



Blendung PV-Anlagen, Pilotprojekt aus dem Kanton Zürich

Christof Bucher / Janina Reichstein / Matthias Hügi, Berner Fachhochschule, April-Mai 2026
Energiepraxis-Seminar 2026, Zürich | St. Gallen | Rotkreuz | Ziegelbrücke | Winterthur

► Berner Fachhochschule | Labor für Photovoltaiksysteme

Vorgeschichte

- ▶ Blendung am Zürichsee
- ▶ Initiative Anwohner: Lösungssuche
- ▶ Pilotprojekt
- ▶ Laborbegleitung



Raumplanung: Reflexionsarm und Blendarm

- ▶ **Raumplanungsgesetz (RPG)**, Art. 18a Solaranlagen [...]
 - ¹ In Bau- und in Landwirtschaftszonen bedürfen auf Dächern oder an Fassaden genügend angepasste Solaranlagen keiner Baubewilligung [...]
- ▶ **Raumplanungsverordnung (RPV)**, Art. 32a Bewilligungsfreie Solaranlage [...]
 - ¹ Solaranlagen auf einem Dach gelten als genügend angepasst, wenn sie:
 - c. nach dem Stand der Technik reflexionsarm ausgeführt werden

Wichtig:

- ▶ Praktisch alle PV-Module sind heute reflexionsarm.
- ▶ Trotzdem können sie blenden.
- ▶ Nur sehr wenige PV-Module sind auch blendarm.

Grundlage: Reflexionsarm und Blendarm

Reflexionsarm

- ▶ Nur ein kleiner Anteil des Lichts wird reflektiert.
- ▶ Das Licht wird meistens gerichtet (geringe Bündelaufweitung) reflektiert.
- ▶ Eine Blendung ist möglich



Blendarm

- ▶ Reflexion oft stärker als bei Reflexionsarmen PV-Modulen
- ▶ Reflexion aber stark gestreut: Es gibt keine Blendung

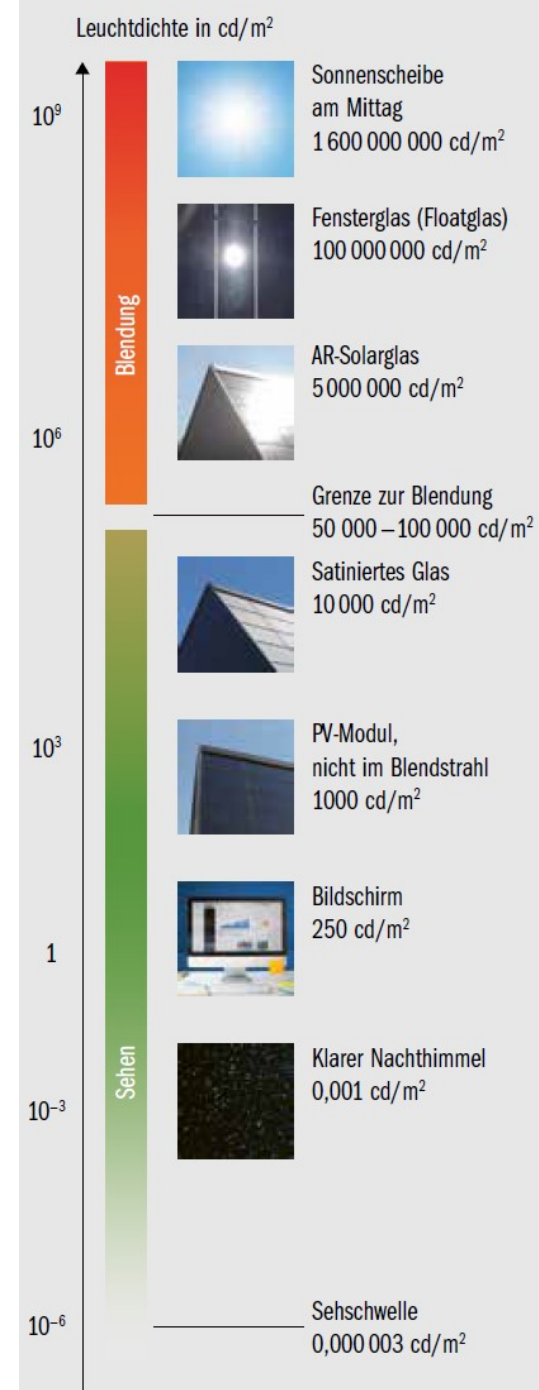


Leuchtdichte: Candela pro Quadratmeter (cd/m^2)

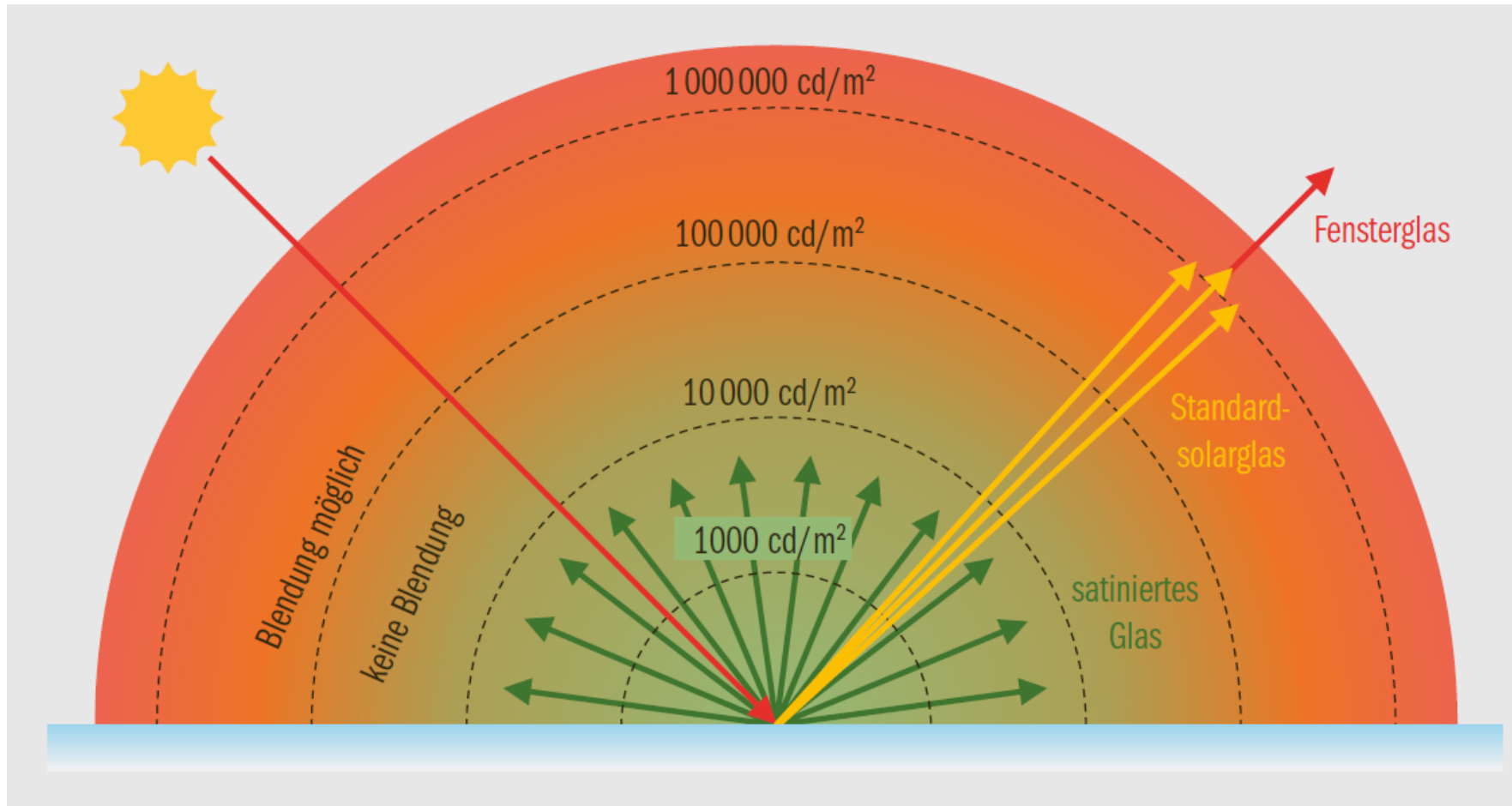
► Typische Werte Leuchtdichte

- Fensterglas: $200'000'000 \text{ cd}/\text{m}^2$
- Standard-PV-Modul: $5'000'000 \text{ cd}/\text{m}^2$
- Blendarmes PV-Modul: $10'000 \text{ cd}/\text{m}^2$
- Bildschirm (eigene Helligkeit): $250 \text{ cd}/\text{m}^2$

- Es gibt keine Grenzwerte. Wenn es sie gäbe, wären sie wohl irgendwo zwischen $30'000 \text{ cd}/\text{m}^2$ und $100'000 \text{ cd}/\text{m}^2$



Reflexion: Gebündelt oder gestreut?



- ▶ **Fensterglas:** Gebündelt
- ▶ **Solarglas:** leicht gestreut (Bündel-aufweitung: ca. 5°)
- ▶ **Blendarmes Glas:** Stark gestreut

Ch. Bucher, Photovoltaikanlagen, Faktor Verlag Zürich, 2025

Blendung messen

Goniophotometer,
BRDF-Messung

- ▶ Labormessung



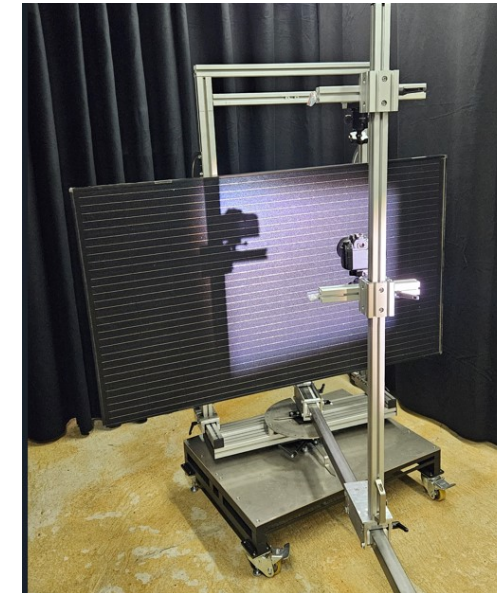
Leuchtdichtemessgerät

- ▶ Handgerät
- ▶ Labor- oder Feld



Fotokamera

- ▶ Handgerät
- ▶ Labor- oder Feld



Was blendet? Was ist blendfrei?

Eine Hand blendet nicht



Oder doch?

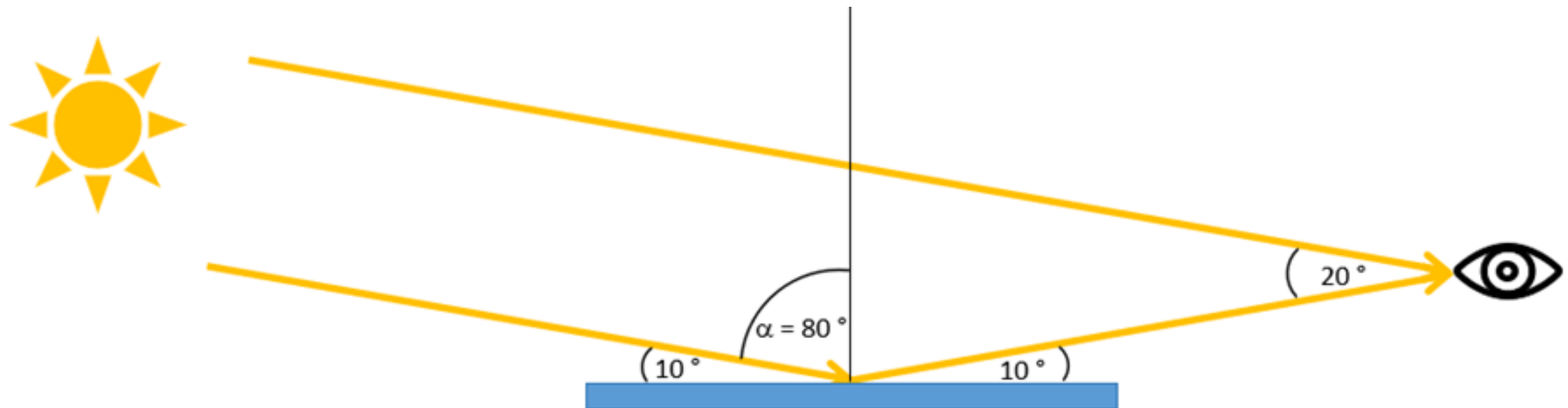


Praktisch jede Oberfläche blendet, wenn man sie gegen die Sonne hält.

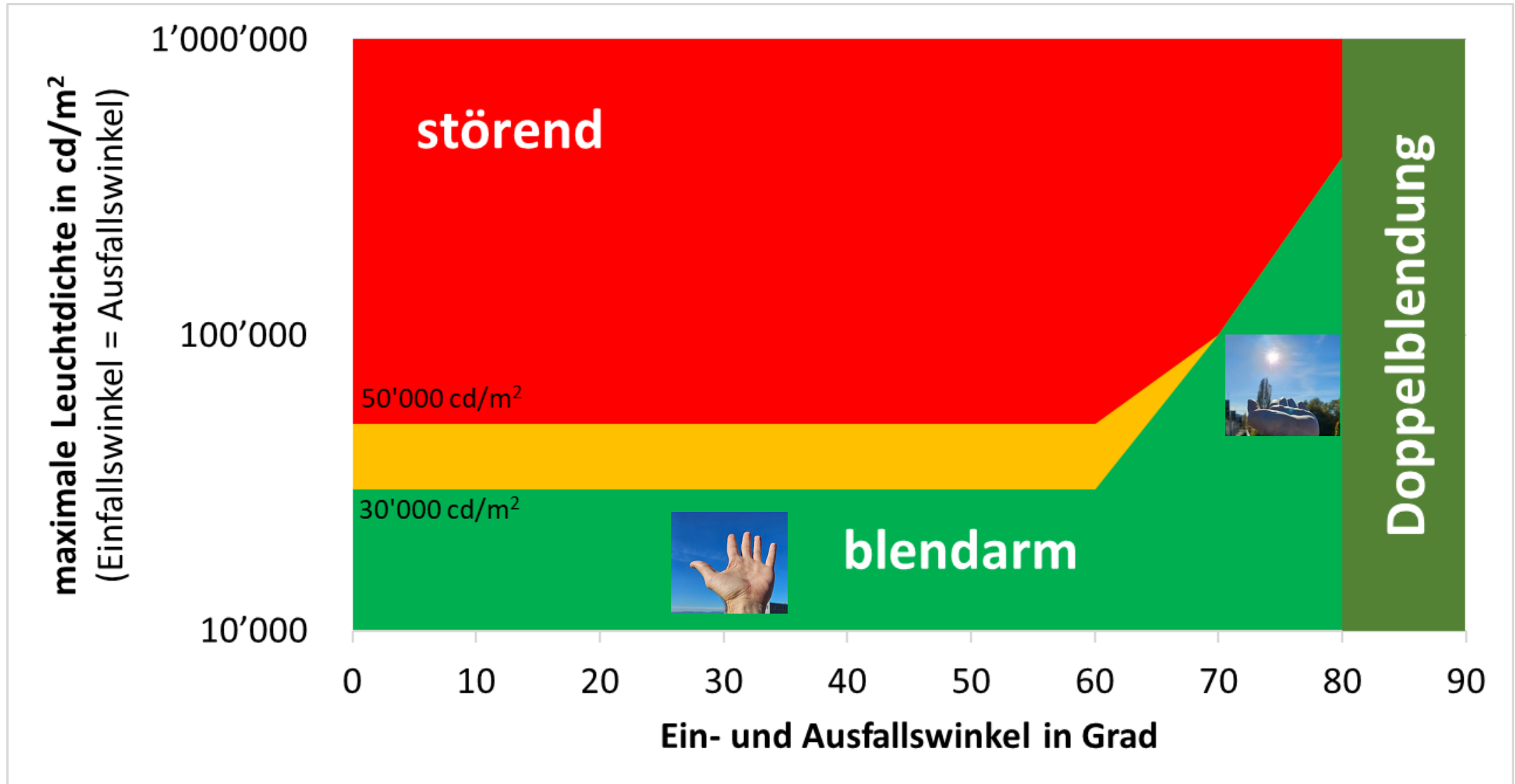
Was also ist ein blendfreies Solarmodul?

Doppelblendung, Sun Masking

- ▶ «die Sonne blendet sowieso»



Vorschlag Grenzwert



Verschiedene Produkte, verschiedene Blendeigenschaften



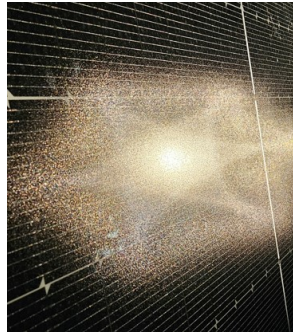
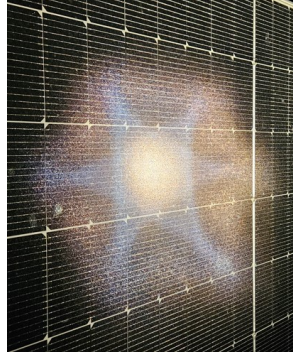
Welche blendarmen Produkte gibt es am Markt?

Standard-Solarglas



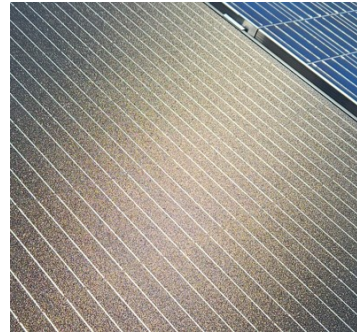
Blendet

Strukturiertes Glas

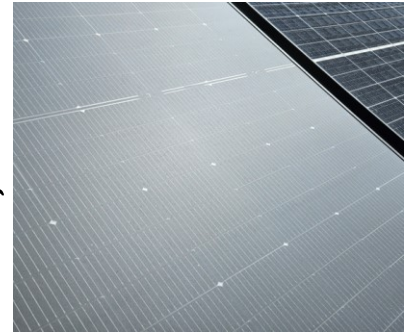


blendet manchmal

Beschichtung (Deflect™)



Folie, satiniertes Glas



blendet nicht

Lösungsoptionen blendarme PV-Module

| Produkt | Vorteile | Nachteile |
|-----------------------|--|--|
| Beschichtung Deflect™ | Günstig, bewährt, langlebig | Blendet bei flachen Winkeln |
| Sandgestrahltes Glas | Günstig, einfach herstellbar | Beschädigt das Glas, verschmutzt |
| Satiniertes Glas | «Sehr blendarm», langlebig | relativ teuer, braucht Flusssäure |
| Folie | «Sehr blendarm», evtl. günstig, Retrofit möglich | Manipulation PV-Modul, Retrofit aufwändig, relativ teuer |
| Coating (Spray) | Potenziell günstig | Funktioniert nicht |

Herausforderungen für blendarme Produkte

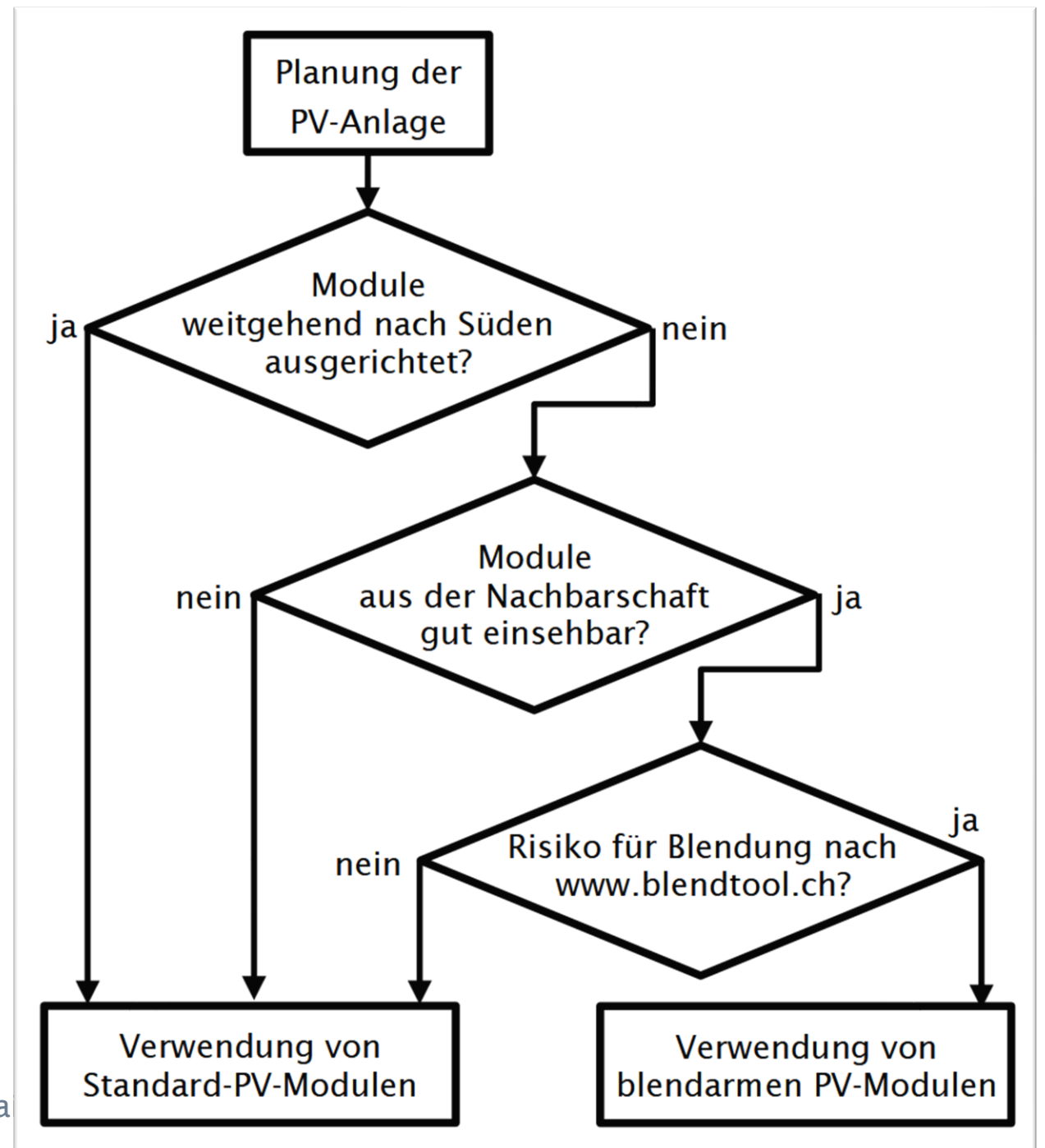
- ▶ Verfügbarkeit (sehr kleiner Markt)
- ▶ Kosten
- ▶ Säureeinsatz in der Produktion (satinieretes Glas)
- ▶ Langlebigkeit (Coating, Folien)
- ▶ Retrofit nicht möglich (satinieretes Glas)
- ▶ Garantienausschluss Modulhersteller (Folien)
- ▶ Brandschutz? (Folien)
- ▶ Verschmutzung?
- ▶ Transmission / Energieertrag?

Herausforderungen mit Folien

- ▶ Seit ca. März 2024 am Markt → keine Langzeiterfahrung
- ▶ Aufbringen Folie
- ▶ Entfernung Folie: nur mit Lösungsmittel? Spröde?
- ▶ Folie haftet nicht auf allen Gläsern. Je glatter das Glas, desto besser
- ▶ Ertragsverlust / Transmissionsverlust durch Folie: 1%, 3%, 5%, 7% ?
- ▶ Brandschutz bei Fassaden: Know-how fehlt
- ▶ Garantie Modulhersteller?



Blendung kritisch?



Hilfsmittel: www.blendtool.ch

Kanton Bern
Canton de Berne

BLENDTOOL v1.2.3

Kontakt DE

Token

Emission | Immission

Breitengrad [°] Längengrad [°]

Azimut [°]

Neigungswinkel [°]

Höhe über Grund [m]

Terrainhöhe [m]

Länge [m] Breite [m]

Bündelaufweitung [°]

Relevanzbereich minimal [°] Relevanzbereich maximal [°]

Karte | Sonnenstand | Reflexion | Tabelle | Analyse | Export | Hilfe | Impressum

1a

bentalstrasse

54

Rabbentalstrasse

53

51

Rabbentalstrass

6

Sonnen

+
-
☰

Pilotprojekt



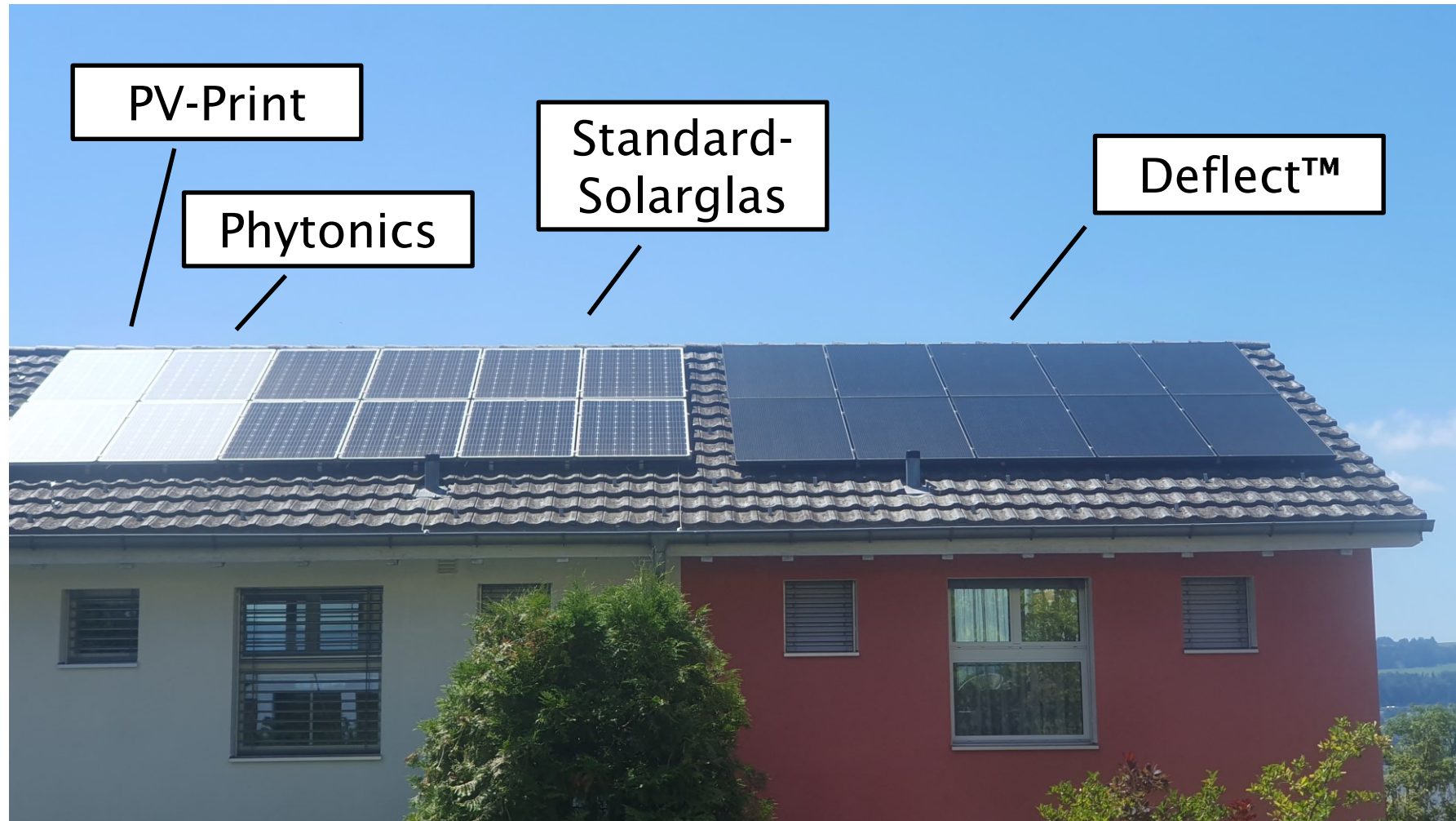
- ▶ Norddach
- ▶ Hanglage
- ▶ Blendung im Früh- und Spätsommer
- ▶ ca. 2-4 h Blendung pro Tag

Pilotprojekt - Ausgangslage



- ▶ Zweite Anlage mit Deflect™ gebaut

Pilotprojekt: Test mit Folien



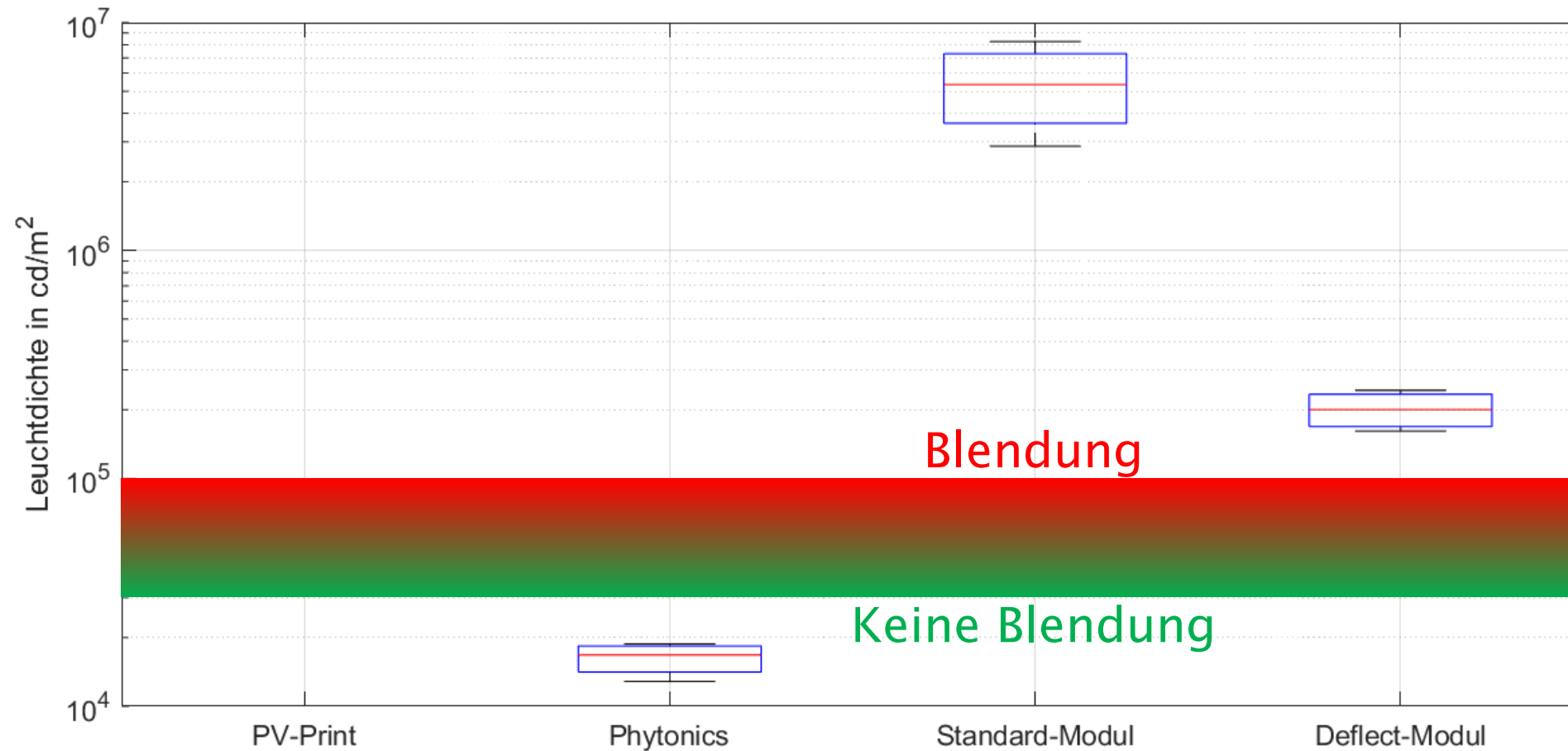
Die Folien sind hell...



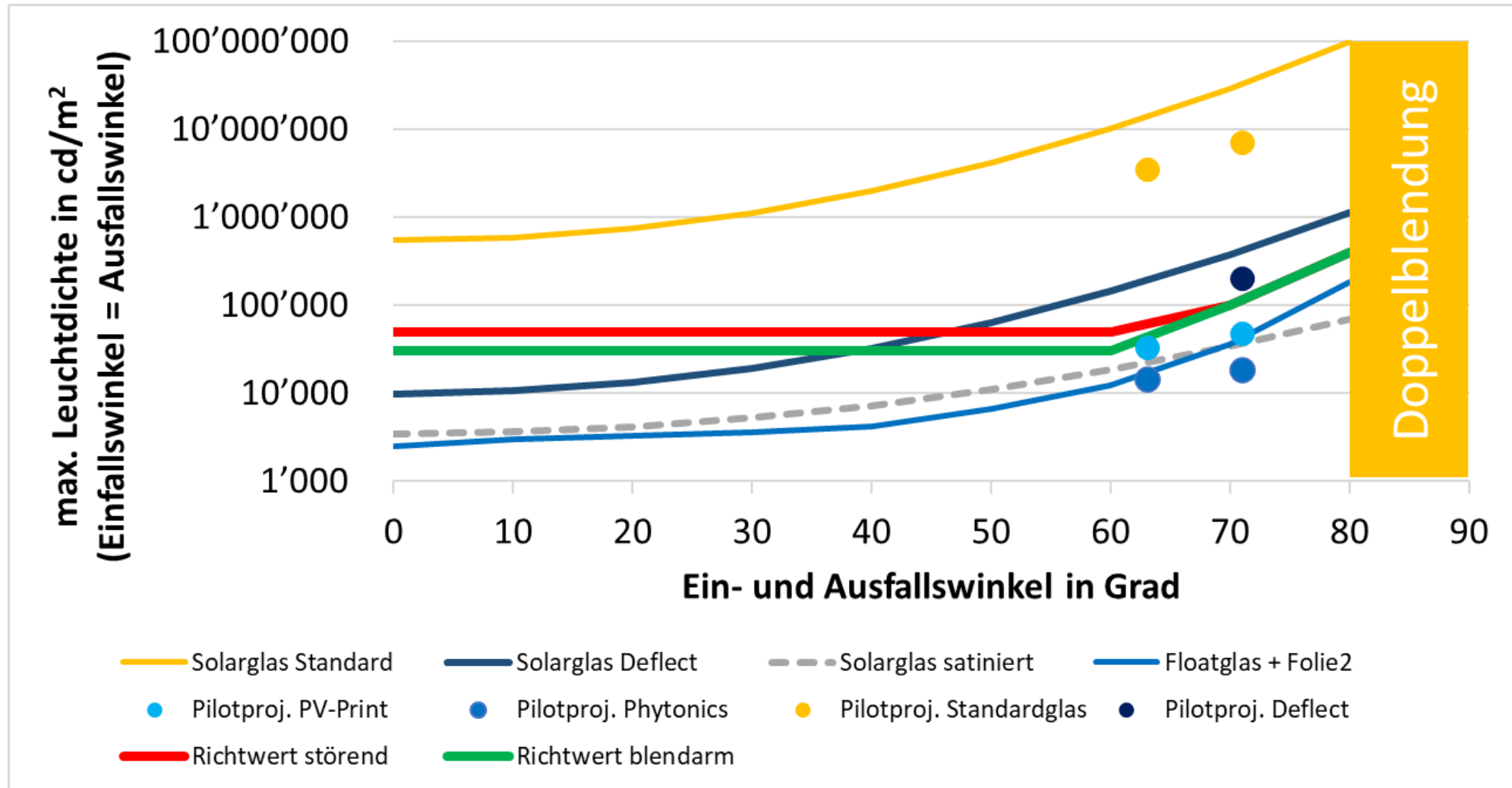
...aber sie blenden nicht



Messresultate



Messungen





Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

christof.bucher@bfh.ch

matthias.huegi@bfh.ch

janina.reichstein@bfh.ch