



# Blendung an PV-Anlagen: Erfahrungen mit blendarmen Produkten

Prof. Dr. Christof Bucher, Berner Fachhochschule, Solar Update, 19. November 2024

► Berner Fachhochschule | Labor für Photovoltaiksysteme

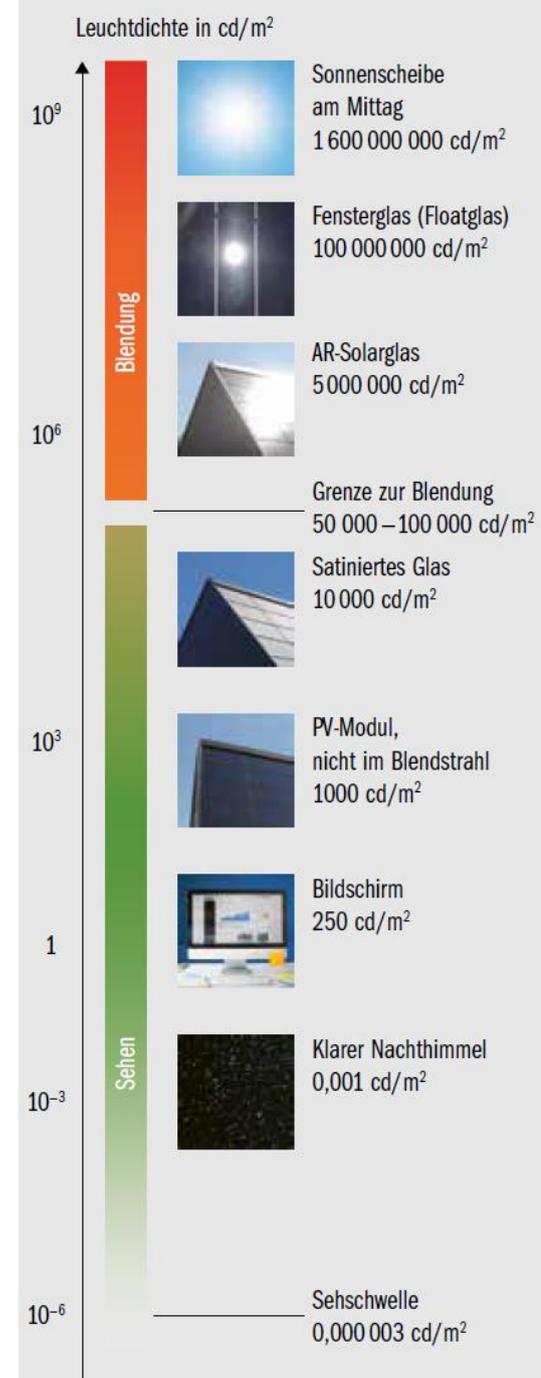
# Präambel

- ▶ Nach Süden ausgerichtete PV-Anlagen sind meist unkritisch.
- ▶ Nach Norden ausgerichtete Anlagen können blenden.
- ▶ **Bauen Sie keine nördlich ausgerichteten PV-Anlagen ohne in [www.blendtool.ch](http://www.blendtool.ch) die Auswirkungen zu prüfen!**



# Das Wesen der Blendung

- ▶ Blendung wird (in Europa) mit der Leuchtdichte gemessen: Candela pro Quadratmeter
  - ▶ Standard-PV-Modul:  $5'000'000 \text{ cd/m}^2$
  - ▶ Blendarmes PV-Modul:  $20'000 \text{ cd/m}^2$
- ▶ Blendung ist fast unabhängig von der Reflexion:
  - ▶ Weisse Wand: 80% Reflexion → keine Blendung
  - ▶ PV-Modul: 5% Reflexion → Blendung
    - Die Bündelung der Reflexionsstrahlung macht die Blendung
- ▶ Es gibt keine Grenzwerte. Wenn es sie gäbe, wären sie irgendwo zwischen  $30'000 \text{ cd/m}^2$  und  $400'000 \text{ cd/m}^2$



# Blendung messen

Goniophotometer,  
BRDF-Messung

- ▶ Labormessung



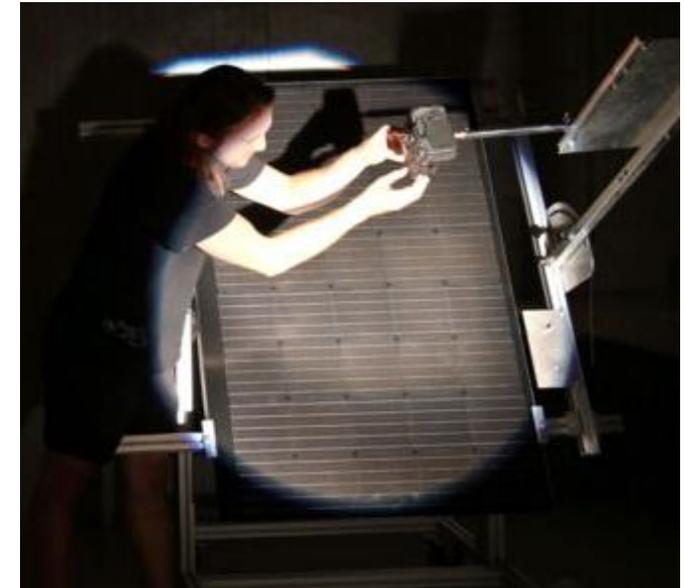
Leuchtdichtemessgerät

- ▶ 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.

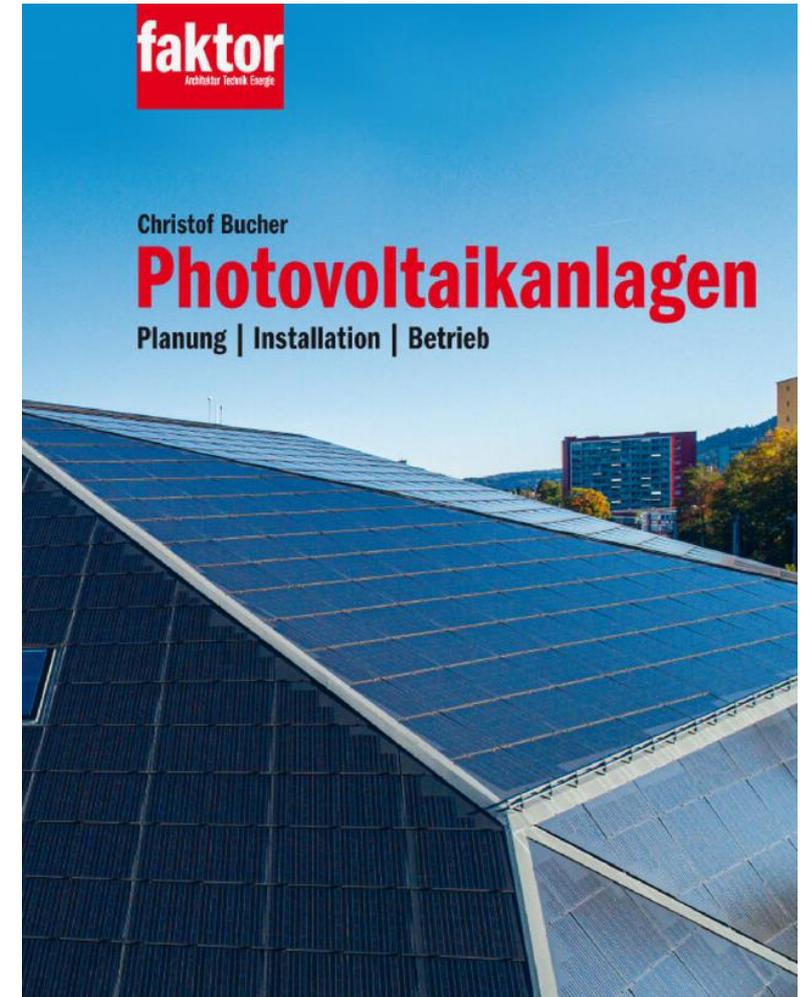
Was also ist ein blendfreies Solarmodul?

# Vorschlag Definition

**Blendfreies PV-Modul:** Ein PV-Modul gilt dann als blendfrei, wenn es bei allen Lichteinfallswinkeln eine tiefere Leuchtdichte aufweist, als die hellste Oberfläche, die im Volksmund als blendfrei bezeichnet wird.

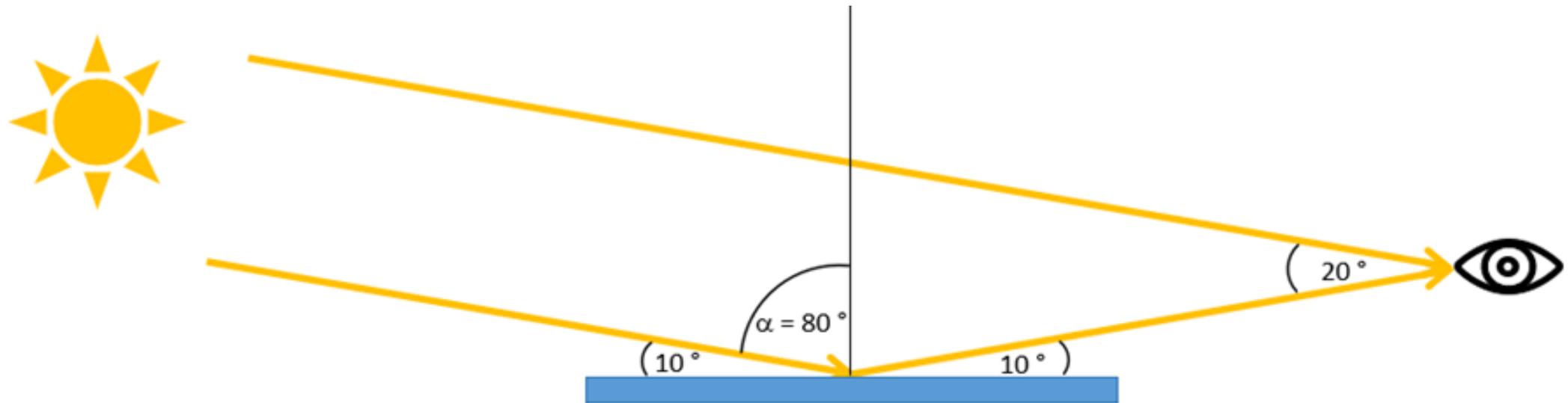
ACHTUNG: Evtl. wird "blendfrei" noch mit "blendarm" ersetzt

→ Vorgesehen in der zweiten Auflage des Fachbuchs Photovoltaikanlagen, Faktor Verlag, 2025

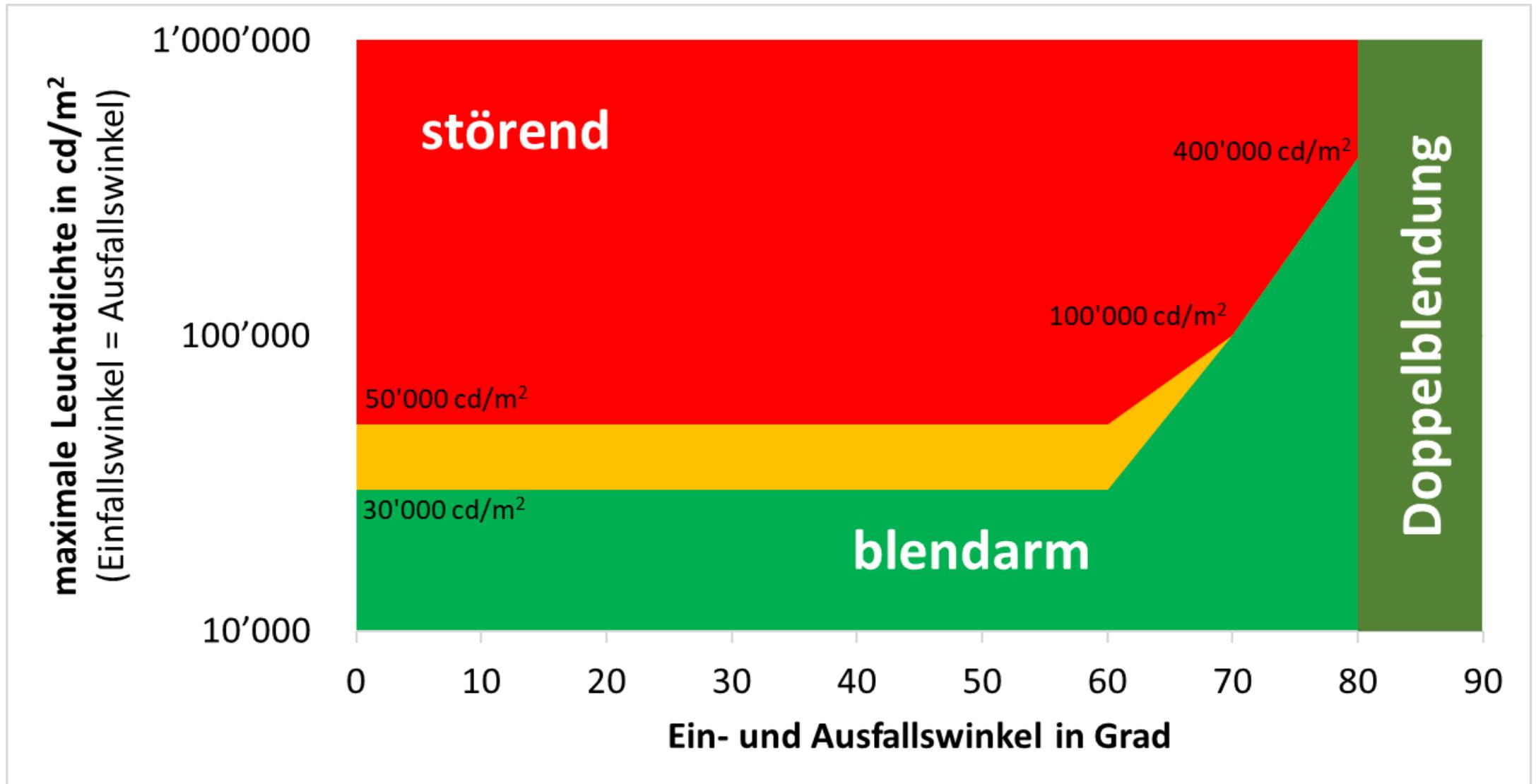


# Doppelblendung, Sun Masking

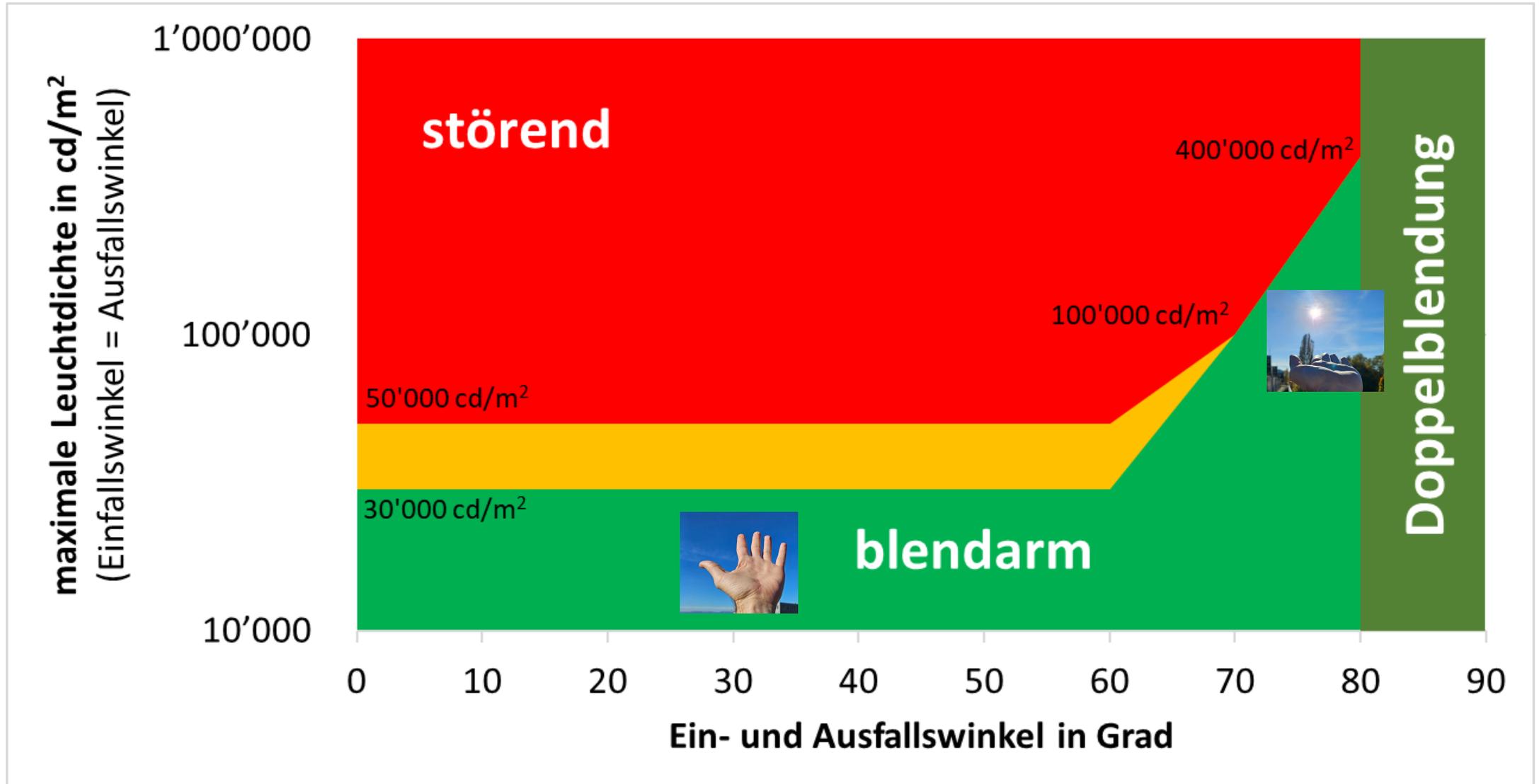
- ▶ «die Sonne blendet sowieso»



# Vorschlag Grenzwert



# Vorschlag Grenzwert



# Verschiedene Produkte, verschiedene Blendeigenschaften



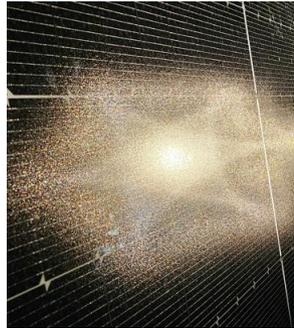
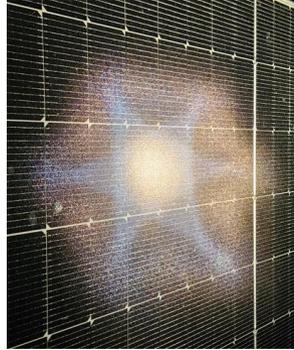
# Welche blendarmen Produkte gibt es am Markt?

Standard-Solarglas



Blendet

Strukturiertes Glas



blendet manchmal

Beschichtung (Deflect™)



Folie, satinierendes Glas



blendet nicht

# Herausforderungen für blendarme Produkte

- ▶ Preis (satiniertes Glas)
- ▶ Säureeinsatz (satiniertes Glas)
- ▶ Langlebigkeit (Coating, Folien)
- ▶ Retrofit nicht möglich (satiniertes Glas)
- ▶ Verschmutzung?
- ▶ Transmission / Energieertrag?

# 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	Erfahrungen fehlen. Langlebigkeit?
Coating (Spray)	Potenziell günstig	Funktioniert nicht

# 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%, 7% ?
- ▶ Brandschutz bei Fassaden: Know-how fehlt
- ▶ Garantie Modulhersteller?



# Pilotprojekt



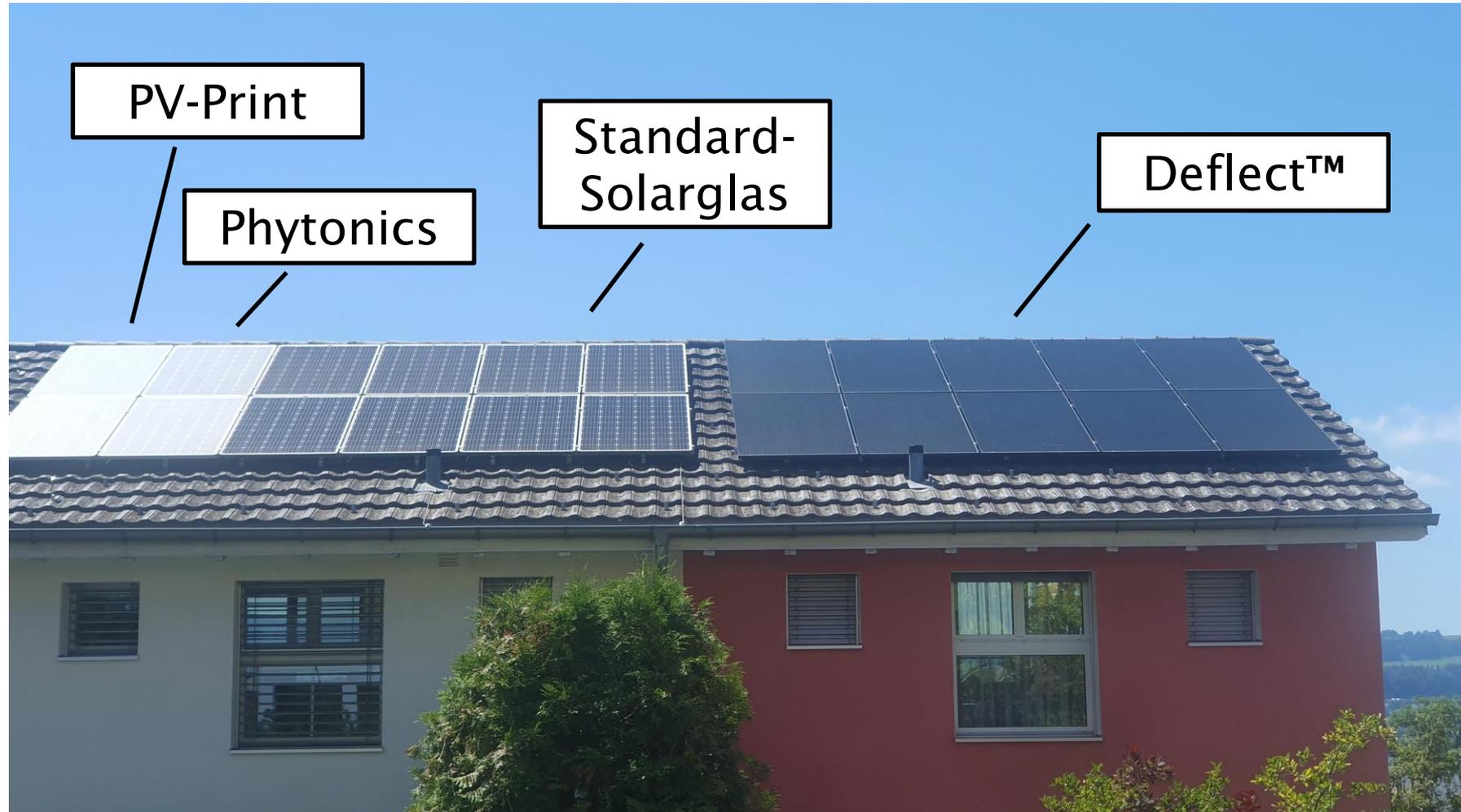
- ▶ Norddach
- ▶ Hanglage
- ▶ Blendung im Früh- und Spätsommer
- ▶ ca. 2-4 h Blendung pro Tag

# Pilotprojekt - Ausgangslage



- ▶ Zweite Anlage mit Deflect™ gebaut

# Pilotprojekt: Test mit Folien



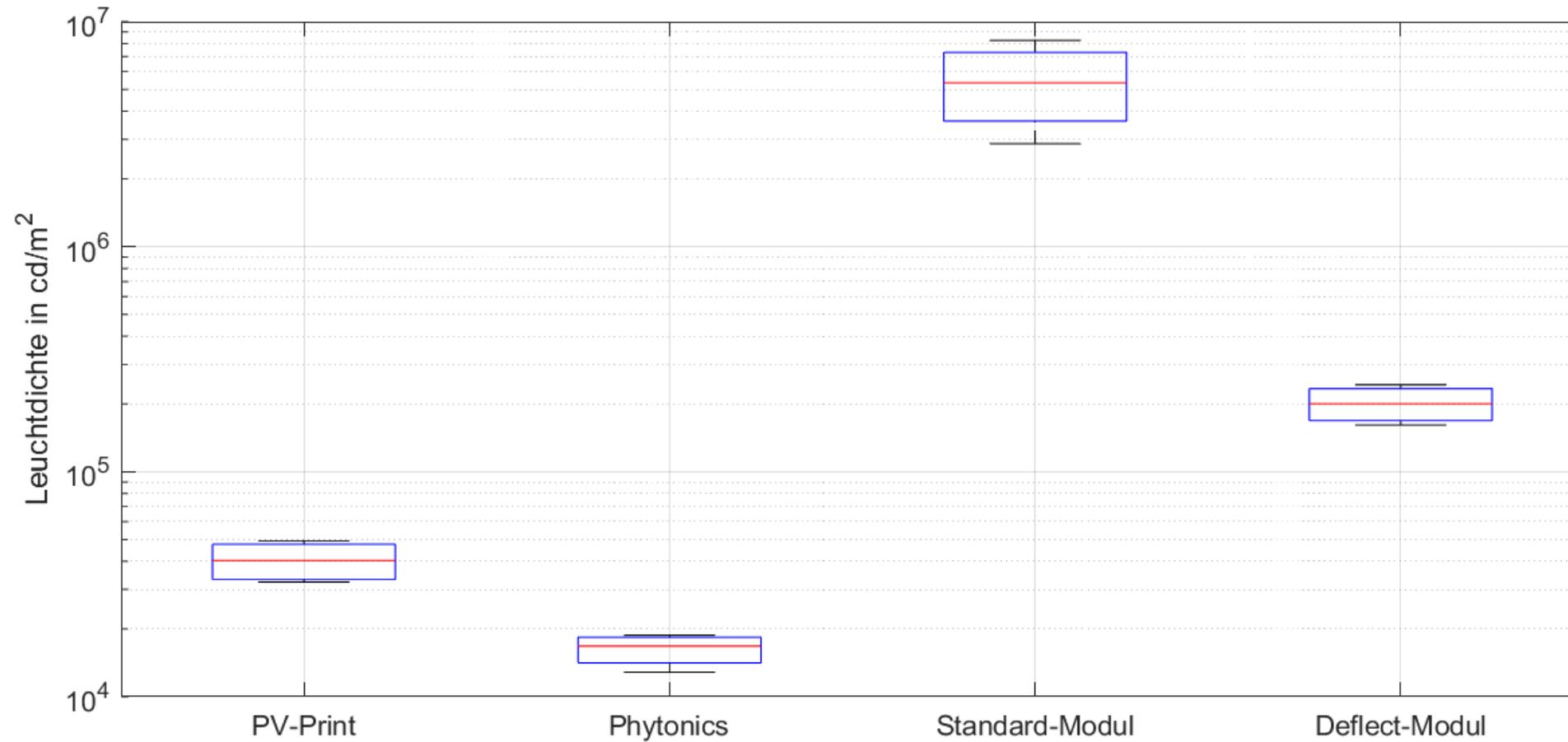
Die Folien sind hell...



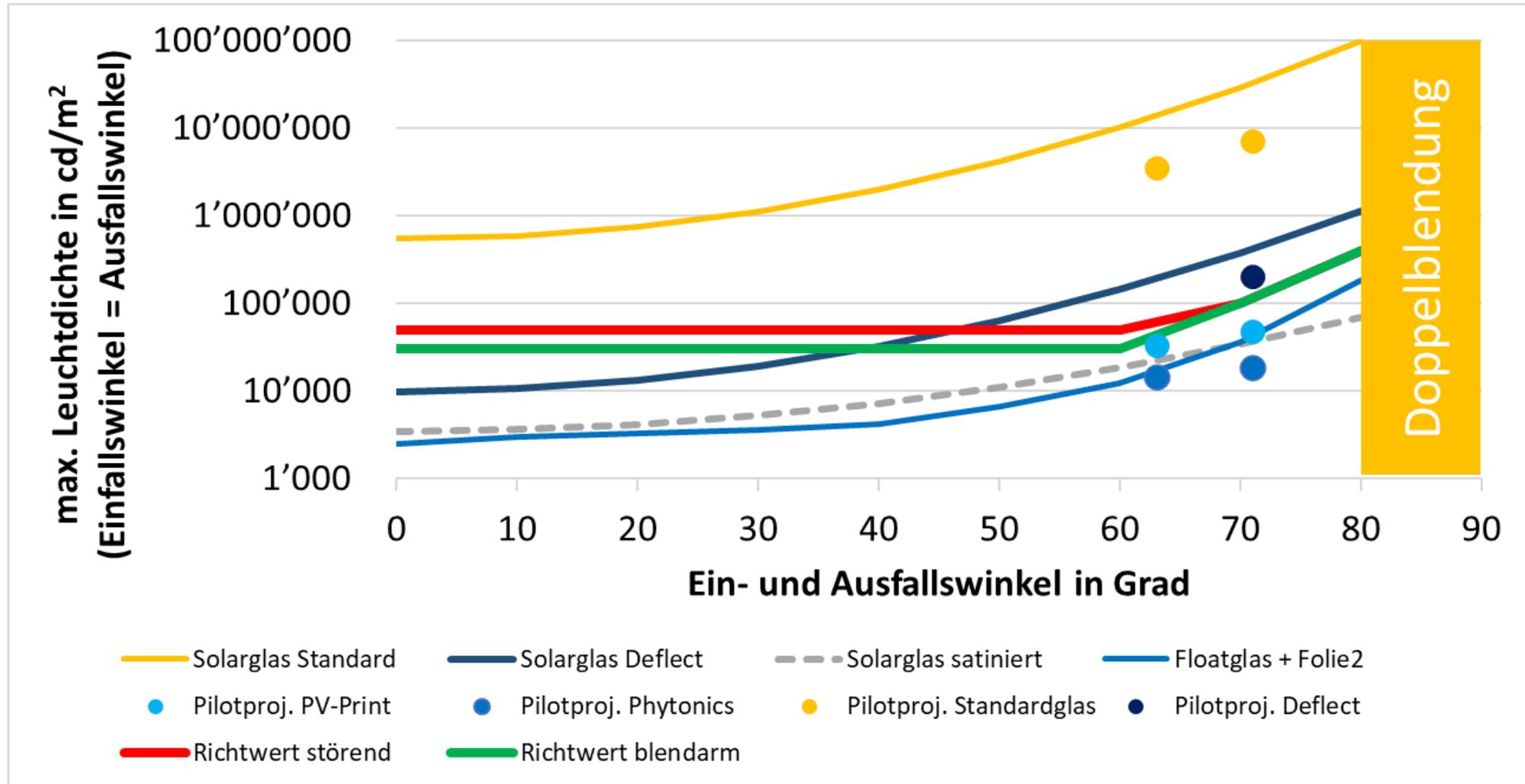
...aber sie blenden nicht



# Messresultate



# Messungen





Berner Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise  
Bern University of Applied Sciences

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

[christof.bucher@bfh.ch](mailto:christof.bucher@bfh.ch)