

Nutzbare Strahlung für Photovoltaik-Anlagen in Bayern

Begriffsbestimmung

Quellenhinweis: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (2015): Bayerischer Solaratlas.

Sonnenscheindauer (Einheit: Stunden): „Die Sonnenscheindauer stellt eine einfach zu messende Größe dar. Das Monatsmittel der Sonnenscheindauer gibt die Zahl der Stunden an, an der die Sonne im Durchschnitt in einem Monat pro Tag scheint.“ (Bayerischer Solaratlas, S.8)

(extraterrestrische) Solarstrahlung (Einheit W/m^2): „Außerhalb der Atmosphäre beträgt die Sonnenstrahlung im Mittel $1.368 W/m^2$. Diese Leistungsdichte variiert im Jahresverlauf um $\pm 3 \%$.“ (Bayerischer Solaratlas, S.8)

Globalstrahlung (Einheit kWh/m^2): Diese ergibt sich grundsätzlich aus der Anzahl der Sonnenscheinstunden multipliziert mit der extraterrestrischen Solarstrahlung. „Demgegenüber ist es weitaus aufwändiger, die Globalstrahlung exakt zu erfassen.“ Bei der Passage durch die Erdatmosphäre gehen etwa 30% der Strahlung durch Reflexion, Streuung und Absorption verloren, sodass noch etwa 70 % der extraterrestrischen Solarstrahlung auf die Erdoberfläche treffen. Dieser mit Globalstrahlung bezeichnete Anteil lässt sich in eine direkte und eine diffuse Strahlung unterteilen. Während die direkte Strahlung nur von der Sonne abgegeben wird, kommt die diffuse Strahlung aus der gesamten Himmelshalbkugel mit Ausnahme der Sonnenscheibe und wirft keinen Schatten.“ (Bayerischer Solaratlas, S.8).

Nutzbare Strahlung (Einheit kWh/m^2): In der Realität trifft die Globalstrahlung nur selten senkrecht auf das PV-Modul. Daher ist die Nutzbare Strahlung der Anteil der Globalstrahlung, der in Abhängigkeit von der Ausrichtung und Neigung auf die einzelnen PV-Module auftrifft und bei einem Modul-Wirkungsgrad von 100% auch vollständig in Strom umgewandelt werden würde. Weiterführende Details dazu finden sich ab Seite 4.

Stromertrag eines PV-Moduls (Einheit kWh/kWp): Bezogen auf den m^2 Modulfläche ist der Stromertrag deutlich geringer als die auftreffende Nutzbare Strahlung und abhängig vom Modulwirkungsgrad. Derzeit können PV-Module nur rund $1/8$ bis $1/6$ der Nutzbaren Strahlung in Strom umwandeln.

Der Stromertrag wird aber nicht in kWh/m^2 , sondern in kWh/kWp angegeben. Dieser Bezug auf die kWp hat den rechnerischen Vorteil, dass der Stromertrag der PV-Module zahlenmäßig der Nutzbaren Strahlung entspricht und sich die Höhe des Modulwirkungsgrads ausschließlich auf die für ein kWp benötigte Modulfläche auswirkt. Trotz dieser zahlenmäßigen Übereinstimmung sind die unterschiedlichen Einheiten zu beachten: Ein Quadratmeter in der Einheit der Nutzbaren Strahlung bezieht sich nicht auf die Modulfläche. Die benötigte Modulfläche ist abhängig vom elektrischen Wirkungsgrad des Moduls und liegt um den Faktor 6 bis 8 höher.

Leistung/Flächenbedarf einer PV-Anlage: „Der Flächenbedarf einer Photovoltaikanlage hängt von der zu installierenden Leistung ab, die in Kilowatt-Peak (kWp) gemessen wird. Ein kWp gibt die maximal abgegebene elektrische Leistung bei senkrechter Einstrahlung an. 6 bis 8 m^2 Modulfläche entsprechen einer Leistung von etwa 1 kWp .“ (Bayerischer Solaratlas, S.48).

Durchschnittliche nutzbare Strahlung in Bayern von 2013-2016

Die durchschnittliche nutzbare Strahlung für Photovoltaik-Module ist von Jahr zu Jahr unterschiedlich. Betrug sie im Jahr 2013 noch ca. 1.119 kWh/m² und 2014 ca. 1.145 kWh/m², belief sie sich im sonnenstärkeren Jahr 2015 schon auf etwa 1.199 kWh/m². 2016 hätten durchschnittlich 1.163 kWh/m² nutzbare Strahlung für Photovoltaik- Anlagen genutzt werden können. Es ergibt sich ein Mittelwert der nutzbaren Strahlung für die letzten vier Jahre von ca. 1.156 kWh/m².

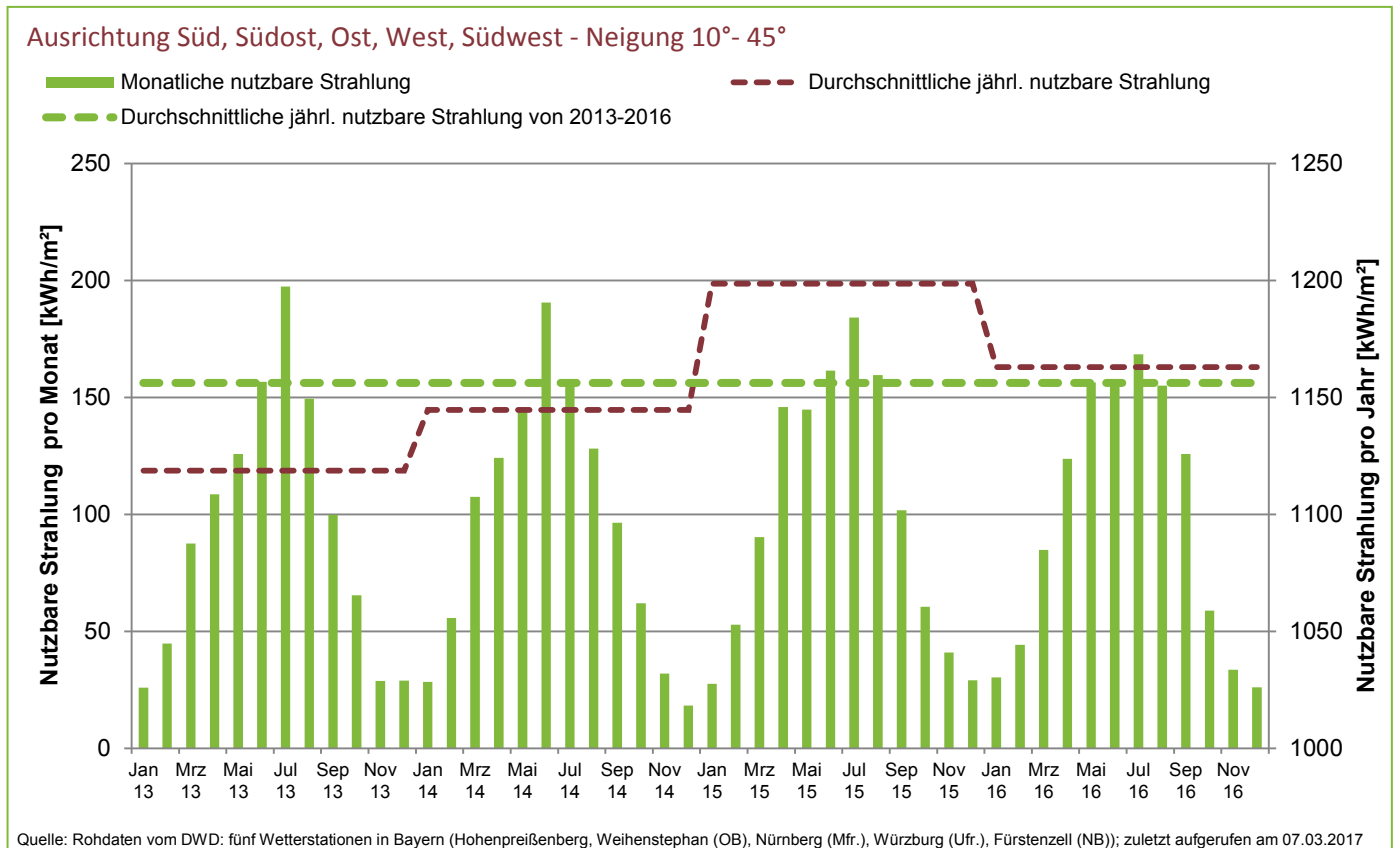


Abbildung 1: Durchschnittliche jährliche nutzbare Strahlung in Bayern von 2013-2016

Durchschnittliche nutzbare Strahlung in Bayern von 1997-2016

In den folgenden Abbildungen (Abbildung 2 und Abbildung 1) sind der Durchschnitt der nutzbaren Strahlung für Dachanlagen mit den Ausrichtungen Süd, Südost, Ost, West und Südwest und den Neigungen von 10 Grad bis 45 Grad abgebildet. In den letzten 20 Jahren konnten durchschnittlich 1.151 kWh/m² für die Gewinnung von Photovoltaikstrom in Bayern genutzt werden. Der strahlungsstärkste Monat ist dabei Juni, dicht gefolgt von Juli und Mai. Die schwächsten Monate stellen die Wintermonate Januar, November und Dezember dar.

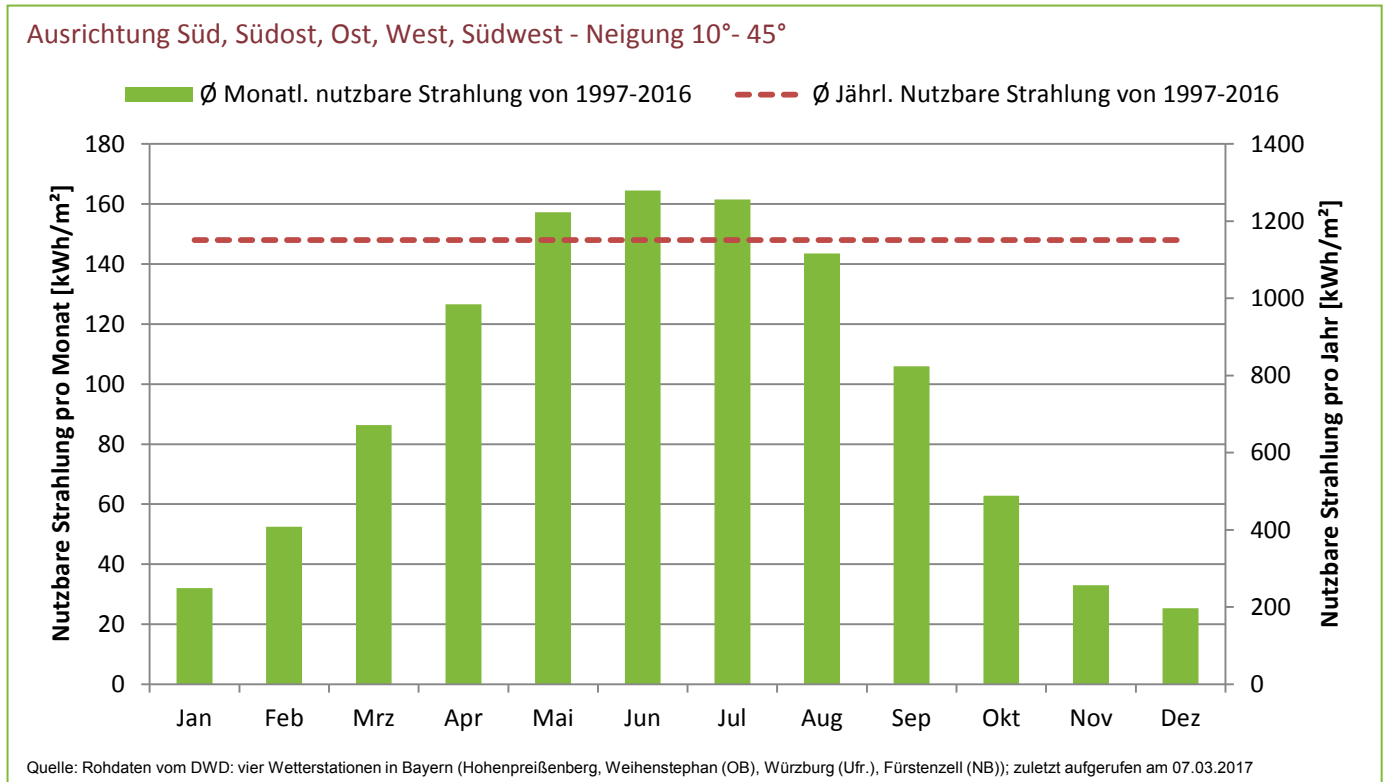
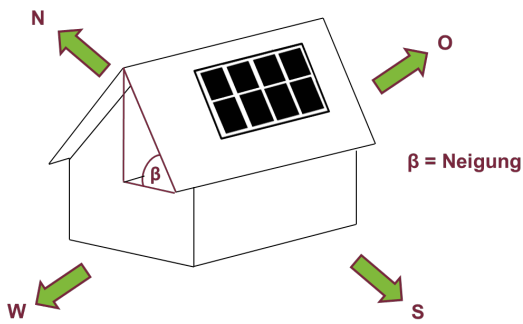


Abbildung 2: Durchschnittliche nutzbare Strahlung in Bayern von 1997-2016

Die Abhängigkeit der nutzbaren Strahlung von der Ausrichtung und Neigung der Anlage



Die Nutzbare Strahlung, die von einer Photovoltaik-Dachanlage „geerntet“ werden kann, ist abhängig von der Ausrichtung und Neigung der Anlage (siehe Abbildung 3). Welchen Einfluss diese beiden Parameter auf die Nutzbare Strahlung haben, wird in den folgenden Abbildungen (Abbildung 4 und Abbildung 5) ersichtlich.

Abbildung 3: Ausrichtung und Neigung einer PV-Dachanlage

Ausrichtung

Die Ausrichtung der Anlage hat einen erheblichen Einfluss auf die Nutzbare Strahlung. Die optimale Ausrichtung wird in der Fachliteratur mit Süden angegeben. Dies kann die untenstehende Abbildung 4 bestätigen. Hier wurde eine gleichbleibende Neigung der Module von 30 Grad angenommen.

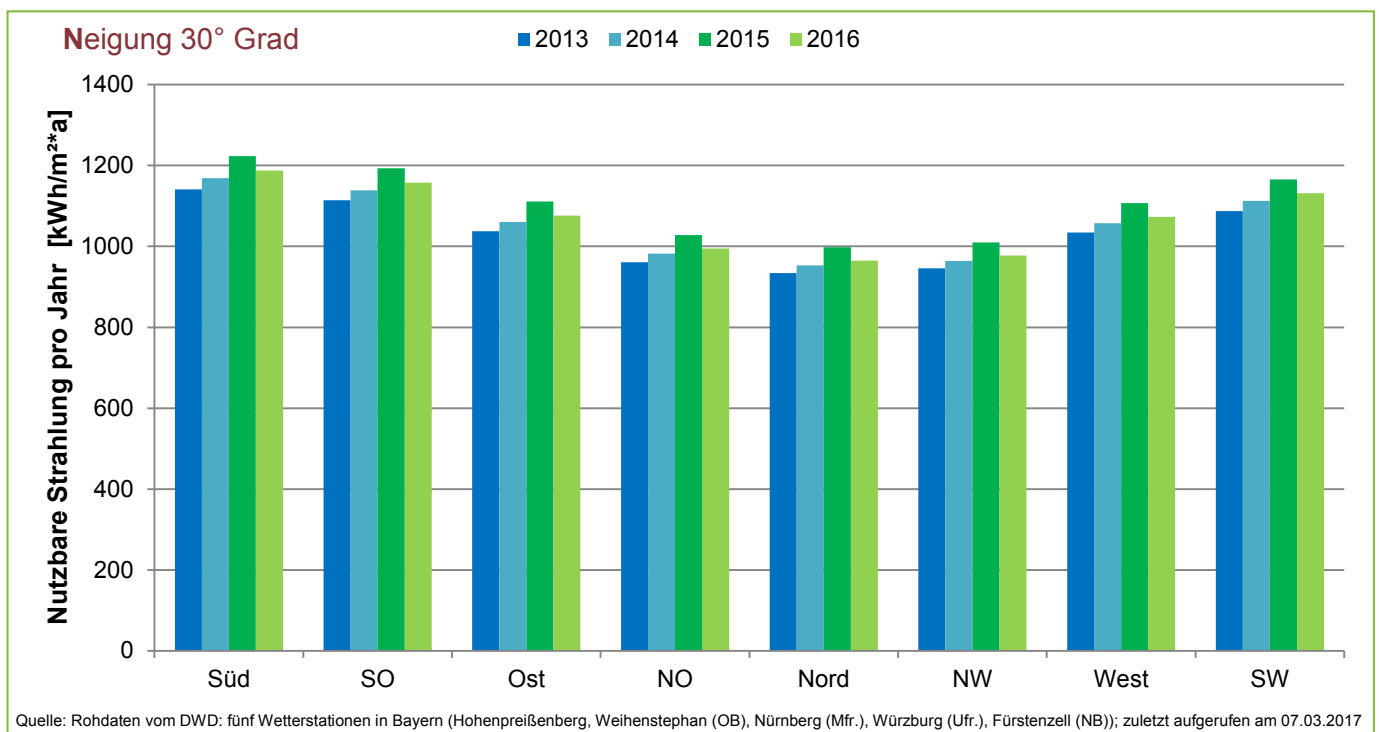


Abbildung 4: Durchschnittlich jährl. nutzbare Strahlung nach Ausrichtung der PV-Anlage (Ø von 2013-2016)

Die höchsten Erträge von bis zu 1.224 kWh/m² sind demnach mit der Südausrichtung der Anlage zu erhalten. Doch auch die Süd-Ost- und Süd-West-Ausrichtung können noch höhere Erträge von bis zu 1.193 kWh/m² und 1.165 kWh/m² erzielen. Werden Anlagen nach Norden, Nord-Ost oder Nordwest ausgerichtet, konnten nur in einem sonnenstärkeren Jahr knapp 1.000 kWh/m² erwirtschaftet werden. Zu erkennen ist, dass sich die nutzbare Strahlung bei den Ausrichtungen Süd-Ost und Süd-West, Ost und West, sowie Nord-Ost und Nord-West ziemlich entsprechen.

Neigung

Des Weiteren ist die Strahlung, die für die Stromproduktion für PV-Anlagen genutzt werden kann, abhängig von der Neigung der Anlage. In der Regel wird eine optimale Neigung bei einer Süd-Ausrichtung von 30 Grad angegeben. Abbildung 5 bestätigt diese Annahme, da bei 30 Grad und Südausrichtung die höchste nutzbare Strahlung von 1.180 kWh/m² zu verzeichnen ist. Es ist festzustellen, dass mit Zunahme der Neigung der Anlage, die nutzbare Strahlung abnimmt. Je mehr die Ausrichtung von Süden abweicht, desto weniger steil sollte die Anlage sein, da sonst die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Anlage selbst verschattet, steigt. Jedoch haben steilere Anlagen einen höheren Selbstreinigungseffekt, da sie Verschmutzungen oder Schnee weniger Halt bieten. Empfehlenswert sind daher Anlagen ab einer Neigung von mind. 20 Grad.

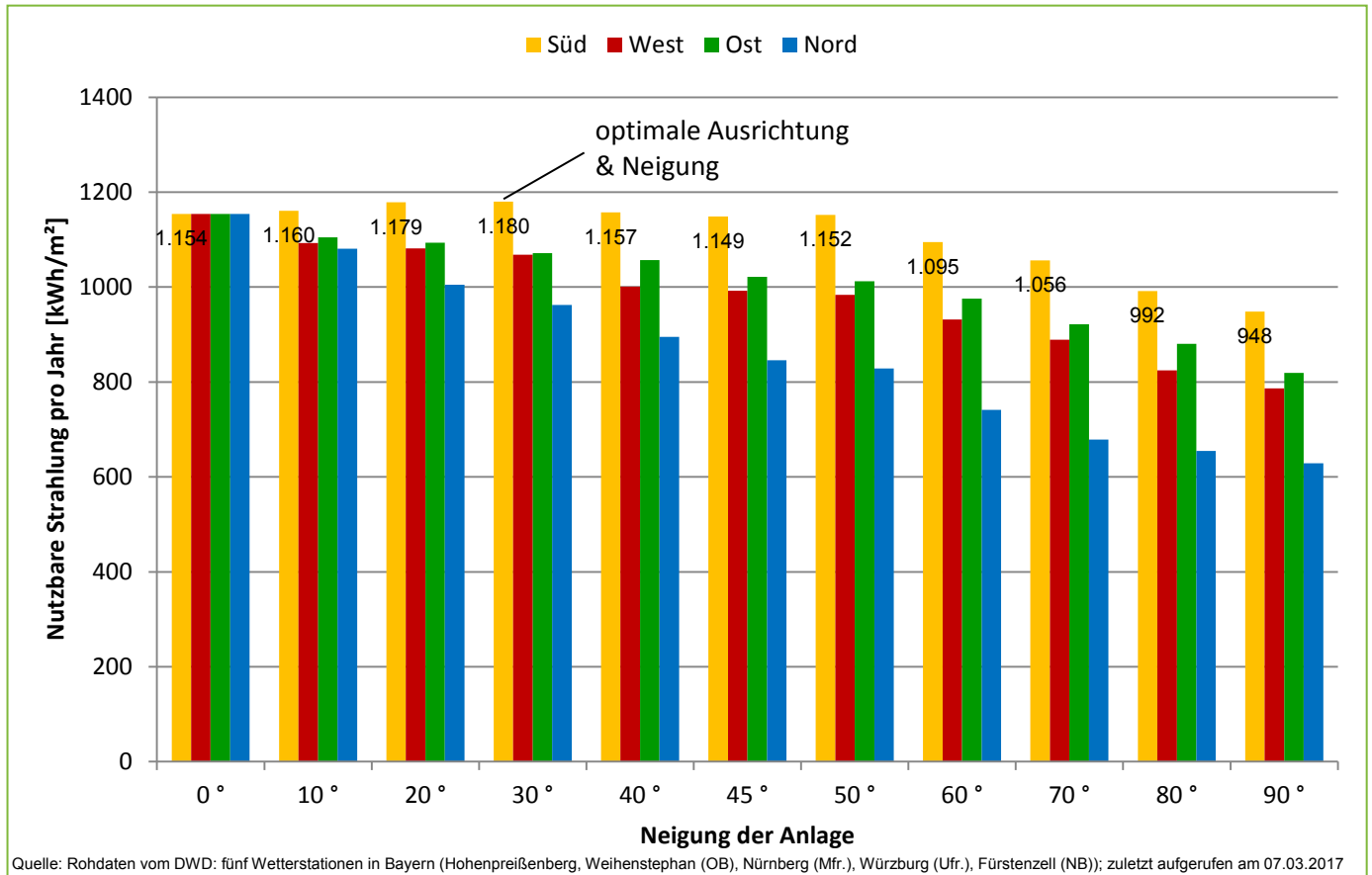


Abbildung 5: Durchschnittlich jährliche nutzbare Strahlung nach Neigung der PV-Anlage (Ø von 2013-2016)

Vergleich der Auswirkungen auf die nutzbare Strahlung bei Änderung der Ausrichtungen und Neigungen

Welche Auswirkungen eine Veränderung der Neigung und Ausrichtung auf die Höhe der nutzbaren Strahlung haben kann, zeigen die nachfolgenden zwei Abbildungen (Abbildung 6 und Abbildung 7). Die nutzbare Strahlung ist bei Anlagen in Südausrichtung bei einer Neigung von 20 Grad oder 30 Grad nahezu identisch. Jedoch ändert sich dies, wenn die Anlage nach Süd-Westen ausgerichtet wird. Hier ist eine flachere Neigung von 20 Grad um ca. 24 kWh/m² (2 %) zusätzlicher nutzbarer Strahlung vorteilhafter.

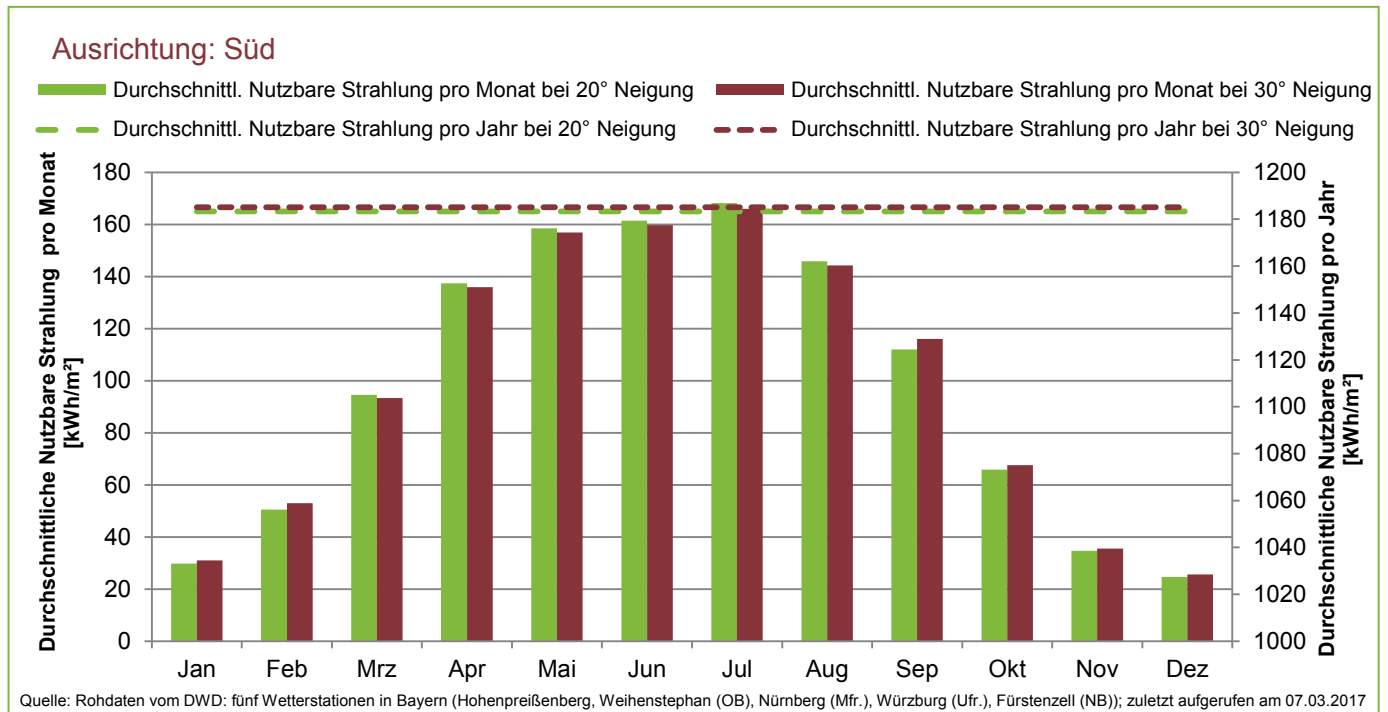


Abbildung 6: Vergleich der Neigungen von 20° und 30° bei Süd-Ausrichtung (Ø2009-2016)

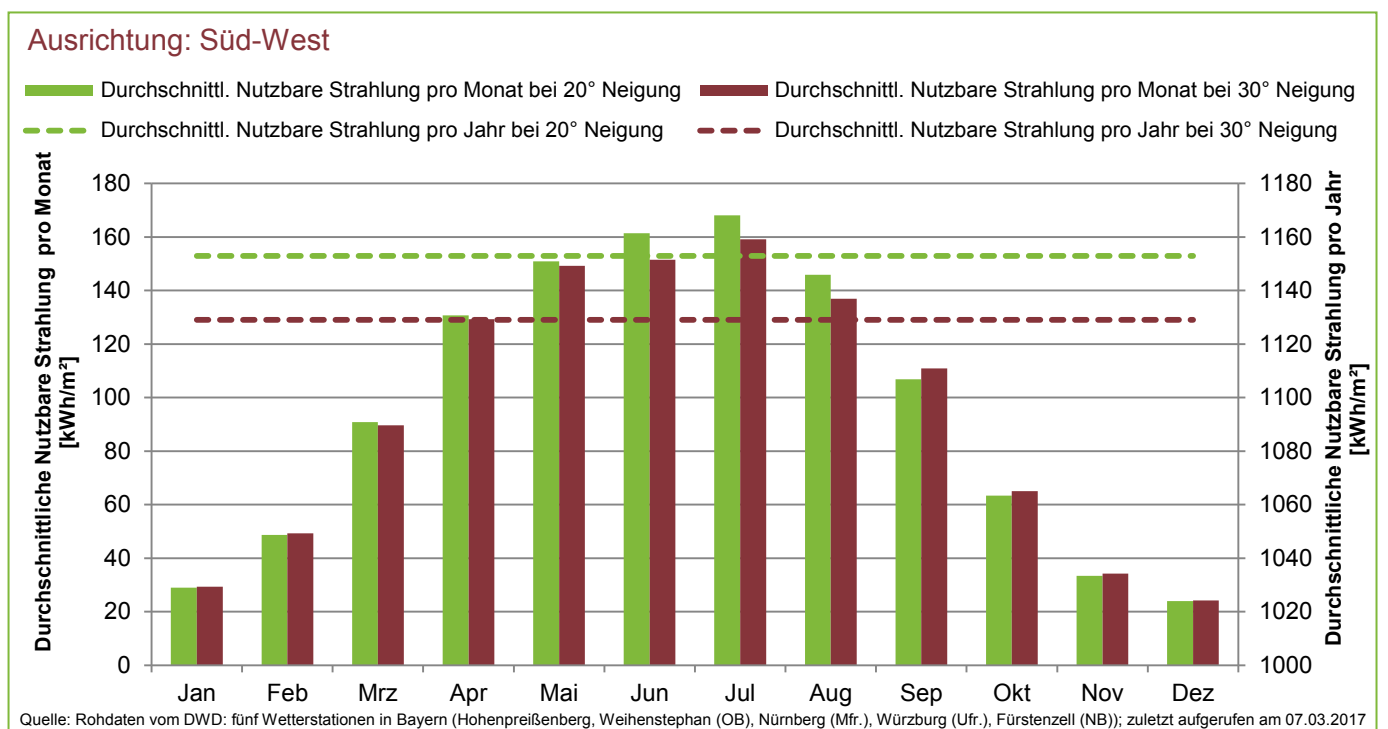


Abbildung 7: Vergleich der Neigungen von 20° und 30° bei Süd-West-Ausrichtung (Ø2009-2016)

Nutzbare Strahlung je nach Ausrichtung und Neigung (Ø von 2009-2016)

In Abbildung 8 werden alle Neigungen von 10° Grad bis 60° Grad und Ausrichtungen miteinander verglichen. Die Tendenz einer abnehmenden nutzbaren Strahlung bei steigender Neigung sowie die optimale Ausrichtung Süden bei 30° Neigung ist gut ersichtlich.

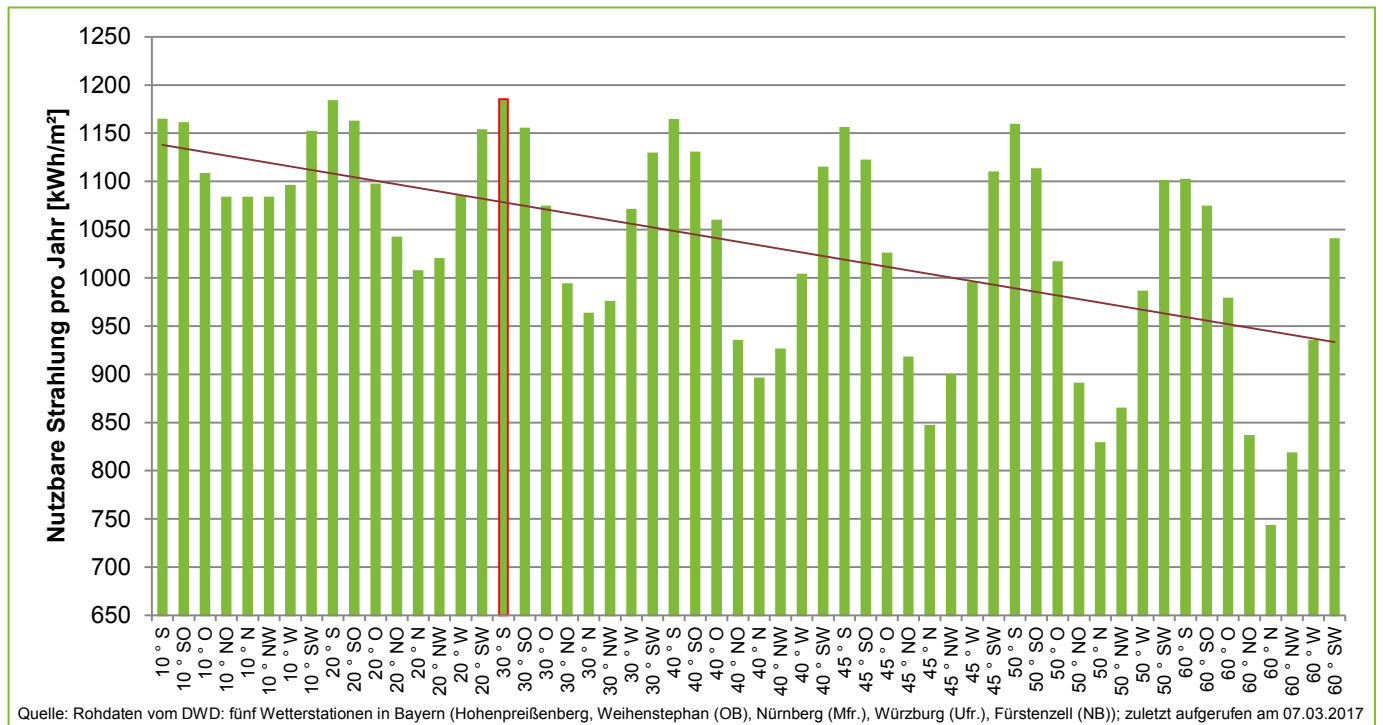


Abbildung 8: Durchschnittliche jährl. nutzbare Strahlung je nach Ausrichtung und Neigung (2009-2016)

Quelle:

Die Rohdaten der Darstellungen sind vom Deutschen Wetterdienst (DWD) (Stand 07.03.2017). Es werden Daten von fünf Wetterstationen in Bayern untersucht: Hohenpreißenberg und Weihenstephan in Oberbayern, Nürnberg in Mittelfranken, Würzburg in Unterfranken und Fürstzell in Niederbayern. Von allen fünf Wetterstationen sind Daten bis mindestens 2009 vorhanden, die Daten von Hohenpreißenberg reichen sogar bis 1953.