



OST
Ostschweizer
Fachhochschule

Untersuchung der Hagelschäden an PV-Anlagen 2021

Evelyn Bamberger, SPF

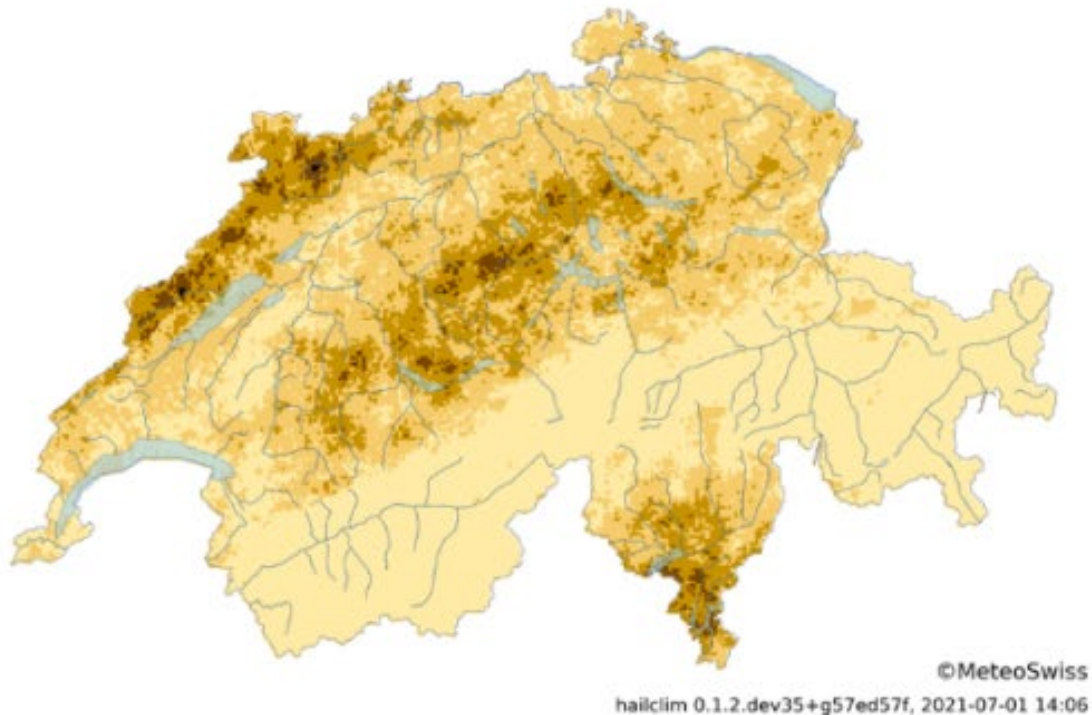
21. Juni 2022



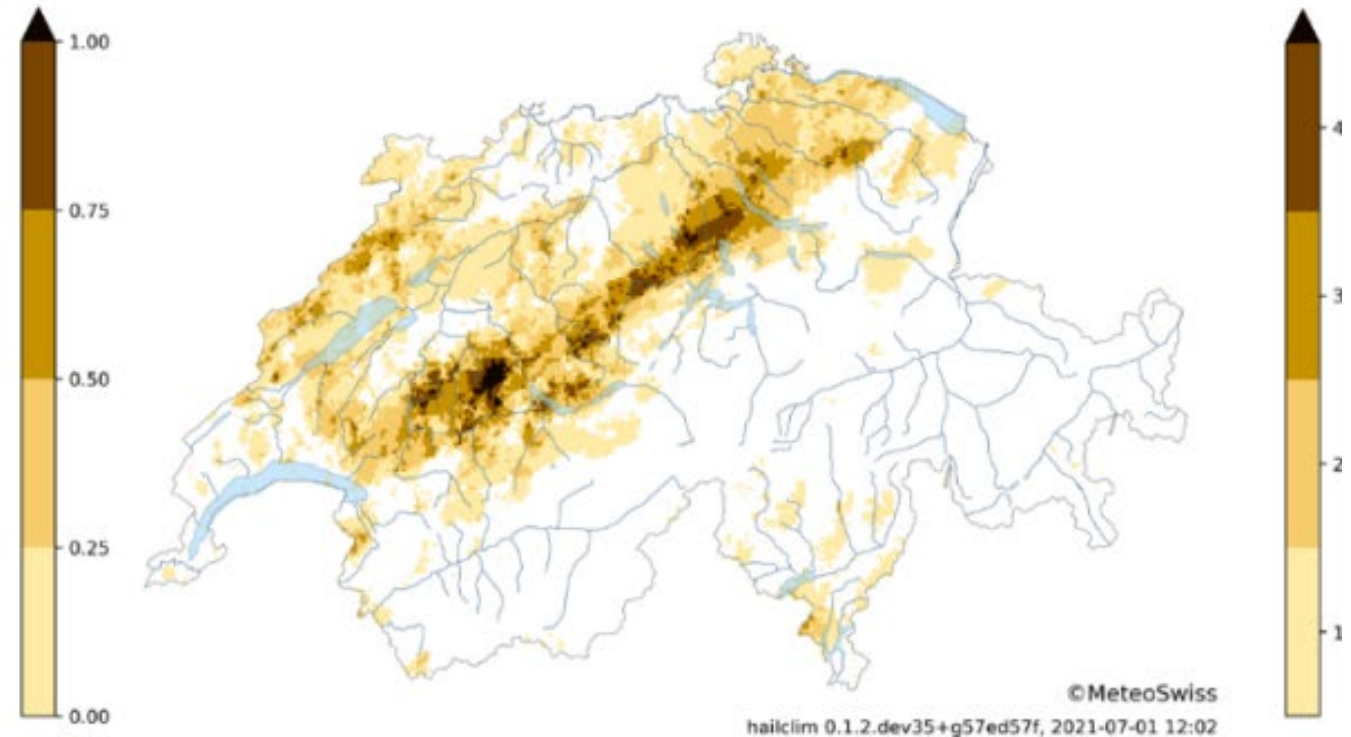
INSTITUT FÜR
SOLARTECHNIK

Hageltage im Juni 2021

Mittlere Anzahl Hageltage Juni (2002-2021)

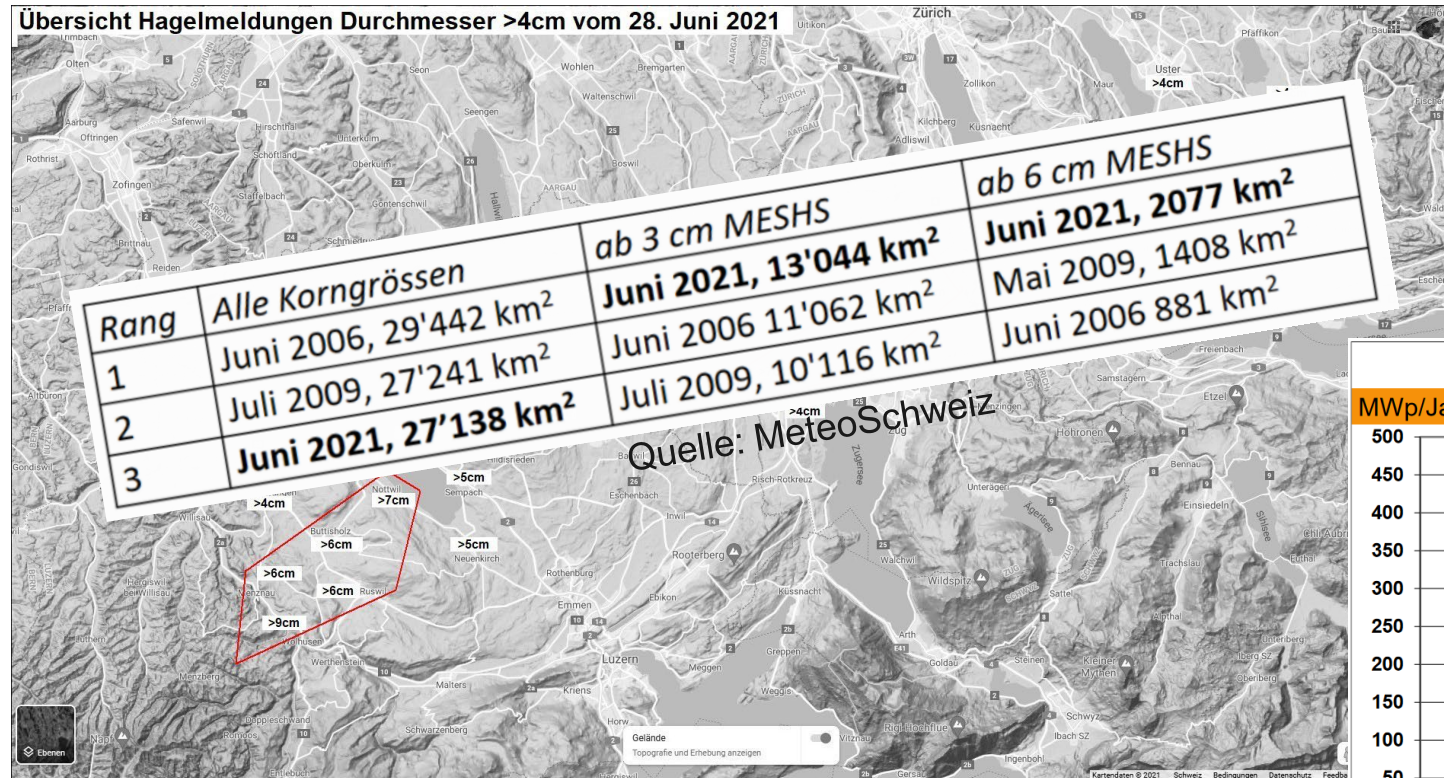


Anzahl Hageltage Juni 2021



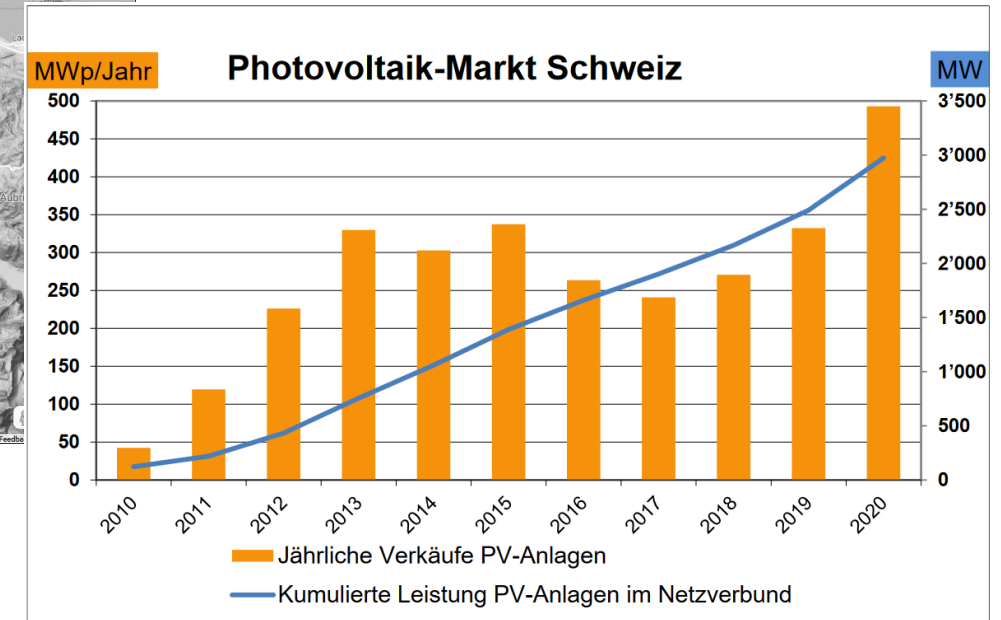
Quelle: MeteoSchweiz

Hagelereignis vom 28. Juni 2021

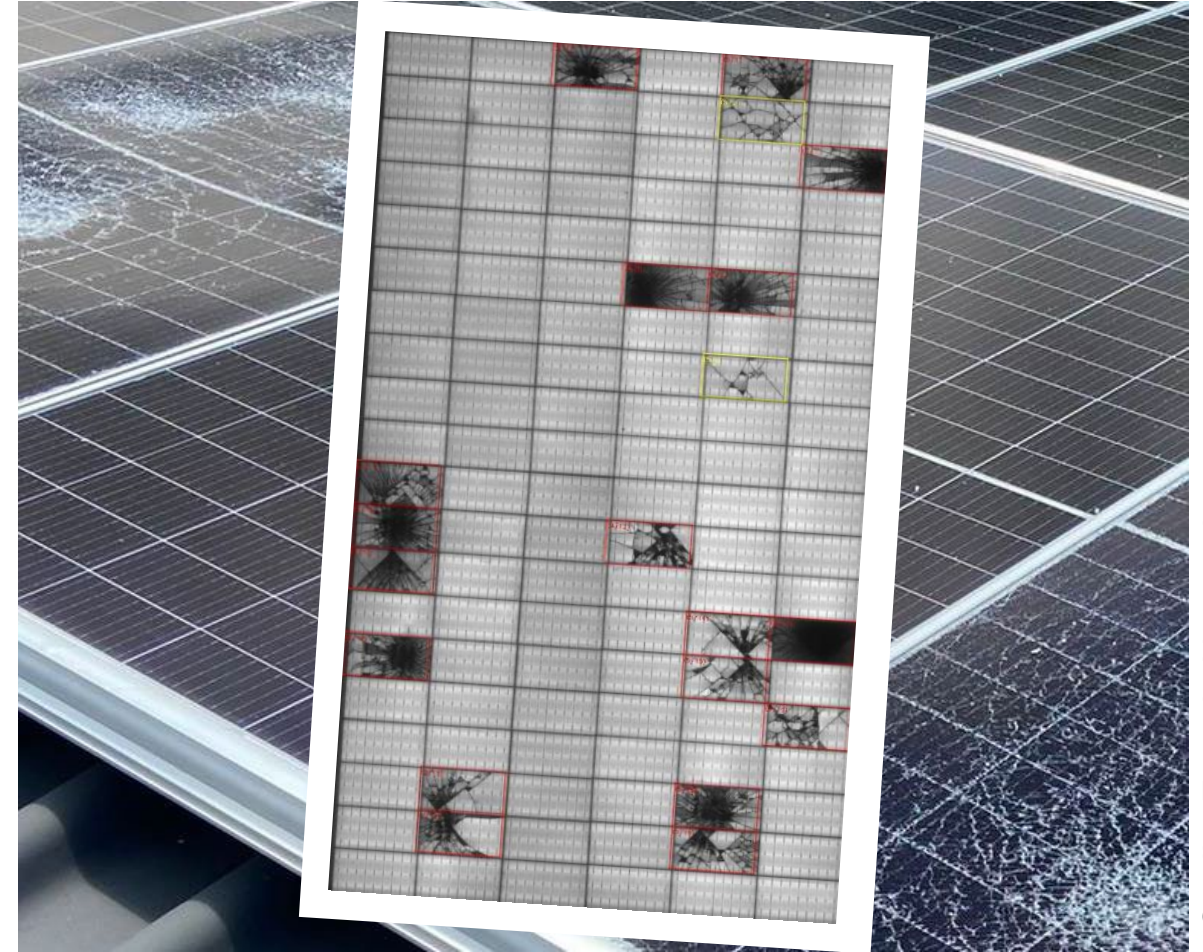


Quelle: sturmarchiv.ch

Quelle: Swissolar



Modulschäden: Glasbruch und Mikrorisse



Quelle: Energie Netzwerk



EL-Aufnahmen

Prüfprotokoll

Modul ID: 21503271100145
Hersteller: XYZ
Modultyp / Beschreibung: Mono
Testcenter Seriennummer: 4003_Queeny

Auftrag ID: 2017-03-01_
Adresse:
Ort:

Leistungsmessung
Pmpp @ STC IEC60891: 271,5W
Leistungsabweichung: 0,5% zu 270,0W (0,0%->+5,0%)
Tmod / Tref: 18,4C / 27,5C
Flash Dauer: 88,0ms
Flasher Parameter: C16480N/Mono/200ms
Bediener / Zeitpunkt: 15.04.2016 14:10

Elektrisch
Connection Check: Erfolgreich: 9,4A / 42,3V
Diodentest: Erfolgreich: 10,0A / 1,3V
GND Bound Tests: PASSED 8mOhm top
PASSED 12mOhm right
PASSED 18mOhm bottom
GND Parameter / Return: 30,00A 1,0s / left
HiPot Test: PASSED 6,0kV 1,0s / 0,010mA

Elektrolumineszenz
EL Zellbewertungen: 0 very critical: >=20% cell area affected
0 critical: <20% cell area affected
0 uncritical: no cell area affected
0 other EL abnormalities
Zellen ohne Bewertung: 60
EL Einstellungen: 1,0s / 44,2V / 14,1A / Zellbasiert/
Softwareunterstützt
Bediener / Zeitpunkt: 15.04.2016 14:10

SPF INSTITUT FÜR SOLARTECHNIK

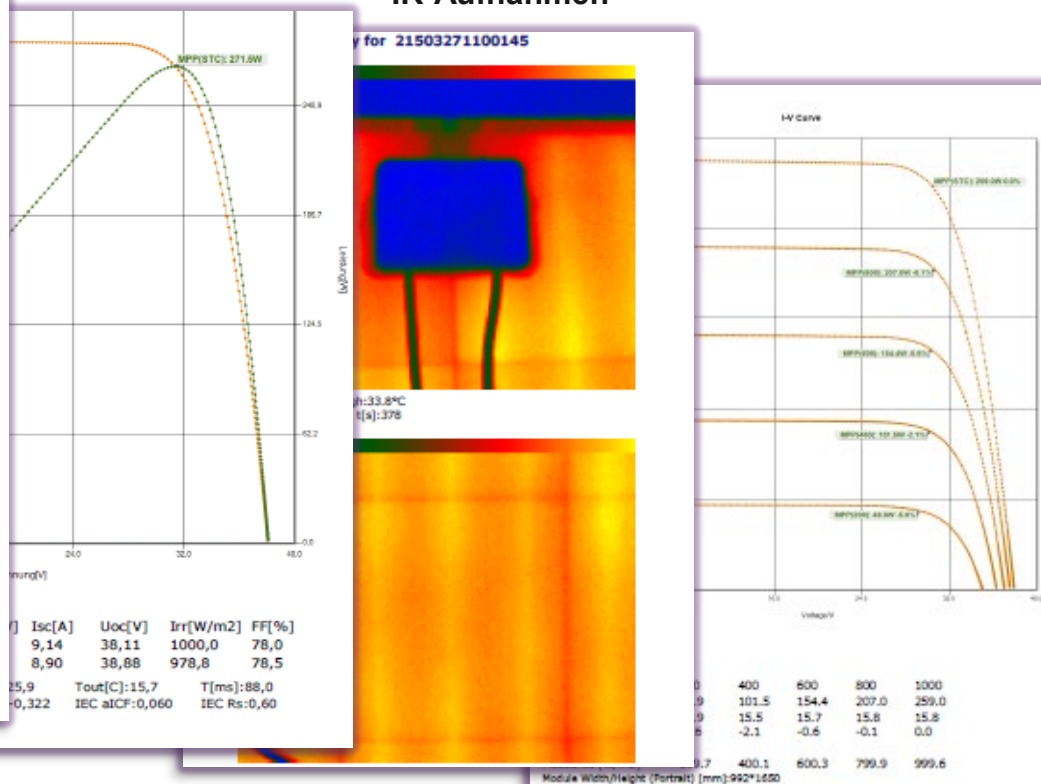
for 21503271100145

Cell (3/5)

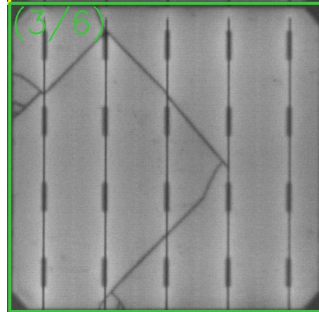
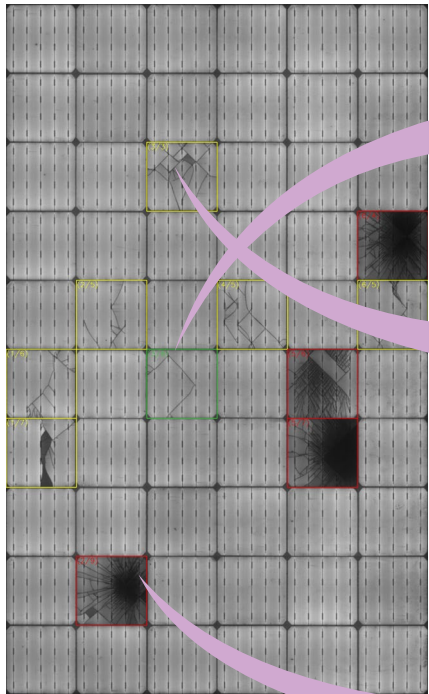
cell area affected

critical: <20% cell area affected

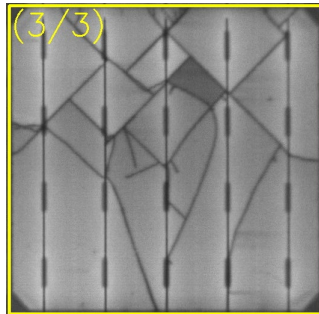
IR-Aufnahmen



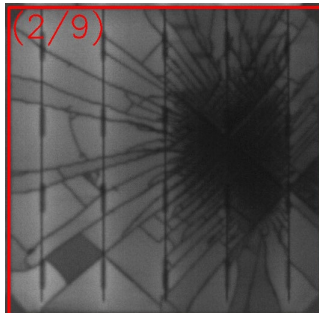
Mikrorisse: Zell- und Modulbewertung



- unkritische Risse, die zu keiner oder nur minimaler Zellabtrennung führen können (max. 1 %)



- kritische Risse, die künftig zu Zellabtrennungen bis zu 20% der Zellfläche führen können



- sehr kritische Risse, die künftig zu Zellabtrennungen grösser 20% der Zellfläche führen können

• Modulbewertung

Klasse	Grün	Gelb	Rot	Gesamt
A	<10%	und 0%	und 0%	und <10%
B	<20%	und <10%	und 0%	und <20%
C	≥20%	od ≥10%	und <10%	und <30%
D			≥10% od	≥30%

- od: oder-Kriterium
- und: und-Kriterium

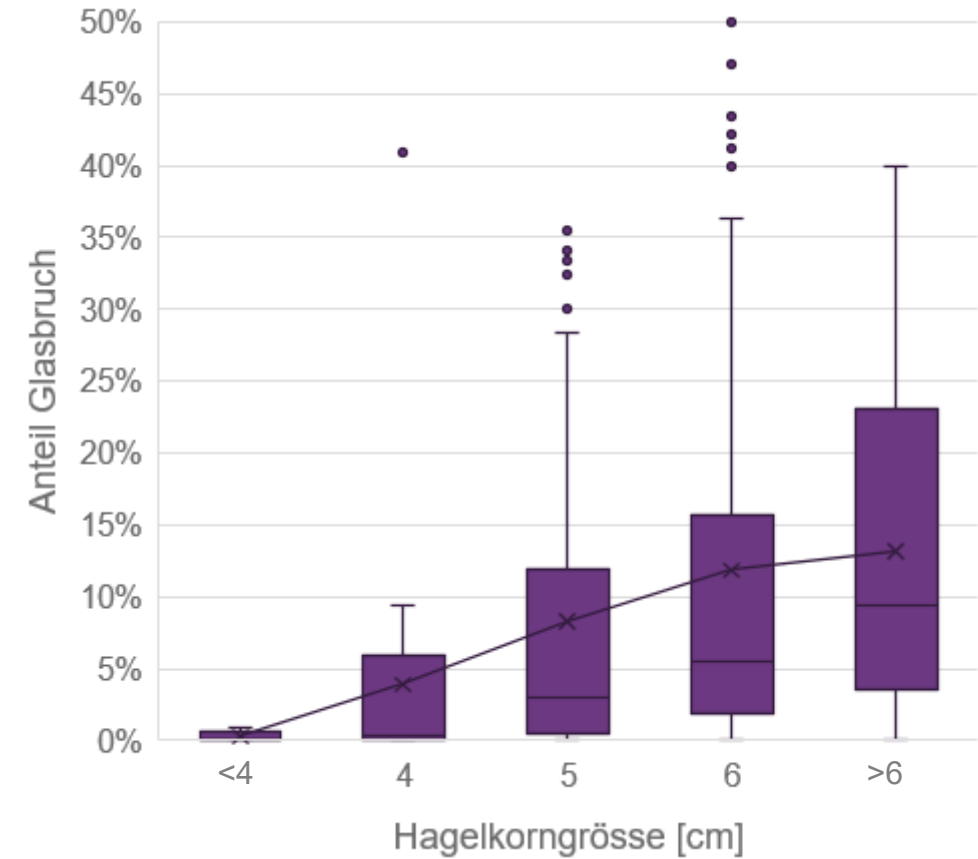
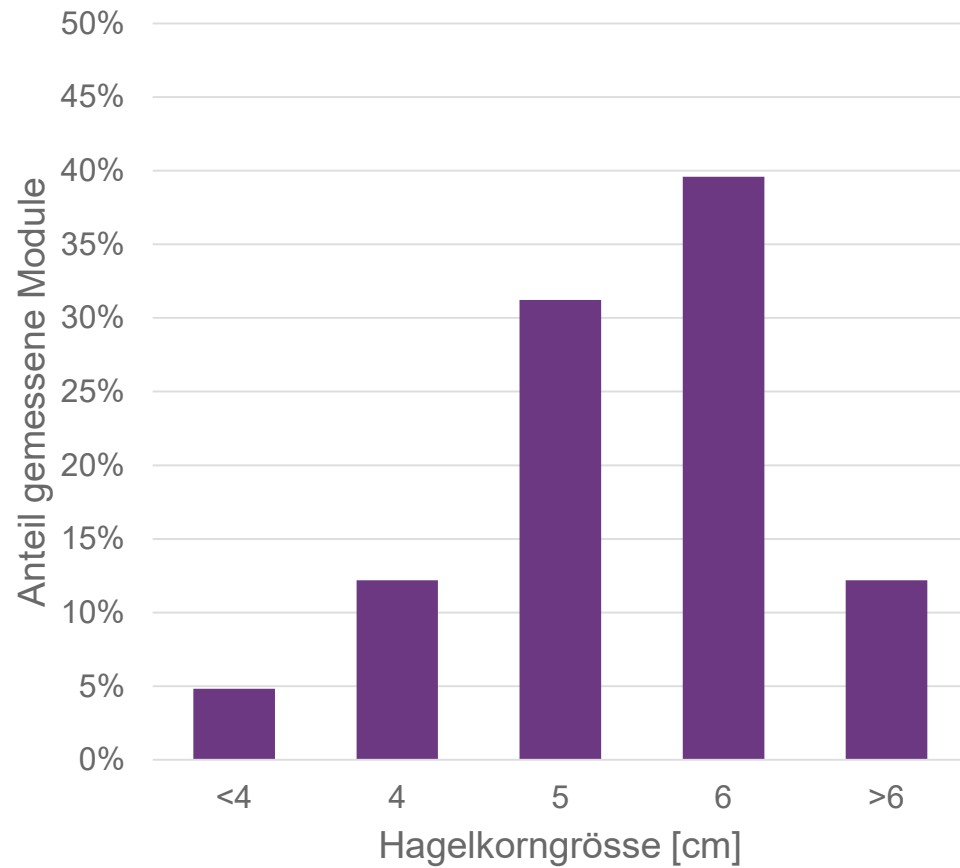
Messdaten

- Stichprobenmessungen
 - Ca. 400 PV-Anlagen/Dachflächen
 - Knapp 4'000 Module
 - Nur Anlagen mit Verdacht auf Schäden
 - **Durchschnittlich 8% Glasbruch**
 - **56% der Module mit unsichtbaren Schäden (Klasse C und D)**

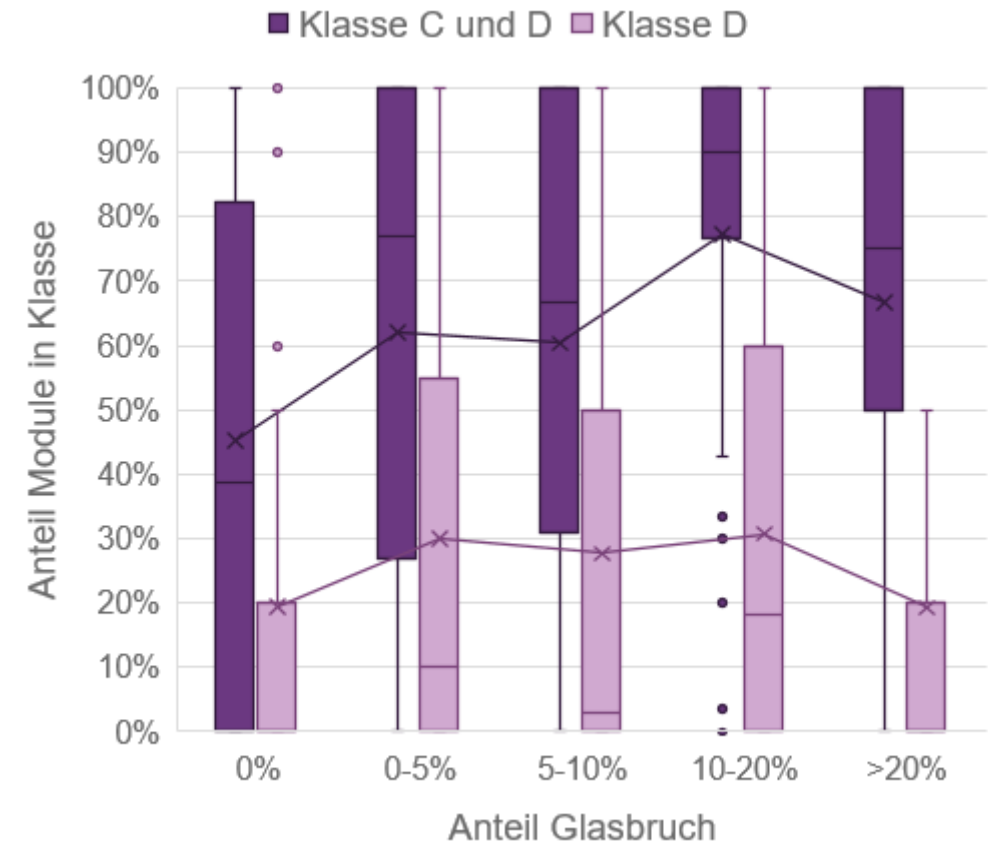
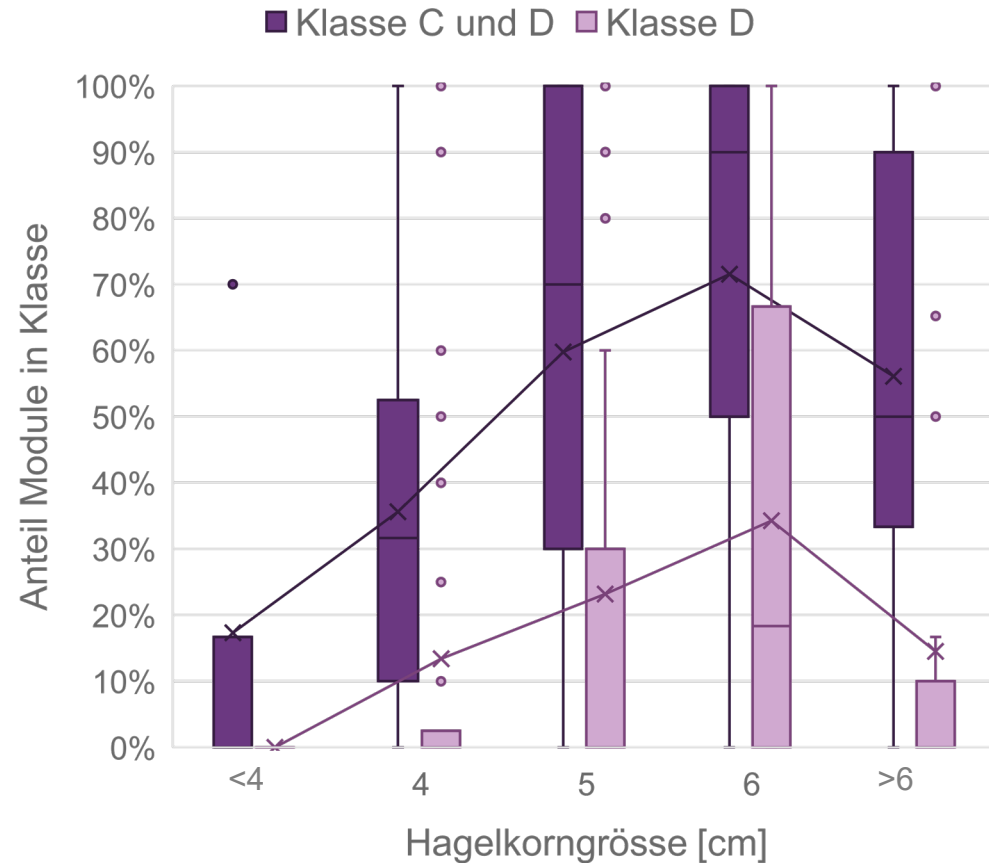


Klasse	A+B	C	D
Anzahl absolut	1'724	1'251	959
Anteil prozentual	44%	32%	24%

Auswertung Messdaten: Glasbruch



Auswertung Messdaten: EL-Klassifizierung



Einordnung Ergebnisse

- Nur Anlagen mit Verdacht auf Schäden, meist mit Glasbruch -> keine zufällige Auswahl
- Zuordnung Hagelkorngrossen zu überprüfen
 - Meist nach Gemeinden nach Sturmarchiv.ch und anderen Quellen
- Daten nicht bereinigt, leicht unterschiedliche Modulbewertung (zu schlecht)

 **Vorläufige Ergebnisse, noch zu verifizieren**

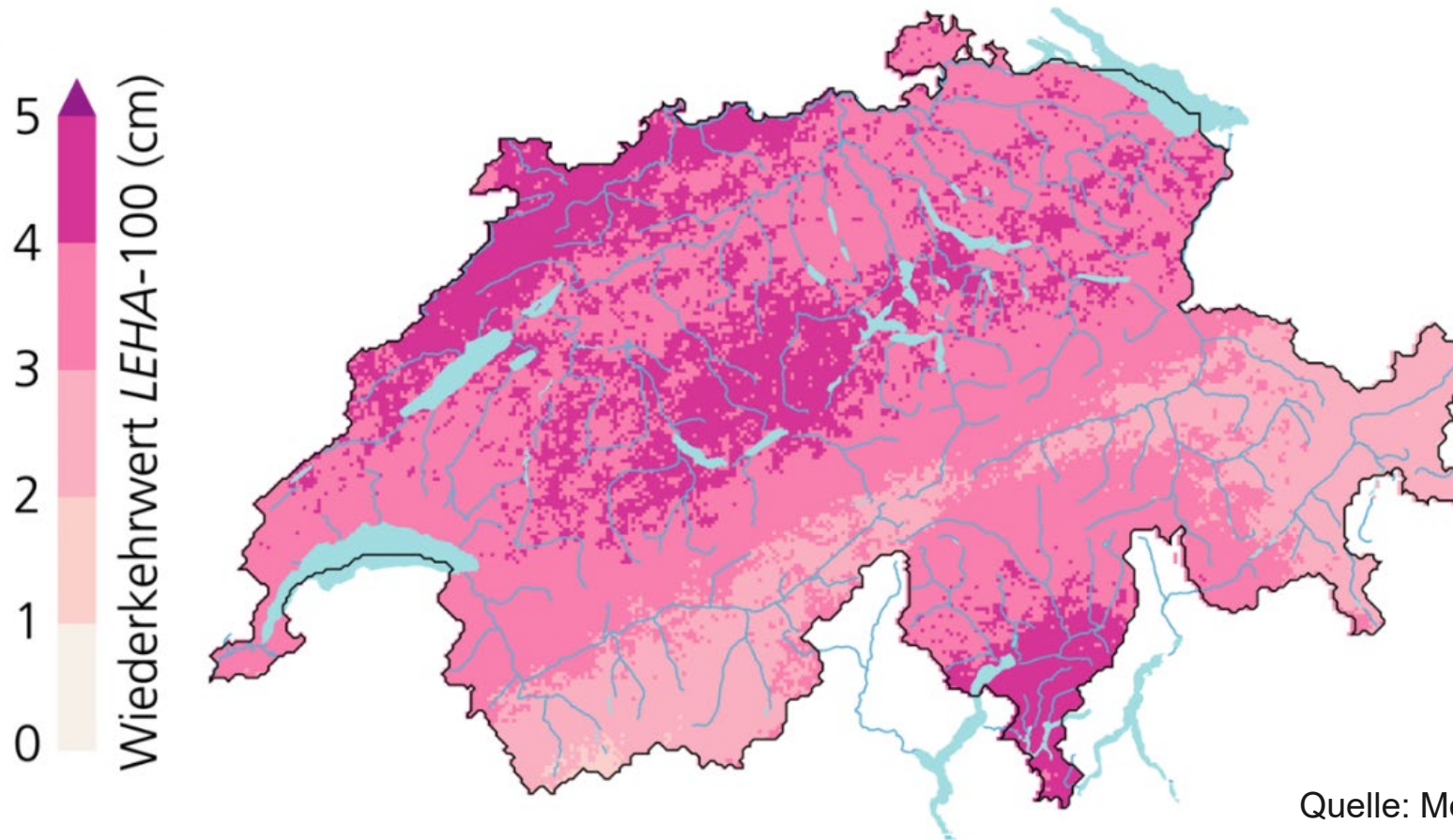
Hagelregister

- www.hagelregister.ch führt hagelgeprüfte Bauteile, auch PV-Module
- PV-Module erhalten HW 3 bei Erfüllung:
 - Geprüft nach IEC 61215 oder IEC 61646
 - Abdeckung aus gehärtetem Glas mit mind. 3 mm
- Sehr wenige Anlagen mit HW 4 oder 5 betroffen, ABER
 - 18 Einträge von 11 Herstellern mit HW4 oder höher, davon 3 Einträge HW5
 - Module gemessen von rund 50 Herstellern

VKF Nummer	Bezeichnung	Beschreibung	Geschäftspartner	Gültig bis	Klassierung
026426	Sunskin roof	Glas-Glas PV-Modul. Oberes Glas ESG 3.2 mm. Unteres Glas ESG 3.0 mm. Rahmenlos, Systemprofil, Aluminium, schwarz eloxiert.	Eternit (Schweiz) AG, Eternitstrasse 3, 8867 Niederurnen	31.12.2027	Hagelwiderstand Funktionalität: HW 4 Hagelwiderstand Aussehen: HW 4
027235	JKM, JKMS	PV-Modul. Temperiertes Glas, Stärke=3,2mm. Zelltechnologie Polykristallin. Rahmen eloxierte Aluminiumlegierung. Anerkennung gilt für die Modul-Typen JKMxxxP-60, JKMxxxP-72, JKMxxxPP-60, JKMxxxPP-72, JKMSxxxP-60, JKMSxxxP-72. xxx bezeichnet die Leistung in Wp.	JinkoSolar (Switzerland) AG	31.12.2022	Hagelwiderstand Funktionalität: HW 4 Hagelwiderstand Aussehen: HW 4
030088	MegaSlate® II L190, M140, Q150, S110	Dach integriertes PV-Modul System ohne Rahmen. Abdeckung: Gehärtetes Solarglas, Stärke = 5.0 mm. Verbindung der einzelnen Module mittels Metallhaken.	3S Swiss Solar Solutions AG, Schorenstrasse 39, 3645 Gwatt (Thun)	31.12.2023	Hagelwiderstand Aussehen: HW 4 Hagelwiderstand Funktionalität: HW 4
030546	P19, X19, X25, X55, X59, X75, X79, S19, S25, S59, S75, S79, P23, X63, X61, X83, X81, X23	Monokristalline Photovoltaikmodule. Abdeckung aus gehärtetem Solarglas (ESG), Stärke = 3.2 mm. Abdeckung gelagert in Rahmen aus Aluminium-Profil.	aleo solar GmbH, Marius-Eriksen-Strasse 1, 17291 Prenzlau	31.12.2024	Hagelwiderstand Aussehen: HW 4 Hagelwiderstand Funktionalität: HW 4
030646	Eagle JKM; Eagle Perc; Cheetah Perc	PV-Modul. Temperiertes Glas, Stärke=3,2mm. Zelltechnologie Polykristallin oder Monokristallin. Rahmen Aluminium. Anerkennung gilt für die Modul-Typen Eagle JKM xxxPP-60 A1(- V); Eagle Perc JKM xxxM-60; Eagle JKM xxxM-60 A1 (-V); Cheetah Perc JKMxxxM-60. xxx bezeichnet die Leistung in Wp. Die Hagelprüfung bezieht sich nur auf den solaren Teil, nicht auf eine allfällige Randabdeckung oder die Unterkonstruktion.	JinkoSolar (Switzerland) AG, Chamerstrasse 8, 6300 Zug	31.12.2024	Hagelwiderstand Aussehen: HW 4 Hagelwiderstand Funktionalität: HW 4
030913	KPV ME NEC xxx Wp mono; KPV PE NEC xxx Wp poly	Glas-Folien PV-Modul. Frontabdeckung aus Solarglas ESG, Stärke = 3.2 mm. Zelltechnologie Polykristallin oder Monokristallin. Rahmen Aluminium. xxx bezeichnet die Leistung in Wp. Die Hagelprüfung bezieht sich nur auf den solaren Teil, nicht auf eine allfällige Randabdeckung oder die Unterkonstruktion.	KIOTO Photovoltaics Schweiz GmbH, Hauptstrasse 24, 8832 Wollerau	31.12.2024	Hagelwiderstand Aussehen: HW 4 Hagelwiderstand Funktionalität: HW 4
030914	PVP-GExxxP/M; KPV GE xxx Wp poly; KPV GE xxx Wp mono	Glas-Glas PV-Modul. Frontabdeckung aus Solarglas, Stärke = 3.0 mm. Rückabdeckung aus Solarglas, Stärke = 3.0 mm. Oberfläche Glas klar oder matt. Zelltechnologie Polykristallin oder Monokristallin. xxx bezeichnet die Leistung in Wp.	KIOTO Photovoltaics Schweiz GmbH, Hauptstrasse 24, 8832 Wollerau	31.12.2024	Hagelwiderstand Aussehen: HW 4 Hagelwiderstand Funktionalität: HW 4
030915	PVP 360° Glas-Modul; KPV GE xxx Wp bifacial	Glas-Glas PV-Modul mit bifacialer Zelltechnologie. Frontabdeckung aus Solarglas, Stärke = 3.0 mm. Rückabdeckung aus Solarglas, Stärke = 3.0 mm. Klemmschiene aus Aluminium 5 mm * 50 mm, pulverbeschichtet anthrazit matt. xxx bezeichnet die Leistung in Wp.	KIOTO Photovoltaics Schweiz GmbH, Hauptstrasse 24, 8832 Wollerau	31.12.2024	Hagelwiderstand Aussehen: HW 5 Hagelwiderstand Funktionalität: HW 5
031023	IBC MonoSol 330, 335, 340 MS-HC	PV-Modul. Temperiertes Glas, Stärke = 3,2mm. Zelltechnologie Monokristallin. Rahmen Aluminium. Die Hagelprüfung bezieht sich nur auf den solaren Teil, nicht auf eine allfällige Randabdeckung oder die Unterkonstruktion.	IBC Solar AG, Am Hochgericht 10, 96231 Bad Staffelstein	31.12.2025	Hagelwiderstand Aussehen: HW 4 Hagelwiderstand Funktionalität: HW 4
031564	SDP-MH 14.5W	Photovoltaik-Modul monokristallin in Dachziegel integriert (Solardachplatte). Photovoltaik-Modul in Glas-Glas Bauweise, Stärke Frontglas = 3.2 mm, Stärke Rückseitenglas = 3.0 mm. Gehäuse Aluminium anthrazit pulverbeschichtet. Stärke = 1.0 mm. seitlich	paXos Solar GmbH, Karl-Benz-Strasse 9, 40764 Langenfeld	31.12.2026	Hagelwiderstand Aussehen: HW 4 Hagelwiderstand Funktionalität: HW 4

Quelle: hagelregister.ch

Neue Hagelgefährdungskarte



Quelle: MeteoSchweiz

- Neu sind viele Gebiete mit 50-j. Wiederkehrperioden von über 4 cm
- Höhere Auflösung
- Noch nicht in Norm übernommen (SIA 261/1)

Zusammenfassung und Ausblick

- Hagelgrossereignis am 28.06.2021: erstmals grossflächig PV-Anlagen betroffen
- EL-Messungen mit mobilem PV-Labor machen auch unsichtbare Schäden sichtbar
 - Module werden nach Anzahl und Schwere der Mikrorisse kategorisiert und bewertet
 - Ca. 4'000 vermessene Stichproben-Module aus rund 400 PV-Anlagen
 - Ca. 50-60% der Module mit kritischen Schäden (Modulklasse C und D)
 - In der Regel Hagelkorngrössen ab 5 cm kritisch für PV-Module
 - Hagelkorngrösse guter Indikator für Modulschäden, der Anteil Module mit Glasbruch bedingt
- Ausblick
 - Daten prüfen, bereinigen, vervollständigen, unter weiteren Gesichtspunkten auswerten
 - Langzeitmessung zur Alterung von Mikrorissen (Zusammenhang Mikrorisse – Modulleistung)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



- Evelyn Bamberger
evelyn.bamberger@ost.ch
www.spf.ch