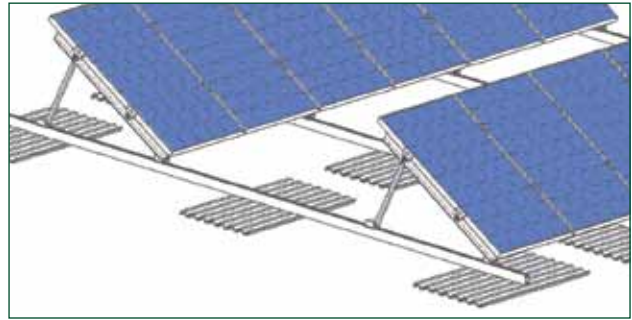


Flachdachmontage

Allgemeine Hinweise



Mit zunehmender Verbreitung der Photovoltaik gewinnen neben elektrischen Größen, Lebensdauer, Garantiezeiten usw. auch die Montagedetails immer mehr an Bedeutung. Wurden in der Anfangsphase die Module meist in kleiner Anzahl auf Dächer verbaut, gibt es inzwischen zahlreiche Montagevarianten für alle möglichen Dacharten und Aufstellungsformen bis hin zu großflächigen Industriedächern oder Freiflächenaufständern. Mit der zunehmenden Zahl von Anlagen versuchen auch Versicherungen aufgrund einer gewissen statistischen Häufung von Schadensfällen immer mehr, Einfluss auf Qualitätsstandards der Anlagen zu nehmen.

Den Flachdachmontagen, insbesondere Beschwerungslösungen kommt bei der Beurteilung von Schadensrisiken eine besondere Bedeutung zu. Während bei Montagefehlern auf Schrägdächern im Einzelfall Dachundichtigkeiten, Modulschäden oder Ertragsausfälle ein begrenztes Schadensrisiko darstellen, können bei unzureichenden Beschwerungen am Flachdach durchaus Gefahren für Dritte entstehen; bei Überlastung des Daches durch zu große Beschwerungslasten wiederum ist sogar das Risiko einer Dachüberlastung bis hin zum Einsturz zu berücksichtigen.

Die folgenden Hinweise sollen helfen, all diese Risiken für den Planer oder Installateur zu begrenzen und eine sichere und professionelle Projektierung ermöglichen.

1 Beschweren oder Befestigen Allgemeine Hinweise für Flachdachmontagen

In vielen Fällen werden gerade bei Flachdachanlagen in der Angebotsphase die betroffenen Dächer technisch wenig betrachtet. Pauschale kW-Angebote beinhalten oft eine Standard-Beschwerungslösung ohne vorherige Klärung, ob die Höhe der Beschwerungslasten realistisch ist und ob der Gebäudebestand überhaupt mit einer zusätzlichen Auflast durch das Gewicht der Module und der Tragkonstruktion, geschweige denn mit zusätzlichen Beschwerungslasten beaufschlagt werden kann. Es wird oft wenig berücksichtigt, dass Beschwerungsgewichte die Gesamtlast je nach Konstruktion um ein Vielfaches erhöhen und damit auf vielen vorhandenen Dächern kaum realisierbar sind.

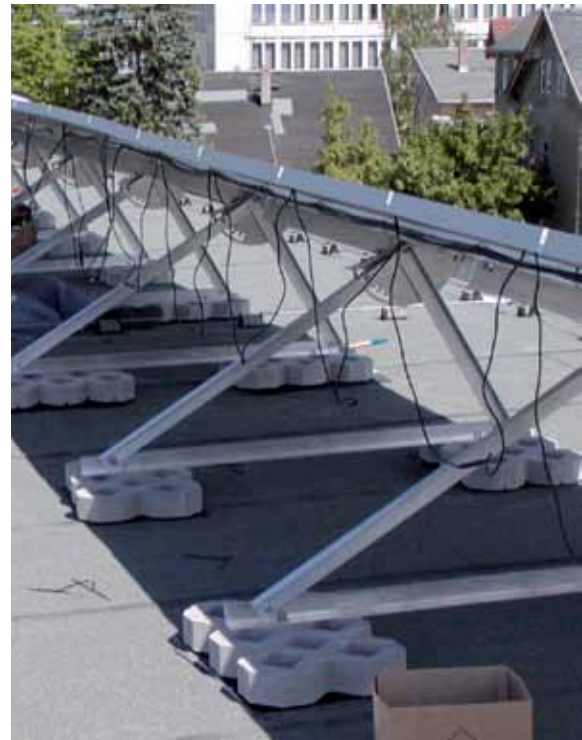
Für eine professionelle Angebotserstellung ist definitiv als erste und meist bessere Variante eine Befestigung der PV-Anlage an der Dachkonstruktion zu prüfen. Vorbehalte von Kunden gegen Durchdringungen der Dachhaut sind durch immer professionellere Montagedetails mit zuverlässigen Dichtlösungen nicht angebracht. Vielmehr sollte der Planer auch dem Kunden das sehr viel größere Risiko fehlerhaft projektierte Beschwerungslösungen darlegen bzw. die wirklich erforderlichen Beschwerungslasten vorlegen.

Stellt sich tatsächlich die Beschwerungslösung als die für das Objekt technisch bessere Variante heraus, so ist unbedingt eine rechnerische Bemessung der Beschwerungslast unter Berücksichtigung der geltenden Normen und aller individuellen Parameter notwendig. Gegebenenfalls ist durch eine Optimierung der mechanischen Konstruktionsdetails auch eine Minimierung der notwendigen Beschwerungslast möglich.

Eine Mischung von Beschwerungslösungen und Befestigungslösungen ist i.a. nicht zu empfehlen. Sie erfordert wegen der elastischen Verformungen im System eine aufwändige individuelle statische Berechnung im Einzelfall.



Beispielbild: Durch Kippen beschädigte Modulreihen auf einem Flachdach (unzureichende Beschwerung)
Quelle: Fachpresse



Beispielbild: Montage einer Flachdachkonstruktion mit vollkommen unzureichender Beschwerung
Quelle: Schletter GmbH

2 Technische Grenzen von Beschwerungslösungen Risikopotential für den Planer und Installateur

Während bei Montagefehlern auf Schrägdächern im Einzelfall Dachundichtigkeiten, Modulschäden oder Ertragsausfälle ein begrenztes Schadensrisiko darstellen, können bei **unzureichenden Beschwerungen** am Flachdach durchaus Gefahren für Dritte entstehen. Bei Überlastung des Daches **durch zu große Beschwerungslasten** wiederum ist sogar das Risiko einer Dachüberlastung bis hin zum Einsturz zu berücksichtigen. Fehlerhafte Auslegungen von Beschwerungslasten können also im Schadensfall durchaus mit einer potentiellen „Gefahr für Leib und Leben“ für Unbeteiligte verbunden sein. Eine Deckung solcher potentieller Schäden ist zwar im Allgemeinen durch Haftpflichtversicherungen gegeben; dies gilt aber nur solange keine grobe Fahrlässigkeit vorliegt. Eine Bestückung eines Flachdaches mit Betongewichten ohne jegliche Prüfung der statischen Belastbarkeit der Halle kann u.U. durchaus als Fahrlässigkeit ausgelegt werden.

Der Installateur hat also als Fachbetrieb die Beschwerung so nach allen Parametern (Dachhöhe, Windzone, Geländekategorie, Modulgröße usw.) zu dimensionieren, dass ein Abheben, Gleiten und Kippen absolut auszuschließen ist. Gerade die in den letzten Jahren zunehmenden Extremwetterlagen durch beginnende Klimaveränderung zeigen uns auch die hohe Priorität einer technisch sauberen und sicheren Projektierung.

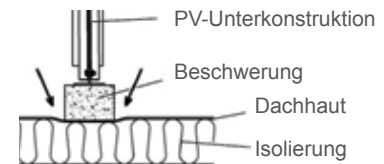
Die hier zusammengestellten Informationen sollen Möglichkeiten einer professionellen Projektierung aufzeigen.

2.1 Zulässige Punktlasten

Die zulässige Druckbelastung der vorhandenen Dachisolierung in Verbindung mit der darauf verlegten Dichtbahn begrenzt im Allgemeinen die maximal zulässige Punktlast (i.a. in kg/m² oder kN/m²). Bei der konstruktiven Dimensionierung der Beschwerungsgewichte ist darauf zu achten, dass diese maximale Punktlast nicht überschritten wird.

Mögliche Gefahren bei Überschreitung sind

- Nachgeben der Isolierung
- Einsinken der Beschwerung
- Überdehnung der Dachhaut
- Versprödung der Dachhaut
- Undichtigkeit



Durch geeignete flächige Verteilung kann die Punktbelastung begrenzt werden.

2.2 Zulässige Flächenlasten

Die zulässige Flächenlast (i.a. in kg/m² oder kN/m²) bezieht sich im Allgemeinen auf die gesamte Dachfläche oder auf Teile der Dachfläche. Vorgegeben wird die maximale Flächenlast durch die Tragfähigkeit der Konstruktion. Zu berücksichtigen ist dabei, dass neben dem Gewicht der Module, der Unterkonstruktion und der möglichen Beschwerungsgewichte auch die örtliche Norm-Schneelast zusätzlich aufgenommen werden muss.

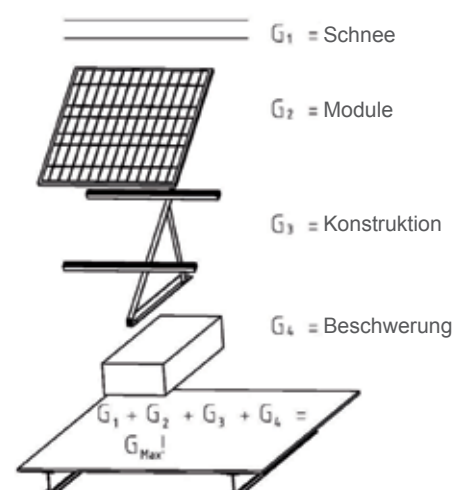
Der Installateur hat also anhand der vorhandenen Gebäudestatik genau zu prüfen, ob das zusätzliche Gewicht einer PV-Anlage und insbesondere einer Beschwerung von der Dachkonstruktion auch tatsächlich aufgenommen werden kann. Gerade nach den ersten Ereignissen des Winters 2005/2006 ist die Bedeutung dieser Dimensionierungsrichtlinien sicher jedem klar. Es ist zu berücksichtigen, dass nach den Vorgaben der neuen DIN 1055 oft sehr hohe Beschwerungen erforderlich werden, um eine Anlage ordnungsgemäß beschweren zu können.

Mögliche Gefahren bei Überschreitung der zul. Flächenlast sind

- Partielles Nachgeben der Dachkonstruktion
- Komplettes Nachgeben der Dachkonstruktion
- Gebäudeeinsturz
- Personenschäden

Möglichkeiten zur Begrenzung der Flächenlast

- Ausdünnung der Belegung
- Gezielte Anordnung der Modulreihen über Dachträgern
- Optimierung der Konstruktion



2.3 Bestandsschutz bei der Normumstellung

Ein weiterer wichtiger Punkt ist nach Änderung der DIN1055 der Bestandsschutz für Gebäude, die vor Bekanntwerden des neuen Normenwerks geplant wurden. Ein Standort im Süden Deutschlands kann z.B. statt bisher 1,2kN/m² Schneelast (entspricht ca. 120kg/m²) nach neuer Norm 1,6kN aufweisen. Eine vor der Normänderung gebaute Halle mit einer Belastbarkeit von z.B. 1,4kN hat weiterhin Bestandsschutz und muss nicht definitiv nachgerüstet werden.

Baut aber ein Fachbetrieb auf ein Dach mit Bestandsschutz eine PV-Anlage, so gelten für die Statikprüfung die neuen Belastungsrichtlinien, der Bestandsschutz erlischt mit der Montage zusätzlicher Einrichtungen bzw. mit den baulichen Veränderungen. Die gesamte Bemessung muss dann nach den neuen Normen erfolgen.

3 Dimensionierungskriterien für Beschwerungslösungen

3.1 Maßgebliche Normen

- DIN 1055 Lastannahmen an Bauten, Teil 4: Windlasten, Ausgabe 03/2005
- DIN 1055 Lastannahmen an Bauten, Teil 5: Schnee- und Eislasten, Ausgabe 06/2005
- DIN 1055-100 Einwirkungen auf Tragwerke, Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln, Ausgabe 03/2001
- Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke, Ausgabe 06/2002

3.2 Sonderwindlasten

Gemäß den oben angegebenen Normen können bei Projekten in speziellen Geländeformen keine Projektierungen nach Standardparametern erfolgen. Dies gilt insbesondere auch für Beschwerungslasten.

Liegen solche speziellen Geländeformen vor (z.B. Gebäude auf Anhöhen usw.), so hat eine gesonderte individuelle statische Berechnung zu erfolgen.

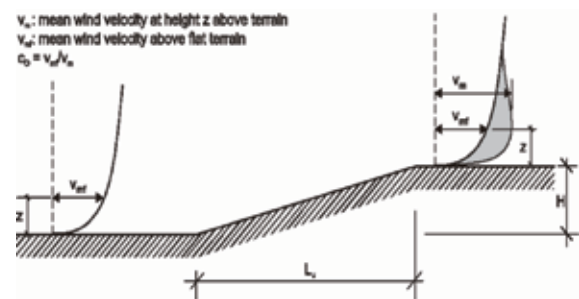


Figure A.1 — Illustration of increase of wind velocities over orography

3.3 Parameter zur Beschwerungsberechnung

Die notwendigen Parameter für eine Beschwerungsberechnung setzen sich zusammen aus den Konstruktionsdetails der vorgesehenen Modulaufständerung (Stützengeometrie, Trägerkonfiguration, Neigungswinkel, Modulordnung, zusätzliche Maßnahmen zur Windabweisung, Stützenabstand usw.) und den Geodätischen Details des vorgesehenen Standortes:

- Windzone gem. DIN 1055
- Geländekategorie gem. DIN 1055
- Höhe über NN
- Firsthöhe über Geländeoberkante
- ggfs. Attikahöhe
- gfs. exponierte Lage

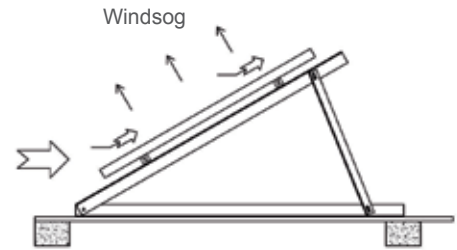
Die geodätischen Details müssen für eine Berechnung angegeben werden (sh. auch geodätische Checkliste, Schletter GmbH).

3.4 Lastermittlung

Eine Ermittlung der Windzone kann gemäß der Norm nur über die zugehörige Windzonenkarte erfolgen. Da dies jedoch recht ungenau und mit der nach Norm zur Verfügung stehenden Auflösung fast unmöglich ist, stellt die Schletter GmbH einen **Internetservice zur postleitzahlenbezogenen Lastermittlung (Windlasten, Schneelasten)** zur Verfügung.

3.5 Dimensionierung der Beschwerungslast Lastfall 1 - Windsog

Die Auslegung einer Beschwerungslast gegen Abheben durch Windsog stellt eine Minimalanforderung dar. Trifft eine Luftströmung mit der jeweils anzunehmenden Windgeschwindigkeit auf eine schräge Fläche, so tritt durch die unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeit auf der Ober- und Unterseite ein dynamischer Druckunterschied. Die Kraft, die der Druckunterschied auf der Fläche erzeugt, muss durch Beschwerung kompensiert werden, damit die Anordnung nicht abhebt.



Die Dimensionierung der Beschwerung gegen Abheben war über einen langen Zeitraum das einzige Kriterium für die Auswahl der Beschwerungslasten. Dies wurde teilweise auch durch Prüfinstitute so toleriert, da sich bei dieser Auslegung bereits recht hohe Lasten ergeben. Statik-Tabellen von Montagesystemherstellern geben auch meist diese Minimalanforderung an; für optimierte Konstruktionen kann so eine Tabelle auch ohne weiteres ausreichend sein.

In jedem Fall kann eine solche Tabelle zur groben **Klärung der Minimallasten verwendet werden**. Der Installateur kann mit Hilfe dieser Tabelle ohne eine weitere aufwändige Berechnung klären, ob das Flachdach für diese minimale Belastbarkeit geeignet ist, ob eine weitere Verfolgung einer Beschwerungslösung sinnvoll sein kann, oder ob generell Alternativlösungen gewählt werden müssen.

Anwendungstabelle die erforderlichen Auflasten gegen Abheben infolge Windsogwirkung

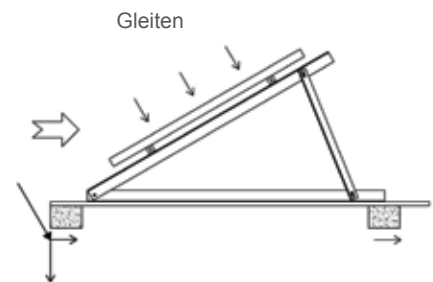
Auflasten	Modulhöhe	Neigung	Windzone 1: h ≤ 10 m (q = 0,55 kN/m²)												Windzone 2: 10 < h ≤ 18 m (q = 0,80 kN/m²)												Windzone 3: 18 < h ≤ 25 m (q = 1,10 kN/m²)											
			Achsenabstand der Stütznamen [m]				Achsenabstand der Stütznamen [m]				Achsenabstand der Stütznamen [m]				Achsenabstand der Stütznamen [m]				Achsenabstand der Stütznamen [m]				Achsenabstand der Stütznamen [m]															
			0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50				
0,75	20	43	57	72	86	100	115	129	143	54	72	90	108	126	144	162	180	76	102	127	153	178	204	229	254	98	131	164	197	230	263	296	329					
	30	52	69	87	104	121	139	156	173	65	87	108	130	152	174	195	217	89	122	152	183	213	244	274	305	115	153	191	229	267	305	343	381					
	40	45	60	76	91	106	121	136	151	57	76	95	114	133	152	171	190	78	107	134	161	187	214	241	268	102	135	172	209	246	283	320	357					
	50	37	50	62	75	87	99	112	124	47	63	78	94	110	126	141	157	64	89	111	133	155	178	200	222	85	113	140	167	194	221	248	275					
	60	29	37	46	56	65	74	84	93	38	51	63	76	89	102	115	128	51	68	84	101	118	135	152	169	68	91	113	135	157	179	201	223					
1,00	20	57	77	96	115	134	153	172	191	72	96	120	144	168	192	217	241	97	130	163	196	229	262	295	328	122	161	194	227	260	293	326	359					
	30	68	92	115	139	162	185	208	231	87	116	145	174	203	231	260	289	115	154	187	220	253	286	319	352	142	182	215	248	281	314	347	380					
	40	60	81	101	121	141	161	181	202	76	101	127	152	177	203	228	253	102	133	163	193	223	253	283	313	127	163	193	223	253	283	313	343					
	50	55	74	92	111	129	148	166	184	70	93	116	139	163	186	209	232	93	124	154	184	214	244	274	304	118	157	187	217	247	277	307	337					
	60	50	66	83	99	116	132	149	165	63	84	105	126	146	167	188	209	85	118	148	178	207	237	266	295	110	148	178	207	237	266	295	324					
1,20	20	69	92	115	138	161	184	207	230	87	116	144	173	202	231	260	289	115	153	191	229	267	305	343	381	142	181	214	247	280	313	346	379					
	30	83	111	139	166	194	222	249	277	104	139	174	208	243	278	312	347	132	171	204	237	270	303	336	369	157	196	229	262	295	328	361	394					
	40	73	97	121	145	169	194	218	242	91	120	152	182	213	244	274	304	118	157	190	223	256	289	322	355	143	182	215	248	281	314	347	380					
	50	66	89	111	133	155	177	199	221	84	111	139	165	194	223	251	279	109	148	181	214	247	280	313	346	134	173	206	239	272	305	338	371					
	60	60	79	99	119	138	158	178	198	75	100	125	150	176	201	226	251	97	127	157	187	217	247	277	307	122	161	191	221	251	281	311	341					
1,50	20	90	122	153	184	214	245	275	306	116	154	193	231	270	308	347	385	143	181	219	257	295	333	371	409	168	206	244	282	320	358	396	434					
	30	111	148	185	222	259	296	332	369	139	185	231	276	324	370	417	463	168	206	244	282	320	358	396	434	193	231	269	307	345	383	421	459					
	40	97	129	161	194	226	258	290	323	122	162	203	243	284	324	365	405	151	190	228	266	304	342	380	418	176	214	252	290	328	366	404	442					
	50	89	119	148	177	207	236	266	295	111	149	186	223	260	297	334	371	137	175	212	249	286	323	360	397	162	199	236	273	310	347	384	421					
	60	79	100	132	159	185	212	238	265	100	134	167	201	234	268	301	334	124	169	203	237	271	305	339	373	149	183	217	251	285	319	353	387					

Beispieltabelle für Auflasten gegen Windsog - Systemstatik Schletter GmbH

3.6 Dimensionierung der Beschwerungslast Lastfall 2 - Gleiten

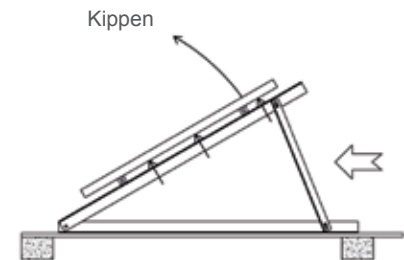
Neben der abhebenden Kraft erzeugt die Luftströmung einen Staudruck auf der schrägen Fläche. Durch vektorielle Zerlegung der entstehenden Druckkraft ergibt sich eine parallel zum Dach wirkende Schubkraft auf die Konstruktion. Bei einer reinen Beschwerungslösung muss, damit die Modulreihen nicht am Dach verschoben werden, diese Schubkraft alleine durch Reibung an der Dachoberfläche kompensiert werden. Wegen der oft recht ungünstigen und unkalkulierbaren Reibungskoeffizienten der Dachhaut kann die notwendige Auflast u.U. ein Mehrfaches der Last gegen Windsog betragen.

Eine Vermeidung der zusätzlich notwendigen Last kann durch Sichern der Reihen oder durch Verbinden der Reihen möglich sein.



3.7 Dimensionierung der Beschwerungslast Lastfall 3 - Kippen

Insbesondere bei Wind von hinten, bei kurzer Länge der Stützenbasis, bei hoher Schwerpunktlage kann eine Einzelreihe am Dach auch Kippen. Damit auch ein von Norden kommender Wind beherrschbar ist, muss auch dieser Fall voll berücksichtigt werden. Die zur Vermeidung des Kippens notwendige Last kann ein Mehrfaches der Last gegen Windsog betragen. Eine Minimierung der notwendigen Beschwerungslast in der Einzelreihe ist möglich durch gut verteilte Lasten, breite Standbasis oder Windschotts; weitere konstruktive Möglichkeiten bestehen durch die Kopplung mehrerer Reihen.



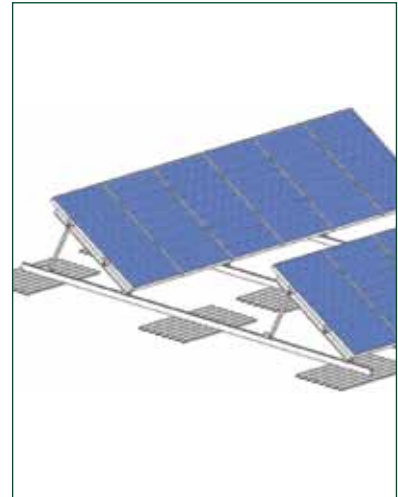
4 Optimierung der Beschwerungslasten Konstruktive Möglichkeiten

Die nach den genannten Normen ermittelten Beschwerungswerte sind oft aufgrund der begrenzten Tragfähigkeit der Dächer nicht realisierbar. Eine Begrenzung der notwendigen Beschwerungslasten ist durch verschiedene konstruktive Anpassungen realisierbar.

4.1 Verbindung der Einzelreihen

(Konstruktionsbeispiel Schletter CompactVario)

Durch die Verbindung der Einzelreihen mit einem durchgehenden Lastverteilungsträger kann das Kippen von Einzelreihen vollkommen ausgeschlossen werden. Die Beschwerungslast gegen Kippen kann in diesem Falle vollkommen ignoriert werden. Der Lastverteilungsträger ist so auszulegen, dass das mögliche Kippmoment einer Einzelreihe ohne plastische Verformung aufgenommen werden kann. Auch ein Gleiten der Einzelreihen ist bei dieser Konstruktion erschwert, die Auflast gegen Gleiten könnte wegen der gegenseitigen Windschattung der Reihen je nach Reihenanzahl um ca. 20% bis annähernd 40% reduziert werden. Eine Dimensionierung ausschließlich mit der Beschwerungslast gegen Windsog ist möglich, wenn das Gleiten konstruktiv durch Sichern am Dach (z.B. Anstehen des Lastverteilungsträgers an der Attika) verhindert werden kann.



4.2 Optimierung des Winkels und Kippvermeidung durch Windschott

(Konstruktionsbeispiel Schletter WindSafe)

Die Auslegung einer Beschwerungslast gegen Kippen ist bei einer nach hinten abgeschlossener Reihe nicht notwendig, da der „Unterwind“ vermieden wird. Zusätzlich kann durch Optimierung des Aufstellwinkels die aufzubringende Last weiter minimiert werden.



4.3 Optimierung von Geometrie und Lastverteilung

(Konstruktionsbeispiel Schletter SolRack)

Bei einer Platzierung der Reihen im Kiesbett eines Flachdaches kann die Berücksichtigung des Gleit-Falles entfallen. Weiterhin ist die Kippneigung durch die größere Stützenbasis vermindert und die rechnerische Beschwerung gegen Kippen dadurch minimiert. Eine weitere Reduzierung kann durch unsymmetrische Verteilung der Kies-Last (hinten 2/3, vorne 1/3) erreicht werden. Somit können auch in diesem Beispiel für das Dach noch realisierbare Lasten für die Beschwerung ausreichen.



5 Softwaregestützte Berechnung auf Basis der gültigen Normen Berechnungsbeispiele

Eine professionelle Projektierung von Beschwerungslösungen am Flachdach ist gerade mit Einführung der neuen Normen und der vielen verschiedenen Parameter nur mit Software-Hilfsmitteln möglich. Zur Verdeutlichung der Funktionsweise sollen einige Beispiele dienen. Alle Beispiele sind rein informativ ohne Anspruch auf technische Richtigkeit.

Beispielrechnungen siehe Anhang.

Vergleich der Berechnungsbeispiele

Die Beispiele sollen die Anwendung der Beschwerungsangaben und die Möglichkeiten der Konstruktionsoptimierung verdeutlichen.

In allen Beispielen sind die sonstigen Parameter (PLZ, Ort, Elementhöhe, Modulneigung, Dachhöhe, Stützenabstand, Geländekategorie usw.) konstant, um den Vergleich der verschiedenen Konstruktionsvarianten zu ermöglichen.

Beispiel1

In Beispiel 1 ist eine einfache einreihige Aufstellung gewählt.

- Für den Nachweis gegen Abheben wären 2x77,2 kg pro Stütze (gemäß Grafik jeweils vorne und hinten) notwendig; dies ist auch der Wert, der in vereinfachter Form in den Tabellen gem. 3.5 ablesbar ist.
- Der Gleitnachweis erfordert 2x129,5 kg.
- Der Kippnachweis erfordert 141,2 plus 251,4 kg. Bei einem Stützenabstand von gewählten 1,4 m sind dies ca. 280kg pro Laufmeter Modulreihe.
- Die Maximallast der drei Nachweise ist die notwendige Beschwerungslast.

Beispiel2

In Beispiel 2 ist „Horizontalfixierung“ und „Kopplung der Modulreihen“ ausgewählt. Dies entspricht z.B. der Konstruktion nach Pkt. 4.1.

- Es ist lediglich die Beschwerungslast von 2x77,2 kg pro Stütze aufzubringen, dies entspricht ca. 110kg pro Laufmeter Modulreihe.

Beispiel3

Im Vergleich zu Beispiel 1 sind hier keine Einzelgewichte, sondern ein festes Gewicht zentrisch unter der Stütze angebracht. Die im Beispiel 1 bereits optimierte Gewichtsverteilung gegen das Kippen muss hier durch Zusatzlast kompensiert werden.

- Der Kippnachweis erfordert hier 502,8 kg (statt 141,2 plus 251,4 kg wie in Beispiel 1). Bei einem Stützenabstand von gewählten 1,4 m sind dies ca. 360kg pro Laufmeter Modulreihe.

Beispiel4

Beispiel 4 entspricht Beispiel 2, jedoch mit zusätzlichem Windschott.

- Es ist lediglich die Beschwerungslast von 2x37,3 kg pro Stütze aufzubringen, dies entspricht ca. 53kg pro Laufmeter Modulreihe.
- Hier ist die Minimierung der Auflast durch Konstruktionsoptimierung deutlich erkennbar.**

6 Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Projektierungshilfe soll die Auswahl der geeigneten Befestigungsvarianten am Flachdach erleichtert werden. Zur Begrenzung des Risikos ist für den Planer und Installateur ist eine absolut professionelle Projektierung gerade bei Flachdächern unerlässlich! In vielen Fällen muss aber auch zur Kenntnis genommen werden, dass Flachdachbefestigungen mit Beschwerungslösungen trotz der Möglichkeit der Konstruktionsoptimierung ganz einfach an der Dachtragfähigkeit scheitern und somit auch keinesfalls realisiert werden dürfen! In solchen Fällen ist entweder eine Befestigungslösung als Alternative zu wählen oder auch das ein oder andere Angebot als nicht realisierbar zu akzeptieren.

Das Ziel aller gemeinsamen Bemühungen muss sein, die Montagequalität langfristig weiter zu erhöhen, das Gewährleistungsrisiko für Anlageninstallateur soweit als möglich zu reduzieren und insbesondere die hervorragende Akzeptanz von Solarenergieanlagen in der Öffentlichkeit weiter zu erhalten.

7 Anhang - Berechnungsbeispiele

Beispiel 1

Kalkulationsblatt Anlage 6: Auflastberechnung

Stand: 01.04.2006
Version: 4

Vorbemerkungen

Die nachstehenden Berechnungen gelten für reguläre Bedingungen. Bei Standorten mit speziellen Geländeformationen sind ergänzende Untersuchungen bezüglich der anzusetzenden Windlasten erforderlich.

Kunde	Mustermann	
Auftrag	815	
Postleitzahl Bauort	83527	Haag in Oberbayern
48,1762 ° nördl. Breite		
12,1729 ° westl. Länge		
Elementneigung	30	<input type="text"/>
Elementhöhe	h 1,60	m <input type="text"/>
Höhe ü.N.N.	H 500	m <input type="text"/>
Firshöhe über GOK	z 9,00	m <input type="text"/>
Abstand Stützrahmen a	1,4	m <input type="text"/>
Überstand Querträger u _l	0,50	m <input type="text"/>
Basisbreite B	1,545	m <input type="text"/>
Schwerpunktabstand s _w	0,822	m <input type="text"/>
Attikahöhe	h _a 0	m <input type="text"/>

Ballastierungstyp Punktlasten

Lastannahmen nach DIN 1055

Elementgewicht g 0,15 kN/m²

Schneelast s 1,28 kN/m²

Geländekategorie IV (neben stehende Bilder)

Städtegebiete, bei denen mindestens 15 % der Fläche mit Gebäuden bebaut sind, deren mittlere Höhe 15 m überschreitet

Böengeschw.-druck q 0,41 kN/m²

erforderliche Balastierung Gleitbeiwert $\mu = 0,4$

	vorn	hinten	Auskrägung der Basis
Kippnachweis	141,2 kg	251,4 kg	<input type="text"/> 0 cm
Gleitnachweis	129,5 kg	129,5 kg	<input type="text"/> 0 cm
Nachweis gegen Abheben	77,2 kg	77,2 kg	

Die ausgewiesenen Ballastierungsgrößen gelten für die jeweils erste Innenstütze von Durchlaufträgern

Reduzierung der Ballastierung bei weiteren Innenstützen auf: 80 %

Reduzierung der Ballastierung bei Randstützen auf: 76 %

Beispiel 2

Kalkulationsblatt Anlage 6: Auflastberechnung

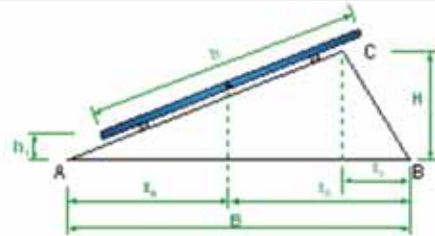


Stand 01.04.2006
Version 4

Vorbemerkungen

Die nachstehenden Berechnungen gelten für reguläre Bedingungen. Bei Standorten mit speziellen Geländeformationen sind ergänzende Untersuchungen bezüglich der anzusetzenden Windlasten erforderlich.

Kunde **Mustermann**
Auftrag **815**
Postleitzahl Bauort **83527** Haag in Oberbayern
48,1762 °nördl. Breite
12,1729 °westl. Länge
Elementneigung **30**
Elementhöhe **1,60** m
Höhe ü.N.N. **500** m
Firsthöhe über GOK **9,00** m
Abstand Stützrahmen **1,4** m
Überstand Querträger **0,50** m
Basisbreite **B** **1,545** m
Schwerpunktastand **x_a** **0,822** m
Attikahöhe **h_a** **0** m



Ballastierungstyp **Punktsorten**

Lastannahmen nach DIN 1055

Elementgewicht **g** **0,15** kN/m²
Schneelast **s** **1,28** kN/m²
Geländekategorie **IV** (neben stehende Bilder)

Stadtgebiete, bei denen mindestens 15 % der Fläche mit Gebäuden bebaut sind, deren mittlere Höhe 15 m überschreitet

Böengeschw.-druck **q** **0,41** kN/m²
erforderliche Ballastierung Gleitbeiwert $\mu = 0,4$



Kippnachweis
Gleitnachweis

Nachweis gegen Abheben **77,2** kg **77,2** kg erf W = 10 cm² (Grundträger)

Die ausgewiesenen Ballastierungsgrößen gelten für die jeweils erste Innenstütze von Durchlaufträgern

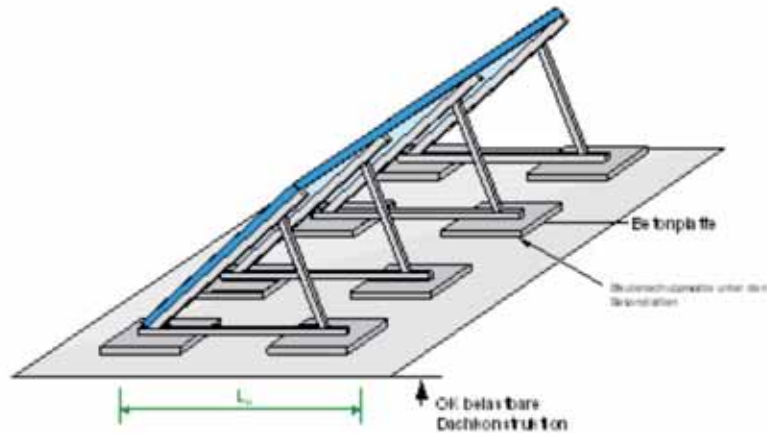
Reduzierung der Ballastierung bei weiteren Innenstützen auf: **80 %**

Reduzierung der Ballastierung bei Randstützen auf: **76 %**

- Rückseite geschlossen
- Horizontalfixierung (am Dach)
- Kopplung der Modulreihen

Ausragung der Basis

0 cm
0 cm



Beispiel 3

Kalkulationsblatt Anlage 6: Auflastberechnung

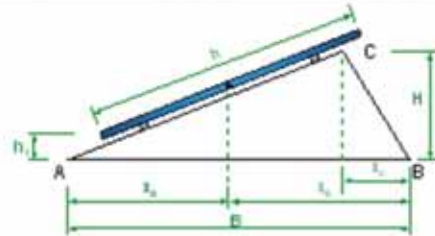


Stand 01.04.2006
Version 4

Vorbemerkungen

Die nachstehenden Berechnungen gelten für reguläre Bedingungen. Bei Standorten mit speziellen Geländeformationen sind ergänzende Untersuchungen bezüglich der anzusetzenden Windlasten erforderlich.

Kunde: Mustermann
Auftrag: 815
Postleitzahl Bauort: 83527 Haag in Oberbayern
48,1762 ° nördl. Breite
12,1729 ° westl. Länge
Elementneigung: 30
Elementhöhe h: 1,60 m
Höhe ü.N.N. H: 500 m
Firsthöhe über GOK z: 9,00 m
Abstand Stützrahmen a: 1,4 m
Überstand Querträger s_u : 0,50 m
Basisbreite B: 1,545 m
Schwerpunkt Abstand s_w : 0,822 m
Attikahöhe h_a : 0 m



Ballastierungstyp: Streckenlasten

Lastannahmen nach DIN 1055

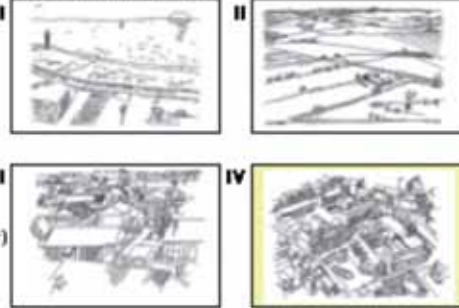
Elementgewicht g: 0,15 kN/m²
Schneelast s: 1,28 kN/m²
Geländekategorie: IV (neben stehende Bilder)

Stadtgebiete, bei denen mindestens 15 % der Fläche mit Gebäuden bebaut sind, deren mittlere Höhe 15 m überschreitet

Böengeschw.-druck q: 0,41 kN/m²

erforderliche Balastierung Gleitbeiwert $\mu = 0,4$

Geländekategorien



- Rückseite geschlossen
- Horizontalfixierung (am Dach)
- Kopplung der Modulreihen

Auskrägung der Basis

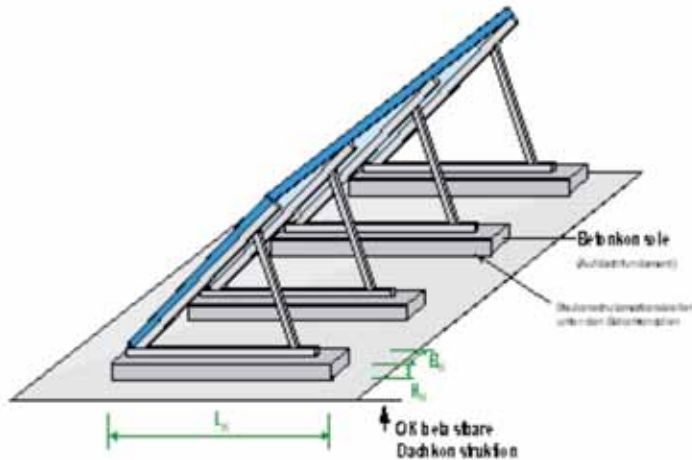
0 cm
0 cm

Streckenlast
Kippnachweis: 502,8 kg
Gleitnachweis: 259,0 kg
Nachweis gegen Abheben: 154,4 kg

Die ausgewiesenen Ballastierungsgrößen gelten für die jeweils erste Innenstütze von Durchlaufträgern

Reduzierung der Ballastierung bei weiteren Innenstützen auf: 80 %

Reduzierung der Ballastierung bei Randstützen auf: 76 %



Beispiel 4

Kalkulationsblatt Anlage 6: Auflastberechnung

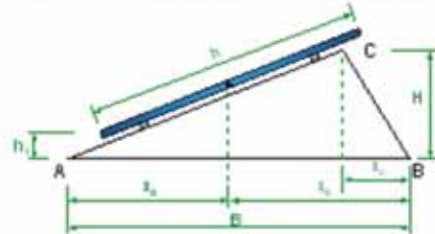


Stand 01.04.2006
Version 4

Vorbemerkungen

Die nachstehenden Berechnungen gelten für reguläre Bedingungen. Bei Standorten mit speziellen Geländeformationen sind ergänzende Untersuchungen bezüglich der anzusetzenden Windlasten erforderlich.

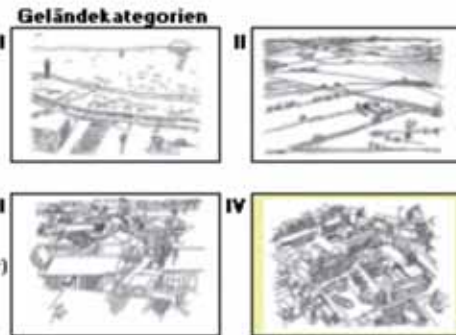
Kunde Mustermann
Auftrag 815
Postleitzahl Bauort 83527 Haag in Oberbayern
48,1762 ° nördl. Breite
12,1729 ° westl. Länge
Elementneigung 30
Elementhöhe h 1,60 m
Höhe ü.N.N. H 500 m
Firsthöhe über GOK z 9,00 m
Abstand Stützrahmen a 1,4 m
Überstand Querträger s_w 0,50 m
Basisbreite B B 1,545 m
Schwerpunkt Abstand s_a 0,822 m
Attikahöhe h_a 0 m



Ballastierungstyp Punktlasten

Lastannahmen nach DIN 1055

Elementgewicht g 0,15 kN/m²
Schneelast s 1,28 kN/m²
Geländekategorie IV (neben stehende Bilder)



Stadtgebiete, bei denen mindestens 15 % der Fläche mit Gebäuden bebaut sind, deren mittlere Höhe 15 m überschreitet

Böengeschw.-druck q 0,41 kN/m²
erforderliche Ballastierung Gleitbeiwert $\mu = 0,4$

- Rückseite geschlossen
- Horizontalfixierung (am Dach)
- Kopplung der Modulreihen

Kippnachweis
Gleitnachweis

vorn hinten

Auskragung der Basis

Nachweis gegen Abheben 37,3 kg 37,3 kg erf W = 2 cm³ (Grundträger)

Die ausgewiesenen Ballastierungsgrößen gelten für die jeweils erste Innenstütze von Durchlaufträgern

Reduzierung der Ballastierung bei weiteren Innenstützen auf: 80 %

Reduzierung der Ballastierung bei Randstützen auf: 76 %

