

Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen

Agenda

- Einflussfaktoren auf Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen
- Tools
- Quellenangaben



<https://pixabay.com/de/photos/agenda-schreibmaschine-schreiben-2781727/>

Größen zur Wirtschaftlichkeit zu einer PV-Anlage

Energieproduktion von Solaranlagen

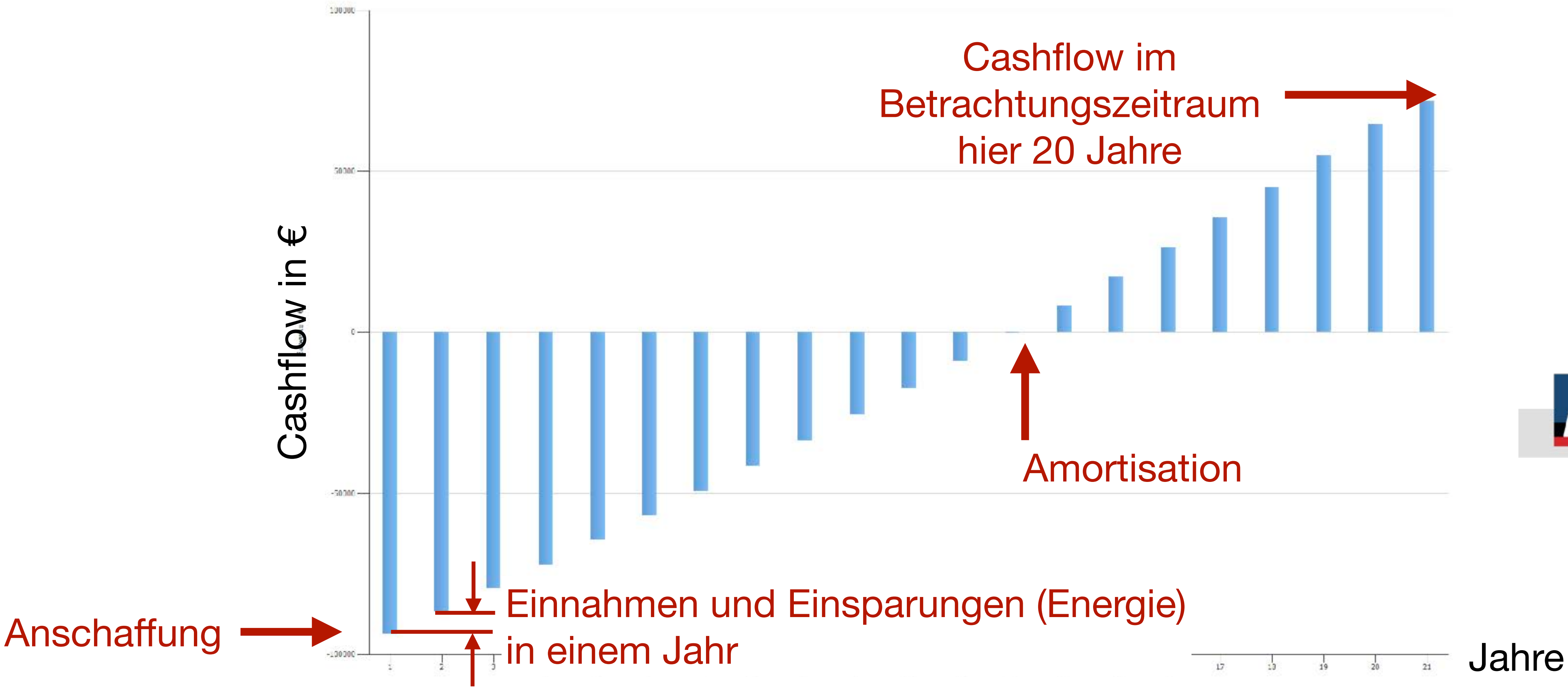


Einstrahlung für München (hochgerechnet aus meteorologischen Daten seit 1994)

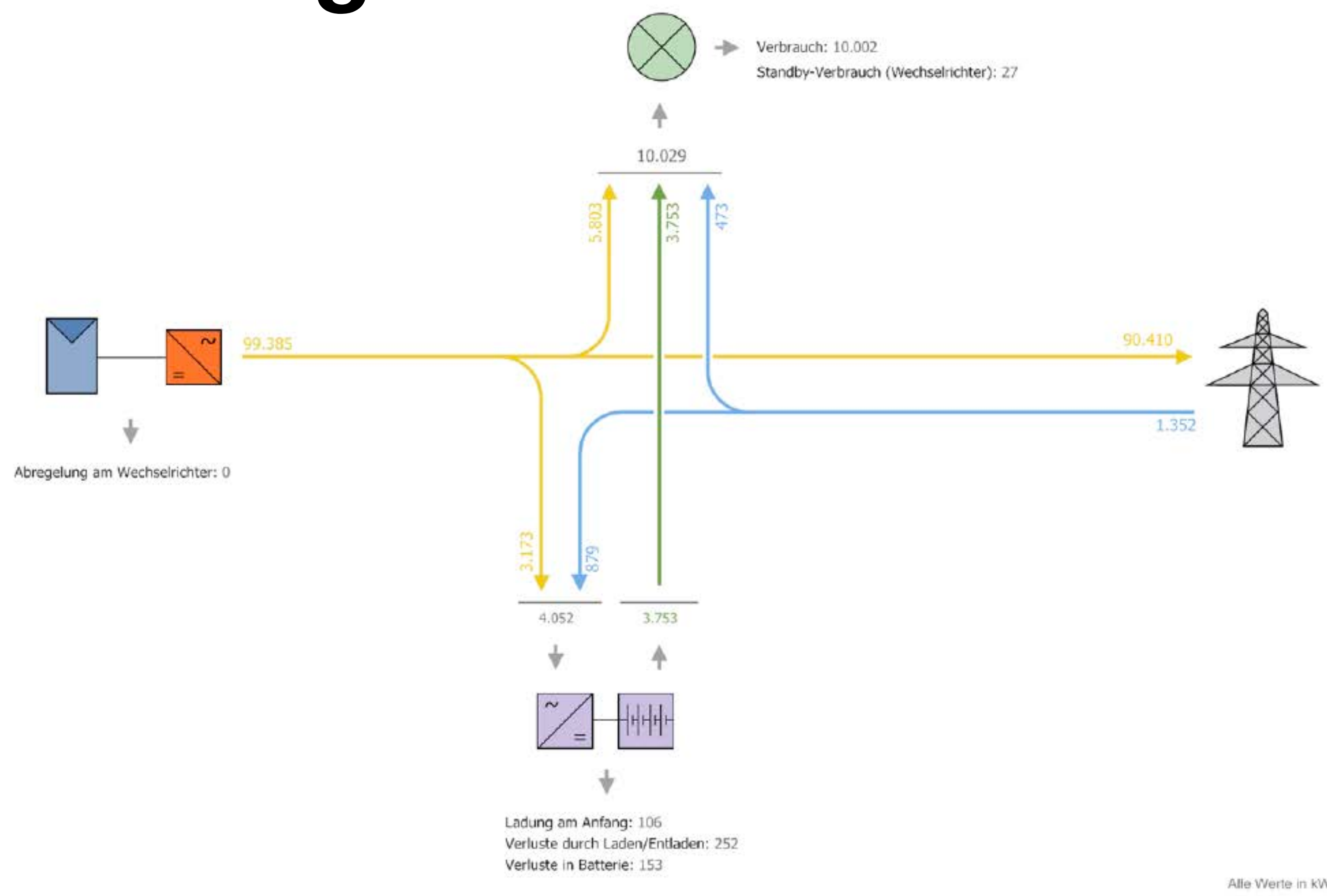
Die Einstrahlung der Sonne ist abhängig von:

- Jahreszeit
- Wetter

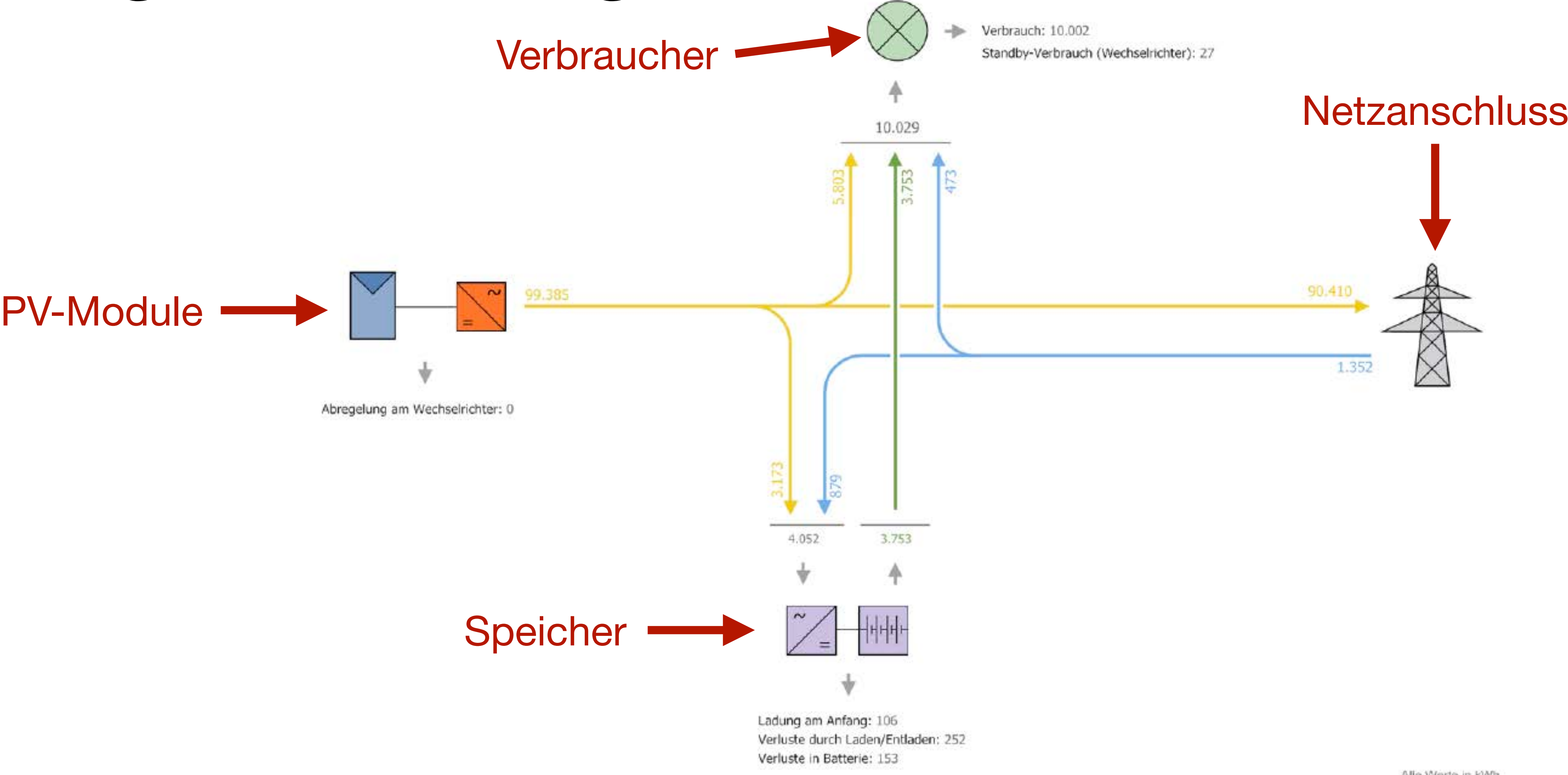
Cashflow



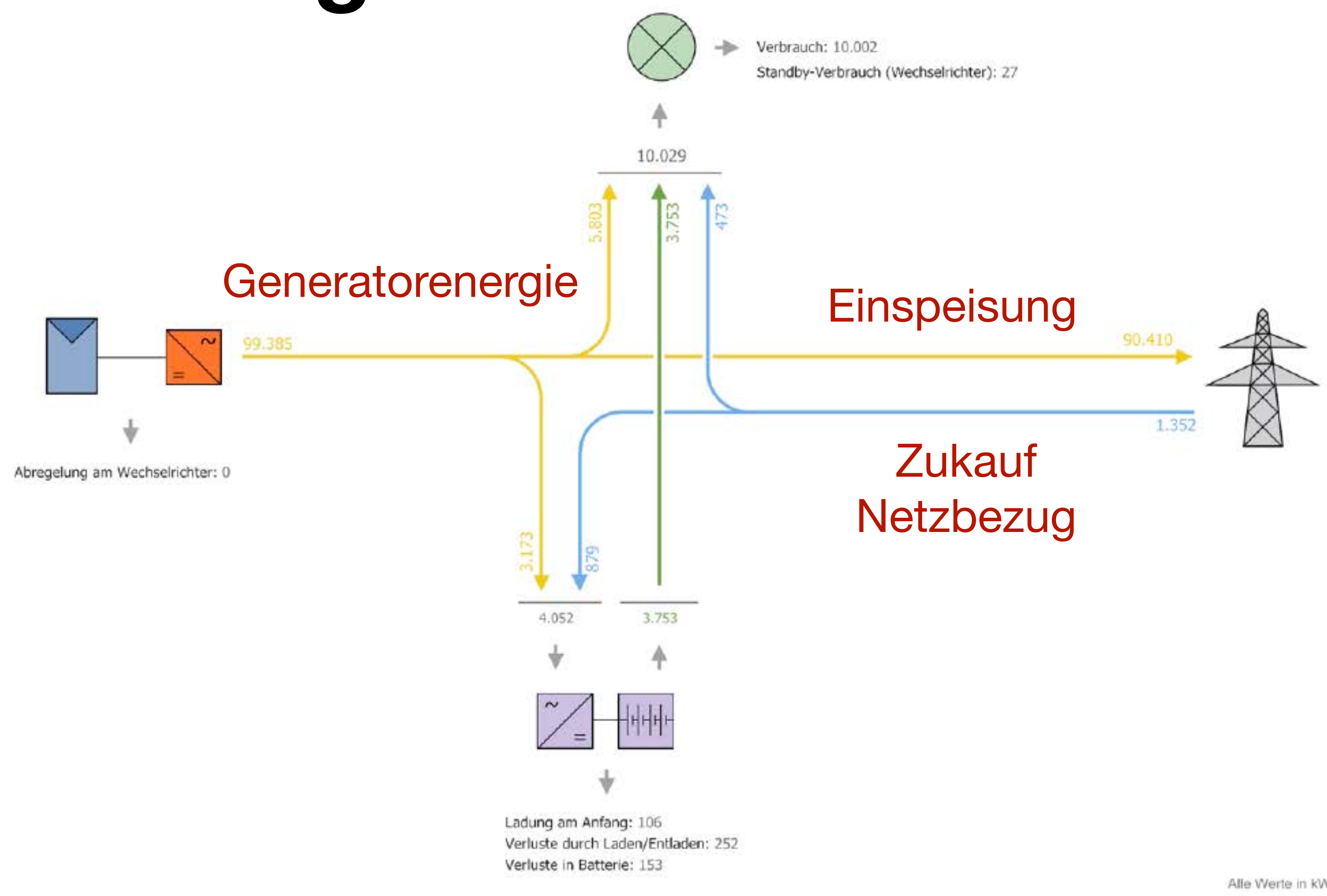
Energiefluss-Diagramm



Energiefluss-Diagramm

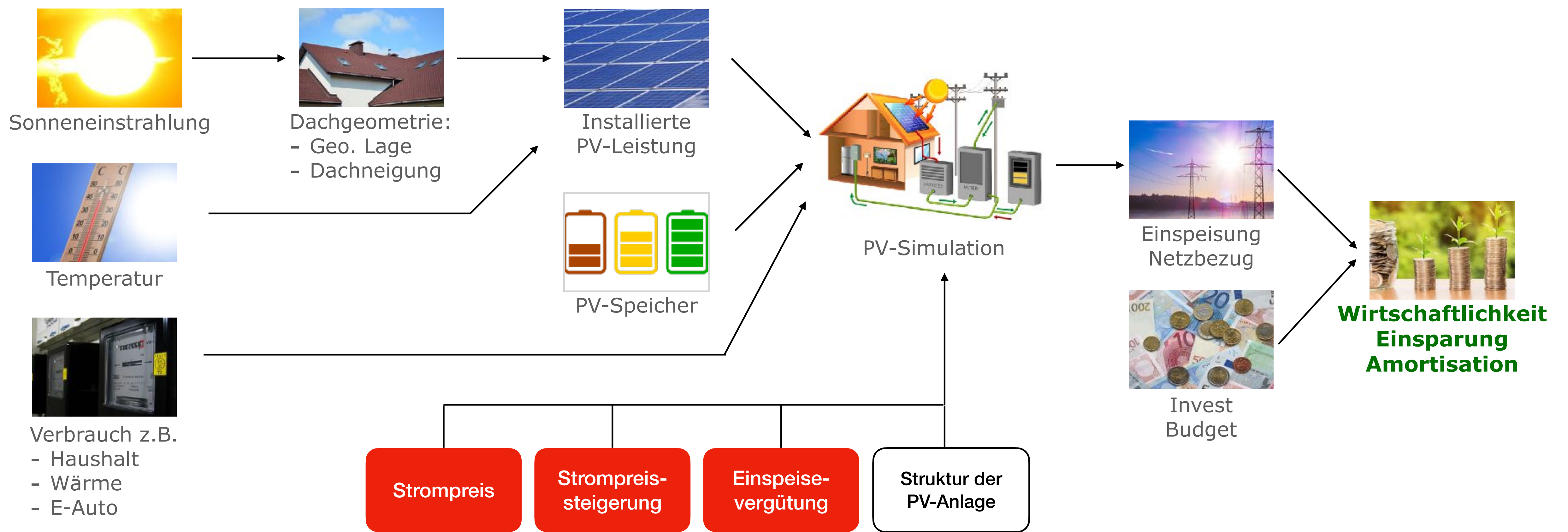


Energiefluss-Diagramm



Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen

Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage



Einflussfaktoren für PV-Anlagen

Einflussfaktoren (kurz Faktoren) auf die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen

- Geografische Lage
- Ausrichtung
- Neigung
- Verschattung
- Größe der Anlage
- Stromkosten
- Einspeisevergütung
- Größe PV-Speicher
- Sonstige Kosten

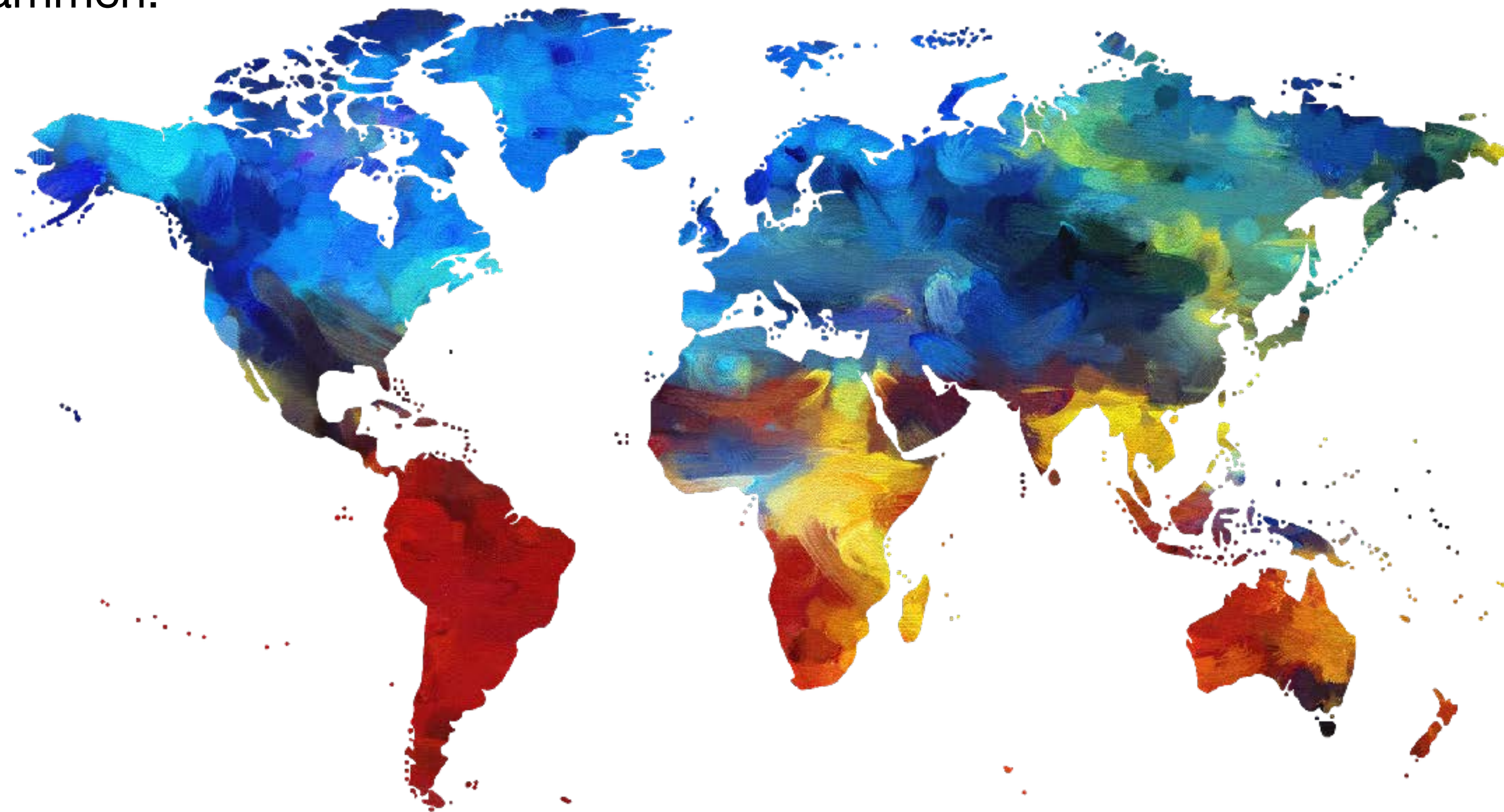


Quelle: <https://pixabay.com/de/photos/solaranlage-dach-stromerzeugung-2939560/>

Faktor geografische Lage

Die geografische Lage fasst mehrere Faktoren zusammen:

- Intensität der Einstrahlung
(Weg den die Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre nehmen)
- Jahreszeit
- Klima
 - Sonnentage
(ohne Wolke, Nebel, Schnee, ..)
 - Temperaturen
(niedrigere Temperaturen,
höherer Ertrag)

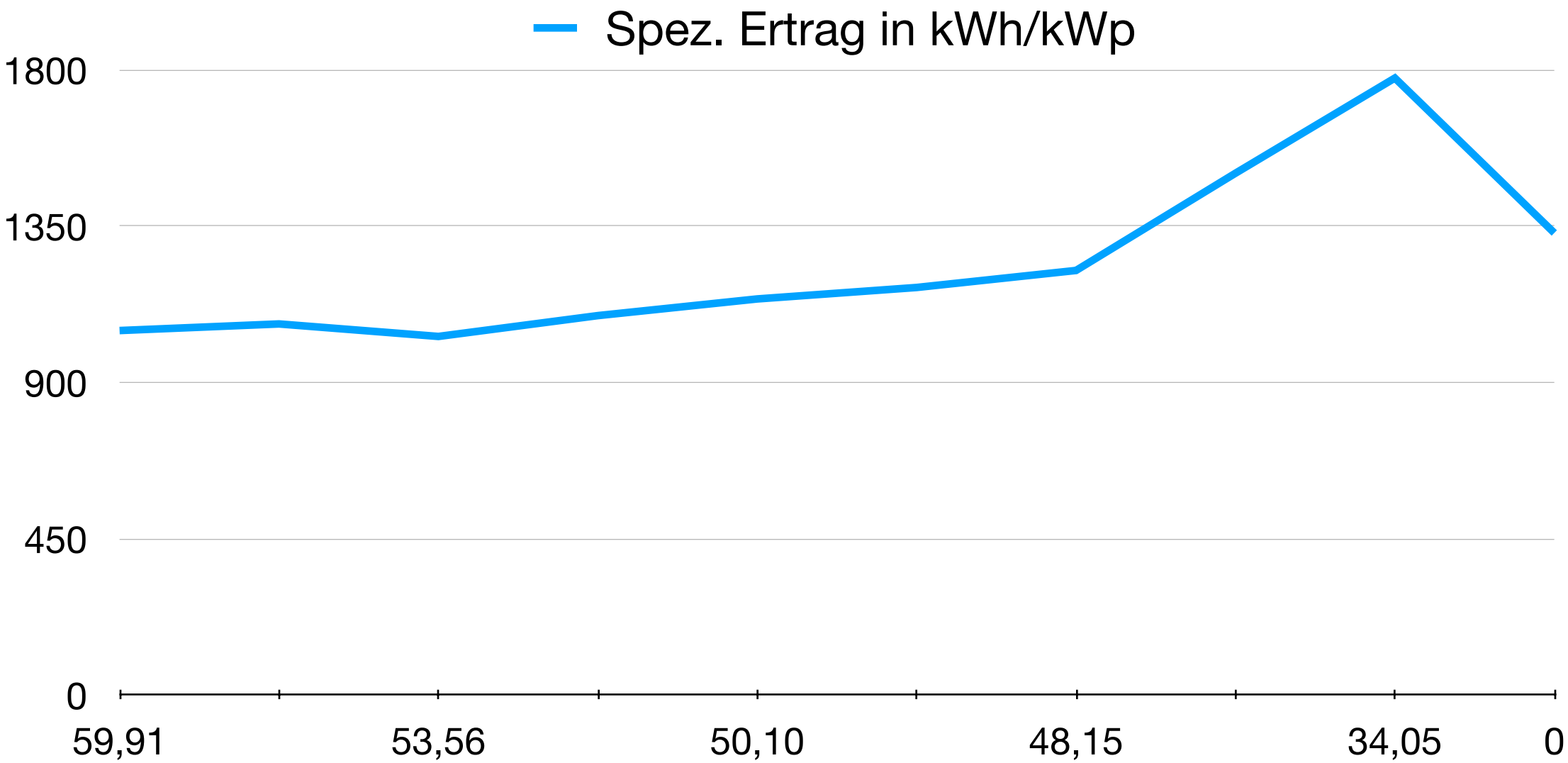


<https://pixabay.com/de/illustrations/karte-welt-malen-bunt-weltkarte-1974699/>

Faktor geografische Lage

	Breitengrad in °	Spez. Ertrag in kWh/kWp*
Oslo	59,91	1050
Kiel	54,32	1069
Hamburg	53,56	1033
Köln	50,94	1093
Frankfurt	50,10	1141
Nürnberg	49,45	1174
München	48,15	1223
Rom	41,90	1503
Los Angeles	34,05	1777
Singapur	1,29	1331

*Spez. Ertrag für Module in Südlage



Die Nähe zum Äquator ist nicht bestimmend für den Ertrag!

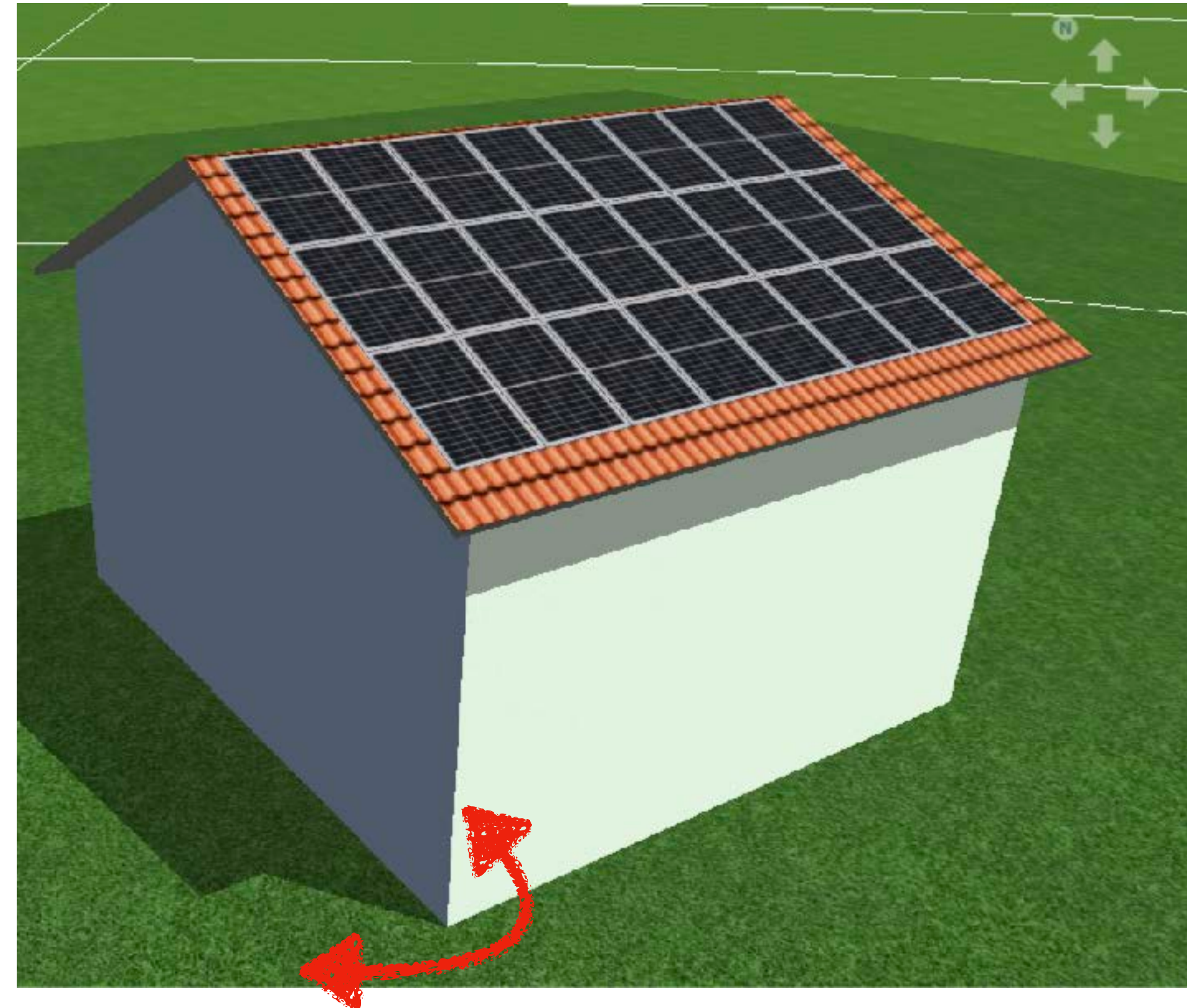
Das Klima nimmt maßgeblichen Einfluss!

Faktor Ausrichtung

Die Ausrichtung ist gegeben durch die Geometrie des Gebäudes.

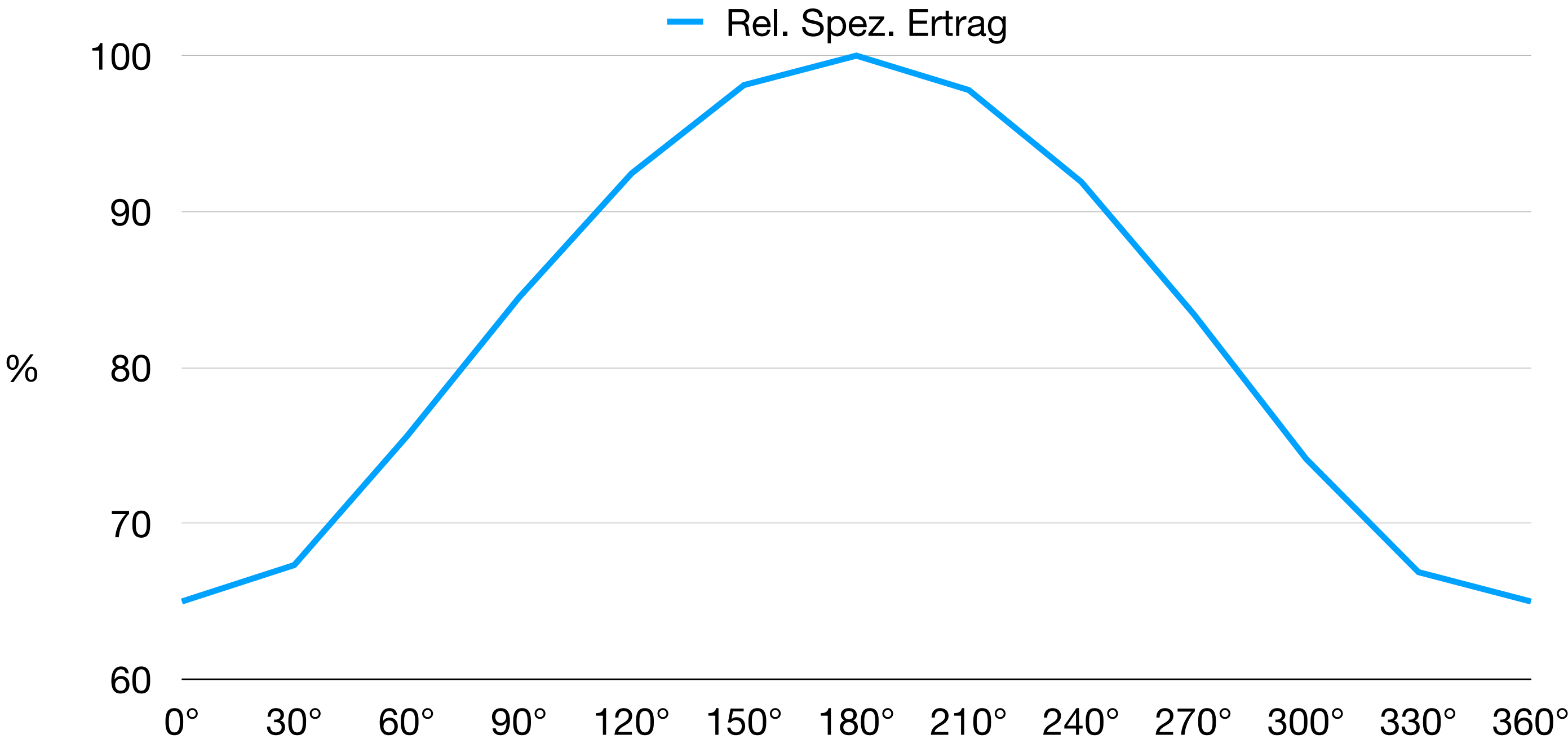
Die Ausrichtung eines Schrägdaches lässt wenig Spielraum für die Optimierung.

Flachdächer erlauben oft eine gezielte Ausrichtung.



Faktor Ausrichtung

Ausrichtung	Spez. Ertrag	Rel. Spez. Ertrag
0°	795	65
30°	823	67
60°	924	76
90°	1.033	84
120°	1.131	92
150°	1.200	98
180°	1223,08	100
210°	1.196	98
240°	1.124	92
270°	1.020	83
300°	907	74
330°	818	67
360°	795	65



180° Gebäudeausrichtung entspricht der Ausrichtung gegen Süden für die PV-Module

Die Ausrichtung gegen Osten liefert einen etwas höheren Ertrag.

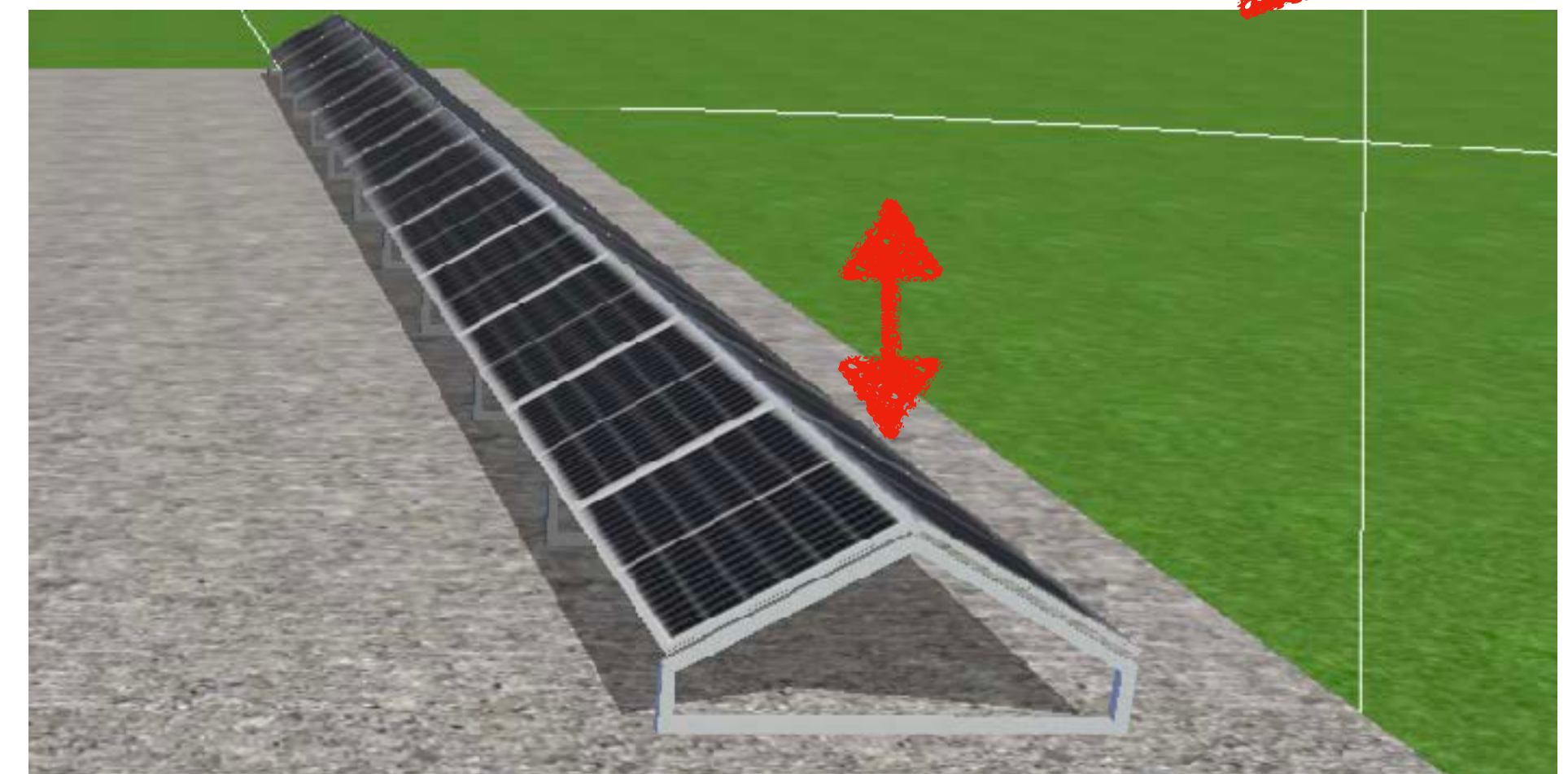
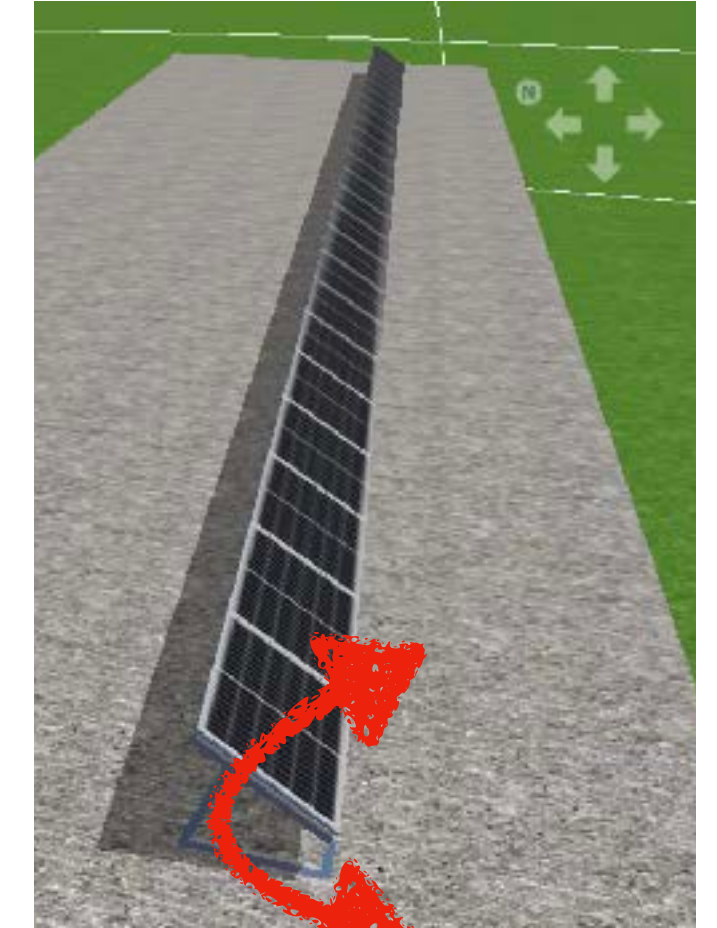
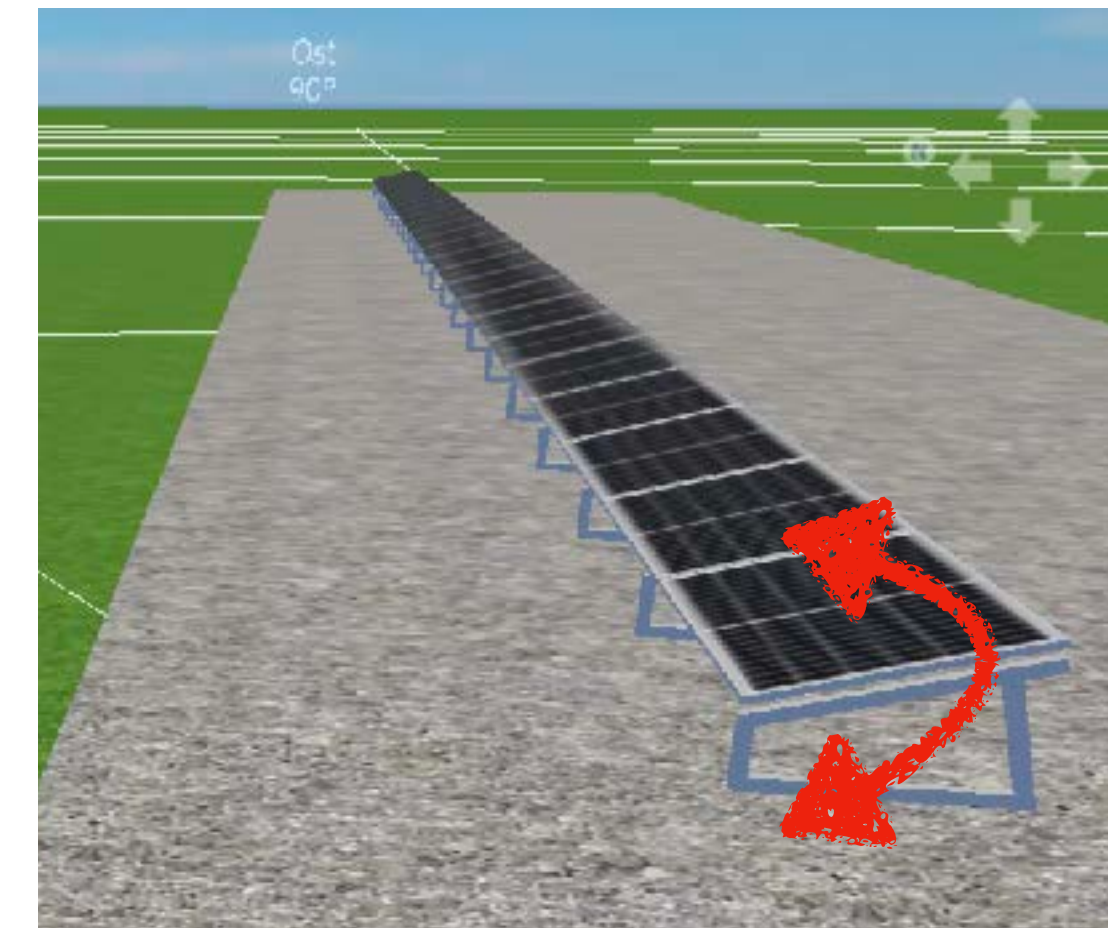
*Spez. Ertrag am Beispiel für München

Faktor Neigung der PV-Module

Für eine Schrägdach ist die Neigung der Module durch die Neigung des Daches zumeist gegeben.

Aufständerungssysteme für Flachdächer oder Fassaden erlauben eine exakte Ausrichtung.

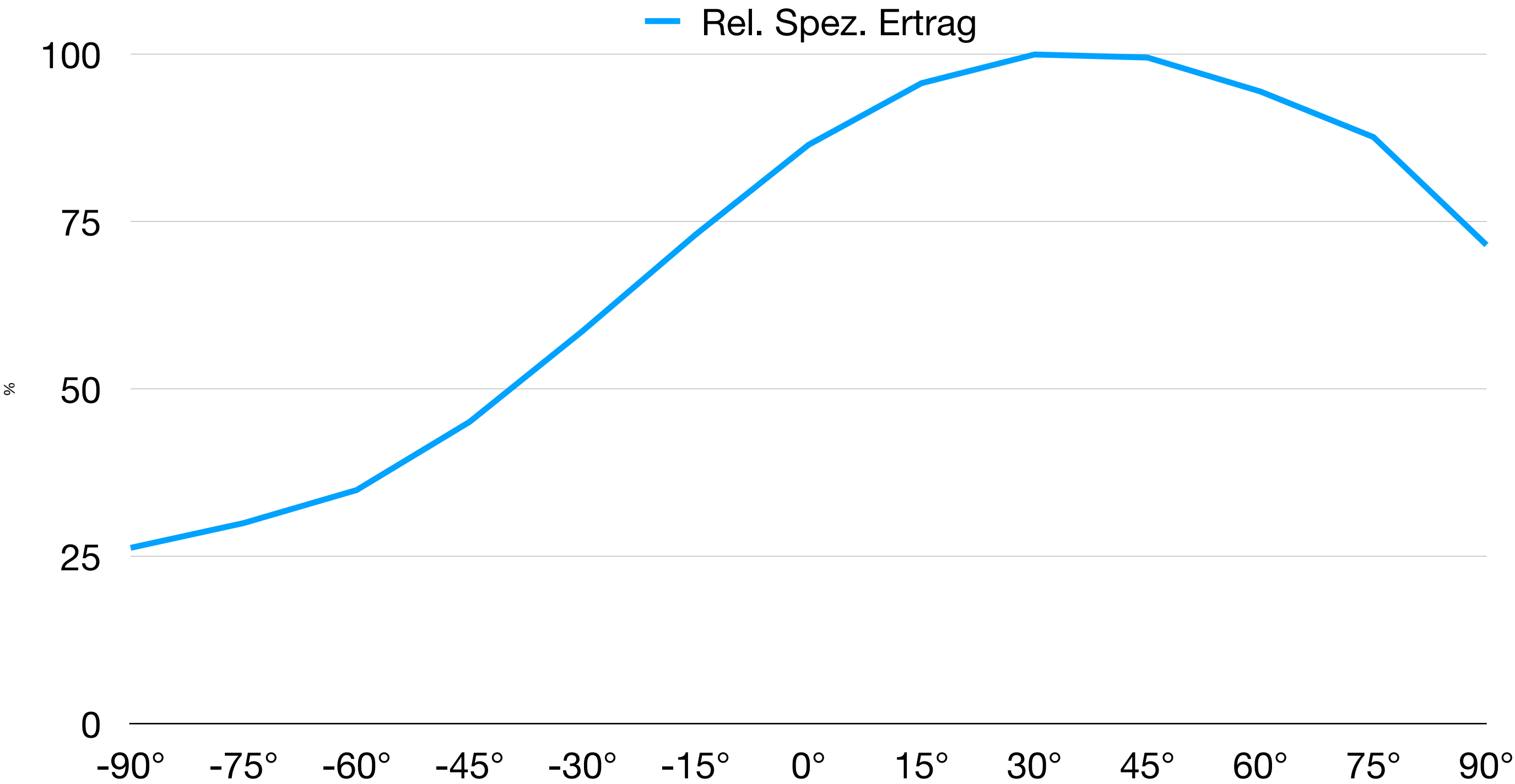
Aufständerungssysteme in gemeinsamer Ost-/Westausrichtung verbinden die Vorteile von einzeln aufgeständerten Systemen.



Faktor Neigung - Südausrichtung

	Ausrichtung	Spez. Ertrag*	Rel. Spez. Ertrag
Norden	-90°	287,29	26
	-75°	327,64	30
	-60°	381,5	35
	-45°	492,76	45
	-30°	640,94	59
	-15°	798,15	73
	0°	944,65	87
Süden	15°	1045,16	96
	30°	1091,98	100
	45°	1086,98	100
	60°	1031,55	94
	75°	957,26	88
	90°	781,36	72

*Spez. Ertrag am Beispiel für München



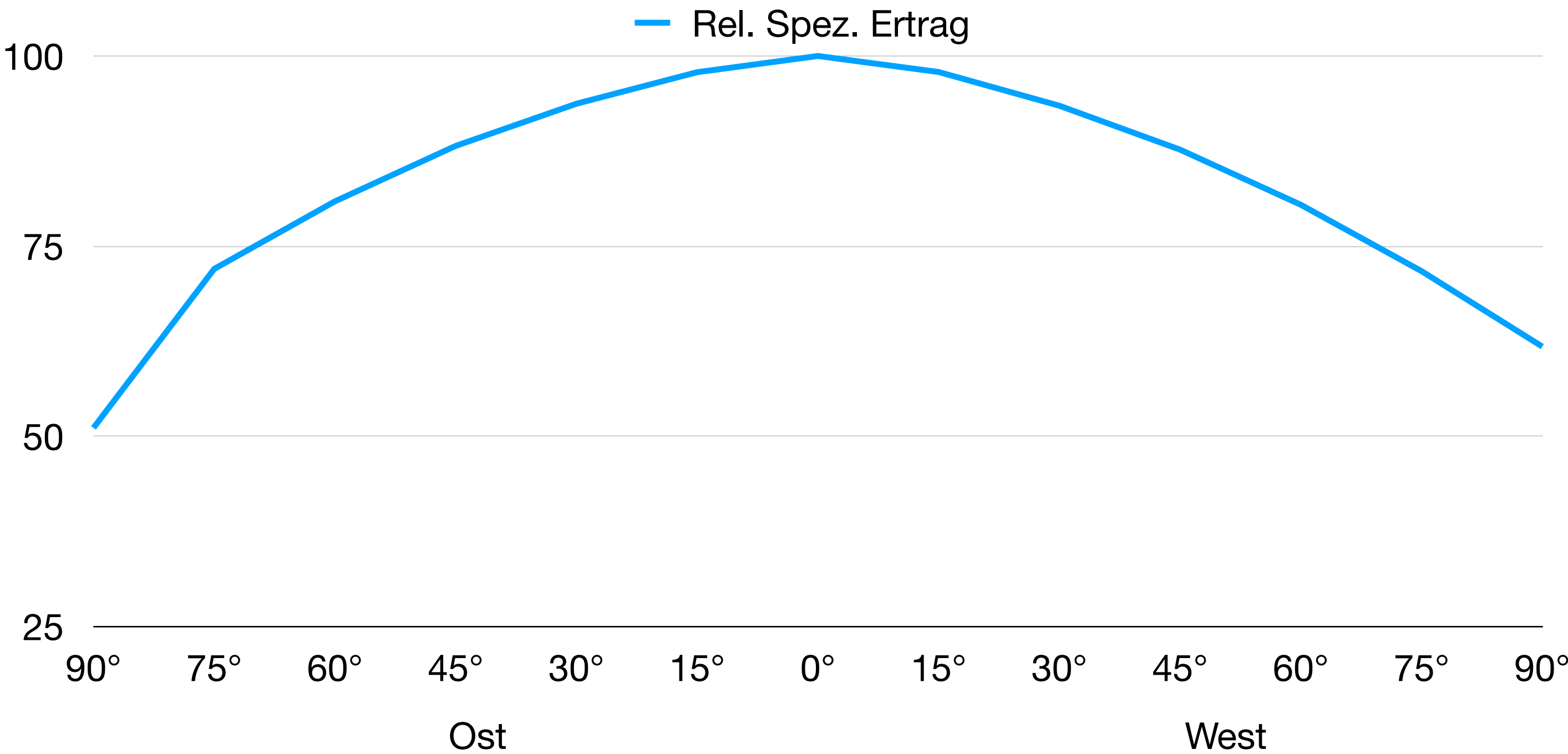
Gemäß dem maximalen Sonnenstand für den Ort ergibt sich der maximale Ertrag.
(für München 30-45°)

Faktor Neigung - Ost-/West-Ausrichtung

Tabelle 1

	Ausrichtung	Spez. Ertrag*	Rel. Spez. Ertrag
Ost	90°	482,67	51
	75°	680,14	72
	60°	764,09	81
	45°	832,95	88
	30°	885,34	94
	15°	924,51	98
	0°	944,66	100
West	15°	924,77	98
	30°	882,87	93
	45°	828,30	88
	60°	759,85	80
	75°	677,35	72
	90°	583,68	62

*Spez. Ertrag am Beispiel für München

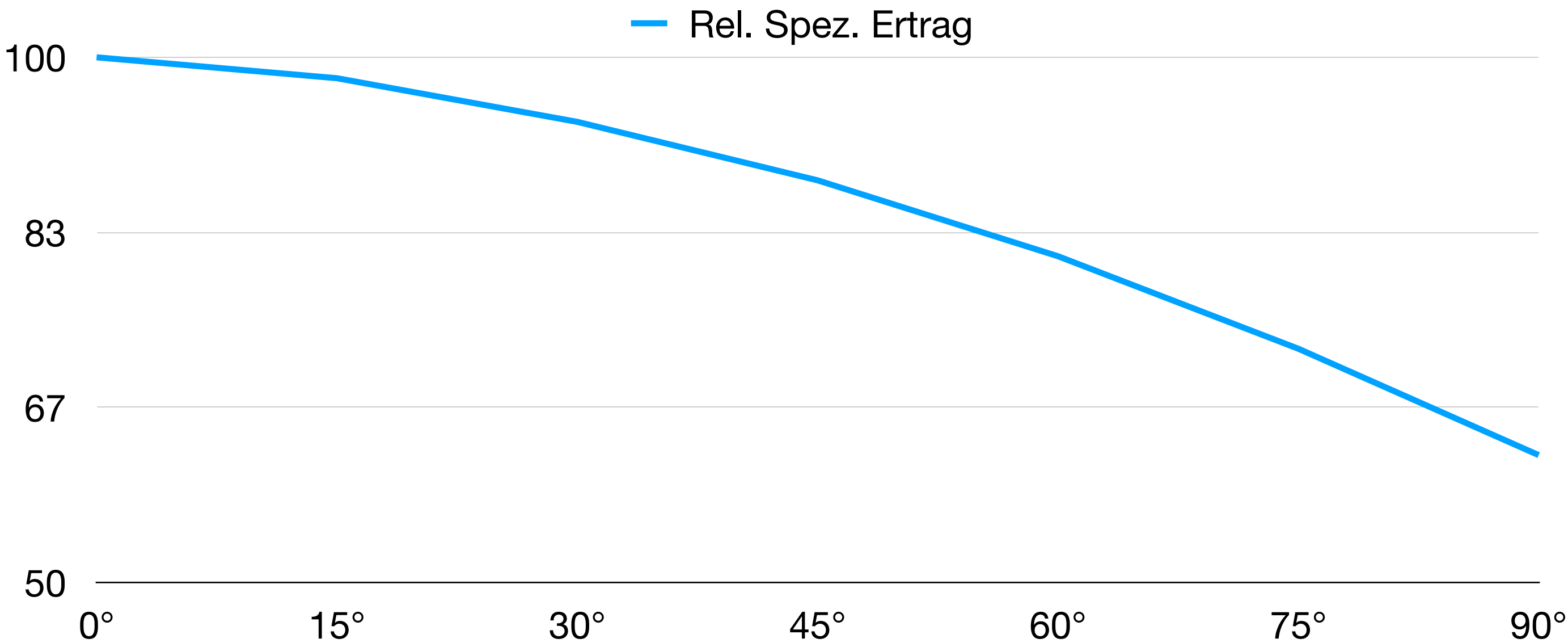


Das liegende PV-Modul ergibt den maximalen Ertrag. In der Praxis werden Module mit 15° bis max. 30° aufgeständert.

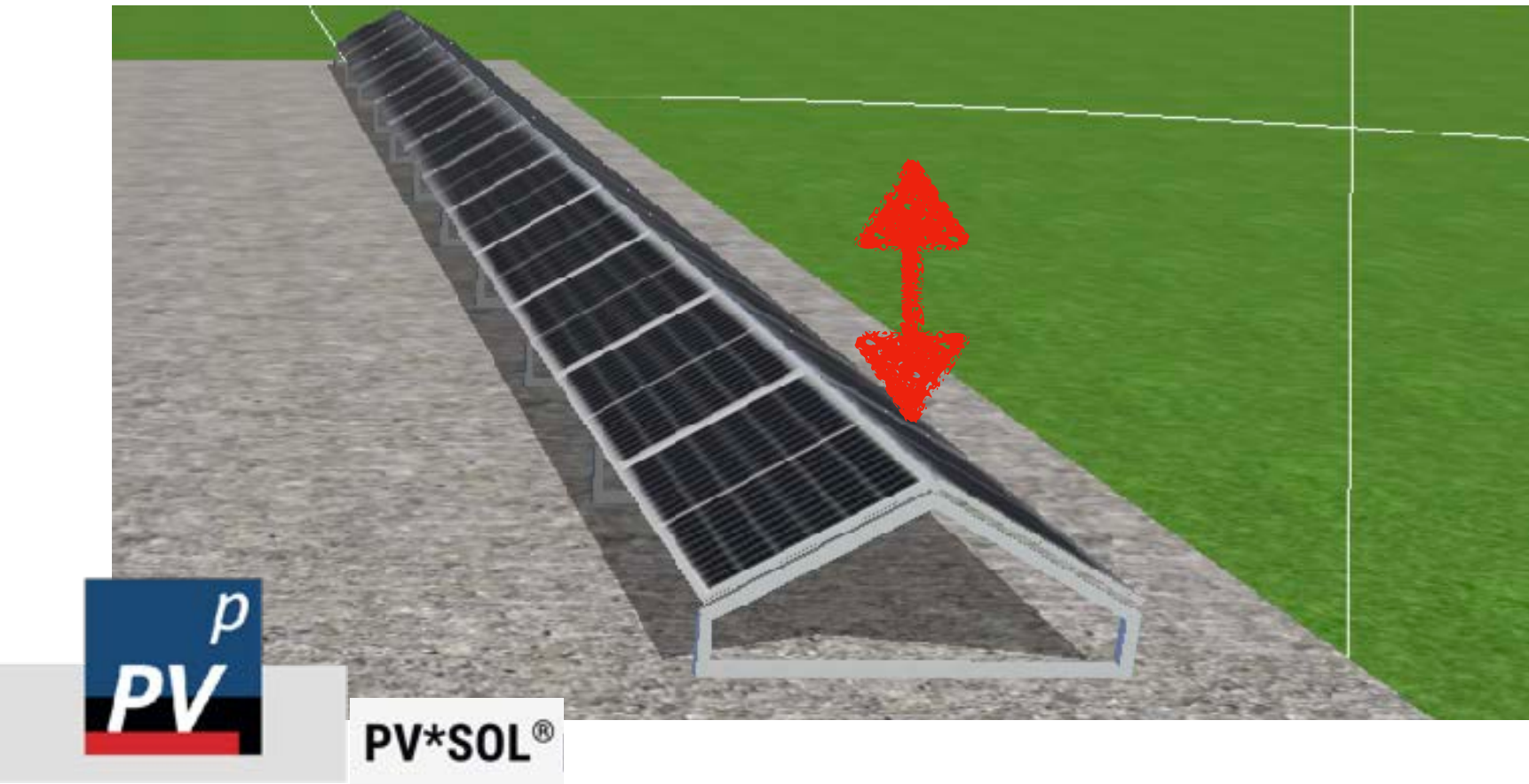
Faktor Neigung - Ost-West-Ständer

Ausrichtung	Spez. Ertrag*	Rel. Spez. Ertrag
0°	955,75	100
15°	936,73	98
30°	897,02	94
45°	843,81	88
60°	774,76	81
75°	690,60	72
90°	593,80	62

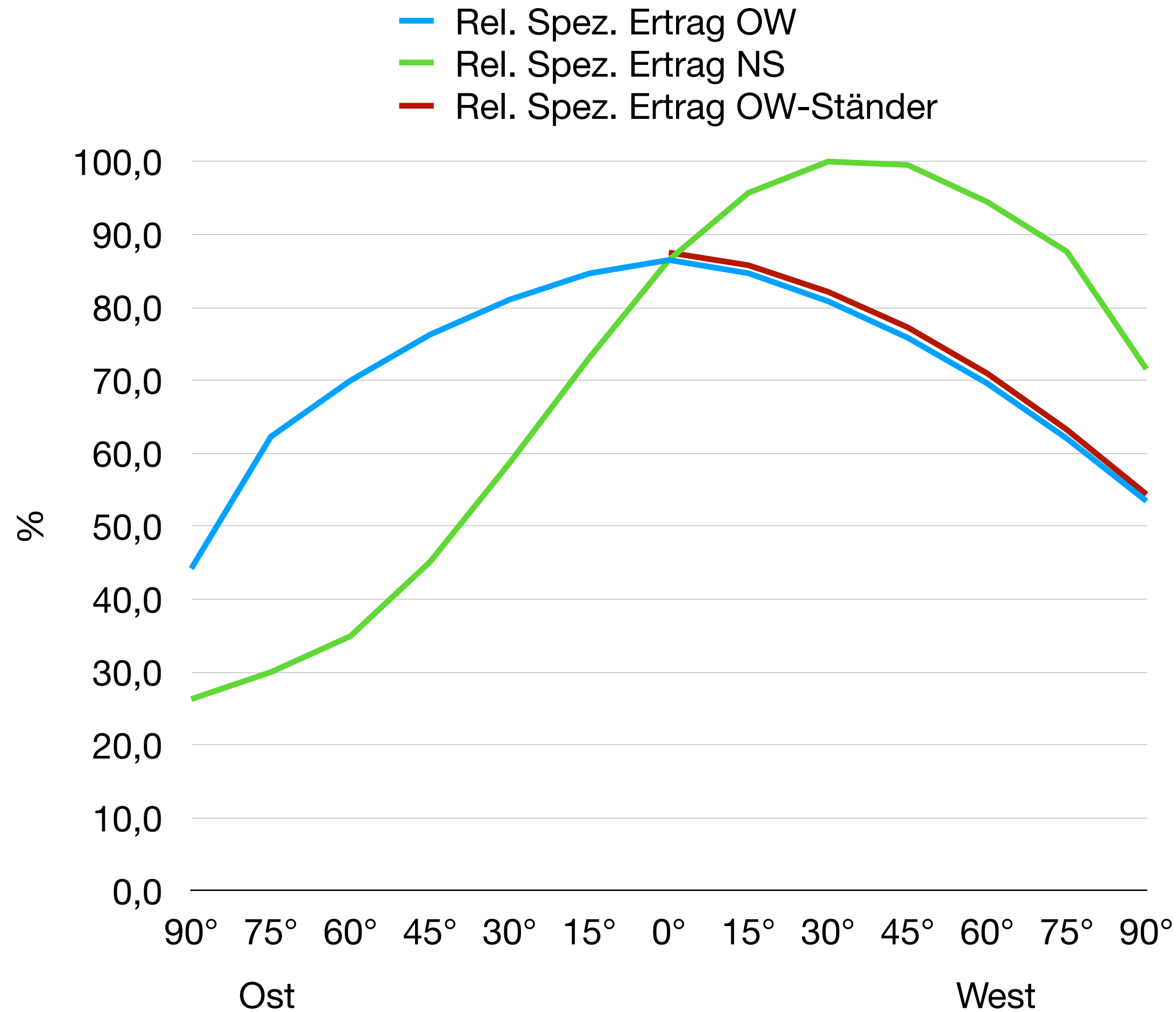
*Spez. Ertrag am Beispiel für München



Der Ost-West-Ständer verhalten sich ähnlich zum System mit exklusivem Ost- oder West-Ständersystem.
Der Ertrag ist aber gleichmäßiger über den Tag verteilt.



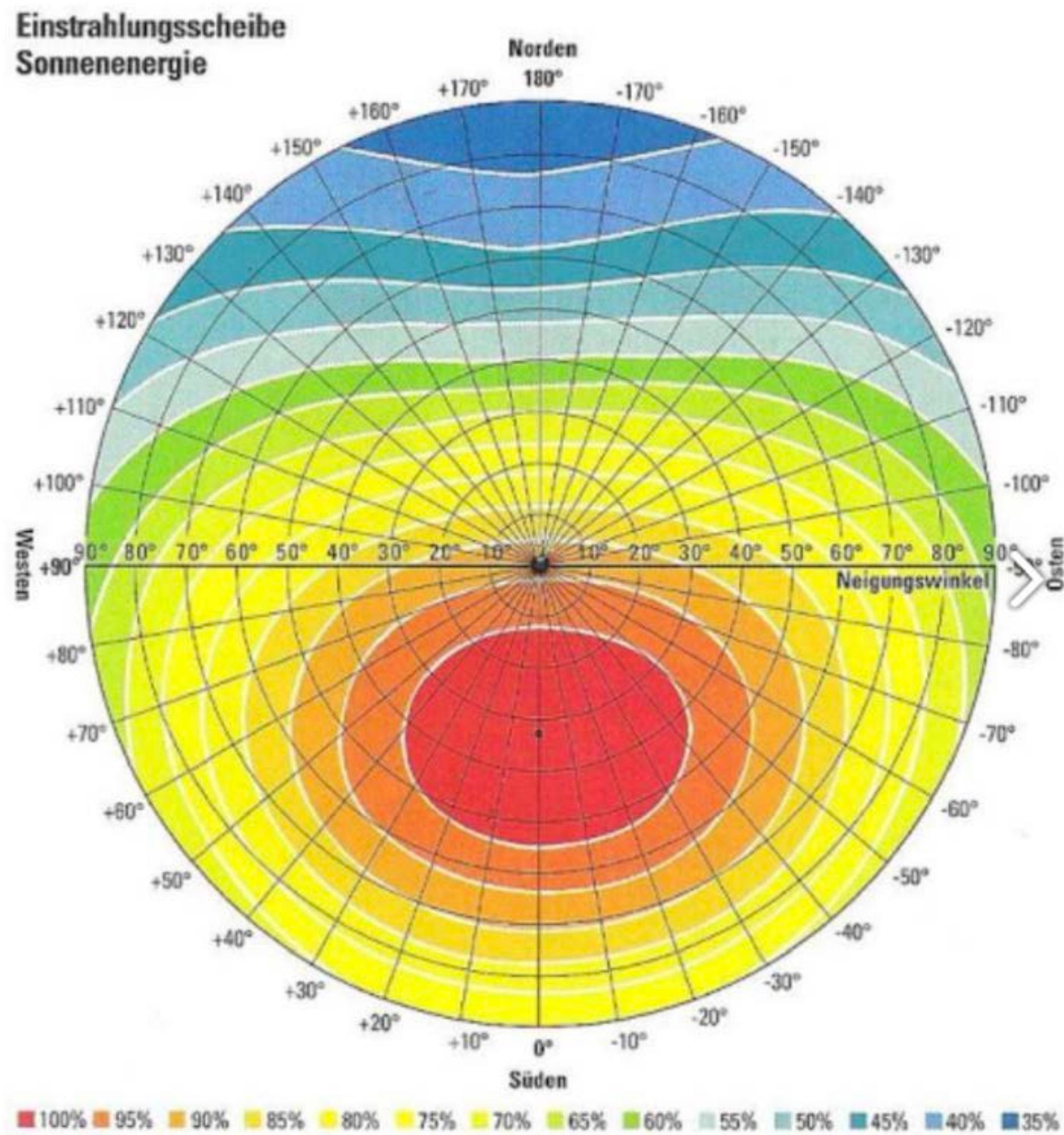
Faktor Neigung - Vergleich



Es gilt:

- **100%:** Die Südaufständerung liefert den höchsten Spitzertrag bei 30-45° Neigung.
- **85%:** Für eine Ost-West-Aufständerung lieferte bei 0° den höchsten Ertrag.
- **50%:** Niedrigster Wert für den Ertrag bei 90° Aufständerung. (Auch für Fassadensysteme)
- **25%:** Minimalster Ertrag für 90° Aufständerung gegen Norden für ein gegen Süden ausgerichtetes System.

Faktor Neigung und Ausrichtung in Kombination



Quelle: <https://www.energiesparhaus.at/forum-ausrichtung-pv-anlage-neigung/56998>

Faktor Verschattung

Die Verschattung ist schwer einzuschätzen.

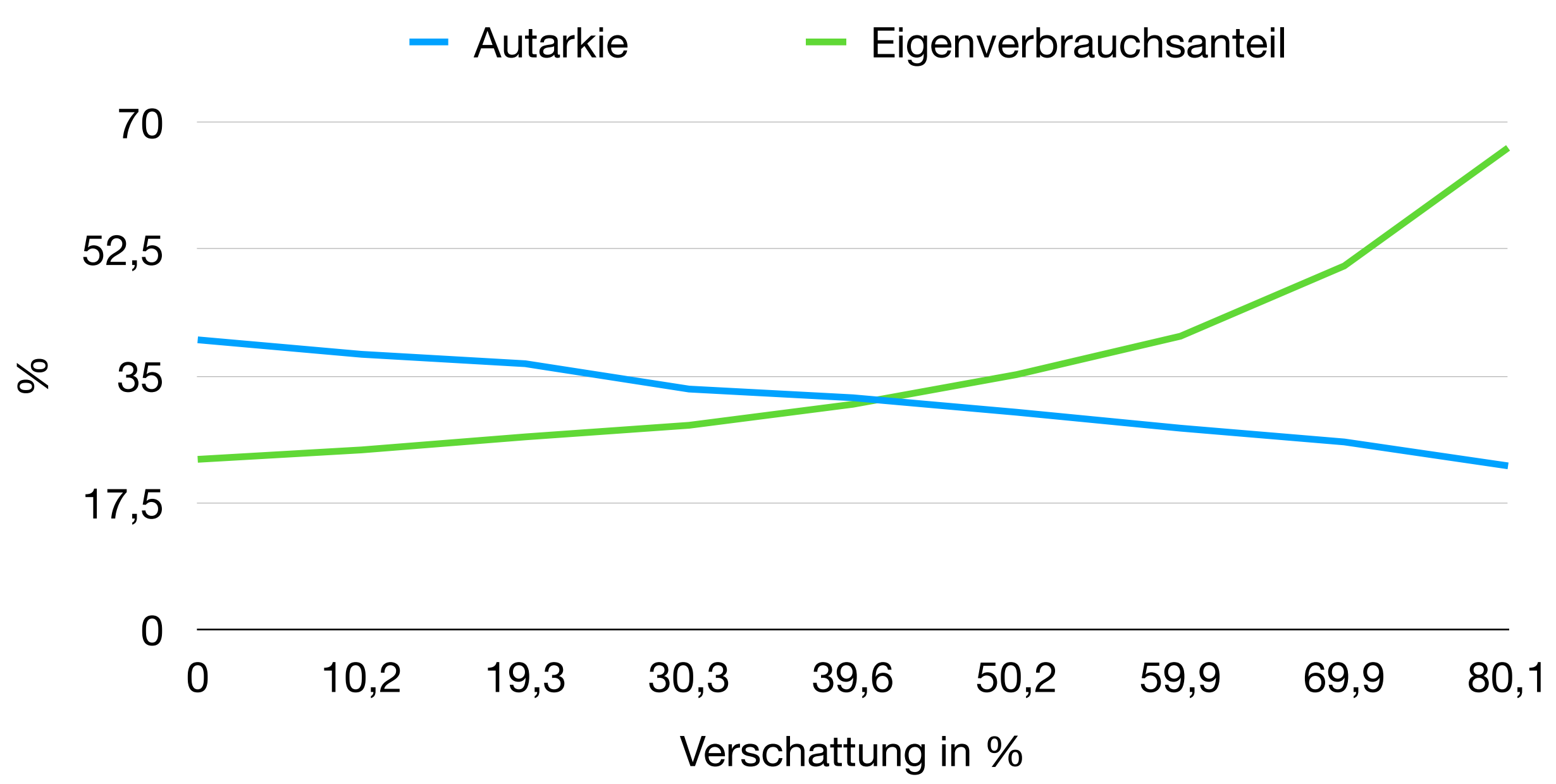
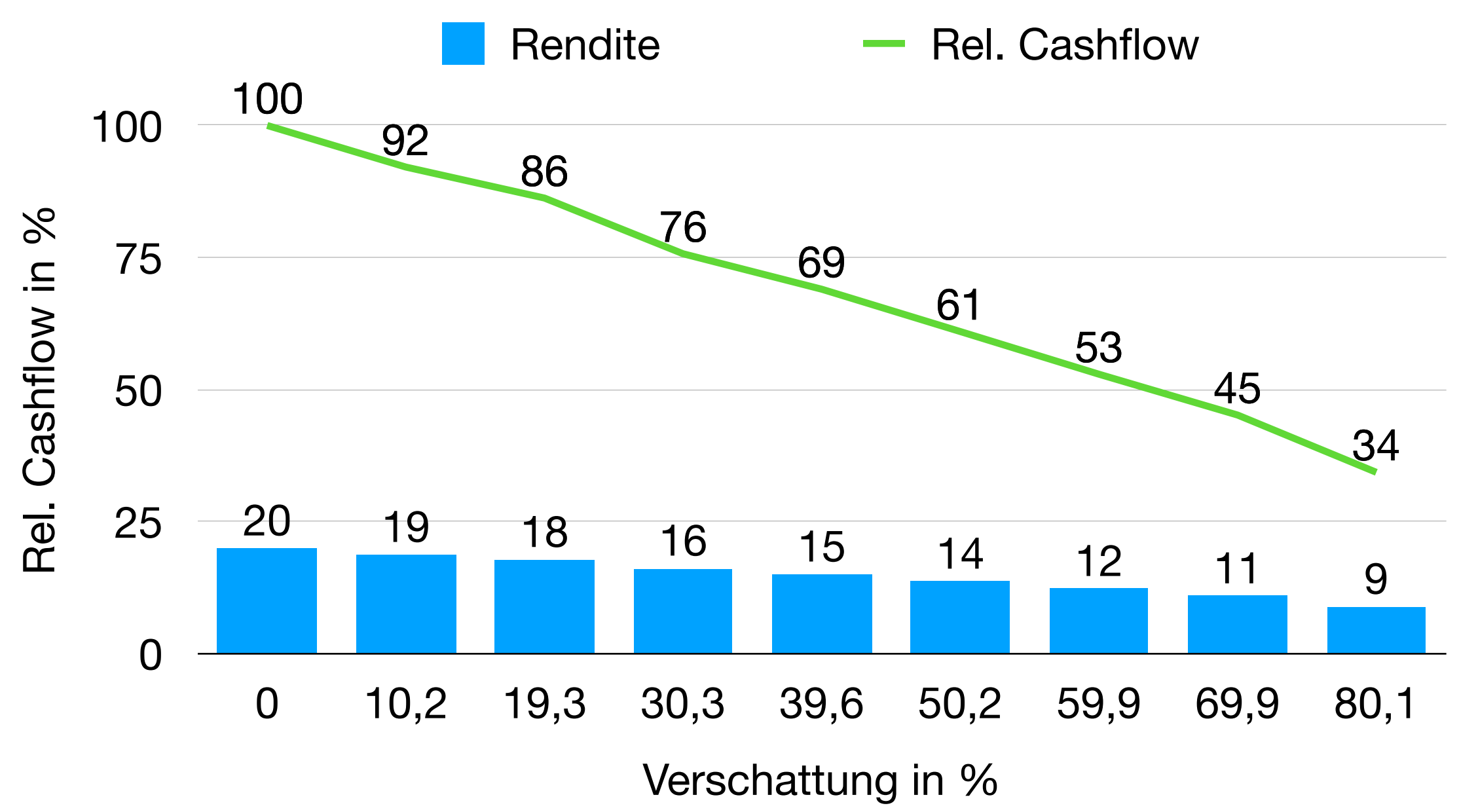
Verluste für Verschattung werden in %
angegeben.

Quellen für Verschattungen sind

- Bäume
- Nachbargebäude
- Dachaufbauten wie Kamine, Lüftungen, ...



Faktor Verschattung



Es gilt:

- **Der Cashflow sinkt proportional mit der Verschattung.**
- **Die Verschattung verschiebt den Schnittpunkt zwischen Autarkie und Eigenverbrauchsanteil.**

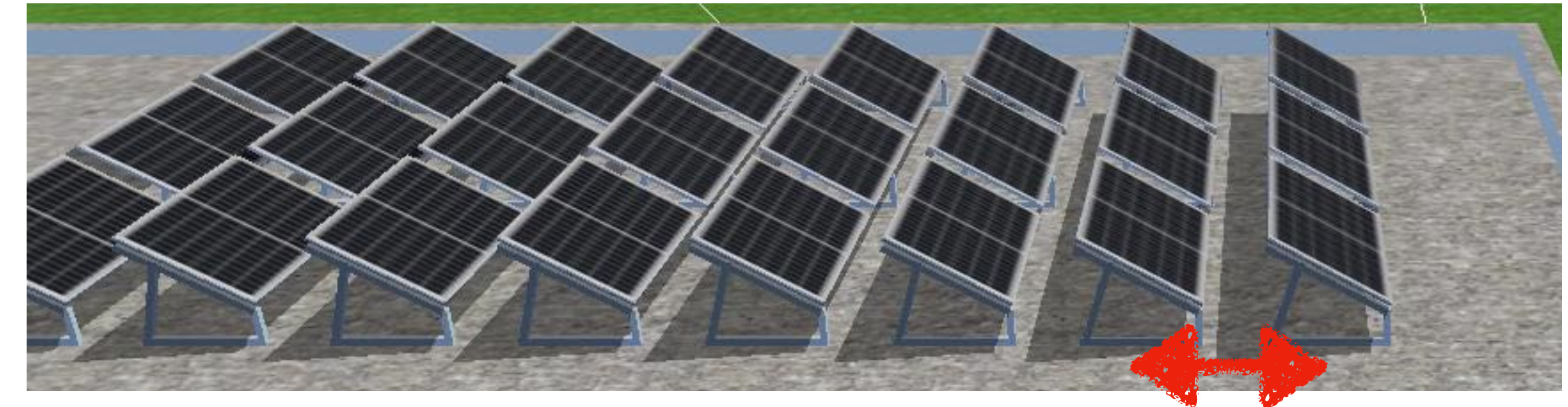
Faktor Gestellabstand

Auf Flachdächer werden Module über Ständersysteme aufgestellt.

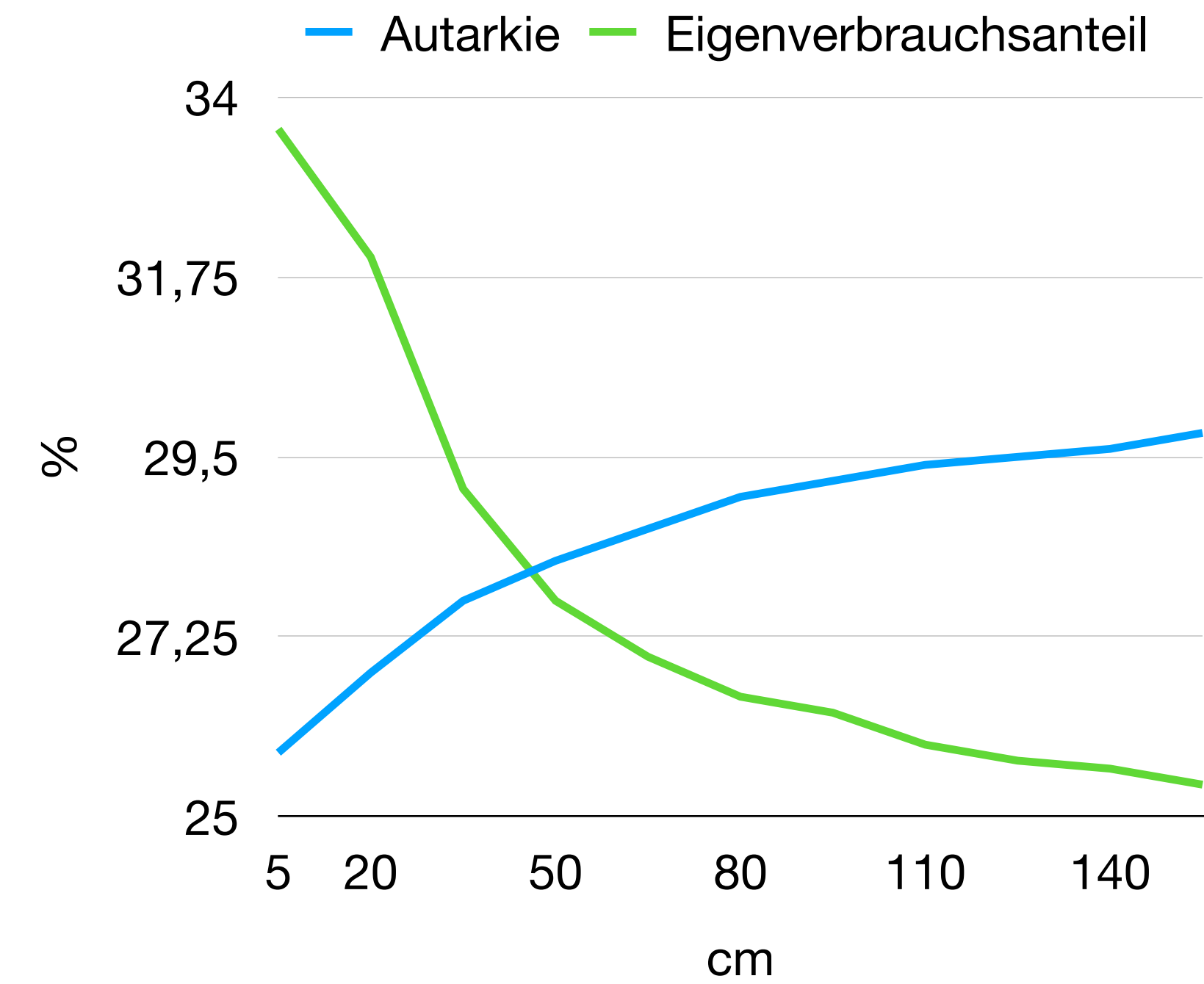
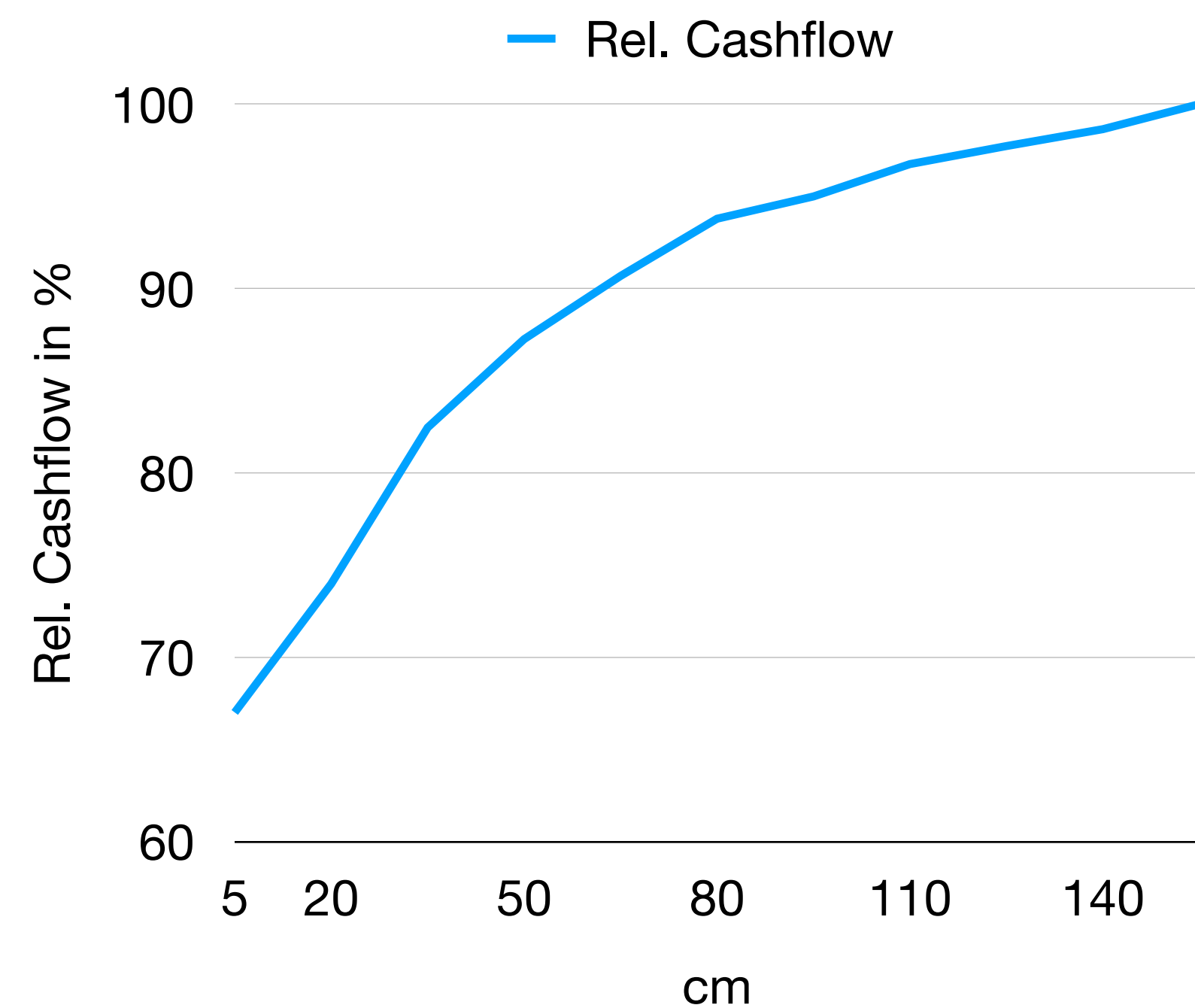
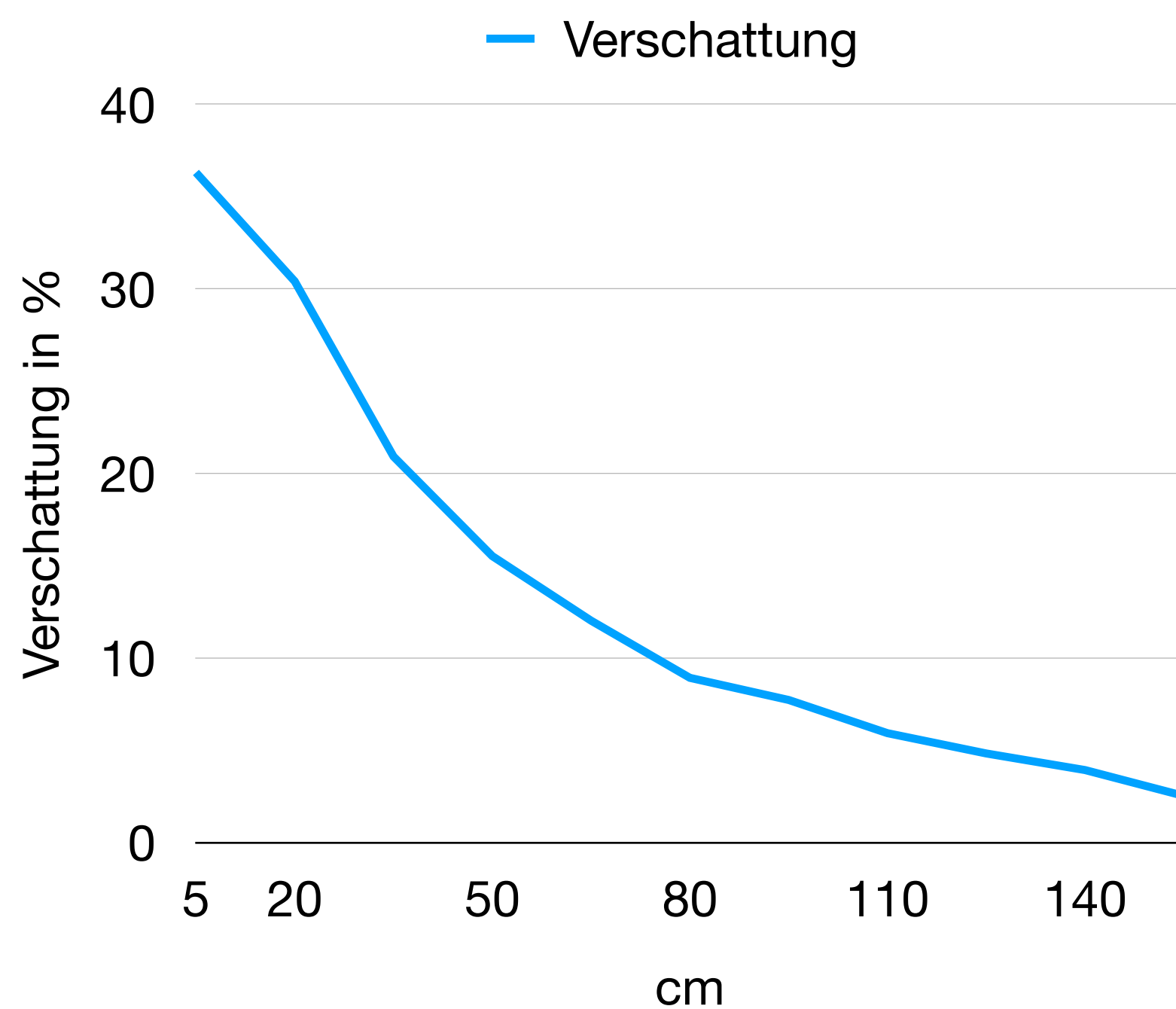
Dabei verschatten Module aus der vorhergehenden Reihe die Module der nachfolgenden Reihen.

Der Abstand der Ständersysteme bestimme den Grad der Verschattung.

Im Beispiel hier werden die Module mit 30° gegen Süden aufgestellt.



Faktor Gestellabstand

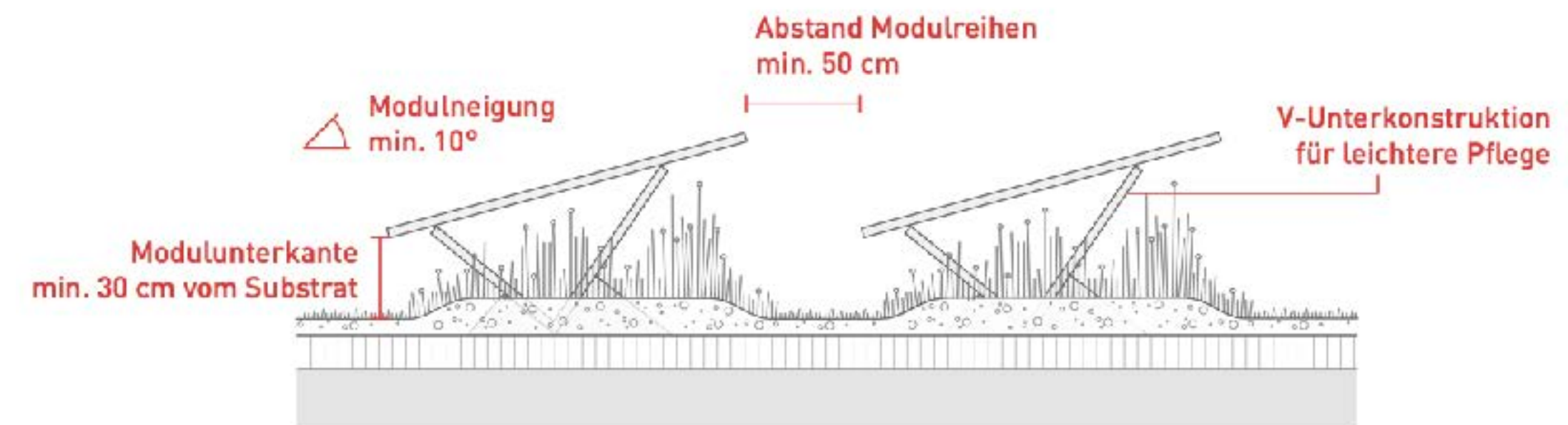


Es gilt:

- **Ab 80cm Gestellabstand fällt der Grad der Verschattung auf 5%.**

Belegung eines Gründaches

- Ausreichend Platz für die Flora
- Planung für **jährliche Mehrkosten für die Pflege**
- Vermeidung von **Hotspots** auf PV-Modulen



[Gruendach-und-PV-Ratgeber-2020.pdf](#)



[Gruendach-und-PV-Ratgeber-2020.pdf](#)

Faktor Größe der Anlage

Die verfügbare, wirtschaftlich nutzbare Fläche bestimmt die Größe der PV-Anlage.

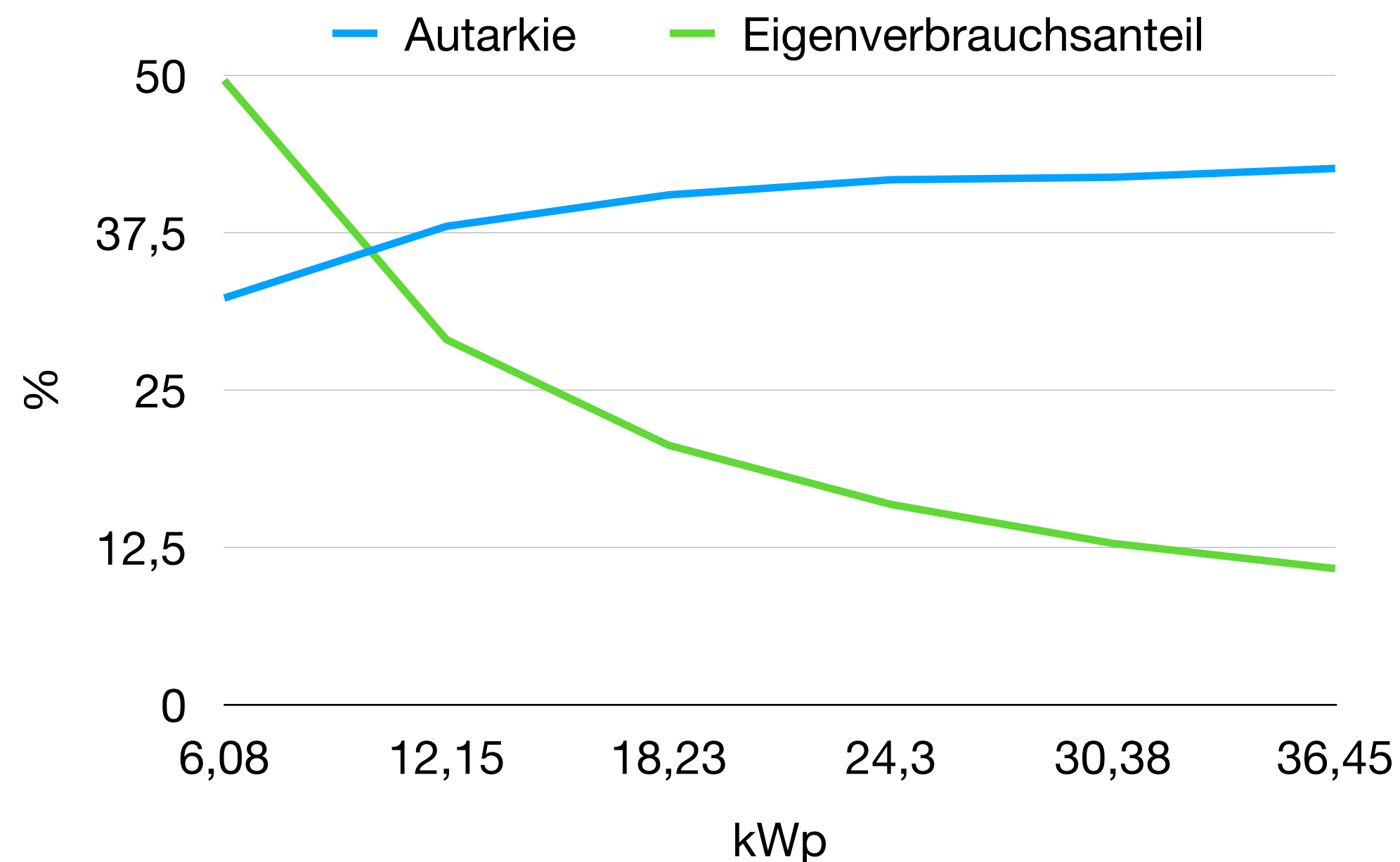
Steht eine ausreichend große Dachfläche zur Verfügung, stellt sich die Frage nach der Größe der PV-Anlage.

Welche Kriterien können für die Bestimmung der Anlagengröße herangezogen werden?

Oder ist es sinnvoll die Dachfläche maximal zu belegen?



Faktor Größe - Autarkie



Es gilt (ideale Anlage):

- **Je kleiner die Anlage, umso höher der Eigenverbrauchsanteil!**
- **Je größer die Anlage, umso höher der Autarkiegrad!**
- **Beide Werte laufen gegen einen Grenzwert.**
- **Der Schnittpunkt (Autarkie/ Eigenverbrauchsanteil) schneidet sich bei optimalen Anlagen beim Verbrauch.**

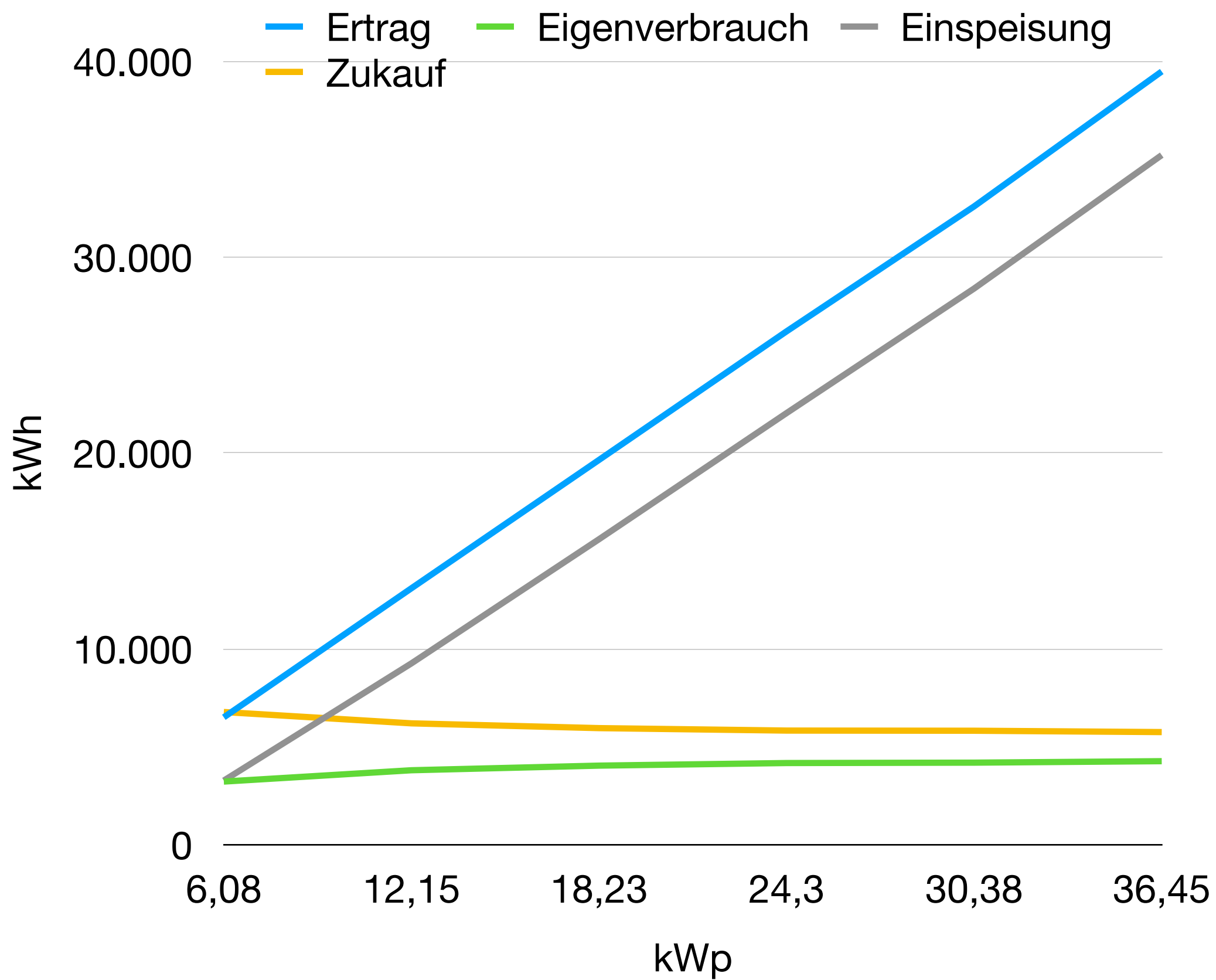
Faktor Größe der Anlage

Beispiel: Haus mit max. 36kWp Dachpotential

Verbrauch	10.000 kWh
AP	0,45 €
GP	80 €
Preissteigerung	5 % / Jahr

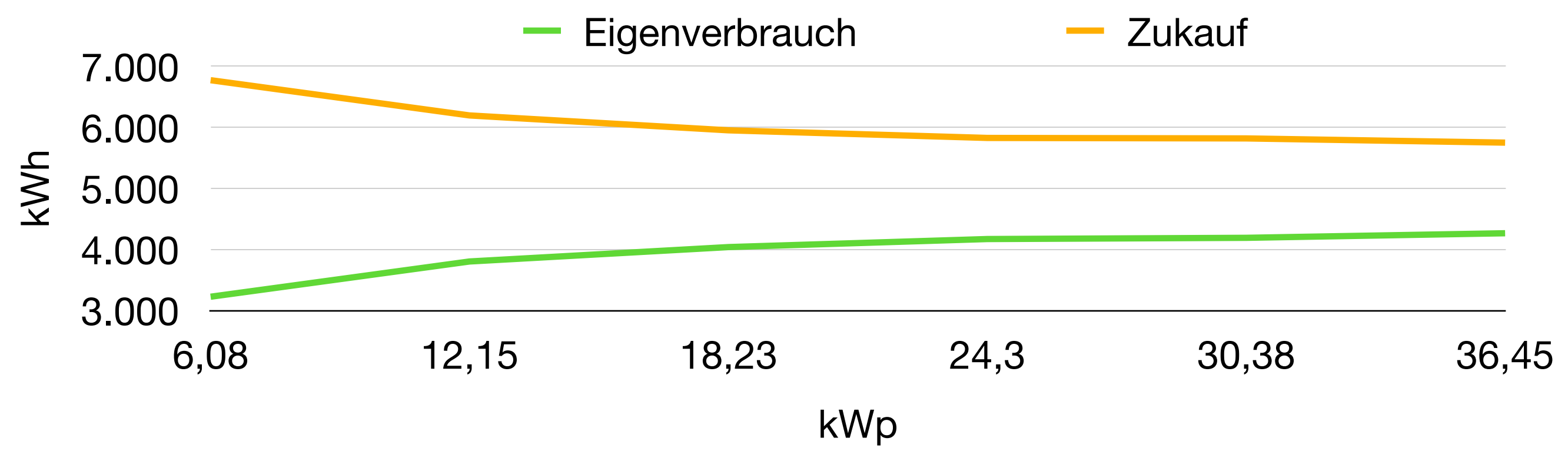


Faktor Größe - Energiefluss

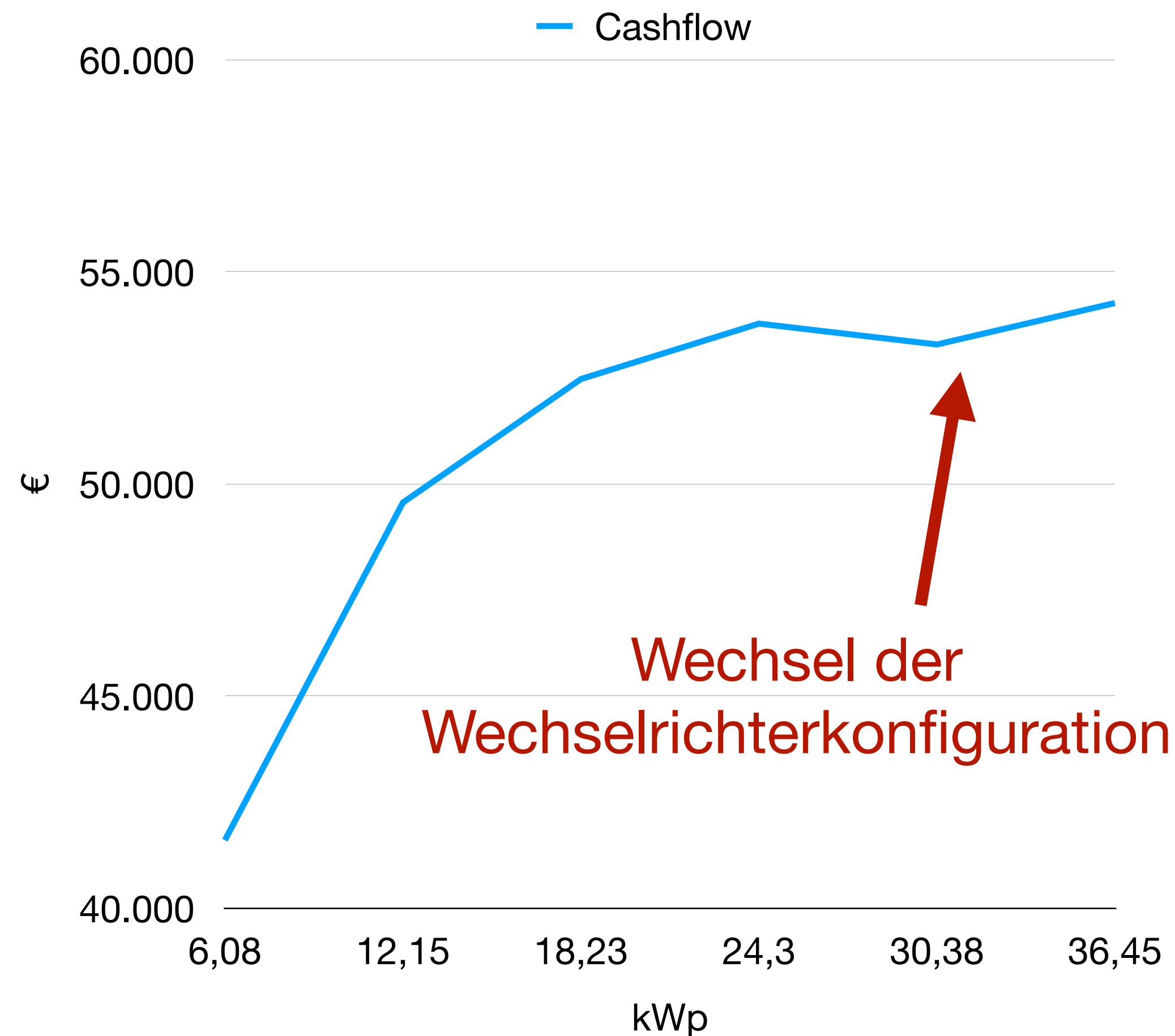


Es gilt (ideale Anlage):

- **Ertrag und Einspeisung verhalten sich proportional zur Anlagengröße.**
- **Eigenverbrauch und Zukauf laufen asymptotisch aufeinander zu.**

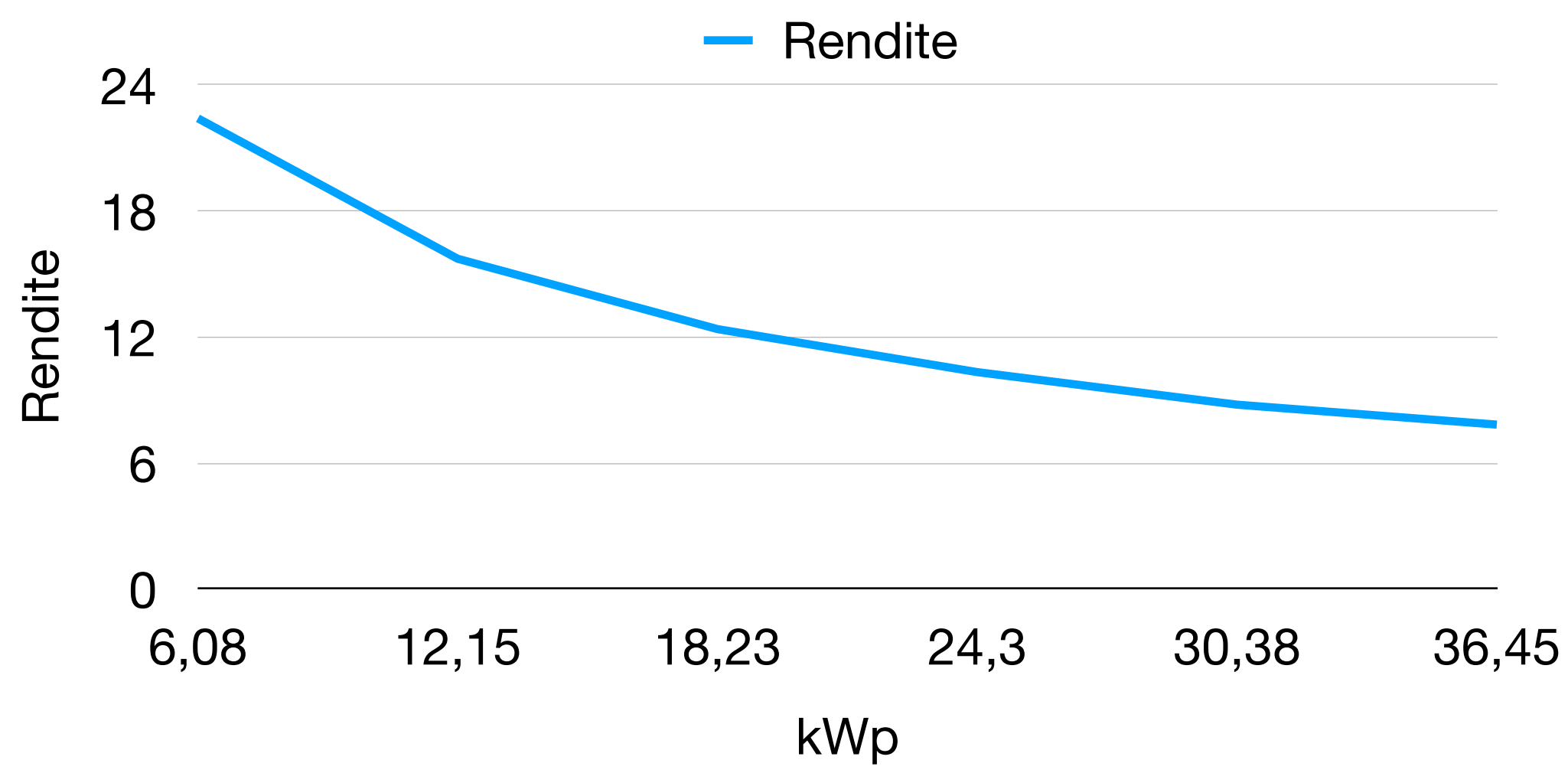


Faktor Größe der Anlage



Es gilt (ideale Anlage):

- **Der Cashflow läuft gegen einen Maximalwert (asymptotisch).**
- **Gleichzeitig fällt die Rendite stark ab.**



Faktor Größe - Zusammenfassung

Es gilt:

- Das Resultat aus der Wirtschaftlichkeit liefert keine eindeutigen Ergebnisse zur Größe der PV-Anlage.
- Der Investor muss selbst Grenzwerte für die Größe der PV-Anlage definieren:
 - **Budget in Zusammenhang mit den Förderungen**
 - **Rendite**
 - **Energie**
 - **Politisch**
 - **Energieeffizienz des Gebäudes**



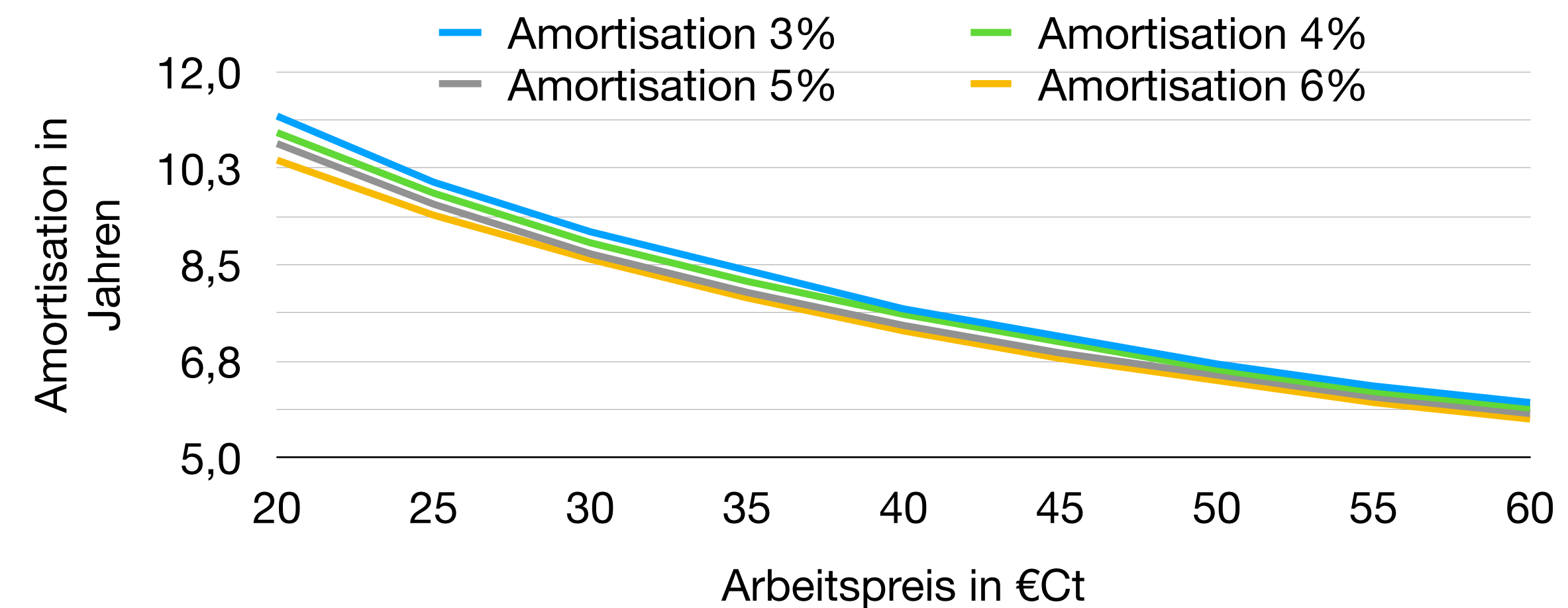
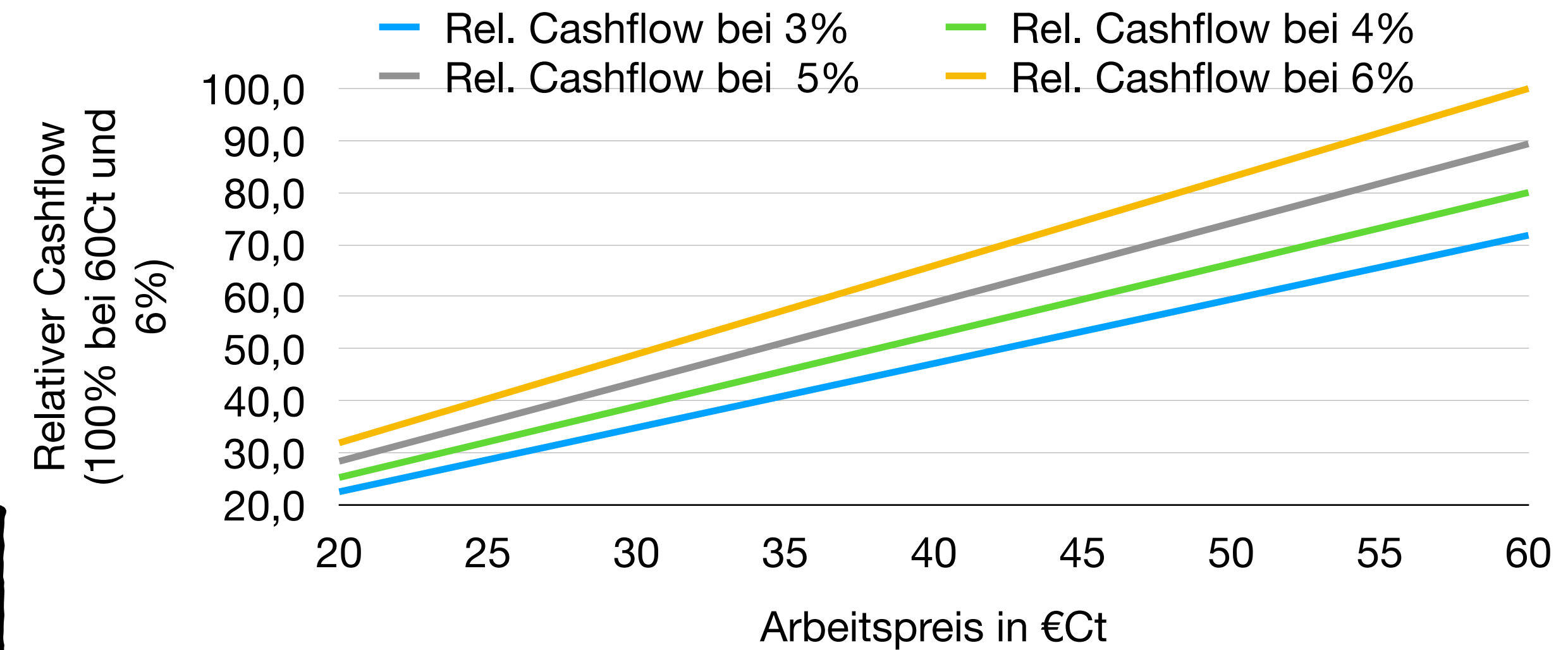
Faktor Stromkosten

Die Stromkosten werden bestimmt durch

- Grundpreis
- Arbeitspreis
- Strompreissteigerung

Es gilt:

- **Der Cashflow steht im proportionalen Zusammenhang mit dem Arbeitspreis**
- **Die Strompreissteuerung bestimmt die Steigung.**
- **Die Amortisation sinkt umgekehrt proportional ab.**

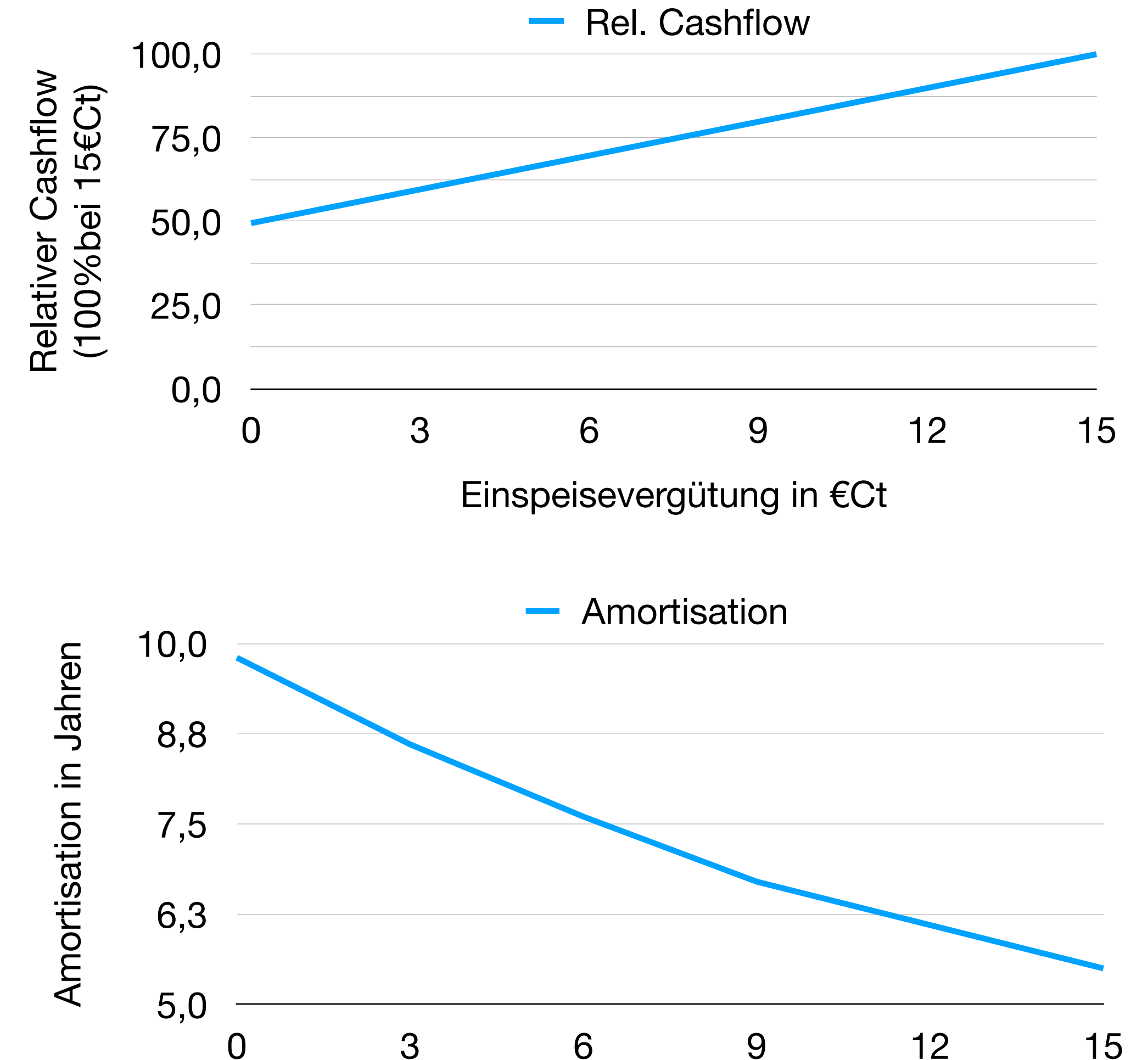


Faktor - Einspeisevergütung

Die Einspeisevergütung ist für die Wirtschaftlichkeit ein wichtiger Faktor.

Es gilt:

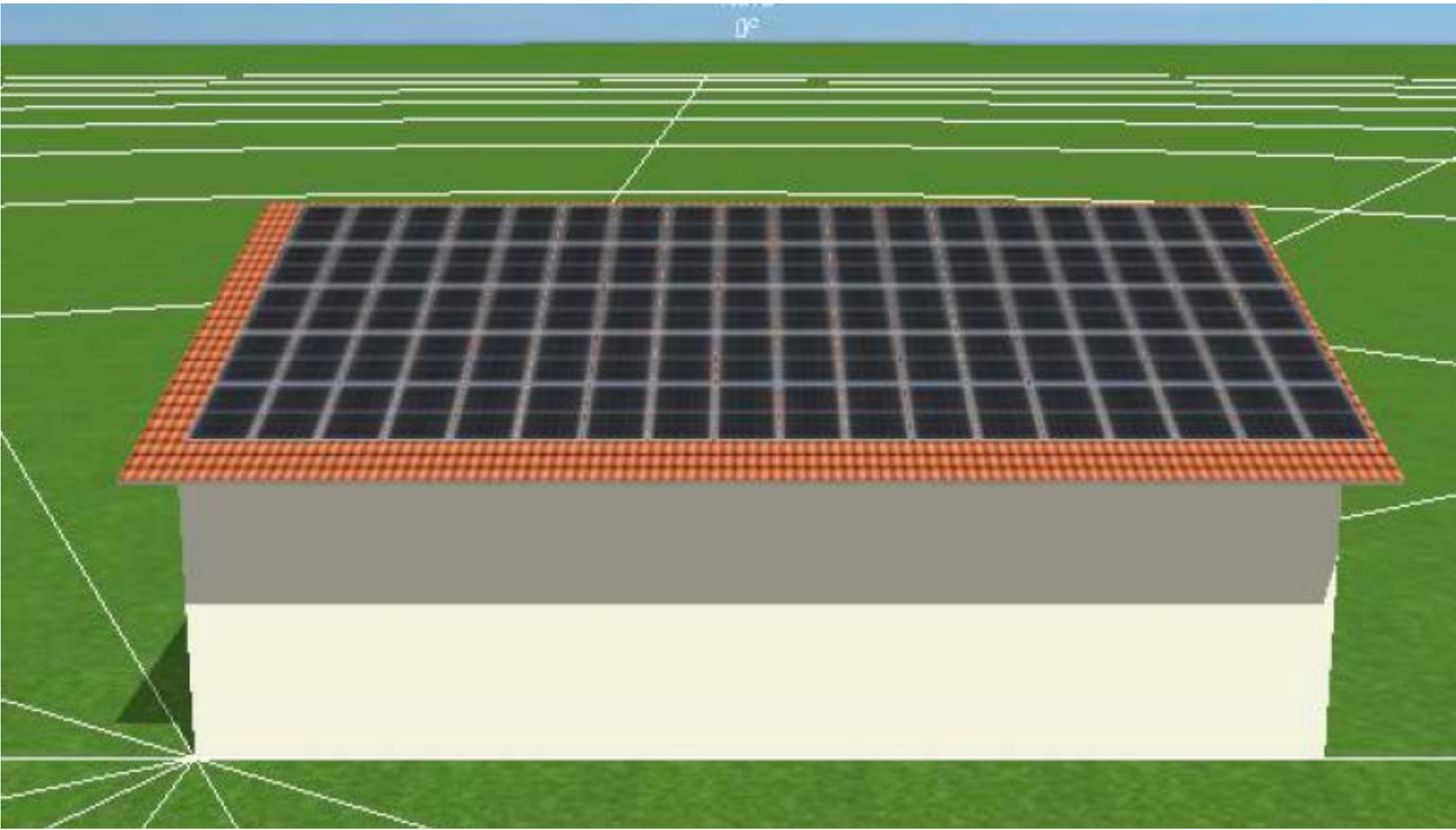
- **Der Cashflow steht im proportionalen Zusammenhang mit der Einspeisevergütung.**
- **Die Amortisation sinkt umgekehrt proportional.**



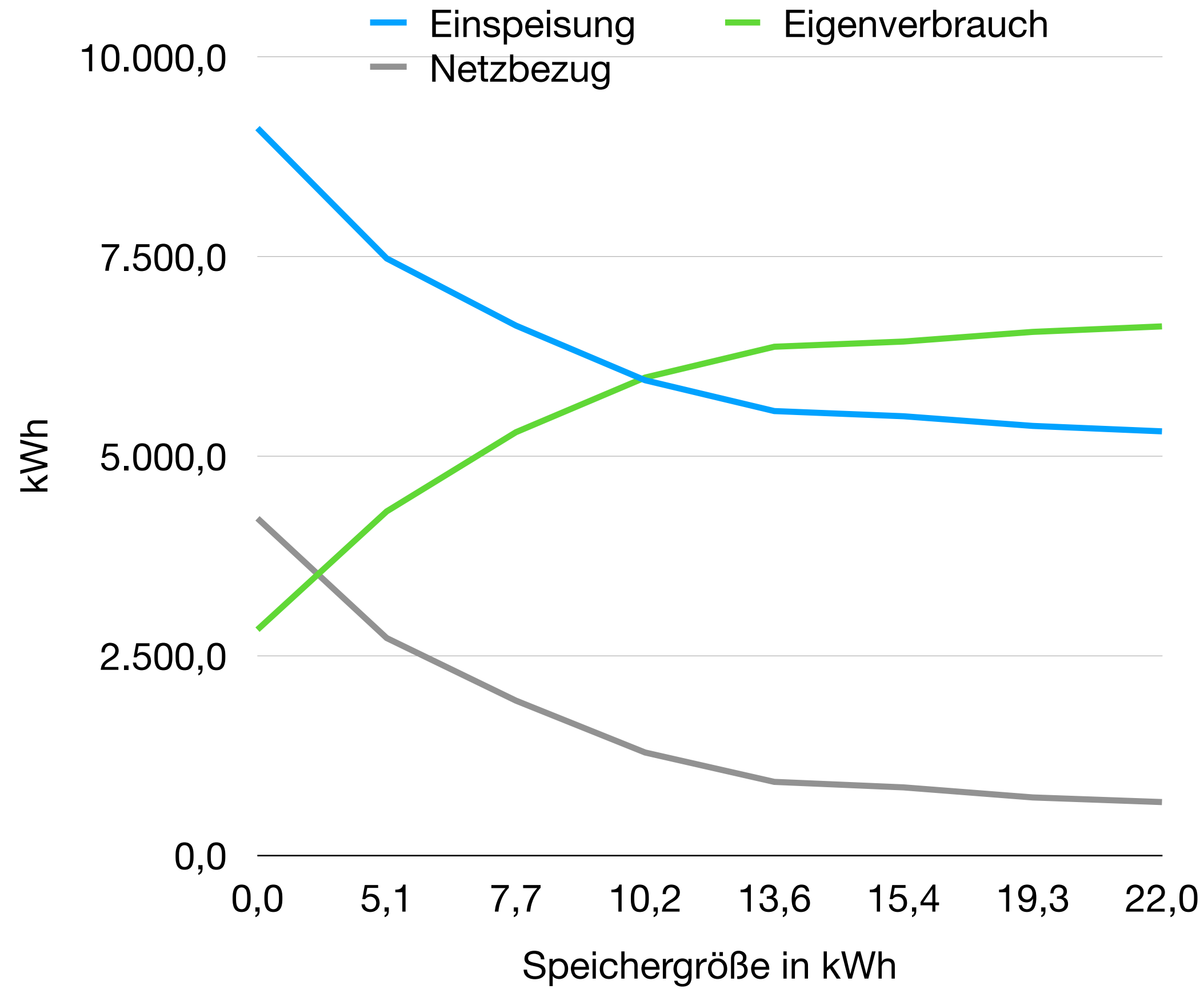
Faktor Größe des PV-Speicher

Beispiel: Haus mit 10kWp

Verbrauch	10.000 kWh
AP	0,45 €
GP	80 €
Preissteigerung	5 % / Jahr



Faktor Größe PV-Speicher - Energiefluss



Es gilt (ideale Anlage):

- **Ertrag und Einspeisung verhalten sich umgekehrt proportional zur Größe zum PV-Speicher.**
- **Eigenverbrauch, Einspeisung und Netzbezug verlaufen asymptotisch.**

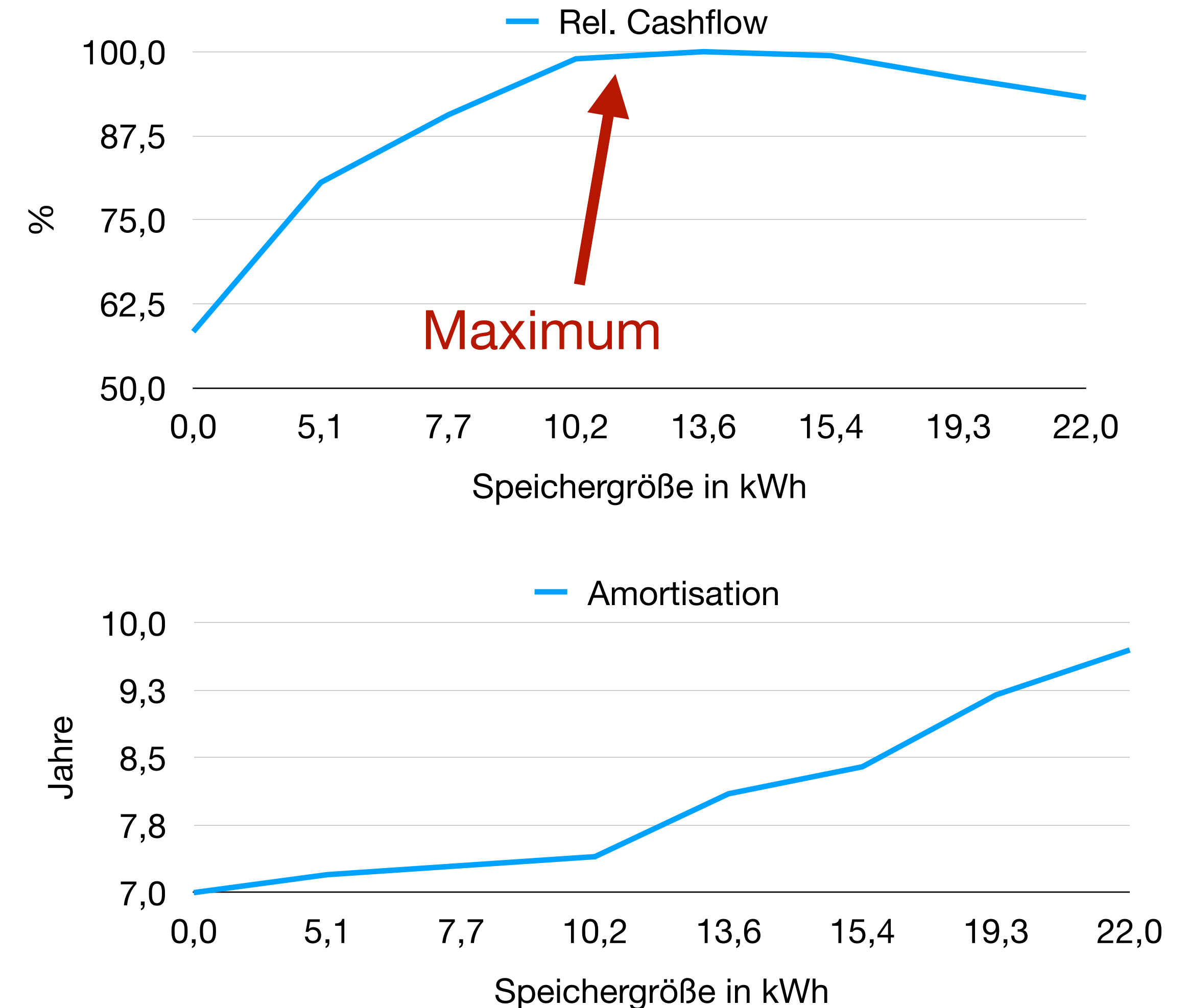
Faktor Größe PV-Speicher

Der PV-Speicher kann am Cashflow bewertet werden.

Es gilt:

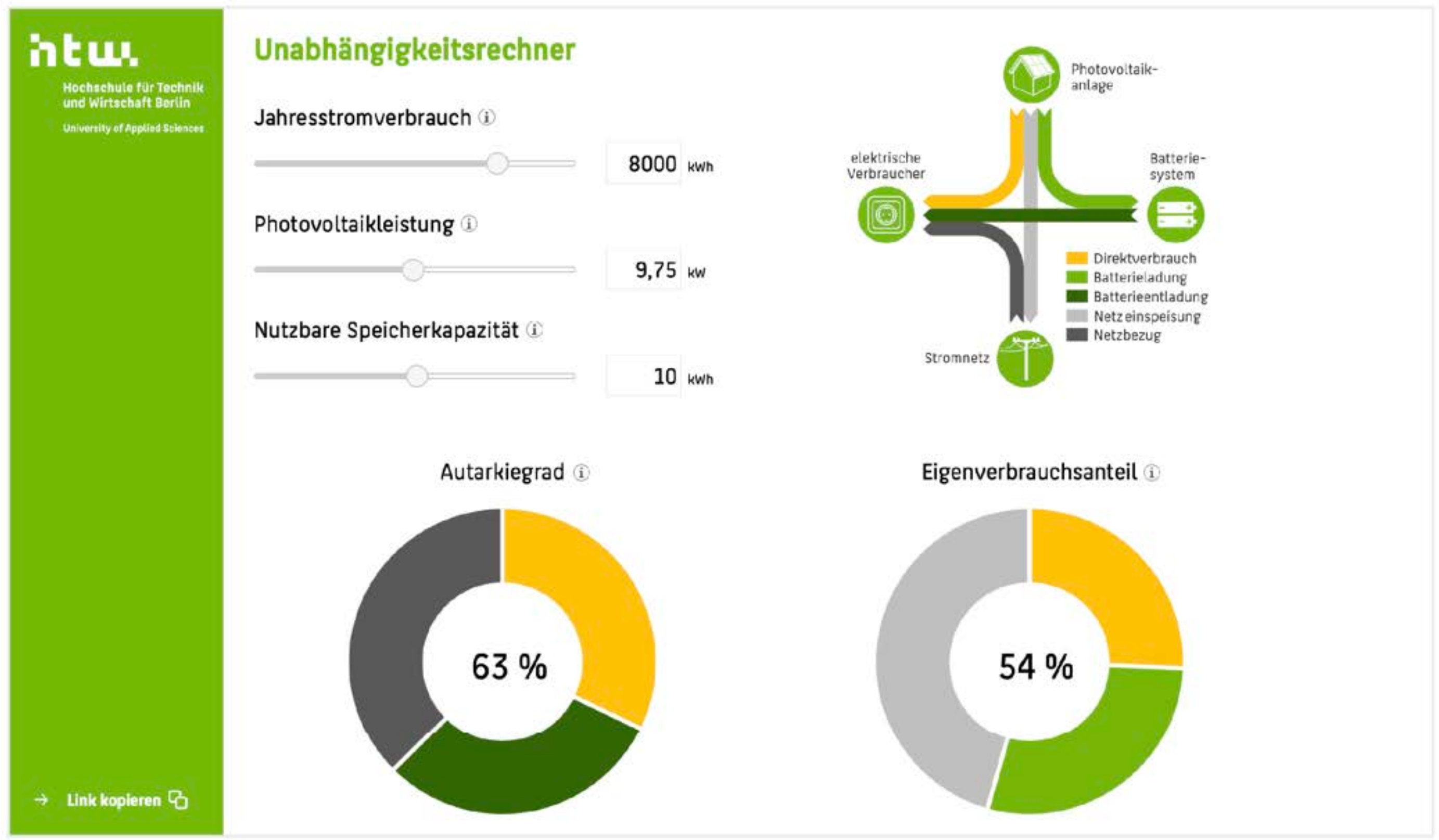
- **Der Cashflow bildet ein Maximum aus. Dies kann als Kriterium für die Speichergröße herangezogen werden.**
- **Die Amortisation sinkt linear.**
- **Hier ist das Maximum nahe der von der HTW empfohlenen Speichergröße:**

Verbrauch / 1000 in kWh



Tools

Autarkiegrad - Unabhängigkeitsrechner der HTW



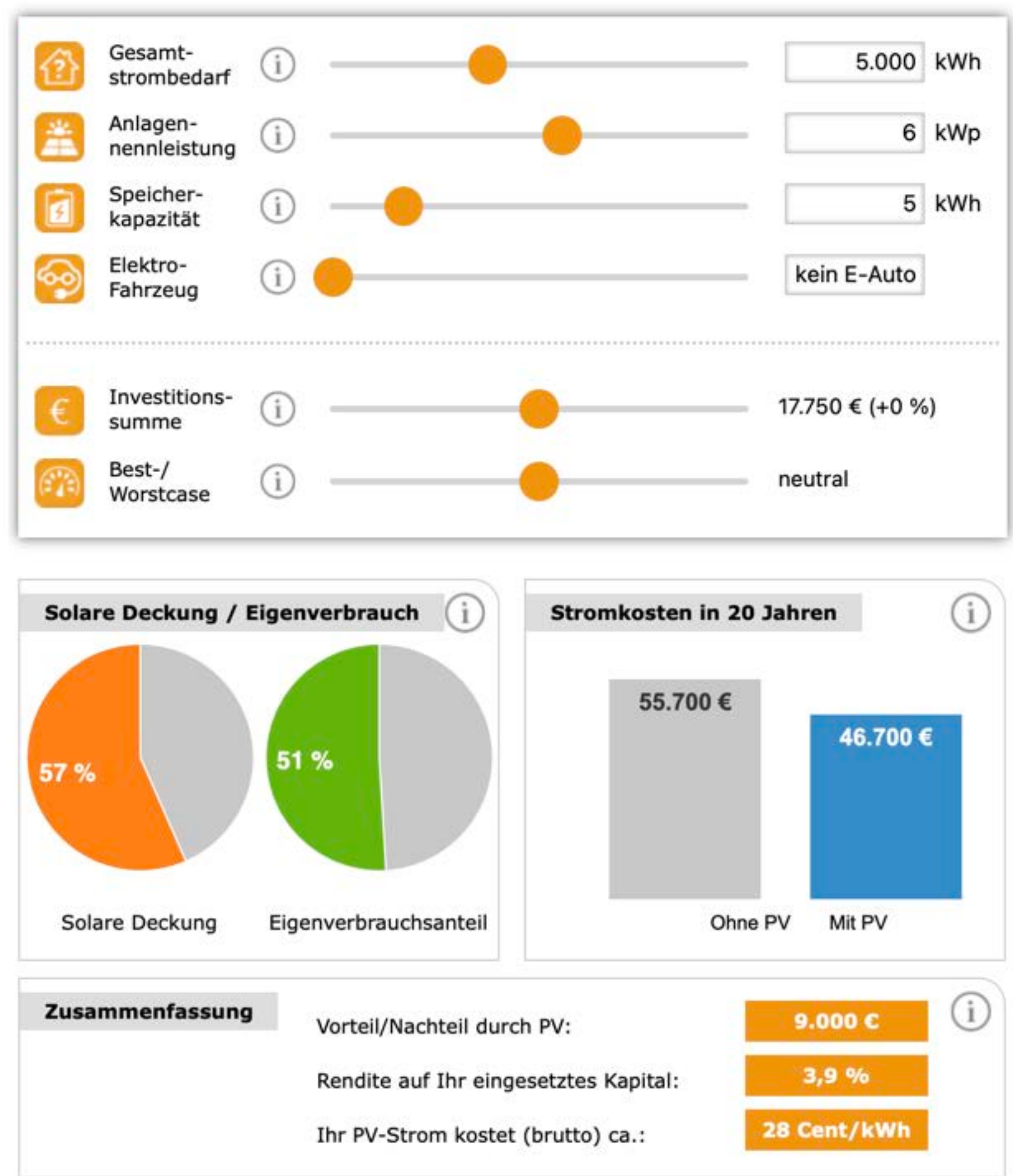
<https://solar.htw-berlin.de/rechner/unabhaengigkeitsrechner/>

pv@now der DGS Franken

Umfassendes web-basiertes Tool für die Berechnung von PV-Anlagen:

- Wirtschaftlichkeit
- Solare Deckung
- PV-Anlagen
- PV-Speicher
- Elektrofahrzeuge
- Mieterstromkalkulation

www.pv-now.de

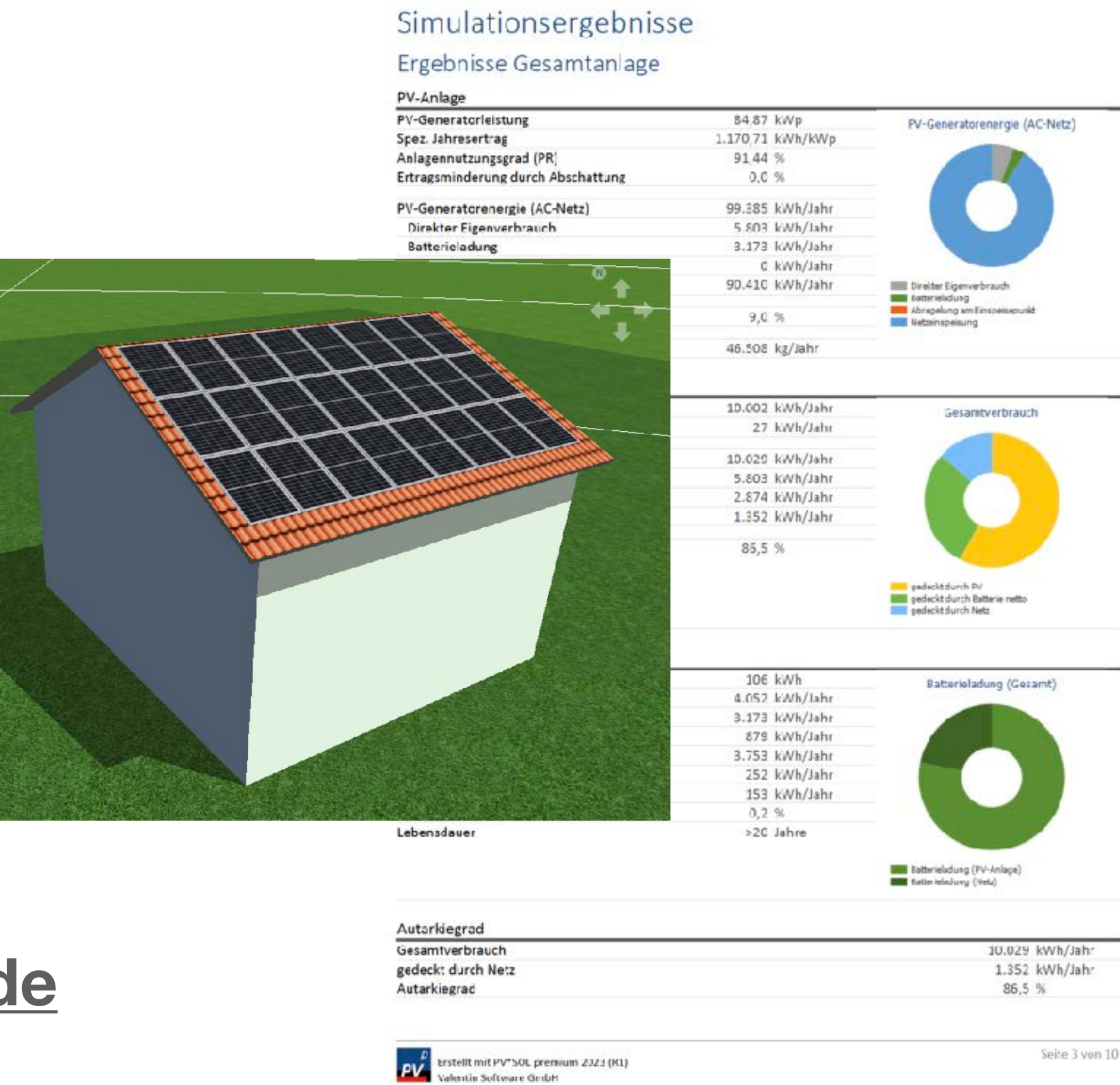


PV*SOL

Umfassende lokal zu installierende Software
(Windows-basiert)

- Konstruktion von Gebäuden, Freiflächen, ...
- Umfassenden Datenbank für PV-Komponenten
- Simulation
- Verschattungssimulation und -berechnung
- Umfassender Bericht zur Solaranlage
- Umfassender Bericht zur Wirtschaftlichkeit
- Elektrofahrzeuge

www.valentin-software.de



HOTTGENROTH (PV-Software-Pakete)

Umfassende lokal zu installierende Software
(Windows-basiert)

- Konstruktion von Gebäuden, ...
- Umfassenden Datenbank für PV-Komponenten
- Simulation
- Verschattungssimulation und -berechnung
- Umfassender Bericht zur Solaranlage
- Umfassender Bericht zur Wirtschaftlichkeit

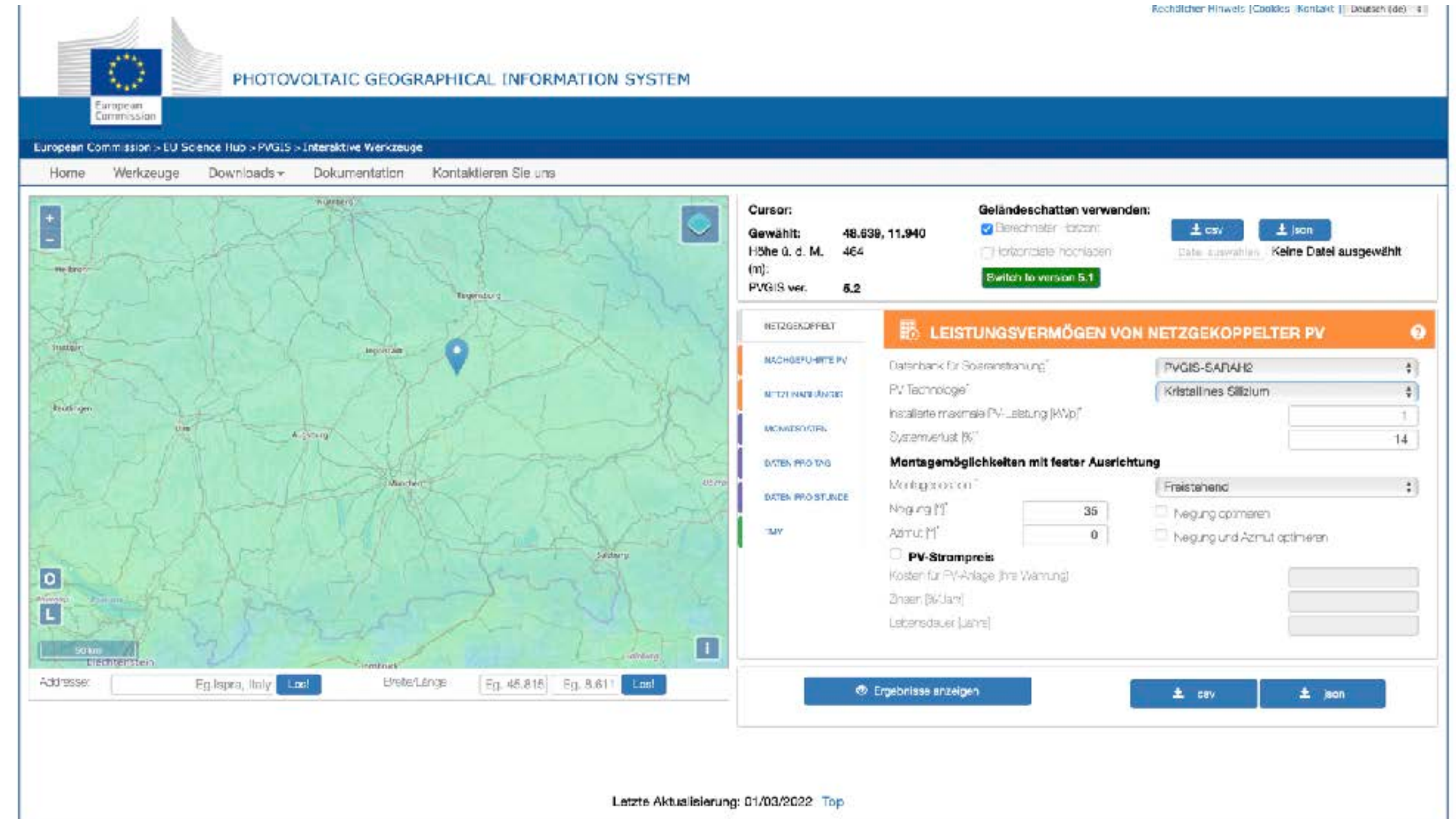
HOTTGENROTH PV



PV-Start-Paket 1	PV-Start-Paket 2
MESSEN & BERECHNEN ✓ Gebäudeaufmaß, Bemaßung und Modul-Auslegung (SimpleMeasure App) ✓ Schnelle und einfache PV-Ertragsberechnung oder detaillierte PV-Simulation mit Batteriespeicherbetrachtung (PV-Planer)	MESSEN, BERECHNEN & ABWICKELN ✓ Gebäudeaufmaß, Bemaßung und Modul-Auslegung (SimpleMeasure App) ✓ Schnelle und einfache PV-Ertragsberechnung oder detaillierte PV-Simulation mit Batteriespeicherbetrachtung (PV-Planer) ✓ Kundenverwaltung, Auftragsmanagement und Abwicklung (Kaufmann)

PVGis

- Die Europäische Kommission stellt das PVGIS für jeden kostenlos zur Verfügung.
- Berechnung einer PV-Anlage mittels geographischer Lage aus einer Datenbank



PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interaktive Werkzeuge

Home Werkzeuge Downloads Dokumentation Kontaktieren Sie uns

Cursor: Gewählt: 48.638, 11.940
Höhe ü. d. M.: 464
(m):
PVGIS ver.: 5.2

Geländeschatten verwenden:
☒ Berechneter -horizont-
☐ Horizontale hochladen
Datei auswählen Keine Datei ausgewählt
Switch to version 5.1

NETZGEKOPPELT

MACHSPELTER PV

NETZKOPPELT

ARCHIVIERUNG

SYSTEM PROTAG

SYSTEM PROTAG

SYSTEM

LEISTUNGSVERMÖGEN VON NETZGEKOPPELTER PV

Datenbank für Solarstrahlung: PVGIS-SARAH2

PV Technologie: Kristallines Silizium

Installierte maximale PV-Leistung (kWp): 1

Systemverlust (%): 14

Montagemöglichkeiten mit fester Ausrichtung

Montageart: Freistehend

Negung (°): 35

Azmut (°): 0

☐ PV-Strompreis

Kosten für PV-Anlage (pro Wp):

Zinsen (%/Jahr):

Lebensdauer (Jahre):

Ergebnisse anzeigen

csv

json

Letzte Aktualisierung: 01/03/2022 Top

PVGis



Quellenangaben

Quellen

- PV*Sol, Simulation von PV-Anlagen, Valentin Software
- Schulungsunterlagen zur TÜV Zertifizierung
„Photovoltaik (PV) Sachkunde“
DGS Franken, Björn Hemman, Michael Vogtmann
- Autarkie-Rechner der HTW Berlin
<https://solar.htw-berlin.de/rechner/unabhaengigkeitsrechner/>
- Planung und Wirtschaftlichkeit von Photovoltaik-Anlage
Verlag: Forum (www.forum-verlag.com)
- Jürgen K. Wittlinger
Photovoltaikanlagen im Steuerrecht
Verlag: Springer Gabler
- Stromspeicherinspektion 2021
PDF der HTW Berlin, <https://solar.htw-berlin.de/studien/speicher-inspektion-2021/>
- Öffentliches Unternehmensregister und veröffentliche Bilanzen
www.unternehmensregister.de

Quellen

- Steuerberater Mücke auf YouTube:
 - <https://www.youtube.com/c/SteuerberaterStefanMücke>
 - Exceltabelle zur Berechnung des Umsatzsteuervorteils:
<http://pvtool-umsatzsteuer.mediabizz.biz/>

Rechtlicher Hinweis

Solarer Lebensstil ein Service der Inspira tu Corazon GmbH

- **ist nicht verantwortlich** für die rechtlichen korrekten **Inhalte anderer Unternehmen** oder **Privatpersonen** der verlinkten Medien wie Bücher, Webseiten oder Soziale Medien. Die verlinkten Inhalte sind sorgfältig ausgewählt und dienen einer Orientierung und Vertiefung zu den angesprochenen Inhalten.
- bietet ausgewählte Inhalte und ist stets bemüht den aktuellen Stand der Technik/Wissenschaft wiederzugeben.
- hält das **Copyright seiner Präsentationen**. Sollten Sie Teile kopieren und zum eignen Zweck verwenden wollen, ist dies mit unserer schriftlichen Genehmigung möglich.

Kontakt

Klaus-Peter Rosenthal
PV- und Mieterstromberater
Vorsitzender des DGS Landesverbandes Oberbayern e.V.

Tel. 0172 103 51 26
experte@solarerlebensstil.de

Solarer Lebensstil ist ein Service der
Inspira tu Corazón GmbH

Wallbergstr. 16a
82194 Gröbenzell

www.solarerlebensstil.de

