

**Ermittlung aerodynamischer
Beiwerte für die normgemäße
Erfassung der Winddrücke und
Windkräfte an Vordächern**

T 3129

T 3129

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2007

ISBN 978-3-8167-7284-2

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de



Ingenieurgesellschaft Niemann & Partner GbR

WINDINGENIEURWESEN • BAUDYNAMIK • UMWELTECHNIK • STRÖMUNGSTECHNIK

Prof. Dr.-Ing. H.-J. Niemann, Dr.-Ing. N. Hölscher

Technologiezentrum Ruhr · Universitätsstr. 142 · D 44 799 Bochum

Ermittlung aerodynamischer Beiwerte für die normgemäße Erfassung der Winddrücke und Windkräfte an Vordächern



Abschlussbericht

In Zusammenarbeit mit:



Ruhr-Universität Bochum

ARBEITSGRUPPE AERODYNAMIK UND STRÖMUNGSMECHANIK IM BAUWESEN

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Höffer

Universitätsstraße 150 D 44780 Bochum

Bochum, im Januar 2006

**Ermittlung aerodynamischer Beiwerte für die
normgemäße Erfassung der Winddrücke und
Windkräfte an Vordächern**

DIBt-Projekt ZP 52-5-3.94-1141/05

Auftraggeber:

DIBt DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK
KOLONNENSTR. 30 L
10 829 BERLIN

Auftragnehmer:



Ingenieuresellschaft Niemann & Partner GbR
Prof. Dr.-Ing. H.-J. Niemann
Dr.-Ing. N. Hölscher

Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. W. Hubert, Niemann & Partner GbR

Bericht: W04-371-2

Auftrag: W04-371

Bochum, im Januar 2006

ZUSAMMENFASSUNG

In der neuen DIN 1055-4:2005-03 finden sich keine Angaben für Windlasten an Vordächern in Gebäudefassaden. Solche Angaben wurden nicht aufgenommen, da keine ausreichend abgesicherten aerodynamischen Beiwerte vorliegen. Soweit sie in der Literatur zu finden sind, entsprechen sie nicht dem neuen Format der Beiwertesammlung. Auf der anderen Seite zeigen zahlreiche Anfragen, wie sie unter anderem auch im Laufe des Einspruchsverfahrens zur E-DIN 1055-4 geäußert wurden, dass ein erheblicher Bedarf der Praxis für Angaben zur Windlast an Vordächern besteht.

Mit diesem Forschungsvorhaben soll diese Lücke in der Beiwertesammlung der Windlastnorm geschlossen werden. Hierzu ist sowohl eine eingehende Studie vorhandener Angaben in der allgemeinen Fachliteratur und in ausländischen Windlastnormen als auch eine experimentelle Ermittlung von Winddrücken an Vordächern im Rahmen von Modelluntersuchungen im Grenzschichtwindkanal erfolgt. Durch eine detaillierte Analyse der Windkanalmessdaten ist ein Modell zur Erfassung der Einwirkungseffekte entwickelt und durch Vergleich mit vorhandenen Literaturangaben bestätigt worden.

Auf dieser Basis wurde ein Normvorschlag konzipiert, der für den Mittenbereich und für die Randbereiche des Vordachs jeweils zwei zu untersuchende Lastfälle vorsieht. In Abhängigkeit zweier geometrischer Parameter, den Verhältnissen Vordachhöhe zu Hauptgebäudehöhe und Vordachhöhe zu Vordachtiefe, sind aus der entwickelten Tabelle aerodynamische Beiwerte zur Bestimmung der maßgebenden Windlasten auf das Vordach zu entnehmen. Diese Beiwerte genügen den Anforderungen des Sicherheitskonzeptes der Norm und sie berücksichtigen im Rahmen der vielfältigen, baupraktischen Situationen die wesentlichen Einflüsse abdeckend und in einer einfachen Form, ohne dabei unangemessen konservativ zu sein.

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	1
Inhaltsverzeichnis	2
1. Normgemäße Aufbereitung der Messergebnisse	3
1.1 Vorüberlegungen zum Normvorschlag	3
1.2 Bezeichnungen und Abmessungen bei Vordächern	4
1.3 Festlegung der Referenzgeschwindigkeit	4
1.4 Ersatzlast-Druckbeiwerte $c_{p,net}$	7
1.5 Windrichtungseinfluss	10
2. Einordnung der Messergebnisse in existierende Lastangaben	12
3. Anwendungsvorschlag für die DIN-Norm	18
3.1 Erläuterungen zum Normvorschlag	18
3.2 Berücksichtigung von Einflussparametern aus den Messserien	20
Anhang A: Vorschlag für einen neuen Abschnitt „Vordächer“ in der DIN 1055-4	27
Anhang B: Windrichtungsunabhängige Einhüllende der Messserien	29
Anhang C: Windlastregelungen internationaler Normen	40
Literaturübersicht	46
Bild- und Tabellenverzeichnis	47

1. Normgemäße Aufbereitung der Messergebnisse

1.1 Vorüberlegungen zum Normvorschlag

In der zum März 2005 als Weißdruck veröffentlichten Neubearbeitung der Norm „DIN 1055-4:2005-03 Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Windlasten“ finden sich keine Angaben für Windlasten an Vordächern in Gebäudefassaden. Entsprechende Angaben wurden nicht aufgenommen, da zum Einen weder in der Literatur ausreichend belastbare Untersuchungsergebnisse zu finden sind, zum Anderen auch international nur in sehr wenigen Normen Angaben zu Vordächern verankert sind und letztlich diese zudem nicht in allen Punkten dem neuen Format der Beiwertesammlung der DIN 1055-4 entsprechen.

Das vorliegende Forschungsvorhaben soll die Beiwertesammlung der DIN 1055-4:2005-03 um geeignete Angaben zu den Windwirkungen an Vordächern ergänzen. Hierzu wurden sowohl Studien der maßgebenden Literatur durchgeführt als auch im Grenzschichtwindkanal die Winddrücke an Vordächern in typischen Bausituationen vermessen. Im „1. Ergebnisbericht“ des Vorhabens vom August 2005 ist dazu eine Zusammenstellung und Auswertung der nationalen und internationalen Literatur zu finden. Weiterhin sind dort sämtliche durchgeführte Variationen innerhalb der Windkanalmessungen dargestellt und es wurden bereits auch einige exemplarische Ergebnisse zu den diesen Untersuchungen geliefert.

Im weiteren Projektablauf liegt der Schwerpunkt in der Umsetzung der Windkanaldaten in eine praxisorientierte Lastvorgabe für die Norm. Hierzu ist zunächst die Auswertung der Windkanaldaten vervollständig worden, welche eine genauere Extremwertanalyse der aerodynamischen Beiwerte einschließt. Über die statistischen Auswertungen hinaus geht es dabei letztlich auch entscheidend um eine Verdichtung der verschiedenen geometrischen Einflussparameter auf die aerodynamischen Beiwerte.

1.2 Bezeichnungen und Abmessungen bei Vordächern

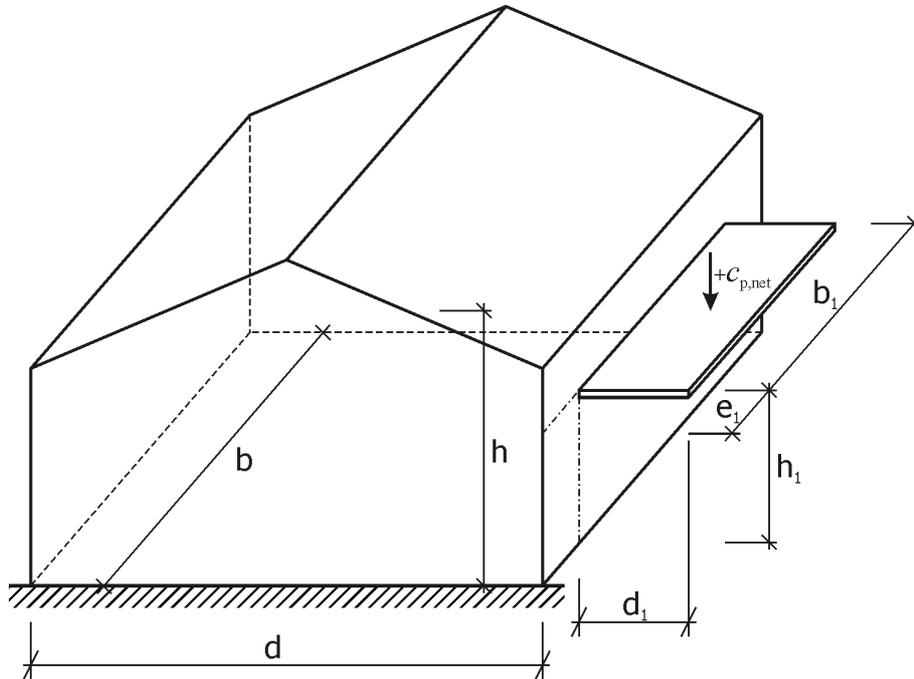


Bild 1.1: Geometrie und Bezeichnungen an Vordach und Hauptgebäude

Symbole:

- h Höhe des Hauptgebäudes
- b Breite des Hauptgebäudes
- d Tiefe des Hauptgebäudes
- h_1 Höhe des Vordachs über Grund
- b_1 Breite des Vordachs
- d_1 Tiefe des Vordachs
- e_1 horizontaler Abstand des Vordachs von der Gebäudeecke

1.3 Festlegung der Referenzgeschwindigkeit

Im Abschnitt 10 der DIN 1055-4:2005-03 ist festgelegt, dass bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken und Bauteilen dem Geschwindigkeitsdruck eine Böengeschwindigkeit bei Mittelung über eine Böendauer von 2 s bis 4 s zu Grunde liegt. Dementsprechend sind sämtliche Messergebnisse der Windkanaluntersuchungen, die zunächst auf die mittlere Windgeschwindigkeit einer festen Höhe im Windkanal bezogen waren, unter Verwendung der bekannten Daten der Windkanalgrenzschicht nach folgender Formel umgerechnet:

$$q_b(z) = q_m(z) \cdot (1 + 2 \cdot g \cdot I_u(z))$$

mit

$q_b(z)$ Böengeschwindigkeitsdruck in der Höhe z

$q_m(z)$ mittlerer Geschwindigkeitsdruck in der Höhe z

g Spitzenfaktor (DIN 1055-4: $g = 3,0$)

$I_u(z)$ Turbulenzintensität in der Höhe z

Für die Festlegung der Bezugshöhe z_e über Grund zur Ermittlung der Referenzgeschwindigkeit sind – auch nach der Vorstellung, dass Vordächer im Allgemeinen ihrer üblichen Funktion als Wetterschutz entsprechend direkt oberhalb der Eingangsebene eines Erdgeschosses angebracht sind – zumindest zwei Ansätze denkbar; zum Einen die Bauwerkshöhe des Hauptgebäudes h und zum Anderen die Lagehöhe des Vordachs h_1 über Grund. Im Bild 1.2 ist am Beispiel der Änderung des Einflussparameters Vordach- zu Hauptgebäudehöhe h_1/h die Auswirkung dieser beiden Ansätze auf den mittleren Kraftbeiwert $c_{Fz,mean}$ für die gesamte Vordachfläche dargestellt. Neben dem Gesamtkraftbeiwert sind jeweils auch die einzelnen Anteile von Oberseite und Unterseite aufgeführt.

Im Fall, dass das Vordach nur unwesentlich unterhalb der Hauptgebäudehöhe angebracht ist ($h_1/h \rightarrow 1$), nähern sich diese beiden Darstellungsweisen erwartungsgemäß an. Dies wird aus einem Vergleich der beiden Diagramme in Bild 1.2 auch deutlich. Interessanter ist für diese Fragestellung das Verhalten bei stetig wachsendem Hauptgebäude ($h_1/h \rightarrow 0$). Ein Vergleich der beiden Diagramme für Verhältnisse $h_1/h < 0,2$ zeigt, dass die nach unten gerichtete Kraftwirkung auf der Oberseite aus der an der Gebäudefassade herab verlaufenden Strömung kontinuierlich zunimmt. Die nach oben gerichtete Kraftwirkung auf der Unterseite aus der sich unter dem Vordach stauenden Strömung verschwindet mehr und mehr. Dies hat zur Folge, dass der aerodynamische Beiwert bei Bezug auf die konstante Vordachhöhe wächst, während sie sich bei Bezug auf die ebenfalls kontinuierlich zunehmende Hauptgebäudehöhe praktisch einem konstanten Wert annähert. Das bedeutet, dass dieses

Phänomen durch den letztgenannten Bezug besser abgebildet wird und somit als Bezugsgröße q_b in Höhe h besser geeignet ist.

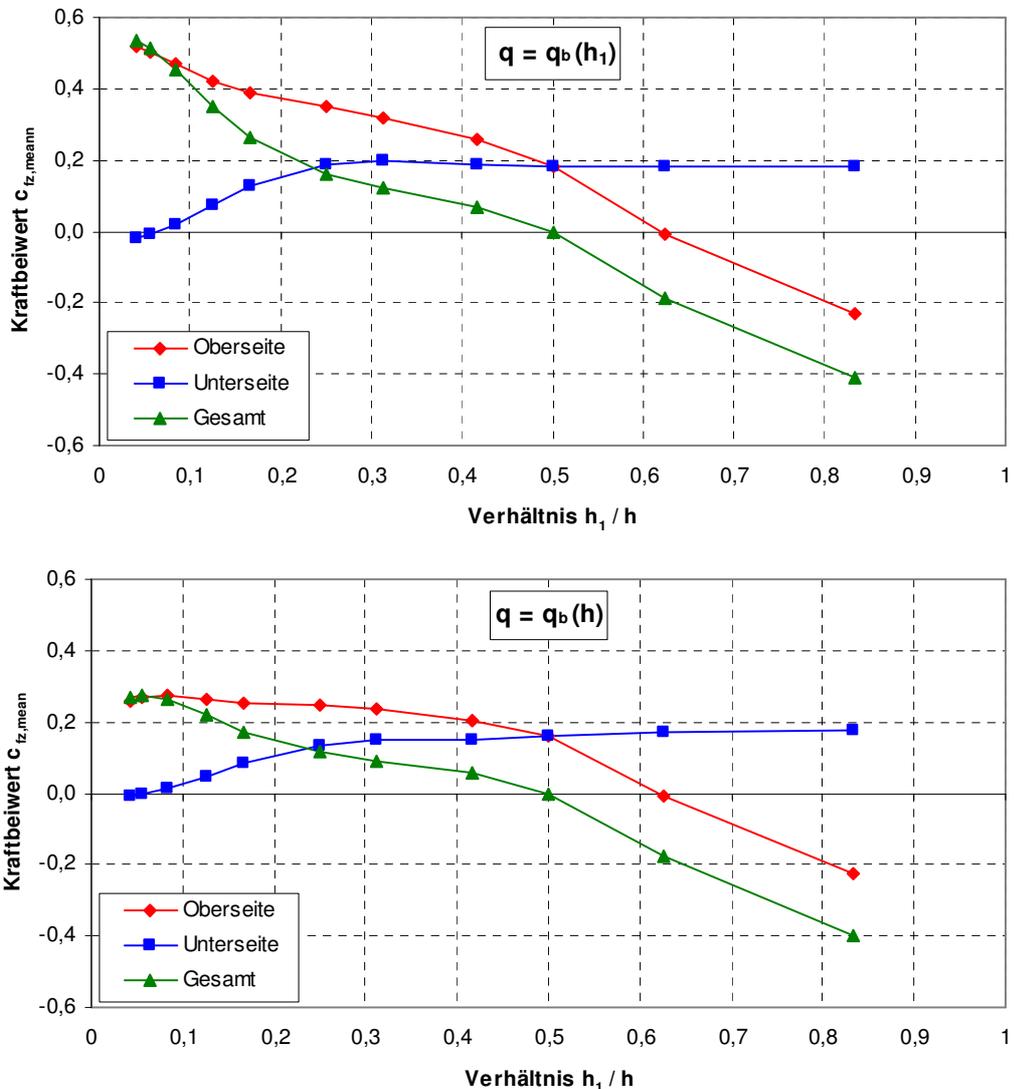


Bild 1.2: Globaler mittlerer Kraftbeiwert $c_{fz,mean}$ bei Änderung des Verhältnisses h_1/h ; Bezugsgeschwindigkeit $q_b(h)$ gegenüber $q_b(h_1)$

Aus dieser Erkenntnis heraus sind die Messergebnisse für alle folgenden Auswertungen auf den Böengeschwindigkeitsdruck in Höhe des Hauptgebäudes $q_b(h)$ bezogen. Dies ist entsprechend auch in dem Normvorschlag verankert (vgl. Absatz (5)). Dabei ist für die Ermittlung der Windeinwirkung auf das Vordach als Hauptgebäudehöhe h , wie auch in Bild 1.1 dargestellt, der mittlere Wert von Trauf- und Firsthöhe anzusetzen.

1.4 Ersatzlast-Druckbeiwerte $c_{p,net}$

Basiswerte für die Ersatzlast-Druckbeiwerte $c_{p,net}$ bilden die Zeitreihen des resultierenden Einspannmomentes $M_y(t)$ aus der Zeitbereichsberechnung unter Berücksichtigung der Korrelation der auf das Vordach wirkenden Winddrücke $p_i(t)$ im Zeitbereich.

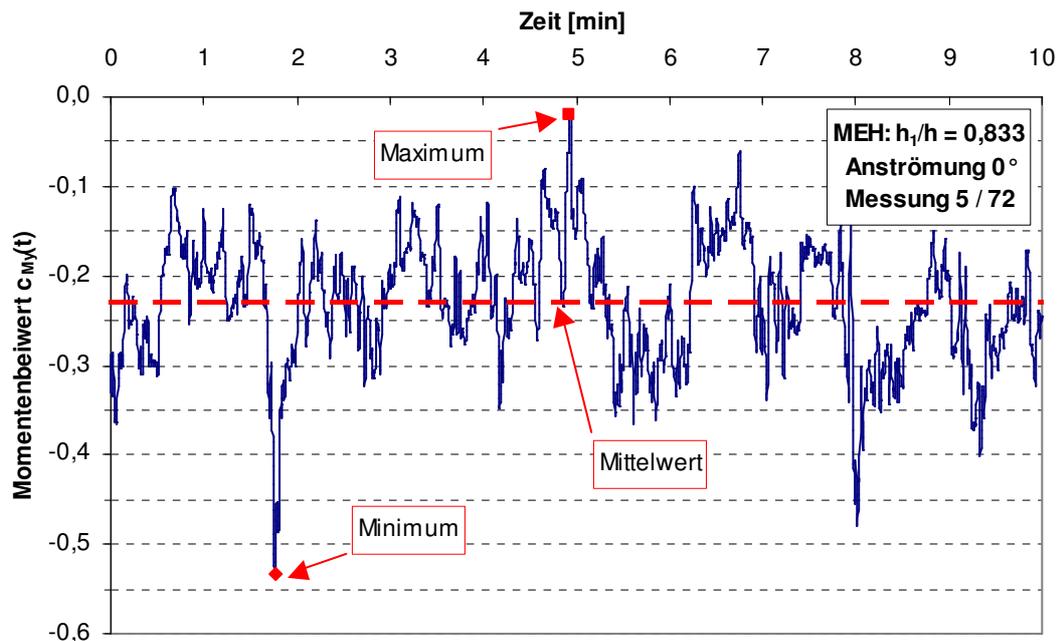


Bild 1.3: Exemplarische Darstellung einer Zeitreihe für den Beiwert $c_{M_y}(t)$ des Einspannmomentes; Messserie MEH ($h_1/h = 0,833$), Anströmung 0° , Messung 5 von 72

Hierbei wird unterschieden zwischen einem globalen Einwirkungseffekt als gesamt wirkendes Einspannmoment und einem lokalen Einwirkungseffekt als ein in den Teilstreifen gemäß Bild 1.4 segmentweise wirkendes Einspannmoment. Der zugehörige, zeitabhängige Momentenbeiwert $c_{M_y}(t)$ ist wie folgt definiert:

$$c_{M_y}(t) = \frac{M_y(t)}{q_b(h) \cdot A_{ref} \cdot e_{ref}} = \sum_i \frac{p_i(t)}{q_b(h)} \cdot \frac{A_i \cdot e_i}{A_{ref} \cdot e_{ref}}$$

mit

A_i Lasteinzugsfläche der Druckmessstelle (in m^2)

e_i Hebelarm der Kraft auf die Lasteinzugsfläche i (in m)

A_{ref} Bezugsfläche (in m^2), hier: gesamte Fläche des Vordachs bzw. Fläche des Teilstreifens

e_{ref} Bezugslänge (in m), hier: Tiefe des Vordachs

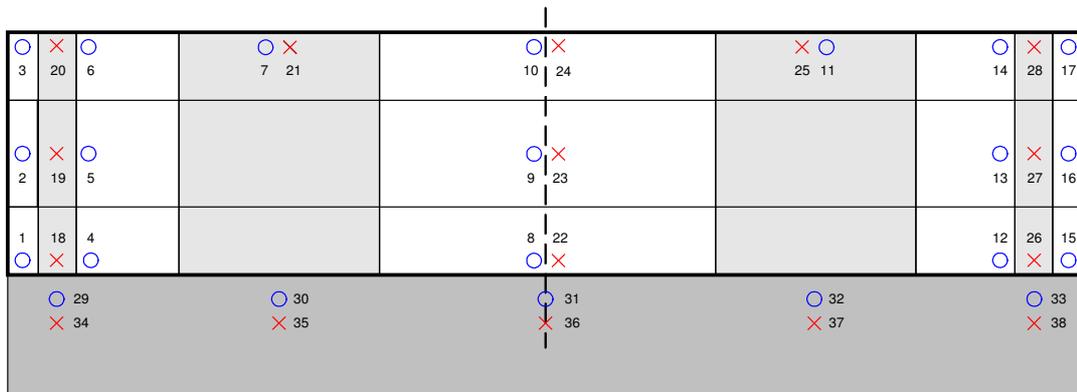
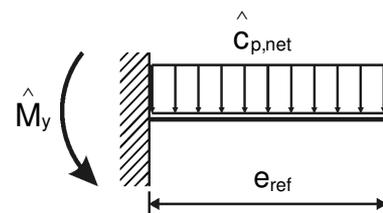


Bild 1.4: Lasteinzugsflächen und Teilstreifen des Vordachmodells

Zur Erfassung der böenbedingten Lastschwankungen wird zwischen dem oberen Extremwert \hat{c}_{My} und dem unteren Extremwert \check{c}_{My} der Momentenbeiwerte unterschieden. Sie werden aus den Maxima und Minima der im Windkanal für eine ausreichend große Anzahl von Sturmstunden simulierten Winddrücke gewonnen. Diese Maxima und Minima bilden jeweils ein statistisches Kollektiv (Stichprobenumfang 72 Stürme). Das Sicherheitskonzept der Norm geht dabei davon aus, dass die 98%-Fraktile der Jahresextremwerte der Windlast maßgebend ist. Mit dem üblicherweise genutzten 50-Jahreswert der mittleren Windgeschwindigkeit ergibt sich dann, dass die 78%-Fraktile der Maxima und Minima für die aerodynamischen Beiwerte anzusetzen ist.

Der Einwirkungseffekt, d.h. das wirkende Einspannmoment M_y wird zurückgeführt auf einen Druckbeiwert der statischen Ersatzlast $c_{p,net}$. Dies geschieht, am Beispiel der oberen Fraktile \hat{M}_y bzw. $\hat{c}_{p,net}$ dargestellt, in der folgenden Weise (analog untere Fraktile \check{M}_y bzw. $\check{c}_{p,net}$):

$$\begin{aligned} \hat{M}_y &= \hat{c}_{My} \cdot q_b(h) \cdot A_{ref} \cdot e_{ref} \\ &= \hat{c}_{p,net} \cdot q_b(h) \cdot A_{ref} \cdot \frac{1}{2} e_{ref} \end{aligned}$$



mit

\hat{c}_{My} oberer Fraktilewert des Einwirkungseffektes,

$\hat{c}_{p,net}$ Druckbeiwert der statischen Ersatzlast zum Einwirkungseffekt.

Es hat sich gezeigt, dass sich bei dieser Vorgehensweise höhere Ersatzlast-Druckbeiwerte für das Vordach ergeben als bei einer Verwendung von Kraftbeiwerten c_{Fz} als Basis. Das bedeutet, dass der Angriffspunkt der resultierenden Kraft hierbei allgemein näher zur Vorderkante des Vordachs liegt. Durch dieses Verfahren wird also der Einwirkungseffekt bei dieser üblichen Bauweise, das Einspannmoment des Kragträgers, besser bzw. exakt abgebildet. Das nicht gleichzeitige Auftreten maximaler Winddrücke auf Ober- bzw. Unterseite des Vordachs ist infolge Ermittlung der zu Grunde liegenden Momentenbeiwerte im Zeitbereich ebenfalls berücksichtigt.

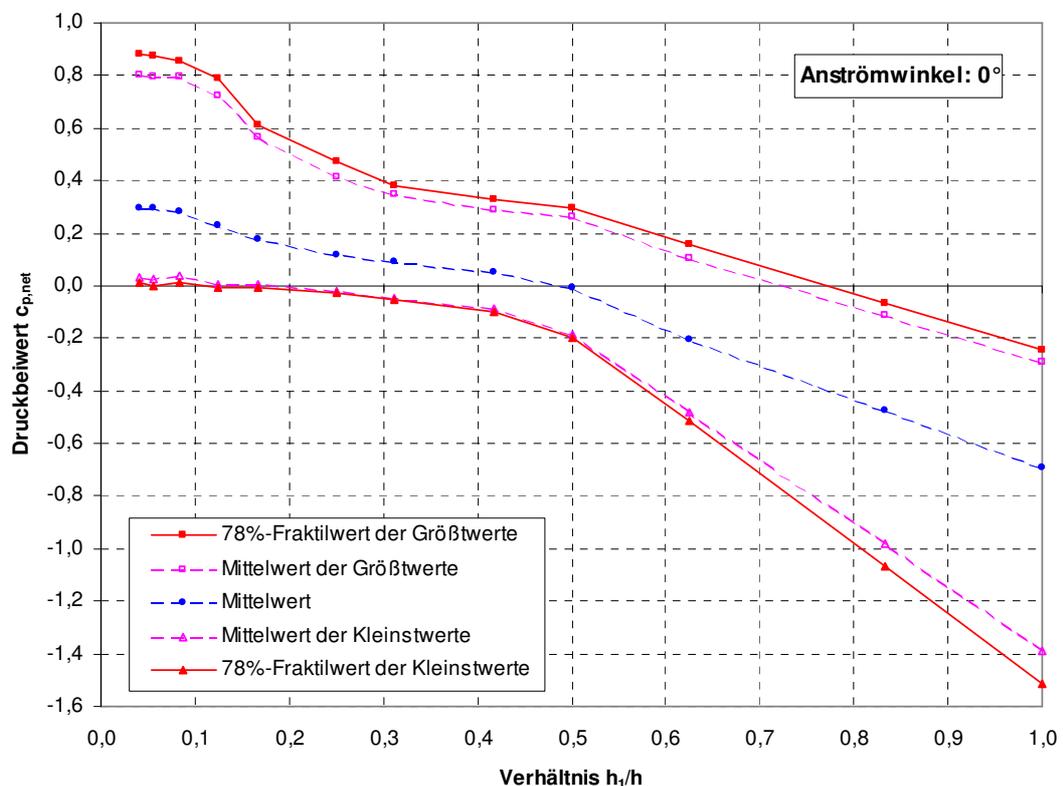


Bild 1.5: Verlauf des Ersatzlast-Druckbeiwertes $c_{p,net}$ über das Höhenverhältnis h_1/h ; Messserie MEH

In Bild 1.5 ist beispielhaft für eine Anströmung 0° , d.h. frontal auf die Gebäudefassade mit dem Vordach, der Verlauf dieses Ersatzlast-Druckbeiwertes $c_{p,net}$ über die Änderung des Verhältnisses von Vordachhöhe zu Hauptgebäudehöhe h_1/h dargestellt. Dabei ist neben

den 78%-Fraktile auch der Mittelwert der Größtwerte (Maxima) und der Kleinstwerte (Minima), d.h. der 50%-Fraktilewert, sowie auch der Mittelwert aller gemessenen Zeitverläufe eingetragen. Letzterer gibt Auskunft darüber, wie sich die Strömung im Mittel, also prinzipiell verhält. Aus dieser Darstellung wird erkennbar, dass der 78%-Fraktilewert zum Teil um bis zu 0,1 ungünstigere Werte liefert als der Mittelwert der Maxima bzw. Minima, der für das Spitzenfaktor-Verfahren verwendet wird, auf welchem auch frühere Ausgaben der Windlastnorm basierten. Außerdem ist ein deutlich asymmetrisches Verhalten zwischen Extrem- und Mittelwerten zu beobachten.

Als Grundlage für die Entwicklung eines Normvorschlages sind folglich für jede einzelne Messkonfiguration und jede dabei untersuchte Anströmrichtung vier Extremwertsituationen für die Ersatzlast-Druckbeiwerte $c_{p,net}$ ausgewertet worden:

1. lokales Maximum:
Maximalwert der 78%-Fraktile der Maxima in den Teilstreifen
2. globales Maximum:
78%-Fraktilewert der Maxima der gesamten Momentenwirkung
3. globales Minimum:
78%-Fraktilewert der Minima der gesamten Momentenwirkung
4. lokales Minimum:
Minimalwert der 78%-Fraktile der Minima in den Teilstreifen

1.5 Windrichtungseinfluss

Für die Mehrzahl der im Windkanal untersuchten Konfigurationen sind Anströmrichtungen in 45°-Schritten vermessen worden. Zur Berücksichtigung des Windrichtungseinflusses erscheint eine abdeckende Formulierung der aerodynamischen Beiwerte als ein sinnvoller Ansatz, unter anderem da ein Vordach als im Allgemeinen untergeordnetes Bauteil nicht den Ausschlag für eine bezüglich der Windwirkung günstige Ausrichtung des gesamten Bauwerkes geben wird, Außerdem wird hierdurch natürlich auch die Zahl der zu berücksichtigenden Informationen für den Anwender der Norm verringert.

Aus Bild 1.6 wird am Beispiel des globalen Maximums für den Einfluss h_1/h erkennbar, was eine hinsichtlich der Anströmrichtungen abdeckende Formulierung im Einzelfall bedeuten kann. Ist für Verhältnisse h_1/h kleiner 0,5 noch durchweg die frontale Anströmung aus 0° für die maximalen, abwärts gerichteten Lasten maßgebend, so liefert für Verhältnisse größer 0,5 die seitliche Anströmung aus 90° weiterhin die maximalen, abwärts gerichteten Lasten. Bei frontaler Anströmung auf die Gebäudefassade mit dem Vordach ergibt sich für $h_1/h > 0,75$ sogar eine aufwärts gerichtete Last.

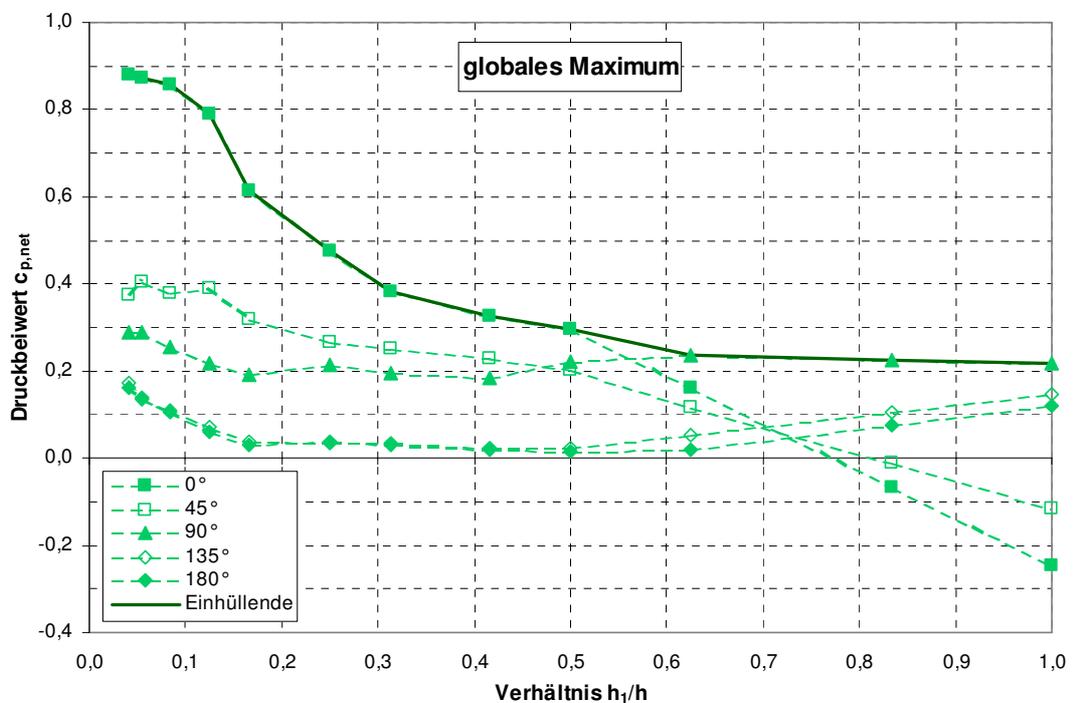


Bild 1.6: Einhüllende der Windrichtungen am Beispiel des globalen Maximums

Diese windrichtungsunabhängigen Einhüllenden der gemessenen Anströmrichtungen für jede der vier Extremwertsituation bilden letztlich die Grundlage für die Entwicklung eines Normvorschlages aus den untersuchten Messreihen. Im Anhang B sind diese für die maßgeblich untersuchten Messserien dargestellt.

2. Einordnung der Messergebnisse in existierende Lastangaben

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sind international gültige Normen oder vergleichbare anerkannte Werke mit Regelungen zu Windeinwirkungen auf Tragwerke auf entsprechende Windlastangaben zu Vordächern hin ausgewertet worden. In unserem „1. Ergebnisbericht“ ist das Resultat der Auswertung tabellarisch dargestellt. Im Anhang C dieses Berichtes sind einige dieser Regelwerke, deren Angaben letztlich auch zur Einordnung der Messergebnisse unserer Windkanaluntersuchungen dienen, beispielhaft abgedruckt.

Die Windlastregelung zu Vordächern in der aktuell gültigen australisch-neuseeländischen Norm „AS/NZS 1170.2:2002“ ist sehr wahrscheinlich direkt aus der australischen Norm „AS 1170.2–1989“ mit geringen Veränderungen übernommen worden. In letzterer wiederum wird im Anhang E explizit auf die Veröffentlichungen von Jancauskas & Holmes [7] und Jancauskas & Eddleston [8] als Ursprung der angegebenen Druckbeiwerte für Vordächer verwiesen. Die Ergebnisse in den beiden Veröffentlichungen basieren auf Windkanaluntersuchungen, wobei in [7] der Schwerpunkt auf dem Einfluss des Verhältnisses von Vordachhöhe h_c zu Vordachtiefe w_c bei geringer Hauptgebäudehöhe h lag, während in [8] insbesondere der Einfluss von Vordach- zu Hauptgebäudehöhe untersucht wurde. Die dabei wirkenden unterschiedlichen Lastmechanismen sind dort eingehend erläutert (vgl. Bild 2.1). In die Norm AS 1170.2–1989 wurde letztlich eine tabellarische Angabe von Druckbeiwerten übernommen, die für eine Anströmung 0° , d.h. frontal auf die Gebäudefassade mit dem Vordach gilt und als wesentlichen Einfluss das Höhenverhältnis h_c/h ausweist. Lediglich für die aufwärts gerichtete Belastung bei Verhältnissen $h_c/h \geq 0,5$ ist ein Einfluss h_c/w_c anzusetzen. Weitere geometrische Einflüsse sind nicht zu berücksichtigen. Für eine Anströmung aus 90° soll das Vordach wie ein freistehendes Dach angesehen werden. Bei der Übernahme dieser Lastangabe in die gemeinsame Norm AS/NZS wurden zwei

dieser Regelungen verändert: (a) Der Referenzdruck ist in allen Fällen der in Höhe des Hauptgebäudes, nicht mehr ab $h_c/h \geq 0,5$ derjenige in Vordachhöhe; (b) Eine Unterscheidung zwischen „Vordach in Giebelwand“ und „Vordach in Längswand“ wird nicht mehr getroffen, stattdessen ist eine mittlere Höhe zwischen First und Traufe als Hauptgebäudehöhe anzusetzen.

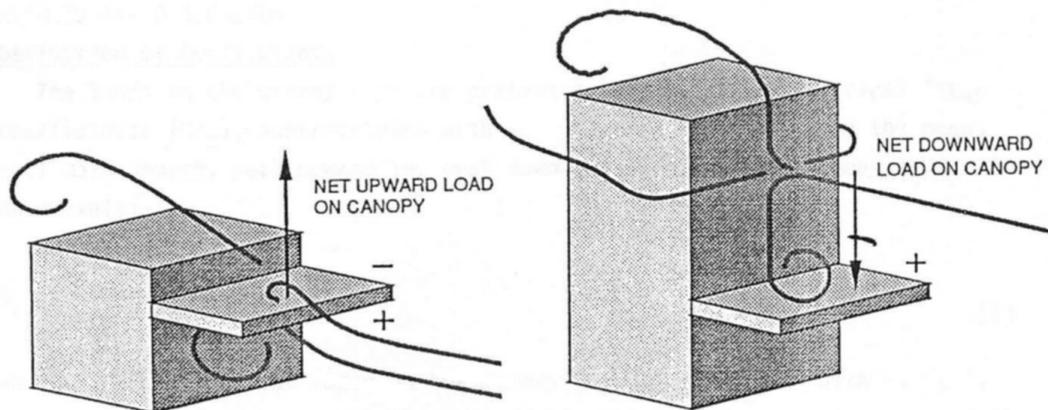


Bild 2.1: Windlastmechanismen auf Vordächer an niedrigen und hohen Gebäuden bei Windströmung frontal auf die Gebäudefassade (aus [8])

In der österreichischen Norm „ÖNORM B 4014-1“ ist hinsichtlich der zu berücksichtigenden Einflussparameter ein praktisch identischer Ansatz gewählt mit zum Teil gleichen Druckbeiwerten. Jedoch wird hier einerseits unterschieden zwischen „Vordach in Giebelwand“ und „Vordach in Längswand“, andererseits wird keine Eingrenzung hinsichtlich der Anströmrichtung getroffen. Weiterhin ist eine erhöhte Belastung im Randbereich anzusetzen. Für die Bemessung einzelner Elemente und deren Befestigungen und Anschlüsse sind die Druckbeiwerte um einen Faktor zu erhöhen.

In Bild 2.2 sind die Lastangaben in der AS 1170.2–1989 und in der ÖNORM B 4014-1 zum Einfluss h_1/h den Messergebnissen der eigenen Windkanaluntersuchung für $h_1/d_1 = 0,833$ gegenübergestellt. Die Angabe der ÖNORM gilt dabei auch für andere Anströmrichtungen als 0° .

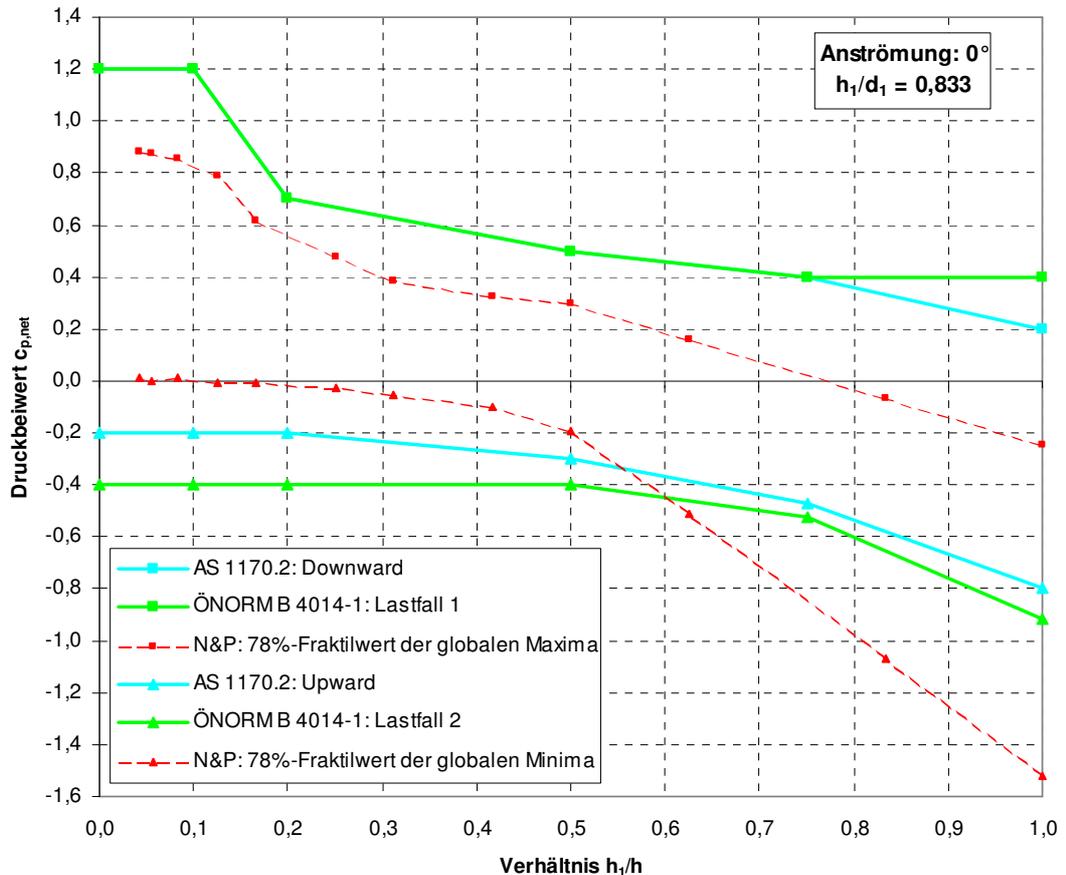


Bild 2.2: Vergleich der globalen Minima und Maxima bei Änderung h₁/h (h₁/d₁ = 0,833) mit Normangaben aus AS 1170.2 und ÖNORM B 4014-1

Etwas aus dem Rahmen fällt in diesem Zusammenhang die schweizerische Norm „SIA 261“. Dort wird zwar ein Einfluss von Vordachhöhe h₁ zu Vordachtiefe d₁ für Anströmrichtungen von 0° bis 90° berücksichtigt und hierfür sowohl globale Kraftbeiwerte als auch lokale Druckbeiwerte auf Teilflächen angeben. Zu dem in den anderen Normen verankerten, bedeutendsten Einfluss h₁/h wird jedoch keinerlei Angabe gemacht. Lediglich aus der zugehörigen Zeichnung in der Norm und der Tatsache, dass die angegebenen Beiwerte negativ, d.h. aufwärts gerichtet sind, kann man vermuten, dass es sich bei h > h₁ um eine Situation mit h₁/h ≥ 0,5 handelt.

Im Bild 2.3 ist am Beispiel der Änderung von Vordachhöhe h₁ zu Vordachtiefe d₁ ein Vergleich der verschiedenen Lastangaben der Normen dargestellt, ergänzt um die Messergebnisse aus der Veröffentlichung von Jancauskas & Holmes sowie aus der eigenen

Windkanaluntersuchung. Das Verhältnis h_1/h ist dabei – abgesehen von der Angabe aus der schweizerischen Norm – zu 1,0 angesetzt, d.h. die Werte aus der eigenen Untersuchung wurden dahingehend extrapoliert. Weiterhin sind zur Vergleichbarkeit die Angaben zum Einen auf einen einheitlichen Referenzdruck als Böengeschwindigkeitsdruck in Hauptgebäudehöhe $q_b(h)$ bezogen sowie zum Anderen auf einen einheitlichen, der deutschen Windlastnorm zugrunde liegenden Spitzenfaktor von $g = 3,0$ umgerechnet (für die österreichische Norm wurde hierbei derselbe Spitzenfaktor von 3,7 wie für die australische Norm angenommen). Die Anströmrichtung ist jeweils 0° , d.h. frontal auf die Gebäudefassade.

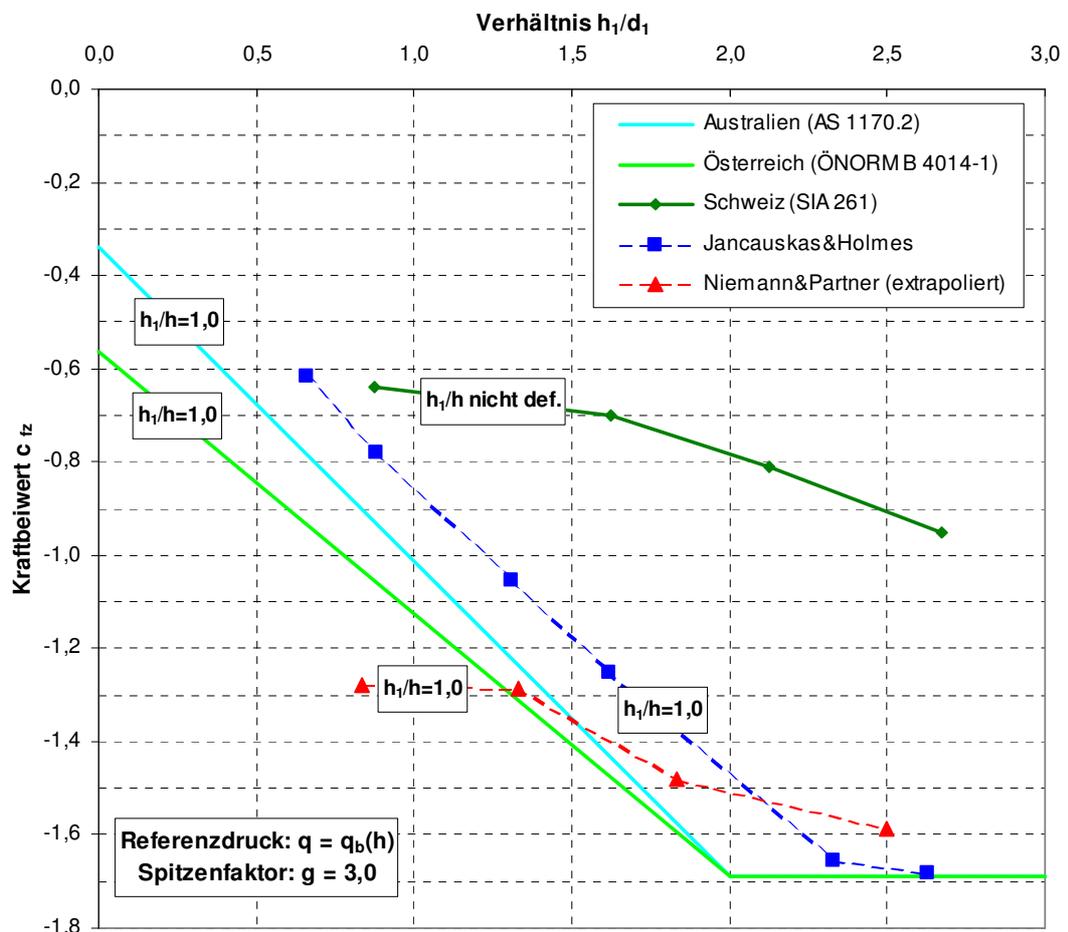


Bild 2.3: Vergleich der aufwärts gerichteten, globalen Minima bei Änderung h_1/d_1 ($h_1/h = 1,0$; Anströmrichtung 0°) mit Normangaben und Literatur

In Bild 2.3 werden Unterschiede in der Zunahme der Kraftbeiwerte mit steigendem h_1/d_1 deutlich. Während die Messungen von

Jancauskas & Holmes eine nahezu lineare Steigung ausgehend von einem vergleichsweise geringen Wert für sehr tiefe Vordächer ($h_1/d_1 \rightarrow 0$) zeigen, stellen sich die Werte der SIA und der eigenen Messungen bei diesem Grenzübergang eher parallel zur x-Achse auf einen deutlich höheren Druckbeiwert ein. Die Angabe der Druck- und Kraftbeiwerte in der SIA mit 2 Nachkommastellen lässt vermuten, dass diese Werte ebenfalls einer messtechnischen Untersuchung entstammen. Da das zugehörige Bild in der SIA dabei gleiche Werte von Vordach- und Hauptgebäudebreite impliziert ($b_1/b = 1,0$), kann man vermuten, dass dieses unterschiedliche Verhalten für $h_1/d_1 \rightarrow 0$ einen geometrischen Ursprung hat. Ein wesentlicher geometrischer Unterschied zwischen den verglichenen Messreihen liegt in dem unterschiedlichen Breitenverhältnis. Während bei der eigenen Untersuchung ebenfalls $b_1/b = 1,0$ gewählt wurde, ist von Jancauskas & Holmes $b_1/b = 0,47$ verwendet worden. Folglich scheinen gleiche Breiten von Vordach und Hauptgebäude ($b_1/b = 1,0$) bei sehr tiefen Vordächern ($h_1/d_1 \rightarrow 0$) der ungünstigere Fall zu sein, während dies sich bei sehr kurzen Vordächern ($h_1/d_1 \rightarrow \infty$) eher günstig auswirkt.

In der deutschen Windlastnorm wird zur Bemessung von Dachüberständen die Empfehlung getroffen, als Unterseitendruck denjenigen aus der anschließenden Wandfläche und als Oberseitendruck den der anschließenden Dachfläche zu verwenden. Im Fall eines Flachdachs werden hierbei entsprechend Bild 5 der Norm die Flächen F (-1,8), G (-1,2) und H (-0,7) für die Oberseite maßgebend, für die Unterseite gilt die Fläche D (+0,7) aus Bild 4 der Norm. Für sehr kurze Dachüberstände $h_1/d_1 \rightarrow \infty$ an relativ flachen Gebäuden ($h \ll b$) ergibt sich demnach ein aufwärts gerichteter Gesamtdruckbeiwert von rund -1,9 (Bereich G). Dieser liegt noch etwas weiter unterhalb der Grenzwerte der australischen und der österreichischen Norm nach Bild 2.3. Der Grenzwert für h_1/d_1 wird dabei in beiden Normen ab einem Verhältnis 2,0 angesetzt, d.h. wenn das Vordach gerade halb so tief ist wie es über Grund hoch liegt.

Abschließend ist zu diesem Vergleich festzuhalten, dass abgesehen von teilweise vorhandenen, vergleichsweise marginalen Unterschieden, die in unterschiedlichen geometrischen Konfigurationen zu finden sind, allgemein eine gute Übereinstimmung zwischen den vorhandenen Lastangaben und den eigenen Messungen vorliegt.

3. Anwendungsvorschlag für die DIN-Norm

3.1 Erläuterungen zum Normvorschlag

Dieses Forschungsvorhaben hat zum Ziel, die Winddrücke und Windkräfte an Vordächern im Form von aerodynamischen Beiwerten normgemäß zu erfassen. Das Ergebnis ist ein Normvorschlag für die zugehörige „DIN 1055-4:2005-03 Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Windlasten“. Dieser kann zum Beispiel als Unterabschnitt „Vordächer“ in der Beiwertesammlung des Abschnittes 12 dieser Windlastnorm verankert werden. Der Normvorschlag ist als Anhang A diesem Endbericht beigefügt und wird im Folgenden näher erläutert.

Im 1. Ergebnisbericht wurde ausführlich dargestellt, was unter einem Vordach allgemein verstanden wird, insbesondere in Abgrenzung zu den Begrifflichkeiten „Dachüberstand“ und „Freistehendes Dach“. Eine entsprechende Eingrenzung der Anwendung wird für den Normtext als einleitender Absatz vorgeschlagen (vgl. Absatz (1)). Der Anschluss an eine Gebäudewand wird dabei als im Allgemeinen luftundurchlässig verstanden, ein geringer Abstand des Vordachs von der Gebäudewand lässt eine Anwendung der Druckbeiwerte aber weiterhin zu. Eine Neigung des Vordaches wurde im Rahmen der Windkanalmessungen nicht untersucht. Es bestehen keine Bedenken, die Werte auch bis zu einer Vordachneigung 20°, wie z.B. auch in der SIA 261 angegeben, zu verwenden. Die Vordachhöhe ist dabei entweder an der Vorderkante oder am Gebäudeanschluss anzusetzen, dabei sollte der ungünstigere Druckbeiwert $c_{p,net}$ aus den beiden möglichen Werten h_1/h verwendet werden.

Die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens durchgeführten Windkanaluntersuchungen an Vordächern haben ergeben, dass in Abhängigkeit der vielfältigen geometrischen Einflussparameter zwei Lastrichtungen mit maßgebenden Größenordnungen auftreten können; einerseits eine abwärts gerichtete, die Wirkung von Eigengewicht und Schneelast verstärkende Kraft; andererseits aber auch

eine erhebliche aufwärts gerichtete Kraft, die insbesondere bei den heutzutage vielfach eingesetzten, leichten Konstruktionen die Wirkungsrichtung des gesamten Einspannmomentes umdrehen kann. Daher werden – analog zur australischen und zur österreichischen Norm – aerodynamische Beiwerte für beide Wirkungsrichtungen angegeben zusammen mit der Festlegung, dass grundsätzlich beide Lastfälle zu untersuchen sind (vgl. Absatz (2)).

Das Vordach ist gemäß dem Bild für die Norm (vgl. Bild X in Anhang A) in zwei Bereiche eingeteilt. Der Bereich A kennzeichnet eine erhöhte Beanspruchung der jeweiligen Randstreifen, der Bereich B ist als mittlere Belastung zu verstehen. Für beide Bereiche werden für die Lastfälle „Abwärtslast“ und „Aufwärtslast“ Beiwerte in Abhängigkeit von geometrischen Parametern angegeben sind, vgl. Tabelle 3.1. Auf die Wahl dieser Parameter und die Größenordnung der Beiwerte wird im folgenden Kapitel detaillierter eingegangen.

Tabelle 3.1: Vorschlag zu Lastangaben für Vordächer für die DIN 1055-4

Höhen- verhältnis h_1 / h	Bereich					
	A			B		
	Abwärtslast	Aufwärtslast		Abwärtslast	Aufwärtslast	
		$h_1/d_1 \leq 1,0$	$h_1/d_1 \geq 3,5$		$h_1/d_1 \leq 1,0$	$h_1/d_1 \geq 3,5$
≤ 0,1	1,1	-0,9	-1,4	0,9	-0,2	-0,5
0,2	0,8	-0,9	-1,4	0,5	-0,2	-0,5
0,3	0,7	-0,9	-1,4	0,4	-0,2	-0,5
0,4	0,7	-1,0	-1,5	0,3	-0,2	-0,5
0,5	0,7	-1,0	-1,5	0,3	-0,2	-0,5
0,6	0,7	-1,1	-1,6	0,3	-0,4	-0,7
0,7	0,7	-1,2	-1,7	0,3	-0,7	-1,0
0,8	0,7	-1,4	-1,9	0,3	-1,0	-1,3
0,9	0,7	-1,7	-2,2	0,3	-1,3	-1,6
1,0	0,7	-2,0	-2,5	0,3	-1,6	-1,9

Für Zwischenwerte $1,0 < h_1/d_1 < 3,5$ ist linear zu interpolieren, Zwischenwerte h_1/h dürfen linear interpoliert werden.

Im Kapitel 1.4 dieses Berichtes ist die Bedeutung der Betrachtung „globaler“ und „lokaler“ Extremwerte bei diesen Untersuchungen bereits erklärt. Durch die Analyse und Auswertung der Extremwert-situationen ist der Vorschlag entstanden, die lokale Teilstreifenbelastung nur in den beiden Randbereichen A anzusetzen. Für den verbleibenden Dachmittenbereich B ist die globale Gesamtbelastung maßgebend.

3.2 Berücksichtigung von Einflussparametern aus den Messserien

Bereits im Rahmen der anfangs durchgeführten Literaturstudie (vgl. auch Kapitel 2 dieses Berichtes) ist die besondere Bedeutung des Verhältnisses zwischen Vordach- und Hauptgebäudehöhe für die Windeinwirkung auf Vordächer festgestellt worden. Die anschließend durchgeführten Windkanaluntersuchungen haben diesen Parameter h_1/h als maßgebendsten Einfluss bestätigt (Messserie MEH). Als ein weiterer Einflussparameter ist, ebenfalls in Anlehnung an die Erkenntnisse der Literaturstudie, das Verhältnis von Vordachhöhe zu Vordachtiefe h_1/d_1 berücksichtigt (Messserien MET1/2). Weiterhin wird die horizontale Lage des Vordachs in der Fassade, ausgedrückt als Verhältnis e_1/b genauer untersucht (Messserien MEB1/2). Die Auswertungen der windrichtungsunabhängigen Einhüllenden gemäß Kapitel 1.5 dieser Messserien sind in Anlage B zu finden. Aus der Diskussion dieser Ergebnisse ist bezüglich der aerodynamischen Beiwerte der Vorschlag für die Norm nach Tabelle 3.1 entstanden.

Das Höhenverhältnis h_1/h ist der erste und wesentliche Eingangsparameter bei der Anwendung dieser Tabellen zur Ermittlung aerodynamischer Druckbeiwerte für ein spezielles Vordach. Im Bild 3.1 sind die Druckbeiwerte $c_{p,net}$ dieser Tabellen als Verlauf über die Höhenänderung h_1/h dargestellt für die Lastfälle „abwärts“ und „aufwärts“ für $h_1/d_1 \leq 1,0$ jeweils in globaler und lokaler Wirkung (durchgezogene Linien). Die Messwerte der entsprechenden Messserie MEH mit $h_1/d_1 = 0,833$ sind zum Vergleich ebenfalls in dieses Diagramm eingetragen (Punkte).

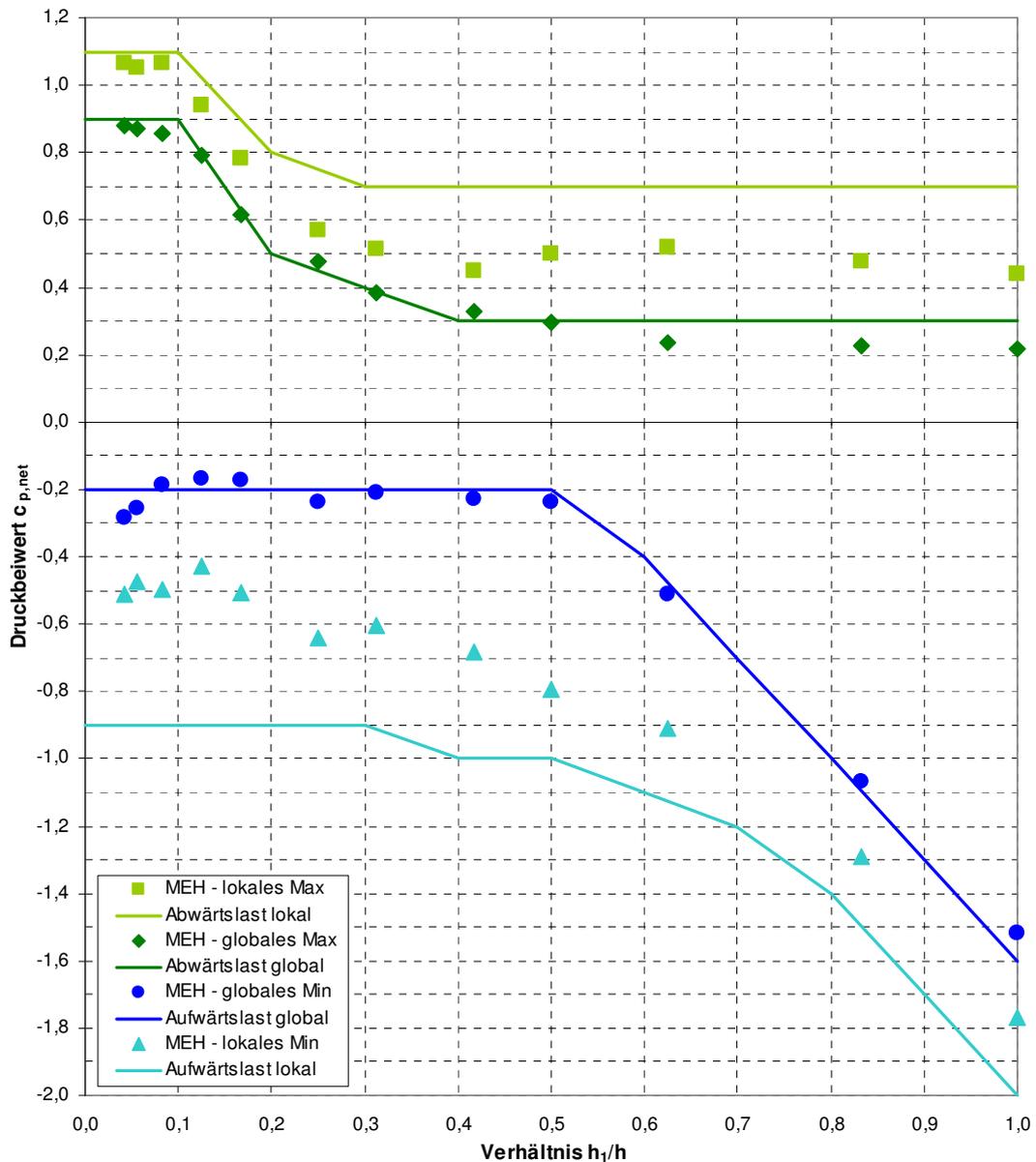


Bild 3.1: Vergleich zwischen Messwerten und Normvorschlag; Einfluss h_1/h

Der Einfluss e_1/b ist in diesen für die Norm festgelegten $c_{p,net}$ -Werten bereits abdeckend eingearbeitet, d.h. es wird jeweils ein konstanter Wert für die Änderung e_1/b angesetzt. Dieses Vorgehen ist aus mehreren Überlegungen entstanden. Zum Einen zeigen die die Strömung charakterisierenden Mittelwerte in nahezu allen Fällen kaum Veränderungen über den Verlauf e_1/b . Zum Anderen ist kein einheitliches Muster erkennbar für die Fälle, in denen die für die Norm zu verwendenden 78%-Fraktilewerte demgegenüber Veränderungen zeigen. Und nicht zuletzt im Vergleich mit dem Verhältnis

h_1/d_1 und im Sinne einer für den Anwender nicht zu komplizierten Normanwendung wurde dieser Parameter abdeckend und nicht als direkt einzusetzend berücksichtigt. Die Bilder 3.2 und 3.3 zeigen jeweils für globale und lokale Belastung eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der Messserien MEB1/2 mit dem Normvorschlag.

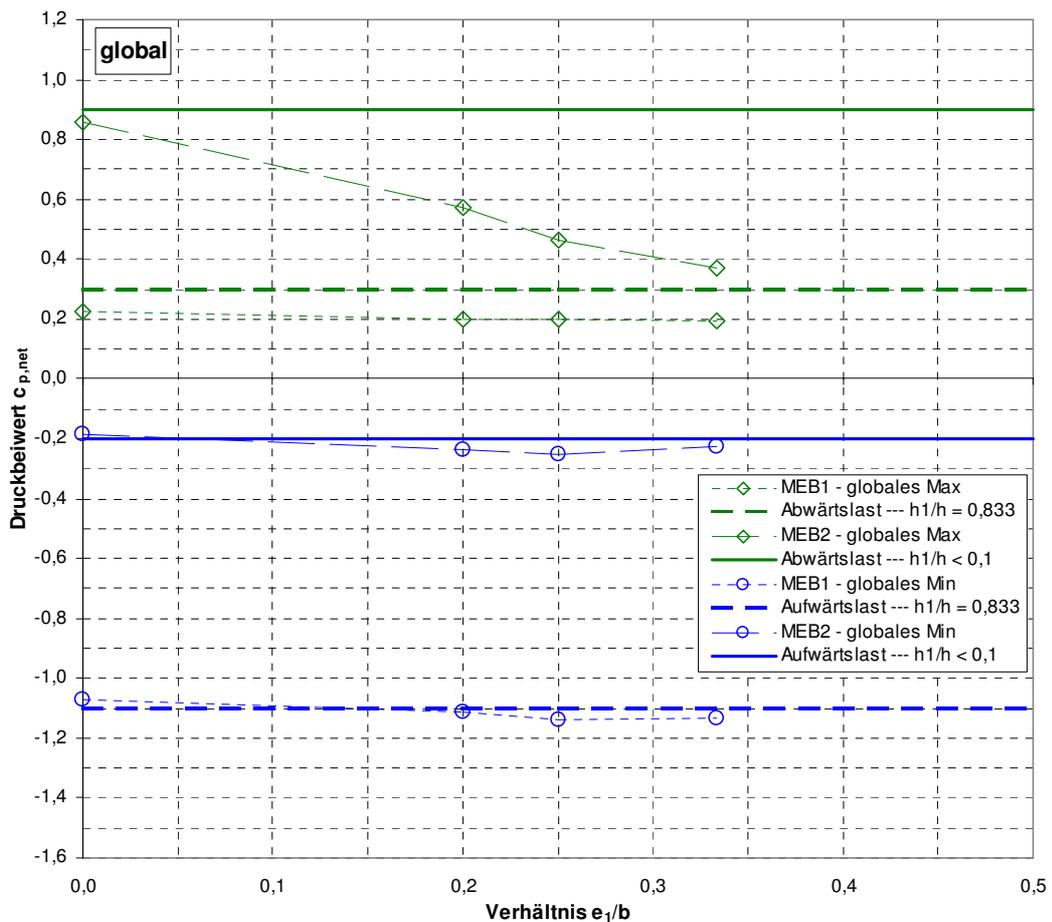


Bild 3.2: Vergleich zwischen Messungen und Normvorschlag; Einfluss e_1/b global

Aus Bild 3.2 wird ersichtlich, dass diese Festlegung eines abdeckenden, konstanten Wertes unabhängig vom Einfluss der Lage in der Gebäudefassade für die globale Betrachtung auch überwiegend das tatsächliche Verhalten widerspiegelt. Lediglich für die Abwärtslast im Fall tiefliegender Vordächer an hohen Hauptgebäuden führt dies zu einer deutlichen Überschätzung der Windeinwirkung in den Fällen, wo das Vordach von den Hausecken weit entfernt liegt.

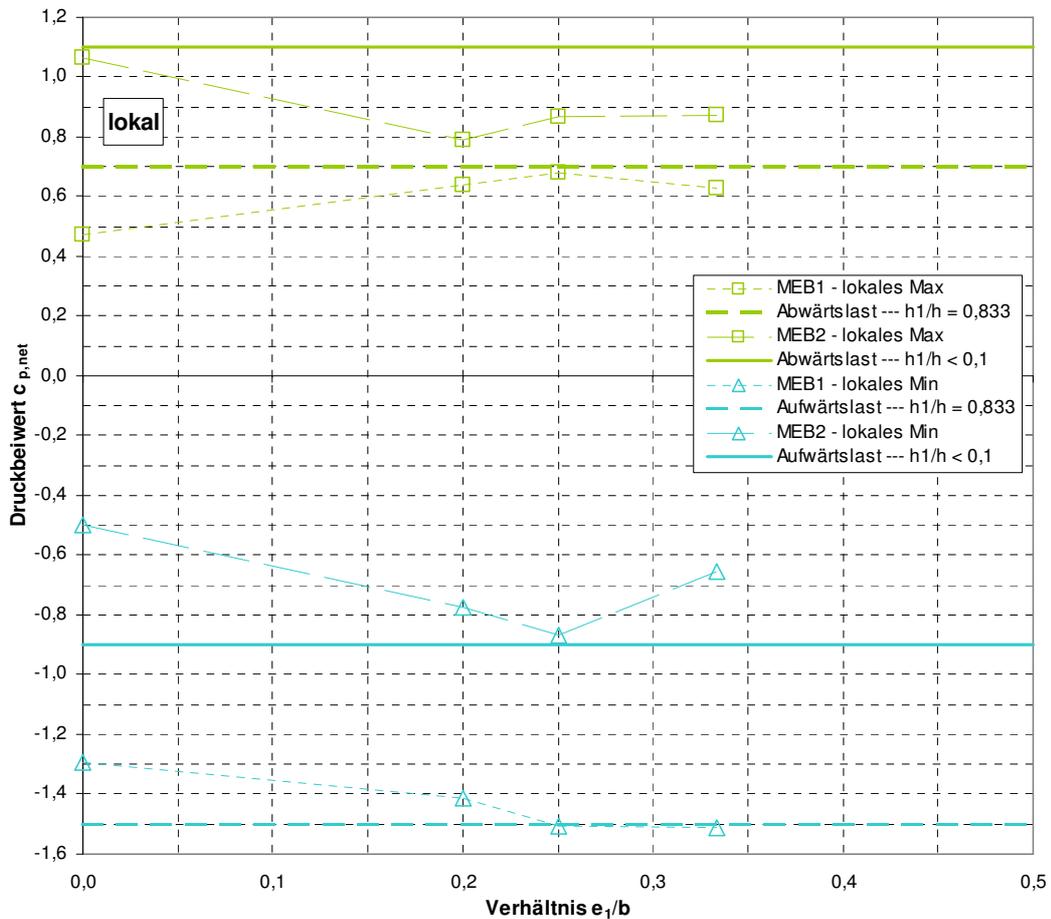


Bild 3.3: Vergleich zwischen Messungen und Normvorschlag; Einfluss e_1/b lokal

Für die lokale Belastung ergeben sich nach Bild 3.3 deutlichere Schwankungen mit zum Teil erheblich größeren Werten gegenüber $e_1/b = 0,0$. Diese haben letztlich zu den gegenüber der Messserie MEH teilweise merklich auf der sicheren Seite befindlichen Werten geführt, wie es in Bild 3.1 zu erkennen ist.

Das Verhältnis von Vordachhöhe zu Vordachtiefe h_1/d_1 ist als Parameter in allen drei diskutierten Normen verankert (vgl. Bild 2.3). In der SIA ist dabei, abgesehen von der Windrichtung 90° , nur eine aufwärts gerichtete Last anzusetzen. Die ÖNORM und die AS/NZS berücksichtigen diesen Parameter einzig beim Lastfall einer aufwärts wirkenden Kraft im Bereich von Höhenverhältnissen $0,5 \leq h_1/h \leq 1,0$.

Im Vorschlag für die DIN gemäß Tabelle 3.1 ist ebenfalls ein Einfluss h_1/d_1 jeweils nur für die Aufwärtslast zu berücksichtigen. Diese Fest-

legung findet ihren Ursprung wieder in der Analyse der die Strömung charakterisierenden Mittelwerte. Für die Abwärtslast sind hier kaum Schwankungen über das Verhältnis h_1/d_1 erkennbar. Bild 3.4 zeigt, wie sich die 78%-Fraktilewerte der Messserien MET1/2 im Vergleich mit dem Normvorschlag für die Abwärtslast bei globaler Gesamtbelastung und lokaler Teilstreifenbelastung darstellen.

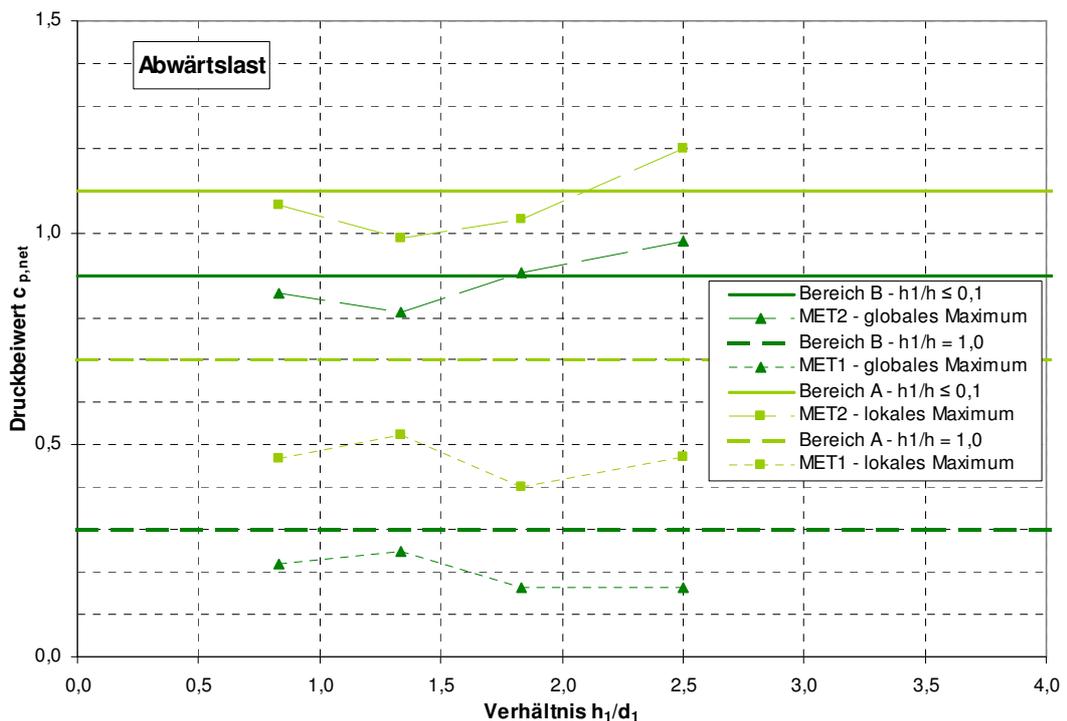


Bild 3.4: Vergleich zwischen Messungen und Normvorschlag; Einfluss h_1/d_1 Abwärtslast

Für die Aufwärtslast zeigen demgegenüber die Mittelwerte eine zunehmende Aufwärtslast mit zunehmendem Verhältnis h_1/d_1 , d.h. mit immer kürzer werdendem Vordach, wobei sich die Verläufe in beiden Grenzübergängen $h_1/d_1 \rightarrow 0$ bzw. $h_1/d_1 \rightarrow \infty$ jeweils asymptotisch konstanten Werten annähern. Aufgrund dieses Verhaltens ist der Vorschlag entstanden, einen unteren und einen oberen Grenzwert für h_1/d_1 zu definieren, der jeweils abdeckend für die Bereiche darüber hinaus gilt. Dazwischen wird eine lineare Veränderung angesetzt. In Übereinstimmung mit der Regelung in der DIN 1055-4 zu Dachüberständen sind die Werte für $h_1/h = 1,0$ angeschlossen an die

Angaben dieser Windlastnorm, sowohl für die Randstreifenlast (-1,9) als auch für die Gesamtlast (-2,5), vgl. Kapitel 2.

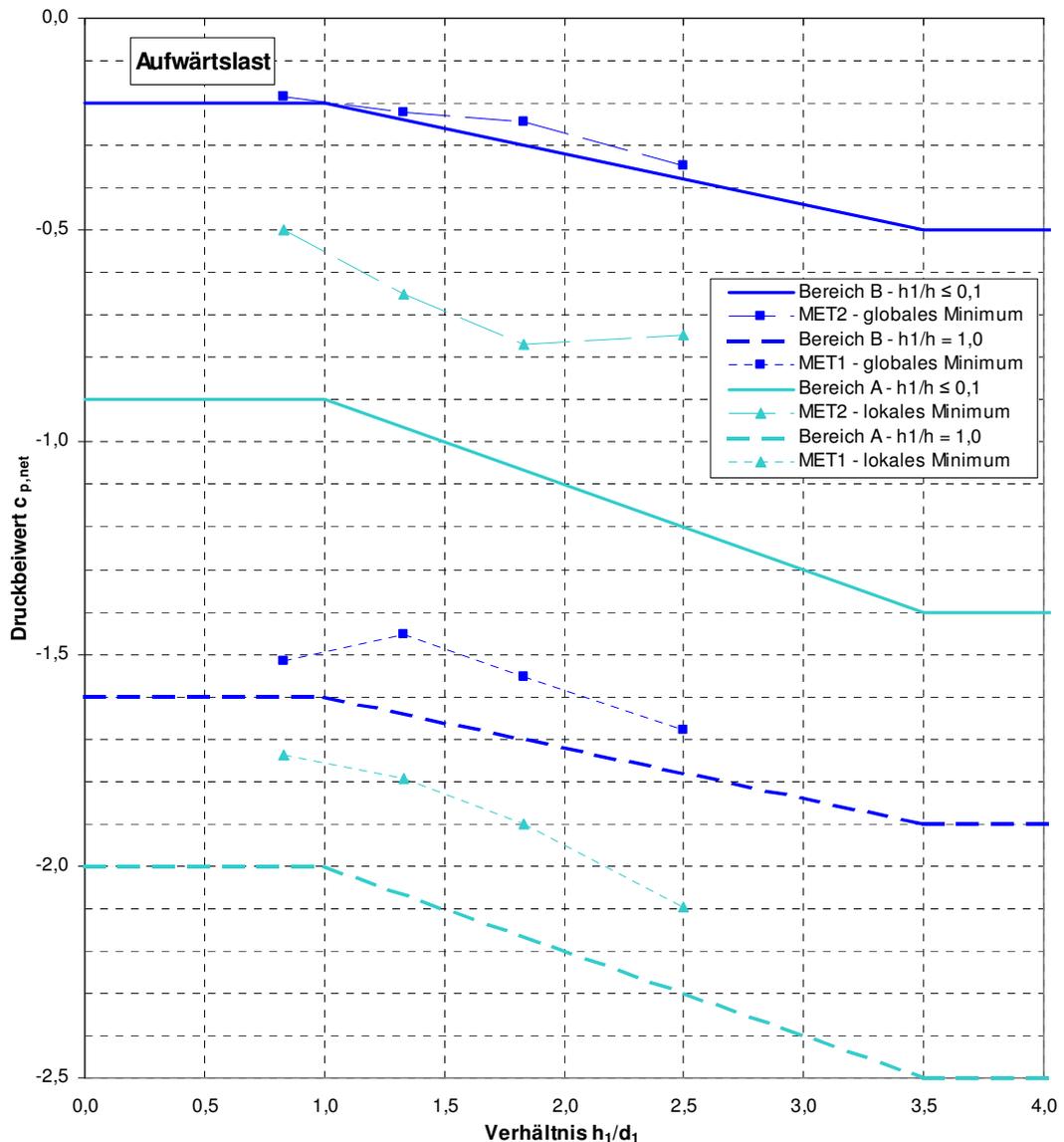


Bild 3.5: Vergleich zwischen Messungen und Normvorschlag; Einfluss h_1/d_1 Aufwärtslast

Bild 3.5 zeigt für die Aufwärtsbelastung die Messwerte der Serien MET1/2 im Vergleich zum Normvorschlag in den Fällen globaler Gesamtbelastung und lokaler Teilstreifenbelastung. Als unterer bzw. oberer Grenzwert sind $h_1/d_1 \leq 1,0$ bzw. $\geq 3,5$ gewählt und so auch in der Tabelle 3.1 verankert. Die deutlichen Abweichungen in der Größenordnung zwischen Messungen und Normvorschlag bei

Betrachtung des lokalen Minimums sind in der zusätzlichen Berücksichtigung des Einflusses e_1/b beim Normvorschlag begründet.

Wie im ersten Ergebnisbericht dargestellt, sind noch weitere Einflüsse untersucht worden. Die Messserie MEV befassen sich mit einspringenden Vordächern und die Messserie MEN mit dem Einfluss der Nachbarbebauung in einer „freistehenden Straßenschlucht“ (vgl. Kapitel 3.2 im ersten Ergebnisbericht). In beiden Messserien hat sich gezeigt, dass sich gegenüber der Ausgangssituation teilweise noch ungünstigere aerodynamische Beiwerte für das Vordach ergeben. Einspringende Vordächer sind im Normvorschlag nicht erfasst. Die Norm gilt für einzeln stehende Gebäude. Lasterhöhende Wirkungen von Nachbarbebauung müssen gegebenenfalls ohnehin berücksichtigt werden.

Anhang A: Vorschlag für einen neuen Abschnitt „Vordächer“ in der DIN 1055-4

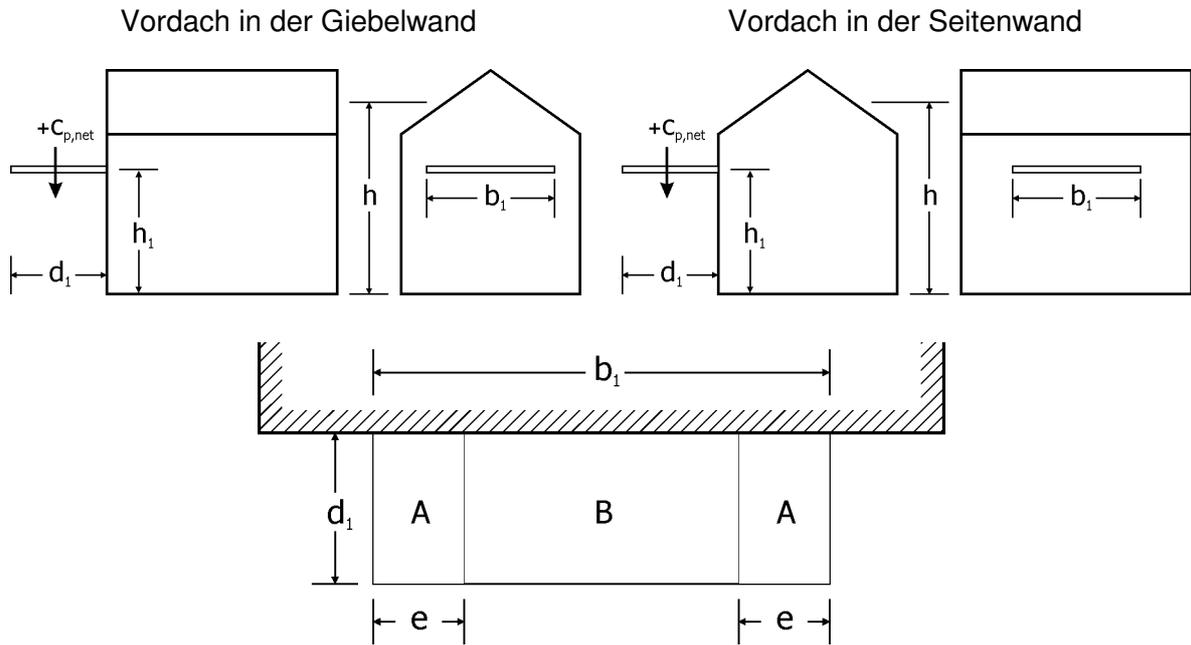
12.X Vordächer

- (1) Die Druckbeiwerte der Tabelle X gelten für horizontale Vordächer, die an eine Gebäudewand angeschlossen sind.
- (2) Vordächer sind für zwei Lastfälle, eine abwärts gerichtete (positive) und eine aufwärts gerichtete (negative) Kraftwirkung zu untersuchen.
- (3) In Tabelle X sind Druckbeiwerte $c_{p,net}$ für die Resultierende der Drücke an Ober- und Unterseite angegeben. Die Bezeichnungen und Abmessungen hierzu sind dem Bild X zu entnehmen.
- (4) Die Werte gelten unabhängig vom horizontalen Abstand des Vordaches von der Gebäudeecke.
- (5) Bezugshöhe z_e ist der Mittelwert aus der Trauf- und Firsthöhe.

Tabelle X – Aerodynamische Beiwerte $c_{p,net}$ für den resultierenden Druck an Vordächern

Höhen- verhältnis h_1 / h	Bereich					
	A			B		
	Abwärtslast	Aufwärtslast		Abwärtslast	Aufwärtslast	
$h_1/d_1 \leq 1,0$		$h_1/d_1 \geq 3,5$	$h_1/d_1 \leq 1,0$		$h_1/d_1 \geq 3,5$	
≤ 0,1	1,1	-0,9	-1,4	0,9	-0,2	-0,5
0,2	0,8	-0,9	-1,4	0,5	-0,2	-0,5
0,3	0,7	-0,9	-1,4	0,4	-0,2	-0,5
0,4	0,7	-1,0	-1,5	0,3	-0,2	-0,5
0,5	0,7	-1,0	-1,5	0,3	-0,2	-0,5
0,6	0,7	-1,1	-1,6	0,3	-0,4	-0,7
0,7	0,7	-1,2	-1,7	0,3	-0,7	-1,0
0,8	0,7	-1,4	-1,9	0,3	-1,0	-1,3
0,9	0,7	-1,7	-2,2	0,3	-1,3	-1,6
1,0	0,7	-2,0	-2,5	0,3	-1,6	-1,9

Für Zwischenwerte $1,0 < h_1/d_1 < 3,5$ ist linear zu interpolieren, Zwischenwerte h_1/h dürfen linear interpoliert werden.



$e = d_1/4$ oder $b_1/2$, der kleinere Wert ist maßgebend

Bild X — Abmessungen und Einteilung der Flächen für Vordächer

Anhang B: Windrichtungsunabhängige Einhüllende der Messserien

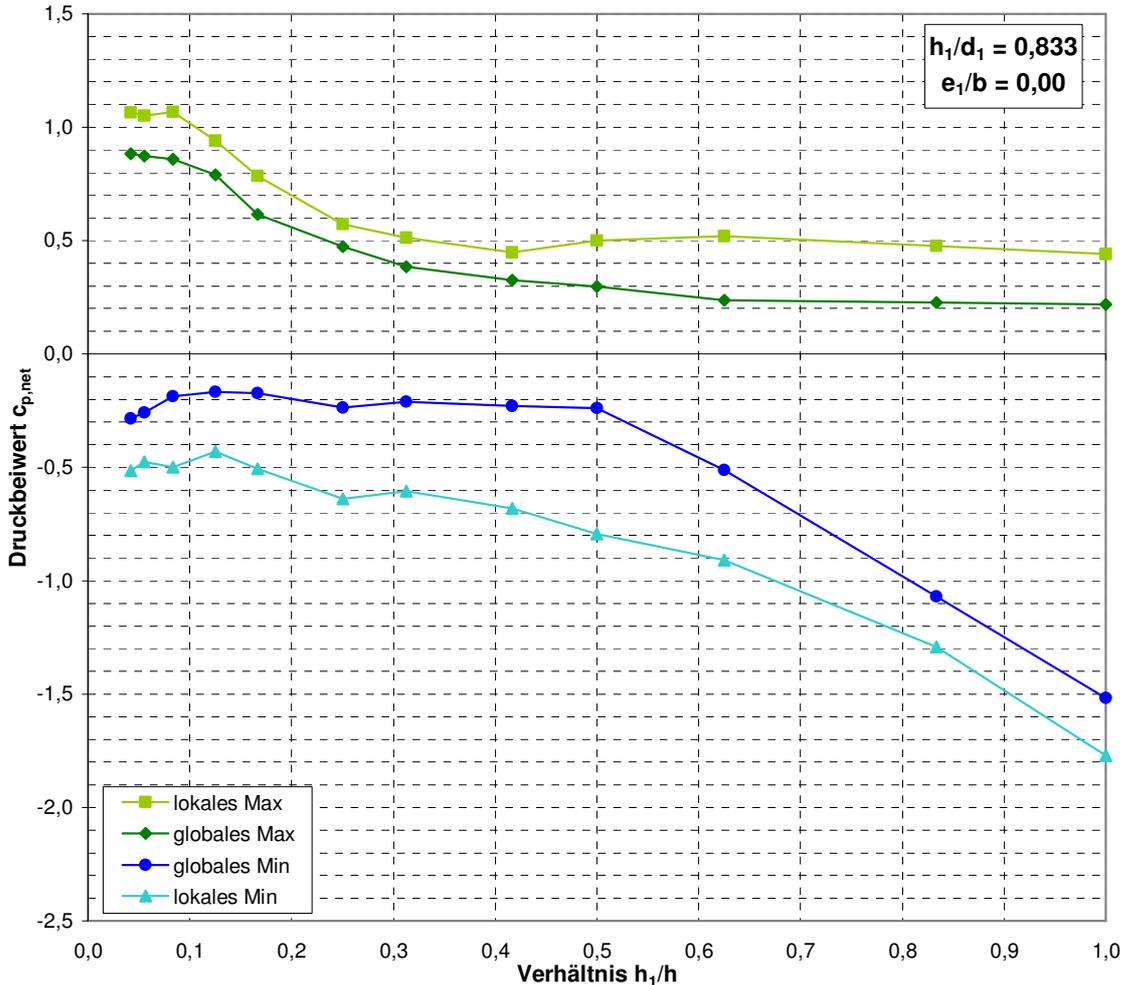
Im ersten Ergebnisbericht sind für jede der m Messserien die jeweils untersuchten k Konfigurationen mit den dabei vermessenen r Anströmrichtungen detailliert dargestellt. Damit ergeben sich $m \cdot k \cdot r$ Messdatensätze, die anschließend einzeln in die Auswerteroutinen gespeist werden. Diese liefern in tabellarischer Form die notwendigen statistische Parameter aus den Zeitreihen der Druckwerte an den Messstellen sowie der berechneten resultierenden Größen.

Zu sehen ist auf den nachfolgenden Seiten dieses Anhangs jeweils ein Extrakt aus diesen tabellarischen Auswertungen, in dem für jede vermessene Anströmrichtung der jeweiligen Konfiguration die 78%-Fraktile der Maxima und der Minima sowohl für die Betrachtung des globalen Gesamtmomentes als auch für die Betrachtung der lokalen Teilstreifenmomente eingetragen sind. Daraus ergeben sich die fett markierten Einhüllenden für die vier „Lastfälle“ (vgl. Kapitel 1.4), die im zugehörigen Diagramm jeweils unterschiedlich farbig dargestellt sind. In den Tabellen ist die jeweils maßgebende Windrichtung in der entsprechenden Farbe ebenfalls markiert.

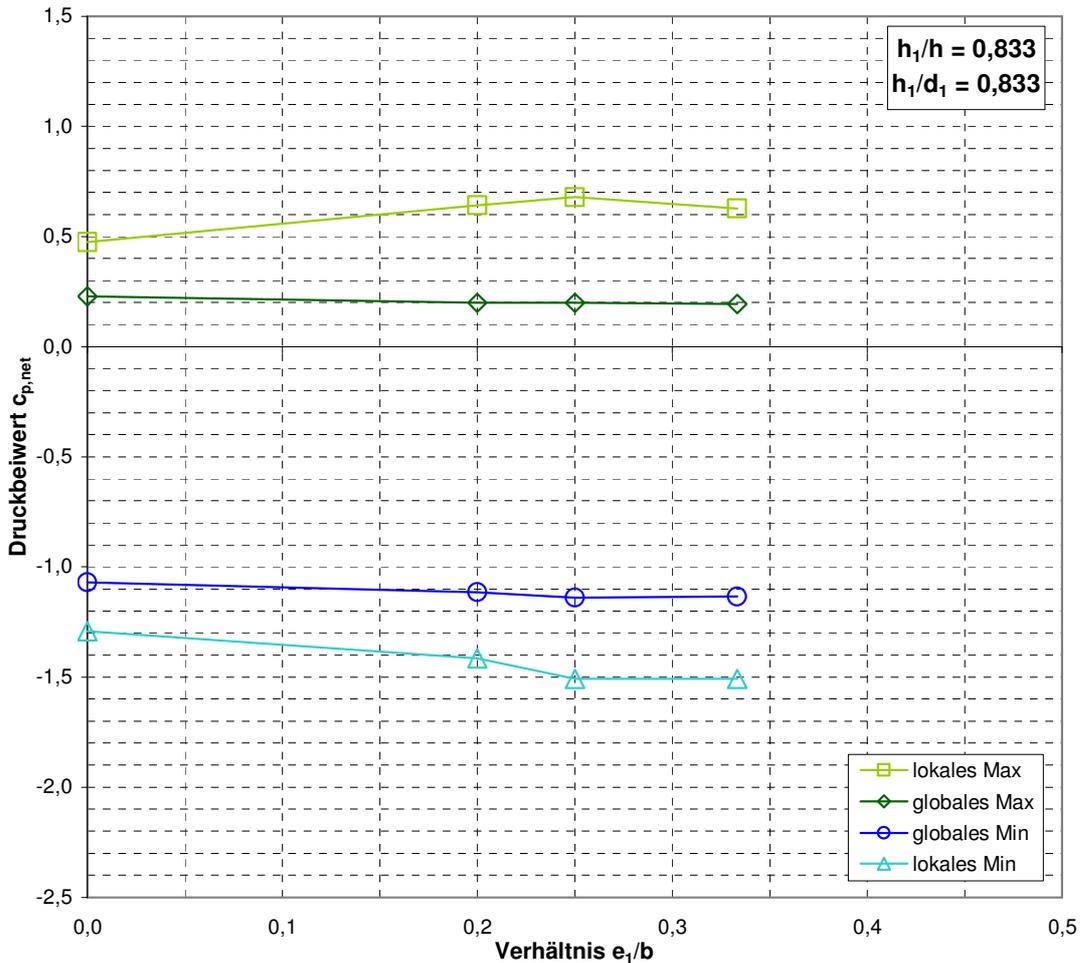
Liste der dargestellten windrichtungsunabhängigen Einhüllenden:

- MEH – Einfluss h_1/h
- MEB1 – Einfluss e_1/b bei niedrigem Hauptgebäude
- MEB2 – Einfluss e_1/b bei hohem Hauptgebäude
- MET1 – Einfluss h_1/d_1 bei niedrigem Hauptgebäude
- MET2 – Einfluss h_1/d_1 bei hohem Hauptgebäude
- MEV1 – Einfluss d_v/d_1 bei niedrigem Hauptgebäude
- MEV2 – Einfluss d_v/d_1 bei hohem Hauptgebäude
- MEN1 – Einfluss h_N/e bei flacherer Nachbarbebauung
- MEN2 – Einfluss h_N/e bei Nachbarbebauung gleicher Höhe
- MEN3 – Einfluss h_N/e bei höherer Nachbarbebauung

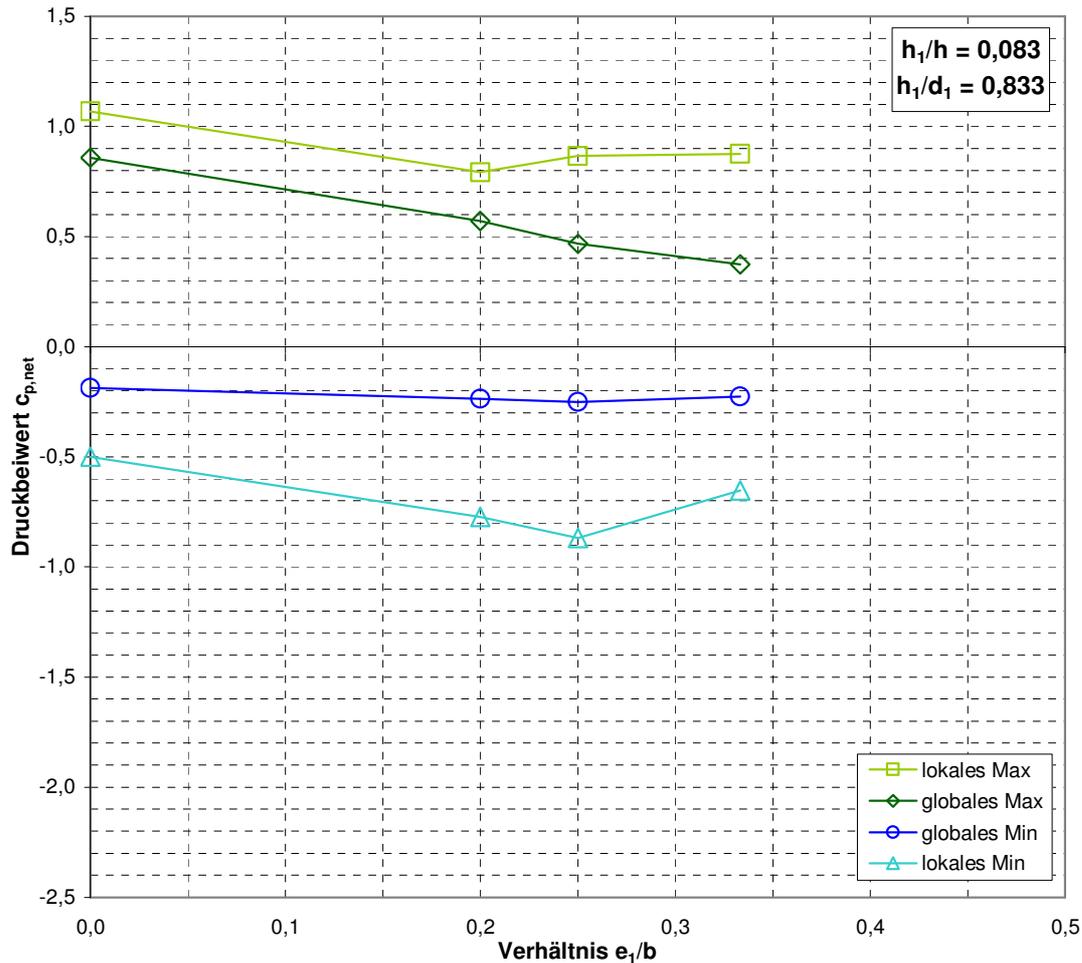
MEH	h h ₁	600 25	450 25	300 25	200 25	150 25	100 25	80 25	60 25	50 25	40 25	30 25	extra- poliert
	h ₁ /h	0,042	0,056	0,083	0,125	0,167	0,250	0,313	0,417	0,500	0,625	0,833	1,0
lokales Max		1,065	1,050	1,066	0,941	0,784	0,571	0,511	0,448	0,501	0,519	0,475	0,441
0° F78max		1,065	1,050	1,066	0,941	0,784	0,571	0,511	0,448	0,443	0,326	0,124	-0,038
45° F78max		0,580	0,614	0,635	0,618	0,568	0,531	0,469	0,437	0,389	0,289	0,157	0,052
90° F78max		0,730	0,696	0,611	0,537	0,512	0,441	0,418	0,418	0,501	0,519	0,475	0,441
135° F78max		0,437	0,405	0,343	0,264	0,209	0,172	0,163	0,107	0,142	0,218	0,279	0,328
180° F78max		0,361	0,276	0,278	0,207	0,105	0,099	0,099	0,077	0,072	0,115	0,154	0,185
globales Max		0,882	0,873	0,858	0,791	0,614	0,474	0,384	0,326	0,298	0,237	0,227	0,219
0° F78max		0,882	0,873	0,858	0,791	0,614	0,474	0,384	0,326	0,298	0,160	-0,066	-0,246
45° F78max		0,376	0,406	0,379	0,389	0,317	0,266	0,252	0,229	0,201	0,116	-0,012	-0,115
90° F78max		0,290	0,289	0,256	0,219	0,193	0,215	0,194	0,184	0,221	0,237	0,227	0,219
135° F78max		0,174	0,134	0,108	0,072	0,037	0,036	0,032	0,021	0,023	0,054	0,106	0,148
180° F78max		0,161	0,141	0,106	0,061	0,031	0,039	0,031	0,018	0,015	0,018	0,076	0,122
globales Min		-0,284	-0,258	-0,186	-0,167	-0,172	-0,236	-0,212	-0,230	-0,238	-0,511	-1,070	-1,517
0° F78min		0,011	-0,004	0,015	-0,007	-0,004	-0,029	-0,056	-0,098	-0,195	-0,511	-1,070	-1,517
45° F78min		-0,025	-0,025	-0,036	-0,043	-0,044	-0,061	-0,079	-0,134	-0,225	-0,509	-0,898	-1,209
90° F78min		-0,106	-0,121	-0,132	-0,104	-0,102	-0,099	-0,115	-0,145	-0,165	-0,245	-0,349	-0,432
135° F78min		-0,084	-0,104	-0,129	-0,145	-0,172	-0,236	-0,212	-0,230	-0,238	-0,209	-0,072	0,037
180° F78min		-0,284	-0,258	-0,186	-0,167	-0,161	-0,111	-0,113	-0,124	-0,166	-0,164	-0,015	0,103
lokales Min		-0,513	-0,476	-0,499	-0,429	-0,507	-0,640	-0,605	-0,681	-0,793	-0,908	-1,292	-1,770
0° F78min		-0,087	-0,089	-0,081	-0,133	-0,109	-0,179	-0,162	-0,203	-0,348	-0,694	-1,292	-1,770
45° F78min		-0,089	-0,093	-0,124	-0,104	-0,128	-0,199	-0,233	-0,360	-0,513	-0,810	-1,234	-1,574
90° F78min		-0,487	-0,471	-0,499	-0,429	-0,507	-0,640	-0,605	-0,681	-0,793	-0,908	-1,030	-1,127
135° F78min		-0,321	-0,398	-0,369	-0,380	-0,445	-0,545	-0,492	-0,458	-0,447	-0,576	-0,641	-0,693
180° F78min		-0,513	-0,476	-0,390	-0,348	-0,301	-0,252	-0,229	-0,206	-0,268	-0,256	-0,185	-0,128



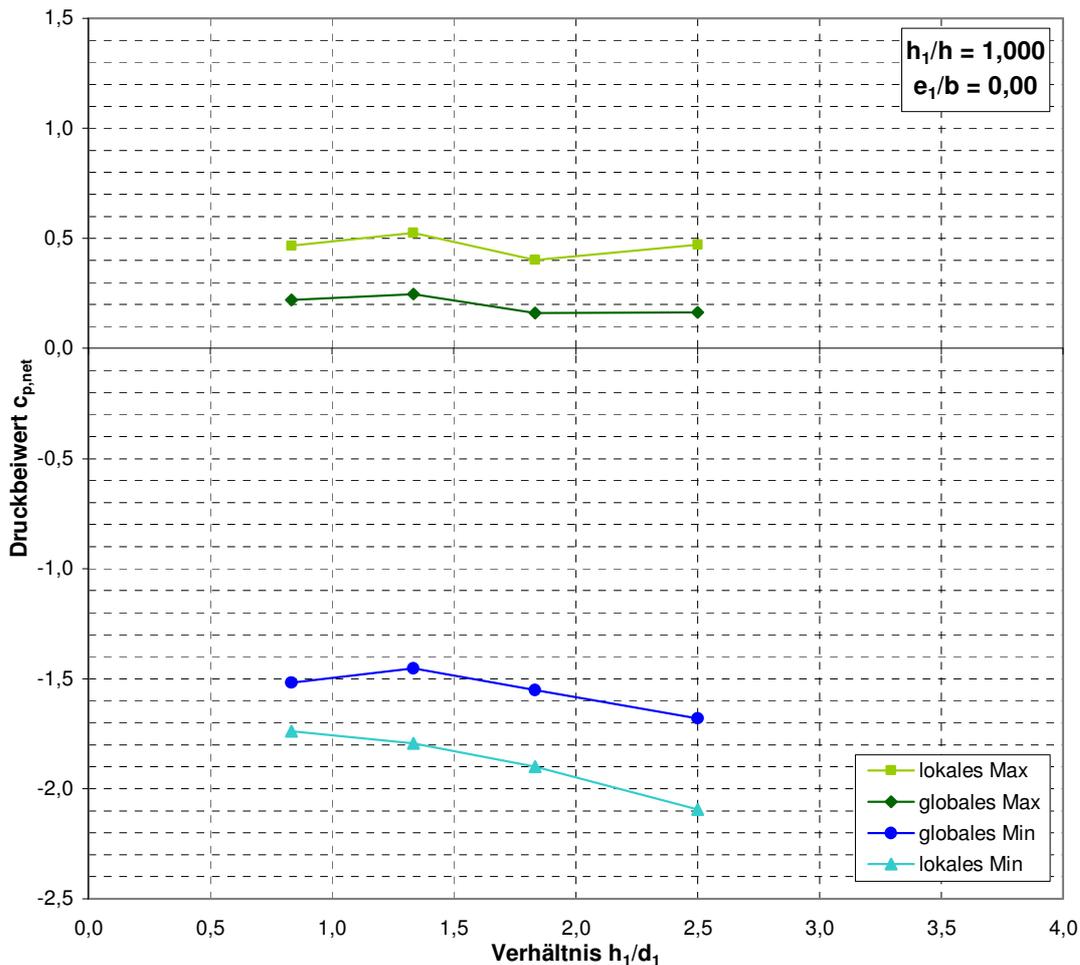
MEB1	b	150	250	300	450
	e_1	0	50	75	150
	e_1/b	0,000	0,200	0,250	0,333
lokales Max		0,475	0,641	0,678	0,626
0° F78max		0,124	-0,022	-0,058	-0,059
45° F78max		0,157	0,065	0,062	0,047
90° F78max		0,475	0,641	0,678	0,626
135° F78max		0,279	0,359	0,382	0,328
180° F78max		0,154	0,134	0,136	0,145
globales Max		0,227	0,198	0,198	0,194
0° F78max		-0,066	-0,124	-0,146	-0,168
45° F78max		-0,012	-0,016	-0,030	-0,026
90° F78max		0,227	0,198	0,198	0,194
135° F78max		0,106	0,124	0,129	0,090
180° F78max		0,076	0,056	0,060	0,056
globales Min		-1,070	-1,115	-1,140	-1,135
0° F78min		-1,070	-1,115	-1,140	-1,135
45° F78min		-0,898	-0,904	-0,944	-0,940
90° F78min		-0,349	-0,341	-0,352	-0,320
135° F78min		-0,072	-0,033	-0,039	-0,064
180° F78min		-0,015	-0,041	-0,033	-0,042
lokales Min		-1,292	-1,415	-1,508	-1,510
0° F78min		-1,292	-1,364	-1,427	-1,489
45° F78min		-1,234	-1,415	-1,508	-1,510
90° F78min		-1,030	-0,940	-0,925	-0,865
135° F78min		-0,641	-0,212	-0,170	-0,268
180° F78min		-0,185	-0,195	-0,138	-0,207



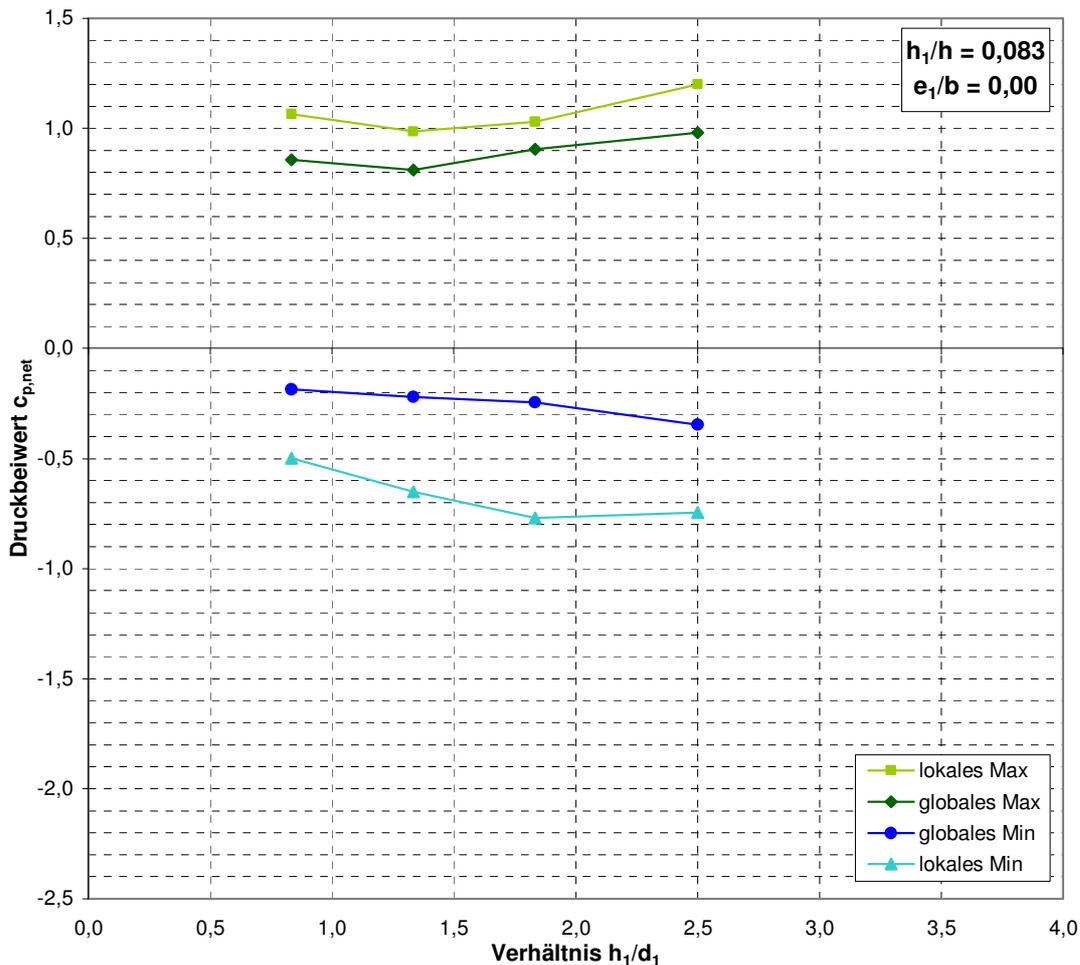
MEB2	b	150	250	300	450
	e_1	0	50	75	150
	e_1/b	0,000	0,200	0,250	0,333
lokales Max		1,066	0,792	0,865	0,875
0° F78max		1,066	0,700	0,595	0,666
45° F78max		0,635	0,792	0,865	0,875
90° F78max		0,611	0,386	0,415	0,418
135° F78max		0,343	0,148	0,145	0,160
180° F78max		0,278	0,170	0,164	0,188
globales Max		0,858	0,571	0,466	0,373
0° F78max		0,858	0,571	0,466	0,373
45° F78max		0,379	0,363	0,357	0,325
90° F78max		0,256	0,149	0,156	0,152
135° F78max		0,108	0,050	0,051	0,064
180° F78max		0,106	0,097	0,089	0,101
globales Min		-0,186	-0,237	-0,251	-0,227
0° F78min		0,015	0,020	-0,007	-0,002
45° F78min		-0,036	-0,003	-0,013	-0,023
90° F78min		-0,132	-0,237	-0,251	-0,227
135° F78min		-0,129	-0,111	-0,112	-0,145
180° F78min		-0,186	-0,186	-0,187	-0,128
lokales Min		-0,499	-0,773	-0,869	-0,653
0° F78min		-0,081	-0,025	-0,031	-0,030
45° F78min		-0,124	-0,056	-0,045	-0,091
90° F78min		-0,499	-0,773	-0,869	-0,653
135° F78min		-0,369	-0,409	-0,394	-0,394
180° F78min		-0,390	-0,312	-0,307	-0,221



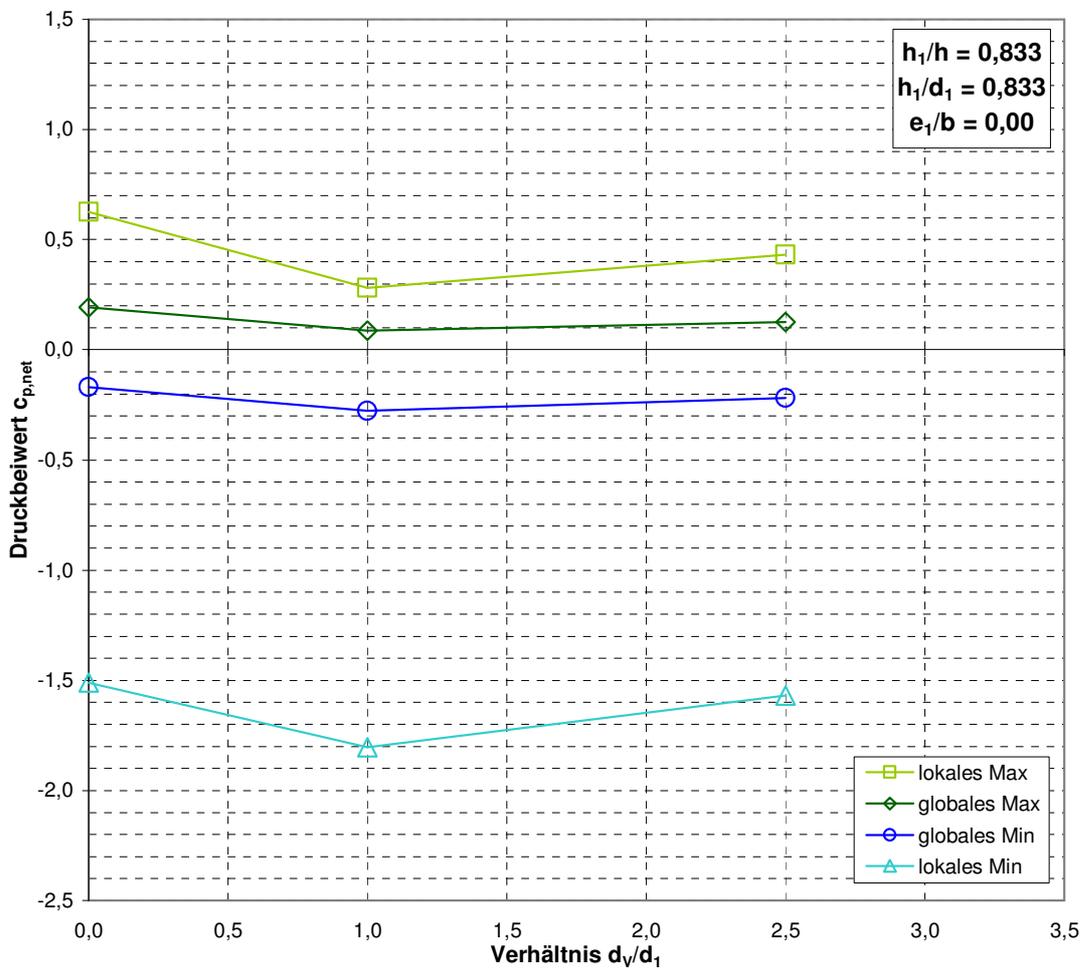
MET1		h_1	25	40	55	75
		d_1	30	30	30	30
		h_1/d_1	0,833	1,333	1,833	2,500
lokales Max			0,467	0,525	0,402	0,470
0°	F78max		-0,057	-0,062	-0,062	-0,077
45°	F78max		0,054	0,039	0,031	0,049
90°	F78max		0,467	0,525	0,402	0,470
135°	F78max		0,321	0,344	0,178	0,216
180°	F78max		0,200	0,190	0,166	0,181
globales Max			0,219	0,248	0,162	0,164
0°	F78max		-0,246	-0,220	-0,260	-0,293
45°	F78max		-0,115	-0,086	-0,139	-0,174
90°	F78max		0,219	0,248	0,162	0,164
135°	F78max		0,148	0,153	0,064	0,076
180°	F78max		0,122	0,110	0,027	0,028
globales Min			-1,517	-1,454	-1,553	-1,679
0°	F78min		-1,517	-1,454	-1,553	-1,679
45°	F78min		-1,209	-1,277	-1,348	-1,378
90°	F78min		-0,432	-0,445	-0,512	-0,517
135°	F78min		0,037	-0,021	-0,138	-0,177
180°	F78min		0,103	0,049	-0,052	-0,075
lokales Min			-1,739	-1,793	-1,900	-2,095
0°	F78min		-1,739	-1,713	-1,796	-1,941
45°	F78min		-1,545	-1,793	-1,900	-2,095
90°	F78min		-1,113	-1,181	-1,157	-1,218
135°	F78min		-0,532	-0,531	-0,542	-0,581
180°	F78min		-0,066	-0,102	-0,159	-0,185



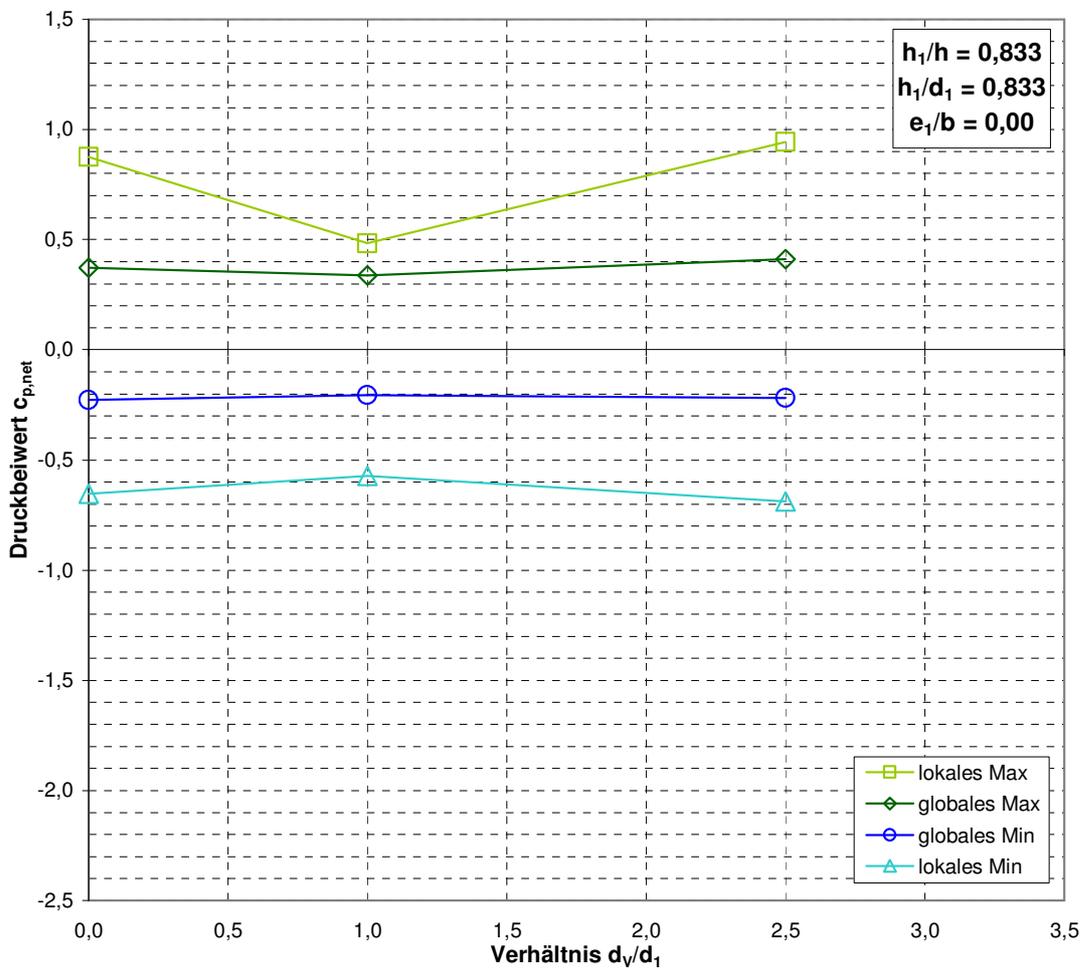
MET2	h_1	25	40	55	75
	d_1	30	30	30	30
	h_1/d_1	0,833	1,333	1,833	2,500
lokales Max		1,065	0,986	1,030	1,200
0° F78max		1,065	0,986	1,030	1,200
45° F78max		0,634	0,720	0,980	1,042
90° F78max		0,610	0,691	0,718	0,710
135° F78max		0,343	0,349	0,388	0,375
180° F78max		0,278	0,268	0,326	0,326
globales Max		0,857	0,811	0,905	0,982
0° F78max		0,857	0,811	0,905	0,982
45° F78max		0,378	0,387	0,509	0,550
90° F78max		0,255	0,269	0,328	0,249
135° F78max		0,108	0,139	0,160	0,126
180° F78max		0,106	0,158	0,205	0,169
globales Min		-0,186	-0,221	-0,245	-0,346
0° F78min		0,015	0,007	-0,022	-0,062
45° F78min		-0,036	-0,047	-0,073	-0,132
90° F78min		-0,132	-0,212	-0,235	-0,325
135° F78min		-0,129	-0,161	-0,194	-0,252
180° F78min		-0,186	-0,221	-0,245	-0,346
lokales Min		-0,499	-0,652	-0,769	-0,745
0° F78min		-0,081	-0,076	-0,153	-0,147
45° F78min		-0,124	-0,114	-0,130	-0,192
90° F78min		-0,499	-0,652	-0,769	-0,745
135° F78min		-0,369	-0,457	-0,547	-0,460
180° F78min		-0,389	-0,399	-0,436	-0,497



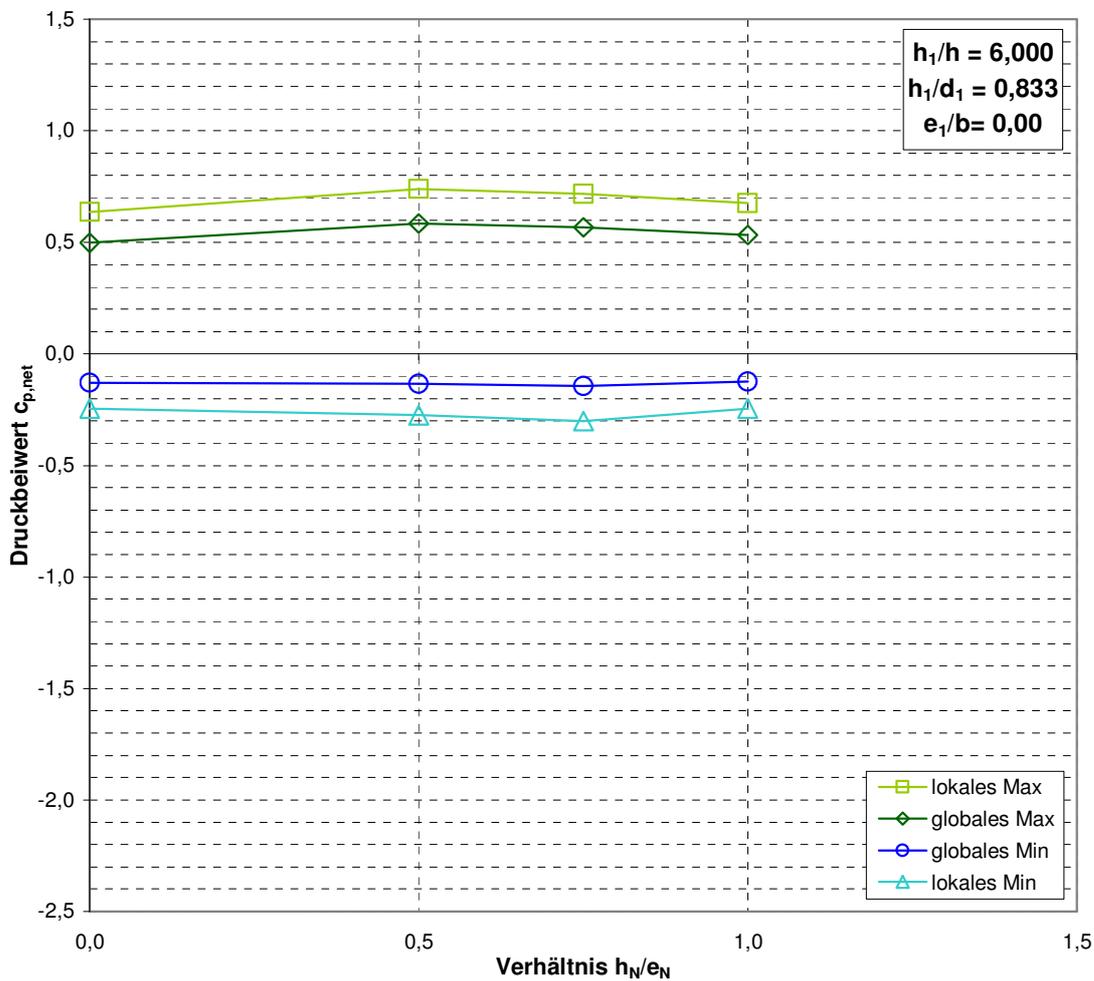
MEV1	d_v	0	30	75
	d_1	30	30	30
	d_v/d_1	0,000	1,000	2,500
lokales Max		0,626	0,283	0,431
0° F78max		-0,059	-0,187	0,059
45° F78max		0,047	0,023	0,330
90° F78max		0,626	0,283	0,431
globales Max		0,194	0,088	0,127
0° F78min		-0,168	-0,277	-0,218
45° F78min		-0,026	-0,077	0,040
90° F78min		0,194	0,088	0,127
globales Min		-0,168	-0,277	-0,218
0° F78min		-0,168	-0,277	-0,218
45° F78min		-0,026	-0,077	0,040
90° F78min		0,194	0,088	0,127
lokales Min		-1,510	-1,803	-1,570
0° F78min		-1,489	-1,803	-1,570
45° F78min		-1,510	-1,177	-1,397
90° F78min		-0,865	-0,362	-0,490



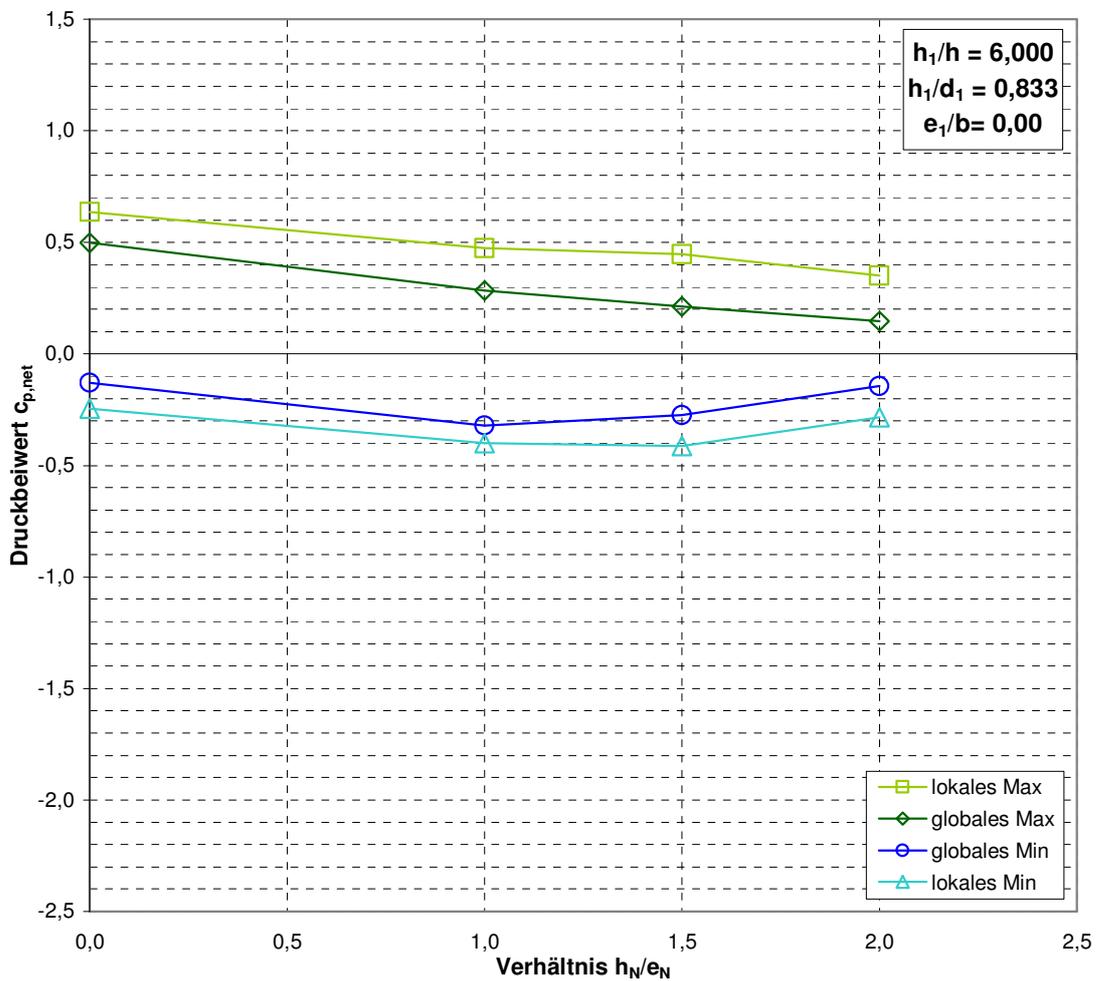
MEV2		d_v	0	30	75
		d_1	30	30	30
		d_v/d_1	0,000	1,000	2,500
lokales Max			0,875	0,483	0,943
0°	F78max		0,666	0,400	0,269
45°	F78max		0,875	0,345	0,943
90°	F78max		0,418	0,483	0,555
globales Max			0,373	0,339	0,413
0°	F78max		0,373	0,339	0,192
45°	F78max		0,325	0,214	0,413
90°	F78max		0,152	0,185	0,316
globales Min			-0,227	-0,206	-0,218
0°	F78min		-0,002	-0,023	-0,095
45°	F78min		-0,023	-0,066	-0,136
90°	F78min		-0,227	-0,206	-0,218
lokales Min			-0,653	-0,574	-0,687
0°	F78min		-0,030	-0,104	-0,215
45°	F78min		-0,091	-0,574	-0,421
90°	F78min		-0,653	-0,496	-0,687



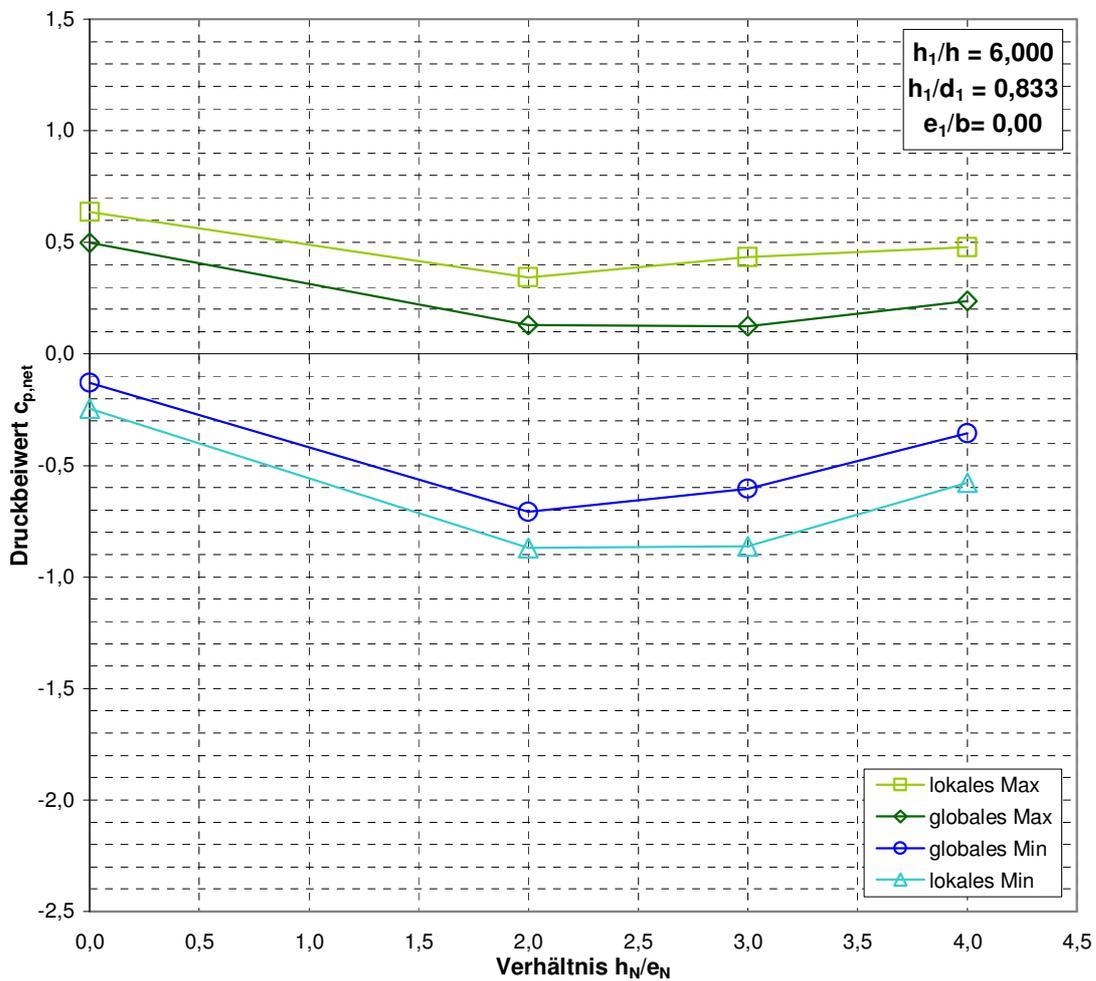
MEN1	h_N	75	75	75	75
	e_N	75	100	150	∞
	h_N/e_N	1,00	0,75	0,50	0,00
lokales Max		0,676	0,717	0,738	0,637
0° F78max		0,676	0,717	0,738	0,637
180° F78max		0,127	0,138	0,096	0,085
globales Max		0,532	0,568	0,583	0,498
0° F78max		0,532	0,568	0,583	0,498
180° F78max		0,054	0,043	0,035	0,025
globales Min		-0,125	-0,145	-0,135	-0,130
0° F78min		0,049	0,073	0,036	-0,004
180° F78min		-0,125	-0,145	-0,135	-0,130
lokales Min		-0,246	-0,303	-0,276	-0,244
0° F78min		-0,051	-0,001	-0,068	-0,089
180° F78min		-0,246	-0,303	-0,276	-0,244



MEN2	h_N	150	150	150	150
	e_N	75	100	150	∞
	h_N/e_N	2,00	1,50	1,00	0,00
lokales Max		0,350	0,447	0,473	0,637
0° F78max		0,350	0,447	0,473	0,637
180° F78max		0,305	0,282	0,097	0,085
globales Max		0,147	0,212	0,283	0,498
0° F78max		0,147	0,212	0,283	0,498
180° F78max		0,134	0,143	0,021	0,025
globales Min		-0,144	-0,276	-0,323	-0,130
0° F78min		-0,108	-0,073	-0,065	-0,004
180° F78min		-0,144	-0,276	-0,323	-0,130
lokales Min		-0,284	-0,413	-0,400	-0,244
0° F78min		-0,284	-0,271	-0,231	-0,089
180° F78min		-0,251	-0,413	-0,400	-0,244



MEN3	h_N	300	300	300	300
	e_N	75	100	150	∞
	h_N/e_N	4,00	3,00	2,00	0,00
lokales Max		0,479	0,433	0,343	0,637
0° F78max		0,479	0,433	0,343	0,637
180° F78max		0,466	0,266	0,074	0,085
globales Max		0,238	0,124	0,129	0,498
0° F78max		0,112	0,103	0,129	0,498
180° F78max		0,238	0,124	0,004	0,025
globales Min		-0,355	-0,605	-0,708	-0,130
0° F78min		-0,211	-0,269	-0,267	-0,004
180° F78min		-0,355	-0,605	-0,708	-0,130
lokales Min		-0,578	-0,864	-0,871	-0,244
0° F78min		-0,501	-0,571	-0,619	-0,089
180° F78min		-0,578	-0,864	-0,871	-0,244



Anhang C: Windlastregelungen internationaler Normen

Im Rahmen der Vorarbeiten zu diesem Forschungsvorhaben sind international gültige Normen oder vergleichbare anerkannte Werke mit Regelungen zu Windeinwirkungen auf Tragwerke auf entsprechende Windlastangaben zu Vordächern hin ausgewertet worden. Im ersten Ergebnisbericht ist das Ergebnis dieser Recherche in einer Übersicht tabellarisch dargestellt.

Auf den folgenden Seiten dieses Anhangs sind aus den in diesem Abschlussbericht diskutierten drei vorliegenden Normen mit expliziten Lastangaben für Vordächer die jeweils relevanten Auszüge abgedruckt:

1. AS/NZS 1170.2:2002, Abschnitt D.4 (Text in eigener Übersetzung)
2. ÖNORM B 4014-1, Abschnitt 4.1.4
3. Schweizerische Norm, SIA 261, Anhang C, Tabellen 59

AS/NZS 1170.2:2002, Abschnitt D.4 (Text in eigener Übersetzung):

D.4 VORDÄCHER, MARKISEN UND EINSTELLPLÄTZE (DÄCHER)

D.4.1 Aerodynamischer Formfaktor für Nettonormaldruck auf Vordächer

Der aerodynamische Formfaktor, C_{fig} , zur Berechnung von Nettodrücken normal zur Dachfläche von Vordächern, Markisen und Stellplätzen neben abgeschlossenen Gebäuden und mit einer Dachneigung von 5° oder weniger sollte nach der Formel

$$C_{fig} = C_{p,n} K_a K_l K_p \quad (D4)$$

mit

$C_{p,n}$ = Nettodruckbeiwert normal zur Oberfläche nach Tabellen D8 und D9

K_a = Flächenreduktionsfaktor nach Absatz D1.2

K_l = lokaler Nettodruckbeiwert nach Absatz D1.3

K_p = 1.0

Zu beachten: Die für $C_{p,n}$ angegebenen Werte setzen voraus, dass unterhalb des Vordaches keine Versperung ist.

Solche Konstruktionen sollen sowohl für aufwärts gerichtete (positive) als auch für abwärts gerichtete (negative) Winddrücke bemessen werden, wenn es angezeigt ist.

Für Windrichtungen normal zur Gebäudefassade ($\theta = 0^\circ$) sollen für Vordächer und Markisen für $C_{p,n}$ gemäß Abbildung D6 die Werte aus Tabelle D8 oder D9 entnommen werden. Als Windgeschwindigkeit soll diejenige in der Höhe h angesetzt werden; h_c gibt die durchschnittliche Höhe des Vordaches über dem Boden an.

Für Windrichtungen parallel zur Wand, die das Vordach oder die Markise trägt, ($\theta = 90^\circ$ oder 270°), sollen diese als freistehendes Dach angenommen werden. Die Nettodruckbeiwerte $C_{p,n}$ sollen in Übereinstimmung mit den Voraussetzungen in Tabelle D4(A) oder (B) gewählt werden, oder wenn das Vordach teilweise geschlossen ist nach Tabelle D9.

TABLE D8

NET PRESSURE COEFFICIENTS, $C_{p,n}$, FOR CANOPIES AND AWNINGS ATTACHED TO BUILDINGS (refer to Figure D6(a)) FOR $\theta = 0^\circ$

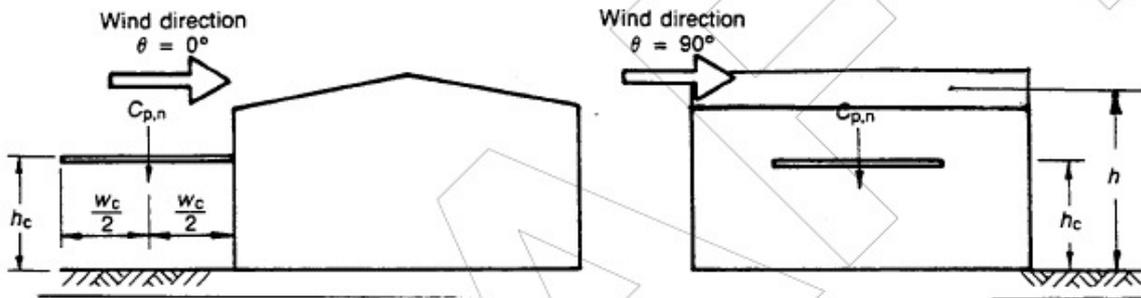
Design case	Ratio** h_c/h	Net pressure coefficients, $C_{p,n}$
$h_c/h < 0.5$	0.1	1.2, -0.2
	0.2	0.7, -0.2
	0.5	0.4, -0.2
$h_c/h \geq 0.5$	0.5	0.5, -0.3
	0.75	0.4, $[-0.3 - 0.2(h_c/w_c)]$ or -1.5*
	1.0	0.2, $[-0.3 - 0.6(h_c/w_c)]$ or -1.5*

* Whichever is the lower magnitude

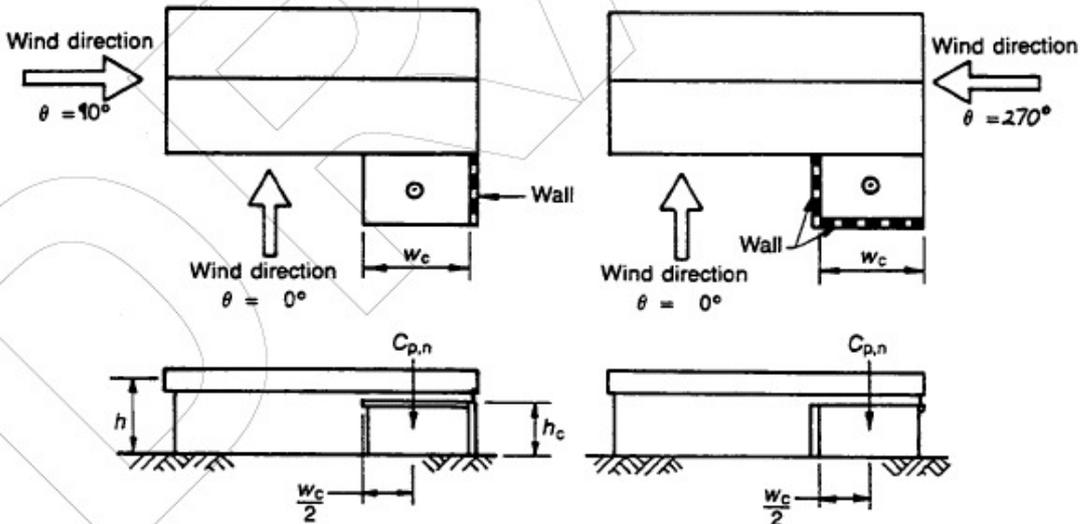
** For intermediate values of h_c/h , use linear interpolation.

TABLE D9
NET PRESSURE COEFFICIENTS, $C_{p,n}$, FOR PARTIALLY ENCLOSED CARPORTS
 ($h_c/w_c \leq 0.5$) (Refer to Figure D6 (b) and (c) above)

Partially enclosed	Wind direction, θ	Net pressure coefficients, $C_{p,n}$
Wall on one side attached to building, see Figure D6 (b)	0°	-0.7
	90°	-1.0
Wall on two sides, see Figure D6 (c)	0°	-0.6
	270°	-1.2



(a) Open canopy or awning



(b) Wall on one side, from building

(c) Wall on two sides

FIGURE D6 NET PRESSURE COEFFICIENTS, $C_{p,n}$, FOR CANOPIES, AWNINGS AND CARPORTS ATTACHED TO BUILDINGS

ÖNORM B 4014-1, Abschnitt 4.1.4:

4.1.4 Vorsprünge mit horizontalem Anschluß an eine Gebäudewand (z. B. Vordächer mit Neigung <math>< 5^\circ</math>, Balkone)

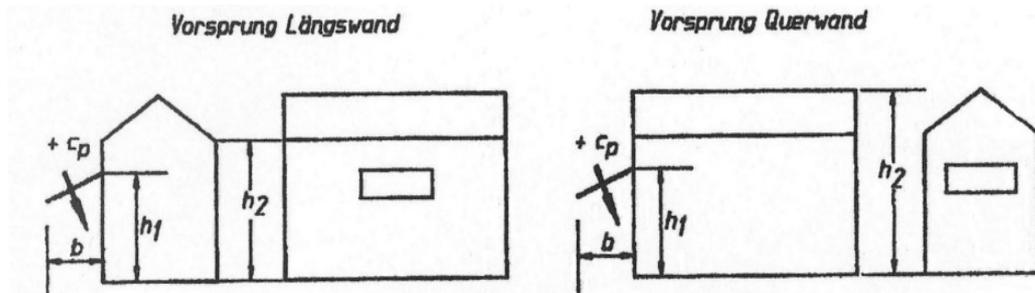


Bild 5: Horizontal angeschlossene Vorsprünge

Es ist der der Höhe h_2 entsprechende Staudruck anzusetzen. Dabei sind zwei Lastfälle gemäß Tabelle 13 zu untersuchen. Die angegebenen Druckbeiwerte c_p berücksichtigen die Differenzbelastungen zwischen Ober- und Unterseite.

Tabelle 13: Druckbeiwerte für Vorsprünge

	Lastfall 1	Lastfall 2
h_1/h_2	$c_p > 0$	$c_p < 0$
0,1	1,2	-0,4
0,2	0,7	-0,4
0,5	0,5	-0,4
0,75	0,4	-0,4 - 0,15 $h_1/b \geq -1,5$
1,0	0,4	-0,5 - 0,5 $h_1/b \geq -1,5$

Für Zwischenwerte von h_1/h_2 darf linear interpoliert werden.

Für einzelne Elemente sowie für deren Befestigungen und Anschlüsse sind die Druckbeiwerte c_{p1} zu verwenden, die man durch Multiplikation der Werte der Tabelle 13 mit dem Faktor 1,25 erhält. Im Randbereich ist für die Bemessung unmittelbar belasteter Elemente sowie für deren Befestigungen und Anschlüsse ein lokaler Druckbeiwert c_{p1} gemäß 4.2.3 (freistehende Pultdächer, $\alpha = 0^\circ$) anzusetzen.

Schweizerische Norm, SIA 261, Anhang C, Tabellen 59:

59

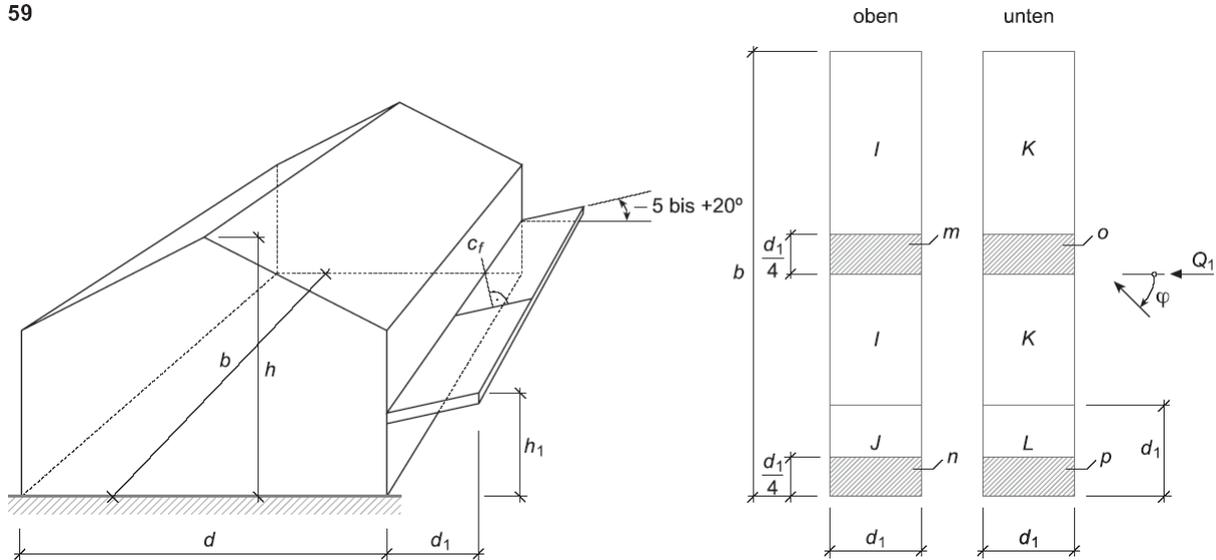


Tabelle 59a: Beiwerte für Vordächer

$\frac{h_1}{d_1} = 0,875$	Lokale Druckbeiwerte								Globale Kraftbeiwerte	
	c_{pe}				c_{pe}				c_f	
	Teilfläche				Teilfläche				Bezugsfläche	
	φ	I	J	K	L	m	n	o	p	$b \cdot d_1 - d_1^2$
0°	-0,24	-0,11	0,40	0,39	0,27	-0,37	0,44	-0,49	-0,64	-0,50
15°	-0,23	-0,25	0,33	0,39	0,23	-0,33	0,41	-0,37	-0,56	-0,64
30°	-0,11	-0,27	0,28	0,49	-0,13	±0,30	0,30	0,54	-0,39	-0,76
45°	-0,11	-0,24	0,20	0,39	-0,15	±0,40	-0,08	0,50	-0,31	-0,63
90°	-0,15	±0,41	-0,24	-0,55	-0,18	-0,73	-0,24	-0,94	0,09	0,95

Tabelle 59b: Beiwerte für Vordächer

$\frac{h_1}{d_1} = 1,625$	Lokale Druckbeiwerte								Globale Kraftbeiwerte	
	c_{pe}				c_{pe}				c_f	
	Teilfläche				Teilfläche				Bezugsfläche	
	φ	I	J	K	L	m	n	o	p	$b \cdot d_1 - d_1^2$
0°	-0,23	-0,24	0,47	0,41	-0,04	-0,40	0,49	-0,62	-0,70	-0,65
15°	-0,26	-0,28	0,46	0,49	0,18	-0,49	0,44	-0,49	-0,72	-0,76
30°	-0,23	-0,31	0,33	0,52	0,29	±0,40	0,37	0,63	-0,56	-0,82
45°	-0,15	-0,28	0,24	0,45	-0,20	±0,50	0,05	0,61	-0,39	-0,73
90°	-0,19	±0,53	-0,28	-0,82	-0,21	-0,82	-0,30	-1,04	0,09	1,35

Tabelle 59c: Beiwerte für Vordächer

$\frac{h_1}{d_1} = 2,125$	Lokale Druckbeiwerte								Globale Kraftbeiwerte	
	c_{pe}				c_{pe}				c_f	
	Teilfläche				Teilfläche				Bezugsfläche	
	φ	l	J	K	L	m	n	o	p	$b \cdot d_1 - d_1^2$
0°	-0,25	-0,28	0,56	0,46	-0,28	-0,49	0,53	-0,70	-0,81	-0,75
15°	-0,29	-0,22	0,51	0,48	-0,33	-0,84	0,53	-0,64	-0,80	-0,70
30°	-0,29	-0,26	0,45	0,55	0,26	±0,40	0,38	0,60	-0,73	-0,81
45°	-0,22	-0,27	0,29	0,50	-0,22	±0,50	0,29	0,63	-0,51	-0,76
90°	-0,18	±0,57	-0,35	-0,81	-0,20	-0,87	-0,33	-1,15	0,17	1,38

Tabelle 59d: Beiwerte für Vordächer

$\frac{h_1}{d_1} = 2,675$	Lokale Druckbeiwerte								Globale Kraftbeiwerte	
	c_{pe}				c_{pe}				c_f	
	Teilfläche				Teilfläche				Bezugsfläche	
	φ	l	J	K	L	m	n	o	p	$b \cdot d_1 - d_1^2$
0°	-0,34	-0,35	0,61	0,51	-0,35	-0,51	0,53	-0,71	-0,95	-0,87
15°	-0,34	-0,33	0,53	0,61	-0,36	-0,81	0,59	-0,64	-0,87	-0,94
30°	-0,39	-0,31	0,44	0,58	-0,31	±0,60	0,48	0,34	-0,83	-0,89
45°	-0,39	-0,30	0,32	0,48	-0,35	±0,60	0,31	0,37	-0,72	-0,78
90°	-0,24	±0,67	-0,36	-0,80	-0,24	-1,12	-0,36	-0,74	0,12	1,47

Literaturübersicht

Nationale und internationale Normen

- [1] **DIN 1055-100:2001-03**
Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln, März 2001
- [2] **DIN 1055-4:2005-03**
Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Windlasten, Deutsches Institut für Normung e.V., März 2005
- [3] **EN 1991-1-4:2005 (D) / prEN 1991-1-4.6:2002 (E)**
Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1.4: Allgemeine Einwirkungen – Windeinwirkungen, CEN Comité Européen de Normalisation / TC Technical Committee 250, 2005 / Entwurf 2002
- [4] **SIA 261:2003**
Einwirkungen auf Tragwerke, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, April 2003
- [5] **ÖNORM B 4014-1:1993 05 01**
Belastungsannahmen im Bauwesen – Statische Windeinwirkungen (nicht schwingungsanfällige Bauwerke), Mai 1993
- [6] **AS/NZS 1170.2:2002**
Structural design – General requirements and design actions – Part 2: Wind actions, Standards Australia / Standards New Zealand, 2002

Literatur zu „Windlasten an Vordächern“

- [7] **Jancauskas E.D., Holmes J.D.**
Wind Loads on Attached Canopies, Proceedings of the 5th U.S. National Conference on Wind Engineering, Texas Tech University, Lubbock, Texas, U.S.A., 1985.
- [8] **Jancauskas E.D., Eddleston J.D.**
Wind Loads on Canopies at the base of tall buildings, Proceedings of the 7th International Conference on Wind Engineering, Aachen, West Germany, 1987.
- [9] **Paluch M.J., Loredou-Souza A.M., Blessmann J.**
Wind Loads on Attached Canopies and their effect on the pressure distribution over arch-roof industrial buildings, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 91 (2003) pp. 975-994, Elsevier Ltd.

Allgemeine Literatur

- [10] **Cook N.J.**
The designer's guide to wind loading of building structures – Part 2: static structures, London, Butterworths, 1990.
- [11] **WTG-Merkblatt**
Windkanalversuche in der Gebäudeaerodynamik, Windtechnologische Gesellschaft e.V., Deutschland - Österreich - Schweiz, 1994
- [12] **Bogenberger E., Meier-Menzel H.-J.**
Vordächer, Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1974
- [13] **Holmes J.D., Kwok K.C.S.**
A comparison of the wind load provisions in some major national and international standards, 1st International Codification Workshop for Wind loads, Bochum, Germany, 2000
- [14] **Gibbs T.**
B1.1 Determination of Wind loads for Use in Analysis, in: Multi-hazard building design course (www.oas.org/pgdm/document/mhbdc/b1_text.doc), Organisation of American States, November 2000

Bild- und Tabellenverzeichnis**Bildverzeichnis**

<i>Bild 1.1:</i>	<i>Geometrie und Bezeichnungen an Vordach und Hauptgebäude</i>	<i>4</i>
<i>Bild 1.2:</i>	<i>Globaler mittlerer Kraftbeiwert $c_{fz,mean}$ bei Änderung des Verhältnisses h_1/h; Bezugsgeschwindigkeit $q_b(h)$ gegenüber $q_b(h_1)$</i>	<i>6</i>
<i>Bild 1.3:</i>	<i>Exemplarische Darstellung einer Zeitreihe für den Beiwert $c_{My}(t)$ des Einspannmomentes; Messserie MEH ($h_1/h = 0,833$), Anströmung 0°; Messung 5 von 72</i>	<i>7</i>
<i>Bild 1.4:</i>	<i>Lasteinzugsflächen und Teilstreifen des Vordachmodells</i>	<i>8</i>
<i>Bild 1.5:</i>	<i>Verlauf des Ersatzlast-Druckbeiwertes $c_{p,net}$ über das Höhenverhältnis h_1/h; Messserie MEH</i>	<i>9</i>
<i>Bild 1.6:</i>	<i>Einhüllende der Windrichtungen am Beispiel des globalen Maximums</i>	<i>11</i>
<i>Bild 2.1:</i>	<i>Windlastmechanismen auf Vordächer an niedrigen und hohen Gebäuden bei Windströmung frontal auf die Gebäudefassade (aus [8])</i>	<i>13</i>
<i>Bild 2.2:</i>	<i>Vergleich der globalen Minima und Maxima bei Änderung h_1/h ($h_1/d_1 = 0,833$) mit Normangaben aus AS 1170.2 und ÖNORM B 4014-1</i>	<i>14</i>
<i>Bild 2.3:</i>	<i>Vergleich der aufwärts gerichteten, globalen Minima bei Änderung h_1/d_1 ($h_1/h = 1,0$; Anströmrichtung 0°) mit Normangaben und Literatur</i>	<i>15</i>
<i>Bild 3.1:</i>	<i>Vergleich zwischen Messwerten und Normvorschlag; Einfluss h_1/h</i>	<i>21</i>
<i>Bild 3.2:</i>	<i>Vergleich zwischen Messungen und Normvorschlag; Einfluss e_1/b global</i>	<i>22</i>
<i>Bild 3.3:</i>	<i>Vergleich zwischen Messungen und Normvorschlag; Einfluss e_1/b lokal</i>	<i>23</i>
<i>Bild 3.4:</i>	<i>Vergleich zwischen Messungen und Normvorschlag; Einfluss h_1/d_1 Abwärtslast</i>	<i>24</i>
<i>Bild 3.5:</i>	<i>Vergleich zwischen Messungen und Normvorschlag; Einfluss h_1/d_1 Aufwärtslast</i>	<i>25</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 3.1:</i>	<i>Vorschlag zu Lastangaben für Vordächer für die DIN 1055-4</i>	<i>19</i>
---------------------	--	-----------

Dieser Bericht beinhaltet

48 Seiten

14 Bilder

1 Tabelle

Bochum, den 27. Januar 2006



Dr.-Ing. N. Hölscher
(Ingenieurgesellschaft Niemann & Partner)



Prof. Dr.-Ing. H.-J. Niemann
(Ingenieurgesellschaft Niemann & Partner)