

11 Sonderkapitel - Windlast

Ein Ziel des zugrundeliegenden Forschungsvorhabens war die Untersuchung der Windlastannahmen auf mögliche Reduktionspotentiale. Aus diesem Grund wurden verschiedene Untersuchungen zu dieser Aufgabenstellung durchgeführt. In diesem Abschnitt werden die weiterführenden Untersuchungen und Ergebnisse erläutert. Der Inhalt dieses Kapitels ergänzt die Betrachtungen zur Windlast im Abschnitt 7.2 der Lastannahmen.

11.1 Methoden zur Bestimmung der Windlast

Für die Untersuchung der Windlast stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, die sich vor allem in der Modellierung und im Untersuchungsaufwand unterscheiden. Folgende Tabelle gibt einen Überblick zu möglichen Verfahren.

Tabelle 11.1: Methoden zur Windlastbestimmung und -untersuchung

Methoden			
Berechnungen anhand der Normvorgaben	Versuche im Windkanal	Versuche im Grenzschichtwindkanal	Versuche im Freiland
Angewendet wird ein einfaches Druck- oder Kraftbeiwert-Modell.	Im Windkanal werden die Vorgaben des einfachen Druck- oder Kraftbeiwert-Modells mit einem Kollektor experimentell umgesetzt.	Es wird versucht, die reale Windstruktur im Windkanal zu erzeugen. Deswegen müssen maßstabsgerechte Modelle (z.B. 1:24) eingesetzt werden.	Es wird versucht eine typische und reproduzierbare Windlast an einer Attrappe zu erzeugen
Die Windlast wird rechnerisch über Beiwerte und statistische Windgeschwindigkeit, die ein hohes Sicherheitspotential beinhaltet, bestimmt.	Mit Druck- oder Kraftmessung werden die Strömungswiderstände bestimmt. Die jeweilige Luftströmung soll dem Windangriff entsprechen.		
Der Lastanfall wird auf eine einfache, stationäre Umströmung, die nicht unbedingt dem realen Windangriff entsprechen muß, zurückgeführt. Die Eigenschaften des Windes werden nur bedingt berücksichtigt.		Die Geschwindigkeitsprofile für die Anströmung sind relativ stationär und stimmen nicht genau mit der realen Turbulenzstruktur überein. (siehe Abschnitt 11.4.5)	Die Mittelwerte stimmen mit den Grenzschichtwindkanalwerten gut überein. Die Schwankungsgrößen betragen ein Vielfaches auf Grund der instationären Strömung des realen Windes und bei speziellen örtlichen Verhältnissen (siehe Abschnitt 11.4.5).
	Wird in dieser Arbeit durch Strömungsberechnungen ersetzt.		Probleme: Die reale Windlast wird sehr stark von den geometrischen Randbedingungen (Umgebung, Gebäude) beeinflußt. Die Schwankungen der Windlast sind für den vorliegenden Fall größer als mögliche Reduktionspotentiale des Kraftbeiwertes in der Norm.

Fazit: Einfache Beiwerte verbunden mit einer statistischen Windgeschwindigkeit in Norm sowie die vorgeschriebene Versuchstechnik sind sinnvoll und pragmatisch.	Fazit: Die Versuchsergebnisse beschreiben den realen Windlastanfall für die speziell untersuchte Variante besser. Die Reproduktion realer Windlasten auf der Basis dieser Versuchstechniken ist nur begrenzt möglich und nicht unbedingt allgemein gültig, weil spezielle Lastfälle untersucht wurden. Einsparpotentiale können nicht ohne aufwendige Versuche erschlossen werden und sind für viele Fälle nicht zu erreichen.
	
Einschätzung der Realität bezüglich des realen Windlastanfalles	

11.2 Kraftbeiwerte verschiedener Normen

In der Vergangenheit lag die Verantwortlichkeit der Normung innerhalb des Gebietes der europäischen Union auf nationaler Ebene. Obwohl alle gleichartige Ansätze mit Kraftbeiwerten verwenden, wird deutlich, daß die Beiwerte in den verschiedenen Normen (Tabelle 11.2) voneinander abweichen. Das ist auch ein Hinweis auf die komplexe Problematik der Windlastbestimmung.

Tabelle 11.2: Übersicht zu Norm-Kraftbeiwerten aus Österreich (**ÖNORM**) und aus der Schweiz (**SIA**)

Norm, Randbedingungen	Kraftbeiwert für 90° geneigte Platte oder Kollektor	Bemerkung
c-Wert aus ÖNORM B4014 Teil 1, /Sockel, 1984, S.299/	1,8	für freistehende Wände, Tafeln, Fahnen mit gespanntem Tuch, keine Differenzierung
c _N -Wert aus SIA 160, unendlich ausgedehnte Platte über dem Boden, senkrecht angeströmt, /Sockel, 1984, S.300, Bild 11.14.2/	2	gültig ab Länge>10*Höhe und seitlicher Begrenzung, für senkrechte Plattenanordnung geeignet wegen Differenzierung
c _N -Wert aus SIA 160, unendlich ausgedehnter Platte auf dem Boden, senkrecht angeströmt, /Sockel, 1984, S.300, Bild 11.14.2/	1,2	gültig ab Länge>10*Höhe und seitlicher Begrenzung
c _N -Wert aus SIA 160, Platte mit L=10H über dem Boden, senkrecht angeströmt, /Sockel, 1984, S.300, Bild 11.14.2/	1,3	im Vergleich zur DIN 1055 Teil 4, sehr niedrig
c _N -Wert aus SIA 160 Platte mit L=10H auf dem Boden, senkrecht angeströmt, /Sockel, 1984, S.300, Bild 11.14.2/	1,2	
c _N -Wert aus SIA 160, Platte mit L=10H über dem Boden, mit 40° aus der Flächennormalen angeströmt, /Sockel, 1984, S.300, Bild 11.14.2/	1,6	Kraftangriff im 0,3*Länge-Punkt
c _N -Wert aus SIA 160 Platte mit L=10H auf dem Boden, mit 40° aus der Flächennormalen angeströmt, /Sockel, 1984, S.300, Bild 11.14.2/	1,5	Kraftangriff im 0,3*Länge-Punkt

11.3 Modellierung der Windlast

CFD-Berechnungen (Computational Fluid Dynamic) sollen in diesem Abschnitt zeigen, welche Ergebnisse man bei Versuchen entsprechend der DIN 1055 Teil 4 zur Kraftbeiwertbestimmung im Windkanal erhalten hätte. Verwendet wurde das Programm CFX-4.2 von AEA Technology.

Gründe für die Strömungsberechnung:

- Untersuchung eines einfachen und reproduzierbaren Lastanfalls
- Berechnung der Druckfelder zur Lastberechnung und deren Überprüfung
- Darstellung der Strömung und der Druckfelder
- hohe Flexibilität und gute Prognose von numerischen Strömungsberechnungen

Modellannahmen:

- Modellgebiet: Länge = 30 m, Breite = 25,7 m, Höhe = 10 m
- eine stationäre Anströmung wie im Windkanal
- keine Berücksichtigung der realen Wind- und Umgebungsstruktur
- Anströmgeschwindigkeit über gesamten Eintrittsquerschnitt = 42 m/s
- geringe Turbulenz stromaufwärts

Maße des angeströmten Kollektors:

- Länge = 5,70 m
- Höhe = 1,45 m
- Stärke = 0,10 m
- Brutto-Kollektorfläche = 8,2 m²
- Höhe über dem Boden = 0,5 m

Eigenschaften der Strömung:

- ausgedehntes Nachlaufgebiet
- Umströmung scharfer Kanten führt immer zur Ablösung der Strömung
- damit liegt der Ablösepunkt fest und ist nicht abhängig von Reynolds-Zahl, wie z.B. beim Kreiszylinder
- Wirbelbildung der Leeseite möglich
- Zunahme der Turbulenz im Nachlauf

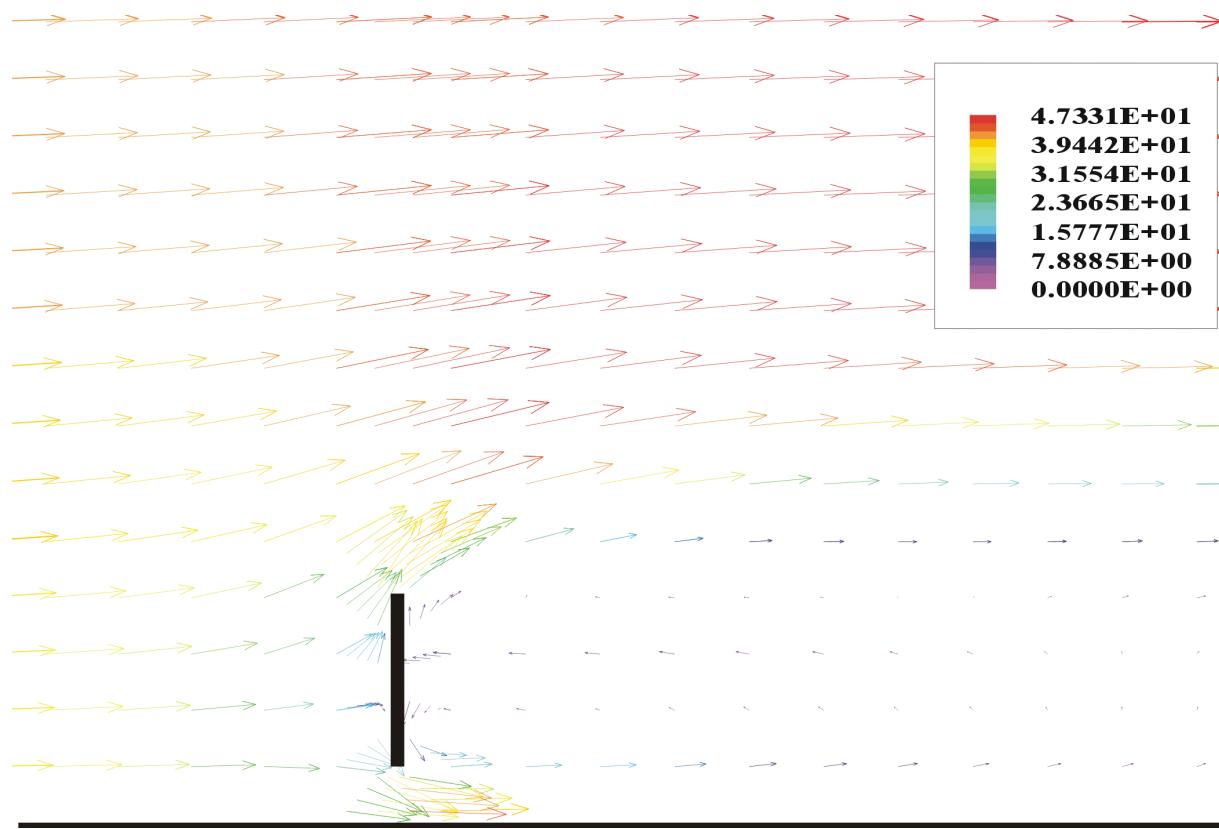
Senkrecht angeordneter Kollektor:

Bild 11.1: Geschwindigkeitsfeld des Luftstromes in m/s

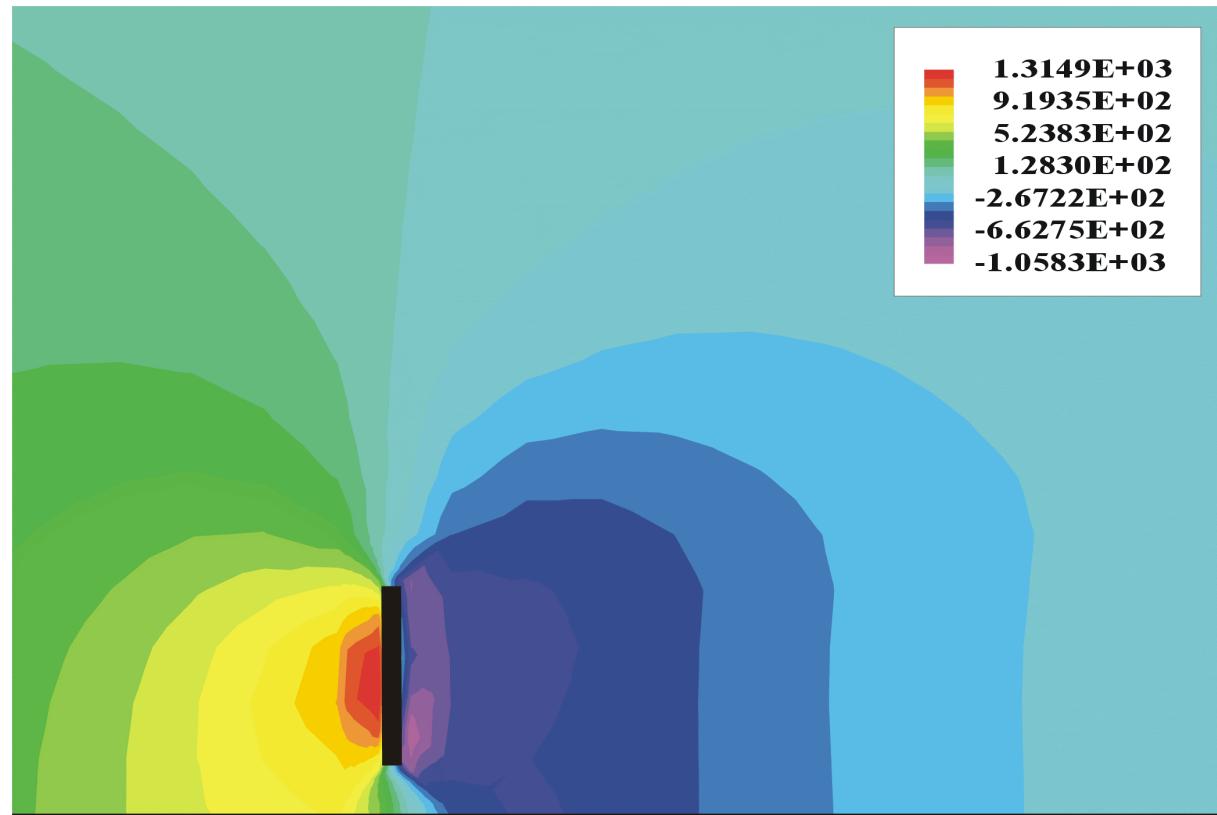


Bild 11.2: relatives Druckfeld im Luftstrom in Pa

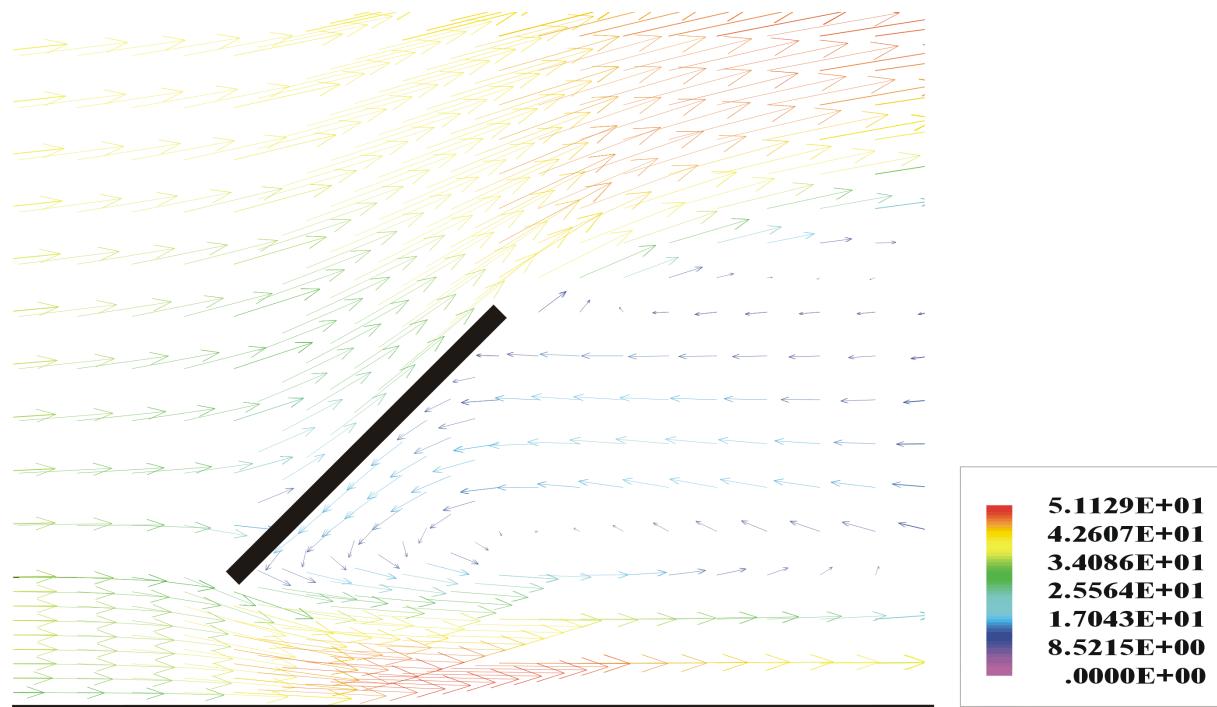
45° geneigter Kollektor, Anströmung der Vorderseite:

Bild 11.3: Geschwindigkeitsfeld des Luftstromes in m/s

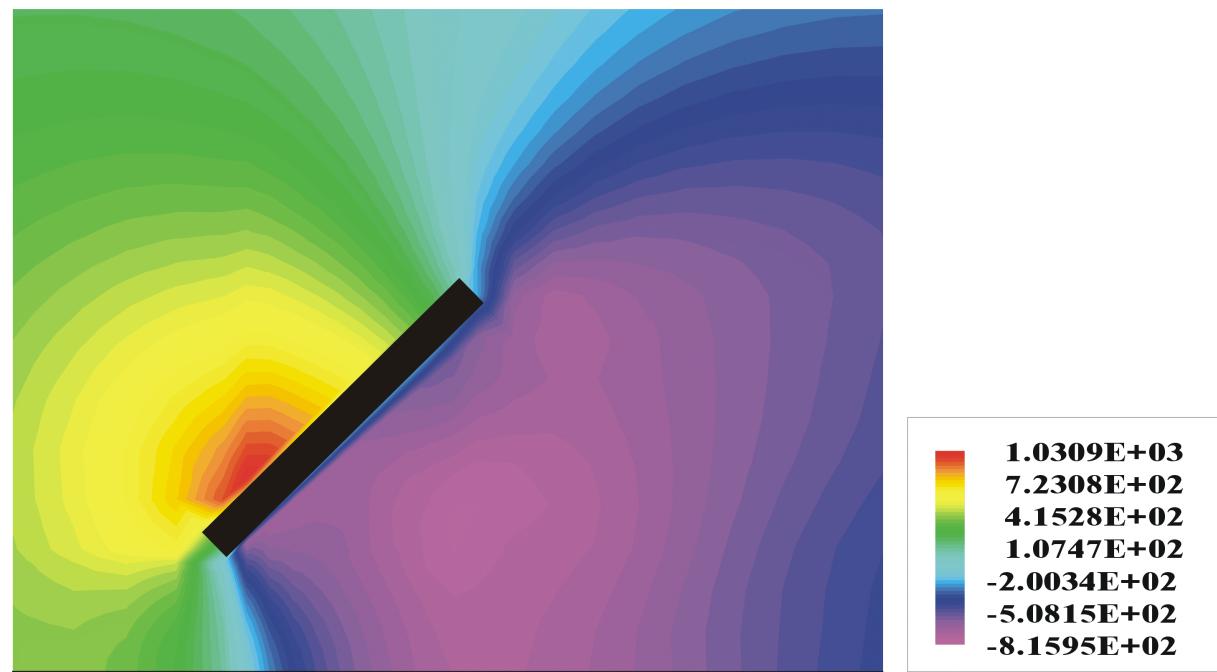


Bild 11.4: relatives Druckfeld im Luftstrom in Pa

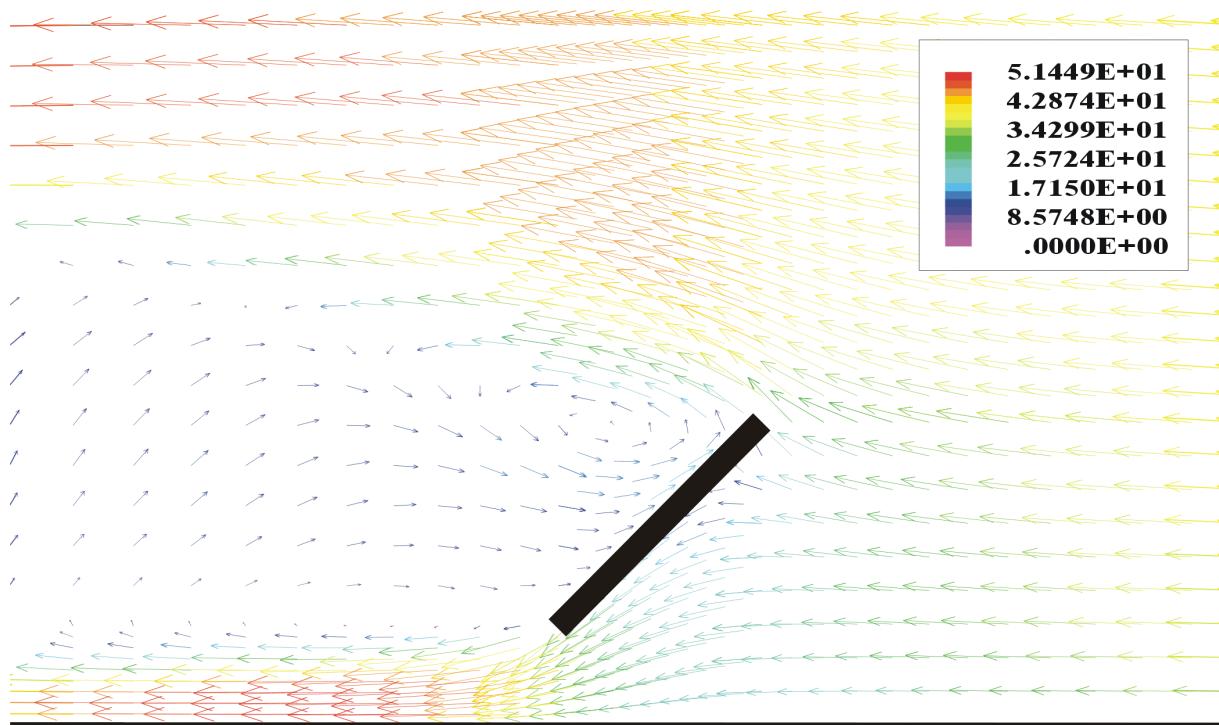
45° geneigter Kollektor, Anströmung der Kollektorrückseite:

Bild 11.5: Geschwindigkeitsfeld des Luftstromes in m/s

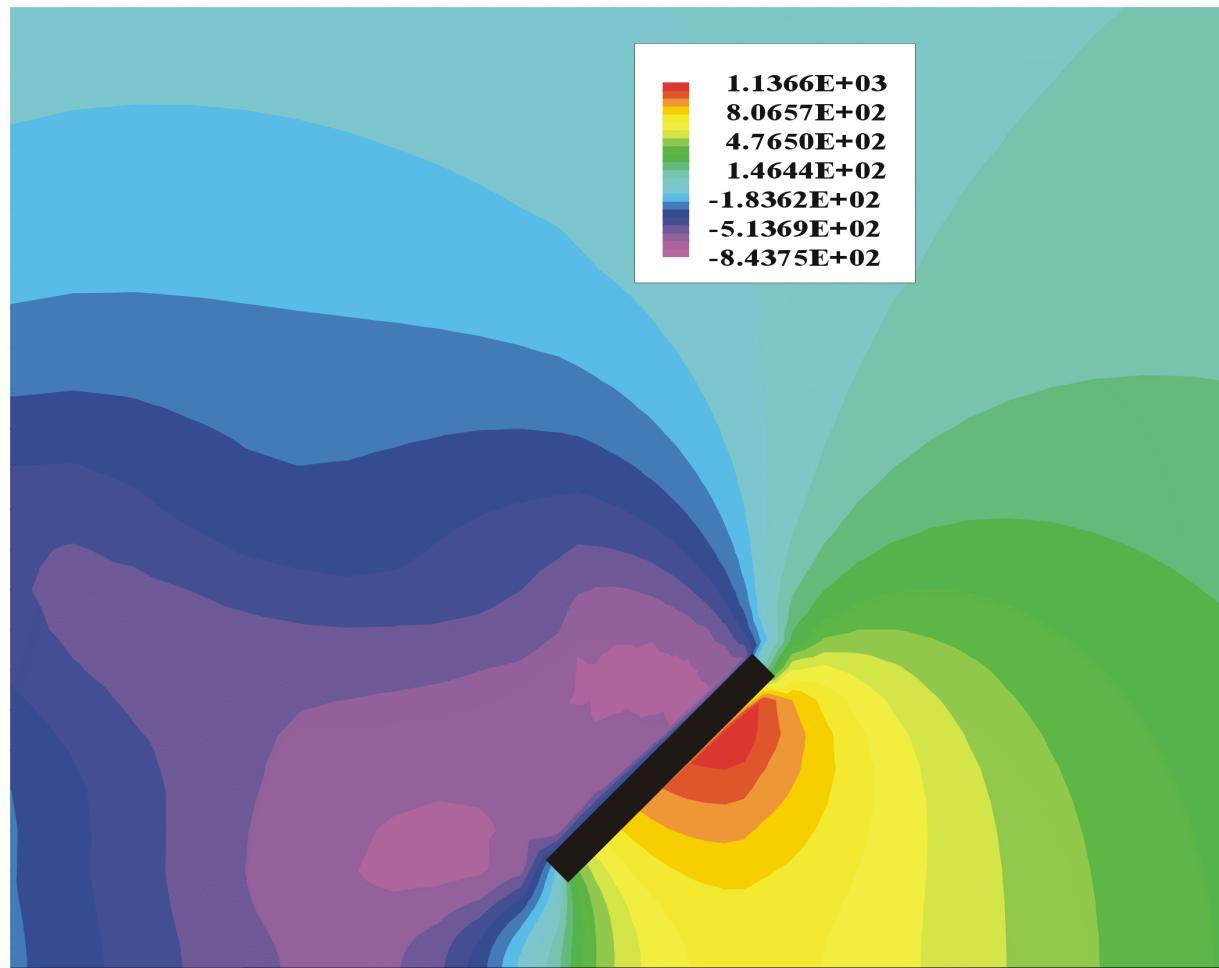


Bild 11.6: relative Druckfeld im Luftstrom in Pa

Ergebnisse:

Aus den Druckfeldern wurden die Kraftwerte bestimmt (Tabelle 11.3). Dabei liegt der Kraftbeiwert des Referenzfalles ca. 5 % über dem Wert der Norm. Diese Erhöhung wird auf die Sperrwirkung des Gebäudes zurückgeführt. Die Kraftbeiwerte für den geneigten Kollektor sind plausibel. Wenn eine Platte schräg zum Wind angestellt wird verkleinert sich die Angriffsfläche. Wird der Wind wie beim vorn angeströmten Kollektor abgeleitet, verringert sich der resultierende Kraftbeiwert.

Besonders ist zu beachten, daß bei dieser Anordnung, einen halben Meter über dem Boden, sehr hohe Windgeschwindigkeiten zwischen Kollektorunterkante und Boden auftreten. Weiterhin konnte der Kraftangriffspunkt, der in der ENV (Abschnitt 7.2) verwendet wird, nachgewiesen werden. In Bild 11.4 und Bild 11.6 ist deutlich zu erkennen, daß um den sogenannten Dreiviertelpunkt auf der Luvseite das Druckfeld das maximale Wert annimmt.

Tabelle 11.3: Ergebnisse der Strömungsberechnung

	Kraftbeiwert
Referenzfall – senkrechter Kollektor	2,14
45° geneigter Kollektor: Anströmung der Kollektorschürze	1,38
45° geneigter Kollektor: Anströmung der Kollektorrückseite	-1,54

11.4 Experimentelle Ergebnisse

Ein weiterer wichtiger Punkt in der zugrundeliegenden Arbeit war die Recherche auf dem Gebiet der Strömungsmechanik. Besonders auffällig ist der Sachverhalt, daß nur wenige Angaben zur schräg angeströmten Platte bezüglich des Strömungswiderstandes bzw. der daraus resultierenden Kraft verfügbar waren. Im Gegensatz dazu sind Kreiszylinder, Schaufelprofile von Fluidmaschinen und Flügelprofile in der Aerodynamik in der Vergangenheit sehr stark untersucht worden. Nur eine Arbeit speziell zur Windlast an Flachkollektoren konnte ausfindig und beschafft werden. Dieser Arbeit liegen Experimente und Berechnungen zu Grunde, die analog nach DIN oder EN (Abschnitt 7.2) für eine Kraftbeiwertbestimmung, auch

Es handelt sich dabei um folgende Quellen:

- „AN INVESTIGATION OF WIND LOADS ON SOLAR COLLECTORS“ by H. W. Tieleman, R. E. Akins, P. R. Sparks; College of Engineering, Virginia Polytechnik Institute and State University, Department of Engineering Science and Mechanics, Blacksburg, Virginia 24061; VPI-E-80-1; Prepared for: The U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Contract No. EO-AO1-78-3605
- “WIND FORCE COEFFICIENTS FOR SOLAR COLLECTORS DERIVED FROM FULL-SCALE LOAD AND PRESSURE MEASUREMENTS” by P. R. Sparks, H. W. Tieleman, R. E. Akins; Paper from Proceedings at the 4th U.S. National Conference on Wind Engineering Research, July 27-29, 1981 Seattle, WA, pp 321 – 331

Besonderer Dank gilt Professor **H. W. Tieleman**, Assistant Professor **R. E. Akins** und Associate Professor **P. R. Sparks** vom Virginia Polytechnik Institute und State University. Diese Autoren haben 1980 einen Forschungsbericht für das Nationale Standardisierungsbüro des U.S. Wirtschaftsministerium erstellt. Freundlicherweise wurde den Autoren ein Exemplar zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse sind ein wichtiger Bestandteil dieser Arbeit und erweitern das Spektrum der vorliegenden Untersuchungen.

11.4.1 Gegenstand der Untersuchungen

Ziel der Arbeit war die Bestimmung der Windlast an Kollektoren mit folgenden Methoden:

- Bestimmung der Druckbeiwerte am Kollektor
- Bestimmung der Kraftbeiwerte für Kollektoren
- Vorschlag für die Windlastannahme an der Unterkonstruktion

Untersuchte Konfigurationen:

- Flachdach (flat roof), ein Stockwerk
- Flachdach, zwei Stockwerke
- Flachdach mit Attika (flat roofs with parapets)
- Flachdach mit mehreren Reihen (multiple rows)
- 15, 30, 45, 60° geneigtes Dach (pitched roof) mit unterschiedlichen Kollektorneigungen 15, 30, 45, 60°
- sog. Berm units, Bodenaufstellung von Kollektoren, obere Kante des Kollektors an der Hauswand
- Freilandaufständerung (ground installations)
- sog. industrial installation, viele Kollektoren in einer Ebene
- Price's Fork Experimental Building, drehbares Experimentalhaus für Freilandversuche (Abschnitt 11.4.4.5)

Die untersuchten Konfigurationen sind ausführlich in Abschnitt 11.4.8 dargestellt. Um den Umfang der grafischen Darstellungen und Tabellen nicht unnötig zu vergrößern, ist es notwendig mit entsprechenden Querverweisen zu arbeiten. Weiterhin wird an der Originalbezeichnung der Untersuchungen festgehalten. Damit kann jede Untersuchung eindeutig einer Versuchsbeschreibung zugeordnet werden.

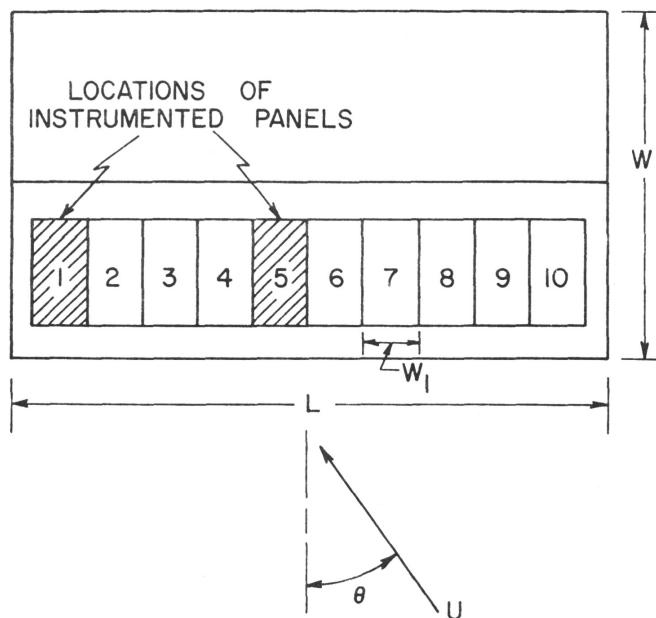


Bild 11.7: Lage der untersuchten Kollektoren am Rand und in der Mitte und Definition der Maße, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 98/

Der Angriffswinkel Θ ist für die senkrechte Anströmung von vorn 0° und dreht mathematisch positiv bei der Ansicht von oben auf das Kollektorfeld.

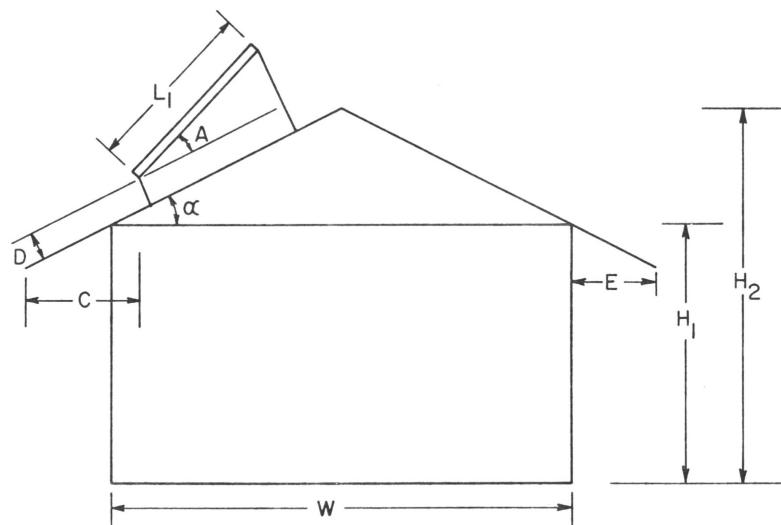


Bild 11.8: Definition der Maße für die Modelle der Einfamilienhäuser, entnommen aus /Tieleman, 1980, S .99/

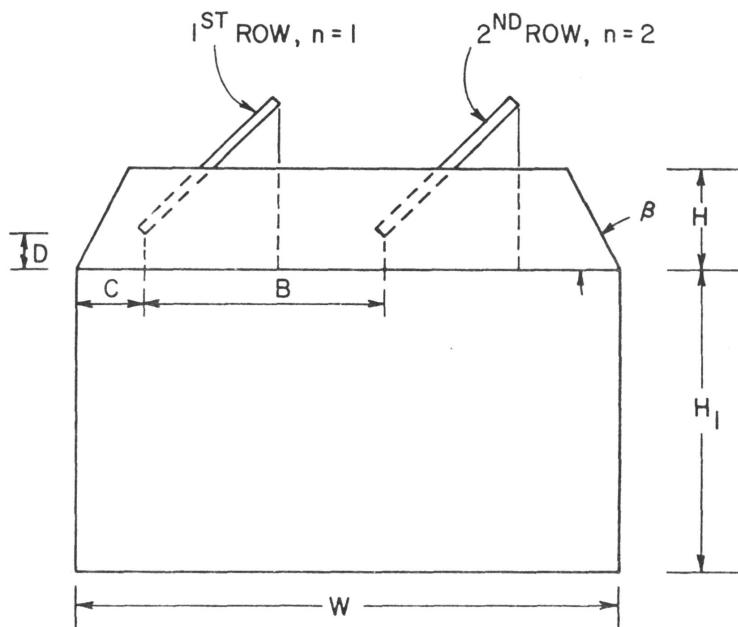


Bild 11.9: Definition der Maße für die Modelle mit Attika und Mehrfachreihen, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 100, geringfügig geändert/

Durchführung der Experimente:

- Im Windkanal wurden Mitteldrücke und Druckschwankungen an einzelnen Flachkollektormodellen, die Bestanteil von jeweils verschiedenen Feldern waren, sowie die Strömungsgeschwindigkeit gemessen.
- Aus den Meßwerten sind Druckkoeffizienten bestimmt worden.
- Die Druckmessung an Vorder- und Rückseite des Kollektormodells fanden getrennt statt.
- Die Windlast für die Unterkonstruktion wurde über die Druckkoeffizienten berechnet.
- Der Windangriffswinkel variiert im Bereich von 0° bis 360° in 30° -Schritten.
- Die Ergebnisse sind mit Meßergebnissen aus anderen Datenquellen zur Einschätzung und Absicherung verglichen worden.
 - Kollektorattrappe auf 30° geneigten Dach des Price's Fork Experimental House – Freilandversuch
 - Vergleich von Druckkoeffizienten für Wand und Dach mit einer Arbeit der University of Western Ontario von Apperly, Surry, Stathopoulos und Davenport

- Vergleich im Einzelfall mit der ANSI A58.1-1972

Ergebnisse:

Die ausgewerteten Ergebnisse liegen in Tabellen- und Diagrammform einschließlich einer Bewertung sowie Anwendungsvorschläge in Zusammenhang mit der amerikanischen Windlastnorm ANSI A58.1-1972 vor.

11.4.2 Meßwertverarbeitung

Es wurden Druckmessungen in einem Grenzschichtwindkanal an Modellen durchgeführt. Die lokalen gemittelten Druckkoeffizienten und die über die Fläche gemittelten Druckkoeffizienten beziehen sich auf das ungestörte Geschwindigkeitsprofil der Näherungsströmung. Die gemessenen Drücke sind in lokale Druckkoeffizienten umgewandelt worden:

- Lokal gemittelter Druckkoeffizient (mean pressure coefficient):

$$C_{PMEAN} = \frac{\overline{p - p_{static}}}{0,5 * \rho * U_R^2} \quad \text{Gleichung 11.1}$$

- Maximaler Spitzendruckkoeffizient (peak-maximum pressure coefficient):

$$C_{P_{MAX}} = MAX\left(\frac{p - p_{static}}{0,5 * \rho * U_R^2}\right) \quad \text{Gleichung 11.2}$$

- Minimaler Spitzendruckkoeffizient (peak-minimum pressure coefficient pressure coefficient):

$$C_{P_{MIN}} = MIN\left(\frac{p - p_{static}}{0,5 * \rho * U_R^2}\right) \quad \text{Gleichung 11.3}$$

- Spitzendruckkoeffizient (peak-maximum or peak-minimum pressure coefficient):

$$C_{P_{MAX}} = MAX\left|\frac{p - p_{static}}{0,5 * \rho * U_R^2}\right| \quad \text{Gleichung 11.4}$$

- Der Schwankungskoeffizient entspricht der Standardabweichung des Druckkoeffizienten und ist damit ein Streu- oder Schwankungsmaß (root-mean-square):

$$C_{PRMS} = \sqrt{\frac{\overline{(p - p_{static}) - (\overline{p - p_{static}})^2}}}{0,5 * \rho * U_R^2}} \quad \text{Gleichung 11.5}$$

Weil der Wind bzw. die Strömung im Grenzschicht-Windkanal schwankende Drücke am Kollektor bzw. dem Kollektormodell verursacht, werden statistische Methoden zur Erklärung der Effekte angewandt. Die schwankenden Größen sind die Windgeschwindigkeit in Betrag und Richtung, der Druck am Kollektor und die Turbulenz. Besondere Bedeutung hat dabei der gemessene Druck am Kollektormodell, der ein Maß für die mechanische Last ist.

Die auftretenden Spitzendrücke besitzen verschiedene Vorkommenswahrscheinlichkeiten (probability distribution). PETERKA und CERMAK haben experimentell gezeigt, daß die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Spitzendrücke in zwei verschiedene Klassen entsprechend ihrer Größe der lokalen Mitteldruckdifferenzen fallen.

Über die Definition der reduzierten Variablen (reduced variate)

$$\eta = \frac{C_{PPEAK} - C_{PMEAN}}{C_{PRMS}} \text{ Gleichung 11.6}$$

kann die Verteilung der Spitzendrücke wie folgt dargestellt werden.

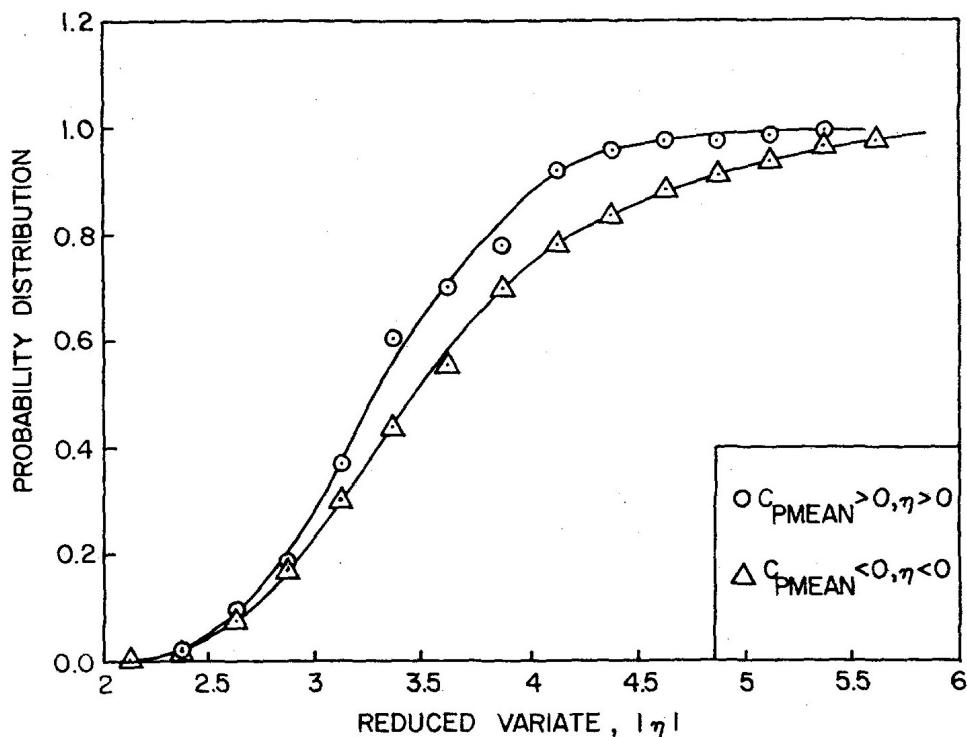


Bild 11.10: Wahrscheinlichkeitsverteilung der Spitzendrücke auf einer Kollektorseite, entnommen aus /Tieleman, 1980, S.104/

Betrachtet man den lokalen Druckkoeffizienten, so treten Spitzenminima bei $C_{PMEAN} < -0,75$ und Spitzenmaxima bei $C_{PMEAN} > -0,3$ auf. Für beide Klassen der Druckkoeffizienten (Bild 11.10) ergeben sich zwei deutlich verschiedene Wahrscheinlichkeitsverteilungen. Die Wahrscheinlichkeit für negative Druckspitzen ist höher als für positive Druckspitzen. Der Bereich $-0,75 < C_{PMEAN} < -0,3$ ist nicht signifikant ausgebildet.

Die Spitzenmaxima und die Spitzenminima verbunden mit Werten von $|C_{PMEAN}| < 0,5$ sind jedoch relativ klein und die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der reduzierten Variable, sind nahezu identisch für beide Klassen für kleine Werte der reduzierten Variablen $|\eta| < 3$.

Die zwei Funktionen wurden aus den gemessenen Spitzendrücken erhalten und folgende reduzierte Variablen berechnet:

- 90 %-ige Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von positiven Druckspitzen: $\eta_{90\%} = 4,25$
- 90 %-ige Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von negativen Druckspitzen: $\eta_{90\%} = -4,75$

Diese Effekte können wie folgt erklären werden: An der angeströmten Kollektorseite strömt die Luft in Richtung des geringsten Widerstandes ab. Druck- und Geschwindigkeitsfeld sind relativ stabil und an den Kanten kommt es zu Strömungsablösung. Im Abströmgebiet werden Wirbel angetrieben. Es kommt zur Rezirkulation und es finden ständig Richtungswechsel statt. Es handelt sich also um ein relativ instabiles Druck- und Geschwindigkeitsfeld. Daher kommt es auch zu größeren negativen Druckspitzen und größeren Schwankungen.

Der mittlere Kraftbeiwert (net mean pressure coefficient)

$$[C_{PMEAN}]_{NET} = [C_{PMEAN}]_{TOP} - [C_{PMEAN}]_{BOTTOM} \text{ Gleichung 11.7}$$

wird durch die Subtraktion der mittleren Druckbeiwerte von Vorder- und Rückseite bestimmt. Wird der angeströmte Kollektor in Richtung der Aufständeration gedrückt, ist Wert des Kraftbeiwertes positiv, während bei Sog eine negativer Wert charakteristisch ist.

Gleichzeitige Druckmessungen an Vorder- und Rückseite wurden nicht für jede Konfiguration durchgeführt. Die Netto-Spitzendrücke sind dann wie folgt geschätzt worden:

- 50 %-tige Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von positiven Druckspitzen: $\eta_{50\%} = 3,25$
- 50 %-tige Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von negativen Druckspitzen: $\eta_{50\%} = -3,5$

$$[C_{PPEAK}]_{NET} = [C_{PMEAN} \pm \eta_{50\%} * C_{PRMS}]_{TOP} - [C_{PMEAN} \pm \eta_{50\%} * C_{PRMS}]_{BOTTOM} \text{ Gleichung 11.8}$$

Bild 11.11 zeigt die Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die jeweiligen Feldtypen. Eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für alle Varianten ist auf Grund der geringen Abweichung gerechtfertigt.

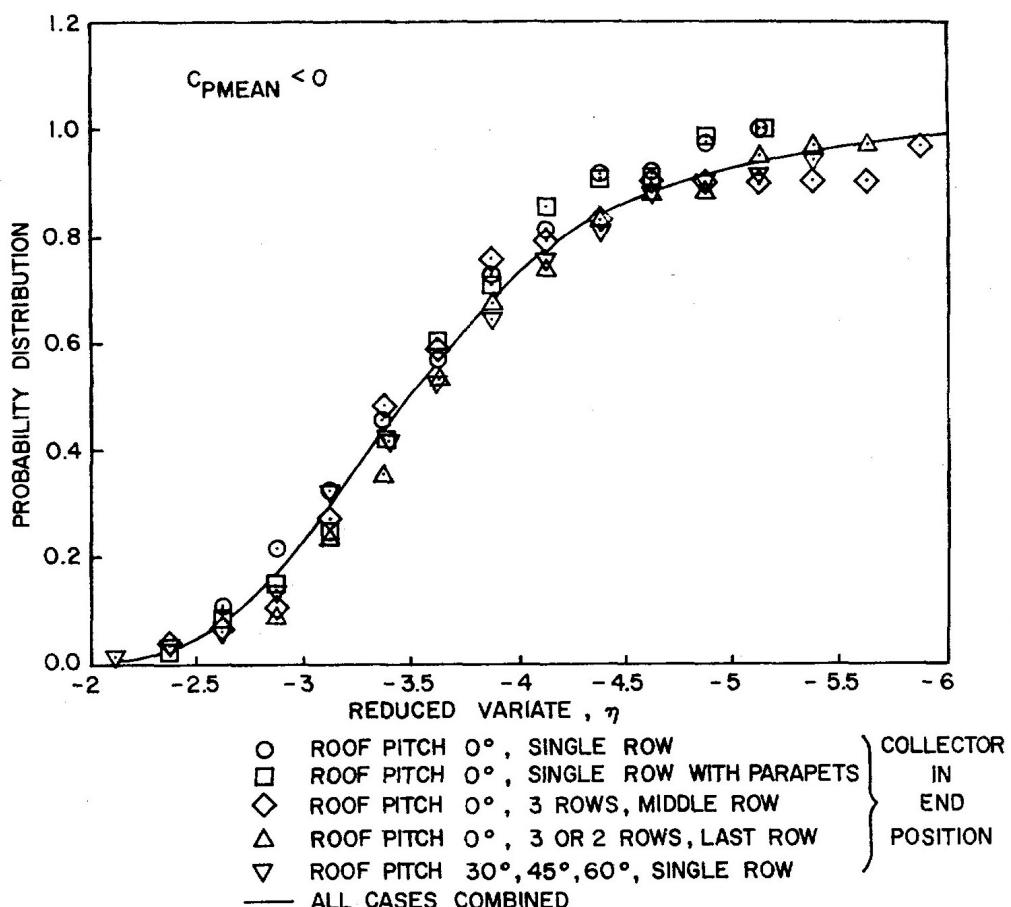


Bild 11.11: Wahrscheinlichkeitsverteilung von negativen Spitzendrücken auf einer Seite des Kollektors für mehrere Aufständerationarten, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 106/

Folgende Annahme wurde für die Schätzung des Netto-Spitzendruckkoeffizienten getroffen: Ein Ergebnis von gleichzeitig vorkommenden Druckspitzen an beiden Seiten mit 90 % Wahrscheinlichkeit ist unwahrscheinlich. Das müßte eine Umströmung mit gleichzeitig extremem Druckstoß und extremem Soggebiet sein, was zwei konkurrierende Effekte sind. Deshalb wurde eine einseitige Druckschwankung mit 50 % Wahrscheinlichkeit angenommen. Aus den vier berechneten Kombinationen wurde der maximale Wert ausgewählt und dann als Netto-Spitzendruckkoeffizient festgelegt.

Der Gültigkeitsnachweis dieser Vorgehensweise ist in Bild 11.12 dargestellt, wo vorhergesagte mit gemessenen Spitzendruckkoeffizienten für ca. 100 verschiedene Konfigurationen verglichen werden. Die Übereinstimmung von Meßwerten und berechneten Werten ist hervorragend. Die geringen Abweichungen sind auf die Druckschwankungsverteilung zurückzuführen. Damit ist die angewandte Methode legitim.

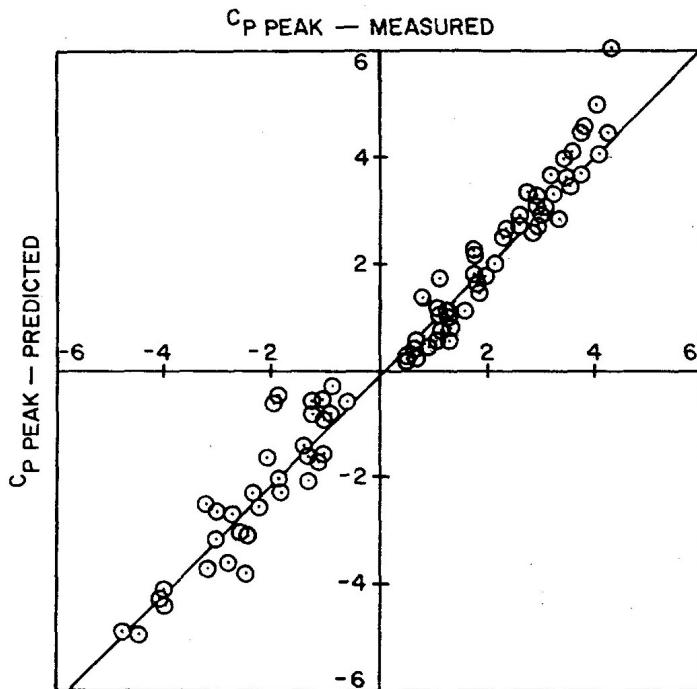


Bild 11.12: Vergleich zwischen gemessenen und vorhergesagten Spitzenkraftbeiwerten, entnommen aus /Tieleman, 1980, S.108/

Der Spitzenkraftbeiwert (net peak pressure coefficient) hat im Vergleich zum Spitzendruckbeiwert eine eigene Zufälligkeitsverteilung (Bild 11.13).

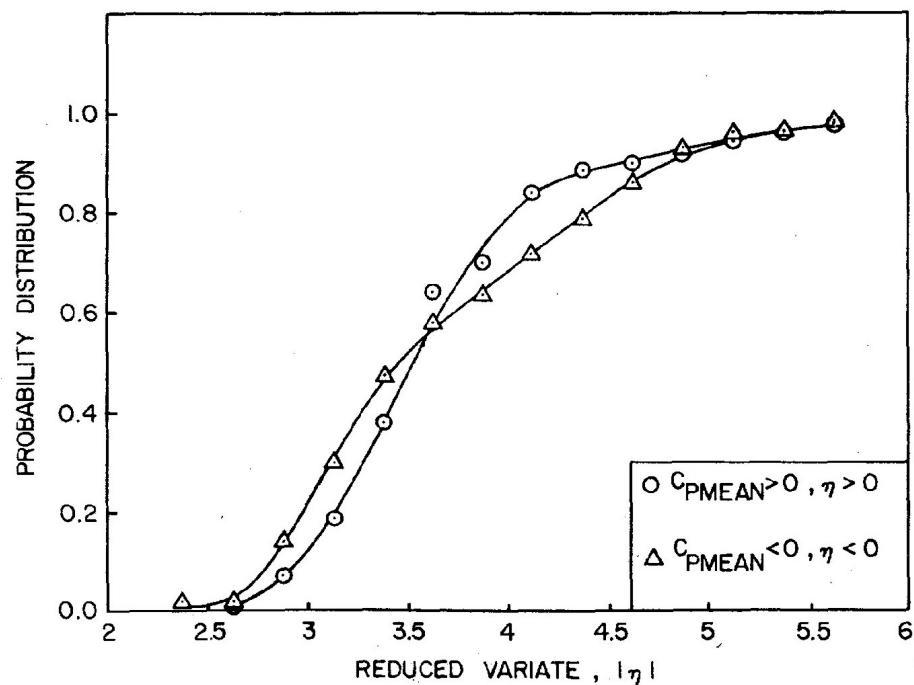


Bild 11.13: Wahrscheinlichkeitsverteilung des Spitzenkraftbeiwertes für einen Kollektor, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 109/

11.4.3 Untersuchte Modelle

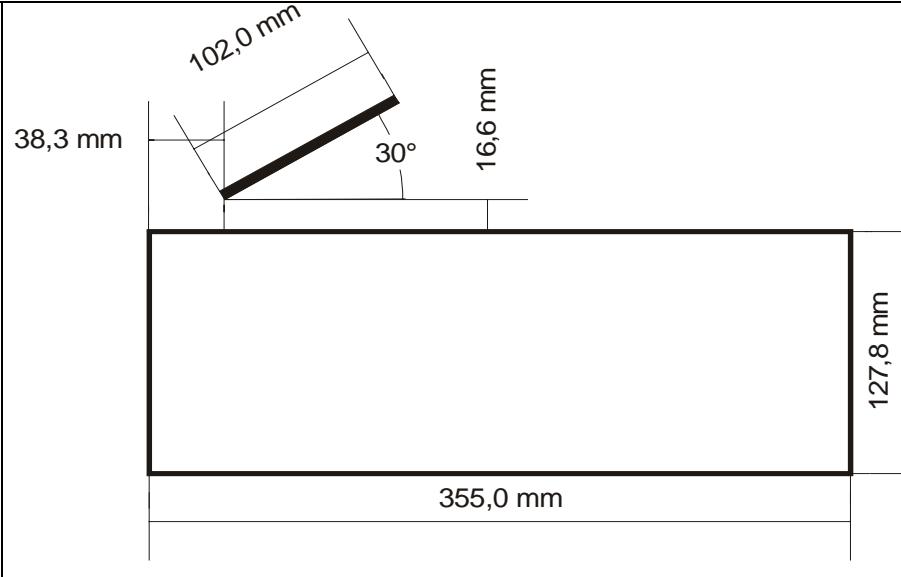
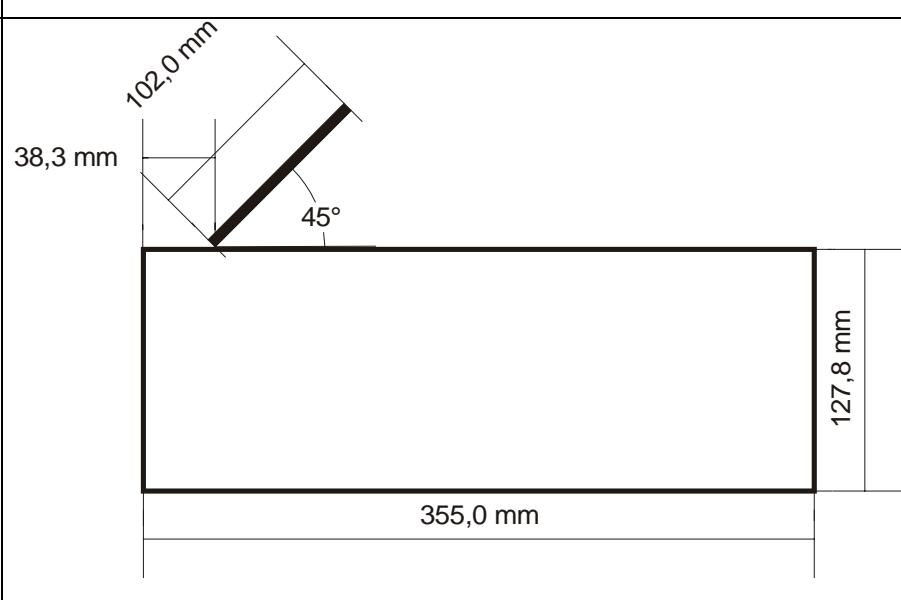
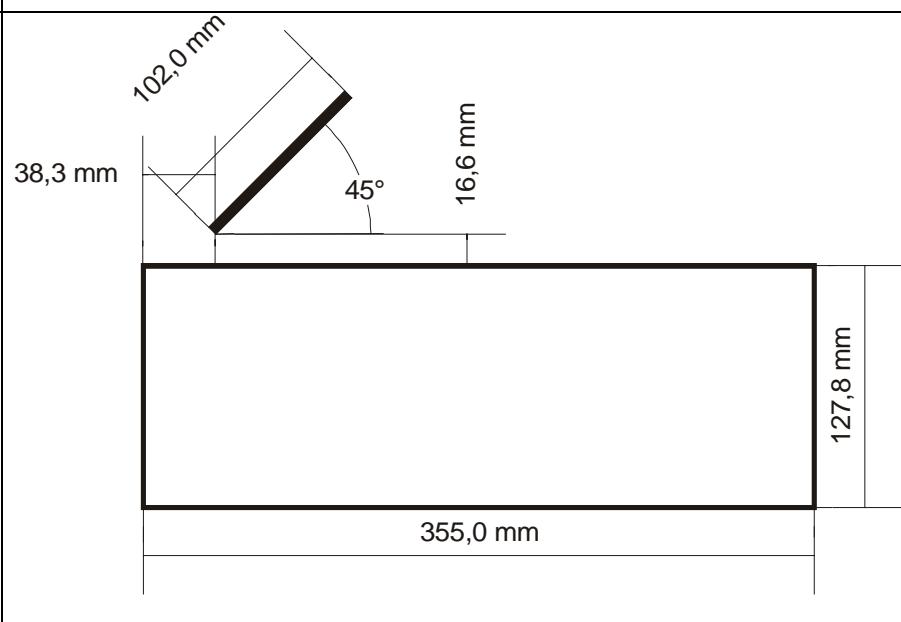
In diesem Abschnitt werden die Maße der Modelle, die im Grenzschichtwindkanal untersucht wurden, graphisch dargestellt. Das ermöglicht einen besseren Überblick und erhöht die Anschaulichkeit. Die Untersuchungen und ihre Ergebnisse werden anhand der Originalbezeichnung kodiert.

Die industrielle Aufständерung und die Freilandaufständerung werden in der Quelle nicht mit grafischen Darstellungen beschrieben. Bei der industriellen Aufständerungsvariante ist von einer geneigten, geschlossenen Fläche auszugehen, die aus Kollektoren gebildet wird.

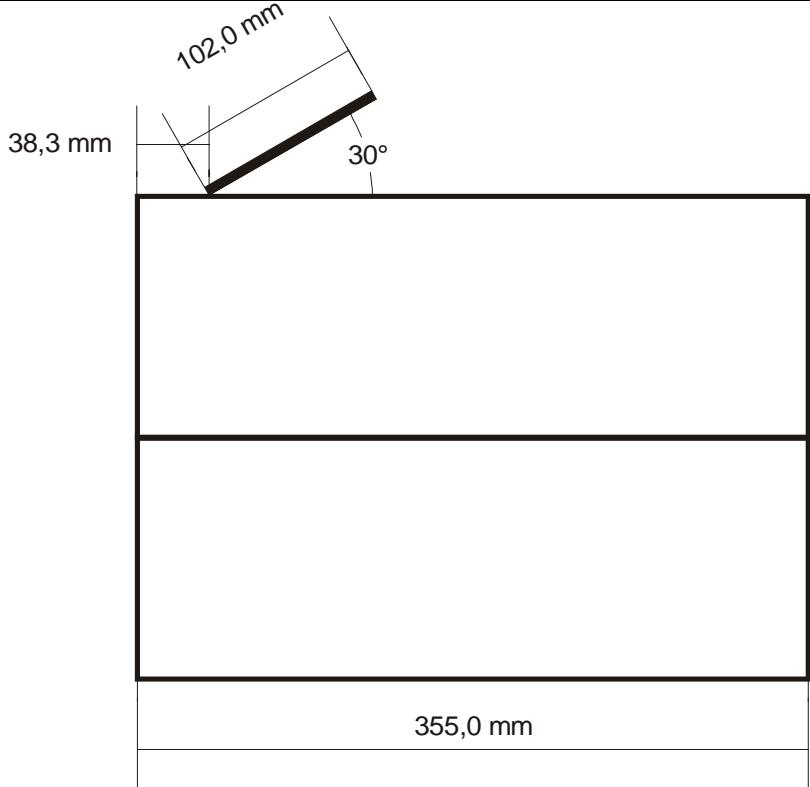
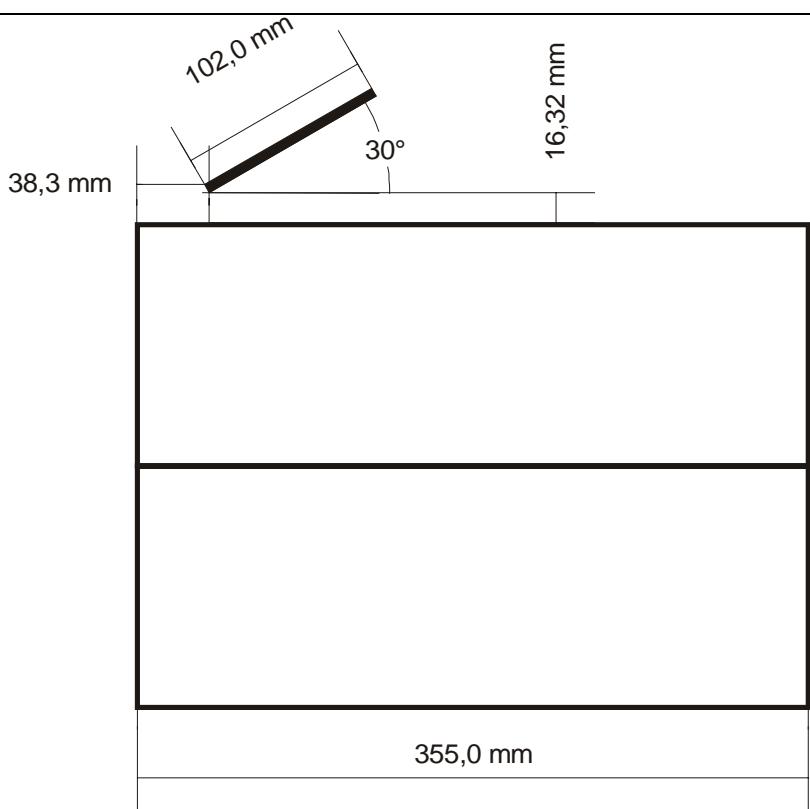
Die übergeordneten Versuchsreihen für unterschiedliche Aufständerungsvarianten werden mit einer Zahl und die unterschiedlichen Varianten mit einem Buchstaben kodiert.

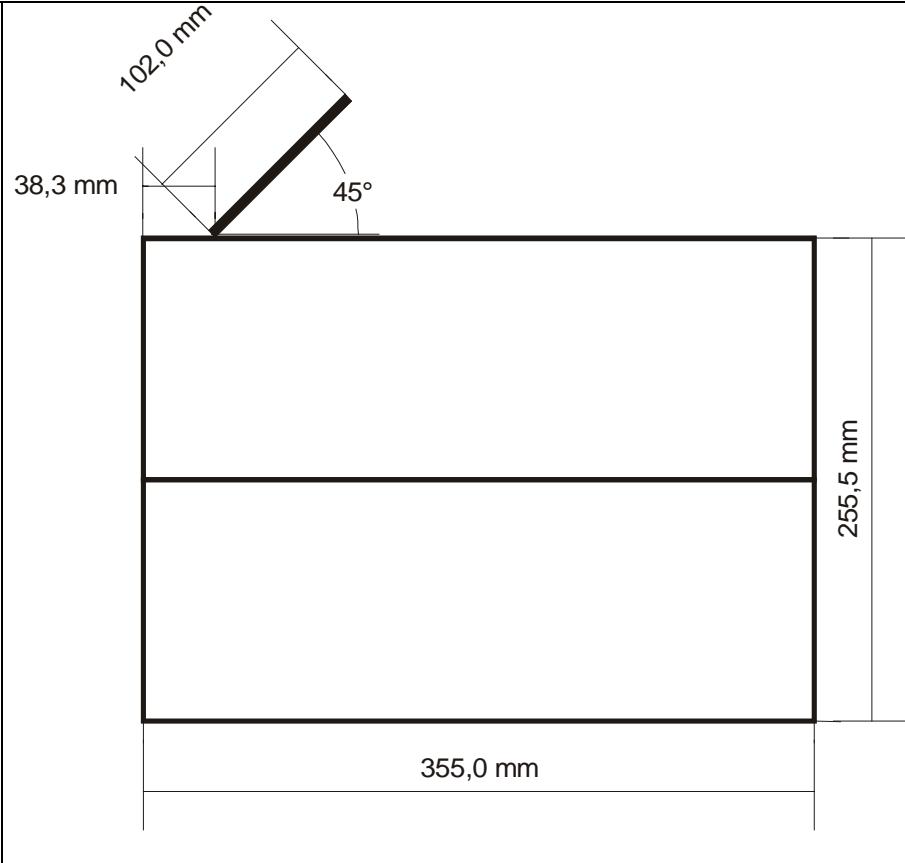
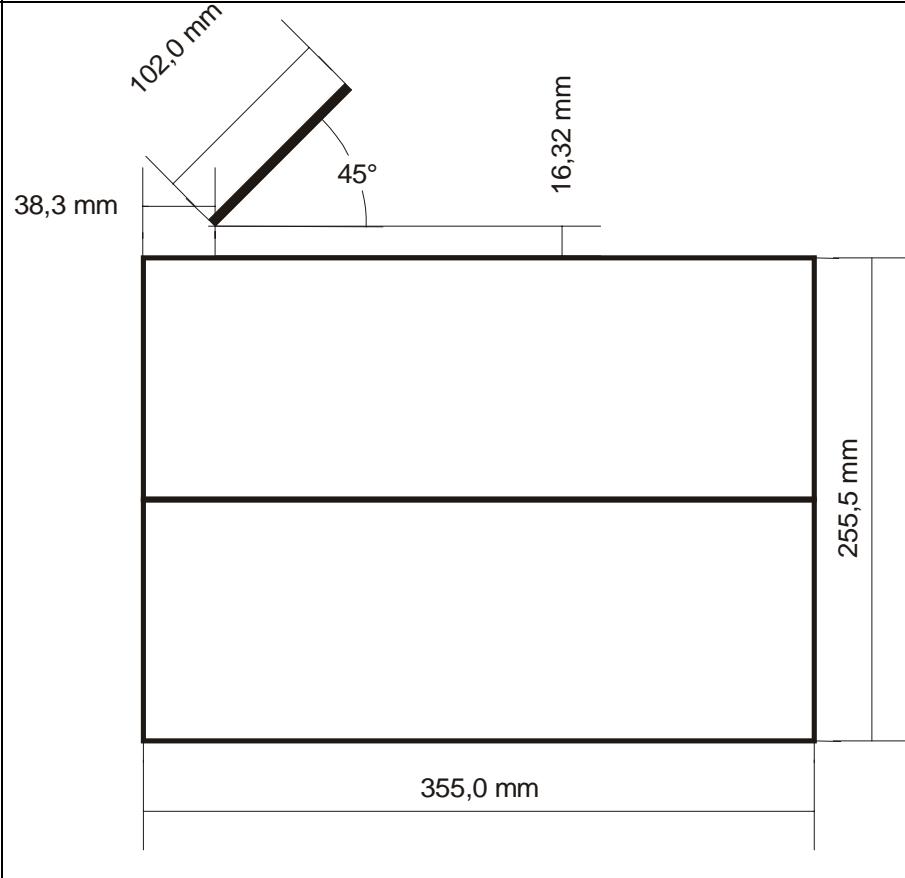
Tabelle 11.4: Im Windkanal untersuchte Modelle

Untersuchung 1-a/b Flachdach ein Stockwerk	
--	--

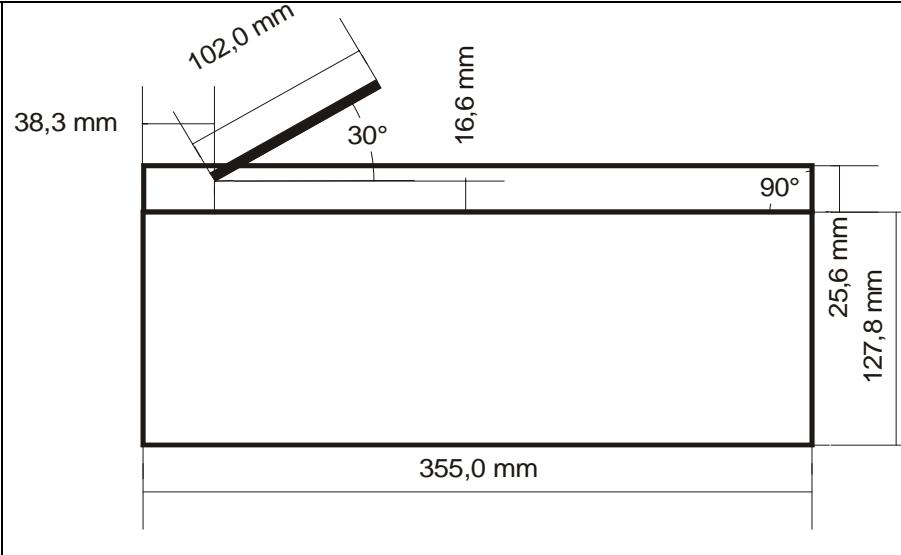
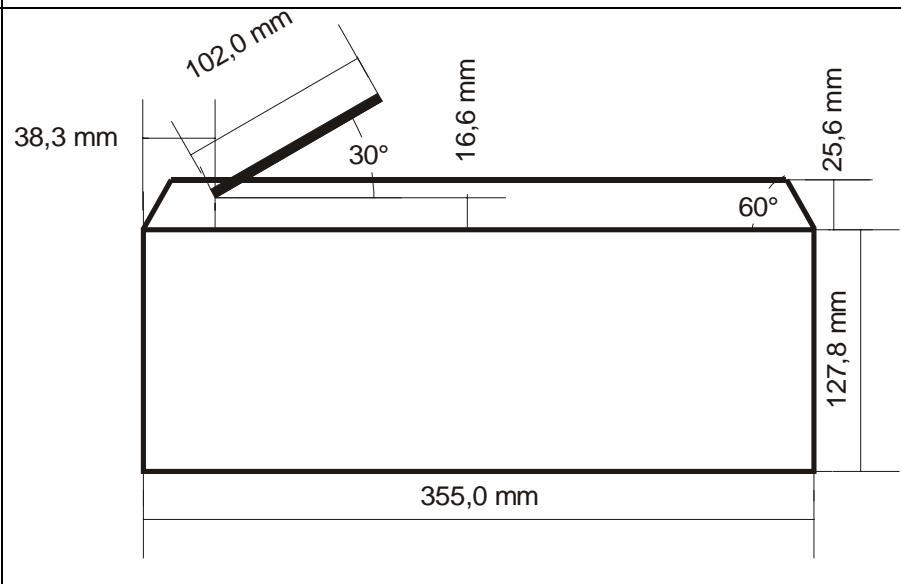
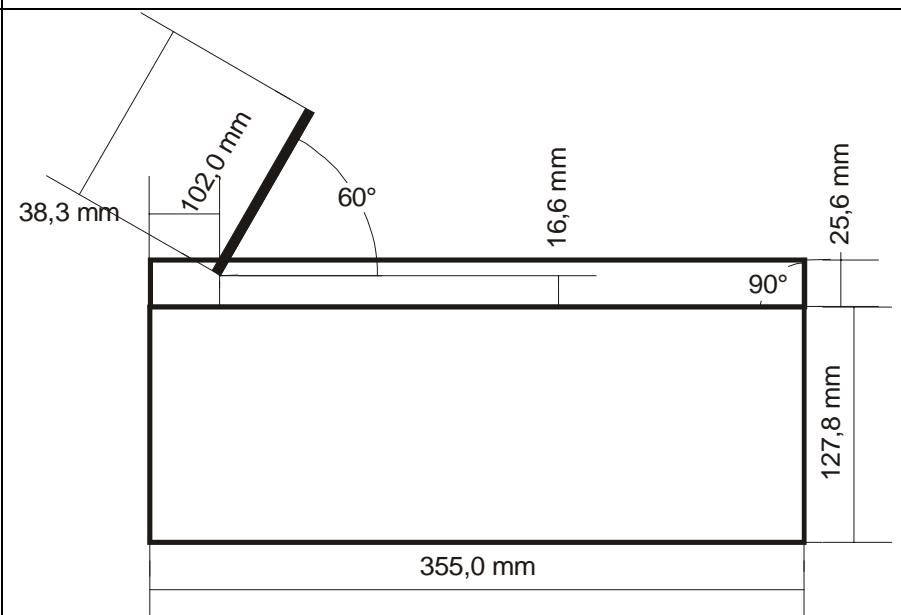
Untersuchung 1-c/d/e/f Flachdach ein Stockwerk	
Untersuchung 1-g/h Flachdach ein Stockwerk	
Untersuchung 1-i/j/k/l Flachdach ein Stockwerk	

Untersuchung 1-m/n Flachdach ein Stockwerk	<p>The diagram illustrates a flat roof investigation. It features a horizontal base line with a central rectangular opening. Above this opening, a vertical wall segment is shown. A diagonal line extends from the top edge of this wall segment to the top edge of the rectangular opening, forming a 60° angle. The height of the wall segment is labeled as 38,3 mm. The total height from the base to the top edge of the wall segment is 102,0 mm. The width of the rectangular opening is labeled as 355,0 mm. To the right of the opening, a vertical dimension of 127,8 mm is indicated.</p>
Untersuchung 1-o/p/q/r Flachdach ein Stockwerk	<p>The diagram illustrates a flat roof investigation. It features a horizontal base line with a central rectangular opening. Above this opening, a vertical wall segment is shown. A diagonal line extends from the top edge of this wall segment to the top edge of the rectangular opening, forming a 60° angle. The height of the wall segment is labeled as 38,3 mm. The total height from the base to the top edge of the wall segment is 102,0 mm. The width of the rectangular opening is labeled as 355,0 mm. To the right of the opening, a vertical dimension of 127,8 mm is indicated. Additionally, a vertical dimension of 16,6 mm is shown to the left of the opening.</p>

Untersuchung 2-a/b Flachdach zwei Stockwerke	 <p>38,3 mm</p> <p>102,0 mm</p> <p>30°</p> <p>355,0 mm</p> <p>255,5 mm</p>
Untersuchung 2-c/d Flachdach zwei Stockwerke	 <p>38,3 mm</p> <p>102,0 mm</p> <p>30°</p> <p>16,32 mm</p> <p>355,0 mm</p> <p>255,5 mm</p>

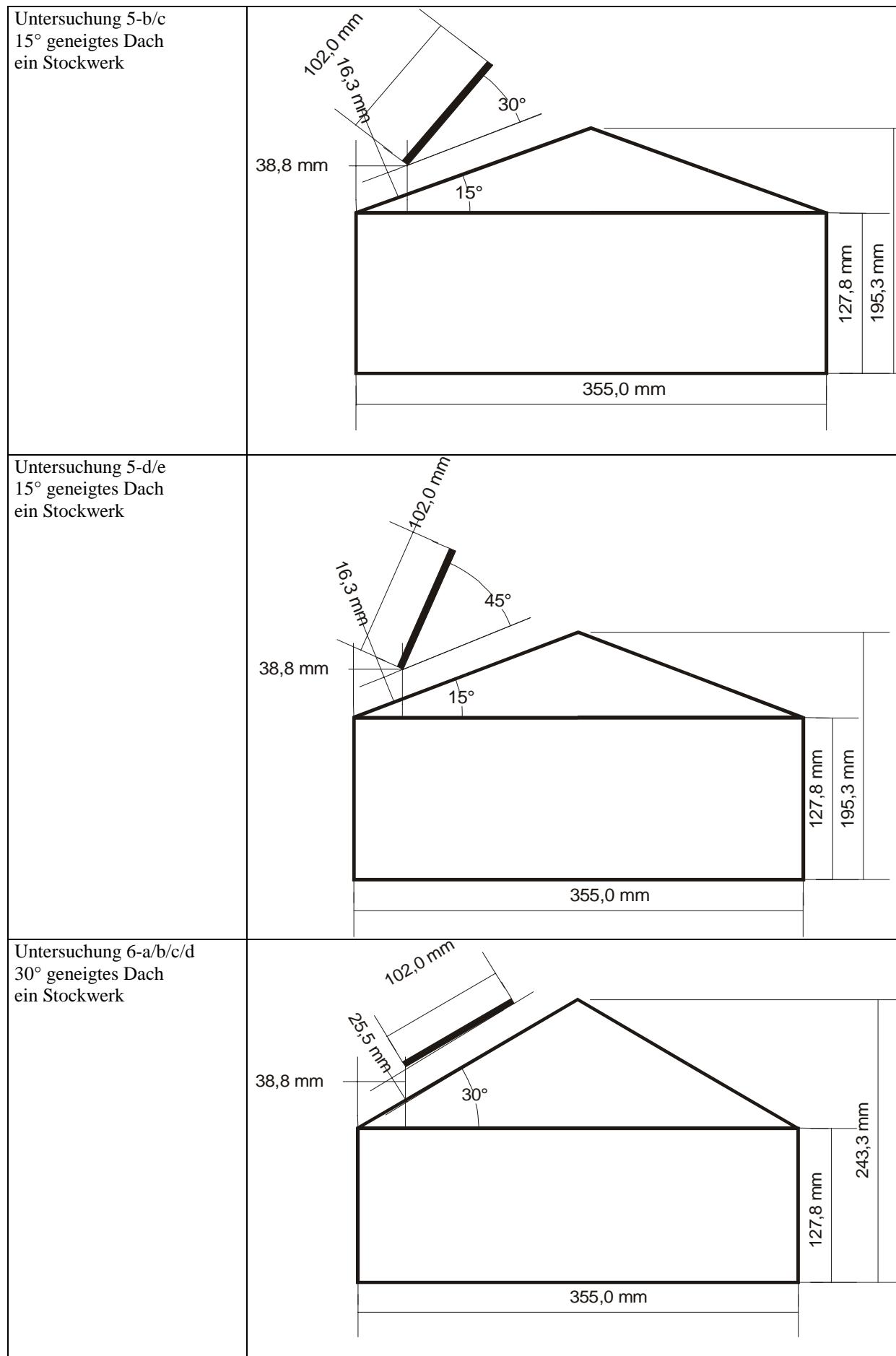
Untersuchung 2-e/f Flachdach zwei Stockwerke	 <p>102,0 mm 38,3 mm 45° 355,0 mm 255,5 mm</p>
Untersuchung 2-g/h Flachdach zwei Stockwerke	 <p>102,0 mm 38,3 mm 45° 16,32 mm 355,0 mm 255,5 mm</p>

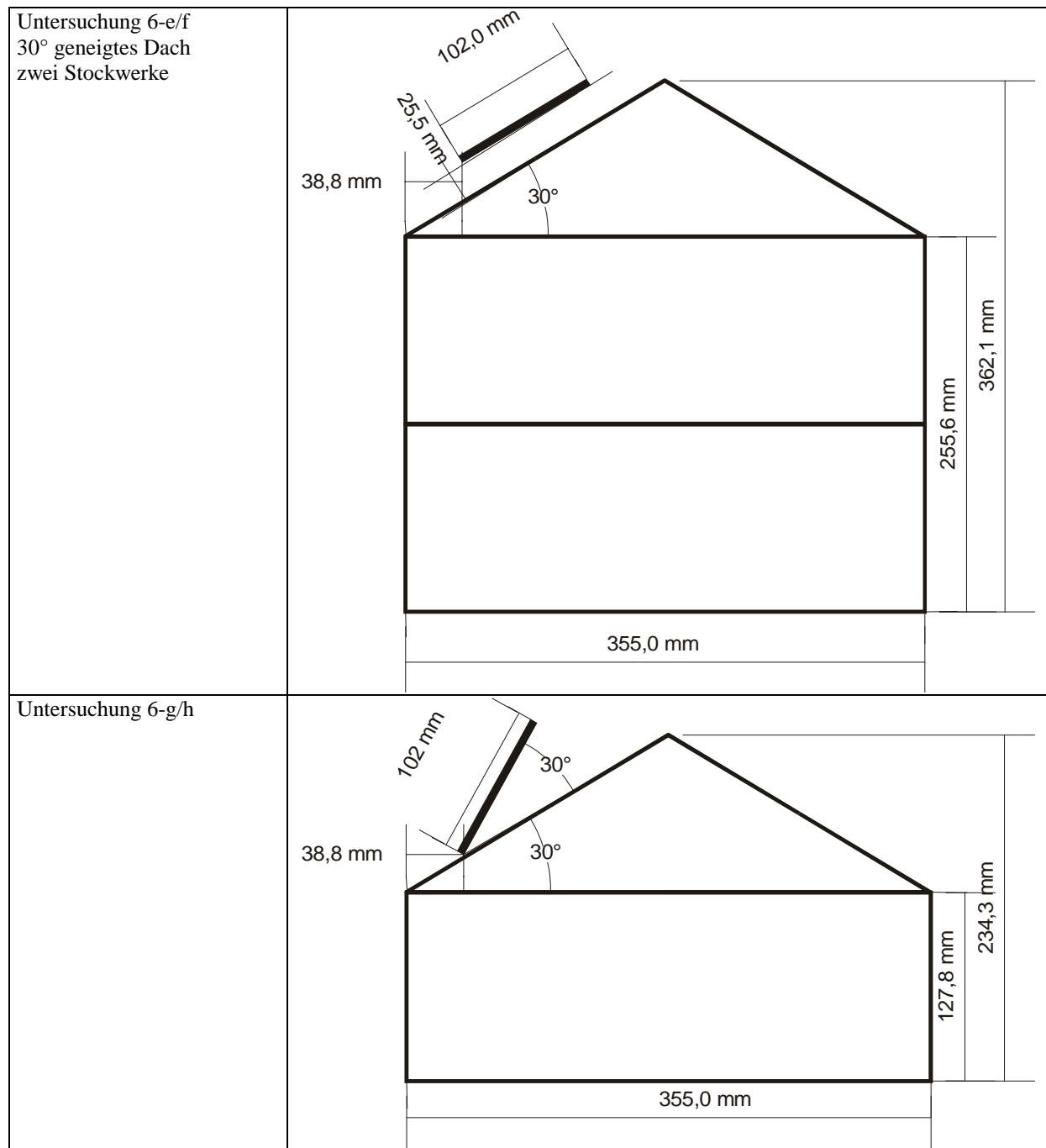
Untersuchung 2-i/j Flachdach zwei Stockwerke	<p>The diagram illustrates a cross-section of a flat roof system. It features a vertical wall section on the left. At the top of this wall, there is a horizontal projection representing a roof slab. A diagonal line extends from the top edge of the wall to the top edge of the slab, forming a 60° angle with the horizontal. The vertical distance between the top of the wall and the top of the slab is labeled as 38,3 mm. The total height of the wall and slab assembly is indicated by a dimension line above the slab, labeled as 102,0 mm. To the right of the slab, a horizontal dimension line spans the width of the slab, labeled as 355,0 mm. On the far right, a vertical dimension line indicates the thickness of the slab, labeled as 255,5 mm.</p>
Untersuchung 2-k/l Flachdach zwei Stockwerke	<p>The diagram illustrates a cross-section of a flat roof system. It features a vertical wall section on the left. At the top of this wall, there is a horizontal projection representing a roof slab. A diagonal line extends from the top edge of the wall to the top edge of the slab, forming a 60° angle with the horizontal. The vertical distance between the top of the wall and the top of the slab is labeled as 38,3 mm. The total height of the wall and slab assembly is indicated by a dimension line above the slab, labeled as 102,0 mm. To the right of the slab, a horizontal dimension line spans the width of the slab, labeled as 355,0 mm. On the far right, a vertical dimension line indicates the thickness of the slab, labeled as 255,5 mm. Additionally, a vertical dimension line on the right side of the slab indicates its thickness, labeled as 16,32 mm.</p>

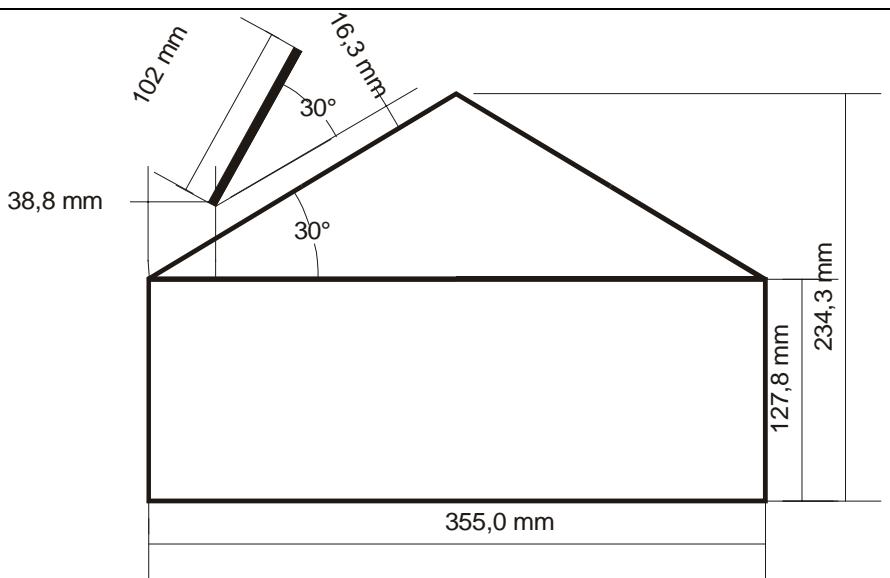
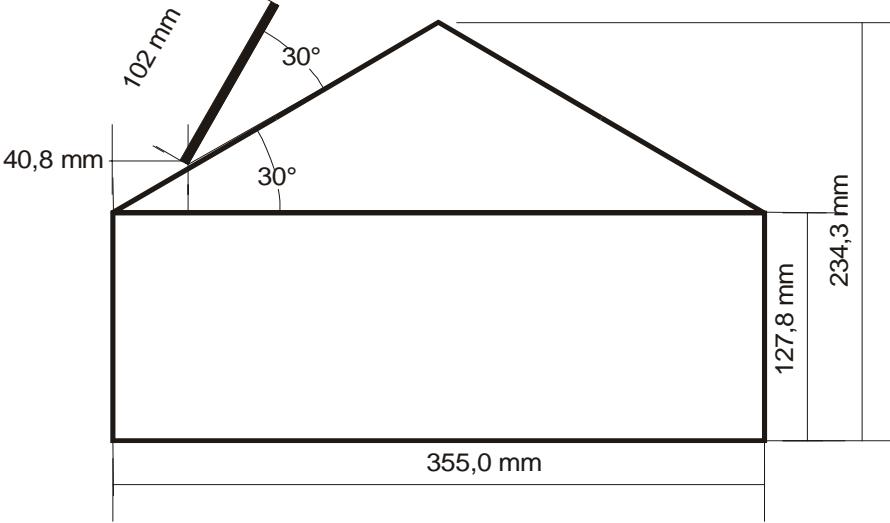
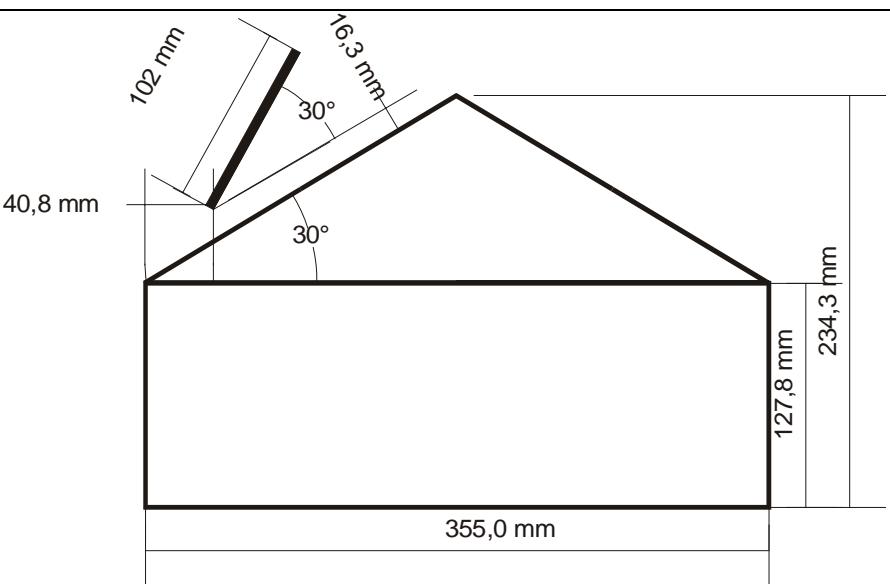
Untersuchung 3-a/b Flachdach mit 90°-Attika ein Stockwerk	
Untersuchung 3-c/d Flachdach mit 60°-Attika ein Stockwerk	
Untersuchung 3-e/f Flachdach mit 90°-Attika ein Stockwerk	

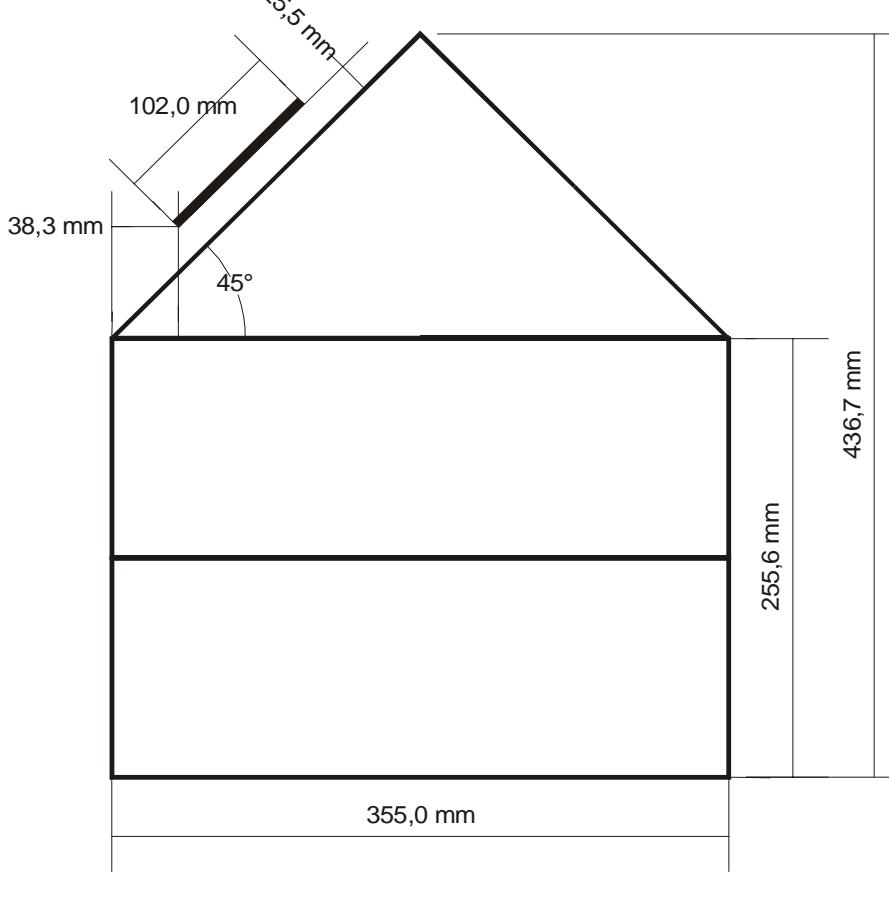
<p>Untersuchung 3-g/h Flachdach mit 60°-Attika ein Stockwerk</p>	
<p>Untersuchung 3-i/j/k Flachdach mit 90°-Attika ein Stockwerk</p>	
<p>Untersuchung 4-a/b/c/d/e/f/g Flachdach ein Stockwerk Mehrreihenaufständerung</p>	

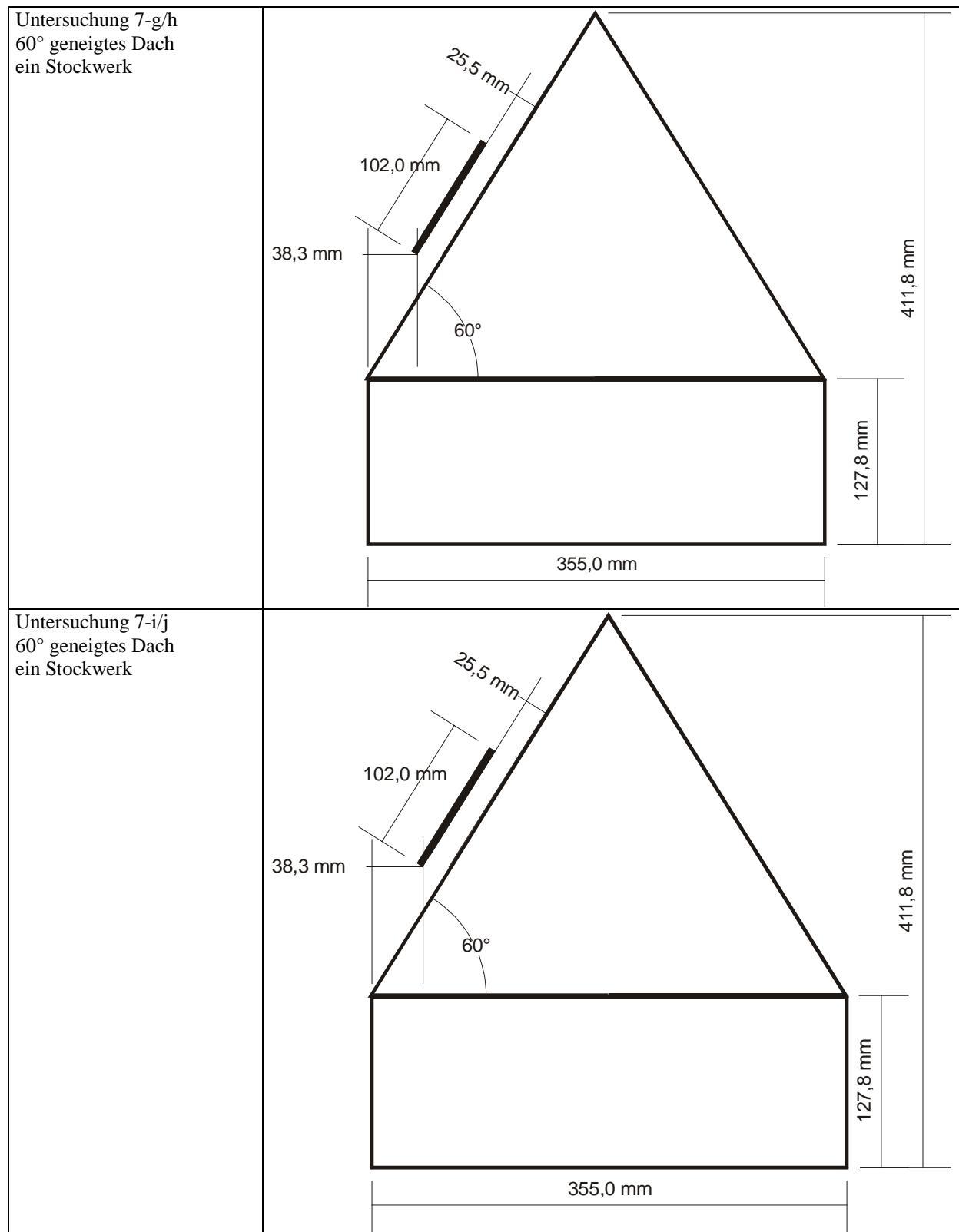
<p>Untersuchung 4-h/i/j/k/l/m Flachdach ein Stockwerk Mehrreihenaufständerung</p>	<p>Technical drawing showing a flat roof construction with three support stands. The total width between the outer supports is 355,0 mm. The height from the base to the top of the supports is 28,56 mm. Each support stand has a height of 102 mm and an angle of 45° relative to the horizontal.</p>
<p>Untersuchung 4-n/o/p Flachdach ein Stockwerk Mehrreihenaufständerung</p>	<p>Technical drawing showing a flat roof construction with two support stands. The total width between the outer supports is 355,0 mm. The height from the base to the top of the supports is 28,56 mm. Each support stand has a height of 102 mm and an angle of 60° relative to the horizontal.</p>
<p>Untersuchung 5-a 15° geneigtes Dach ein Stockwerk</p>	<p>Technical drawing showing a roof with a 15° slope. The height from the base to the top of the supports is 38,8 mm. Each support stand has a height of 102,0 mm and an angle of 15° relative to the horizontal.</p>





Untersuchung 6-i/j/k/l 30° geneigtes Dach ein Stockwerk	
Untersuchung 6-m/n 30° geneigtes Dach ein Stockwerk	
Untersuchung 6-o/p 30° geneigtes Dach ein Stockwerk	

Untersuchung 7-a/b/c/d 45° geneigtes Dach ein Stockwerk	
Untersuchung 7-e/f 45° geneigtes Dach zwei Stockwerke	



11.4.4 Extreme Druckkoeffizienten

In den folgenden Abschnitten werden die extremen Druckkoeffizienten in Abhängigkeit vom Dachtyp zur Lastbeurteilung präsentiert. (Der Angriffswinkel Θ ist für die senkrechte Anströmung von vorn 0° und dreht mathematisch positiv bei der Ansicht von oben auf das Kollektorfeld.)

1) Druckbeiwerte für die Vorderseite:

- a) Mittelwerte: Alle Extremwerte treten am Randkollektor für eine Windrichtung von 200° bis 260° auf.
- b) Standardabweichungskoeffizienten: Allgemein sind größere Abweichungen für den Randkollektor beobachtet worden. Die Schwankungsbreite der Abweichung ist im Vergleich zu anderen meßtechnischen Untersuchungsobjekten sehr groß.
- c) Spitzendruckkoeffizienten: Das sind die betragsmäßig größten Minimal- und Maximaldruckkoeffizienten für jeweils eine untersuchte Konfiguration. Die aufgelisteten Werte basieren auf einer kumulativen Wahrscheinlichkeit von 90 % und tatsächlichen Messungen. Im allgemeinen ist der Spitzendruckkoeffizient für den Randkollektor größer als für den mittleren Kollektor. Dabei kommen die Spitzendruckkoeffizienten als Minima für Windrichtungen im Bereich von 200° bis 270° vor. Falls das Flachdach mit einer Attika ausgerüstet ist, sinken die Spitzendruckkoeffizienten für die Randkollektoren in Abhängigkeit der Attikahöhe erheblich. Dieser Windschatteneffekt tritt natürlich auch für die inneren Kollektoren einer Mehrreiheninstallation auf.

2) Kraftbeiwerte für die Kollektoren:

Für die Fälle, wo der Kollektor im Dach integriert wurde, sind nur Druckmessungen an der Vorderseite durchgeführten worden.

- a) Mittelwerte und Spitzendruckkoeffizient: Beide müssen sich ähnlich wie die Druckbeiwerte verhalten, weil sie aus diesen gebildet wurden.
- b) Integraler Kraftbeiwert für die Unterkonstruktion: In der Studie wurden nur eine begrenzte Anzahl von Fällen untersucht, wo die Windlast direkt am Kollektor gemessen wurde. In den Fällen, wo ein Extremwert gesucht wird, können die Werte des Randkollektors und des mittleren Kollektors gemittelt werden, um einen Schätzwert für das gesamte Kollektorfeld zu erhalten. Wenn die Extrema der Kraftbeiwerte bei unterschiedlichen Windrichtungen auftreten, sollten diese aus den Tabellen (Abschnitt 11.4.8) entnommen werden. Der Kraftbeiwert für das gesamte Feld hat einen geringeren Wert als die jeweils vorkommenden Spitzenwerte. Ersatzweise kann auch der mittlere Kraftbeiwert des Randkollektors verwendet werden.

In den folgenden Abschnitten werden die Druckkoeffizienten entsprechend der Definitionen in Abschnitt 11.4.2 verwendet. Die jeweiligen Gebäudemodelle sind in Abschnitt 11.4.3 graphisch dargestellt. Die Abkürzung „n.a.“ steht für „nicht angegeben“. Das heißt, in der Quelle /Tieleman, 1980/ sind zur entsprechenden Position keine Angaben vorhanden.

11.4.4.1 Flachdachaufständerung

Tabelle 11.5: Versuchsreihe 1, Flachdach, ein Stockwerk, eine Kollektorreihen

Gebäudemodell:

Stockwerke	1	Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Breite W in mm	355	Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis L/W	1,76	Seitenverhältnis C/L ₁	0,375
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	Anzahl der Reihen n	1
Seitenverhältnis H ₂ /W	n.a.	Kollektoren in einer Reihe	10
Seitenverhältnis E/W	0		
Dachneigung a in °	0		

Koeffizienten basieren auf
der Geschwindig-
keitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

Kollektorposition	Vorderseite						Kraftbeiwerte				
	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PRMS}	Windangriffswinkel in °	C _{PPEAK}	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PPeak}	
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	Abstandsverhältnis D/L ₁	Bestimmungsort (n-te Reihe, m-ter Kollektor)									
30	0	1,1	220	-1,78	220	0,6	-4,62	210	-2,21	220	-5,76
30	0	1,5	210	-1,07	150	0,31	-2,35	210	-1,77	150	-3,96
30	0,16	1,1	210	-1,93	210	0,56	-4,6	210	-2,44	210	-5,89
30	0,16	1,5	210	-1,16	210	0,29	-2,53	210	-1,69	180	-4,05
45	0	1,1	230	-2,01	230	0,56	-4,66	230	-2,41	230	-5,58
45	0	1,5	240	-1,03	120	0,27	-2,24	210	-1,71	180	-4,5
45	0,16	1,1	230	-2,42	230	0,72	-5,83	230	-2,82	230	-6,55
45	0,16	1,5	240	-1,09	180	0,32	-2,46	210	-1,84	180	-4,56
60	0	1,1	240	-2,14	240	0,59	-4,96	240	-2,51	240	-6,01
60	0	1,5	240	-1,12	0	0,5	2,94	0	1,81	330	4,25
60	0,16	1,1	240	-2,36	240	0,66	-5,5	300	2,93	240	-6,38
60	0,16	1,5	230	-1,29	230	0,34	-2,92	230	-1,91	180	-4,37

Tabelle 11.6: Versuchsreihe 2, Flachdach, ein Stockwerk, eine Kollektorreihe

Gebäudemodell:		Kollektorfeldmodell:		Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H_1	
Stockwerke	2	Höhe des Kollektors L_1 in mm	102		
Breite W in mm	355	Seitenverhältnis W_1/L_1	0,5		
Seitenverhältnis L/W	1,76	Seitenverhältnis C/L_1	n.a.		
Seitenverhältnis H_1/W	0,72	Anzahl der Reihen n	1		
Seitenverhältnis H_2/W	n.a.	Kollektoren in einer Reihe	10		
Seitenverhältnis E/W	0				
Dachneigung a in °	0				

Kollektorposition			Vorderseite				Kraftbeiwerte				
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	Abstandsverhältnis D/L_1	Bestimmungsort (n-te Reihe, m-ter Kollektor)	Windangriffswinkel in °	$C_{PM,MEAN}$	Windangriffswinkel in °	C_{PRMS}	Windangriffswinkel in °	$C_{PEAK,MEAN}$	Windangriffswinkel in °	C_{PEAK}	
30	0	1,1	210	-1,37	210	0,39	-3,2	210	-1,88	210	-4,19
30	0	1,5	230	-1,19	240	0,28	-2,46	230	-1,63	220	-3,47
30	0,16	1,1	210	-1,82	210	0,41	-3,76	210	-2,21	210	-4,63
30	0,16	1,5	230	-1,39	230	0,34	-3,02	230	-1,85	230	-3,97
45	0	1,1	230	-1,83	230	0,51	-4,26	300	2,3	230	-5,1
45	0	1,5	240	-1,2	240	0,36	-2,91	240	-1,57	240	-3,69
45	0,16	1,1	230	-2,22	230	0,73	-5,66	220	-2,52	230	-5,83
45	0,16	1,5	230	-1,34	240	0,36	-2,97	230	-1,8	240	-3,69
60	0	1,1	240	-1,68	240	0,55	-4,27	300	2,22	300	5,3
60	0	1,5	240	-1,17	240	0,26	-2,41	230	-1,52	320	3,2
60	0,16	1,1	230	-2,29	230	0,54	-4,84	230	-2,66	230	-5,85
60	0,16	1,5	240	-1,23	240	0,31	-2,69	230	-1,63	180	-3,54

Tabelle 11.7: Versuchsreihe 3, Flachdach, ein Stockwerk mit Attika, eine Kollektorreihe

Gebäudemodell:		Kollektorfeldmodell:		Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H_1	
Stockwerke	1	Höhe des Kollektors L_1 in mm	102		
Breite W in mm	355	Seitenverhältnis W_1/L_1	0,5		
Seitenverhältnis L/W	1,76	Seitenverhältnis C/L_1	0,375		
Seitenverhältnis H_1/W	0,36	Anzahl der Reihen n	1		
Seitenverhältnis H_2/W	n.a.	Kollektoren in einer Reihe	10		
Seitenverhältnis E/W	0				
Dachneigung a in °	0				
Abstandsverhältnis D/L_1	0,16				

Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	Abstandsverhältnis D/L_1	Neigung der Brüstung in °	Bestimmungsort (n-te Reihe, m-ter Kollektor)	Kollektorposition		Vorderseite			Kraftbeiwerte			
				Windangriffswinkel in °	$C_{PM\bar{E}AN}$	Windangriffswinkel in °	C_{PRMS}	Windangriffswinkel in °	C_{PPEAK}	Windangriffswinkel in °	$C_{PM\bar{E}AN}$	
30	0,07	90	1,1	230	-1,13	260	0,35	-2,57	320	1,73	320	4,89
30	0,07	90	1,5	210	-0,79	0	0,49	-2,65	220	-1,57	220	-4,21
30	0,07	60	1,1	230	-1,1	270	0,42	-2,76	330	1,53	330	3,61
30	0,07	60	1,5	210	-0,71	0	0,47	-2,38	220	-1,29	230	-3,35
60	0,07	90	1,1	230	-1,57	240	0,45	-3,72	300	2,29	300	6,45
60	0,07	90	1,5	230	-0,99	0	0,59	3,28	330	1,95	320	4,68
60	0,07	60	1,1	230	-1,57	230	0,6	-4,42	330	2,26	200	-5,14
60	0,07	60	1,5	120	-0,88	0	0,58	3,29	330	2,01	330	4,49
60	0,14	90	1,1	230	-1,19	230	0,26	-2,44	300	0,62	330	2,39
60	0,14	90	1,5	0	-1,07	0	0,42	-3,04	230	-1,18	220	-3,35

Tabelle 11.8: Versuchsreihe 4, Flachdach, ein Stockwerk, mehrere Kollektorreihen

Gebäudemodell:		Kollektorfeldmodell:		Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H_1	
Stockwerke	1	Höhe des Kollektors L_1 in mm	102		
Breite W in mm	355	Seitenverhältnis W_1/L_1	0,5		
Seitenverhältnis L/W	1,76	Seitenverhältnis C/L ₁	0,28		
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	Anzahl der Reihen n			
Seitenverhältnis H ₂ /W	n.a.	Kollektoren in einer Reihe	10		
Seitenverhältnis E/W	0				
Dachneigung a in °	0				
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16				

Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	Abstandsverhältnis D/L ₁	Anzahl der Reihen	Bestimmungsort (n-te Reihe, m-ter Kollektor)	Kollektorposition		Vorderseite			Kraftbeiwerte			
				Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PRMS}	Windangriffswinkel in °	C _{PPEAK}	Windangriffswinkel in °	C _{PRMS}	
30	1,15	3	2,1	240	-1,03	240	0,24	-2,17	320	1,39	310	3,47
30	1,15	3	2,5	0	-0,87	0	0,19	-1,77	240	-0,68	210	-2,57
30	1,15	3	3,1	200	-1,53	210	0,43	-3,5	210	-2	310	5,14
30	1,15	3	3,5	180	-1,17	150	0,27	-2,19	190	-1,82	190	-4,59
45	1,41	3	2,1	230	-1,28	230	0,47	-3,53	310	1,55	310	4,48
45	1,41	3	2,5	210	-0,71	210	0,21	-1,71	240	-0,72	210	-2,23
45	1,41	3	3,1	220	-1,59	220	0,46	-3,76	220	-2,09	210	-5,04
45	1,41	3	3,5	170	-1,13	160	0,29	-2,35	170	-2,41	160	-6,6
60	2	2	2,1	230	-2,03	230	0,49	-4,35	230	-2,88	220	-6,48
60	2	2	2,5	180	-1,03	210	0,28	-2,35	180	-1,9	180	-4,42

11.4.4.2 Geneigte Dächer

Tabelle 11.9: Versuchsreihe 5, 15° geneigtes Dach, ein Stockwerk, eine Kollektorreihe**Gebäudemodell:**

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,55
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung a in °	15
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10

Koeffizienten basieren auf
der Geschwindig-
keitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

Kollektorposition		Vorderseite						Kraftbeiwerte			
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	Bestimmungsort (n-te Reihe, m-ter Kollektor)	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PRMS}	Windangriffswinkel in °	C _{PPEAK}	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PPEAK}
15	1,1	210	-1,29	210	0,29	-2,7	330	1,34	330	3,11	
30	1,1	240	-1,47	240	0,32	-3	310	1,98	310	4,24	
45	1,1	230	-2,12	230	0,49	-4,4	310	2,53	310	5,05	

Tabelle 11.10: Versuchsreihe 6, 30° geneigtes Dach, ein Stockwerk, eine Kollektorreihe

Gebäudemodell:

Stockwerke	n.a.
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H1/W	
Seitenverhältnis H2/W	
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung a in °	30
Abstandsverhältnis D/L ₁	

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	Kollektorposition					Vorderseite				Kraftbeiwerte			
	Abstandsverhältnis H ₁ /W	Abstandsverhältnis H ₂ /W	Abstandsverhältnis D/L ₁	Abstandsverhältnis C/L ₁	Bestimmungsort (n-te Reihe, m-ter Kollektor)	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PROS}	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PPAK}
0	0,36	0,66	0	0,38	1,1	210	-0,85	210	0,22	-1,9			
0	0,36	0,66	0	0,38	1,5	220	-0,83	210	0,24	-1,97			
0	0,36	0,66	0,25	0,38	1,1	210	-0,85	210	0,22	-1,92	330	0,62	330
0	0,36	0,66	0,25	0,38	1,5	210	-0,74	150	0,24	-1,8	0	0,94	0
0	0,72	1,02	0	0,38	1,1	250	-0,87	270	0,25	-1,94			
0	0,72	1,02	0	0,38	1,5	230	-0,85	230	0,18	-1,69			
0	0,72	1,02	0,25	0,38	1,1	250	-0,92	270	0,32	-2,27	0	0,62	270
0	0,72	1,02	0,25	0,38	1,5	230	-0,77	230	0,18	-1,61	0	1,11	0
30	0,36	0,66	0	0,38	1,1	240	-0,86	270	0,31	-1,94	330	1,67	330
30	0,36	0,66	0	0,38	1,5	120	-0,72	240	0,22	-1,62	330	1,23	0
30	0,36	0,66	0,16	0,38	1,1	230	-1,56	220	0,44	-3,6	310	1,91	320
30	0,36	0,66	0,16	0,38	1,5	230	-0,96	230	0,29	-2,34	0	1,47	0
30	0,36	0,66	0	1	1,1	210	-0,74	240	0,42	-3,46	300	2,08	240
30	0,36	0,66	0	1	1,5	240	-1,06	240	0,26	-2,27	240	-1,42	240
30	0,36	0,66	0,16	1	1,1	230	-2,6	240	0,63	-4,89	230	-2,73	300
30	0,36	0,66	0,16	1	1,5	130	-1,19	240	0,31	-2,59	0	1,62	0
30	0,36	0,66	0,16	1	1,5	130	-1,19	240	0,31	-2,59	0	1,62	3,46

Tabelle 11.11: Versuchsreihe 7, 45° und 60° geneigte Dächer, ein Stockwerk, eine Kollektorreihen

Gebäudemodell:

	1
Stockwerke	
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H1/W	
Seitenverhältnis H2/W	
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung a in °	
Abstandsverhältnis D/L ₁	

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Kollektorneigung in °	0

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

Neigung des Daches in °	Kollektorposition				Vorderseite				Kraftbeiwerte			
	Abstandsverhältnis H ₁ /W	Abstandsverhältnis H ₂ /W	Abstandsverhältnis D/L ₁	Bestimmungsort (n-te Reihe, m-ter Kollektor)	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PRMS}	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PPEAK}
45	0,36	0,86	0	1,1	240	-0,91	270	0,29	-1,93			
45	0,36	0,86	0	1,5	120	-0,67	240	0,24	-1,79			
45	0,36	0,86	0,25	1,1	250	-0,84	260	0,25	-1,97	0	0,34	300
45	0,36	0,86	0,25	1,5	230	-0,72	220	0,21	-1,71	0	0,56	0
45	0,72	1,23	0	1,1	250	-0,93	270	0,21	-1,77			
45	0,72	1,23	0	1,5	230	-0,69	230	0,14	-1,35			
45	0,72	1,23	0,25	1,1	260	-0,85	270	0,23	-1,86	0	0,3	250
45	0,72	1,23	0,25	1,5	240	-0,71	150	0,15	-1,33	0	0,66	0
60	0,36	0,8	0	1,1	250	-0,79	260	0,22	-1,71			
60	0,36	0,8	0	1,5	230	-0,68	250	0,19	-1,51			
60	0,36	0,8	0,25	1,1	240	-0,88	240	0,18	-1,73	310	1,11	310
60	0,36	0,8	0,25	1,5	240	-0,76	0	0,35	2,08	0	1,23	0
60	0,72	1,16	0	1,1	260	-0,82	270	0,21	-1,71			
60	0,72	1,16	0	1,5	240	-0,65	110	0,14	-1,26			
60	0,72	1,16	0,25	1,1	250	-0,89	270	0,24	-1,9	310	0,76	0
60	0,72	1,16	0,25	1,5	250	-0,74	250	0,18	-1,62	0	1,3	0
												2,85

11.4.4.3 Freilandauftänderung

Tabelle 11.12: Versuchsreihe 9, Freilandauftänderung, mehrere Kollektorreihen

Gebäudemodell:

	Kollektorfeldmodell:	
Stockwerke	Höhe des Kollektors L_1 in mm	102
Breite W in mm	Seitenverhältnis W_1/L_1	0,5
Seitenverhältnis L/W	Seitenverhältnis C/L_1	
Seitenverhältnis H1/W	Anzahl der Reihen n	
Seitenverhältnis H2/W	Kollektoren in einer Reihe	10
Seitenverhältnis E/W		
Dachneigung a in °		
Abstandsverhältnis D/ L_1		

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe des Kollektors L_1

Kollektorposition				Vorderseite				Kraftbeiwerte						
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	Abstandsverhältnis B/L_1	Abstandsverhältnis D/L_1	Anzahl der Reihen	Bestimmungsort (n-te Reihe, m-ter Kollektor)	Windangriffswinkel in °	C_{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C_{PRMS}	Windangriffswinkel in °	C_{PEAK}	Windangriffswinkel in °	C_{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C_{PEAK}
30		0,16	1	1,1	210	-0,92	210	0,44	-3	210	-1,15	210	-3,31	
30		0,16	1	1,5	210	-0,68	150	0,26	-1,83	210	-1,2	150	-3,25	
45		0,16	1	1,1	210	-1,28	210	0,4	-3,17	210	-1,74	310	4,41	
45		0,16	1	1,5	180	-0,74	210	0,23	-1,8	180	-1,41	180	-3,58	
60		0	1	1,1	210	-1,08	240	0,46	-3,12	300	1,69	300	4,59	
60		0	1	1,5	210	-0,77	0	0,39	2,25	180	-1,44	180	-3,67	
60		0,16	1	1,1	220	-1,44	220	0,51	-3,86	220	-1,94	300	5,61	
60		0,16	1	1,5	180	-0,61	0	0,44	2,49	330	1,38	330	3,63	
30	1,28	0,16	5	3,1	240	-0,35	330	0,21	1,06	330	0,65	330	2,01	
30	1,28	0,16	5	3,5	150	-0,29	180	0,18	-1,11	210	-0,44	210	-1,74	
30	1,28	0,16	5	5,1	210	-0,57	210	0,24	-1,7	210	-0,97	210	-2,64	
30	1,28	0,16	5	5,5	180	-0,44	180	0,25	-1,64	180	-0,91	180	-2,9	
45	1,42	0,16	5	3,1	220	-0,52	210	0,2	-1,45	310	1,03	310	2,78	
45	1,42	0,16	5	3,5	180	-0,36	180	0,18	-1,2	240	-0,6	240	-2,21	
45	1,42	0,16	5	5,1	210	-0,71	210	0,21	-1,72	330	1,25	300	3,45	
45	1,42	0,16	5	5,5	180	-0,48	180	0,18	-1,32	180	-1,02	180	-3,15	
60	2	0,16	5	3,1	230	-0,97	230	0,36	-2,67	320	1,45	320	3,77	
60	2	0,16	5	3,5	210	-0,4	30	0,24	-1,21	210	-0,83	210	-2,25	
60	2	0,16	5	5,1	210	-0,8	330	0,5	2,71	300	1,51	210	-3,93	
60	2	0,16	5	5,5	180	-0,57	180	0,17	-1,39	180	-1,17	180	-3,4	

11.4.4.4 Industrielle Aufständерung

Tabelle 11.13: Versuchsreihe 10, industrielle Installation

Gebäudemodell:	Kollektorfeldmodell:	Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung im Mittelpunkt des Kollektors
Stockwerke	Höhe des Kollektors L _t in mm	102
Breite W in mm	Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis L/W	Seitenverhältnis C/L ₁	
Seitenverhältnis H ₁ /W	Anzahl der Reihen n	5
Seitenverhältnis H ₂ /W	Kollektoren in einer Reihe	10
Seitenverhältnis E/W		
Dachneigung a in °		
Abstandsverhältnis D/L _t		

Kollektorposition	Bestimmungsort (n-te Reihe, m-ter Kollektor)	Vorderseite					Kraftbeiwerte			
		Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PRMS}	C _{PPEAK}	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PPPEAK}
45	2,1	210	-1,47	0	0,61	3,43	170	-3,22	150	-6,43
45	2,5	150	-1,36	180	0,34	-2,9	180	-3,16	180	-6,93
45	4,1	220	-1,1	220	0,25	-2,3	150	-1,75	140	-3,44
45	4,5	130	-0,89	120	0,23	-1,9	210	-1,6	190	-3,35
60	2,1	180	-1,78	0	0,63	3,8	180	-3,55	150	-7,18
60	2,5	210	-1,58	0	0,56	3,63	0	3,51	0	6,42
60	4,1	210	-1,02	350	0,39	2,47	340	2	350	3,67
60	4,5	340	0,91	0	0,43	2,69	0	2,06	0	4

11.4.4.5 Experimentalhaus „Price's Fork“

Das Experimentalhaus ist in Abschnitt 11.4.5 beschrieben.

Tabelle 11.14: Versuchsreihe 12, Modell des Experimentalhauses Price's Fork

Gebäudemodell:	Kollektorfeldmodell:			Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H ₂
Stockwerke	1	Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	
Breite W in mm	170	Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	
Seitenverhältnis L/W	1,2	Seitenverhältnis C/L ₁		
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,72	Anzahl der Reihen n	1	
Seitenverhältnis H ₂ /W	1,02	Kollektoren in einer Reihe	4	
Seitenverhältnis E/W	0,11			
Dachneigung a in °	30			

Kollektorposition			Vorderseite				Kraftbeiwerte					
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	Abstandsverhältnis D/L ₁	Bestimmungsort (n-te Reihe, m-ter Kollektor)	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PRMS}	Windangriffswinkel in °	C _{PPEAK}	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PRPEAK}
0	0	1,1	250	-0,92	260	0,42	-2,86					
0	0	1,2	210	-0,81	140	0,28	-2,03					
0	0,06	1,1	220	-1,01	250	0,37	-2,75	0	0,68	240	-2,74	
0	0,06	1,2	220	-0,84	210	0,32	-2,31	0	0,7	0	2,3	
0	0,19	1,1	220	-1,18	230	0,44	-3,24	0	0,64	230	-2,73	
0	0,19	1,2	210	-0,98	220	0,37	-2,75	0	0,81	0	2,84	
30	0	1,1	250	-0,98	270	0,48	-2,92	300	1,83	300	5,17	
30	0	1,2	240	-0,76	0	0,43	2,26	0	1,39	340	3,73	

11.4.5 Vergleich der Meßergebnisse aus Grenzschichtwindkanal- und Freilandversuch

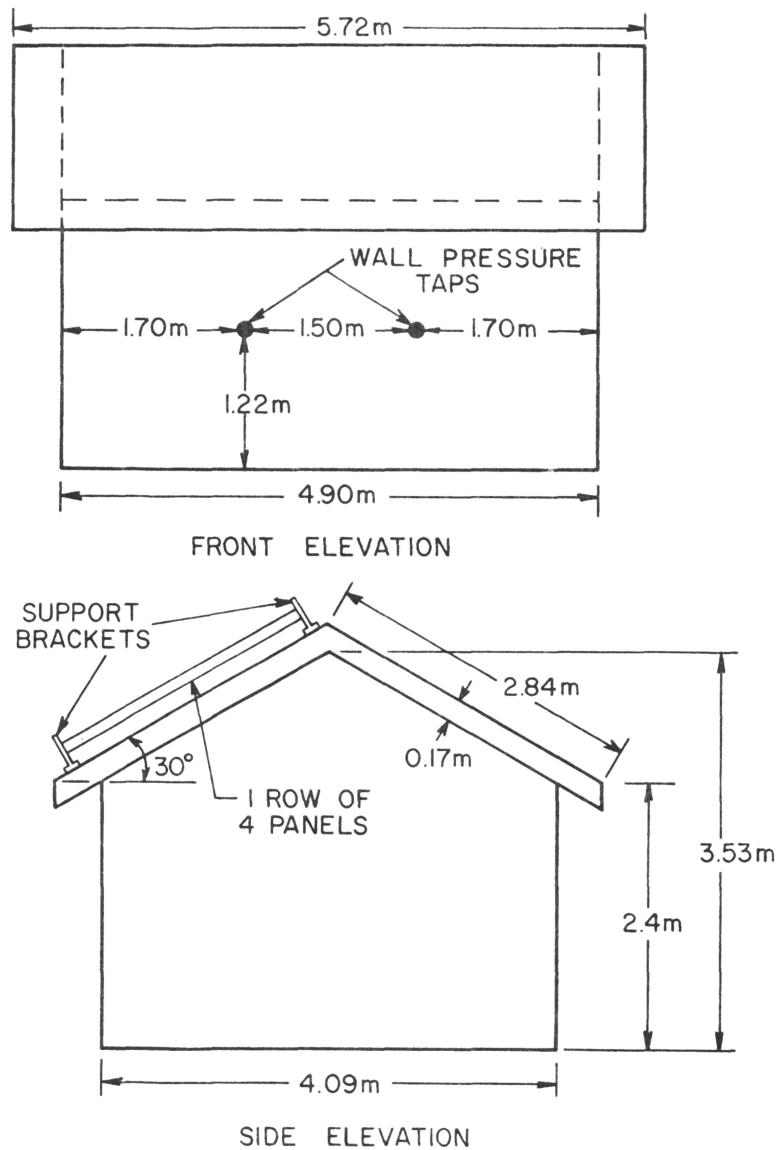


Bild 11.14: Experimentalhaus, entnommen aus /Tieleman, 1980, S.102/

Englische Bezeichnungen und Erklärungen:

- 1 ROW OF 4 PANELS ... eine Reihe mit vier Kollektoren
- FRONT ELEVATION ... Vorderansicht
- SIDE ELEVATION ... Seitenansicht
- SUPPORT BRACKETS ... Halterung der Kollektoren und optionale Kraftmessung
- WALL PRESSURE TAPS ... Bohrung in der Wand für die Druckmessung

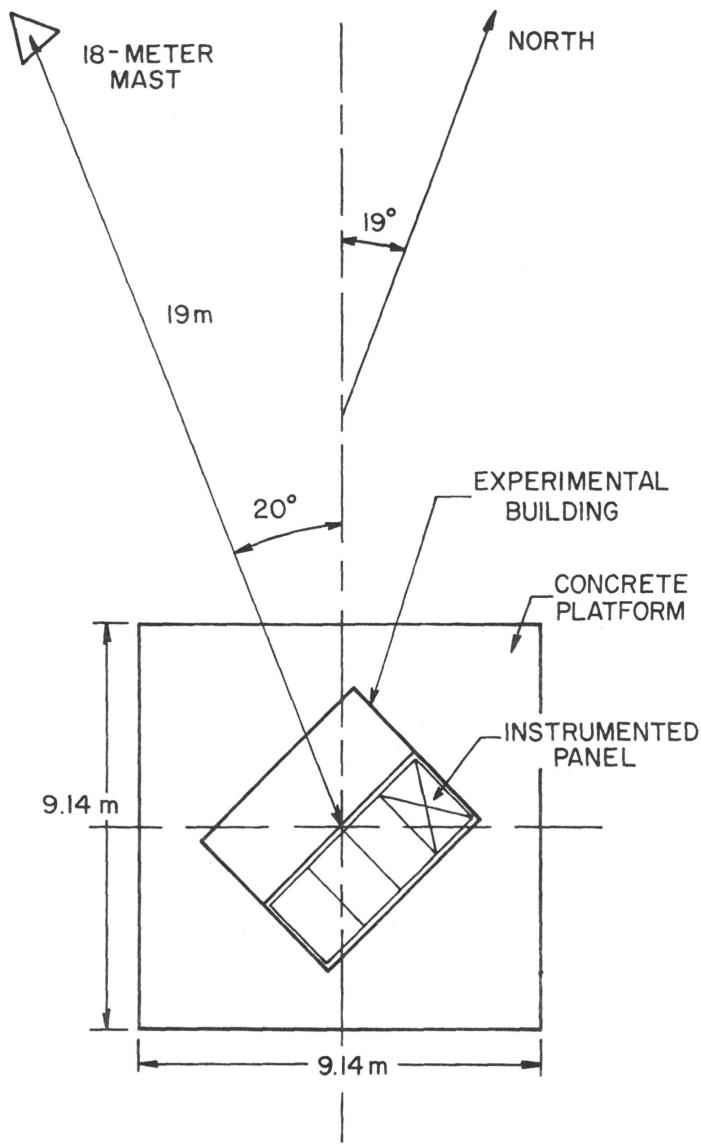


Bild 11.15: Grundriß des Versuchsstandes bzw. des Experimentalhauses beim Price's Fork Forschungszentrum, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 103/

Englische Bezeichnungen und Erklärungen:

- CONCRETE PLATFORM ... Plattform aus Beton
- EXPERIMENTAL BUILDING ... Experimentalhaus
- INSTRUMENTED PANEL ... Kollektor für die meßtechnischen Untersuchungen

Das „Full-Scale Experimental Building“ befindet sich am VPI und SU Price's Fork Research Center. Die Windgeschwindigkeit war beim Freilandexperiment (**FULL SCALE**) gleichförmiger als beim Grenzschichtwindkanal (**WIND TUNNEL**) über der Höhe verteilt. Als Ursache dafür ist die leichte Erhebung zu sehen, auf dem das Experimentalhaus steht. Im Windkanalversuch konnte der turbulente integrale Längenmaßstab nicht modelliert werden. Es muß bei solchen kleinen Kollektormodellen im Maßstab von 1/24 im Grenzschicht-Windkanal auf die Validierung mit Freilandergebnissen zurückgegriffen werden. Es wurden Messungen bei relativ stationären und instationären Windverhältnissen durchgeführt.

11.4.5.1 Druckkoeffizienten für die Vorderseite

Die gemittelten Druckkoeffizienten für die Vorderseite aus dem Freiland- und Windkanalexperiment stimmen für die Windrichtungen zwischen 230° und 290° gut überein. Im Windkanal wurde im Windrichtungsbereich

von 240° bis 260° der größte Betrag mit ungefähr $-1,0$ ermittelt, während diese Größe beim Freilandmessung zwischen $-0,95$ und $-1,2$, maximal $-1,5$, für Windrichtungen zwischen 240° und 285° liegt.

Im Freilandversuch sind die Standardabweichungen der Druckkoeffizienten allgemein größer. Für die Windrichtung um 0° ist die Übereinstimmung beider Ergebnisse hervorragend. Bei steigendem Windangriffswinkel steigt auch die Differenz zwischen den Ergebnissen beider Versuche. Zwischen 200° und 290° ist die Standardabweichung für den Freilandversuch mindestens zweimal so groß wie für den Grenzschichtwindkanalversuch. Die meisten Standardabweichungen variieren bei dem Freilandversuch zwischen $0,5$ und $0,75$, während die maximale Abweichung von $0,3$ bei einer Windrichtung von 270° am Modell im Windkanal vorkommt.

Ähnliche Beobachtungen konnten auch beim minimalen Druckkoeffizienten gemacht werden. Die Werte aus den Freilandversuchen für Windrichtungen von 0° bis 80° sind relativ klein, haben aber einen größeren Betrag als im Windkanalversuch. Im Windrichtungsbereich von 170° bis 290° steigt der Wert mindestens auf das zweifache. Zusätzlich zeigen die Ergebnisse des Freilandversuches, daß der Abstand zwischen Kollektor und Dach sich nicht auf die Druckkoeffizienten für die Vorderseite auszuwirken scheint.

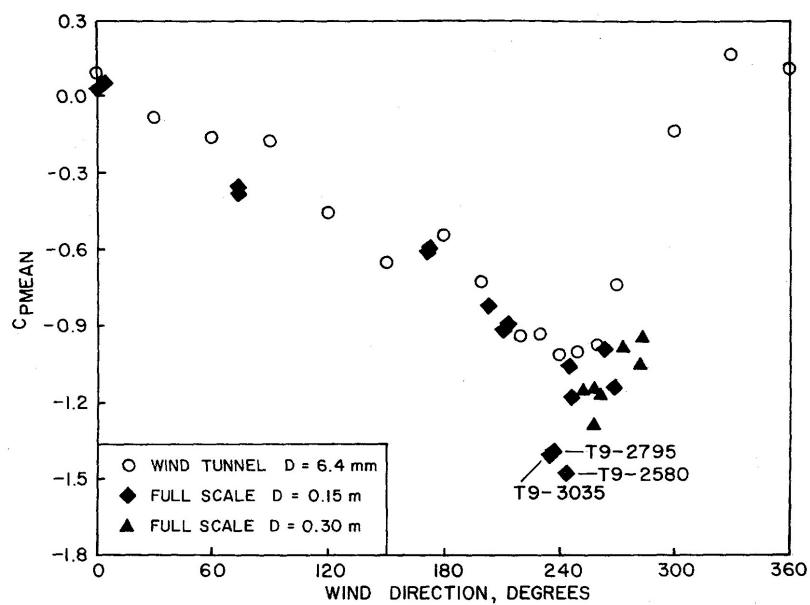


Bild 11.16: Mittlere Druckkoeffizienten für die Vorderseite des Randkollektors auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 122/

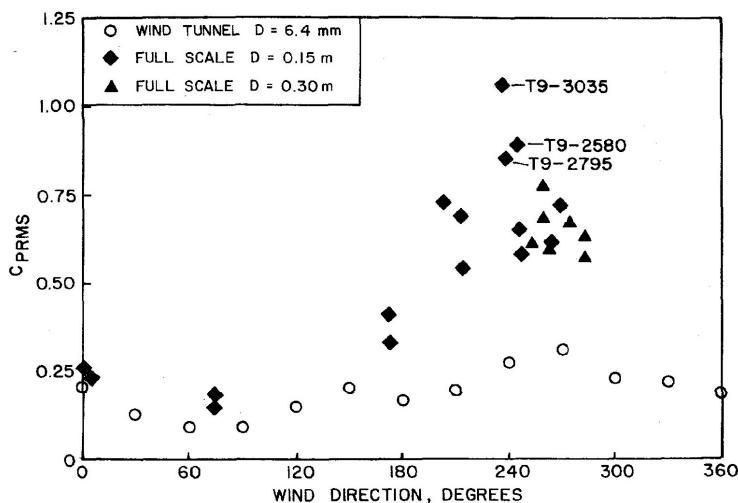


Bild 11.17: Standardabweichung des Druckkoeffizienten für die Vorderseite des Randkollektors auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 123/

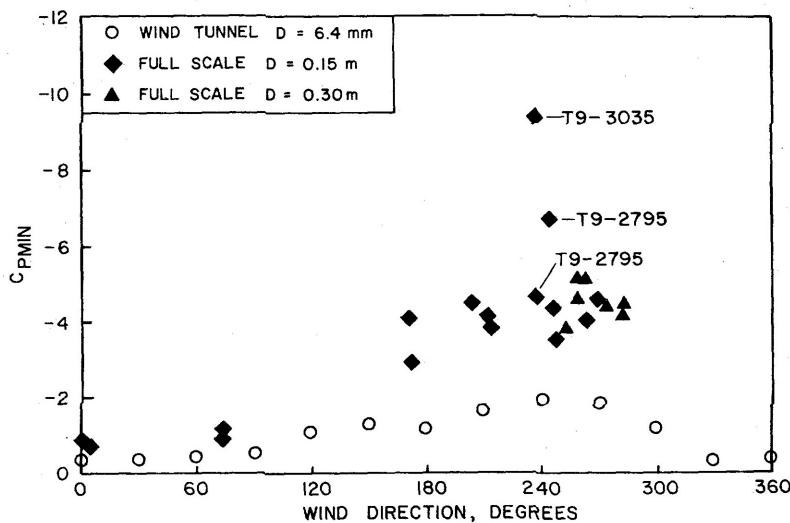


Bild 11.18: Minimale Druckkoeffizienten für die Vorderseite des Randkollektors auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 124/

11.4.5.2 Druckkoeffizienten für die Rückseite

Die Mittelwerte der Druckkoeffizienten stimmen für Windrichtungen zwischen 0° und 220° gut überein. Im Bereich von 240° bis 280° variieren die Mittelwerte zwischen $-0,9$ und $-1,6$ im Freilandversuch im Vergleich zum Windkanalergebnis welches ungefähr $-0,75$ beträgt.

Die Standardabweichungen der Freilandversuche sind allgemein zweimal so groß wie die des Windkanalversuches für den Bereich von 0° bis 200° des Windangriffswinkels. Im Bereich zwischen 200° und 290° variiert das Ergebnis des Freilandversuches in dem Bereich von $0,5$ bis $1,1$ im Vergleich zum Windkanalversuch, wo der bei ca. $0,2$ liegt.

Die minimalen Druckkoeffizienten der Freilandversuche sind allgemein in ihrem Betrag größer als die Windkanalergebnisse. Für Windrichtungen zwischen 0° und 180° sind die Minima der Freilandversuche zweimal so groß wie die Windkanalergebnisse. Für den Bereich von 200° bis 280° bewegen sich die Werte sogar zwischen $-3,5$ und $-8,5$ im Gegensatz zu $-1,3$ als Ergebnis des Windkanalversuches. Bei den meisten Meßreihen war der Wert jedoch immer noch im Bereich von $-3,5$ und -5 . Das Ergebnis zeigt auch, daß der Abstand zwischen Kollektor und Dach eine sehr kleine Wirkung auf den Druckkoeffizienten der Rückseite hat.

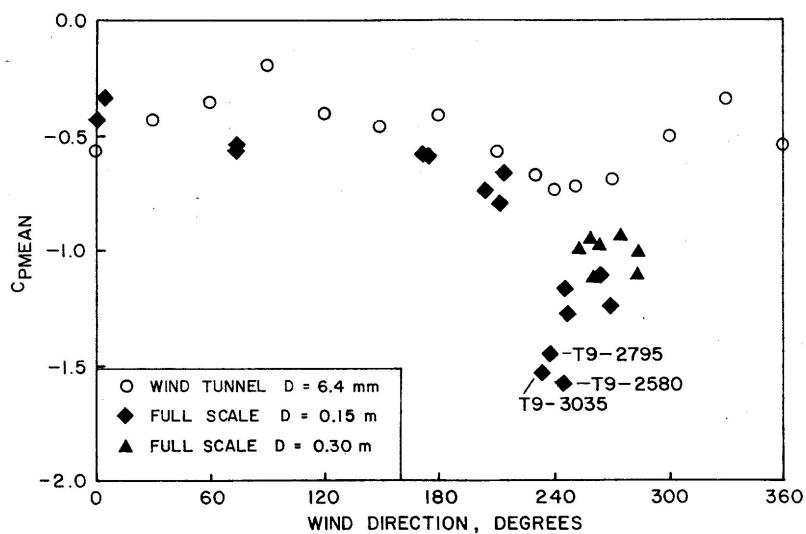


Bild 11.19: Mittlere Druckkoeffizienten für die Rückseite des Randkollektors auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 125/

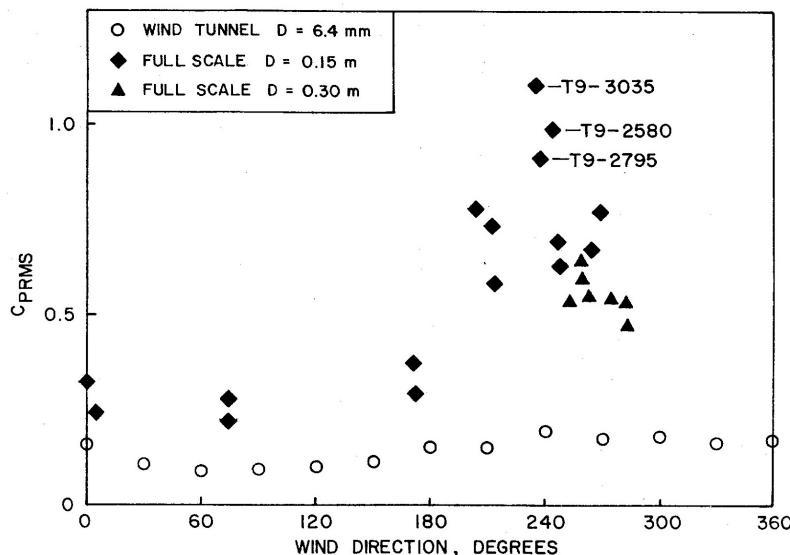


Bild 11.20: Standardabweichung des Druckkoeffizienten für die Rückseite des Randkollektors auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 126/

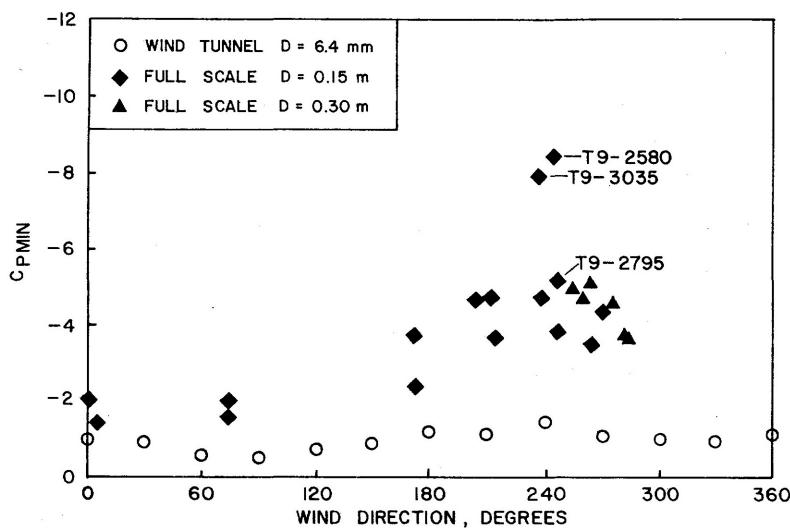


Bild 11.21: Minimale Druckkoeffizienten für die Rückseite des Randkollektors auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 127/

11.4.5.3 Kraftkoeffizienten

Im Bereich von 0° bis 180° stimmen die Kraftbeiwerte aus beiden Versuchen gut überein. Zwischen 200° und 290° sind jedoch die Kraftbeiwerte des Freilandversuches bei einem großen Abstand vom Dach mit 0,3 m wesentlich kleiner als die Windkanalwerte. Im Bereich zwischen 200° und 220° sind die Werte für einen Dachabstand von 0,15 m aus dem Freilandversuch ebenfalls kleiner als die Windkanalergebnisse. In diesem Windrichtungsbereich weichen die Druckkoeffizienten für Vorder- und Rückseite bei den Freilandversuchen von den Ergebnissen des Winkanalversuches ab.

Die Kraftbeiwerte wurden aus der Mittelwertbildung der instationären Differenzdrücke von Vorder- und Rückseite erhalten, wenn die absoluten Werte kleiner als erwartet sind.

Die Standardabweichungen der Kraftkoeffizienten von Freiland- und Windkanalversuch stimmen im Bereich von 0° bis 180° gut überein, während sie zwischen 200° und 290° zweimal so groß sind. Diese Koeffizienten scheinen nicht vom Abstand zwischen Kollektor und Dach abzuhängen.

Die minimalen Kraftkoeffizienten, die durch die Freilandversuche erhalten wurden, sind allgemein im Betrag viel größer als die Windkanalergebnisse. Dabei ist die Streuung im Windrichtungsbereich zwischen 170° und 290° bedeutend. Ein Vergleich der maximalen Kraftkoeffizienten zeigt im Bereich von 0° bis 180° eine gute

Übereinstimmung, aber im Bereich zwischen 200° und 290° sind die Freilandversuchsergebnisse wesentlich größer und zeigen eine beachtliche Streuung.

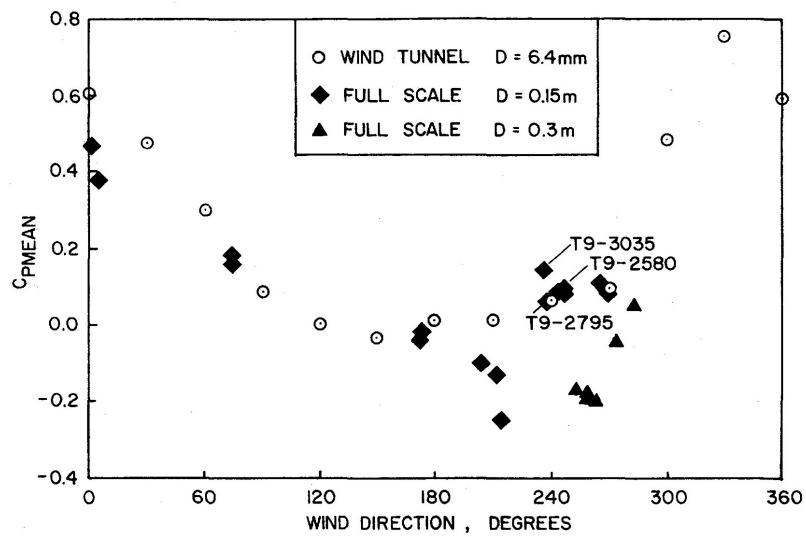


Bild 11.22: Mittlere Kraftbeiwert für den Randkollektor auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tielemann, 1980, S. 128/

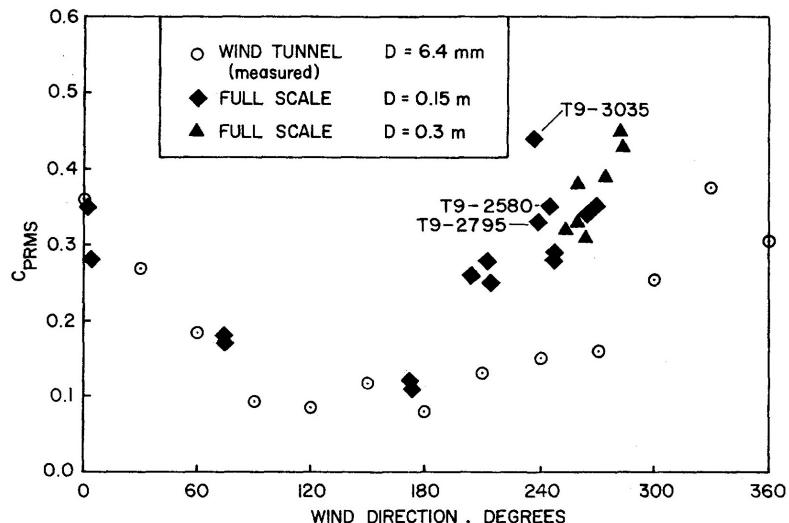


Bild 11.23: Standardabweichung des Kraftbeiwertes für den Randkollektor auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tielemann, 1980, S. 129/

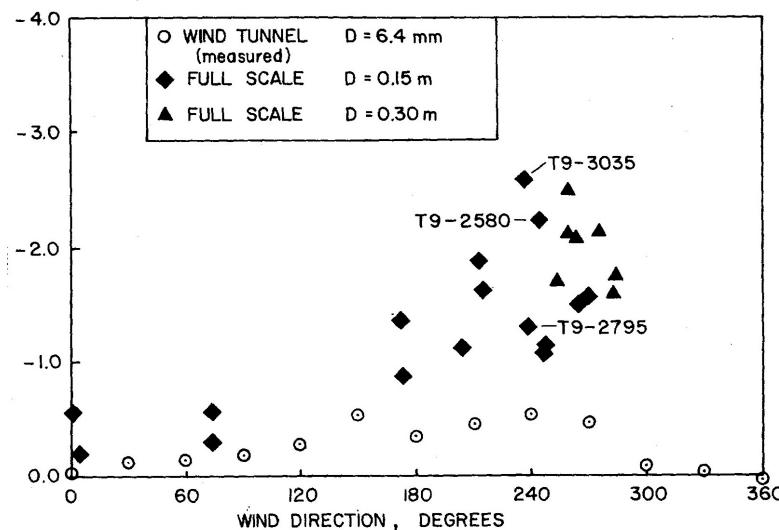


Bild 11.24: Minimale Kraftbeiwert für den Randkollektor auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 130/

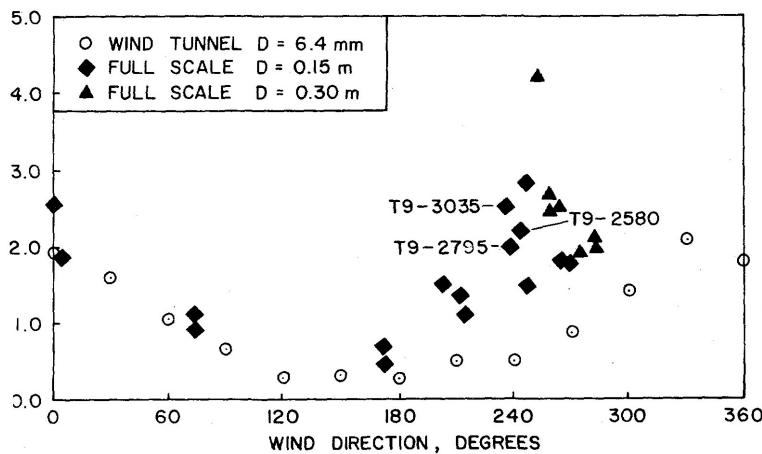


Bild 11.25: Maximale Kraftbeiwert für den Randkollektor auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 131/

11.4.5.4 Zusammenfassung

Folgende Verallgemeinerung kann aus den oben genannten Ergebnissen abgeleitet werden:

Zum Vergleich mit den Ergebnissen aus dem Windkanalversuch werden zuerst die Ergebnisse des Freilandversuches bei stationären Windverhältnissen herangezogen.

- Die Übereinstimmung der gemittelten Druckkoeffizienten beider Versuche ist gut, wobei die Ergebnisse aus dem Freilandversuch etwas höher sind.
- Im Freilandversuch wurden Druckkoeffizienten mit einer höheren Standardabweichung erhalten. Sie sind allgemein zweimal so groß wie die Windkanalwerte.
- Der Betrag extremer Druckspitzen ist im Mittel ebenfalls zweimal so groß.
- Starke Schwankungen treten vor allem im Bereich von 200° bis 290° beim Freilandversuch auf.

Der instationäre Charakter des realen Windes bezüglich seiner Geschwindigkeit, seiner Richtung einschließlich seiner Turbulenzstruktur ist als Ursache für Abweichungen zwischen den beiden Untersuchungen zu sehen. Für die Testbedingungen am Price's Fork Experimentalhaus werden niederfrequente Geschwindigkeitsänderungen und Windstöße mit einer Dauer von ein bis zwei Minuten angeführt. Diese Effekte konnten nicht im Windkanal modelliert werden. Sie sind aber typisch für viele Freilanduntersuchungen. Besonders deutlich wird dieses an Hand der Standardabweichungen des Freilandversuches, wo die Standardabweichung auf Grund einer höheren

Turbulenzintensität im Vergleich stark ansteigt. Nach Auswertung der zeitlichen Druckaufzeichnung ist der Spitzendruckkoeffizient häufig bei zunehmender Windgeschwindigkeit beobachtet worden.

Bezieht man die Ergebnisse bei instationären Windverhältnissen am Price's Fork Experimentalhaus mit in den Vergleich ein, treten wesentlich stärkere Abweichungen auf.

- a) Die gemittelten Druckkoeffizienten sind 1,5- bis 2-mal so groß wie die Windkanalergebnisse.
- b) Eine Abweichung mit dem Faktor 2 bis 5 ist für die Freilandversuche festgestellt worden.
- c) Das gleiche trifft für die extremen Druckkoeffizienten zu.
- d) Häufig treten extreme Druckkoeffizienten bei Windböen auf.
- e) Die Höhe des Druckkoeffizienten schwankt dann um Faktor 2

Im Grenschichtwindkanalversuch wurden alle Varianten unter relativ stationären Bedingungen untersucht. Deswegen sind auch die Standartabweichungen wesentlich kleiner. Die Differenz im Schwankungsverhalten ist mit Bild 11.26 deutlich nachweisbar.

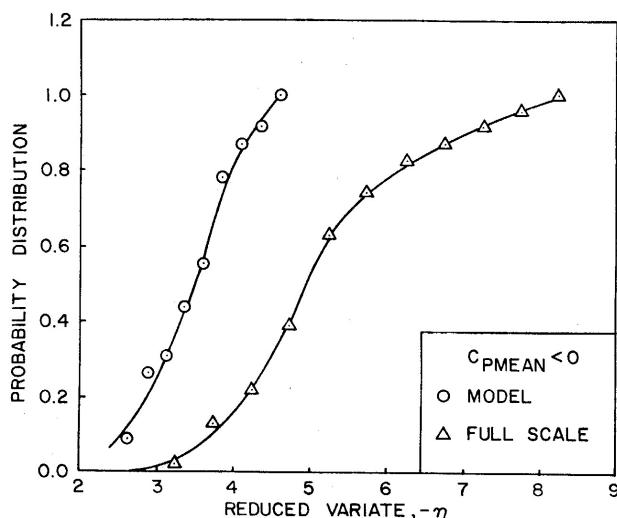


Bild 11.26: Wahrscheinlichkeitsverteilung der Drücke an Vorder- und Rückseite für Windkanalversuche (MODEL) und für Freilandversuche (FULL SCALE), entnommen aus /Tielemann, 1980, S. 139/

Einfluß der Umgebung:

Die am Price's Fork erzielten Ergebnisse sind nur für gleichartige Umgebungen gültig, welche relativ eben und eine uniforme Rauheit aufweist.

11.4.6 Verwendung für eigenständige Lastrechnungen

Die Verwendung der Koeffizienten zur Bestimmung der Windlast kann zu bedeutsamen Fehlern führen, vor allem dann, wenn nicht die richtigen Annahmen getroffen werden. Für jeden Einzelfall ist die Übereinstimmung der Randbedingungen zu überprüfen. Die Autoren übernehmen keine Haftung. Daher sind die folgenden Empfehlungen des amerikanischen Forschungsberichtes von informativen Charakter.

11.4.6.1 Englisch-amerikanische Einheiten

Quelle: Recknagel, Sprenger, Scharmek; Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik; R. Oldenbourgverlag München Wien; 1995

- Länge in inch (Zoll): 1 in = 0,0254 m
- Länge in foot (Fuß): 1 ft = 12 in = 0,3048 m
- Länge in mile (Meile): 1 mile = 1,60934 km
- Geschwindigkeit in miles per hour (Meilen pro Stunde): 1 mph = 1,60934 km/h

- Masse bzw. Kraft in pound (Pfund): $1 \text{ lb} = 0,4536 \text{ kg}$ bzw. $1 \text{ lb} = 4,448 \text{ N}$
- Druck in pound per square foot (Pfund pro Fuß zum Quadrat): $1 \text{ lb}/\text{ft}^2 = 47,88 \text{ N/m}^2$

11.4.6.2 Vergleich mit der amerikanischen Norm ANSI A58.1-1972

Die Druck- und Kraftbewerte sollten nur mit den stündlichen Mittelwerten der Windgeschwindigkeit verwendet werden. In der amerikanischen Norm ANSI A58.1-1972 (American National Standards Institute, „Building Code Requirements for Minimum Design Loads in Buildings and other Structures“, New York, 1972) wird jedoch die schnellste Meilen-Windgeschwindigkeit verwendet. Ein zweiter bedeutender Aspekt der Spitzendruckkoeffizienten, die in der amerikanischen Forschungsarbeit ermittelt wurden, ist, daß man den Effekt der Druckschwankung mit einbezieht. Dieser Sachverhalt stimmt mit den aktuellen Testtechniken mit Windkanälen überein.

Für den Vergleich der Meßergebnisse mit den Planungswerten der Norm soll ein Beispiel, in diesem Fall der Randkollektor auf dem 30° geneigten Dach, verwendet werden. Es ist kein direkter Vergleich der Koeffizienten möglich, weil diese unterschiedlich definiert worden sind. Allerdings kann man die Lasten aus beiden Berechnungswegen miteinander vergleichen.

Diesem Vergleich liegen folgende Annahmen zugrunde:

- 1) Windgeschwindigkeit aus der Norm mit 40 m/s (90 mph , „fastest-mile“)
- 2) Exposition B der Norm, vorstädtisches Gebiet
- 3) Höhe der Kollektoren liegt unter $9,1 \text{ m}$ (30 ft)

Der Spitzendruckkoeffizient für die Vorderseite und eine Windrichtung von 210° beträgt $-1,90$ (Tabelle 11.2-6 Extreme Druckkoeffizienten für Kollektoren auf einem 30° geneigten Dach).

Einen Druck für die Lastberechnung basierend auf den getroffenen Annahmen erhält man folgendermaßen:

- 1) Es muß die Windgeschwindigkeit aus der Norm („fastest-mile“) in ein stündliches Mittel umgerechnet werden. Diese Konvertierung wird unter der Benutzung der Angaben von DEACON (E. L. Deacon, „Wind Gust Speed Averaging Time Relationship“, Australian Meteorological Magazine, #51, December 1965) auf die glatte Oberflächen durchgeführt. Ein Faktor von 1,24 kann benutzt werden, um die „fastest-mile“ auf eine Höhe von $9,1 \text{ m}$ (30 ft) in offenem auf das stündliche Mittel von $32,6 \text{ m/s}$ (73 mph) in diesem Beispiel zu berechnen.
- 2) Die Normwerte von Höhe und Geländeigenschaften können direkt verwendet werden. Diese werden mit einem Faktor $Kz=0,5$ korrigiert.

$$V^2 = 0,5 * (73 \text{ mph})^2 \quad \text{Gleichung 11.9}$$

- 3) Der Druck für die Planung wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$P_{design} = 0,5 * \rho * V^2 * C_{PPPEAK} \quad \text{Gleichung 11.10}$$

$$P_{design} = -0,632 \text{ kN} / \text{m}^2 = -13 \text{ lb} / \text{ft}^2$$

Bei Verwendung der ANSI A58.1-1972 sieht die Lastberechnung folgendermaßen aus:

- 1) Die Anwendung der effektiven Geschwindigkeitsdrücke für Teile sowie die Lage „vorstädtisches Gebiet“ bei einer Höhe von $9,1 \text{ m}$ (30 ft) und einer Windgeschwindigkeit von $40,2 \text{ m/s}$ (90 mph) führt zu $0,91 \text{ kN/m}^2$ (19 ft/lb).
- 2) Der ausgewählte Druckkoeffizient für die leeseitige Oberfläche des Giebeldaches beträgt $-0,7$ und sollte für die Oberfläche des Randkollektors verwendet werden.
- 3) Der berechnete Druck für die Lastannahme beträgt damit:

$$P_{design} = -13 \text{ lb} / \text{ft}^2 = 0,637 \text{ kN} / \text{m}^2 \approx 0,632 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Für diesen Fall stimmen die berechneten Windlasten, die über die Druckkoeffizienten bzw. den Spitzendruckkoeffizienten ermittelt wurden, sehr gut überein. Diese Methode wird allgemein bei bauumschließenden Flächen, wie z.B. Dächer oder Fassaden, angewandt.

11.4.6.3 Vorschläge für die Verwendung des Spitzendruckkoeffizienten

Zwei Vorschläge werden in der amerikanischen Studie für die Kombination der ermittelten Koeffizienten mit den Referenzwindgeschwindigkeiten der ANSI A58.1-1972 gemacht:

Vorschlag 1:

Die „fastest-mile“ Geschwindigkeit der ANSI A58.1-1972 kann in einen stündlichen Mittelwert umgewandelt werden. Zur Anwendung kommen dann die Geländekorrektur der Norm, die entsprechenden Referenzdrücke und die Spitzendruckkoeffizienten aus der amerikanischen Forschungsarbeit.

Weil diese Norm für alle Windlastfälle eine konstante Windgeschwindigkeit bis 9,1 m (30 ft) Höhe vorsieht, ist auch die Näherungslösung für diesen Bereich konstant. Diese Methode empfehlen die amerikanischen Autoren für die Anwendung der ermittelten Koeffizienten, wie die Variante die Schätzung des Spitzendruckes unterstützt.

Vorschlag 2:

Wenn man allerdings die tabellarischen Werte der Geschwindigkeitsdrücke der ANSI A58.1-1972 verwenden will, müssen die ermittelten Werte mit zwei Faktoren korrigiert werden. Der erste Faktor ist das Quadrat der Umwandlung vom stündlichen Mittel der Windgeschwindigkeit zur „fastest-mile“ mit $(1,24)^2=1,54$ und der zweite Faktor ist der Böenfaktor. Für den betrachteten Fall mit 9,1 m (30 ft) Höhe und vorstädtische Lage beträgt der Böenfaktor 1,84. Beide Faktoren wurden aus folgender Quelle erhalten: J. Vellozzi, E. Cohen; „Guest Response Factors“; Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 94, ST6; June 1968, pp. 1295-1313. Das Produkt aus diesen beiden Werten ist ein Faktor, der auf Spitzendruckkoeffizienten angewendet werden könnte. Er beträgt für oben beschriebenen Fall 2,8 und ist so zu verwenden:

$$P_{\text{design}} = \frac{C_{\text{PPEAK}}}{2,8} * q_{\text{ANSI A58.1-1972}} \quad \text{Gleichung 11.11}$$

Für die Berechnung von Windlasten kann es notwendig sein, die Druckkoeffizienten auf Grund der verschiedenen Ergebnisse zwischen Freiland- und Windkanalversuch zu korrigieren (Abschnitt 11.4.5).

11.4.7 Schlußfolgerungen und Empfehlungen

- Die in Abschnitt 7.2 beschriebene Vorgehensweise sollte im Regelfall angewendet werden.
- Die im Abschnitt 11 dargestellten Ergebnisse haben informativen Charakter und müssen ggf. überprüft werden.
- Dem Sicherheitsaspekt ist bei der Planung absoluter Vorrang einzuräumen.
- Die Schwierigkeit derartiger Untersuchungen ist mit folgenden Punkten zu begründen:
 - Nachweis der umfassenden Gültigkeit der erzielten Ergebnisse
 - hoher Einfluß der Randbedingung beschränkt allgemeingültige Aussagen

11.4.8 Katalog mit richtungsabhängigen Kraftbeiwerten (net mean pressure coefficient)

Die hier veröffentlichten Werte /Tieleman, 1980/ sind die Ergebnisse aus den Grenzschichtwindkanalversuchen. Die ersten Windkanalversuche wurden mit einem 10 Hz cut-off-Filter durchgeführt, mit dem Ergebnis, daß Schwankungs- und Spitzendrücke fehlerhaft waren. Man entschied sich, nur die Experimente mit einem 50 Hz cut-off-Filter für die extremen Druckdifferenzen und für die wichtigsten Lastfälle zu wiederholen. Dabei stellte sich heraus, daß der gemittelte Druckkoeffizient nicht betroffen war. Auf Grund der neuen Messungen wurden die Schwankungsdruckkoeffizienten mit dem Faktor 2,75 angepaßt.

In der Tabellen- und Diagrammbezeichnung ist für jede Versuchsreihe ein Datum eingefügt. Anhand des Datums kann folgendes bestimmt werden:

- Bei der Datumsangabe 3/79 und 7/79 basieren die Kraftbeiwerte auf der Messung der mittleren Druckkoeffizienten.
- Das Datum 11/79 steht für die gleichzeitige Druckmessung an Vorder- und Rückseite.
- Die Abkürzung „n. a.“ heißt nicht angegeben im Sinne von in der Quelle nicht verfügbar.

Tabelle 11.15: 1-a (3/79) und 1-b (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung a in °	0
Abstandsverhältnis D/L ₁	0

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
0	0,692	0,801
30	0,317	0,814
60	0,216	0,531
90	0,011	0,163
120	-0,416	-0,572
140		-0,701
150	-0,694	-0,765
160		-0,914
180	-1,035	-1,206
210	-2,207	-1,769
220	-2,189	
230	-1,875	
240	-1,502	-1,403
270	0,067	-0,148
300	1,691	0,55
310	1,775	1,074
320	1,66	
330	1,595	
335	1,523	
360		0,799

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H₁

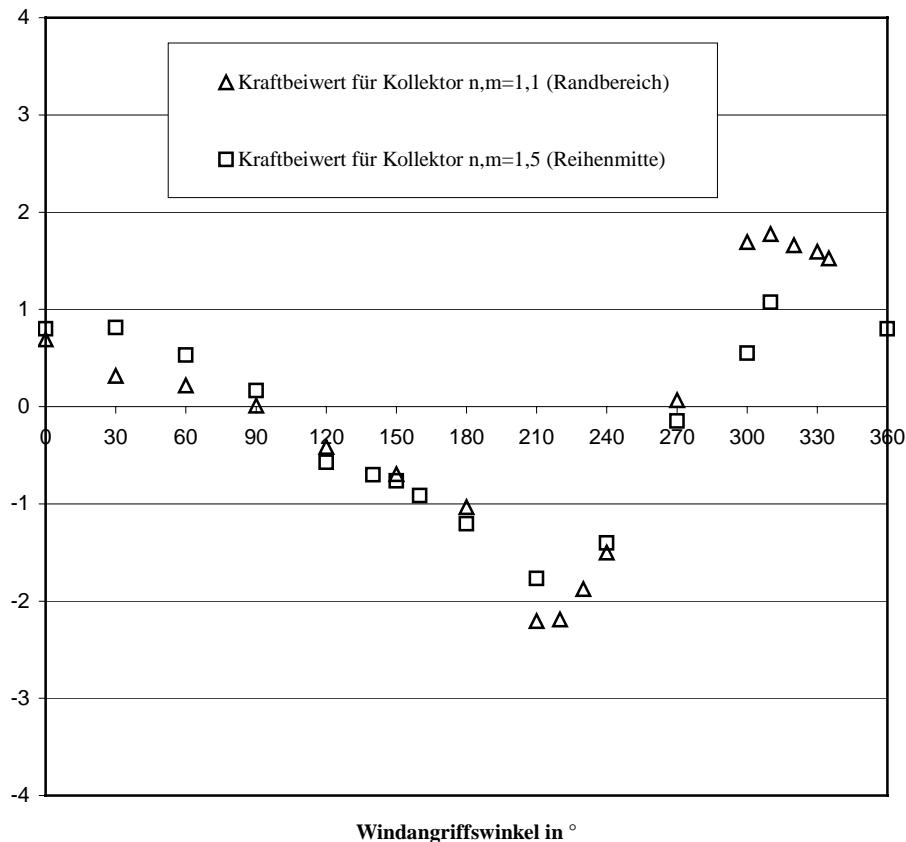


Bild 11.27: 1-a (3/97) und 1-b (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.20: 1-c (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	0,781
Breite W in mm	355	30	0,483
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,256
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	-0,006
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,463
Dachneigung a in °	0	150	-0,683
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	180	-1,068
		210	-2,437
		220	-2,168
		230	-1,953
		240	-1,521
		270	0,173
		300	1,893
		310	1,939
		320	1,898
		330	1,571
		360	0,797

Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L1 in mm	102		
Seitenverhältnis W1/L1	0,5		
Seitenverhältnis C/L1	0,375		
Anzahl der Reihen n	1		
Kollektoren in einer Reihe	10		
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30		

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1

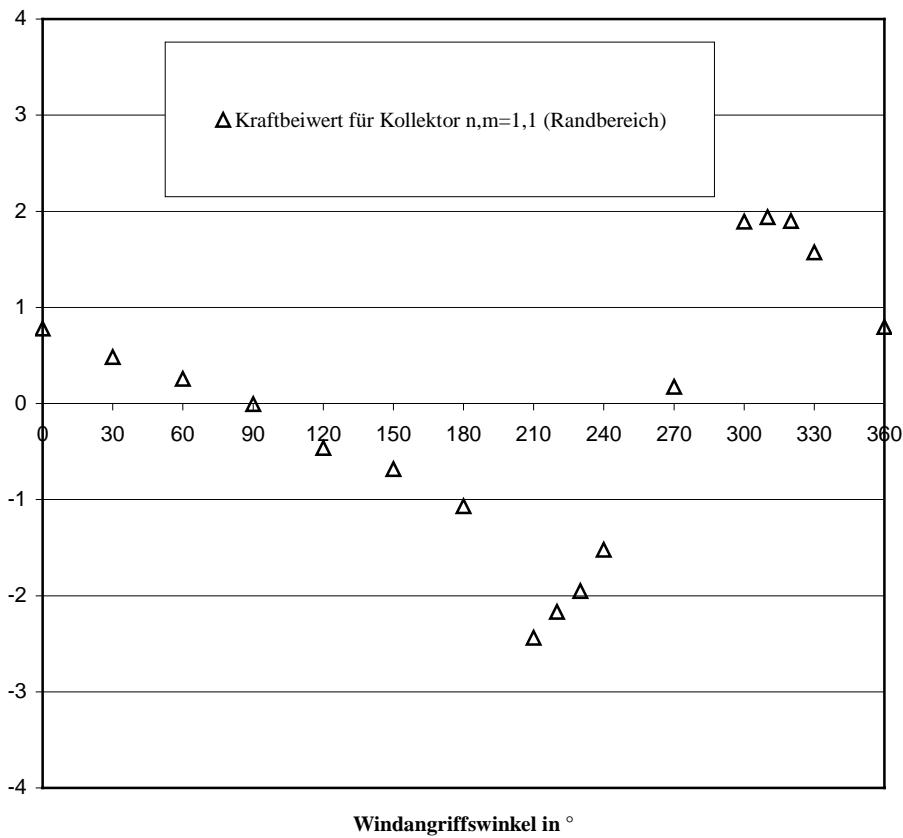


Bild 11.28: 1-c (3/97), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.21: 1-d (7/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	
Breite W in mm	355	-0,97
Seitenverhältnis L/W	1,76	-1,642
Seitenverhältnis H1/W	0,36	-1,686
Seitenverhältnis E/W	0	-1,127
Dachneigung a in °	0	-0,375
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	0,515
		1,505
		1,518

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1

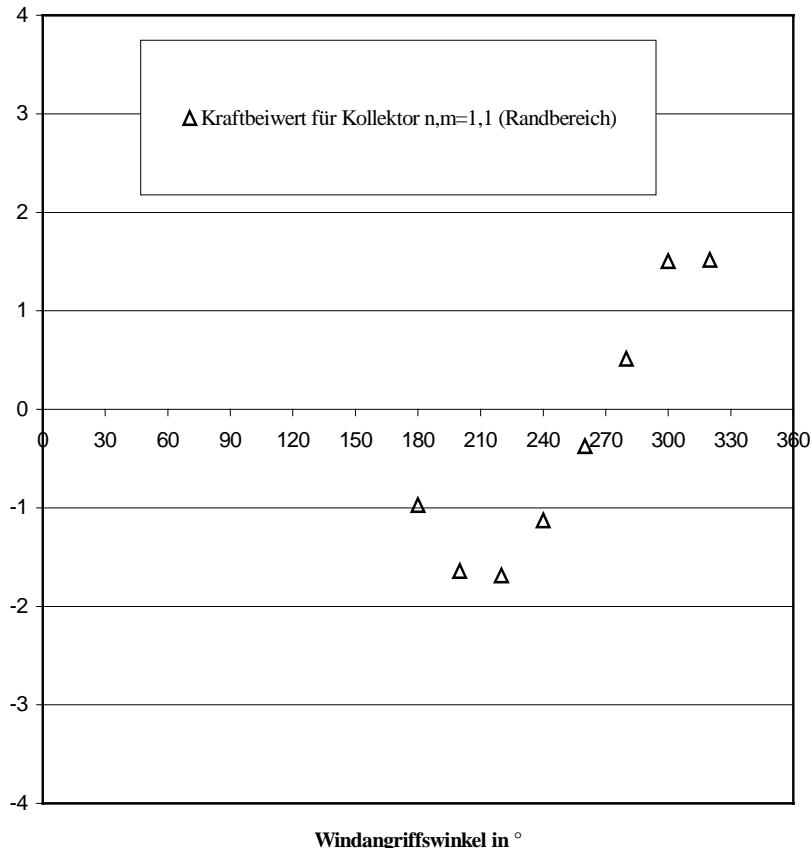


Bild 11.29: 1-d (7/97), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.22: 1-e (11/79) und 1-f (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Gebäudemodell:				
Stockwerke	1	0	1,022	0,988
Breite W in mm	355	30	0,602	0,932
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,261	0,659
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	0,017	0,256
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,409	-0,703
Dachneigung a in °	0	150	-0,766	-0,97
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	180	-1,118	-1,375
		210	-2,118	-1,693
		240	-1,408	-1,46
		270	0,04	-0,24
		290		0,188
		300	1,669	0,532
Kollektorfeldmodell:				
Höhe des Kollektors L1 in mm	102	310		0,87
Seitenverhältnis W1/L1	0,5	330	1,743	1,241
Seitenverhältnis C/L1	0,375	360	0,971	1,028
Anzahl der Reihen n	1			
Kollektoren in einer Reihe	10			
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30			

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1

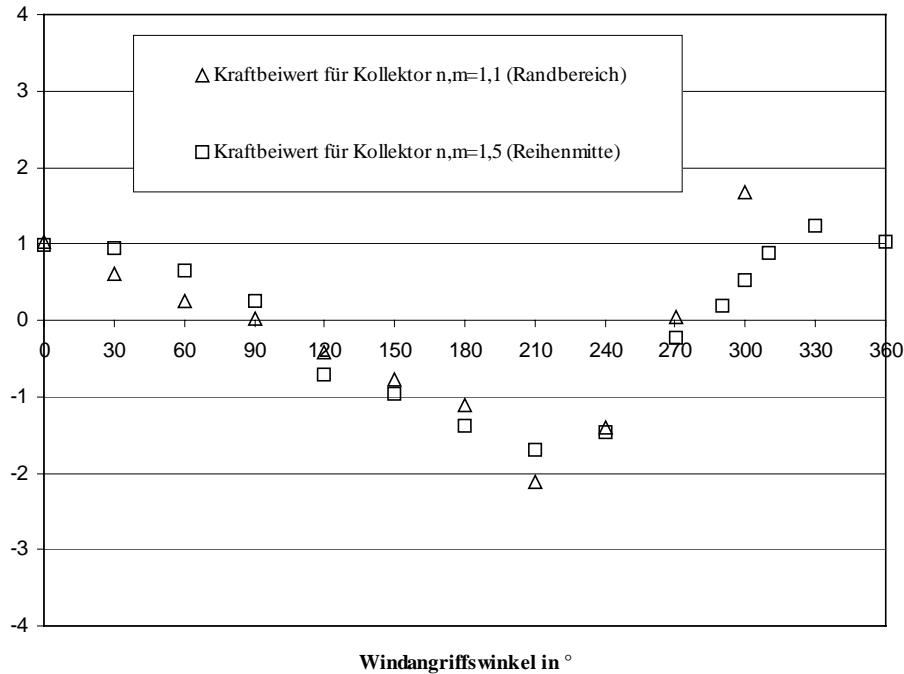


Bild 11.30: 1-e (11/97) und 1-f (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.23: 1-g (3/79) und 1-h (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	1,16	1,331
Breite W in mm	355	30	0,653	1,237
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,31	0,828
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	0,018	0,244
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,496	-0,497
Dachneigung a in °	0	150	-0,696	-0,768
Abstandsverhältnis D/L ₁	0	180	-1,024	-1,335
		210	-1,705	-1,714
		220	-1,932	
		230	-2,412	
		240	-2,022	-1,599
		250	-1,483	
		270	0,108	-0,264
		290	1,761	
		300	2,222	1,021
		310	2,255	1,376
		330	1,759	1,491
		360	1,139	1,304

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

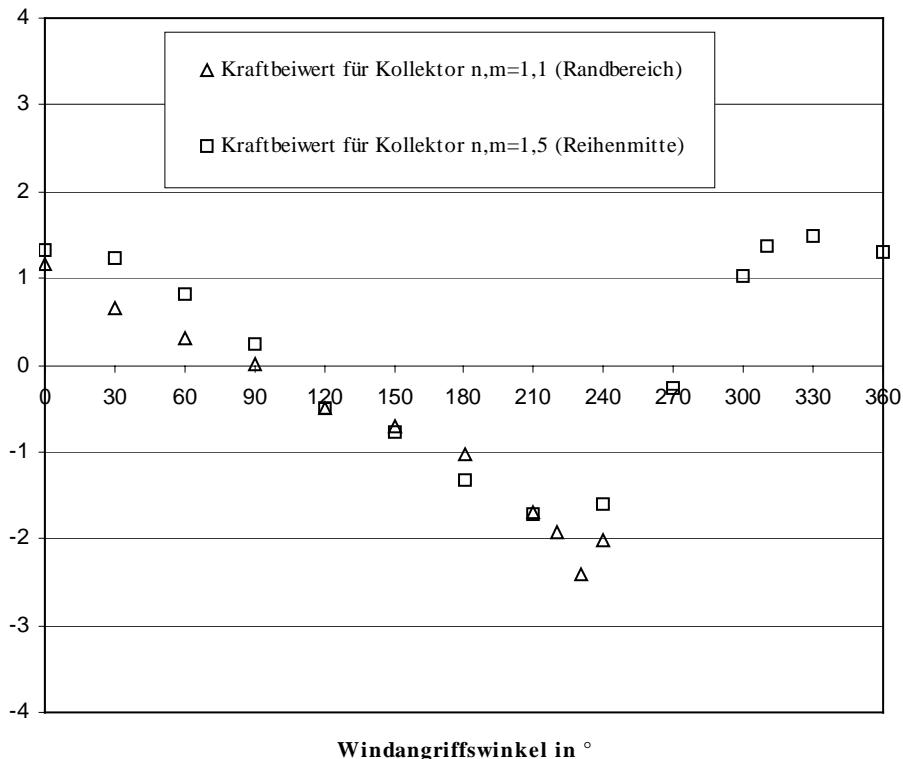


Bild 11.37: 1-g (3/79) und 1-h (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.24: 1-i (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H1/W	0,36
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung a in °	0
Abstandsverhältnis D/L1	0,16

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
0	1,269
30	0,859
60	0,408
90	0,026
120	-0,517
150	-0,682
180	-1,228
210	-2,244
220	-2,678
230	-2,823
240	-2,165
270	-0,016
290	1,705
300	2,511
310	2,43
330	1,903
360	1,279

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H1

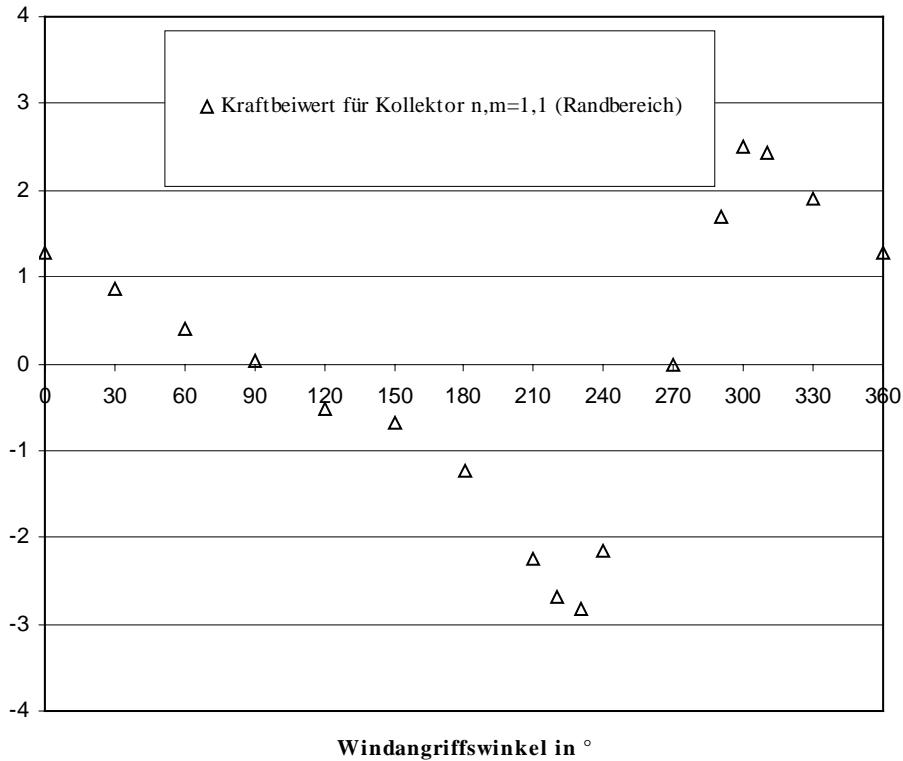


Bild 11.38: 1-i (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.25: 1-j (7/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	180	-0,985
Breite W in mm	355	200	-1,632
Seitenverhältnis L/W	1,76	220	-2,593
Seitenverhältnis H1/W	0,36	240	-1,845
Seitenverhältnis E/W	0	260	-0,47
Dachneigung a in °	0	270	-0,477
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	280	0,734
		300	1,904
		330	1,616
		360	1,122

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1

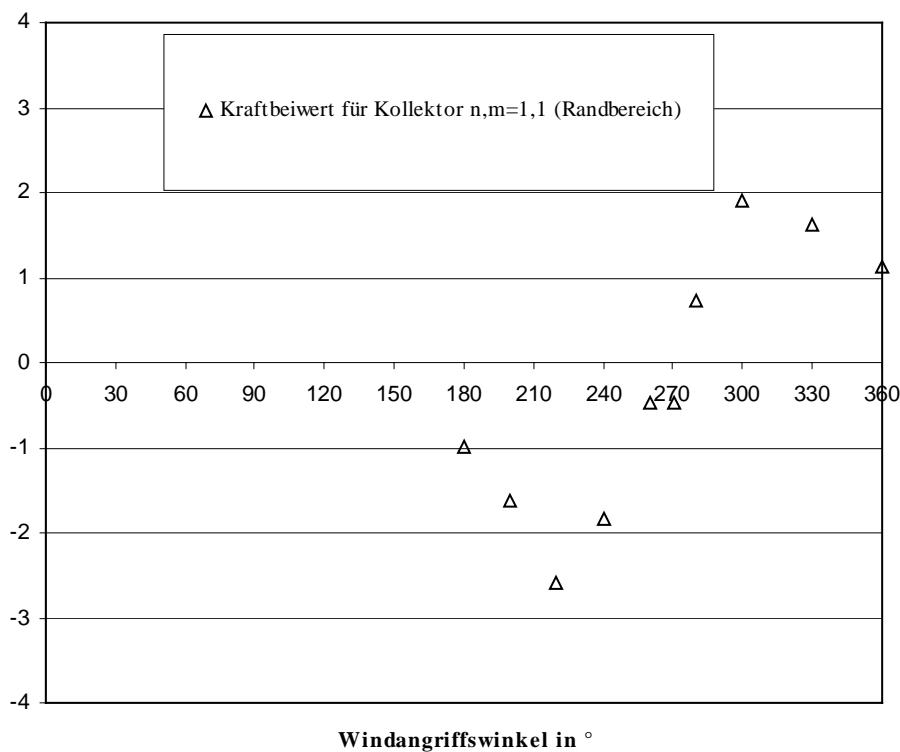


Bild 11.39: 1-j (7/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.26: 1-k (11/79) und 1-l (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	1,406	1,535
Breite W in mm	355	30	0,907	1,308
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,369	0,964
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	0,023	0,304
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,556	-0,889
Dachneigung a in °	0	150	-0,862	-1,11
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	180	-1,423	-1,612
		210	-2,444	-1,842
		240	-2,098	-1,68
		270	0,028	-0,287
		300	2,166	0,78
		330	1,837	1,529
		360	1,332	1,585

Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L1 in mm	102		
Seitenverhältnis W1/L1	0,5		
Seitenverhältnis C/L1	0,375		
Anzahl der Reihen n	1		
Kollektoren in einer Reihe	10		
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45		

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H1

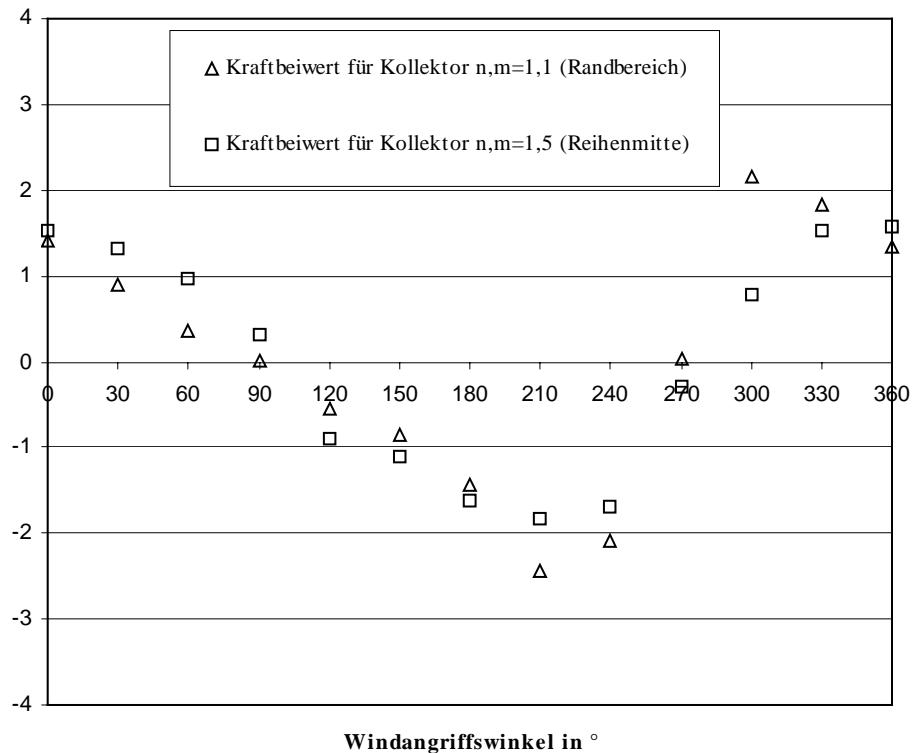


Bild 11.40: 1-k (11/79) und 1-l (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.27: 1-m (3/79) und 1-n (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	1,468	1,809
Breite W in mm	355	30	0,872	1,437
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,366	1,093
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	-0,003	0,26
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,588	-0,825
Dachneigung a in °	0	150	-0,754	-1,055
Abstandsverhältnis D/L1	0	180	-1,281	-1,454
		210	-1,826	-1,742
		220	-2,21	
		230	-2,348	
		240	-2,511	-1,686
		250	-1,671	
		270	0,067	-0,21
		290	1,98	
		300	2,719	1,113
		310	2,398	1,657
		320		1,765
		330	1,962	1,772

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1

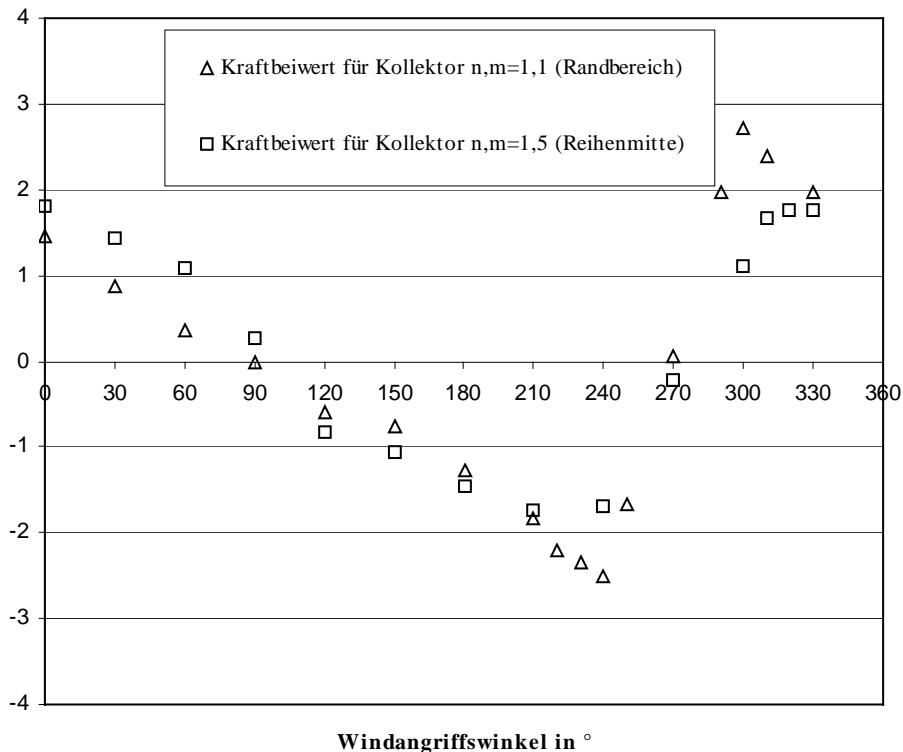


Bild 11.41: 1-m (3/79) und 1-n (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.28: 1-o (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	1,644
Breite W in mm	355	30	1,098
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,464
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	0,007
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,571
Dachneigung a in °	0	150	-0,856
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	180	-1,329
		210	-2,068
		220	-2,265
		230	-2,835
		240	-2,763
		250	-1,875
		270	0,01
		290	2,168
		300	2,925
		310	2,567
		330	2,104
		360	1,647

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H1

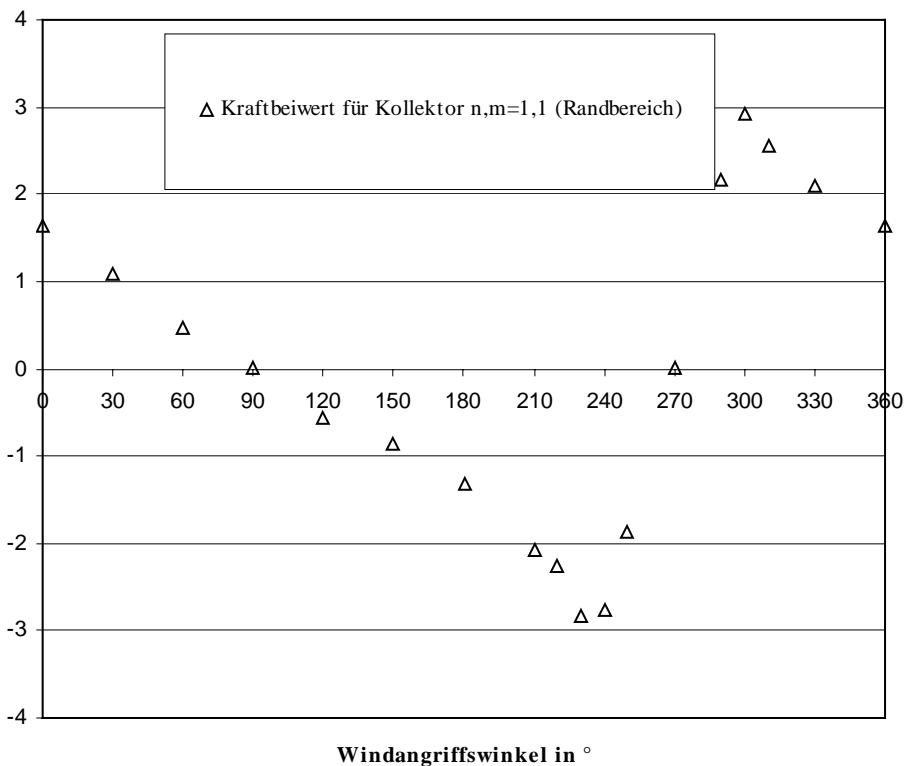


Bild 11.42: 1-o (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.29: 1-p (7/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H1/W	0,36
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung a in °	0
Abstandsverhältnis D/L1	0,16

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
180	-1,038
200	-1,505
220	-2,11
240	-2,14
260	-0,662
280	0,559
300	1,975
330	1,475
360	1,083

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	60

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H1

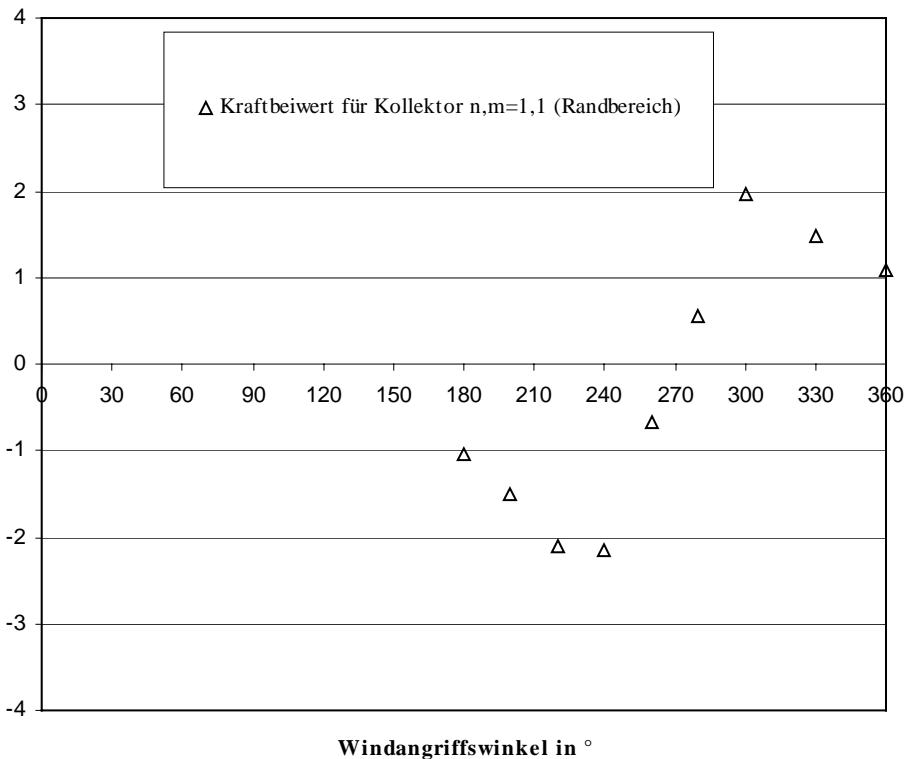


Bild 11.43: 1-p (7/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.30: 1-q (11/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	1,673
Breite W in mm	355	30	1,179
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,437
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	0,028
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,51
Dachneigung a in °	0	150	-0,833
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	180	-1,349
		200	
		210	-2,336
		220	
		230	
		240	-2,534
		250	
		260	
		270	0,164
		280	
		290	
		300	2,829
		310	
		320	
		330	2,058
		340	
		360	1,571

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1

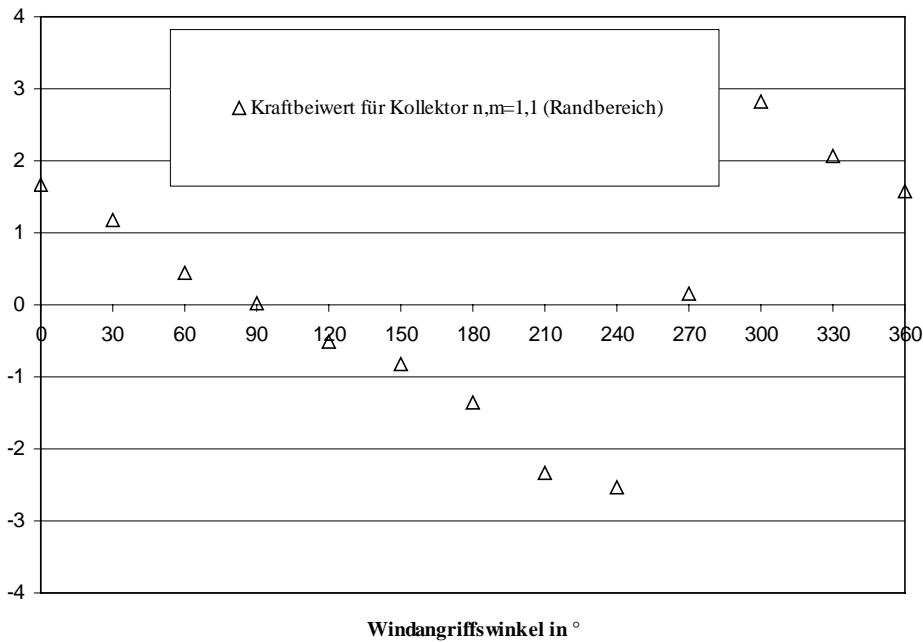


Bild 11.44: 1-q (11/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.32: 1-r (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	1,813
Breite W in mm	355	30	1,642
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	1,143
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	0,301
Seitenverhältnis E/W	0	120	-1,022
Dachneigung a in °	0	150	-1,321
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	180	-1,708
		200	
		210	-1,637
		220	-1,76
		230	-1,912
		240	-1,71
		250	-1,212
		260	
		270	-0,258
		280	
		290	
		300	0,963
		310	
		320	
		330	1,812
		340	
		360	1,864

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H1

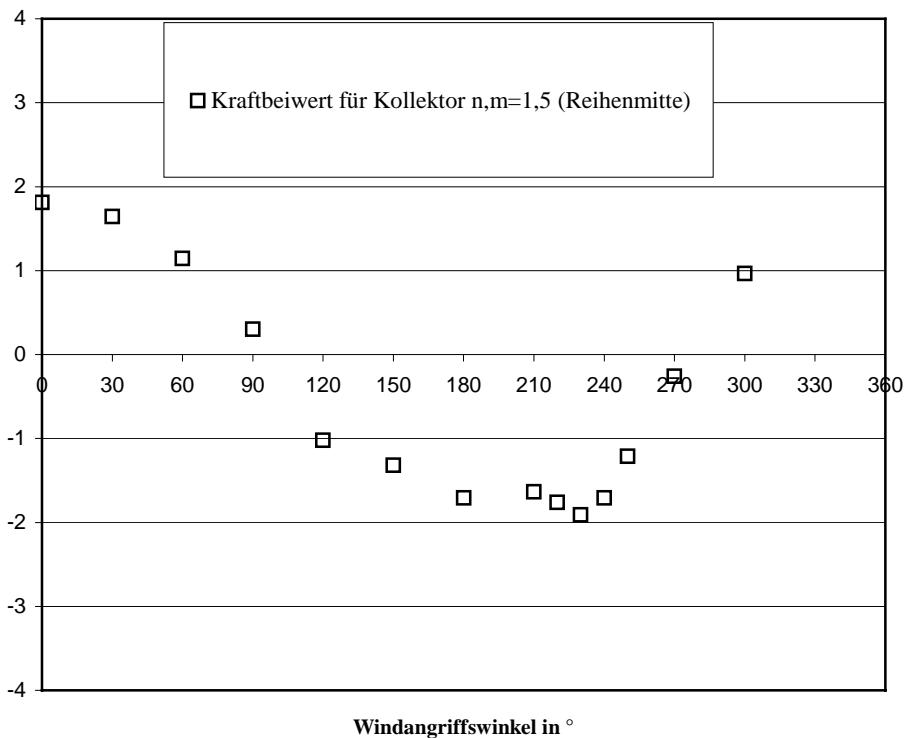


Bild 11.45: 1-r (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.33: 2-a (3/79) und 2-b (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:

Stockwerke	2
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,72
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung a in °	0
Abstandsverhältnis D/L ₁	0

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
0	0,466	0,566
30	0,162	0,621
60	0,151	0,499
90	-0,007	0,067
120	-0,475	-0,768
150	-0,487	-0,521
180	-0,644	-0,92
200	-1,395	
210	-1,875	-1,481
220	-1,573	-1,621
230		-1,632
240	-0,889	-1,513
250		-0,874
270	-0,105	-0,012
290	1,282	
300	1,591	0,56
310	1,702	0,858
320	1,637	0,92
330	1,553	0,865
340		0,791
360	0,472	

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H₁

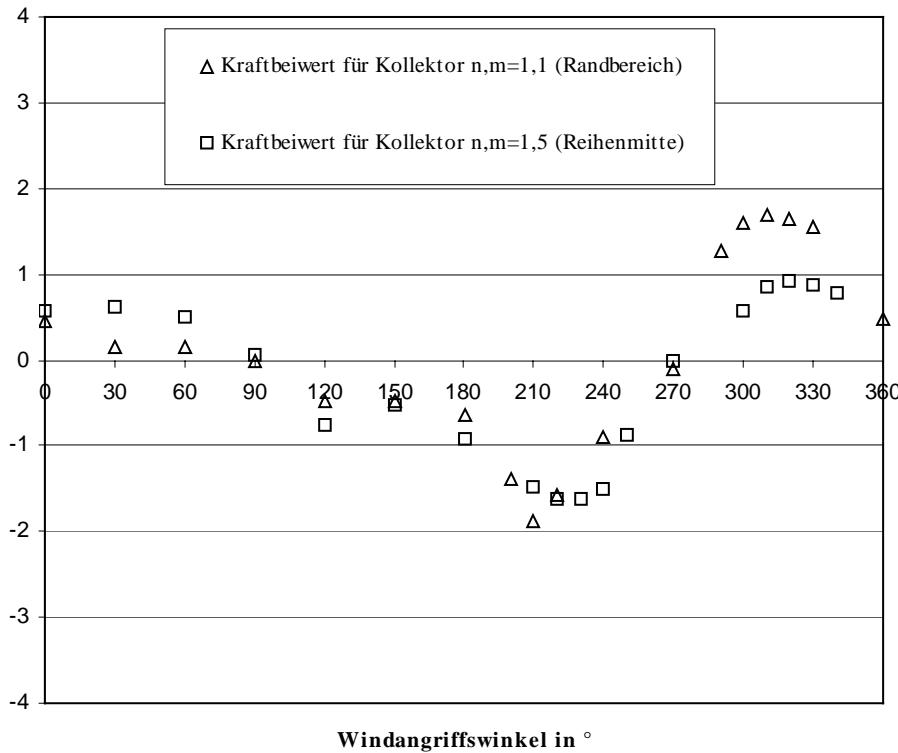


Bild 11.46: 2-a (3/79) und 2-b (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.34: 2-c (3/79) und 2-d (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	2	0	0,631	0,766
Breite W in mm	355	30	0,371	0,762
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,196	0,596
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,72	90	0,007	0,143
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,473	-0,815
Dachneigung a in °	0	130		-0,941
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	150	-0,511	-0,78
		180	-0,81	-0,977
		200	-1,703	-1,333
		210	-2,207	-1,658
		220	-1,887	-1,82
		230	-1,442	-1,846
		240	-1,196	-1,564
		250	-0,733	-0,904
		270	0,046	-0,092
		290	1,267	
		300	1,936	0,559
		310	1,867	0,806
		320		0,986
		330	1,308	0,916
		340		0,877
		360	0,643	

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H₁

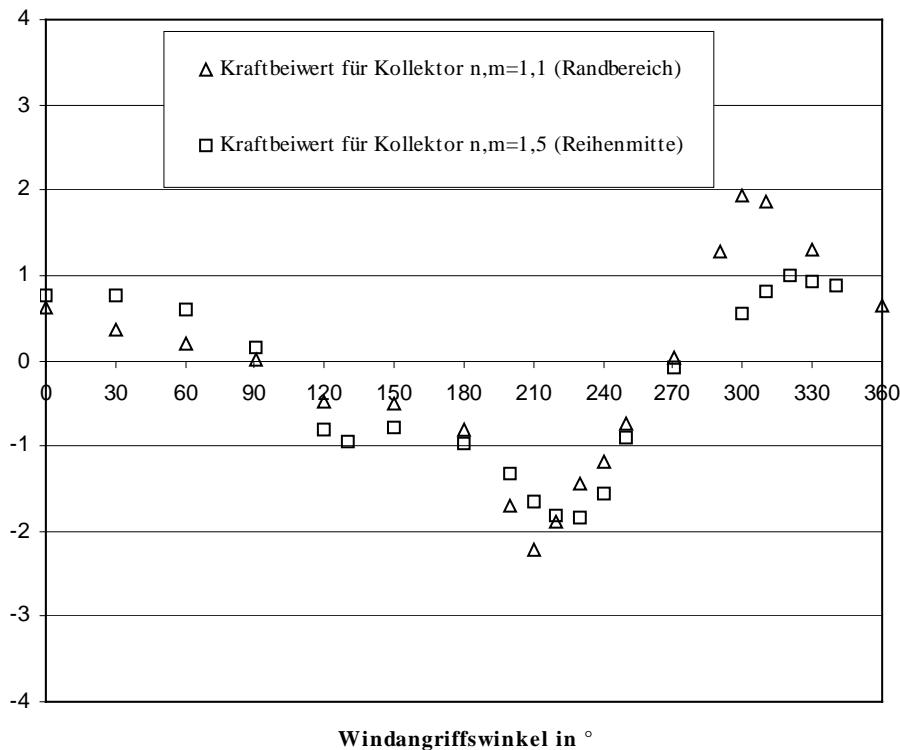


Bild 11.47: 2-c (3/79) und 2-d (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.35: 2-e (3/79) und 2-f (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:

Stockwerke	2
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,72
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung a in °	0
Abstandsverhältnis D/L ₁	0

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
0	0,939	1,188
30	0,541	1,003
60	0,268	0,857
90	-0,004	0,16
120	-0,493	-0,648
150	-0,501	-0,619
180	-0,786	-1,041
210	-1,653	-1,428
220	-1,797	
230	-2,016	-1,545
240	-1,557	-1,568
250		-1,112
270	-0,003	-0,173
290	1,61	
300	2,296	0,803
310	2,134	1,234
320		1,425
330	1,369	1,323
340		1,122
360	0,966	

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H₁

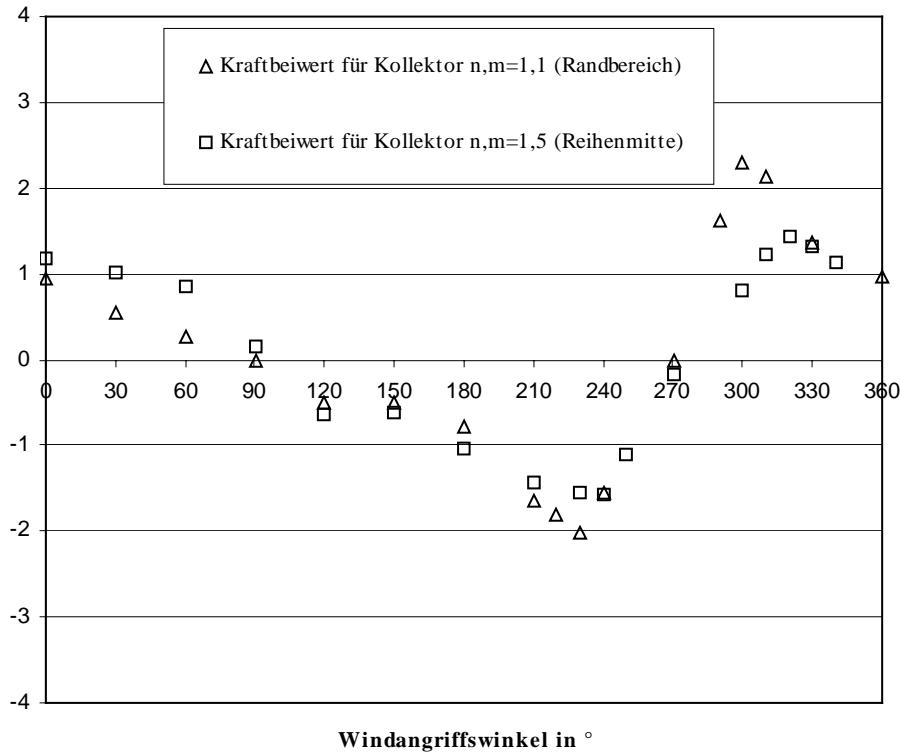


Bild 11.48: 2-e (3/79) und 2-f (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.36: 2-g (3/79) und 2-h (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	2	0	1,1	1,32
Breite W in mm	355	30	0,751	1,127
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,328	0,991
Seitenverhältnis H1/W	0,72	90	0,019	0,24
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,545	-0,974
Dachneigung a in °	0	150	-0,495	-0,932
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	155	-0,571	
		180	-0,966	-1,156
		210	-2,092	-1,651
		220	-2,515	-1,735
		230	-2,352	-1,8
		240	-1,729	-1,662
		250	-1,196	
		270	-0,137	-0,162
		290	1,436	
		300	2,181	0,709
		310	2,111	
		320		1,226
		330	1,606	1,299
		340		1,253
		360	1,079	

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H1

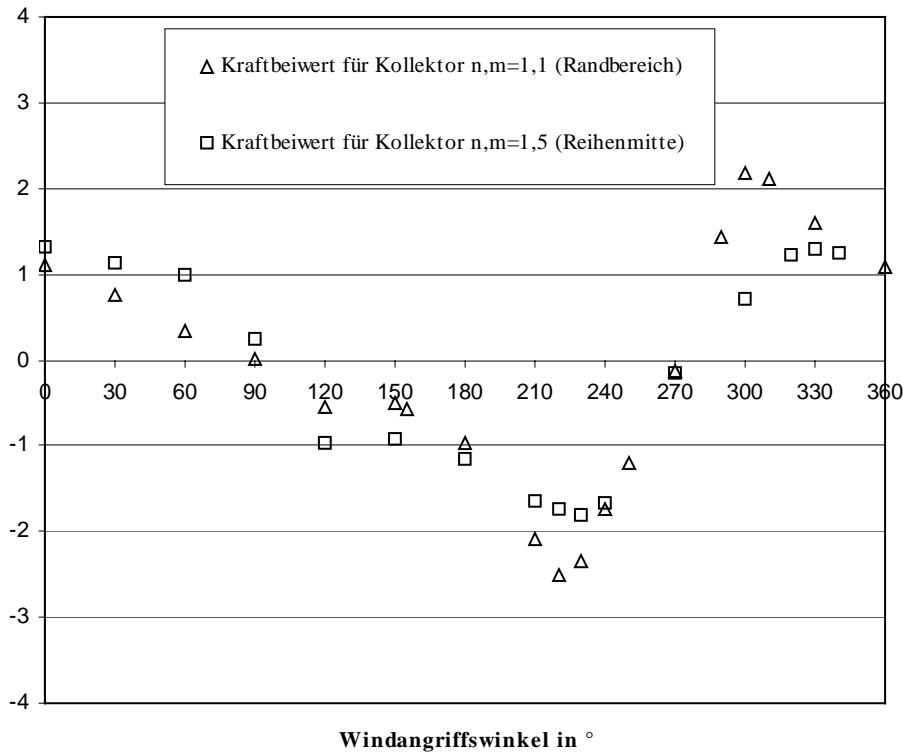


Bild 11.49: 2-g (3/79) und 2-h (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.37: 2-i (3/79) und 2-j (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	2	0	1,128	1,287
Breite W in mm	355	30	0,709	1,165
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,451	0,807
Seitenverhältnis H1/W	0,72	90	-0,002	0,239
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,561	-0,831
Dachneigung a in °	0	150	-0,545	-0,831
Abstandsverhältnis D/L1	0	180	-0,746	-1,052
		210	-1,388	-1,451
		230	-1,748	-1,515
		240	-1,651	-1,272
		250	-1,27	-1,037
		270	-0,085	-0,064
		290	1,74	0,451
		300	2,218	1,141
		310	2,13	1,445
		320	1,849	1,509
		330	1,646	1,423
		360	1,123	1,335

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1

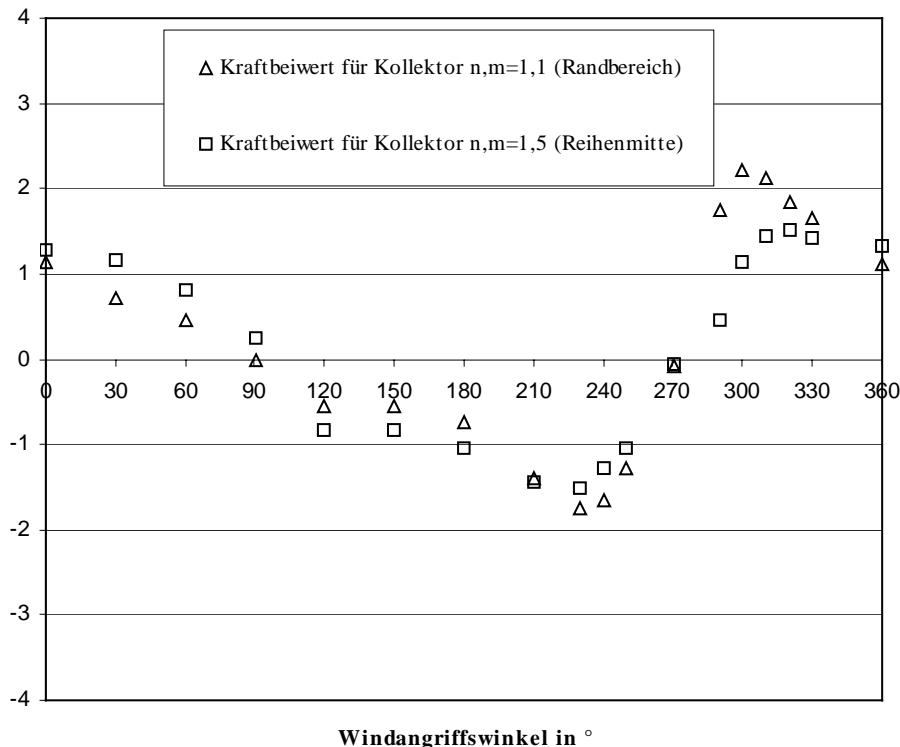


Bild 11.50: 2-i (3/79) und 2-j (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.38: 2-k (3/79) und 2-l (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	2	0	1,297	1,497
Breite W in mm	355	30	0,875	1,273
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,388	1,04
Seitenverhältnis H1/W	0,72	90		0,272
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,573	-0,997
Dachneigung a in °	0	150	-0,641	-1,113
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	180	-1,074	-1,277
		210	-1,854	-1,481
		220	-2,095	
		230	-2,659	-1,631
		240	-2,095	-1,613
		250	-1,448	-1,161
		270	-0,031	-0,189
		290	1,885	
		300	2,625	0,909
		310	1,997	
		330	1,804	1,555
		360	1,256	1,529

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1

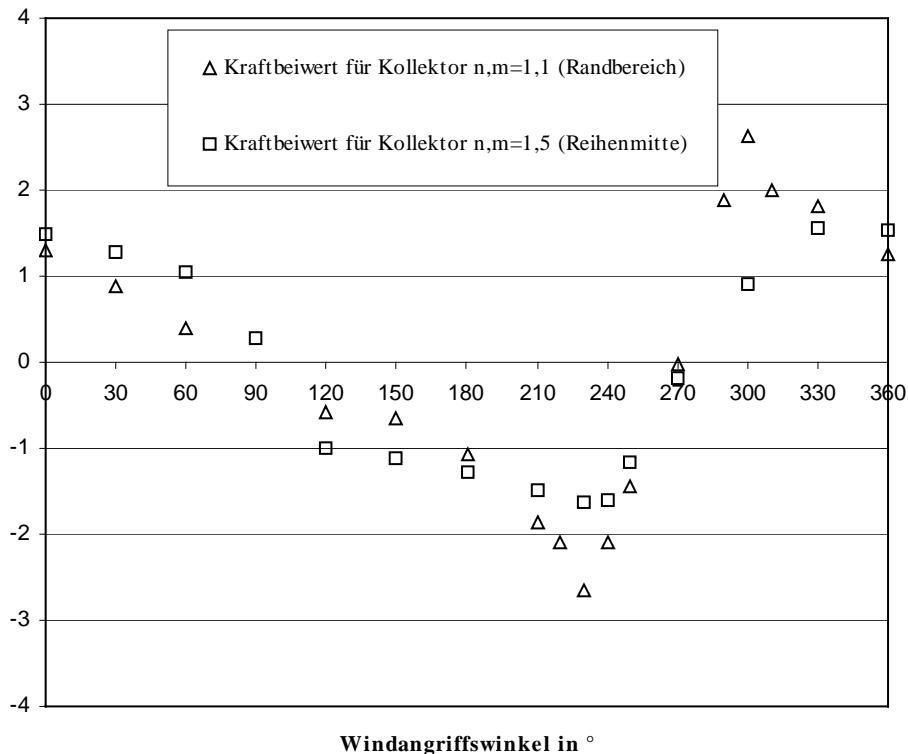


Bild 11.51: 2-k (3/79) und 2-l (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.39: 3-a (3/79) und 3-b (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H1/W	0,36
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung a in °	0
Abstandsverhältnis D/L1	0,16
Verhältnis H/W	0,072
Neigung Attika in °	90

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
0	0,544	0,367
30	0,169	0,684
60	0,173	0,455
90	-0,123	-0,017
120	-0,453	-0,811
150	-0,289	-0,217
180	-0,407	-0,424
210	-1,148	-1,276
220		-1,566
230	-0,825	-1,428
240	-0,519	-1,241
250	-0,324	
260	-0,236	
270	-0,054	0,121
300	1,607	0,533
310	1,72	
320	1,728	0,872
330	1,564	0,9
360	0,488	

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1

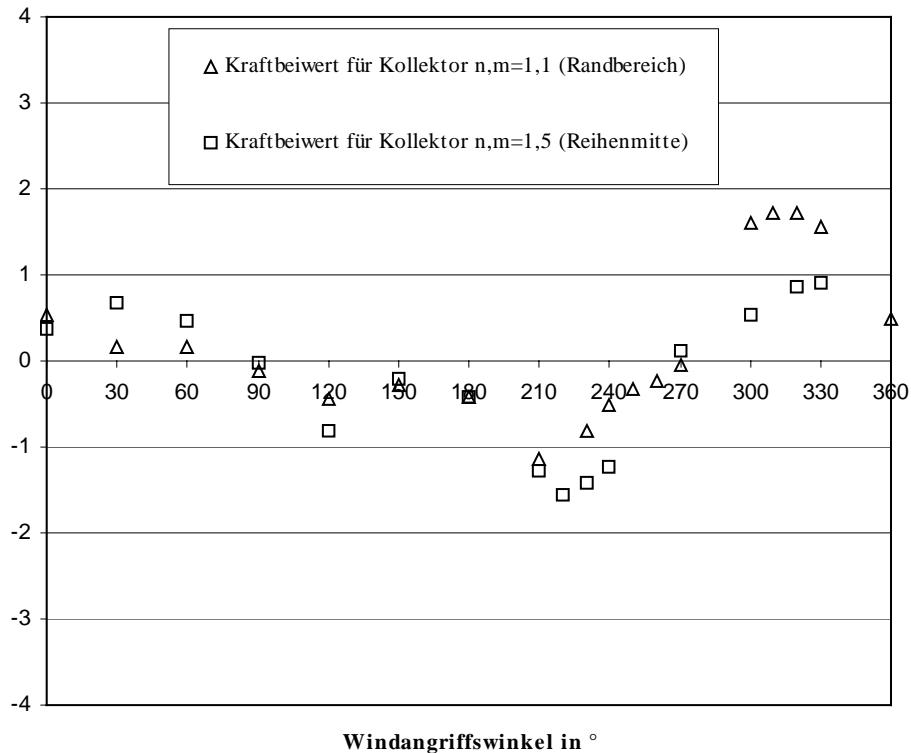


Bild 11.52: 3-a (3/79) und 3-b (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.40: 3-c (3/79) und 3-d (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	0,369	0,427
Breite W in mm	355	30	0,093	0,792
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,117	0,436
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	-0,134	-0,003
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,558	-0,792
Dachneigung a in °	0	150	-0,293	-0,241
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	180	-0,321	-0,331
Verhältnis H/W	0,072	210	-1,145	-1,196
Neigung Attika in °	60	220		-1,286
		230	-0,751	-1,272
		240	-0,455	-1,139
Kollektorfeldmodell:		250	-0,298	
Höhe des Kollektors L1 in mm	102	270	-0,038	0,14
Seitenverhältnis W1/L1	0,5	300	1,409	0,633
Seitenverhältnis C/L1	0,375	320	1,51	0,941
Anzahl der Reihen n	1	330	1,527	0,943
Kollektoren in einer Reihe	10	340	1,145	0,924
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30			

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1

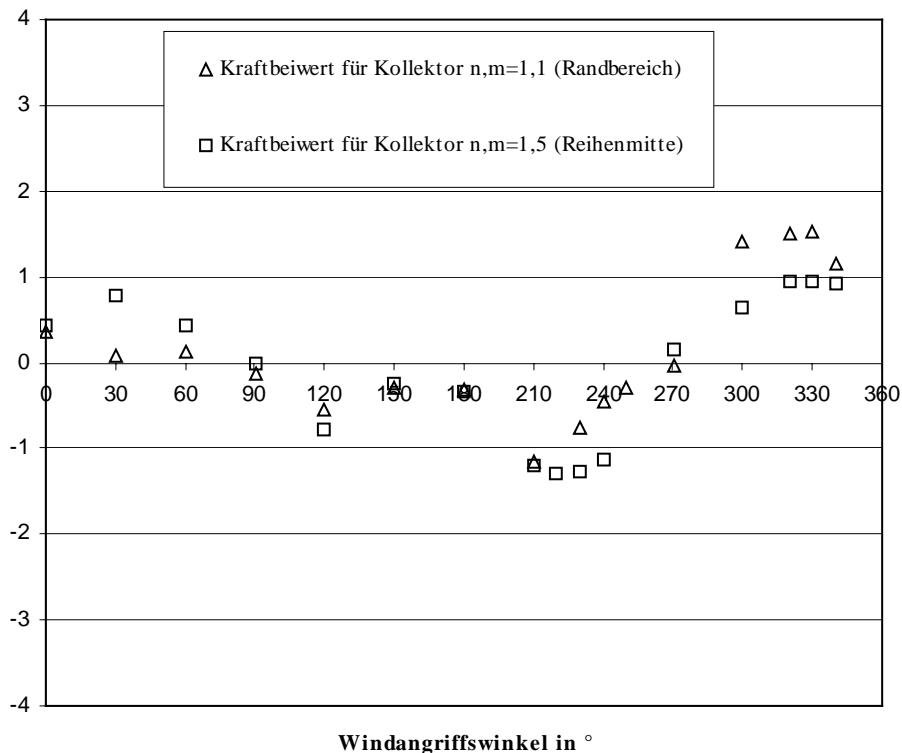


Bild 11.53: 3-c (3/79) und 3-d (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.41: 3-e (3/79) und 3-f (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	1,5	1,762
Breite W in mm	355	30	1,081	1,545
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,42	0,866
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	-0,107	0,079
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,73	-1,248
Dachneigung a in °	0	150	-0,615	-1,1
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	180	-0,78	-1,007
Verhältnis H/W	0,072	190	-1,242	
Neigung Attika in °	90	200	-1,712	
		210	-1,655	-1,526
		220	-1,634	-1,499
		230	-1,64	-1,79
		240	-1,383	-1,445
		250	-0,839	-0,932
		270	-0,063	-0,025
		290	1,642	
		300	2,288	0,885
		310	2,064	
		320		1,778
		330	2,16	1,949
		340		1,834
		360	1,517	

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1

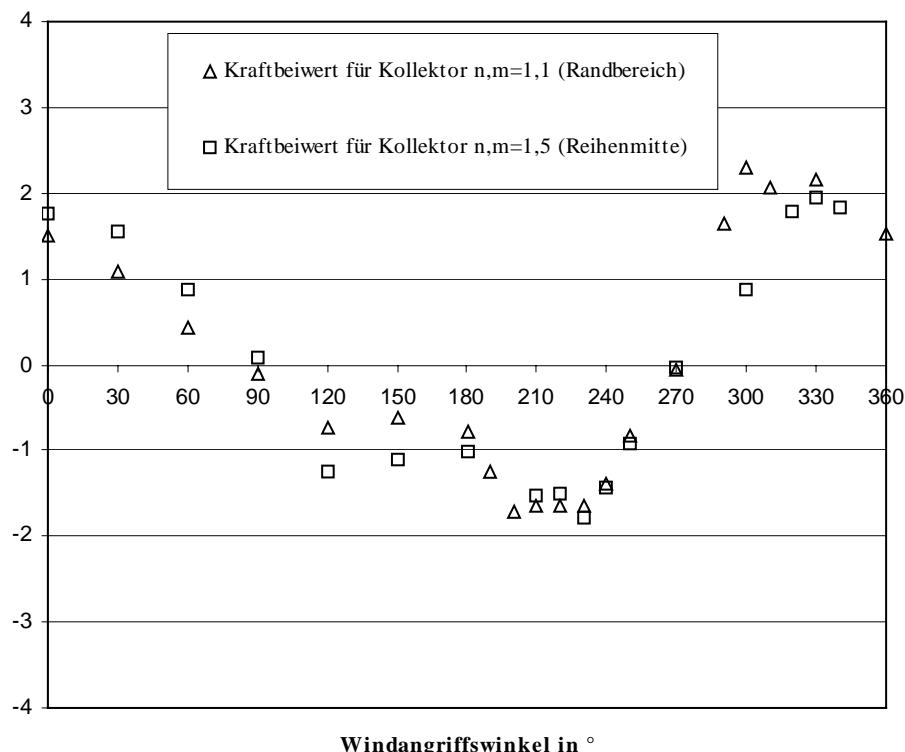


Bild 11.54: 3-e (3/79) und 3-f (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.42: 3-g (3/79) und 3-h (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H1/W	0,36
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung a in °	0
Abstandsverhältnis D/L1	0,16
Verhältnis H/W	0,072
Neigung Attika in °	60

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	60

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
0	1,499	1,733
30	0,994	1,689
60	0,413	0,854
90	-0,196	0,138
120	-0,974	-1,22
150	-0,822	-1,073
180	-0,747	-0,752
190	-1,144	
200	-1,721	-1,324
210	-1,72	-1,624
220	-1,64	-1,623
230	-1,614	
240	-1,237	-1,371
250	-0,791	-0,916
270	0,141	0,013
280	0,832	
290	1,895	
300	2,252	1,266
310	2,119	1,762
320		1,926
330	2,255	2,005
340		1,994
360	1,54	

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1

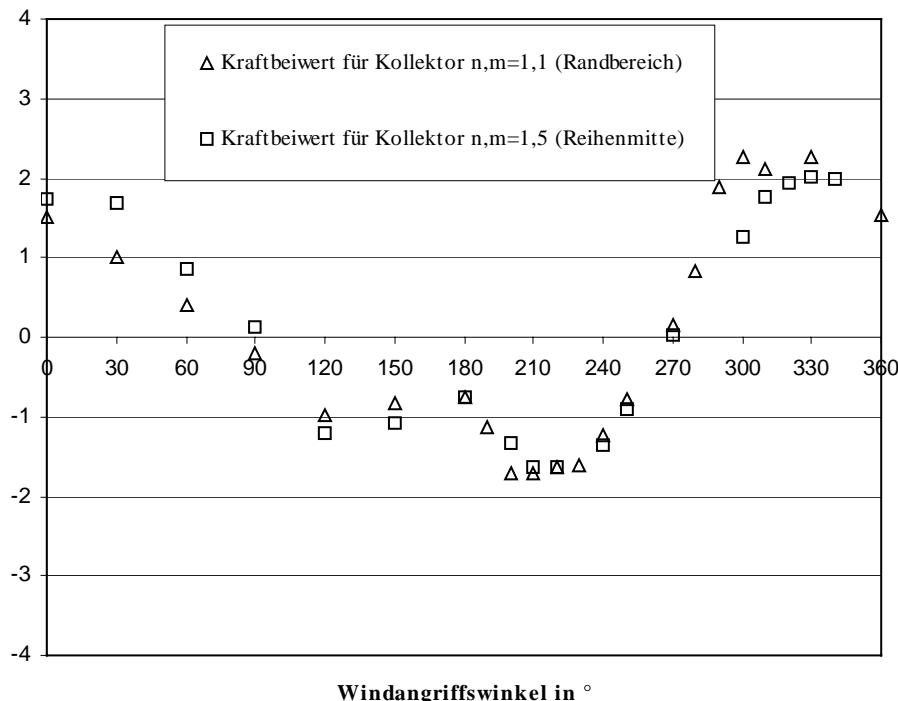


Bild 11.55: 3-g (3/79) und 3-h (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.43: 3-i (3/79) und 3-k (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	-0,147	-0,34
Breite W in mm	355	30	-0,234	-0,137
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	-0,004	0,151
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	-0,114	-0,01
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,313	-0,636
Dachneigung a in °	0	140	-0,181	
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	150	-0,068	0,08
Verhältnis H/W	0,143	170		0,126
Neigung Attika in °	90	180	0,061	0,024
		200		
		210	-0,388	-0,815
		220	-0,465	-1,17
		230	-0,555	-1,179
		240	-0,35	-0,955
		270	-0,166	0,243
		300	0,622	0,323
		330	0,479	-0,186
		360	-0,106	-0,295

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1

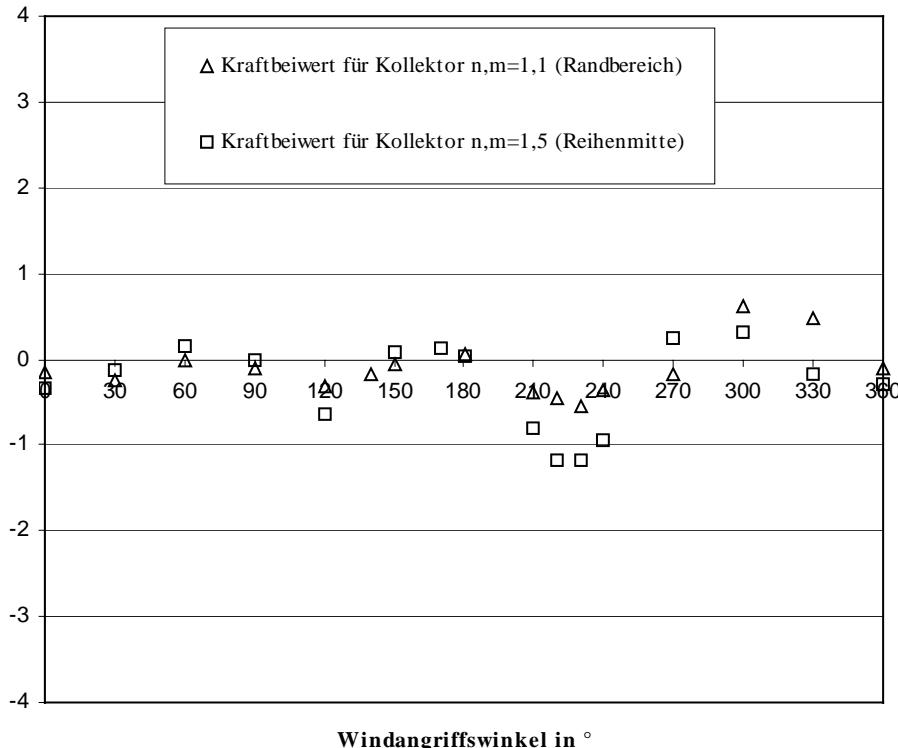


Bild 11.56: 3-i (3/79) und 3-k (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.44: 3-j (7/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	180	-0,325
Breite W in mm	355	200	-1,049
Seitenverhältnis L/W	1,76	220	-0,76
Seitenverhältnis H1/W	0,36	240	-0,322
Seitenverhältnis E/W	0	260	-0,125
Dachneigung a in °	0	280	0,213
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	300	1,369
Verhältnis H/W	0,143	330	1,304
Neigung Attika in °	90	360	0,93

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	60

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H1

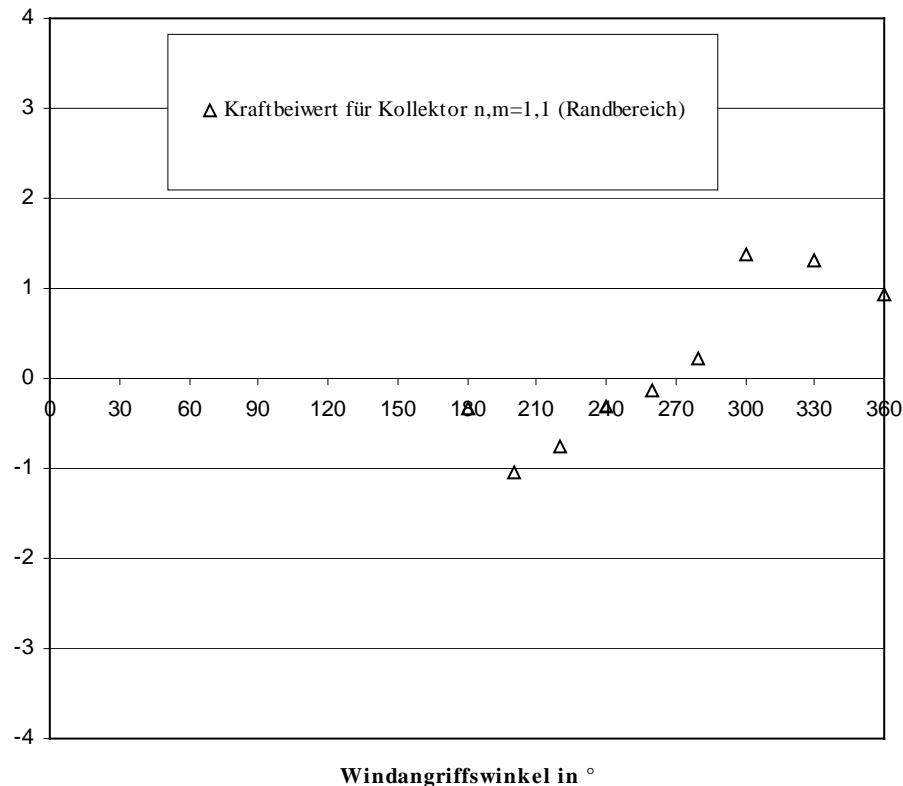


Bild 11.57: 3-j (7/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.45: 4-a (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	-0,076
Breite W in mm	355	30	-0,047
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,082
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	0,058
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,031
Dachneigung a in °	0	150	0,044
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	180	0,031
		210	-0,605
		240	-0,909
		270	0,044
		300	1,162
		310	1,281
		320	1,39
		330	1,179
		360	-0,128

Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L1 in mm	102		
Seitenverhältnis W1/L1	0,5		
Seitenverhältnis C/L1	0,28		
Anzahl der Reihen n	3		
Kollektoren in einer Reihe	10		
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30		
Seitenverhältnis B/L1	1,15		

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H1

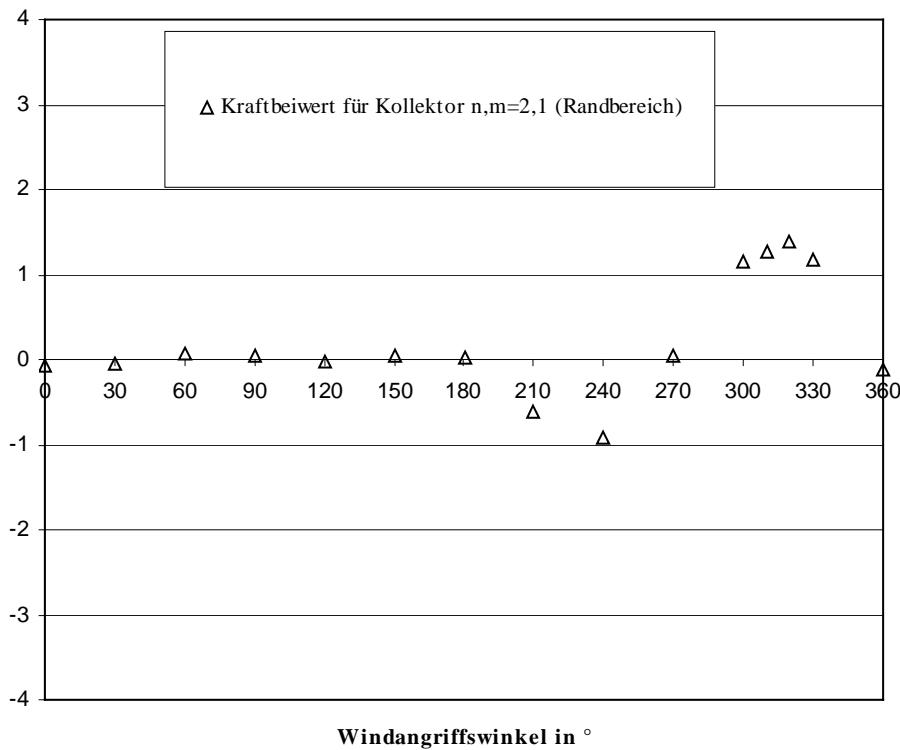


Bild 11.58: 4-a (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.46: 4-b (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	150	-0,087
Breite W in mm	355	180	-0,077
Seitenverhältnis L/W	1,76	200	-0,41
Seitenverhältnis H1/W	0,36	220	-1
Seitenverhältnis E/W	0	240	-0,873
Dachneigung a in °	0	270	0,183
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	300	1,003
		330	0,993
		360	-0,176

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,28
Anzahl der Reihen n	3
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30
Seitenverhältnis B/L1	1,15

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H1

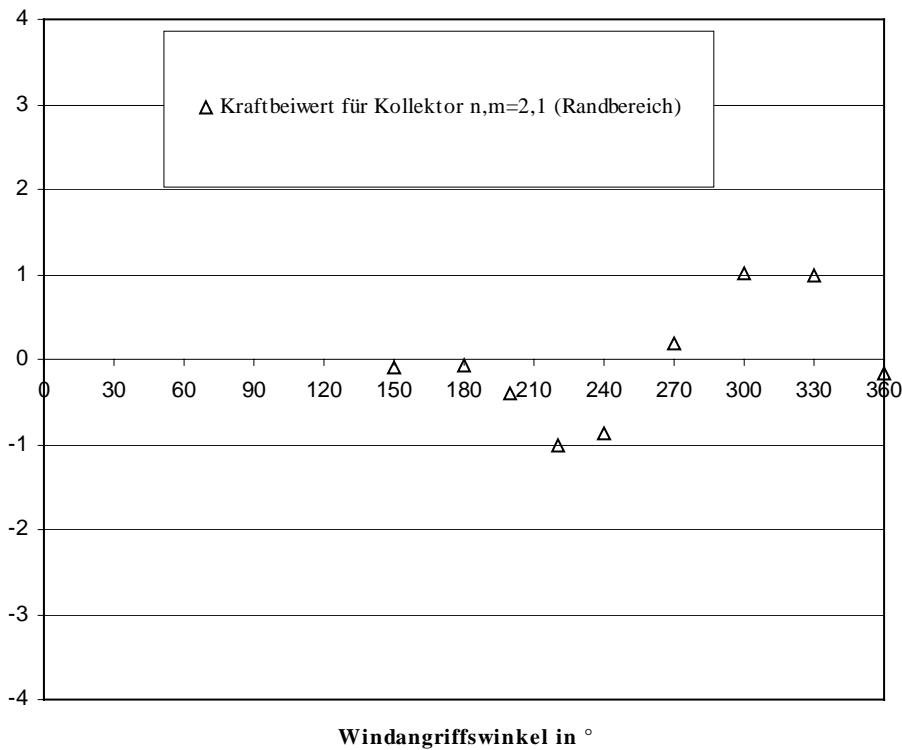


Bild 11.59: 4-b (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.47: 4-c (11/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektortreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	-0,079
Breite W in mm	355	30	-0,04
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,085
Seitenverhältnis H/L	0,36	90	0,034
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,04
Dachneigung a in °	0	150	0,028
Abstandsverhältnis D/L	0,16	180	0,057
		210	-0,856
		240	-1,043
		300	1,128
		330	1,015
		360	-0,085

Kollektorfeldmodell:	
Höhe des Kollektors L in mm	102
Seitenverhältnis W/L	0,5
Seitenverhältnis C/L	0,28
Anzahl der Reihen n	3
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30
Seitenverhältnis B/L	1,15

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H

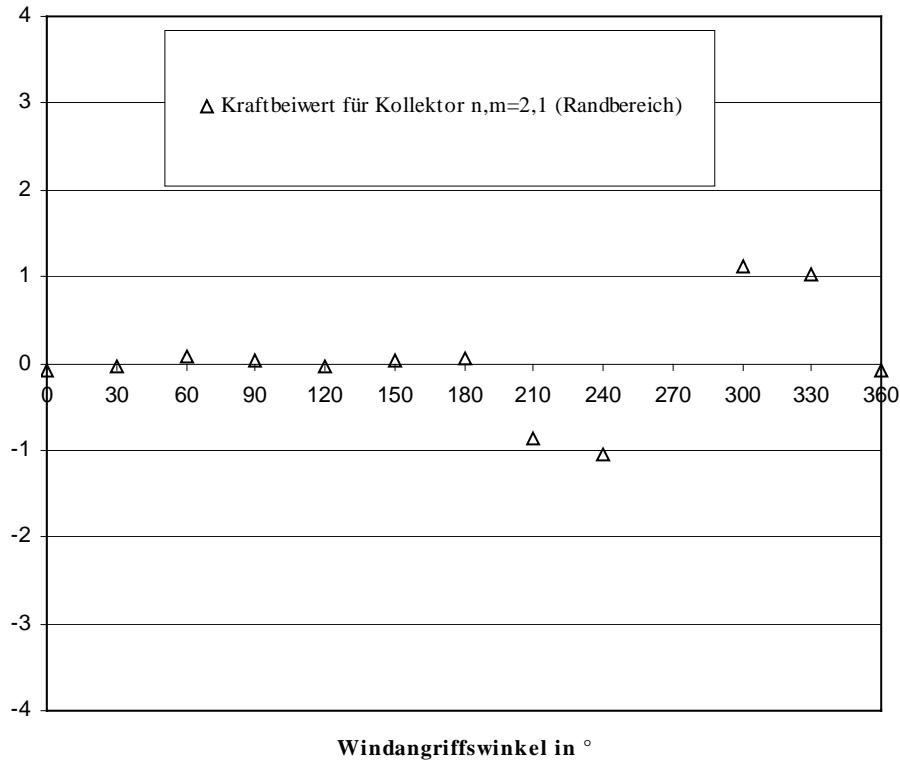


Bild 11.60: 4-c (11/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektortreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.48: 4-d (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektortreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	-0,279
Breite W in mm	355	30	-0,078
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,165
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	0,165
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,099
Dachneigung a in °	0	150	-0,204
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	180	-0,021
		210	-0,629
		240	-0,628
		270	-0,207
		300	0,031
		330	-0,03
		360	-0,245

Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102		
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5		
Seitenverhältnis C/L ₁	0,28		
Anzahl der Reihen n	3		
Kollektoren in einer Reihe	10		
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30		
Seitenverhältnis B/L ₁	1,15		

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H₁

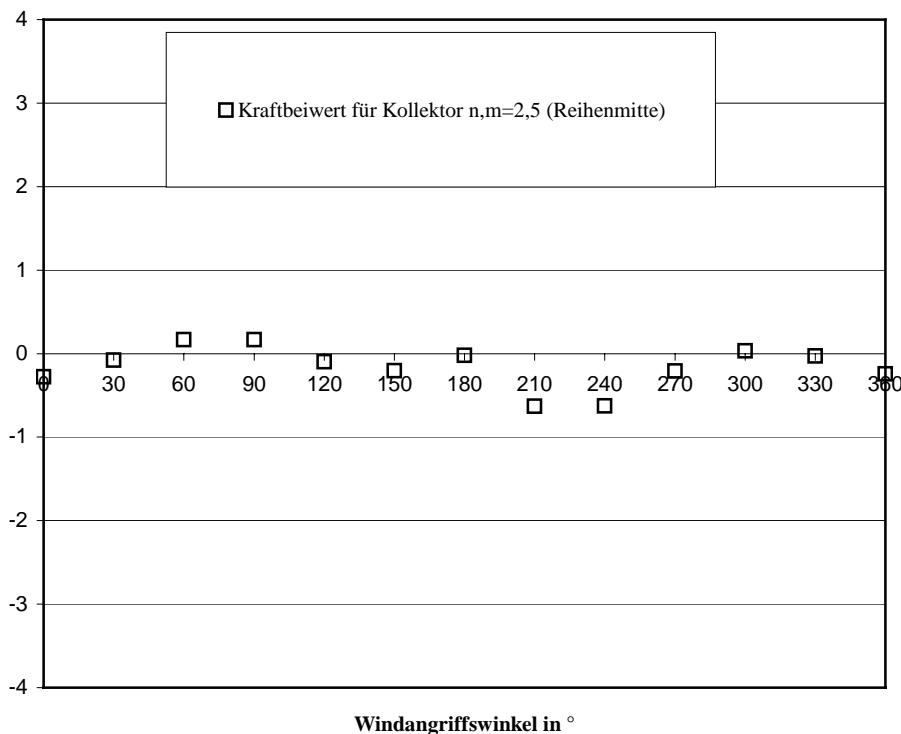


Bild 11.61: 4-d (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektortreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.49: 4-e (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	0,049
Breite W in mm	355	30	-0,003
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,159
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	-0,03
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,43
Dachneigung a in °	0	150	-0,815
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	180	-1,504
		190	-1,678
		200	-1,904
		210	-1,918
		220	-1,766
		240	-1,301
		270	0,288
		290	1,351
		300	1,751
		310	1,862
		320	1,778
		330	1,493
		360	0,027

Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L1 in mm	102		
Seitenverhältnis W1/L1	0,5		
Seitenverhältnis C/L1	0,28		
Anzahl der Reihen n	3		
Kollektoren in einer Reihe	10		
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30		
Seitenverhältnis B/L1	1,15		

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H1

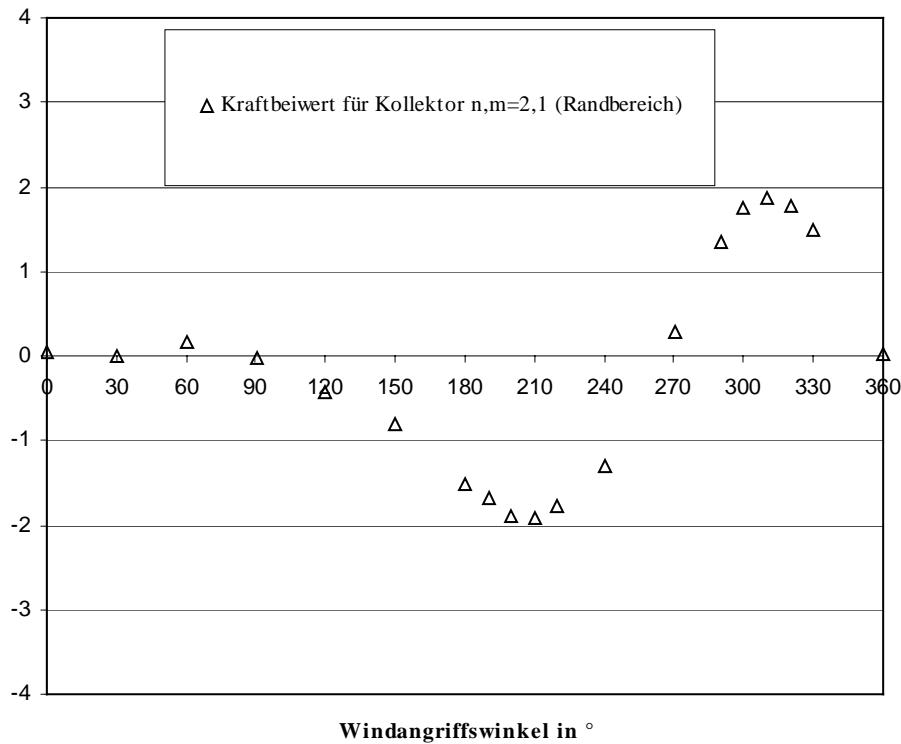


Bild 11.62: 4-e (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.50: 4-f (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektortreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	150	-0,758
Breite W in mm	355	180	-1,214
Seitenverhältnis L/W	1,76	200	-1,576
Seitenverhältnis H1/W	0,36	220	-1,482
Seitenverhältnis E/W	0	240	-1,017
Dachneigung a in °	0	270	0,229
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	300	1,372
		330	1,245
		360	0,119

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,28
Anzahl der Reihen n	3
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30
Seitenverhältnis B/L1	1,15

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H1

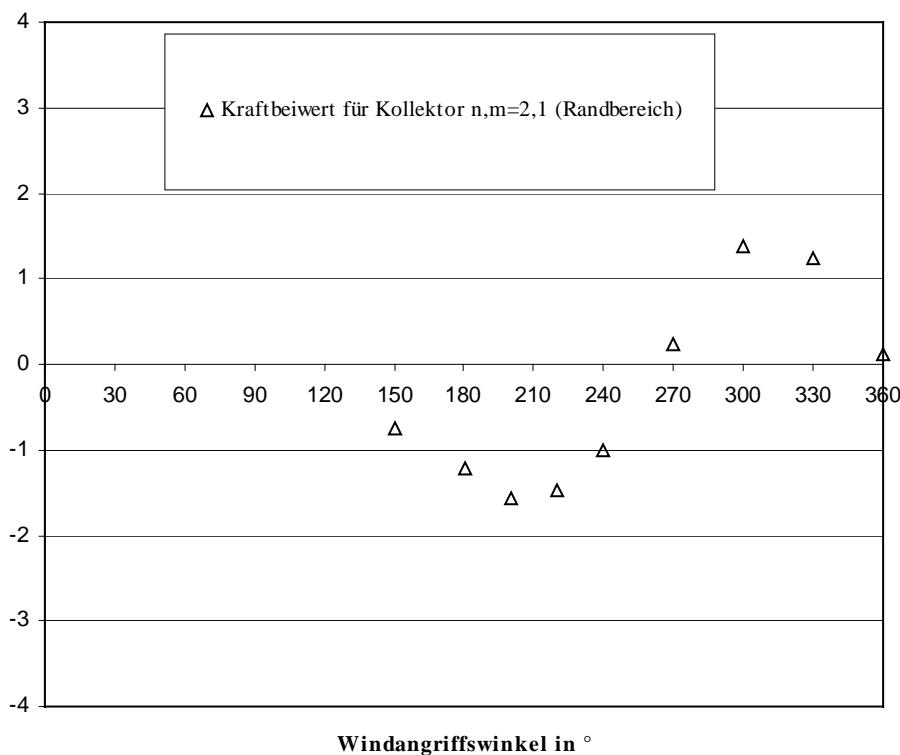


Bild 11.63: 4-f (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektortreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.51: 4-g (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	-0,154
Breite W in mm	355	30	0,087
Seitenverhältnis L/W	1,76	50	0,215
Seitenverhältnis H1/W	0,36	60	0,216
Seitenverhältnis E/W	0	90	0,175
Dachneigung a in °	0	120	-0,241
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	150	-1,245
		180	-1,795
		190	-1,82
		200	-1,729
		210	-1,653
		240	-1,128
		270	-0,185
		300	0,209
		330	0,121
		360	-0,102

Kollektorfeldmodell:	
Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,28
Anzahl der Reihen n	3
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30
Seitenverhältnis B/L1	1,15

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H1

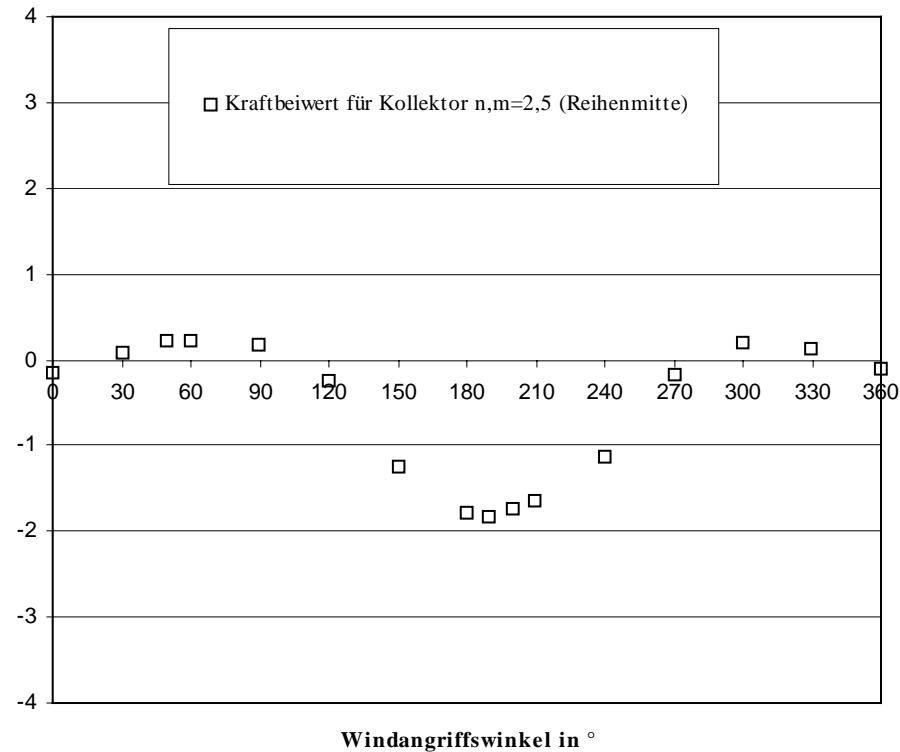


Bild 11.64: 4-g (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.52: 4-h (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	-0,344
Breite W in mm	355	30	-0,166
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	-0,052
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	-0,042
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,165
Dachneigung a in °	0	150	-0,18
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	180	-0,182
		210	-0,881
		220	-1,078
		230	-1,373
		240	-1,427
		270	0,13
		290	1,177
		300	1,545
		310	1,548
		320	1,391
		330	1,177
		360	-0,341

Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L1 in mm	102		
Seitenverhältnis W1/L1	0,5		
Seitenverhältnis C/L1	0,28		
Anzahl der Reihen n	3		
Kollektoren in einer Reihe	10		
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45		
Seitenverhältnis B/L1	1,41		

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1



Bild 11.65: 4-h (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.53: 4-i (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	150	-0,074
Breite W in mm	355	180	-0,099
Seitenverhältnis L/W	1,76	200	-0,474
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	220	-1,047
Seitenverhältnis E/W	0	240	-1,163
Dachneigung a in °	0	270	0,111
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	300	1,402
		330	1,387
		360	-0,07

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	0,28
Anzahl der Reihen n	3
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45
Seitenverhältnis B/L ₁	1,41

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

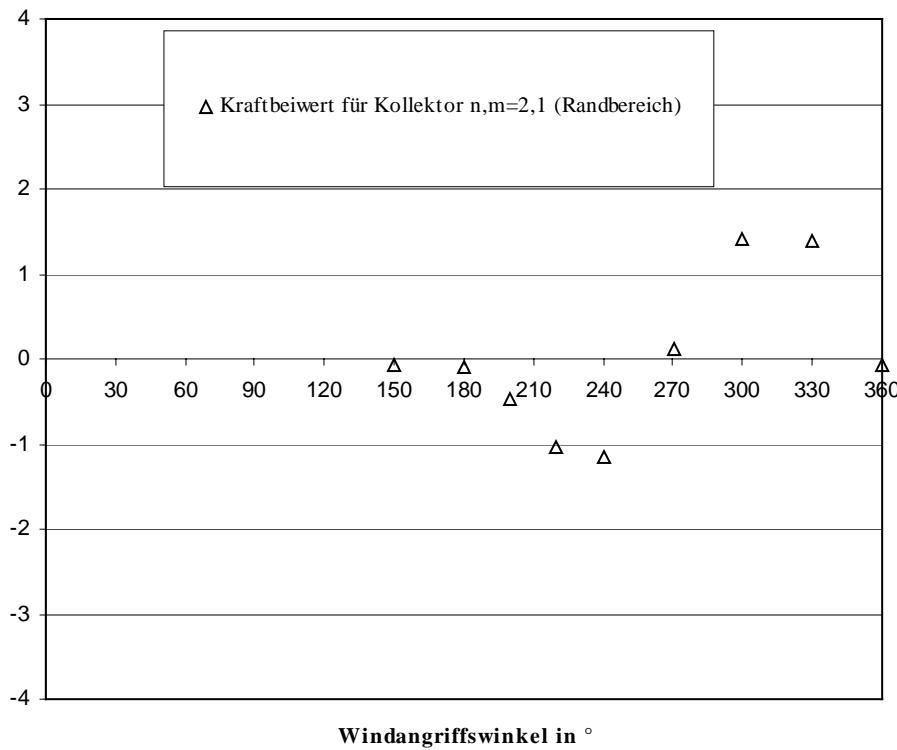


Bild 11.66: 4-i (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.54: 4-j (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektortreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	-0,099
Breite W in mm	355	30	0,183
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,368
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	0,32
Seitenverhältnis E/W	0	120	0,175
Dachneigung a in °	0	150	-0,055
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	180	0,14
		210	-0,468
		240	-0,721
		270	-0,262
		300	0,032
		330	0,183
		360	-0,097

Kollektorfeldmodell:	
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	0,28
Anzahl der Reihen n	3
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45
Seitenverhältnis B/L ₁	1,41

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

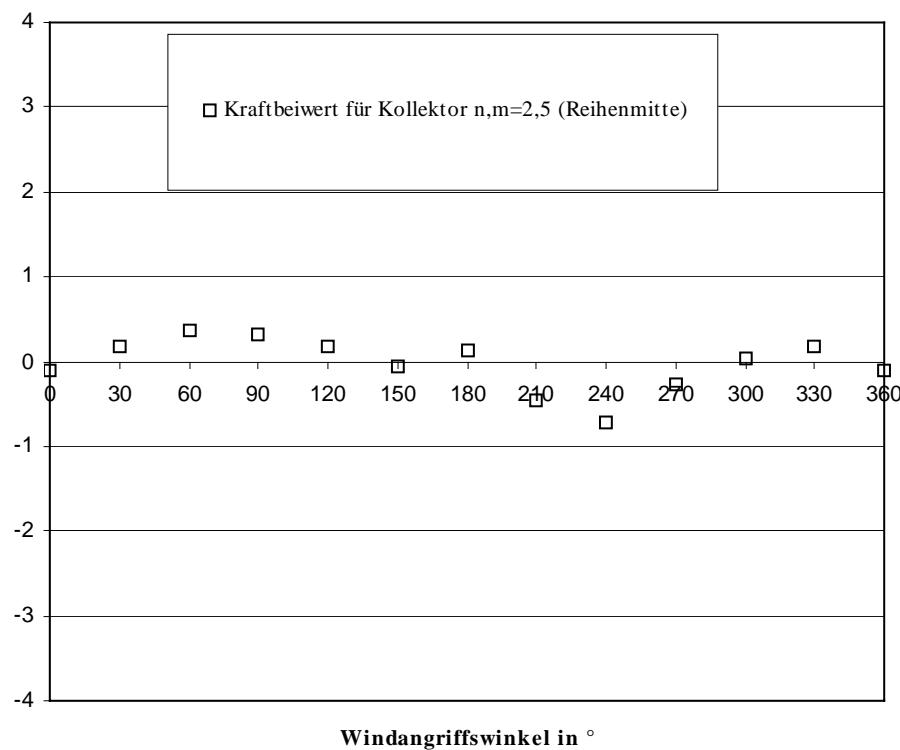


Bild 11.67: 4-j (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektortreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.55: 4-k (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	-0,044
Breite W in mm	355	30	-0,109
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,035
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	-0,065
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,44
Dachneigung a in °	0	150	-0,983
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	180	-1,528
		200	-1,867
		210	-2,049
		220	-2,091
		240	-1,543
		270	0,392
		290	1,557
		300	1,837
		310	1,691
		330	1,197
		360	-0,103
	1,41		

Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L1 in mm	102		
Seitenverhältnis W1/L1	0,5		
Seitenverhältnis C/L1	0,28		
Anzahl der Reihen n	3		
Kollektoren in einer Reihe	10		
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45		
Seitenverhältnis B/L1	1,41		

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1

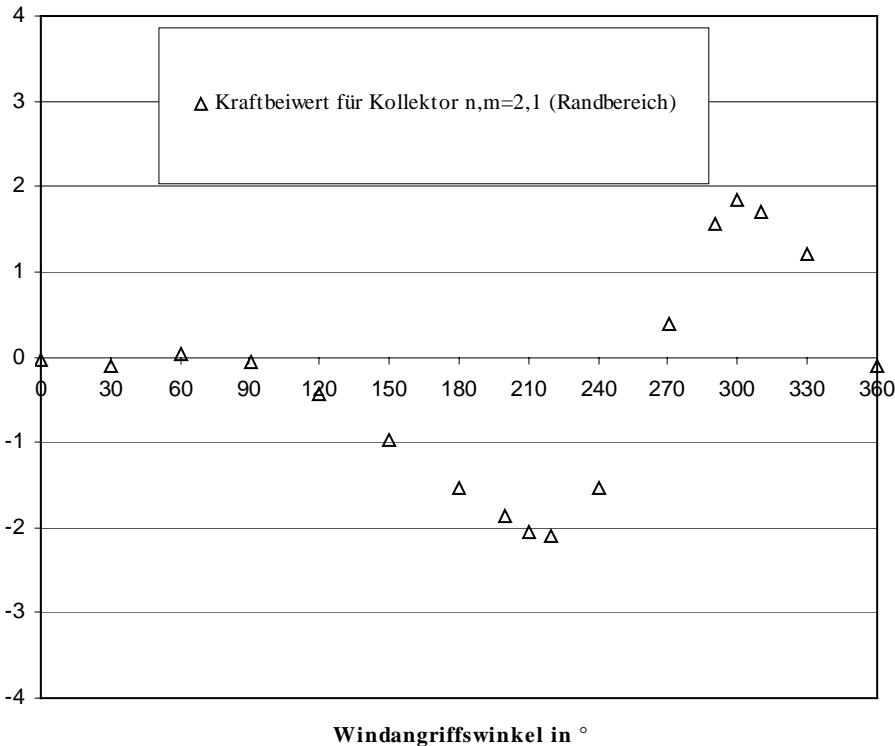


Bild 11.68: 4-k (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.56: 4-1 (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektortreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	150	-0,855
Breite W in mm	355	180	-1,311
Seitenverhältnis L/W	1,76	200	-1,674
Seitenverhältnis H1/W	0,36	220	-1,7
Seitenverhältnis E/W	0	240	-1,411
Dachneigung a in °	0	270	0,339
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	290	1,508
		300	1,805
		310	1,588
		330	1,269
		360	0,058

Kollektorfeldmodell:	
Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,28
Anzahl der Reihen n	3
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45
Seitenverhältnis B/L1	1,41

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H1

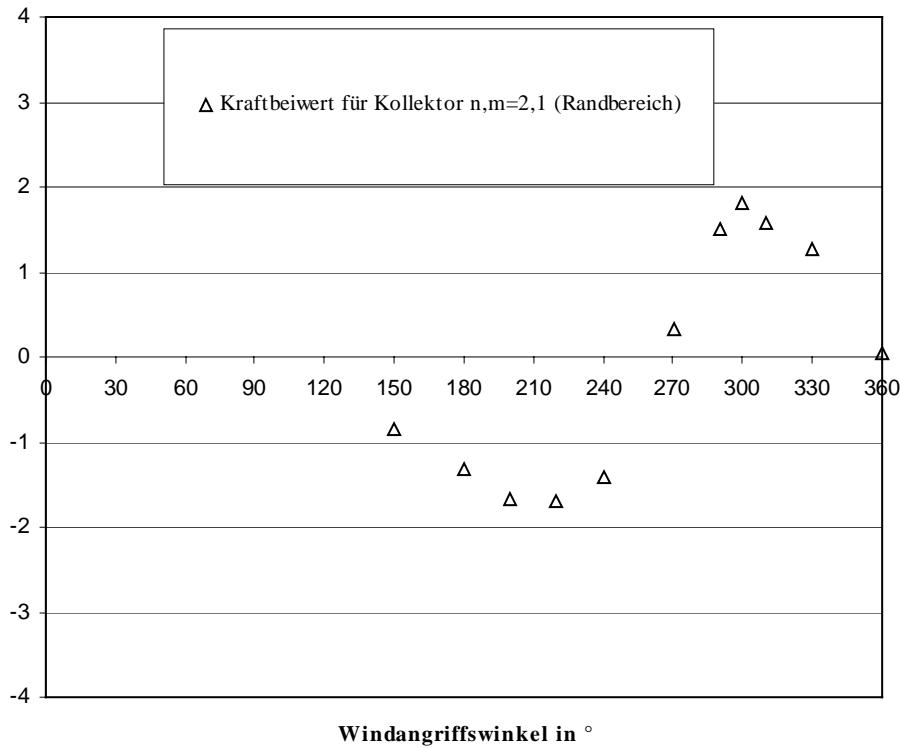


Bild 11.69: 4-1 (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektortreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.57: 4-m (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	-0,185
Breite W in mm	355	30	-0,089
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,32
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	0,166
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,44
Dachneigung a in °	0	150	-1,51
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	160	-2,338
		170	-2,412
		180	-2,011
		190	-1,875
		200	-1,891
		210	-1,762
		240	-1,138
		270	-0,118
		300	0,378
		330	0,008
		360	-0,124

Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L1 in mm	102		
Seitenverhältnis W1/L1	0,5		
Seitenverhältnis C/L1	0,28		
Anzahl der Reihen n	3		
Kollektoren in einer Reihe	10		
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45		
Seitenverhältnis B/L1	1,41		

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H1

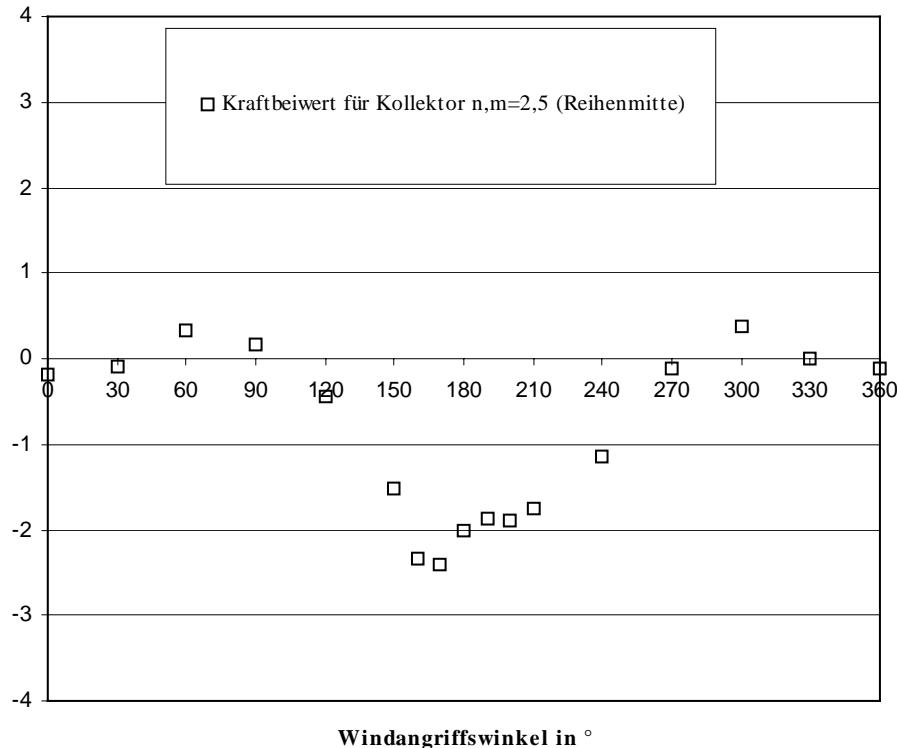


Bild 11.70: 4-m (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.58: 4-n (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	-0,14
Breite W in mm	355	30	0,047
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,087
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	-0,023
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,448
Dachneigung a in °	0	150	-0,911
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	180	-1,643
		210	-2,369
		220	-2,836
		230	-2,876
		240	-2,545
		250	-1,681
		270	0,182
		290	1,966
		300	2,328
		310	1,795
		330	1,676
		360	-0,14

Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102		
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5		
Seitenverhältnis C/L ₁	0,28		
Anzahl der Reihen n	2		
Kollektoren in einer Reihe	10		
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	60		
Seitenverhältnis B/L ₁	2		

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

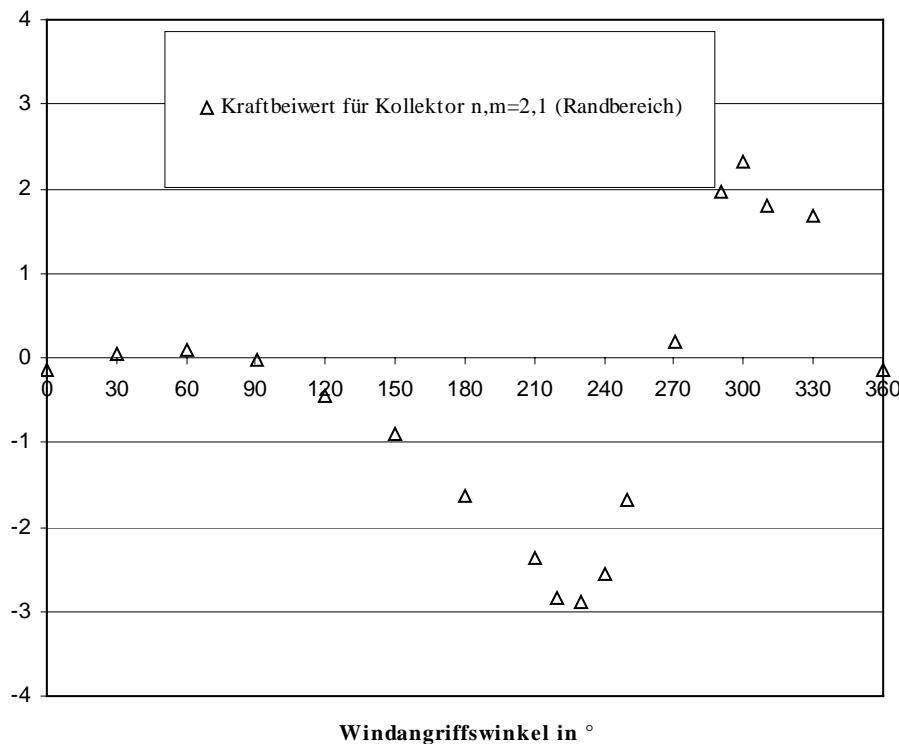


Bild 11.71: 4-n (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.59: 4-o (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	150	-1,049
Breite W in mm	355	180	-1,461
Seitenverhältnis L/W	1,76	200	-2,042
Seitenverhältnis H1/W	0,36	220	-2,65
Seitenverhältnis E/W	0	240	-2,173
Dachneigung a in °	0	270	0,271
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	300	2,18
		330	1,565
		360	0,016

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,28
Anzahl der Reihen n	2
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	60
Seitenverhältnis B/L1	2

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H1

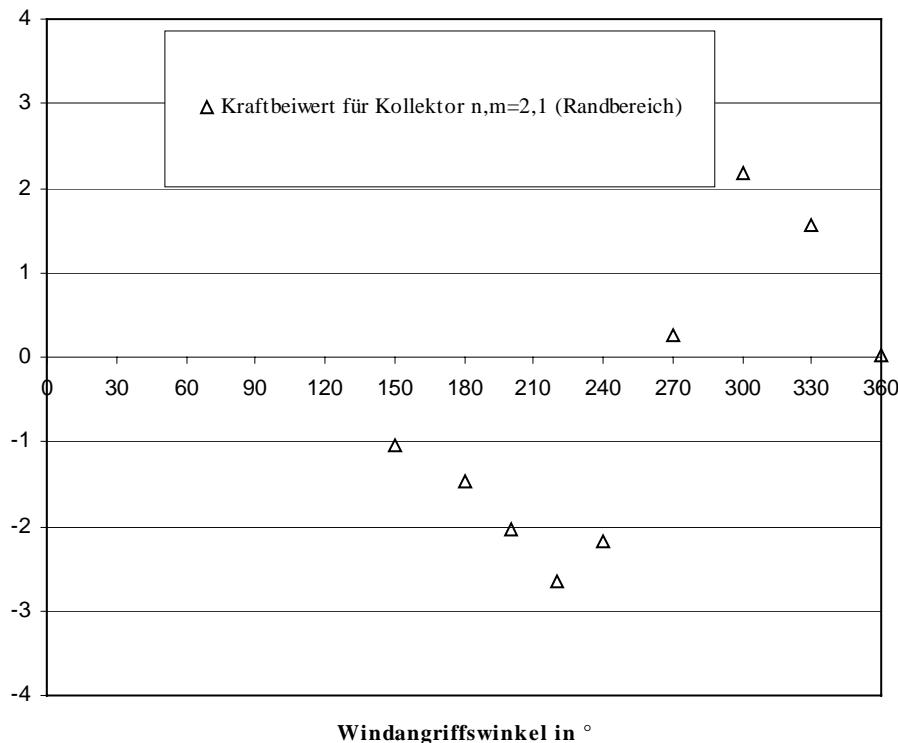


Bild 11.72: 4-o (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.60: 4-p (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung a in °	0
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,5 (Reihenmitte)
0	-0,415
30	-0,14
60	0,53
90	0,312
120	-0,367
150	-1,323
180	-1,902
210	-1,688
240	-1,29
270	-0,223
300	0,465
330	-0,172
360	-0,419

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	0,28
Anzahl der Reihen n	2
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	60
Seitenverhältnis B/L ₁	2

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H₁

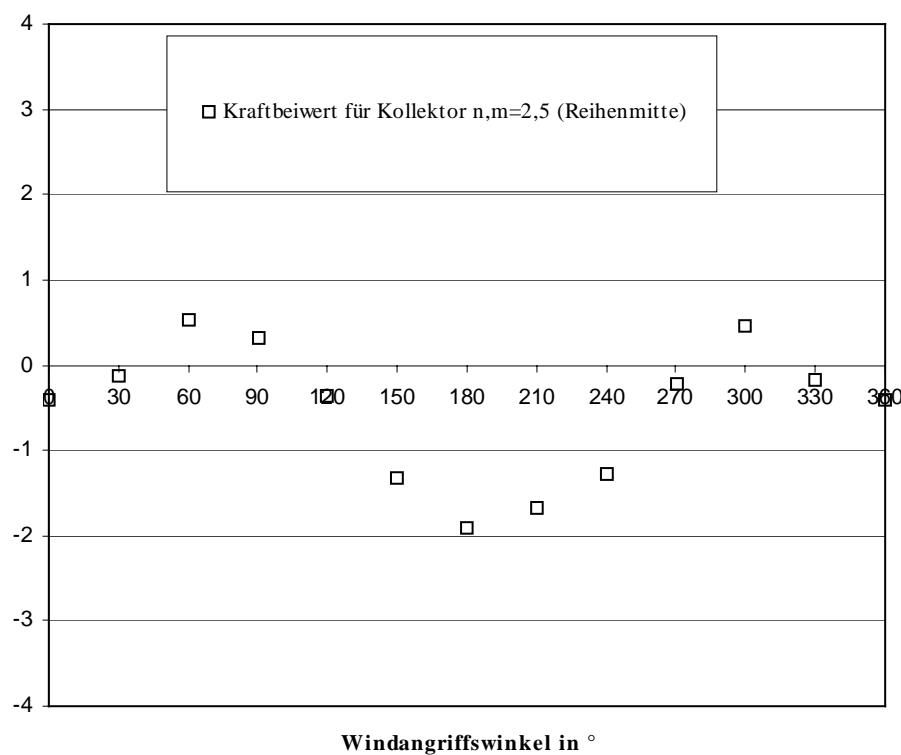


Bild 11.73: 4-p (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.61: 5-a (7/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	0,883
Breite W in mm	355	30	0,598
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,281
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	0,02
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,55	120	-0,182
Seitenverhältnis E/W	0	150	-0,313
Dachneigung a in °	15	180	-0,402
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	210	-1,153
		240	-0,447
		270	-0,014
		300	1,111
		330	1,34
		360	0,911

Kollektorfeldmodell:	
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	15

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

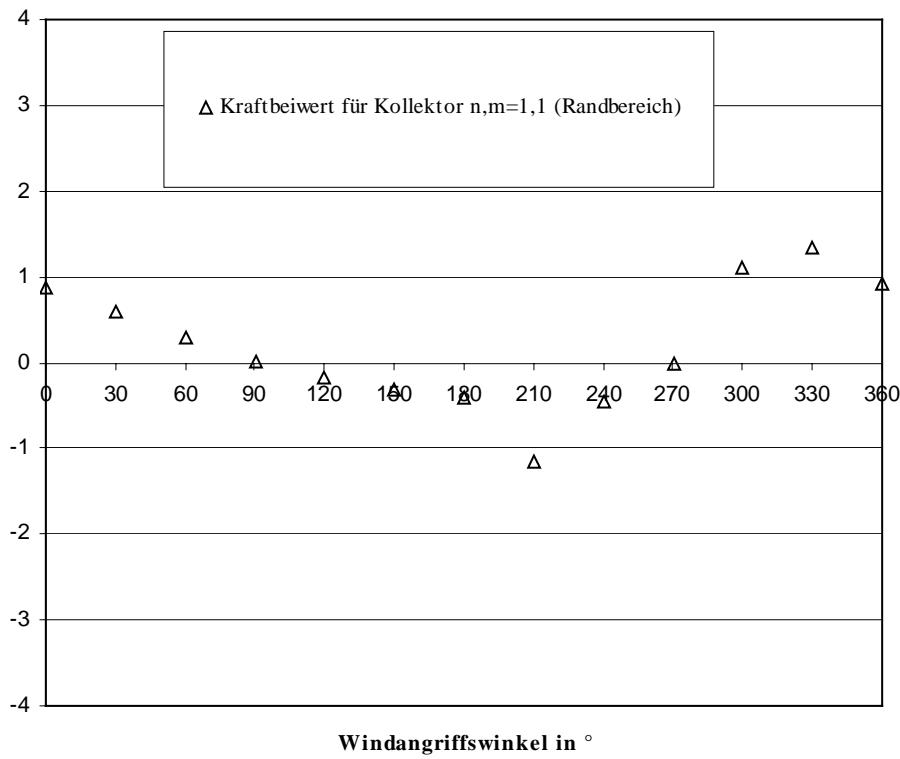


Bild 11.74: 5-a (7/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.62: 5-b (7/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	1,276
Breite W in mm	355	30	0,885
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,399
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	0,01
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,55	120	-0,277
Seitenverhältnis E/W	0	150	-0,343
Dachneigung a in °	15	180	-0,592
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	210	-1,483
		240	-1,084
		270	0,083
		300	1,796
		310	1,98
		320	1,712
		330	1,815
		360	1,267

Kollektorfeldmodell:	
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

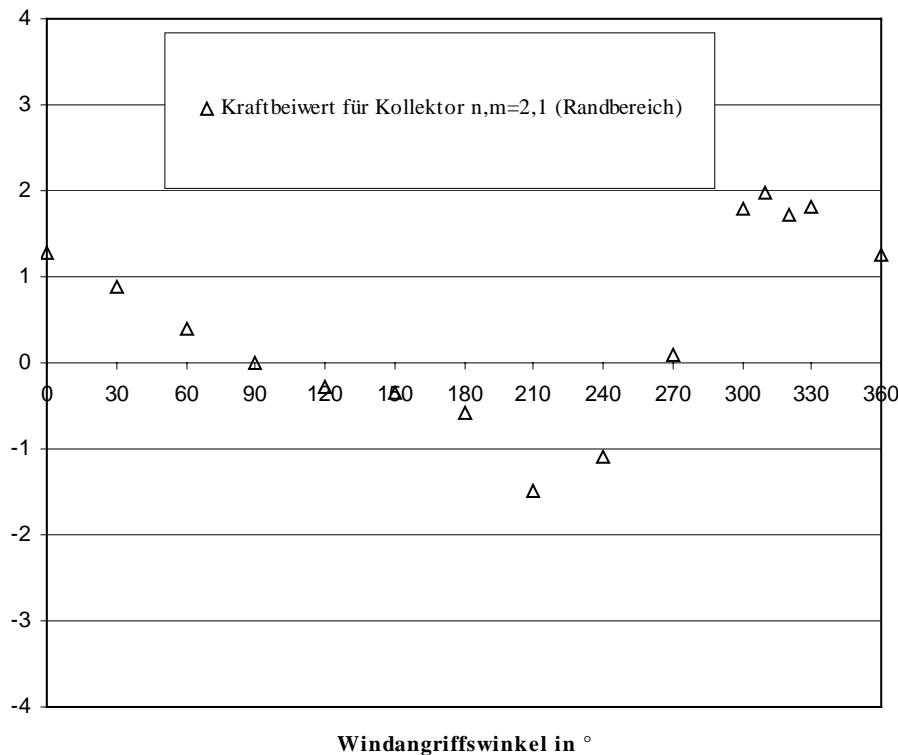


Bild 11.75: 5-b (7/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.63: 5-c (11/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	1,288
Breite W in mm	355	30	0,869
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,405
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	0,028
Seitenverhältnis H2/W	0,55	120	-0,35
Seitenverhältnis E/W	0	150	-0,446
Dachneigung a in °	15	180	-0,607
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	210	-1,656
		240	-1,021
		270	0,055
		300	1,854
		330	2,194
		360	1,274

Kollektorfeldmodell:	
Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

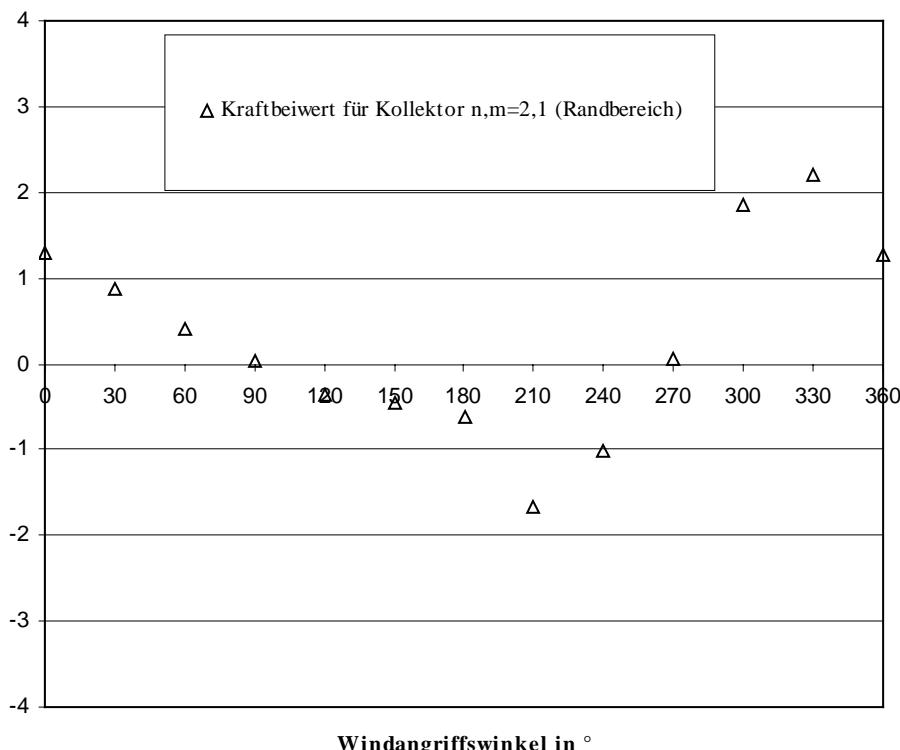


Bild 11.76: 5-c (11/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.64: 5-d (7/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	1,443
Breite W in mm	355	30	0,946
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,377
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	0,009
Seitenverhältnis H2/W	0,55	120	-0,376
Seitenverhältnis E/W	0	150	-0,483
Dachneigung a in °	15	180	-0,765
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	210	-1,627
		220	-2,006
		230	-2,173
		240	-1,733
		250	-1,217
		270	0,021
		290	1,343
		300	2,155
		310	2,529
		320	2,311
		330	2,016
		360	1,465

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H2

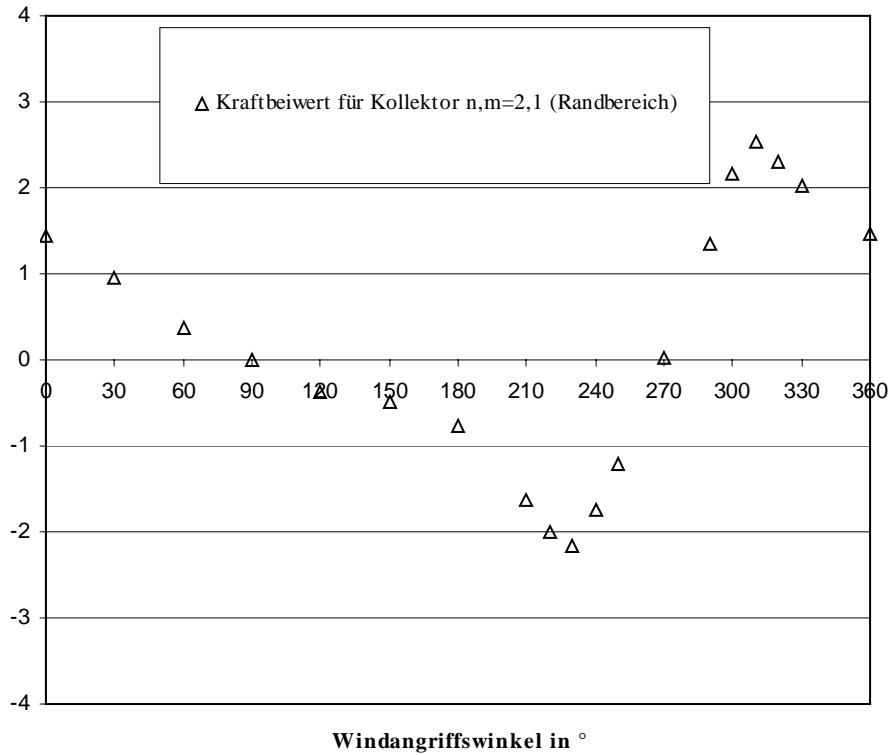


Bild 11.77: 5-d (7/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.65: 5-e (11/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	1,431
Breite W in mm	355	30	1,159
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,465
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	0,018
Seitenverhältnis H2/W	0,55	120	-0,46
Seitenverhältnis E/W	0	150	-0,621
Dachneigung a in °	15	180	-0,971
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	210	-1,776
		220	-2,309
		230	-2,88
		240	-1,789
		250	-1,067
		270	0,078
		300	2,268
		330	2,295
		360	1,546

Kollektorfeldmodell:	
Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

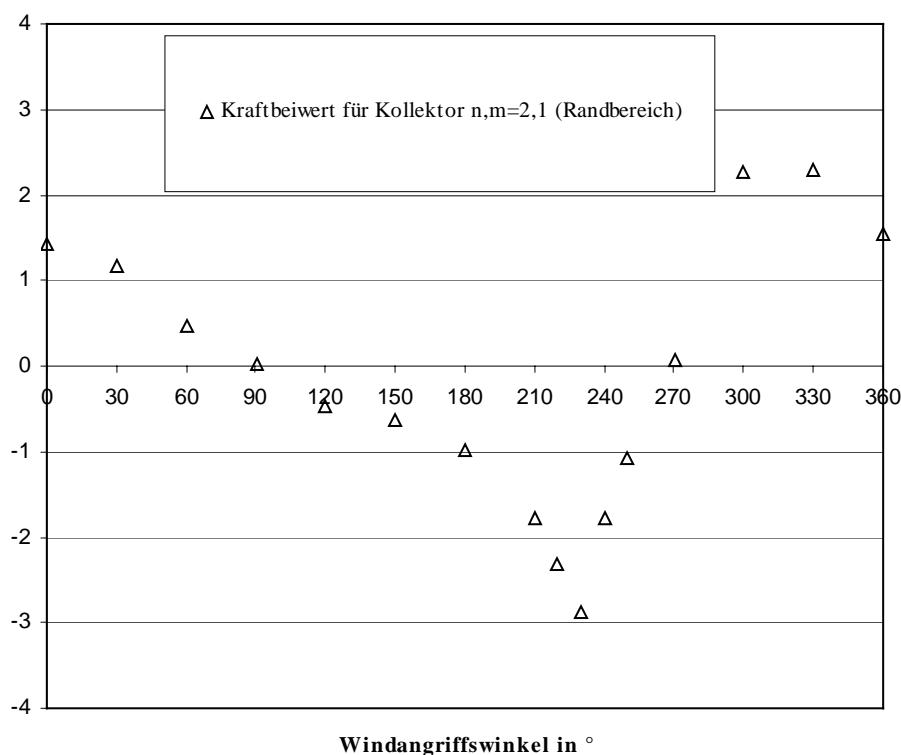


Bild 11.78: 5-e (11/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.66: 6-a (3/79) und 6-d (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	0,544	0,944
Breite W in mm	355	30	0,507	0,843
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,278	0,542
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	0,029	0,109
Seitenverhältnis H2/W	0,66	120	-0,114	-0,023
Seitenverhältnis E/W	0	150	-0,046	-0,08
Dachneigung a in °	30	180	0,049	0,071
Abstandsverhältnis D/L1	0,25	200		-0,074
		210	-0,096	-0,048
		220		-0,039
		240	0,024	-0,218
		270	0,028	-0,06
		300	0,533	0,14
		330	0,619	0,655
		360	0,571	0,907

Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L1 in mm	102		
Seitenverhältnis W1/L1	0,5		
Seitenverhältnis C/L1	0,375		
Anzahl der Reihen n	1		
Kollektoren in einer Reihe	10		
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	0		

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

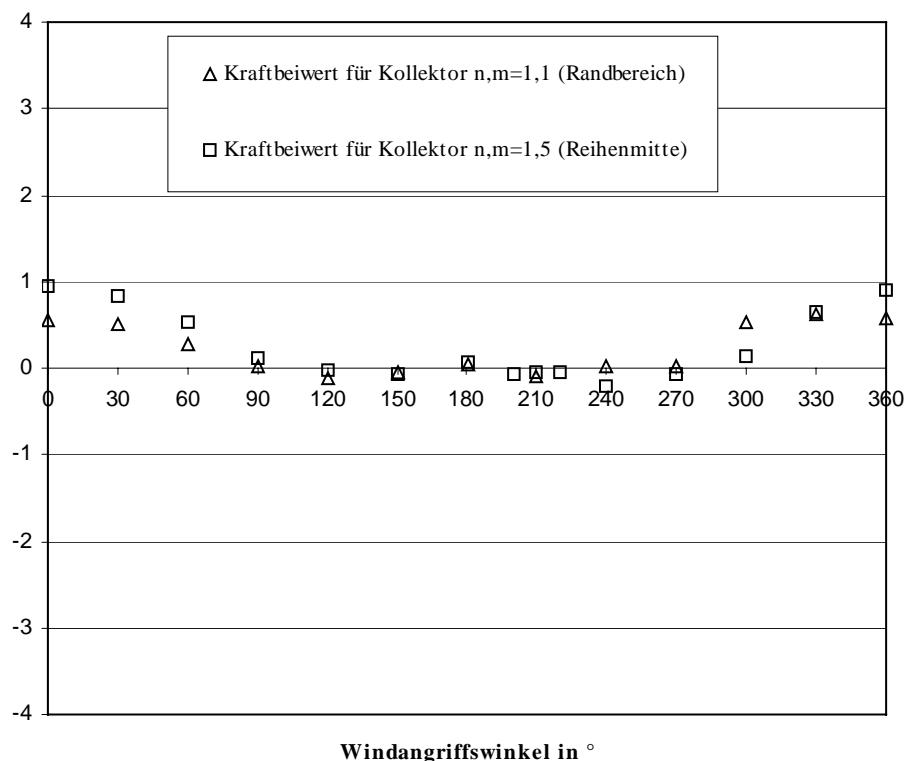


Bild 11.79: 6-a (3/79) und 6-d (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.67: 6-b (7/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	180	0,024
Breite W in mm	355	200	0,024
Seitenverhältnis L/W	1,76	220	0,141
Seitenverhältnis H1/W	0,36	240	0,039
Seitenverhältnis H2/W	0,66	270	0,049
Seitenverhältnis E/W	0	300	0,302
Dachneigung a in °	30	330	0,311
Abstandsverhältnis D/L1	0,25	360	0,31

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	0

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H2



Bild 11.80: 6-b (7/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.68: 6-c (11/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	0,372
Breite W in mm	355	30	0,274
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,195
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	0,058
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,66	120	-0,043
Seitenverhältnis E/W	0	150	-0,032
Dachneigung a in °	30	180	0,025
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,25	210	0,047
		240	0,022
		270	0,04
		300	0,274
		330	0,339
		360	0,343

Kollektorfeldmodell:	
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	0

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

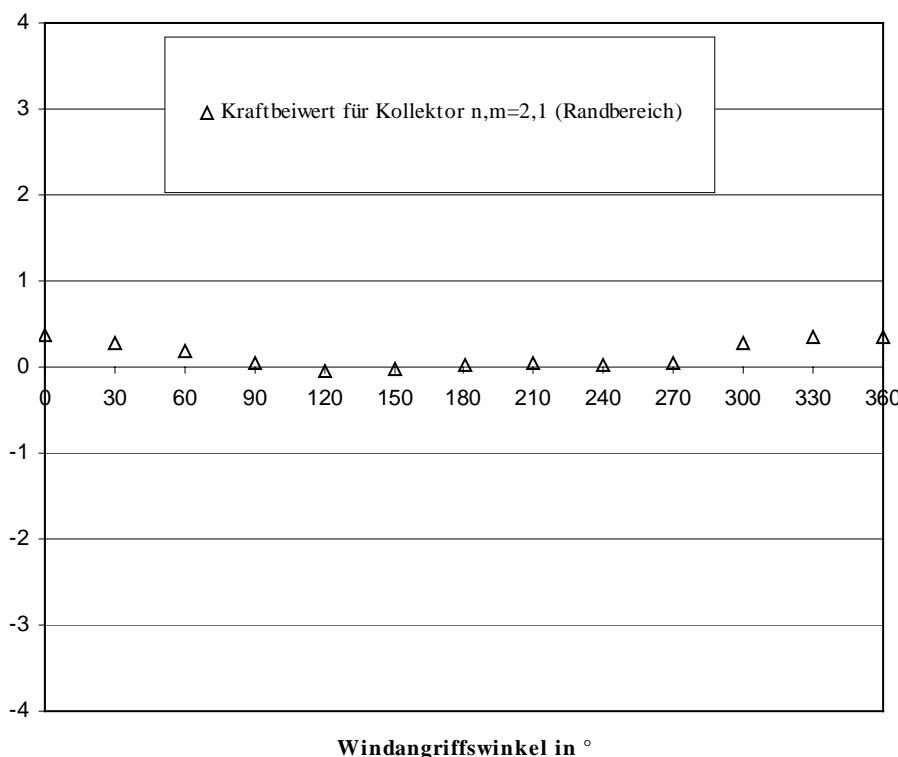


Bild 11.81: 6-c (11/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.69: 6-e (3/79) und 6-f (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	0,609	1,085
Breite W in mm	355	20		0,927
Seitenverhältnis L/W	1,76	30	0,477	0,968
Seitenverhältnis H1/W	0,72	40		0,858
Seitenverhältnis H2/W	1,02	60	0,241	0,649
Seitenverhältnis E/W	0	90	0,03	0,077
Dachneigung a in °	30	110		0,071
Abstandsverhältnis D/L1	0,25	120	-0,028	0,02
		130		-0,046
		140		-0,01
		150	0,034	0,059
		180	0,03	0,088
		210	-0,034	0,06
		220		-0,072
		230		-0,176
		240	0,078	-0,114
		250	-0,029	-0,038
		260	-0,023	
		270	-0,051	0,022
		300	0,583	0,163
		330	0,62	0,734
		360	0,623	1,109

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

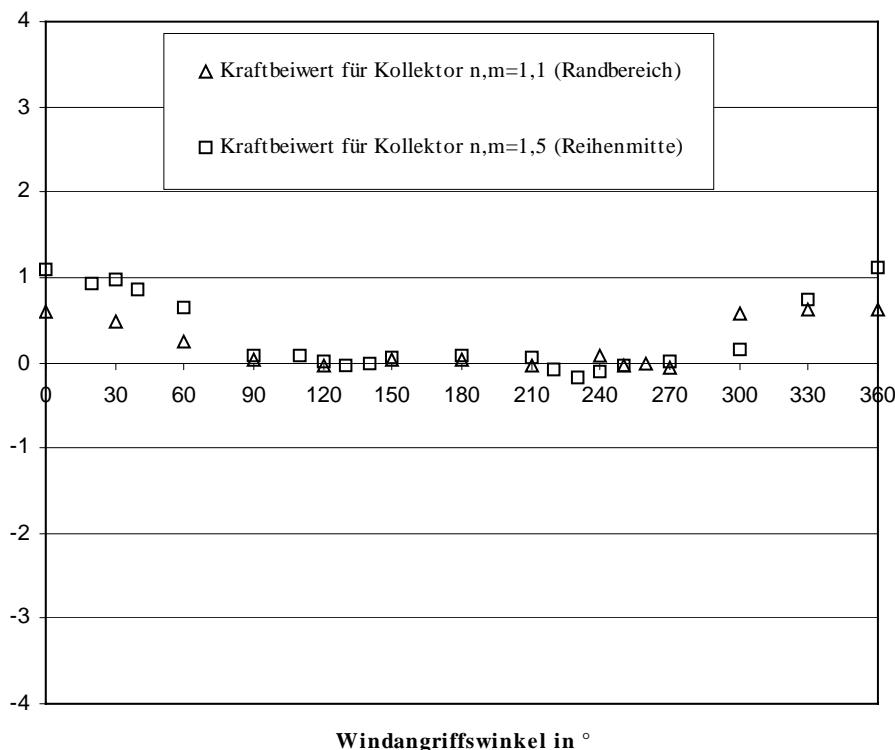


Bild 11.82: 6-e (3/79) und 6-f (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.70: 6-g (3/79) und 6-h (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H1/W	0,36
Seitenverhältnis H2/W	0,66
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung a in °	30
Abstandsverhältnis D/L1	0

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
0	0,67	1,168
30	0,792	1,131
60	0,324	0,779
90	-0,017	0,089
120	-0,198	0,004
150	0,062	0,193
180	0,136	0,177
210	-0,455	0,108
220		-0,285
240	-0,382	-0,602
270	0,014	-0,049
300	1,563	0,758
330	1,67	1,228
360	1,053	1,146

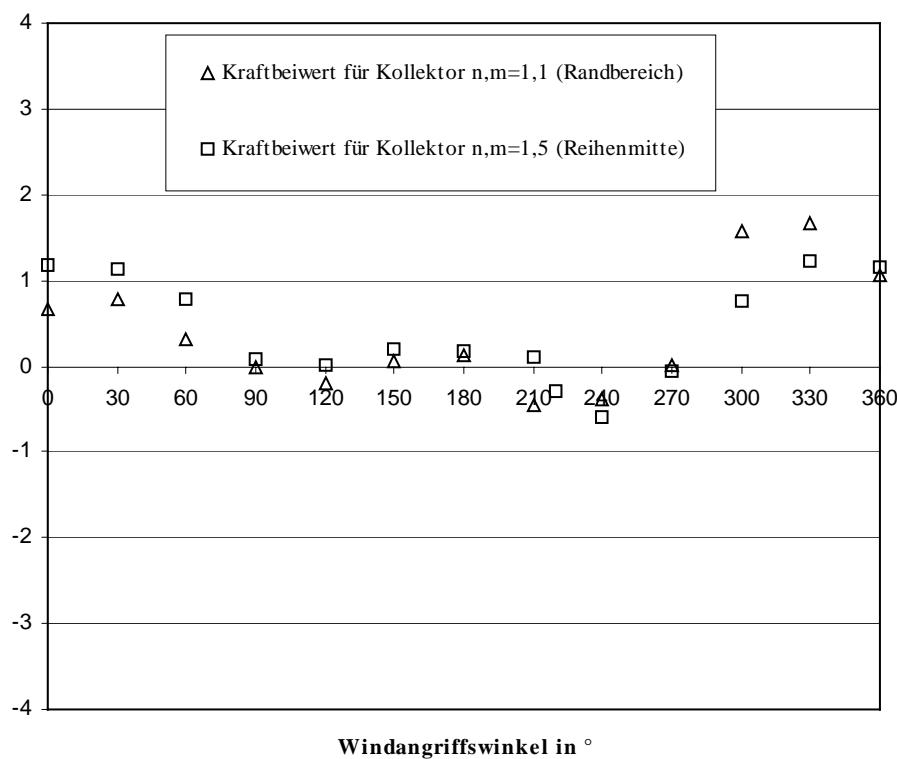


Bild 11.83: 6-g (3/79) und 6-h (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.71: 6-i (3/79) und 6-l (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	1,251	1,473
Breite W in mm	355	30	0,834	1,313
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,417	0,971
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	0,003	0,141
Seitenverhältnis H2/W	0,66	120	-0,151	-0,15
Seitenverhältnis E/W	0	150	0,043	0,068
Dachneigung a in °	30	180	0,099	0,104
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	210	-0,634	-0,051
		220	-1,14	-0,452
		230	-1,102	-0,851
		240	-0,661	-1,072
		250	-0,535	
		270	-0,038	-0,152
		290	0,965	
		300	1,547	0,61
		310	1,911	
		320	1,863	
		330	1,89	1,324
		360	1,292	1,422

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

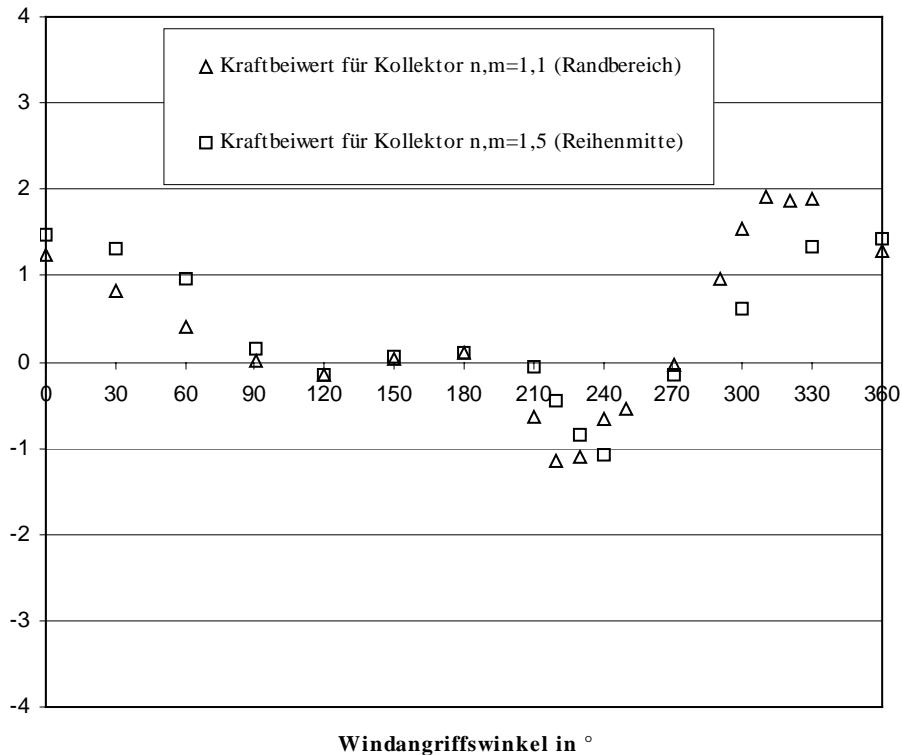


Bild 11.84: 6-i (3/79) und 6-l (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.72: 6-j (7/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	180	0,073
Breite W in mm	355	200	-0,198
Seitenverhältnis L/W	1,76	220	-1,211
Seitenverhältnis H1/W	0,36	240	-0,669
Seitenverhältnis H2/W	0,66	270	0,018
Seitenverhältnis E/W	0	300	1,44
Dachneigung a in °	30	330	1,666
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	360	1,239

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H2

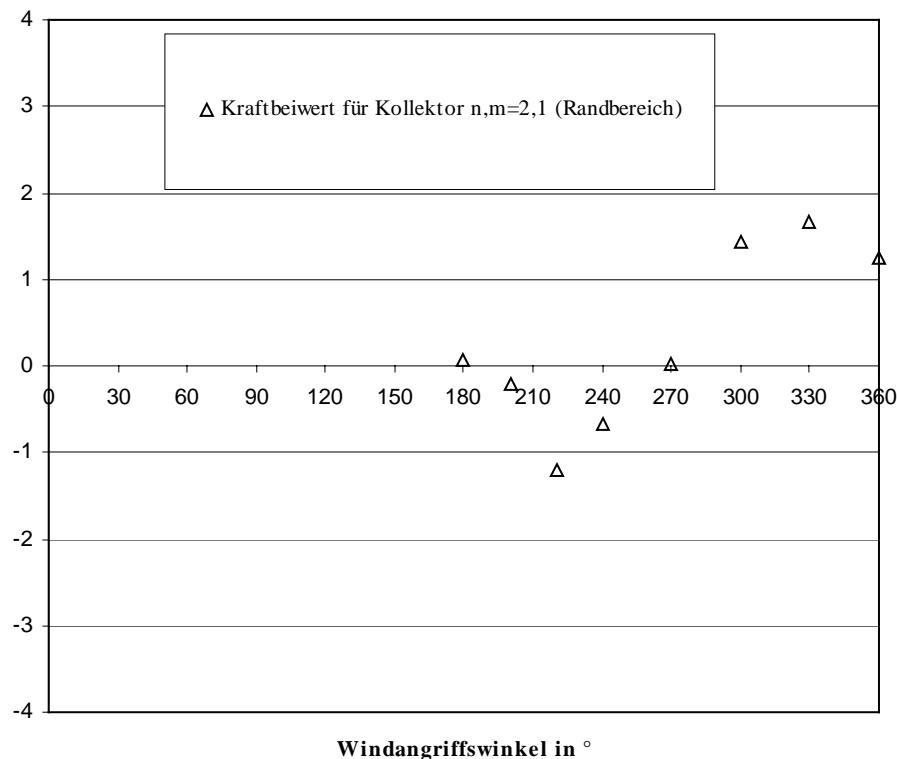


Bild 11.85: 6-j (7/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.73: 6-k (11/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	1,332
Breite W in mm	355	30	0,776
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,397
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	0,032
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,66	120	-0,119
Seitenverhältnis E/W	0	150	0,004
Dachneigung a in °	30	180	0,101
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	210	-0,628
		240	-0,541
		270	0,025
		300	1,581
		310	1,874
		320	1,794
		330	1,747
		360	1,177

Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102		
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5		
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375		
Anzahl der Reihen n	1		
Kollektoren in einer Reihe	10		
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30		

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

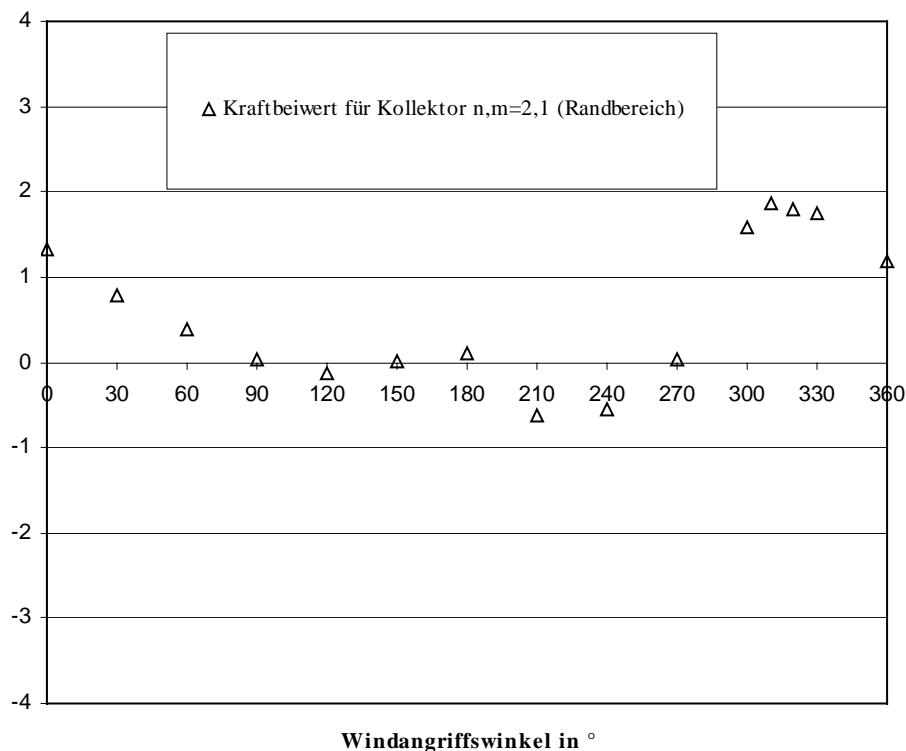


Bild 11.86: 6-k (11/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.74: 6-m (3/79) und 6-n (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	0,995	1,206
Breite W in mm	355	30	0,584	0,97
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,335	0,923
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	-0,008	0,169
Seitenverhältnis H2/W	0,66	120	-0,396	-0,534
Seitenverhältnis E/W	0	150	-0,583	-0,898
Dachneigung a in °	30	180	-0,901	-1,332
Abstandsverhältnis D/L1	0	210	-1,199	-1,193
		240	-1,838	-1,417
		270		-0,075
		300	2,086	1,129
		330	1,332	1,104
		360	0,917	1,128

Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L1 in mm	102		
Seitenverhältnis W1/L1	0,5		
Seitenverhältnis C/L1	0,4		
Anzahl der Reihen n	1		
Kollektoren in einer Reihe	10		
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30		

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

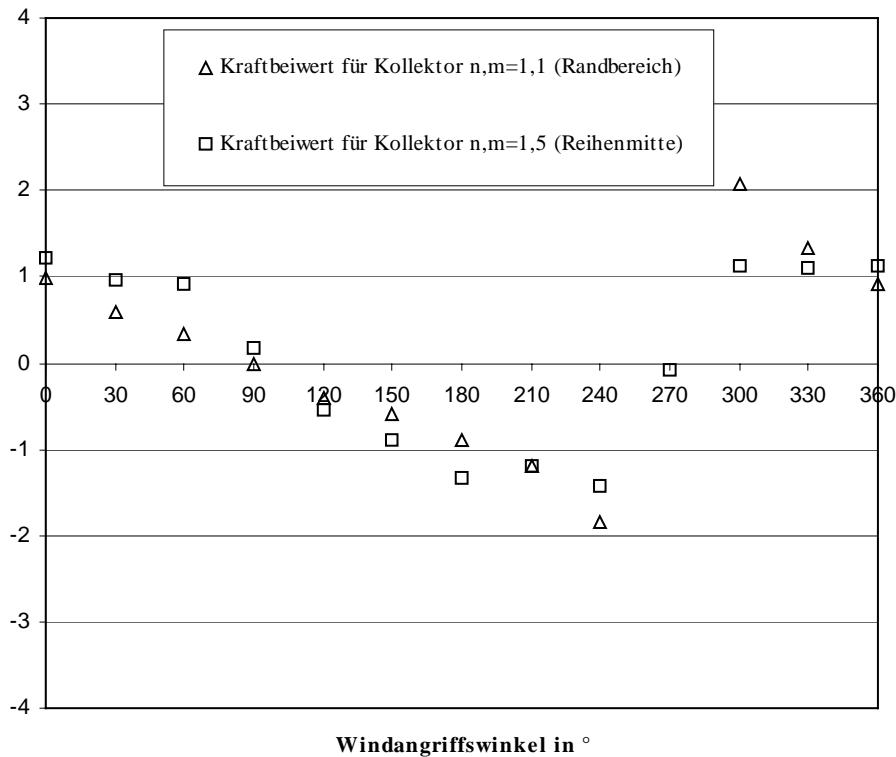


Bild 11.87: 6-m (3/79) und 6-n (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.75: 6-o (3/79) und 6-p (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	1,371	1,623
Breite W in mm	355	30	0,849	1,367
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,478	1,103
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	-0,011	0,247
Seitenverhältnis H2/W	0,66	100		0,032
Seitenverhältnis E/W	0	110		-0,406
Dachneigung a in °	30	120	-0,445	-0,716
Abstandsverhältnis D/L1	0,16	130		-1,004
		140		-0,925
		150	-0,515	-0,991
		180	-0,849	-1,235
		210	-1,243	-1,374
Kollektorfeldmodell:		230	-2,732	
Höhe des Kollektors L1 in mm	102	240	-1,957	-1,417
Seitenverhältnis W1/L1	0,5	270	0,094	-0,185
Seitenverhältnis C/L1	0,4	290	1,501	
Anzahl der Reihen n	1	300	2,579	0,933
Kollektoren in einer Reihe	10	310	2,204	
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30	330	1,932	1,368
		360	1,35	1,611

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

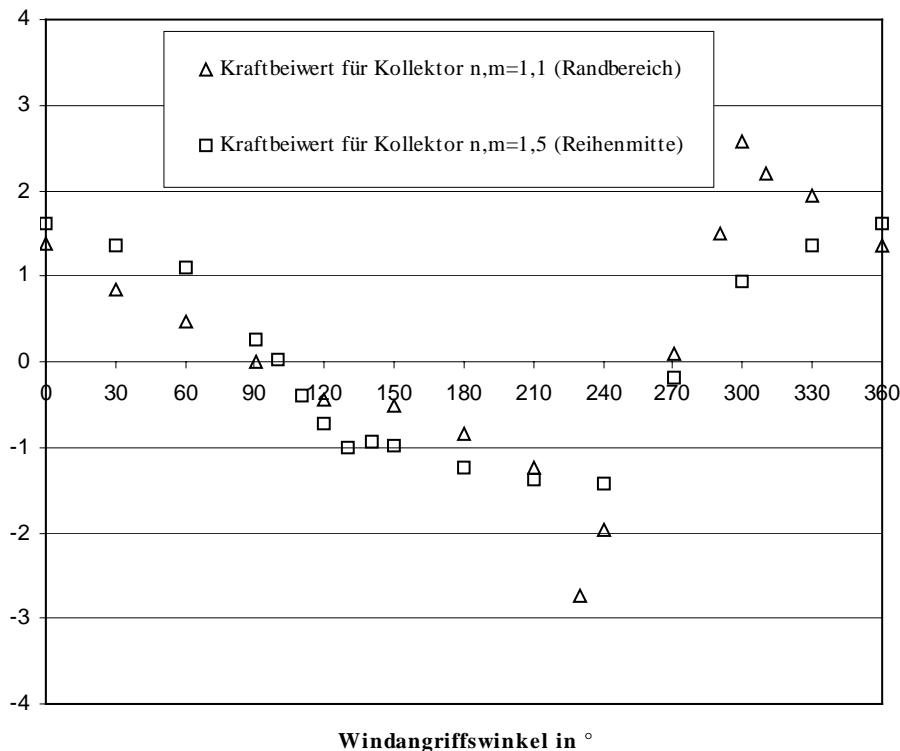


Bild 11.88: 6-o (3/79) und 6-p (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.76: 7-a (3/79) und 7-d (3/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	0,343	0,545
Breite W in mm	355	30	0,261	0,456
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,118	0,368
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	0,02	0,097
Seitenverhältnis H2/W	0,86	120	0,021	0,055
Seitenverhältnis E/W	0	150	0,017	-0,017
Dachneigung a in °	45	180	-0,007	-0,031
Abstandsverhältnis D/L1	0,25	210	-0,018	0,024
		220	-0,011	-0,007
		230	-0,055	0,027
		240	0,009	0,124
		250	-0,083	0,1
		260	-0,108	-0,011
		270	0,035	0,004
		300	0,255	-0,063
		330	0,272	0,23
		360	0,344	0,504
Kollektorfeldmodell:		0		
Höhe des Kollektors L1 in mm	102			
Seitenverhältnis W1/L1	0,5			
Seitenverhältnis C/L1	0,375			
Anzahl der Reihen n	1			
Kollektoren in einer Reihe	10			
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	0			

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

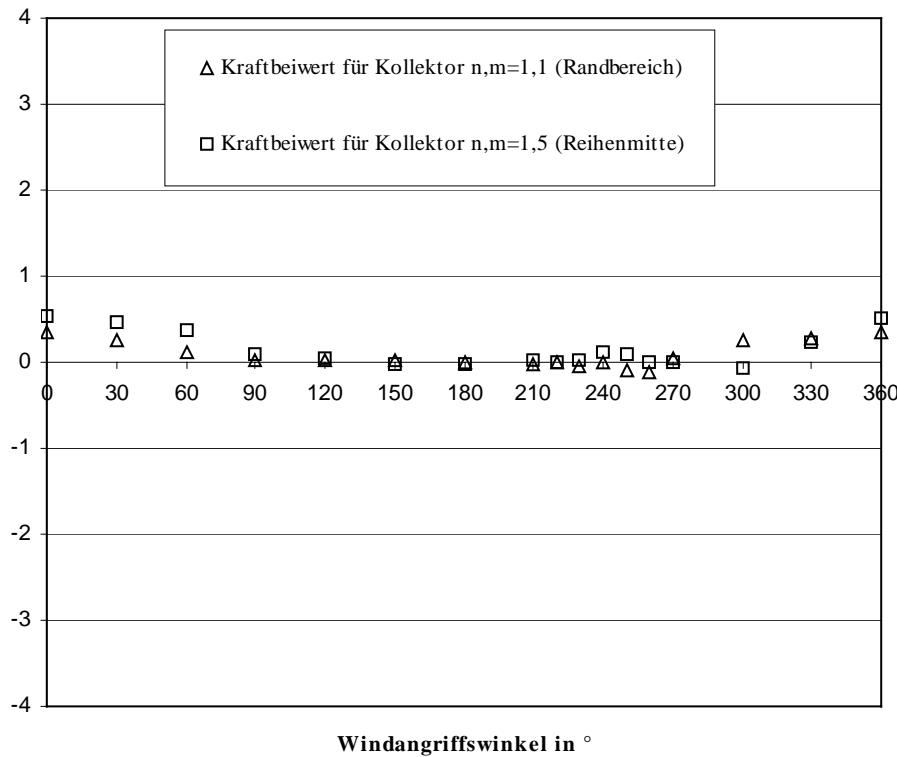


Bild 11.89: 7-a (3/79) und 7-d (3/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.77: 7-b (7/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	0,026
Breite W in mm	355	90	0,025
Seitenverhältnis L/W	1,76	120	0,015
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	150	0,071
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,86	180	-0,025
Seitenverhältnis E/W	0	210	-0,018
Dachneigung a in °	45	240	0,044
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,25	260	-0,113
		270	0,012
		280	0,23
		360	0,383

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	0

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

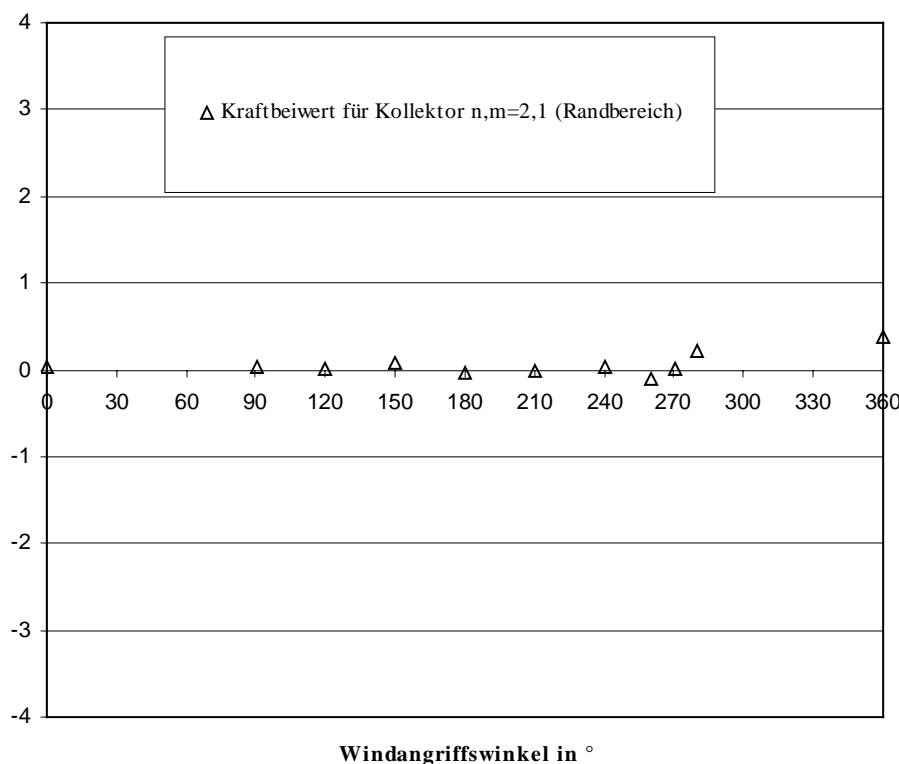


Bild 11.90: 7-b (7/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.78: 7-c (11/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	0,242
Breite W in mm	355	30	0,227
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,113
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	0,061
Seitenverhältnis H2/W	0,86	120	0,009
Seitenverhältnis E/W	0	150	0,009
Dachneigung a in °	45	180	-0,003
Abstandsverhältnis D/L1	0,25	210	0,012
		240	0,015
		270	0,026
		300	0,084
		330	0,201
		360	0,256

Kollektorfeldmodell:	
Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	0

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H2

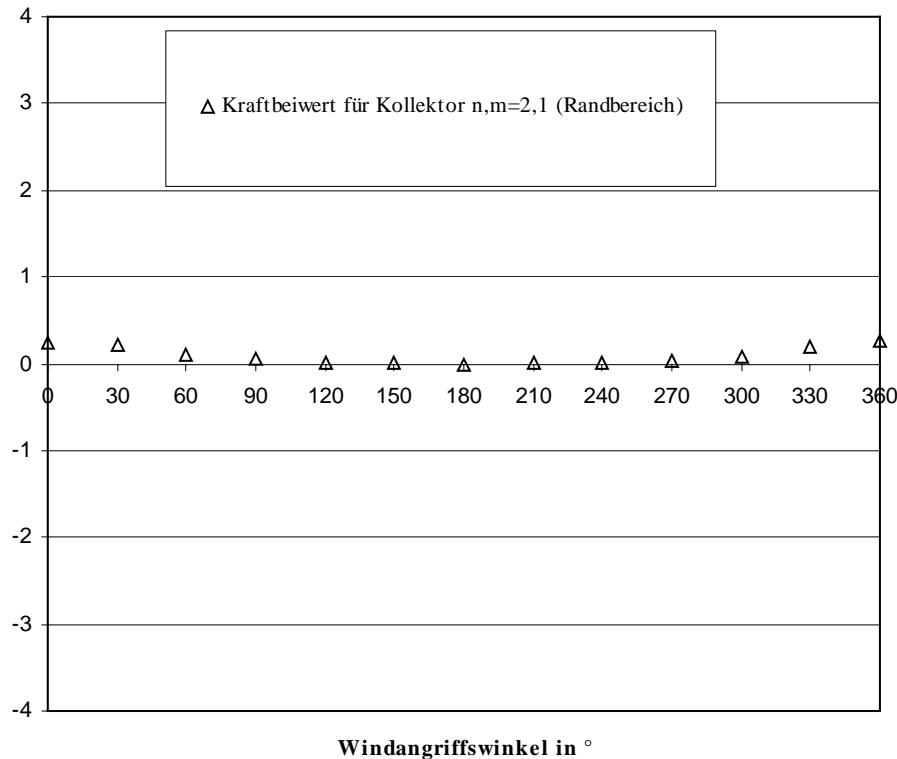


Bild 11.91: 7-c (11/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.79: 7-e (3/79) und 7-f (3/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H1/W	0,72
Seitenverhältnis H2/W	1,23
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung a in °	45
Abstandsverhältnis D/L1	0,25

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	0,375
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	0

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
0	0,298	0,662
10		0,618
30	0,228	0,538
60	0,081	0,442
90	0,031	0,063
120	0,072	0,021
130		-0,004
150	-0,021	-0,055
180	0,025	0,006
210	0,034	0,016
230		0,037
240	0,067	0,058
250	0,06	0,115
260	-0,028	
270	0,069	0,047
280	0,142	
290	-0,099	
300	0,228	-0,127
330	0,224	0,308
350		0,597
360	0,293	0,653

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

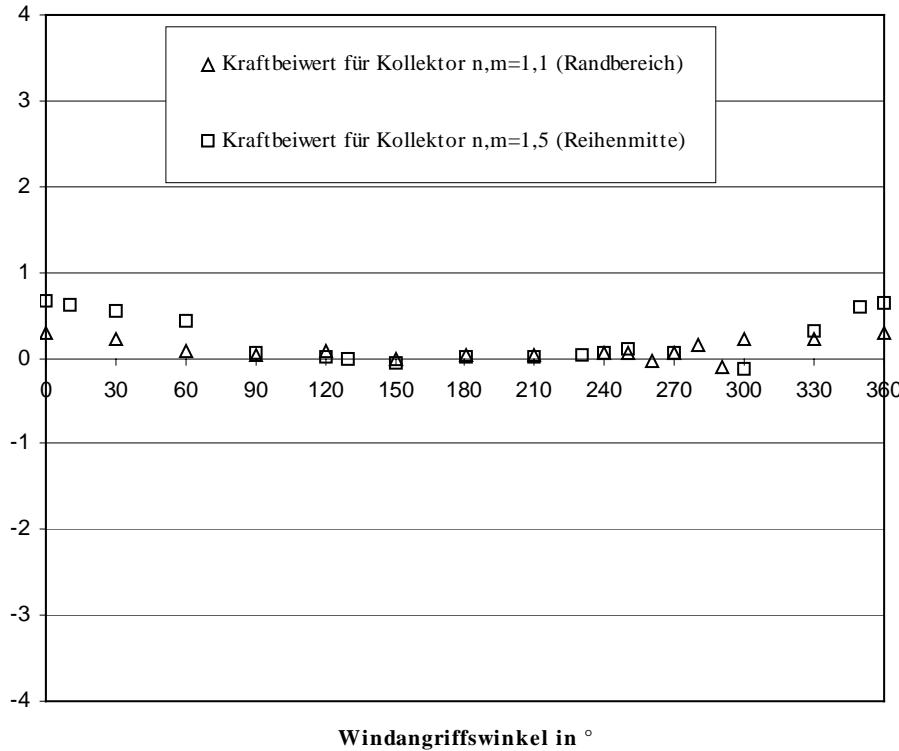


Bild 11.92: 7-e (3/79) und 7-f (3/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.80: 7-g (3/79) und 7-h (3/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	0,725	1,231
Breite W in mm	355	30	0,531	1,226
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,297	0,857
Seitenverhältnis H1/W	0,36	90	0,016	0,108
Seitenverhältnis H2/W	0,8	120	0,011	0,1
Seitenverhältnis E/W	0	150	0,182	0,334
Dachneigung a in °	60	180	0,251	0,306
Abstandsverhältnis D/L1	0,25	210	0,256	0,173
		230		0,057
		240	0,019	-0,08
		250		-0,159
		270	0,034	-0,042
		290	0,783	
		300	1,054	0,471
		310	1,109	
		330	0,829	0,899
		360	0,627	1,206

Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L1 in mm	102		
Seitenverhältnis W1/L1	0,5		
Seitenverhältnis C/L1	0,375		
Anzahl der Reihen n	1		
Kollektoren in einer Reihe	10		
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	0		

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

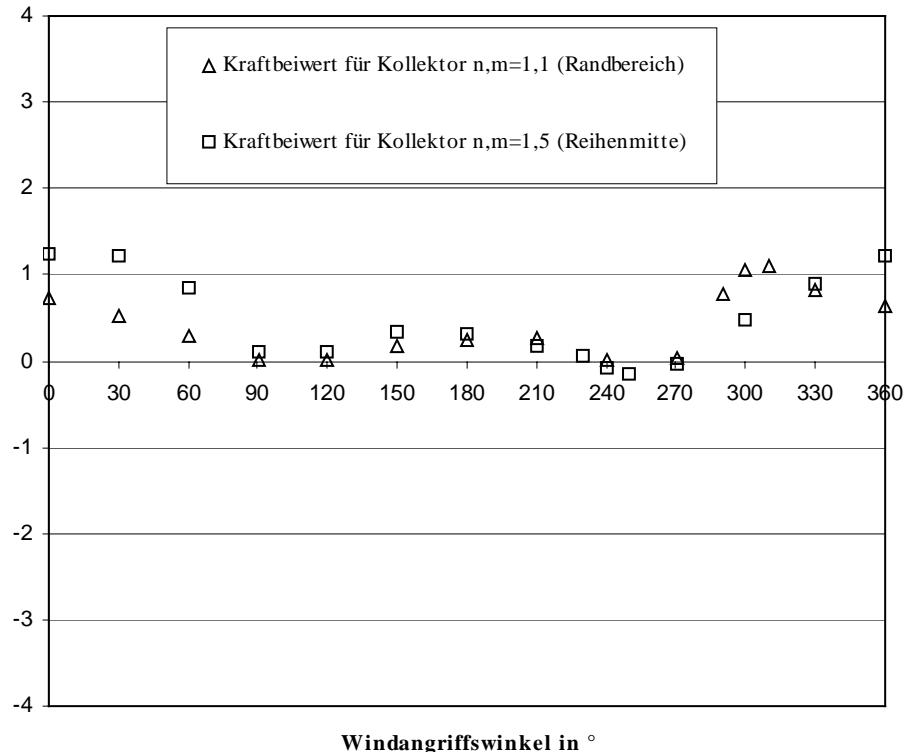


Bild 11.93: 7-g (3/79) und 7-h (3/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.81: 7-i (3/79) und 7-j (3/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	2	0	0,692	1,3
Breite W in mm	355	10	0,677	1,22
Seitenverhältnis L/W	1,76	30	0,624	1,176
Seitenverhältnis H1/W	0,36	50		0,944
Seitenverhältnis H2/W	1,16	60	0,344	0,91
Seitenverhältnis E/W	0	70		0,628
Dachneigung a in °	60	90	0,023	0,115
Abstandsverhältnis D/L1	0,25	100		-0,013
		110		-0,108
		120	-0,113	0,121
		150	0,143	0,236
		180	0,14	0,278
		210	0,168	0,11
		230		0,035
		240	-0,007	0,001
		250	-0,049	-0,236
		260	-0,067	-0,035
		270	-0,085	0,004
		280	0,265	
		300	0,672	0,336
		310	0,763	
		330	0,659	0,809
		340		1,011
		350	0,688	1,168
		360		1,254

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

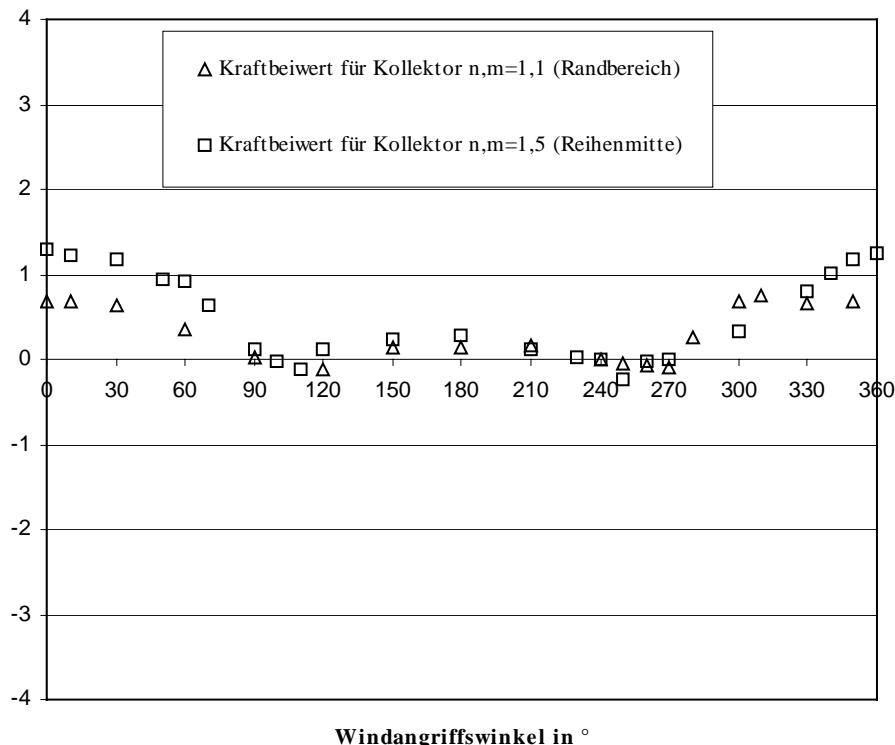


Bild 11.94: 7-i (3/79) und 7-j (3/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.82: 10-a (3/79) und 10-b (3/79), industrielle Installation, 5 Kollektorreihen, 50 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	0	0	2,482	2,611
Breite W in mm	n.a.	30	1,764	2,204
Seitenverhältnis L/W	n.a.	60	0,966	1,275
Seitenverhältnis H1/W	n.a.	90	0,314	0,321
Seitenverhältnis E/W	n.a.	120	-2,621	-1,677
Dachneigung a in °	n.a.	130	-2,802	
Abstandsverhältnis D/L1	n.a.	140	-2,994	-2,554
		150	-3,159	-2,797
		160	-3,047	-2,905
		170	-3,218	-2,974
		180	-2,959	-3,159
		190	-2,759	-2,771
		210	-2,496	-2,381
		240	-1,738	-1,125
		270	-0,186	0,518
		300	1,652	1,51
		320	2,314	
		330	2,588	2,404
		340	2,519	
		360	2,493	2,682

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe Kollektormitte

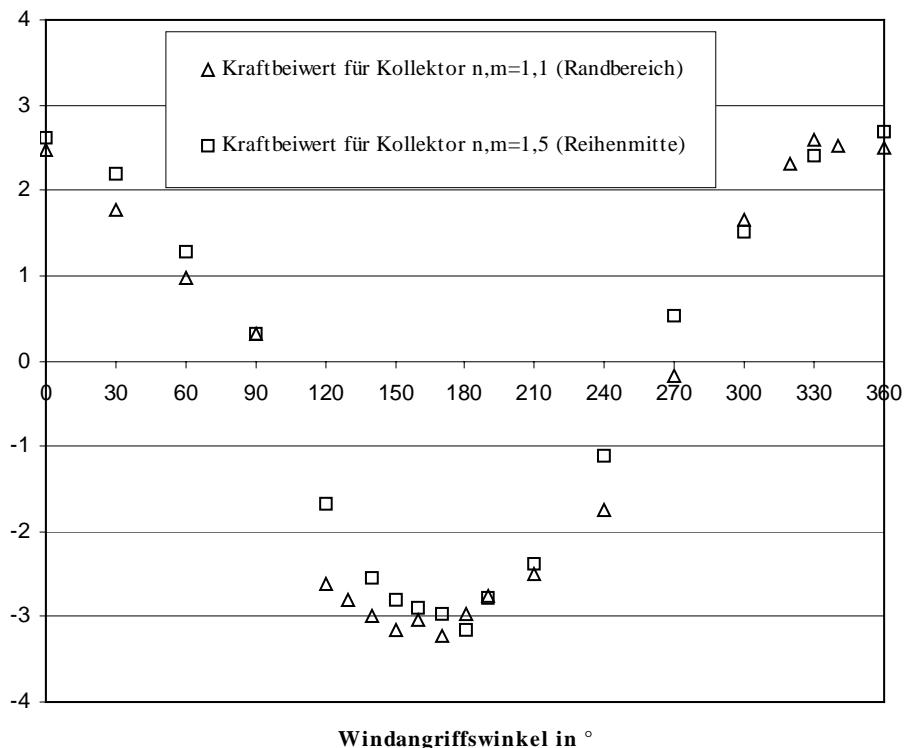


Bild 11.95: 10-a (3/79) und 10-b (3/79), industrielle Installation, 5 Kollektorreihen, 50 Kollektoren

Tabelle 11.83: 10-c (3/79) und 10-d (3/79), industrielle Installation, 5 Kollektorreihen, 50 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	0	0	1,467	1,49
Breite W in mm	n.a.	30	0,972	1,242
Seitenverhältnis L/W	n.a.	60	0,507	0,747
Seitenverhältnis H1/W	n.a.	90	0,134	0,181
Seitenverhältnis E/W	n.a.	110		-0,725
Dachneigung a in °	n.a.	120	-1,536	-1,138
Abstandsverhältnis D/L1	n.a.	130	-1,591	-1,326
		140	-1,721	-1,366
		150	-1,751	-1,464
		160	-1,642	
		170		-1,466
		180	-1,573	-1,48
		190		-1,548
		200		-1,559
		210	-1,596	-1,6
		220	-1,476	-1,33
		230	-1,168	
		240	-0,871	-0,585
		270	-0,243	0,223
		300	0,921	0,879
		320		
		330	1,491	1,362
		340	1,569	
		350	1,45	
		360	1,364	

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Kollektormitte

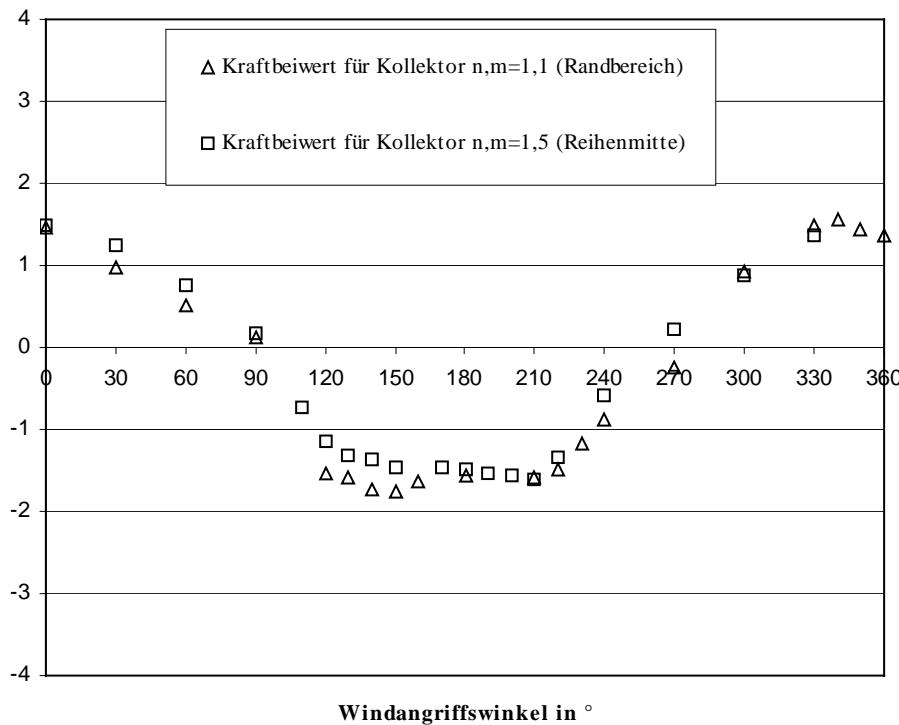


Bild 11.96: 10-c (3/79) und 10-d (3/79), industrielle Installation, 5 Kollektorreihen, 50 Kollektoren

Tabelle 11.84: 10-e (3/79) und 10-f (3/79), industrielle Installation, 5 Kollektortreihen, 50 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	0	0	3,135	3,506
Breite W in mm	n.a.	10		3,259
Seitenverhältnis L/W	n.a.	30	2,08	2,783
Seitenverhältnis H1/W	n.a.	60	1,108	1,544
Seitenverhältnis E/W	n.a.	90	0,038	0,359
Dachneigung a in °	n.a.	120	-2,715	-2,13
Abstandsverhältnis D/L1	n.a.	150	-3,509	-3,226
		180	-3,551	-3,405
		210	-2,861	-2,992
		240	-1,49	-1,463
		270	-0,041	0,559
Höhe des Kollektors L1 in mm	102	300	2,07	1,86
Seitenverhältnis W1/L1	0,5	330	3,14	3,066
Seitenverhältnis B/L1	1,12	340		3,336
Anzahl der Reihen n	5	350	3,17	3,424
Kollektoren in einer Reihe	10	360	3,178	3,414
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	60			

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe
Kollektormitte

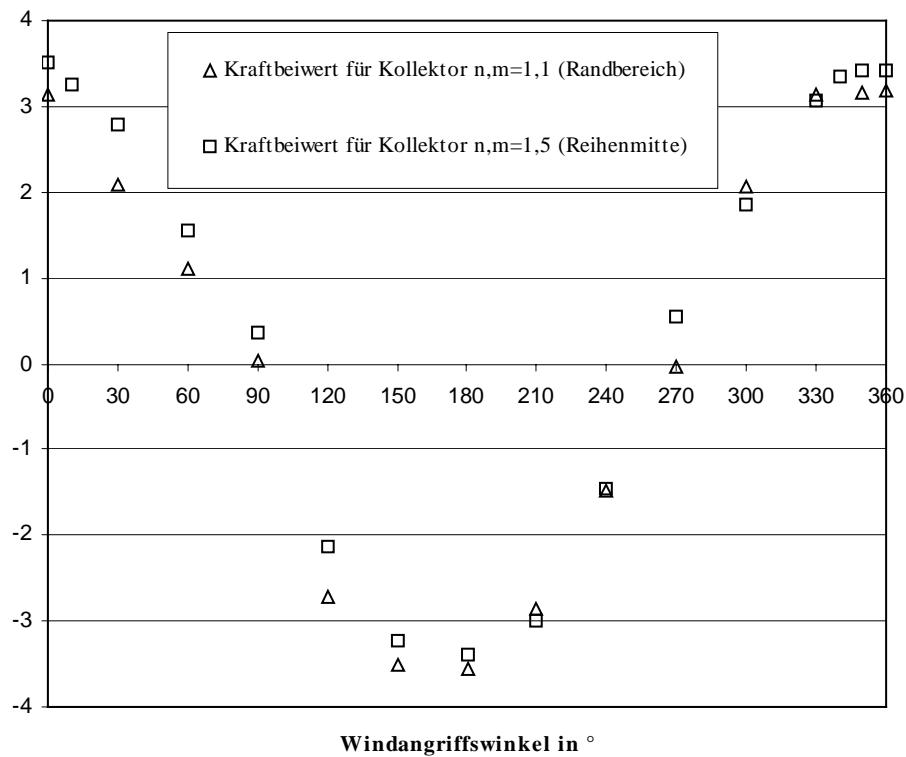


Bild 11.97: 10-e (3/79) und 10-f (3/79), industrielle Installation, 5 Kollektortreihen, 50 Kollektoren

Tabelle 11.85: 10-g (3/79) und 10-h (3/79), industrielle Installation, 5 Kollektorreihen, 50 Kollektoren

		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Gebäudemodell:				
Stockwerke	0	0	1,875	2,023
Breite W in mm	n.a.	30	1,275	1,553
Seitenverhältnis L/W	n.a.	60	0,649	0,854
Seitenverhältnis H1/W	n.a.	90	0,022	0,196
Seitenverhältnis E/W	n.a.	100	-0,582	
Dachneigung a in °	n.a.	110	-1,14	
Abstandsverhältnis D/L1	n.a.	120	-1,575	-1,277
		130	-1,64	
		150	-1,768	-1,591
		180	-1,797	-1,716
		210	-1,761	-1,588
		240	-1,069	-0,947
Kollektorfeldmodell:				
Höhe des Kollektors L1 in mm	102	270	-0,145	0,292
Seitenverhältnis W1/L1	0,5	300	1,214	1,012
Seitenverhältnis B/L1	1,12	320	1,787	
Anzahl der Reihen n	5	330	1,951	1,74
Kollektoren in einer Reihe	10	340	2,004	1,965
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	60	350	1,914	
		360	1,897	2,059

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe Kollektormitte

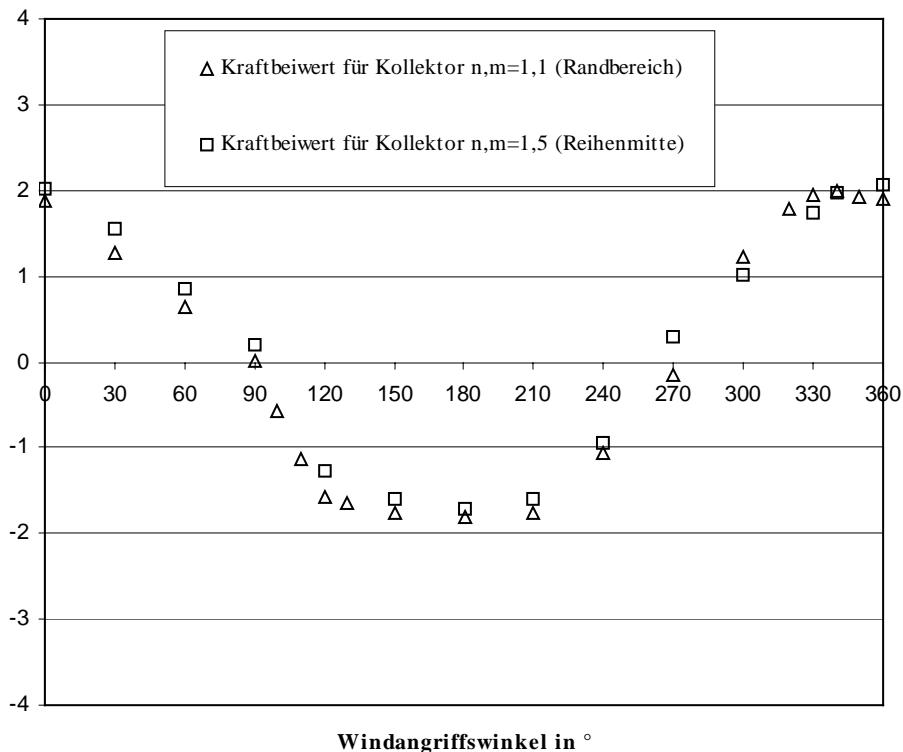


Bild 11.98: 10-g (3/79) und 10-h (3/79), industrielle Installation, 5 Kollektorreihen, 50 Kollektoren

Tabelle 11.86: 12-a (3/79) und 12-d (3/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihen, 4 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,2 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	0,673	0,703
Breite W in mm	170	30	0,338	0,504
Seitenverhältnis L/W	1,2	60	0,172	0,278
Seitenverhältnis H1/W	0,72	90	0,028	0,085
Seitenverhältnis H2/W	1,02	120	-0,071	-0,137
Seitenverhältnis E/W	0,11	150	-0,137	-0,243
Dachneigung a in °	30	180	-0,082	-0,05
Abstandsverhältnis D/L1	0,063	200	-0,213	-0,296
		210	-0,325	-0,38
		220	-0,319	-0,411
		230	-0,259	-0,328
		240	-0,181	-0,145
		250	-0,277	
		260	-0,264	
		270	-0,16	0,063
		300	0,337	0,462
		330	0,519	0,617
		360	0,676	0,704

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

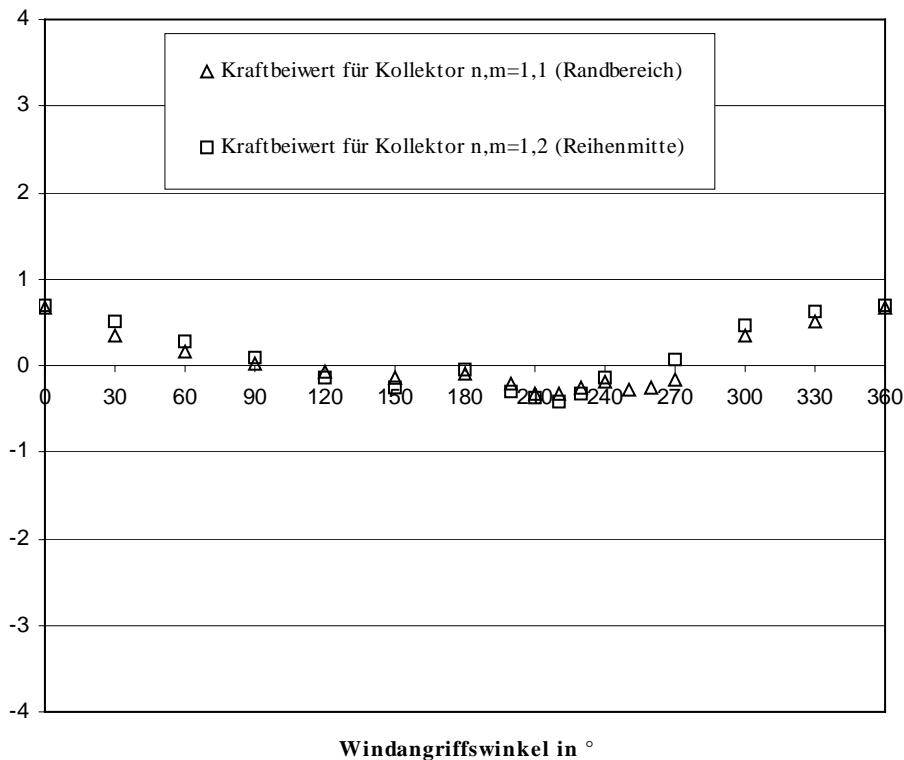


Bild 11.99: 12-a (3/79) und 12-d (3/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihen, 4 Kollektoren

Tabelle 11.87: 12-b (7/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 4 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	0,517
Breite W in mm	170	30	0,31
Seitenverhältnis L/W	1,2	60	0,159
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,72	90	0,044
Seitenverhältnis H ₂ /W	1,02	120	-0,056
Seitenverhältnis E/W	0,11	150	-0,207
Dachneigung a in °	30	180	-0,054
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,063	210	-0,145
		240	-0,351
		270	-0,291
		300	0,324
		330	0,45
		360	0,537

Kollektorfeldmodell:	
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	n.a.
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	4
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	0

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

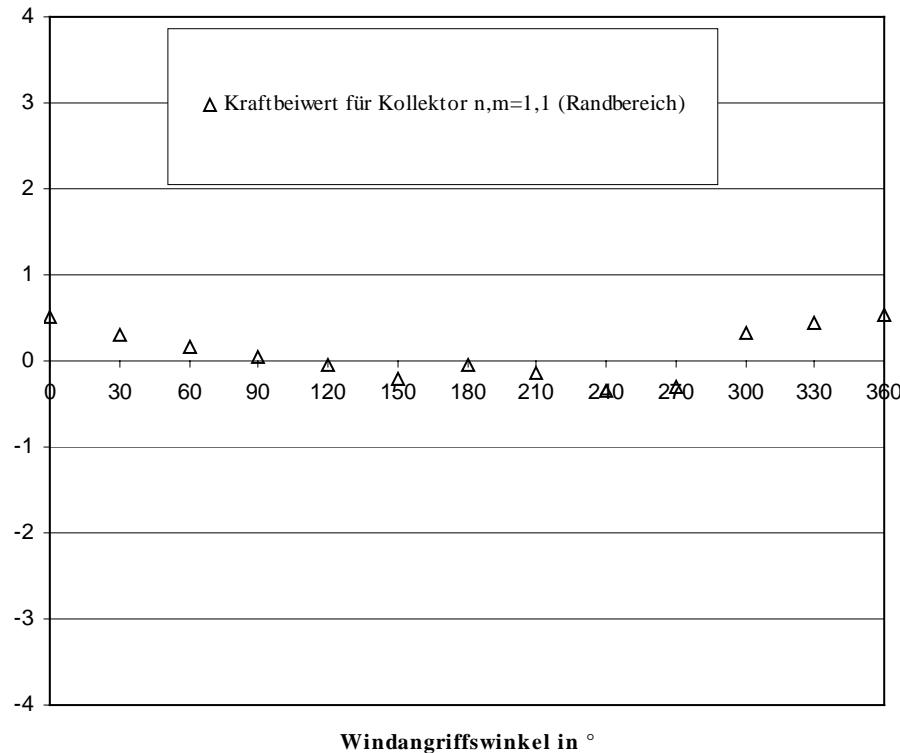


Bild 11.100: 12-b (7/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 4 Kollektoren

Tabelle 11.88: 12-c (11/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihen, 4 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	0,608
Breite W in mm	170	30	0,48
Seitenverhältnis L/W	1,2	60	0,306
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,72	90	0,089
Seitenverhältnis H ₂ /W	1,02	120	0,005
Seitenverhältnis E/W	0,11	150	-0,033
Dachneigung a in °	30	180	0,014
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,063	210	0,014
 Kollektorfeldmodell:		240	0,061
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	270	0,094
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	300	0,485
Seitenverhältnis C/L ₁	n.a.	330	0,754
Anzahl der Reihen n	1	360	0,593
Kollektoren in einer Reihe	4		
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	0		

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

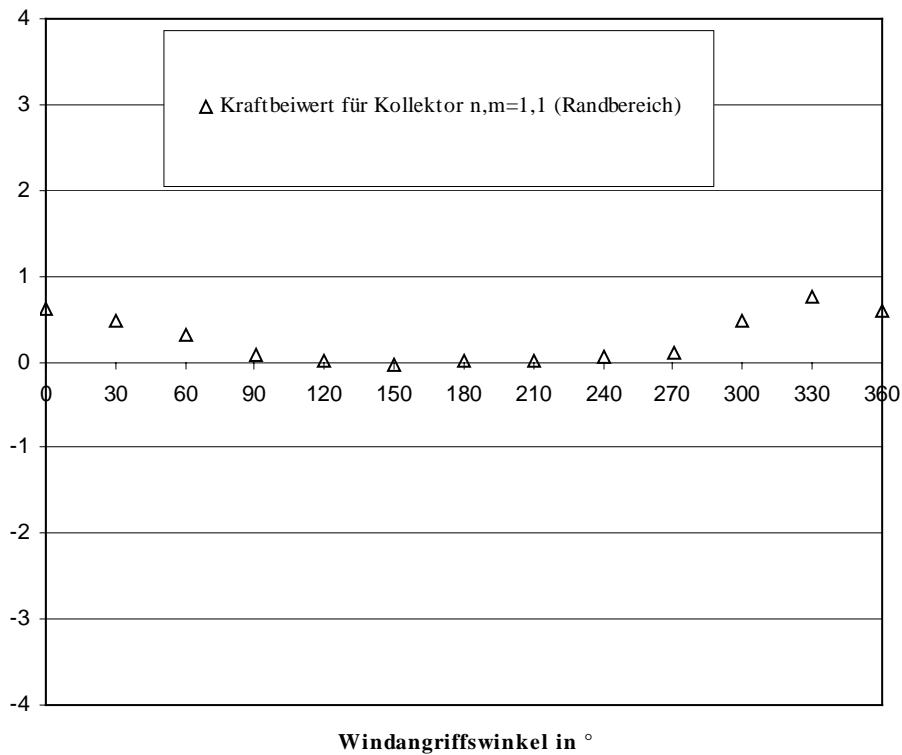


Bild 11.101: 12-c (11/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihen, 4 Kollektoren

Tabelle 11.89: 12-e (3/79) und 12-f (3/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihen, 4 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,2 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	0,636	0,782
Breite W in mm	170	30	0,426	0,586
Seitenverhältnis L/W	1,2	60	0,175	0,298
Seitenverhältnis H1/W	0,72	90	0,029	0,064
Seitenverhältnis H2/W	1,02	120	-0,089	-0,118
Seitenverhältnis E/W	0,11	150	-0,179	-0,211
Dachneigung a in °	30	180	-0,188	-0,019
Abstandsverhältnis D/L1	0,19	200		-0,347
		210	-0,365	-0,383
		220	-0,52	-0,424
		230	-0,455	-0,285
		240	-0,317	-0,11
		250	-0,252	
		260	-0,106	
		270	-0,063	0,115
		280	0,057	
		300	0,411	0,338
		330	0,526	0,674
		360	0,606	0,813

Kollektorfeldmodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,2 (Reihenmitte)
Höhe des Kollektors L1 in mm	102	0		
Seitenverhältnis W1/L1	0,5	30		
Seitenverhältnis C/L1	n.a.	60		
Anzahl der Reihen n	1	90		
Kollektoren in einer Reihe	4	120		
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	0	150		
		180		
		210		
		240		
		270		
		300		
		330		
		360		

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H2

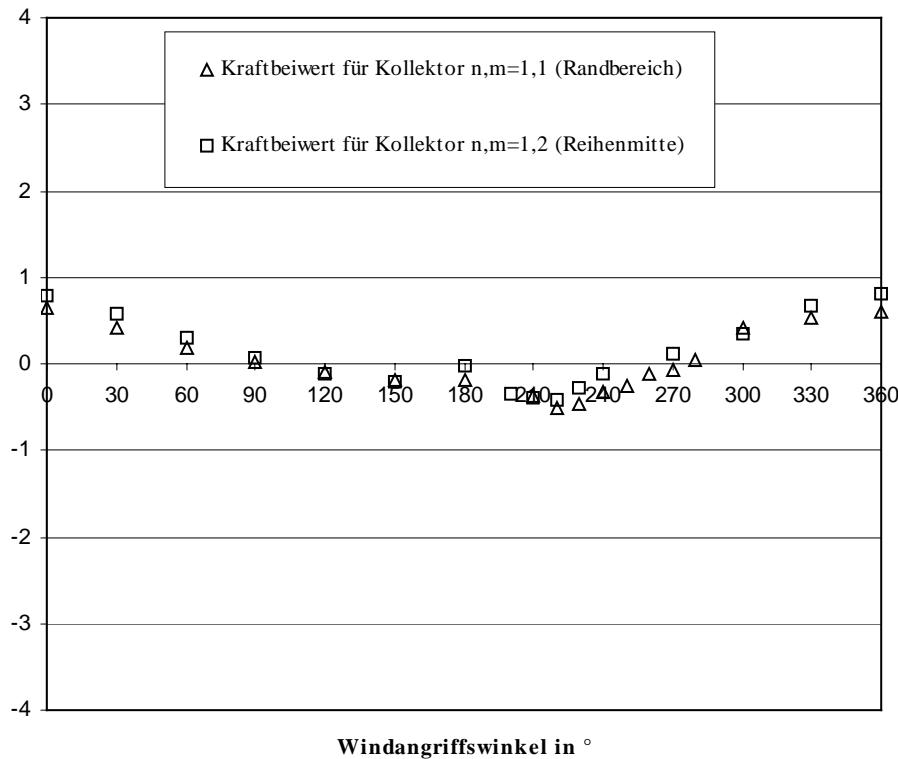


Bild 11.102: 12-e (3/79) und 12-f (3/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihen, 4 Kollektoren

Tabelle 11.90: 12-g (3/79) und 12-j (3/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektortorreihe, 4 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,2 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	1,166	1,333
Breite W in mm	170	10		1,298
Seitenverhältnis L/W	1,2	30	0,907	1,109
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,72	60	0,388	0,608
Seitenverhältnis H ₂ /W	1,02	90	-0,016	-0,022
Seitenverhältnis E/W	0,11	120	-0,44	-0,798
Dachneigung a in °	30	150	-0,455	-0,782
Abstandsverhältnis D/L ₁	0	180	-0,717	-0,954
		210	-1,176	-1,047
		230		-0,913
		240	-0,853	-0,889
		250	-0,78	-0,682
		260	-0,58	
		270	-0,105	0,062
		290	1,211	
		300	1,826	0,86
		310	1,694	
		320	1,616	1,269
		330	1,529	1,382
		340	1,441	1,381
		350	1,345	1,367
		360	1,247	1,385

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

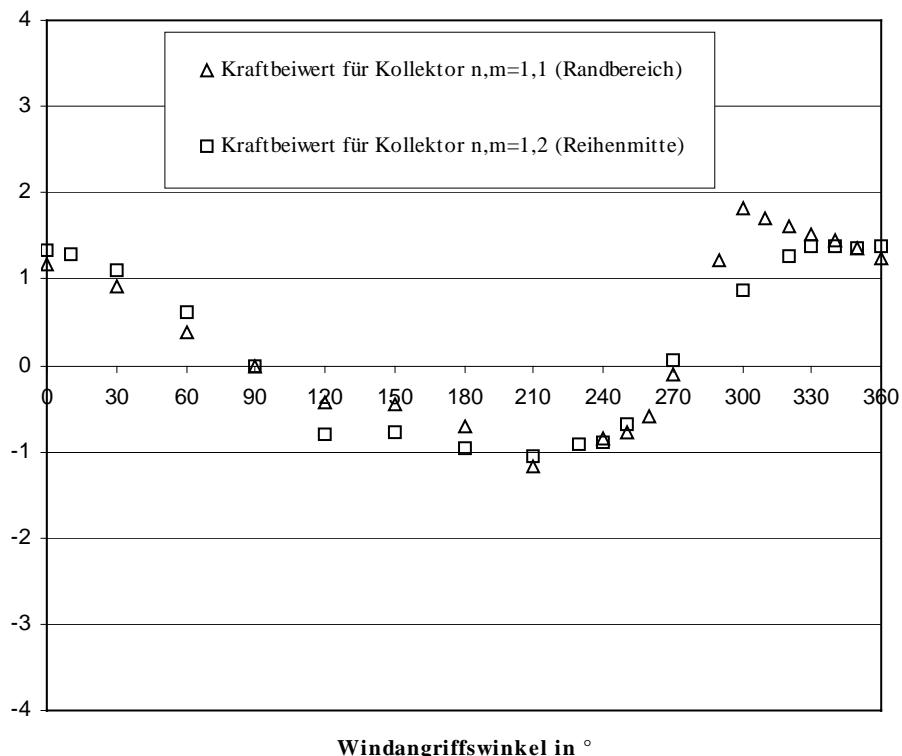


Bild 11.103: 12-g (3/79) und 12-j (3/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektortorreihe, 4 Kollektoren

Tabelle 11.91: 12-h (7/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 4 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	1,281
Breite W in mm	170	30	0,915
Seitenverhältnis L/W	1,2	60	0,373
Seitenverhältnis H1/W	0,72	90	-0,054
Seitenverhältnis H2/W	1,02	120	-0,433
Seitenverhältnis E/W	0,11	150	-0,456
Dachneigung a in °	30	180	-0,745
Abstandsverhältnis D/L1	0	210	-1,102
		240	-0,817
		270	0,145
		275	0,327
		300	1,532
		330	1,536
		360	1,246

Kollektorfeldmodell:	
Höhe des Kollektors L1 in mm	102
Seitenverhältnis W1/L1	0,5
Seitenverhältnis C/L1	n.a.
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	4
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H2

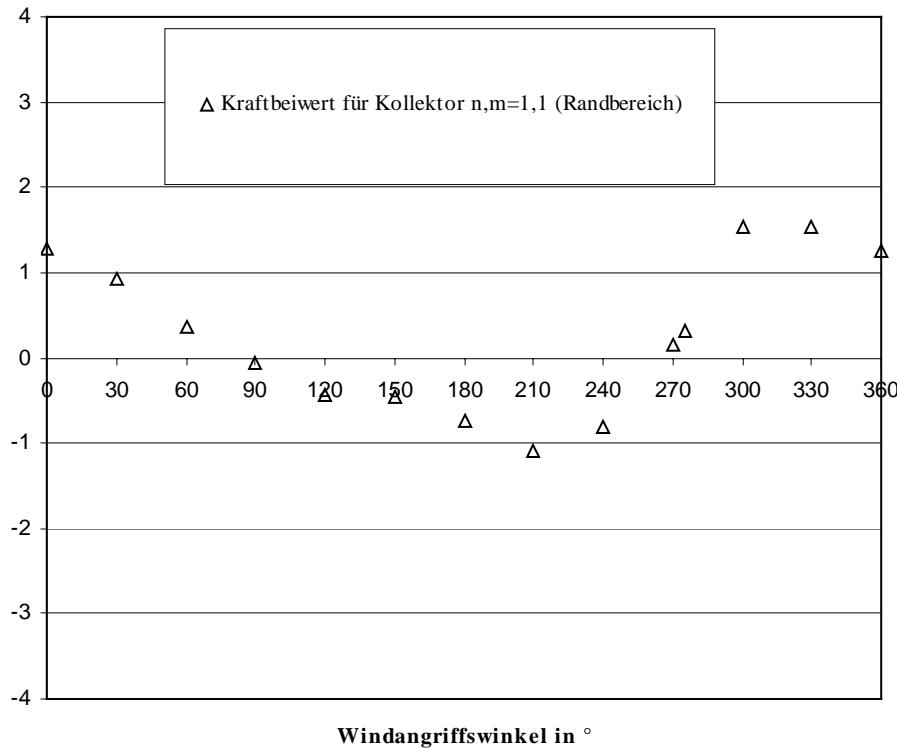


Bild 11.104: 12-h (7/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 4 Kollektoren

Tabelle 11.92: 12-i (11/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 4 Kollektoren

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	1,286
Breite W in mm	170	30	1,022
Seitenverhältnis L/W	1,2	60	0,414
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,72	90	-0,042
Seitenverhältnis H ₂ /W	1,02	120	-0,636
Seitenverhältnis E/W	0,11	150	-0,735
Dachneigung a in °	30	180	-0,994
Abstandsverhältnis D/L ₁	0	210	-1,314
		240	-0,933
		270	0,174
		300	2,044
		330	1,804
		360	1,234

Kollektorfeldmodell:	
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	n.a.
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	4
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

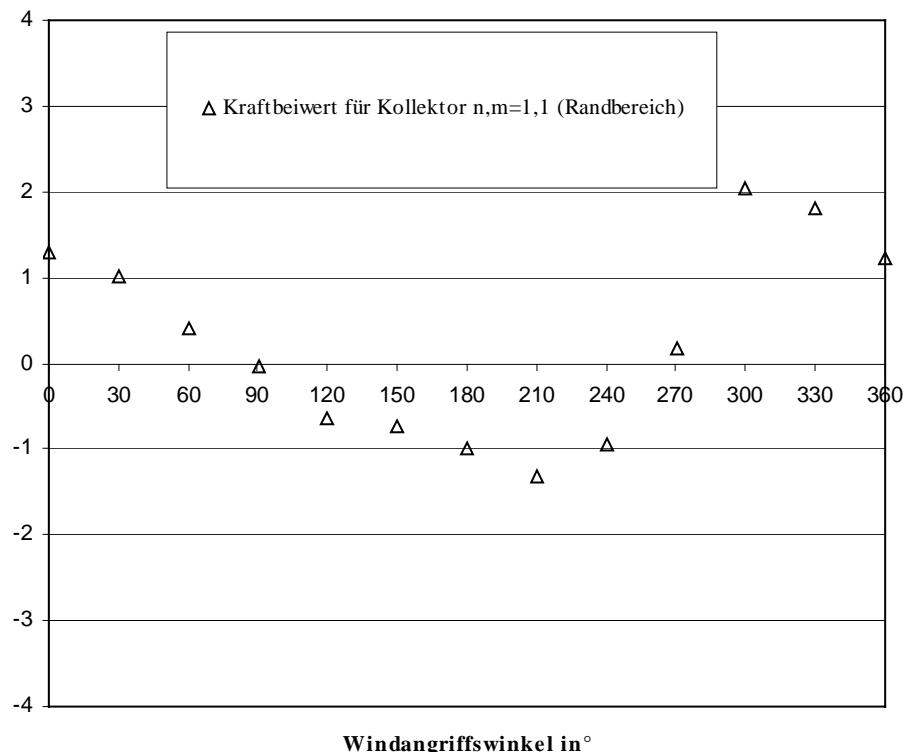


Bild 11.105: 12-i (11/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 4 Kollektoren