



Regenerative Energieträger im Unterglasanbau

Allgemeine Rahmenbedingungen

Vorgaben u. Ziele von Politik und Gesellschaft

Green Deal:

> Ziel bis 2050: Netto-Treibhausgasneutralität

Nationales Klimaschutzgesetz:

> Ziel bis 2045: Netto-Treibhausgasneutralität

Gebäude-Energien-Gesetz (GEG):

> Beim Einbau von neuen Heizungen gilt:

Neubauten: ab 2024 zu 65 % mit EE

Bestand: spätestens ab Mitte 2028 zu 65 % mit EE

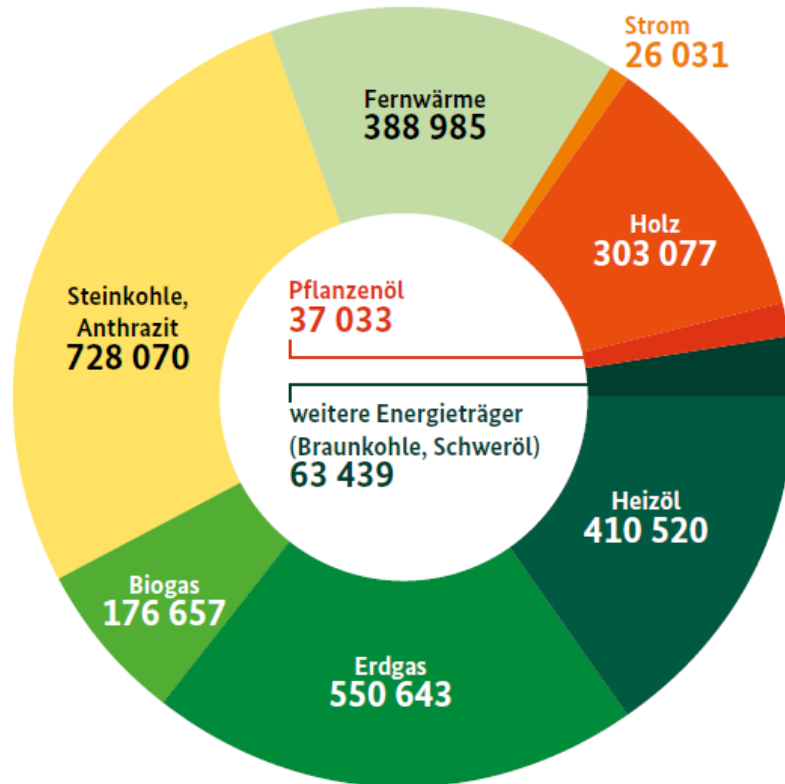
Ausnahmen: Unterglasanlagen für die Produktion und den Verkauf (GEG § 2 Abs. 2 Pkt. 4)

Vorgaben u. Ziele von Politik und Gesellschaft

- > Ziel der Klimaneutralität gilt für Alle
- > Preise für fossile Energieträger könnten ab 2027 aufgrund geänderter CO₂-Bepreisung erheblich steigen
- > Druck auf Zulieferer durch kapitalmarktorientierte Unternehmen z. B. Baumärkte, Lebensmittelhändler usw. kann zunehmen
- > Entwicklung, Produktion und Logistik bei den fossilen Brennstoffen geht zurück
- > Umstellung auf regenerative Energieträger ist ein Prozess, der viele Jahre dauert

Energieträger im Gewächshausanbau

Abbildung 15: Anteil der eingesetzten Energieträger (MWh) in Betrieben mit Schwerpunkt Erzeugung



Quelle: Gartenbauerhebung 2015

ca. 20 % des Heizenergiebedarfs im Gartenbau stammten **2015** aus regenerativen Energien

ca. 15 % des Heizenergiebedarfs stammten bei privaten Haushalten im Jahr 2020 aus regenerativen Energien

Quelle: Statistisches Bundesamt

Regenerative Brennstoffe und alternative Technologien

Holz-Hackschnitzel - auf den Brennstoff kommt es an!



Abb. 7: Hackschnitzel ohne Rinde, Nadeln, Blätter oder feine Äste.
Aschegehalt < 1 Masse-%, sehr geringer Feinanteil, Qualität Klasse A1



Abb. 15: Deutlich sichtbare Feuchterester und hohe Feinanteile im Hackschnitzelhaufen, für den emissionsarmen Betrieb von Kleinfeuerungen nicht geeignet.



Abb. 11: Hackschnitzel aus Waldrestholz mit Nadeln, Rinde und feinen Ästen.
Aschegehalt < 3 Masse-%, Qualität Klasse B, für den emissionsarmen Betrieb von Kleinfeuerungen nicht geeignet.



Fotos: FNR . heizen.fnr.de

Holz-Hackschnitzel

VORTEILE / GEGEBENHEITEN

- verschiedene Herkunft z. B. Wald, KUP, Straßenbegleitgrün, Altholz
- Wassergehalt, Größensortierung und Zusammensetzung bestimmen Zufuhrsysteme und Kesselanlage
- Art der Lagerung bestimmt Anlagenkonzept (Bunker oder Freifläche)
- relativ günstige Brennstoffkosten
- weitgehend regionaler Brennstoff

NACHTEILE

- sehr hohe Investitionskosten
- großen Platzbedarf für Lager, Pufferspeicher und Anfahrt für LKW
- Spitzenlast- und Notfallkessel notwendig
- hoher Arbeitsaufwand für Störungsbeseitigung und Kesselreinigung
- Herkunft bestimmt Fördermöglichkeiten
- Altholz der Kategorie I und II nur für große Anlagen

Holzpellet

VORTEILE gegenüber Hackschnitzeln

- homogener und genormter Brennstoff
- störungsarmer Betrieb
- geringerer Ascheanfall (< 0,5 %)
- Lagerung in Silos, Containern, Räumen oder unterirdischen Behältern

NACHTEILE

- hohe Investitionskosten
- hohe Brennstoffkosten
- Platzbedarf für Lager und Pufferspeicher
- u. U. Spitzenlast- und Notfallkessel notwendig
- Arbeitsaufwand für Kesselreinigung nicht unterschätzen
- Fördermöglichkeiten sind stark eingeschränkt

Halmgutartige Biomasse z. B. Stroh

VORTEILE

- Verbrennung als Pellet, Häckselgut und Ballen möglich
- Heizwert ähnlich wie Holz: 1 kg entsprechen etwa 4 kWh
- günstige Brennstoffkosten möglich

NACHTEILE

- hohe Investitionskosten
- hoher Platzbedarf für Lager, Pufferspeicher und Anfahrt Schlepper
- niedrige Ascheschmelzpunkte
- hohe Gehalte an Chlor, Stickstoff, Schwefel, Asche usw.
- hoher Wartungsaufwand
- aufwendiges Genehmigungsrecht:
 - < 100 kW u. a. Typprüfung der Kesselanlage muss vorliegen
 - > 100 kW nur mit Genehmigung nach 4. BImSchV
- wenige Hersteller mit ausgereiften Anlagen
- theoretische Möglichkeit der Förderung

Blockheizkraftwerke, Gasturbinen

VORTEILE

- hohe Gesamtwirkungsgrade im Vergleich zu dezentraler Versorgung
- kann Wärme- und Stromkosten reduzieren
- regenerative Energieträger (Biomethan, Holz, Wasserstoff) möglich

NACHTEILE / GEGEBENHEITEN

- erzeugte Wärme muss komplett und sinnvoll genutzt werden
- Wirtschaftlichkeit hängt von verschiedenen Faktoren wie Strom- und Brennstoffpreise, staatliche Förderung, Strom- und Wärmenutzung, Betreibermodell usw.
- komplette Wärmeabdeckung ist i. d. R. nicht sinnvoll
- Pufferspeicher mit ausreichendem Volumen wird immer benötigt
- Investitions- und Betriebskosten nicht unterschätzen
- komplexes, gesetzliches Regelwerk (KWKG, EEG)

Abwärme - Allgemein

Quellen:

Biogasanlagen, Kraftwerke, Rechenzentren oder Industriebetriebe

Wichtige Punkte:

- Werte für Wärmebereitstellung und -bedarf müssen vorab möglichst exakt ermittelt werden
- Regelungen zu Investitionskosten, Wärmepreis, Wärmeleistung, Vorlauftemperatur, Spitzenlastabdeckung, Notfallversorgung usw. sind zu finden
- Technische Einbindung häufig mit Wärmespeicher ist zu klären
- Wärmepreis muss für beide Seiten wirtschaftlich sein

Gegenwart und Zukunft:

Bisher geringe Nutzung aufgrund von Standortabhängigkeit, hohen Investitionskosten, Angst vor Abhängigkeiten oder anderen Vorbehalten

Zukünftig hat Abwärme ein großes Potential

Wärmepumpen - Voraussetzungen

- Umweltwärme (Medium) wie **Wasser**, Luft, Boden- oder Abwärme in **ausreichender** Menge und Qualität (Wasser)
- Stromanschluss mit entsprechender Leistung
- günstiger Strombezug beispielsweise aus Eigenproduktion
- möglichst geringe Temperaturspreizung zwischen dem Medium und der Vorlauftemperatur im Gebäude
- hohe Leistungszahl (COP) und Jahresarbeitszahl (JAZ)
Verhältnis von Wärmeabgabe zu Leistungsaufnahme (Strom) in einem definierten Moment bzw. über den Jahresverlauf
Ein Wert von 4 bedeutet: 1 kWh Strom generiert 4 kWh Wärme

Wärmepumpen und Wärmequellen

Luft

- überall verfügbar
- geringe JAZ
- hoher Geräuschpegel
- Kaltluftströme
- geringe Erschließungskosten

Gewässer

- Flüsse, Seen, Grundwasser
- Standortabhängig
- gute JAZ
- hohe Erschließungskosten
- Strombedarf für Wasserpumpen
- wasserrechtliche Genehmigungen

Sole

- Erdwärme, bis 200 m
- Standortabhängig
- gute JAZ
- hohe Erschließungskosten
- wasser- und bergrechtliche Genehmigungen

Abwärme / Abwasser

- Industrie, Rechenzentrum, Kläranlagen usw.
- Standortabhängig
- gute bis sehr gute JAZ
- Erschließungskosten für Wärmetauscher, Leitungen
- Anforderungen „Dritter“ beachten

Wärmepumpen im Unterglasanbau

- Heizleistungen ab 100 kW erfordern sogenannte Großwärmepumpen, mit derzeit noch sehr hohen Investitionskosten
- theoretisch gute Fördermöglichkeiten über die BLE oder das BAFA
- derzeit denkbar bei Fußboden- oder Vegetationsheizungen oder zur Abdeckung der Grundlast bei gut gedämmten Anlagen z. B. Verkauf
- Ausblick: Wärmepumpen werden Einzug in Gewächshäuser halten!
- Voraussetzungen schaffen:
 - > Vorlauftemperaturen aufzeichnen und analysieren
 - > Wärmepreisberechnungen erstellen
 - > Effizienzmaßnahmen ergreifen z. B. Ventilatoren
 - > Heizfläche erhöhen oder optimieren, wenn möglich
 - > mögliche Wärmequellen für WP identifizieren
 - > baurechtliche Fragen klären

Tiefe Geothermie (400 bis 5.000 m)

Tiefe Geothermie nutzt in erster Linie Warmwasser, welches entnommen und abgekühlt zurück geleitet wird.

Die Temperatur nimmt je 100 m Tiefe um 3 bis 4 °C zu.

VORTEILE

- nahezu unerschöpflich
- Wärmenutzung, z. T. Stromerzeugung und Speicherung möglich
- regional und kontinuierlich verfügbar
- Anwender benötigt lediglich Wärmetauscher
- Betriebskosten und Emissionen sind vergleichsweise gering

NACHTEILE

- Standortabhängig
- sehr hohe Investitionskosten verbunden mit Fündigkeitsrisiken
- aufwendiges Genehmigungsverfahren
- Vorbehalte in der Bevölkerung v. a. in Erdbeben gefährdeten Gebieten

Standorte für Geothermie

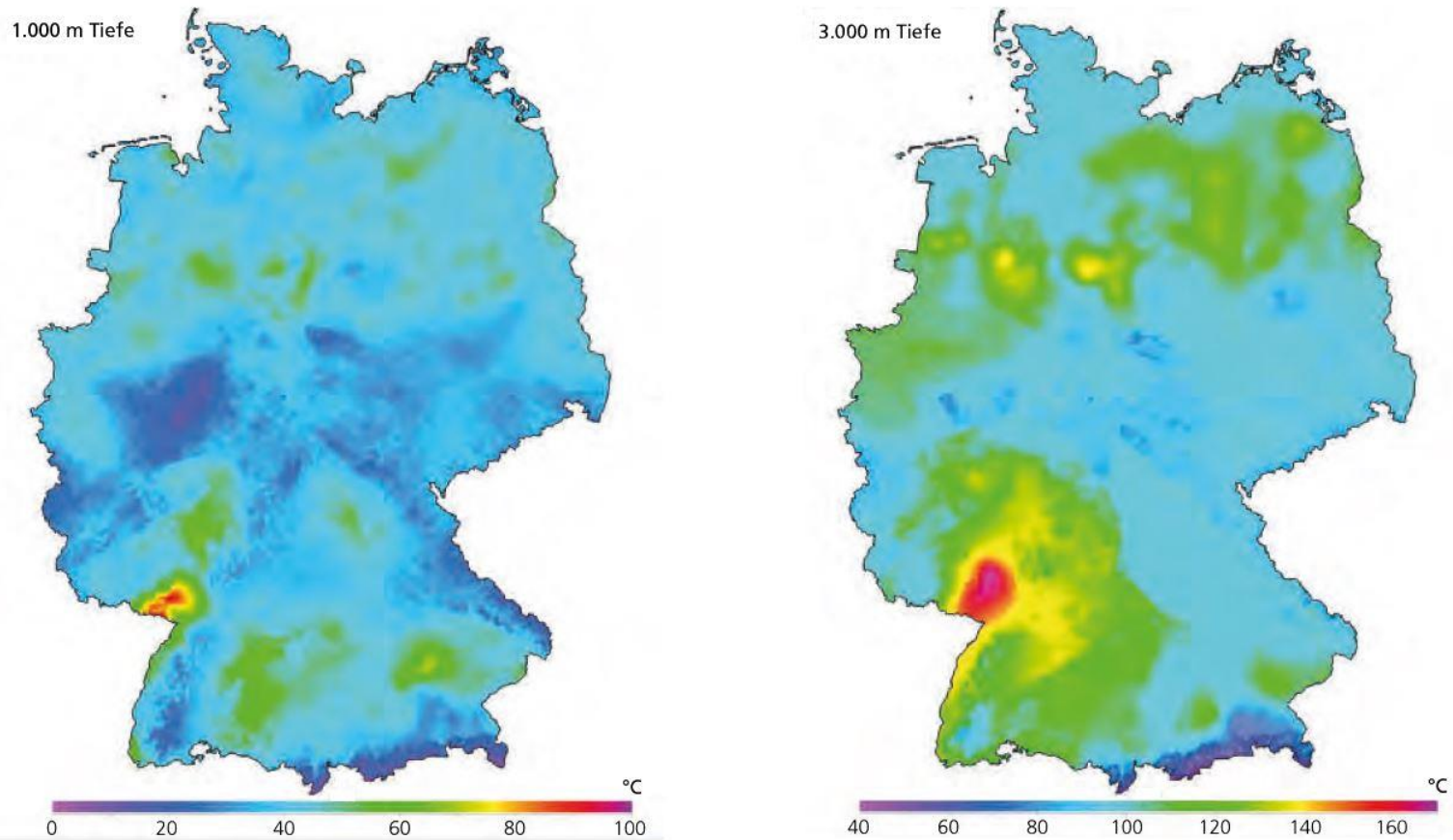


Abbildung 2: Temperatur in Deutschland in 1 und 3 km Tiefe auf Basis von Bohrdaten (© Agemar, LIAG).

Grafik: ROADMAP TIEFE GEOTHERMIE FÜR DEUTSCHLAND; Bracke, R.; Huenges, E.

Biomethan

Biomethan ist aufbereitetes Biogas und in seinen Eigenschaften mit Erdgas gleichzusetzen. Der Anteil am Gasverbrauch liegt derzeit bei etwa 1%.
Realistisches Ausbauziel lt. FNR bis 2030: ca. 12 %.

VORTEILE

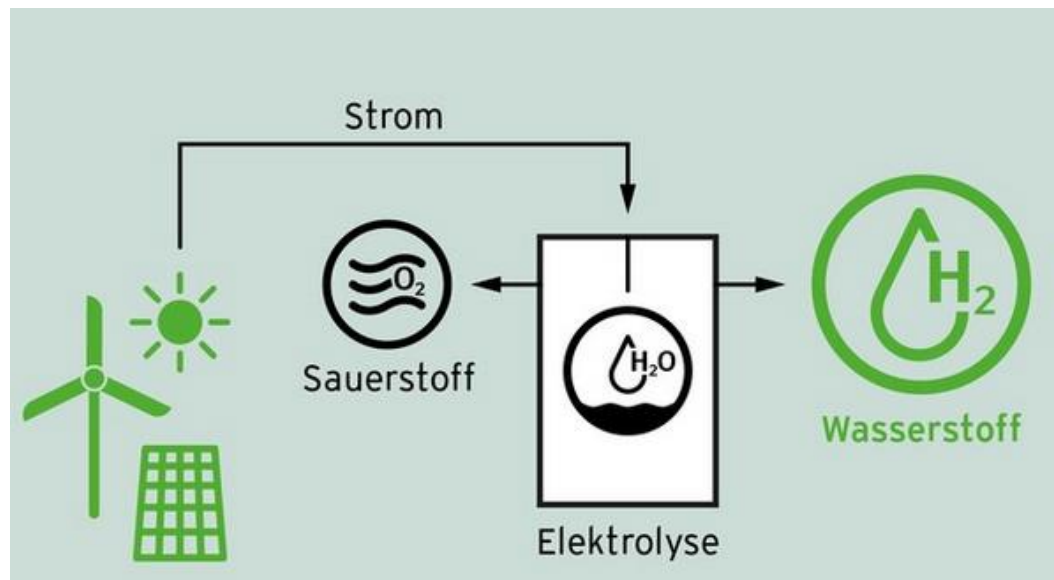
- zählt zu den erneuerbaren Brennstoffen
- hohe Energiedichte, speicherfähig und kontinuierlich verfügbar
- Nutztechnik (Heizkessel, BHKW) und Infrastruktur ist vorhanden
- Herstellung ist ausgereift
- „organische Abfallverwertung“ ist möglich

NACHTEILE

- verfügbare Mengen sind kurz- und mittelfristig gering
- Flächenproduktivität für Energieerzeugung ist gering
- hohe Kosten für Aufbereitungsanlagen und Einspeisung in das Erdgasnetz
- landwirtschaftliche Produktion, insbesondere von Energiepflanzen, wird zunehmend problematischer
- Stilllegung bzw. Rückbau der Erdgasinfrastruktur

Wasserstoff

- Wasserstoff ist ein farb- und geruchsloses Gas und kommt hauptsächlich gebunden mit Sauerstoff in Wasser (H_2O) oder gebunden mit Kohlenstoff vor
- Man unterscheidet verschiedene Herstellungsverfahren und bezeichnet das dadurch hergestellte Wasserstoffgas (H_2) als grün, grau, blau, türkis usw.
- Nur die Herstellung von grünem Wasserstoffgas ist nahezu klimaneutral, derzeit jedoch nur bedingt wirtschaftlich



Grafik: Vaillant

Wasserstoffgas H₂

Zu Heizzwecken wird Wasserstoffgas entweder in einer Brennstoffzelle eingesetzt oder dem Erdgas beigemischt. Derzeit sind 10 % Beimischung möglich und bis zu 30 % wird in Versuchen getestet.

Prognostizierte Anwendung v. a. bei hohen Prozesstemperaturen (> 200 °C) und im Verkehrssektor.

VORTEILE

- Produktion und Verbrennung von grünem Wasserstoff ist CO₂-frei
- Gas ist speicher- und transportfähig
- Nutztechnik wie Brennstoffzellen und BHKW sind vorhanden
- Ausgleich bei schwankender Stromerzeugung („Power-to-Gas“)

NACHTEILE

- Transport von reinem Wasserstoff ist bisher nicht ausreichend geklärt
- verfügbare Mengen sind kurz- und mittelfristig gering
- hohe und schwankende Herstellungskosten (z. B. Hydrix . <https://www.eex-transparency.com/de/wasserstoff>)
- Stromeinsatz bei Wärmepumpen ist derzeit erheblich effizienter
- Abhängigkeit von Erzeugerländern und ungeklärter Transport

Kosten und Preise

CO₂-Bepreisung

Mehrkosten durch CO ₂ -Bepreisung ohne Mehrwertsteuer		2021 25 Euro/t	2022 30 Euro/t	2023 30 Euro/t	2024 45 Euro/t	2025 55 Euro/t	ab 2026 65 Euro/t	ab 2027 ^{***}) 150 Euro/t	
Mehrpreis gegenüber 2020 / Mehrpreis zum Vorjahr									möglicher Wert
Heizöl EL	Cent/L	6,7	8,0 / 1,3	8,0 / 0,0	12,0 / 4,0	14,7 / 2,7	17,3 / 2,6	40,0	
Erdgas H	Cent/kWh	0,45	0,54 / 0,09	0,54 / 0,00	0,81 / 0,27	1,00 / 0,18	1,18 / 0,18	2,71	
Flüssiggas (Propan)	Euro/t	75,8	90,9 / 15,1	90,9 / 0,0	136,4 / 45,5	166,7 / 30,3	197,0 / 30,3	454,5	
Steinkohle (Anthrazit) *)	Euro/t	-	- -	91,3 / 0,0	136,9 / 45,6	167,4 / 30,4	197,8 / 30,4	456,5	
Altholz AI, All ^{**})	Euro/t	-	- -	- -	2,9 / 0,0	3,5 / 0,6	4,2 / 0,7	9,6	
Diesel (Kraftstoff)	Cent/L	6,7	8,0 / 1,3	8,0 / 0,0	12,0 / 4,0	14,7 / 2,7	17,3 / 2,6	40,0	
Benzin (Kraftstoff)	Cent/L	5,9	7,1 / 1,2	7,1 / 0,0	10,6 / 3,5	13,0 / 2,4	15,3 / 2,3	35,4	

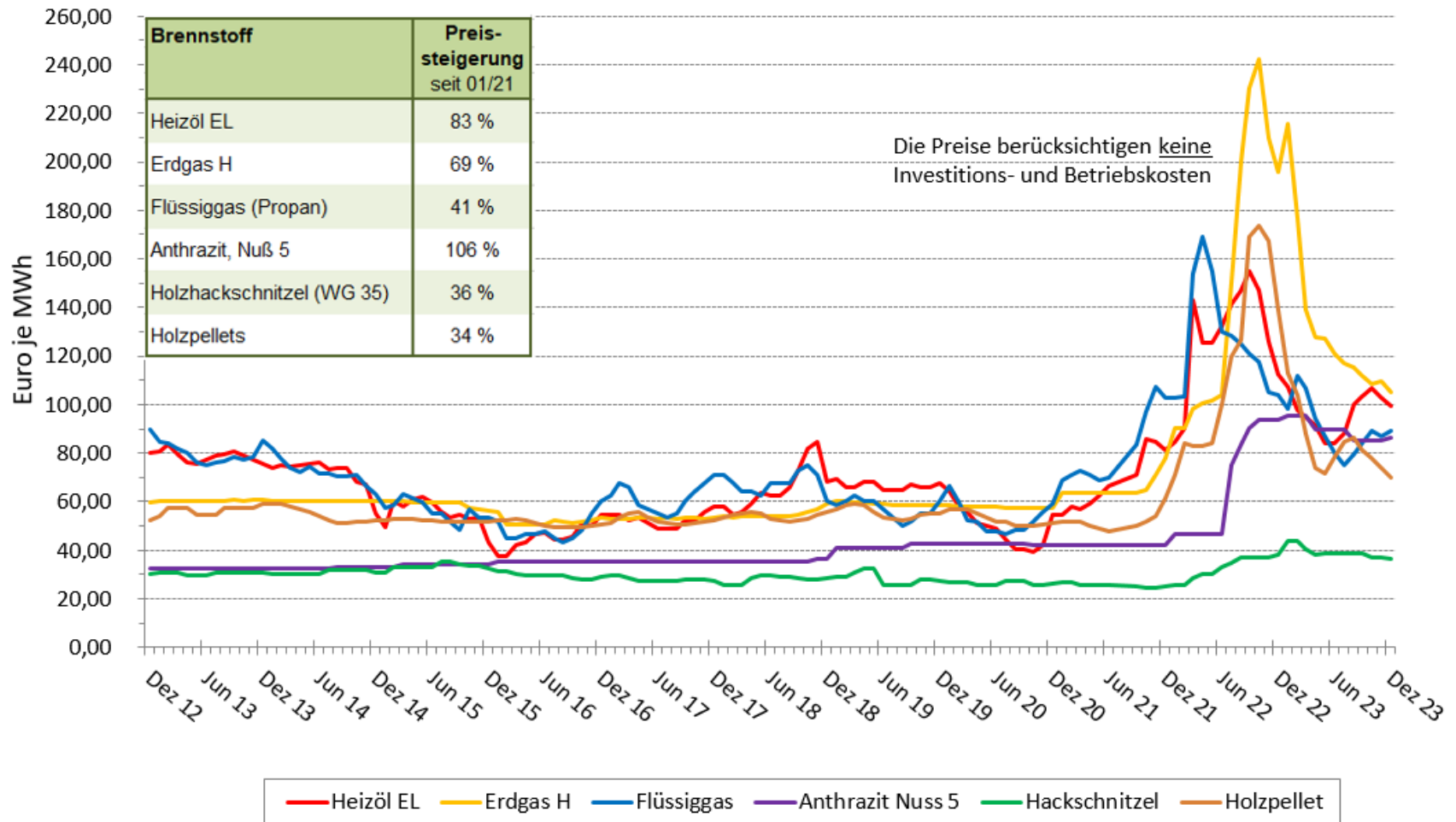
*) Zu Grunde liegt ein Heizwert von 9,03 kWh/kg und ein CO₂-Faktor von 0,337 t/MWh.

***) Nur wenn die Anlage nach der 4. BimschV, Punkte 8.1.1.1 bis 8.1.1.5 ("Müllverbrennungsanlage) genehmigt ist. Der Biomasseanteil wird bei AI und All mit 95 % angesetzt.

***) Derzeit geplant ist ein Übergang vom nationalen in den europäischen Emissionshandel (ETS II). Ab 2027 bestimmt eine CO₂-Obergrenze die angebotene Zertifikatmenge für den CO₂-Ausstoß von Verkehr und Gebäuden. Diese CO₂-Obergrenze ist an den EU-Klimazielen ausgerichtet. Diskutiert werden Werte zwischen 150 und 200 Euro/t CO₂, wenn keine weiteren Klimaschutzmaßnahmen folgen oder andere gesetzliche Regelungen regulierend eingreifen.

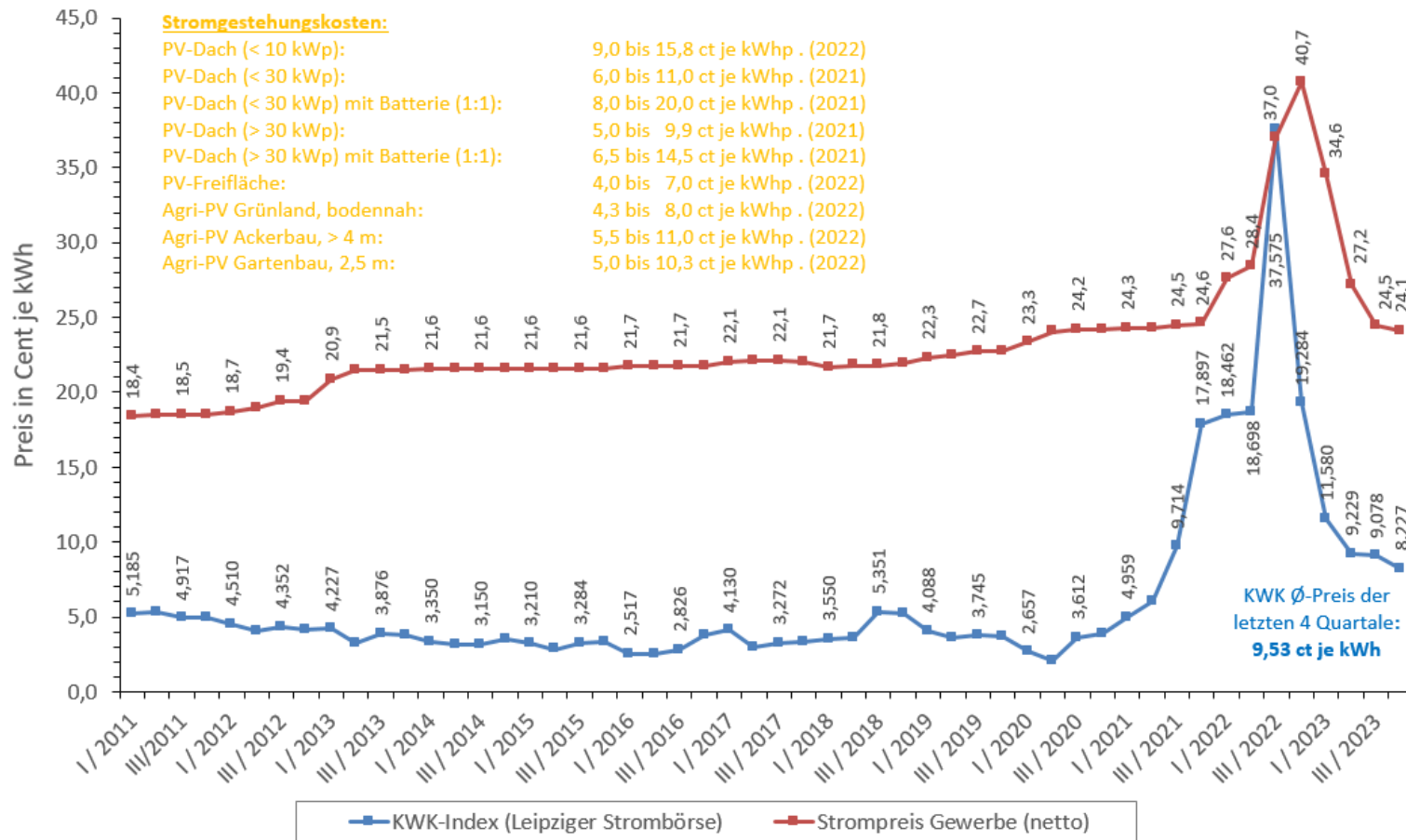
Die Kosten geben eine ungefähre Größenordnung wieder. Alle Angaben sind ohne Gewähr.

Energieträger und preisliche Entwicklung



Quellen: www.esyoil.de; www.carmen-ev.de; www.verivox.de; www.brennstoffboerse.de; Kehrbäum Carbon Prozess GmbH & Co. KG; Schaffers Brennstoffhandels GmbH; Statistisches Bundesamt

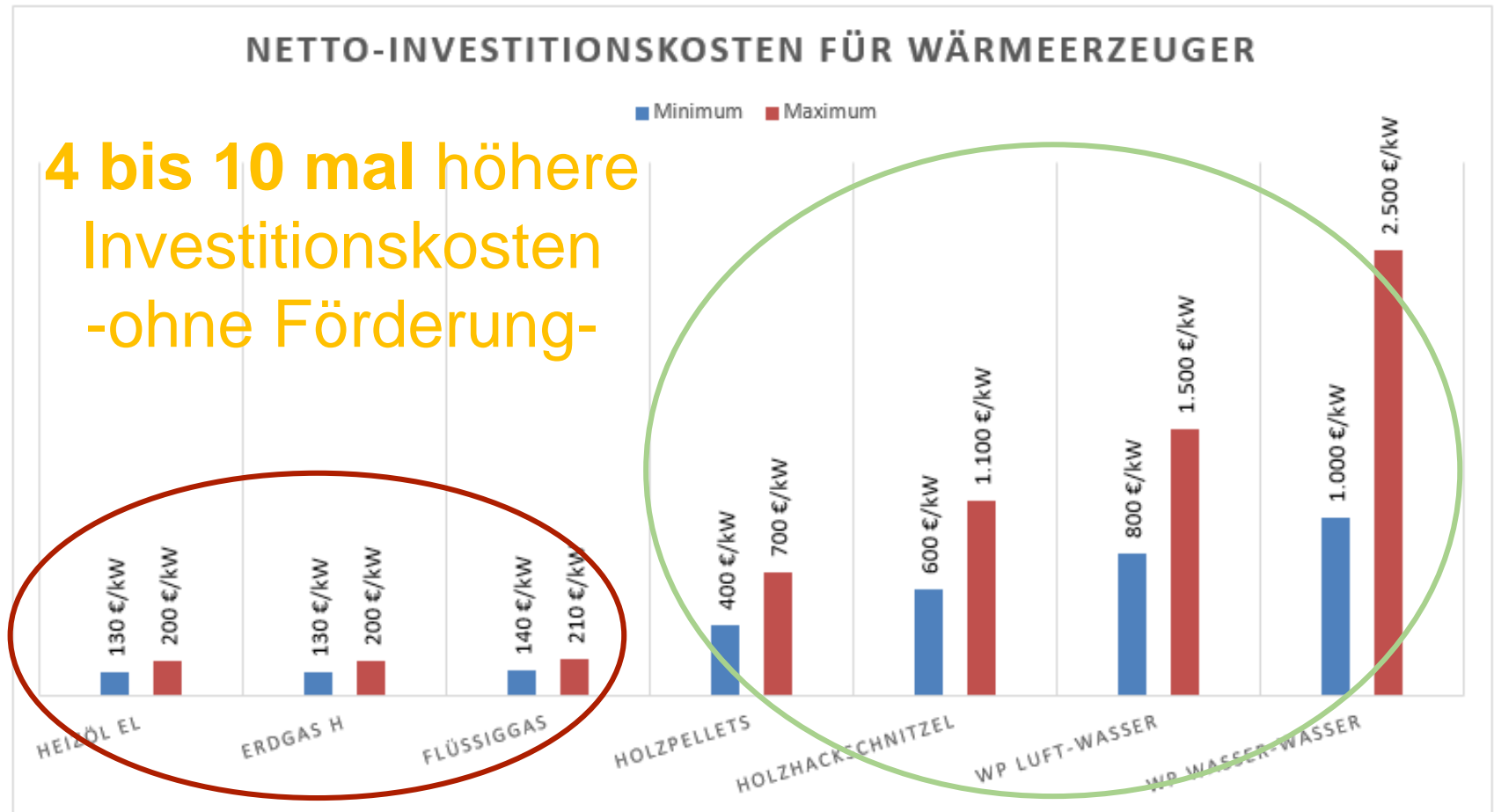
Entwicklung der Strompreise



Quellen:

Statistisches Bundesamt, www.bkwk.de, www.netztransparenz.de, Umweltbundesamt, Bundesnetzagentur, www.verivox.de, Fraunhofer ISE

Nettoinvestitionskosten Heizungsanlagen



Die Kosten sind u. a. abhängig von der zu installierenden Heizleistung und der Konzeption der Gesamtanlage.
Kosten für Gebäude sind nicht enthalten.

Wärmepreis

Heizleistung:	500 kW
Wärmebedarf:	500.000 kWh
Förderquote:	40%
Nutzungsdauer:	15 Jahre
Zins:	4%

	Heizöl EL	Erdgas	Anthrazit	Hackschnitzel	Wärmepumpe
Einkaufspreis Brennstoff	0,90 €/L	9,00 Cent/kWh	640,00 €/t	25,00 €/Srm	25,00 Cent/kWh
Brennstoffverbrauch	56.818 Liter	555.556 kWh	67,5 t	762 Srm	166.667 kWh
Investitionskosten	75.000 €	75.000 €	115.000 €	400.000 €	750.000 €
abzgl. Förderung	75.000 €	75.000 €	115.000 €	400.000 €	450.000 €
Annuität	6.746 €	6.746 €	10.343 €	35.976 €	40.473 €
jährliche Betriebskosten	750,0 €	750,0 €	1.725,0 €	6.000,0 €	11.250,0 €
prozentualer Anteil an den Investit	1,0%	1,0%	1,5%	1,5%	1,5%
Brennstoff-/Stromkosten	51.136 €	55.000 €	43.216 €	19.055 €	41.667 €
Jahresgesamtkosten	58.632 €	62.496 €	55.285 €	61.031 €	93.390 €
Wärmepreis	11,73 ct je kWh	12,50 ct je kWh	11,06 ct je kWh	12,21 ct je kWh	18,68 ct je kWh

Wärmepreis

Heizleistung:	500 kW
Wärmebedarf:	1.000.000 kWh
Förderquote:	40%
Nutzungsdauer:	15 Jahre
Zins:	4%

	Heizöl EL	Erdgas	Anthrazit	Hackschnitzel	Wärmepumpe
Einkaufspreis Brennstoff	0,90 €/L	9,00 Cent/kWh	640,00 €/t	25,00 €/Srm	25,00 Cent/kWh
Brennstoffverbrauch	113.636 Liter	1.111.111 kWh	135,1 t	1.524 Srm	333.333 kWh
Investitionskosten	75.000 €	75.000 €	115.000 €	400.000 €	750.000 €
abzgl. Förderung	75.000 €	75.000 €	115.000 €	400.000 €	450.000 €
Annuität	6.746 €	6.746 €	10.343 €	35.976 €	40.473 €
jährliche Betriebskosten	1.125,0 €	1.125,0 €	2.300,0 €	8.000,0 €	15.000,0 €
prozentualer Anteil an den Investit	1,5%	1,5%	2,0%	2,0%	2,0%
Brennstoff-/Stromkosten	102.273 €	110.000 €	86.433 €	38.110 €	83.333 €
Jahresgesamtkosten	110.143 €	117.871 €	99.076 €	82.086 €	138.807 €
Wärmepreis	11,01 ct je kWh	11,79 ct je kWh	9,91 ct je kWh	8,21 ct je kWh	13,88 ct je kWh

Differenz zwischen Wärmepumpe und Heizöl:
28.664 pro Jahr

Regenerative Stromerzeugung

Fotovoltaik - Gewächshaus

- Produktionsgewächshäuser
 - > in Bereichen, wo Beschattung nicht stört
 - > Glas wird gegen Module getauscht, da die zulässige Schneelast i. d. R. bei 25 kg/m^2 liegt
 - > Beheizung für Schneeabtau oder zusätzliche Stützungen müssen vorhanden sein
 - > Bei Stilllegung und Umnutzung ist Baubehörde zu informieren
- Verkaufsanlagen und Hallen haben i. d. R. ausreichende Statik für eine herkömmliche Unterkonstruktion. Möglich sind auch hier teiltransparente Module anstelle von Glas.
Sicherheitsanforderungen beachten!

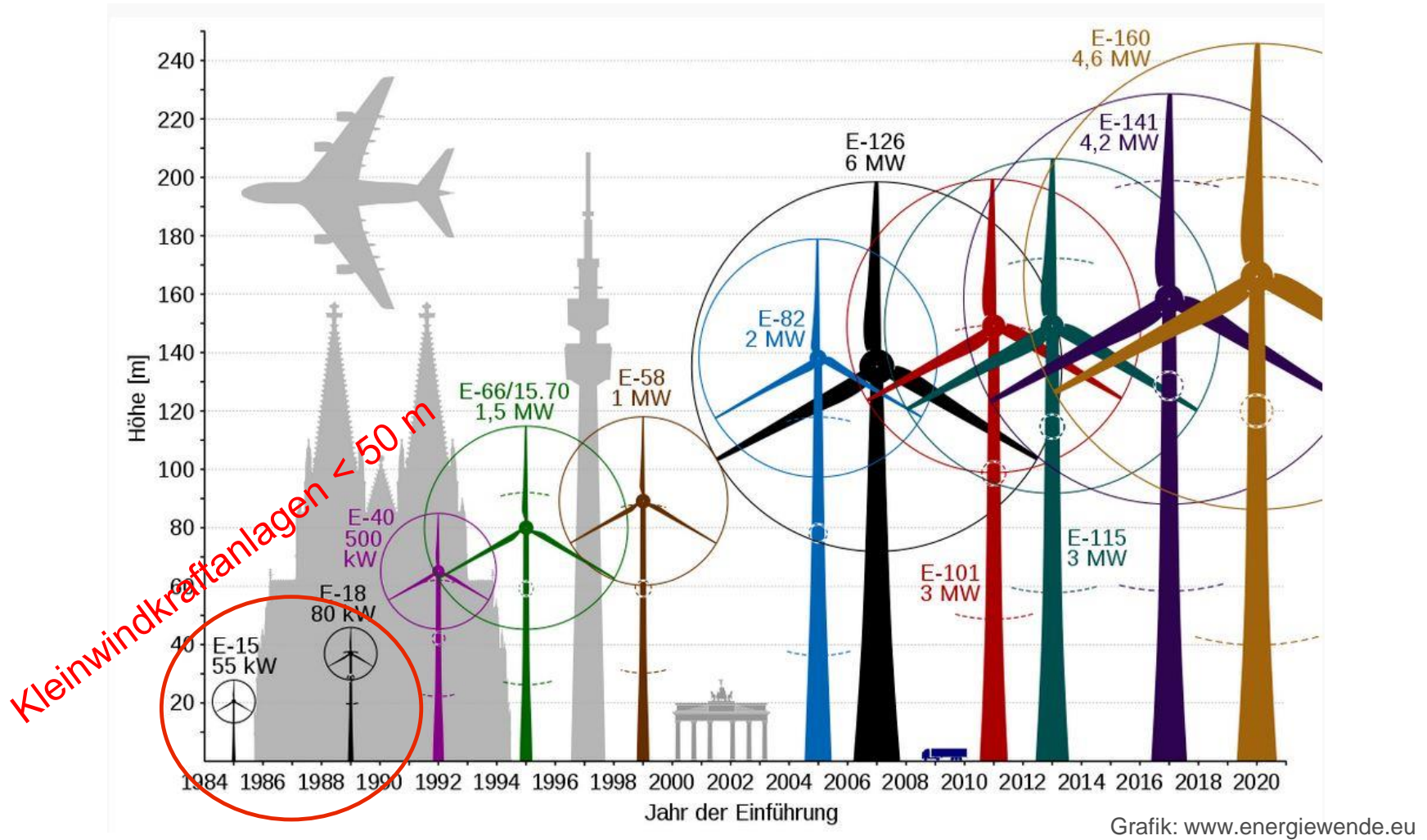


Foto: H.W. Mrotzek GmbH

Daten zur Fotovoltaik

- Einspeisevergütung sinkt ab 01.02.2024 um 1%
- Seit 01.01.2023 ist für Anlagen bis 30 kWp
 - > keine Gewerbeanmeldung notwendig
 - > rückwirkend zum 01.01.22 keine Einkommens- und Gewerbesteuer zu bezahlen
 - > beim Kauf keine Umsatzsteuer zu entrichten
- Für Anlagen ab 100 kWp gilt Direktvermarktungspflicht
- Wirtschaftlichkeit steigt mit Eigennutzung des Stroms
- Batteriespeicher steigern die Eigennutzung, sind aber nur in wenigen Konstellationen wirtschaftlich
- Wirtschaftlichkeitsberechnungen beispielsweise über den LEL Photovoltaik Rechner . https://lel.landwirtschaft-bw.de/Lde/Startseite/Unsere+Themen/Erneuerbare_Energien
- aktuelle Investitionskosten: 800 bis 1.200 € je kW

Windkraft



Klein-Windkraftanlagen für den Gartenbau

- Sinnvoll ab einer Leistung von 10 kW, bei
 - > windstarkem Standort, ab ca. 4 m/s mittlere Jahresgeschwindigkeit in bodennahen Luftschichten
 - > freier Anströmung in Hauptwindrichtung
 - > hohem Eigenverbrauch
 - > Aussicht auf eine Baugenehmigung
- Einspeisevergütung: < 10 Cent/kWh
- Baugenehmigungspflicht i. d. R. ab 10 m Gesamthöhe und Einstufung als Sonderbauten i. d. R. ab 30 m
- Netto-Investitionskosten: 3.000 bis 10.000 Euro je kW
jährliche Betriebskosten: 1,5 und 2,0 % der Investitionskosten
- Jahresstromerträge: max. 2.300 kWh je kW abhängig von zahlreichen Faktoren u. a. mittlere Windgeschwindigkeit, Nabenhöhe.

Fazit

- Ein Umstieg auf regenerative Brennstoffe ist für Unternehmen immer dann sinnvoll wenn,
 - > ein wirtschaftlicher Betrieb möglich,
 - > die Maßnahme finanzierbar,
 - > die Technologie ausgereift,
 - > und der Standort vorhanden ist
- Effizienz steigern durch,
 - > Energieschirme
 - > Ventilatoren
 - > Klimaregelung
 - > Sensibilisierung
- Daten protokollieren und auswerten
 - > Wärme
 - > Strom
 - > Vorlauftemperaturen
- Augen und Ohren offen halten für Abwärme und neue Technologien