

# Photovoltaik Potenzial auf Dachflächen in der Schweiz

## Synthese aus Sonnendach.ch und einer repräsentativen Stichprobe an Dachbelegungen

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

zhaw Life Sciences und Facility Management  
IUNR Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

Dionis Anderegg, Sven Strebel, Jürg Rohrer

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Forschungsgruppe Erneuerbare Energien

### Einleitung

Verschiedene Studien beziffern das Potenzial für Photovoltaik auf Dachflächen in der Schweiz mit 16 und 53 TWh pro Jahr (Abbildung 1) [1-5].

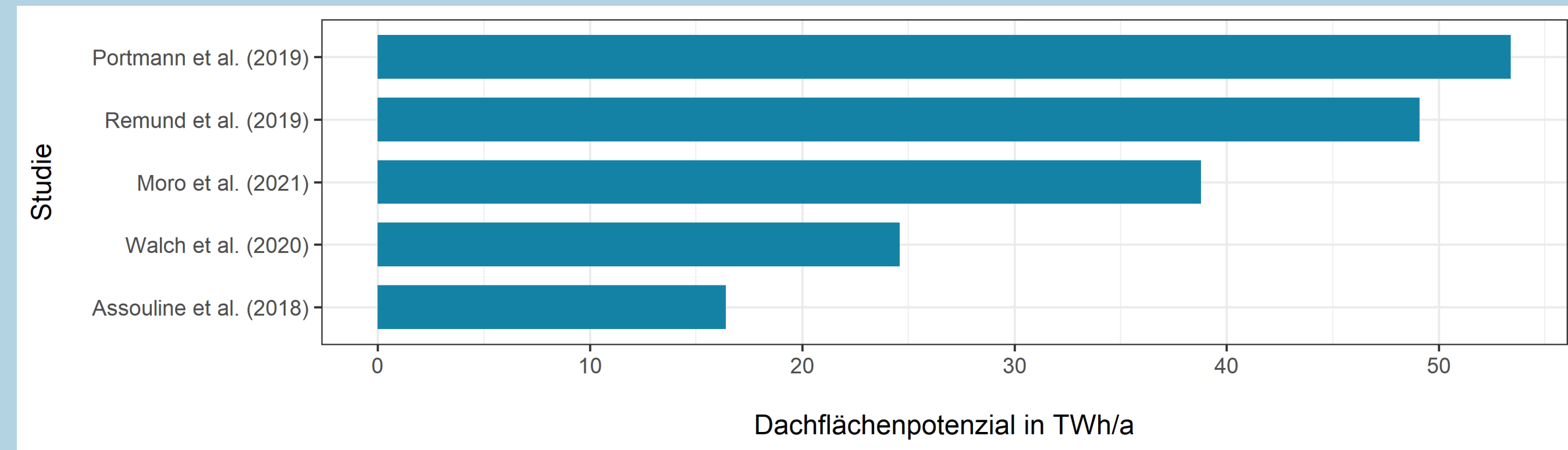


Abbildung 1: Schätzung des Dachflächenpotenzials verschiedener bisheriger Studien [1-5].

Diese grosse Spannweite kann auf unterschiedliche Datengrundlagen und Annahmen in Bezug auf den nutzbaren Flächenanteil von Dachflächen zurückgeführt werden [1]. Das Ziel dieser Studie ist die Ermittlung des für PV nutzbaren Dachflächenanteils mit einer Genauigkeit von  $\pm 2.5\%$ . Dazu wurde eine repräsentative Stichprobe von 658 Dachflächen mit Standard-Photovoltaikmodulen belegt. Das Ertragspotenzial von Dachflächen wurde mithilfe der für PV nutzbaren Flächenanteile neu bestimmt.

### Resultate

Die nutzbaren Dachflächenanteile für PV Anlagen unterscheiden sich innerhalb der Stichprobe stark (Abbildung 3). Ausserdem wurde bei vielen, insbesondere kleinen Dachflächen bis 200 m<sup>2</sup>, ein nutzbarer Flächenanteil von 0 % ermittelt. Dies ist beispielsweise bei Dachterrassen der Fall. In der Tendenz zeigen sich für Steildächer höhere nutzbare Flächenanteile als bei Flachdächern. Besonders bei den Steildächern steigt der nutzbare Flächenanteil mit der Dachgrösse an. Abbildung 4 stellt den mittleren nutzbaren Anteil von Dachflächen in Abhängigkeit von der Grösse der Dachfläche sowie den Fehlerbereich dar.

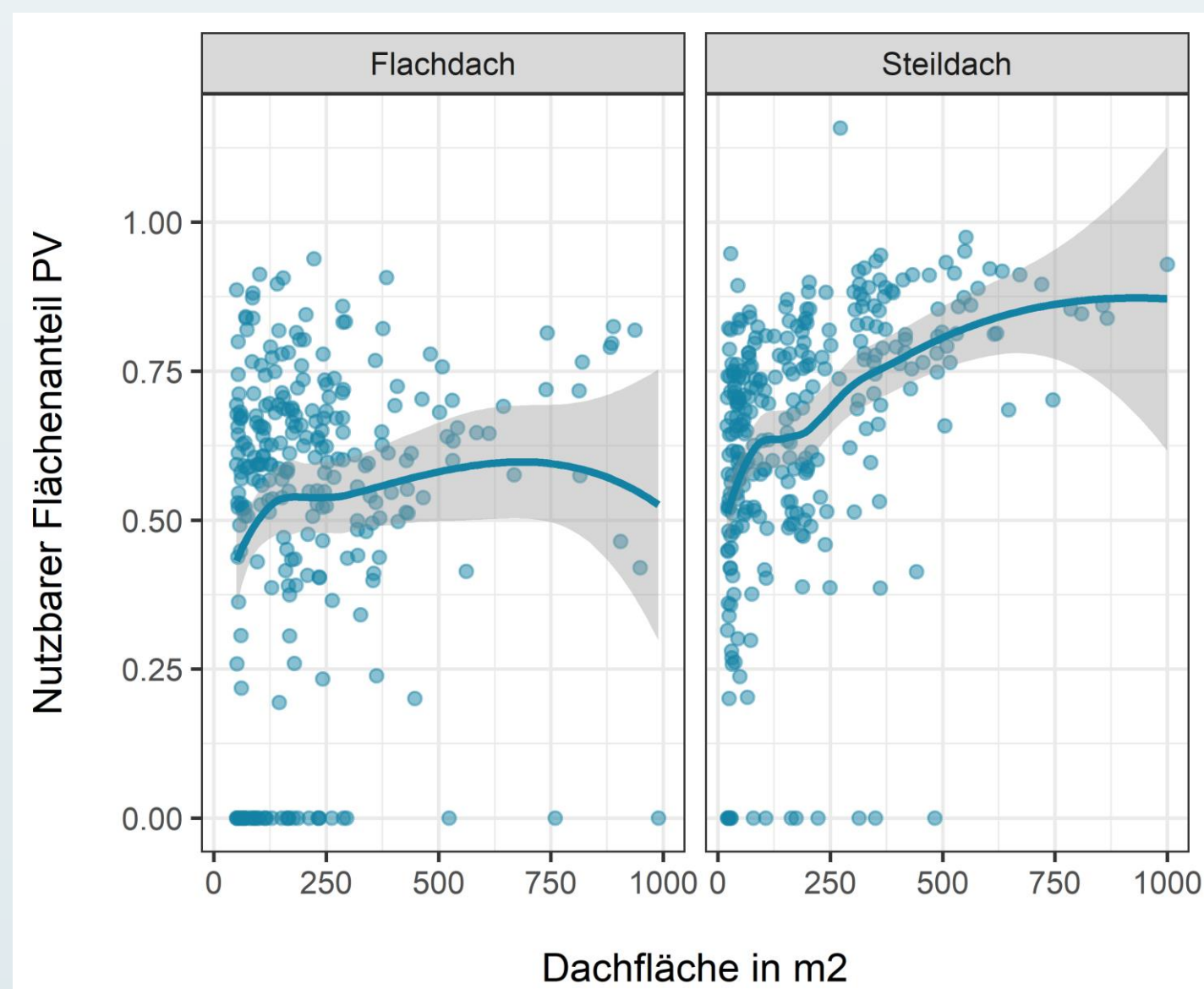


Abbildung 3: Nutzbarer Dachflächenanteil von PV Anlagen nach Dachfläche. Jeder Punkt entspricht einer Dachfläche. Nutzbarer Flächenanteile von 0 % ergeben sich z.B. bei Dachterrassen.

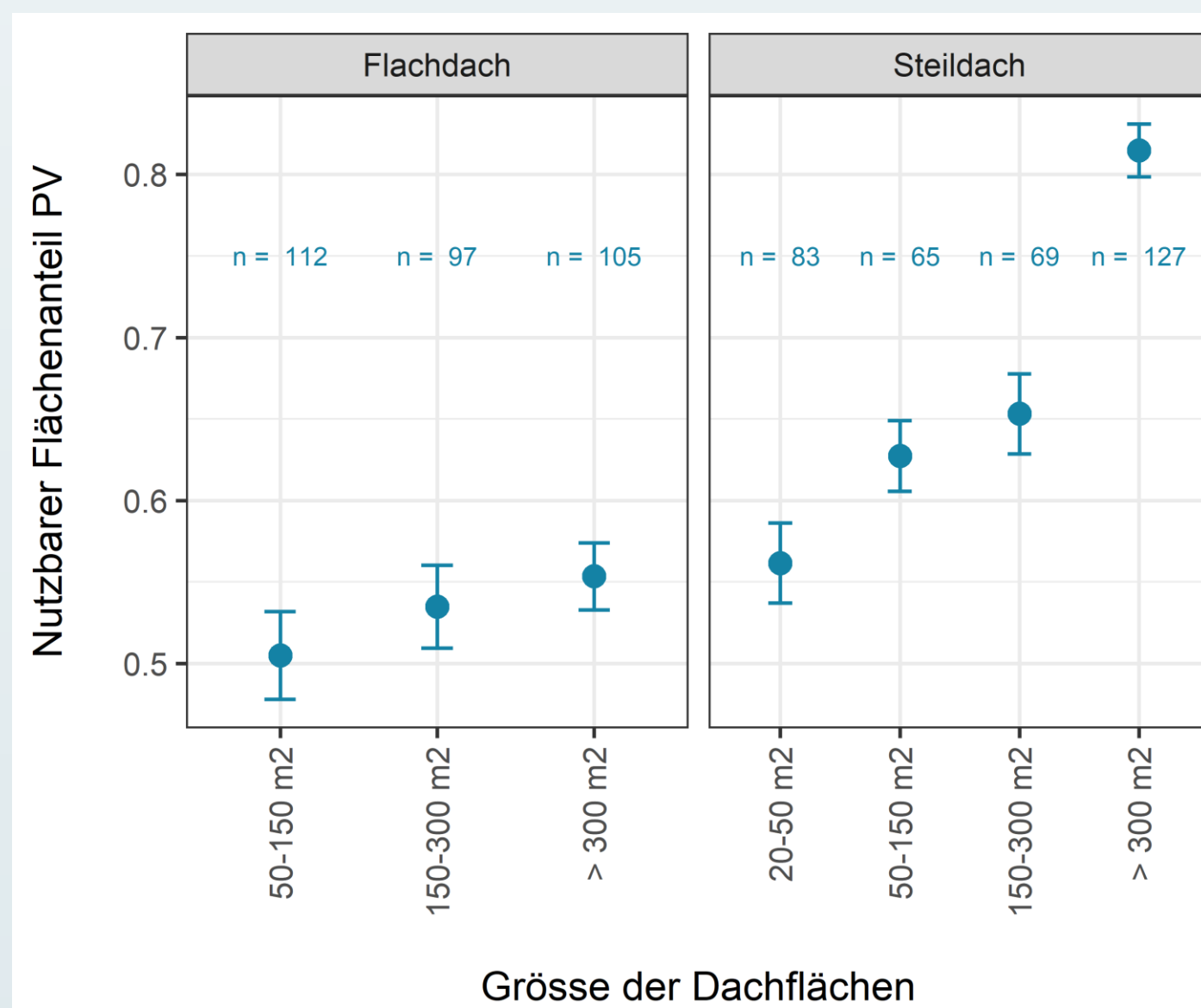


Abbildung 4: Mittlerer nutzbarer Dachflächenanteil pro Kategorie mit Fehlerbereich und Stichprobenumfang (n) pro Kategorie.

Werden die nutzbaren Flächenanteile in die Potenzialberechnung einbezogen, ergibt sich für Dachflächen ein Gesamtpotenzial von 44.3 TWh/a ( $\pm 1.6$  TWh/a). Über alle Dachflächen beträgt der mittlere nutzbare Anteil 60 % ( $\pm 2\%$ ). Das Potenzial teilt sich gemäss Abbildung 5 zu 12.6 TWh/a ( $\pm 0.5$  TWh/a) auf Flachdächer und 31.7 TWh/a ( $\pm 1.0$  TWh/a) auf Steildächer auf. Die Potenziale pro Kategorie sind in Abbildung 6 gezeigt.

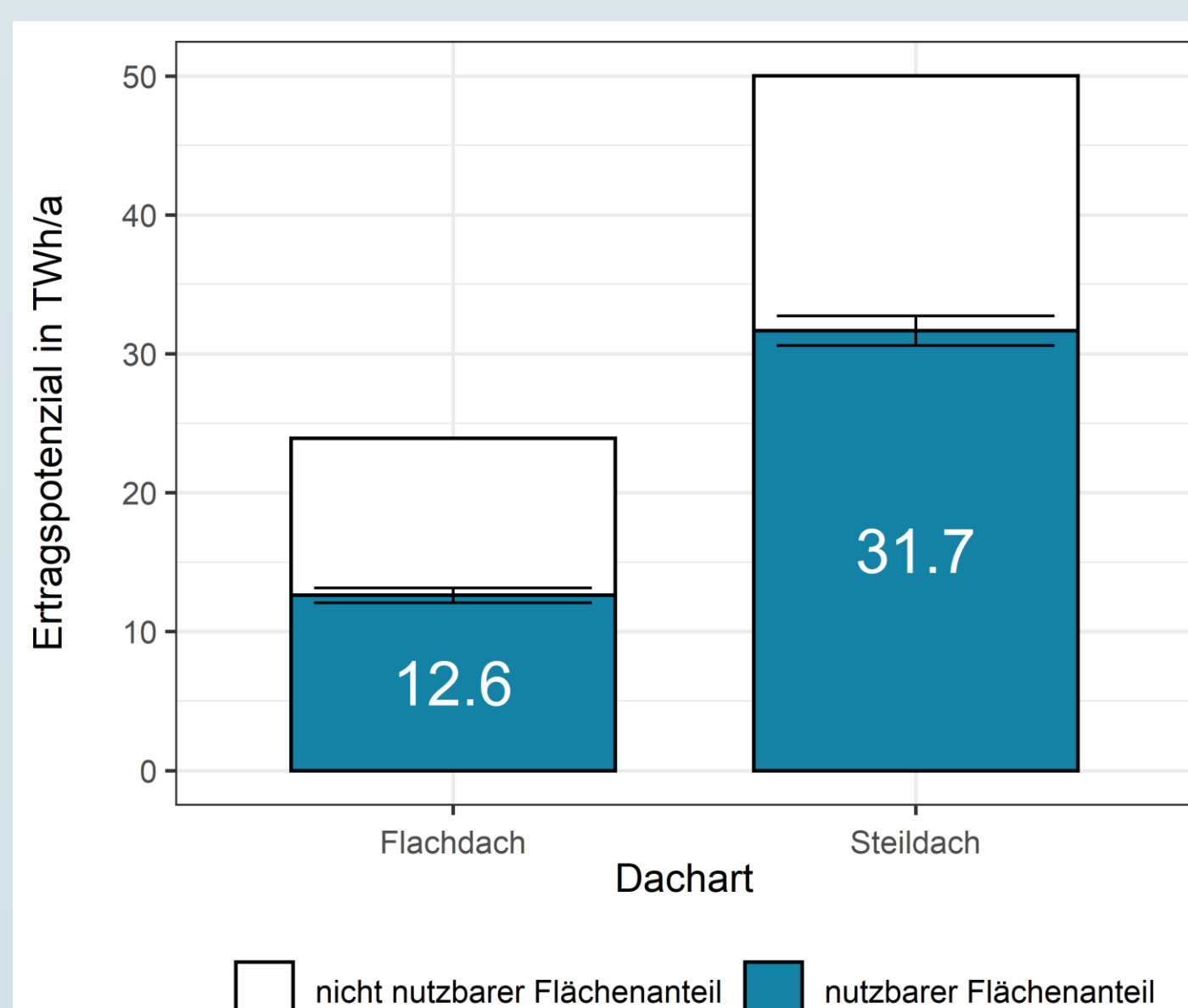


Abbildung 5: Ertragspotenzial für Flach- und Steildächer (blau) unter Berücksichtigung der nutzbaren Dachflächenanteile. Der Fehlerbalken zeigt Fehlerbereiche von rund 2 %. (Modulwirkungsgrad 17 % und PR 80 %)

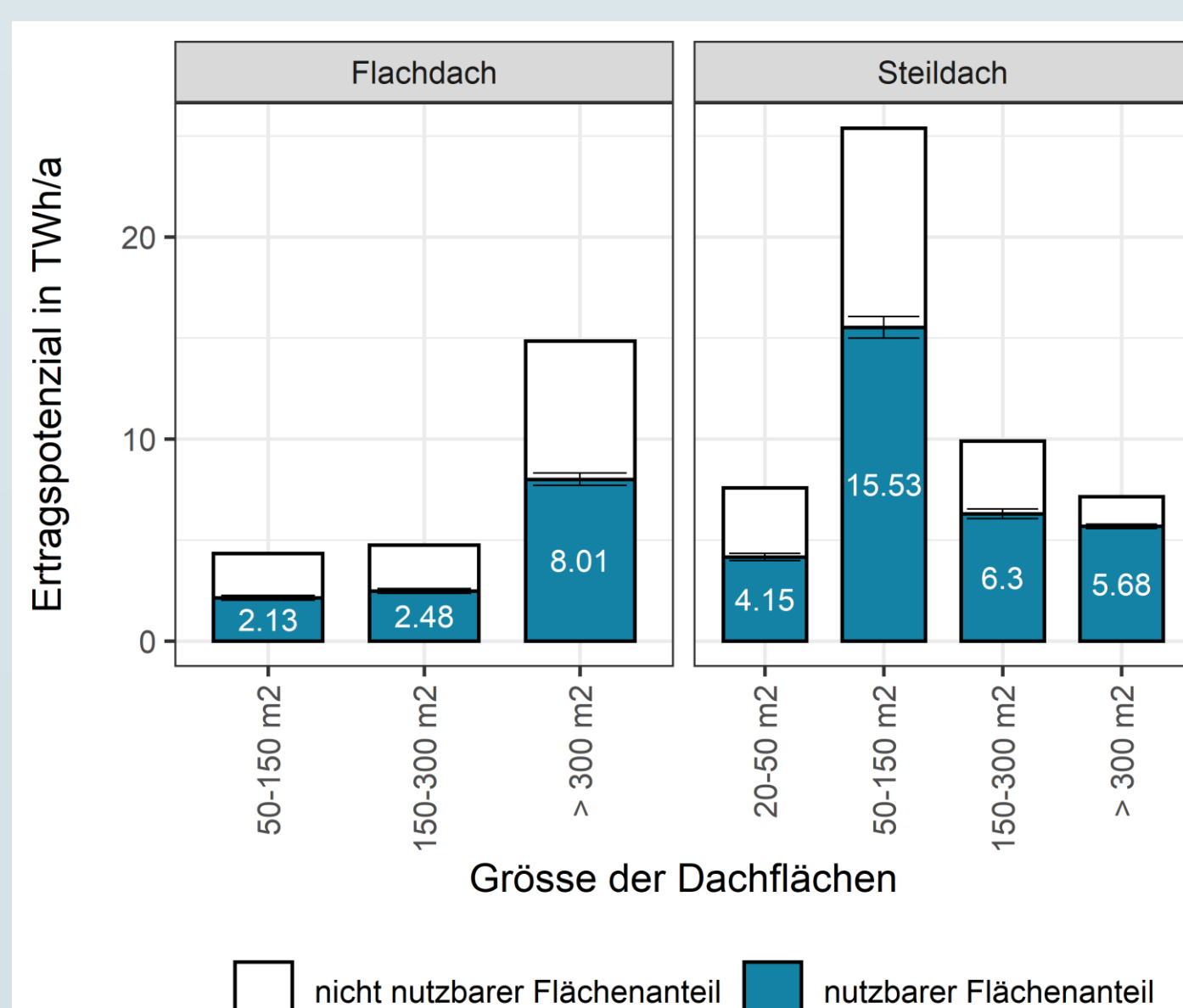


Abbildung 6: Ertragspotenzial pro Kategorie (blau) unter Berücksichtigung der nutzbaren Dachflächenanteile. Die Fehlerbalken zeigen den Unsicherheitsbereich. (Modulwirkungsgrad 17 % und PR 80%)

### Methode

**Dachflächen:** Für die Analyse werden gemäss Klassifizierung von Sonnendach.ch nur Dachflächen mit Eignungskategorien «gut» bis «hervorragend» berücksichtigt ( $\geq 1000$  kWh/m<sup>2</sup>/a) und kleine Dachflächen ausgeschlossen (Abbildung 2, oben).  
**Stichprobe:** Aus den Dachflächen wird pro Kategorie (gemäss Kategorisierung in Abbildungen 4 und 6) eine zufällige Stichprobe gezogen.  
**Dachbelegung:** Die Belegungen werden anhand Satellitenbildern vorgenommen. Dabei werden Hindernisse (z.B. Kamine und Dachfenster), Abstände zu Dachrändern und minimale Ansprüche an die Ästhetik berücksichtigt (Abbildung 2, unten).

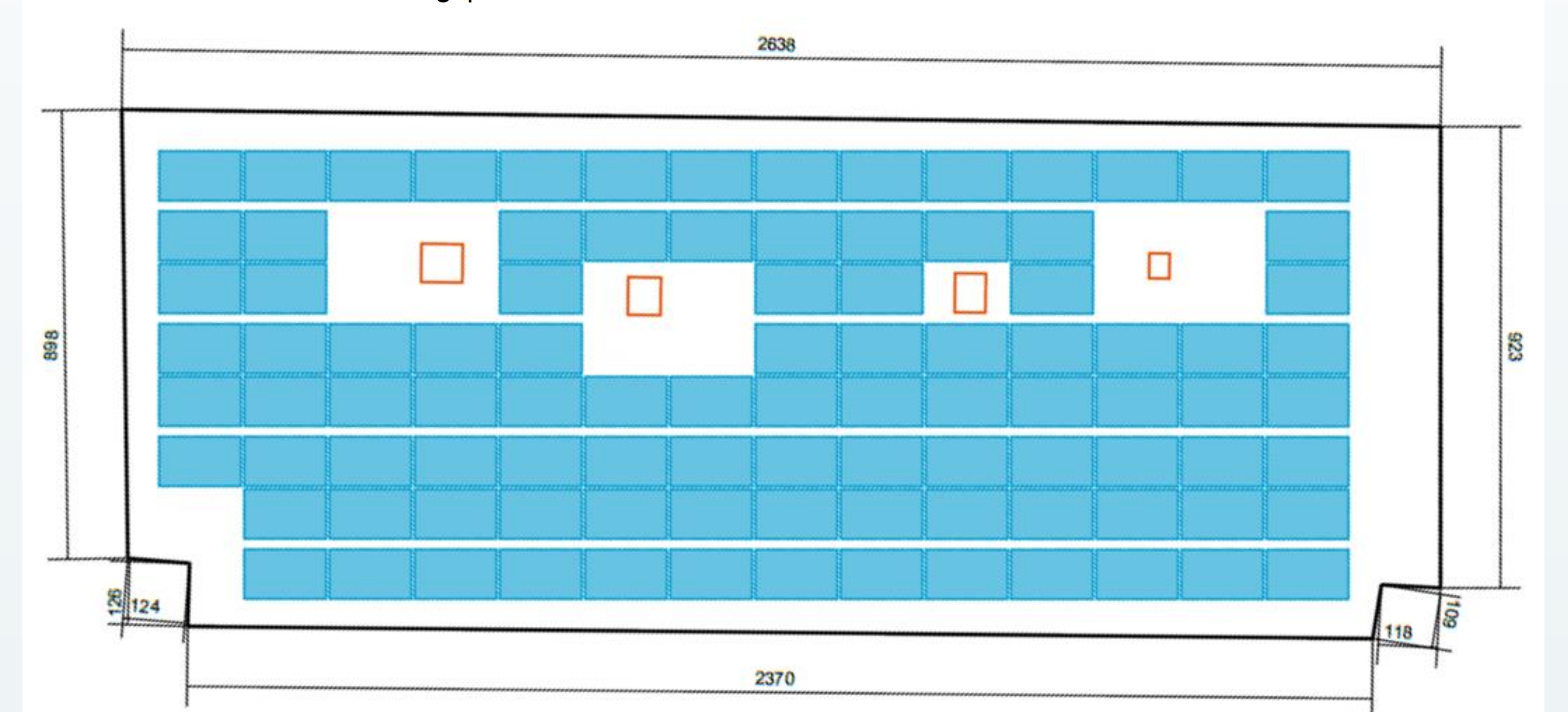
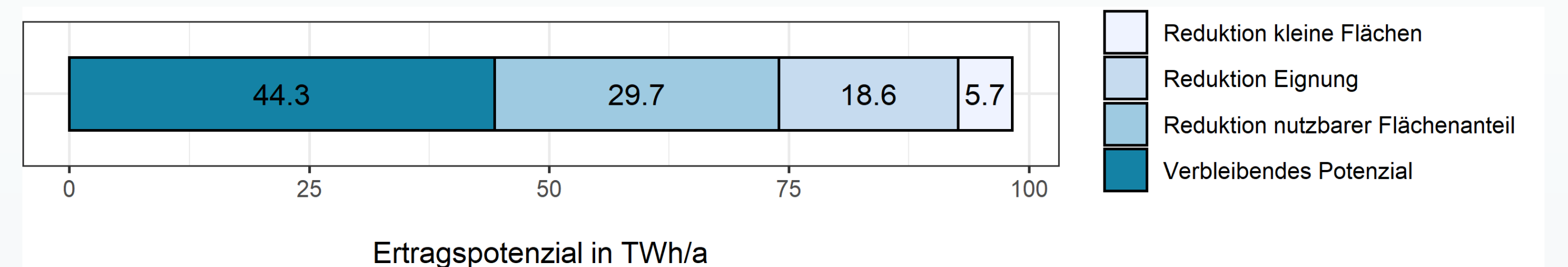


Abbildung 2: Methode der Berechnung (oben). Von der Summe aller Dachflächen gemäss Sonnendach.ch werden kleine Flächen und Flächen mit einer Einstrahlung  $< 1000$  kWh/m<sup>2</sup>/a ausgeschlossen. Für die verbleibenden Flächen wird der nutzbare Dachflächenanteil mittels einer Stichprobe bestimmt (Belegung von Dachflächen, siehe Beispiel unten): Orange sind Hindernisse eingezeichnet. Dachfläche gemäss Sonnendach = 262 m<sup>2</sup>, Modulfläche bei Belegung = 165 m<sup>2</sup>. Ergibt einen nutzbaren Dachflächenanteil von 63 %.

**Bestimmung nutzbarer Dachflächenanteile:** Pro Kategorie wird der für PV nutzbare Flächenanteil gemittelt, indem die Gesamtfläche der Kategorie durch die Modulfläche der Kategorie dividiert wird.

**Potenzialschätzung:** Basierend auf dem nutzbaren Flächenanteil pro Kategorie wird das jährliche Ertragspotenzial bestimmt. Jedem Dach wird jeweils der für PV nutzbare Flächenanteil zugeordnet. Der Ertrag basiert auf einem Modulwirkungsgrad von 17 % und einer Performance Ratio (PR) von 80 %.

### Schlussfolgerung

**Dachflächenpotenzial der Schweiz:** Im Vergleich zu vorherigen Potenzialstudien werden bisher auf Annahmen basierende nutzbare Dachflächenanteile für Photovoltaik rechnerisch ermittelt. Dies lässt eine höhere Genauigkeit erwarten. Ausserdem kann zwischen verschiedenen Dachtypen (Steil- und Flachdach) sowie Dachgrössen unterschieden werden.

Unter Berücksichtigung der nutzbaren Dachflächenanteile, einer Moduleffizienz von 17 % und einer PR von 80 % besteht in der Schweiz ein jährliches Potenzial von 44.3 TWh ( $\pm 1.6$  TWh).

Für neu gebaute Anlagen sind Modulwirkungsgrade von 20 % realistisch. Daraus folgt eine lineare Erhöhung des Potenzials auf 52.1 TWh/a ( $\pm 2.0$  TWh/a).

**Ausschöpfung des Potenzials:** Die hier ermittelten nutzbaren Flächenanteile sind als Maximalwerte bei Vollbelegung von Dächern zu verstehen. Die tatsächliche Ausschöpfung des Potenzials konnte in dieser Studie nicht näher untersucht werden und ist Gegenstand einer weiteren Untersuchung.

**Übertragbarkeit:** Die nutzbaren Flächenanteile pro Kategorie können für kleinräumige Potenzialberechnungen (z.B. auf Gemeinde- Bezirks- oder Kantonebene) eingesetzt werden. Damit kann neben den regionalen Einstrahlungs- und Gebäudedaten nun auch ein dem Gebäudepark entsprechender nutzbarer Dachflächenanteil eingesetzt werden.

### Dank

Die Autoren der Studie danken dem Bundesamt für Energie (BFE) für die Finanzierung, den Studierenden Sarah Herger, Raphael Jakobi und Janik Küffer für die Durchführung der Dachbelegungen und Ivo Kälin für die Beratung im Bereich der Datenauswertung und Statistik.

Der abschliessende Bericht wird unter folgender DOI erscheinen: <https://doi.org/10.21256/zhaw-2425>

### Literatur:

- [1] D. Assouline, M. Nahid, und J.-L. Scartezzini, «Large-scale rooftop solar photovoltaic technical potential estimation using Random Forests», *Appl. Energy*, Nr. 217, S. 189–211, Mai 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.02.118.
- [2] N. Moro, D. Sauter, S. Strebel, und J. Rohrer, «Das Schweizer Solarstrompotenzial auf Dächern. Eine Analyse anhand von Sonnendach.ch», Januar 2021, doi: 10.21256/zhaw-2652
- [3] M. Portmann, D. Galvagno-Erny, P. Lorenz, D. Schacher, und Markus Portmann, David Galvagno-Erny, Priska Lorenz, David Schacher, Rolf Heinrich, «Sonnendach.ch und Sonnenfassade.ch: Berechnung von Potenzialen in Gemeinden», Bundesamt für Energie (BFE), Bern, März 2019.
- [4] J. Remund, S. Albrecht, und D. Stichelberger, «Das Schweizer PV-Potential basierend auf jedem Gebäude», Meteotest & Swissolar, Bern, 2019
- [5] A. Walch, R. Castello, N. Mohajerib, und J.-L. Scartezzini, «Big data mining for the estimation of hourly rooftop photovoltaic potential and its uncertainty», *Appl. Energy*, Bd. 262, Nr. 114404, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114404>.

Mit Unterstützung von

energieschweiz