Mauerwerk –
Fit für die Zukunft !

Univ.-Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner, Dr.-Ing. S. Pohl,
V. Förster M.Sc., M. Schmitt M.Sc., B. Koob M.Sc.

9. Deutscher Mauerwerkskongress – 19. und 20. Januar 2016 – Darmstadt

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

LCEE
Life Cycle Engineering Experts GmbH

KOMPASS

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

1 | **Mauerwerk – eine nachhaltige Bauweise**
Objektivierte Bewertung der Nachhaltigkeit von Bauwerken

2 | **Bemessung von Mauerwerk nach Eurocode 6**
Einfach und praxisnah

3 | **Lehrportal Mauerwerk**
Hilfsmittel für Lehre und Praxis

MAK 2016

1 Mauerwerk – eine nachhaltige Bauweise

Objektivierte Bewertung der Nachhaltigkeit von Bauwerken

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

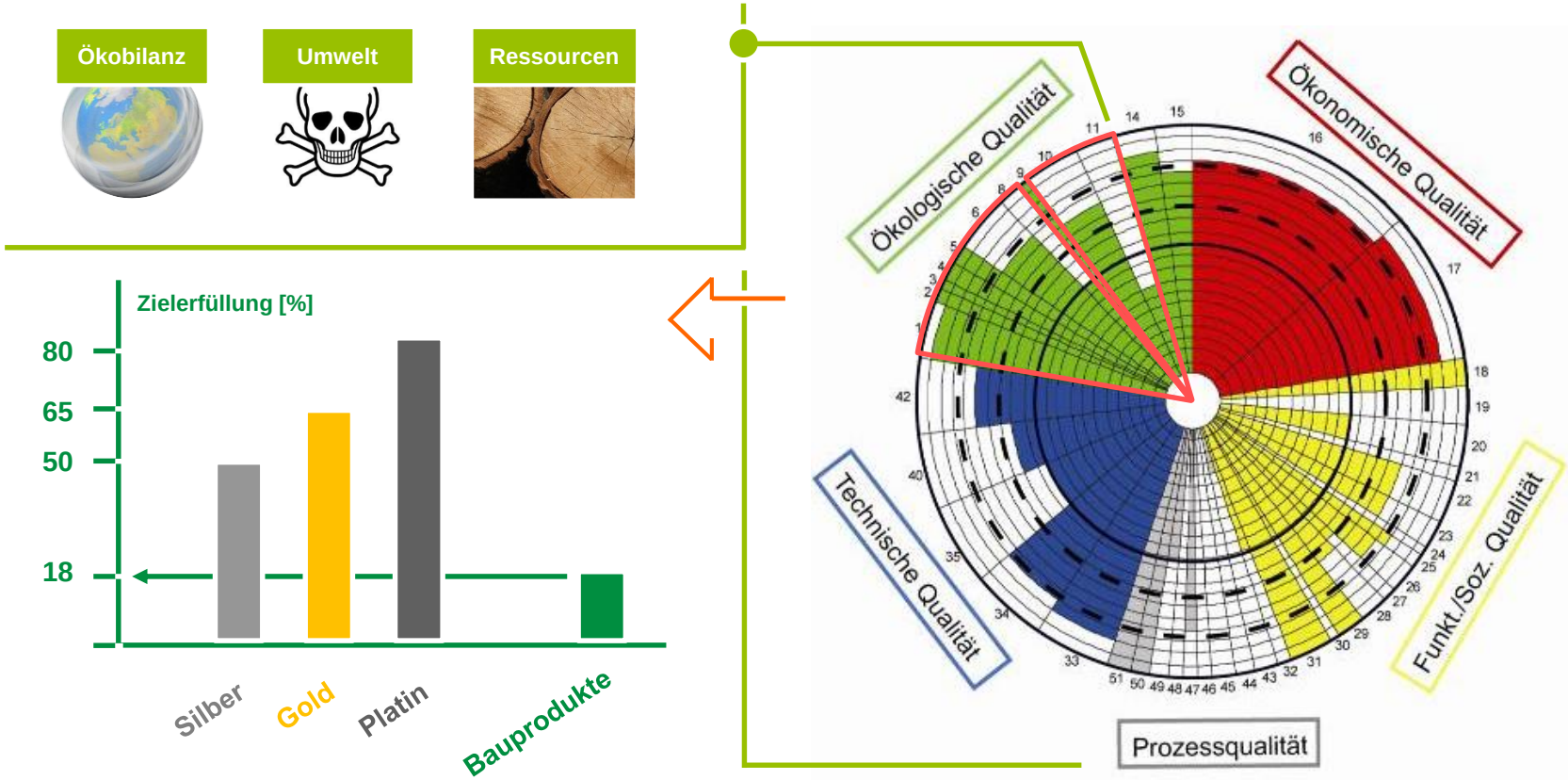
Sind nachhaltige Gebäude auf den ersten Blick erkennbar?

Ist ein „grünes“ Gebäude automatisch nachhaltig?

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Zertifizierungssysteme aggregieren Komponenten eines Gebäudes zu einer gesamthaften Nachhaltigkeitsperformance

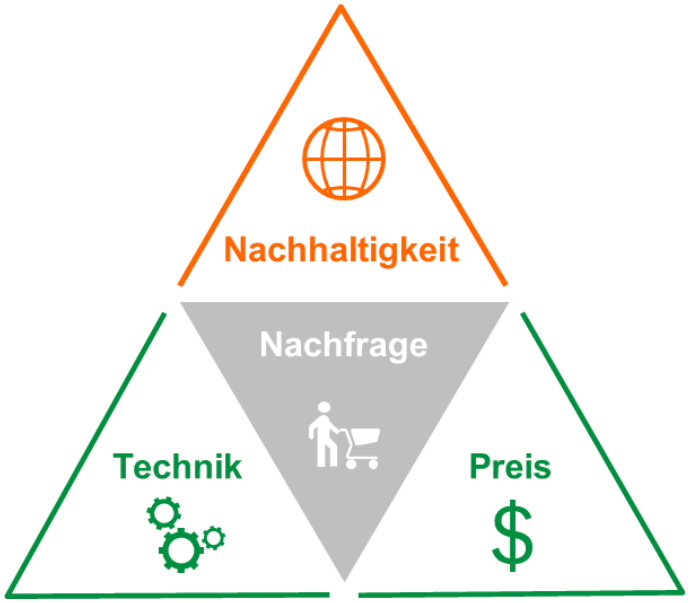
Beispiel DGNB – Bauprodukte bestimmen unmittelbar 18 % der Gesamtbewertung



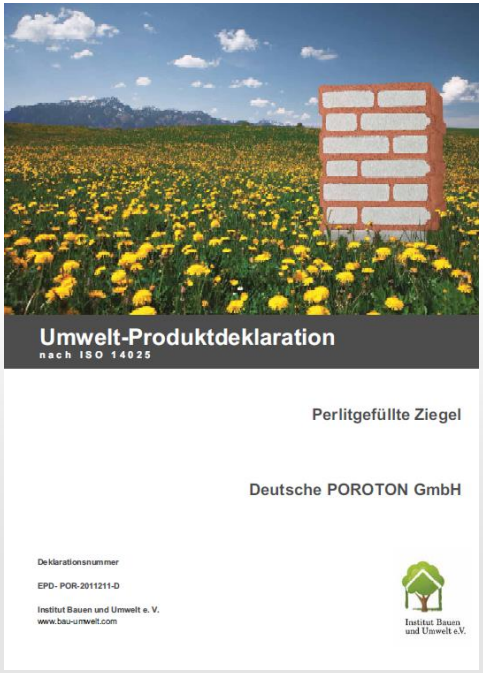
Klassische 2-D-Nachfrageentscheidung wird zum Nachfragedreieck

EPDs und Nachhaltigkeitsberichte als neue Kommunikationsform

CSR-Bericht Poroton-Gruppe



EPDs Ziegel perlitegefüllt

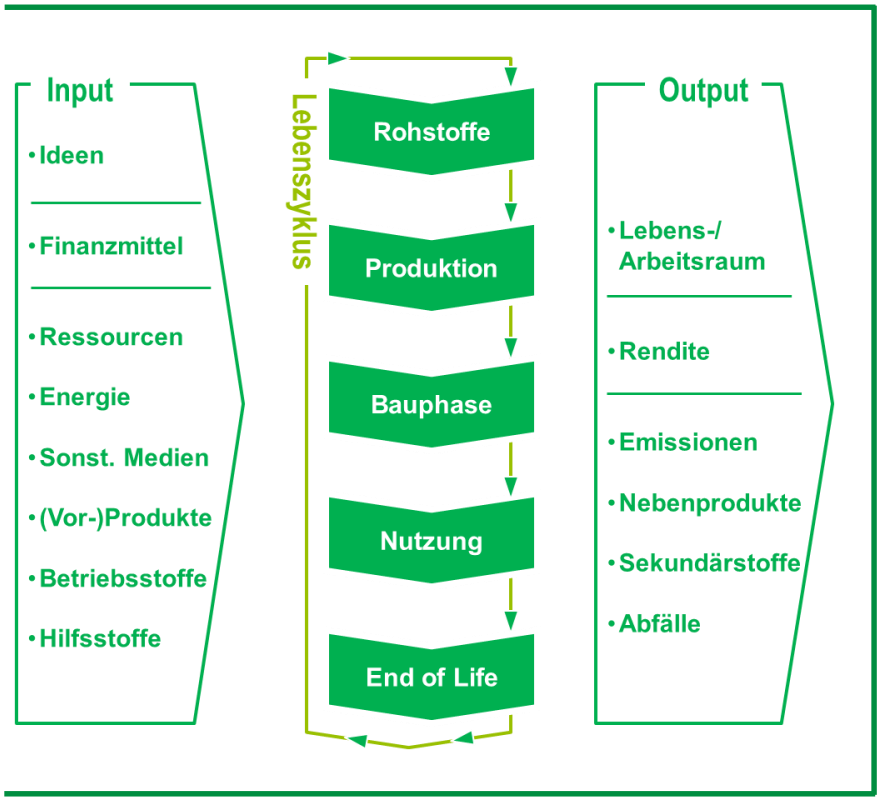


Quelle: Wienerberger | www.bau-umwelt.de

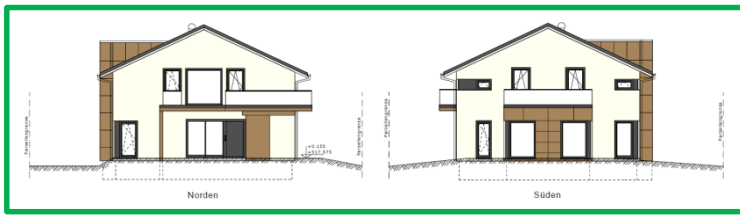
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Studienreihe zur Nachhaltigkeitsperformance exemplarischer Wohngebäude verschiedener Konstruktionsarten und Bauweisen

Ganzheitlicher, lebenszyklusumspannender Untersuchungsansatz - Schema

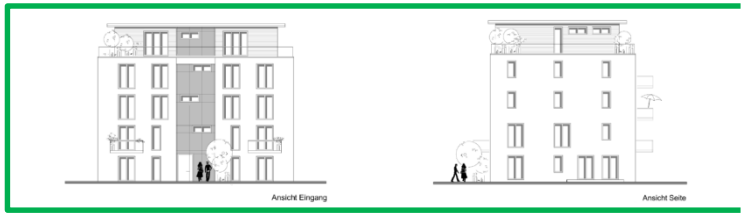


Muster-Einfamilienhaus (Passivhaus-Standard)



großes Muster-Mehrfamilienhaus

kleines Muster-Mehrfamilienhaus (EnEV 2014/16)



Resümee und Fazit aus Studienreihe Nachhaltigkeit von Mauerwerk

Ökologie

- Sehr gute ökobilanzielle Lebenszyklusbewertung
- Einhaltung der höchsten Anforderungen bzgl. Umweltrisiken und Innenraumhygiene

Technik

- Hohes Sicherheitsniveau (v.a. Brand)
- Schallschutztechnische Qualität
- Rückbau-/Demontagefreundlichkeit, Rezyklierbarkeit (*keine* thermische Verwertung nötig)

DGNB NaWoh

Ökonomie

- Faktische Qualität hinsichtlich Nutzungsflexibilität (Tragreserven, Grundrissgestaltung, etc.) und Wertstabilität (Lebensdauern, Wartungsfreiheit, Widerstandsfähigkeit) im DGNB *nicht* abbildbar

Soziokultur

- Ideale Voraussetzungen für hohe Bewertung von Komfortaspekten (Thermisch, akustisch, Innenraumhygiene/VOC)

MAK 2016

2

Bemessung nach Eurocode 6

Einfach und praxisnah

Gliederung der DIN EN 1996

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

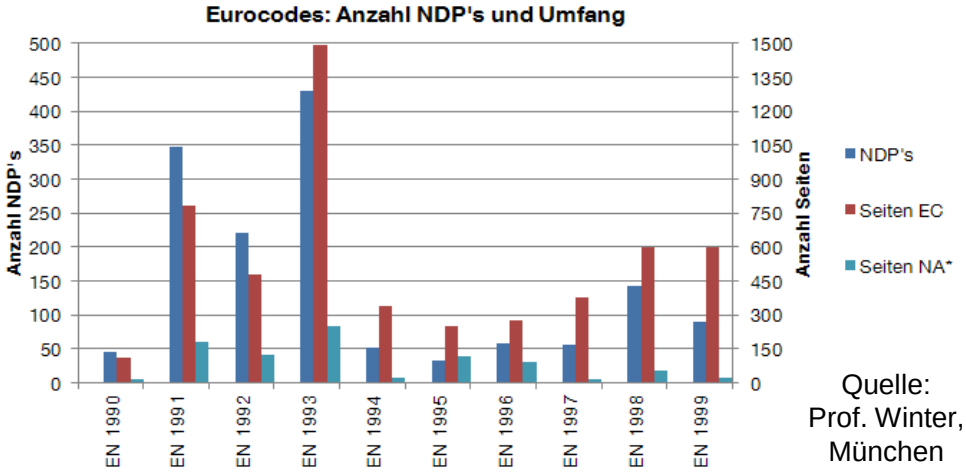
DIN EN 1996:
Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten

- DIN EN 1996-1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk (Genaueres Nachweisverfahren)
- DIN EN 1996-1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung im Brandfall
- DIN EN 1996-2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk
- DIN EN 1996-3: Vereinfachte Berechnungsmethode für unbewehrte Mauerwerksbauten

Nationale Anhänge (NA)

Die parallele Anwendung von
DIN EN 1996-1-1 und
DIN EN 1996-3 ist zulässig.
Es besteht <u>kein</u> Mischungsverbot!

Bauaufsichtliche Einführung des
Eurocodes 6 zum 01.01.2015
DIN 1053 seit 01.01.2016
bauaufsichtlich zurückgezogen.



Quelle:
Prof. Winter,
München

2 Vereinfachte Berechnungsmethode nach DIN EN 1996-3

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Traglastfaktor am Wandkopf und -fuß

- Φ_1 berücksichtigt die Lastexzentrizität

  bei Endauflagern auf Außen- und Innenwänden.

$$\Phi_1 = 1{,}6 - \frac{l_f}{6} \leq 0{,}9 \cdot \frac{a}{t} \quad \text{für} \quad f_k \geq 1{,}8 \quad N/mm^2$$

$$\Phi_1 = 1{,}6 - \frac{l_f}{5} \leq 0{,}9 \cdot \frac{a}{t} \quad \text{für} \quad f_k < 1{,}8 \quad N/mm^2$$

Traglastfaktor in Wandhöhenmitte bei Knickgefahr:

- Φ_2 berücksichtigt die Traglastminderung be Knickgefahr:

$$\Phi_2 = 0{,}85 \cdot \left(\frac{a}{t}\right) - 0{,}0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t}\right)^2$$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

$$\max N_{Ed} \leq N_{Rd} = \min\left(\Phi_1; \Phi_2\right) \cdot A \cdot f_d$$

Der Nachweis mit dem Vereinfachten Nachweisverfahren ist einfach und zugleich wirtschaftlich!

Eine Vielzahl einfacher Bemessungstabellen ist verfügbar.

2 Vereinfachte Berechnungsmethode

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Table 3. Design capacity n_{Rd} in kN/m
Tabelle 3. Aufnehmbare Bemessungsnormalkraft n_{Rd} in kN/m

design normal force / aufnehmbare Normalkraft n_{Rd} (für $f_k \geq 1.8$ N/mm²) n_{Rd} in kN/m = T · f_k in N/mm²											
clear wall height / lichte Wandhöhe h in m	wall thickness / Wanddicke t in cm	internal wall / Innen-wand	external wall / Außenwand								
			slab / Geschossdecke						roof / Dachdecke		
			completely supported slab / vollaufliegende Decke a/t = 1.0				a/t = 2/3	a/t = 1/2	a/t = 1.0	a/t = 2/3	a/t = 1/2
			slab span / Deckenspannweite l_f in m								
		≤ 6.0	≤ 4.5	5.0	5.5	6.0	≤ 6.0	≤ 6.0	≤ 6.0	≤ 6.0	≤ 6.0
	11.5[1)2)]	36	36				–	–	21	–	–
	15.0[2)]	57	57			51	22	–	28	22	–
	17.5	71	71		67	59	33	–			
	20.0	80	80		77	68	44	–			
2.50	24.0	102	102		92	81	60	41			
	30.0	131	131	130	116	102	83	59			
	36.5	165	165	158	141	124	106	77			
	42.5	195	195	184	164	144	127	93			
	49.0	228	228	212	189	166	149	110			

Steindruckfestigkeitsklasse	(u. a. für Einsteinmauerwerk HLzA, HLzB, mit NM) f_k N/mm²		
	NM II	NM IIa	NM III
4	2,1	2,4	2,9
6	2,7	3,1	3,7
8	3,1	3,9	4,4
10	3,5	4,5	5,0
12	3,9	5,0	5,6
16	4,6	5,9	6,6
20	5,3	6,7	7,5
28	5,3	6,7	9,2
36	5,3	6,7	10,2
48	5,3	6,7	12,2
60	5,3	6,7	14,3

<u>Beispiel einer teilaufliegenden Außenwand</u>

t = 30 cm ; h = 2,50 m ; l_{Decke} = 5,2 m

a/t = 2/3; n_{Ed} = 400 kN/m

⇒ $f_{k,erf} = n_{Ed}$ / Tafelwert = 400 / 83 = 4,8 N/mm²

⇒ gew. HLz 12 NM IIa mit f_k = 5,0 N/mm²

siehe Tagungsband (Graubner et. al. Zeitschrift Mauerwerk Heft 1 2016)

Bemessung von Kellerwänden

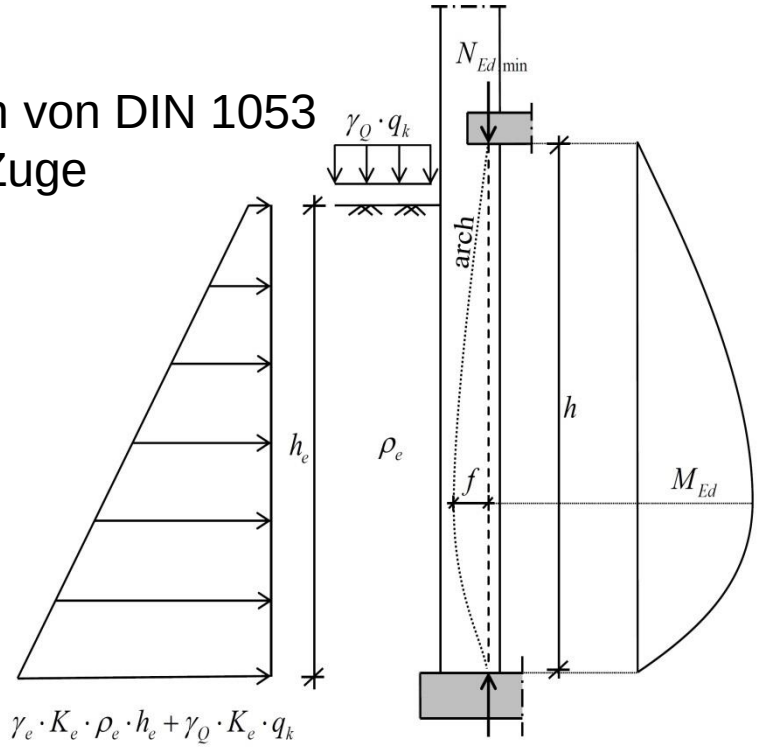
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Ausgangssituation:

- Das bestehende genauere Nachweisverfahren von DIN 1053 für die Bemessung von Kellerwänden soll im Zuge des „Systematic Review“ von EC 6 entfallen.
- Nur noch vereinfachtes Nachweisverfahren bleibt bestehen.
  - Dieses Verfahren ist nur für Erddruckbeiwerte ≤ 1/3 zulässig

⇒ Entwicklung eines realitätsnahen Nachweismodells

⇒ Vorschlag zur Erweiterung des vereinfachten Nachweisverfahren



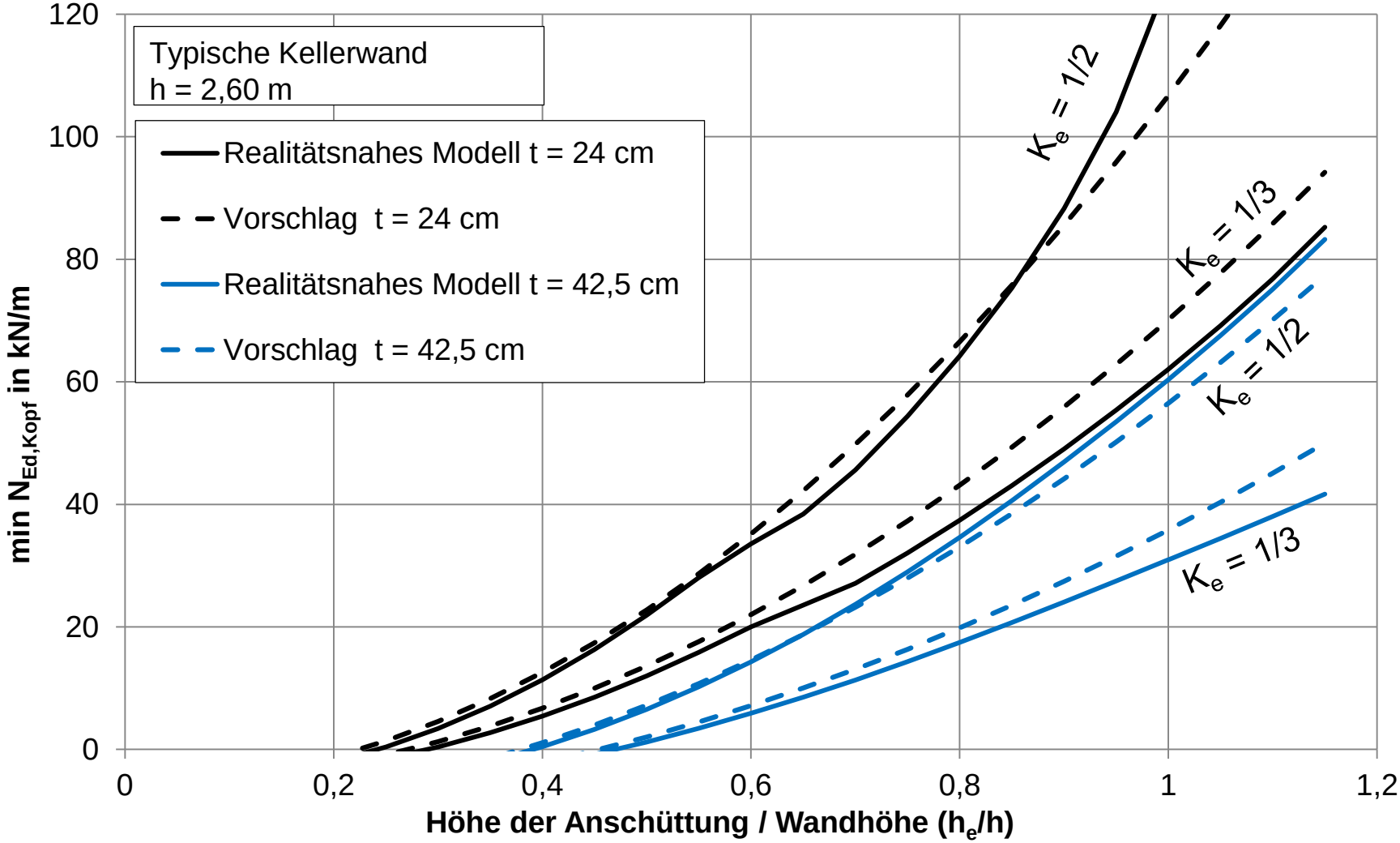
Neuer Bemessungsvorschlag:

$$N_{Ed,\min} \geq \frac{K_e \cdot \rho_e \cdot b \cdot h \cdot h_e^2}{6 \cdot t \cdot \alpha}$$

Vorteile des neuen Vorschlages

- Biege- und Querkrafttragfähigkeit ist mit diesen Nachweis sichergestellt.
- Auch Erddruckbeiwerte größer als 1/3 können berücksichtigt werden

Bemessung von Kellerwänden



siehe Tagungsband (Graubner et. al. Zeitschrift Mauerwerk Heft 1 2016)

Mindestauflast bei überwiegend biegebeanspruchten Wände

Vorgehensweise:

- Entwicklung eines Nachweismodells mit realistischer Beschreibung des Tragverhalten
- Berücksichtigung:
  - einer ungewollten Lastausmitte
  - von Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung

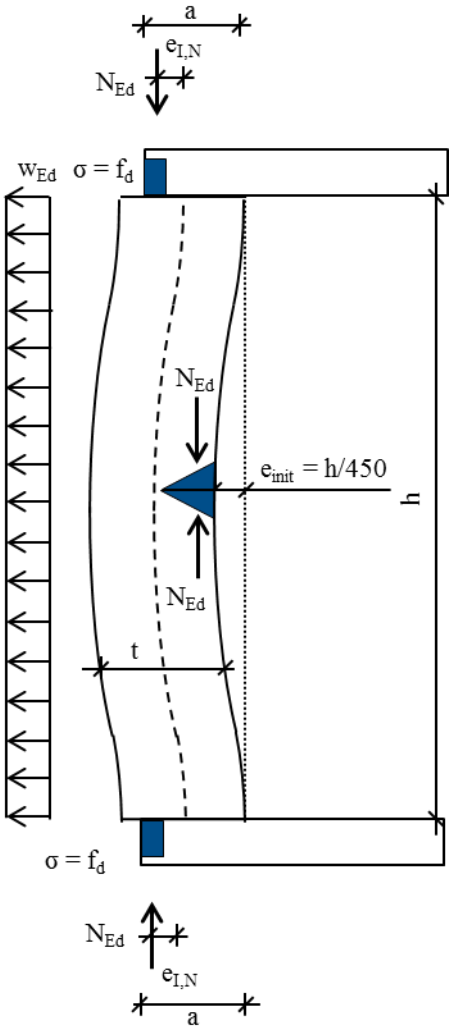
⇒ **Erarbeitung einer einfachen Nachweisgleichung**

$$N_{Ed,\min,Kopf} \geq \frac{\gamma_Q \cdot c_{pe,10} \cdot q_p \cdot h^2}{8 \cdot (a - h/150)} - \frac{h}{2} \cdot t \cdot \rho_{MW}$$

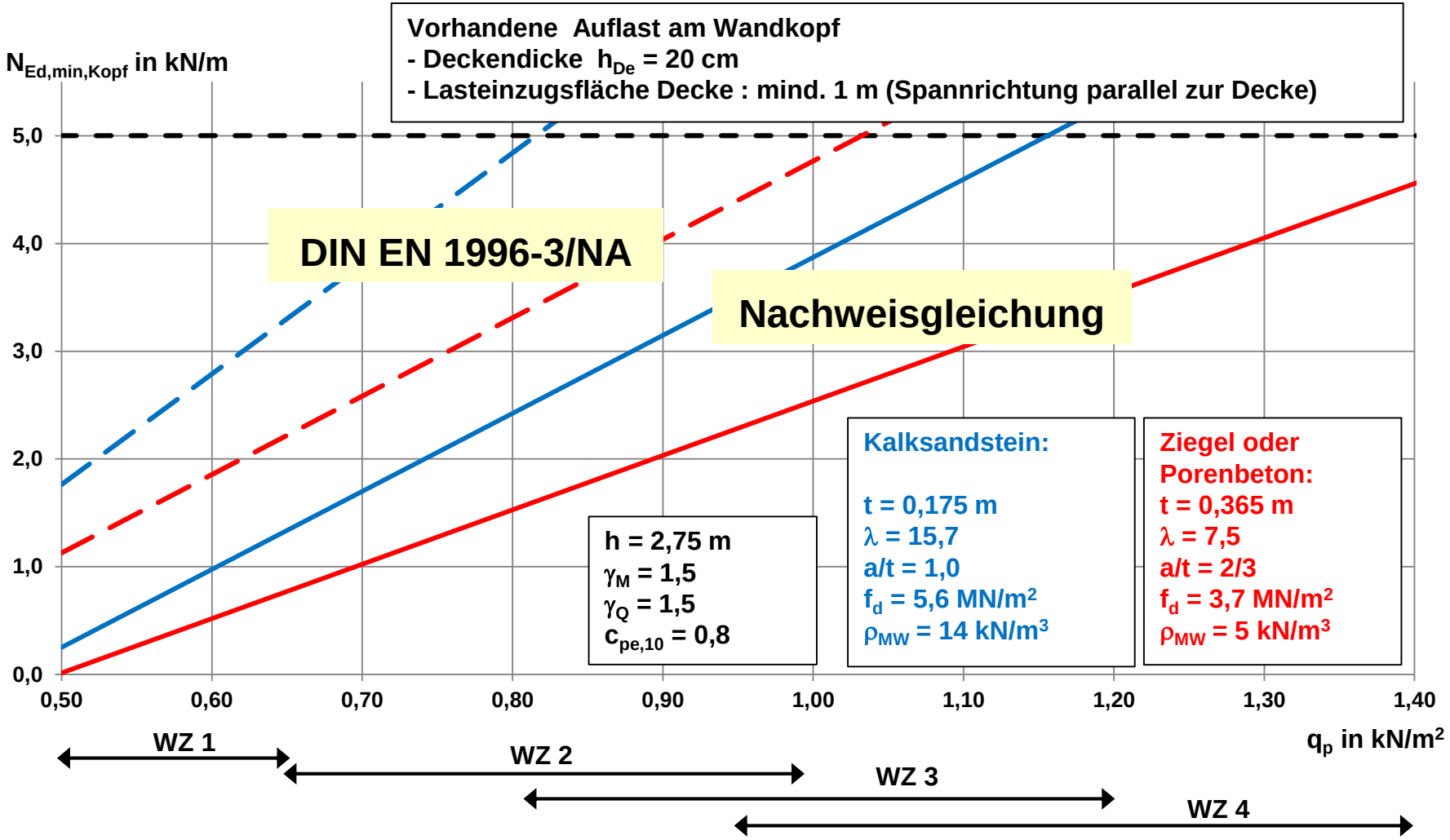
⇒ **Ergebnisse:**

⇒ bis Windzone 3 und Wandschlankheit λ ≤ 15:
Mindestauflast von 5 kN/m am Wandkopf ausreichend

⇒ Nur bei extrem hohen Windlasten ($q_p \geq 1{,}2$ kN/m²) und sehr schlanken Wänden mit λ > 15:
Größere Auflasten erforderlich.



Mindestauflast



MAK 2016

3

Lehrportal Mauerwerk
Hilfsmittel für Lehre und Praxis

3 Lehrportal der DGfM

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

www.mauerwerksbau-lehre.de

- Neugestaltetes Lehrportal im Zuge der Überarbeitung auf den Eurocode 6
- In 10 Kapiteln alles Wissenswerte zur Bemessung von unbewehrtem Mauerwerk
- Download im pdf-Format oder online lesbar
- Ergänzende, sofort einsetzbare Vorlesungscharts für Lehrende

Übersicht der Inhalte

- I – GRUNDLAGEN UND BAUSTOFFE
- II – FESTIGKEITS- UND VERFORMUNGSEIGENSCHAFTEN
- III – EINWIRKUNGEN & SICHERHEITSKONZEPT
- IV – SCHNITTGRÖSSEN-ERMITTLUNG
- V – STABILITÄT
- VI – NORMALKRAFTBEMESSUNG NACH DEM VEREINFACHTEN NACHWEISVERFAHREN
- VII – NORMALKRAFTBEMESSUNG NACH DEM ALLGEMEINEN NACHWEISVERFAHREN
- VIII – QUERKRAFT-BEMESSUNG
- IX – BEMESSUNG VON KELLERWÄNDEN
- X – NICHTTRAGENDE WÄNDE & SONDERBAUTEILE

MAK 2016

Mauerwerksbau - Fit für die Zukunft !!

Nachhaltigkeit, Bemessung, Lehrportal