

Bericht WKT1-KGe-170822-E

Marktanalyse Montagesysteme

Bericht und Abschluss AP 3.1 im Projekt “KoST”

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Bericht und Abschluss des Arbeitspakets AP 3.1 „IST-Analyse Montageequipment und Montagegestelle“ im Rahmen des geförderten Verbundprojekts Kostenreduktion in der Solarthermie durch standardisierte Komponenten und Schnittstellen „KoST“.

Teilprojekt: MCSt

Förderkennzeichen: 0325860B

bearbeitet von:

Konstantin Geimer

19. Dezember 2017

Anschrift:

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Heidenhofstrasse 2

79110 FREIBURG

Deutschland

Inhalt

1	Literaturquellen und Datengrundlage.....	4
1.1	Marktrelevanz der hinterlegten Hersteller bzw. Anbieter.....	5
2	Ziel der Marktanalyse	6
3	Generische Auswertung	7
3.1	Anzahl Montagelagen.....	9
3.2	Material und Eigengewicht.....	10
4	Auswertung unter Standardisierungsaspekten	11
4.1	Allgemeiner Standardisierungsgrad und Identität als eigenständiges Produkt	11
4.2	Einsatz von Standard Industrieprofilen.....	13
4.3	Vergleich zulässige Einsatzgebiete bzw. Belastungsgrenzen und deren Dokumentation	16
4.4	Aspekte der Auslegung und deren Validierung	19
4.5	Zertifizierung von Komponenten oder dem Gesamtsystem bzw. Erfüllung einschlägiger Vorschriften / Standards	21
5	Installationsfreundlichkeit und Komponentenreduktion.....	23
6	Fazit	31
7	Literaturverzeichnis	34

Dieser Bericht umfasst 36 Seiten. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse darf nicht unvollständig oder im sinnentstellenden Zusammenhang erfolgen.

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
Abteilung Wärme und Kältetechnik

Freiburg, 19. Dezember 2017

Konstantin Geimer
Projektleitung



1 Literaturquellen und Datengrundlage

Die vorliegende Markanalyse stützt sich im Wesentlichen auf eine bereits vorhandene ältere Herstellerübersicht für Photovoltaik (PV) Schrägdachmontagesysteme (pv magazine 2013) sowie eine ergänzende online-Recherche zu namhaften PV Montagesystemherstellern, Solarthermie (ST) Kollektor- bzw. Montagesystemherstellern auf Basis der im Internet verfügbaren Dokumentation. Zusätzlich wurde auf Werte aus Datenblättern der Solar Keymark Datenbank (www.solarkeymark.dk) verwiesen.

In einigen Fällen sind die Einträge auch Ergebnisse aus dem Direktkontakt mit dem entsprechenden Hersteller. Auf Grund dieser heterogenen Verteilung ist die Quelle für jeden Eintrag explizit hinterlegt und damit nachvollziehbar.

In Bezug zur Richtigkeit und Aktualität der Angaben wurde der online abrufbaren Herstellerdokumentation bzw. Infos aus dem Direktkontakt die höchste Plausibilität eingeräumt. Teilweise beziehen sich die Inhalte auch auf mehrere Quellen.

Die Informationen/Dokumentationen der ST Montagesysteme basieren zu rund 70 % aus online Recherchen und etwa 30 % aus Direktkontakten. Im Falle der Daten für die PV Montagesysteme wurden 90 % aus der genannten Marktübersicht (pv magazine 2013) übernommen, und rund 10 % aktuell online recherchiert. Dabei wurde auch stichprobenartig überprüft inwiefern die Produkte oder Firmen aus der Marktübersicht von 2013 noch von Relevanz und Aktualität sind und ggf. aus der Liste entfernt. Der Anteil an aktuell recherchierten Datensätzen beträgt insgesamt über 41 % (ST: 100 %; PV: 15 % inkl. nachträglichen Stichproben/Überprüfungen).

Die Bezeichnung „Hersteller“ oder „Anbieter“ bedeutet in diesem Rahmen nicht zwingend, dass diese Firma selbst herstellt bzw. produziert. Ein Teil der Produkte stellt Handelsmarken dar, womit potentiell Doppelungen möglich sind. Diese spiegeln jedoch auch den Markt selbst wieder.

1.1 Marktrelevanz der hinterlegten Hersteller bzw. Anbieter

Für den Bereich der PV Montagesysteme kann davon ausgegangen werden, dass die pv magazine Redaktion in ihrer damaligen Marktübersicht (pv magazine 2013) einen – auch für den deutschen Markt – repräsentativen Querschnitt an Firmen hinterlegt hatte. Zu diesem Zeitpunkt hatte sich die turbulente Ausbauphase der PV von 2005 bis 2012 in Deutschland wieder beruhigt, leider auch mit rückläufigen Absatzzahlen seit 2013 (IWR 2017). Durch eine stichprobenartige Überprüfung der Marktübersicht aus (pv magazine 2013) wurde sichergestellt inwiefern die Anbieter noch am Markt präsent sind. Zudem wurden weitere aktuelle Produkte durch eine ergänzende online Recherche im Rahmen dieser Marktanalyse hinzugefügt. Aus diesen Gründen sollte ein repräsentativer Marktbezug für die PV Montagesysteme gegeben sein.

Im Falle der ST verlief die turbulente Marktphase von etwa 2005 bis 2010 ebenfalls mit einer anschließenden Beruhigungsphase und einem rückläufigen Markt (European Solar Thermal Industry Federation 2015). Da es keinen unabhängigen Markt für ST Montagesysteme gibt (vgl. Kap. 4.1) teilt sich der Markt auf die Kollektoranbieter bzw. –hersteller auf.

Welche Anbieter im Wesentlichen den deutschen Kollektormarkt ausmachen wurde zuletzt im Jahr 2010 veröffentlicht (Jens-Peter Meyer 2010; W. B. Koldehoff 2011). Eine aktuelle Aufteilung des Marktes auf die Hersteller ist nicht verfügbar. Bezogen auf die damalige Herstelleraufteilung von 2010 macht die aktuelle Marktübersichtsliste über 50 % des damaligen Marktes aus, mit den weiter unten genannten Vollsortimentern rund 80 %. Die Tatsache, dass die aufgeführten ST Hersteller noch am Markt bestehen konnten legt nahe, dass die aktuelle Übersicht der ST Montagesysteme umso mehr den derzeitigen Markt widerspiegelt.

Zwei große Vollsortimenter (Viessmann, Vaillant) wurden bisher nicht mit ihren Produkten in der Marktübersichtsliste aufgeführt. Daher wurde das Produktportfolio dieser Hersteller zu Montagesystemen unabhängig von der

Produktliste überprüft. Das Ergebnis: Alle Aussagen im Hinblick auf eine Standardisierung (vgl. Kap. 4.1 und 4.2) sind auch hier vollumfänglich zutreffend.

Im Fall von Viessmann war für den Zugang zu der Dokumentation ein Login erforderlich. Diesen Login erhalten laut telefonischer Auskunft ausschließlich Fachhandwerker und -betriebe (wie es teilweise auch bei anderen Anbietern praktiziert wird). Für unsere Recherche war auch ein Zugang für ein Fraunhofer Institut auffindbar. In den dort hinterlegten Installationsanleitungen konnten keinerlei Informationen zu zulässigen Wind- und Schneelasten gefunden werden. Die in dem Portal downloadbare Windows Software „Vitodesk 100 Solstat Thermie“ ermöglicht allerdings eine Konfiguration und statische Auslegung von Solarthermie-Montagesystemen auf Flach- und Schrägdächern. Dies unter Berücksichtigung von Standort- und baulichen Gegebenheiten. Ein online-Tool zur Berechnung war nicht verfügbar.

Im Fall von Vaillant ist eine gute Dokumentation (inklusive Bemessungswiderständen in kN/m^2) online per google Suche auffindbar. Dies jedoch nur innerhalb der österreichischen Website. Über die deutsche Internetpräsenz bzw. innerhalb der Suche auf der offiziellen Vaillant Website waren keine entsprechenden Dokumente abrufbar.

2 Ziel der Marktanalyse

Im Rahmen des geförderten Projekts „KoST“ sollen mit der Marktanalyse sowohl für PV als auch ST Montagesysteme folgende Ziele erreicht werden:

- Abschätzung Standardisierungsgrad
- Vergleich Installationsfreundlichkeit / Plug&Play Features
- Vergleich zulässige Einsatzgebiete bzw. Belastungsgrenzen und deren Dokumentation
- Vergleich Aspekte der Auslegung und deren Validierung

- Zertifizierung von Komponenten oder dem Gesamtsystem bzw. Erfüllung einschlägiger Vorschriften / Standards

Auf dieser Grundlage wurden neben Anbieter- und Produktinfos die Spalten der generischen Liste mit folgenden thematischen Blöcken gruppiert:

- Gebäudeanbindung
- Anzahl Montageebenen
- Material und Eigengewicht
- Einsatz von Standard Industrieprofilen
- Belastungsfähigkeit und Einsatzgebiete sowie dessen Dokumentation
- Angaben zur statischen Auslegung (Auslegungsprogramme, deren Ergebnisdokumentation und Validierung)
- Zertifikate auf Teilkomponenten der Montagesysteme

Die aufbereitete Übersichtsliste befindet sich im Anhang dieses Berichts.

3 Generische Auswertung

Es erfolgte eine generische Auswertung und Diskussion nach Merkmalen und deren Häufigkeit bzw. Vorhandensein innerhalb der zwei Kategorien (ST, PV). Viele Aspekte der generischen Auswertung können direkt der Übersichtsliste entnommen werden (siehe Anhang, jeweils oberer Auswerteblock).

In drei Fällen soll „das Montagesystem“ laut Herstellerangaben für PV als auch ST geeignet sein. Da das Produkt jedoch nicht weiter spezifiziert wurde, wird in diesem Rahmen von einem „Angebot“ ausgegangen. D. h. das konkrete Produkt für ST / PV gibt es auf Anfrage in Zusammenarbeit mit dem Hersteller. Daher sind diese „PV/ST-hybrid-Einträge“ für diese Marktanalyse von untergeordneter Bedeutung. Es konnte auf dem Markt bisher kein

eigenständiges Produkt gefunden werden, welches für den Einsatz von sowohl ST als auch PV geeignet ist.

Die Ergebnisse wurden grundsätzlich bezüglich der Einsatzgebiete für PV und ST aufgeteilt. Die Sortierung erfolgte weiterhin nach Hersteller bzw. Marke und weitergehend in der Sortierung nach unterschiedlichen Aufdach-Systemen und deren Bezeichnungen (Produkt bzw. Kollektor) sowie den übrigen Gebäudeanbindungstypen.

Die Marktanalyse führt insgesamt 187 Montagesysteme von 115 unterschiedlichen Anbietern auf. Im Falle von ST Montagesystemen sind es 62 Produkte von 23 Anbietern PV-seitig 128 Produkte von 93 Anbietern.

Dabei fällt auf, dass sich die Montagesysteme der ST auf vergleichsweise wenig Anbieter verteilen, während bei der PV die Anzahl unterschiedlicher Anbieter und die Anzahl Produkte vergleichsweise gering voneinander abweichen. Dies liegt u. a. daran, dass sich in der ST pro Anbieter Montagesysteme für unterschiedlichste Dachtypen wiederfinden und einzeln gelistet werden während sich dies in der PV auf die zwei Systeme Aufdach / Schrägdach (50 %) und Flachdach (53 %) reduziert. Dass in Summe in den Auswertungen der einzelnen Gebäudeanbindungen über 100 % erreicht werden liegt daran, dass bestimmte Systeme sowohl für Aufdach / Schrägdach als auch für Flachdachanwendungen geeignet sind, diese kombinierten Einsatzmöglichkeiten finden sich auch in der Einteilung der ST Systeme wieder.

In der ST sind die Gebäudeanbindungen Aufdach / Schrägdach (61 %) und Flachdachanwendungen (47 %) am stärksten vertreten. Fassaden- und Indachsysteme sind jedoch immerhin je mit einem Viertel aller ST Produkte vertreten. Die Kategorie „Aufständigung möglich“ (ST: 55 %) bezieht sich fast ausschließlich auf den Bereich der ST. Zum einen wurde dies in der referenzierten PV Marktübersicht nicht explizit abgefragt, weiterhin kann dies für den Fall von PV Flachdachinstallationen in den meisten Fällen als gegeben angesehen werden und wurde nicht gesondert differenziert.

3.1 Anzahl Montagelagen

Unter den aufgeführten Produkten befinden sich sowohl einlagige als auch zweilagige Montagesysteme (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Einlagiges (links) und zweilagiges (rechts) PV Montagesystem
(Quelle: www.altec-metalltechnik.de)

Die meisten in der Marktübersicht aufgeführten PV Montagesysteme sind laut Hersteller sowohl einlagig als auch zweilagig einsetzbar. Unter den vorhandenen Angaben verteilt sich der Einsatzbereich auf einlagig mit 75 % zu zweilagig mit 56 %.

In der ST sind auch Systeme vertreten welche einlagig als auch zweilagig eingesetzt werden können. Für den größten Teil der Produkte der ST war jedoch die Anzahl an Montagelagen schwer auffindbar oder bestimmbar. Innerhalb der Angaben ist der Einsatz von zweilagigen Systemen mit 26 %, und einlagigen mit 7 % vertreten.

In Abhängigkeit der möglichen Tragwerksanbindungspunkte am Dach können zweilagige Montagesysteme von Vorteil sein. Der Vorteil liegt in einer höheren Flexibilität, da sich der Abstand der Montageschienen der zweiten Lage individuell festlegen lässt und somit an die Module/Kollektoren angepasst

werden kann. Diese Flexibilität ist erforderlich wenn nur eine geringe Anzahl an Tragwerksanbindungspunkten vorgesehen ist oder wenn durch extrem hohe Schnee- oder Windlasten eine hohe Anzahl an Tragwerksanbindungspunkten benötigt wird.

Grundsätzlich sollten jedoch wenn möglich einlagige Systeme eingesetzt werden da in den meisten Fällen Kollektor- bzw. Modulgröße ausreicht um sie an den Montageschienen der ersten Lage zu befestigen welche direkt mit dem Tragwerk verbunden sind. Dies hilft sowohl Material als auch Montagezeit einzusparen.

Eine weitere sehr elegante Möglichkeit liegt in der Integration der Montageebene in Modul bzw. Kollektor (integrierte Montageschienen). Diese Thematik wird in Kap 5 eingehender behandelt.

3.2 Material und Eigengewicht

Unter den insgesamt hinterlegten Angaben dominiert Aluminium als Material in 21 % der Fälle. Im Falle von ST ist Alu mit 41 %, Stahl mit 16 % vertreten. Im Falle von PV ist Alu mit 11 %, Stahl mit 6 % vertreten. Vermutlich liegen die Anteile an Alu insgesamt jedoch höher als die erfassten Daten zeigen (> 80 %). Als Stahlsorten werden ausschließlich Edelstähle bzw. nichtrostende Stähle aufgeführt. Im Vergleich von Stahl zu Aluminium liegt der Vorteil bei Stahl in einem rund dreifach höheren E-Modul, dabei jedoch auch etwa einer dreifach höheren Dichte. Damit kann sich bei entsprechend schlankeren Konstruktionen das Volumen für Montagesysteme aus Stahl reduzieren, das Gewicht bleibt in etwa gleich. Preislich ergibt sich durch Verwendung von nichtrostendem Stahl (Legierungszuschläge) im Vergleich zu Aluminium zumindest bezogen auf den Rohstoff pro kg kein wesentlicher Unterschied.

Ferner ist nichtrostender Stahl im Vergleich zu Aluminium ökosystemzuträglicher, da er ein um den Faktor 4-5 geringeres Treibhauspotential aufweist (GWP Vergleich mit SimaPro 8.4 / ecoinvent 3.3 auf Basis von Methode IPCC 2013 mit Betrachtungsraum von 20 Jahren).

Die angegebenen Eigengewichte variierten von der leichten Montagesystemvariante im Bereich 0,2 bis 20 kg/m² mit einem Mittelwert von rund 4 kg/m² (Median: 3 kg/m²) zur schweren Montagesystemvariante von 0,8 bis 22 kg/m² mit einem Mittelwert von etwa 7 kg/m² (Median: 5 kg/m²). Die Ergebnisse beziehen sich dabei fast ausschließlich auf die frühere Marktübersicht (pv magazine 2013) und sind mehr für den Einzelfall relevant als in der Gesamtbetrachtung (siehe aufbereitete Übersichtsliste im Anhang).

4 Auswertung unter Standardisierungsaspekten

4.1 Allgemeiner Standardisierungsgrad und Identität als eigenständiges Produkt

PV Montagesysteme sind inzwischen derart standardisiert, dass der Einsatz für unterschiedliche PV Modulgrößen und unterschiedliche Rahmenhöhen möglich ist. Der Schlüssel dieser Standardisierung liegt in verstellbaren Klemmweiten zur Anbindung an verschiedene Rahmenhöhen sowie in dem zumeist universellen Rahmendesign der PV-Module. Trotz dieser Standardisierung sind laut Listung nur 26 % der PV Montagesysteme mit eigener Produktbezeichnung geführt. Eine eigene Produktbezeichnung wurde zumindest in dieser Marktanalyse als Indiz für das Vorhandensein eines eigenen Produkttyps gesetzt. Teilweise sind jedoch auch Anbieter von unterschiedlichen Einzelkomponenten vertreten die erst nach einer individuellen Planung die Einzelkomponenten zu einem Montagesystem zusammenstellen. Dies erhöht die Flexibilität gegenüber den Anforderungen reduziert jedoch im Allgemeinen den Standardisierungsgrad. Dies weil insgesamt eine größere Anzahl unterschiedlicher Komponenten zum Einsatz kommen.

ST Montagesysteme sind von einer übergreifenden Standardisierung weit entfernt. In fast allen Fällen ist das Montagesystem als Teil eines Gesamtpakets auf den jeweiligen Kollektor abgestimmt. In wenigen Fällen der 61 gelisteten ST Montagesysteme ist das Montagesystem ein eigenständiges Produkt und für unterschiedliche Kollektortypen desselben Herstellers einsetzbar. Hier wurde zumindest intern versucht eine Standardisierung anzustreben. Dies sind

zumeist die Fälle in denen eigene Produktbezeichnungen geführt werden (insgesamt bei 30 % der ST Produkte). Ausschlaggebender bei der ST ist die Kollektorbezeichnung auf die das Montagesystem abgestimmt ist.

Mounting Systems und Altec Metalltechnik geben im Internet an sowohl Montagesysteme für PV, als auch für ST herzustellen. Im Falle von ST müssen diese jedoch an den jeweiligen Kollektortyp individuell angepasst werden. Eine telefonische Nachfrage bei diesen beiden Herstellern ergab dass in einem Fall zwar online mit Montagesystemen für ST geworben wird, es jedoch praktisch keinerlei Absatz gibt. Im zweiten Fall gibt es erfreulicherweise Kollektoren einzelner Hersteller die mit den verfügbaren ST Standard-Klemmen installierbar sind. D. h. das Montagesystem ist prinzipiell mit mehreren Herstellern kompatibel. Der Absatz liegt im Vergleich zu PV Montagesystemen hier bei etwa 20 %. Neben Kunden des Tagesgeschäfts gab es hier laut telefonischer Auskunft teilweise auch einzelne Handwerker oder Installationsbetriebe, welche offensichtlich Kollektoren ohne Montagesysteme eingekauft haben und mit vergleichbar hohem Aufwand eine Lösung für das Montagesystem suchen.

In weiteren Telefongesprächen mit Montagesystemherstellern wurde auch deutlich, dass sich die Zusammenarbeit mit ST Kollektorherstellern eher als müßig darstellt, weil es häufig an leicht auffindbaren Informationen fehlt. Eine Standardisierung zu etablieren (z. B. Einheitsnut am Kollektor) wurde im Allgemeinen sehr begrüßt.

Wagner-Solar bietet unter der Überschrift „TRIC“ sowohl für PV als auch ST Montagesysteme an. Die Systeme sind weiterhin in Anwendungsbereiche untergliedert, so ergeben sich jeweils drei Produkttypen pro Einsatz für ST oder PV. Konkretere Informationen erfährt der Interessent auf Anfrage, es sei denn es besteht bereits ein Kundenzugang.

Auch wenn die Montagesysteme im Fall von ST als eigene Produkte mit Produktbezeichnung erscheinen ist auf Nachfrage bei Fremdkollektoren immer

eine Anpassung auf den jeweiligen Kollektor erforderlich (Länge Montageschienen und Klemmenanpassung für Kollektorbefestigung). Die Kosten hierfür seien laut Herstellerangabe vergleichbar gering. Immerhin werden im Verhältnis zu PV Montagesystemen 10 % und mehr an ST Montagesystemen abgesetzt. Von diesen wiederum machen Fremdkollektoren (mit individuell angepassten Montagesystemen) einen Anteil von 25-50 % aus. Nicht zu vernachlässigen ist jedoch in diesem Rahmen dass Wagner zumeist Komplettpakete inkl. hydraulischer Verbindung anbietet. D. h. der Kollektoranbieter kann die Lösung für Montagesystem und hydraulische Verbindungstechnik insgesamt an extern abgeben was in diesem Fall. den eigentlichen Bedarf bezogen auf Montagesystemen verzerren kann.

4.2 Einsatz von Standard Industrieprofilen

Die Diskussion um den Einsatz von Standard Industrieprofilen soll vorerst klären was idealerweise mit Standard Industrieprofil gemeint ist. Vor dem Hintergrund der Kostenreduktion geht es darum möglichst auf vorhandene in der Industrie etablierte Komponenten zurückzugreifen. Diese etablierten Komponenten oder Standard Industrieprofile sind wegen kontinuierlicher Nachfrage von vielen Herstellern in gleicher Qualität und standardisierten Profilquerschnitten als Lagerware europaweit oder bestenfalls weltweit verfügbar. Die Querschnitte reduzieren sich dabei im Wesentlichen auf L, U, C, Z, T, I, H (I/H/Doppel-T teilweise äquivalent im Sprachgebrauch) teilweise auch Doppel-C sowie Rohr oder Vierkant Profile mit vielseitig verfügbaren Abmaßen. Sicherlich sind nicht alle dieser Standard Profile sinnvoll für den Einsatz als Montageschienen geeignet. U, C, H und insbesondere Doppel-C Profile sind jedoch in Kombination mit angepassten Klemmensystemen sehr gut einsetzbar wie viele Beispiele zeigen.

Im Rahmen der Marktanalyse gibt es bisher einen Anbieter, welcher konsequent weltweit verfügbare Standard Industrieprofile aus nichtrostendem Stahl als Montageschienen einsetzt (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Montagesystem unter Verwendung von Standard Industrieprofilen der Firma SE-Consulting GmbH

Weitere fünf Anbieter verwenden zum Teil Montageschienen, welche den beschriebenen standardisierten Querschnitten sehr nahe kommen wie beispielsweise Altec Metalltechnik (siehe Abbildung 3).

Sicherlich sind nicht alle Profilschienen von Montagesystemen erfasst, welche im Vergleich zu den genannten Standard Industrieprofilen ähnliche Querschnitte einsetzen. Bemerkenswert ist jedoch, dass in allen Fällen von Montageschienen individuelle Profilmerekmale enthalten sind welche grundsätzlich einem universellen Einsatz entgegen wirken und wegen der Entwicklung von Einzellösungen aus Sicht des Endpreises den Aufwand erhöhen. Dies wirkt sich in einem weiteren Schritt auch auf die Verbindungstechnik aus, die wiederum an die Einzellösungen an Montageschienen oder umgekehrt angepasst werden muss.

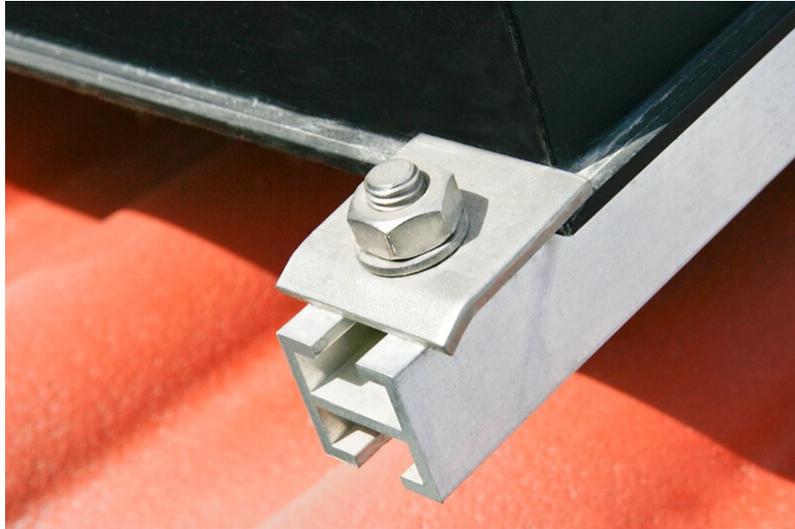


Abbildung 3: Montagesystem mit Doppel-C Montageschiene der Firma Altec Metalltechnik GmbH aus eigener Fertigung

In Bezug zu den Kosten sind Montageschienen bei entsprechender Mengenabnahme im Verhältnis zum Rohstoffpreis um Faktor 1,5 bis 3 verfügbar (bei derzeit 1,80 € pro kg für nichtrostenden Stahl bzw. Aluminium). Die Art des Profilquerschnitts spielt dabei eine untergeordnete Rolle, hier kommt es fast ausschließlich auf die Menge an. Trotzdem kann eine Verwendung von Standardprofilen für Montagesysteme zu einer Konzentration des Entwicklungsaufwands auf die Verbindungselemente, zu einer Verringerung von Verwaltungsaufwand (Komponentenpflege Eigenentwicklung vs. Standard Zulieferung) und weiterhin zu einem reduzierten Schulungsbedarf für Installateure führen weil mit Standardprofilen ein vertrauter Umgang ermöglicht wird.

4.3 Vergleich zulässige Einsatzgebiete bzw. Belastungsgrenzen und deren Dokumentation

Im Falle der Datenerfassung für ST Montagesysteme wurden die Werte einer verfügbaren technischen Dokumentation entnommen und in die Übersichtsliste übertragen. Dabei waren für etwa 30 bis 50 % der Produkte die relevanten Informationen abrufbar. Für die PV Montagesysteme wurden fast alle Werte von der älteren bereits vorhandenen Marktübersicht (pv magazine 2013) übernommen und waren für 60 bis 80 % der Produkte verfügbar.

Welche Bezeichnungen und Werte gemeint und verwendet wurden konnte im Einzelfall durchaus zu Irritationen führen. Dabei war es zumeist hilfreich, wenn auf die einschlägigen Eurocodes (DIN EN 1991-1-3; DIN EN 1991-1-4) verwiesen wurde oder zumindest die Begriffe und Bezeichnungen im Einklang mit den aktuellen Normen verwendet wurden.

Universeller kann indirekt auf die maximalen Einsatzgrenzen nach den Eurocodes geschlossen werden, wenn konkrete maximale Flächenlasten als **Bemessungswiderstände** angegeben sind. Der **Bemessungswiderstand** beschreibt dabei die Widerstandsfähigkeit des entsprechenden Bauteils (hier: Montagesystem) gegenüber der einwirkenden Last. Materialsicherheitsbeiwerte (γ_M) sind im Rahmen des Bemessungswiderstand berücksichtigt (DIN EN 1990).

Diese Angabe ist noch nicht selbstverständlich, sie scheint jedoch von einigen ST Herstellern zusätzlich oder alleinig angegeben zu werden. In der Liste der Marktübersicht sind die Bemessungswiderstände am ehesten durch die Spalten „Max. Windlast (Sog/Druck)“ und „Max. Druck-/Schneelast“ vertreten.

In dem Moment in dem alleinig „maximale“ oder „zulässige“ Windlasten bzw. Schneelasten mit Höhenlagen ü. M. angegeben werden, ist unklar wie die daraus resultierende Flächenlast mit dem Montagesystem und dessen Widerstandsfähigkeit in Verbindung steht. Ohne die Berücksichtigung von Teilsicherheitsbeiwerten handelt es sich um eine **charakteristische**

Einwirkung (im Gegensatz zu einer vermuteten „maximal zulässigen“ Einwirkung auf das Montagesystem).

Erst die Berücksichtigung von Teilsicherheitsbeiwerten (γ_F für Wind, Schnee oder Kombinationen aus Wind und Schnee) führt zu einer Aussage von „maximal zulässigen“ Lasten und wird als **Bemessungseinwirkung** bezeichnet.

Der **Bemessungswiderstand** des Bauteils sollte dabei immer höher oder gleich der **Bemessungseinwirkung** sein (DIN EN 1990).

Im Rahmen der Herstellerangaben wird davon ausgegangen, dass Teilsicherheitsbeiwerte berücksichtigt wurden und mit „max. Lasten“ nicht die charakteristischen Einwirkungen sondern die Bemessungseinwirkungen gemeint sind.

Durch alleinige Angabe von Bemessungseinwirkungen können allerdings Missverständnisse entstehen. Die Bemessungseinwirkungen sind z. B. lokal für Wind am Gebäude in einer Randzone des Daches um ein vielfaches höher als mittig auf dem Dach. Analog bei Schnee sind sie z. B. unterhalb eines Dachvorsprungs von dem Schnee abrutschen kann ebenfalls um ein vielfaches höher als im Bereich des Dachfirsts. D. h. der lokale Einsatzort auf dem Dach bestimmt maßgeblich die Höhe der Bemessungseinwirkung. Bei den Herstellerangaben sind die lokalen Einsatzorte nur dann berücksichtigt, wenn entsprechende Ausschlüsse oder zusätzliche Hinweise zum lokalen Einsatzort am Dach gegeben sind.

Im Falle von alleinigen Angaben der Bemessungswiderstände ist damit noch kein Einsatzgebiet eingegrenzt und es obliegt dem Inverkehrbringer oder einer entsprechenden Beratungsleistung im nächsten Schritt in Erfahrung zu bringen, in welchen Wind-/Schneelastzonen und mit welchen lokalen Einschränkungen am Gebäude der Einsatz möglich ist. Hierfür sind besonders die Eurocodes hilfreich (DIN EN 1991-1-3; DIN EN 1991-1-4). In Dokumentationen wäre es dabei hilfreich für das Verständnis konkrete Beispiele aufzuführen um die Zusammenhänge zu erläutern.

Sowohl PV als auch ST Montagesysteme sind zum großen Teil für die maximale Windlastzone 4 sowie Schneelastzone 3 ausgelegt. Diese Systeme können laut Herstellerangabe bzw. Herstellerdokumentation selbst in den deutschen Bergregionen mit hoher Schneelast und an den Küstengebieten mit erhöhten Windlasten eingesetzt werden (ggf. mit besonderen Einschränkungen).

Für PV Montagesysteme wurden zulässige Gebäudehöhen von 5 bis 300 m angegeben. Bei ST Montagesystemen ist diese Spanne deutlich kleiner, sie reicht von maximal 8 bis 25m. Ähnlich sieht es bei der maximalen Geländehöhe aus. Die Spanne reicht für PV von 323m bis 3000m bei ST von 500m bis 1500m.

In 52 % der ST Herstellerdokumentationen sind bestimmte Dachzonen, die besonders gefährdet sind für Wind ausgeschlossen, im Falle von Schnee finden sich bei 49 % zusätzliche Einschränkungen oder Hinweise zum Einsatz. Im Gegensatz dazu wurde bei zwei Montagesystemen von S:flex in der Dokumentation ausdrücklich darauf hingewiesen dass alle Dachzonen für den Einsatz zulässig sind.

Insgesamt gesehen erscheinen die Einsatzgebiete für die ST Montagesysteme begrenzter. Ursache hierfür ist mutmaßlich das Vorhandensein und die entsprechend genauere Überprüfungsmöglichkeit der einzelnen Dokumentationen zur Auslegung.

Für kollektorzugeordnete ST Montagesysteme wurde zusätzlich die geprüfte Last an einem Kollektor Sample lt. Solar Keymark Datenblatt aufgeführt. Das Datenblatt ist Bestandteil der Solar Keymark Zertifizierung und sollte seit 1.3.2016 (Version v5.01) diese Werte enthalten. Betrachtet man die Einsatzgrenzen von Montagesystem und die erfolgreich geprüfte Last am Kollektor lt. Datenblatt im Vergleich so fällt bei fast allen hinterlegten Werten auf, dass entweder das Montagesystem im einzelnen Lastfall um bis zu rund Faktor 3 stabiler ausgelegt ist, als dem Kollektor laut Prüfung testiert wurde. Als auch umgekehrt, dass der Kollektor bis zu Faktor 3 mit höheren Lasten geprüft wurde als für das Montagesystem angegeben ist.

Die Information laut Datenblatt kann keine Aussage über die maximal mögliche Flächenlast bzw. den Bemessungswiderstand des Kollektors geben, weil sie den Wert einer einzelnen Momentanprüfung eines Kollektorsamples darstellt und dabei keinerlei Sicherheitsfaktoren oder eine statistische Streuung der Ergebnisse berücksichtigt sind. Trotzdem können die Werte als grober Vergleich dienen und z. B. mit einem Sicherheitsfaktor von 1,5 angesetzt werden. Wird ein Sicherheitsfaktor angesetzt so erhöht sich zusätzlich die „Asynchronität“ zwischen Belastungsgrenze von Kollektor und Montagesystem wenn das Montagesystem bspw. höhere Werte ausgelegt ist.

4.4 Aspekte der Auslegung und deren Validierung

62 % der PV Anbieter geben an für die statische Auslegung oder in Teilen der statischen Auslegung ein Programm zu verwenden. Bei 32 % der Anbieter scheint das Programm in irgendeiner Weise zertifiziert zu sein. Ähnlich wie bei den Zertifizierungen der Komponenten gibt es hier jedoch ein relativ breites Feld, was darunter im Einzelnen verstanden wird.

74 % der PV Anbieter halten im Rahmen der statischen Auslegung einen Bericht oder eine Ergebnisdokumentation bereit.

Die ST Anbieter von Montagesystemen verwenden in 26 % der Fälle ein Auslegungsprogramm, welches in 4 % der Fälle zertifiziert zu sein scheint.

9 % der ST Anbieter halten entsprechende Ergebnisdokumentationen vor.

In diesem Rahmen muss allerdings betont werden, dass die Erfassung insbesondere des Vorliegens von Ergebnisdokumentationen zur Auslegung wahrscheinlich zu geringe Anteile darstellt, weil die Ergebnisdokumentationen statischer Auslegungen im Einzelnen nur schwer online recherchierbar sind.

Besonders erfreulich ist, dass drei Anbieter ihr Auslegungsprogramm online frei zur Verfügung stellen:

- Wolf GmbH Solar Konfigurator: <http://www.wolf.eu/solar-conf>
(Für ST Kollektoren des Anbieters mit deren Montagesystemen; Berechnung gem. der Eurocode Normenreihe EN 1990 bis EN 1999 und der VDI 6012 Blatt 1.4 mit statischer Berechnung nach gültigem Baurecht.)
- Mounting Systems GmbH: <https://www.quickconfigurator.com>
(Für die gängigen PV Montagesysteme des Anbieters, Berechnung für 20 Länder, prüffähige Statik, Stücklisten für die Montagesysteme extrahierbar)
- Lorenz Montagesysteme GmbH:
<http://www.lorenz-montagesystem.de/Planungstool/> -einfach
<https://lorenz.solarprotool.com/> -umfangreich mit Modulauswahl etc.
(Ein einfaches und ein umfangreiches Auslegungsprogramm für die PV Montagekits des Anbieters, die umfangreiche Version stellt nach einmaliger Registrierung die Ermittlung von Wind- und Schneelasten zur Verfügung und begleitet den Interessenten inkl. Auswahl der Montagekits und der PV Module bis zur weitgehend geplanten Anlage)

Klar ist, dass der Aufwand für Auslegungstools beachtlich ist, vor allem wenn sie als rechtlich relevant einzustufen sind. Gerade deshalb scheint es verwunderlich, dass jeder Anbieter die vollständige Entwicklung eines solchen Auslegungstools intern stemmt, sind es doch zumindest was den regionalen Einsatz (Eurocodes Wind/Schnee) und den lokalen Einsatz (Dachtypen und Einsatzzonen) anbetrifft immer die jeweils gleichen Fragestellungen.

Durch eine Kooperation z. B. mit dem Zentralverband des deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH) könnten beispielsweise die regionalen und lokalen Einwirkungen in einem gemeinsamen Tool zur Verfügung gestellt werden und auf Basis dieser Ergebnisse die eigenen Systeme der Anbieter in einem „daran angedockten individuellen Auslegungsprogramm“ weiterhin auf die entsprechenden Flächen hin berechnet werden.

Eine Zusammenarbeit mit dem ZVDH würde sich anbieten, da im Bereich Dach und Einwirkungen neben dem technischen Stand der Technik auch rechtlich gesehen der größte Erfahrungsschatz besteht. Der ZVDH setzt dabei auf eine Reihe von Softwaretools die für die gesamten Mitglieder zum Einsatz kommen und laufend aktualisiert werden. Die Softwaretools wurden in Zusammenarbeit mit der Firma Markus Friedrich Datentechnik entwickelt.

4.5 Zertifizierung von Komponenten oder dem Gesamtsystem bzw. Erfüllung einschlägiger Vorschriften / Standards

Über 40 % der PV Montagesysteme verfügen über eine TÜV Zertifizierung, welche jedoch nicht weiter spezifiziert wurde. Weiterhin folgen 14 % RAL, 9 % VDE und 5 % UL Zertifikate. 12 % der Produkte hatten bereits eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) auf Teilkomponenten, bei 14 % war sie 2013 in Arbeit. Weiterhin sind bei 56 % der PV Montagesysteme sonstige Zertifikate, Siegel bzw. Prüfungen aufgeführt. Bei der Einzelbetrachtung zeigt sich hier jedoch ein großer Spielraum was darunter zu verstehen ist. So ist von MCS über CE bis zu ISO 9001 und Namen einzelner Prüfinstitute eine große Bandbreite vertreten.

Bei 18 % der ST Montagesysteme ist eine abZ auf Teilkomponenten gegeben. Ferner werden bei zwei Anbietern externe Konformitätsnachweis aufgeführt.

Inwiefern in den Einzelfällen alle einschlägigen Vorschriften als erfüllt eingeschätzt werden ist im Rahmen dieser Marktanalyse nicht leistbar. An dieser Stelle sollen jedoch die einschlägigen Vorschriften in Kürze zusammengefasst werden. Die Informationen beruhen auf Hinweisen des DIBt zu Solaranlagen und ihren Montagesystemen (Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) 2012).

Daraus geht hervor, dass im Fall von Bauteilen aus Stahl, nichtrostendem Stahl und Aluminium folgende Normen und Zulassungen für die Berechnung und Ausführung berücksichtigt werden müssen (ggf. einschließlich ihrer jeweiligen nationalen Anhänge):

- **DIN EN 1999-1-1:** Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken - Teil (DIN EN 1999-1-1)
- **DIN EN 1090-3:** Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 3: Technische Anforderungen an Aluminiumtragwerke (DIN EN 1090-3)
- **DIN EN 1993-1:** Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1 (DIN EN 1993-1-9)
- **DIN EN 1090-2:** Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken (DIN EN 1090-2)
- AbZ Nr. Z-30.3-6 vom 12. Mai 2017 für Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen (Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (AbZ) Z-30.3-6)

Zudem ist in folgenden Fällen eine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) erforderlich:

- Verwendung ist abweichend von Liste C der Bauregelliste bzw. MVV-TB, D 2.2.6
- Komponenten und/oder Verbindungen sind ungeregelt
- Die Tragfähigkeit wird durch Versuche ermittelt
- Relevante Bauteile bestehen aus Kunststoff
- Statisch tragende Verbindungen sind geklebt

Daraus lässt sich ableiten, dass prinzipiell für den Großteil der Montagesysteme entsprechende Nachweise ohne eine abZ möglich sein sollten, sofern die obigen einschlägigen Standards sowie die Zulassung im Falle von nichtrostendem Stahl

Anwendung finden kann. Im Zweifelsfall sollte dafür ein Statiker hinzugezogen werden, der die bauteilspezifischen Berechnungen erstellen kann und auf dessen Dokumentation sich wiederum ein Konformitätsnachweis beziehen kann.

5 Installationsfreundlichkeit und Komponentenreduktion

Bezüglich installationsfreundlichen oder selbstbeworbenen besonders wirtschaftlichen Montagesystemen durch geringen Installationsaufwand gibt es eine Vielzahl an Beispielen aus der PV Montagesystemtechnik.

Diese lassen sich nicht immer auf die ST übertragen, da Kollektoren ein höheres Eigengewicht aufweisen und allgemein ein anderes Handling auf Grund der hydraulischen Anschlüsse und der Größe erfordern. Die folgenden Aspekte können dabei grundsätzlich als zielführend identifiziert werden:

- Klare Anleitungen (Einhaltung der einschlägigen Standards, vgl. Berichte Verbundpartner Fraunhofer IAO)
- Komponenten mit möglichst fehlersicheren Einbaumöglichkeiten (vgl. Poka Yoke Prinzip)
- Hoher Vorfertigungsgrad (dies jedoch zumeist auf Kosten der Flexibilität)
- Einsatz von möglichst wenig untersch. Werkzeugen auf dem Dach
- Montageschritte wenn möglich einhändig ausführbar

Mehrere Hersteller bieten Klick oder Klemmsysteme an, die weitestgehend ohne Schrauben auskommen und teilweise mit werkzeuglosen Montageschritten installiert werden können.

Das Montagesystem „Calyxo MX“ der Firma Calyxo ist ausdrücklich zur Befestigung rahmenloser Module (Glas-Glas-Laminate) konzipiert. Die Module

werden weder geklemmt noch geschraubt sondern laut Hersteller schwimmend gelagert. Diese entsteht durch vier mittig ausgerichteten EPDM Adaptern, welche vor dem Einlegen an den Modulkanten angebracht werden. Das Einlegen geschieht durch ein Hochschieben in eine Nut an der Oberseite und anschließendes Abrutschen lassen in eine Nut an der Unterseite (siehe Abbildung 4 obere drei Montageschritte). Eine horizontale Fixierung wird durch Einsatz von EPDM T-Stücken an den oberen Ecken erreicht. Die Enden der Modulreihen werden durch Haltekrallen mit Hilfe von Schrauben befestigt (vgl. Abbildung 4 rechts unten).

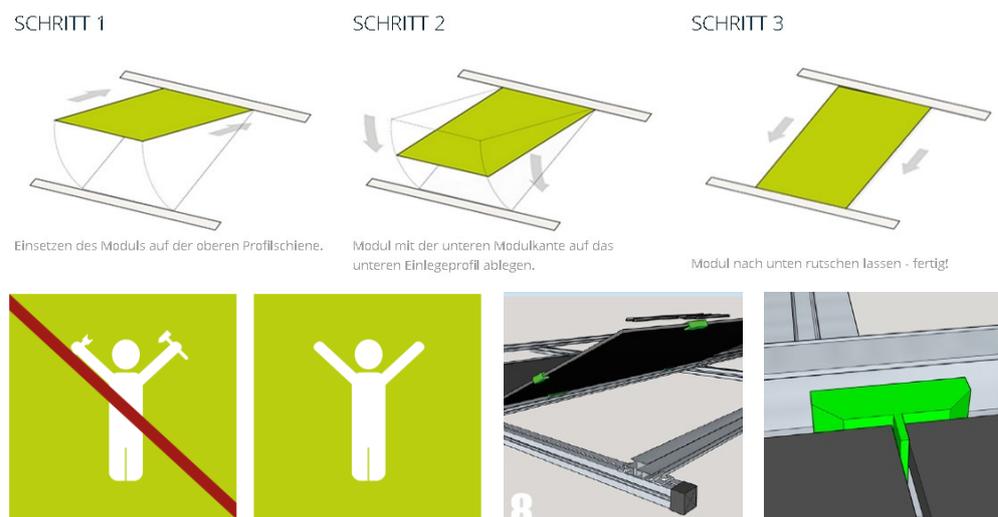


Abbildung 4: Prinzip Modulverlegung und Symbolik innerhalb der Installationsanleitung des Montagesystem Calyxo MX (Calyxo)

Die Symbolik in der Installationsanleitung (siehe Abbildung 4 links unten) ist durchaus originell, jedoch auch irreführend: Eine werkzeugfreie Montage ist ausschließlich für die Module möglich, sofern die Montageschienen mit entsprechenden Werkzeugen richtig vorbereitet wurden. Auf Toleranzen bzw. ggf. die erforderliche Parallelität der Montageschienen sowie die Anbindung der Montageschienen an Dach bzw. Tragwerksstruktur wird in dem als Anleitung bezeichneten Download nicht weiter eingegangen. Weitere Dokumente informieren über die verschiedenen Teilkomponenten.

Die Firma ClickCon aus Freiburg hat ein ähnliches Einlegeverfahren der Module realisiert. Unten werden die Module ebenfalls innerhalb einer Nut gehalten während die Befestigung an der Oberkante über zwei Module mittels „C-Halter“ realisiert wird. Der „C-Halter“ wird wiederum per Feder und Klick in der oberen Nut fixiert (siehe Abbildung 5). In der Anleitung gibt es Informationen zu Wind- und Schneelasten und es wird auch darauf eingegangen wie die Anbindung an die Tragwerksstruktur unterschiedlicher Dachtypen realisiert werden kann.



Abbildung 5: Einlegung der Module des ClickRail Systems von ClickCon per „C-Halter“ sowie Nut und Feder (ClickCon 2011)

Nach Angaben von ClickCon reduziert sich mit ihrem ClickRail-System die Montagezeit um bis zu 50% gegenüber herkömmlichen Systemen (ClickCon 2016). Angenommen diese Aussage ist glaubwürdig, dann ließen sich bei Kosten für Montage und Installation von etwa 20 % der Gesamtkosten (Geimer 2013, S. 69–70; energie-experten.org 2016) diese (die Gesamtkosten) mit dem entsprechenden ClickCon Montagesystem bereits um insgesamt 10 % reduzieren.

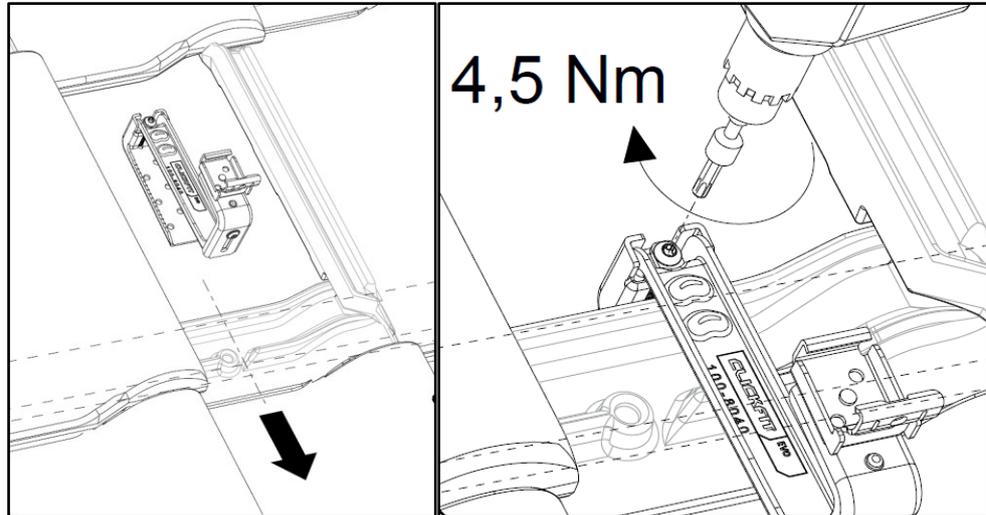


Abbildung 6: Dachhaken Montage Clickfit Evo (ESDEC 2017)

Die Firma ESDEC aus den Niederlanden setzen mit ihrem System „Clickfit Evo“ noch konsequenter auf ein möglichst werkzeugloses Klicksystem im Hinblick auf das gesamte Montagesystem bis zur Tragwerksanbindung:

- Einklemmung: Befestigung Dachhaken direkt über Ziegel und Dachlatte ohne Holzverschraubung mit unterseitigen Wiederhaken (vgl. Abbildung 6)
- Klick: Montageschienen an Dachhaken
- Klick: Verlängerung Montageschienen
- Klick: Befestigung Modulklemmen an Montageschienen
- Verschraubung Steckschlüssel: Festziehen Verklebung Dachhaken mit Ziegel/Dachlatten (vgl. Abbildung 6) und Festziehen Modulklemmen

Nachteilig ist dabei, dass eine höhere Anzahl an Dachhaken zum Einsatz kommt um annähernd die gleichen Lasten einleiten zu können im Vergleich zu einer Direktanbindung an die Sparren. Nachteilig ist weiterhin, dass die Last inklusive

Verklebung direkt auf den Ziegeln zu liegen kommt, wobei diese wie beschrieben pro Dachanker geringer ausfallen sollte. ESDEC wartet dabei mit einigen Zertifikaten/Prüfberichten auf und gibt eine beachtliche Herstellergarantie von 20 Jahren auf Funktion, Material und Konstruktion. Insgesamt kommt das System mit einer vergleichbar geringen Anzahl an Komponenten aus.

Eine Reduktion der Komponenten bzw. der Komplexität des Gesamtsystems führt im Allgemeinen zu einer Vereinfachung und damit zu weniger Arbeitsschritten bei der Installation. Diesen Fokus haben sich weitere Anbieter aus dem Bereich der PV Montagesysteme gesetzt und entsprechende Produkte am Markt platziert.

Die US amerikanischen Firmen Spice Solar und Magerack bieten beispielsweise Lösungen für integrierte Montageschienen an PV Modulen an. Diese können zum Teil mit Standard Industrieklemmen direkt an der Tragwerksanbindung befestigt werden und kommen ohne ein zusätzliches Schienensystem aus. Die PV Module selbst werden untereinander mit Verbindern befestigt bzw. die integrierten Schienen untereinander „verlängert“.

Dieses „built-in racking“ spart sowohl Montagezeit als auch Material und führt laut Spice Solar zu einer Kostenersparnis von 0,05 US\$ pro Watt alleine durch die Einsparung an Zusatzkomponenten und Material (Spice Solar 2017). Ausgehend von einer Annahme von 1,50 US\$ pro Watt (Ran Fu 2016) entspricht dies einer Einsparung von 3-4 % gegenüber den Modulkosten. Wenn der Anteil an Kosteneinsparung durch einen geringeren Installationsaufwand mit 10 % angenommen wird (vgl. Spice Solar) hat dieses System ein Potential zur Kostenreduktion von 12-15 %.



Abbildung 7: Schienenloses Montagesystem (Magerack 2017)

An diesen Beispielen kann jedoch auch beobachtet werden wie sich diese wieder von den Standards (standardisierte Klemmenanbindung am Modul) entfernen. Dies kann bei integrierten Montageschienen verhindert werden in dem sich die Hersteller strikt an Standards ausrichten (z. B. Nutenbreite von Standard Industrieprofilen abgeleitet). Oder indem die Hersteller frühzeitig die Thematik Standardisierung in einem kooperativen Prozess diskutieren. Die Tendenz bei Innovationen scheint grundsätzlich gegenläufig zu sein, da sich leider auch mit banalen individuellen Maßen kurzfristig Alleinstellungsmerkmale realisieren lassen.

Das „Direct Attachment Solution“ System für Blechfalzdächer von S-5! kommt ebenfalls ohne Profilschienen aus. Das Modul wird zwischen einem höhenverstellbaren Greifer und einer Montagescheibe eingespannt und mit einer Standard-Klemme an der Falz befestigt (siehe Abbildung 8). Weiterhin ist die Montagescheibe aus nichtrostendem Stahl so konzipiert, dass sie die Leitfähigkeit mit dem Aluminium-Modulrahmen und dem Dach gewährleistet.

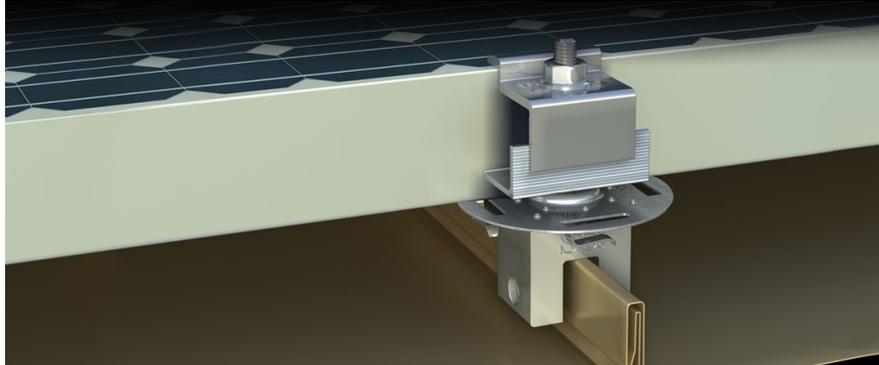


Abbildung 8: S-5! PV Direct Attachment Solutions (S-5! 2017)

Dadurch können die Module elektrisch verbunden werden und es werden keine Erdungsverbindungen benötigt. Durch dieses System werden laut Hersteller 6 bis 12 US \$ pro Einheit für die Elektroinstallation eingespart (S-5! 2017). Diese Einsparung in der Elektroinstallation soll ausreichen, dass sich in einigen Fällen allein hierüber das Montagesystem selbst bezahlen lässt. Inwiefern dabei z. B. die deutschen Anforderungen an die elektrische Sicherheit erfüllt sind bleibt unklar. Zudem sind für Blechfalzdächer viele Lösungen auf Basis von ein oder zwei Komponenten verfügbar.

In Bezug zu ST Installationssystemen lässt sich aus dem letzten Beispiel ableiten, dass es Sinn machen kann das Montagesystem aus ganzheitlicher Sicht zu entwickeln um ggf. weitere positive Installationseffekte zu integrieren (z. B. integrierte Anschlagpunkte zur einfachen hydraulischen Verbindung mehrerer Kollektoren mit Standardverbindern etc.)

Häufig werden auch vielseitig einsetzbare Komponenten angeboten, die für verschiedene Module und Dacharten geeignet sind und damit eine fehlende Standardisierung ausgleichen können. Zum Beispiel hat Schletter eine Modulklemme mit drehbarer Krallen und flexibler Klemmweite entwickelt. Dadurch reduziert sich die Anzahl der Produktvarianten laut Schletter intern von 190 auf 5. Dies führt zu Einsparungen in Lagerhaltung, Produktion und Verwaltung (Schletter News 2017).

Im Bereich der ST sind im Vergleich zur PV keine nennenswerten Innovationen zu Installationsfreundlichkeit oder Komponentenreduktion von Montagesystemen zu finden.

Erwähnenswert ist, dass Wagner Solar mit ihrem Produkt EURO TRIC für ST Montagesysteme, grundsätzlich auf einen hohen Vormontagegrad setzt. Das Montagesystem wird dabei individuell für einen Kollektorhersteller auf dessen Kollektor abgestimmt. Dabei werden auch die Montageschienen entsprechend den Kollektormaßen abgelängt und bereits mit Schrauben bzw. Klemmen vormontiert. Dies gilt auch für die Tragwerksanbindung (z. B. Dachhaken inkl. vormontierter Montageschienenanbindung). Der Vorteil liegt darin, dass es fast keine losen Kleinteile auf dem Dach gibt, sondern Einzelkomponenten die entsprechend verbunden und dann mit den bereits vormontierten Schrauben angezogen werden müssen (Montageschienen mit vorinstallierten Klemmen, Tragwerksanbindungen mit Verbindungsadaptern, Haltebleche). Allerdings nur „fast“ keine losen Kleinteile: Für die Befestigung der Dachhaken (z. B. am Sparren) kommen lose Schrauben zum Einsatz. Eine Alternative wäre z. B. ein Dachhaken nach dem Prinzip des Clickfit Evo Systems der Fa. ESDEC (vgl. Abbildung 6 auf S. 26).

Insgesamt gesehen liegen die Vorteile der Montagefreundlichkeit auf der Hand. Eine einfache Verlängerung einer Montageschiene die nicht genau einem Kollektormaß entspricht (ausweichen einer Dachentlüftung o. ä.) ist jedoch nicht möglich. D. h. es bringt Vorteile für kleine Installationen reduziert jedoch im Allgemeinen die Flexibilität.

Bezüglich der Montagefreundlichkeit/Technik von ST Anlagen führt der Verlag Markt Intern regelmäßig Umfragen durch. Die namhaften deutschen Hersteller sind hier vertreten. 2015 gaben die befragten Fachhandwerker den Unternehmen im Durchschnitt eine 2,20 für Solarthermieinstallationen. Die Gesamtnote hat sich 2017 geringfügig zu einer 2,13 gebessert (Markt Intern' Verlag GmbH 2017). Bewertet wurde allerdings nicht ausschließlich die Kollektorinstallation auf dem Dach sondern die Installation der Gesamtanlage.

6 Fazit

Innerhalb der vorliegenden Marktanalyse wurde ein repräsentativer Querschnitt der auf dem deutschen Markt verfügbaren Photovoltaik (PV) und Solarthermie (ST) Montagesysteme insbesondere mit den Schwerpunkten Standardisierungsgrad und Installationsfreundlichkeit diskutiert.

Im Falle von PV Montagesystemen gibt es einen weltweiten Markt. Dieser bringt sowohl Standardisierung als auch Innovationen mit dem Ziel einer Reduktion von Installationsaufwand, Material- und Komponentenvielfalt hervor. Teilweise wird damit geworben, dass sich die Installationskosten um bis zu 50 % durch das entsprechende Montagesystem reduzieren lassen (vgl. Kapitel 5).

Im Gegensatz dazu gibt es noch keinen Markt für ST Montagesysteme. Diese müssen individuell auf den Kollektortyp angepasst werden, weil es an einheitlichen Standards zur Befestigungsanbindung zwischen Montagesystem und Kollektor fehlt. Damit ist ein direkter Wettbewerb für Montagesysteme unmöglich und der Markt reduziert sich auf die Lösungen der ST Kollektorhersteller oder deren Zulieferer von individuell geplanten Montagesystemen. Abgesehen von wenigen Ausnahmen haben unabhängige Anbieter, welche mit ST Montagesystemen werben, entweder keine oder nur sehr geringe Absätze in diesem Segment im Vergleich zum Absatz mit PV Montagesystemen. D. h. obwohl es praktisch Anbieter gibt, ist ein nachhaltiger Markteinstieg mit ST Montagesystemen mangels Standardisierung derzeit schwierig.

Dies kann sich durch eine vergleichbar einfache Maßnahme ändern: Standardisierung der Befestigung zwischen Kollektor und Montagesystem. Dies sollte für ST Kollektoren ebenfalls eine standardisierte Anbindung für eine Abrutschsicherung (Halteblech etc.) für die Installation berücksichtigen.

Während sich bei der ST durch eine Standardisierung der Kollektorbefestigung überhaupt erst ein Markt für Montagesysteme ergeben kann, versuchen große Hersteller von PV Montagesystemen durch Innovationen ihre bisher durch den

Markt entstandene Variantenvielfalt zu reduzieren. Daraus entstehen z. B. Klemmenkomponenten welche in der Höhe flexibel verstellbar sind und sowohl als Rand und Mittelklemme eingesetzt werden können. Gegenüber dem Einsatz von einer Vielzahl an Einzelkomponenten kann sich damit in Kürze ein neuer Standard in dem Markt der PV Montagesysteme etablieren.

Noch einfacher kann montiert werden, wenn gar keine PV Modulklemme erforderlich ist, weil der Modulrahmen bereits als Teil der Montageschiene ausgeführt wird. Neben einlagigen und zweilagigen Montagesystemen (vgl. Kapitel 3.1) benötigen diese innovativen „nullagigen“ Montagesysteme (vgl. Kapitel 5) nur die entsprechende Tragwerksanbindung sowie Verbindungstechnologien der integrierten Montageschienen untereinander. Hierbei verschiebt sich die Standardisierung jedoch wieder in Richtung PV Modul und macht damit Rückschritte, weil es bereits weltweite Standards der Rahmenhöhen bzw. des Rahmendesigns gibt. Daher wären diese Innovationen umso mehr mit einem gemeinsamen Befestigungsstandard an den integrierten Montageschienen zu begrüßen. Aus diesem Beispiel ist erkennbar: Standardisierung und Innovation sind tendenziell Gegenspieler. Kooperationen mit möglichst vielen Partnern (in diesem Fall besonders zwischen PV Modulherstellern und Herstellern von PV Montagesystemen) können dieser Tendenz nachhaltig entgegenwirken.

Neben der Diskussion von konstruktiven Details wurden auch Aspekte der Dokumentation der Belastungsgrenzen sowie Auslegung und Validierung behandelt. Dabei ist die Palette groß was darunter verstanden wird und wie die einzelnen Anbieter damit umgehen. Grundsätzlich war nur in sehr wenigen Dokumentationen der Bezug zu den aktuellsten Normen und damit auch das korrekte Wording gegeben (vgl. Kapitel 4.3). In vielen Fällen wird in der Dokumentation aufwändig die Bemessungseinwirkung abgeleitet anstatt den Bemessungswiderstand des Produkts anzugeben mit dem Hinweis, dass dieser nicht überschritten werden darf. Letzteres ist rechtlich gesehen für den Anbieter wesentlich sicherer und verhindert zudem das Entstehen von Missverständnissen was praktisch als Lastgrenze angenommen werden darf.

Gleichzeitig ist es sehr zu begrüßen die Thematik der Einwirkungen auch für den Installateur transparent zu dokumentieren und Beispiele für die Bemessungseinwirkung aufzuführen um dafür zu sensibilisieren.

Für genauere Angaben zur Bemessungseinwirkung bzw. inwiefern an bestimmten Orten der Bemessungswiderstand des Produkts lokal auf dem Dach nicht überschritten wird bieten sich Softwaretools zur Auslegung an. Dabei ist es verwunderlich, dass viele Anbieter diese scheinbar völlig unabhängig voneinander intern entwickeln ohne sich in einer übergreifenden Kooperative zu vernetzen. Es geht dabei immer wieder um die gleichen Fragestellungen der regionalen und im nächsten Schritt lokalen Einwirkungen auf dem Dach. Sehr zu begrüßen ist, dass einige Anbieter ihr Auslegungstool online für jeden nutzbar zur Verfügung stellen (vgl. Kapitel 4.4). Auf Basis einer Kooperation ließe sich der Aufwand erheblich reduzieren, indem ein gemeinsames Tool für die Bemessungseinwirkung und daran angedockt Tools für die individuelle Auslegung des eigenen Produkts eingesetzt werden könnten. Entscheidend dafür wäre eine funktionierende standardisierte Schnittstelle zur Datenkommunikation der Tools untereinander.

Die Softwaretools der in diesem Rahmen gelisteten Anbieter verfügen zu einem kleinen Anteil eine unabhängige Zertifizierung oder sonstige Validierungen.

Zu den Montagesystemkomponenten- besonders der PV – sind zum großen Teil unabhängige Zertifizierungen aufgeführt. Bei der Einzelbetrachtung zeigt sich jedoch ein großer Spielraum was darunter zu verstehen ist. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ) scheinen im Fall von ST und PV bezüglich schwer zu berechnender Teilkomponenten der Trend zu sein. Die meisten Fälle von Montagesystemen sollten sich allerdings an Hand der einschlägigen Standards berechnen lassen und erfordern damit keine abZ (vgl. 4.5).

7 Literaturverzeichnis

DIN EN 1090-3, 2008-09: Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 3: Technische Anforderungen an Aluminiumtragwerke.

DIN EN 1090-2, 10-2011: Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken DIN EN 1090-2.

DIN EN 1999-1-1, 05-2010: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken.

DIN EN 1993-1-9, 12-2010: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten.

Calyxo: MX-Profil-Einlegesystem. Online verfügbar unter <http://calyxo.com/de/mx-profil.html>, zuletzt geprüft am 05.12.2017.

ClickCon (2011): Montageanleitung. Online verfügbar unter http://clickcon.eu/wp-content/uploads/2017/02/Montageanleitung_deutsch_clickrail.pdf.

ClickCon (2016): ClickRail. Online verfügbar unter <http://clickcon.eu/wp-content/uploads/2016/07/Flyer-ClickRail-2016a.pdf>, zuletzt geprüft am 21.09.2017.

Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) (2012): Hinweise für die Herstellung, Planung und Ausführung von Solaranlagen.

DIN EN 1991-1-3, 2004-09: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten.

DIN EN 1991-1-4, 2005-07: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten.

energie-experten.org (2016): Kosten für Montage und Installation. Online verfügbar unter <http://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/photovoltaikanlage/kosten/montage.html>, zuletzt geprüft am 28.11.2017.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (AbZ) Z-30.3-6, 05-2017: Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen.

ESDEC (2017): ClickFit Evo Montageanleitung. Montagesystem mit Schrägdach mit Dachziegeln. Online verfügbar unter https://www.esdec.com/img/downloads/Handleiding_ClickFit_EVO_schuinedaken-met-dakpannen_REV05_DE.pdf.

DIN EN 1990, 12-2010: Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010.

European Solar Thermal Industry Federation (2015): Solar Thermal Markets in Europe. Trends and Market Statistics 2014. Online verfügbar unter http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/market_data/downloads/2014_solar_thermal_markets_LR.pdf, zuletzt geprüft am 24.11.2015.

Geimer, K. (2013): Projektabschlussbericht „MechTest“ - Charakterisierung der mechanischen Lastfälle durch Schnee- und Windlasten an solarthermischen Kollektoren mit ihren Befestigungs- und Montagesystemen. Unter Mitarbeit von K. Kramer. Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme ISE. Freiburg (STO2-KGe-130902-E).

IWR (2017): Entwicklung der jährlich installierten Solarstromleistung in Deutschland. Hg. v. IWR. Online verfügbar unter <http://www.energiestatistik-nrw.de/themen/regenerative-energien/photovoltaik>.

Jens-Peter Meyer (2010): Solar thermal market in Germany. In: *Sun & Wind Energy* (07), S. 32.

Magerack (2017): Rail-Less Mounting System. Online verfügbar unter <https://www.magerack.com/rail-less-mounting-system/roof-attachments/>.

Markt Intern' Verlag GmbH (2017): Markt Intern Leistungsspiegel. Installation Sanitär/Heizung (Beilage ISH 10/17).

pv magazine. Themenschwerpunkt Großhandel EEG-Reform | Praxistipps Speicher Themenschwerpunkt Montage. pv magazine (2013). In: *pv magazine* (85308 03|2013).

Ran Fu (2016): U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2016. Unter Mitarbeit von Donald Chung, Travis Lowder, David Feldman, Kristen Ardani, Robert Margolis. Hg. v. National Renewable Energy Laboratory (NREL). NREL (NREL/TP-6A20-66532). Online verfügbar unter <https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/66532.pdf>, zuletzt geprüft am 12.12.2017.

S-5! (2017): S-5! PV Kit and EdgeGrab. Online verfügbar unter <https://www.s-5.com/wp-content/uploads/migrated-downloads/Prod-Lit-S-5-PV-Kit.pdf>, zuletzt aktualisiert am 2017, zuletzt geprüft am 22.09.2017.

Schletter News (2017): Schletter Gruppe präsentiert Produktneuheiten auf der Intersolar. Online verfügbar unter <https://news.schletter.eu/allgemein/schletter-gruppe-praesentiert-produktneuheiten-auf-der-intersolar-2/>, zuletzt geprüft am 27.09.2017.

Spice Solar (2017): Spice Solar for Commercial Metal Roofs. Online verfügbar unter <http://www.spicesolar.com/spice-solar-commercial/>, zuletzt geprüft am 21.09.2017.

W. B. Koldehoff (2011): The Market for Flat-Plate-Collectors - Germany 2010 -. Results of a Market Research. Hg. v. Management Beratung W. B. K. Görisried.

Hersteller / Marke		Produktbezeichnung		Produktbezeichnung		Kollektor		Einsatzkategorie (ST, PV)		Gebäudebildung			Material		Eigengewicht			Belastungsfähigkeit und Einsatzgebiet (Geländeprofil: Binnenland)						Statische Auslegung					Zertifikate auf Teilkomponenten					Quelle

