

Wirtschaftlichkeitsberechnung für PV-Anlagen

Klaus-
Peter
Rosenthal



Digital
unterschrieben
von Klaus-Peter
Rosenthal
Datum: 2024.02.20
13:56:44 +01'00'

Agenda

- Einflussfaktoren auf Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen
- Wirtschaftlichkeit technischer Anlagen
- Abschätzung zu den Kosten von PV-Anlagen
- Strompreis
- Statische Wirtschaftlichkeitsrechnung
- Dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung
- Tools
- Quellenangaben



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

Größen zur Wirtschaftlichkeit zu einer PV-Anlage

Energieproduktion von Solaranlagen

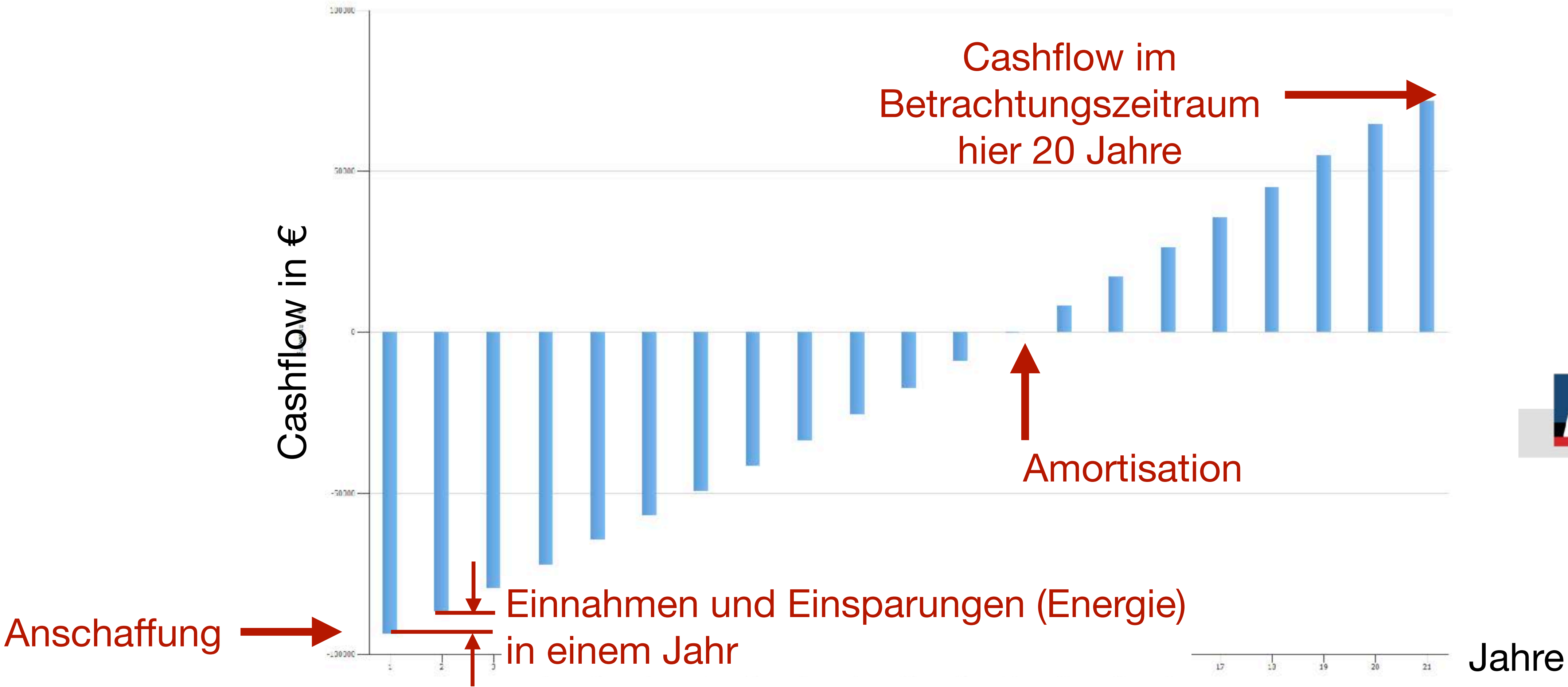


Einstrahlung für München (hochgerechnet aus meteorologischen Daten seit 1994)

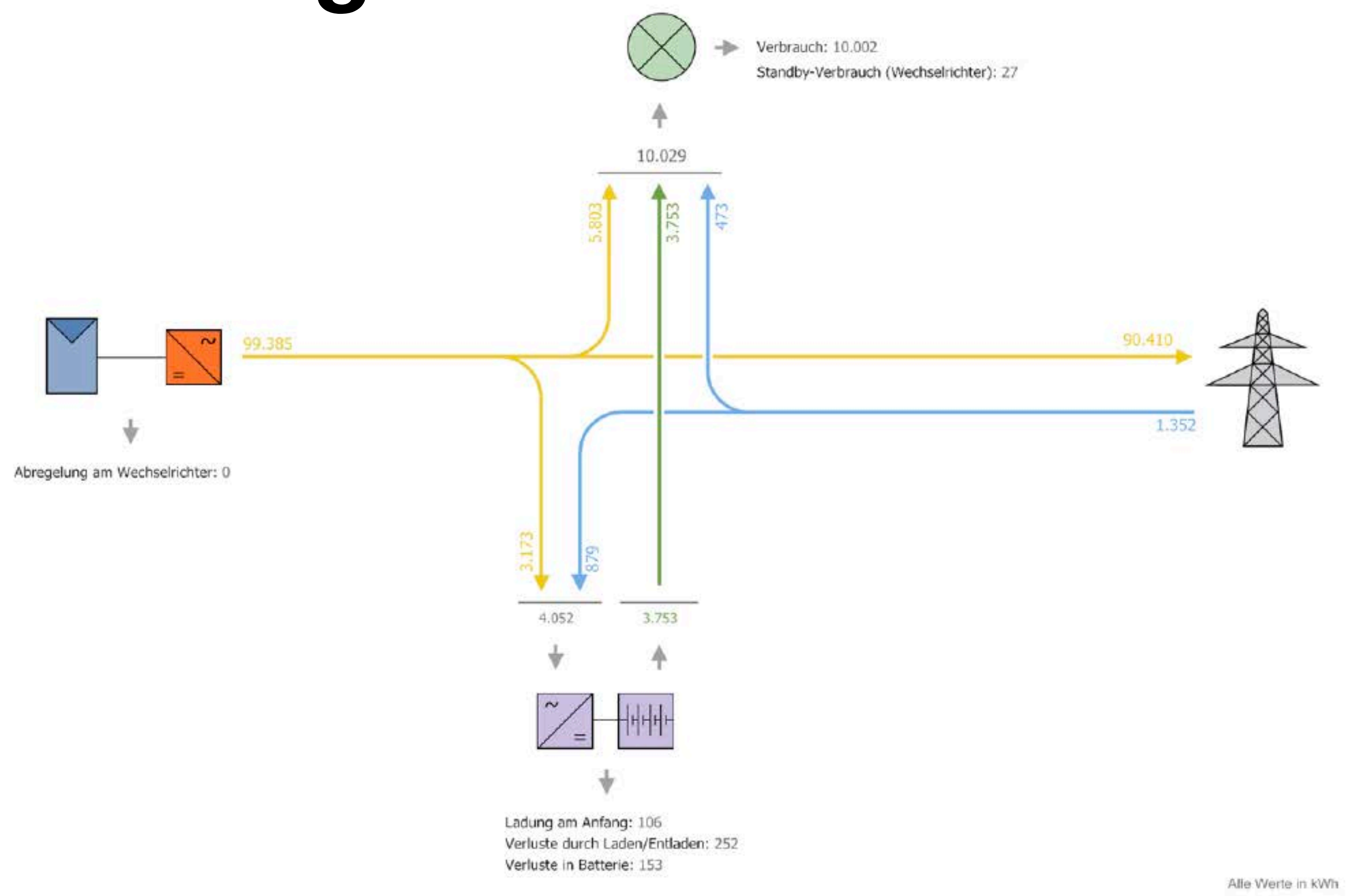
Die Einstrahlung der Sonne ist abhängig von:

- Jahreszeit
- Wetter

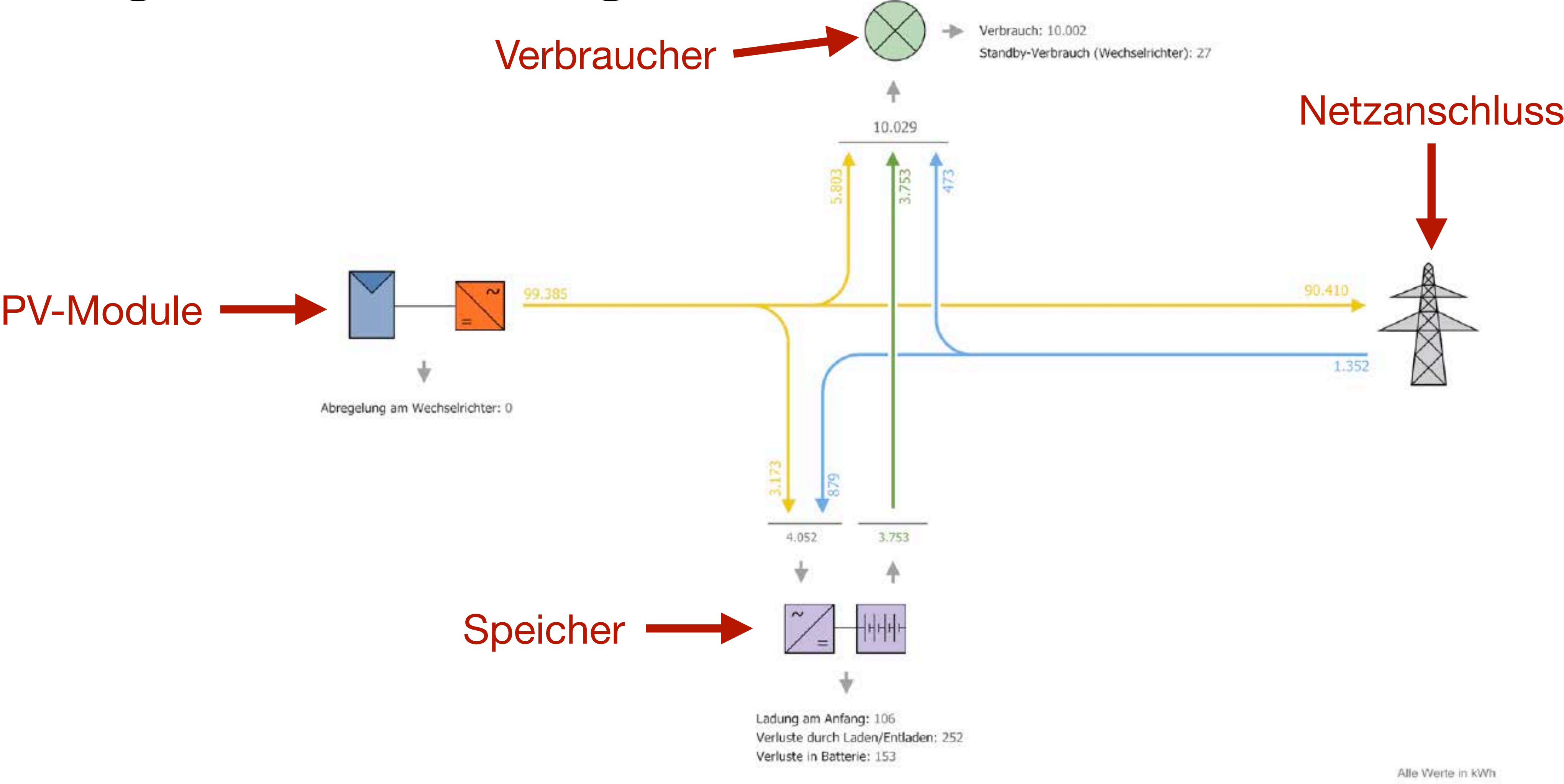
Cashflow



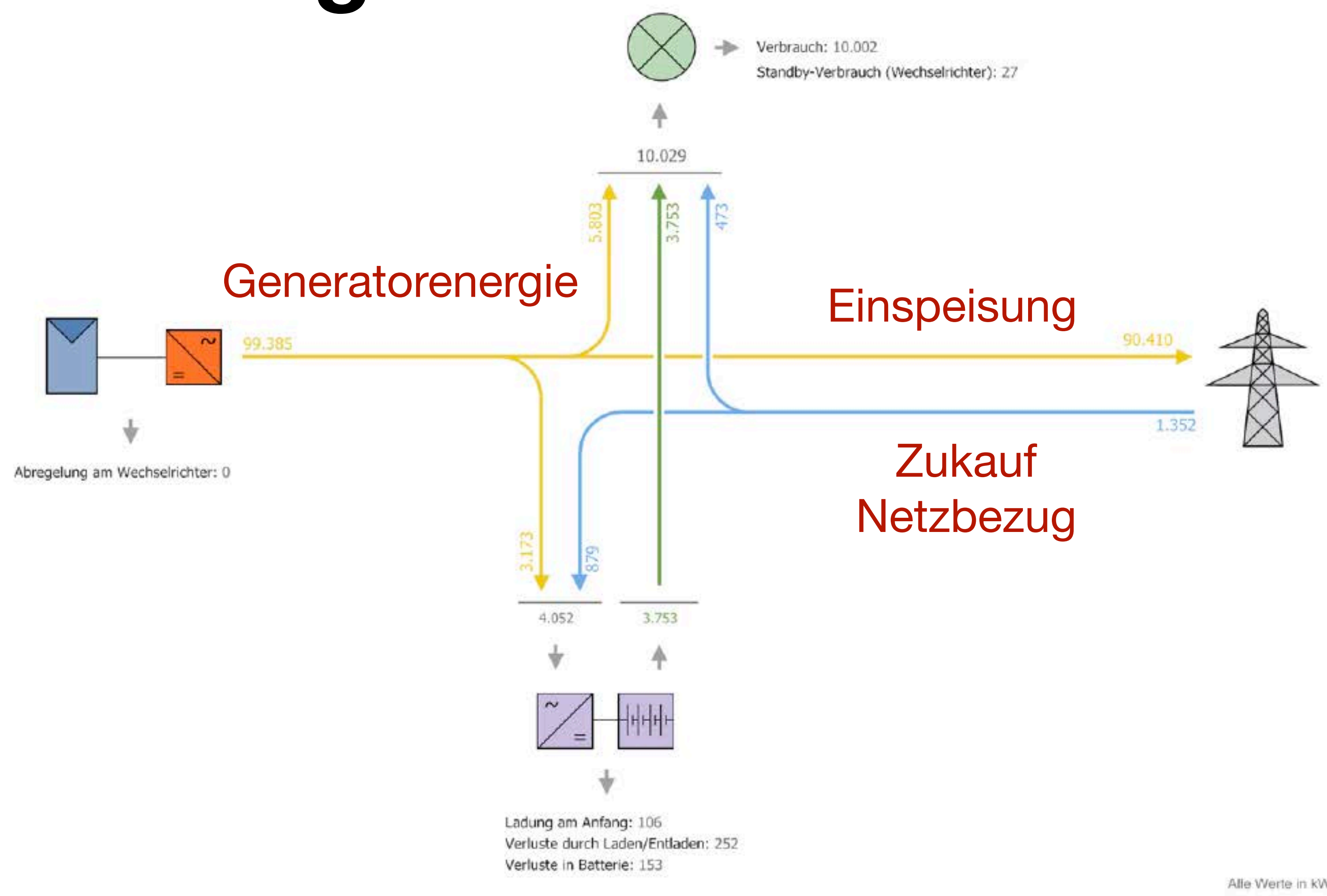
Energiefluss-Diagramm



Energiefluss-Diagramm

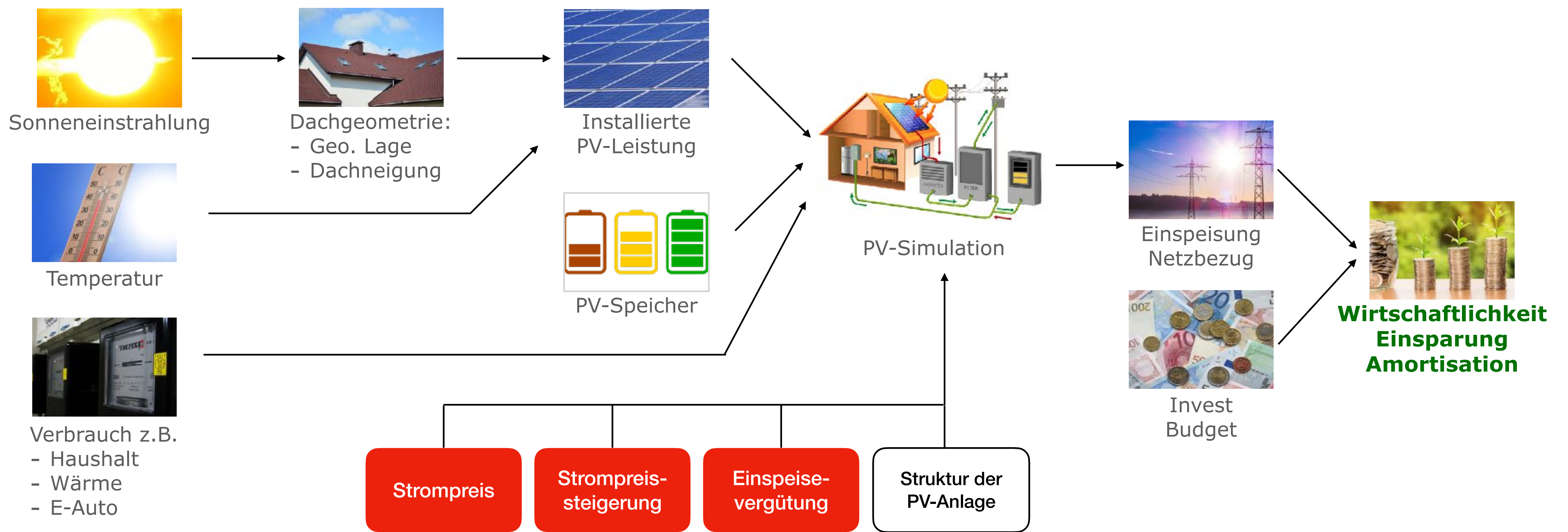


Energiefluss-Diagramm



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

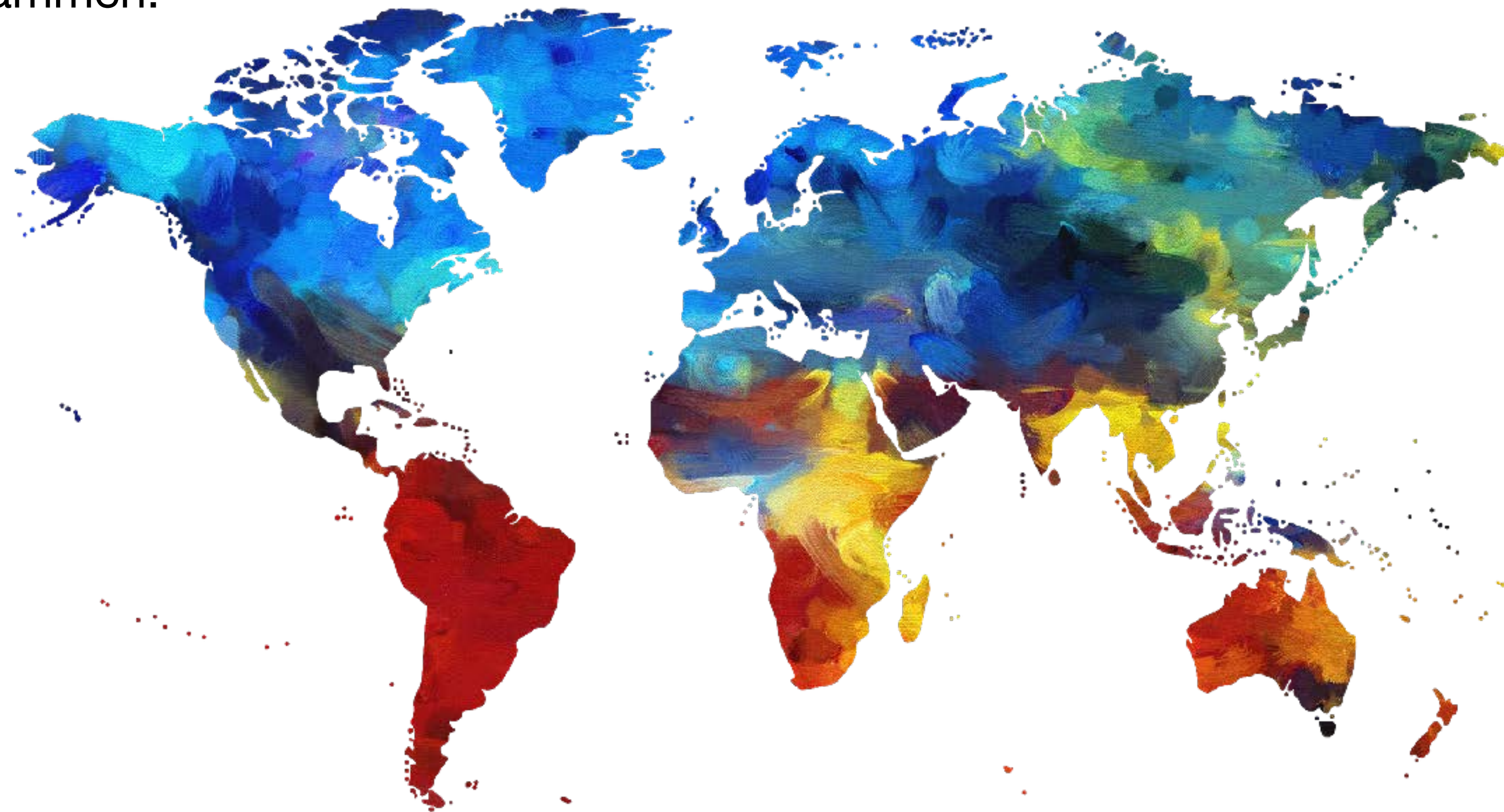


Quelle: <https://pixabay.com/de/photos/solaranlage-dach-stromerzeugung-2939560/>

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)

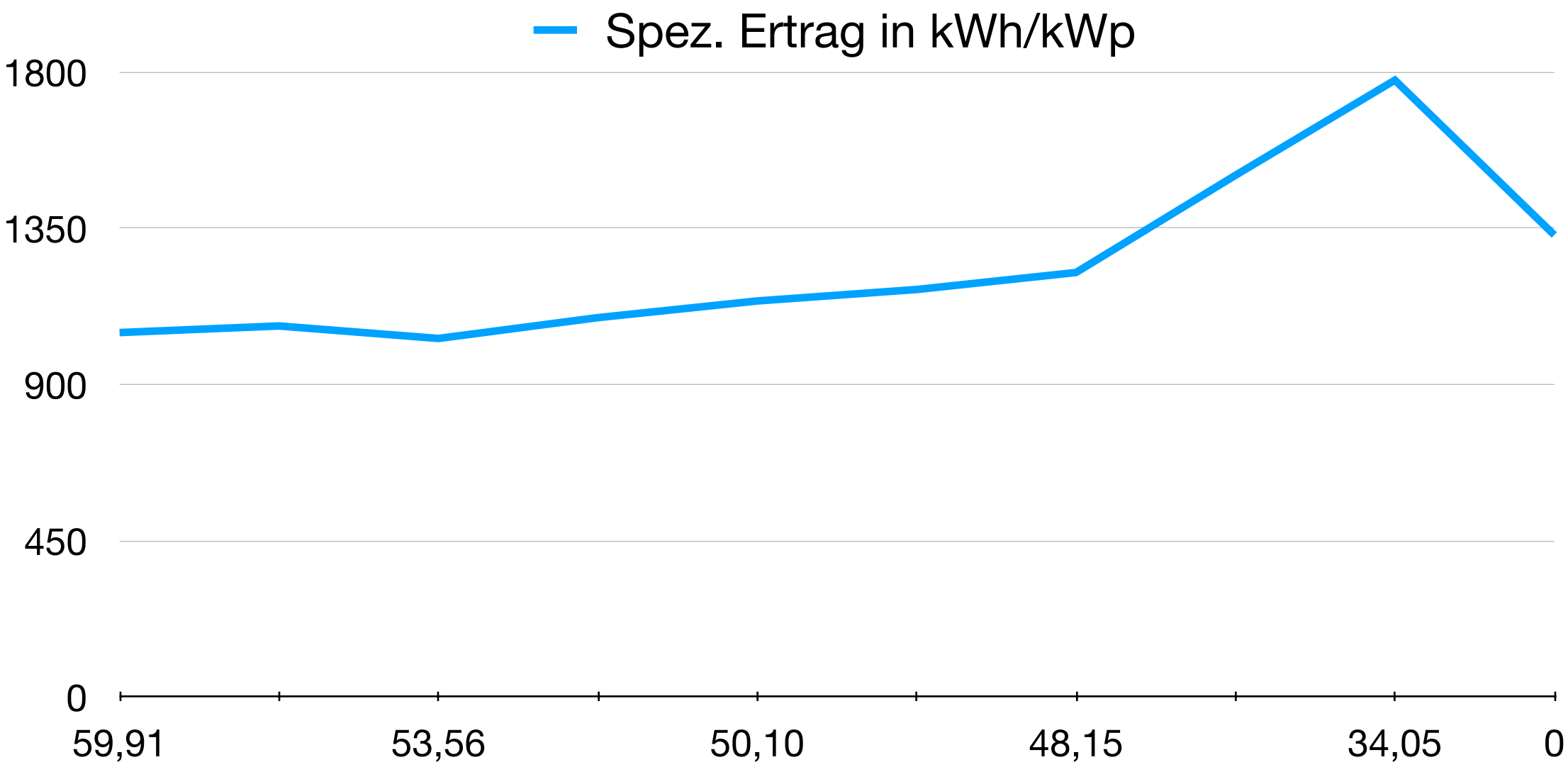


<https://pixabay.com/de/illustrations/karte-welt-malen-bunt-weltkarte-1974699/>

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!

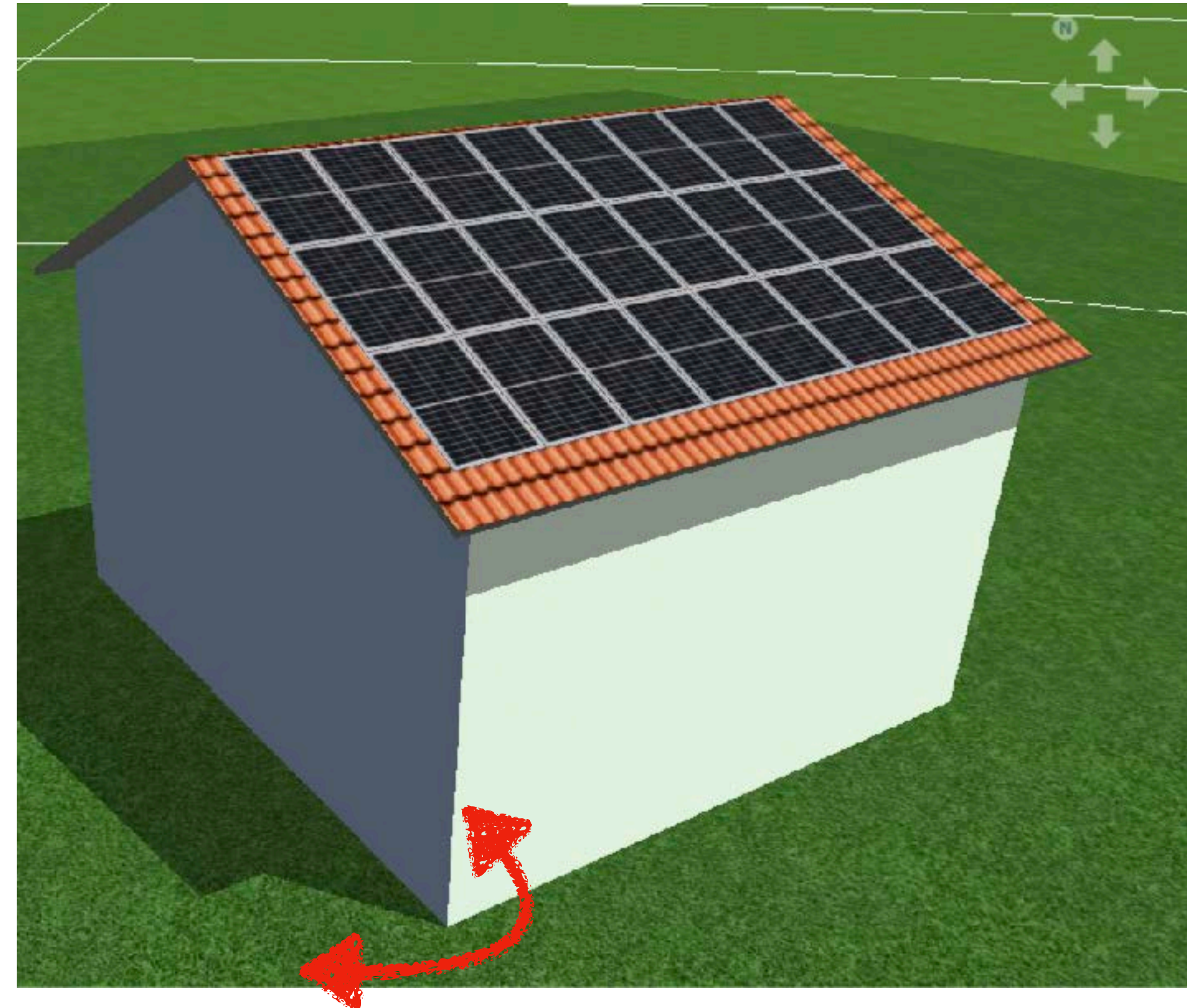
Das Klima nimmt maßgeblichen Einfluss!

Faktor Ausrichtung

Die Ausrichtung ist gegeben durch die Geometrie des Gebäudes.

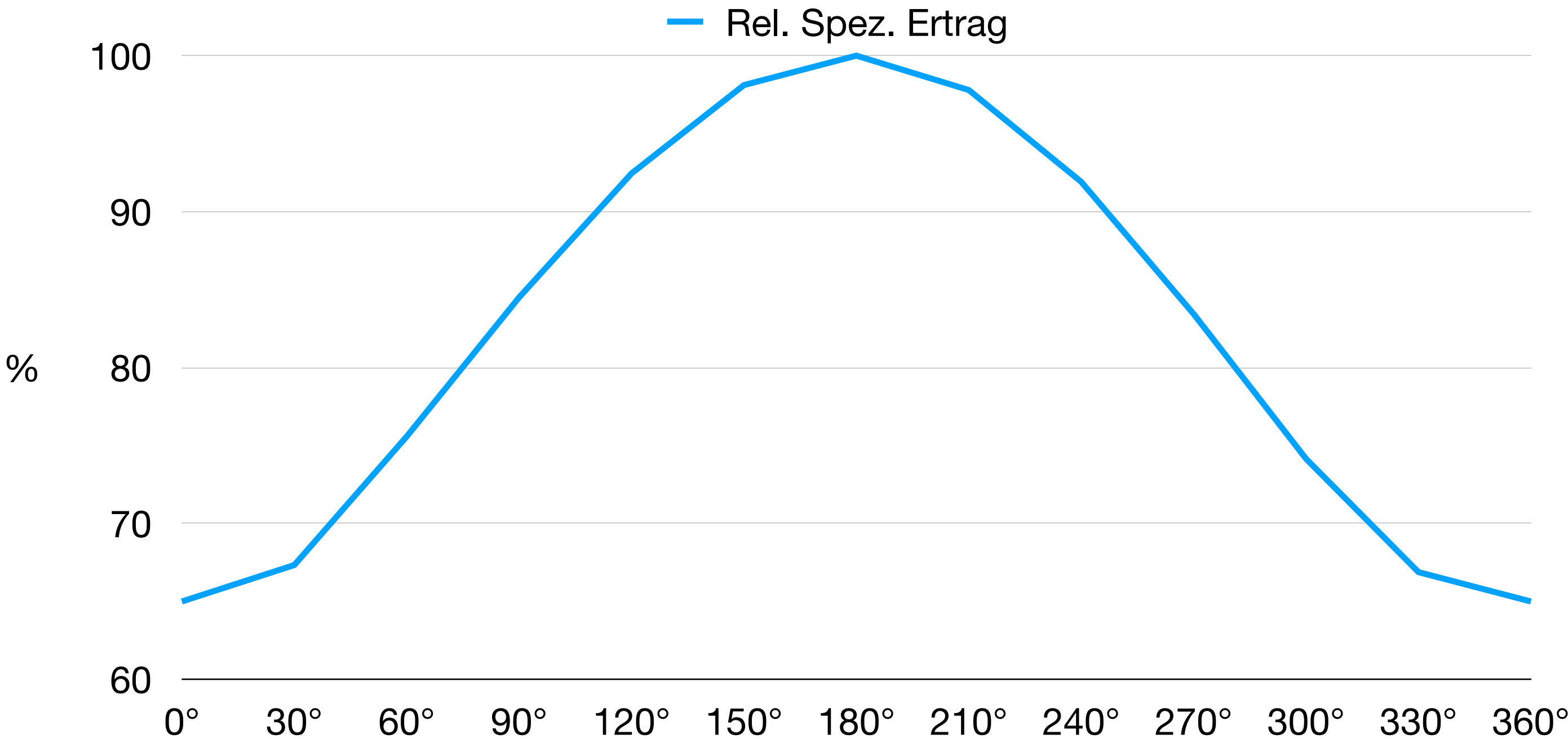
Die Ausrichtung eines Schrägdaches lässt wenig Spielraum für die Optimierung.

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.

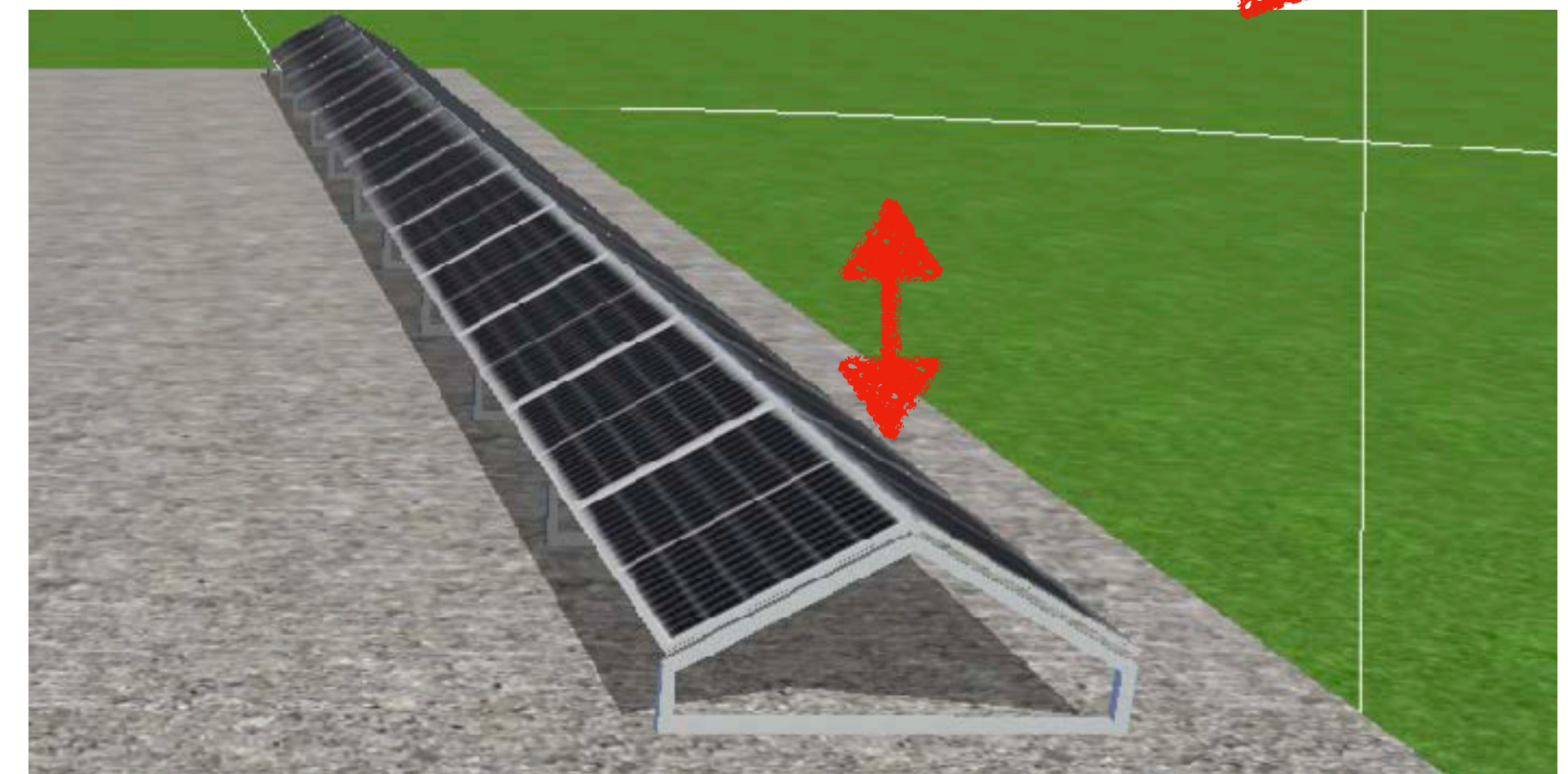
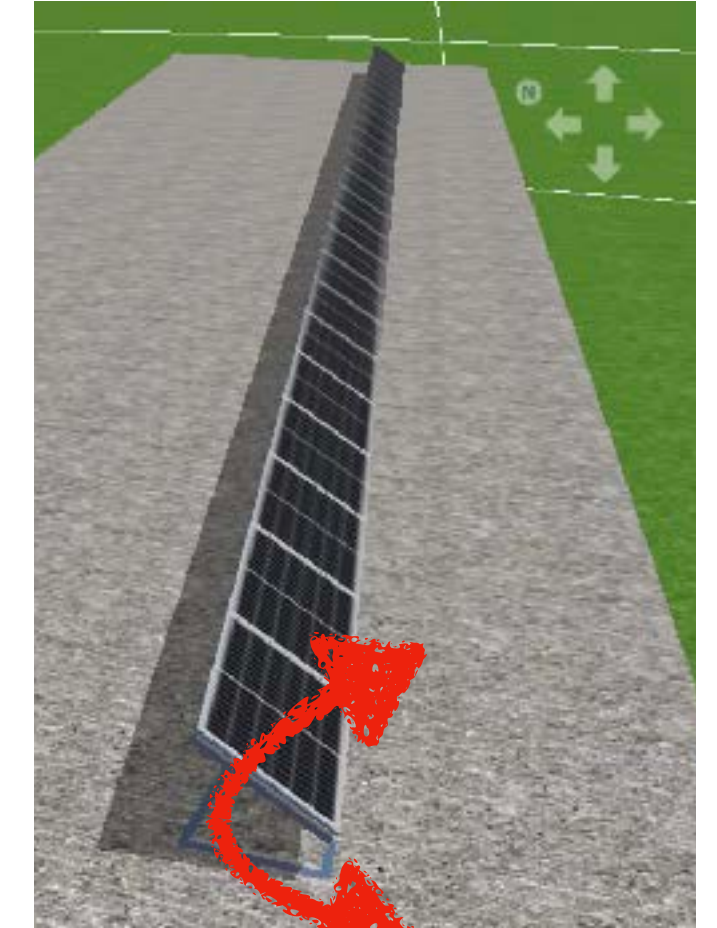
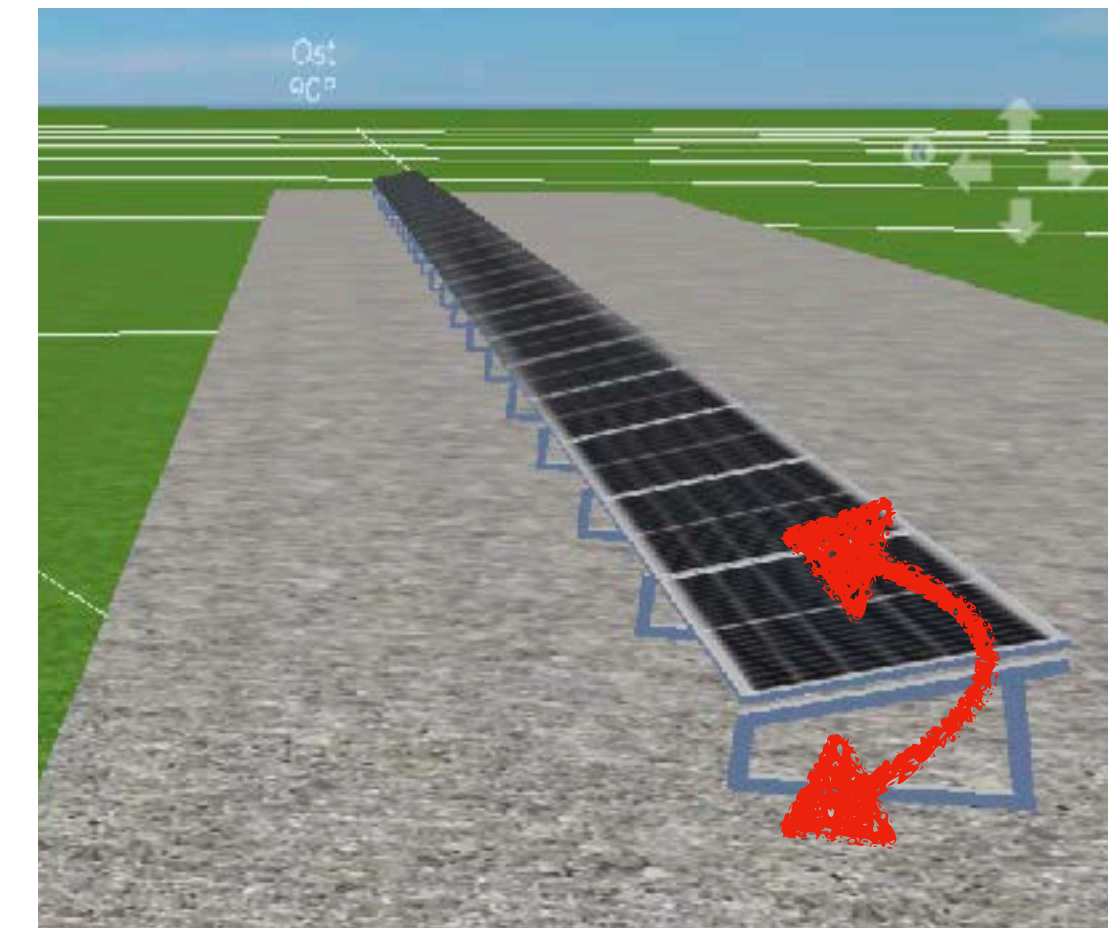
*Spez. Ertrag am Beispiel für München

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.

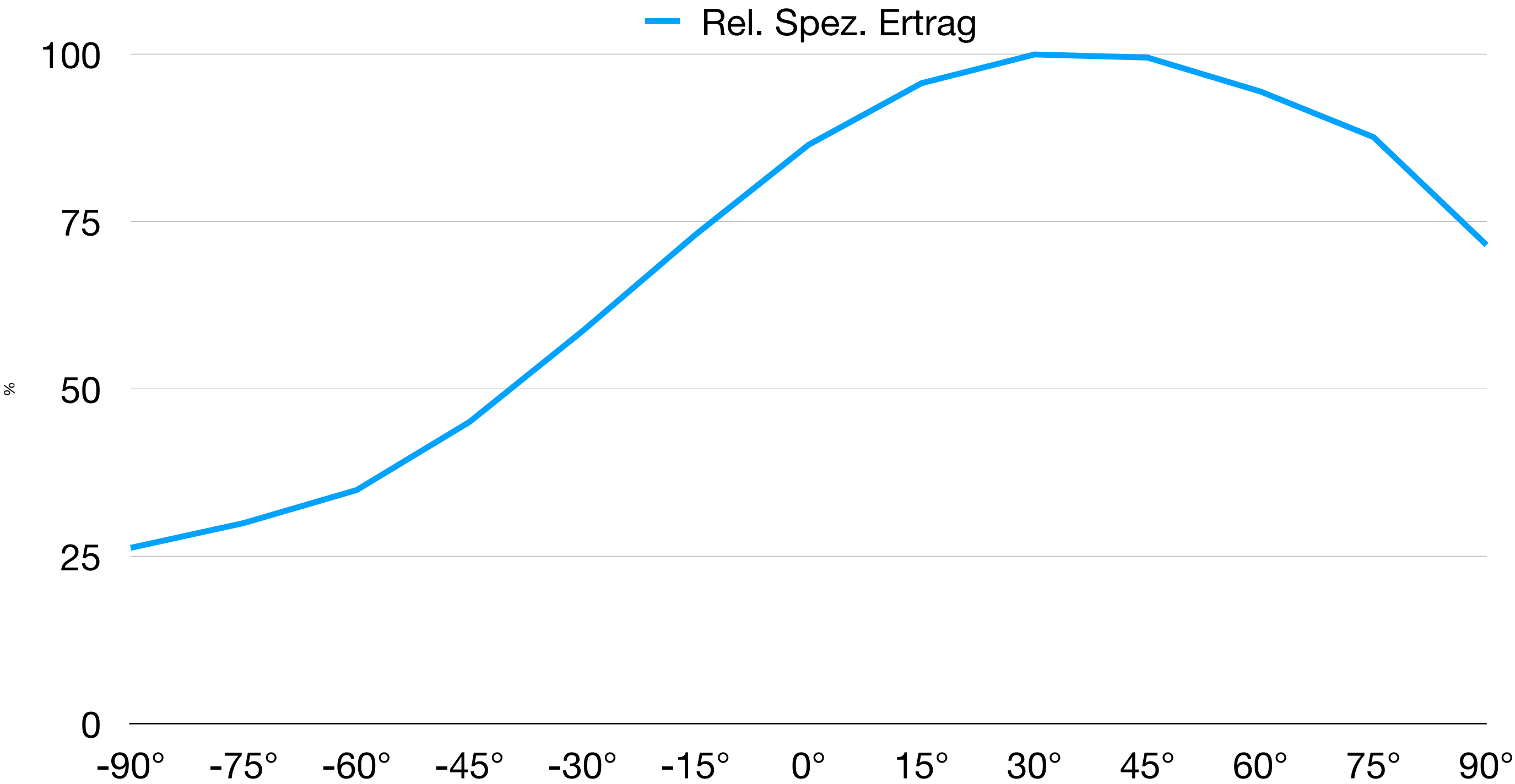
Aufständerungssysteme in gemeinsamer Ost-/Westausrichtung verbinden die Vorteile von einzeln aufgeständerten Systemen.



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



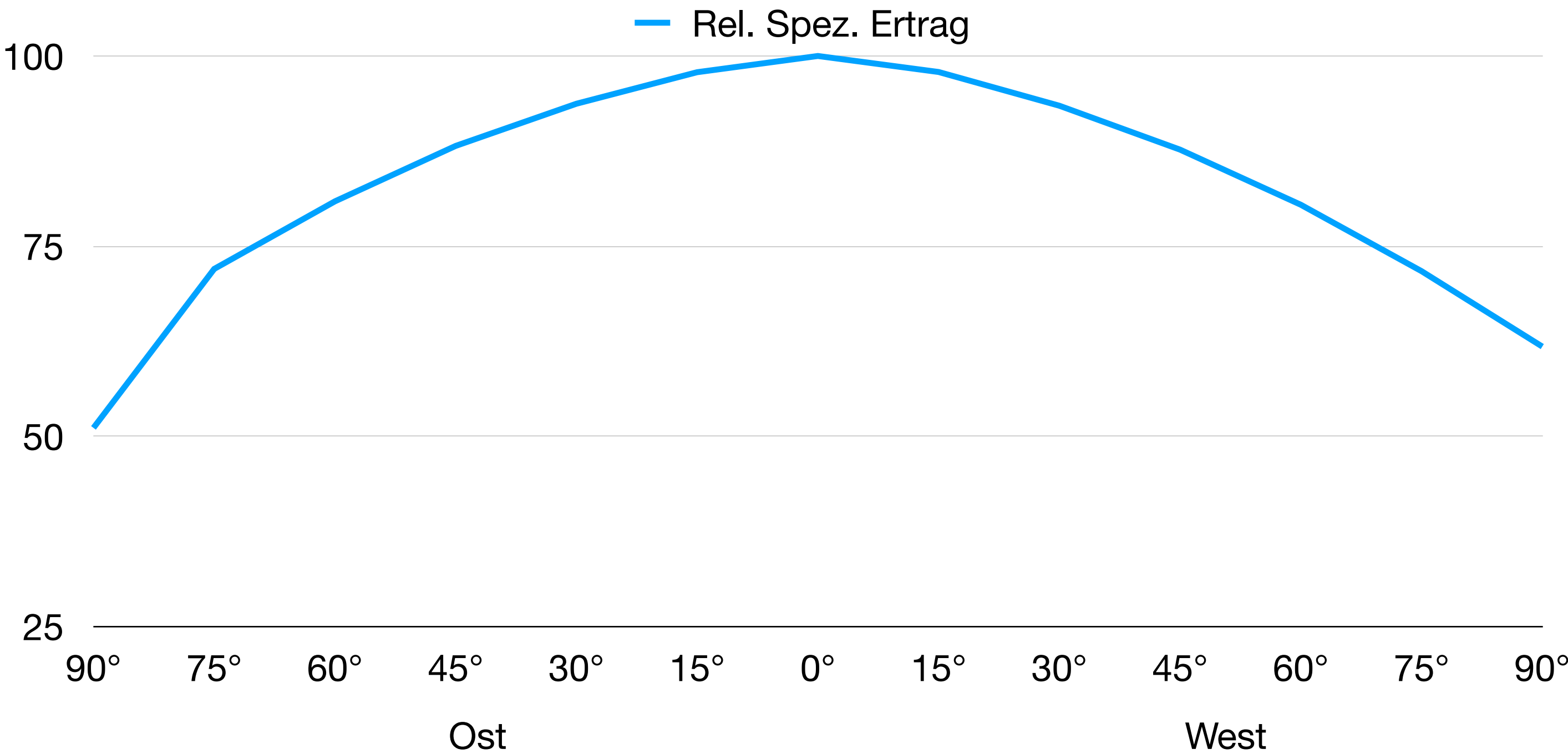
Gemäß dem maximalen Sonnenstand für den Ort ergibt sich der maximale Ertrag.
(für München 30-45°)

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

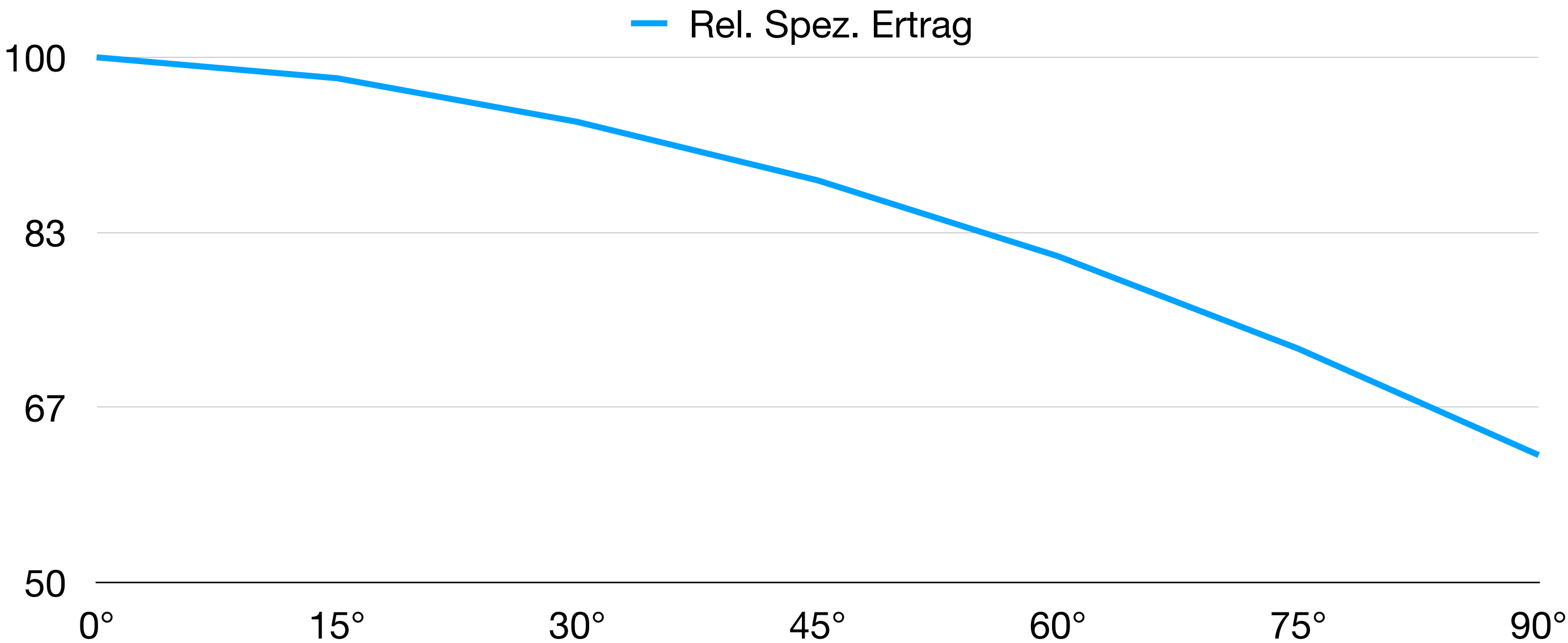


Das liegende PV-Modul ergibt den maximalen Ertrag. In der Praxis werden Module mit 15° bis max. 30° aufgeständert.

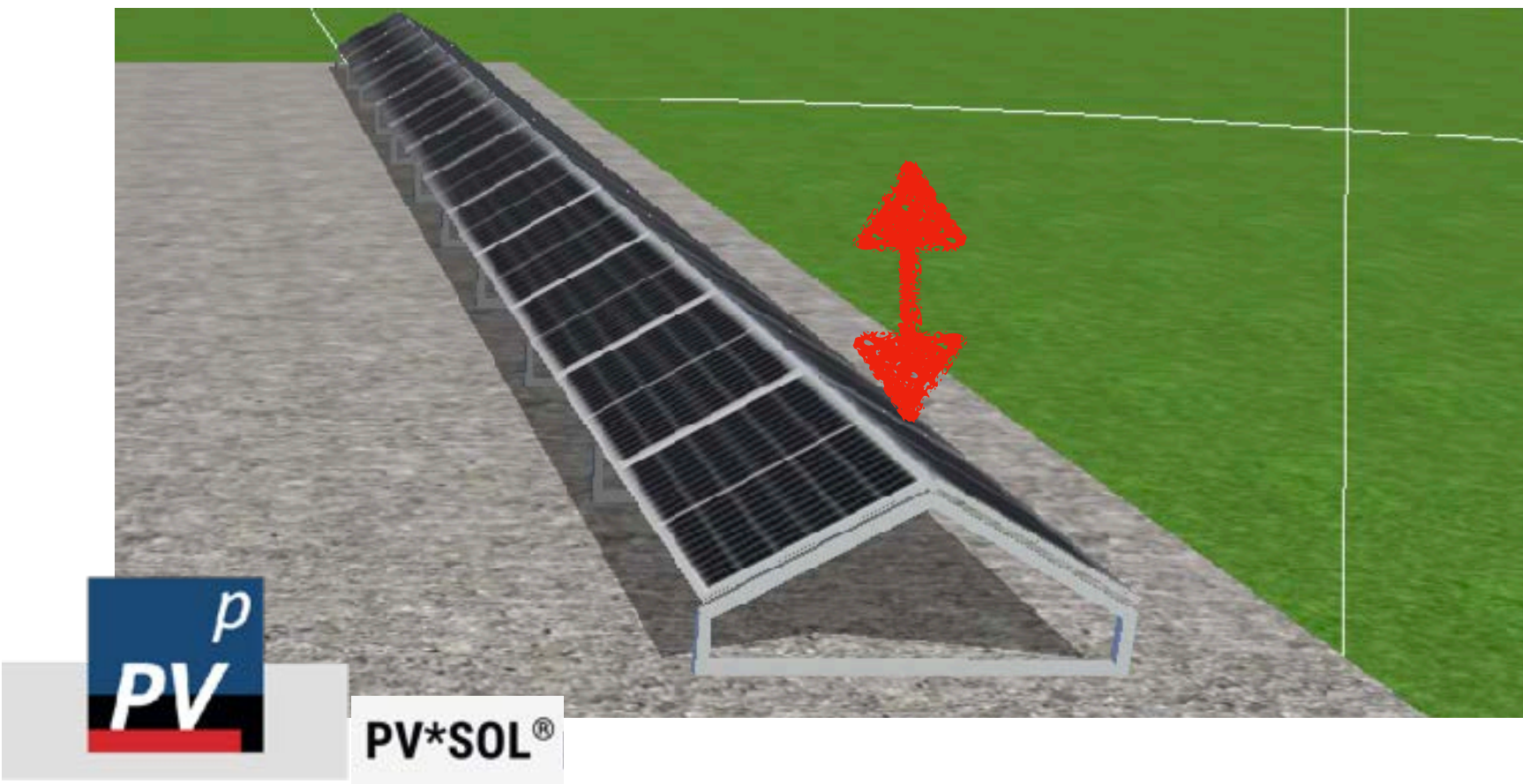
Faktor Neigung - Ost-West-Ständer

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

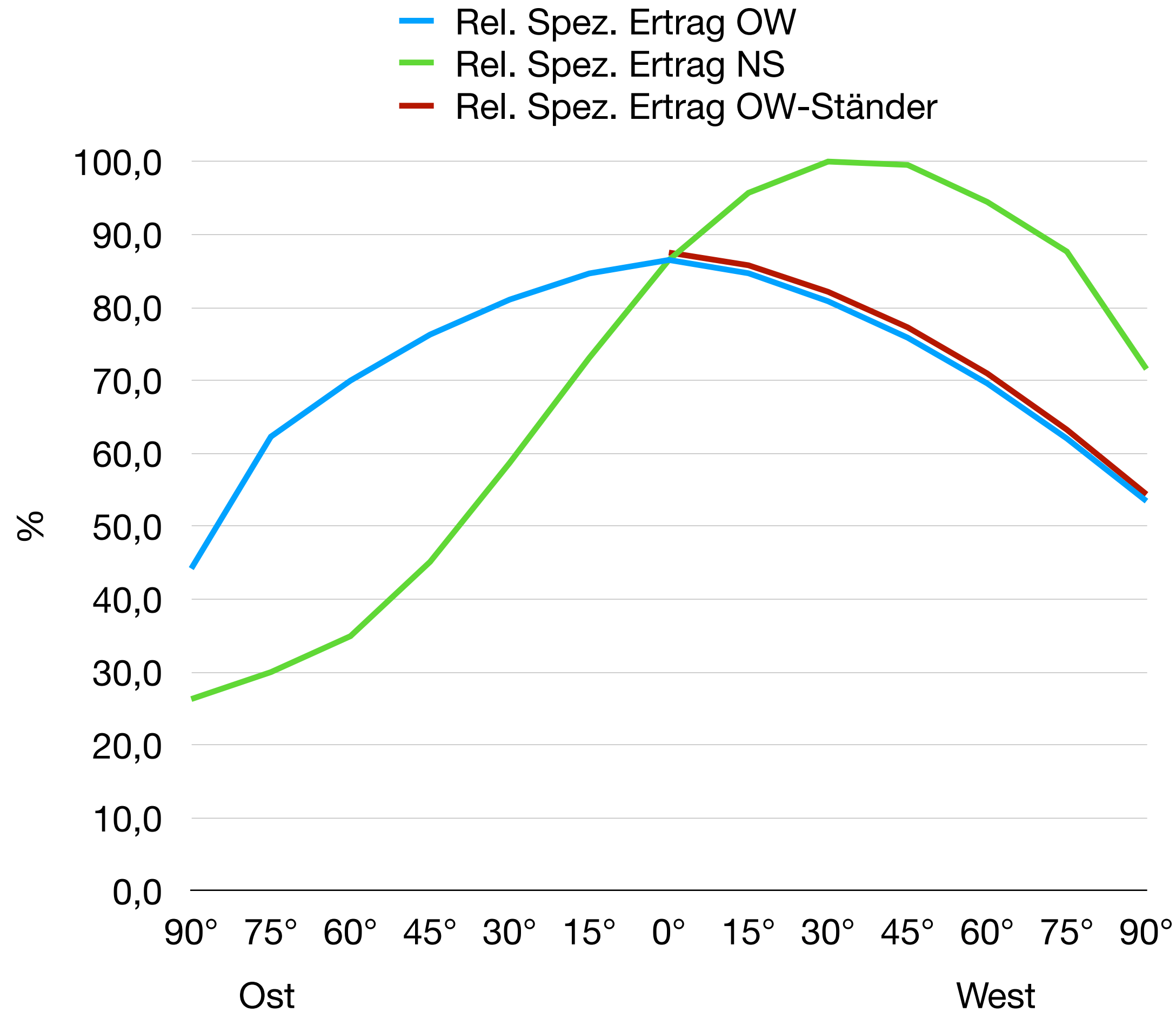
*Spez. Ertrag am Beispiel für München



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



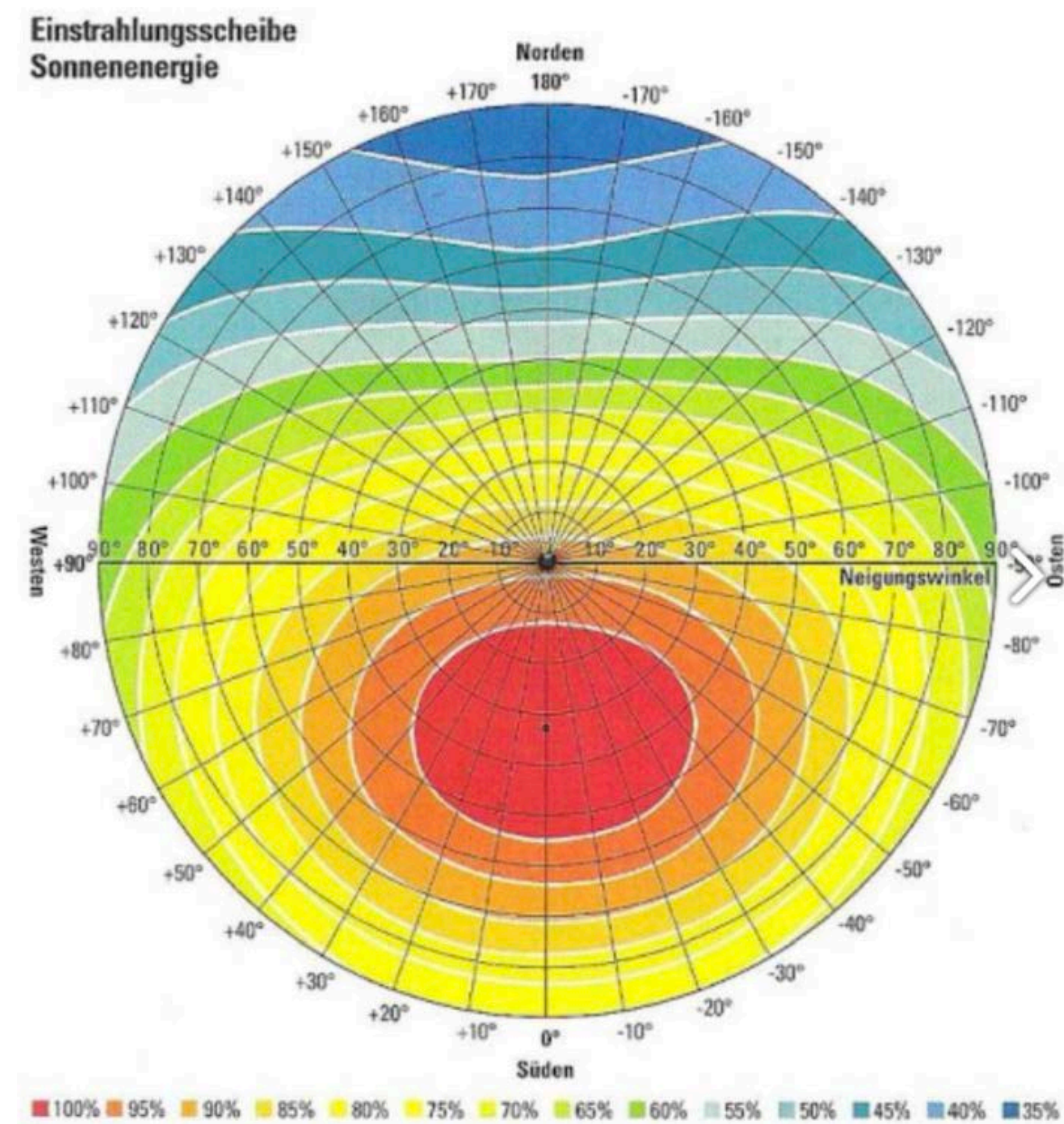
Faktor Neigung - Vergleich



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>

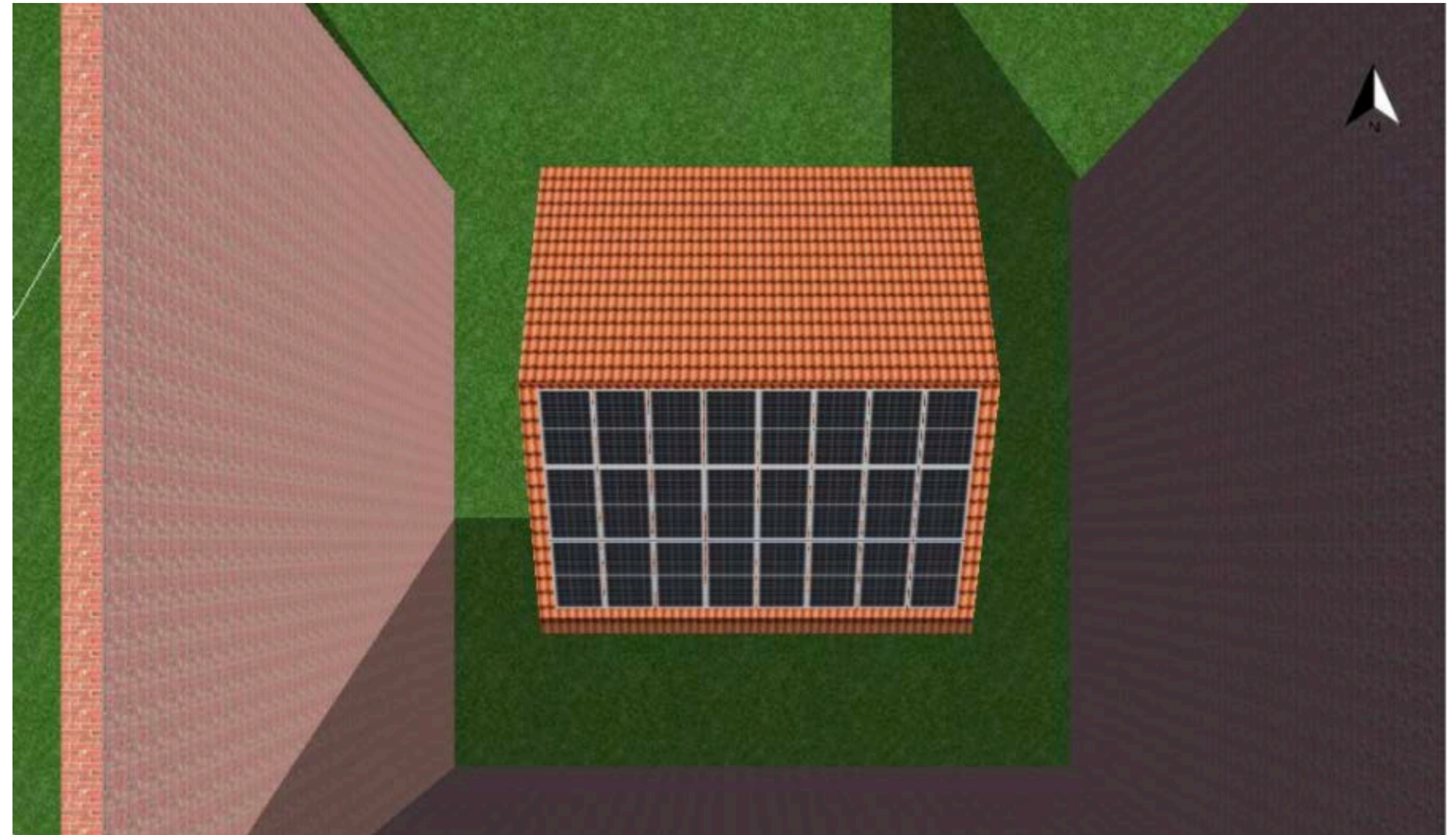
Faktor Verschattung

Die Verschattung ist schwer einzuschätzen.

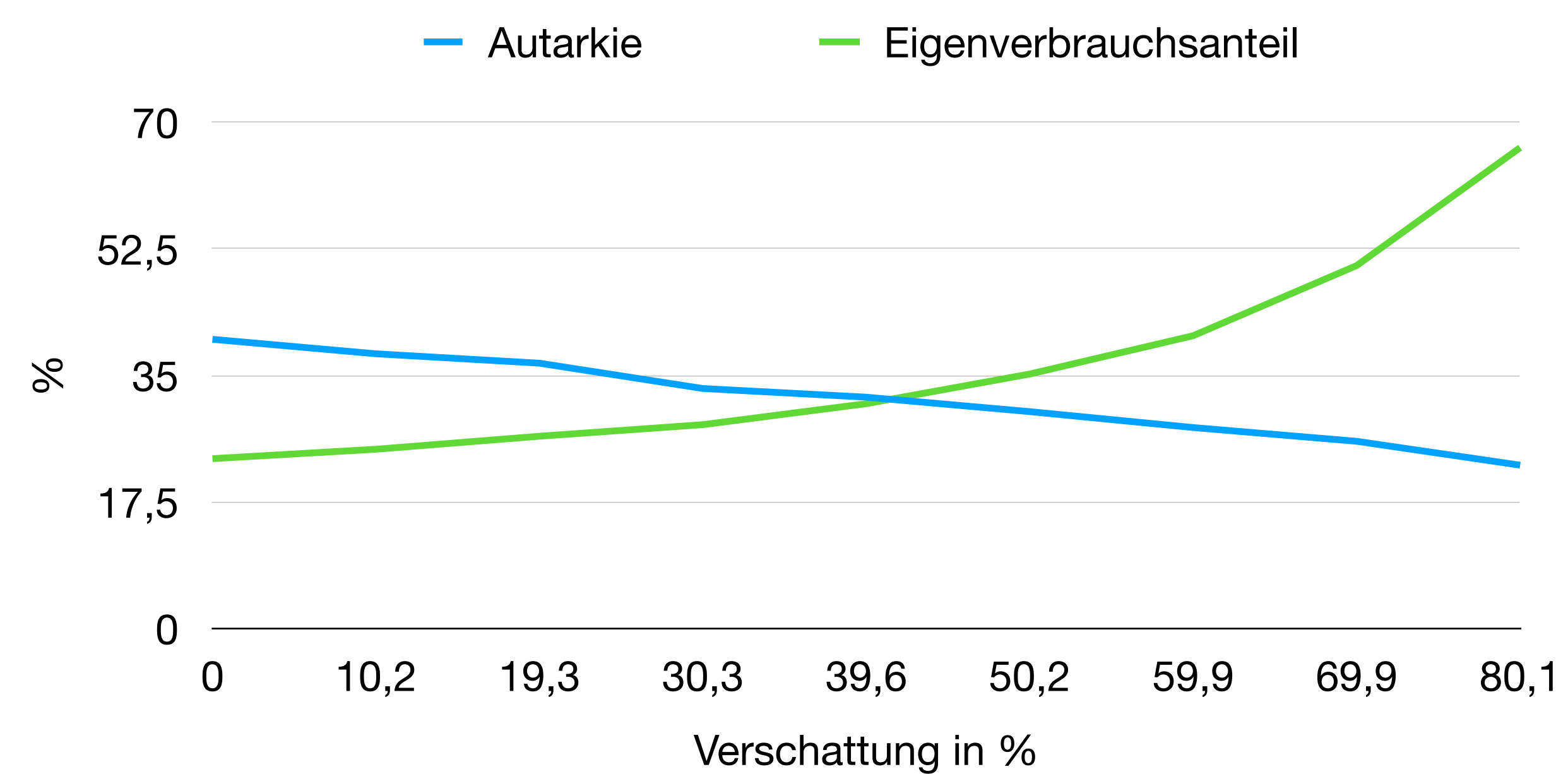
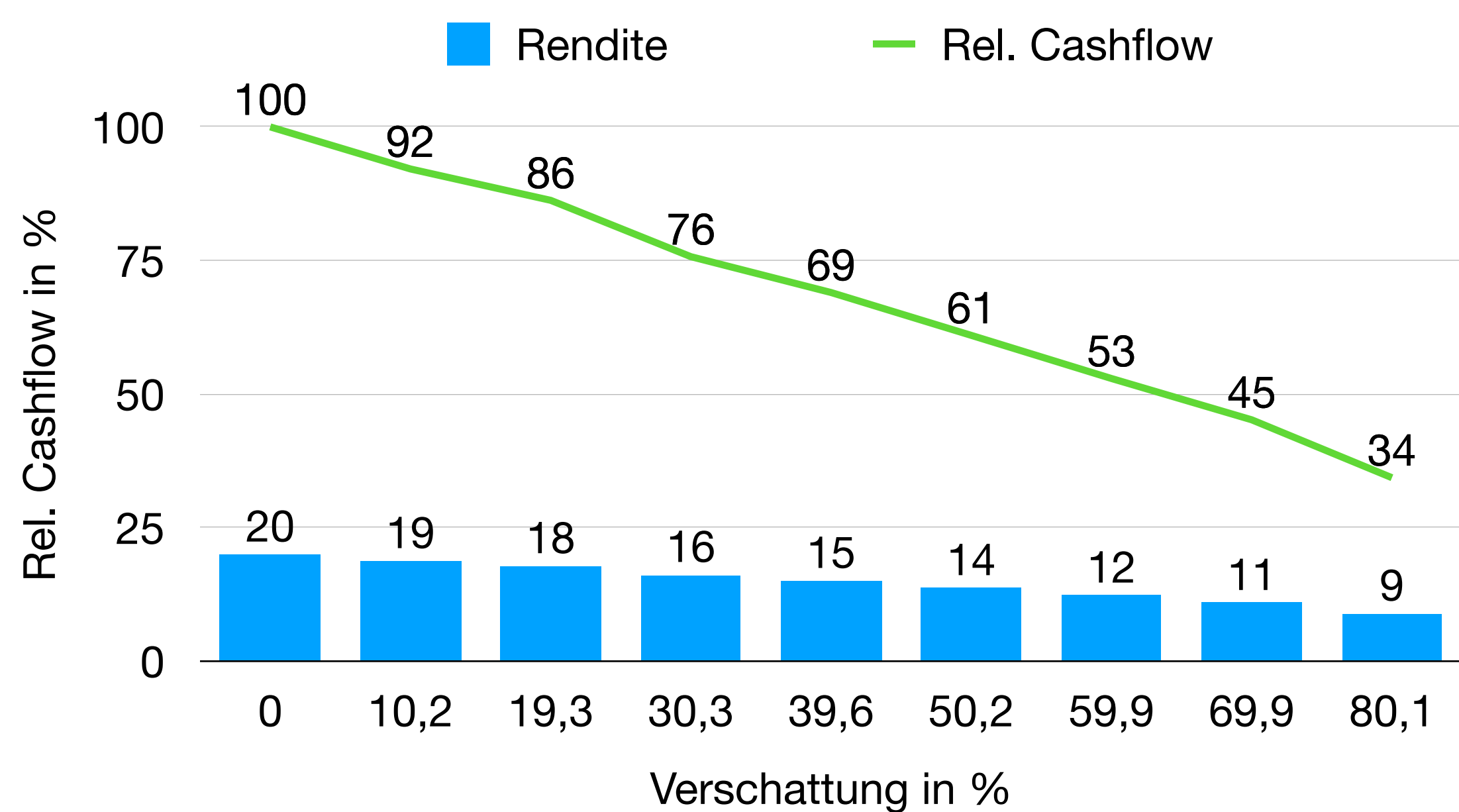
Verluste für Verschattung werden in % angegeben.

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.**

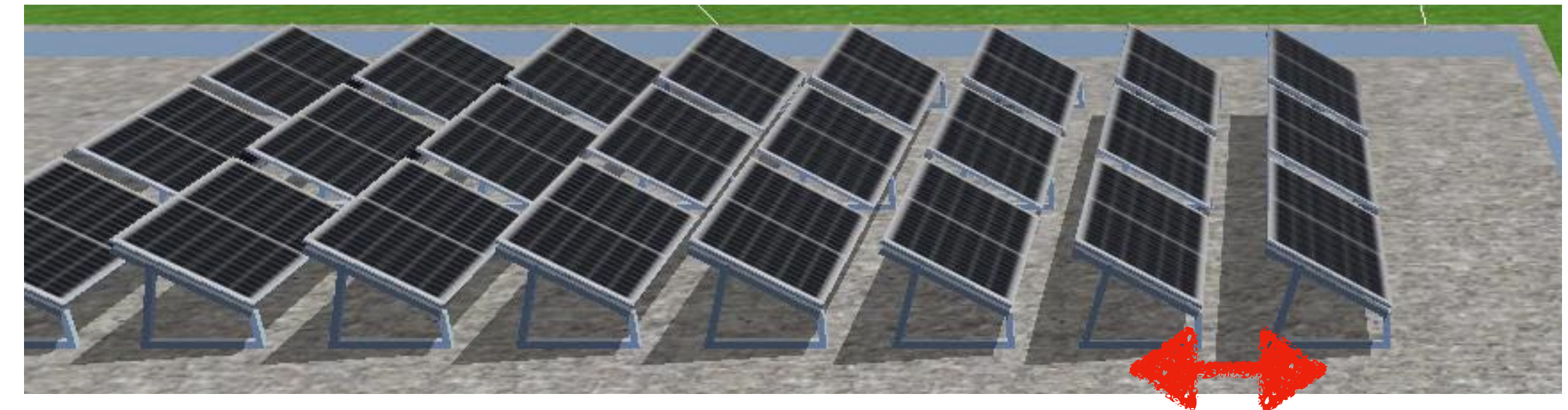
Faktor Gestellabstand

Auf Flachdächer werden Module über Ständersysteme aufgestellt.

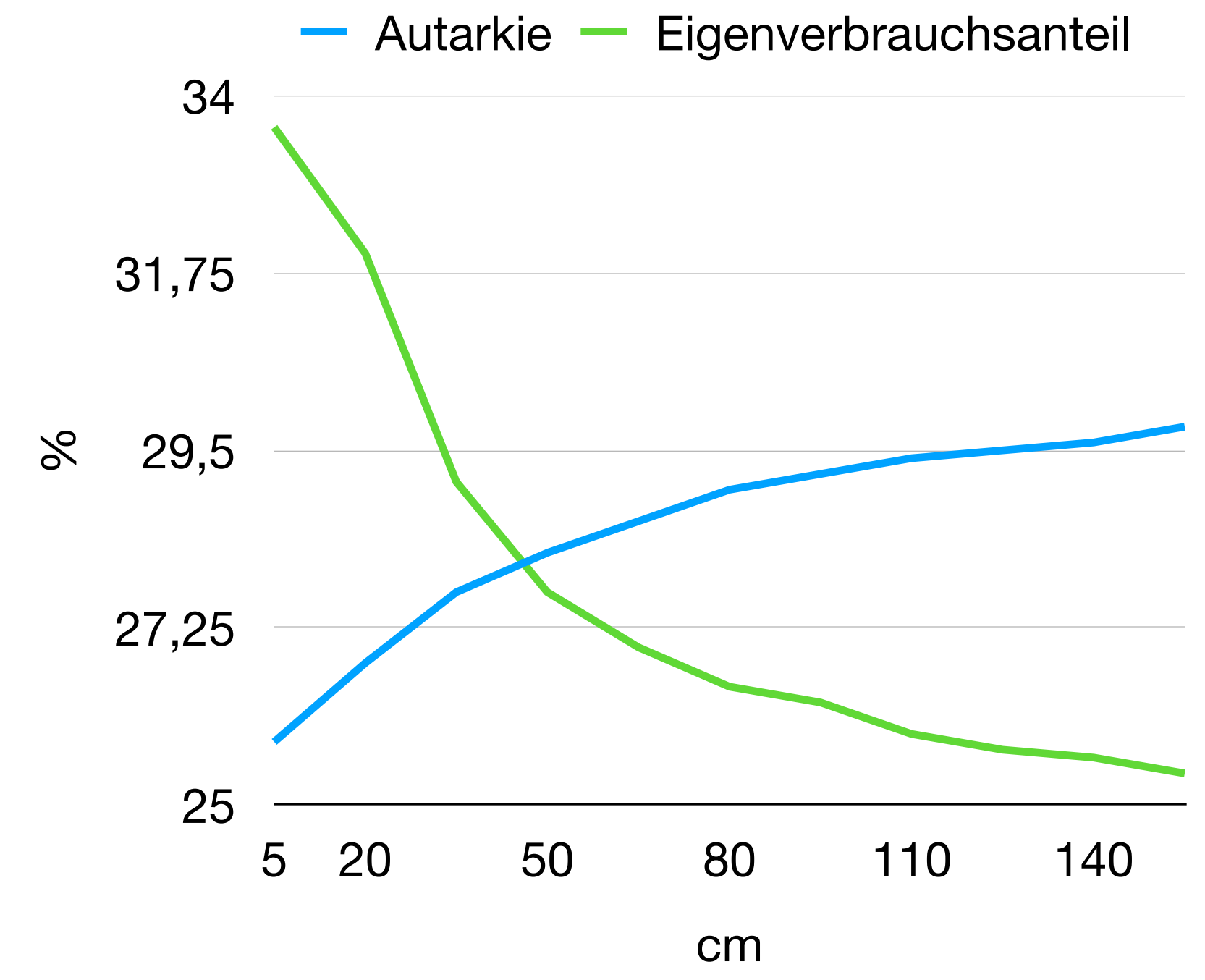
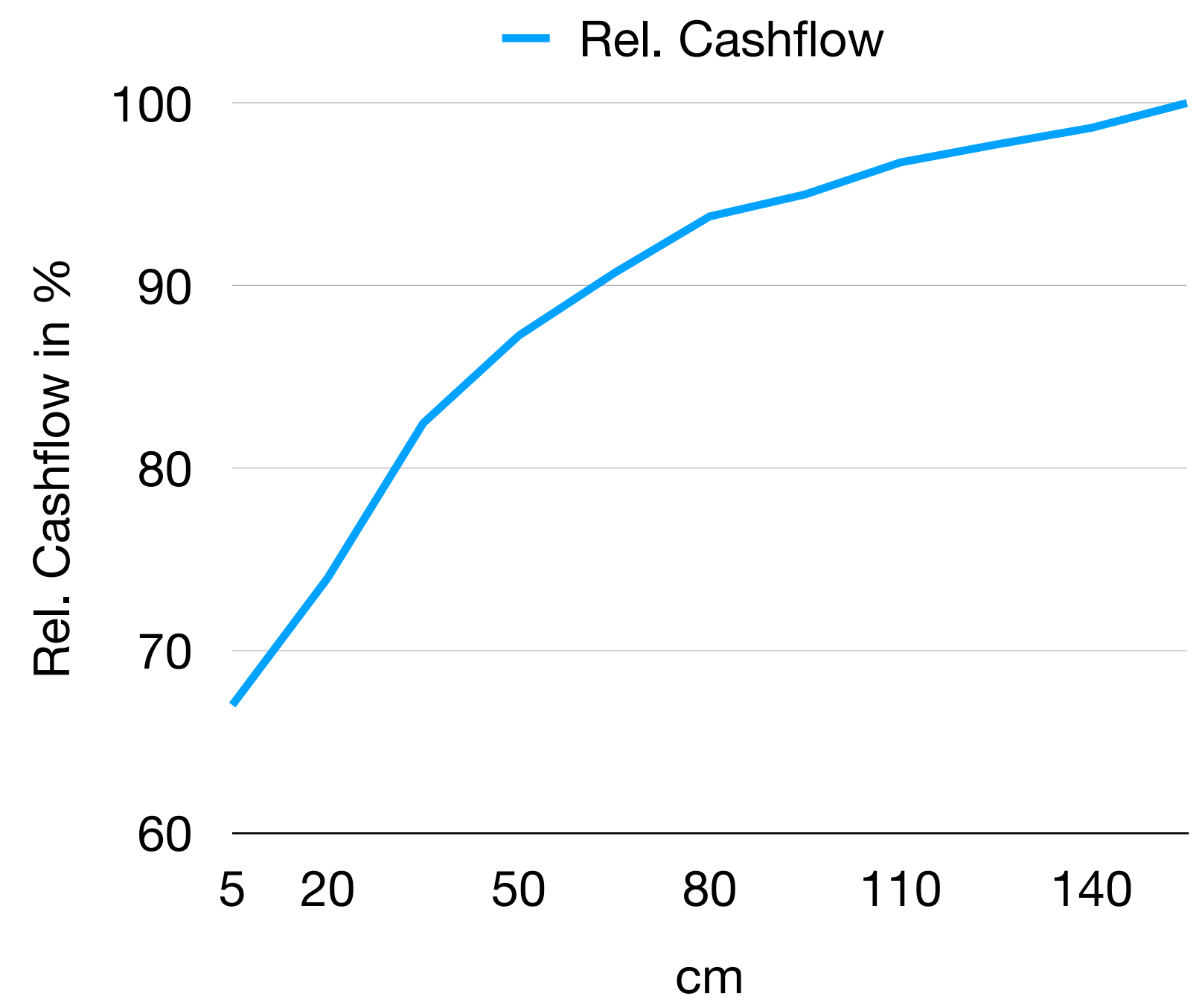
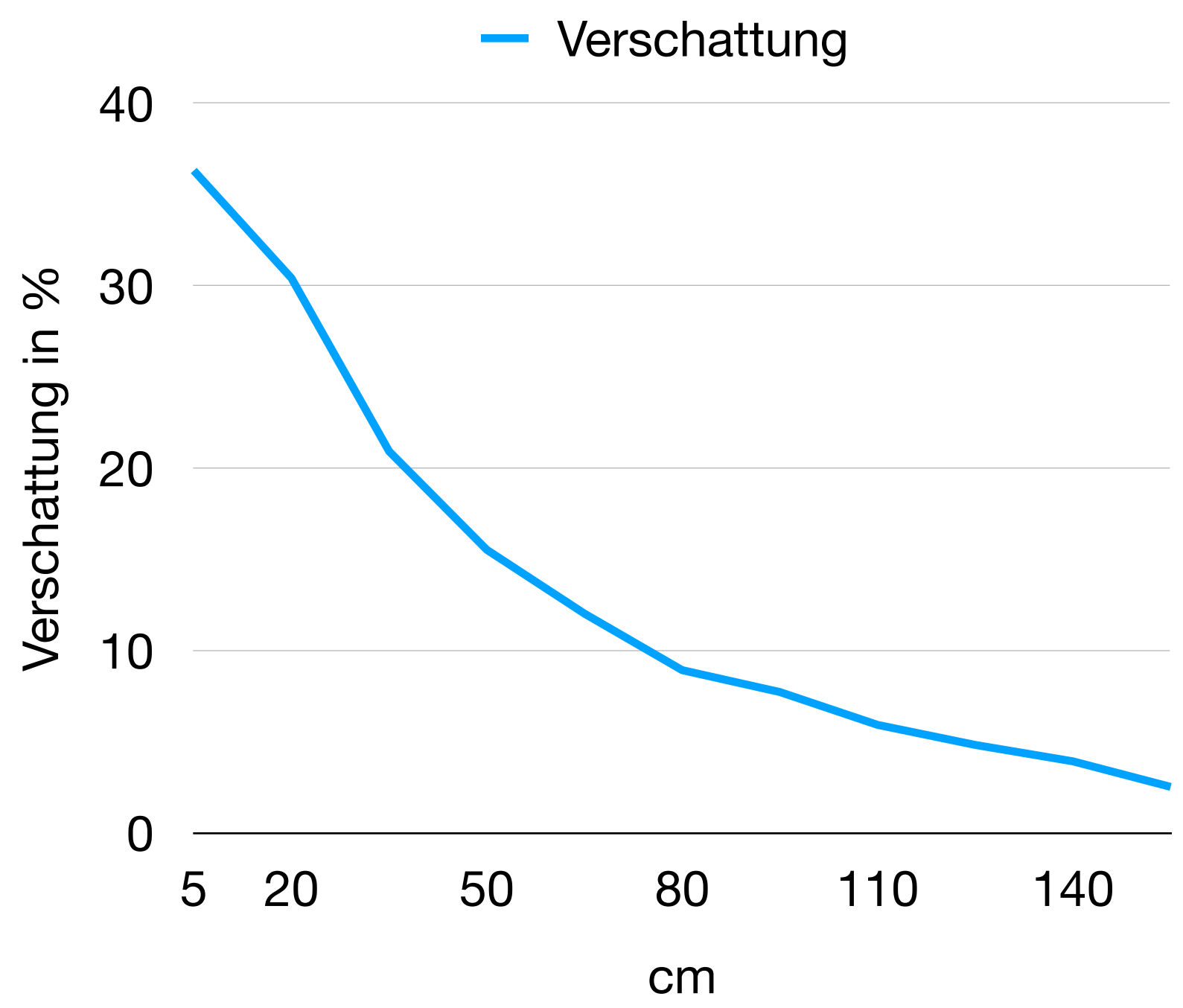
Dabei verschatten Module aus der vorhergehenden Reihe die Module der nachfolgenden Reihen.

Der Abstand der Ständersysteme bestimme den Grad der Verschattung.

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



Faktor Gestellabstand

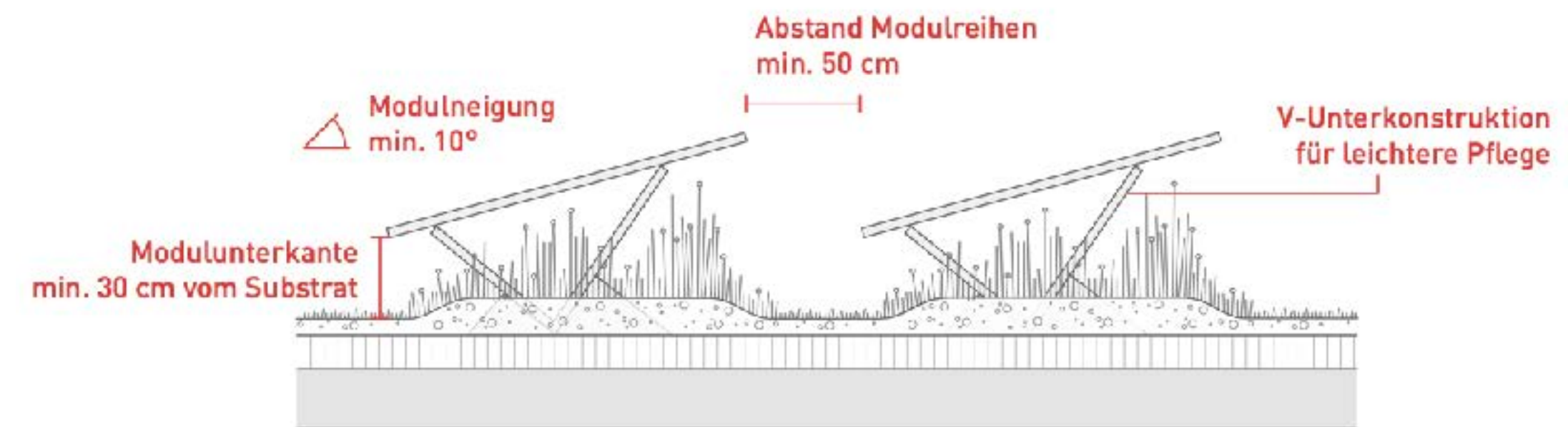


Es gilt:

- **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.

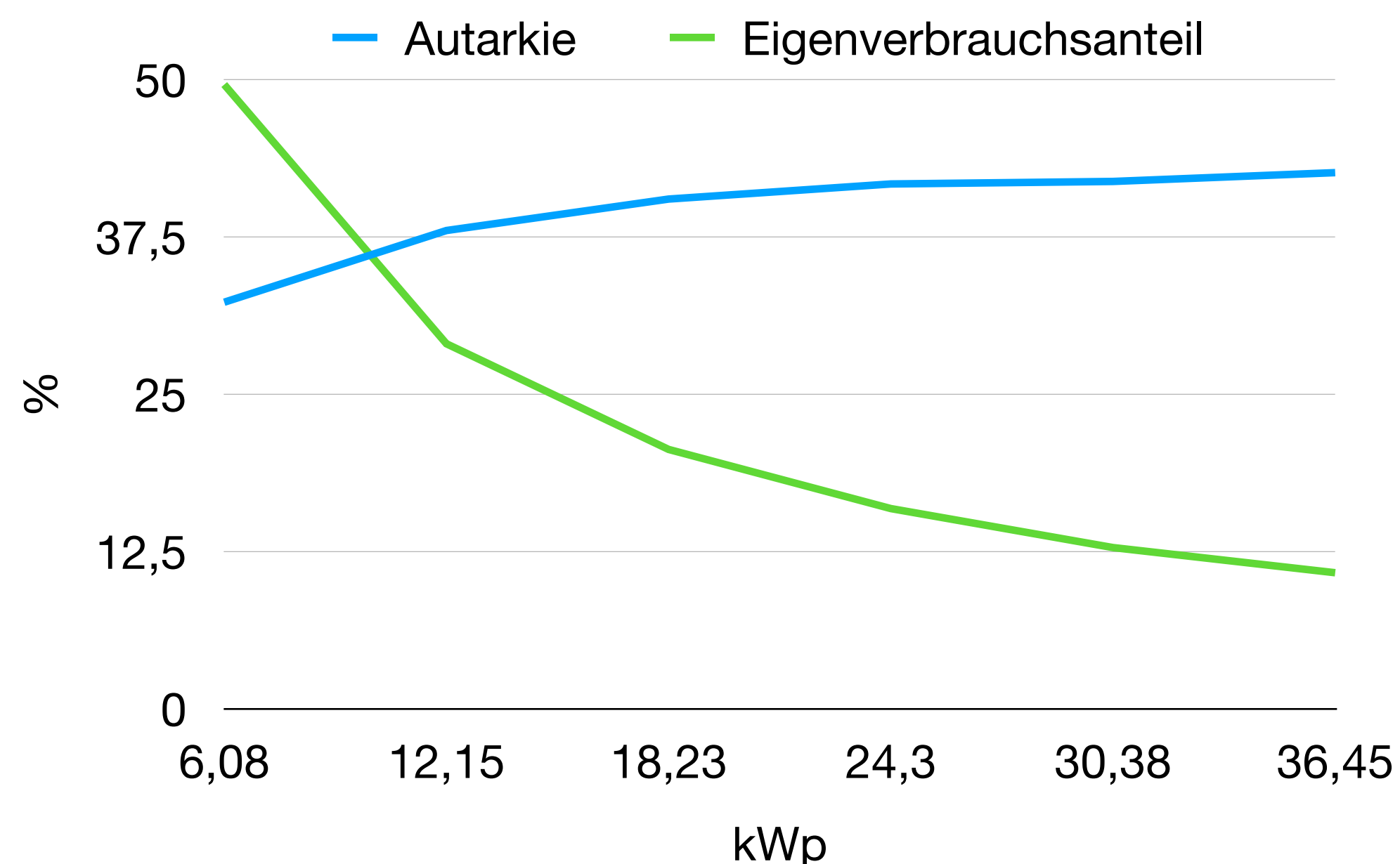
Steht eine ausreichend große Dachfläche zur Verfügung, stellt sich die Frage nach der Größe der PV-Anlage.

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.**

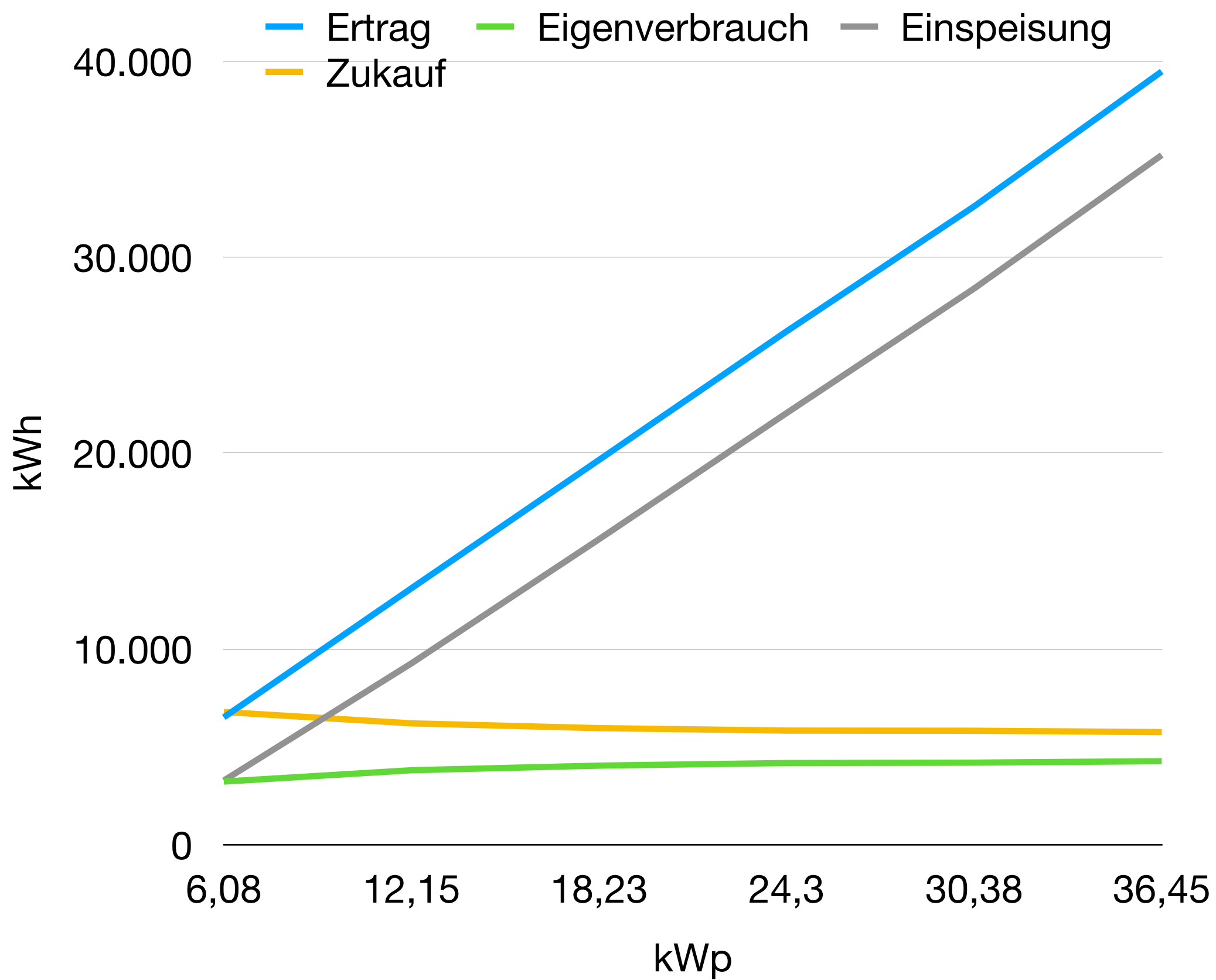
Faktor Größe der Anlage

Beispiel: Haus mit max. 36kWp Dachpotential

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

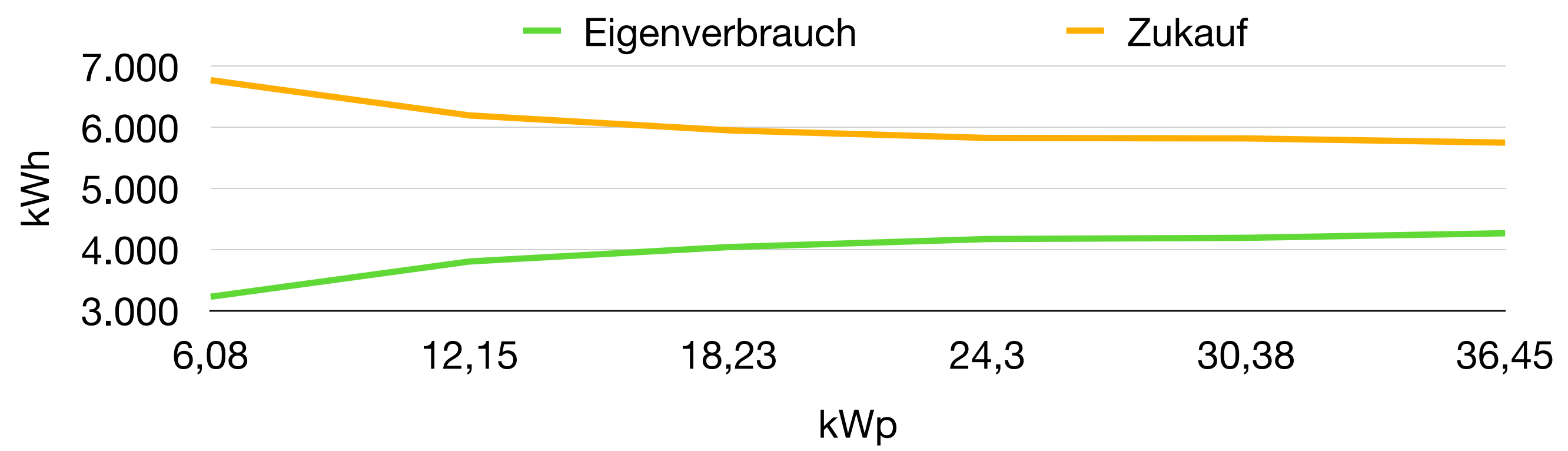


Faktor Größe - Energiefluss

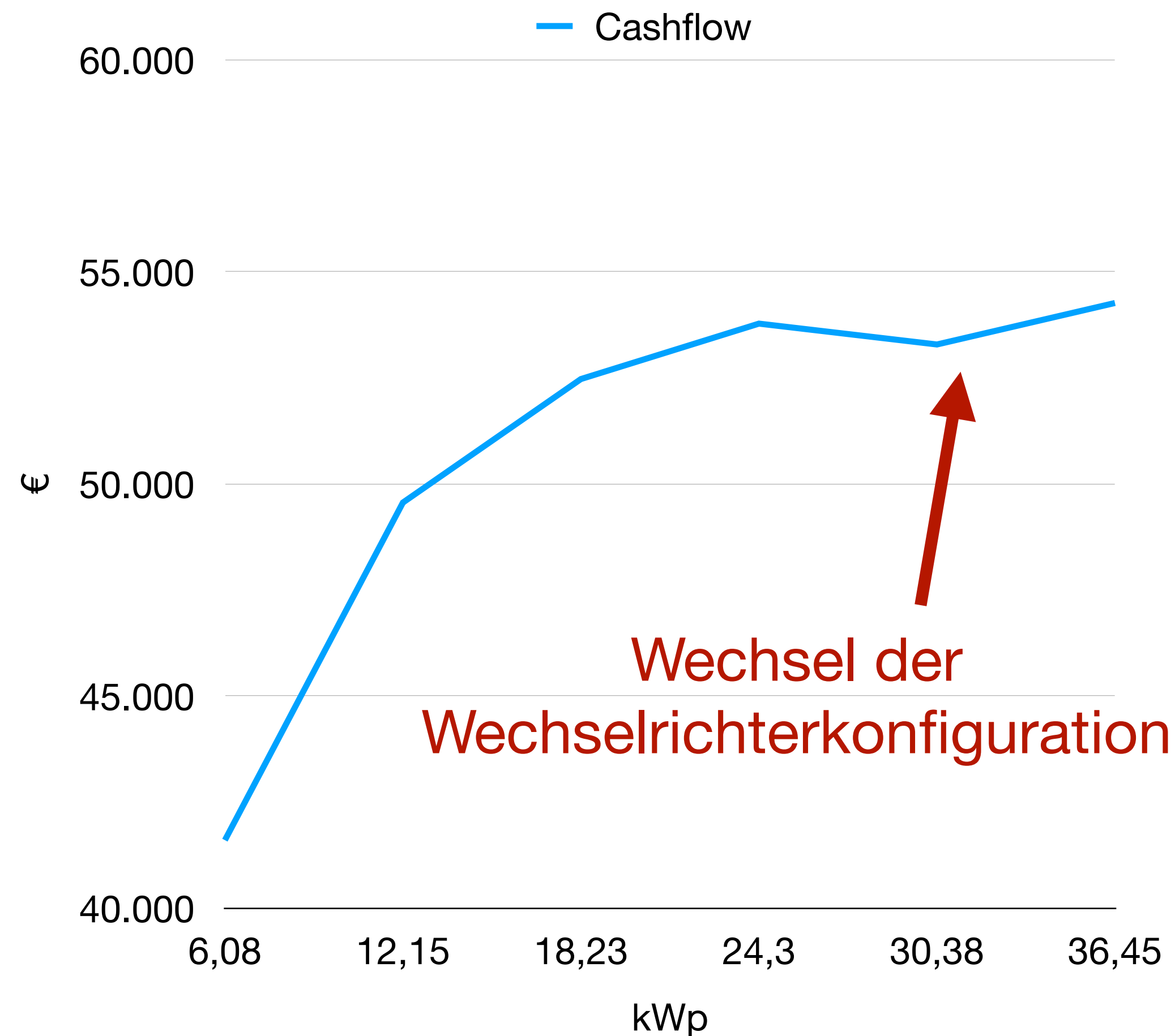


Es gilt (ideale Anlage):

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

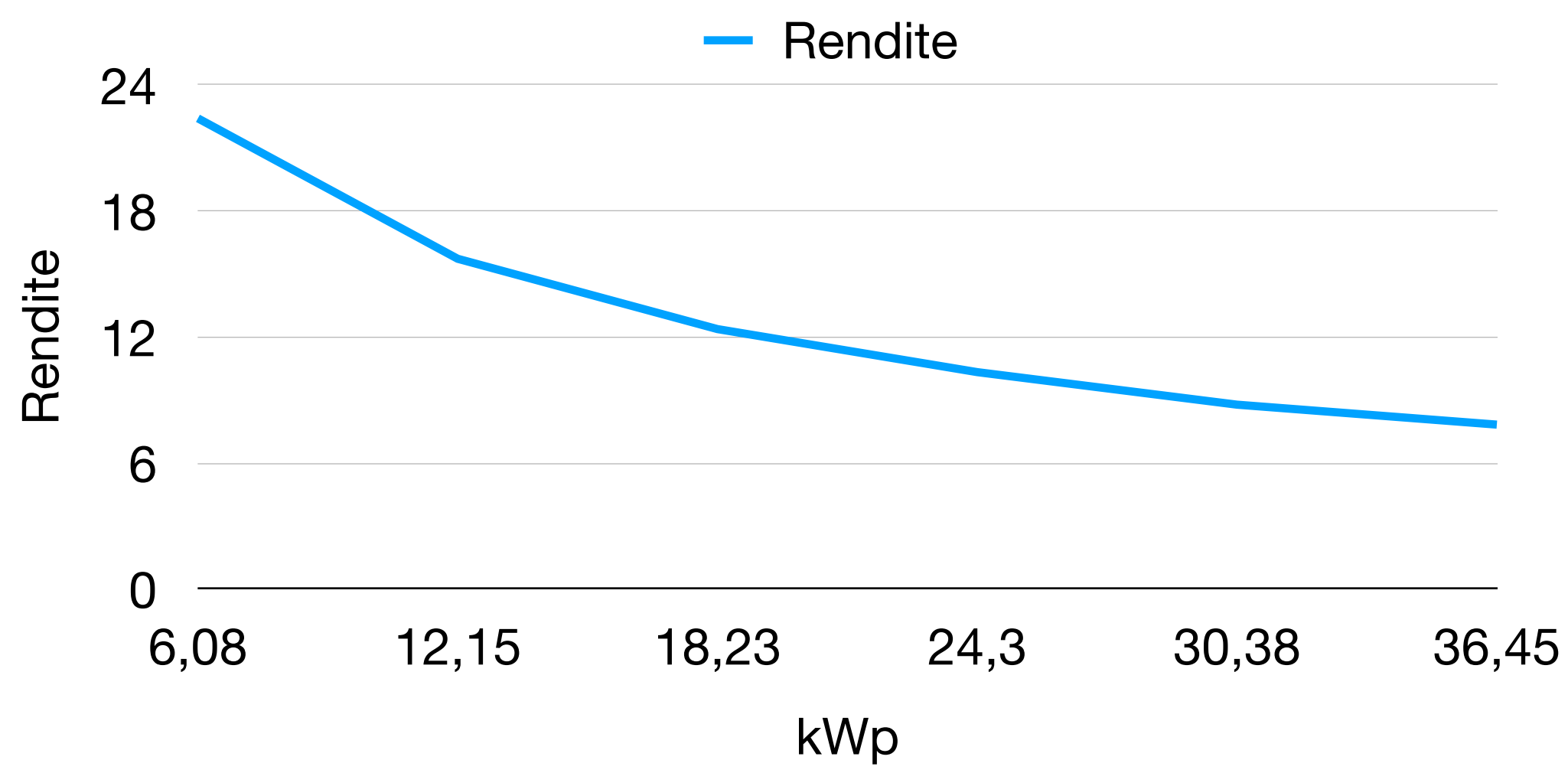


Faktor Größe der Anlage



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**



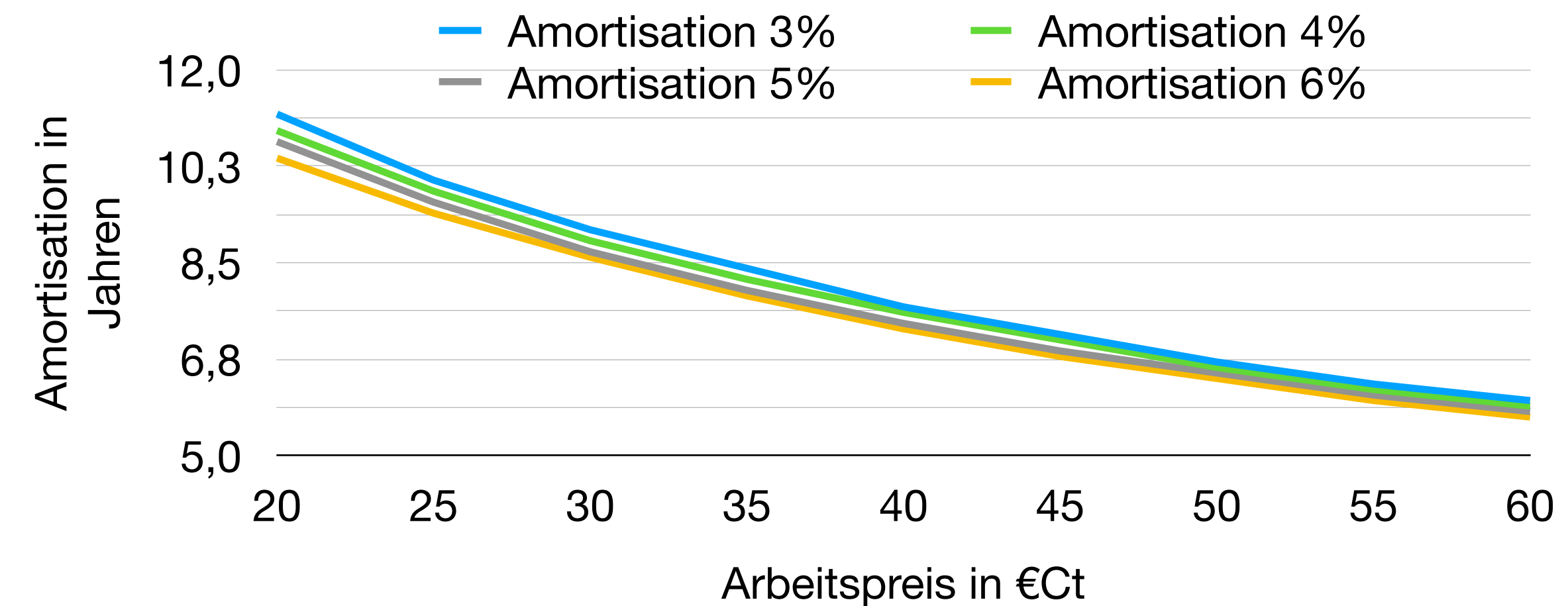
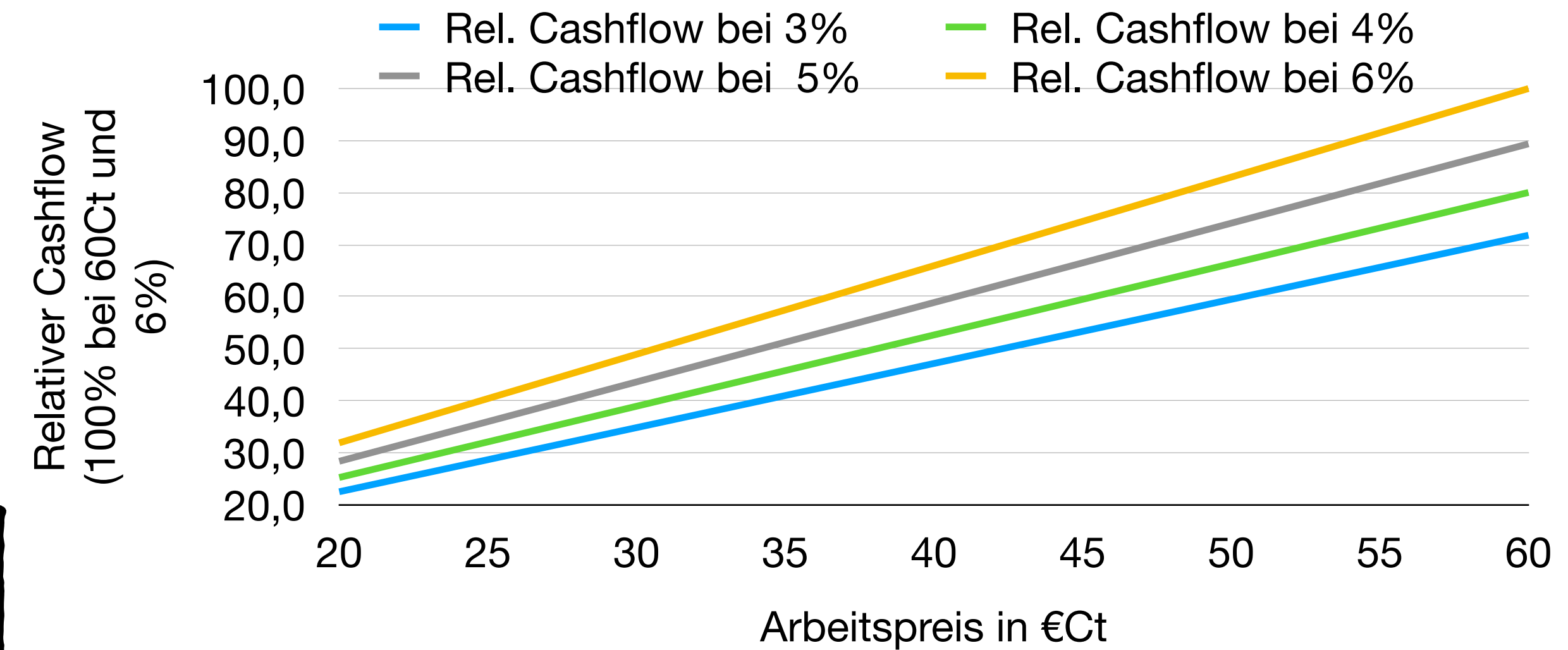
Faktor Stromkosten

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.**

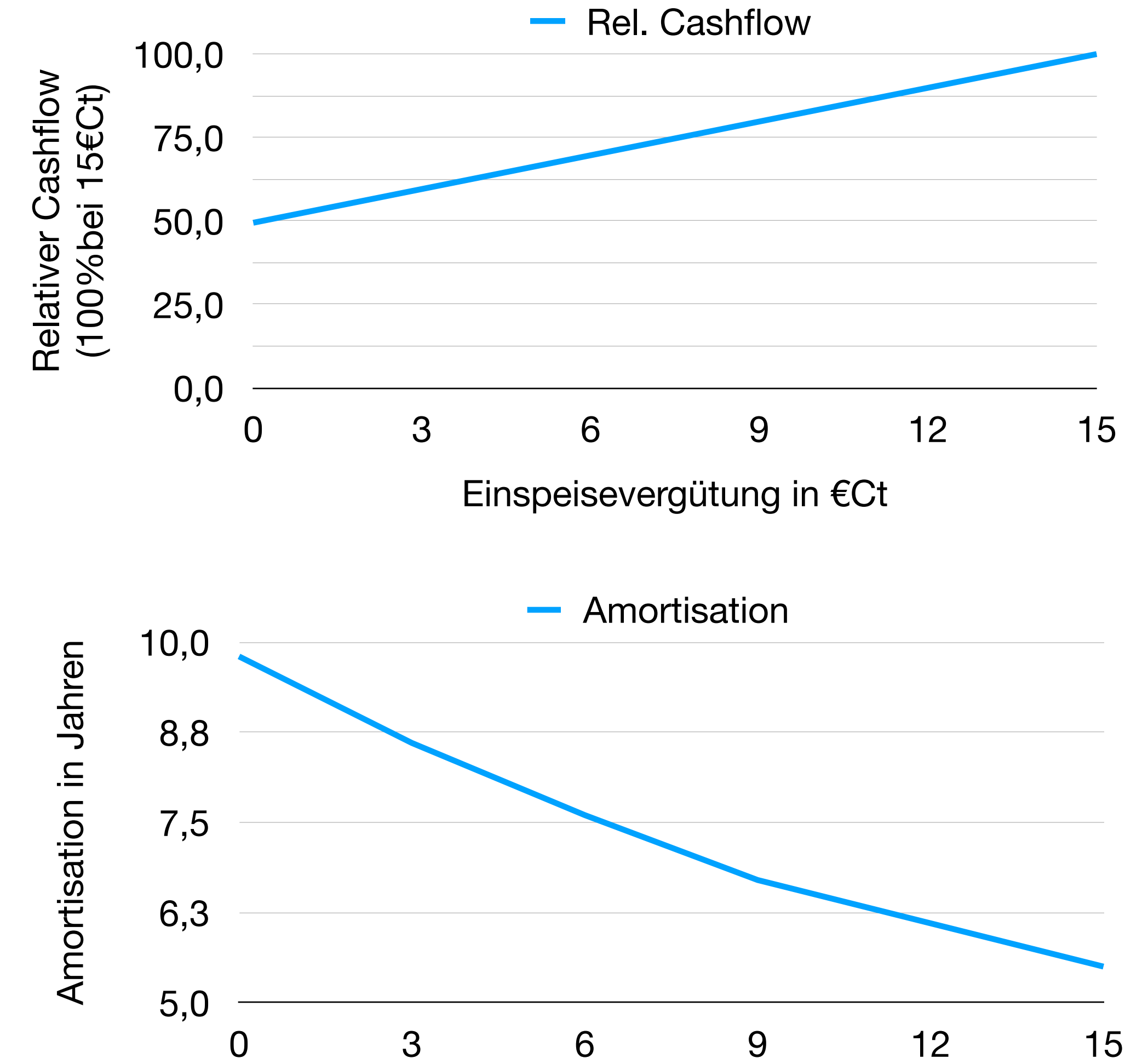


Faktor - Einspeisevergütung

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.**



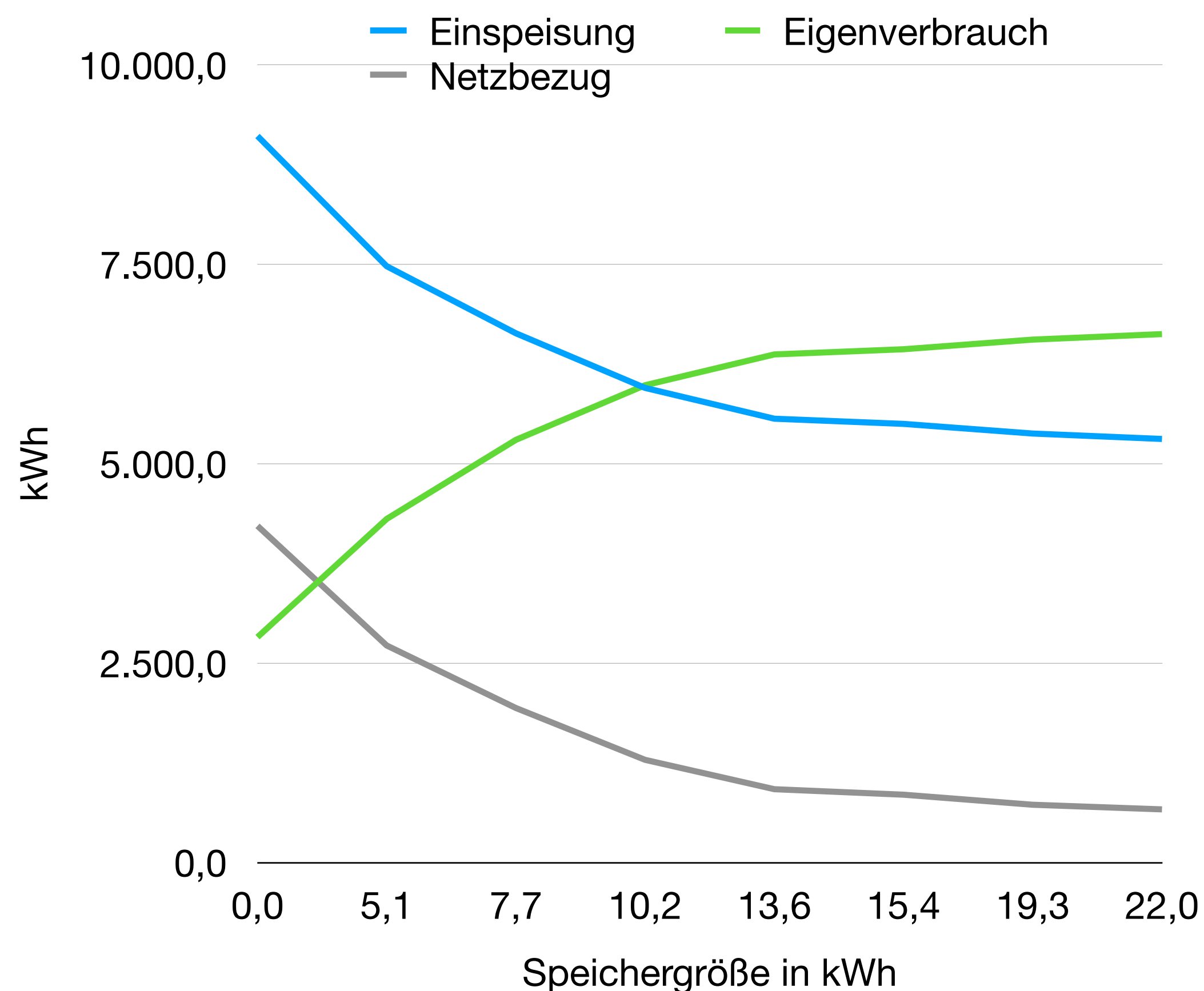
Faktor Größe des PV-Speicher

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.**

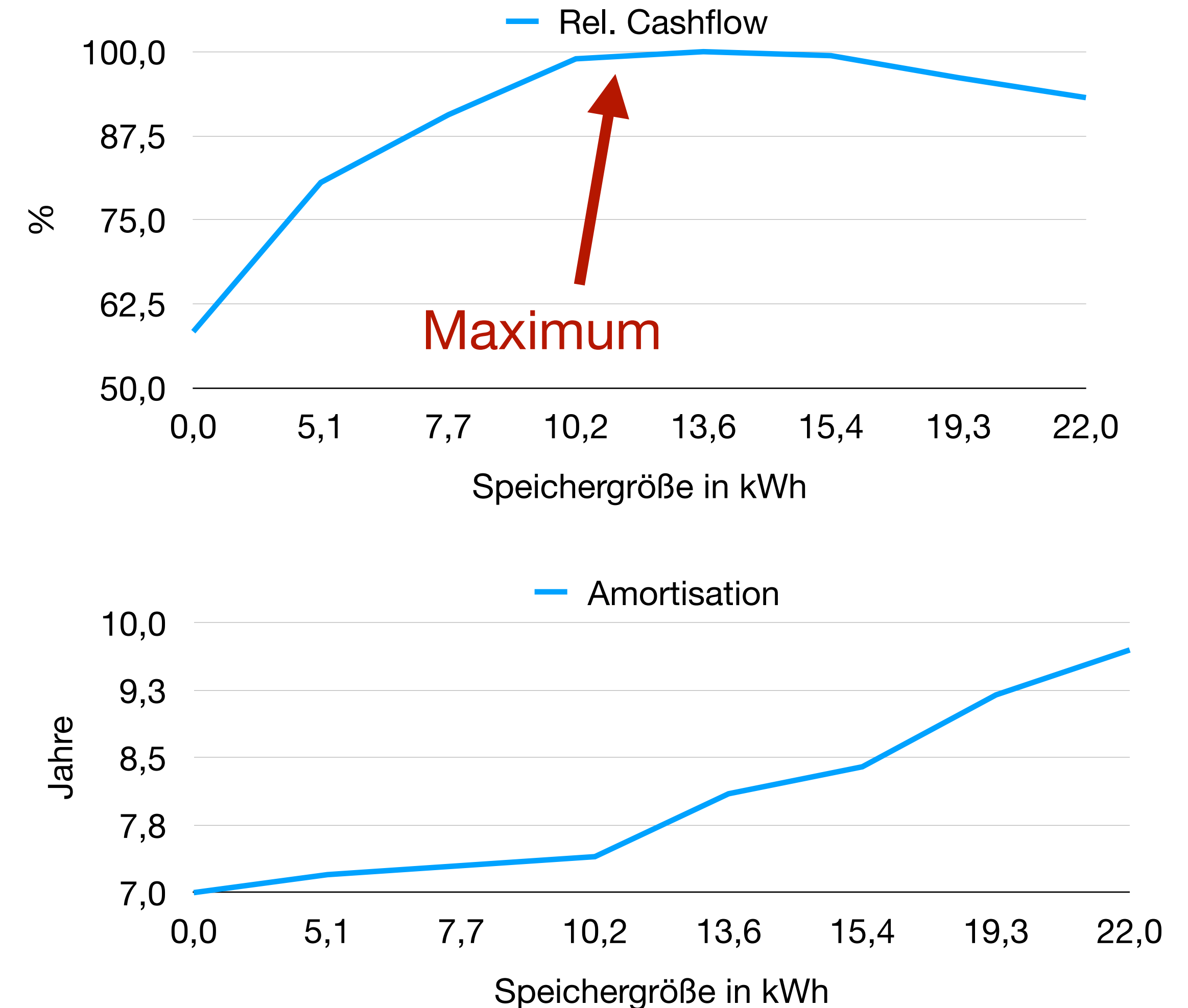
Faktor Größe PV-Speicher

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:**

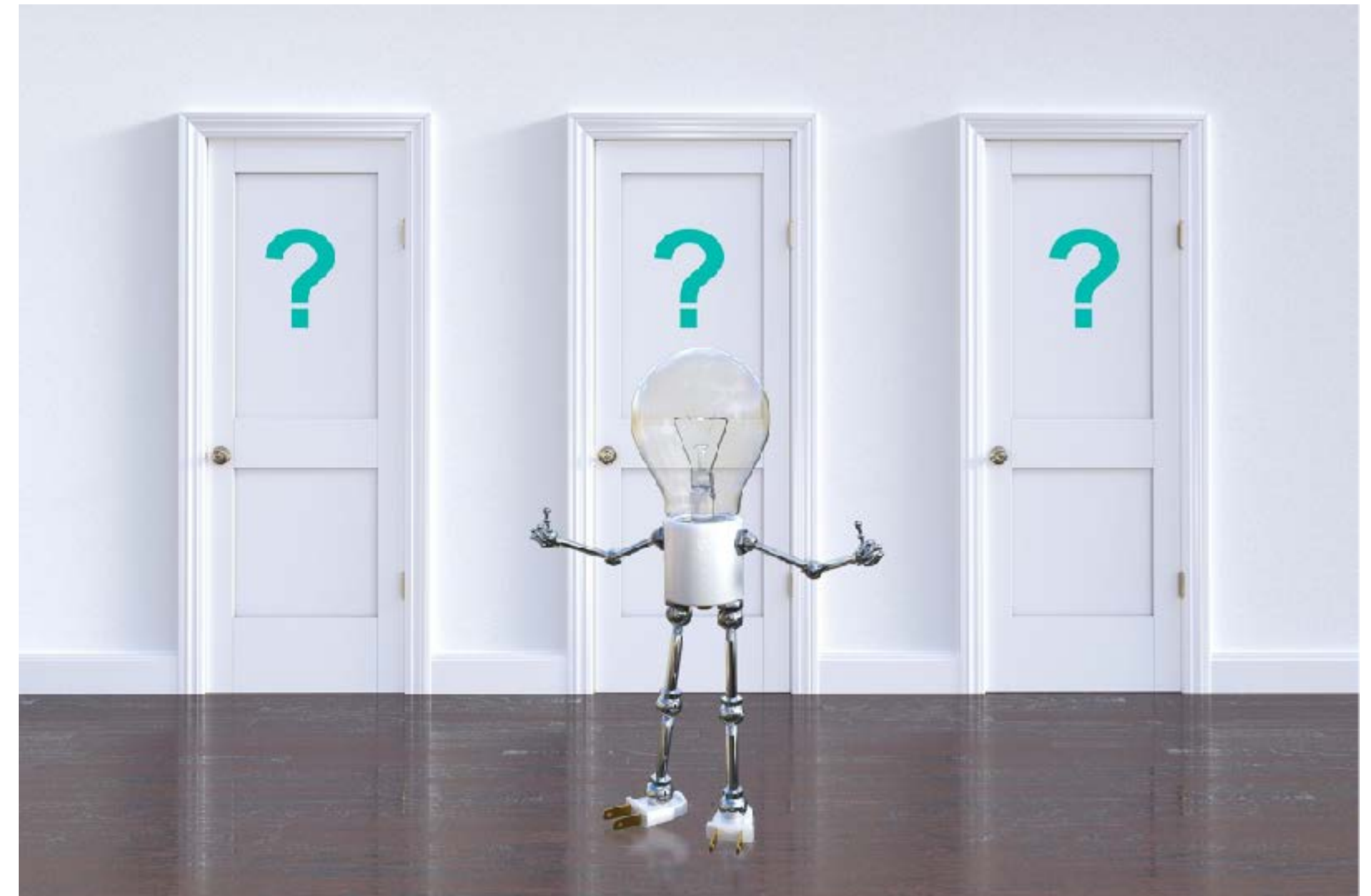
Verbrauch / 1000 in kWh



Wirtschaftlichkeit technischer Anlagen

Kriterien für die Beurteilung von technischen Anlagen

- Technische Ausführung und Leistungen
- Wirtschaftlichkeit
- Umsetzbarkeit
- Servicequalität und Verlässlichkeit
- Empfehlungen und Referenzen
- ...



<https://pixabay.com/de/photos/fragezeichen-auswahl-entscheidung-3839456/>

Frage zur Wirtschaftlichkeitsrechnung

- Welche **finanziellen Auswirkungen** von Investitionen ergeben sich über einen festgelegten Betrachtungszeitraum?
- Welche **Ertragsaussichten** ergeben sich für den Betrachtungszeitraum?
- Welche Ausführungsvariante führt zum **geringsten wirtschaftlichen Risiko**?



<https://pixabay.com/de/photos/geld-münze-anlage-geschäft-2724241/>

VDI Richtlinie 2067-1

- „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenrechnung“
- Erläuterung der Annuitätsmethode
- Definition von Kostengruppen
- Tabelle zu Betrachtungszeiträumen von technischen Komponenten

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweise	3
3 Begriffe	4
4 Formelzeichen	6
5 Grundlagen	8
6 Voraussetzung für die Berechnung der Kosten.	10
6.1 Allgemeines	10
6.2 Umfang der Berechnung der Kosten	11
6.3 Berücksichtigung der individuellen Besonderheiten des Objekts	11
6.4 Bezugszeitraum der Kosten	11
6.5 Berechnung der Kosten als Vorausberechnung	11
6.6 Vergleichbarkeit der berechneten Kosten	11
6.7 Berechnung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses bei Modernisierung	12
6.8 Berechnungsdatum, Preis und Kostenstand	12
6.9 Berechnung der Kosten für zukünftige Zeitabschnitte	12
6.10 Lebenszykluskosten	13
6.11 Umsatzsteuer	13
7 Ermittlung der Kosten	13
7.1 Kapitalgebundene Kosten.	13
7.2 Bedarfsgebundene Kosten	15
7.3 Betriebsgebundene Kosten	16
7.4 Sonstige Kosten.	16
8 Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der Annuitätsmethode	16
8.1 Kosten.	16
8.2 Erlöse	19
8.3 Annuität der Jahresgesamtzahlungen.	20
Anhang A Tabellen	21
Anhang B Beispiel	37
Schrifttum	43

https://www.vdi.de/fileadmin/pages/vdi_de/redakteure/richtlinien/inhaltsverzeichnisse/1885127.pdf

VDI Richtlinie 6025

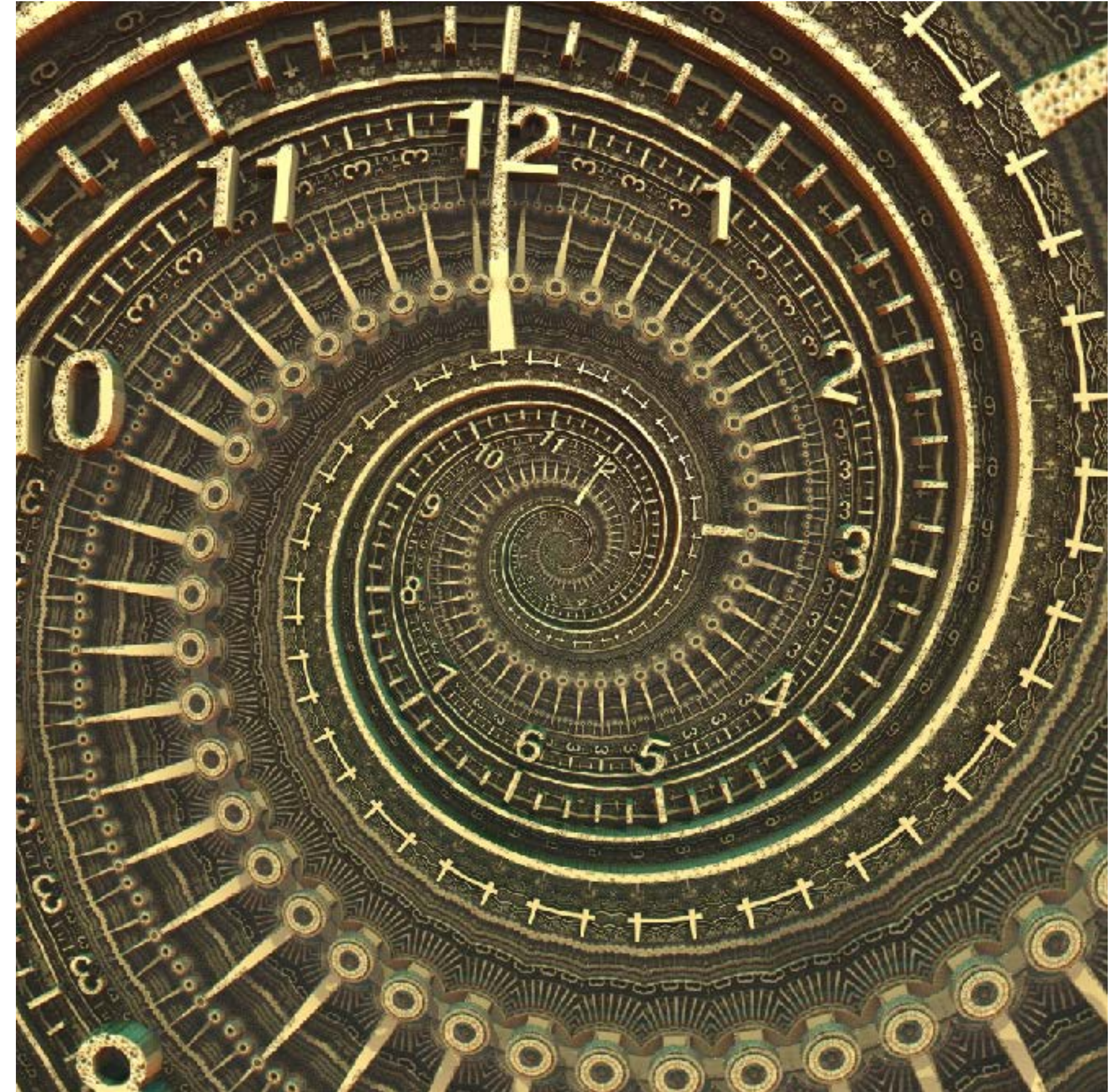
- „Betriebswirtschaftliche Berechnungen für Investitionsgüter und Anlagen“
- Erweitert und ergänzt die VDI 2067-1
- Methoden
 - Kapitalwertmethode
 - Ergänzung der Annuitätsmethode
 - Zinsfußmethode
 - Amortisationsmethode
 - und deren Kombination

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	3
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Zahlungsarten und Kalkulationszinsfuß	4
2.1 Kapitalgebundene Zahlungen	5
2.2 Verbrauchsgebundene Zahlungen	5
2.3 Betriebsgebundene Zahlungen	5
2.4 Sonstige Zahlungen	6
2.5 Einzahlungen (eventuell Einsparungen) . .	8
2.6 Erfassung von Änderungsraten der Zahlungen	10
2.7 Kalkulationszinsfuß	12
3 Sensitivitätsanalyse, Grundlagen	20
4 Kapitalwertmethode	28
4.1 Zahlungsfolgen	28
4.2 Barwert	29
4.3 Preisdynamische Zahlungsfolgen	30
4.4 Ersatzwert	31
4.5 Berechnungsblatt und Ablaufplan für die Kapitalwertmethode	33
4.6 Sensitivitätsanalyse, Anwendung	33
5 Annuitätsmethode	39
5.1 Zahlungsfolgen und ihre Annuität	40
5.2 Berechnungsblatt und Ablaufplan für die Annuitätsmethode	43
5.3 Sensitivitätsanalyse, Anwendung	43
6 Zinsfußmethoden	47
6.1 Interne Zinsfußmethode	47
6.2 Modifiziert-interne Zinsfußmethode . .	50
6.3 Berechnungsblätter und Ablaufplan für die modifiziert-interne Zinsfußmethode	52
6.4 Sensitivitätsanalyse, Anwendung	55
7 Amortisationsmethode	61
7.1 Preisstatische und preisdynamische Zahlungsfolgen	61
7.2 Berechnungsblätter und Ablaufplan für die Amortisationsmethode	65
7.3 Sensitivity analysis, application	71
8 Kombination der verschiedenen Wirtschaftlichkeitsberechnungsmethoden	72
8.1 Unterscheidungsmerkmale	72
8.2 Kombiniertes Einsatz der Amortisationsmethode mit Kapitalwert- oder interner Zinsfußmethode	74
9 Fremdfinanzierung	77
9.1 Einführung	77
9.2 Arten der Fremdkapitaltilgung	78
9.3 Arten des Kapitaleinsatzes	78
9.4 Alternativenvergleich	80
9.5 Leasing	80
10 Berechnungsbeispiele	81
10.1 Berechnungsbeispiel für einen bestehenden Wohnblock (Einbau einer Pelletsheizung)	81
10.2 Berechnungsbeispiel für ein Schulgebäude (Kesselerneuerung) . .	85
10.3 Berechnungsbeispiel für eine BHKW- oder Kesselanlage (Brennstoff Erdgas)	89
10.4 Berechnungsbeispiel für ein Mehrfamilienhaus (Brennstoff Heizöl EL) .	116
Anhang A Tabellen	119
Anhang B Hinweise und Erläuterungen	141
Glossar	143
Schrifttum	150
Benennungsindex	151

https://www.vdi.de/fileadmin/pages/vdi_de/redakteure/richtlinien/inhaltsverzeichnisse/1815206.pdf

Statische und dynamische Betrachtung

- **Statisch - z.B. zur Abschätzung**
 - Erfassung aus der „Jetztsicht“ für
 - Kosten-/Gewinnvergleich
 - Abschätzung einer Rentabilität
 - Statische Amortisation
- **Dynamisch über einen Betrachtungszeitraum**
 - Betrachtung mit Zins und Inflation über einen Betrachtungszeitraum
 - Kapitalwertmethode (VDI 6025)
 - Annuitätsmethode (VDI 2067-1, erweitert durch VDI 6025)
 - Zinsfußmethode (VDI 6025)
 - Dynamische Amortisationsrechnung (VDI 6025)



<https://pixabay.com/de/illustrations/zeitmaschine-uhr-teleportieren-1974990/>

Dynamische Betrachtung

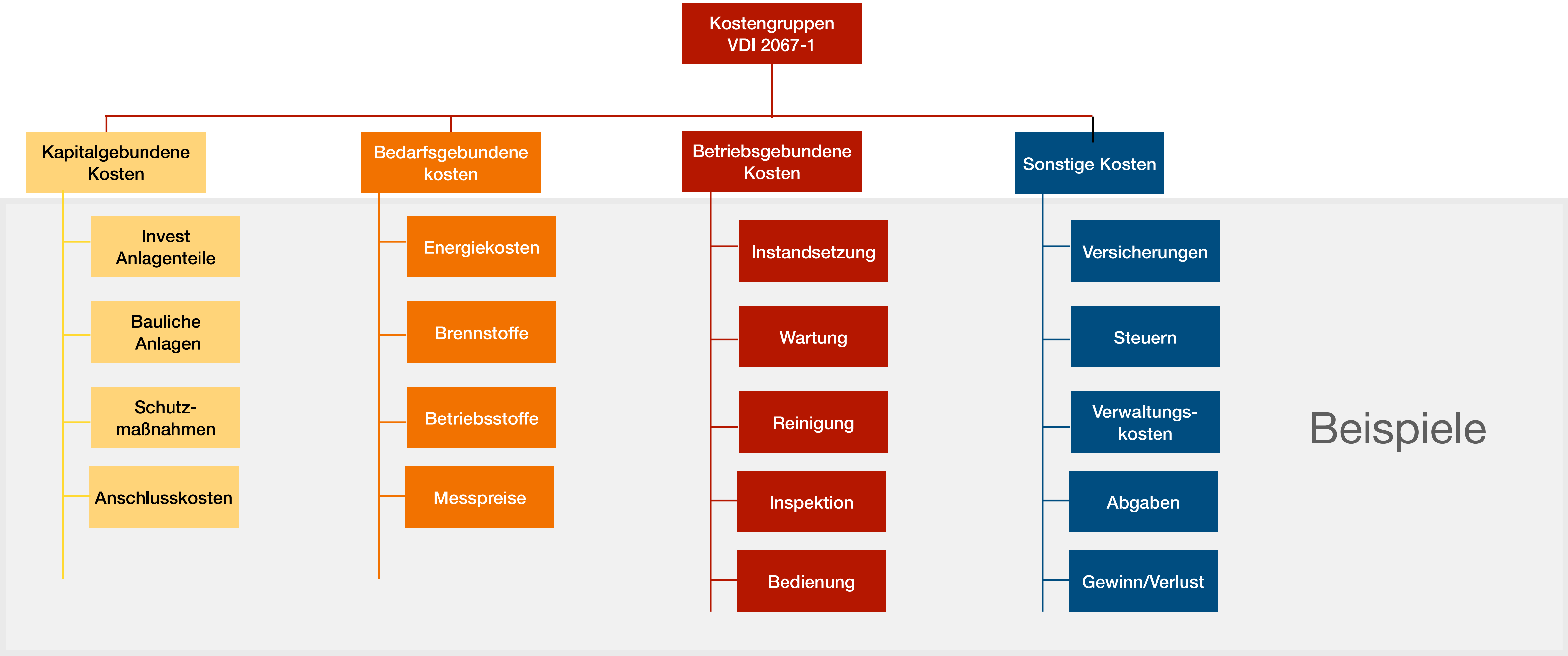
- Festlegung eines Betrachtungszeitraumes
=> z.B. die Nutzungsdauer
- Zinseszinsmethode für
 - Kosten
 - Kapitalkosten
 - Interner Zins
 - Preisänderung
- Verlauf der Kosten und Investitionen über die Zeit
- Vergleich mit den Einsparungen



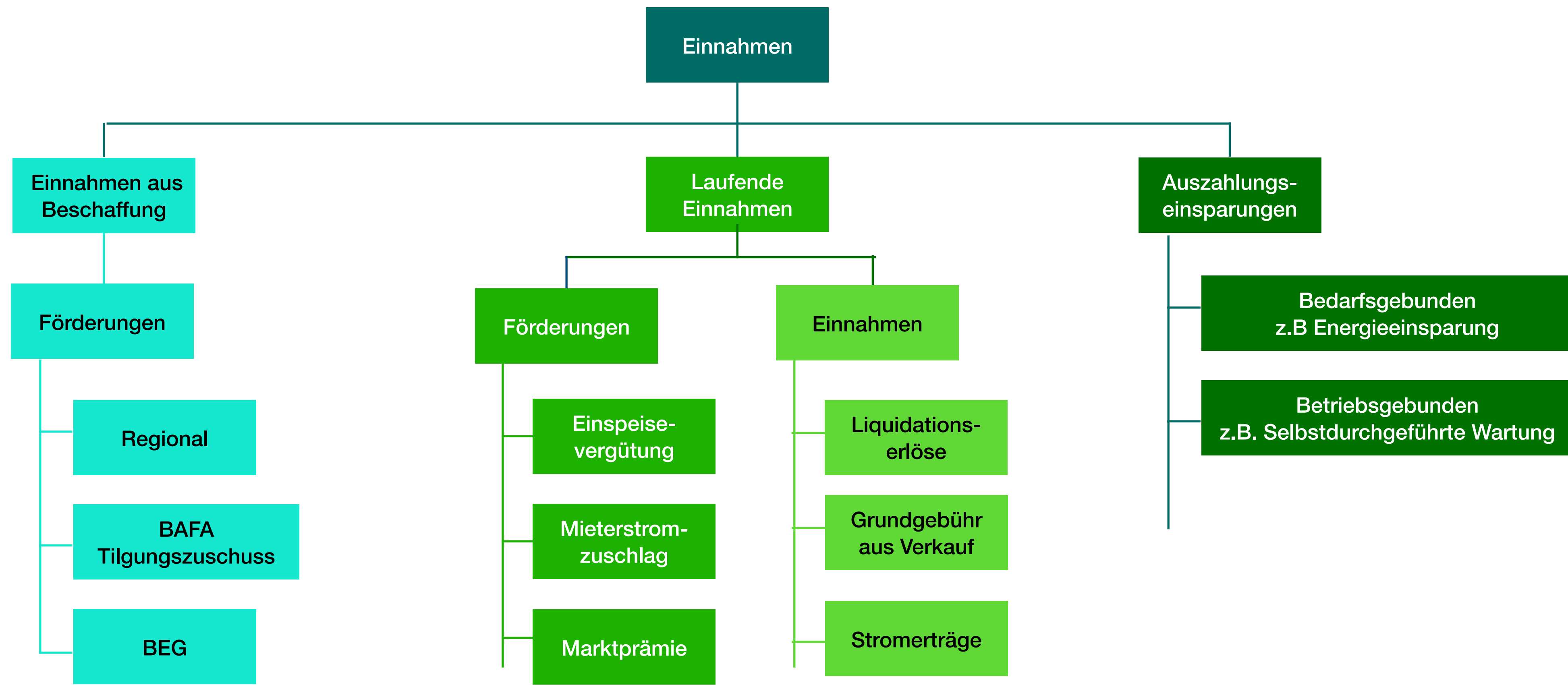
<https://pixabay.com/de/illustrations/graph-wachstum-finanzen-profite-163509/>

Abschätzungen zu den Kosten von PV-Anlagen

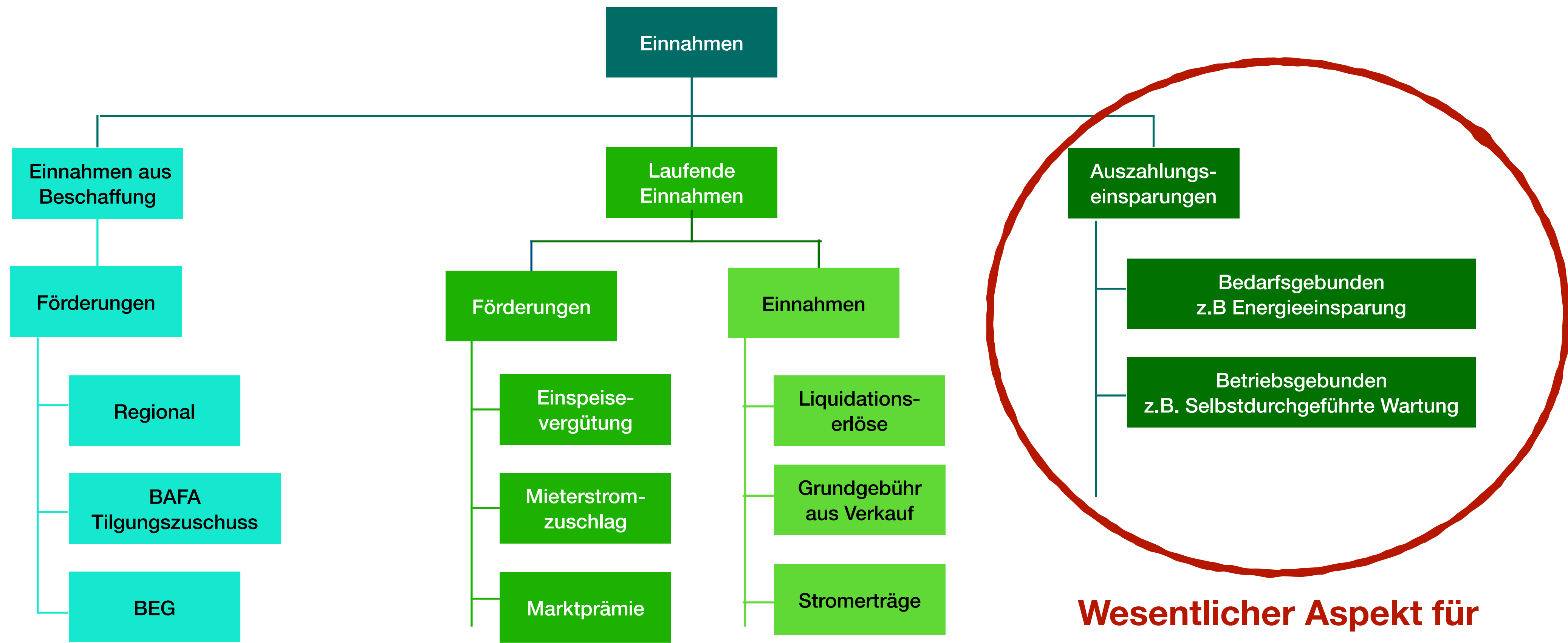
Kostenarten



Einnahmen



Einnahmen



**Wesentlicher Aspekt für
die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage**

Schätzung einer PV-Anlage

Abschätzung zur Größe einer PV-Anlage:

- 1 Modul ca. 400Wp ca. 2qm
- Für München ca. 1.000-1.200kWh/kWp

=> 200Wp je qm

=> **5qm je 1kWp**

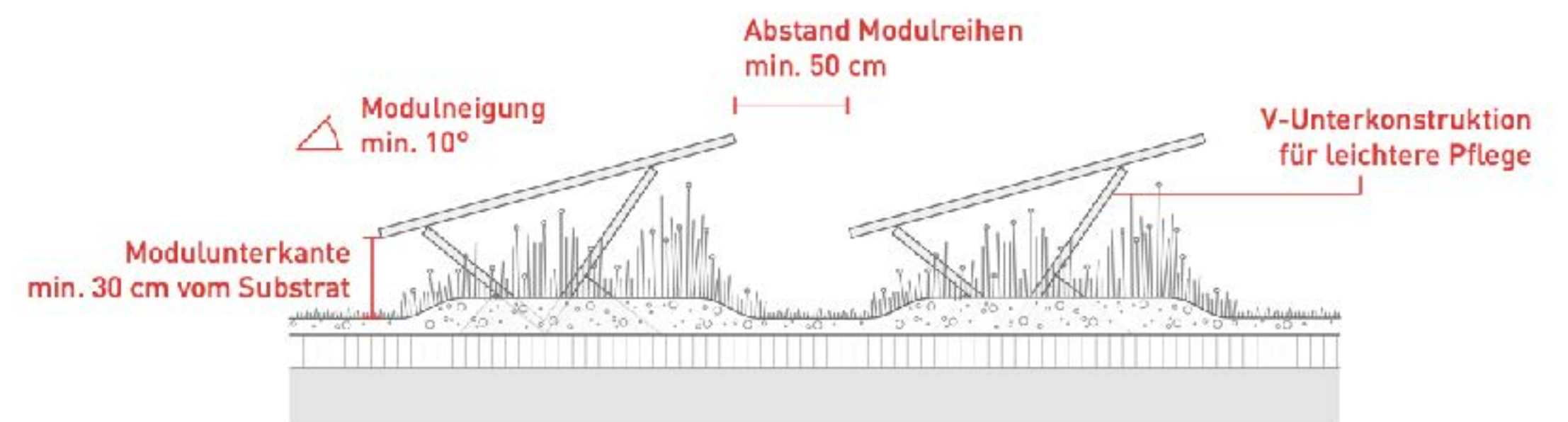
=> Bei Gründächern qm je 1kWp, 30° Aufständerung

Ca. 9,5 qm je kWp bei 1m Abstand

Ca. 8,75qm je kWp bei 0,8m Abstand



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



Gruendach-und-PV-Ratgeber-2020.pdf

Schätzung Kosten (Stand 2023!)

Für eine **PV-Anlage** können folgende Kosten zur Schätzung angesetzt werden:

1.200€ / kWp	für Anlagen mit > 30kWp
1.400€ / kWp	Einfache Dächer
1.700€ / kWp	Komplexe Dächer

PV-Speicher:

1.000 - 1.400€ / kWh

Häuser (ab 2m, nach BG Bau,
Gerüstbau, Details nachlesen!)

Gerüstkosten:

10-15€ / qm Fassdenfläche

Zähler:

1.500€ für einfachen Umbau des Zählerschrank
6.000€ für Sanierung des Zählerschranks
13.000€ je Messwandler (ab 30kW(p))
1.000€ für eine neue Erdungsanlage



<https://pixabay.com/de/photos/ersparnisse-budget-anlage-geld-2789112/>

Diese Schätzwerte müssen laufend geprüft werden!

Betriebskosten und Instandhaltung

- Die DGS (Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie) schlägt folgende Kostenabschätzungen für PV-Anlagen vor:
 - Betriebskosten: 0,5%
der Investitionskosten
 - Instandhaltungskosten: 1%
der Investitionskosten



Quelle: <https://pixabay.com/de/photos/flotte-kasse-zahlung-geld-cash-5200422/>

Wartung von PV-Anlagen

- Reinigung der PV-Module
(nach dem Vergleich der PV-Erzeugung, nach Befund)
- Messung der Erzeugung durch eine Elektrofachkraft
und/oder Wärmebild-Analyse mittels Drohne
(nach dem Vergleich der PV-Erzeugung nach Befund)
- Alle 4 Jahre Überprüfung der Gesamtanlage durch
eine Elektrofachkraft
- Eichung der Zähleranlage durch den
Messstellenbetreiber
(konventionell alle 16 Jahre, elektronisch alle 8 Jahre)



Quelle: <https://pixabay.com/de/photos/automechaniker-reparatur-wagen-6260377/>

Sonstige Kosten

Weitere Kosten für die PV-Anlage werden bestimmt durch

- Zweck der PV-Anlage
- Zähleranlage
- Größe der PV-Anlage
 - Anforderungen zur Direktvermarktung
 - Anforderungen an den Netzanschluss
 - Anforderungen an Blitz- und Brandschutz
- Kopplung an die Sektoren: Wärme und E-Mobilität.
- Wartung / Pflege der Anlage (z.B. Pflege Gründach)



Quelle: <https://pixabay.com/de/photos/stromzähler-strom-zahlen-energie-96863/>



Strompreis

Komponenten des Strompreises

- **Energieerzeugung und Vertrieb:** Dieser Anteil des Strompreises deckt die Kosten für die Produktion von Strom und dessen Verkauf an die Endkunden ab. 20%-30% des Gesamtpreises.
- **Netzentgelte:** Diese machen rund 20%-25% des Strompreises aus und decken die Kosten für den Betrieb und die Instandhaltung der Stromnetze, einschließlich der Transport- und Verteilernetze.
- **Steuern, Abgaben und Umlagen:** Dieser Teil macht etwa 50% des Strompreises aus. Dazu gehören:

Stromsteuer, KWKG-Umlage (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz),
Offshore-Haftungsumlage, Umlage für abschaltbare Lasten, Mehrwertsteuer (MwSt.)

- **Konzessionsabgabe:** Die Konzessionsabgabe ist eine Abgabe, die Netzbetreiber an Gemeinden für die Nutzung öffentlicher Wege für Stromleitungen zahlen.
- **Marge des Energieversorgers:** Energieversorger fügen eine Gewinnmarge hinzu, die in der Regel in den Kosten für Energieerzeugung und Vertrieb enthalten ist.

Entwicklung des Strompreises - Finanztip

- Die Steigerung des Strompreises geht maßgeblich in die Wirtschaftlichkeitsberechnung ein.
- Lt. Finanztip stieg der Strompreis von 13,94€Ct (2000) auf aktuell 36,19€Ct (2022) (inkl. MwSt)

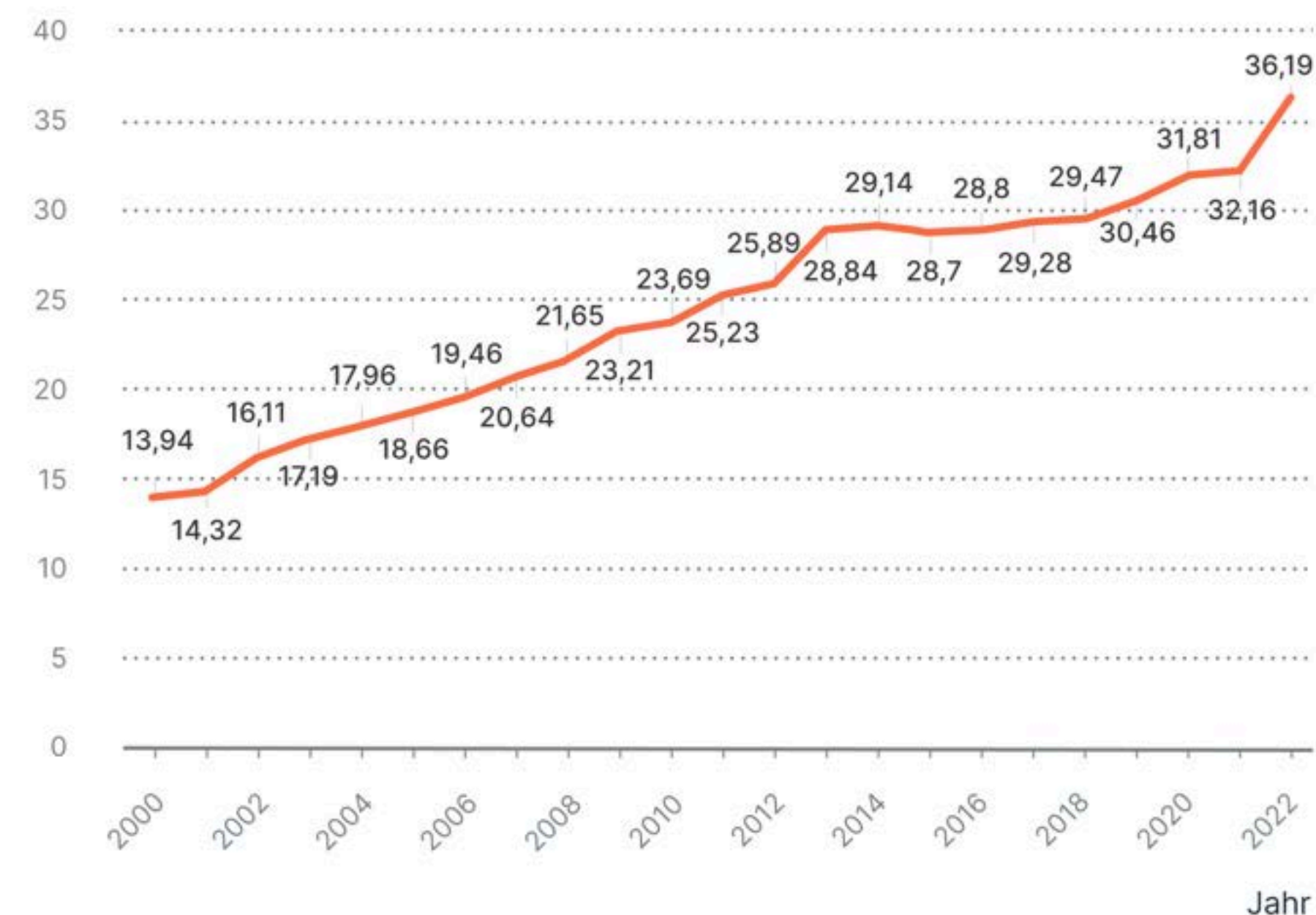
2000-2021 -> ca. 4,3% jährlich

2000-2022 -> ca. 4,9% jährlich

2012-2022 -> ca. 4,0% jährlich

- Machen Sie sich selbst ein Bild!
- **Machen Sie hier eine klare Vorgabe.**

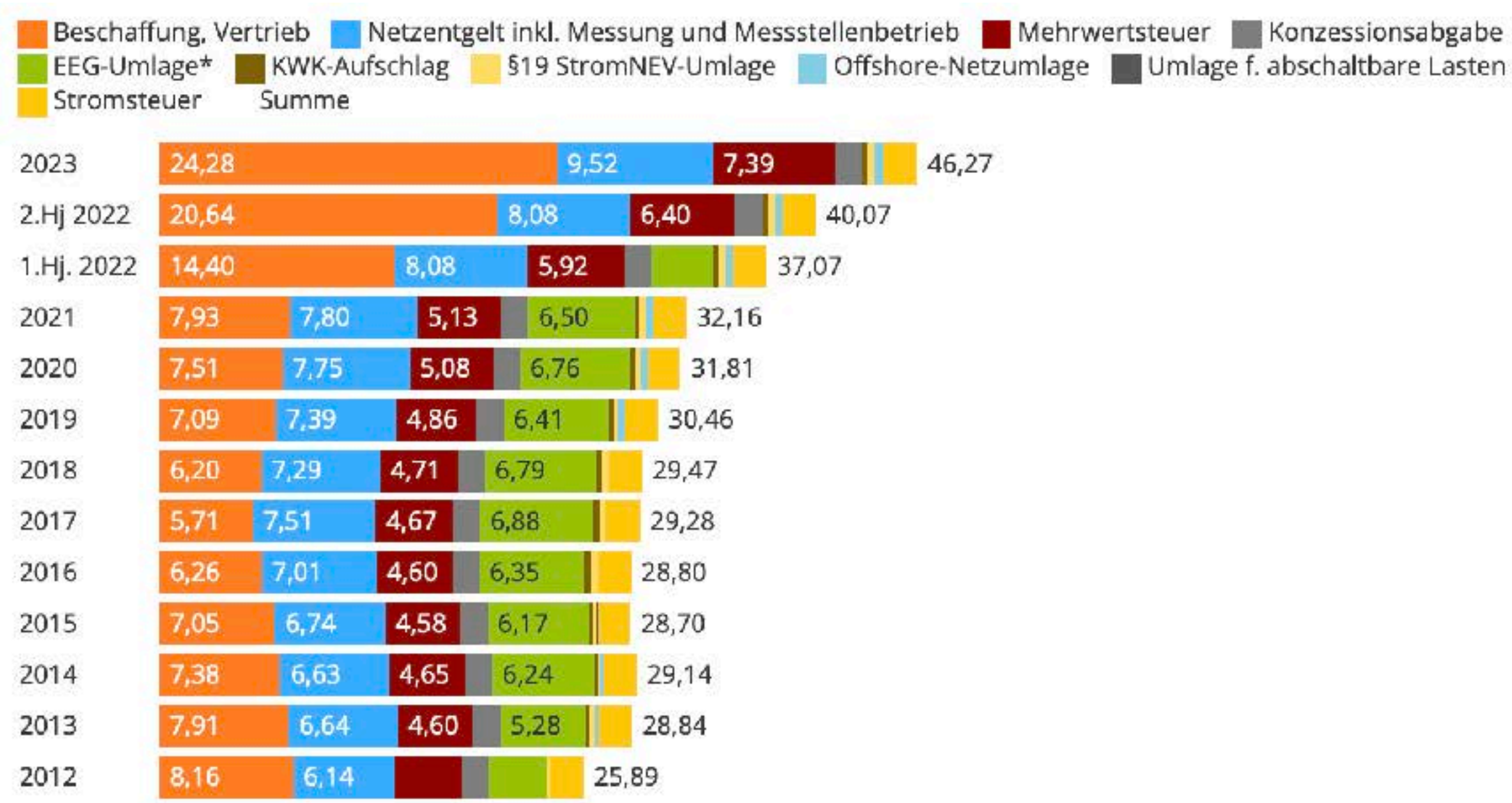
Preis in Cent pro Kilowattstunde



Finanztip: <https://www.finanztip.de/stromvergleich/strompreis/>

BDEW

- BDEW steht für Bund deutscher Elektrizitäts- und Wasserwerke
- Strompreissteigerung:
2012-2022 -> ca. 4,3% jährlich
- Beschaffung/Vertrieb
2012-2022 -> ca. 15,2% jährlich
- Netzentgelte
2012-2022 -> ca. 5,5% jährlich



19% MwSt im Jahr 2020
EEG-Umlage entfällt ab 01.07.2022

Stand: 07/2023

Quelle: BDEW • Daten • Einbetten • Grafik



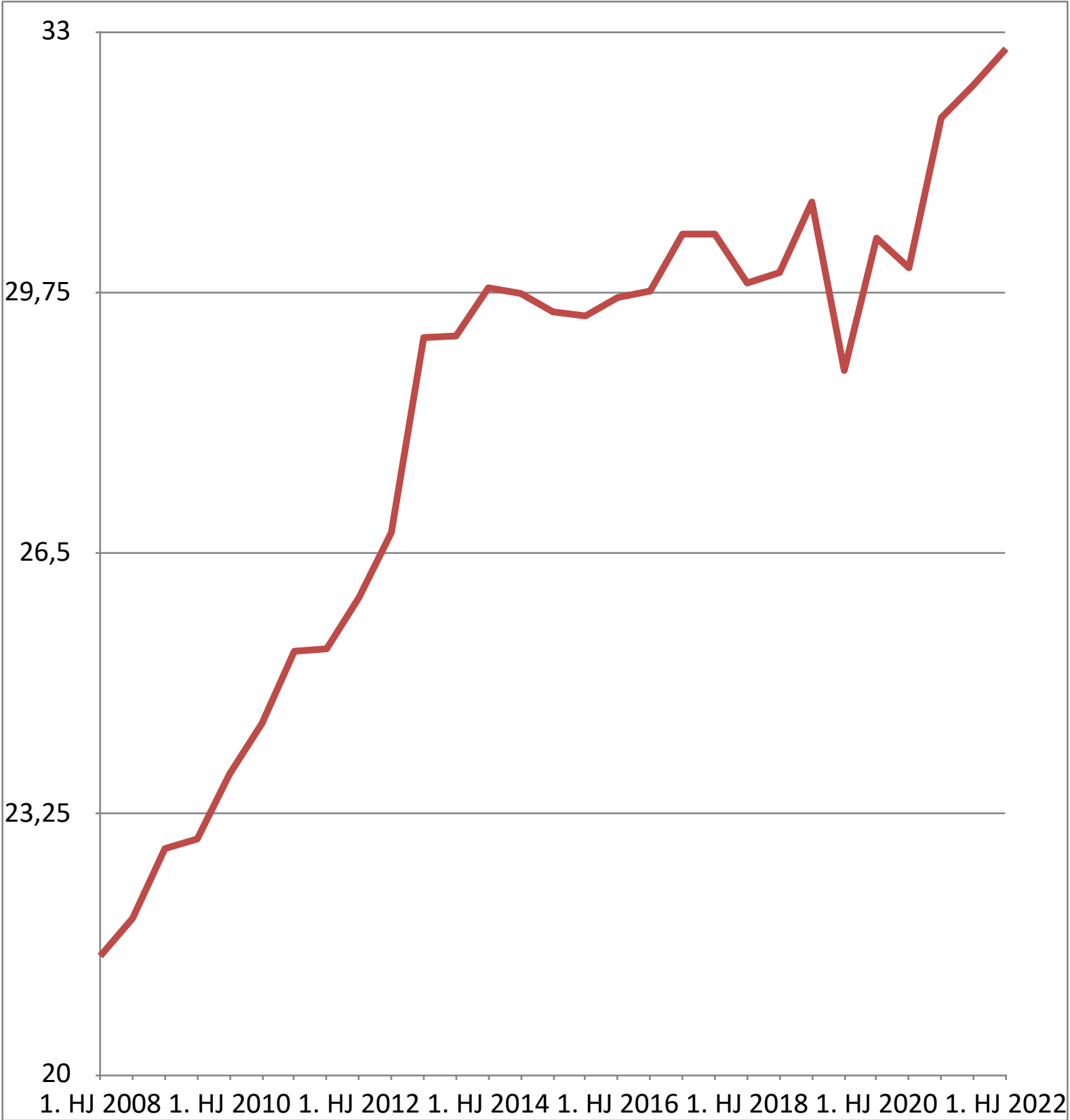
<https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/>

destatis

- Das Statistische Bundesamt ist die zentrale Einrichtung für amtliche Statistiken in Deutschland.
- Bietet neutrale, objektive, und fachlich unabhängige Daten zu verschiedenen Themenbereichen wie Gesellschaft, Wirtschaft, Umwelt und Staat.
- Strompreissteigerung (inflationsbereinigt):
2008-2022 -> ca. 3,8% jährlich
2012-2022 -> ca. 2,3% jährlich

www.destatis.de

Berichtszeitraum	Deutschland
1. HJ 2008	21,48
2. HJ 2008	21,95
1. HJ 2009	22,82
2. HJ 2009	22,94
1. HJ 2010	23,75
2. HJ 2010	24,38
1. HJ 2011	25,28
2. HJ 2011	25,31
1. HJ 2012	25,95
2. HJ 2012	26,76
1. HJ 2013	29,19
2. HJ 2013	29,21
1. HJ 2014	29,81
2. HJ 2014	29,74
1. HJ 2015	29,51
2. HJ 2015	29,46
1. HJ 2016	29,69
2. HJ 2016	29,77
1. HJ 2017	30,48
2. HJ 2017	30,48
1. HJ 2018	29,87
2. HJ 2018	30,00
1. HJ 2019	30,88
2. HJ 2019	28,78
1. HJ 2020	30,43
2. HJ 2020	30,06
1. HJ 2021	31,93
2. HJ 2021	32,34
1. HJ 2022	32,79



<https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Publikationen/Energiepreise/energiepreisentwicklung-pdf-5619001.html>

Thesen zur Strompreisentwicklung

These 1: Entwicklung der Energiemärkte

- Volatile Energiepreise: Die Fluktuationen der Preise für fossile Brennstoffe und erneuerbare Energiequellen wirken sich direkt auf den Strompreis aus.
- Energieangebot und -nachfrage: Veränderungen in Angebot und Nachfrage von Energie auf globaler Ebene werden die Strompreise beeinflussen.

These 2: Technologischer Fortschritt

- Fortschritte bei erneuerbaren Energien: Die Weiterentwicklung und Verbreitung von Technologien für erneuerbare Energien könnten die Strompreise senken.
- Effizienzsteigerung: Verbesserungen in der Energieeffizienz von Geräten und Anlagen könnten den Stromverbrauch und somit den Strompreis beeinflussen.

These 3: Politische und regulatorische Faktoren

- Energiepolitik: Politische Entscheidungen und Gesetzesänderungen im Energiebereich, z.B. Subventionen für erneuerbare Energien oder CO₂-Preise, haben einen direkten Einfluss auf den Strompreis.
- Internationaler Handel: Handelsabkommen, Sanktionen und Handelskriege können die Verfügbarkeit und die Kosten von Energieressourcen beeinflussen.

Thesen zur Strompreisentwicklung

These 4: Klima- und Umweltbedingungen

- Klimawandel: Extreme Wetterbedingungen und Klimaveränderungen können die Energieproduktion und -verbrauch beeinflussen, insbesondere bei erneuerbaren Energien wie Wasserkraft, Windenergie und Solarenergie.
- Ressourcenverfügbarkeit: Veränderungen in der Verfügbarkeit von Wasser und anderen Ressourcen können die Energieproduktion beeinflussen.

These 5: Wirtschaftliche Faktoren

- Wirtschaftswachstum: Ein stärkeres Wirtschaftswachstum führt in der Regel zu einer höheren Energie-Nachfrage, was sich auf die Strompreise auswirken kann.
- Inflation: Eine hohe Inflationsrate kann zu steigenden Kosten in der Energieproduktion und somit zu höheren Strompreisen führen.

These 6: Verbraucherverhalten

- Energiebewusstsein: Ein steigendes Bewusstsein für Energieverbrauch und Energieeffizienz bei Verbrauchern kann die Nachfrage und somit die Preise beeinflussen.
- Veränderung der Lebensgewohnheiten: Zum Beispiel erhöhter Home-Office-Anteil kann zu verändertem Energieverbrauch führen.

Thesen zur Strompreisentwicklung

These 7: Digitalisierung und Innovation

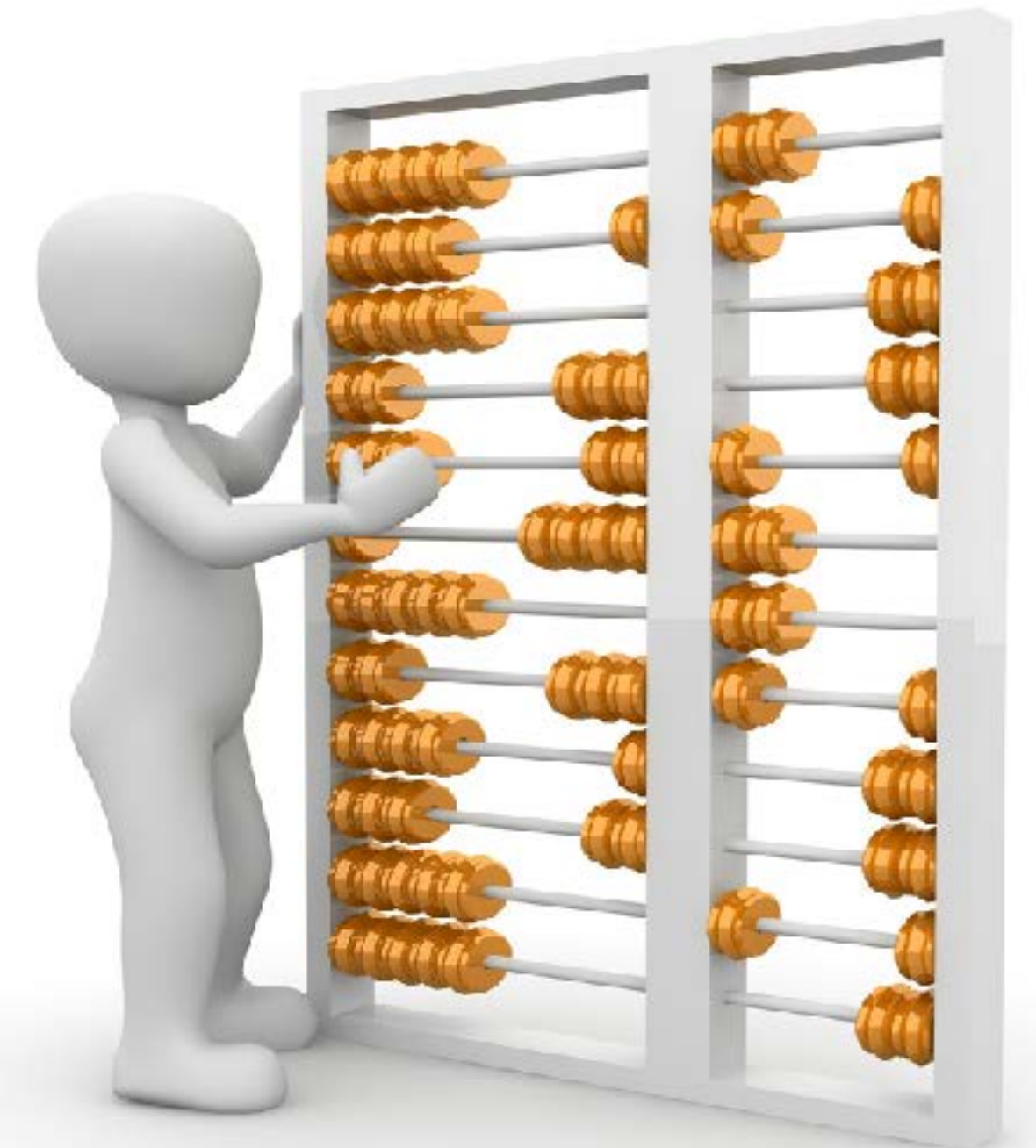
$$P=f(E,N,T,R,W,V,D)$$

- Smart Grids und Demand Response: Technologien, die eine flexiblere Stromnachfrage ermöglichen, können zu effizienterer Nutzung der Netzkapazitäten und damit zu stabileren Preisen beitragen.
- Blockchain und Peer-to-Peer Handel: Neue Technologien können zu veränderten Handelsmechanismen und Preismodellen führen.
- E die Kosten der Energieerzeugung ist,
- N die Netzentgelte darstellt,
- T die Steuern, Abgaben und Umlagen sind,
- R den Einfluss von regulatorischen Entscheidungen symbolisiert,
- W die Wetter- und Umweltbedingungen repräsentiert,
- V das Verbraucherverhalten ist,
- D den Einfluss von Digitalisierung und Innovationen darstellt.

Statische Wirtschaftlichkeitsrechnung

Ziel der Grobkalkulation

- Erfassung aus der „Jetztsicht“ für
 - Invest
 - Kosten-/Gewinnvergleich
 - Stromkosten
 - Einspeisung
 - Betriebskosten
 - Abschätzung einer Rentabilität
 - Statische Amortisation



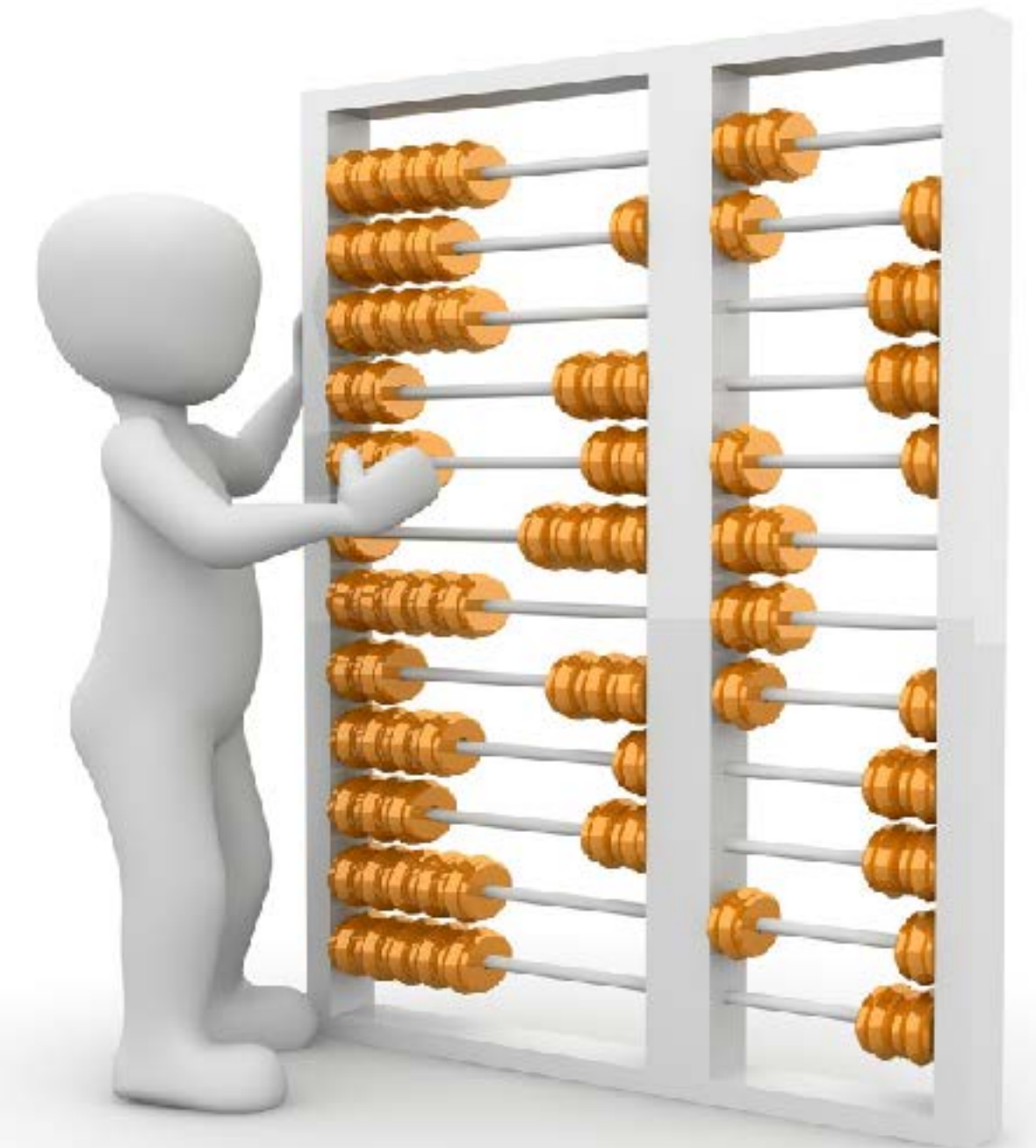
<https://pixabay.com/de/illustrations/taschenrechner-rechnen-rechner-1019936/>

=> 1. Abschätzung der Rentabilität über das 1. Jahr

Grobkalkulation - Bedingungen und Annahmen

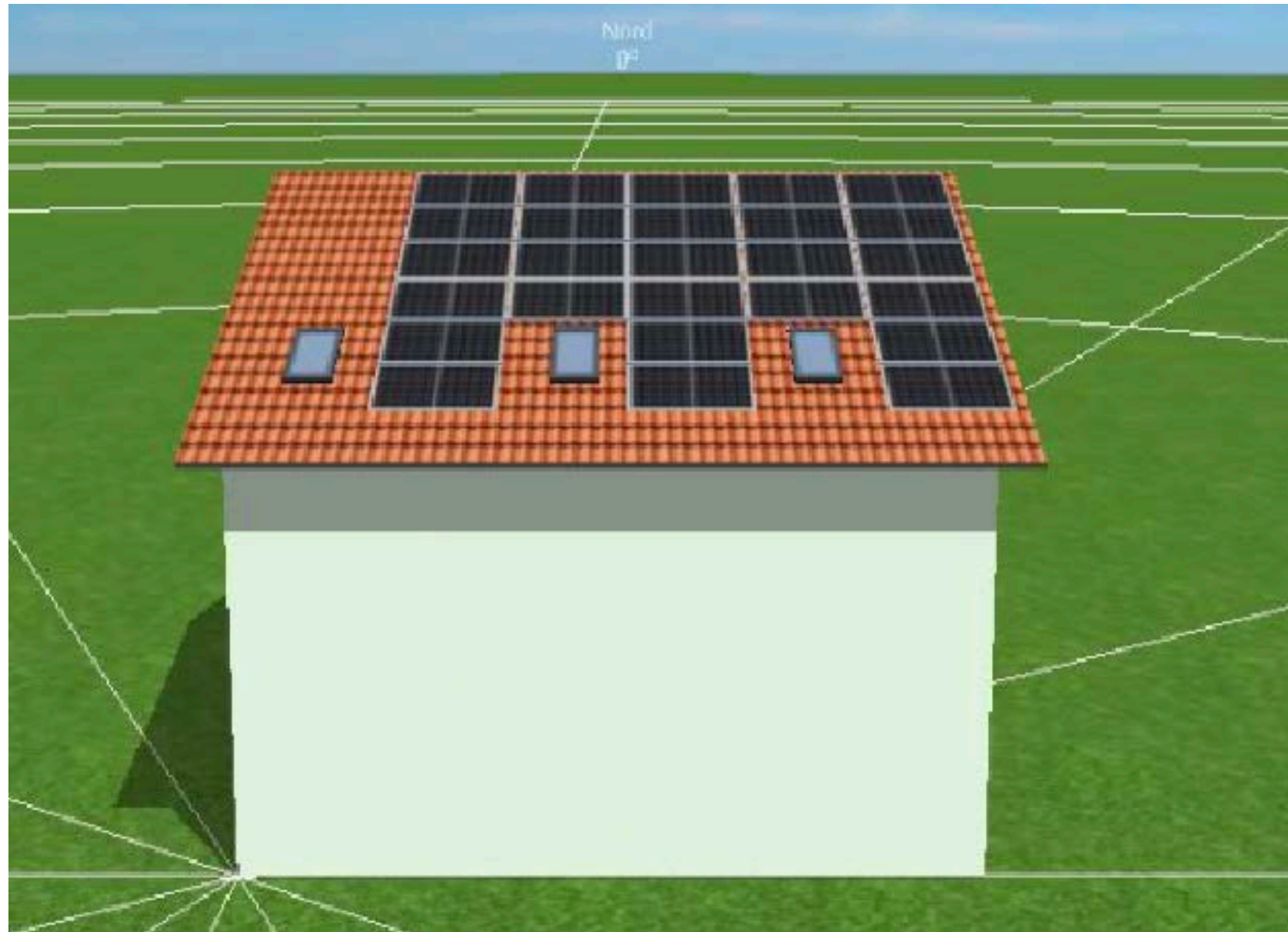
Die vorgestellte Grobkalkulation dient der
1. Abschätzung und berücksichtigt **nicht**:

- Verlauf von Kosten und Einnahmen über den betriebswirtschaftlichen Lebensdauer der Mieterstromanlage (z.B. 20 Jahre).
- Inflation
- Abschätzung der Kosten für Reparaturen
- Genaue Differenzierung der Allgemeinkosten
- Zusätzliche Kosten für Direktvermarktung
- Finanzierungskosten
- Steuerliche Betrachtung (USt., ESt., ...)

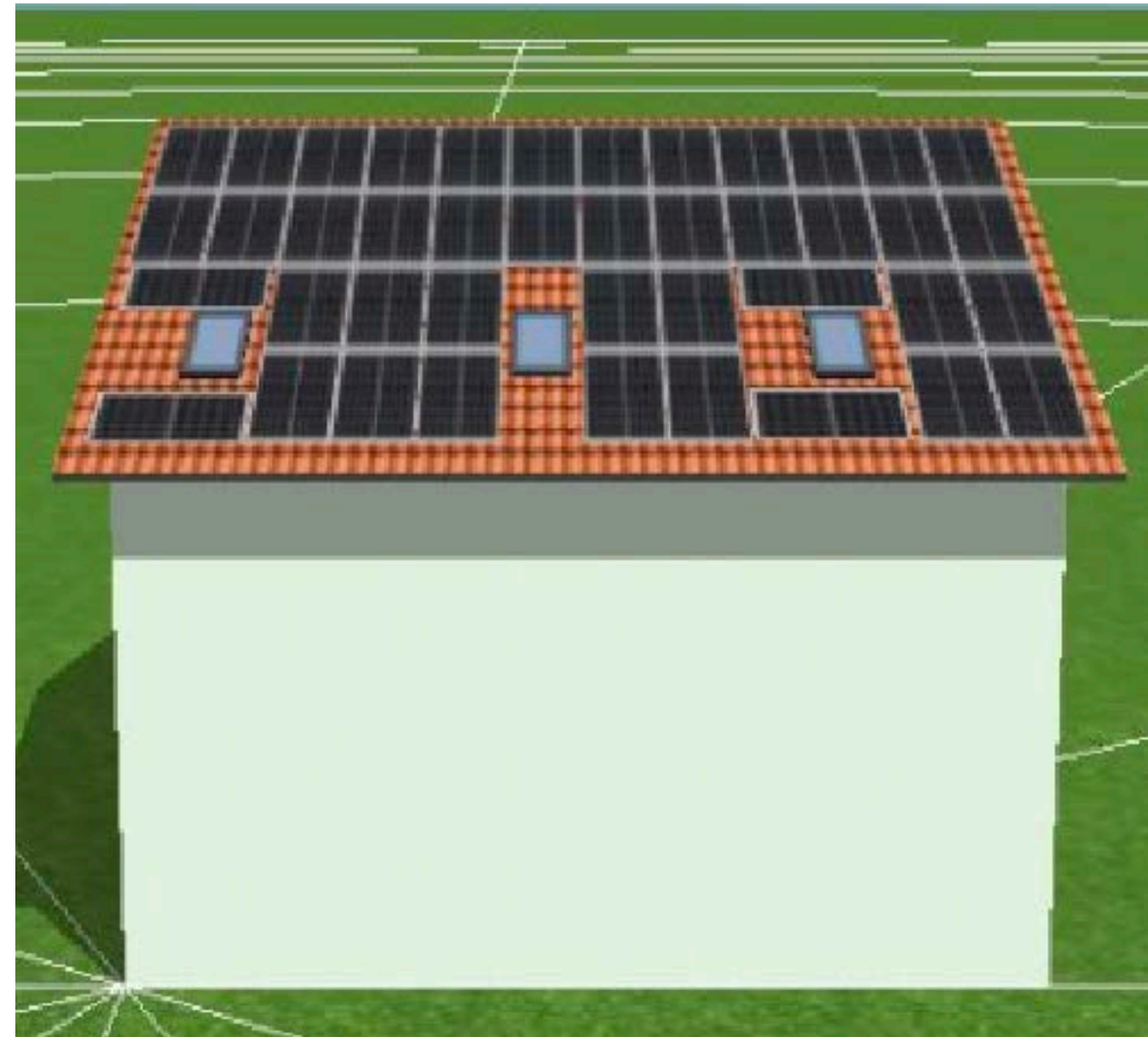


<https://pixabay.com/de/illustrations/taschenrechner-rechnen-rechner-1019936/>

Beispiel - Vergleich 2er Angebote



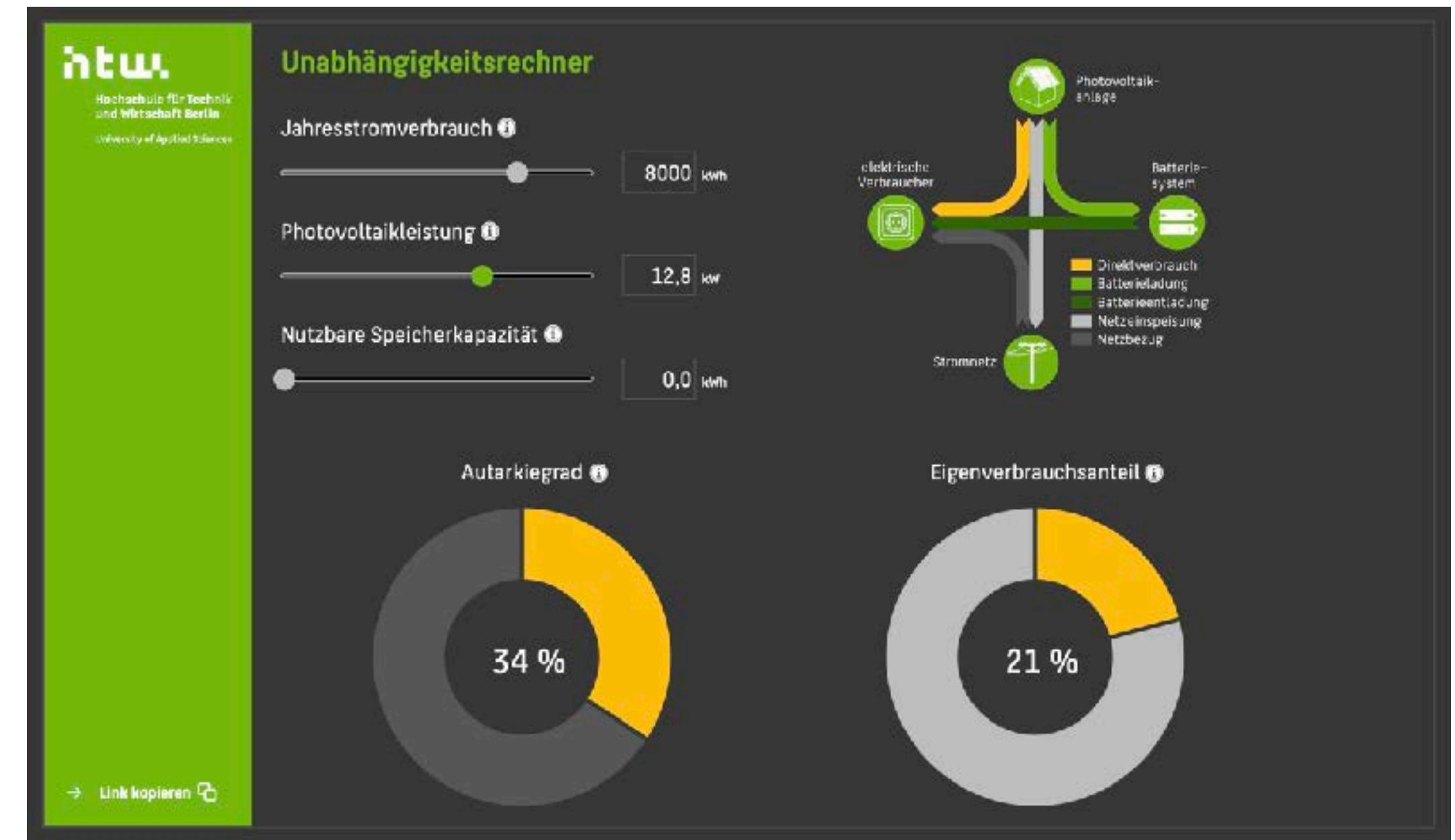
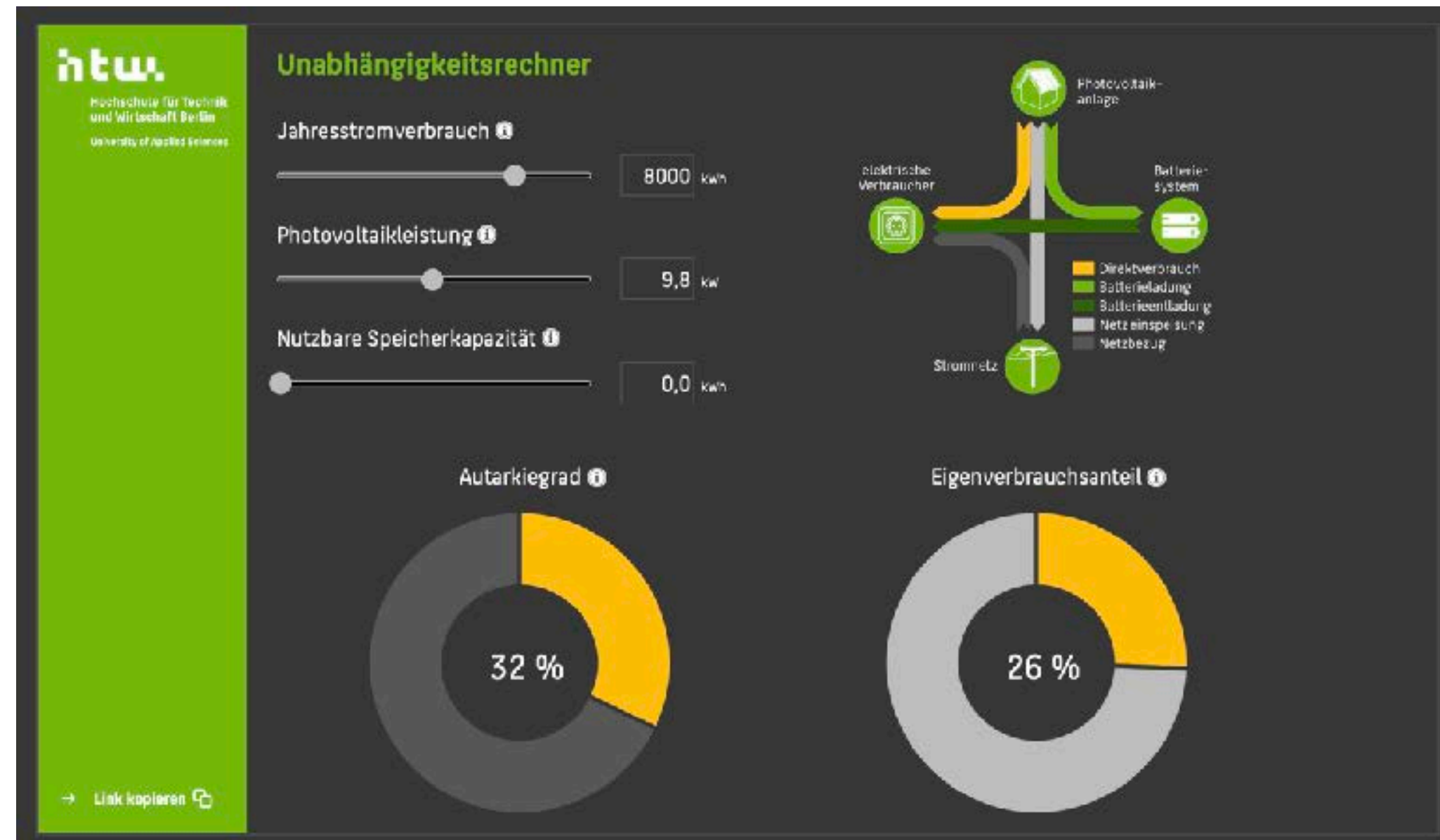
- Anlagengröße 9,75kWp
- Invest 14.300€
- Einspeisevergütung 0,082€/kWp
- Laufzeit 20 Jahre



- Anlagengröße 12,76kWp
- Invest 18.900€
- Einspeisevergütung 0,0797€/kWp
- Laufzeit 20 Jahre

• Stromkosten	0,29 €/kWh
• Instandhaltung	0,5 %/Invest
• Betriebskosten	7,5 €/kWp
• Spez. Ertrag:	1.050 kWh/kWp

Beispiel - Energiebilanz



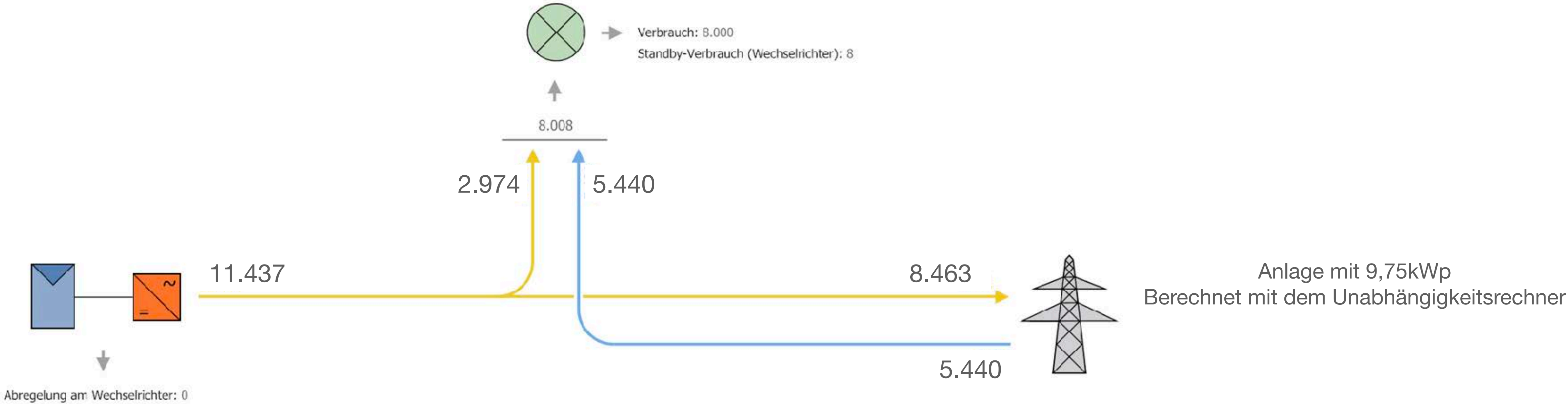
Quelle: HTW, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin: <https://solar.htw-berlin.de/rechner/unabhaengigkeitsrechner/>

- Anlagengröße 9,75kWp
- Autarkie 32%
- Eigenverbrauchsanteil 26%

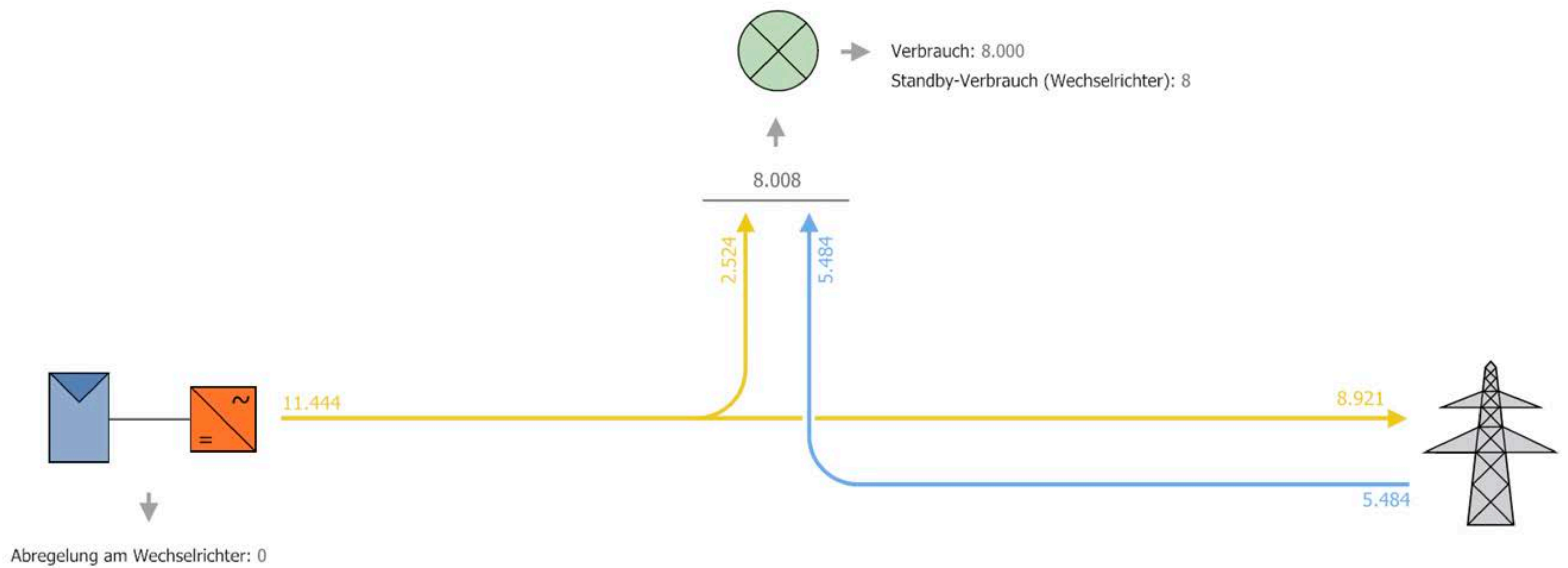
- Anlagengröße 12,76kWp
- Autarkie 34%
- Eigenverbrauchsanteil 21%

Beispiel - Energiebilanz (HTW Basis)

Energiefluss	Jährlicher Ertrag (kWh/a)	9,75kWp	12,76kWp
	Direktverbrauch (kWh/a)	11.437	14.967
	Einspeisung (kWh/a)	2.974	3.143
	Zukauf (kWh/a)	8.463	11.824
		5.440	5.280



Beispiel - Energiebilanz (PV*Sol)



Anlage mit 9,75kWp
Berechnet mit PV*Sol

Beispiel - Kosten und Überschuss

		9,75kWp	12,76kWp
Kosten und Einnahmen	Instandhaltungskosten (in €/a)	72	95
	Betriebskosten (in €/a)	73	96
	Einspeisevergütung (in €/a)	694	942
	Einsparung im 1. Jahr (in €/a)	862	912
Überschuss	Einnahmen im 1. Jahr (in €/a)	1.556	1.854
	Ausgaben im 1. Jahr (in €/a)	145	190
	Überschuss im 1. Jahr (in €/a)	1.412	1.664
	Abschätzung der Amortisation in Jahren	10,1	11,4

Anlage mit 9,75kWp
Berechnet mit dem Unabhängigkeitsrechner

Dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung nach VDI 6025 und VDI 2067-1

Was ist die dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung?

- Anwendung der VDI 6025 auf Photovoltaik (PV)
Investitionen ermöglicht eine **präzise dynamische Amortisationsrechnung**.
- Ziel ist die Bewertung der **Rentabilität** und finanzieller Aspekte einer PV-Investition, insbesondere **Amortisationszeit, interner Zinsfuß und Kapitalwert**.
- Der VDI 6025 Standard berücksichtigt den Zeitwert des Geldes - **Verfahren der Diskontierung**
- Besonders relevant für PV-Anlagen, da diese oft **langfristige und regelmäßige Cashflows** haben.

ICS 03.100.01, 91.140.10

VDI-RICHTLINIEN

November 2012

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Betriebswirtschaftliche Berechnungen für Investitionsgüter und Anlagen Economy calculation systems for capital goods and plants	VDI 6025 Ausg. deutschenglisch Issue German English
-----------------------------------	--	---

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	3
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Zahlungsarten und Kalkulationszinsfuß	4
2.1 Kapitalgebundene Zahlungen	5
2.2 Verbrauchsgebundene Zahlungen	5
2.3 Betriebsgebundene Zahlungen	5
2.4 Sonstige Zahlungen	6
2.5 Einzahlungen (eventuell Einsparungen)	8
2.6 Erfassung von Änderungsraten der Zahlungen	10
2.7 Kalkulationszinsfuß	12
3 Sensitivitätsanalyse, Grundlagen	20
4 Kapitalwertmethode	28
4.1 Zahlungsfolgen	28
4.2 Barwert	29
4.3 Preisdynamische Zahlungsfolgen	30
4.4 Ersatzwert	31
4.5 Berechnungsblatt und Ablaufplan für die Kapitalwertmethode	33
4.6 Sensitivitätsanalyse, Anwendung	33
5 Annuitätsmethode	39
5.1 Zahlungsfolgen und ihre Annuität	40
5.2 Berechnungsblatt und Ablaufplan für die Annuitätsmethode	43
5.3 Sensitivitätsanalyse, Anwendung	43

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Contents	Page
Preliminary note	3
Introduction	3
1 Scope	4
2 Types of payment and interest rate for costing purposes	4
2.1 Capital-linked payments	5
2.2 Consumption-linked payments	5
2.3 Operation-linked payments	5
2.4 Other payments	6
2.5 Lodgement (possible savings)	8
2.6 Inclusion of change rates for payments	10
2.7 Interest rate for costing purposes	12
3 Sensitivity analysis, basic principles	20
4 Capital value method	28
4.1 Payment sequences	28
4.2 Cash value	29
4.3 Price-dynamic payment sequences	30
4.4 Substitute value	31
4.5 Calculation sheet and flow chart for the capital value method	33
4.6 Sensitivity analysis, application	33
5 Annuity method	39
5.1 Payment sequences and their annuity	40
5.2 Calculation sheet and flow chart for the annuity method	43
5.3 Sensitivity analysis, application	43

VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG)

Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung

VDI-Handbuch Raumlufttechnik

VDI-Handbuch Wärme-/Heiztechnik

VDI-Handbuch Facility-Management

VDI-Handbuch Technischer Vertrieb und Produktmanagement

Vorgehen

Daten sammeln

- Einnahmen
- Ausgaben
- Inventionen
- Bedarfskosten
- Betriebskosten
- Kapitalkosten
- Zeitlicher Verlauf

Daten dynamisieren

- Zinsen
- Preisänderungen
- Inflation
- Diskontierung

Kalkulationen

- Energiebedarf
- Anlagen-eigenschaften berechnen

Kalkulation vor Annahmen!

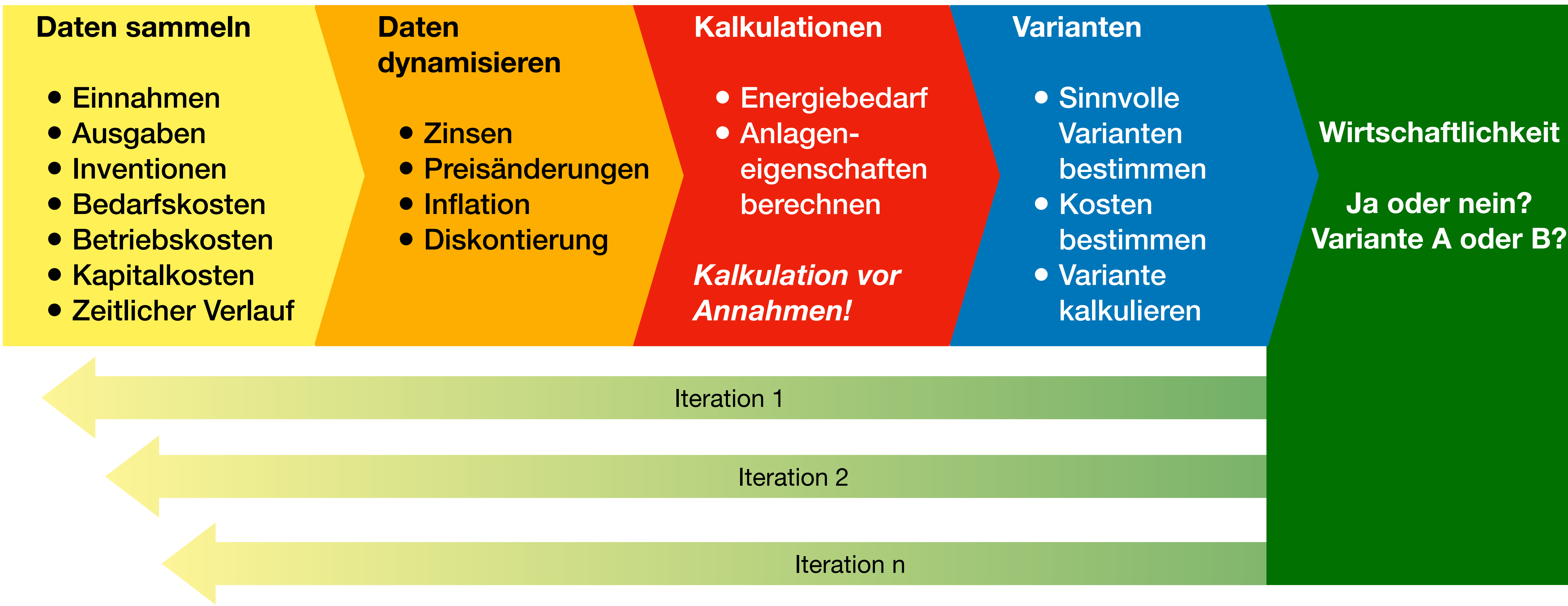
Varianten

- Sinnvolle Varianten bestimmen
- Kosten bestimmen
- Variante kalkulieren

Wirtschaftlichkeit

**Ja oder nein?
Variante A oder B?**

Vorgehen in Iterationen



Grundlegende Begriffe zur Wirtschaftlichkeitsrechnung

Cashflow

Der Cashflow ist der Überschuss von Einnahmen über Ausgaben für einen bestimmten Zeitraum (z. B. ein Jahr).

Einnahmen: Dies könnte der Verkauf von Strom sein, den die PV-Anlage erzeugt.
Positiver Wert

Ausgaben: Dies könnten Betriebskosten wie Wartung, Versicherung, Finanzierungskosten usw. sein.
Negativer Wert

Der Netto-Cashflow ist die Differenz von Einnahmen und Ausgaben.

Formel:
$$\text{Cashflow} = \text{Einnahmen} - \text{Ausgaben}$$

Barwert

Der Barwert ist der diskontierte Überschuss von Einnahmen über Ausgaben für einen bestimmten Zeitraum (z. B. ein Jahr).

Einnahmen: Dies könnte der Verkauf von Strom sein, den die PV-Anlage erzeugt.
Die Einnahmen werden diskontiert.

Positiver Wert

Ausgaben: Dies könnten Betriebskosten wie Wartung, Versicherung, Finanzierungskosten usw. sein. Die Ausgaben werden diskontiert.

Negativer Wert

Formel:
$$\text{Barwert} = \text{Einnahmen}_{\text{diskontiert}} - \text{Ausgaben}_{\text{diskontiert}}$$

Kapitalwert

Der Kapitalwert oder NPV (Net Present Value) ist der Überschuss aller Einnahmen und Ausgaben abzüglich des Invests für einen Betrachtungszeitraum (z. B. 20 Jahre).

Einnahmen: Dies könnte der Verkauf von Strom oder Einsparungen sein, den die PV-Anlage erzeugt.
Positiver Wert, diskontiert, ggf. mit Preisänderung

Ausgaben: Dies könnten Betriebskosten wie Wartung, Versicherung, Finanzierungskosten usw. sein.
Negativer Wert, diskontiert, ggf. mit Preisänderung

Investition: Summer aller Investitionen abzüglich der Förderungen
Negativer Wert

Formel:
$$\text{Kapitalwert} = - \text{Investition} + \text{Einnahmen}_{\text{diskontiert}} - \text{Ausgaben}_{\text{diskontiert}}$$
$$\text{Kapitalwert} = - \text{Investition} + \text{Barwert}$$

Was ist die Diskontierung?

- **Abzinsung des zukünftigen Cashflow auf den heutigen Wert**
- Grund ist der **Zeitwert des Geldes** (d.h. der heutige Betrag ist mehr wert als der gleiche Betrag in der Zukunft)
- Der **Diskontierungssatz (q)** ist der **Zinssatz**, mit dem der zukünftige Geldwert abgezinst wird.
- Zusätzlich kann Diskontierungssatz (q) das **Risiko für den zukünftigen Cashflow** ausgedrücken.



<https://pixabay.com/de/photos/finanzen-wachstum-kredit-4518404/>

Mehr Informationen unter

<https://www.smart-zebra.de/diskontierungszinssatz/>

https://senstadtfms.stadt-berlin.de/intelliform/forms/abau/berlin/anhang/anhang_2/index

Cashflow und PV-Anlagen zur Eigennutzung

Bei selbstversorgenden PV-Anlagen, bei denen der erzeugte Strom für den **Eigenbedarf** genutzt wird, spielen die **Einsparungen eine wichtige Rolle** bei der Berechnung des Cashflows. Diese Einsparungen entstehen, weil der selbst **erzeugte Strom den Bedarf an Strom aus dem Netz reduziert**, wodurch die Stromrechnung sinkt:

1. Berechnung der Einsparungen:

Stromerzeugung: Schätzen Sie, wie viel Strom die PV-Anlage im Laufe eines Jahres erzeugen wird.

Eigenverbrauch: Bestimmen Sie, wie viel von diesem Strom für den Eigenbedarf genutzt wird.

Einsparung pro Einheit: Finden Sie heraus, wie viel Sie pro Einheit Strom aus dem Netz bezahlen würden.

Gesamteinsparung: Multiplizieren Sie den Eigenverbrauch mit der Einsparung pro Einheit, um die gesamten jährlichen Einsparungen zu berechnen.

2. Einbeziehung in den Cashflow:

Einnahmen: Die Einsparungen können als Einnahmen betrachtet werden, da sie Geld sparen, das sonst für den Strom aus dem Netz ausgegeben worden wäre.

Barwert: Addieren Sie die Einsparungen zu den anderen Einnahmen (z. B. Verkauf von überschüssigem Strom) und ziehen Sie die Ausgaben ab, um den Barwert zu berechnen.

Kapitalwert: Subtrahieren Sie von allen Barwerten (z.B. jährlich) die Investitionen, abzgl. der Förderung.

Beispiel - Barwert

		9,75kWp	12,76kWp
Barwert oder Net Präsent Value (NPV)	1	1.371	1.612
	2	1.333	1.562
	3	1.296	1.514
	4	1.260	1.468
	5	1.226	1.424
	19	868	969
	20	849	945

$$B_N + B_N \cdot r - B_n \cdot q = B_N \cdot (1 + r - q)$$

		9,75kWp	12,76kWp
Barwert Instandhaltungs- kosten mit Inflation und Diskontierung	1	71	94
	2	70	93
	20	58	77
Barwert Betriebskosten mit Inflation und Diskontierung	1	72	95
	2	72	94
	20	60	78
Barwert Einspeisevergütung mit Diskontierung	1	661	898
	2	629	855
	20	262	355
Barwert Einsparung mit Diskontierung und Inflation	1	854	902
	2	845	893
	20	705	746



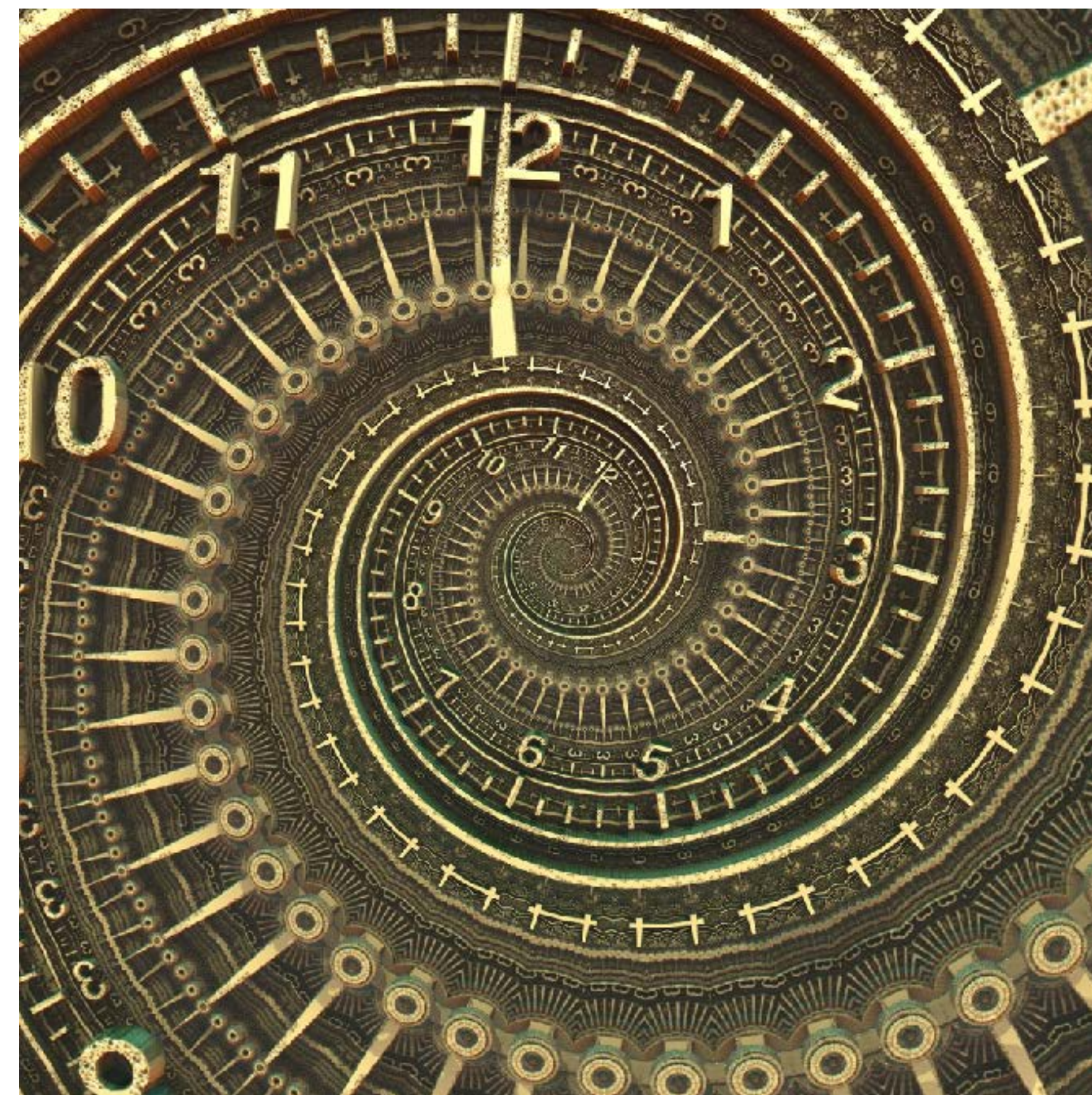
Nutzungsdauer / Investitionszeitpunkt

- Bestimmung der Nutzungsdauer
- Wenn die Nutzungsdauer geringer als der Betrachtungszeitpunkt ist gilt:
 - Zeitpunkt für die nötige Ersatzinvestition festlegen
 - Betrachtungszeitpunkt =
Nutzungsdauer der Komponente +
Nutzungsdauer der Ersatzkomponente1 +
Nutzungsdauer der Ersatzkomponente2 + ...
 - Restwert

Beispiel:

Nutzungsdauer eines Wechselrichter 15 Jahre

*=> Nutzungsdauer eines Ersatzwechselrichter 5 Jahre
(Betrachtungszeitraum 20 Jahre)*



<https://pixabay.com/de/illustrations/zeitmaschine-uhr-teleportieren-1974990/>

Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse ist ein Werkzeug, das verwendet wird, um zu verstehen, wie verschiedene Eingabewerte (z. B. Strompreis, Betriebskosten) die Ergebnisse einer Berechnung (z. B. NPV, Amortisationszeit) beeinflussen. Es hilft, die Unsicherheiten und Risiken einer Investition zu bewerten.

Anwendung auf PV-Anlagen: Bei der Bewertung von PV-Anlagen kann die Sensitivitätsanalyse verwendet werden, um die Auswirkungen von Schwankungen in:

Strompreis: Wie beeinflusst eine Änderung des Strompreises die Einsparungen und den NPV?

Betriebskosten: Wie wirken sich Änderungen der Wartungs- oder Versicherungskosten auf die Wirtschaftlichkeit aus?

Diskontierungssatz: Wie empfindlich ist der NPV gegenüber Änderungen des Diskontierungssatzes?

Stromerzeugung: Wie beeinflusst die Menge des erzeugten und selbst verbrauchten Stroms die Ergebnisse?

Hier nicht betrachtet!

Risiken

Bei der Investition in PV-Anlagen gibt es verschiedene Risiken und Unsicherheiten, die die Wirtschaftlichkeit beeinflussen können. Diese müssen bei der dynamischen Amortisationsrechnung berücksichtigt werden. Typische Risiken bei PV-Anlagen:

Marktrisiken:

Strompreisschwankungen: Änderungen des Strompreises können die Einsparungen und den NPV beeinflussen.

Förderungsänderungen: Änderungen der staatlichen Förderung können die Rentabilität beeinflussen.

Betriebsrisiken:

Wartung und Reparaturen: Ungeplante Wartungs- und Reparaturkosten können die Betriebskosten erhöhen.

Leistungsschwankungen: Die Leistung der PV-Anlage kann aufgrund von Wetterbedingungen oder technischen Problemen schwanken.

Finanzrisiken:

Zinssatzschwankungen: Änderungen der Zinssätze können die Finanzierungskosten beeinflussen.

Liquiditätsrisiken: Probleme mit der Liquidität können die Fähigkeit zur Deckung der Betriebskosten beeinträchtigen.

Strategien zur Risikominderung

Diversifikation: Investieren in verschiedene Energiequellen oder Märkte, um das Risiko zu streuen.

Versicherung: Abschluss von Versicherungen gegen bestimmte Risiken wie Ausfall oder Schäden.

Verträge: Langfristige Verträge für den Stromverkauf oder die Wartung können Preisschwankungen abfedern.

Sorgfältige Planung: Realistische Annahmen und sorgfältige Analyse der potenziellen Risiken.



Kapitalwertmethode

Kapitalwertmethode

- Die **Investition** führt zu einer Abfolge von **Zahlungen** $Z_0, Z_1, Z_2, \dots, Z_T$ zu den **Zeitpunkten** $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$
- Einzahlungen sind positiv, Auszahlungen sind negativ!
- Die Zahlungen nennt man **diskontierte Zahlungen**, weil diese abgezinst oder aufgezinst werden.
- Der **Kapitelwert** ist die **Summe aller Zahlungen** ab dem **Zeit** t_0 abgezinsteres Kapitel.
- Der Kapitalwert wird auch **Netto-Barwert** genannt.
 t_0 bezeichnet den Investitionszeitpunkt.

$$K = \sum_{n=0}^T \frac{Z_n}{(1+r)^{(t_n - t_0)}} = Z_0 + \sum_{n=1}^T \frac{Z_n}{(1+q)^n}$$

Z_0 :	Investition
Z_n :	Zahlung zur Periode n
Q:	Diskontierungswert
$t_0 \dots t_n$:	Zeitpunkte 0..n
T:	Betrachtungszeitraum
n:	Periode
K:	Kapitalwert oder NPV (Net Present Value)

Barwert

- Der **Barwert** beschreibt alle abgezinsten Zahlungen **ohne Investition** (Anfangszahlung) $Z_1, Z_2, \dots Z_T$ zu den Zeitpunkten $t_1, t_2, \dots t_n$
- Der **Barwert** repräsentieren den heutigen Wert der Zahlungen.
- Der Barwert ist die Summe aller **diskontierten Zahlungen ohne Invest:**

$$B = \sum_{t=1}^T \frac{Z_t}{(1 + q)^t}$$

B:	Barwert
Z_t :	abgezinste Zahlung zum Zeitpunkt t
q:	Diskontierungssatz
$t_1 \dots t_n$:	Zeitpunkte 1..t

Barwert und Kapitalwert

$$K = Z_0 + \sum_{t=1}^T \frac{Z_t}{(1+q)^t} = Z_0 + B$$

K:	Kapitalwert (NPV)
B:	Barwert
Z_0 :	Investition
Z_t :	abgezinste Zahlung zum Zeitpunkt t
r :	Diskontierungssatz
$t_1 \dots t_n$:	Zeitpunkte 1..n



<https://pixabay.com/de/photos/finanzen-wachstum-kredit-4518404/>

Beispiel

- Anfangsauszahlung A_0 : 20.000
- Einzahlungen: $E_t = [3.000, 3.500, 4.000, 4.200, 4.500]$
- Auszahlungen: $A_t = [1.000, 1.200, 1.300, 1.400, 1.500]$
- Diskontierungssatz: $r = 1,08$ (8%)

$$K = -20.000 + \frac{3.000 - 1.000}{1,08} + \frac{3.500 - 1.200}{1,08^2} + \frac{4.000 - 1.300}{1,08^3} + \frac{4.200 - 1.400}{1,08^4} + \frac{4.500 - 1.500}{1,08^5} = -9.933$$

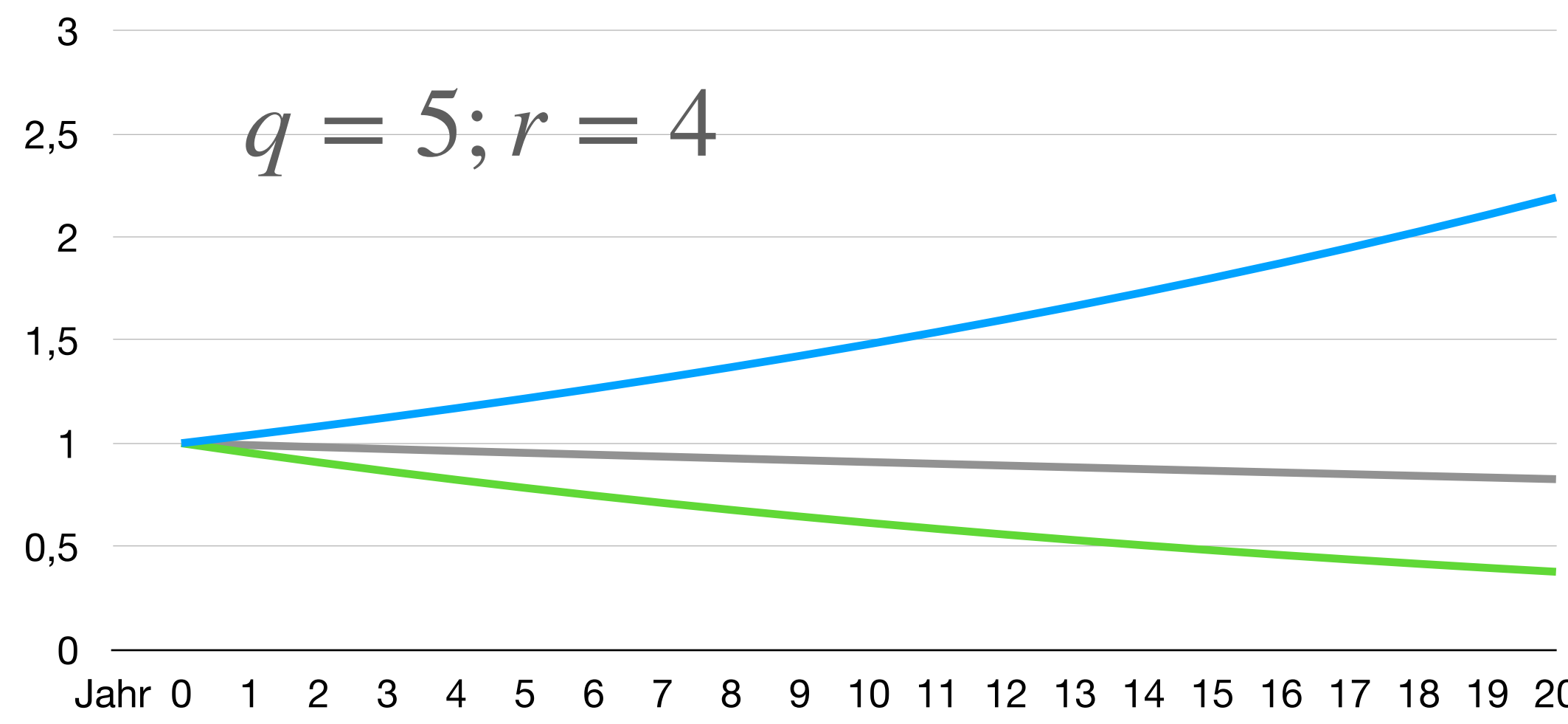
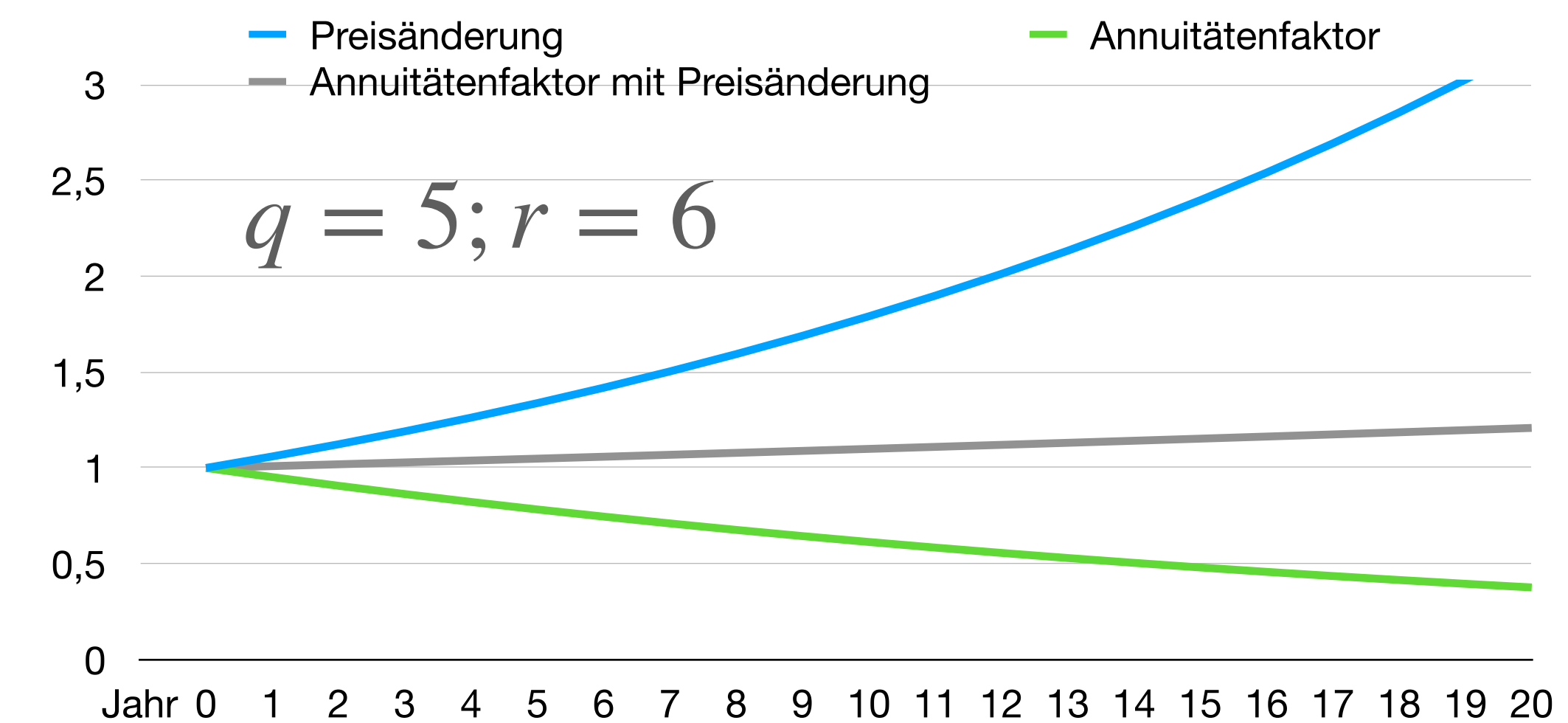
$$B = \frac{3.000 - 1.000}{1,08} + \frac{3.500 - 1.200}{1,08^2} + \frac{4.000 - 1.300}{1,08^3} + \frac{4.200 - 1.400}{1,08^4} + \frac{4.500 - 1.500}{1,08^5} = 10.067$$

Diskontierung und Preisänderung

Diskontierung und Preisänderung ist in Kombination zu betrachten.

$$K = \sum_{t=0}^T Z_t \cdot \frac{r^t}{q^t} = Z_0 + \sum_{t=1}^T Z_t \cdot \frac{r^t}{q^t}$$

Z_0 :	Investition
Z_t :	Zahlung zur Periode n
q:	Diskontierungswert
$t_0 \dots t_n$:	Zeitpunkte 0..n
T:	Betrachtungszeitraum
K:	Kapitalwert oder NPV (Net Present Value)



Barwert und Inflation

Inflation

- Allgemeiner Anstieg der Preise
- Minderung der Kaufkraft des Geldes mittels 2er Methoden:
 - **Inflationsbereinigter Barwert (Preisänderung):**
 - Zukünftiger Barwert mit **geschätzter Inflation**.
 - **Realer Diskontierungssatz:**
 - Anpassung an **erwartete Inflation mit Diskontierung**.
 - Berechnung:
$$\frac{\text{Inflationsrate}^t}{\text{Diskontierungssatz}^t}$$



<https://pixabay.com/de/photos/zahnrad-zahnräder-euro-devisen-384743/>

Vergleich im Vorgehen

Beispiel:

Zahlungen von je 10.000€ in 5 Jahren, Preissteigerung 2% ($r=1,02$), Diskontierung 5% ($q=1,05$)

Inflationsbereinigter Barwert:

$$B_{(r)} = \sum_{t=1}^T Z_t \cdot \frac{1}{r^t}$$

$$B_{(r)} = 10.000 \cdot \frac{1}{1,02^1} + \dots + 10.000 \cdot \frac{1}{1,02^5} = 47.135$$

Realer Barwert:

$$B_{real(r,q)} = \sum_{t=1}^T Z_t \cdot \frac{r^t}{q^t}$$

$$B_{real(r,q)} = 10000 \cdot \frac{1,02^1}{1,05^1} + \dots + 10.000 \cdot \frac{1,02^5}{1,05^5} = 45.874$$

Empfohlenes Vorgehen - Realer Barwert

Für PV-Anlagen empfehlen wir die Methode „Realer Barwert“:

- **Zahlungen und Einsparungen:**
Berücksichtigung der Preisänderung und Diskontierung
- **Einspeisevergütung:**
Berücksichtigung der Diskontierung



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

Cashflow und PV-Anlagen zur Eigennutzung

- Bei selbstversorgenden PV-Anlagen, für den Eigenbedarf, spielen die Einsparungen entscheidend.
- Die **Einsparungen** werden als **Einnahmen** betrachtet.

1. Berechnung der Einsparungen:

- **Stromerzeugung:** Schätzung/Berechnung des Stromes der PV-Anlage (Generatorenergie) für ein Jahr.
- **Eigenverbrauch:** Bestimmen Sie, wie viel von diesem Strom für den Eigenbedarf genutzt wird.
- **Einsparung:** Der Arbeitspreis für den eingekauften Strom multipliziert mit dem Eigenverbrauch.

2. Einbeziehung in den Netto-Cashflow:

Einnahmen: Die Einsparungen werden als Einnahmen betrachtet, da sie Geld sparen, das sonst für den Strom aus dem Netz ausgegeben worden wäre.

- **Cashflow:** Addieren Sie
 - die **Einsparungen**
 - zu den anderen **Einnahmen** (Verkauf von überschüssigem Strom) und
 - ziehen Sie die **Ausgaben** (Betriebskosten, ...) ab und
 - zinsen Sie die ermittelten jährlichen Zahlungen ab

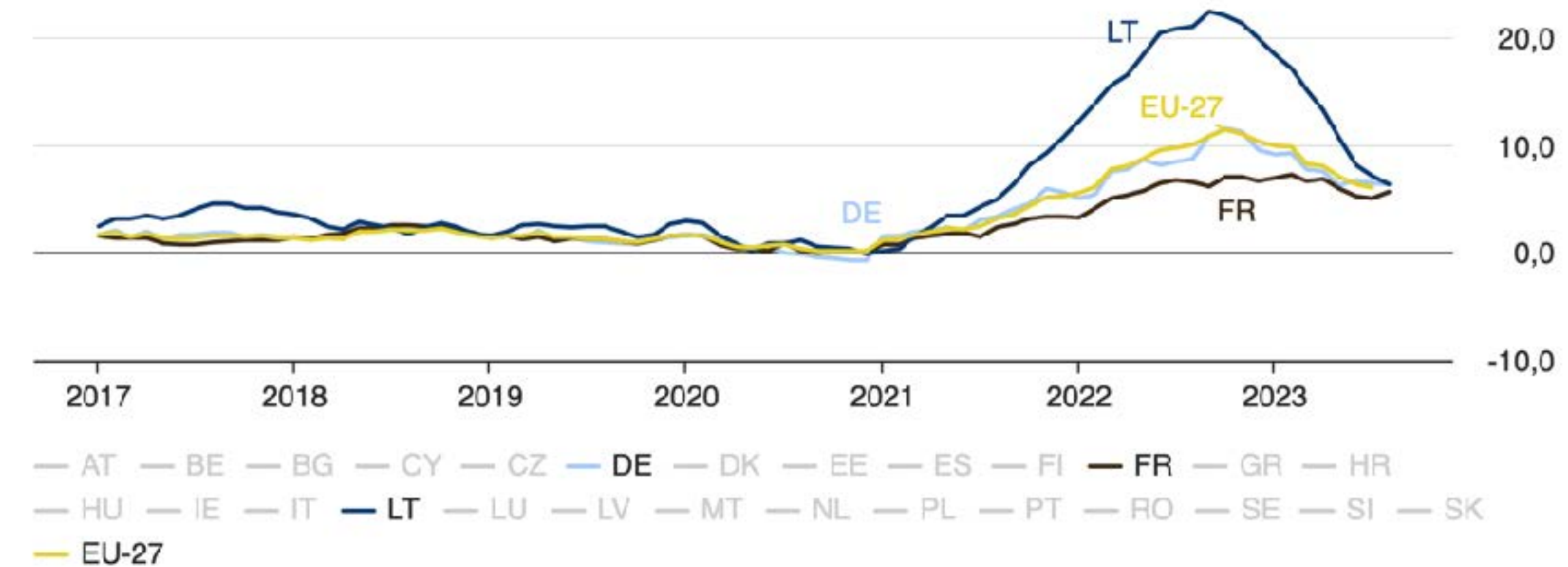
Diskontierungssatz

Empfehlungen für den Diskontierungssatz:

- ISE Fraunhofer Institut: 4%
<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>
- WBE: 3,95%
<https://wibe.de/wahl-des-zinssatzes-fur-wirtschaftlichkeitsuntersuchungen-wibe-projekte/>
- Bundesnetzagentur: 5,07%
https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/20211020_EKZins.html
- Destatis (Statistisches Bundesamt)
Harmonisierter Verbraucherpreisindex (seit 2017), 3,3%
<https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/Wirtschaft-Finanzen/Inflation.html>

Harmonisierter Verbraucherpreisindex insgesamt

Veränderungsraten zum Vorjahresmonat in %



Zum Teil Schätzungen.
Quelle: Eurostat

© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2023

Kapitalflussmethode - Bewertung

Kriterien zur Bewertung:

- $K > 0$ => Investition amortisiert
- $K_1 < K_2$ => Investition2 rentiert mehr

Kapitalwert	$K < 0$	$K > 0$
Bedeutung für die Investition	Die Investition führt zum Verlust	Die Investition rentiert



<https://pixabay.com/de/photos/gerechtigkeit-waage-balance-anwalt-423446/>

Beispiel - Kapitalwert

		9,75kWp	12,76kWp
Invest (in €)		14.300	18.900
Netto Cashflow (NPV) 20 Jahren (in €)		21.587	24.748
Kapitalwert oder Net Präsent Value (NPV)		7.287	5.848
	Jahr		
Barwerte nach Jahren	1	-12.929	-17.288
	2	1.333	1.562
	3	1.296	1.514
	4	1.260	1.468
	19	868	969
	20	849	945



Annuitätenmethode

Annuitätenmethode

- Finanzierungsmethode zur Umwandlung von Zahlungen
- **Ziel:** Umwandlung nicht periodischer und periodischer Zahlungen und veränderlichen Beträge in **gleichmäßige periodische Zahlungen**
- Ermittlung von **durchschnittliche Zahlungen** über den Betrachtungszeitraum
- Resultierende periodische Zahlung: **Annuität**
- Bewertung der Rentabilität von Investitionsprojekten vor allem mit **verschiedenen Nutzungsdauern**.



<https://pixabay.com/de/photos/geld-finanzen-hypothek-darlehen-2696229/>

Annuität

- Berechnung des Annuitätenfaktor

$$a_t = \frac{q^t \cdot (q - 1)}{q^t - 1}$$

- Berechnung der Annuität

$$AN = \frac{q^T \cdot (q - 1)}{q^T - 1} \cdot K = a_T \cdot K$$



<https://pixabay.com/de/photos/geld-finanzen-hypothek-darlehen-2696229/>

AN :	Investition
a_t oder a_T :	Annuitätenfaktor zum Zeitpunkt t oder Laufzeit T
q :	Diskontierungswert
$t_0 \dots t_n$:	Zeitpunkte 0..n
T :	Betrachtungszeitpunkt
K :	Kapitalwert oder NPV (Net Present Value)

Annuität - Beispiel

Zins/Zinsfaktor	5,00 %		1,05	
Zeitpunkt	Investition1		Investition2	
	Cashflow	Barwert	Cashflow	Barwert
0	-15.000	-15.000	-10.000	-10.000
1	1.100	1.048	711	677
2	1.200	1.088	890	807
3	750	648	950	821
4	950	782		
5	770	603		
Kapitalwert	-10.831		-7.695	
Zeitpunkt	Investition1		Investition2	
	Annuität	Barwert der Annuität	Annuität	Barwert der Annuität
0				
1	-2.502	-2.383	-2.826	-2.691
2	-2.502	-2.269	-2.826	-2.563
3	-2.502	-2.161	-2.826	-2.441
4	-2.502	-2.058		
5	-2.502	-1.960		
Kapitalwert	-10.831		-7.695	
Annuitäten	-2.502 *		-2.826 *	

* RMZ-Funktion ist Bestandteil von Excel und Numbers



<https://pixabay.com/de/illustrations/graph-wachstum-finanzen-profite-163509/>

Annuität - Beispiel

Zins/Zinsfaktor	5,00 %		1,05	
Zeitpunkt	Investition1		Investition2	
	Cashflow	Barwert	Cashflow	Barwert
0	-15.000	-15.000	-10.000	-10.000
1	1.100	1.048	711	677
2	1.200	1.088	890	807
3	750	648	950	821
4	950	782		
5	770	603		
Kapitalwert	-10.831		-7.695	
Zeitpunkt	Investition1		Investition2	
	Annuität	Barwert der Annuität	Annuität	Barwert der Annuität
0				
1	-2.502	-2.383	-2.826	-2.691
2	-2.502	-2.269	-2.826	-2.563
3	-2.502	-2.161	-2.826	-2.441
4	-2.502	-2.058		
5	-2.502	-1.960		
Kapitalwert	-10.831		-7.695	
Annuitäten	-2.502		-2.826	



<https://pixabay.com/de/illustrations/graph-wachstum-finanzen-profite-163509/>

Die Investition 2 ist rentabler

Annuitätenfaktor

- Basierend auf Zinssatz, Laufzeit und einer geometrischer Reihe:

$$a_t = \frac{q^t \cdot (q - 1)}{q^t - 1}$$

a_t :
 q :
 t :

Annuitätenfaktor zum Zeitpunkt t
Diskontierungssatz
Zeitpunkt

Jahr	r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Annuitäten- faktor a	1,02	1,0200	0,5150	0,3468	0,2626	0,2122	0,1785	0,1545	0,1365	0,1225	0,1113	0,1022	0,0946	0,0881	0,0826	0,0778	0,0737	0,0700	0,0667	0,0638	0,0612
	1,03	1,0300	0,5226	0,3535	0,2690	0,2184	0,1846	0,1605	0,1425	0,1284	0,1172	0,1081	0,1005	0,0940	0,0885	0,0838	0,0796	0,0760	0,0727	0,0698	0,0672
	1,04	1,0400	0,5302	0,3603	0,2755	0,2246	0,1908	0,1666	0,1485	0,1345	0,1233	0,1141	0,1066	0,1001	0,0947	0,0899	0,0858	0,0822	0,0790	0,0761	0,0736
	1,05	1,0500	0,5378	0,3672	0,2820	0,2310	0,1970	0,1728	0,1547	0,1407	0,1295	0,1204	0,1128	0,1065	0,1010	0,0963	0,0923	0,0887	0,0855	0,0827	0,0802
	1,07	1,0700	0,5531	0,3811	0,2952	0,2439	0,2098	0,1856	0,1675	0,1535	0,1424	0,1334	0,1259	0,1197	0,1143	0,1098	0,1059	0,1024	0,0994	0,0968	0,0944
	1,08	1,0800	0,5608	0,3880	0,3019	0,2505	0,2163	0,1921	0,1740	0,1601	0,1490	0,1401	0,1327	0,1265	0,1213	0,1168	0,1130	0,1096	0,1067	0,1041	0,1019
	1,09	1,0900	0,5685	0,3951	0,3087	0,2571	0,2229	0,1987	0,1807	0,1668	0,1558	0,1469	0,1397	0,1336	0,1284	0,1241	0,1203	0,1170	0,1142	0,1117	0,1095
	1,10	1,1000	0,5762	0,4021	0,3155	0,2638	0,2296	0,2054	0,1874	0,1736	0,1627	0,1540	0,1468	0,1408	0,1357	0,1315	0,1278	0,1247	0,1219	0,1195	0,1175

Annuität - Beispiel

Zins/Zinsfaktor	5,00 %		1,05	
	Investition1		Investition2	
Zeitpunkt	Cashflow	Barwert	Cashflow	Barwert
0	-15.000	-15.000	-10.000	-10.000
1	1.100	1.048	711	677
2	1.200	1.088	890	807
3	750	648	950	821
4	950	782		
5	770	603		
Kapitalwert		-10.831		-7.695

Annuitätsfaktor

$$a_{(5)} = \frac{1,05^5 \cdot (1,05 - 1)}{1,05^5 - 1} = 0,2310$$

$$a_{(3)} = \frac{1,05^3 \cdot (1,05 - 1)}{1,05^3 - 1} = 0,3672$$

Annuität nach
n Jahren

$$AN = - 10.831 \cdot 0,2310 = - 2.502$$

$$AN = - 7.695 \cdot 0,3672 = - 2.826$$

$$a_t = \frac{q^t \cdot (q - 1)}{q^t - 1}$$

$$B_t = Z_t \cdot \frac{q^t \cdot (q - 1)}{q^t - 1} = Z_t \cdot a_t$$

- AN: Annuität
- B_t : Barwert zum Zeitpunkt n
- Z_t : abgezinste Zahlung zum Zeitpunkt t
- a_t : Annuitätenfaktor zum Zeitpunkt t
- q: Diskontierungssatz
- t: Zeitpunkt

Annuitätenmethode - Bewertung

Kriterien zur Bewertung:

- $AN_1 > AN_2$ => Investition1 rentiert mehr
- $AN > 0$ => Investition amortisiert

Annuität	$AN < 0$	$AN > 0$
Bedeutung für die Investition	Die Investition führt zum Verlust	Die Investition rentiert
Annuitäten	$AN_1 < AN_2$	$AN_1 > AN_2$
Vergleich der Investitionen	Investition2 rentiert mehr	Investition1 rentiert mehr



<https://pixabay.com/de/photos/gerechtigkeit-waage-balance-anwalt-423446/>

Beispiel - Annuitäten

	9,75kWp	12,76kWp
Invest (in €)	14.300	18.900
Betrachtungszeitraum in Jahren	20	20
Kapitalwert	7.287	5.848
Resultierender Zins q-r	1,00 %	1,00 %
Resultierender Zinsfaktor (q-r)	1,01	1,01
Annuität - RMZ()	404	324



Zinsfussmethode

Was ist die Zinsfußmethode?

- Anderer Begriff:
Interner Zinsfuß (IRR, Internal Rate of Return)
- **Finanzmathematisches** Verfahren zur **Bewertung von Investitionen**
- Methode: Barwert der Ein- und Auszahlungen einer Investition ist **gleich Null**
- Ziel
 - Bestimmung der **Rentabilität** von Investitionen
 - **Entscheidungshilfe** für oder gegen Investitionen



<https://pixabay.com/de/photos/währung-krise-miniaturfiguren-geld-4370204/>

Die Zinsfußmethode im Detail

Der Interne Zinsfuß (IRR) ist der Zinssatz, bei dem der Kapitalwert (NPV, Net Present Value) aller zukünftigen Barwerte, inklusive des Invests gleich Null sind.

Die IRR-Formel kann wie folgt ausgedrückt werden:

$$K = Z_0 + \sum_{n=1}^T \frac{Z_n}{(1+i)^n} = 0$$



<https://pixabay.com/de/illustrations/graph-wachstum-finanzen-profite-163509/>

Z_0 :	Investition
Z_n :	Zahlung zur Periode n
i :	Interner Zinsfuß
$t_0 \dots t_n$:	Zeitpunkte 0..n
T :	Betrachtungszeitraum
n :	Periode
K :	Kapitalwert oder NPV (Net Present Value)

Beispiel

Szenario 1: Positive Bewertung

Angenommen, die anfänglichen Investitionskosten betragen 100.000 €, und die jährlichen Einnahmen betragen 12.000 € für 20 Jahre.

Cashflows: -100.000 €, 12.000 €, 12.000 €, ..., 12.000 € (20 Jahre)

IRR-Berechnung: Der IRR ist die Lösung der Gleichung:

$$-100.000 + \frac{12.000}{(1+i)^1} + \frac{12.000}{(1+i)^2} + \dots + \frac{12.000}{(1+i)^{20}} = 0$$

Der IRR in diesem Fall liegt bei etwa 5,96%.

Szenario 2: Negative Bewertung

Angenommen, die anfänglichen Investitionskosten betragen 100.000 €, und die jährlichen Einnahmen betragen 8.000 € für 20 Jahre.

Cashflows: -100.000 €, 8.000 €, 8.000 €, ..., 8.000 € (20 Jahre)

IRR-Berechnung: Der IRR ist die Lösung der Gleichung:

$$-100.000 + \frac{8.000}{(1+i)^1} + \frac{8.000}{(1+i)^2} + \dots + \frac{8.000}{(1+i)^{20}} = 0$$

Der IRR in diesem Fall liegt bei etwa 4,08%. Aktuelle Bankzinsen sind 4,75%.

Anwendung der Zinsfußmethode auf PV-Anlagen

Die Berechnung der IRR ist komplex und erfordert die Verwendung von Software
z.B. Excel, Numbers, PV*Sol, Python...

Als Idee ein Python-Program - Ersatzfunktion zu `numpy.irr()`:

```
cashflows = [-50000] + [8000] * 10
```

```
r = 0.05
```

```
tolerance = 0.0001
```

```
max_iterations = 1000
```

```
for i in range(max_iterations):
```

```
    npv = sum([cf / (1 + r) ** t for t, cf in enumerate(cashflows)])
```

```
    d_npv = sum([-t * cf / (1 + r) ** (t + 1) for t, cf in enumerate(cashflows)])
```

```
    r -= npv / d_npv
```

```
    if abs(npv) < tolerance:
```

```
        break
```

```
irr_percent = r * 100
```

Start mit der Berechnung des Cashflow

Parameter für die Berechnung

Versuche bis zu 1000x

**Berechne den NPV
Berechne die Differenz
zum
Letzten Versuch**

**Erniedrige den Zins
bei jedem Durchgang**

Ersatzberechnung

Preisstatische Berechnung:

$$K(i) = \sum_{t=0}^T \frac{E_t - A_t}{(1+i)^t} = 0 \quad \xrightarrow{\text{Ersatzrechnung}}$$

$$i_m = \sqrt[T]{\frac{E - A}{A_0 \cdot i} \cdot ((1+i)^T - 1) - 1}$$

Preisdynamische Rechnung:

$$K(i) = \sum_{t=0}^T \frac{E_t \cdot (1+j_E) - A_t \cdot (1+j_A)}{(1+i)^t} = 0 \quad \xrightarrow{\text{Ersatzrechnung}} \quad i_m = \sqrt[T]{\frac{E}{A_0} \cdot \frac{(1+i)^T - (1+j_E)^T}{i - j_E} - \frac{A}{A_0} \cdot \frac{(1+i)^T - (1+j_A)^T}{i - j_A} - 1}$$

Oder in Excel die Verwendung der Funktion irr() oder Numbers mit ikv()

Kapitalzinsfussmethode - Bewertung

Kriterien zur Bewertung:

- $IRR_1 > IRR_2$ => Investition1 rentiert mehr
- $IRR > Bankzins$ => Investition rentiert

IRR	Ungültig	$IRR < Bankzins$	$IRR > Bankzins$
Bedeutung für die Investition	Die Investition führt zum Verlust	Die Investition rentiert nicht	Die Investition rentiert



<https://pixabay.com/de/photos/gerechtigkeit-waage-balance-anwalt-423446/>

Beispiel - Zinsfuss

		9,75kWp	12,76kWp
Invest (in €)		14.300	18.900
Kapitalwert nach 20 Jahren (in €)		7.287	5.848
IRR (Zinsfuss)		5,4 %	3,4 %
	Jahr		
Kapitalwerte nach Jahren	1	-12.929	-17.288
Barwerte	2	1.333	1.562
	3	1.296	1.514
	4	1.260	1.468
	5	1.226	1.424
	20	849	945

Baldwin Zins

Der Baldwin-Zins ist ein kalkulatorischer Zinssatz, der den Barwert einer Investition bestimmt, indem er die jährlichen Netto-Cashflows bis zum Betriebsende diskontiert.

$$EW = \sum_{i=1}^N CF_i \cdot Z^{N-i}$$

$$BZ = \sqrt[N]{\frac{EW}{|I|}} - 1$$

EW:	Endwert zum Ende der Laufzeit der Investition
BZ:	Baldwin Zins
I:	Investitionssumme
CF_i :	Barwert zum Zeitpunkt n
Z:	Kalkulatorischer Zins
N:	Laufzeit
i:	Jahr

Baldwin Zins - Beispiel und Vergleich

Kalkulationszins/Zinsfaktor	2,00 %		1,02	
Betriebszeit			5,00	
Zeitpunkt	Cashflow	Barwert		
0 / Investition	-5.000	-5.000	-5.000	
1	900	882	974	Angelegt für 4 Jahre zu 2,00 % jährlich
2	1.300	1.250	1.380	Angelegt für 3 Jahre zu 2,00 % jährlich
3	1.100	1.037	1.144	Angelegt für 2 Jahre zu 2,00 % jährlich
4	1.500	1.386	1.530	Angelegt für 1 Jahre zu 2,00 % jährlich
5	1.350	1.223	1.350	Angelegt für 0 Jahre zu 2,00 % jährlich
Kapitalwert:		777	6.378	Endwert

$$EW = \sum_{i=1}^N CF_i \cdot Z^{N-i} = 900 \cdot 1,02^4 + 1.300 \cdot 1,02^3 + 1.100 \cdot 1,02^2 + 1.500 \cdot 1,02^1 + 1.350 = 6.378$$

Baldwin
Zins

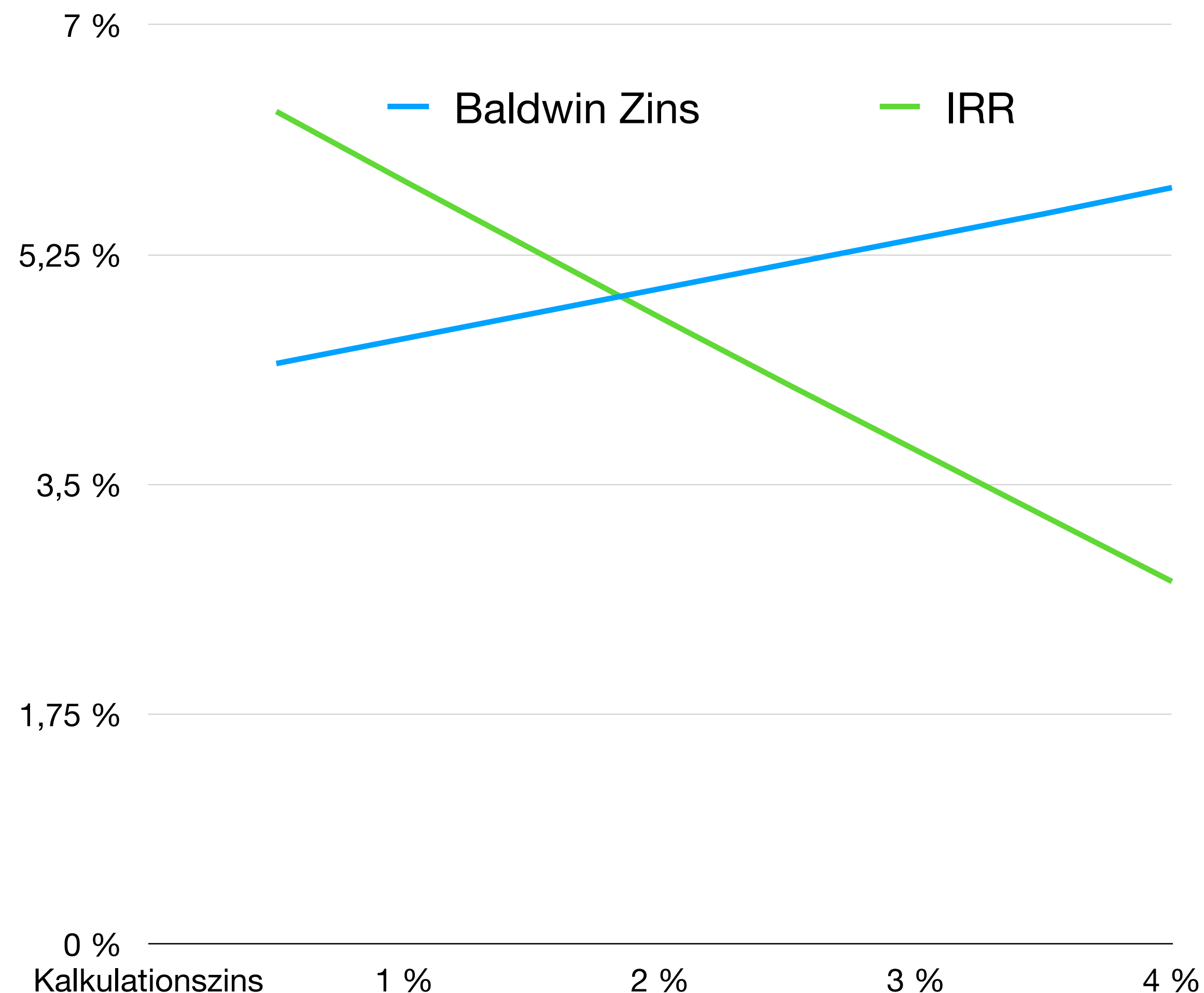
4,99 %

IRR

4,77 %

$$BZ = \sqrt[5]{\frac{6.378}{|-5.000|}} - 1 = 0,0499$$

Baldwin Zins - Vergleich



- **Kalkulationszins vs. Renditen:** Höherer Kalkulationszins führt zu niedrigeren Baldwin- und IRR-Werten
- **Baldwin Zins konservativer:** Oft niedriger als IRR, vorsichtigere Rentabilitätseinschätzung
- **Differenz wächst:** Größere Abweichung zwischen IRR und Baldwin Zins bei niedrigerem Kalkulationszins
- **Investitionsvorhaben:** IRR gibt optimistische, Baldwin Zins konservativere Renditeprognose
- **Sensitivität:** IRR reagiert empfindlicher auf Kalkulationszinsänderungen als Baldwin Zins
- **Reinvestitionsannahmen:** Baldwin Zins möglicherweise realitätsnäher, da Wiedieranlage zum IRR oft unrealistisch

Beispiel - Zinsfuss

		9,75kWp	12,76kWp	Berechnung Baldwin 9,75kWp	Berechnung Baldwin 12,76kWp
Invest (in €)		14.300	18.900		
Kapitalwert nach 20 Jahren (in €)		14.714	14.340		
IRR (Zinsfuss)		9,0 %	6,9 %		
Diskontierungssatz		2,0 %	2,0 %		
Endwert		35.295	40.401		
Baldwin Zinssatz		4,6 %	3,9 %		
	Jahr				
Kapitalwerte	0	-12.888	-17.240	-12.888	-17.240
Barwerte	1	1.412	1.660	2.058	2.418
	2	1.414	1.656	2.019	2.366
	3	1.416	1.654	1.982	2.315
	4	1.418	1.651	1.947	2.267
	5	1.421	1.650	1.912	2.221
	20	1.534	1.706	1.534	1.706

Dynamische Amortisationsrechnung

Was ist die Amortisation?

- Prozess der Kostenrückerstattung
- Dauer bis Investition sich "bezahlt" macht
- Berechnung über Netto-Cashflow
- Bewertung der Rentabilität einer Investition
- Es gilt Amortisationsdauer (TA) < Nutzungsdauer (TN)



<https://pixabay.com/de/photos/geld-münze-anlage-geschäft-2724241/>

Schätzung der Amortisation

- Amortisationszeit (grobe Näherung)

$$TN \approx \frac{Z_0}{\bar{B}}$$

TN :	Amortisationsdauer
Z_0 :	Alle Investitionen abzgl. Förderungen
$\bar{B}$:	Durchschnittlicher Barwert

- Die Amortisation läßt sich nur in Näherung berechnen!



<https://pixabay.com/de/photos/geld-sichern-geld-spahren-spahren-4518407/>

Schätzung der Amortisation

- Eine Schätzung der Amortisation lässt sich sehr gut in einer Tabelle vornehmen.
- Die Amortisation ergibt sich aus den **kumulierten Barwerten, abzgl. der Investitionskosten, also Kapitalwert.**

Zeitpunkt	Investition1			Investition2		
	Cashflow	Barwert	Kum. Barwert	Cashflow	Barwert	Kum. Barwert
0	-18.000	-18.000	-18.000	-14.000	-14.000	-14.000
1	1.670	1.589	-16.411	1.873	1.783	-12.217
7	1.933	1.368	-7.677	2.155	1.524	-2.455
8	1.983	1.335	-6.342	2.208	1.487	-968
9	2.036	1.304	-5.037	2.264	1.451	482
10	2.090	1.275	-3.763	2.322	1.416	1.898
11	2.147	1.246	-2.517	2.383	1.383	3.281
12	2.205	1.218	-1.299	2.445	1.351	4.632
13	2.267	1.192	-107	2.511	1.320	5.952
14	2.330	1.166	1.059	2.578	1.290	7.242
20	2.769	1.030	7.564	3.047	1.133	14.417
$\overline{B}$		1.278			1.421	
TN		14,1			9,9	

Prinzip der dynamischen Amortisationsrechnung

Zeitwert des Geldes: Die dynamische Amortisationsrechnung erkennt an, dass Geld heute mehr wert ist als in der Zukunft. Dies wird durch Diskontierung erreicht, bei der zukünftige Cashflows auf ihren heutigen Wert reduziert werden.

Berechnung der Diskontierten Cashflows: Die zukünftigen Cashflows einer Investition (z. B. Einnahmen und Ausgaben einer PV-Anlage) werden auf ihren heutigen Wert diskontiert. Dies wird mit einem Diskontierungssatz gemacht, der den Zinssatz und das Risiko der Investition widerspiegelt.

Ermittlung der Amortisationszeit: Die Amortisationszeit ist der Zeitpunkt, an dem die kumulierten diskontierten Cashflows die anfänglichen Investitionskosten decken. Es ist der Zeitpunkt, an dem die Investition "sich amortisiert" hat.

Vergleich mit Statischer Methode: Während die statische Methode nur die nominalen Cashflows betrachtet, berücksichtigt die dynamische Methode den Zeitwert des Geldes. Dies führt zu einer genaueren Bewertung der Investition.

Amortisationsmethode - Bewertung

Kriterien zur Bewertung:

- $TN_1 > TN_2$ $\Rightarrow$ Investition2 rentiert mehr
- $TN < 13$ $\Rightarrow$ Investition rentiert
- $13 \leq TN < 17$ $\Rightarrow$ Investition rentiert gerade noch
- $17 \geq TN$ $\Rightarrow$ Investition rentiert nicht

Die genannten Grenzen sind Empfehlungen,
die sich am spez. Ertrag orientieren.

Dabei gilt der spez. Ertrag von $<700\text{kWh/kWp}$ gilt als unrentabel.



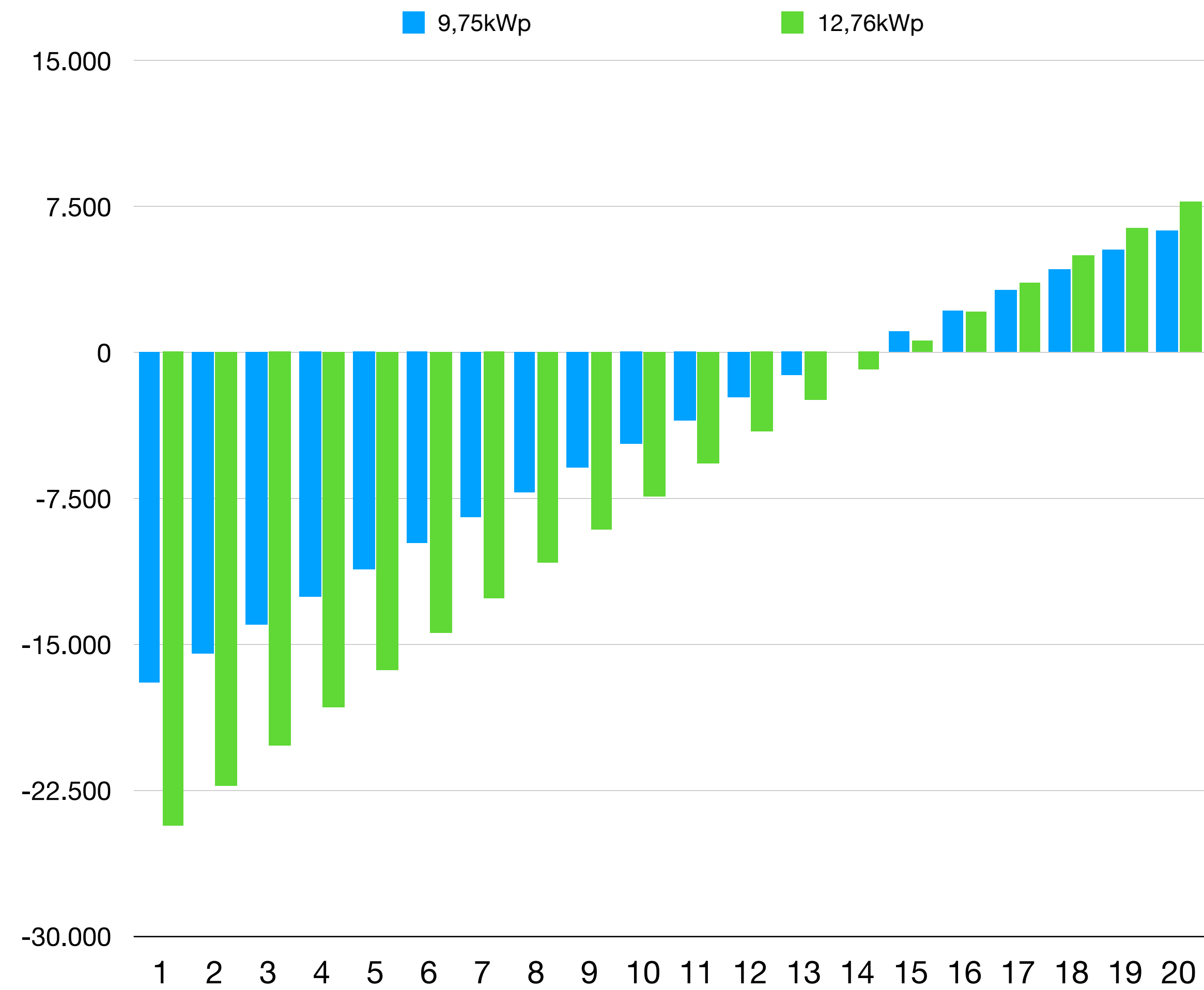
<https://pixabay.com/de/photos/gerechtigkeit-waage-balance-anwalt-423446/>

Beispiel - Dynamische Amortisation

	Jahr	9,75kWp	12,76kWp
Invest (in €)		14.300	18.900
Barwert 20 Jahren (in €)		7.287	5.848
Amortisation (in Jahren)		13	15
Kapitalwert, NPV nach Jahren	1	-12.929	-17.288
	2	-11.596	-15.727
	3	-10.300	-14.213
	4	-9.039	-12.744
	5	-7.813	-11.320
	6	-6.620	-9.938
	7	-5.457	-8.596
	8	-4.325	-7.292
	9	-3.222	-6.026
	10	-2.147	-4.795
	11	-1.099	-3.598
	12	-76	-2.434
	13	921	-1.301
	14	1.895	-199
	15	2.847	875
	16	3.776	1.921
	17	4.683	2.940
	18	5.571	3.934
	19	6.438	4.903
	20	7.287	5.848

Beispiel - Zusammenfassung

Kennwert	9,75kWp	12,76kWp
Anlagenleistung (kWp)	9,75	12,76
Speichergröße (in kWh)	0,0	0,0
Invest (in €)	14.300	18.900
Überschuss im 1. Jahr (in €/a)	1.412	1.664
Kapitalverzinsung (extern)	3,5 %	3,5 %
Barwert 20 Jahren (in €)	21.587	24.748
Kapitalwert	7.287	5.848
Amortisation (in Jahren)	13	15
Annuität - RMZ()	404	324
Interner Zinsfuß	5,4 %	3,4 %

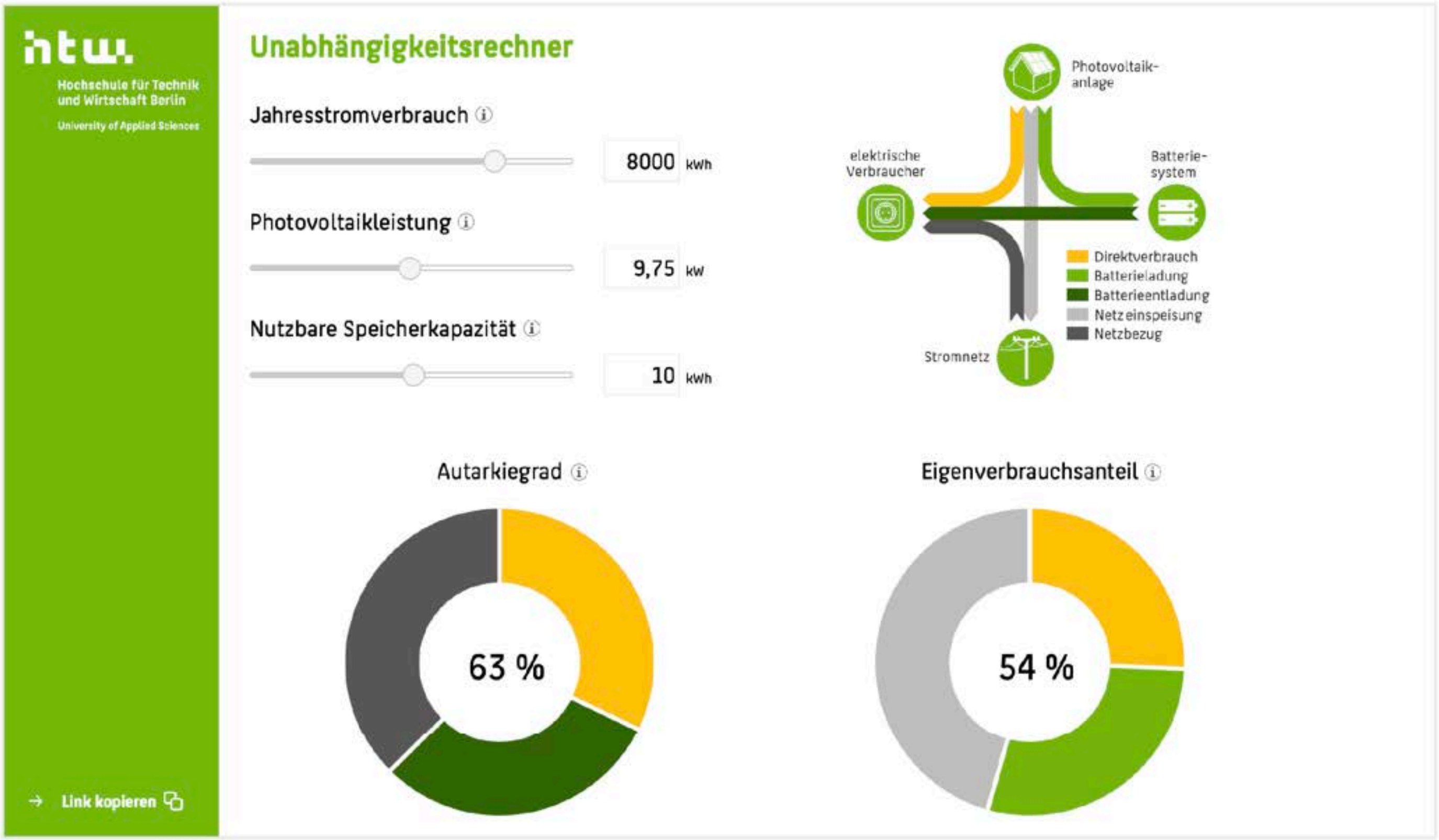


Vergleich der Methoden

Methode	Beschreibung	Anwendung	Flexibilität	Komplexität
Kapitalwertmethode	Kapitalwert aller Cashflows	Langfristige Rentabilität, Vergleich von Investitionen	Unregelmäßige Cashflows möglich	Mittel bis hoch
Annuitätsmethode	Gleichbleibende Zahlungen, abgezinst auf heutigen Wert	Darlehen, Hypotheken, konstante Zahlungen Vergleich von Anlagen	Weniger flexibel bei unregelmäßigen Cashflows	Mittel
Zinsfußmethode	Interner Zinsfuß (IRR), NPV=0	Rentabilität im Vergleich zu Renditeziel	Eingeschränkt bei unregelmäßigen Cashflows	Hoch
Amortisationsmethode	Zeit zur Rückzahlung der Investition	Liquiditätsrisiko, kurzfristige Rentabilität	Nicht für langfristige Rentabilität oder unregelmäßige Cashflows	Niedrig

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

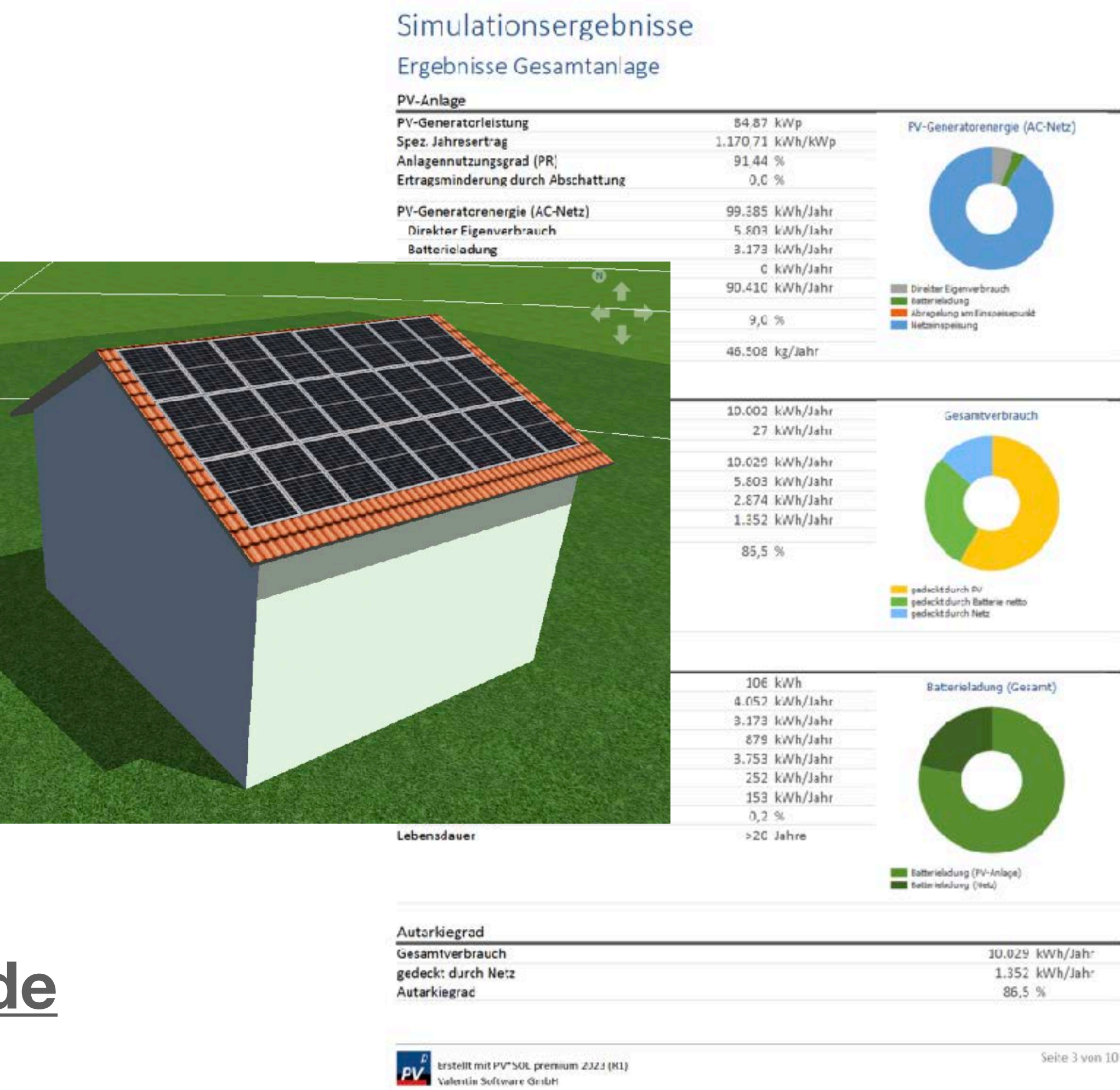


PV*SOL

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

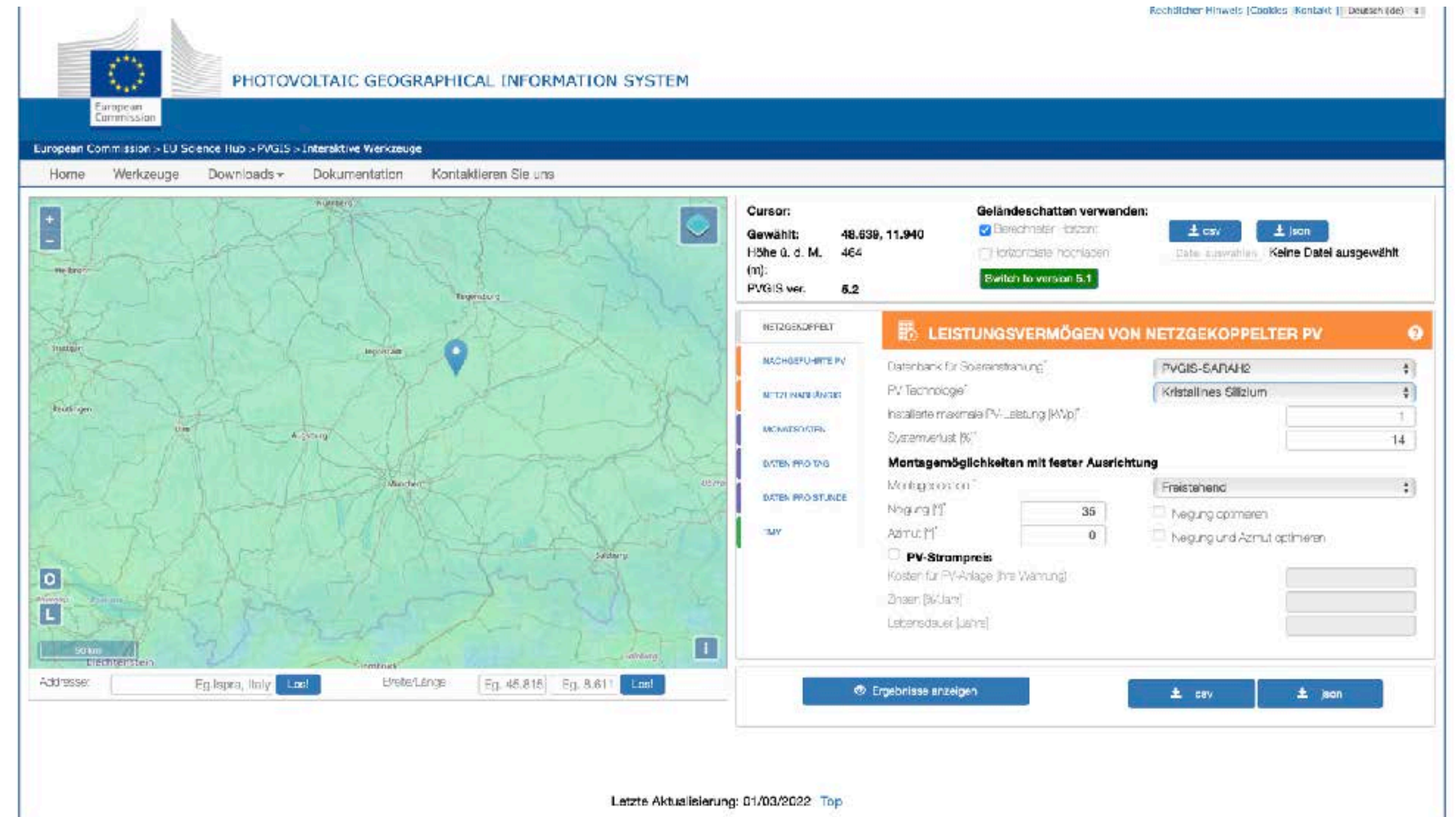


The screenshot shows the website for HOTTGENROTH PV-Software-Pakete. The header includes navigation links: SOFTWARE, INTERNET, SERVICE, Jobs & Karriere, Shop, Kontakt, Über uns, and a red button 'Schornsteinfegerwelt'. There is a search bar and a 'Login' button. The main heading is 'PV-Software-Pakete' with the subtitle 'Digitale PV-Planung und Auslegung spart Zeit und Kosten'. Below this, a paragraph describes the software's capabilities: 'Messen, berechnen und abwickeln: mit unseren PV-Paketen sparen Sie Zeit und Kosten. Sie erhalten die Ergebnisse, die Sie und Ihr Kunde zur Projektabwicklung benötigen: z.B. die exakte Ertragsberechnung, Verschattungsflächen und die Visualisierung der Anlage mit der optimalen Belegung unter Berücksichtigung von Sperrflächen. Notwendige technische Daten zur Planung stehen ebenso im Fokus wie die Interessen Ihrer Kunden: Belegungsplan, technische Informationen zu Modulen und Wechselrichtern, Simulation der Entwicklung des Ertrags und der Leistung sowie die Kosten der Anlage in Hinblick auf mögliche Fördermittel des Bauherrn. Die Dokumentation und zeitnahe Abrechnungsmöglichkeit auf Basis des Angebots schließen Ihr Projekt ab.' To the right of the text is a video player showing a person using the software.

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
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 PRO TAG

SYSTEM PRO STUNDE

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 ☐ Neigung optimieren

Azmut [°]: 0 ☐ Neigung und Azmut optimieren

☐ PV-Strampreis

Kosten für PV-Anlage (Ihre Währung):

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

