

**F 3000**

Matthias Zöller, Ralf Spilker  
Géraldine Liebert, Martin Oswald

## **Solaranlagen auf Flachdächern im Gebäudebestand**

**F 3000**

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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

© by Fraunhofer IRB Verlag

2016

ISBN 978-3-8167-9822-4

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

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

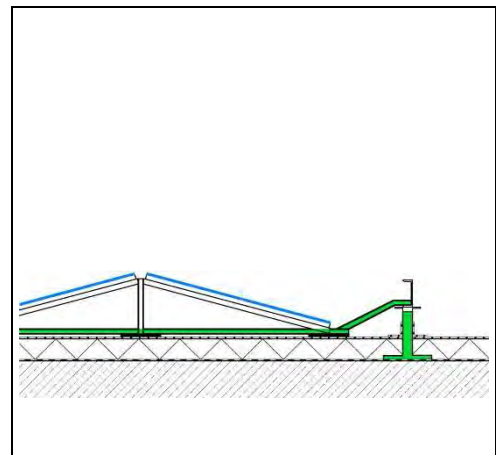
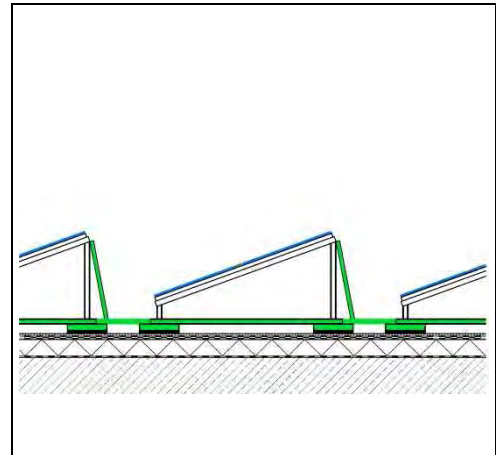
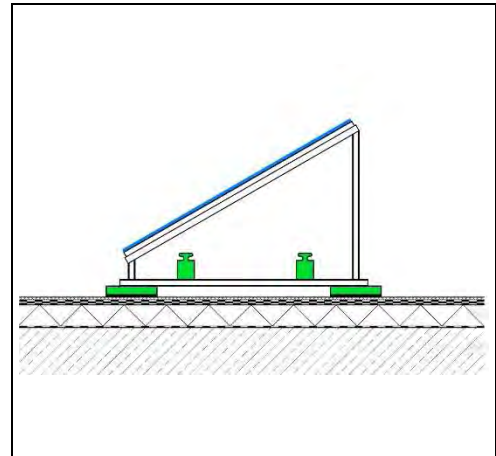
E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

[www.irb.fraunhofer.de/bauforschung](http://www.irb.fraunhofer.de/bauforschung)

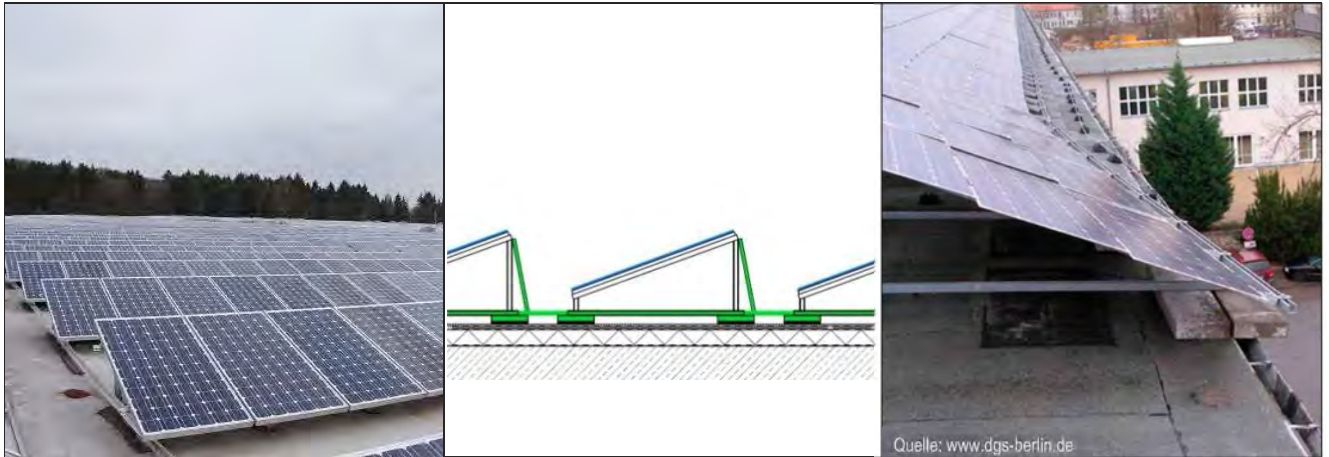


## Solaranlagen auf Flachdächern im Gebäudebestand



## Solaranlagen auf Flachdächern im Gebäudebestand

### Abschlussbericht



Gefördert

mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Bonn

Aktenzeichen:

SWD – 10.08.18.7-13.31

Bearbeitet durch:

AIBAU  
Aachener Institut für Bauschadensforschung  
und angewandte Bauphysik, gGmbH, Aachen

Projektleiter:

Prof. Dipl.-Ing. Matthias Zöller

Bearbeiter/Autoren:

Dipl.-Ing. Ralf Spilker  
Dipl.-Ing. Géraldine Liebert  
Prof. Dipl.-Ing. Matthias Zöller  
Dipl.-Ing. Martin Oswald, M.Eng.

Aachen, im April 2016

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.

**INHALT**

|           |                                                                                                              |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Einleitung und Zielsetzung.....</b>                                                                       | <b>11</b> |
| <b>2.</b> | <b>Begriffe.....</b>                                                                                         | <b>15</b> |
| 2.1       | Parallel-Aufstellung.....                                                                                    | 15        |
| 2.2       | Aufgeständerte Anlagen .....                                                                                 | 15        |
| 2.3       | Direkte Befestigung .....                                                                                    | 15        |
| 2.4       | Indirekte Befestigung .....                                                                                  | 15        |
| 2.5       | Direkte Lagesicherung .....                                                                                  | 15        |
| 2.6       | Fixierstützen .....                                                                                          | 15        |
| 2.7       | Ballastierte Systeme .....                                                                                   | 16        |
| 2.8       | Ballastoptimierte Systeme, Aerodynamische Systeme .....                                                      | 16        |
| 2.9       | Wannensysteme .....                                                                                          | 16        |
| 2.10      | Adhäsive Systeme .....                                                                                       | 16        |
| 2.11      | Montagesystem .....                                                                                          | 16        |
| 2.12      | Gebäudeintegrierte Photovoltaik.....                                                                         | 16        |
| 2.13      | Additive Photovoltaik .....                                                                                  | 16        |
| 2.14      | Photovoltaik (PV)-Module .....                                                                               | 16        |
| 2.15      | Solarkollektoren .....                                                                                       | 16        |
| 2.16      | Temperaturwanderung .....                                                                                    | 16        |
| 2.17      | Einbauarten von Solaranlagen auf Flachdächern .....                                                          | 17        |
| <b>3.</b> | <b>Umfrageergebnisse.....</b>                                                                                | <b>19</b> |
| 3.1       | Umfrage unter Bausachverständigen für Schäden an Gebäuden und Sachverständigen des Dachdeckerhandwerks ..... | 19        |
| 3.2       | Umfrage unter Mitgliedsfirmen des Bundesverbandes der Solarwirtschaft.....                                   | 22        |
| <b>4.</b> | <b>Schadenstypen.....</b>                                                                                    | <b>25</b> |
| 4.1       | Bahnenförmige Abdichtungen.....                                                                              | 25        |
| 4.1.1     | Unzureichende Prüfung des Untergrundes .....                                                                 | 25        |
| 4.1.2     | Funktionsuntüchtiger Dachaufbau.....                                                                         | 26        |
| 4.1.3     | Aufbau einer PV-Anlage auf Dachbahnen mit geringer Restlebensdauer.....                                      | 26        |

|           |                                                                                 |           |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.1.4     | Neue Abdichtungslage nicht fachgerecht aufgebracht.....                         | 26        |
| 4.1.5     | Beschädigung einer vorhandenen Abdichtung während der Montage.....              | 27        |
| 4.1.6     | Aufbau bei vorhandener, großflächiger Pfützenbildung .....                      | 28        |
| 4.1.7     | Durchdringung der Dachhaut .....                                                | 28        |
| 4.1.8     | Flüssigkunststoffabdichtung löst sich von Kunststoffabdichtung.....             | 33        |
| 4.1.9     | Mangelhafte eingedichtete Durchführungen .....                                  | 34        |
| 4.1.10    | Unsaubere Eindichtung mit Manschetten.....                                      | 35        |
| 4.1.11    | Unverträglichkeiten von Baustoffen mit der Dachabdichtung.....                  | 35        |
| 4.1.12    | Einsenkungen der Mineralwolledämmung .....                                      | 36        |
| 4.1.13    | Kontrollierbarkeit der Ballastierung .....                                      | 38        |
| 4.1.14    | Horizontalverschiebung der PV-Anlage .....                                      | 39        |
| 4.1.15    | Öffnung verklebter Nähte durch Bewegung des Untergestells der Solaranlage ..... | 41        |
| 4.1.16    | (Unzulässige) Windsogsicherung über adhäsive Verklebung mit der Dachbahn .....  | 43        |
| 4.1.17    | Nichtbeachtung von Herstellerangaben – Lastannahmen zur Windsogsicherung .....  | 43        |
| 4.1.18    | Unzureichende Windsogsicherung der Solarelemente .....                          | 43        |
| 4.1.19    | Begrünung vernässt.....                                                         | 45        |
| 4.1.20    | Zu geringer Abstand zu Dachaufbauten und Dachrändern .....                      | 46        |
| 4.2       | Blecheindeckungen .....                                                         | 47        |
| 4.2.1     | Vorschädigung der Blecheindeckung.....                                          | 47        |
| 4.2.2     | Beschädigung der Blecheindeckung durch die Montage .....                        | 47        |
| 4.2.3     | Nichtbeachtung von Herstellervorgaben .....                                     | 47        |
| 4.3       | Wellplatten.....                                                                | 48        |
| 4.3.1     | Befestigung in wasserführenden Bereichen.....                                   | 48        |
| <b>5.</b> | <b>Beispiele ohne Schadensfolgen .....</b>                                      | <b>49</b> |
| 5.1       | Direkte Befestigung .....                                                       | 49        |
| 5.1.1     | Durchdringung mit Befestigung.....                                              | 49        |
| 5.1.2     | Durchdringung mit Hochpunkten der Dachabdichtung.....                           | 50        |
| 5.2       | Aerodynamische Systeme .....                                                    | 51        |
| 5.2.1     | Kunststoffauflager .....                                                        | 51        |
| 5.2.2     | EPDM-Auflager .....                                                             | 52        |
| 5.3       | Ballastierung - Punktlasten .....                                               | 53        |

|           |                                                                                                                           |           |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.3.1     | Betonfertigteilwangen .....                                                                                               | 53        |
| 5.3.2     | Stahlrahmenkonstruktion mit Grundplatten .....                                                                            | 54        |
| 5.4       | Befestigung mit streifenförmiger Auflast .....                                                                            | 54        |
| 5.5       | Umkehrdach („Plusdach“) .....                                                                                             | 55        |
| <b>6.</b> | <b>Anforderungen in Regelwerken .....</b>                                                                                 | <b>57</b> |
| 6.1       | Baurechtliche und statische Anforderungen .....                                                                           | 57        |
| 6.1.1     | Bauregelliste .....                                                                                                       | 57        |
| 6.1.2     | Hinweise des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt) .....                                                             | 57        |
| 6.1.3     | Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz (ARGEBAU) .....                                                        | 57        |
| 6.1.4     | VDI 6012: Regenerative und dezentrale Energiesysteme für Gebäude .....                                                    | 58        |
| 6.2       | Wärmeschutz .....                                                                                                         | 61        |
| 6.2.1     | Energieeinsparverordnung .....                                                                                            | 61        |
| 6.2.2     | DIN 4108-10: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Anforderungen an Wärmedämmstoffe ...                        | 61        |
| 6.3       | Abdichtungen .....                                                                                                        | 62        |
| 6.3.1     | Abdichtungsnormen DIN 18195 und DIN 18531 .....                                                                           | 62        |
| 6.3.2     | Entwurf DIN 18531 .....                                                                                                   | 62        |
| 6.3.3     | Flachdachrichtlinie 2008 .....                                                                                            | 63        |
| 6.3.4     | Fachregel für Abdichtungen – Flachdachrichtlinie, Entwurfsfassung 2015-07 .....                                           | 65        |
| 6.3.5     | ZVDH Merkblatt: Solaranlagen auf Dächern .....                                                                            | 66        |
| 6.3.6     | Abc der Bitumenbahnen .....                                                                                               | 68        |
| 6.3.7     | Merkblatt Solar – Technisches Merkblatt für Dachabdichtungen mit Bitumenbahnen bei Beanspruchung durch Solaranlagen ..... | 68        |
| 6.3.8     | DUD Fachinformation Photovoltaik .....                                                                                    | 69        |
| 6.4       | Metalldächer .....                                                                                                        | 70        |
| 6.4.1     | IFBS-Metallbau .....                                                                                                      | 70        |
| 6.5       | Sonstiges .....                                                                                                           | 70        |
| 6.5.1     | RAL Solarenergieanlagen .....                                                                                             | 70        |
| 6.5.2     | DGV Information zur Montage und Instandhaltung von Photovoltaik-Anlagen, 2015 .....                                       | 71        |
| 6.5.3     | DIN 4426: Einrichtungen zur Instandhaltung baulicher Anlagen .....                                                        | 72        |
| 6.5.4     | Brandschutzgerechte Planung von PV-Anlagen [BSW-Solar, BFSB, DGS, ZVEH 2011] .....                                        | 72        |
| 6.5.5     | Anforderungen an den Blitzschutz .....                                                                                    | 74        |
| 6.5.6     | Asbest – Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) .....                                                                          | 74        |

|            |                                                                                                   |           |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>7.</b>  | <b>Empfehlungen und Hinweise: Aufstellsysteme .....</b>                                           | <b>75</b> |
| 7.1        | Ballastiert, aufgeständert (indirekte Befestigung) .....                                          | 75        |
| 7.2        | Ballastiertes System – Wannenförmig (indirekte Befestigung) .....                                 | 76        |
| 7.3        | Ballastminimiert – „Aerodynamische Systeme“ (indirekte Befestigung oder direkte Lagesicherung)... | 77        |
| 7.4        | Lastaufnahme mittels Dachbahn (indirekte Befestigung).....                                        | 79        |
| 7.5        | Lastaufnahme mittels Dachkonstruktion (Direkte Befestigung).....                                  | 80        |
| 7.6        | Lastaufnahme mittels Blecheindeckung (indirekte Befestigung).....                                 | 81        |
| 7.7        | Lastaufnahme durch Unterkonstruktion eines Metaldachs (direkte Befestigung).....                  | 82        |
| 7.8        | Dünnschichtmodule – „Gebäudeintegrierte Photovoltaik“ .....                                       | 82        |
| <b>8.</b>  | <b>Empfehlungen und Hinweise: Dachkonstruktionen .....</b>                                        | <b>83</b> |
| 8.1        | Nicht belüftetes Dach auf Beton/Trapezblech/Holz.....                                             | 83        |
| 8.2        | Belüftetes Dach auf Beton/Holz .....                                                              | 84        |
| 8.3        | Umkehrdach auf Beton .....                                                                        | 85        |
| 8.4        | Unbelüftetes Holzdach.....                                                                        | 86        |
| 8.5        | Tragfähigkeit.....                                                                                | 86        |
| 8.6        | Feuchtigkeitsempfindliche Bauteile innerhalb des Dachquerschnitts.....                            | 87        |
| <b>9.</b>  | <b>Empfehlungen und Hinweise – Dachabdichtungsstoffe .....</b>                                    | <b>89</b> |
| 9.1        | Nutzungsdauer von Dachabdichtungsmaterialien.....                                                 | 89        |
| 9.2        | Anschlüsse .....                                                                                  | 89        |
| 9.3        | Bitumendachbahnen .....                                                                           | 89        |
| 9.4        | Kunststoff- und Elastomerbahnen.....                                                              | 90        |
| 9.5        | Flüssigkunststoffe .....                                                                          | 92        |
| 9.6        | Grundsätze der Instandhaltung.....                                                                | 92        |
| 9.7        | Überprüfung der Dachabdichtung .....                                                              | 94        |
| <b>10.</b> | <b>Empfehlungen und Hinweise: Verlegeart.....</b>                                                 | <b>95</b> |
| 10.1       | Lose verlegt mit Auflast .....                                                                    | 95        |
| 10.2       | Voll verklebte Systeme .....                                                                      | 95        |
| 10.3       | Mechanisch befestigte Dachbahnen, mit starren oder flexiblen Dübeln.....                          | 95        |
| <b>11.</b> | <b>Empfehlungen und Hinweise: Wärmedämmstoffe .....</b>                                           | <b>97</b> |
| 11.1       | Druckbelastbarkeit von Dämmstoffen .....                                                          | 97        |

---

|            |                                                                |            |
|------------|----------------------------------------------------------------|------------|
| 11.2       | Feuchtegehalt von Dämmstoffen .....                            | 98         |
| 11.3       | Energieeinsparung.....                                         | 100        |
| <b>12.</b> | <b>Empfehlungen und Hinweise: Gefällegebung.....</b>           | <b>101</b> |
| <b>13.</b> | <b>Empfehlungen und Hinweise: Checkliste .....</b>             | <b>103</b> |
| 13.1       | Bestandsaufnahme und vorbereitende Arbeiten .....              | 103        |
| 13.2       | Planung der Solaranlage .....                                  | 104        |
| 13.3       | Ausführung der Montagearbeiten .....                           | 105        |
| 13.4       | Instandhaltung der Dachfläche .....                            | 106        |
| 13.5       | Graphische Hinweise .....                                      | 106        |
| <b>14.</b> | <b>Zusammenfassung.....</b>                                    | <b>109</b> |
| 14.1       | Erfahrungen mit Solaranlagen auf Bestandsflachdächern .....    | 109        |
| 14.2       | Vorhandene Regelwerke .....                                    | 110        |
| 14.3       | Hinweise und Empfehlungen .....                                | 110        |
| <b>15.</b> | <b>Fazit.....</b>                                              | <b>113</b> |
| <b>16.</b> | <b>Literaturverzeichnis .....</b>                              | <b>115</b> |
| 16.1       | Normen und Regelwerke .....                                    | 115        |
| 16.2       | Fachbücher, Fachaufsätze und sonstige Veröffentlichungen ..... | 116        |