

4. September 2024 | Jena

*Fachtagung Energieberatung Thüringen 2024
der Klimaschutzstiftung Jena-Thüringen*

Erträge von PV-Anlagen und deren Bilanzierung nach GEG und KfN

Dr. Stephan Schlitzberger
Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH

- **Rechenregeln zur Bilanzierung von PV nach GEG und KfN**
- **Ausgewählte Beispiele zur Gegenüberstellung der Rechenregeln aus dem Projekt "Klimafreundliche Wohnbauten - Erprobung und Weiterentwicklung von Grundlagen der Ökobilanzierung"**
- **Zusammenfassung und Ausblick**

RECHENREGELN ZUR BILANZIERUNG VON PV NACH GEG UND KFN

bisherige und aktuelle Regelungen

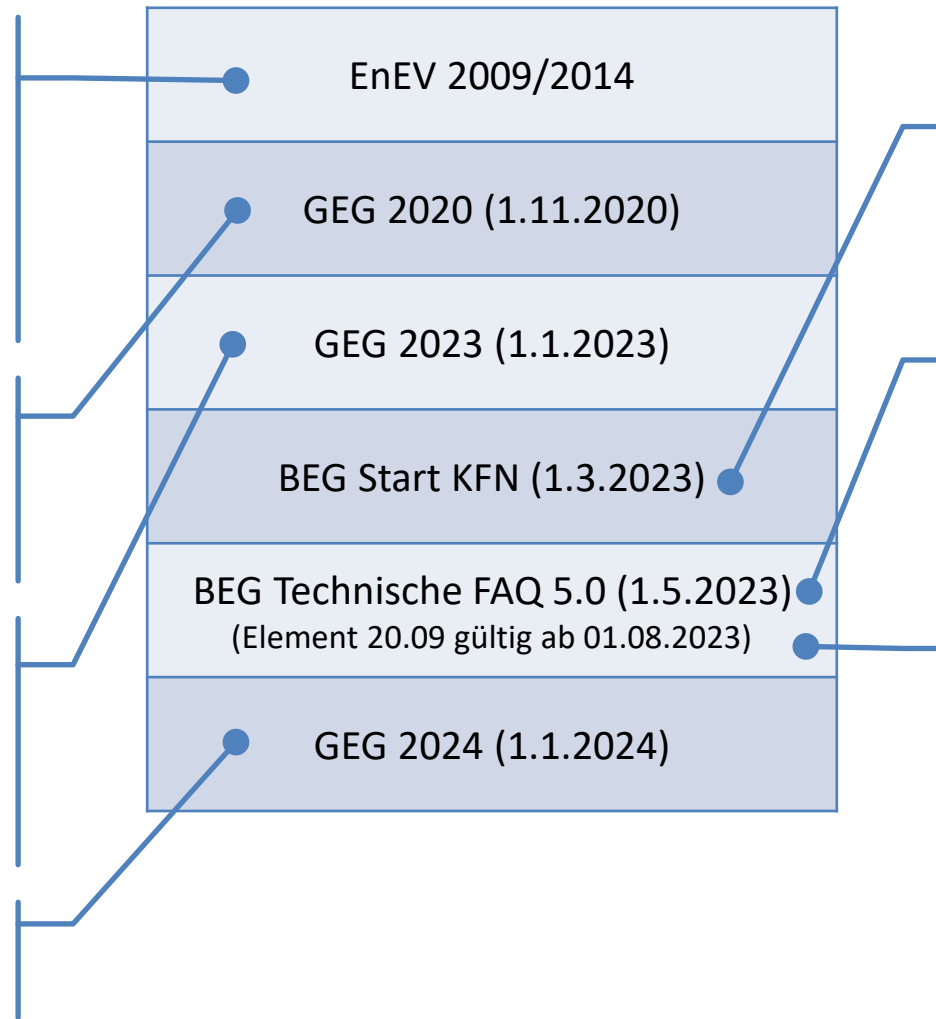
EnEV/GEG

EnEV: jeweils nach § 5 Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien, Anrechnung Stromertrag monatlich, maximal bis zur Höhe der anfallenden Bedarfe, Berechnung für Referenzklima (Potsdam) mit Standardwerten für Modulleistungen

GEG 2020: § 23 (2) "PV-Bonusregelung", primärenergetische Anrechnung i. H. v. max. 30 bzw. 45 % $Q_{p,Ref.}$ je nach Speicher

GEG 2023: § 23 (2), Löschung Bonusregelung und "Reaktivierung" der alten EnEV § 5-Regelung: monatliche Anrechnung max. bis zur Höhe der anfallenden Bedarfe

GEG 2024: § 23 (2), unverändert ggü. 2023



KFN/QNG

Technische FAQ 4.0 (Inkrafttreten 15.9.2022) mit Verweis auf QNG-Regelungen)

Technische FAQ 5.0
bis zum Inkrafttreten waren noch Simulationsrechnungen zu PV-Erträgen zulässig

20.09 Anrechnung von Strom

- abweichend von GEG-Regelungen, Ertragsberechnung anhand der Klimaregion des Standorts nach DIN V 18599-9 (15 Klimaregionen)
- Standardwert für Modulleistung **oder Herstellerangaben**
- Simulationsrechnungen PV-Ertrag nicht zulässig

Randbedingung/Rechenregel	EnEV/GEG	KfN/QNG
Berechnung PV-Ertrag - Klimaregion	DIN V 18599-9: Referenzklima Deutschland (Potsdam)	DIN V 18599-9: Ertrag für Klimaregion des Standorts (eine von 15 Klimaregionen)
PV-Module - Kennwerte	Standardwert für Peakleistungskoeffizient der PV-Module	Standardwert für Peakleistungskoeffizient der PV-Module oder nach Herstellerangaben
Endenergiebedarf	Energiebedarf nach DIN V 18599, Bilanzrahmen GEG, Referenzklima Deutschland (Potsdam)	
Nutzerstrom (Wohnnutzung)	ohne Berücksichtigung	Nutzerstrombedarf 20 kWh/(m²a)
Nutzbarkeit der PV-Erträge	GEG § 23 (2): Anrechnung der PV-Erträge monatlich, maximal bis zur Höhe der bilanziell ermittelten Bedarfe aus TGA (ohne Nutzerstrom)	Anrechnung nach DIN V 18599-9 Abschnitt 7.4.2 unter Berücksichtigung der Strombedarfe für TGA und Nutzerstrom
Nutzbarkeit der PV-Erträge - Batteriespeicher	Vorhandensein eines elektrischen Speichers beeinflusst die Nutzbarkeit nicht	Mehrnutzen infolge Batteriespeicher nach DIN V 18599-9 kann berücksichtigt werden

Ergebnisse aus dem Projekt "Klimafreundliche Wohnbauten - Erprobung und Weiterentwicklung von Grundlagen der Ökobilanzierung"

Bearbeitet im Auftrag vom



**Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung**

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



Gefördert durch:

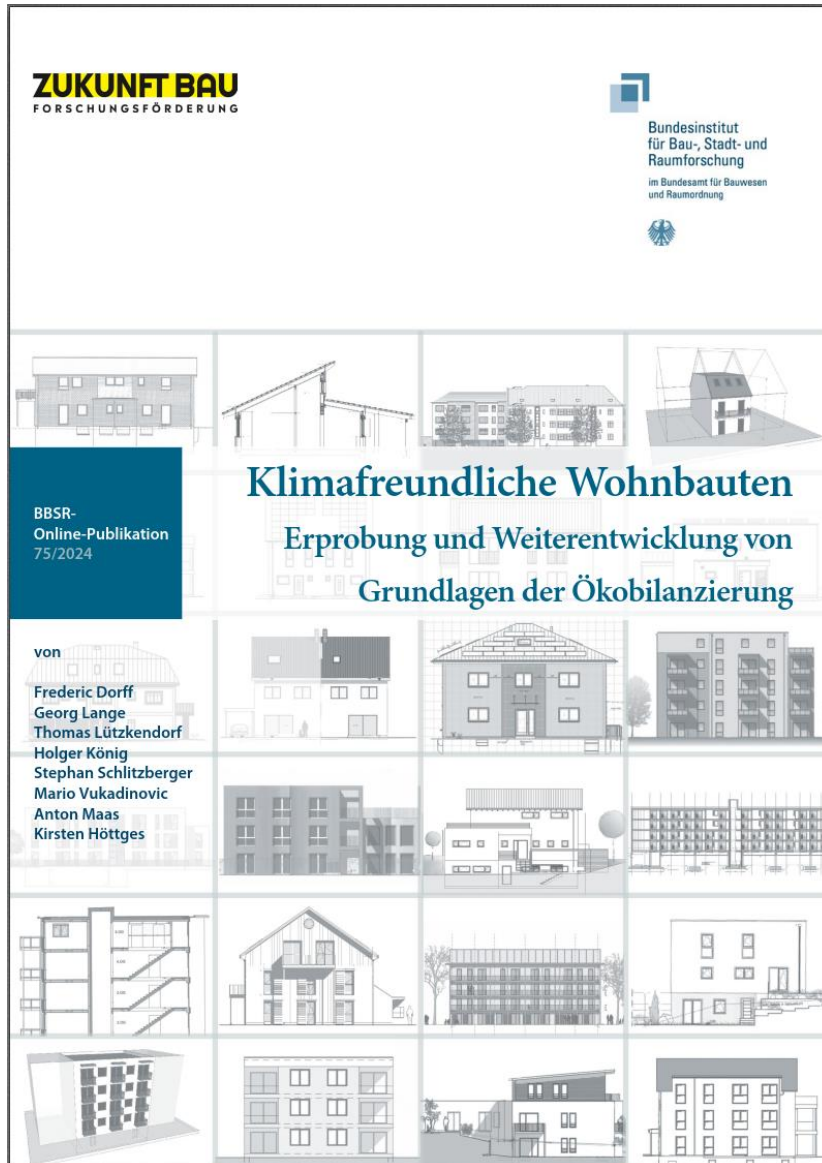


Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ZUKUNFT BAU
FORSCHUNGSFÖRDERUNG

Projektvorstellung



Konsortium:

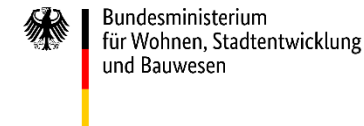
- FID Fertigbau Informations-Dienst GmbH
- Bau- Energie- und Umweltberatung, Weimar
- Ascona Gesellschaft für ökologische Projekte
- Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH

Bearbeitung: Jan. 2023 - Jun. 2024

Bearbeitet im Auftrag vom



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



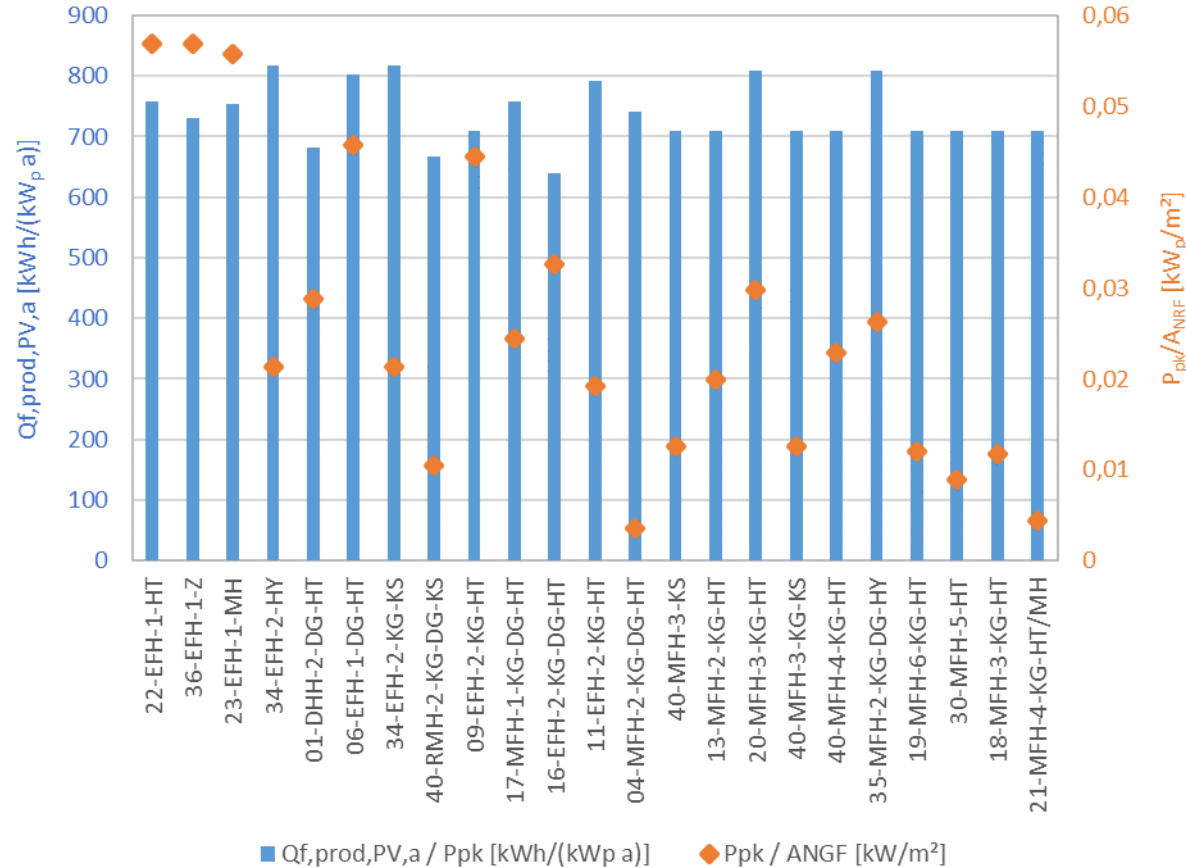
AUSGEWÄHLTE BEISPIELE ZUR GEGENÜBERSTELLUNG DER RECHENREGELN

Eigennutzung und Autarkie

"Klimafreundliche Wohnbauten - Erprobung und Weiterentwicklung von Grundlagen der Ökobilanzierung"

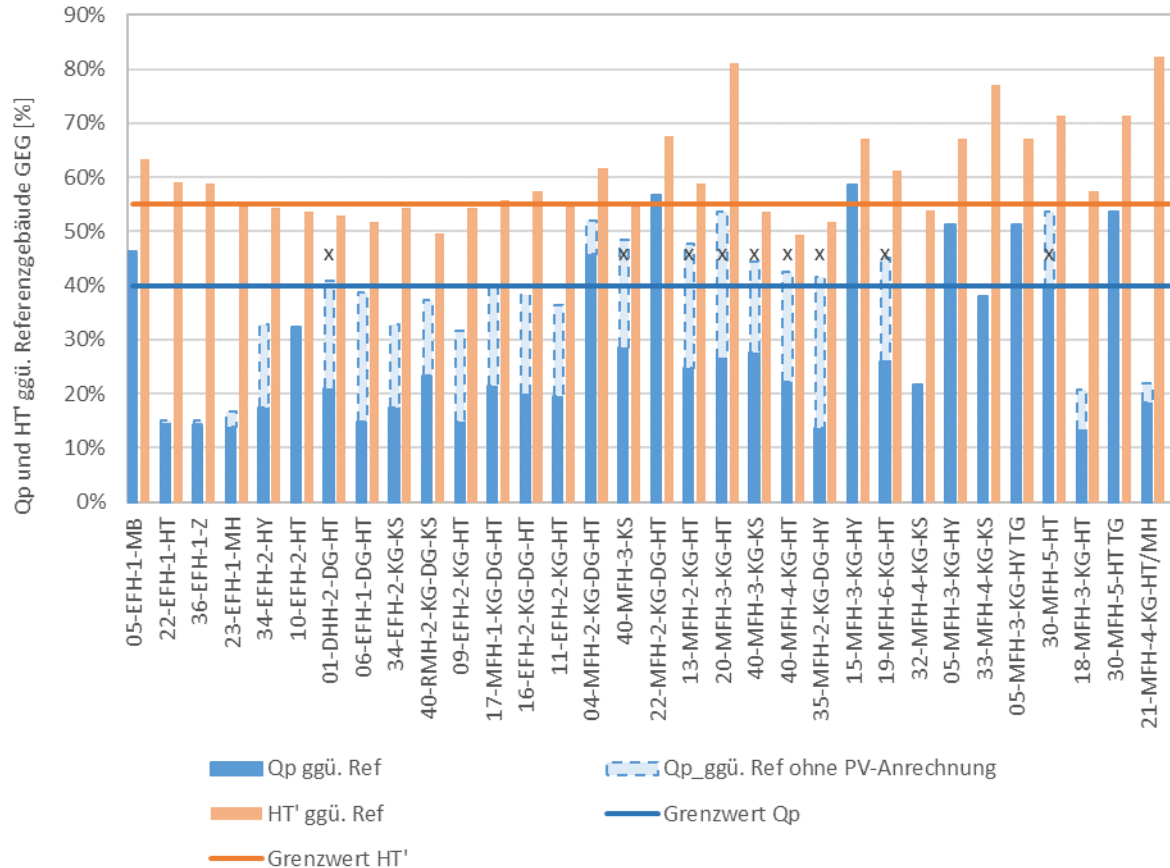
- Rechnerische Bewertung/Bilanzierung von 32 unterschiedlichen Gebäuden
 - davon 23 mit PV ($P_{pk} = 1,7$ bis 32 kW_{peak})
 - 16 mit Batteriespeicher ($C_{nenn} = 3$ bis 16 kWh)
 - 11 Ein-/Zweifamilienhäuser, freistehend und Reihenmittel- und Endhäuser ($A_{NGF} = 100$ bis 400 m^2)
 - 12 Mehrfamilienhäuser ($A_{NGF} = 335$ bis 4.150 m^2)
 - Energieträger Heizung/TWE für die 23 Gebäude mit PV
 - 1 Biomasse
 - 4 Fernwärme
 - 18 Strom (i.d.R. Luft-Wasser-Wärmepumpe)

PV-Belegung und PV-Ertrag



- dargestellt sind
 - linke Ordinate: PV-Ertrag für Referenzklima Deutschland (Potsdam) in kWh/(kW_p a)
 - rechte Ordinate: installierte PV-Belegung in [kW_p/m²]
- Abweichungen im spezifischen Ertrag pro kW_p sind zurückzuführen auf unterschiedliche Orientierungen
- mit Ausnahme der Gebäude 1-3, 6 und 9 sind die installierten PV-Anlagengrößen mit 0,01 bis 0,035 kW_p/m²_{NRF} recht klein
 - zur Einordnung: typische PV-Anlagengrößen bei EFH liegen bei ca. 7 kW_p, bei 140 m² NRF entspricht dies 0,05 kW_p/m²
 - Gründe hierfür sind z. B. vergleichsweise kleine verfügbare Dachflächen bei mehrgeschossiger Ausführung (RMH oder MFH)

KFN-Anforderung: Niveau EH 40 mit 40 % $Q_{p,Ref}$ (und 55 % $H_{T,Ref}'$)



- dargestellt sind die Bilanzergebnisse aller 34 Gebäude (davon 11 ohne PV und 23 mit PV)
 - blau: Auswertungen Q_p
 - orange: Auswertungen H_T'
 - Hinweis: Bilanzergebnisse nach GEG/BEG-Kriterien mit Anrechnung PV-Nutzbarkeit nach § 23 (2)
- Anforderung 40 % $Q_{p,Ref}$ wird in 9 von 23 Fällen nur in Verbindung mit der PV-Anrechnung erreicht (mit "x" markierte Fälle)

Vergleich folgender Ansätze:

1. GEG: ohne Nutzerstrom, Eigennutzung nach § 23 (2)
2. DIN V 18599: Nutzerstrom (Teil 10, $63 \text{ Wh}/(\text{m}^2_{\text{NRF}} \text{ d})$ bzw. $23 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NRF}} \text{ a})$), Eigennutzung (Teil 9)
3. DIN V 18599 i. V. m QNG: Nutzerstrom ($20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ NRF a})$ nach QNG-Regeln), Eigennutzung (Teil 9)

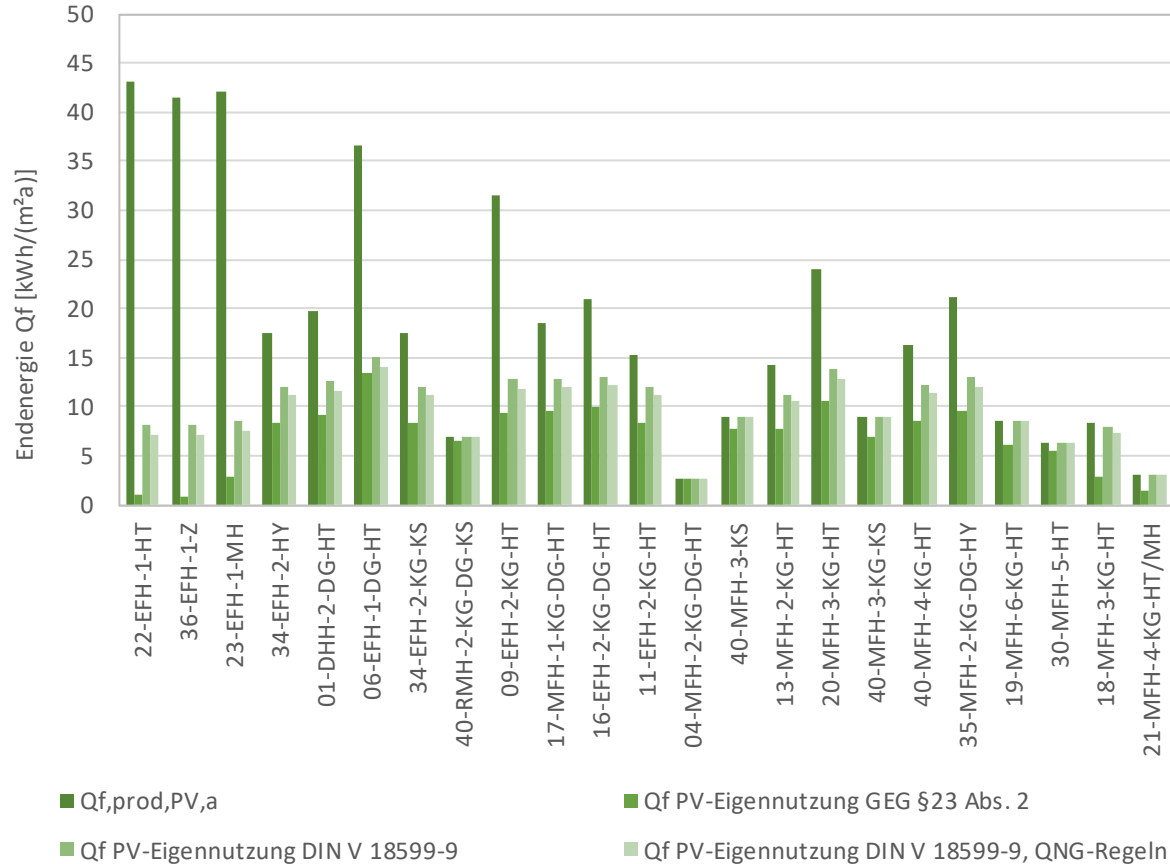
Fragestellung:

Wie wirken sich die 3 unterschiedlichen Rechenansätze aus in Bezug auf

- **Eigennutzungsgrad** (selbst nutzbarer Anteil des PV-Ertrags) und
- **Autarkiegrad** (Eigenversorgungsgrad)?

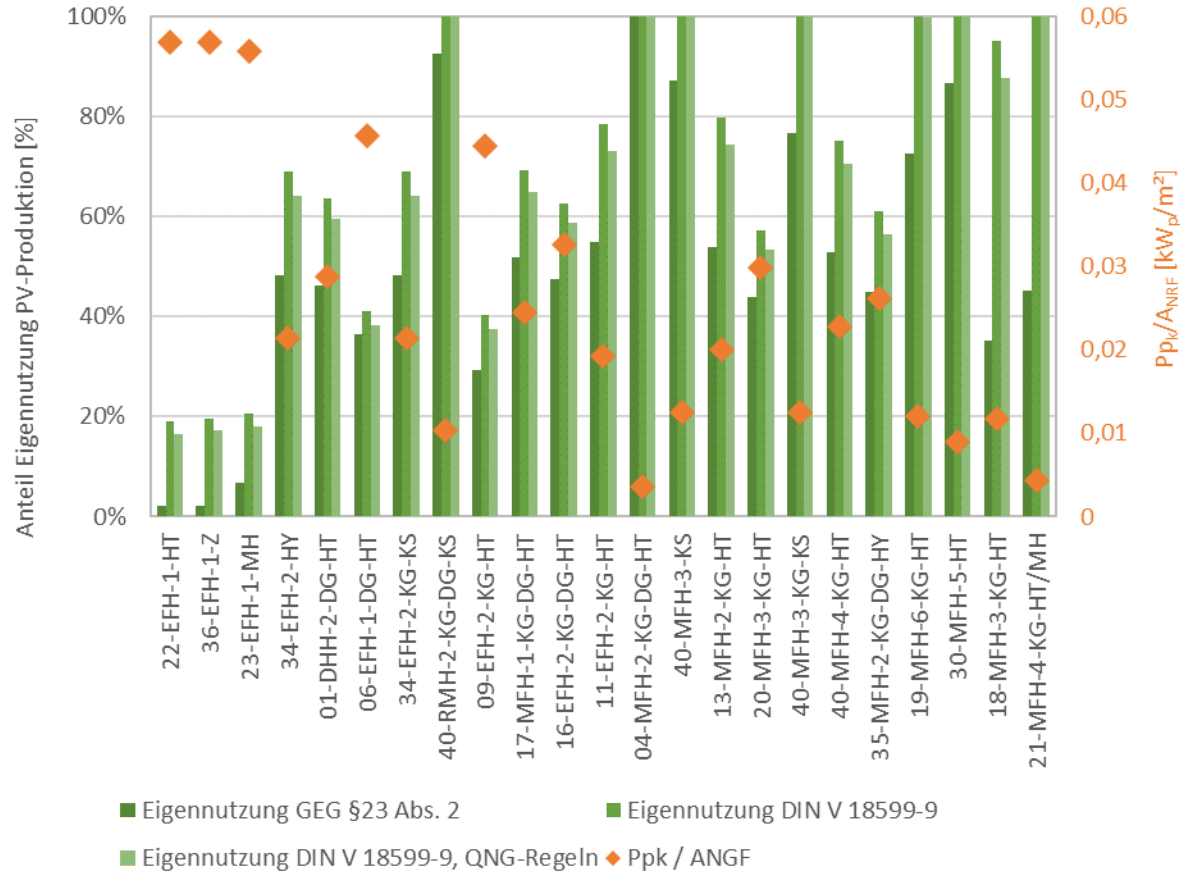
***Hinweis:** alle Auswertungen hier (zunächst) ohne elektrischen Speicher*

PV-Ertrag und Eigennutzung (Endenergie), Vergleich der drei Ansätze



- dargestellt sind je Gebäude von links nach rechts
 - der PV-Ertrag
 - Eigennutzung gemäß GEG § 23 (2)
 - Eigennutzung nach DIN V 18599-9 inkl. Nutzerstrom nach 18599
 - Eigennutzung nach DIN V 18599-9 inkl. Nutzerstrom nach QNG
- Hinweis:** alle Auswertungen hier ohne elektrischen Speicher
- Die ersten drei Einfamilienhäuser (links) sind mit Fernwärme versorgt, das letzte Mehrfamilienhaus (rechts) ebenfalls. Das vorletzte Gebäude verfügt über einen Pelletkessel. Alle weiteren Gebäude sind mit Wärmepumpen ausgestattet, mehrheitlich Luft-Wasser, aber auch Sole-Wasser.
- vergleichsweise kleine nutzbare Anteile der PV-Erträge bei Fernwärme und Pelletkessel, insbesondere nach GEG § 23 (2)
- deutlich höhere Eigennutzungsanteile bei Berechnung nach DIN V 18599-9
 - teilweise 100 % bzw. nahe 100 %, Grund hierfür sind die besonders kleinen PV-Anlagen, hierzu Auswertungen auf Folgefolie
 - Einbeziehung Nutzerstrombedarf erhöht nutzbare Anteile deutlich

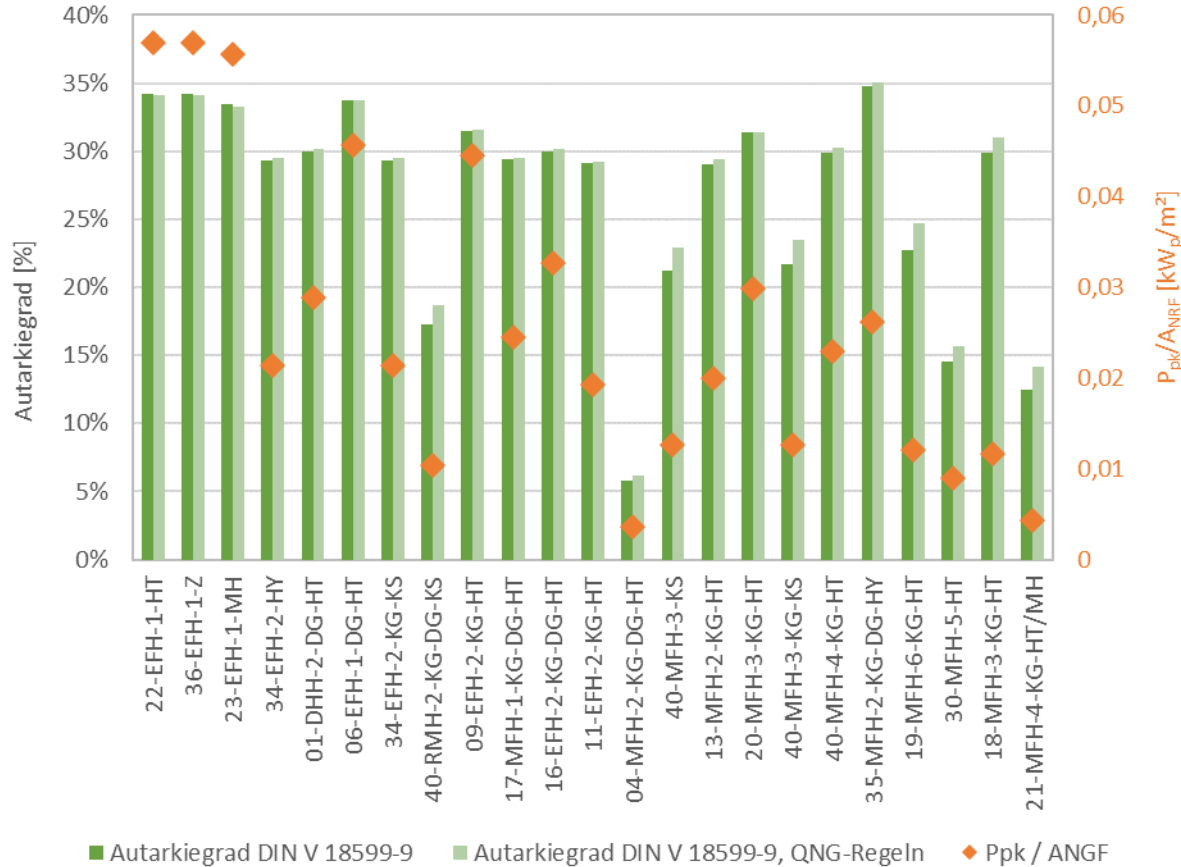
Anteil Eigennutzung, Vergleich der drei Ansätze



- dargestellt sind
 - linke Ordinate/**grüne Säulen**: Eigennutzungsanteil [%]
 - rechte Ordinate/**Rauten orange**: installierte PV-Belegung in [kW_p/m^2]
- Hinweis:** alle Auswertungen hier ohne elektrischen Speicher

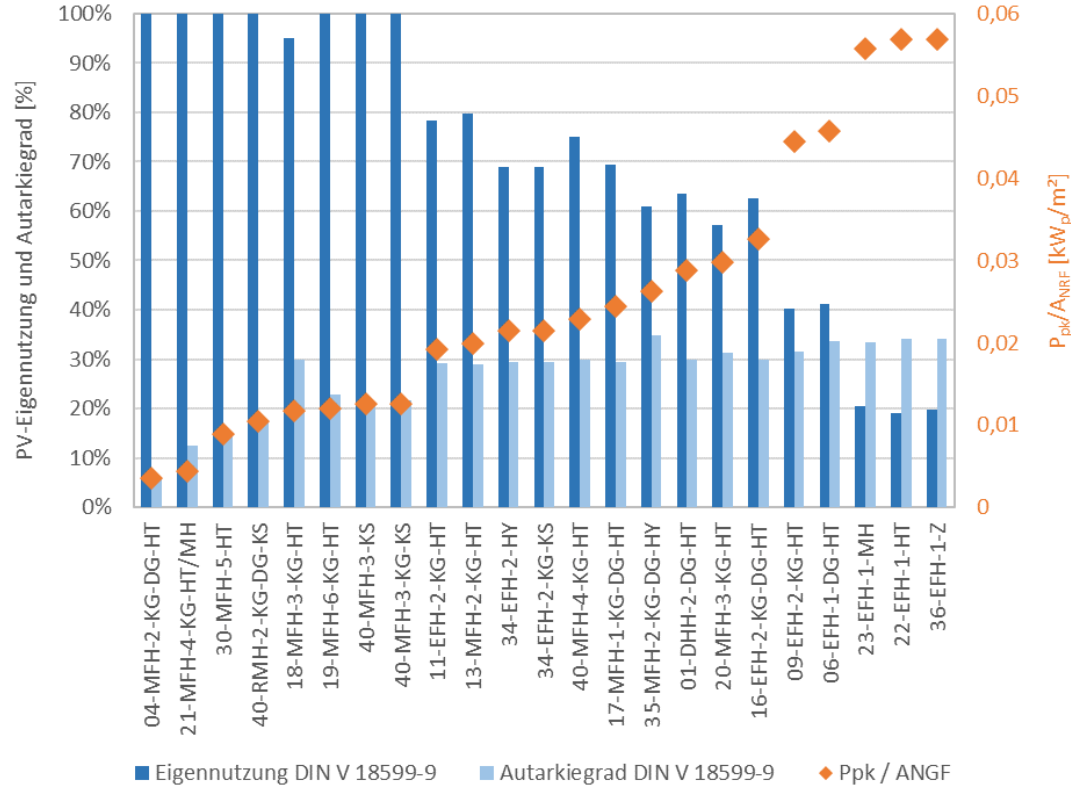
- Eigennutzungsanteile deutlich abhängig von
 - Strombedarf (Art Wärmeerzeugung)
 - Einbeziehung Nutzerstrombedarf
 - spezifische installierte PV-Anlagengröße

Autarkiegrad, Vergleich der zwei Ansätze mit Nutzerstrom



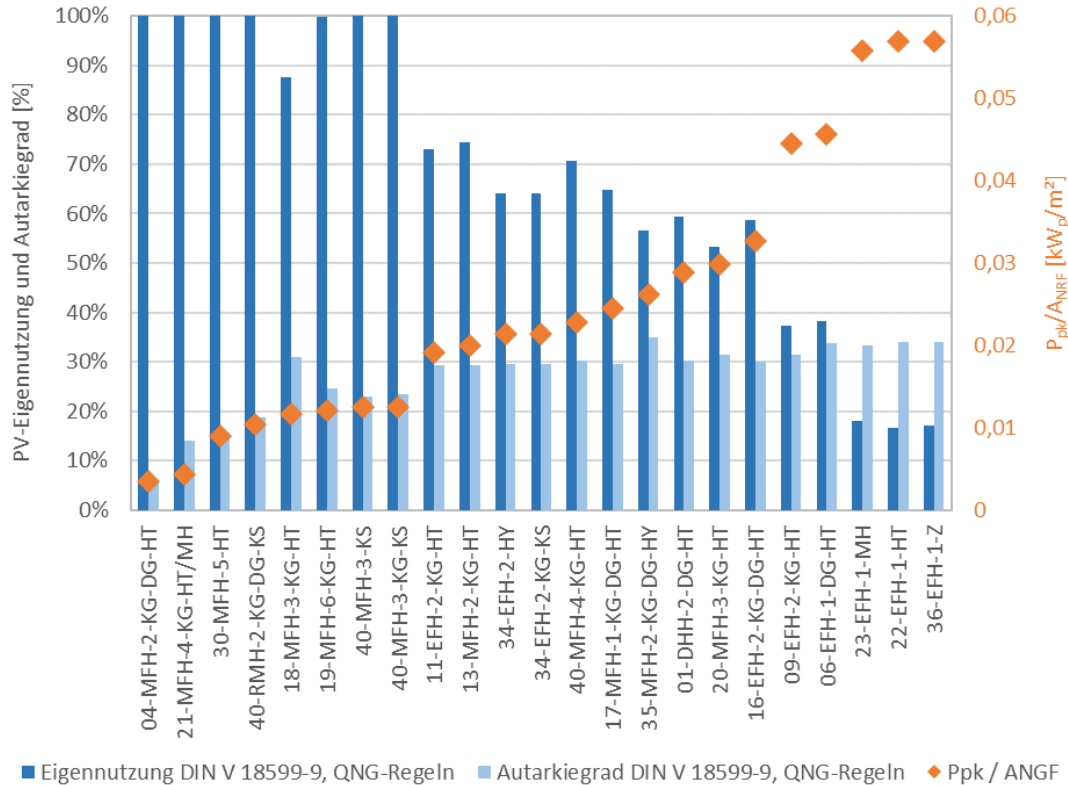
- dargestellt sind
 - linke Ordinate/**grüne Säulen**: Selbstversorgungsgrad [%]
 - rechte Ordinate/**Rauten orange**: installierte PV-Belegung in [kW_p/m²]
 - Hinweis**: alle Auswertungen hier ohne elektrischen Speicher
- Autarkiegrad deutlich abhängig von
- Strombedarf (Art Wärmeerzeugung)
 - spezifische installierte PV-Anlagengröße

Auswertungen gem. DIN V 18599-9 (mit Nutzerstrom gemäß DIN V 18599-10)



- dargestellt sind
 - linke Ordinate/**blaue Säulen**:
Eigennutzungs- und Selbstversorgungsgrad [%]
 - rechte Ordinate/**Rauten orange**:
installierte PV-Belegung in [kW_p/m²]
- Hinweis:** alle Auswertungen hier ohne elektrischen Speicher
- bis zu einer spez. installierten Leistung von ca. 0,015 kW_p/m² volle Nutzung der PV-Erträge, danach **Eigennutzungsgrad** abfallend bis auf ca. 20 % bei Anlagen mit 0,05 kW_p/m²
- **Autarkiegrad** ab einer installierten Leistung von etwa 0,05 kW_p/m² nicht mehr wesentlich ansteigend bei etwa 30 %

Auswertungen gem. DIN V 18599-9 (mit Nutzerstrom gemäß QNG-Regeln)



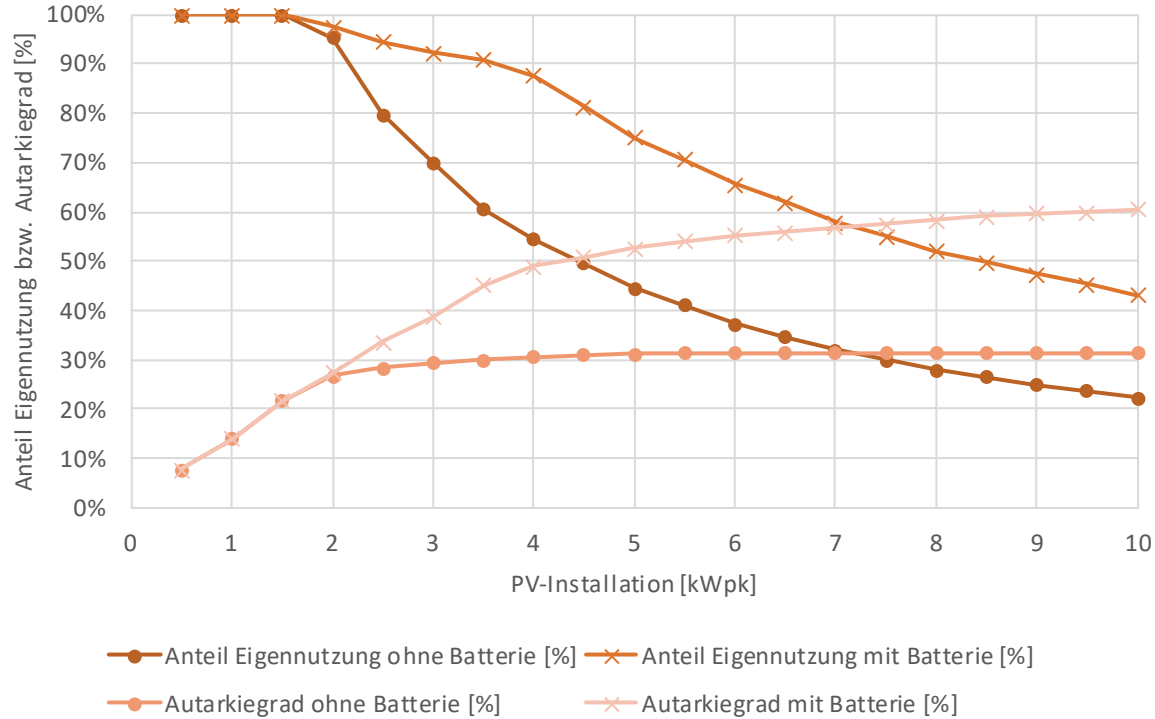
- dargestellt sind
 - linke Ordinate/**blaue Säulen**:
Eigennutzungs- und Selbstversorgungsgrad [%]
 - rechte Ordinate/**Rauten orange**:
installierte PV-Belegung in [kW_p/m^2]
 - Hinweis:** alle Auswertungen hier ohne elektrischen Speicher
- im Vergleich zu den Auswertungen mit Nutzerstrom gemäß DIN V 18599-10
- vergleichbare Ergebnisse
 - tendenziell leicht geringe Eigennutzung (weil 20 $kWh/(m^2a)$ für Nutzerstrombedarf gemäß QNG-Regeln etwas geringer als nach DIN V 18599-10)

AUSGEWÄHLTE BEISPIELE ZUR GEGENÜBERSTELLUNG DER RECHENREGELN

Sonderauswertungen:

- Einfluss ohne/mit Batteriespeicher
- Referenzklima Deutschland vs. "ortsbezogene" Klimadaten

Anteil Eigennutzung und Autarkiegrad, ohne und mit Batteriespeicher - EFH (1 WE)



- Infos
 - RMH (157 m² NRF)
 - Strombedarf GEG-Bilanzrahmen: 2.700 kWh/a
 - Strombedarf Nutzeranwendungen QNG: 3.145 kWh/a
 - Standard-Batteriegröße gem. DIN V 18599-9: 5,8 kWh
- dargestellt sind je Gebäude abhängig von der install. Leistung
 - Anteil Eigennutzung ohne/mit Batterie
 - Autarkiegrad ohne/mit Batterie

➤ Anteil Eigennutzung:

- bis ca. 1,5 kW_p Eigennutzungsgrad 100 %,
- danach fällt der Eigennutzungsgrad
 - ohne Batterie auf ca. 20 %
 - mit Batterie auf ca. 45 %

➤ Autarkiegrad:

- bis ca. 2 kWp kein Unterschied zw. ohne/mit Batterie bis ca. 25 %
- ohne Batterie Autarkiegrad max. bis ca. 30 % möglich
- mit Batterie Autarkiegrad max. bis ca. 60 % möglich

Zur Bestimmung einer typischen Nutzkapazität in Wohnbauten kann Gleichung (74) herangezogen werden:

$$C_{\text{eff}} = 0,001 \frac{\text{kWh}}{\text{kWh/a}} \cdot Q_{\text{el,ges,a}} \quad (74)$$

Dabei ist

C_{eff} die Nutzkapazität der Batterie, in kWh;

$Q_{\text{el,ges,a}}$ der jährlich summierte Elektroenergiebedarf des Gebäudes, in kWh, nach Gleichung (62).

Es folgen Auswertungen für ein Mehrfamilienhaus für:

- Endenergiebedarf Strom
- Erzeugte elektr. Energie

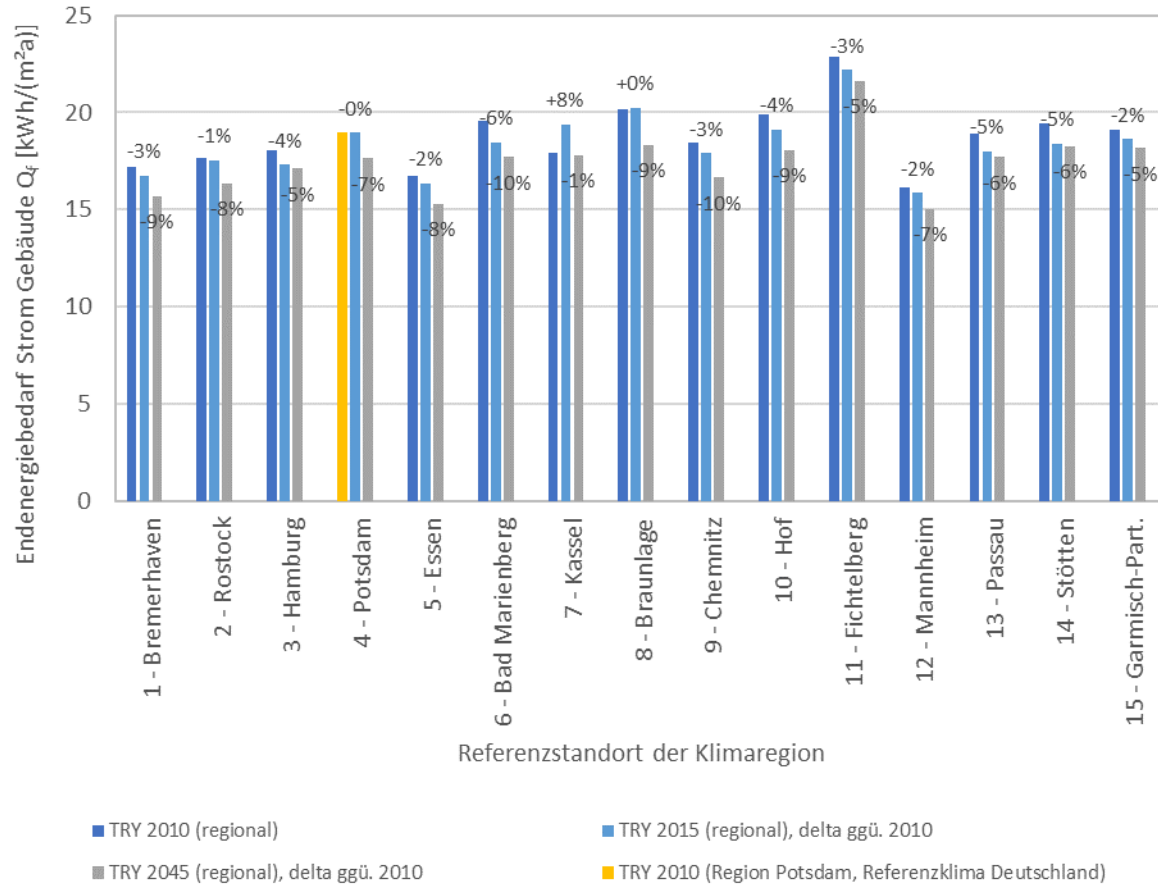
für 3 unterschiedliche Klimadaten

- **TRY 2010:** Klimadaten gemäß DIN V 18599-10
- **TRY 2015:** aktuellere ortsbezogene Klimadaten
- **TRY 2045:** ortsbezogene Zukunftsklimadaten

Ziele der Auswertungen:

- regionale Unterschiede in den Energiebedarfen für Heizen und den PV-Erträgen werden aufgezeigt und im Vergleich zum Referenzklima Deutschland (Basis TRY 2010, Potsdam) ausgewertet
- Änderungen für den Vergleich "aktuelle" mittlere Klimadaten gegenüber Zukunftsklimadaten werden aufgezeigt

Endenergiebedarf Strom Gebäude Q_f [kWh/(m²a)] Mehrfamilienhaus 40-MFH-3-KG-KS



- dargestellt ist der **Endenergiebedarf Strom** (GEG-Bilanzrahmen, d. h. ohne Nutzerstrom) für das MFH in den 15 Klimaregionen jeweils für 3 unterschiedliche Klimadaten

- TRY 2010: Klimadaten gemäß DIN V 18599-10
 - hier **orange** hervorgehoben die Auswertungen für das Referenzklima Deutschland (Grundlage Bedarfsermittlung GEG/BEG/KFN)
- TRY 2015: aktuellere ortsbezogene Klimadaten
- TRY 2045: ortsbezogene Zukunftsklimadaten

➤ TRY 2010

- Referenzklima Deutschland (Potsdam): 19,0 kWh/(m²a)
- min. bei 16,2 kWh/(m²a) (Mannheim) -> - 15 % ggü. Potsdam
- max. bei 22,8 kWh/(m²a) (Fichtelberg) -> + 20 % ggü. Potsdam

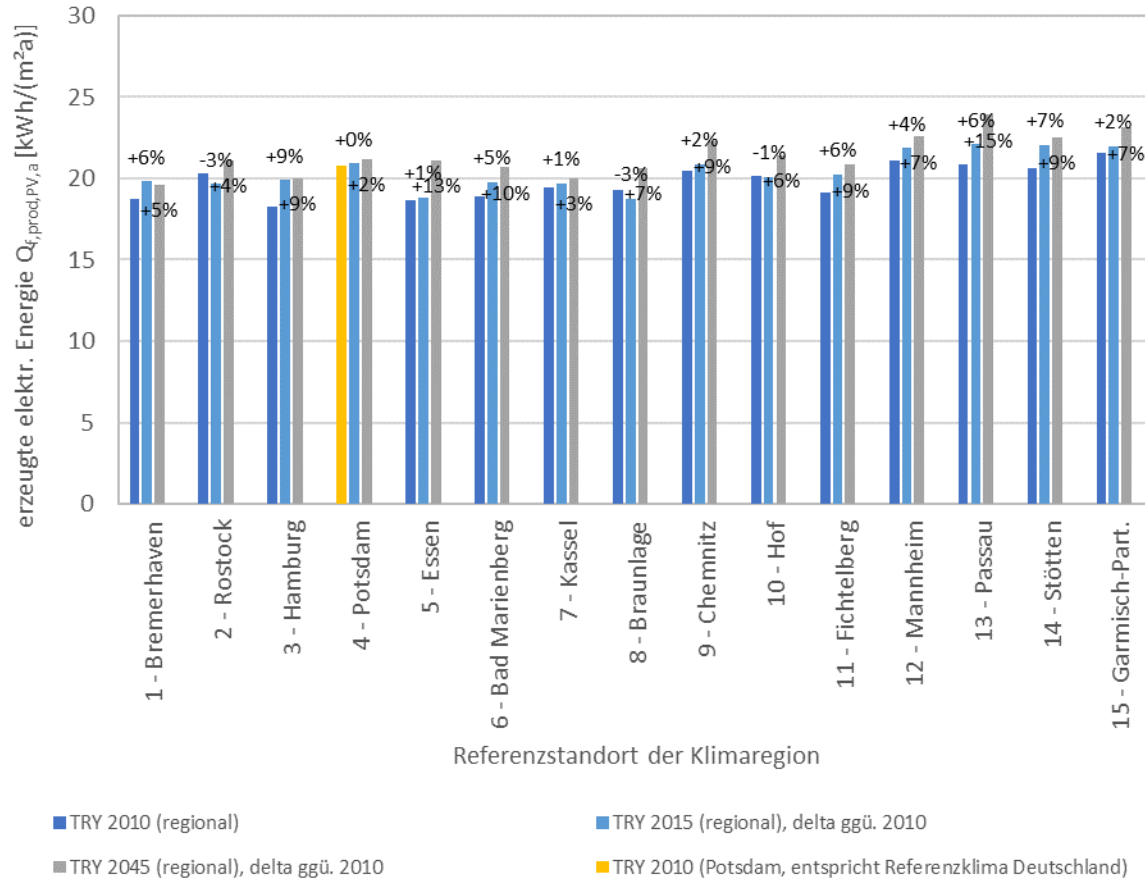
➤ TRY 2015

- Potsdam unverändert 19,0 kWh/(m²a)
- min. bei 15,9 kWh/(m²a) (Mannheim)
- max. bei 22,8 kWh/(m²a) (Fichtelberg)

➤ TRY 2045

- Potsdam 17,7 kWh/(m²a) -> - 7 % ggü. TRY 2015
- min. bei 15,0 kWh/(m²a) (Mannheim) -> - 6 % ggü. TRY 2015
- max. bei 21,6 kWh/(m²a) (Fichtelberg) -> - 5 % ggü. TRY 2015

Erzeugte elektr. Energie $Q_{f,prod,PV,a}$ [kWh/(m²a)] Mehrfamilienhaus 40-MFH-3-KG-KS



- dargestellt ist die **erzeugte elektrische Energie** (PV-Ertrag) für das MFH in den 15 Klimaregionen jeweils für 3 unterschiedliche Klimadaten
 - TRY 2010: Klimadaten gemäß DIN V 18599-10
 - hier **orange** hervorgehoben die Auswertungen für das Referenzklima Deutschland (Grundlage Bedarfsermittlung GEG/BEG/KFN)
 - TRY 2015: aktuellere ortsbezogene Klimadaten
 - TRY 2045: ortsbezogene Zukunftsklimadaten
- **TRY 2010**
 - Referenzklima Deutschland (Potsdam): 20,8 kWh/(m²a)
 - min. bei 18,2 kWh/(m²a) (Hamburg) -> - 13 % ggü. Potsdam
 - max. bei 21,6 kWh/(m²a) (Garmisch) -> + 4 % ggü. Potsdam
- **TRY 2015**
 - Potsdam 20,9 kWh/(m²a)
 - min. bei 18,7 kWh/(m²a) (Braunlage)
 - max. bei 22,1 kWh/(m²a) (Stötten u. Passau)
- **TRY 2045**
 - Potsdam 21,2 kWh/(m²a)
 - min. bei 19,6 kWh/(m²a) (Bremerhaven)
 - max. bei 21,6 kWh/(m²a) (Passau)

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Rechenregeln

Rechenregel/Randbedingung	GEG-/EH-Nachweis	KFN/QNG, CO ₂ e-Emissionen
Standort PV-Anlage	Referenzklima Deutschland	„standortbezogen“ (15 Klimaregionen)
Nutzerstrom	ohne Berücksichtigung	20 kWh/(m ² a)
PV-Nennleistung	Standardwerte nach DIN V 18599-9 Tabelle B.2	Standardwerte oder Produktkennwerte
nutzbare PV-Erträge	GEG § 23 (2)	DIN V 18599-9 Abschnitt 7.4.2
Vorhandensein Batteriespeicher	ohne Berücksichtigung	Berücksichtigung nach DIN V 18599-9 Gleichung 77 und 84

Ergebnisse

- **PV-Anlagen leisten wichtigen Beitrag zur Erfüllung der aktuellen QNG-Anforderung EH 40: 40 % $Q_{p,Ref}$**
- **Nutzbare Anteile der PV-Erträge sind nach GEG deutlich geringer als bei KFN/QNG**
 - zurückzuführen in erster Linie auf die Einbeziehung des Strombedarfs für Nutzeranwendungen bei KFN/QNG
 - Einfluss Batteriespeicher wird in GEG § 23 nicht abgebildet
- **Batteriespeicher kann den nutzbaren Anteil der PV-Erträge in etwa verdoppeln (von 30 auf 60 %)**
- **Ergebnisse zu QNG-Regelungen für Strombedarf Nutzeranwendungen mit 20 kWh/(m²a) gut vergleichbar mit Ansatz 23 kWh/(m²a) nach DIN V 18599-10**
- **ortbezogene Bilanzierung Endenergiebedarf Heizen: Bandbreite - 15 % bis + 20 % gegenüber Referenzklima Deutschland!**
 - Vorgabe für Bilanzierung nach KFN/QNG aber: Referenzklima Deutschland
 - weitere Vorgabe: ortsbezogene Ermittlung der PV-Erträge zur anschließenden "Verrechnung" mit den Bedarfswerten des Referenzklimas Deutschland

Empfehlungen/Mögliche Entwicklungen für GEG und KFN/QNG (1/2)

Standort

- mögliche Standort-Bezüge
 - Referenzklima (Standort Potsdam)
 - Referenzort der 15 Klimaregionen gem. DIN V 18599-10
 - ortsgenaue Klimadaten DWD
- Parameter sind für unterschiedliche Bilanzanteile z.T. verfügbar, aber oft nicht ansetzbar
- obwohl wünschenswert wegen aktuell mangelnder Umsetzbarkeit keine Empfehlung, standortbezogene Daten zu verwenden

Nutzerstrom

- Einbeziehung Nutzerstrombedarf in Bilanzrahmen GEG-Nachweis wünschenswert, da großer Einfluss auf Eigennutzungsgrad
 - bestehende Regelung DIN V 18599-10 übernehmen, d.h. 23 kWh/(m²a)
- auch QNG-Regelungen anpassen auf diesen Wert, bisher dort 20 kWh/(m²a)

Empfehlungen/Mögliche Entwicklungen für GEG und KfN/QNG (2/2)

PV-Nennleistung

- produktspezifische Werte für einen öffentlich-rechtlichen Nachweis nach GEG erlauben, Hintergrund:
 - Peakleistungskoeffizienten entwickeln sich stetig weiter
 - unterschiedliche Standardwerte je nach Stand Norm, z.B. 182 bzw. 204 W/m²

Nutzbare PV-Erträge und Vorhandensein Batteriespeicher

- bei Fortschreibung GEG: Batteriespeicher gem. DIN V 18599-9 berücksichtigen
 - Hintergrund: bisheriger Ansatz §23 (2) stark vereinfacht und ohne Berücksichtigung Batterie, diese hat aber großen Einfluss auf Eigennutzung
- QNG-Regeln: kein Anpassungsbedarf, dort schon berücksichtigt



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Kontakt: schlitzberger@ibh-hauser.de