufzustellen.



Lösung Nr. 12

Bei direkter Installation (nicht Vorwandinstallation) Mindestflächengewicht der Wand ($m' \geq 220 \text{ kg/m}^2$) beachten und Installation gegen Körperschall entkoppeln.

Kurzzusammenfassung

- Rohdichte der Trennwand so hoch wie möglich (ggf. Vorsatzschale)
- Rohdichte der flankierenden Bauteile so hoch wie möglich (Körperschallsensitivität)
- Grundrissgestaltung hat enorme Auswirkung auf den realen Schallschutz (5 dB je Stoßstelle)
- Lage und Art der Schallquellen (Nachbarn) beachten (sofern bekannt)
- Flankierende Wände immer sicher kraftschlüssig an Trennwand anschließen oder Trennwand einbinden.
- Breite der Trennfuge hat große Wirkung (insbesondere bei getrennter Bodenplatte)
- Für üblichen Wohn- und Komfortstandard ist gemäß BGH erhöhter Schallschutz geschuldet
- Schallbrücken und Undichtigkeiten unter allen Umständen vermeiden.
- Wohnungstrennwände niemals zweischalig ausführen, wenn sie nicht wie Haustrennwände von Dachhaut bis Bodenplatte schallbrückenfrei zweischalig ausgeführt werden können.
- Installationswände schwer ausführen und Installation geeignet gegen Körperschall entkoppeln.



Kontaktinformationen

TAC – Technische Akustik

Heinrich-Hertz-Straße 3
41516 Grevenbroich

Tel.: 02182 . 83221 . 0
Fax: 02182 . 83221 . 99
Mail: info@tac-akustik.de

www.tac-akustik.de

Lüneburger Schanze 35
21614 Buxtehude

Tel.: 04161 743360
Fax: 04161 743366

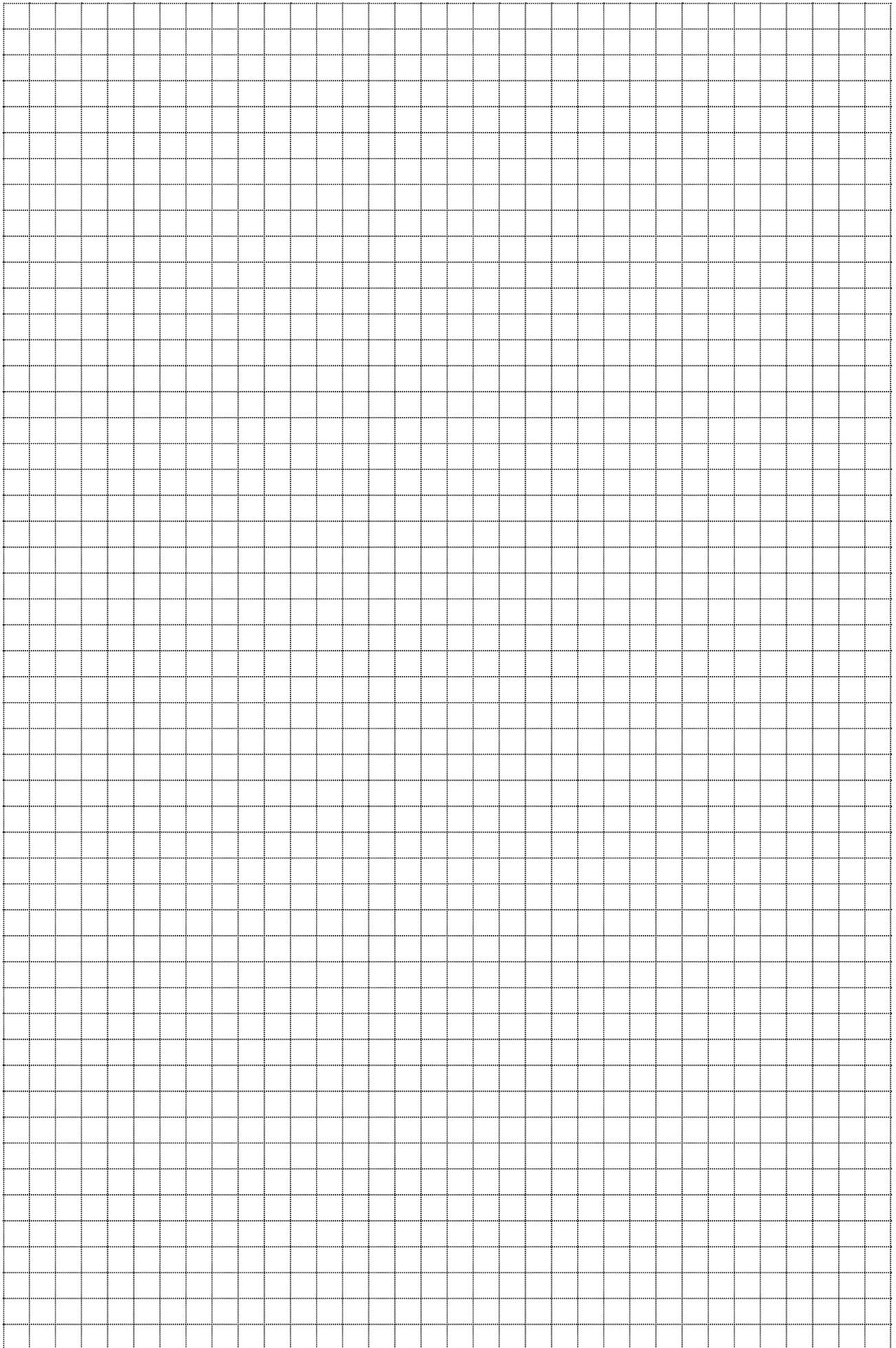
info@ks-nord.de
www.ks-nord.de

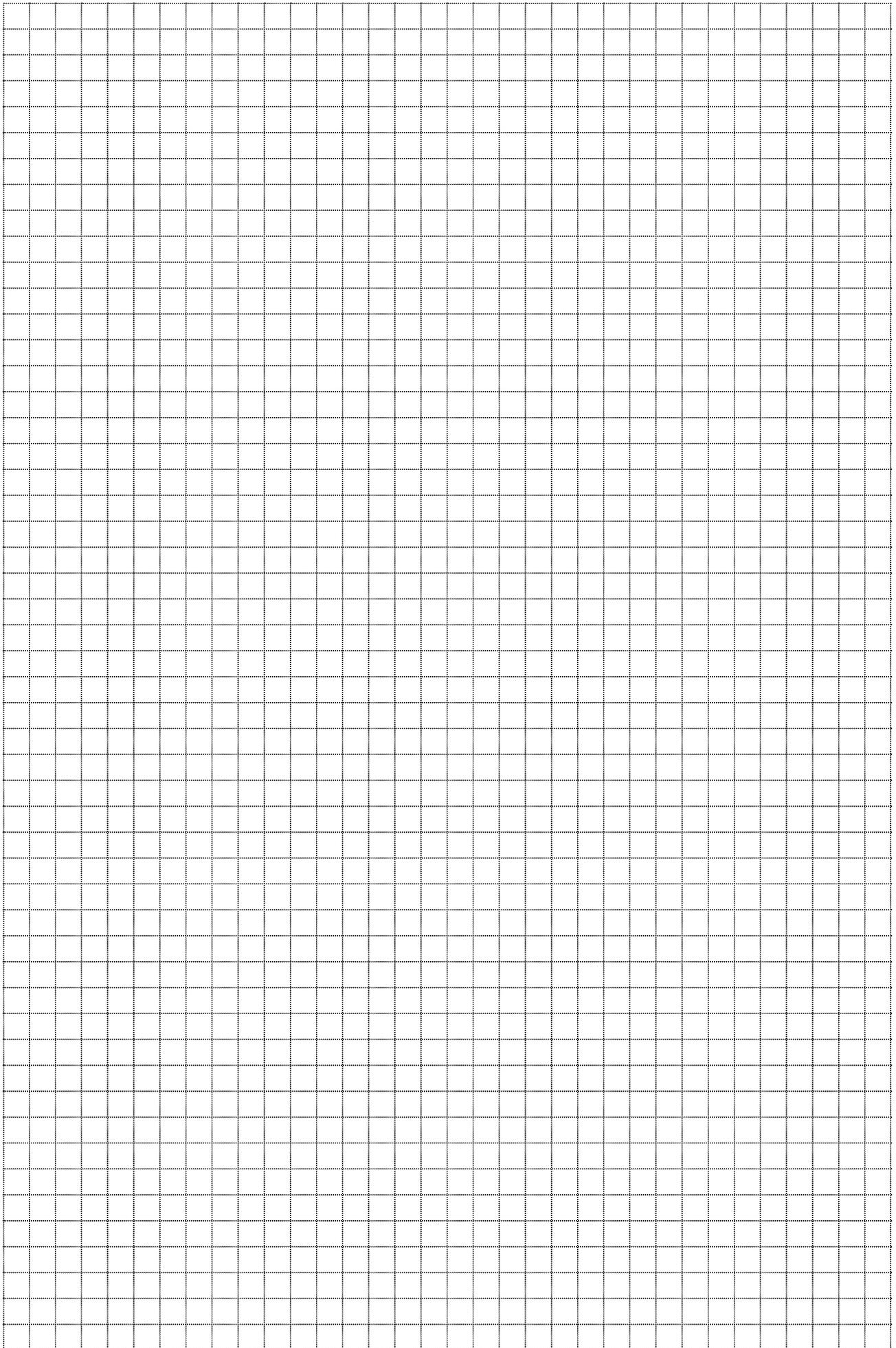




Um im Geschäft zu bleiben, Fehler vermeiden!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.





Überreicht durch:

Kalksandsteinindustrie Nord e.V.

Lüneburger Schanze 35
21614 Buxtehude

Tel.: +49 4161 7433-60
Fax: +49 4161 7433-66
info@ks-nord.de
www.ks-nord.de

