

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.
 <p>Einschätzung der Realität bezüglich des realen Windlastanfalles</p>	

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

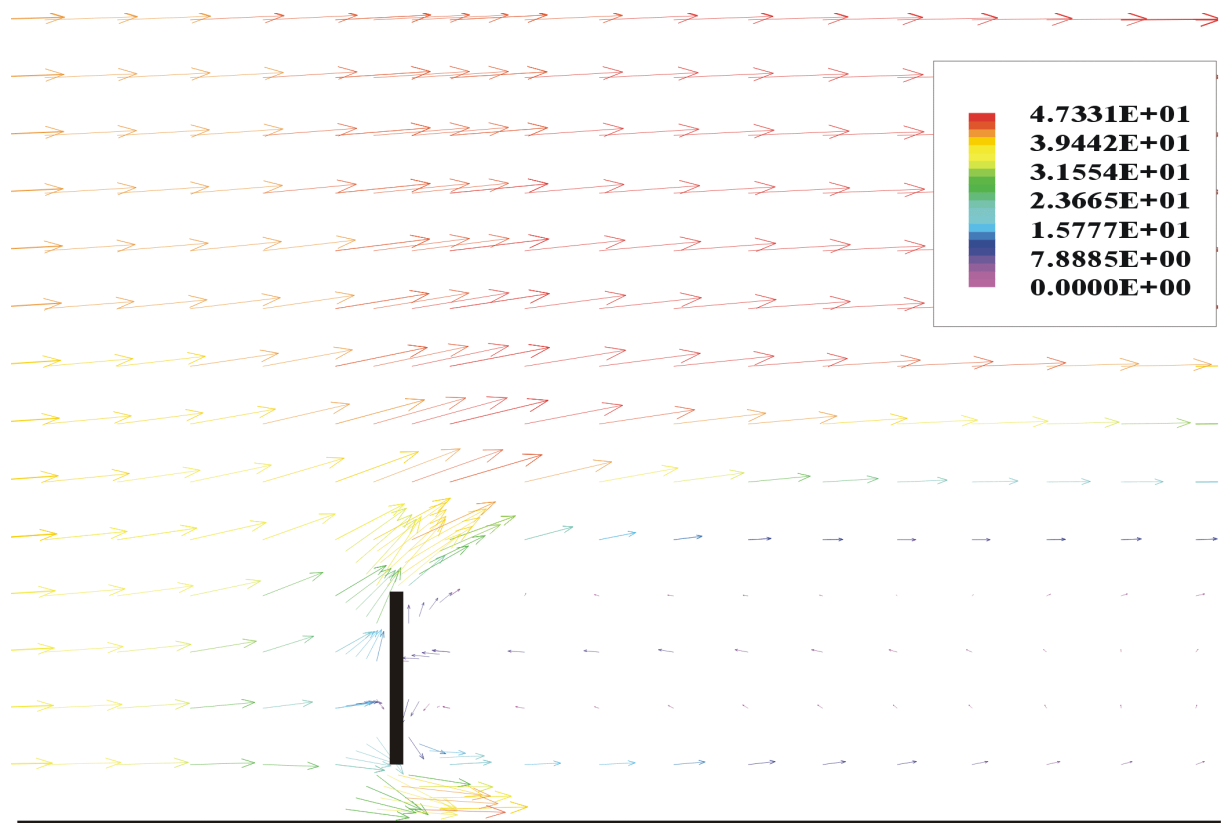
Senkrecht angeordneter Kollektor:

Bild 11.1: Geschwindigkeitsfeld des Luftstromes in m/s

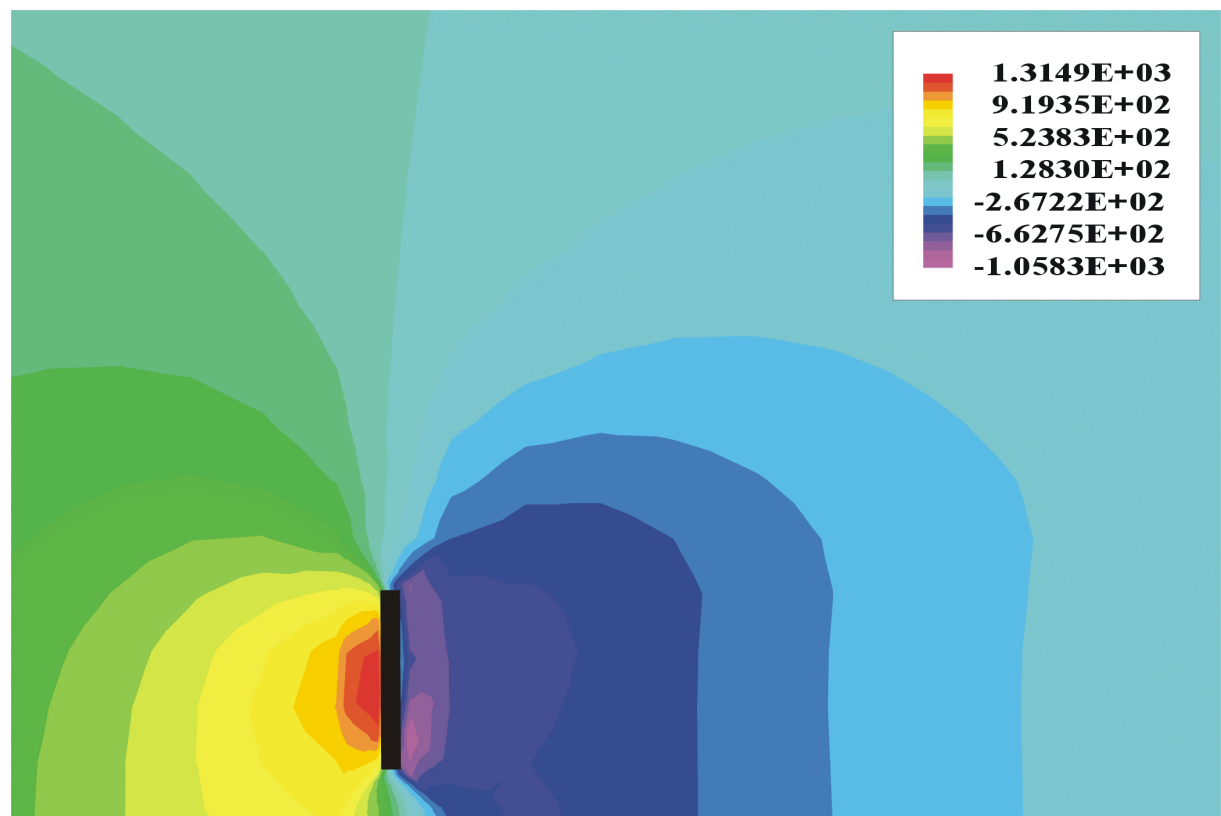


Bild 11.2: relatives Druckfeld im Luftstrom in Pa

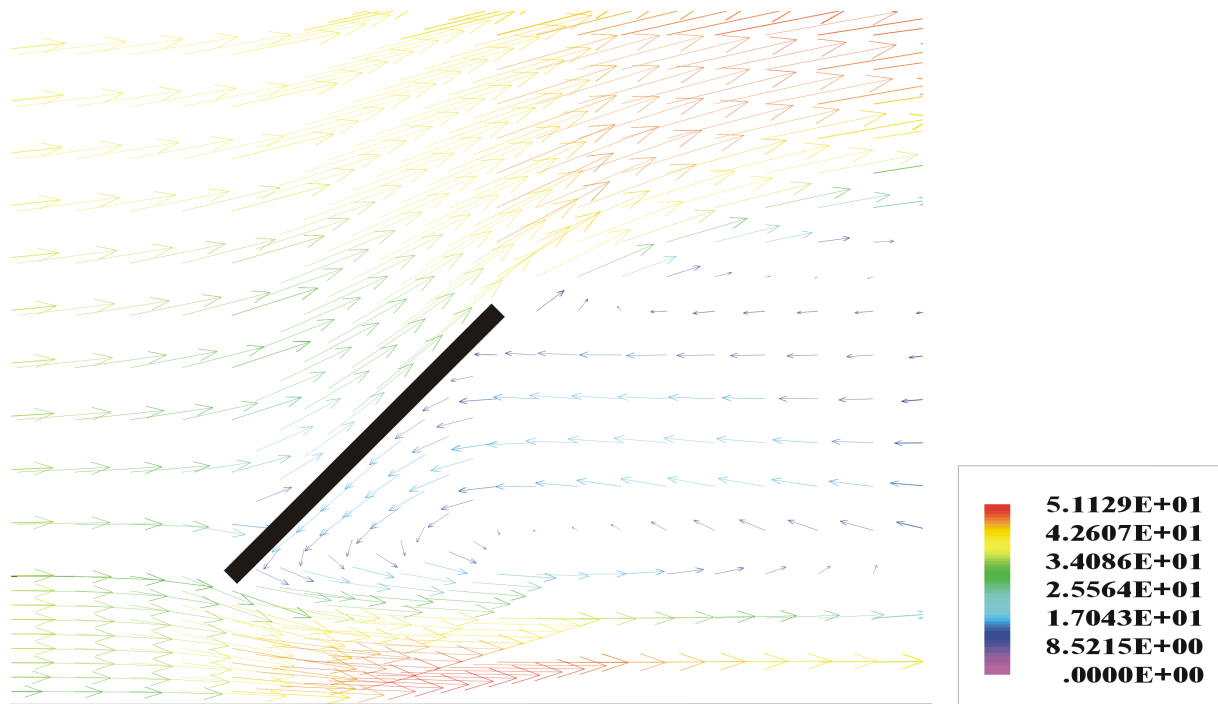
45° geneigter Kollektor, Anströmung der Vorderseite:

Bild 11.3: Geschwindigkeitsfeld des Luftstromes in m/s

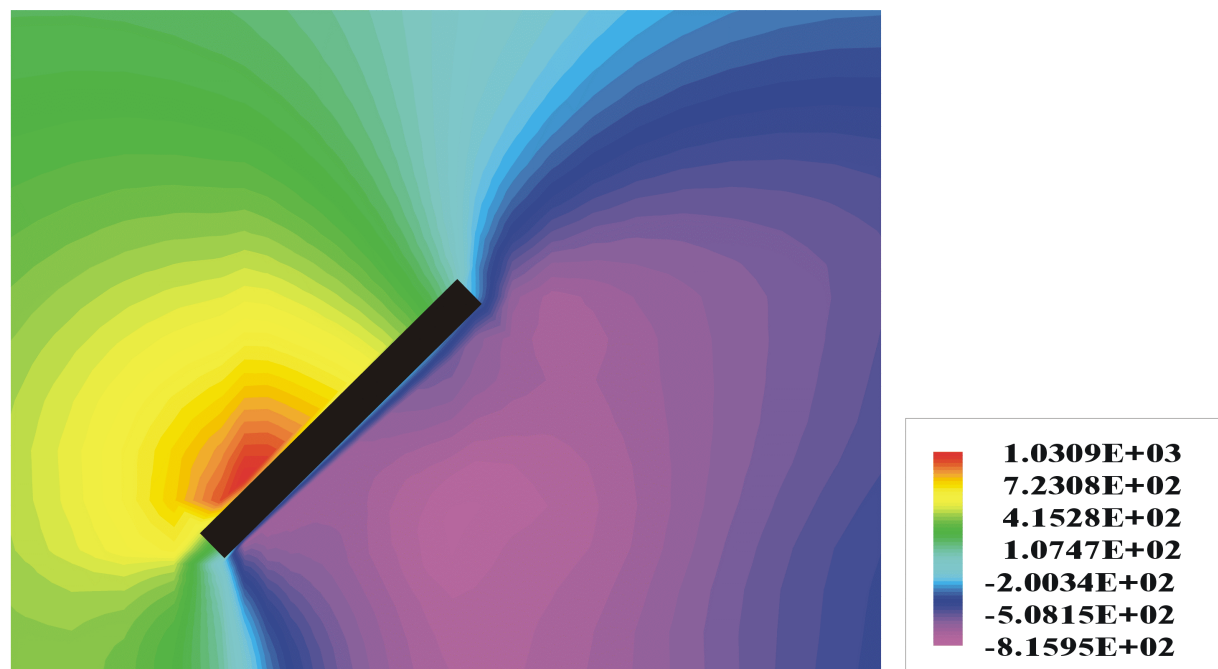


Bild 11.4: relatives Druckfeld im Luftstrom in Pa

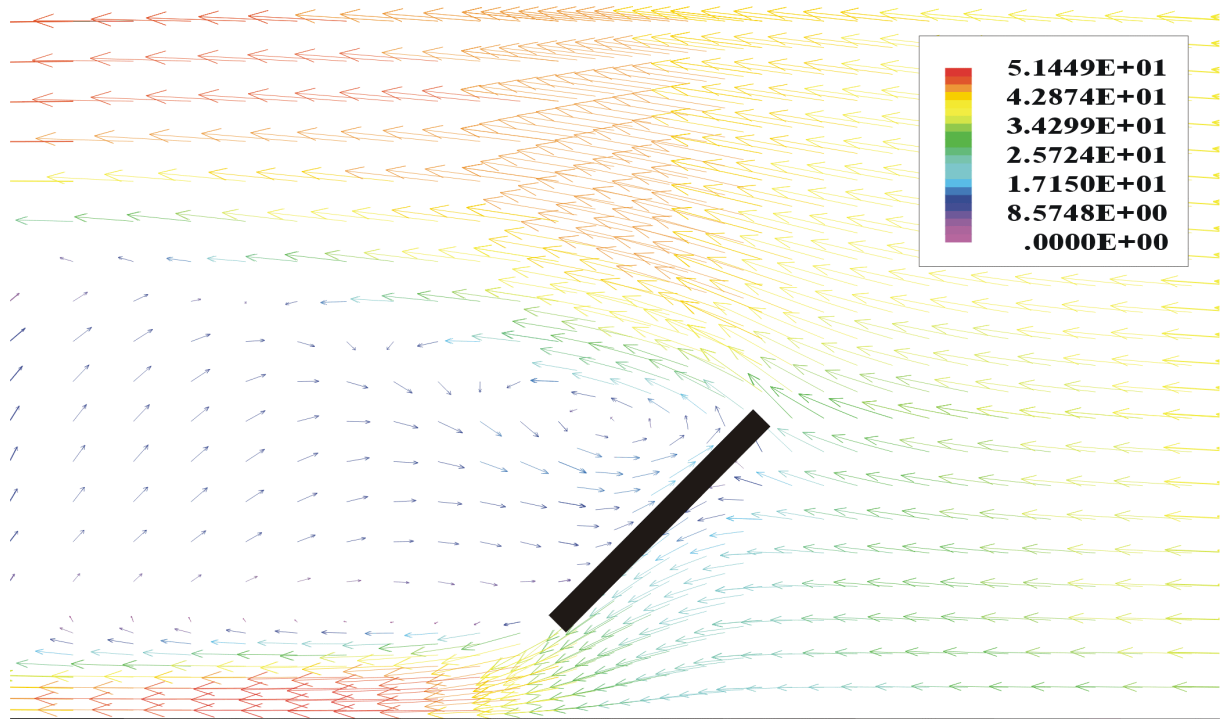
45° geneigter Kollektor, Anströmung der Kollektorrückseite:

Bild 11.5: Geschwindigkeitsfeld des Luftstromes in m/s

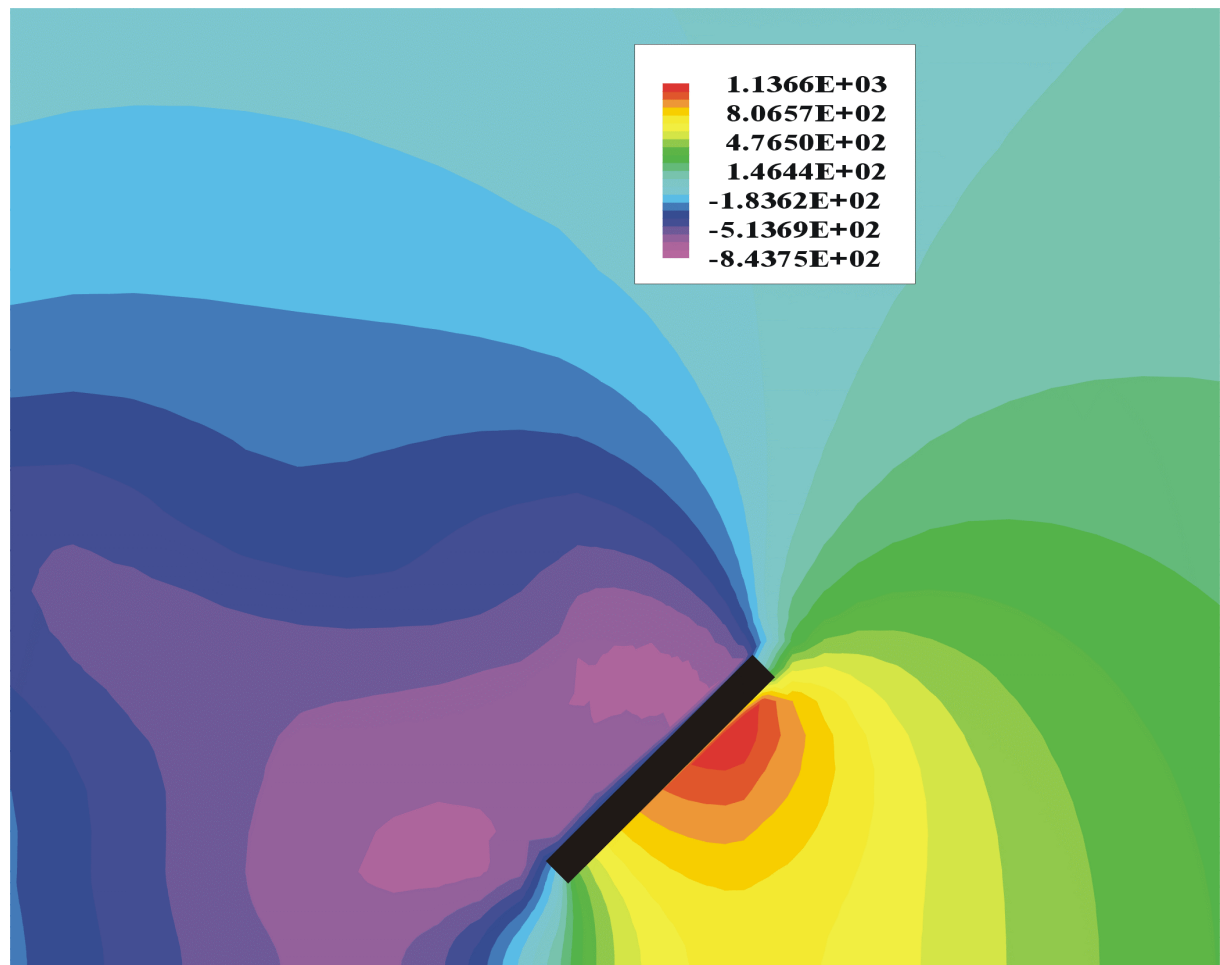


Bild 11.6: relative Druckfeld im Luftstrom in Pa

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 vom 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 Kollekturvorderseite	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 Kreiszyylinder, 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 Polytechnic 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 Polytechnic 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.

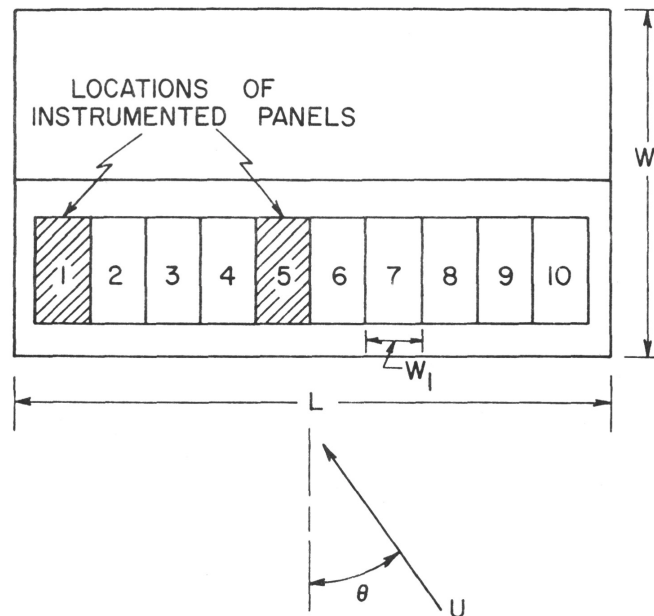


Bild 11.7: Lage der untersuchten Kollektoren am Rand und in der Mitte und Definition der Maße, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 98/

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

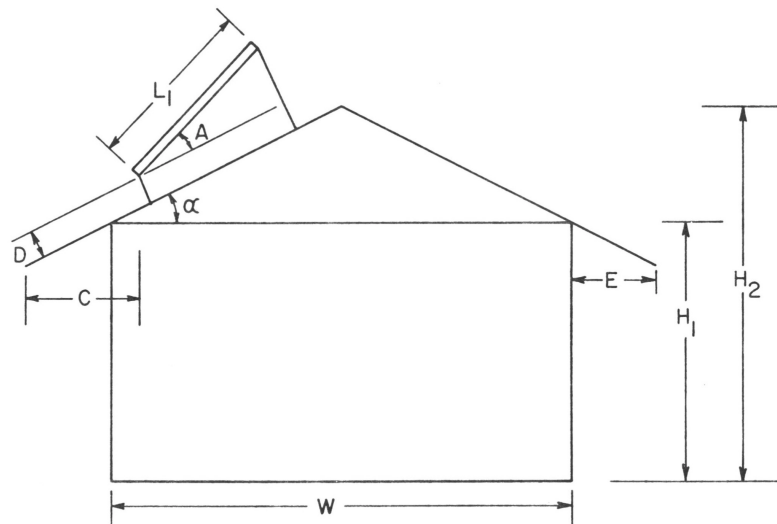


Bild 11.8: Definition der Maße für die Modelle der Einfamilienhäuser, entnommen aus /Tieleman, 1980, S .99/

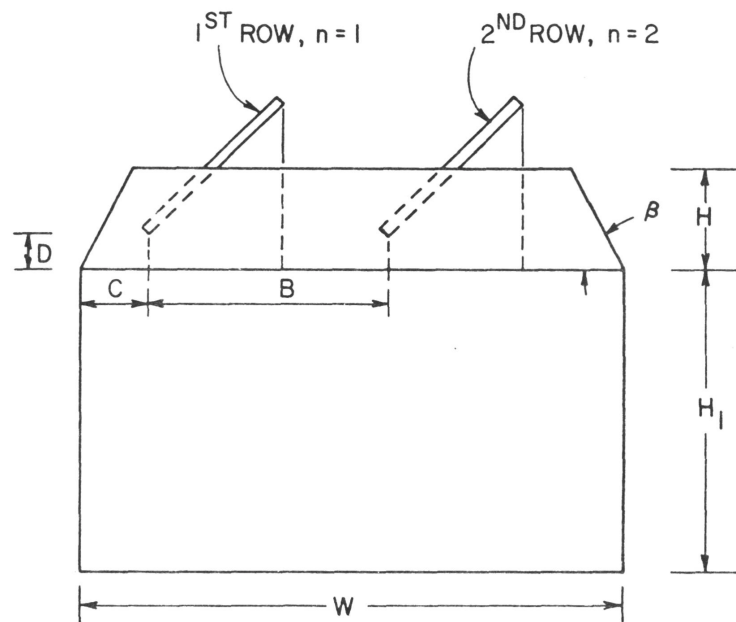


Bild 11.9: Definition der Maße für die Modelle mit Attika und Mehrfachreihen, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 100, geringfügig geändert/

Durchführung der Experimente:

- Im Windkanal wurden Mitteldrücke und Druckschwankungen an einzelnen Flachkollektormodellen, die Bestandteil 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 Meßergebnisse 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):

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

- Minimaler Spitzendruckkoeffizient (peak-minimum pressure coefficient):

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

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

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

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

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

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)

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

kann die Verteilung der Spitzendrücke wie folgt dargestellt werden.

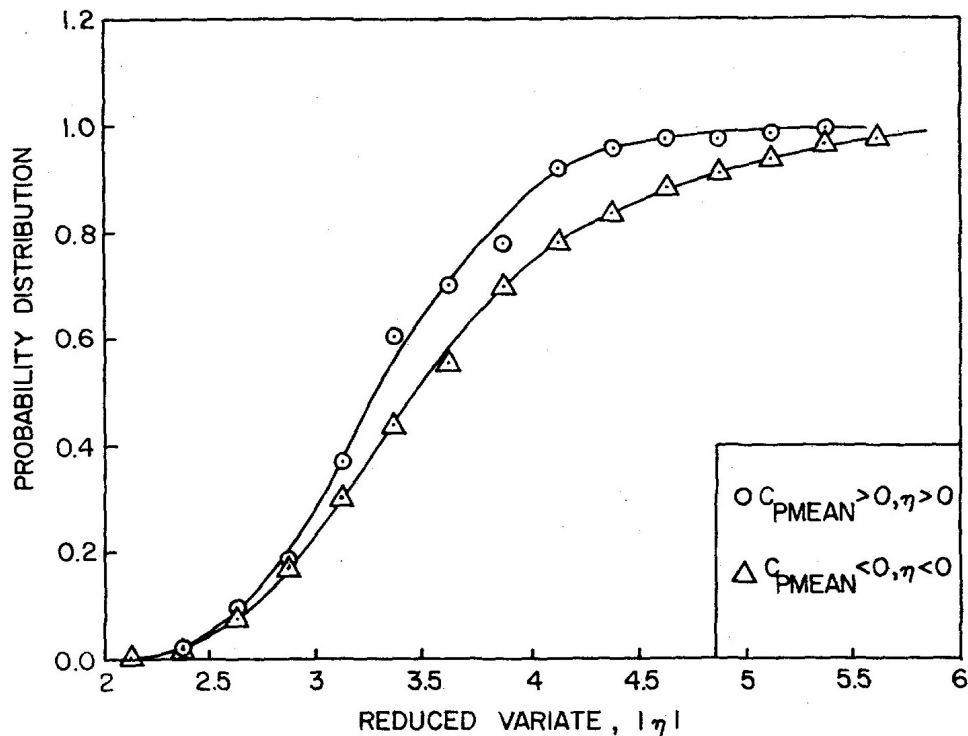


Bild 11.10: Wahrscheinlichkeitsverteilung der Spitzendrücke auf einer Kollektorseite, entnommen aus /Tieleman, 1980, S.104/

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)

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

wird durch die Subtraktion der mittleren Druckbeiwerte von Vorder- und Rückseite bestimmt. Wird der angeströmte Kollektor in Richtung der Aufständerung 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: $\eta_{50\%} = -3,5$

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

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

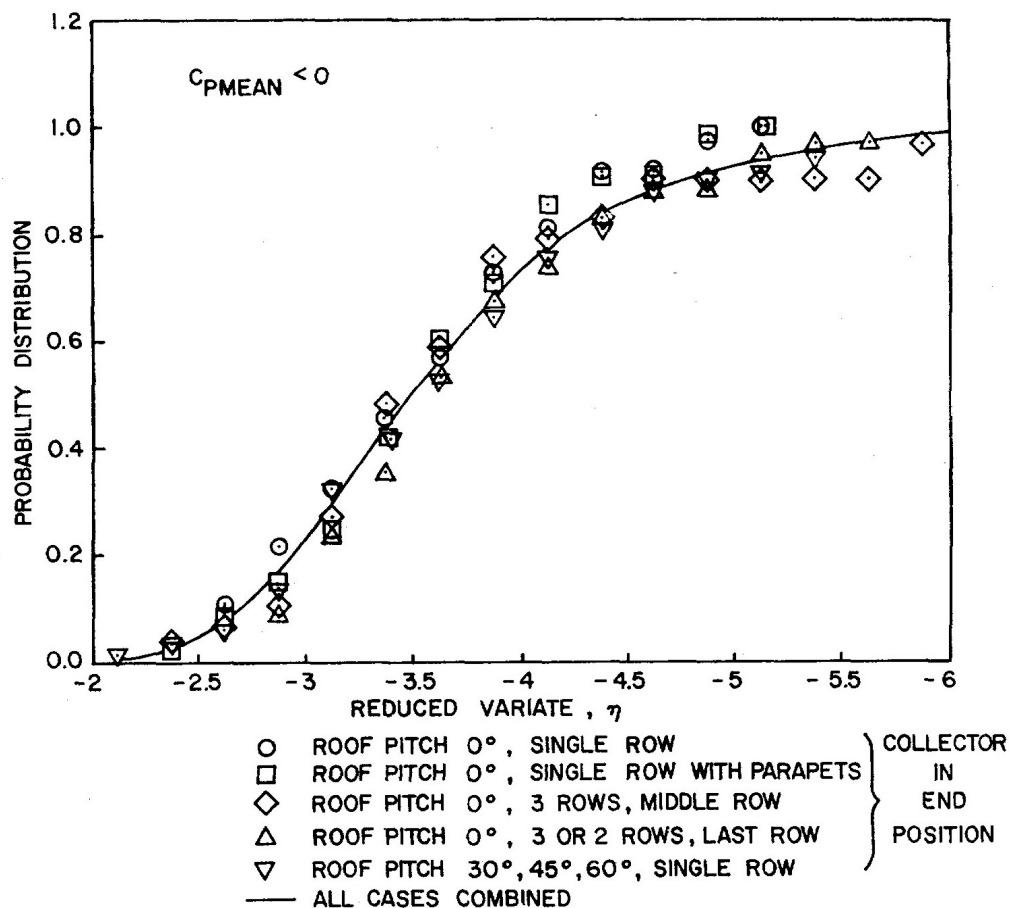


Bild 11.11: Wahrscheinlichkeitsverteilung von negativen Spitzendrücken auf einer Seite des Kollektors für mehrere Aufständerungsarten, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 106/

Folgende Annahme wurde für die Schätzung des Nettospitzendruckkoeffizienten 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 Werte ausgewählt und dann als Nettospitzendruckkoeffizient 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.

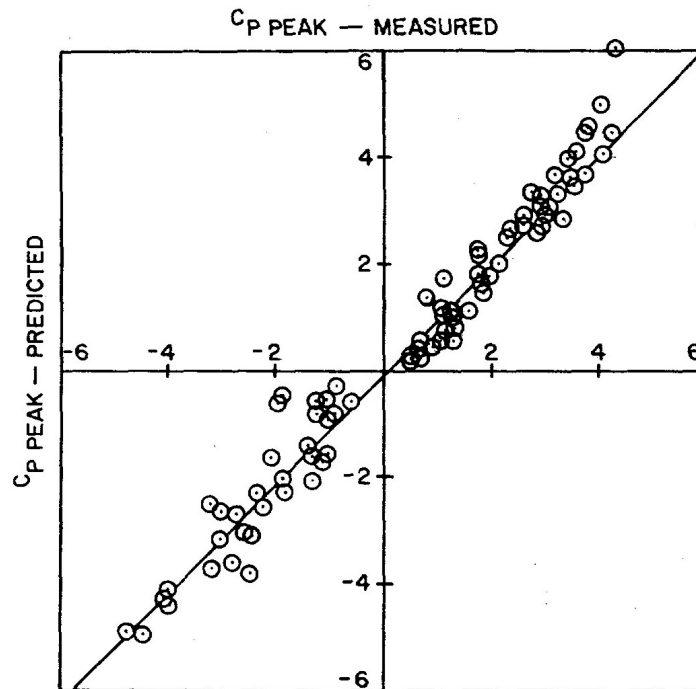


Bild 11.12: Vergleich zwischen gemessenen und vorhergesagten Spitzenkraftbeiwerten, entnommen aus /Tieleman, 1980, S.108/

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

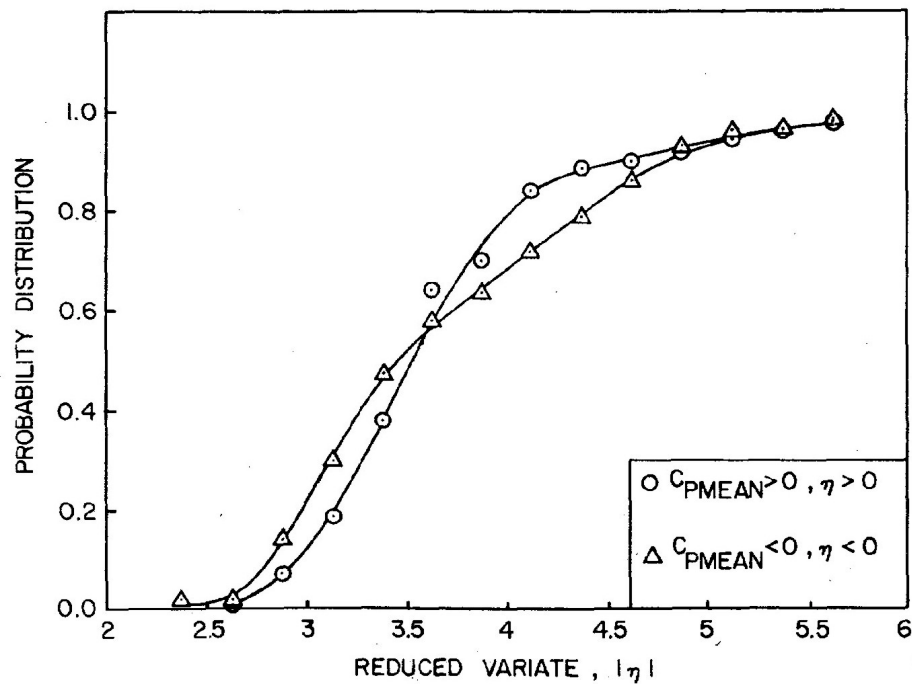


Bild 11.13: Wahrscheinlichkeitsverteilung des Spitzenkraftbeiwertes für einen Kollektor, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 109/

11.4.3 Untersuchte Modelle

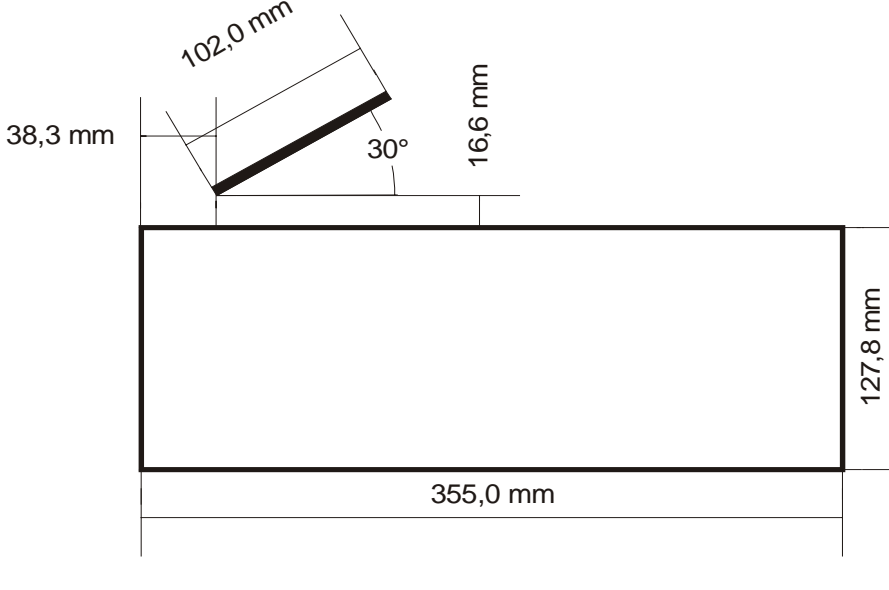
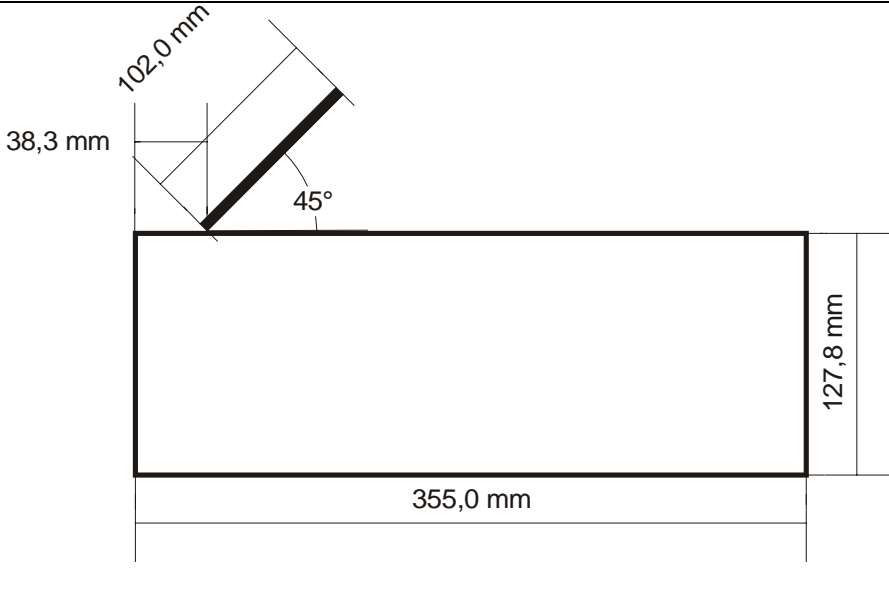
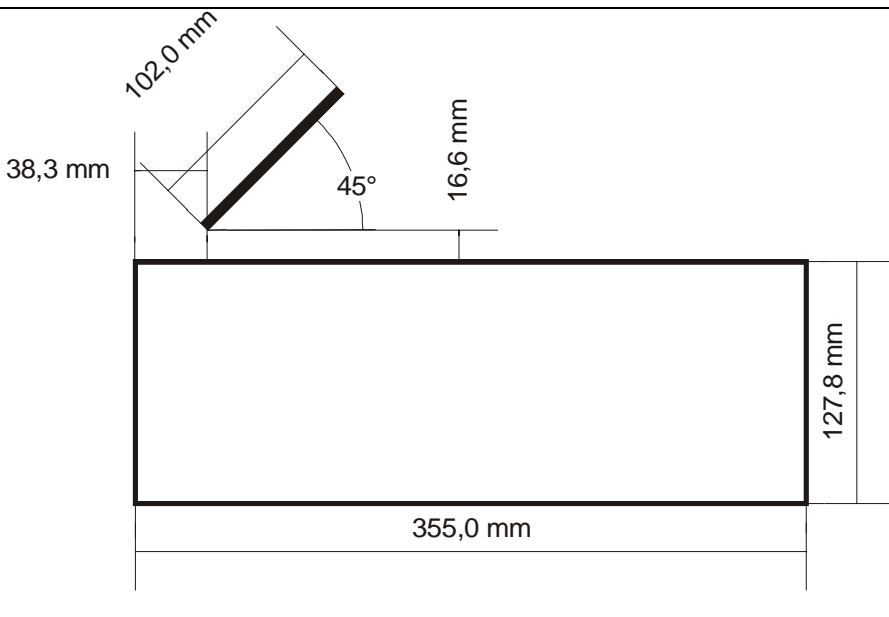
In diesem Abschnitt werden die Maße der Modelle, die im Grenzschichtwindkanal untersucht wurden, graphisch dargestellt. Das ermöglicht einen besseren Überblick und erhöht die Anschaulichkeit. Die Untersuchungen und ihre Ergebnisse werden anhand der Originalbezeichnung kodiert.

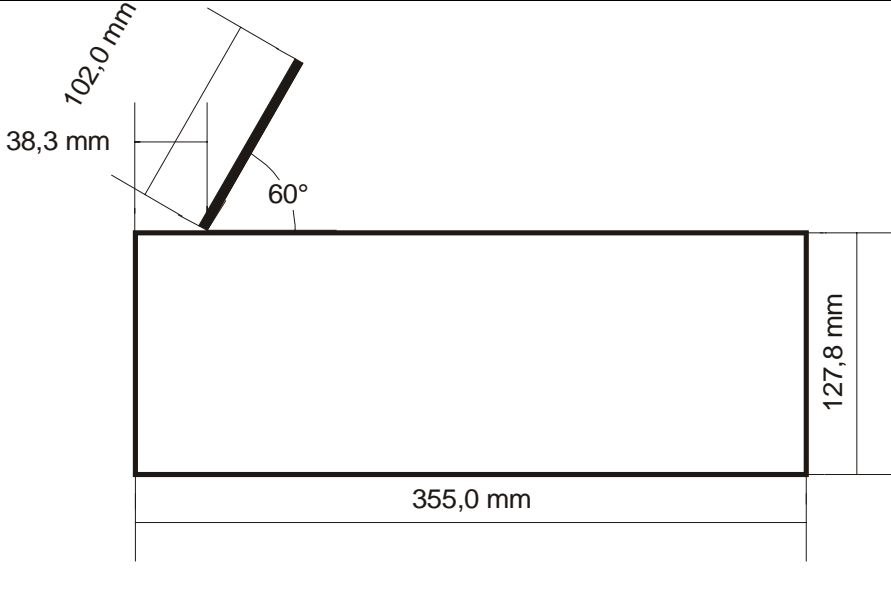
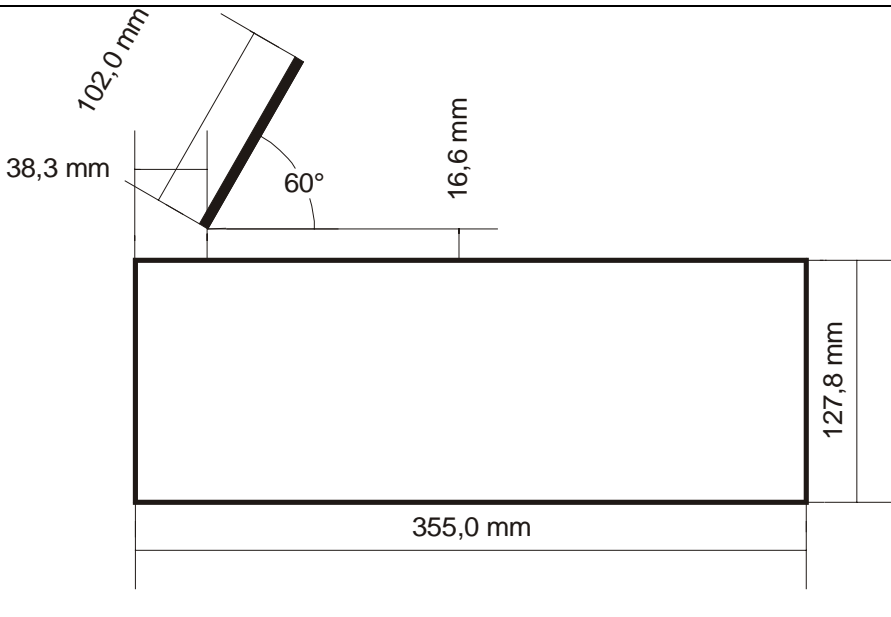
Die industrielle Aufständering und die Freilandaufständering werden in der Quelle nicht mit grafischen Darstellungen beschrieben. Bei der industriellen Aufständering Variante ist von einer geneigten, geschlossenen Fläche auszugehen, die aus Kollektoren gebildet wird.

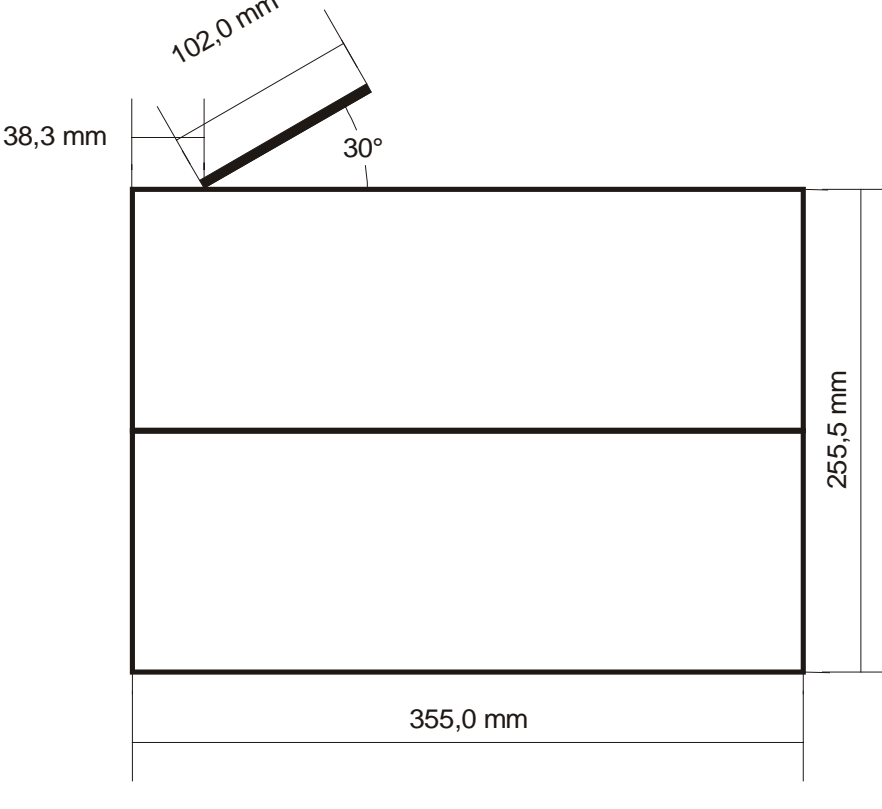
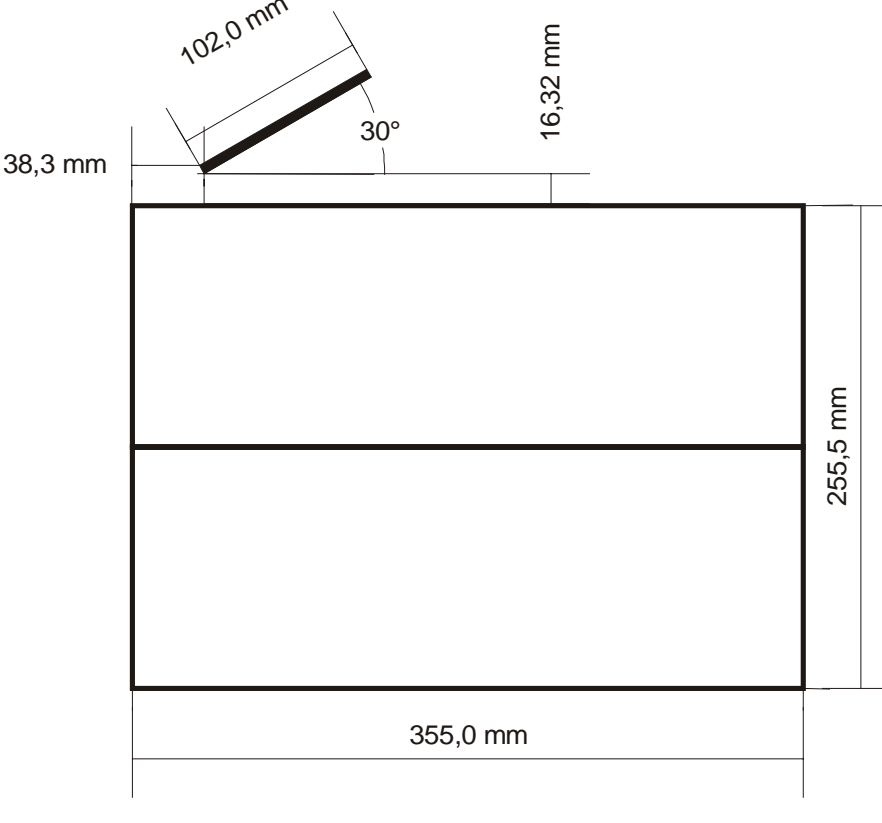
Die übergeordneten Versuchsreihen für unterschiedliche Aufständeringvarianten werden mit einer Zahl und die unterschiedlichen Varianten mit einem Buchstaben kodiert.

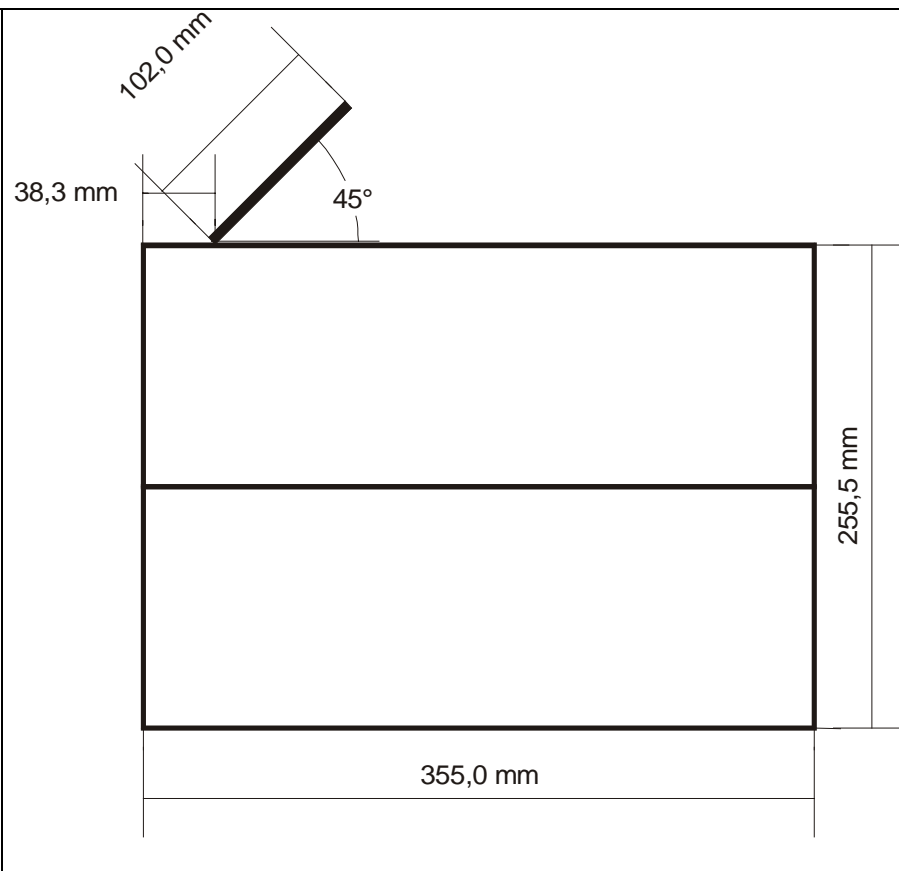
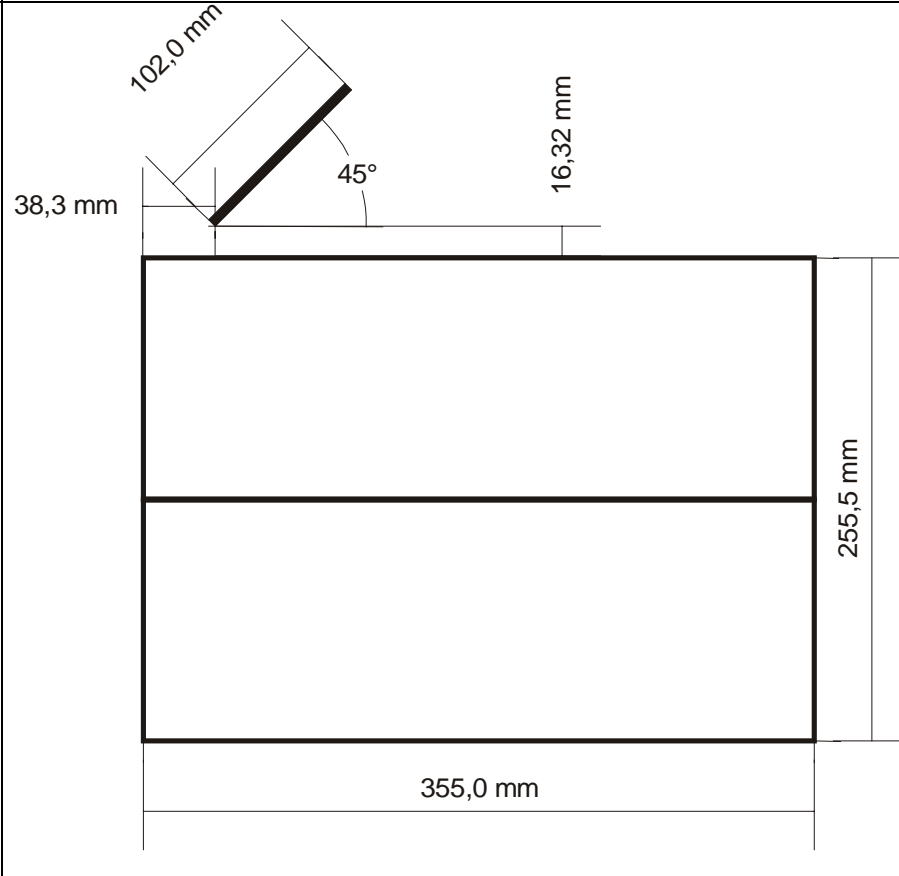
Tabelle 11.4: Im Windkanal untersuchte Modelle

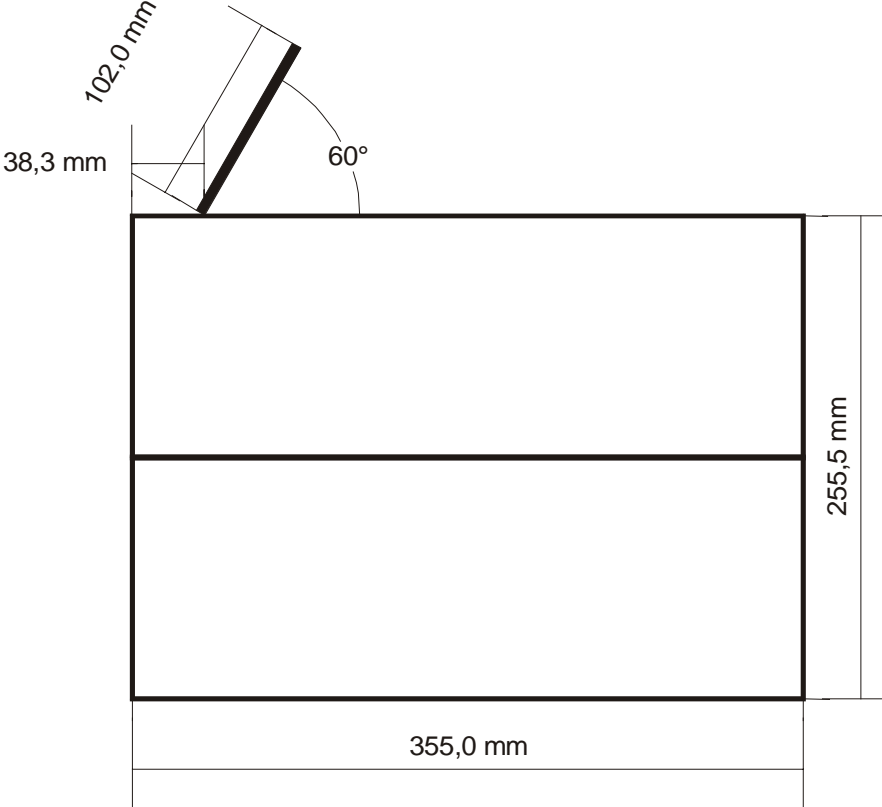
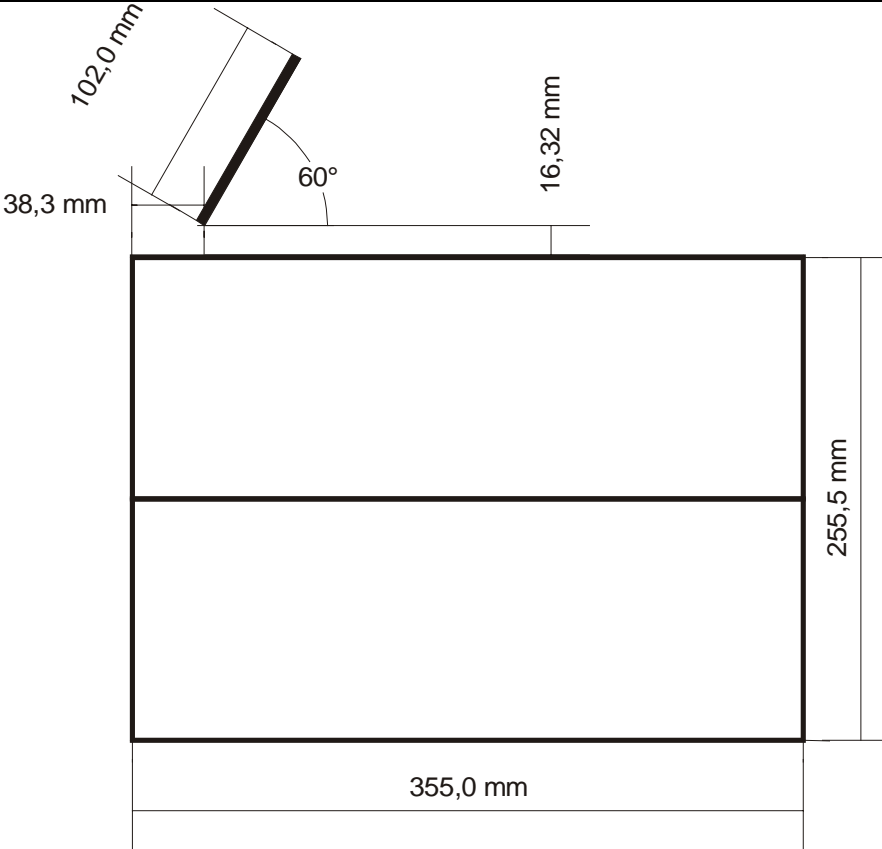
Untersuchung 1-a/b Flachdach ein Stockwerk	
--	--

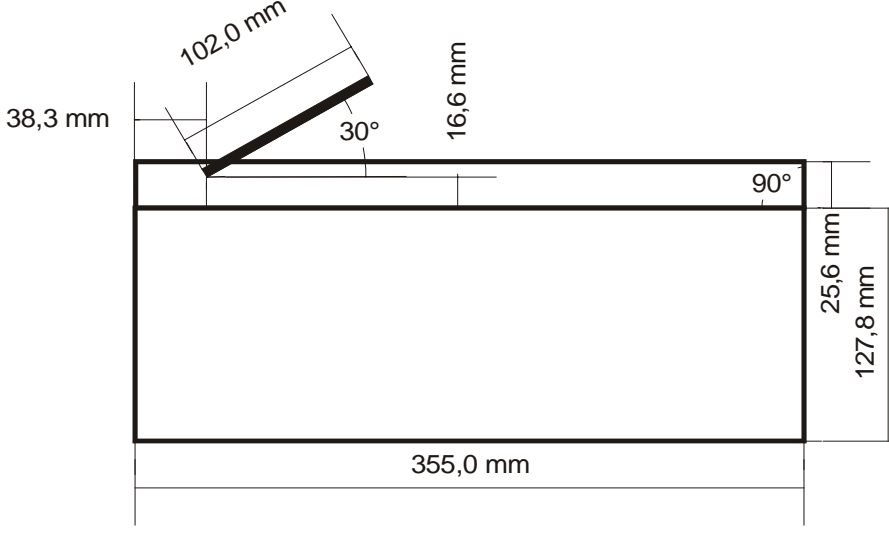
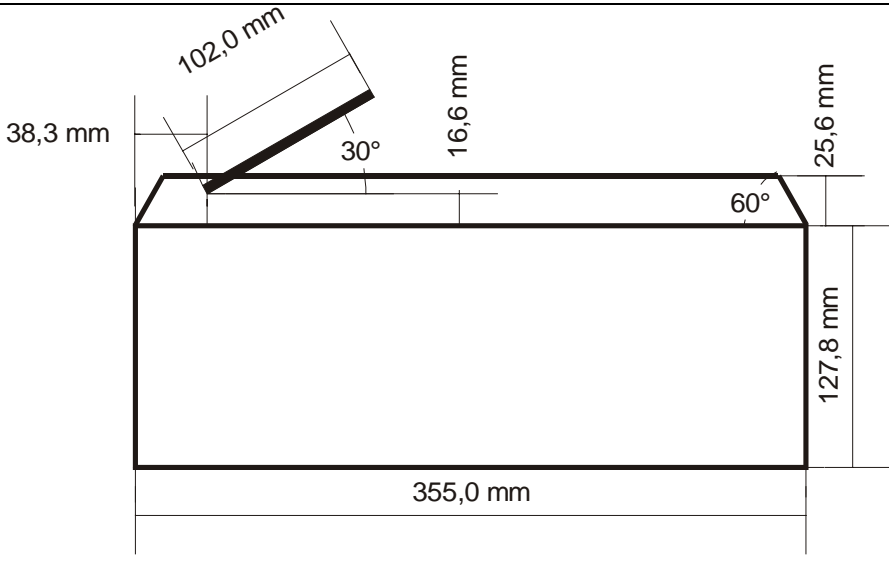
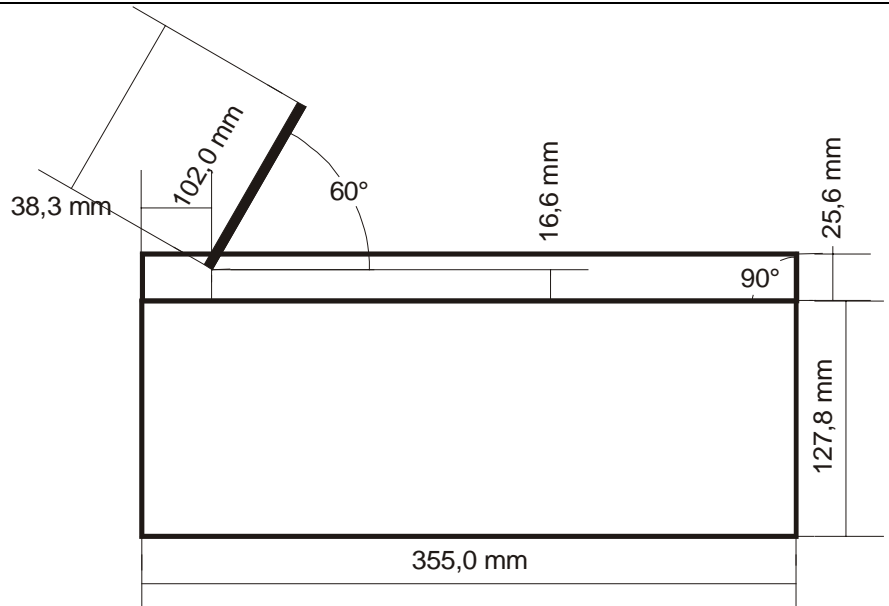
Untersuchung 1-c/d/e/f Flachdach ein Stockwerk	
Untersuchung 1-g/h Flachdach ein Stockwerk	
Untersuchung 1-i/j/k/l Flachdach ein Stockwerk	

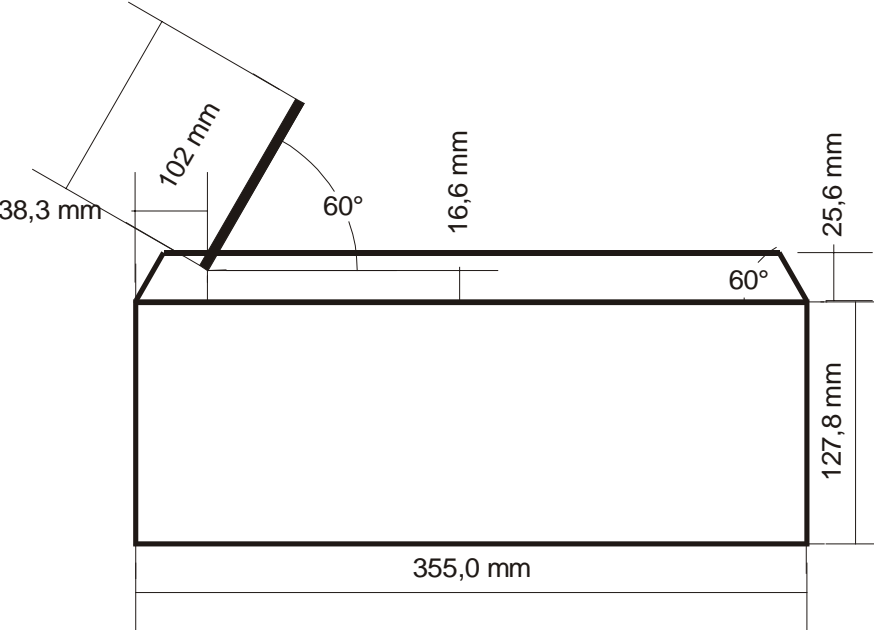
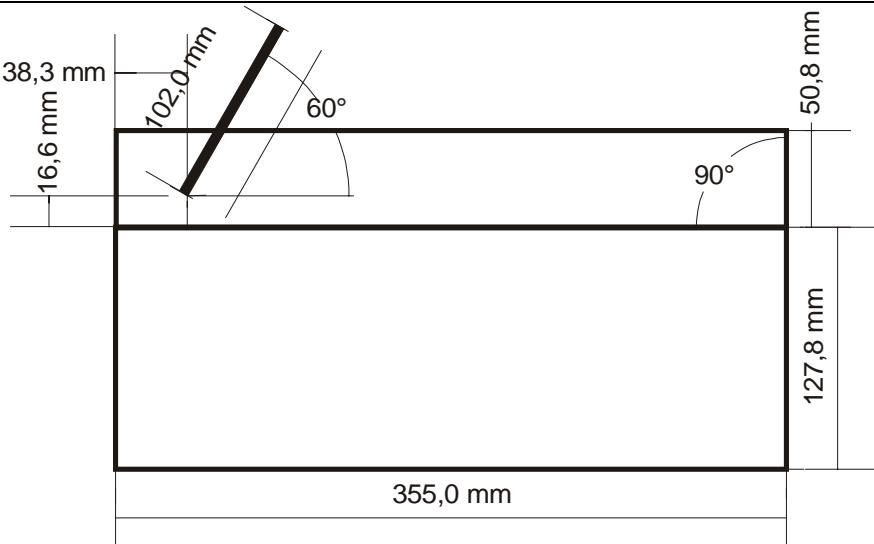
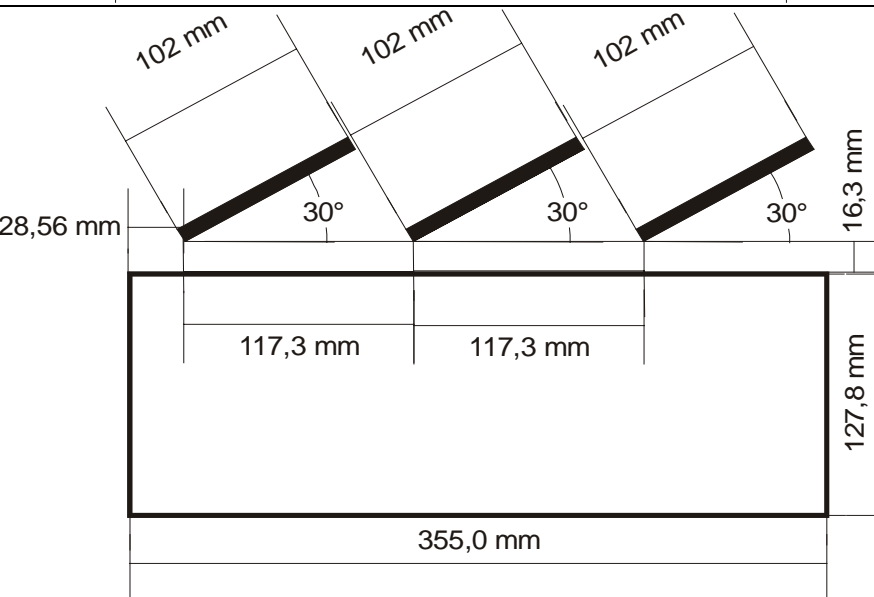
<p>Untersuchung 1-m/n Flachdach ein Stockwerk</p>	
<p>Untersuchung 1-o/p/q/r Flachdach ein Stockwerk</p>	

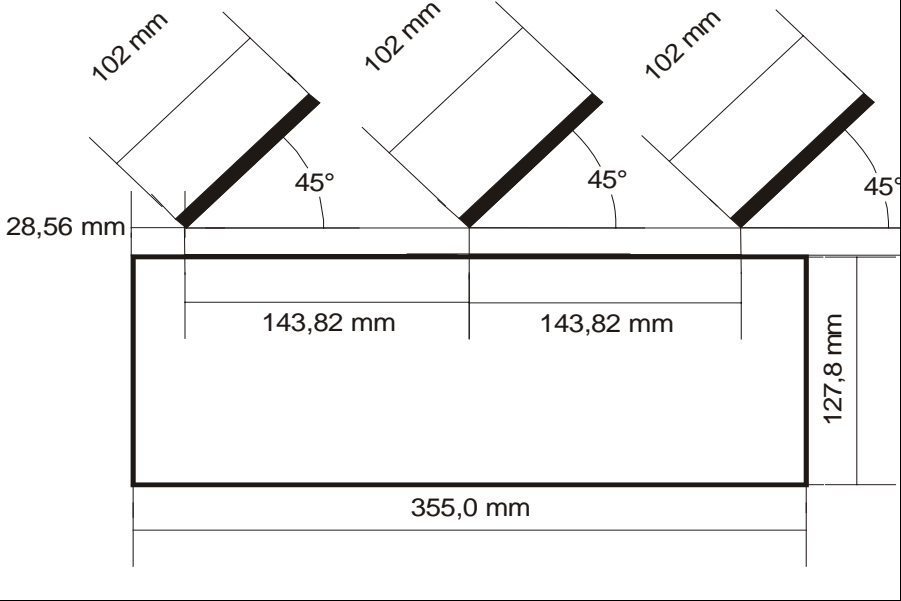
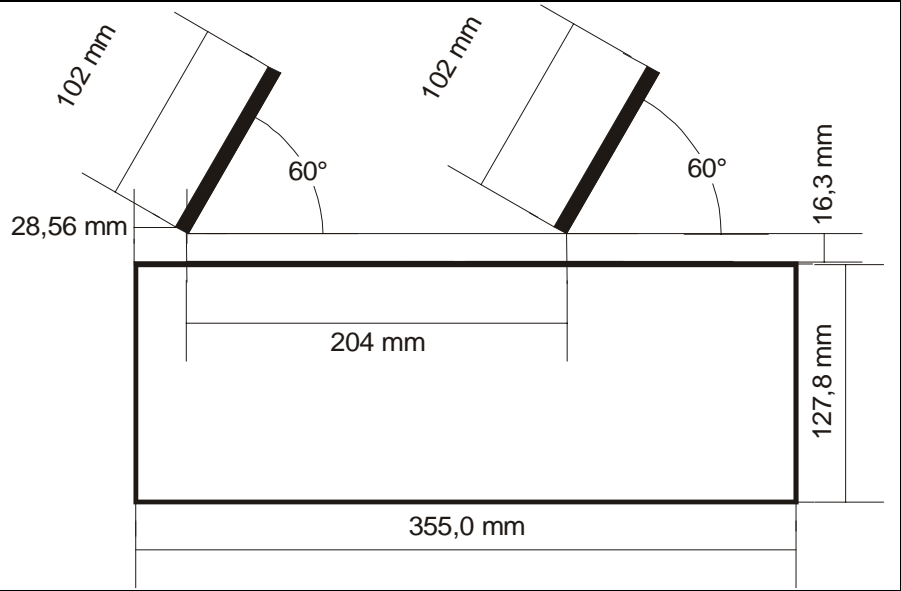
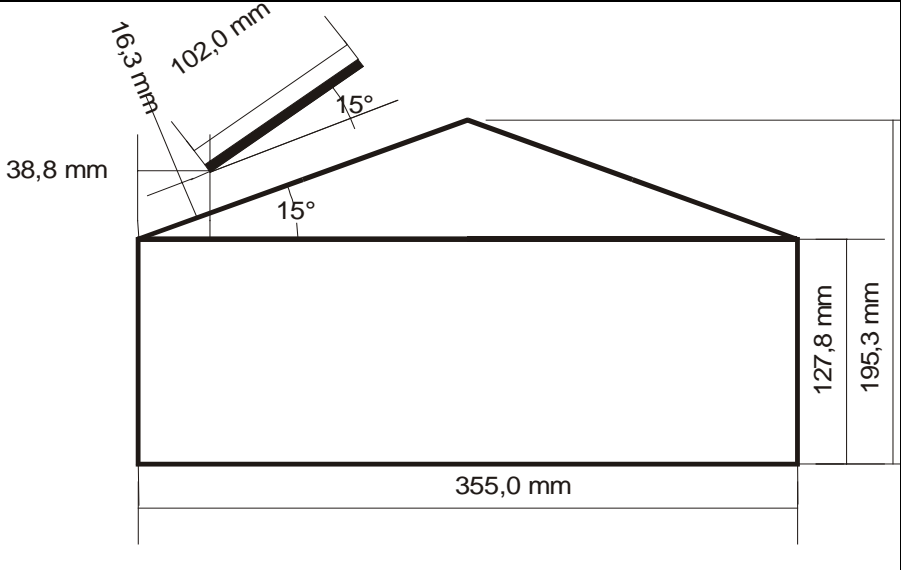
<p>Untersuchung 2-a/b Flachdach zwei Stockwerke</p>	 <p>38,3 mm</p> <p>102,0 mm</p> <p>30°</p> <p>255,5 mm</p> <p>355,0 mm</p>
<p>Untersuchung 2-c/d Flachdach zwei Stockwerke</p>	 <p>38,3 mm</p> <p>102,0 mm</p> <p>30°</p> <p>16,32 mm</p> <p>255,5 mm</p> <p>355,0 mm</p>

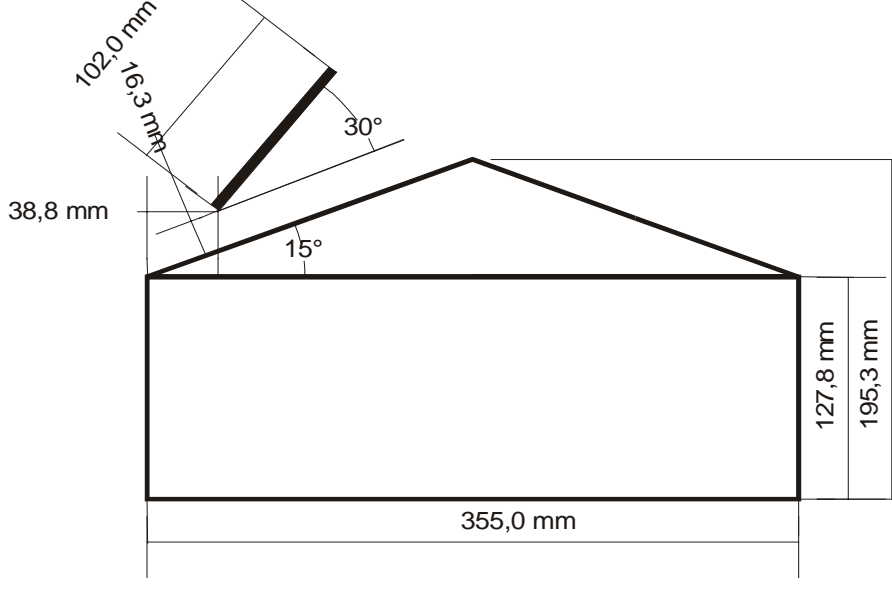
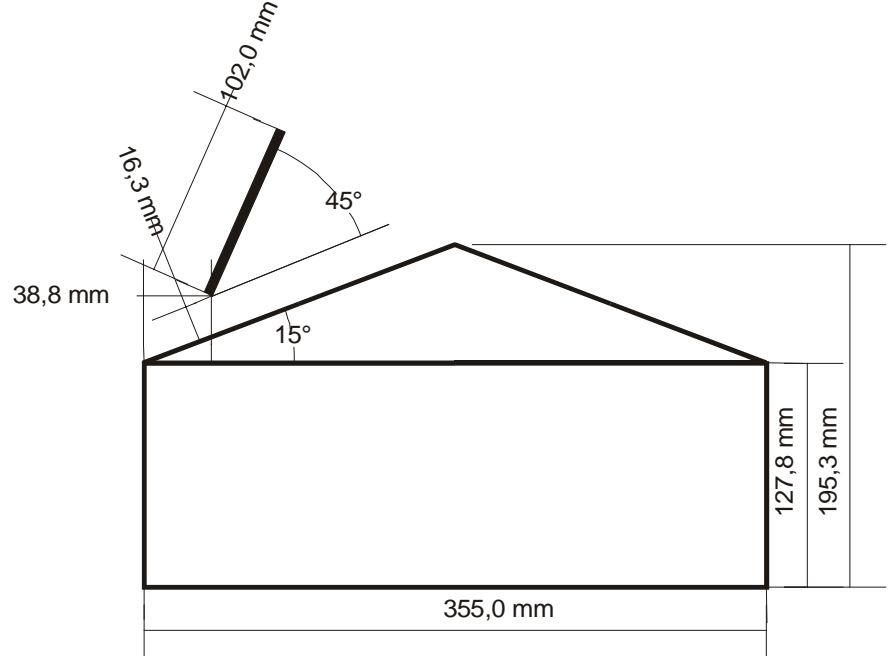
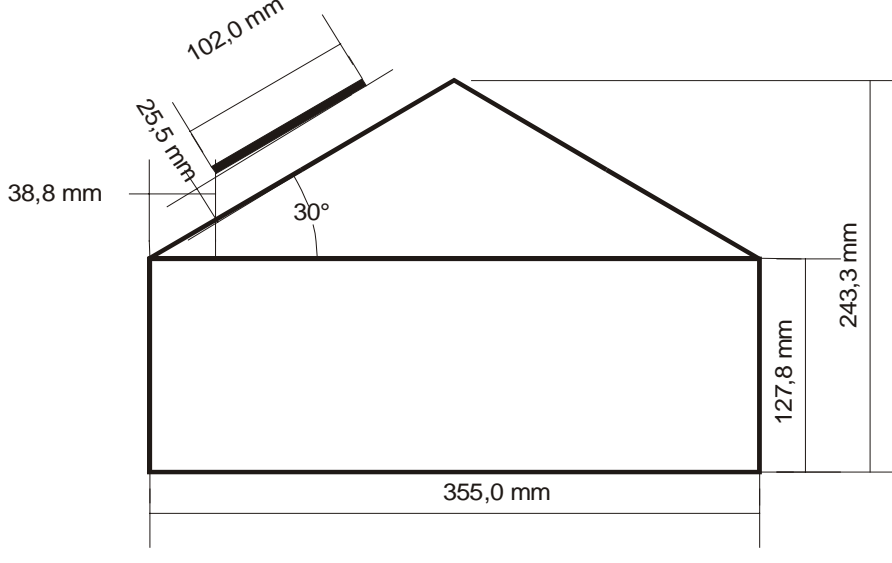
<p>Untersuchung 2-e/f Flachdach zwei Stockwerke</p>	
<p>Untersuchung 2-g/h Flachdach zwei Stockwerke</p>	

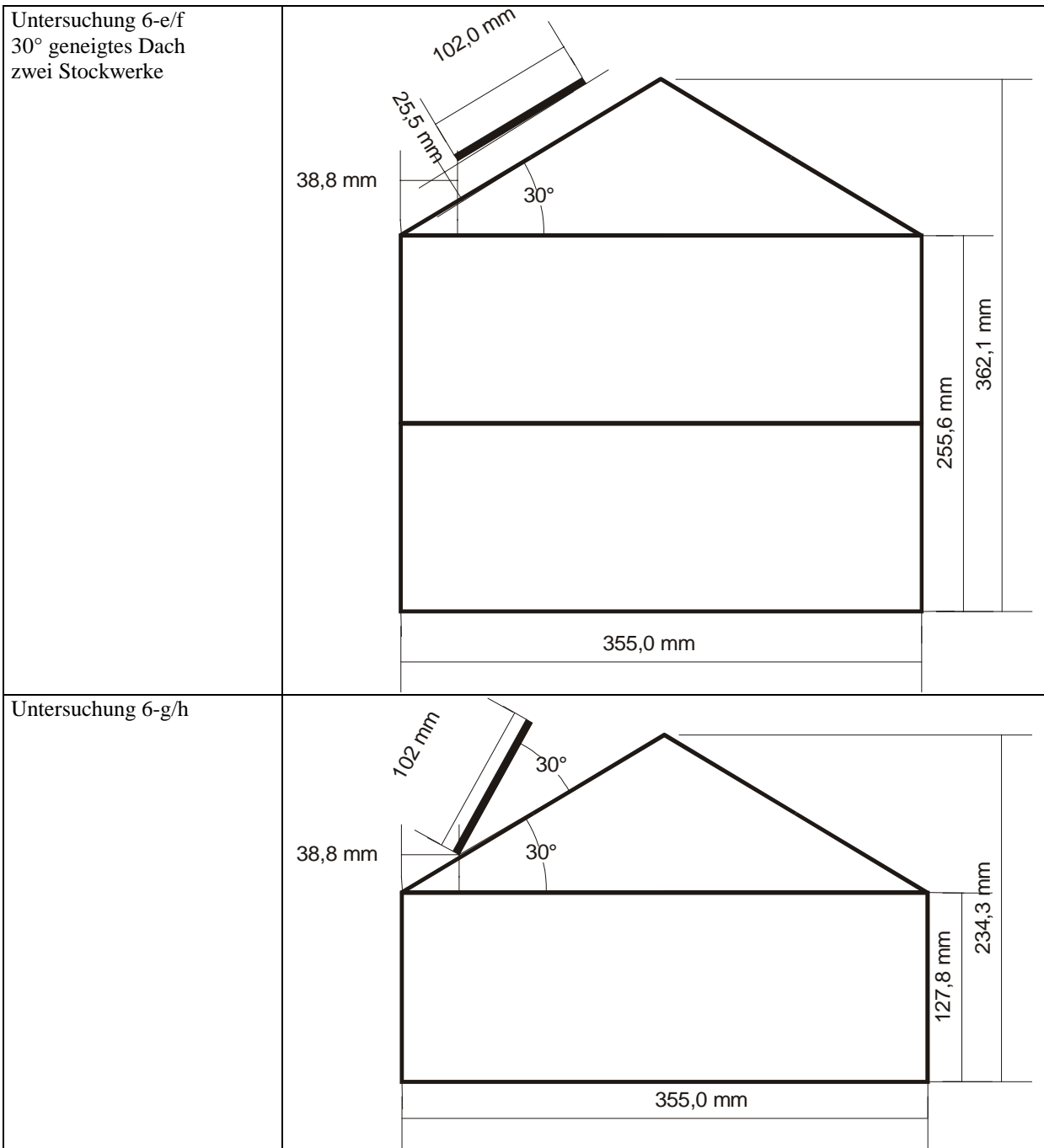
<p>Untersuchung 2-i/j Flachdach zwei Stockwerke</p>	
<p>Untersuchung 2-k/l Flachdach zwei Stockwerke</p>	

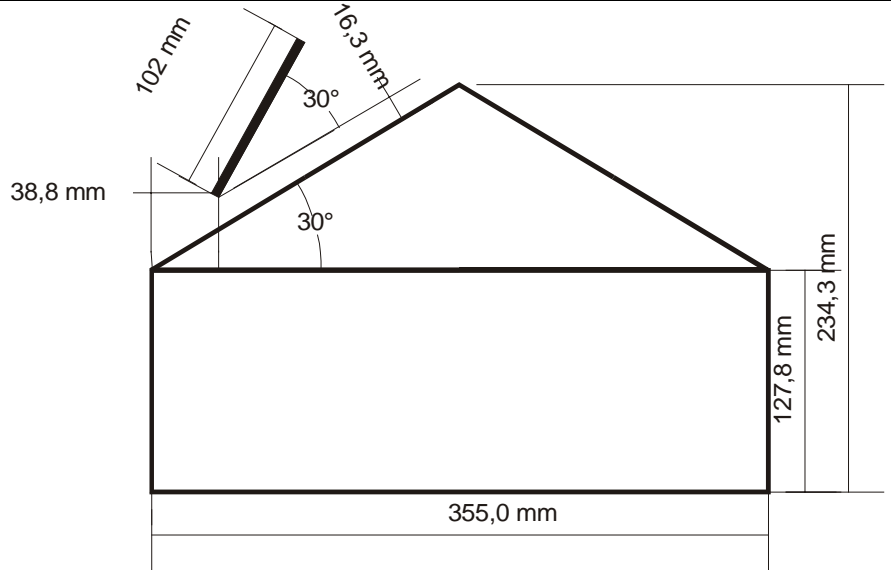
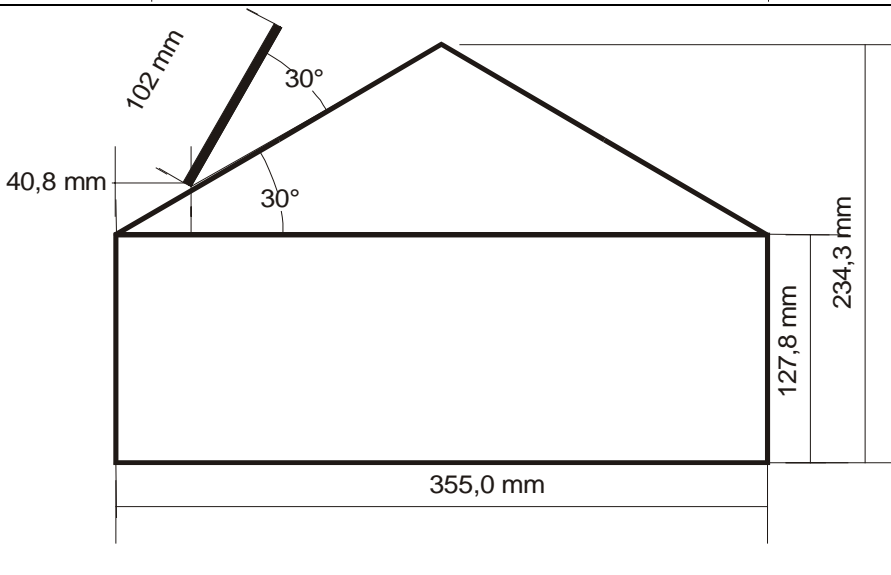
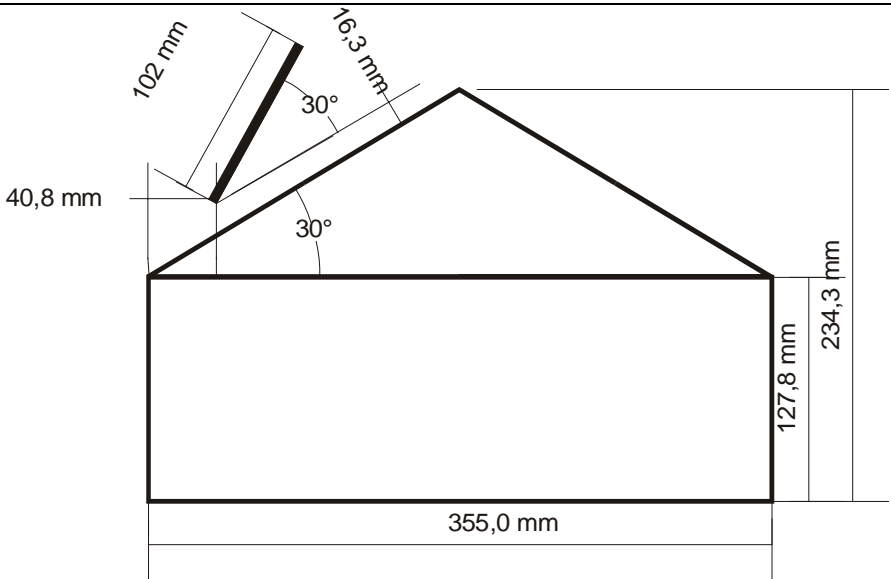
<p>Untersuchung 3-a/b Flachdach mit 90°-Attika ein Stockwerk</p>	
<p>Untersuchung 3-c/d Flachdach mit 60°-Attika ein Stockwerk</p>	
<p>Untersuchung 3-e/f Flachdach mit 90°-Attika ein Stockwerk</p>	

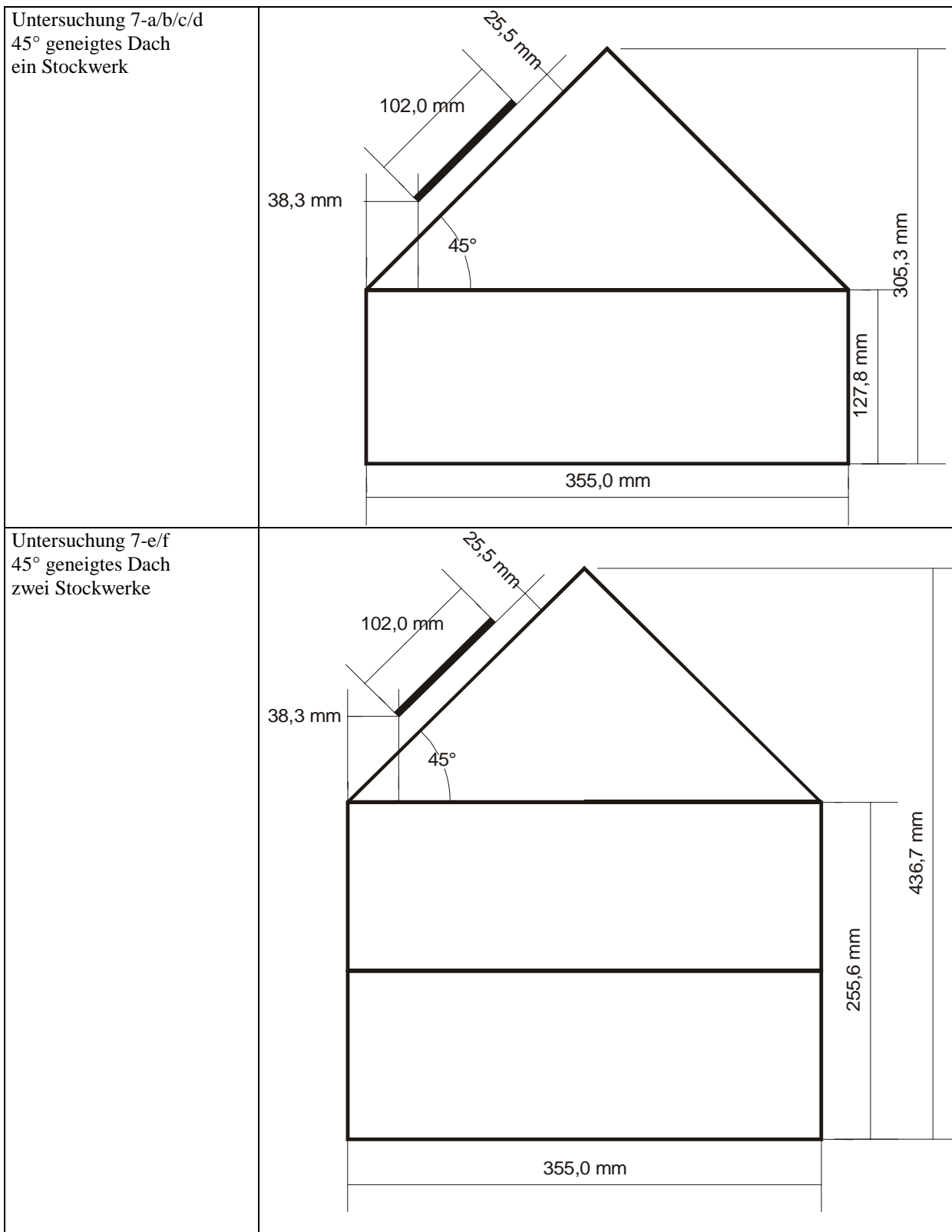
<p>Untersuchung 3-g/h Flachdach mit 60°-Attika ein Stockwerk</p>	
<p>Untersuchung 3-i/j/k Flachdach mit 90°-Attika ein Stockwerk</p>	
<p>Untersuchung 4-a/b/c/d/e/f/g Flachdach ein Stockwerk Mehrreihenaufständering</p>	

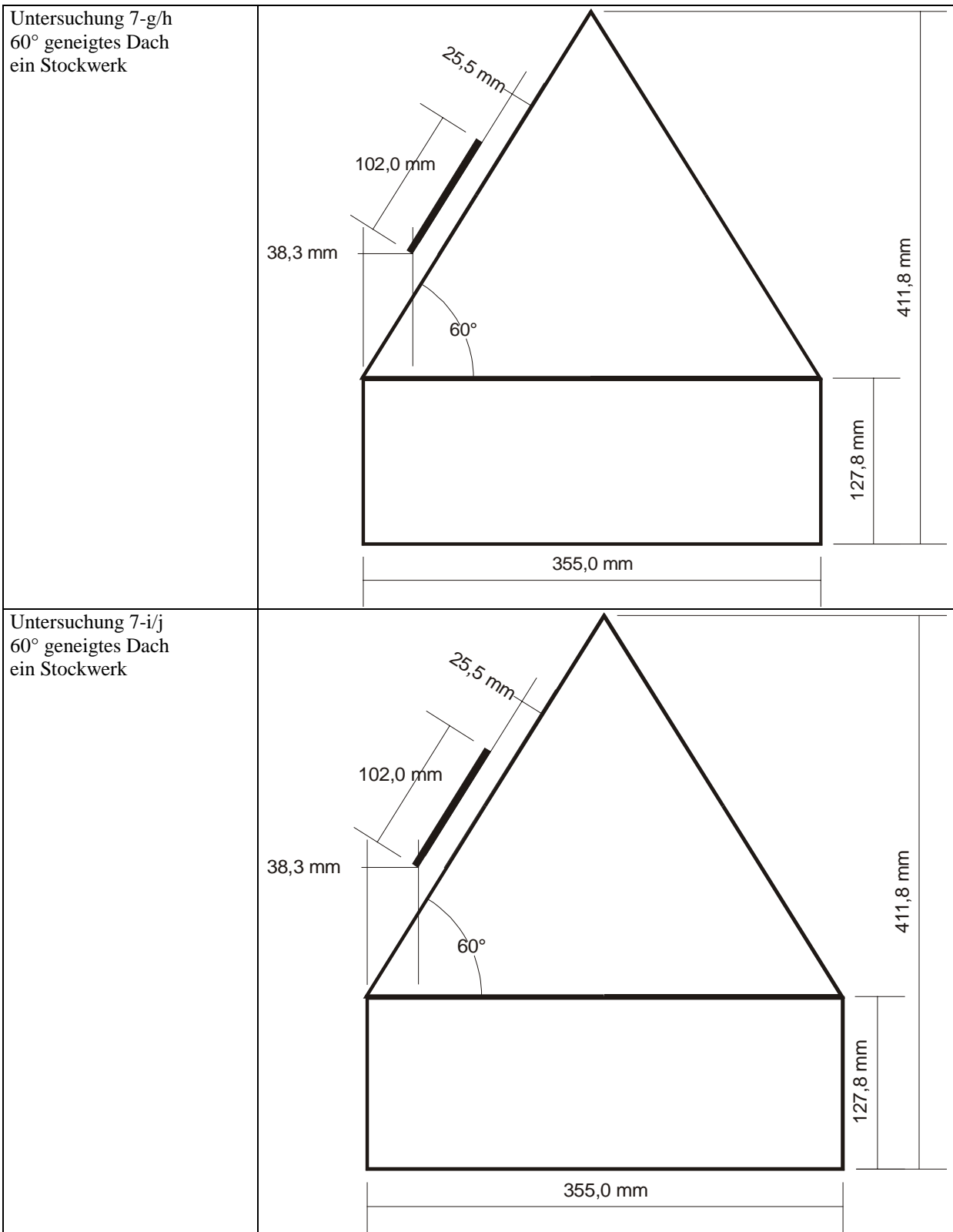
<p>Untersuchung 4-h/i/j/k/l/m Flachdach ein Stockwerk Mehrreihenaufständering</p>	
<p>Untersuchung 4-n/o/p Flachdach ein Stockwerk Mehrreihenaufständering</p>	
<p>Untersuchung 5-a 15° geneigtes Dach ein Stockwerk</p>	

<p>Untersuchung 5-b/c 15° geneigtes Dach ein Stockwerk</p>	
<p>Untersuchung 5-d/e 15° geneigtes Dach ein Stockwerk</p>	
<p>Untersuchung 6-a/b/c/d 30° geneigtes Dach ein Stockwerk</p>	



<p>Untersuchung 6-i/j/k/l 30° geneigtes Dach ein Stockwerk</p>	 <p>38,8 mm</p> <p>102 mm</p> <p>16,3 mm</p> <p>30°</p> <p>30°</p> <p>355,0 mm</p> <p>127,8 mm</p> <p>234,3 mm</p>
<p>Untersuchung 6-m/n 30° geneigtes Dach ein Stockwerk</p>	 <p>40,8 mm</p> <p>102 mm</p> <p>16,3 mm</p> <p>30°</p> <p>30°</p> <p>355,0 mm</p> <p>127,8 mm</p> <p>234,3 mm</p>
<p>Untersuchung 6-o/p 30° geneigtes Dach ein Stockwerk</p>	 <p>40,8 mm</p> <p>102 mm</p> <p>16,3 mm</p> <p>30°</p> <p>30°</p> <p>355,0 mm</p> <p>127,8 mm</p> <p>234,3 mm</p>





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 Kollektorreihe

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36
Seitenverhältnis H ₂ /W	n.a.
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung α in °	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

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H₁

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}	C _{PPeAK}	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PPeAK}
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:

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

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	10

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

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}	C _{PPEAK}	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PPEAK}
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:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36
Seitenverhältnis H ₂ /W	n.a.
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung α in °	0
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 Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H₁

Kollektorposition				Vorderseite					Kraftbeiwerte			
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	Abstandsverhältnis D/L ₁	Neigung der Brüstung in °	Bestimmungsort (n-te Reihe, m-ter Kollektor)	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PRMS}	C _{PPEAK}	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PPEAK}
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:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36
Seitenverhältnis H ₂ /W	n.a.
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung α in °	0
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	0,28
Anzahl der Reihen n	
Kollektoren in einer Reihe	10

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in
Höhe der Dachrinne H₁

Kollektorposition				Vorderseite					Kraftbeiwerte			
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	Abstandsverhältnis D/L ₁	Anzahl der Reihen	Bestimmungsort (n-te Reihe, m-ter Kollektor)	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PRMS}	C _{PPEAK}	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PPEAK}
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:		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	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	0,55	Kollektoren in einer Reihe	10	
Seitenverhältnis E/W	0			
Dachneigung α in °	15			
Abstandsverhältnis D/L_1	0,16			

Kollektorposition		Vorderseite					Kraftbeiwerte			
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	Bestimmungsort (n-te Reihe, m-ter Kollektor)	Windangriffswinkel in °	C_{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C_{PRMS}	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 H ₁ /W	
Seitenverhältnis H ₂ /W	
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung α 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

Kollektorposition						Vorderseite					Kraftbeiwerte			
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	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 _{PRMS}	C _{PPEAK}	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PPEAK}
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	1,9
0	0,36	0,66	0,25	0,38	1,5	210	-0,74	150	0,24	-1,8	0	0,94	0	2,51
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	-1,78
0	0,72	1,02	0,25	0,38	1,5	230	-0,77	230	0,18	-1,61	0	1,11	0	2,37
30	0,36	0,66	0	0,38	1,1	240	-0,86	270	0,31	-1,94	330	1,67	330	3,8
30	0,36	0,66	0	0,38	1,5	120	-0,72	240	0,22	-1,62	330	1,23	0	2,5
30	0,36	0,66	0,16	0,38	1,1	230	-1,56	220	0,44	-3,6	310	1,91	320	4,72
30	0,36	0,66	0,16	0,38	1,5	230	-0,96	230	0,29	-2,34	0	1,47	0	3,74
30	0,36	0,66	0	1	1,1	210	-0,74	240	0,42	-3,46	300	2,08	240	-4,36
30	0,36	0,66	0	1	1,5	240	-1,06	240	0,26	-2,27	240	-1,42	240	-2,96
30	0,36	0,66	0,16	1	1,1	230	-2,6	240	0,63	-4,89	230	-2,73	300	5,98
30	0,36	0,66	0,16	1	1,5	130	-1,19	240	0,31	-2,59	0	1,62	0	3,46

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

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H ₁ /W	
Seitenverhältnis H ₂ /W	
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung α 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

Kollektorposition					Vorderseite					Kraftbeiwerte			
Neigung des Daches in °	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}	C _{PPEAK}	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	1,66
45	0,36	0,86	0,25	1,5	230	-0,72	220	0,21	-1,71	0	0,56	0	1,97
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	1,27
45	0,72	1,23	0,25	1,5	240	-0,71	150	0,15	-1,33	0	0,66	0	1,92
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	2,94
60	0,36	0,8	0,25	1,5	240	-0,76	0	0,35	2,08	0	1,23	0	3,38
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	1,82
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 Freilandaufständerung

Tabelle 11.12: Versuchsreihe 9, Freilandaufständerung, mehrere Kollektorreihen

Gebäudemodell:

Stockwerke
 Breite W in mm
 Seitenverhältnis L/W
 Seitenverhältnis H₁/W
 Seitenverhältnis H₂/W
 Seitenverhältnis E/W
 Dachneigung α in °
 Abstandsverhältnis D/L₁

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L₁ in mm 102
 Seitenverhältnis W₁/L₁ 0,5
 Seitenverhältnis C/L₁
 Anzahl der Reihen n
 Kollektoren in einer Reihe 10

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe des Kollektors L₁

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}	C _{PPPEAK}	Windangriffswinkel in °	C _{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C _{PPPEAK}
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 Aufständering

Tabelle 11.13: Versuchsreihe 10, industrielle Installation

Gebäudemodell:

Stockwerke
 Breite W in mm
 Seitenverhältnis L/W
 Seitenverhältnis H₁/W
 Seitenverhältnis H₂/W
 Seitenverhältnis E/W
 Dachneigung α in °
 Abstandsverhältnis D/L_i

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L₁ in mm 102
 Seitenverhältnis W₁/L₁ 0,5
 Seitenverhältnis C/L₁
 Anzahl der Reihen n 5
 Kollektoren in einer Reihe 10

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung im Mittelpunkt des Kollektors

Kollektorposition		Vorderseite					Kraftbeiwerte			
Neigung des Kollektors in °	Bestimmungsort (n-te Reihe, m-ter Kollektor)	Windangriffswinkel in °	C _{PM,AN}	Windangriffswinkel in °	C _{PR,MS}	C _{PP,EA,K}	Windangriffswinkel in °	C _{PM,AN}	Windangriffswinkel in °	C _{PP,EA,K}
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 α 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}	C_{PPEAK}	Windangriffswinkel in °	C_{PMEAN}	Windangriffswinkel in °	C_{PPEAK}
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

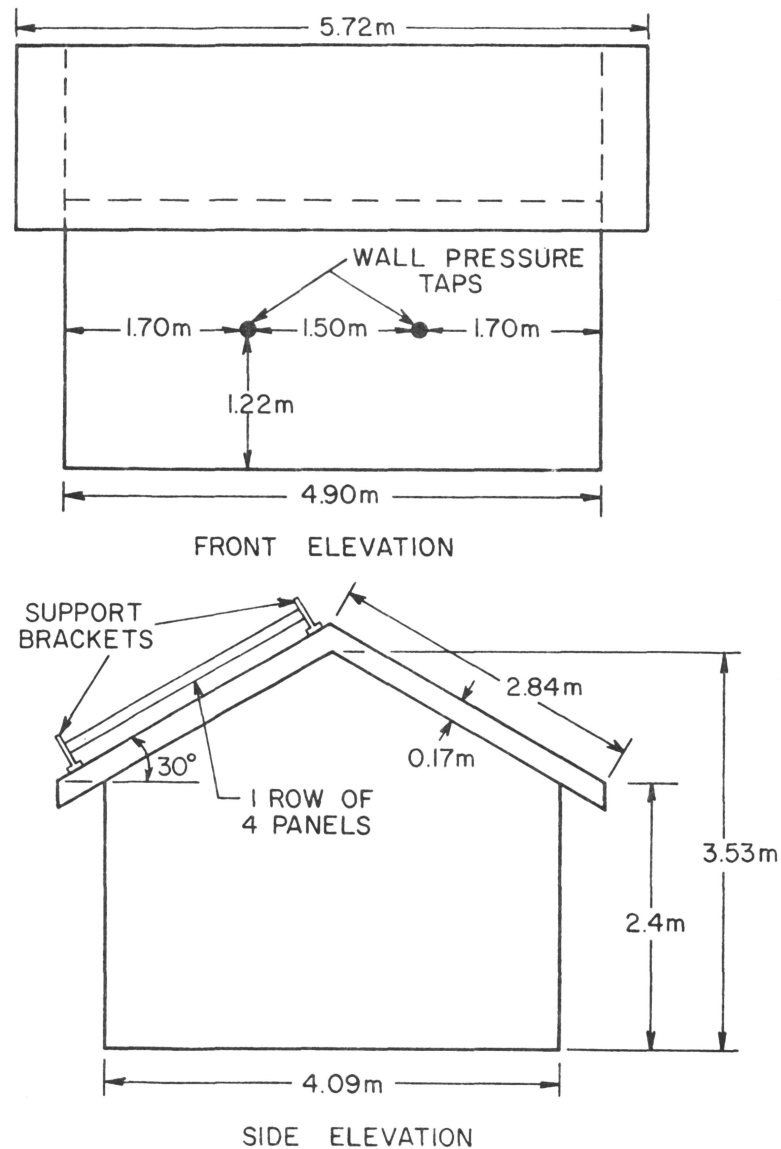


Bild 11.14: Experimentalhaus, entnommen aus /Tieleman, 1980, S.102/

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

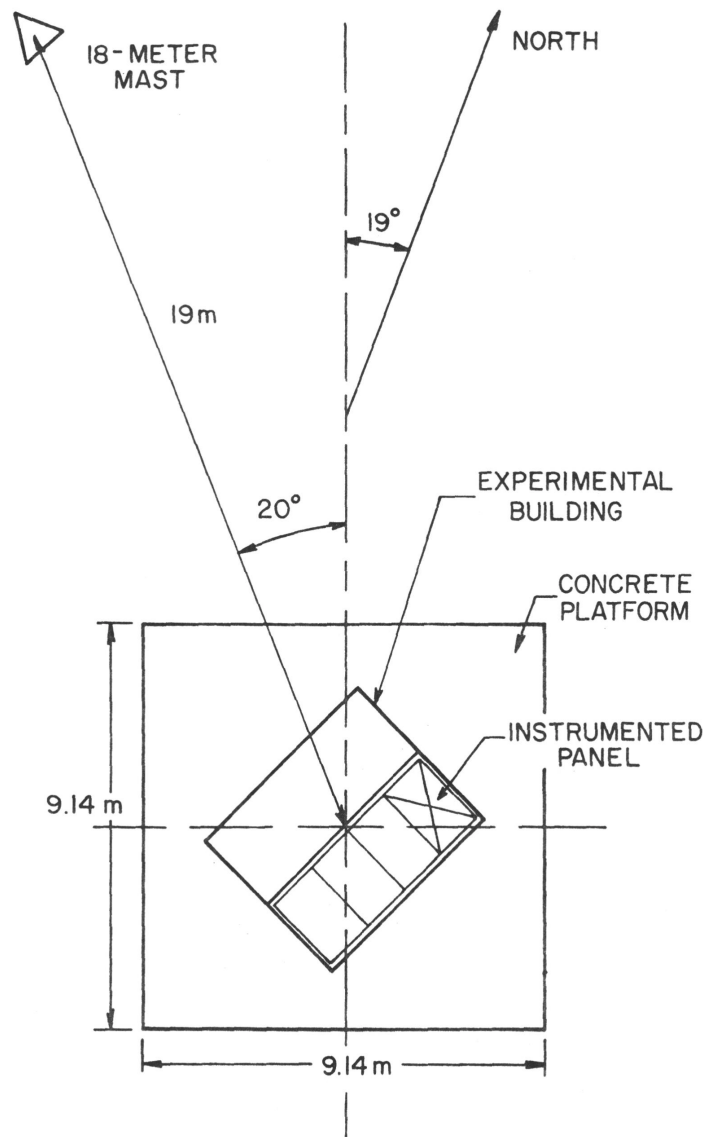


Bild 11.15: Grundriß des Versuchsstandes bzw. des Experimentalhauses beim Price's Fork Forschungszentrum, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 103/

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.

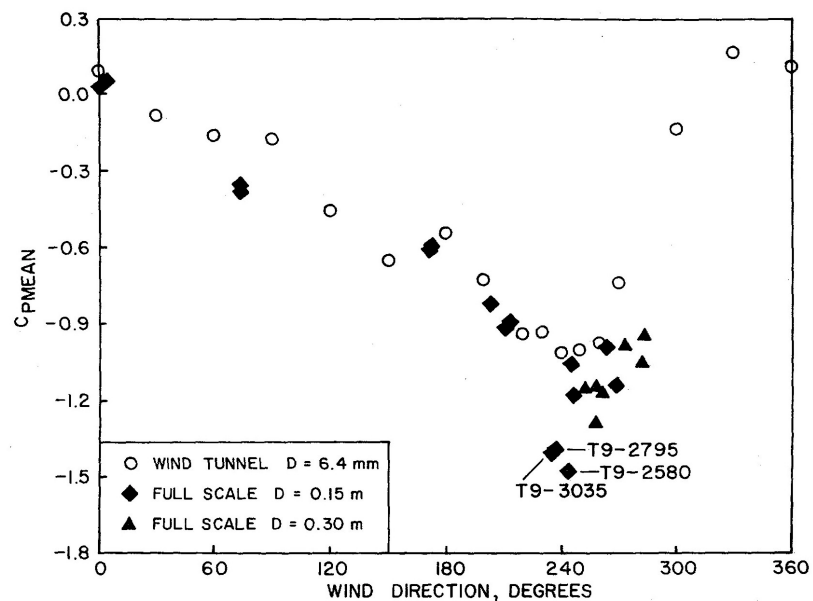


Bild 11.16: Mittlere Druckkoeffizienten für die Vorderseite des Randkollektors auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 122/

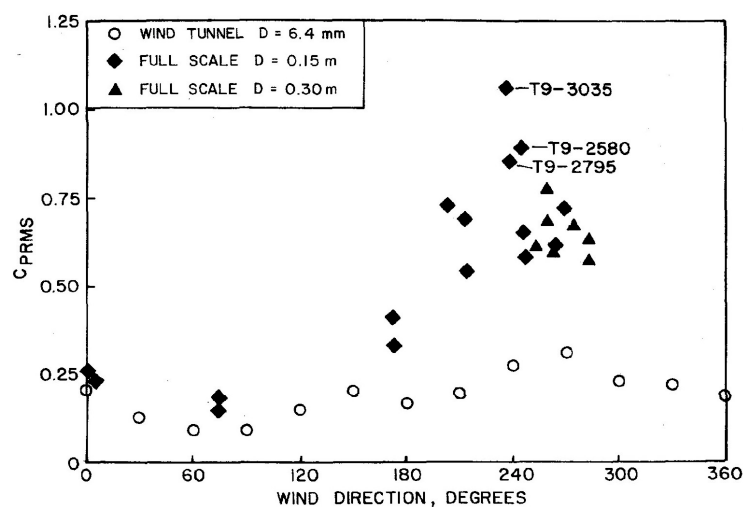


Bild 11.17: Standardabweichung des Druckkoeffizienten für die Vorderseite des Randkollektors auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 123/

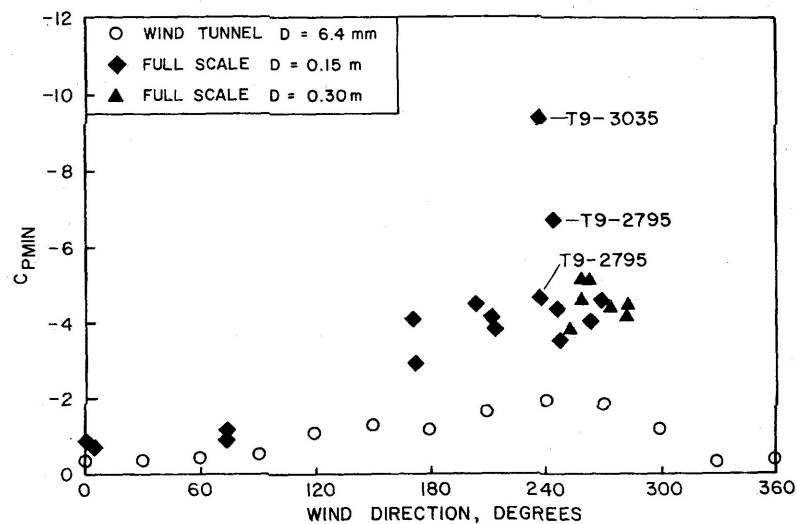


Bild 11.18: Minimale Druckkoeffizienten für die Vorderseite des Randkollektors auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 124/

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.

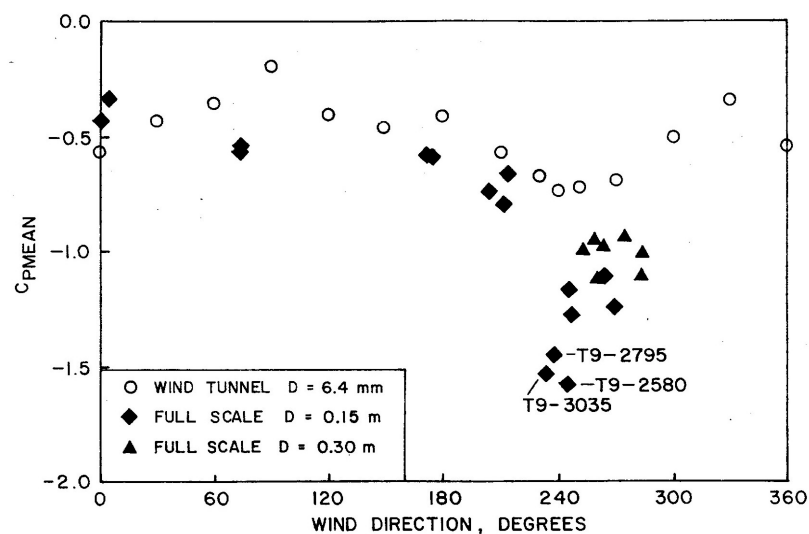


Bild 11.19: Mittlere Druckkoeffizienten für die Rückseite des Randkollektors auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 125/

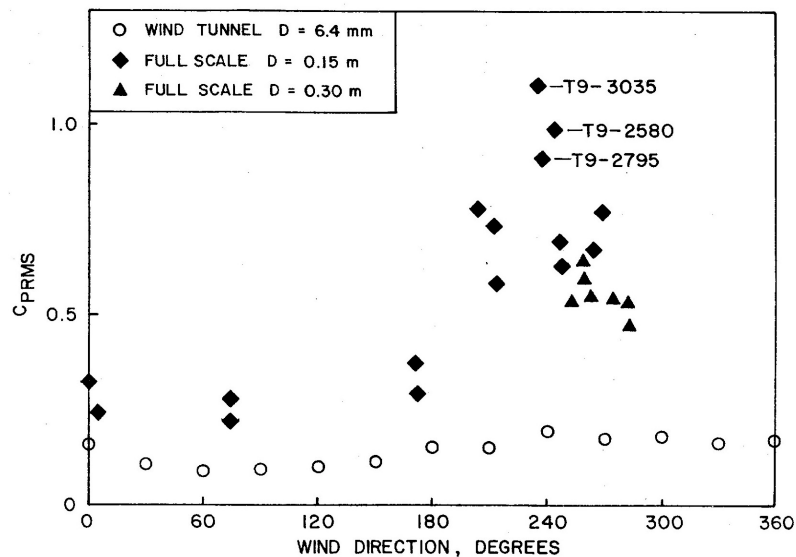


Bild 11.20: Standardabweichung des Druckkoeffizienten für die Rückseite des Randkollektors auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 126/

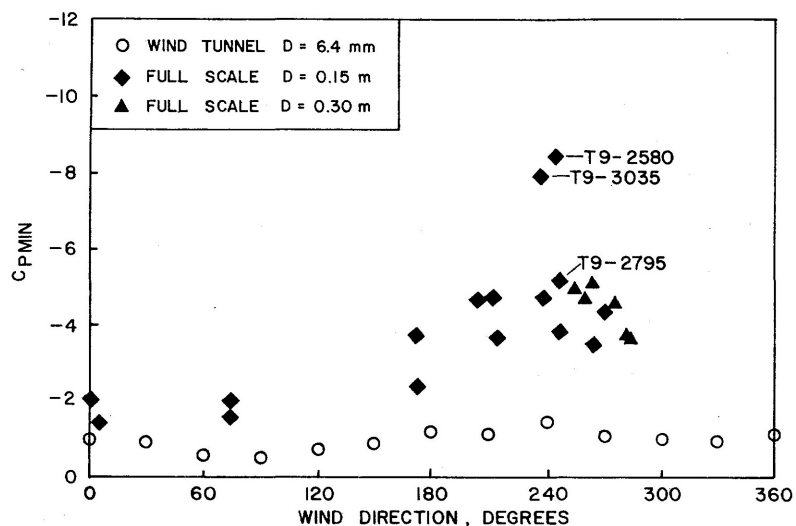


Bild 11.21: Minimale Druckkoeffizienten für die Rückseite des Randkollektors auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 127/

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 Windkanalversuches 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.

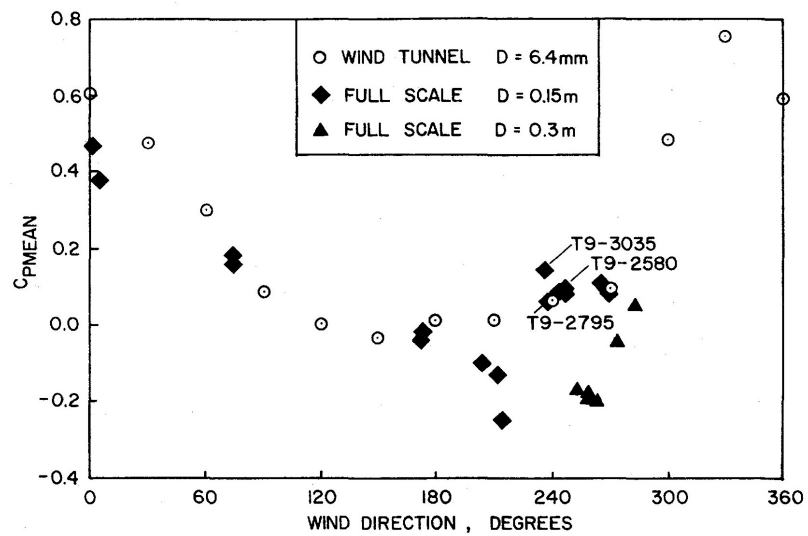


Bild 11.22: Mittlere Kraftbeiwert für den Randkollektor auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 128/

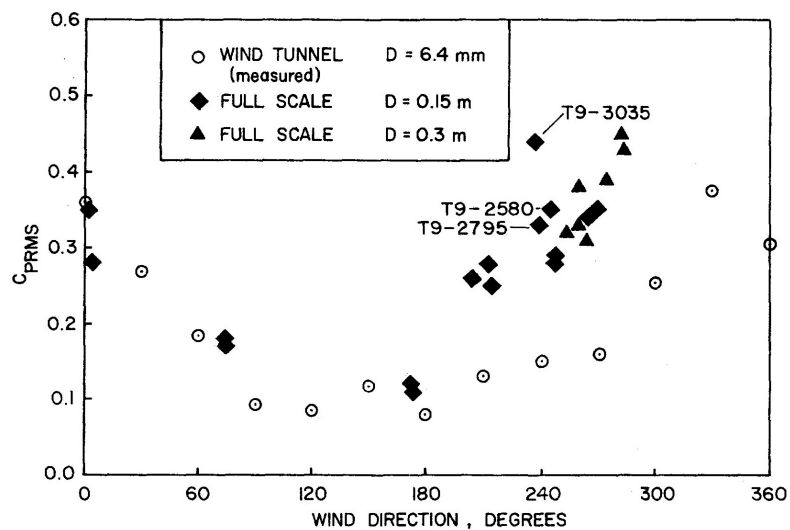


Bild 11.23: Standardabweichung des Kraftbeiwertes für den Randkollektor auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 129/

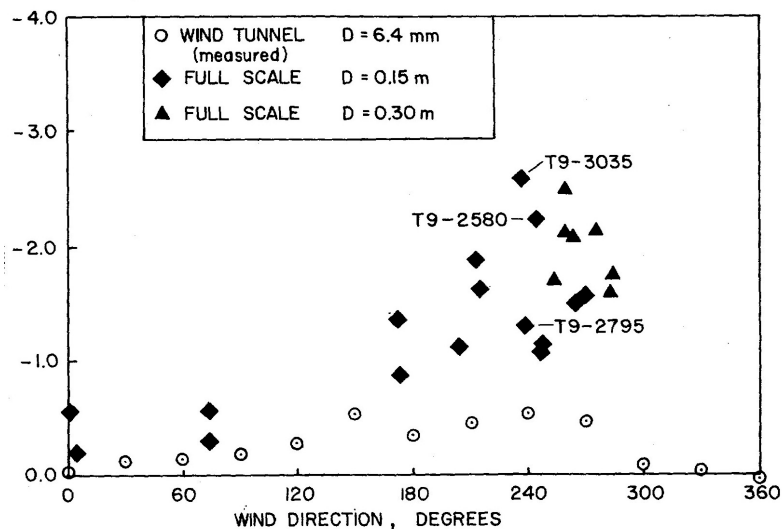


Bild 11.24: Minimale Kraftbeiwert für den Randkollektor auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 130/

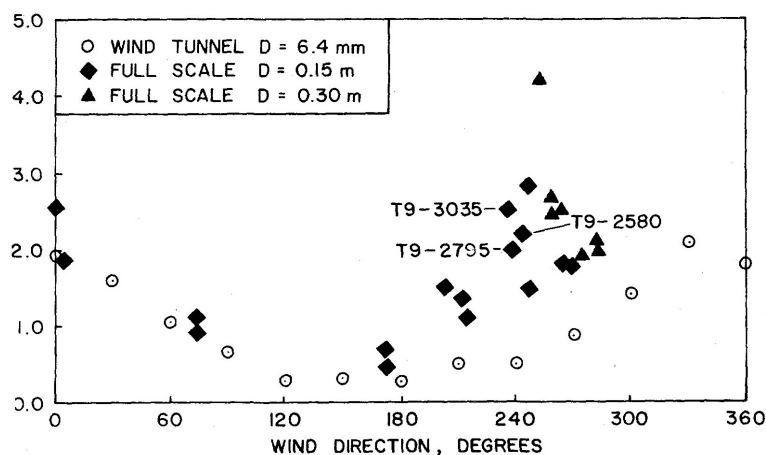


Bild 11.25: Maximale Kraftbeiwert für den Randkollektor auf dem Price's Fork Experimentalhauses, entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 131/

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.

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

Im Genschichtwindkanalversuch 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.

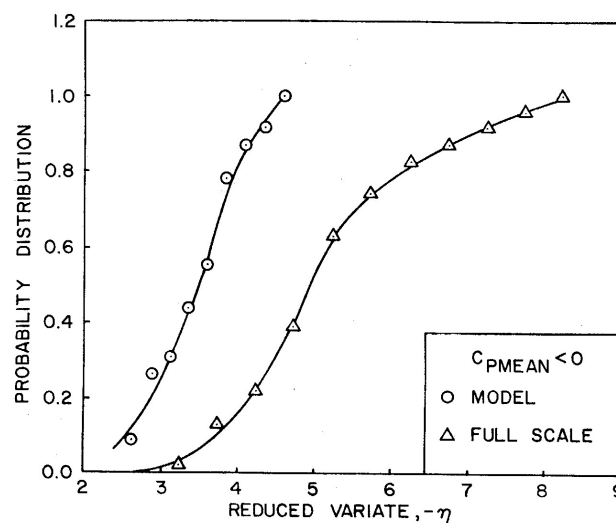


Bild 11.26: Wahrscheinlichkeitsverteilung der Drücke an Vorder- und Rückseite für Windkanalversuche (MODEL) und für Freilandversuche (FULL SCALE), entnommen aus /Tieleman, 1980, S. 139/

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. Oldenburgverlag 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 lb = 0,4536 kg bzw. 1 lb = 4,448 N
- Druck in pound per square foot (Pfund pro Fuß zum Quadrat): 1 lb/ft² = 47,88 N/m²

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

Die Druck- und Kraftbeiwerte 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 Spitzenkoeffizienten, 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 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 m (30 ft) in offenem auf das stündliche Mittel von 32,6 m/s (73 mph) in diesem Beispiel zu berechnen.
- 2) Die Normwerte von Höhe und Geländeeigenschaften können direkt verwendet werden. Diese werden mit einem Faktor Kz=0,5 korrigiert.

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

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

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

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

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 m (30 ft) und einer Windgeschwindigkeit von 40,2 m/s (90 mph) führt zu 0,91 kN/m² (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:

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

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:

$$P_{design} = \frac{C_{PPEAK}}{2,8} * q_{ANSIA58.1-1972} \quad \text{Gleichung 11.11}$$

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 Geschöß, 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	0,692	0,801
Breite W in mm	355	30	0,317	0,814
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,216	0,531
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	0,011	0,163
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,416	-0,572
Dachneigung a in °	0	140		-0,701
Abstandsverhältnis D/L ₁	0	150	-0,694	-0,765
		160		-0,914
		180	-1,035	-1,206
		210	-2,207	-1,769
		220	-2,189	
Kollektorfeldmodell:				
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	230	-1,875	
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	240	-1,502	-1,403
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375	270	0,067	-0,148
Anzahl der Reihen n	1	300	1,691	0,55
Kollektoren in einer Reihe	10	310	1,775	1,074
		320	1,66	
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30	330	1,595	
		335	1,523	
		360		0,799

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

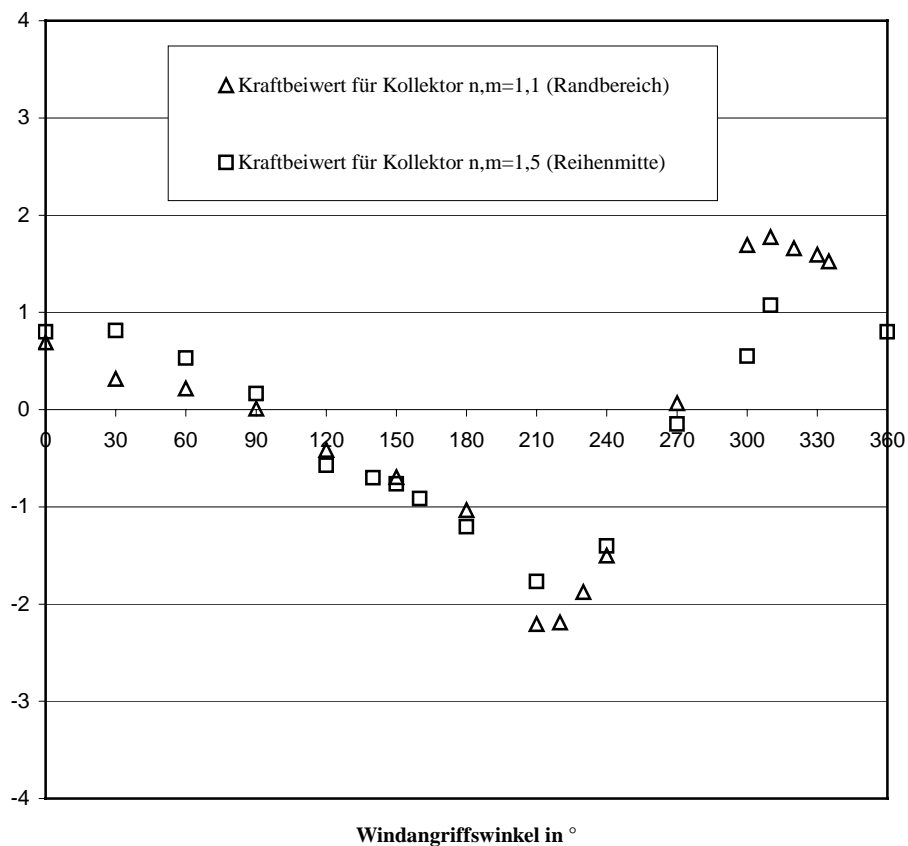


Bild 11.27: 1-a (3/97) und 1-b (3/79), Flachdach, ein Geschöß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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

		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
Gebäudemodell:			
Stockwerke	1	0	0,781
Breite W in mm	355	30	0,483
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,256
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	-0,006
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,463
Dachneigung a in °	0	150	-0,683
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	180	-1,068
		210	-2,437
		220	-2,168
		230	-1,953
		240	-1,521
Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	270	0,173
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	300	1,893
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375	310	1,939
Anzahl der Reihen n	1	320	1,898
Kollektoren in einer Reihe	10	330	1,571
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30	360	0,797

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

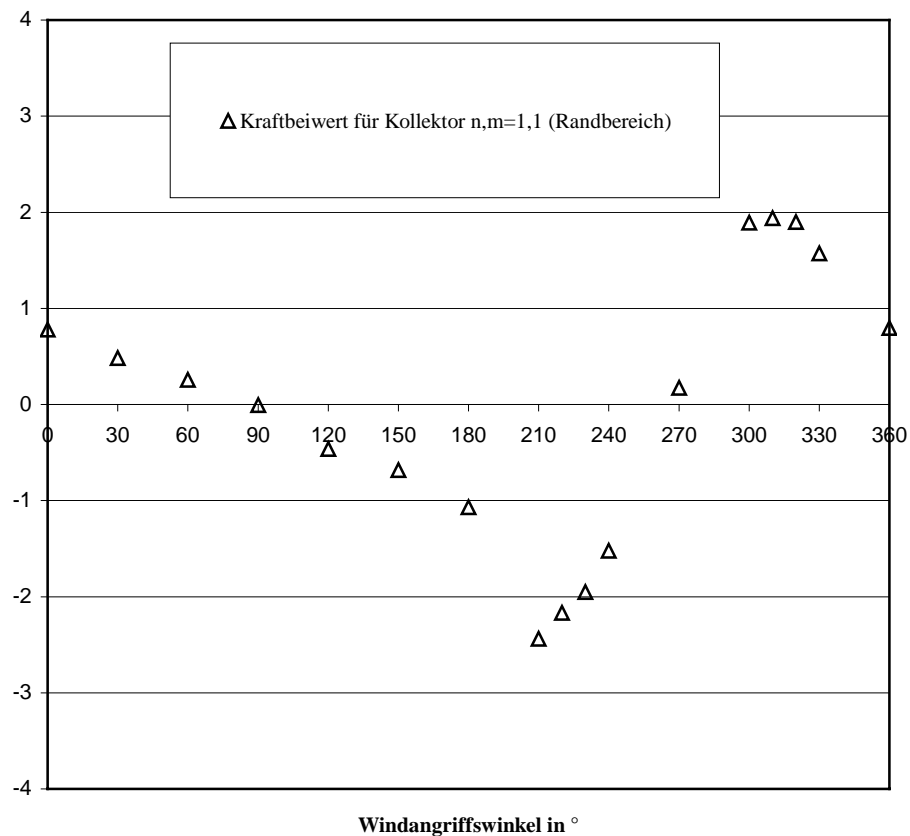


Bild 11.28: 1-c (3/97), Flachdach, ein Geschöß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.21: 1-d (7/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 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=1,1 (Randbereich)
180	-0,97
200	-1,642
220	-1,686
240	-1,127
260	-0,375
280	0,515
300	1,505
320	1,518

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

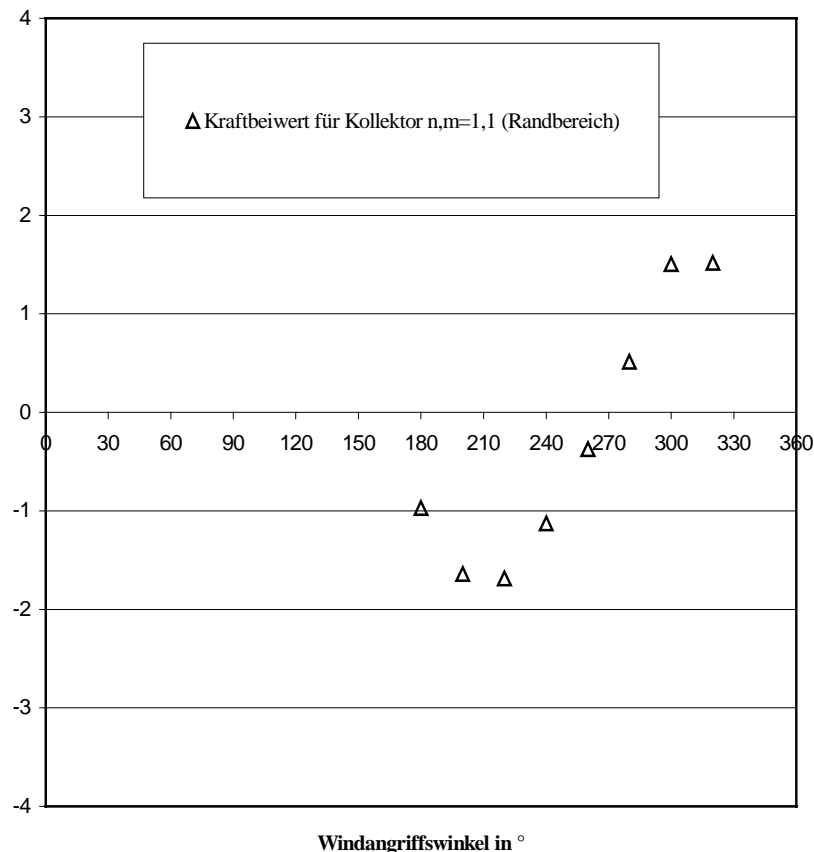


Bild 11.29: 1-d (7/97), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.22: 1-e (11/79) und 1-f (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	1,022	0,988
Breite W in mm	355	30	0,602	0,932
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,261	0,659
Seitenverhältnis H ₁ /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/L ₁	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
		310		0,87
		330	1,743	1,241
		360	0,971	1,028

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

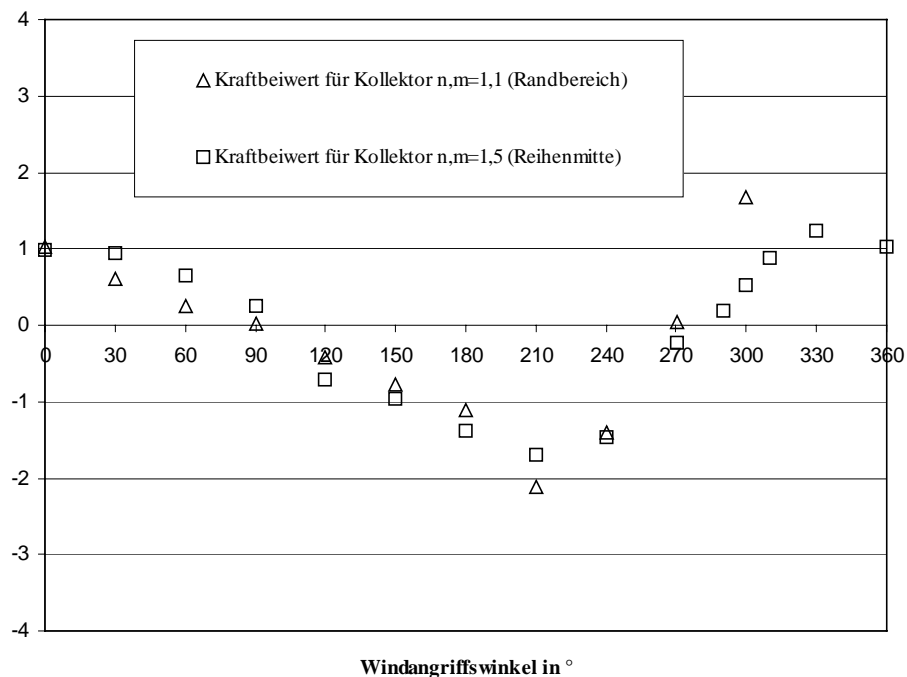


Bild 11.30: 1-e (11/97) und 1-f (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.23: 1-g (3/79) und 1-h (3/79), Flachdach, ein Geschöß, 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	1,16	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

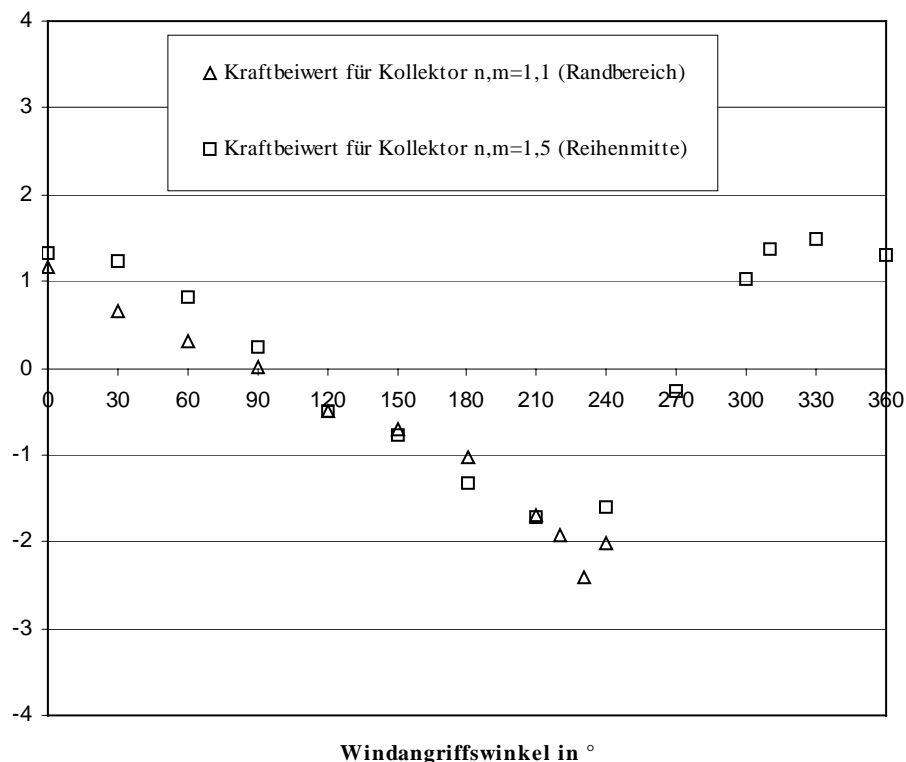


Bild 11.37: 1-g (3/79) und 1-h (3/79), Flachdach, ein Geschöß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
Stockwerke	1	0	1,269
Breite W in mm	355	30	0,859
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,408
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	0,026
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,517
Dachneigung a in °	0	150	-0,682
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	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

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

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

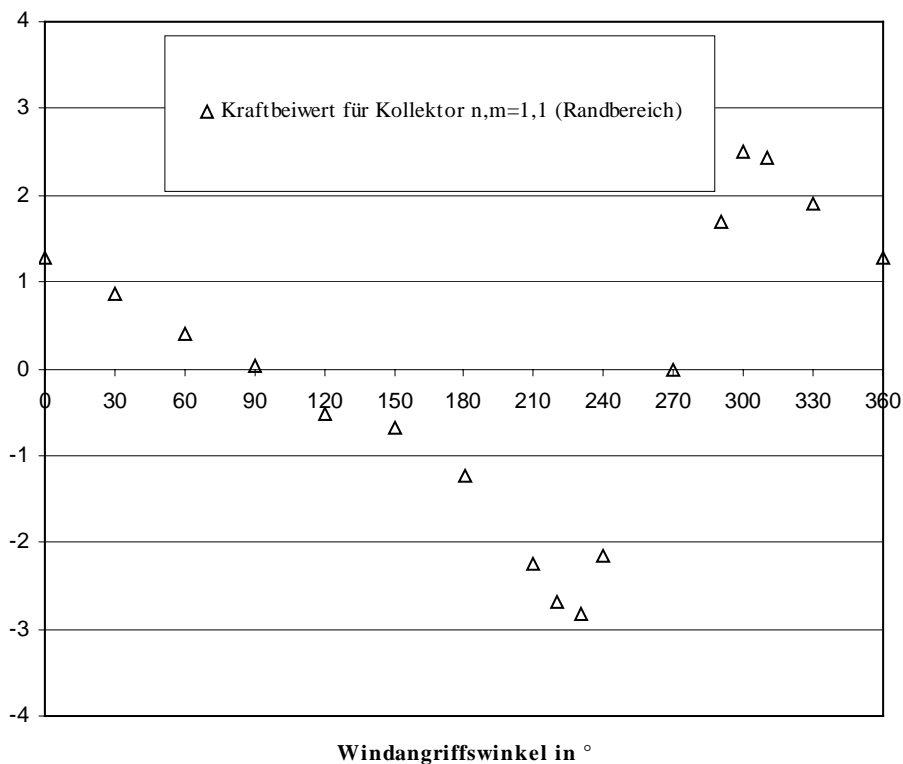


Bild 11.38: 1-i (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.25: 1-j (7/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 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=1,1 (Randbereich)
180	-0,985
200	-1,632
220	-2,593
240	-1,845
260	-0,47
270	-0,477
280	0,734
300	1,904
330	1,616
360	1,122

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

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

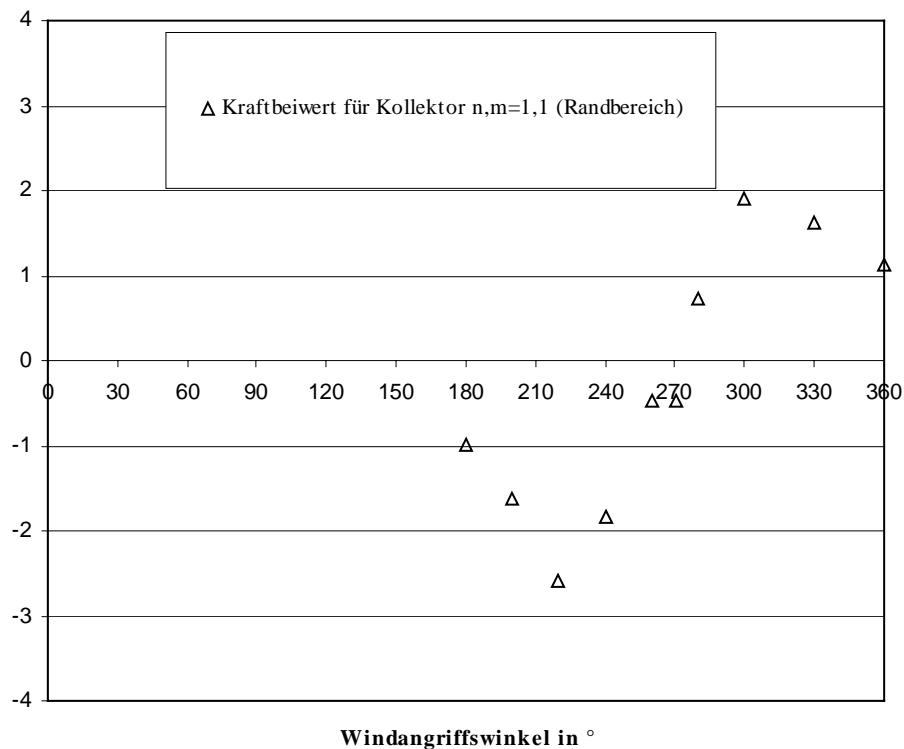


Bild 11.39: 1-j (7/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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 H ₁ /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/L ₁	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 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

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

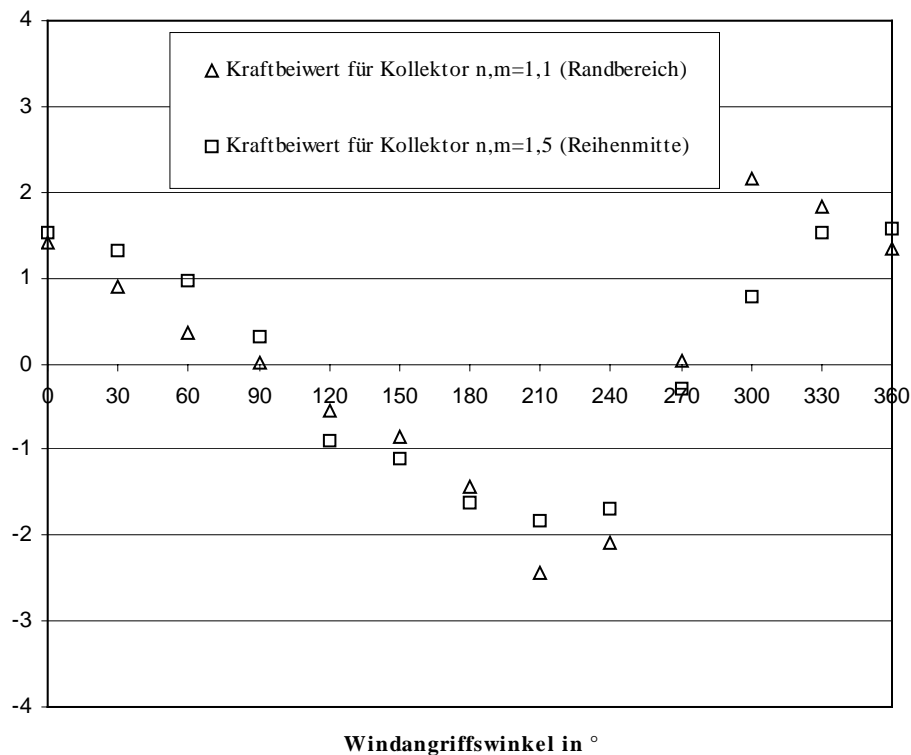


Bild 11.40: 1-k (11/79) und 1-l (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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 H ₁ /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/L ₁	0	180	-1,281	-1,454
		210	-1,826	-1,742
		220	-2,21	
		230	-2,348	
		240	-2,511	-1,686
Kollektorfeldmodell:		250	-1,671	
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	270	0,067	-0,21
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	290	1,98	
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375	300	2,719	1,113
Anzahl der Reihen n	1	310	2,398	1,657
Kollektoren in einer Reihe	10	320		1,765
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	60	330	1,962	1,772

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

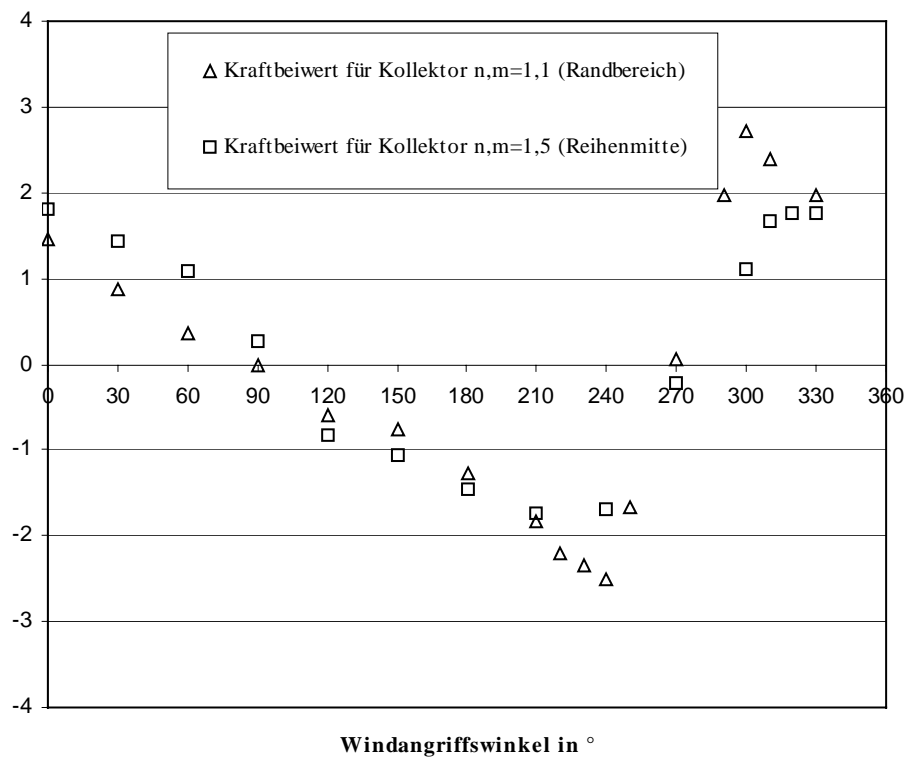


Bild 11.41: 1-m (3/79) und 1-n (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.28: 1-o (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 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 α in °	0
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
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	60

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
0	1,644
30	1,098
60	0,464
90	0,007
120	-0,571
150	-0,856
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

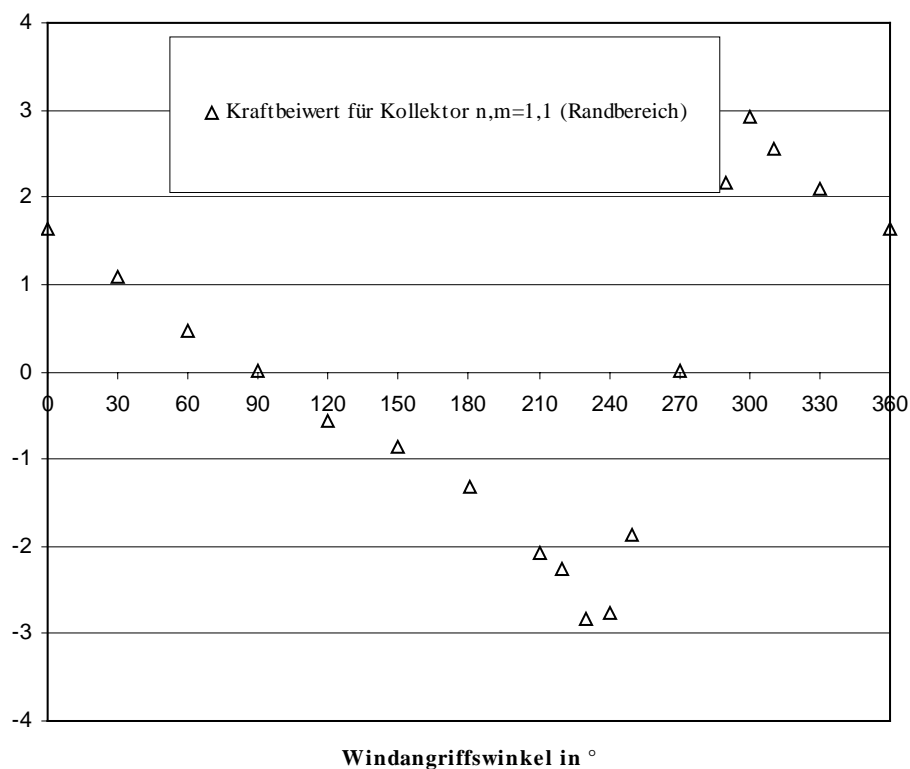


Bild 11.42: 1-o (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.29: 1-p (7/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 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 α in °	0
Abstandsverhältnis D/L ₁	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 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 °	60

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

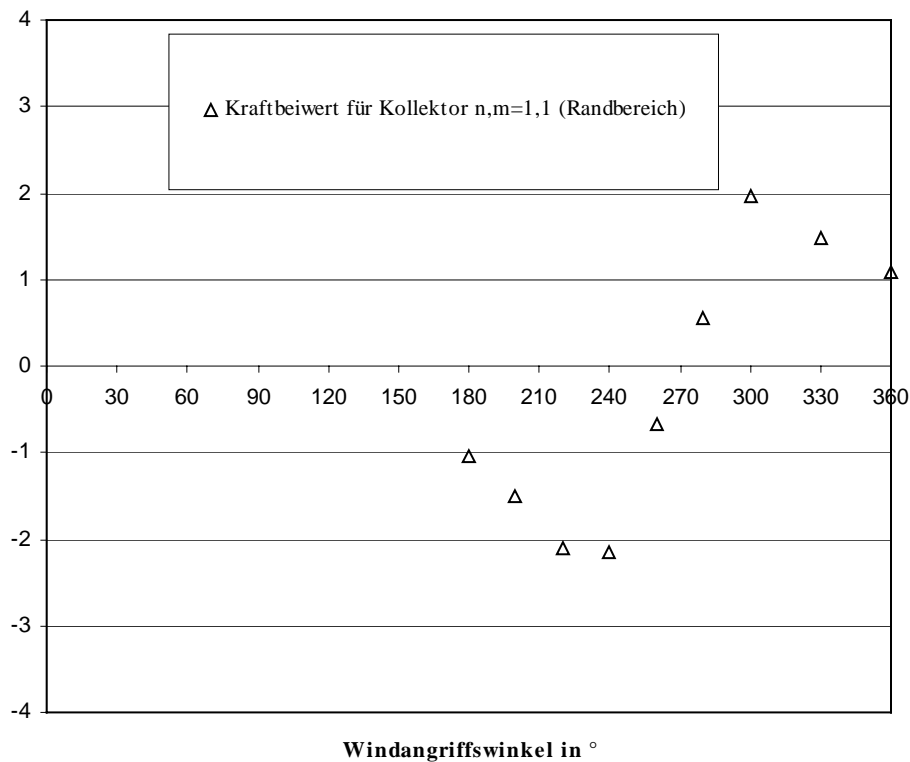


Bild 11.43: 1-p (7/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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

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 °	60

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
0	1,673
30	1,179
60	0,437
90	0,028
120	-0,51
150	-0,833
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

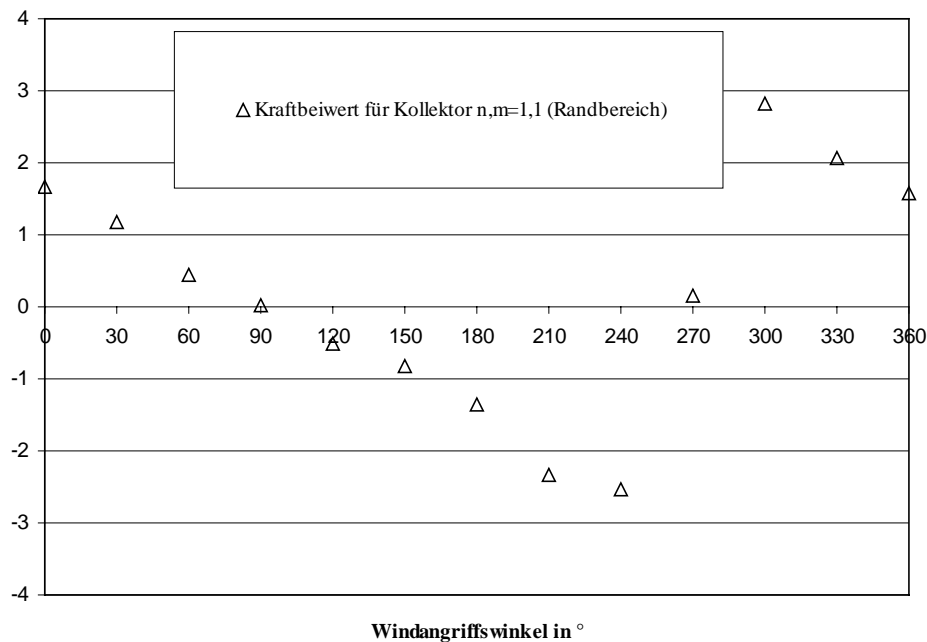


Bild 11.44: 1-q (11/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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 H ₁ /W	0,36	90	0,301
Seitenverhältnis E/W	0	120	-1,022
Dachneigung a in °	0	150	-1,321
Abstandsverhältnis D/L ₁	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

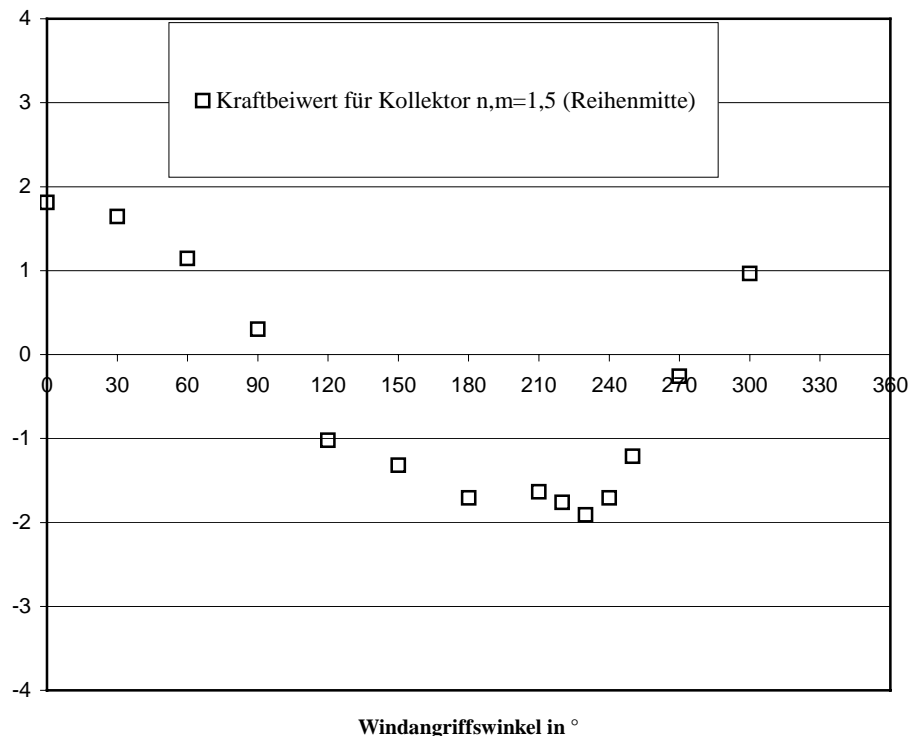


Bild 11.45: 1-r (3/79), Flachdach, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.33: 2-a (3/79) und 2-b (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine 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	0,466	0,566
Breite W in mm	355	30	0,162	0,621
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,151	0,499
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,72	90	-0,007	0,067
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,475	-0,768
Dachneigung a in °	0	150	-0,487	-0,521
Abstandsverhältnis D/L ₁	0	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

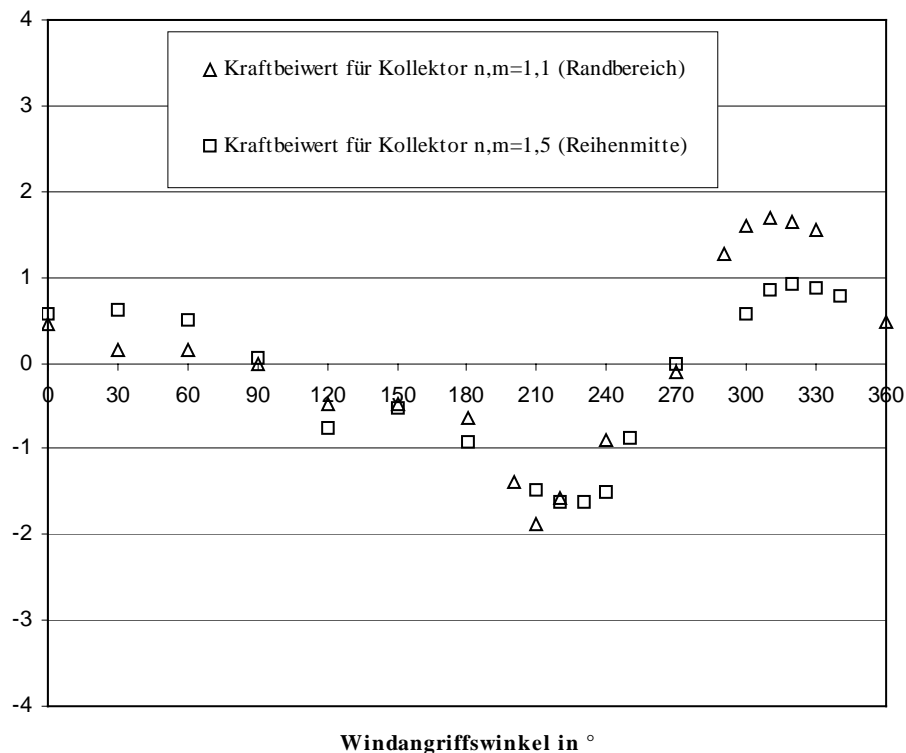


Bild 11.46: 2-a (3/79) und 2-b (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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

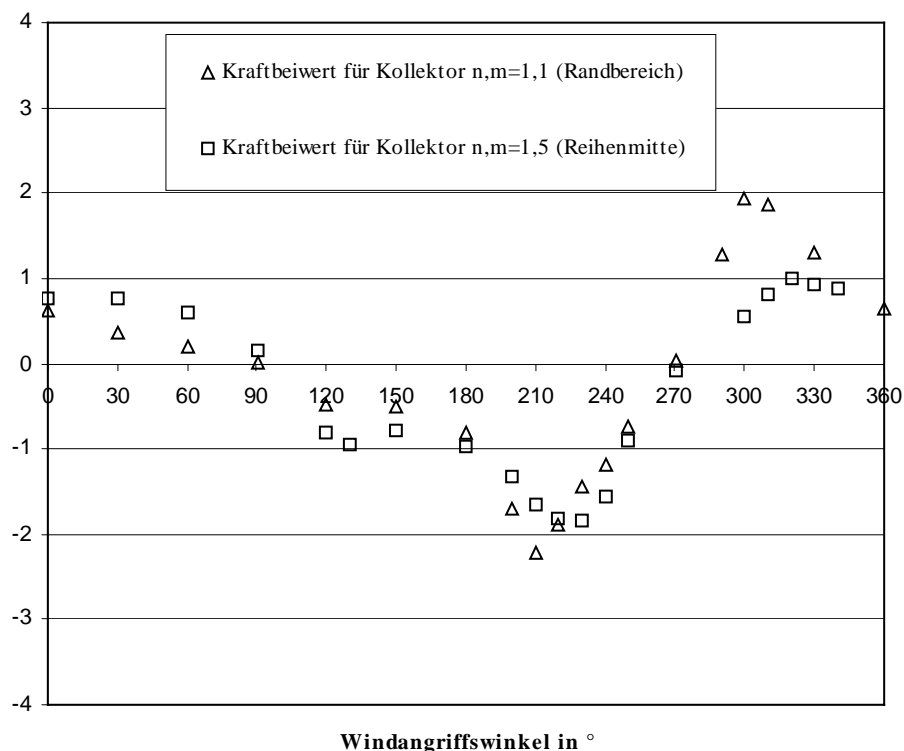


Bild 11.47: 2-c (3/79) und 2-d (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	2	0	0,939	1,188
Breite W in mm	355	30	0,541	1,003
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,268	0,857
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,72	90	-0,004	0,16
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,493	-0,648
Dachneigung a in °	0	150	-0,501	-0,619
Abstandsverhältnis D/L ₁	0	180	-0,786	-1,041
		210	-1,653	-1,428
		220	-1,797	
		230	-2,016	-1,545
		240	-1,557	-1,568
Kollektorfeldmodell:		250		-1,112
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	270	-0,003	-0,173
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	290	1,61	
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375	300	2,296	0,803
Anzahl der Reihen n	1	310	2,134	1,234
Kollektoren in einer Reihe	10	320		1,425
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45	330	1,369	1,323
		340		1,122
		360	0,966	

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

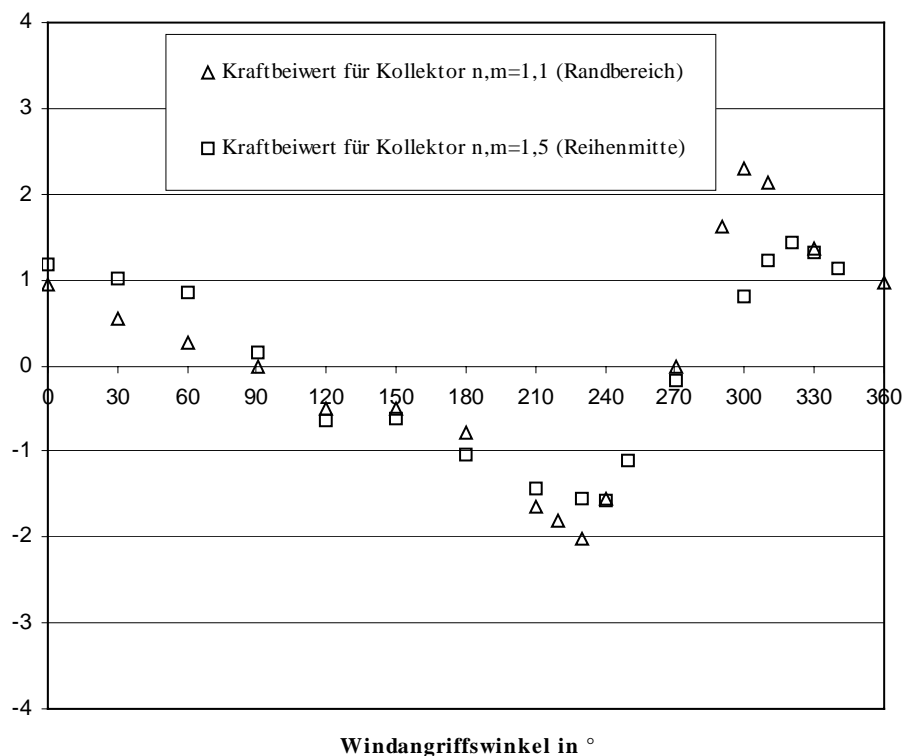


Bild 11.48: 2-e (3/79) und 2-f (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.36: 2-g (3/79) und 2-h (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine 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	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 H ₁ /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/L ₁	0,16	155	-0,571	
		180	-0,966	-1,156
		210	-2,092	-1,651
		220	-2,515	-1,735
Kollektorfeldmodell:		230	-2,352	-1,8
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	240	-1,729	-1,662
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	250	-1,196	
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375	270	-0,137	-0,162
Anzahl der Reihen n	1	290	1,436	
Kollektoren in einer Reihe	10	300	2,181	0,709
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45	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

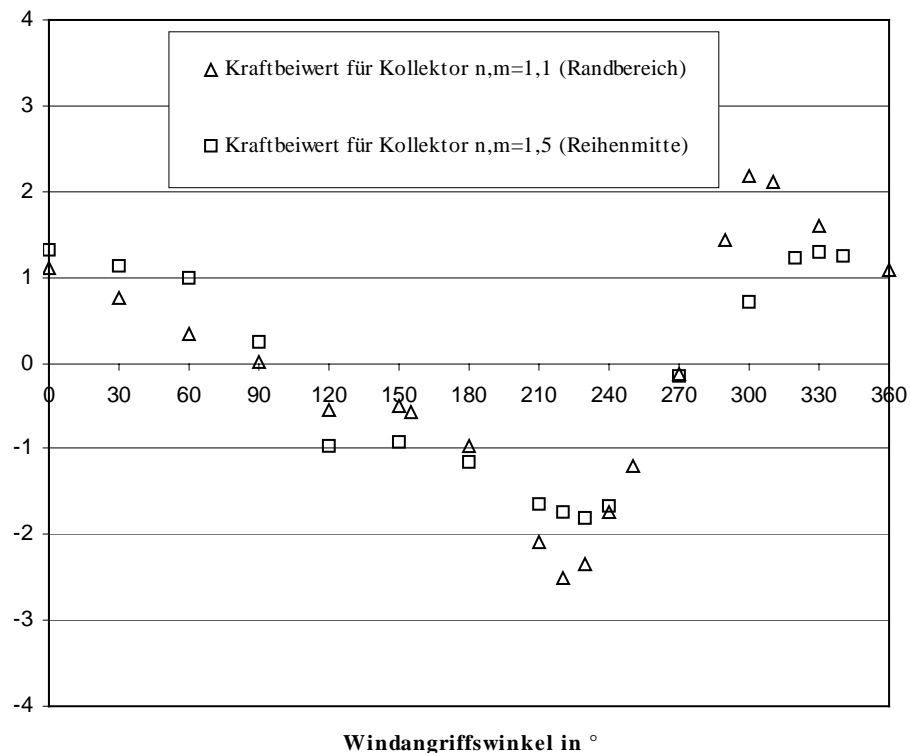


Bild 11.49: 2-g (3/79) und 2-h (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.37: 2-i (3/79) und 2-j (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	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 H ₁ /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/L ₁	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

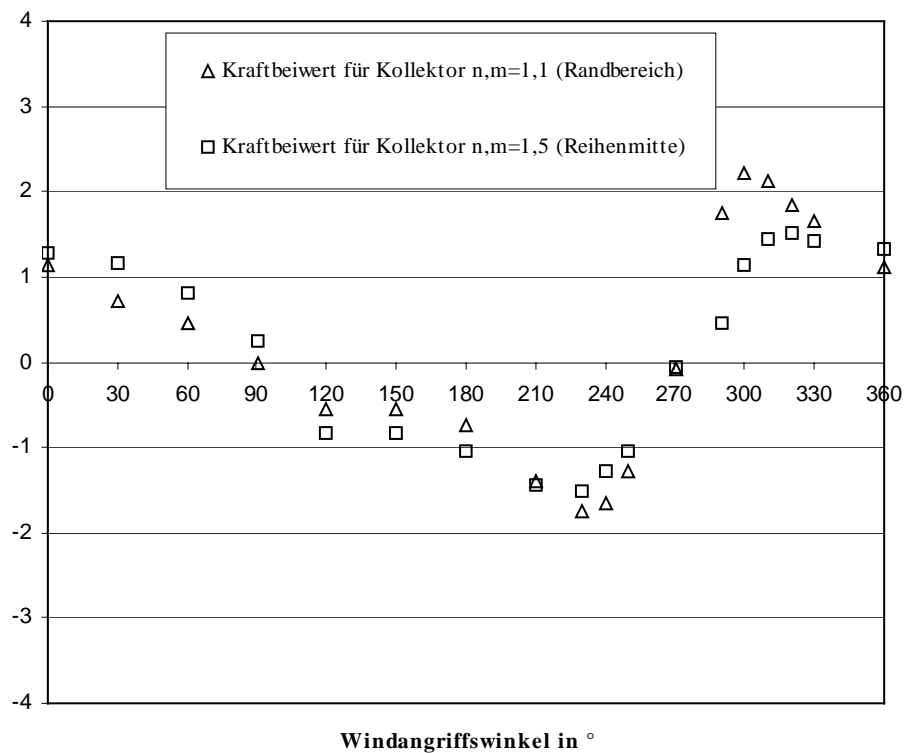


Bild 11.50: 2-i (3/79) und 2-j (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.38: 2-k (3/79) und 2-l (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	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 H ₁ /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/L ₁	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

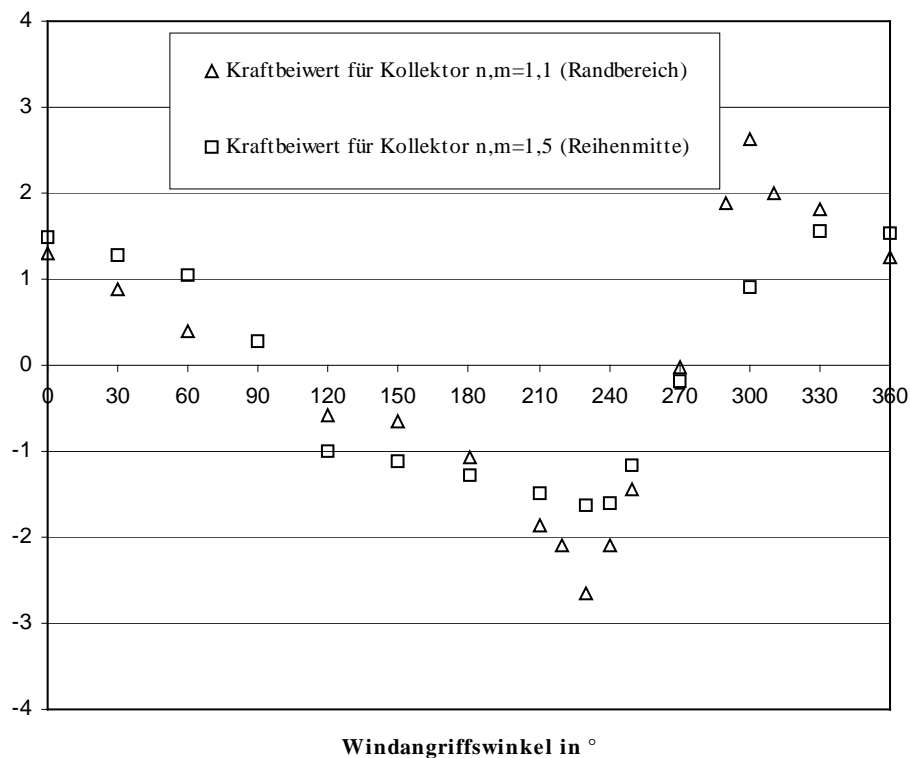


Bild 11.51: 2-k (3/79) und 2-l (3/79), Flachdach, zwei Geschosse, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.39: 3-a (3/79) und 3-b (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihe, 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
Verhältnis H/W	0,072
Neigung Attika in °	90

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	0,544	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

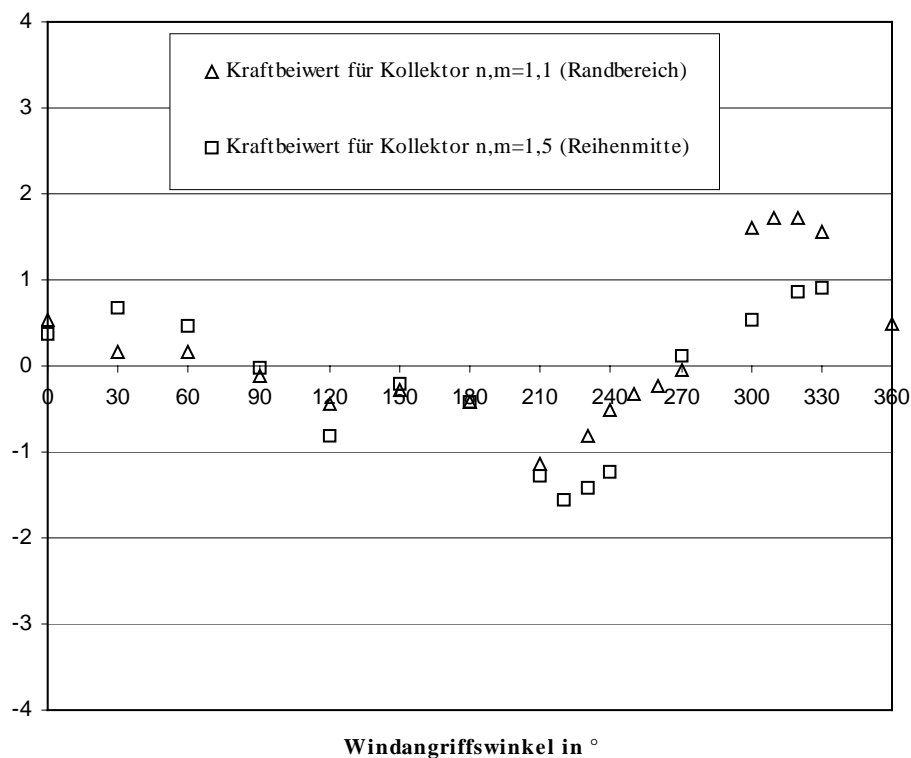


Bild 11.52: 3-a (3/79) und 3-b (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.40: 3-c (3/79) und 3-d (3/79), Flachdach mit Attika, 1 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	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 H ₁ /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/L ₁	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:				
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	250	-0,298	
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	270	-0,038	0,14
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375	300	1,409	0,633
Anzahl der Reihen n	1	320	1,51	0,941
Kollektoren in einer Reihe	10	330	1,527	0,943
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30	340	1,145	0,924

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

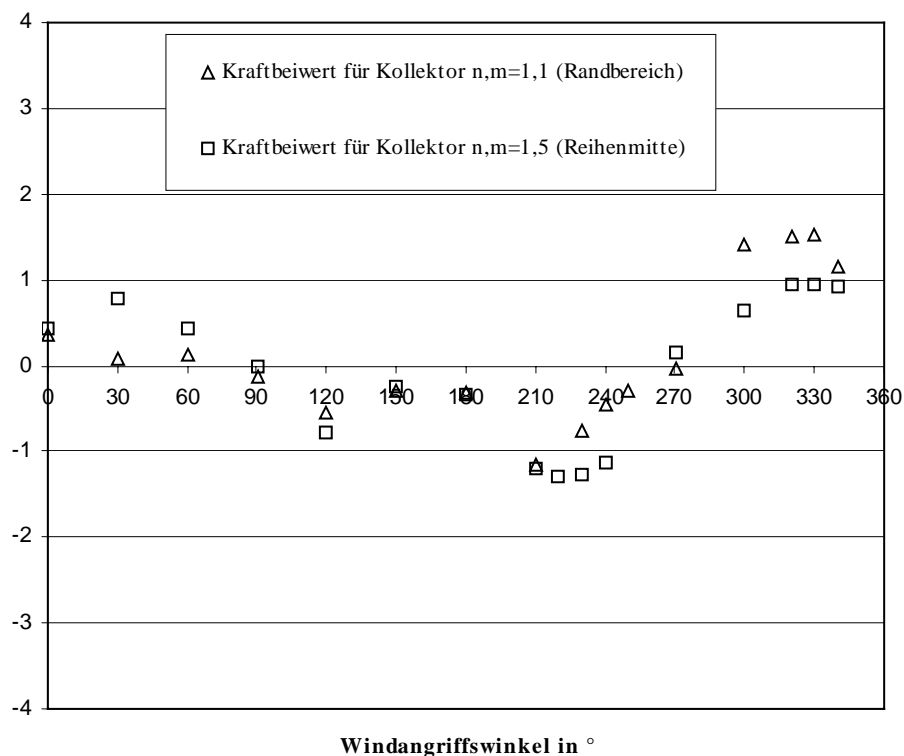


Bild 11.53: 3-c (3/79) und 3-d (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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

		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,5 (Reihenmitte)
Gebäudemodell:				
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 H ₁ /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/L ₁	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
Kollektorfeldmodell:				
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	230	-1,64	-1,79
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	240	-1,383	-1,445
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375	250	-0,839	-0,932
Anzahl der Reihen n	1	270	-0,063	-0,025
Kollektoren in einer Reihe	10	290	1,642	
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	60	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

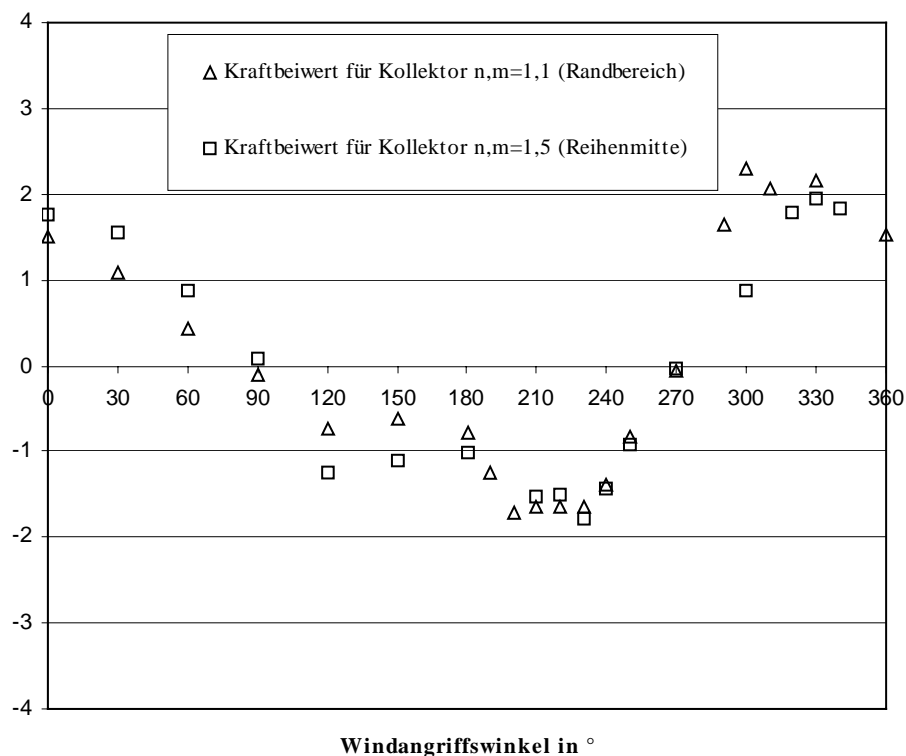


Bild 11.54: 3-e (3/79) und 3-f (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.42: 3-g (3/79) und 3-h (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine 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	1,499	1,733
Breite W in mm	355	30	0,994	1,689
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,413	0,854
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	-0,196	0,138
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,974	-1,22
Dachneigung a in °	0	150	-0,822	-1,073
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	180	-0,747	-0,752
Verhältnis H/W	0,072	190	-1,144	
Neigung Attika in °	60	200	-1,721	-1,324
		210	-1,72	-1,624
		220	-1,64	-1,623
Kollektorfeldmodell:				
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	230	-1,614	
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	240	-1,237	-1,371
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375	250	-0,791	-0,916
Anzahl der Reihen n	1	270	0,141	0,013
Kollektoren in einer Reihe	10	280	0,832	
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	60	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

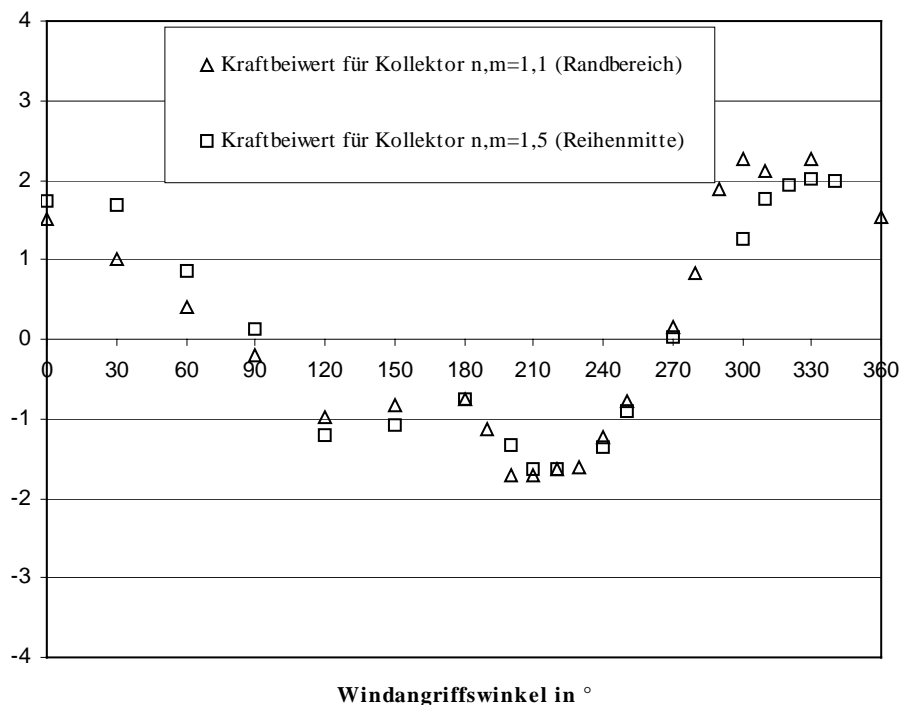


Bild 11.55: 3-g (3/79) und 3-h (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.43: 3-i (3/79) und 3-k (3/79), Flachdach mit Attika, 1 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	-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 H ₁ /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/L ₁	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		
Kollektorfeldmodell:		210	-0,388	-0,815
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	220	-0,465	-1,17
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	230	-0,555	-1,179
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375	240	-0,35	-0,955
Anzahl der Reihen n	1	270	-0,166	0,243
Kollektoren in einer Reihe	10	300	0,622	0,323
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	60	330	0,479	-0,186
		360	-0,106	-0,295

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

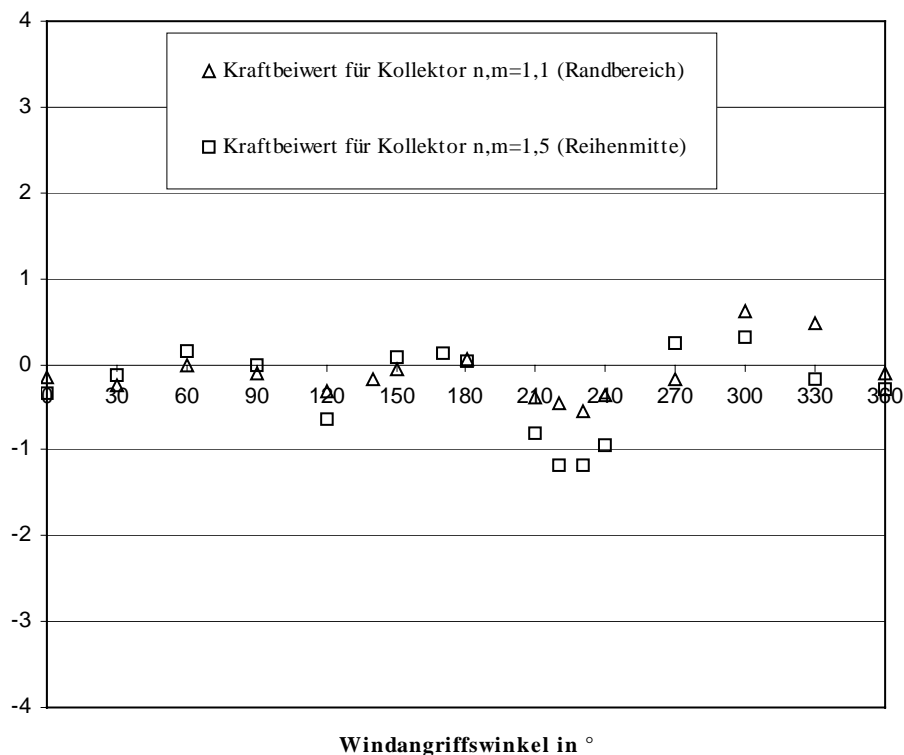


Bild 11.56: 3-i (3/79) und 3-k (3/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.44: 3-j (7/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihe, 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
Verhältnis H/W	0,143
Neigung Attika in °	90

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
180	-0,325
200	-1,049
220	-0,76
240	-0,322
260	-0,125
280	0,213
300	1,369
330	1,304
360	0,93

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 °	60

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

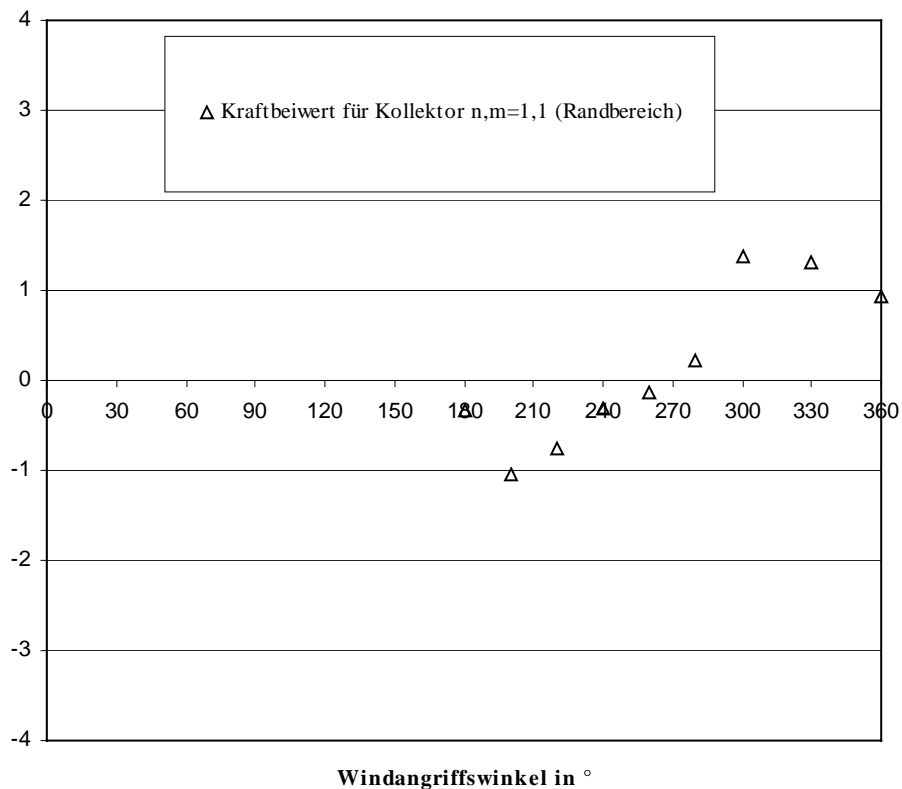


Bild 11.57: 3-j (7/79), Flachdach mit Attika, 1 Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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 H ₁ /W	0,36	90	0,058
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,031
Dachneigung a in °	0	150	0,044
Abstandsverhältnis D/L ₁	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 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

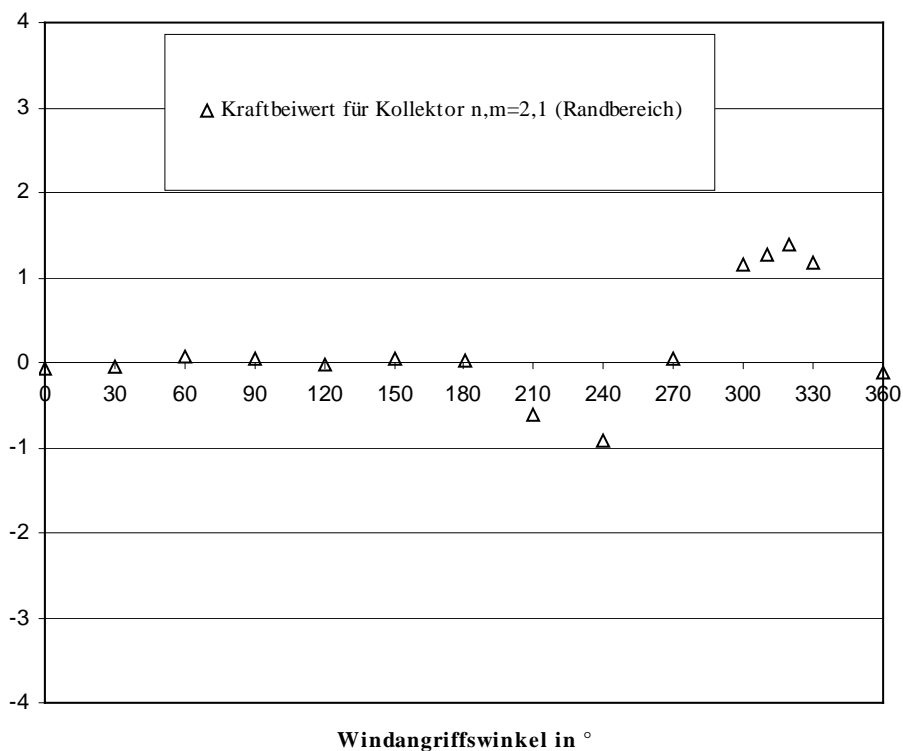


Bild 11.58: 4-a (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

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

Gebäudemodell:

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=2,1 (Randbereich)
150	-0,087
180	-0,077
200	-0,41
220	-1
240	-0,873
270	0,183
300	1,003
330	0,993
360	-0,176

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

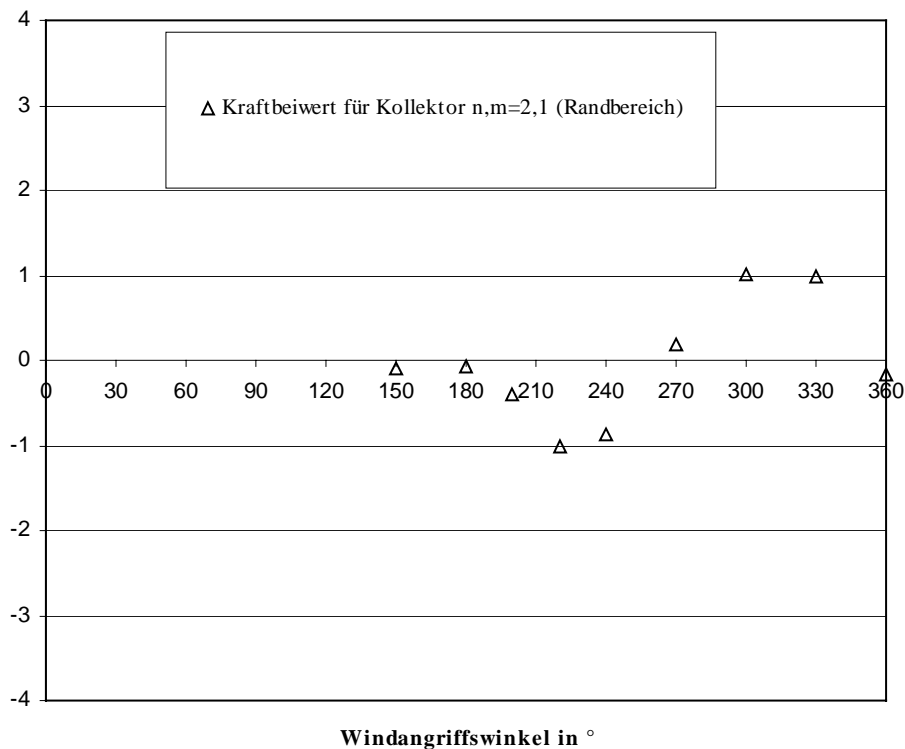


Bild 11.59: 4-b (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.47: 4-c (11/79), 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=2,1 (Randbereich)
0	-0,079
30	-0,04
60	0,085
90	0,034
120	-0,04
150	0,028
180	0,057
210	-0,856
240	-1,043
300	1,128
330	1,015
360	-0,085

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

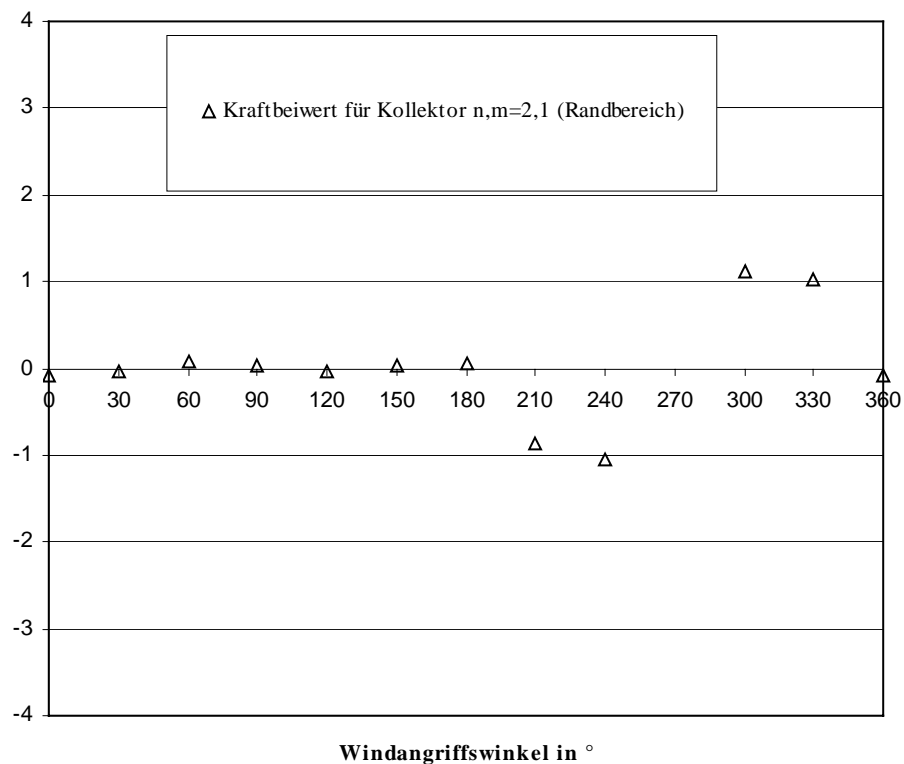


Bild 11.60: 4-c (11/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

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

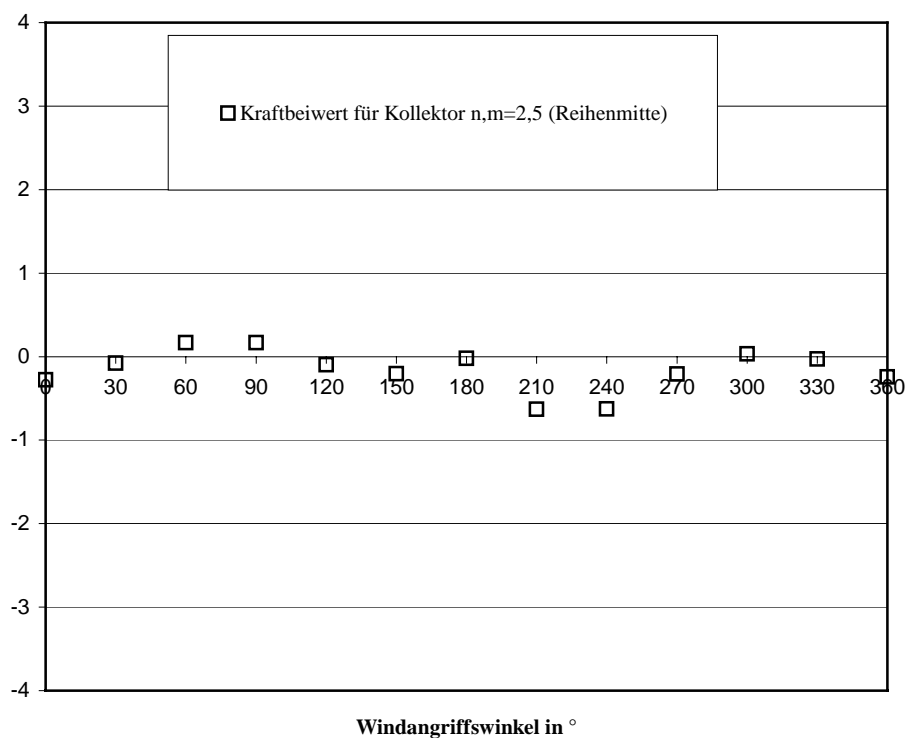


Bild 11.61: 4-d (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

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 H ₁ /W	0,36	90	-0,03
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,43
Dachneigung a in °	0	150	-0,815
Abstandsverhältnis D/L ₁	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

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

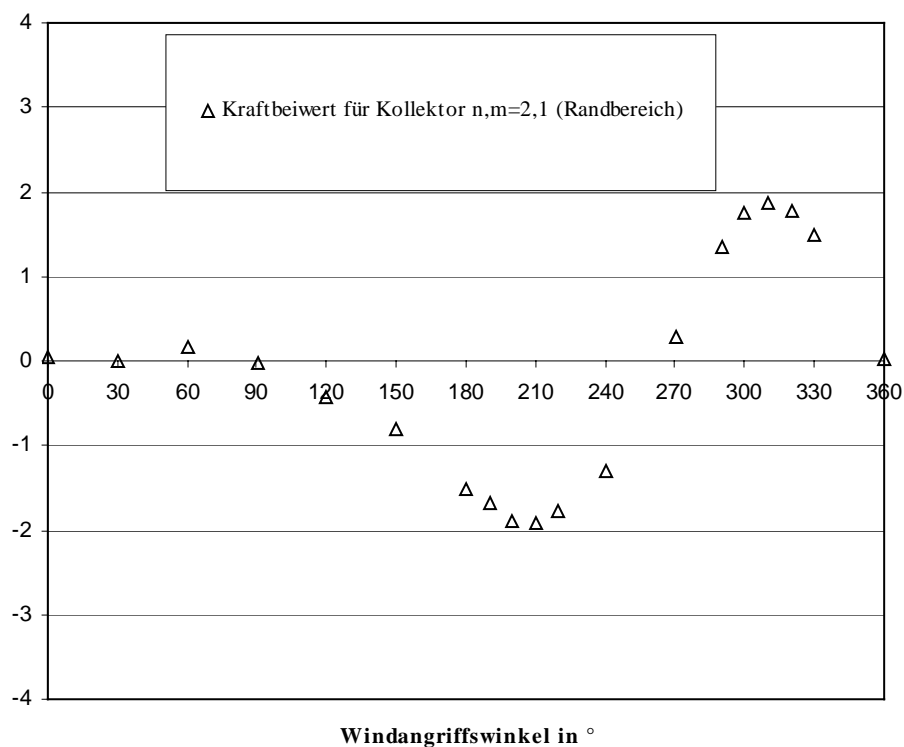


Bild 11.62: 4-e (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.50: 4-f (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere 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=2,1 (Randbereich)
150	-0,758
180	-1,214
200	-1,576
220	-1,482
240	-1,017
270	0,229
300	1,372
330	1,245
360	0,119

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

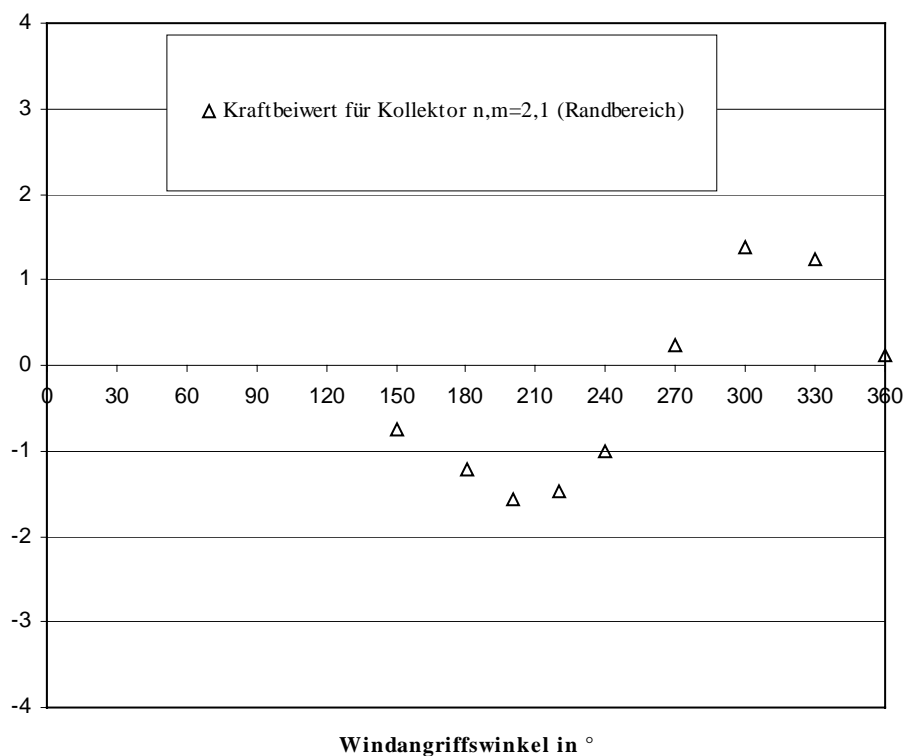


Bild 11.63: 4-f (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

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 H ₁ /W	0,36	60	0,216
Seitenverhältnis E/W	0	90	0,175
Dachneigung a in °	0	120	-0,241
Abstandsverhältnis D/L ₁	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 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

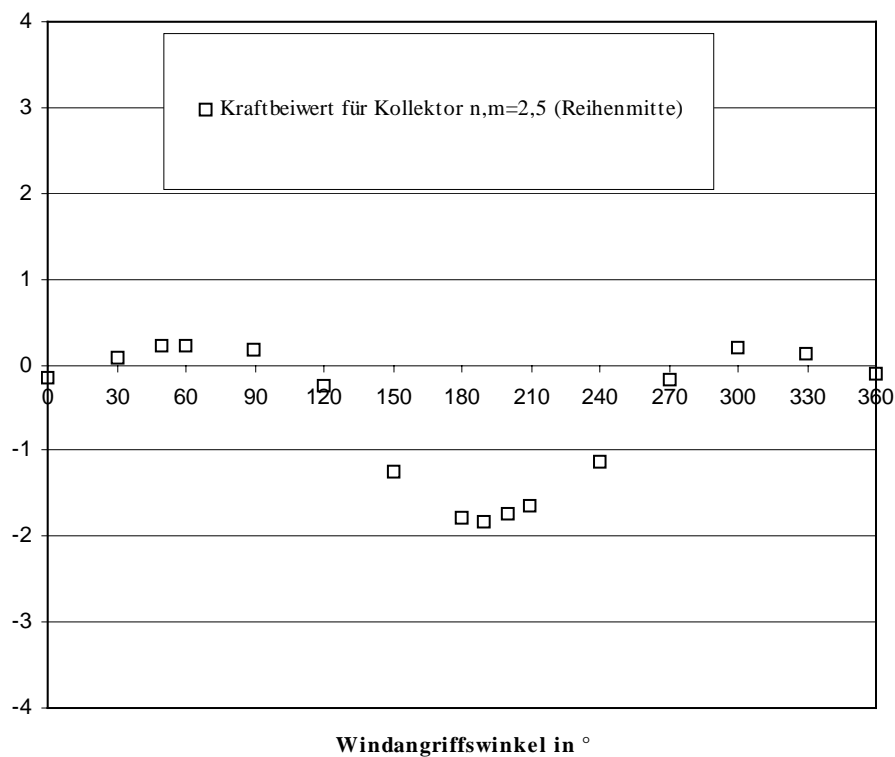


Bild 11.64: 4-g (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

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 H ₁ /W	0,36	90	-0,042
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,165
Dachneigung a in °	0	150	-0,18
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	180	-0,182
		210	-0,881
		220	-1,078
		230	-1,373
		240	-1,427
Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	270	0,13
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	290	1,177
Seitenverhältnis C/L ₁	0,28	300	1,545
Anzahl der Reihen n	3	310	1,548
Kollektoren in einer Reihe	10	320	1,391
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45	330	1,177
Seitenverhältnis B/L ₁	1,41	360	-0,341

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

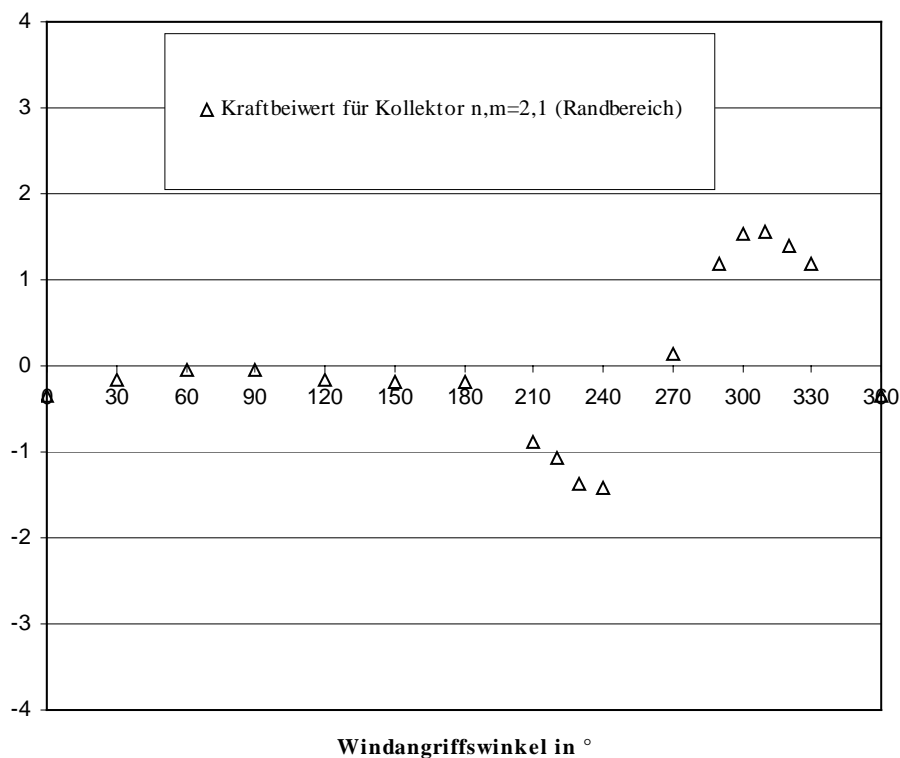


Bild 11.65: 4-h (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

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

Gebäudemodell:

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=2,1 (Randbereich)
150	-0,074
180	-0,099
200	-0,474
220	-1,047
240	-1,163
270	0,111
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

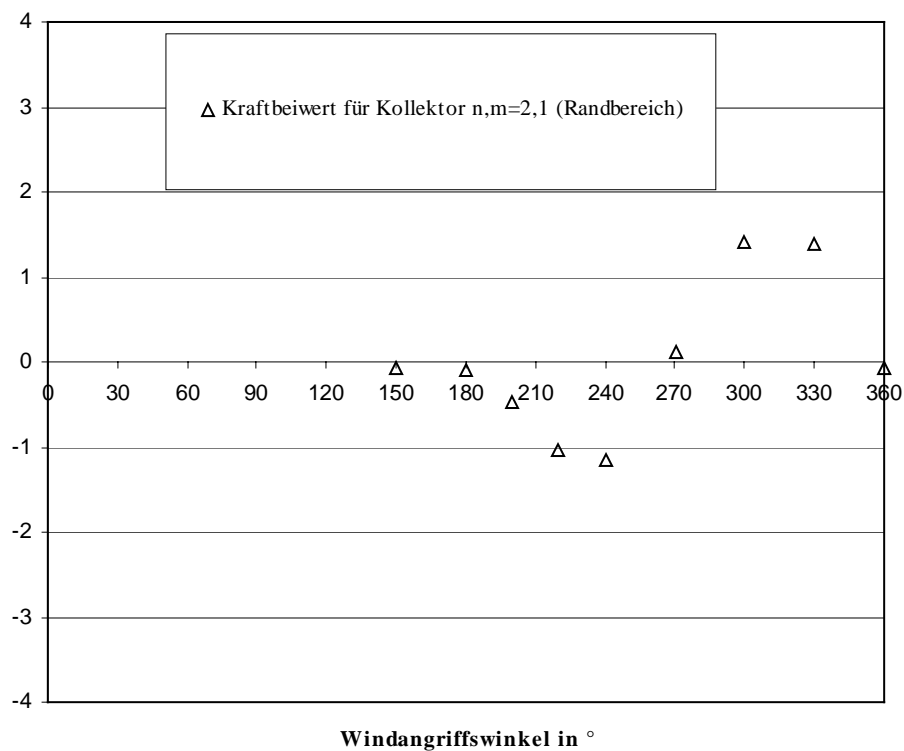


Bild 11.66: 4-i (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.54: 4-j (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere 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 α in °	0
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	0,28
Anzahl der Reihen n	3
Kollektoren in einer Reihe	10
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45
Seitenverhältnis B/L ₁	1,41

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,5 (Reihenmitte)
0	-0,099
30	0,183
60	0,368
90	0,32
120	0,175
150	-0,055
180	0,14
210	-0,468
240	-0,721
270	-0,262
300	0,032
330	0,183
360	-0,097

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachrinne H₁

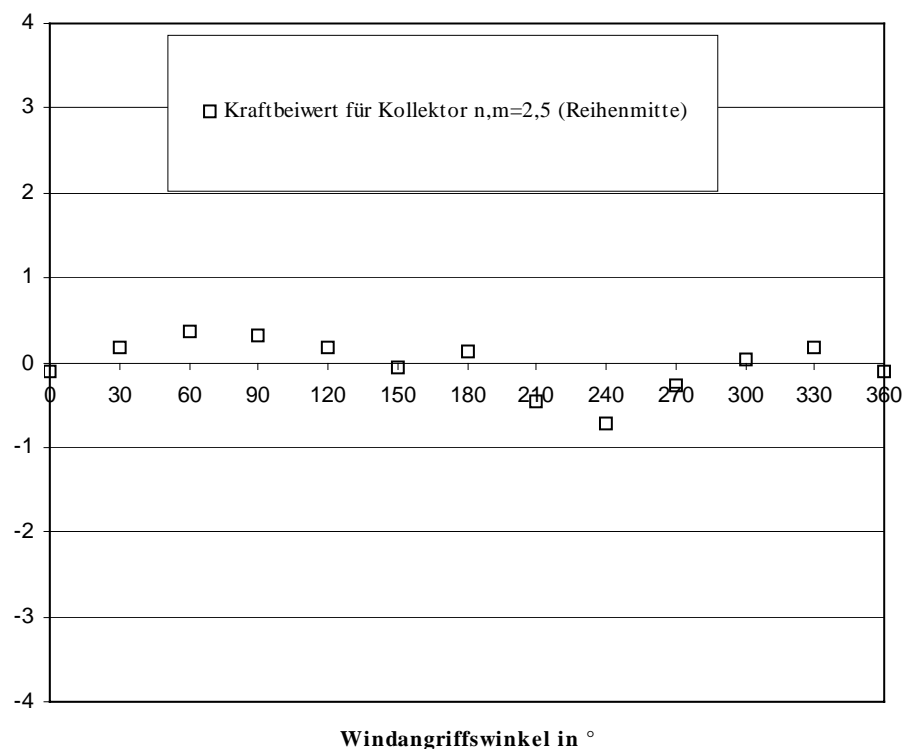


Bild 11.67: 4-j (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

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 H ₁ /W	0,36	90	-0,065
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,44
Dachneigung a in °	0	150	-0,983
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	180	-1,528
		200	-1,867
		210	-2,049
		220	-2,091
		240	-1,543
Kollektorfeldmodell:			
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	270	0,392
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	290	1,557
Seitenverhältnis C/L ₁	0,28	300	1,837
Anzahl der Reihen n	3	310	1,691
Kollektoren in einer Reihe	10	330	1,197
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45	360	-0,103
Seitenverhältnis B/L ₁	1,41		

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

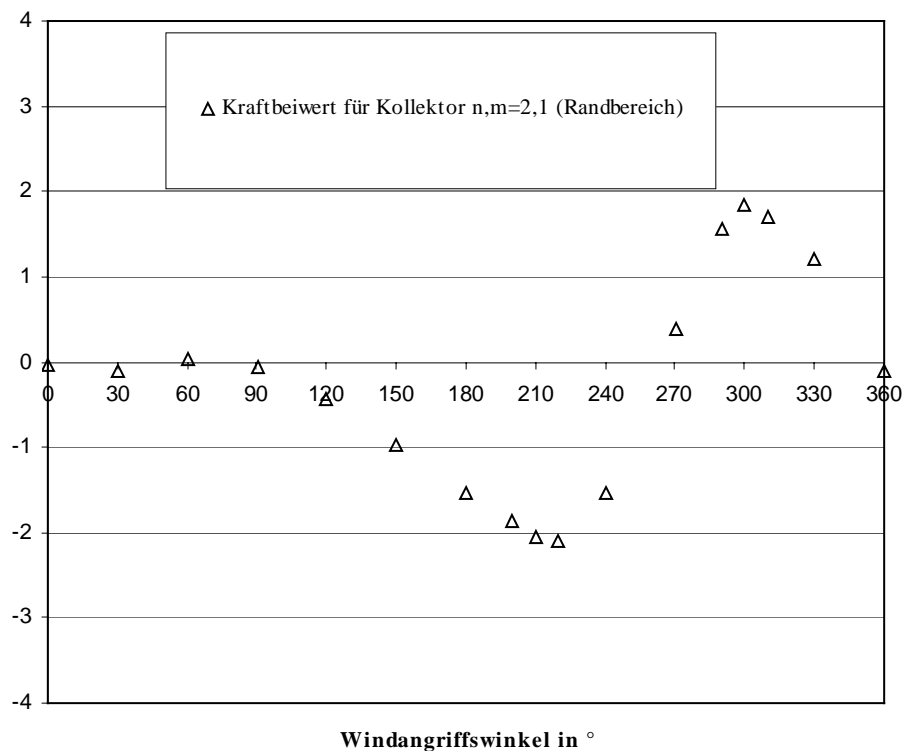


Bild 11.68: 4-k (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

Tabelle 11.56: 4-1 (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere 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=2,1 (Randbereich)
150	-0,855
180	-1,311
200	-1,674
220	-1,7
240	-1,411
270	0,339
290	1,508
300	1,805
310	1,588
330	1,269
360	0,058

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

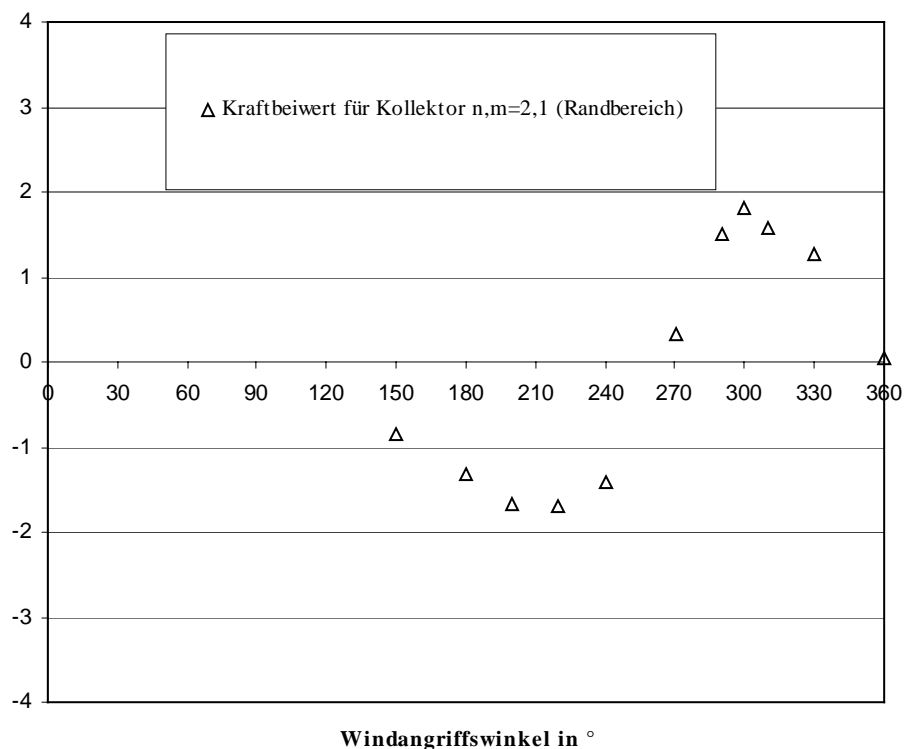


Bild 11.69: 4-1 (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

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 H ₁ /W	0,36	90	0,166
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,44
Dachneigung a in °	0	150	-1,51
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	160	-2,338
		170	-2,412
		180	-2,011
		190	-1,875
		200	-1,891
Kollektorfeldmodell:		210	-1,762
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	240	-1,138
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	270	-0,118
Seitenverhältnis C/L ₁	0,28	300	0,378
Anzahl der Reihen n	3	330	0,008
Kollektoren in einer Reihe	10	360	-0,124
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45		
Seitenverhältnis B/L ₁	1,41		

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

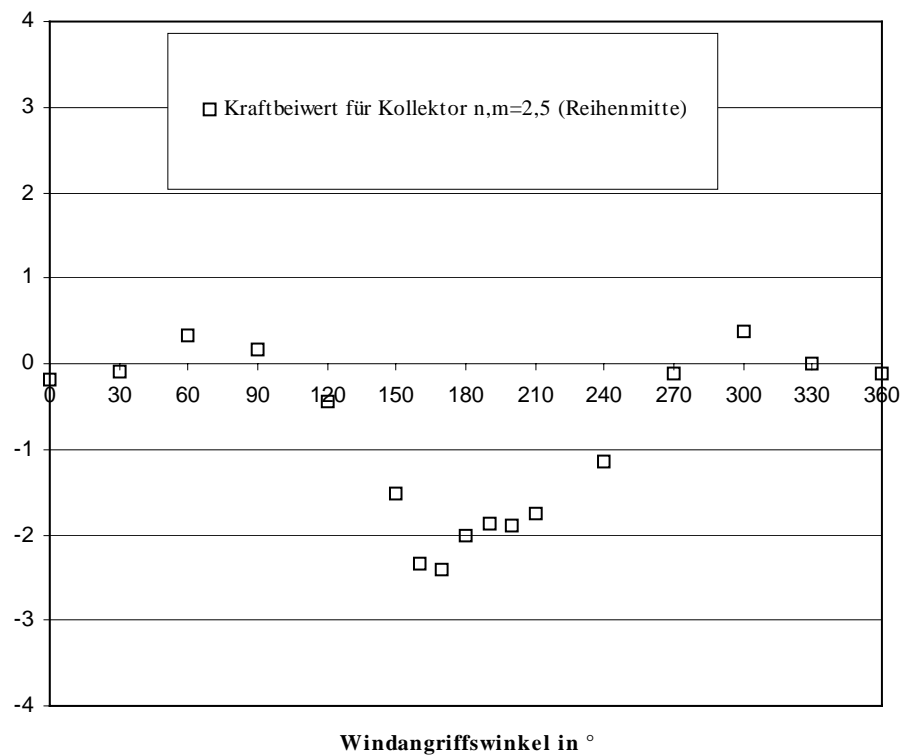


Bild 11.70: 4-m (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

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:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	250	-1,681
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	270	0,182
Seitenverhältnis C/L ₁	0,28	290	1,966
Anzahl der Reihen n	2	300	2,328
Kollektoren in einer Reihe	10	310	1,795
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	60	330	1,676
Seitenverhältnis B/L ₁	2	360	-0,14

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachrinne H₁

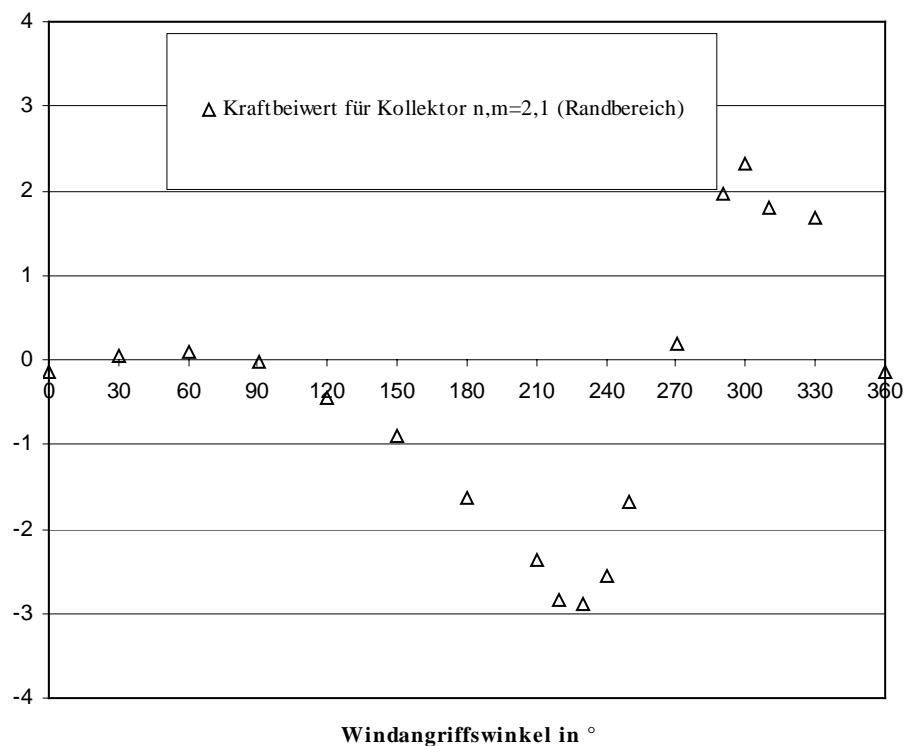


Bild 11.71: 4-n (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

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 H ₁ /W	0,36	220	-2,65
Seitenverhältnis E/W	0	240	-2,173
Dachneigung a in °	0	270	0,271
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	300	2,18
		330	1,565
		360	0,016

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

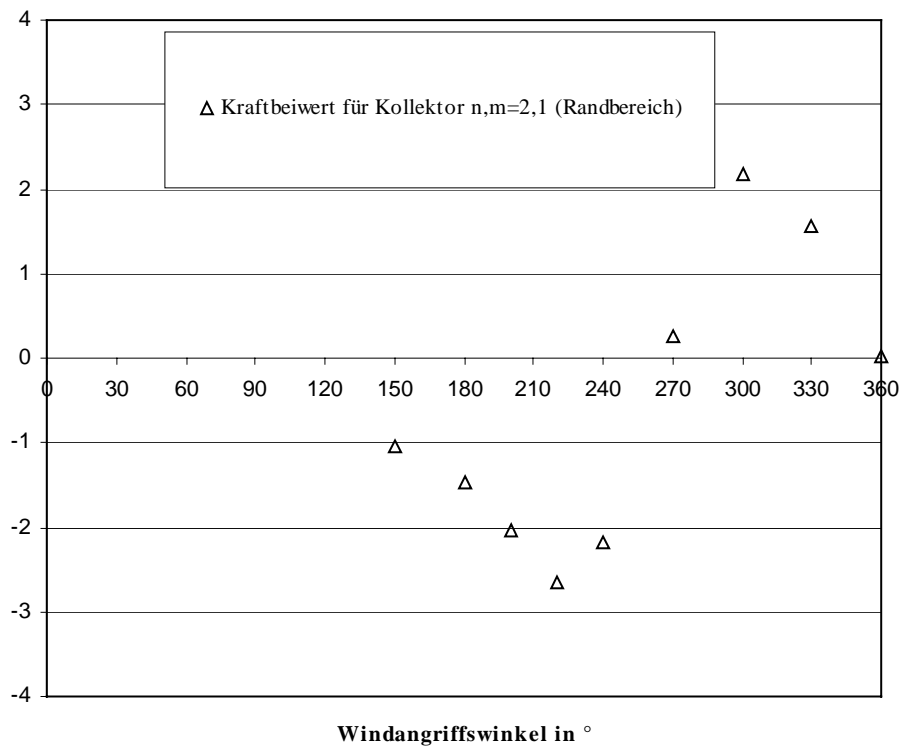


Bild 11.72: 4-o (7/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

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

Gebäudemodell:		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,5 (Reihenmitte)
Stockwerke	1	0	-0,415
Breite W in mm	355	30	-0,14
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,53
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	0,312
Seitenverhältnis E/W	0	120	-0,367
Dachneigung α in °	0	150	-1,323
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16	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

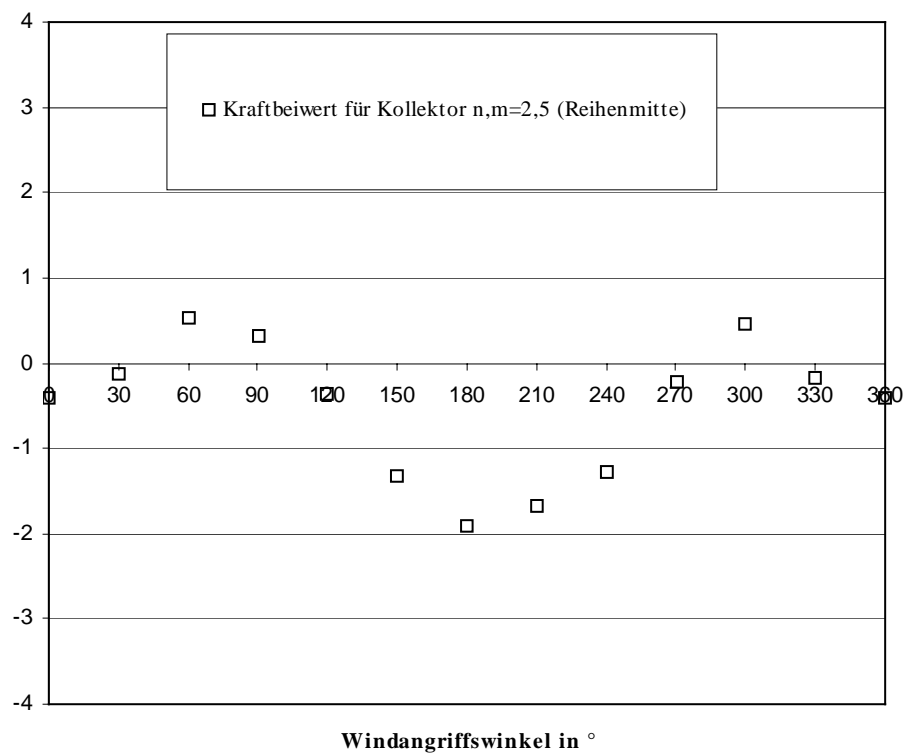


Bild 11.73: 4-p (3/79), Flachdach, 1 Geschoß, mehrere Kollektorreihen, 10 Kollektoren

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

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 α 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
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	15

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
0	0,883
30	0,598
60	0,281
90	0,02
120	-0,182
150	-0,313
180	-0,402
210	-1,153
240	-0,447
270	-0,014
300	1,111
330	1,34
360	0,911

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

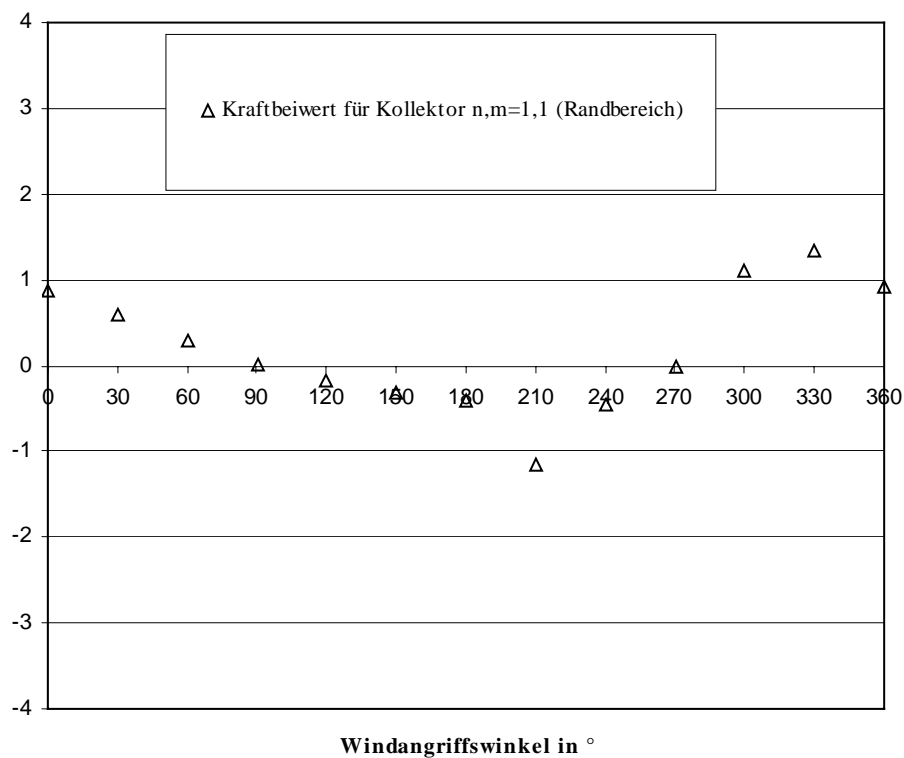


Bild 11.74: 5-a (7/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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

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
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
0	1,276
30	0,885
60	0,399
90	0,01
120	-0,277
150	-0,343
180	-0,592
210	-1,483
240	-1,084
270	0,083
300	1,796
310	1,98
320	1,712
330	1,815
360	1,267

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

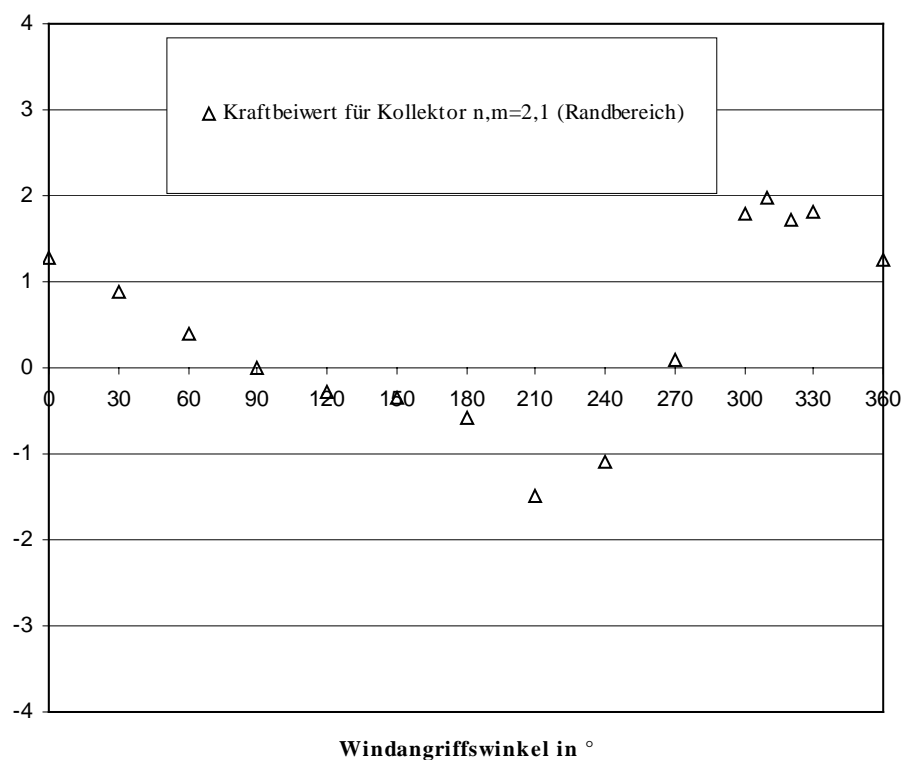


Bild 11.75: 5-b (7/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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

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
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
0	1,288
30	0,869
60	0,405
90	0,028
120	-0,35
150	-0,446
180	-0,607
210	-1,656
240	-1,021
270	0,055
300	1,854
330	2,194
360	1,274

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

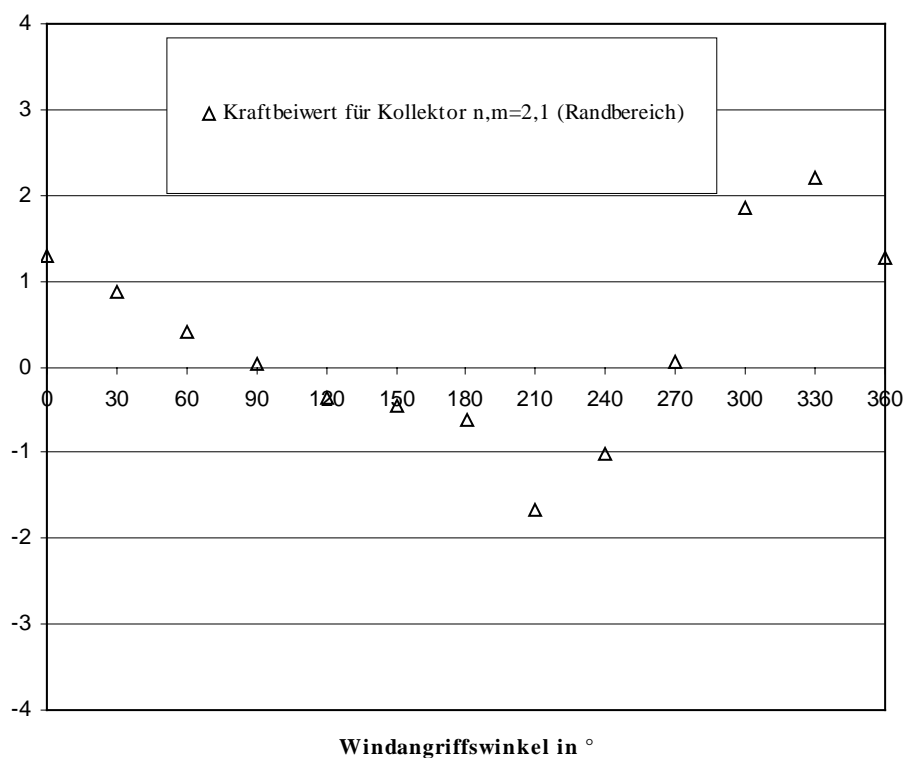


Bild 11.76: 5-c (11/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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

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
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
0	1,443
30	0,946
60	0,377
90	0,009
120	-0,376
150	-0,483
180	-0,765
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

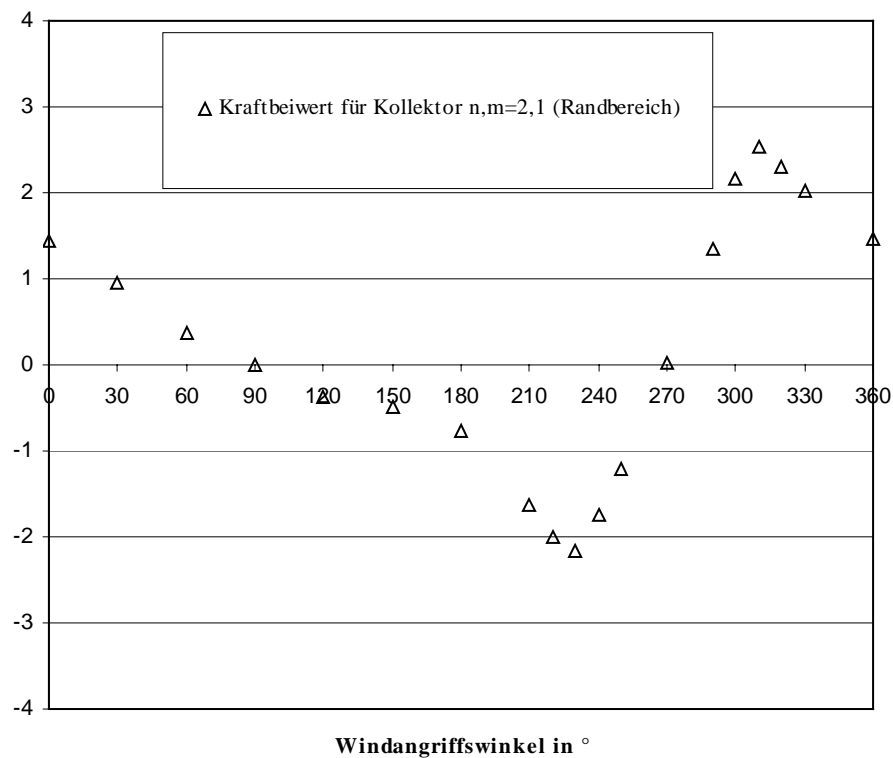


Bild 11.77: 5-d (7/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.65: 5-e (11/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 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 H ₁ /W	0,36	90	0,018
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,55	120	-0,46
Seitenverhältnis E/W	0	150	-0,621
Dachneigung a in °	15	180	-0,971
Abstandsverhältnis D/L ₁	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 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

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

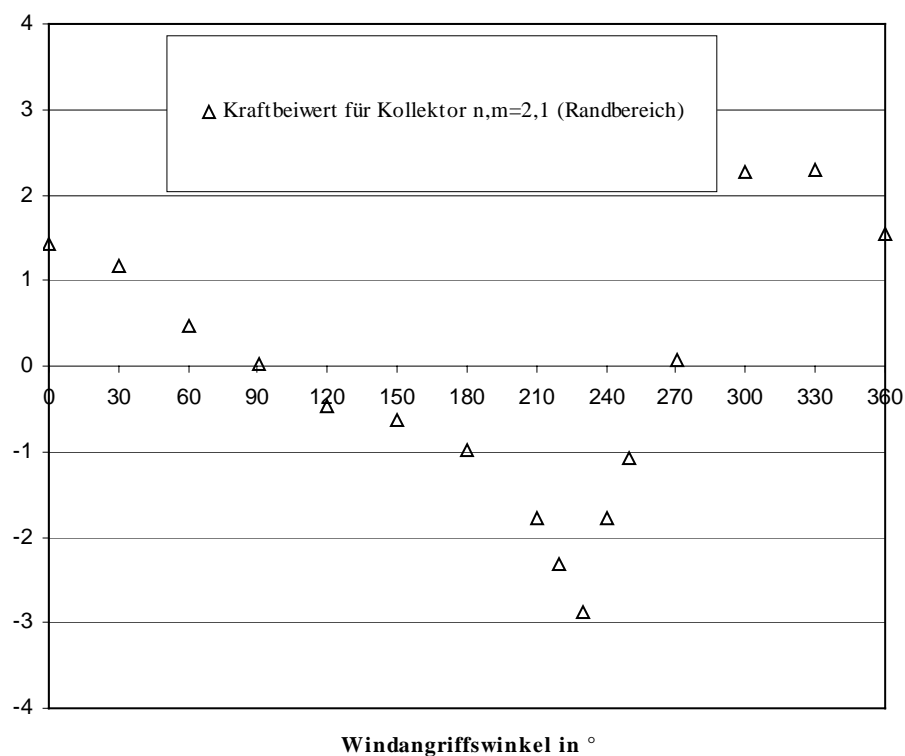


Bild 11.78: 5-e (11/79), Spitzdach 15°, ein Geschoß, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.66: 6-a (3/79) und 6-d (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	0,544	0,944
Breite W in mm	355	30	0,507	0,843
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,278	0,542
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	0,029	0,109
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,66	120	-0,114	-0,023
Seitenverhältnis E/W	0	150	-0,046	-0,08
Dachneigung α in °	30	180	0,049	0,071
Abstandsverhältnis D/L ₁	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 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

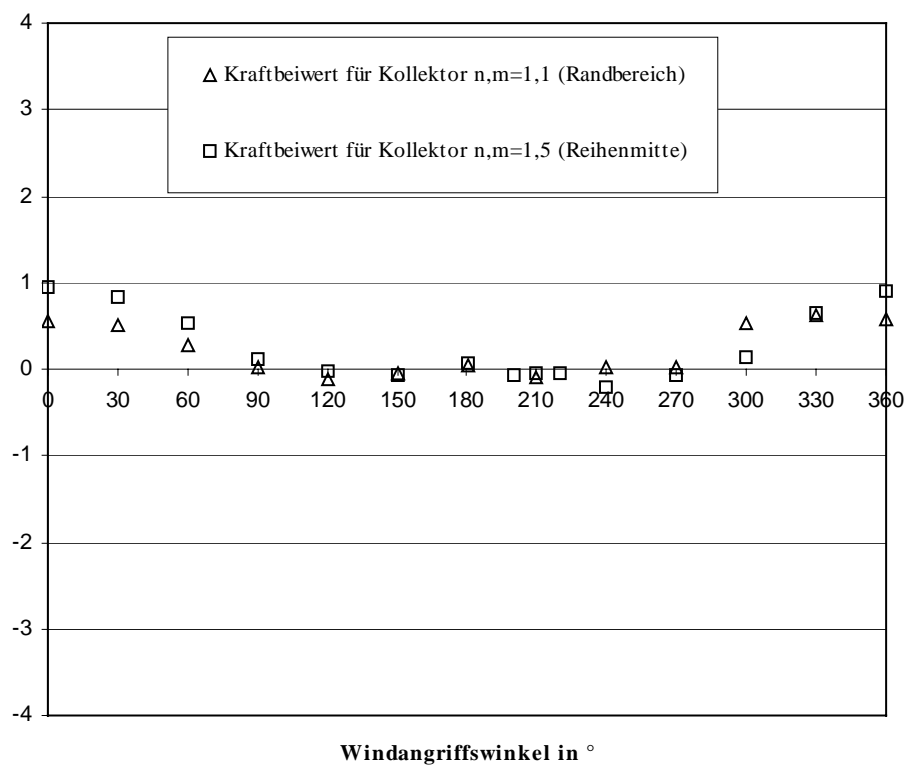


Bild 11.79: 6-a (3/79) und 6-d (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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 H ₁ /W	0,36	240	0,039
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,66	270	0,049
Seitenverhältnis E/W	0	300	0,302
Dachneigung a in °	30	330	0,311
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,25	360	0,31

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

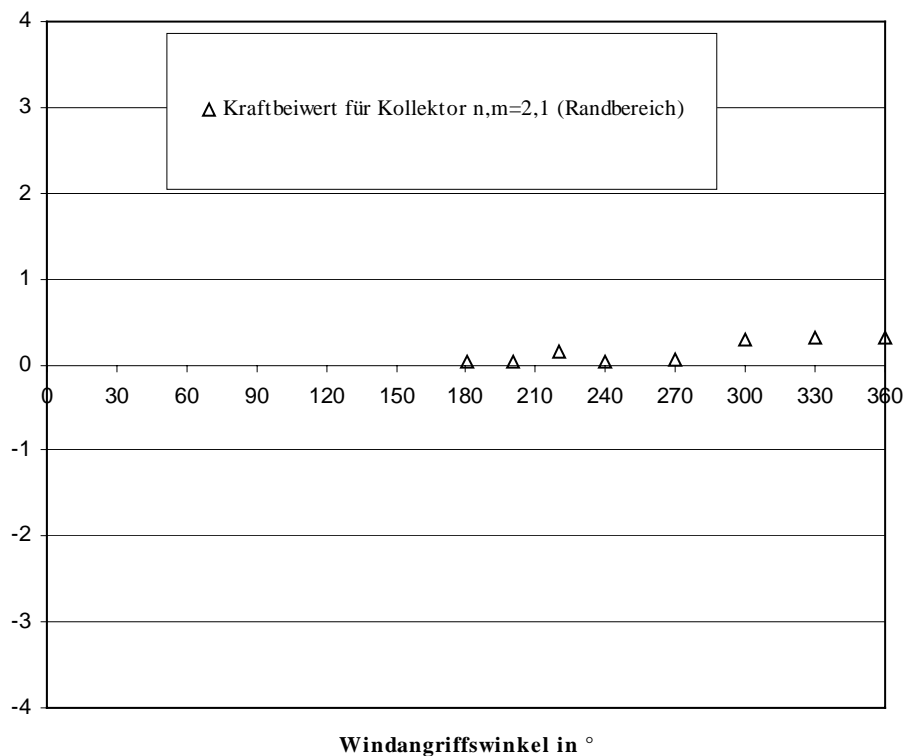


Bild 11.80: 6-b (7/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,66
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung a in °	30
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,25

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

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
0	0,372
30	0,274
60	0,195
90	0,058
120	-0,043
150	-0,032
180	0,025
210	0,047
240	0,022
270	0,04
300	0,274
330	0,339
360	0,343

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

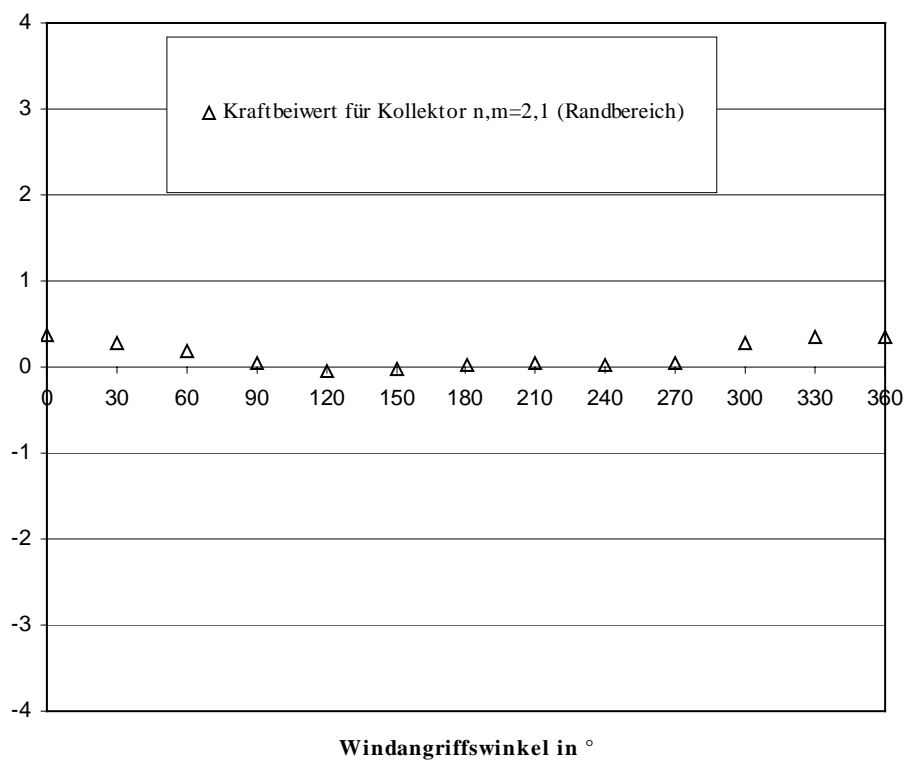


Bild 11.81: 6-c (11/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.69: 6-e (3/79) und 6-f (3/79), Spitzdach 30°, 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	0,609	1,085
Breite W in mm	355	20		0,927
Seitenverhältnis L/W	1,76	30	0,477	0,968
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,72	40		0,858
Seitenverhältnis H ₂ /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/L ₁	0,25	120	-0,028	0,02
		130		-0,046
		140		-0,01
		150	0,034	0,059
		180	0,03	0,088
Kollektorfeldmodell:				
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	210	-0,034	0,06
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	220		-0,072
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375	230		-0,176
Anzahl der Reihen n	1	240	0,078	-0,114
Kollektoren in einer Reihe	10	250	-0,029	-0,038
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	0	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

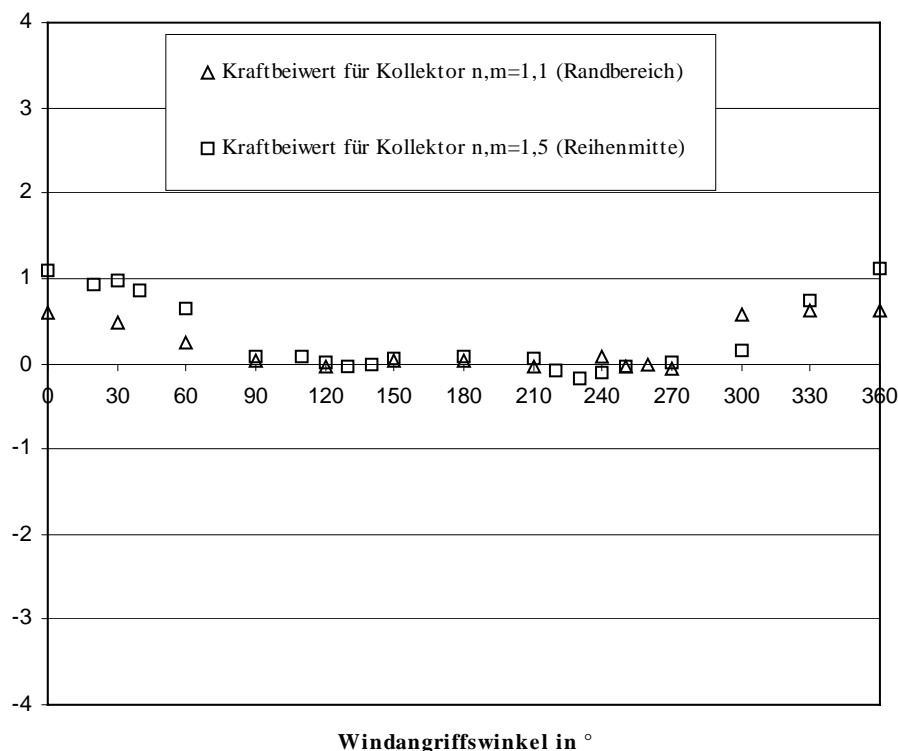


Bild 11.82: 6-e (3/79) und 6-f (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.70: 6-g (3/79) und 6-h (3/79), Spitzdach 30°, eine 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	0,67	1,168
Breite W in mm	355	30	0,792	1,131
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,324	0,779
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	-0,017	0,089
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,66	120	-0,198	0,004
Seitenverhältnis E/W	0	150	0,062	0,193
Dachneigung a in °	30	180	0,136	0,177
Abstandsverhältnis D/L ₁	0	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

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

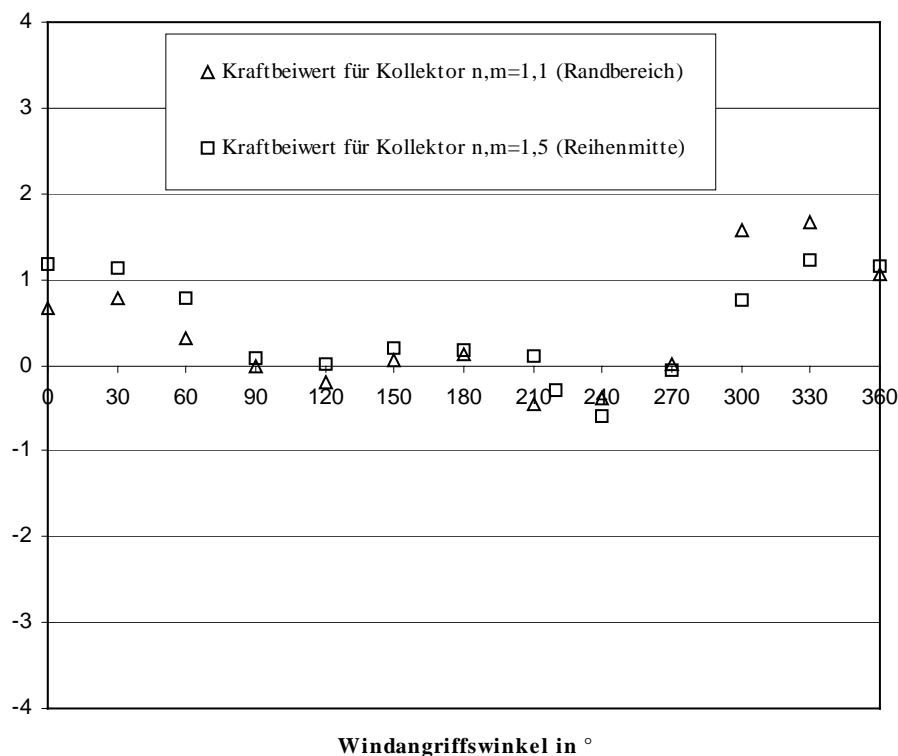


Bild 11.83: 6-g (3/79) und 6-h (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.71: 6-i (3/79) und 6-l (3/79), Spitzdach 30°, 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	1,251	1,473
Breite W in mm	355	30	0,834	1,313
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,417	0,971
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	0,003	0,141
Seitenverhältnis H ₂ /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/L ₁	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

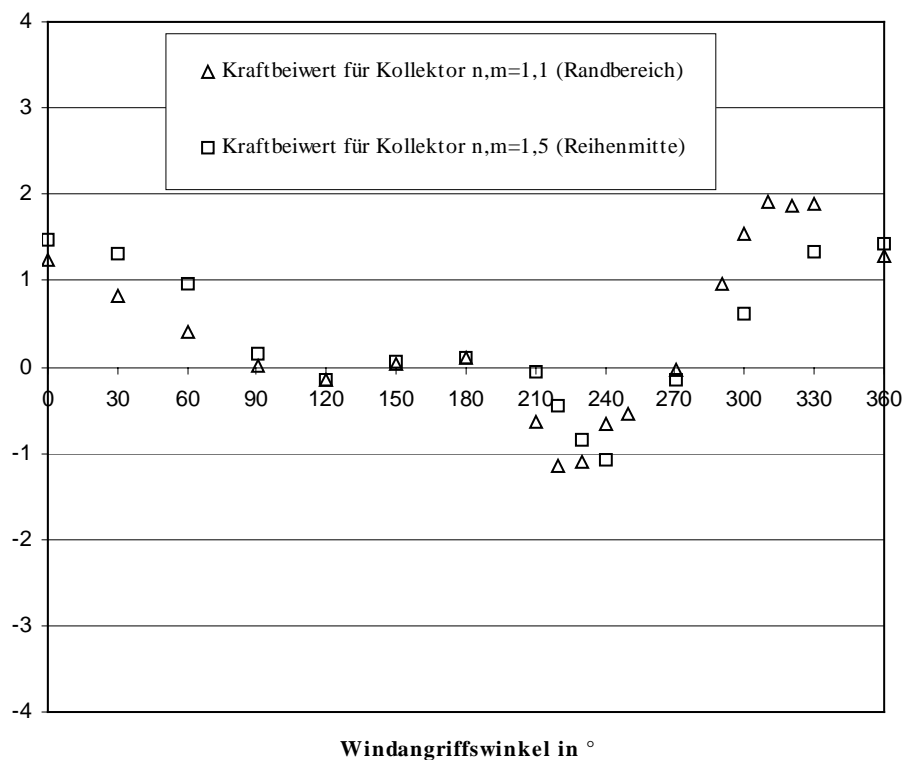


Bild 11.84: 6-i (3/79) und 6-l (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,66
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung α in °	30
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,16

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
180	0,073
200	-0,198
220	-1,211
240	-0,669
270	0,018
300	1,44
330	1,666
360	1,239

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

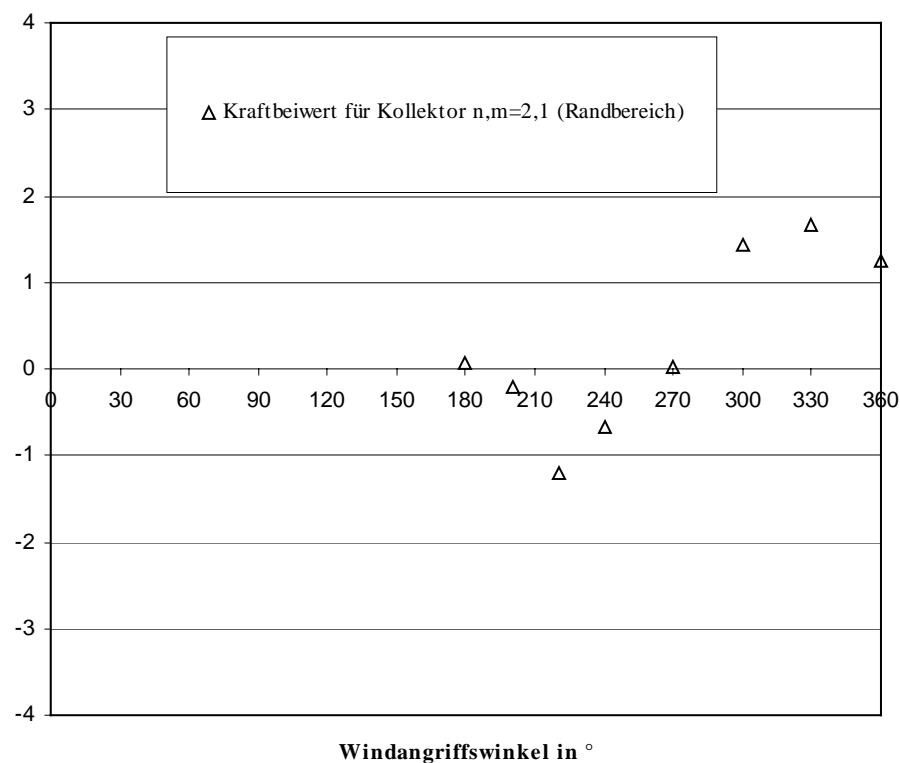


Bild 11.85: 6-j (7/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,66
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung α in °	30
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
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
0	1,332
30	0,776
60	0,397
90	0,032
120	-0,119
150	0,004
180	0,101
210	-0,628
240	-0,541
270	0,025
300	1,581
310	1,874
320	1,794
330	1,747
360	1,177

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

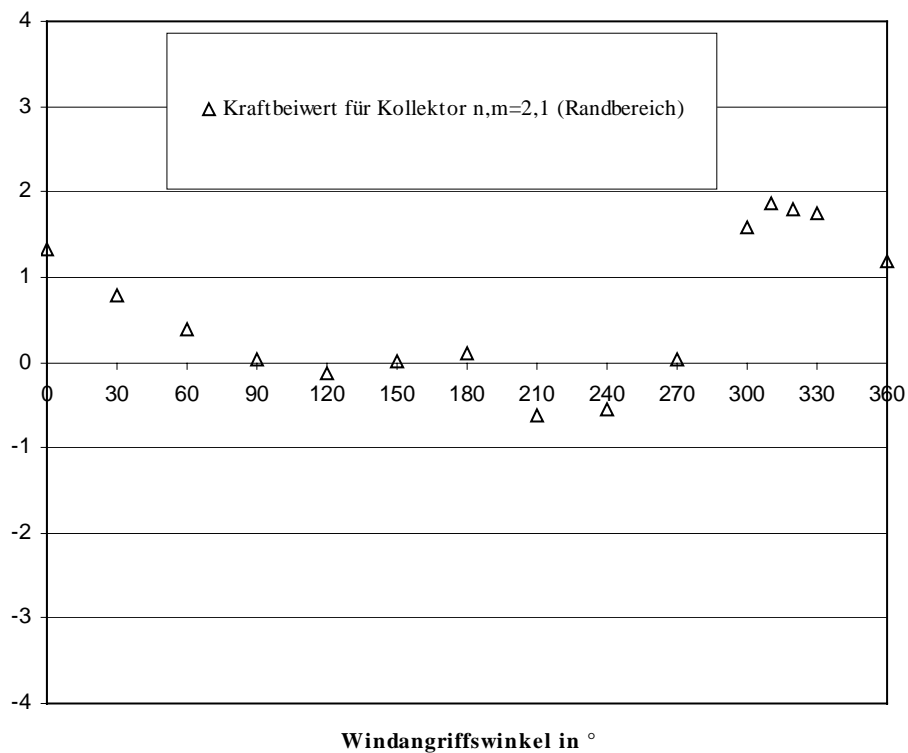


Bild 11.86: 6-k (11/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.74: 6-m (3/79) und 6-n (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	0,995	1,206
Breite W in mm	355	30	0,584	0,97
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,335	0,923
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	-0,008	0,169
Seitenverhältnis H ₂ /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/L ₁	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 L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis C/L ₁	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

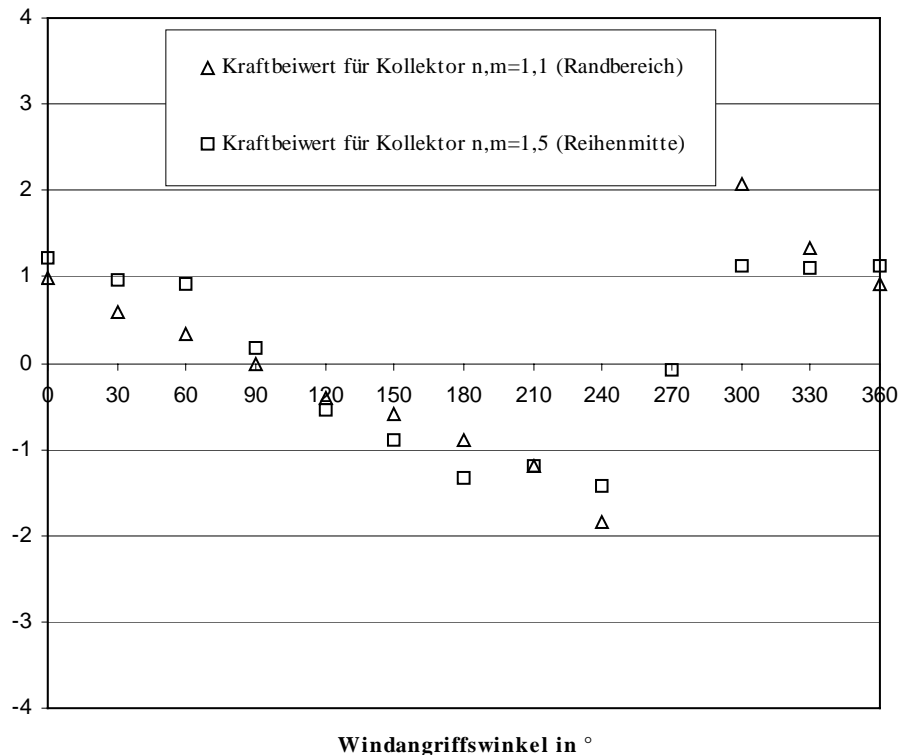


Bild 11.87: 6-m (3/79) und 6-n (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.75: 6-o (3/79) und 6-p (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	1,371	1,623
Breite W in mm	355	30	0,849	1,367
Seitenverhältnis L/W	1,76	60	0,478	1,103
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36	90	-0,011	0,247
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,66	100		0,032
Seitenverhältnis E/W	0	110		-0,406
Dachneigung a in °	30	120	-0,445	-0,716
Abstandsverhältnis D/L ₁	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 L ₁ in mm	102	240	-1,957	-1,417
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	270	0,094	-0,185
Seitenverhältnis C/L ₁	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

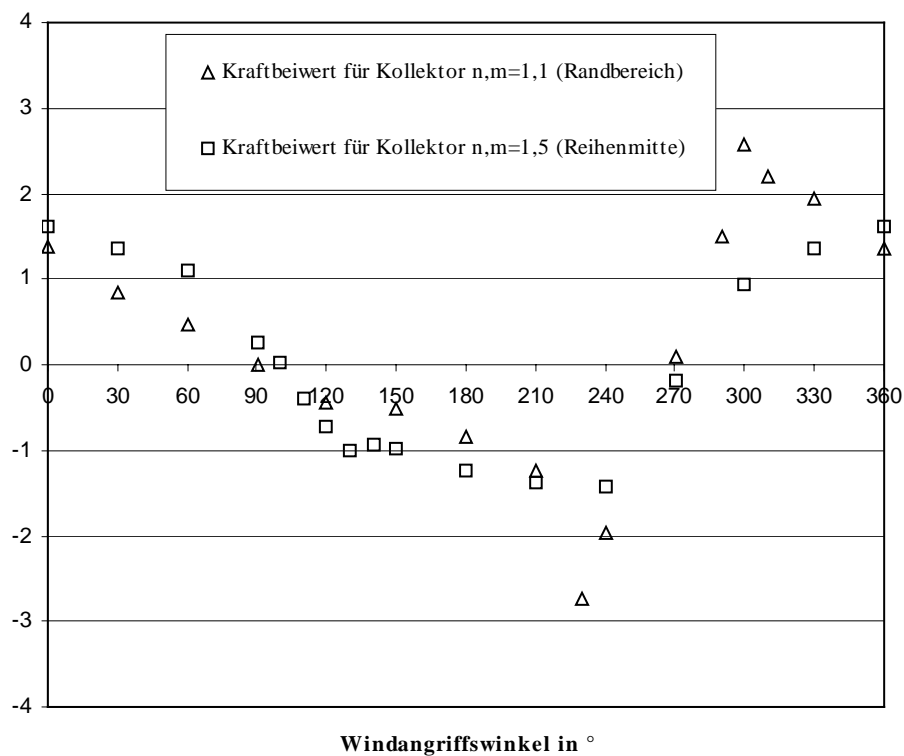


Bild 11.88: 6-o (3/79) und 6-p (3/79), Spitzdach 30°, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.76: 7-a (3/79) und 7-d (3/79), Spitzdach variabler Winkel, 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	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 H ₁ /W	0,36	90	0,02	0,097
Seitenverhältnis H ₂ /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/L ₁	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:				
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

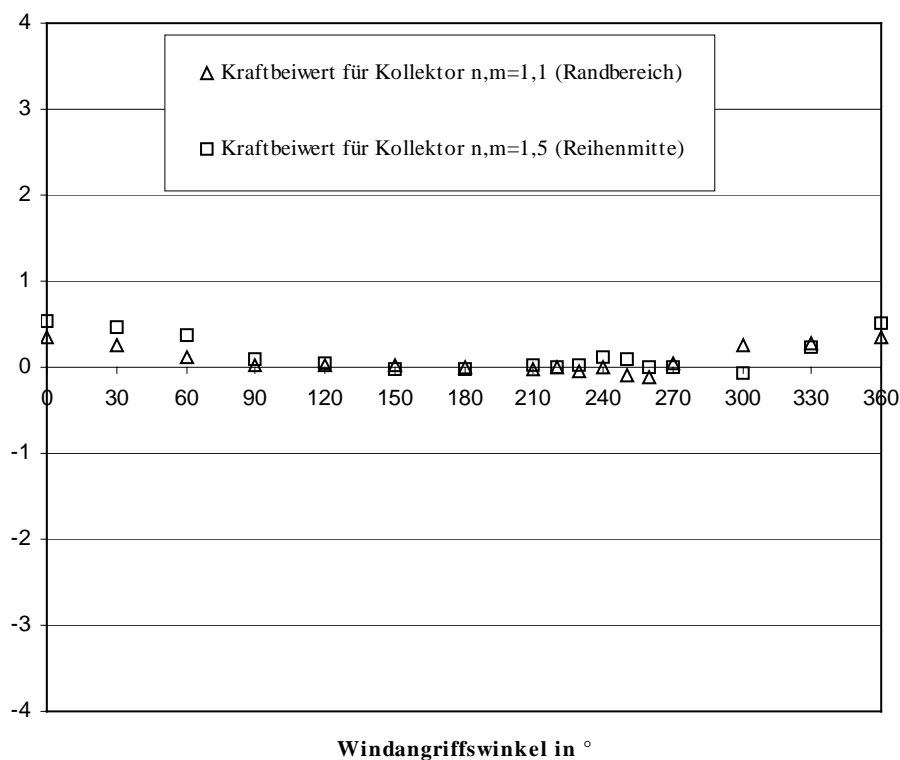


Bild 11.89: 7-a (3/79) und 7-d (3/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,86
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung α in °	45
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,25

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
0	0,026
90	0,025
120	0,015
150	0,071
180	-0,025
210	-0,018
240	0,044
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

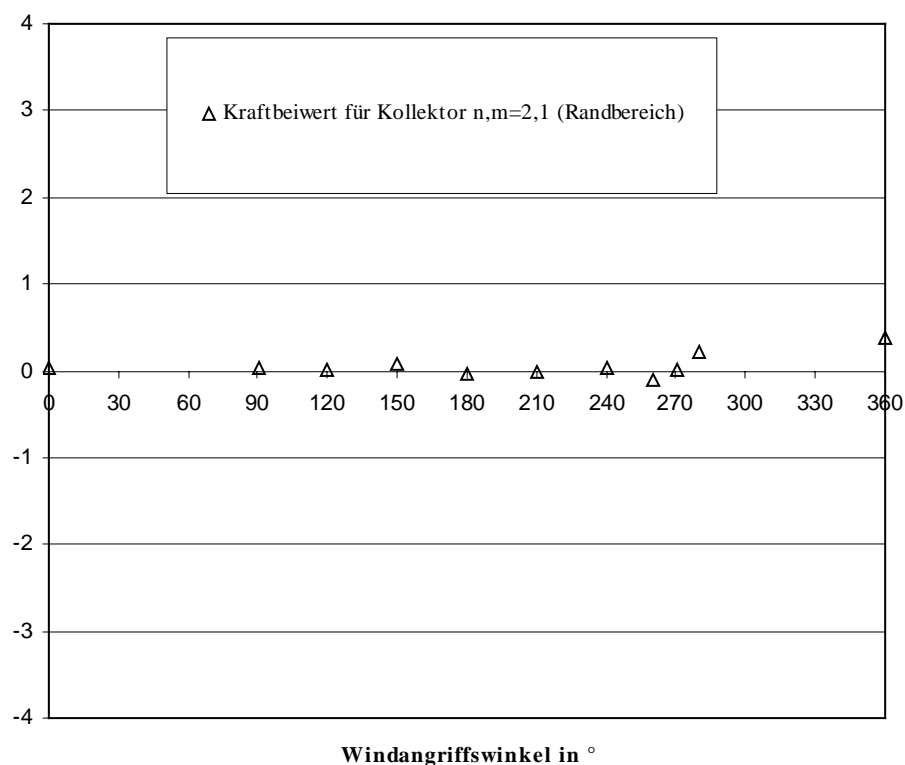


Bild 11.90: 7-b (7/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

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

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	355
Seitenverhältnis L/W	1,76
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,36
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,86
Seitenverhältnis E/W	0
Dachneigung α in °	45
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,25

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

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=2,1 (Randbereich)
0	0,242
30	0,227
60	0,113
90	0,061
120	0,009
150	0,009
180	-0,003
210	0,012
240	0,015
270	0,026
300	0,084
330	0,201
360	0,256

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

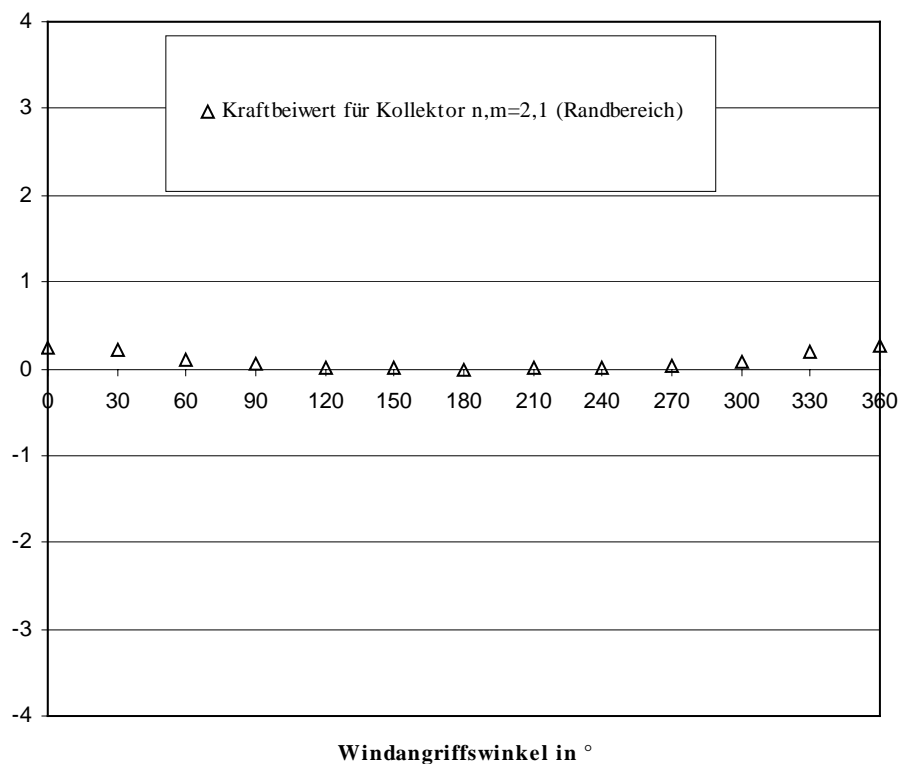


Bild 11.91: 7-c (11/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.79: 7-e (3/79) und 7-f (3/79), Spitzdach variabler Winkel, 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	0,298	0,662
Breite W in mm	355	10		0,618
Seitenverhältnis L/W	1,76	30	0,228	0,538
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,72	60	0,081	0,442
Seitenverhältnis H ₂ /W	1,23	90	0,031	0,063
Seitenverhältnis E/W	0	120	0,072	0,021
Dachneigung a in °	45	130		-0,004
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,25	150	-0,021	-0,055
		180	0,025	0,006
		210	0,034	0,016
		230		0,037
		240	0,067	0,058
Kollektorfeldmodell:				
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	250	0,06	0,115
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	260	-0,028	
Seitenverhältnis C/L ₁	0,375	270	0,069	0,047
Anzahl der Reihen n	1	280	0,142	
Kollektoren in einer Reihe	10	290	-0,099	
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	0	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

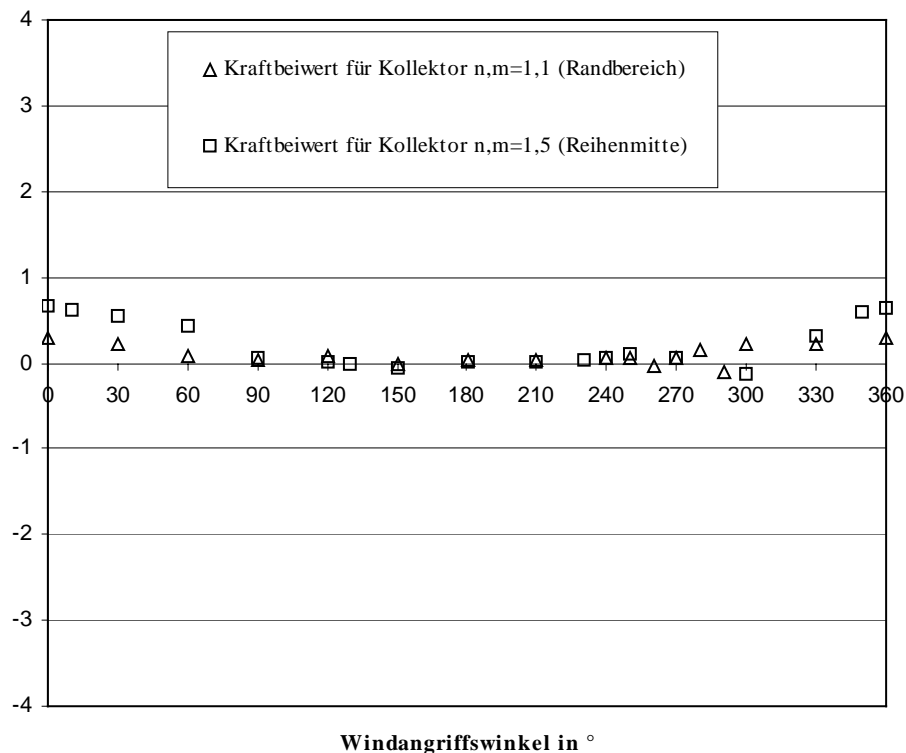


Bild 11.92: 7-e (3/79) und 7-f (3/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.80: 7-g (3/79) und 7-h (3/79), Spitzdach variabler Winkel, eine 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	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 H ₁ /W	0,36	90	0,016	0,108
Seitenverhältnis H ₂ /W	0,8	120	0,011	0,1
Seitenverhältnis E/W	0	150	0,182	0,334
Dachneigung α in °	60	180	0,251	0,306
Abstandsverhältnis D/L ₁	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 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

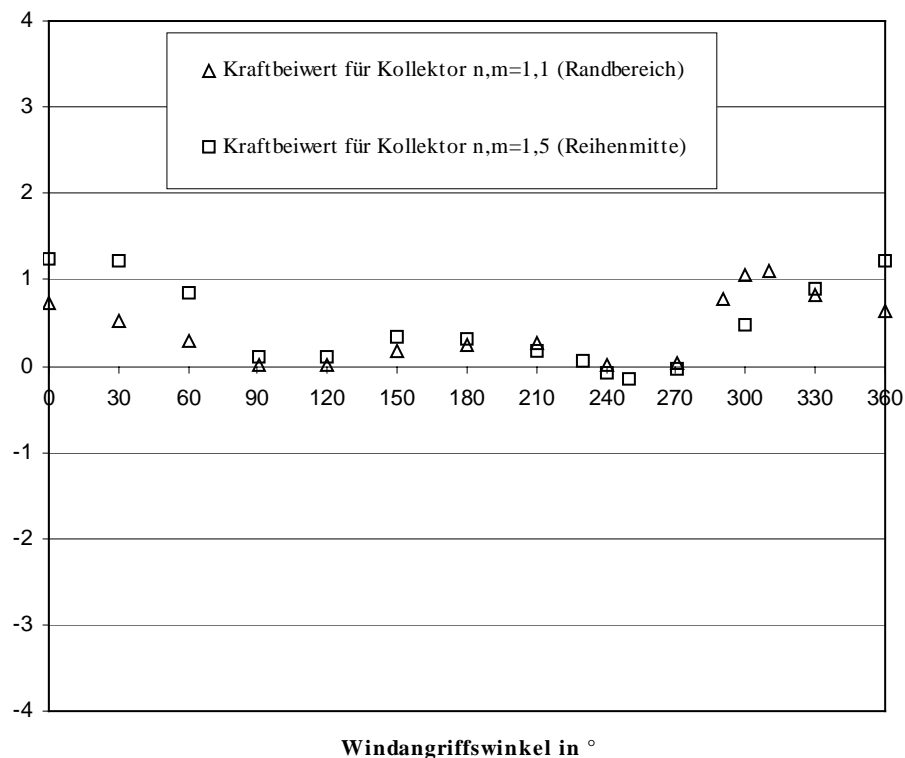


Bild 11.93: 7-g (3/79) und 7-h (3/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.81: 7-i (3/79) und 7-j (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	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 H ₁ /W	0,36	50		0,944
Seitenverhältnis H ₂ /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/L ₁	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

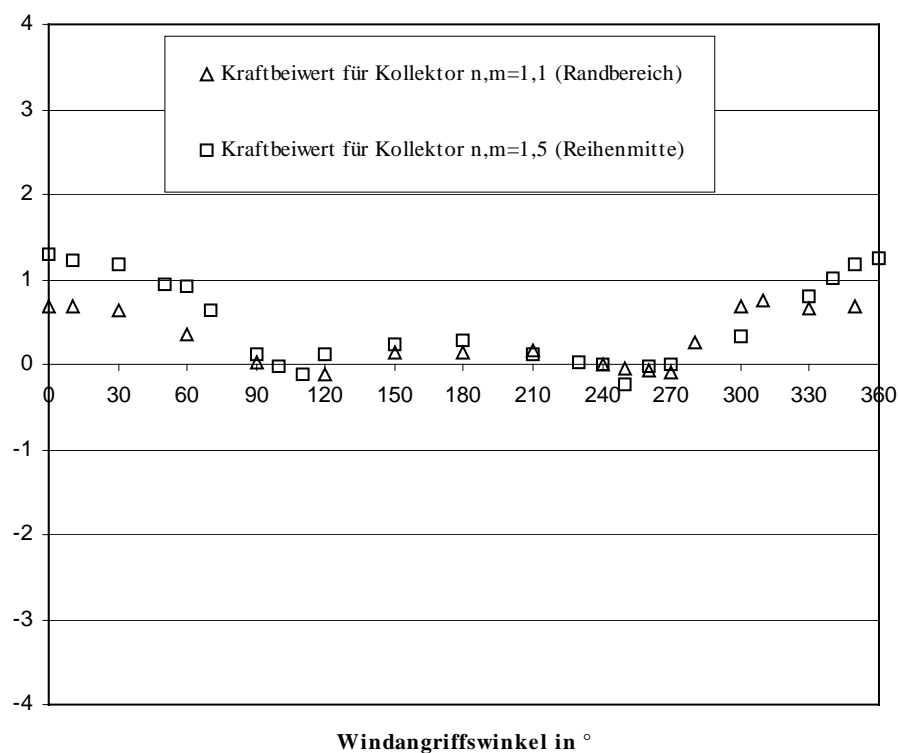


Bild 11.94: 7-i (3/79) und 7-j (3/79), Spitzdach variabler Winkel, eine Kollektorreihe, 10 Kollektoren

Tabelle 11.82: 10-a (3/79) und 10-b (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	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 H ₁ /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/L ₁	n.a.	140	-2,994	-2,554
		150	-3,159	-2,797
		160	-3,047	-2,905
		170	-3,218	-2,974
Kollektorfeldmodell:				
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	180	-2,959	-3,159
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	190	-2,759	-2,771
Seitenverhältnis B/L ₁	1,12	210	-2,496	-2,381
Anzahl der Reihen n	5	240	-1,738	-1,125
Kollektoren in einer Reihe	10	270	-0,186	0,518
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	45	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

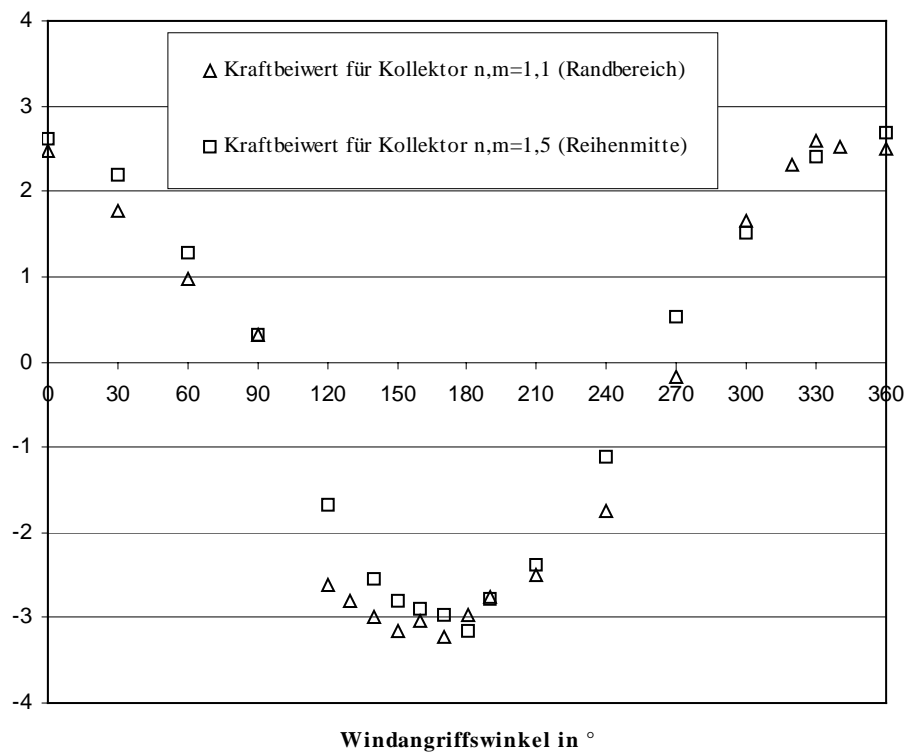


Bild 11.95: 10-a (3/79) und 10-b (3/79), industrielle Installation, 5 Kollektorreihen, 50 Kollektoren

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 H ₁ /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/L ₁	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

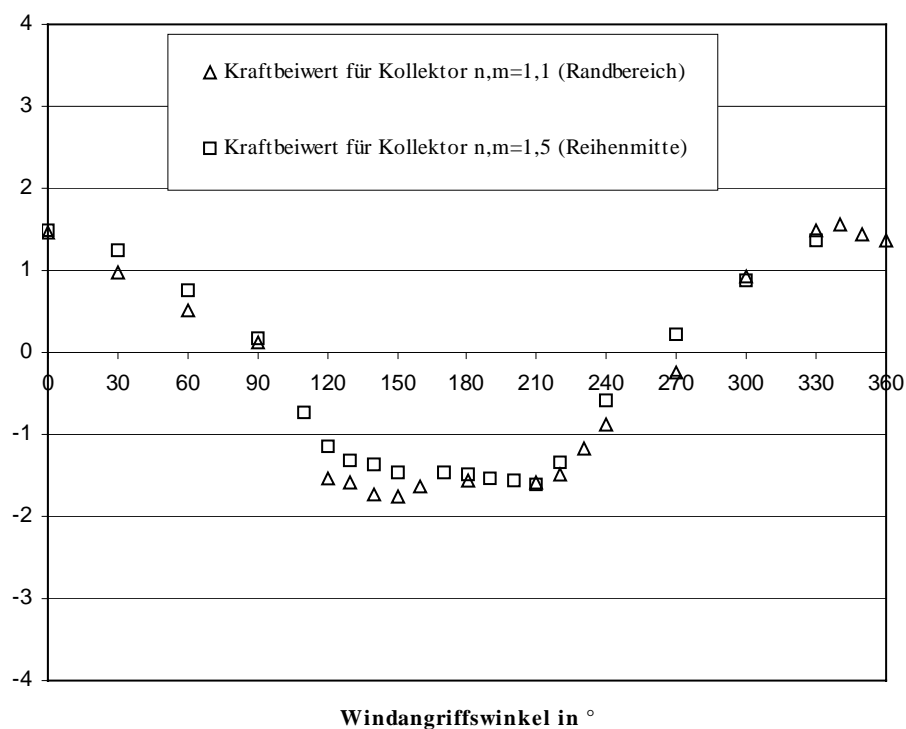


Bild 11.96: 10-c (3/79) und 10-d (3/79), industrielle Installation, 5 Kollektorreihen, 50 Kollektoren

Tabelle 11.84: 10-e (3/79) und 10-f (3/79), industrielle Installation, 5 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	3,135	3,506
Breite W in mm	n.a.	10		3,259
Seitenverhältnis L/W	n.a.	30	2,08	2,783
Seitenverhältnis H ₁ /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/L ₁	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
Kollektorfeldmodell:				
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	300	2,07	1,86
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	330	3,14	3,066
Seitenverhältnis B/L ₁	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

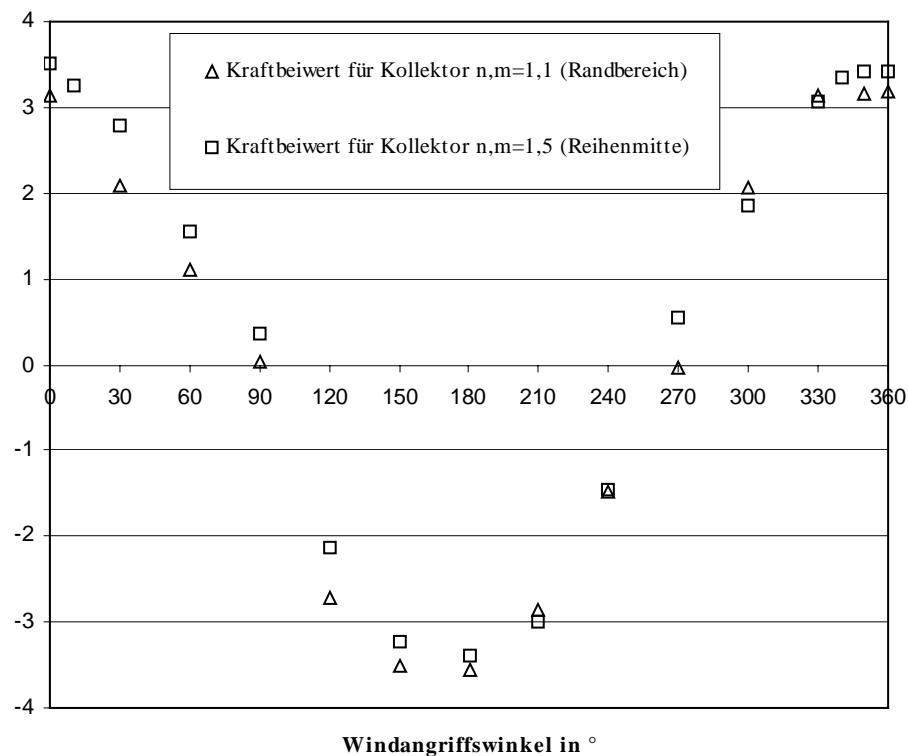


Bild 11.97: 10-e (3/79) und 10-f (3/79), industrielle Installation, 5 Kollektorreihen, 50 Kollektoren

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

Gebäudemodell:

Stockwerke	0
Breite W in mm	n.a.
Seitenverhältnis L/W	n.a.
Seitenverhältnis H ₁ /W	n.a.
Seitenverhältnis E/W	n.a.
Dachneigung a in °	n.a.
Abstandsverhältnis D/L ₁	n.a.

Kollektorfeldmodell:

Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5
Seitenverhältnis B/L ₁	1,12
Anzahl der Reihen n	5
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	1,875	2,023
30	1,275	1,553
60	0,649	0,854
90	0,022	0,196
100	-0,582	
110	-1,14	
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
270	-0,145	0,292
300	1,214	1,012
320	1,787	
330	1,951	1,74
340	2,004	1,965
350	1,914	
360	1,897	2,059

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe Kollektormitte

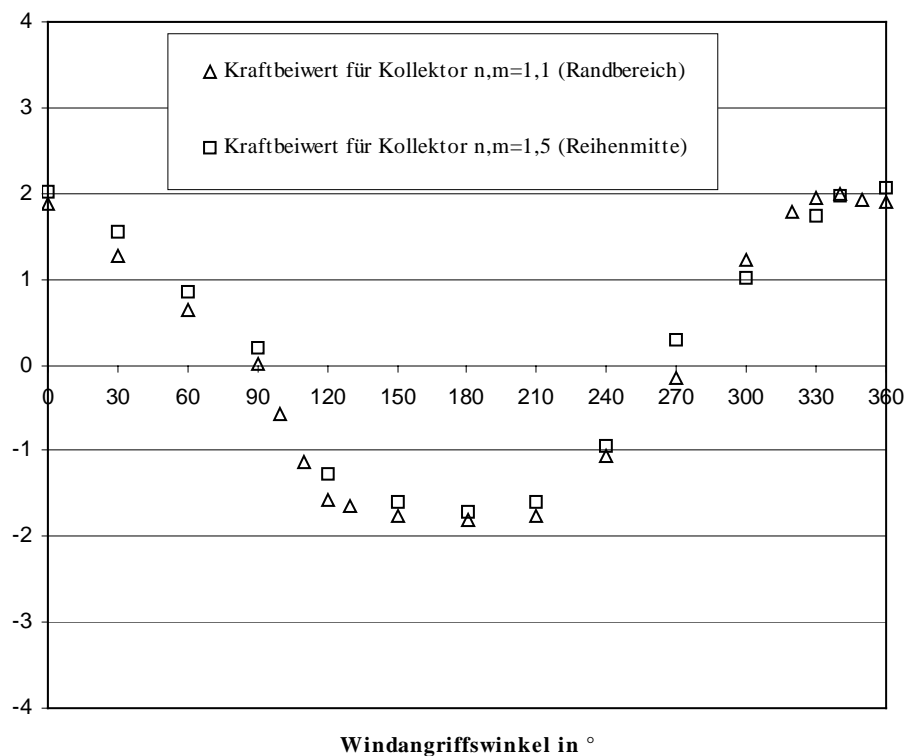


Bild 11.98: 10-g (3/79) und 10-h (3/79), industrielle Installation, 5 Kollektorreihen, 50 Kollektoren

Tabelle 11.86: 12-a (3/79) und 12-d (3/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 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 H ₁ /W	0,72	90	0,028	0,085
Seitenverhältnis H ₂ /W	1,02	120	-0,071	-0,137
Seitenverhältnis E/W	0,11	150	-0,137	-0,243
Dachneigung α in °	30	180	-0,082	-0,05
Abstandsverhältnis D/L ₁	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

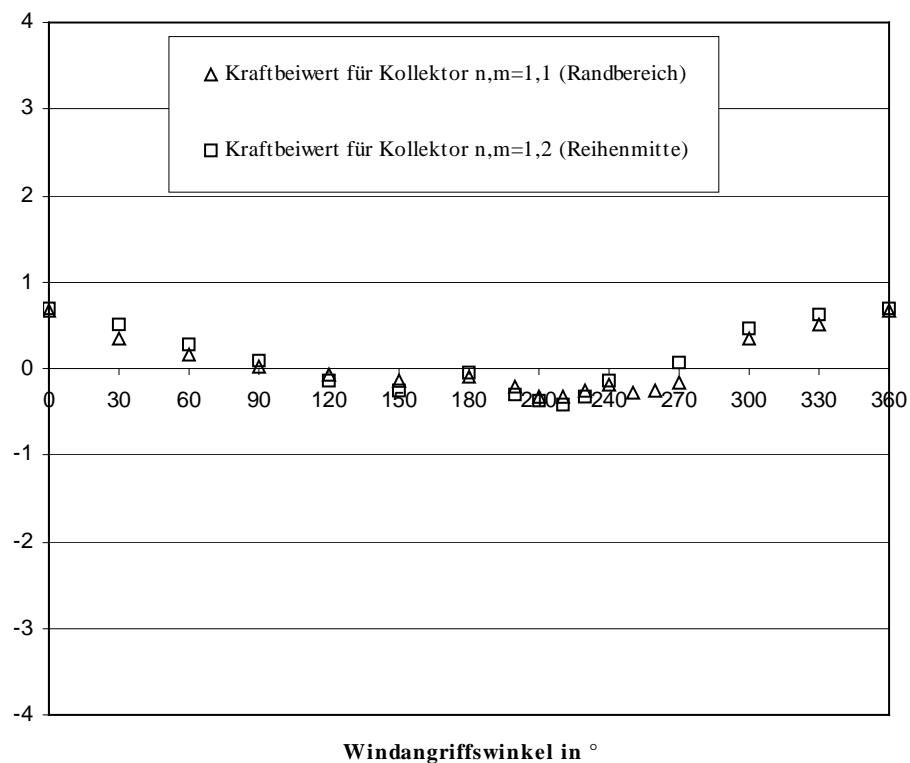


Bild 11.99: 12-a (3/79) und 12-d (3/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 4 Kollektoren

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

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	170
Seitenverhältnis L/W	1,2
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,72
Seitenverhältnis H ₂ /W	1,02
Seitenverhältnis E/W	0,11
Dachneigung a in °	30
Abstandsverhältnis D/L ₁	0,063

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

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
0	0,517
30	0,31
60	0,159
90	0,044
120	-0,056
150	-0,207
180	-0,054
210	-0,145
240	-0,351
270	-0,291
300	0,324
330	0,45
360	0,537

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

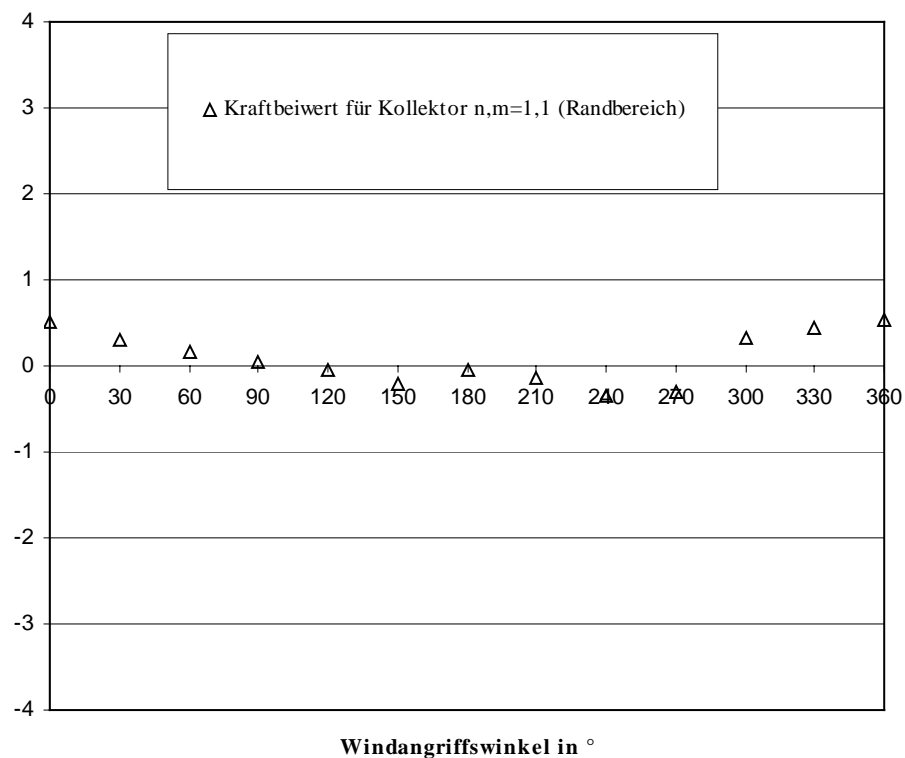


Bild 11.100: 12-b (7/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 4 Kollektoren

Tabelle 11.88: 12-c (11/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 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
		240	0,061
		270	0,094
		300	0,485
		330	0,754
		360	0,593

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

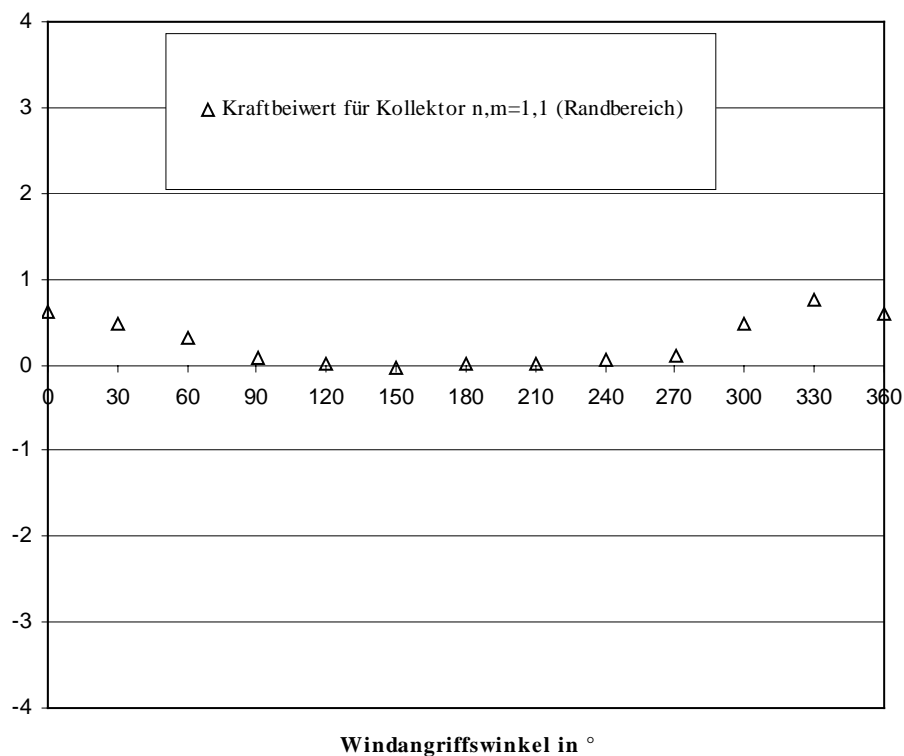


Bild 11.101: 12-c (11/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 4 Kollektoren

Tabelle 11.89: 12-e (3/79) und 12-f (3/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 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 H ₁ /W	0,72	90	0,029	0,064
Seitenverhältnis H ₂ /W	1,02	120	-0,089	-0,118
Seitenverhältnis E/W	0,11	150	-0,179	-0,211
Dachneigung α in °	30	180	-0,188	-0,019
Abstandsverhältnis D/L ₁	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	
Kollektorfeldmodell:		270	-0,063	0,115
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	280	0,057	
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	300	0,411	0,338
Seitenverhältnis C/L ₁	n.a.	330	0,526	0,674
Anzahl der Reihen n	1	360	0,606	0,813
Kollektoren in einer Reihe	4			
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	0			

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

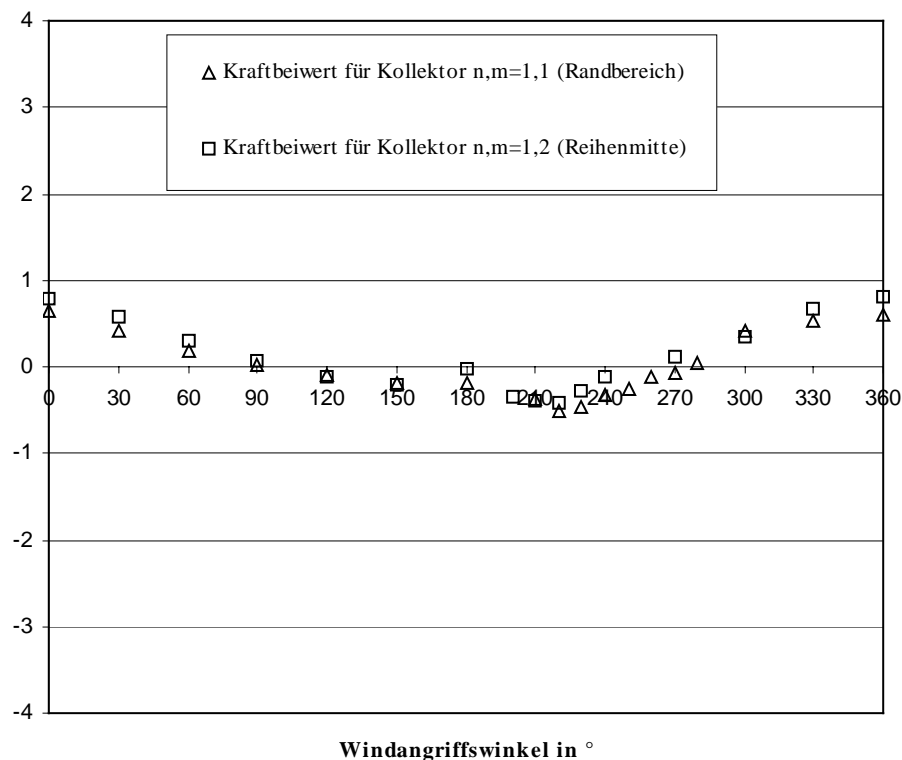


Bild 11.102: 12-e (3/79) und 12-f (3/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 4 Kollektoren

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

		Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,2 (Reihenmitte)
Gebäudemodell:				
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
Kollektorfeldmodell:				
Höhe des Kollektors L ₁ in mm	102	260	-0,58	
Seitenverhältnis W ₁ /L ₁	0,5	270	-0,105	0,062
Seitenverhältnis C/L ₁	n.a.	290	1,211	
Anzahl der Reihen n	1	300	1,826	0,86
Kollektoren in einer Reihe	4	310	1,694	
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30	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

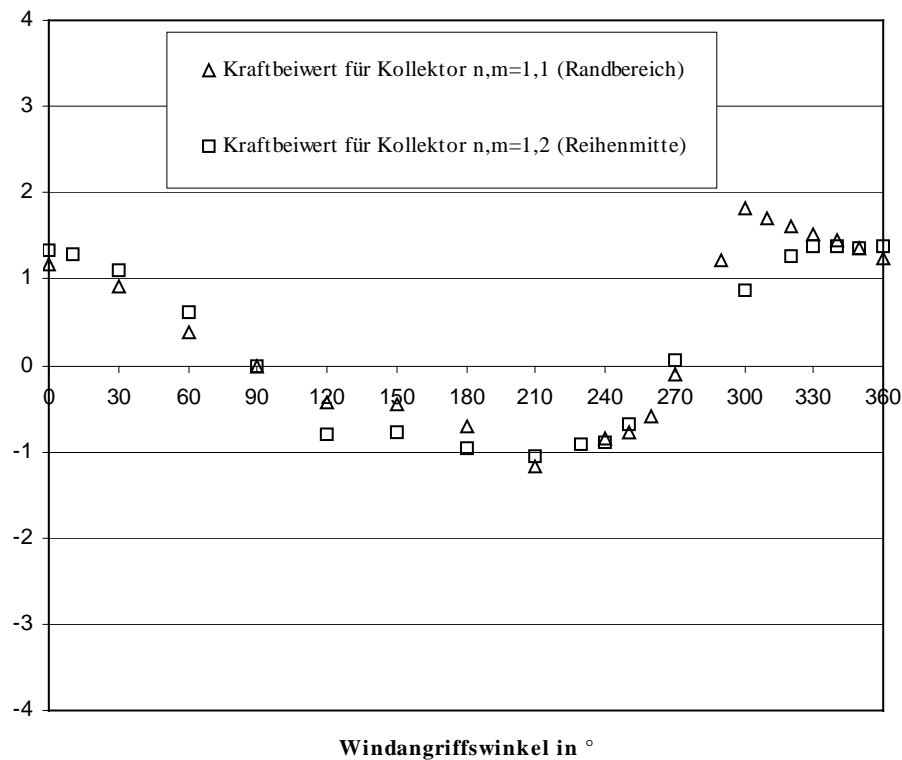


Bild 11.103: 12-g (3/79) und 12-j (3/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 4 Kollektoren

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

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	170
Seitenverhältnis L/W	1,2
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,72
Seitenverhältnis H ₂ /W	1,02
Seitenverhältnis E/W	0,11
Dachneigung a in °	30
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	n.a.
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	4
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
0	1,281
30	0,915
60	0,373
90	-0,054
120	-0,433
150	-0,456
180	-0,745
210	-1,102
240	-0,817
270	0,145
275	0,327
300	1,532
330	1,536
360	1,246

Koeffizienten basieren auf der Geschwindigkeitsmessung in Höhe der Dachspitze H₂

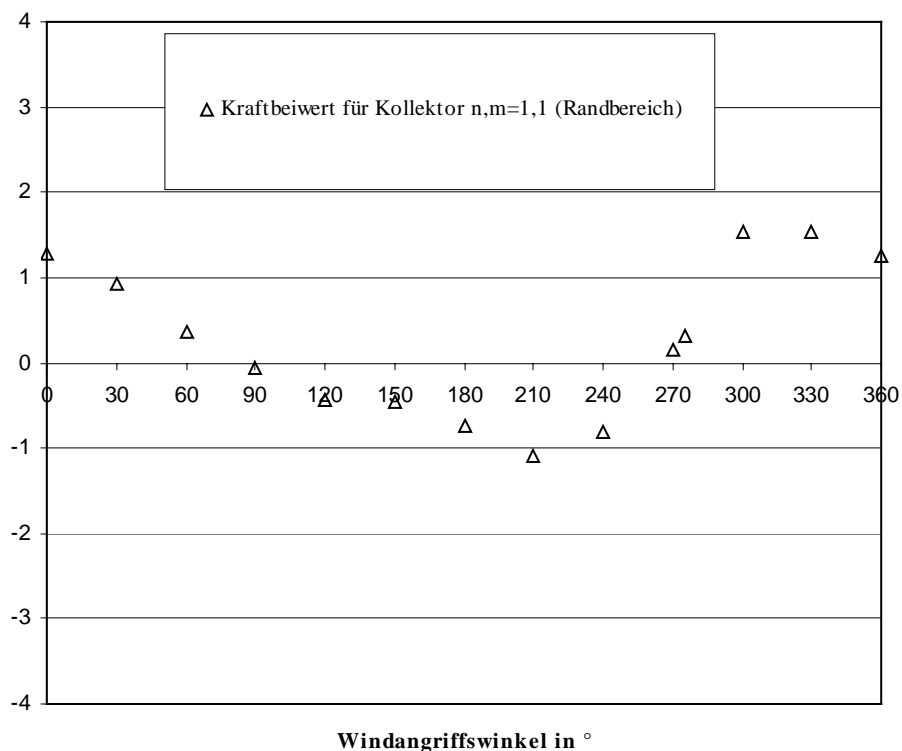


Bild 11.104: 12-h (7/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 4 Kollektoren

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

Gebäudemodell:

Stockwerke	1
Breite W in mm	170
Seitenverhältnis L/W	1,2
Seitenverhältnis H ₁ /W	0,72
Seitenverhältnis H ₂ /W	1,02
Seitenverhältnis E/W	0,11
Dachneigung α in °	30
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	n.a.
Anzahl der Reihen n	1
Kollektoren in einer Reihe	4
Winkel zwischen Dach und Kollektor in °	30

Windangriffswinkel in °	Kraftbeiwert für Kollektor n,m=1,1 (Randbereich)
0	1,286
30	1,022
60	0,414
90	-0,042
120	-0,636
150	-0,735
180	-0,994
210	-1,314
240	-0,933
270	0,174
300	2,044
330	1,804
360	1,234

Koeffizienten basieren auf der
Geschwindigkeitsmessung in Höhe der
Dachspitze H₂

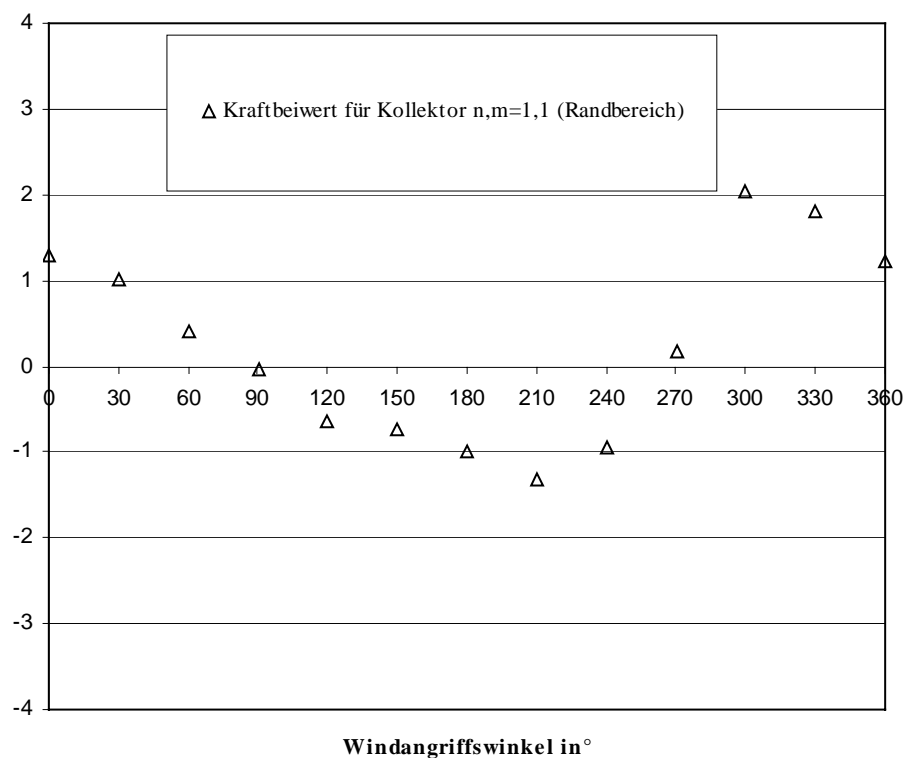


Bild 11.105: 12-i (11/79), Model des Price's Fork Experimentalgebäude, 1 Kollektorreihe, 4 Kollektoren