Landnutzungsoptionen: Überblick und vergleichende Bewertung

Prof. Dr. Folkhard Isermeyer
Thünen-Institut

Berlin
09.11.2022

Strategisches Forum der dafa
Landnutzung im Wandel

Gliederung

1. Bisherige Entwicklung der Landnutzung
2. Künftige Herausforderungen
3. Vergleich Landnutzungsoptionen (Schwerpunkt: Energie)
4. Flächenbedarf (für Energiewende und anderes)
5. Schlussfolgerungen für die Politik

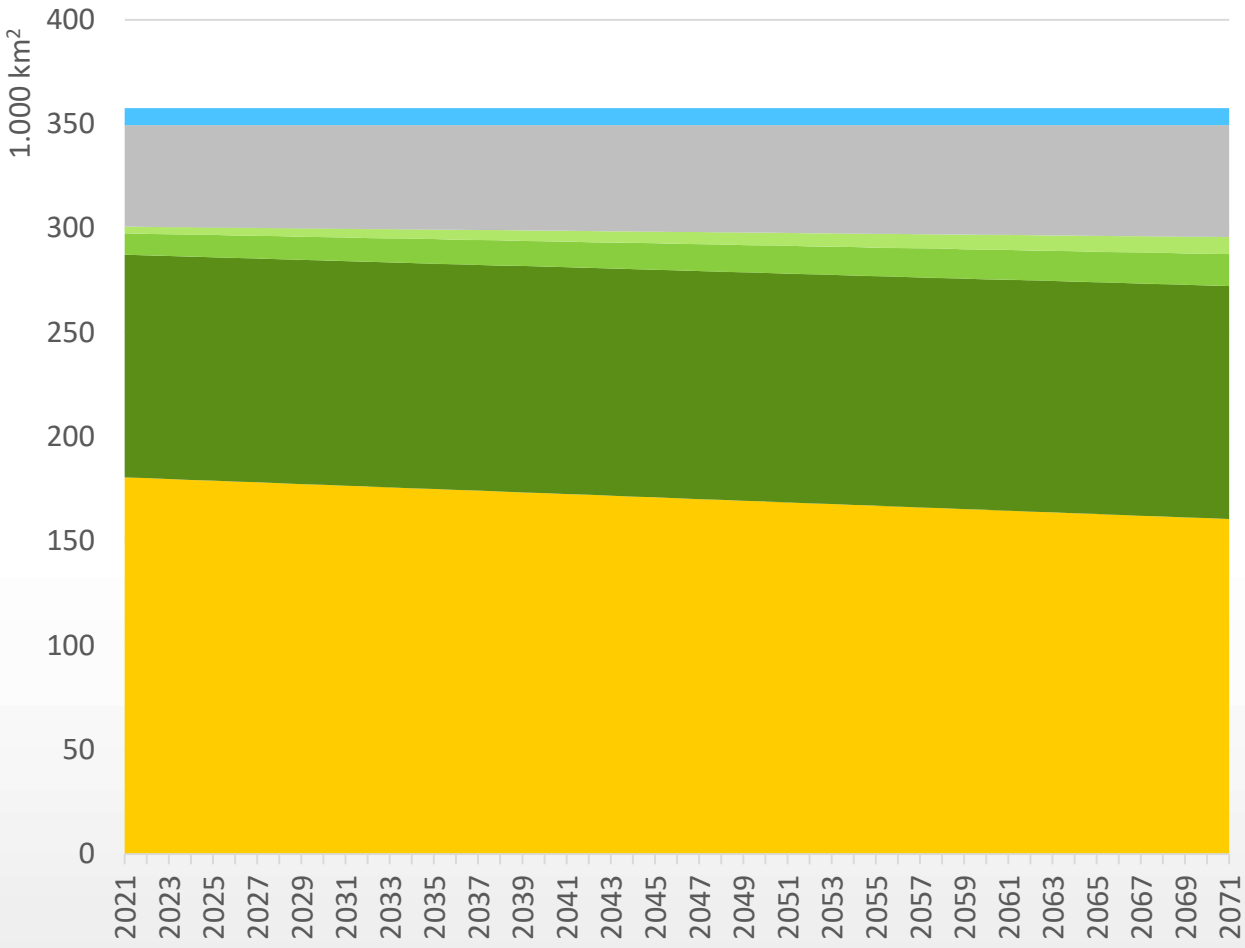
Entwicklung der Landnutzung in Deutschland, 2016-2021

	Fläche 1.000 km²	Anteil %	Durchschnittliche Änderung 2016-2021 km²/Jahr
Gewässer	8,2	2	-4
Verkehrsfläche	18,1	5	15
Siedlungsfläche	33,7	9	188
-davon Grünanlagen	*3,2*	*1*	*103*
Landwirtschaft	180,6	51	**-409**
Wald	106,7	30	106
sonstige Vegetation	10,3	3	107
Gesamt	**357,6**	**100**	**2**

… also ungefähr (km²/Jahr):

Quelle: Destatis, eigene Berechnungen

Fortschreibung der Trends 2016-21 für 50 Jahre



… also in 50 Jahren ungefähr:

+ 0,5 Mio. ha Siedlung/Verkehr („versiegelt“)

+ 0,5 Mio. ha Siedlung/Verkehr (Grünanlagen)

+ 0,5 Mio. ha sonstige Vegetation

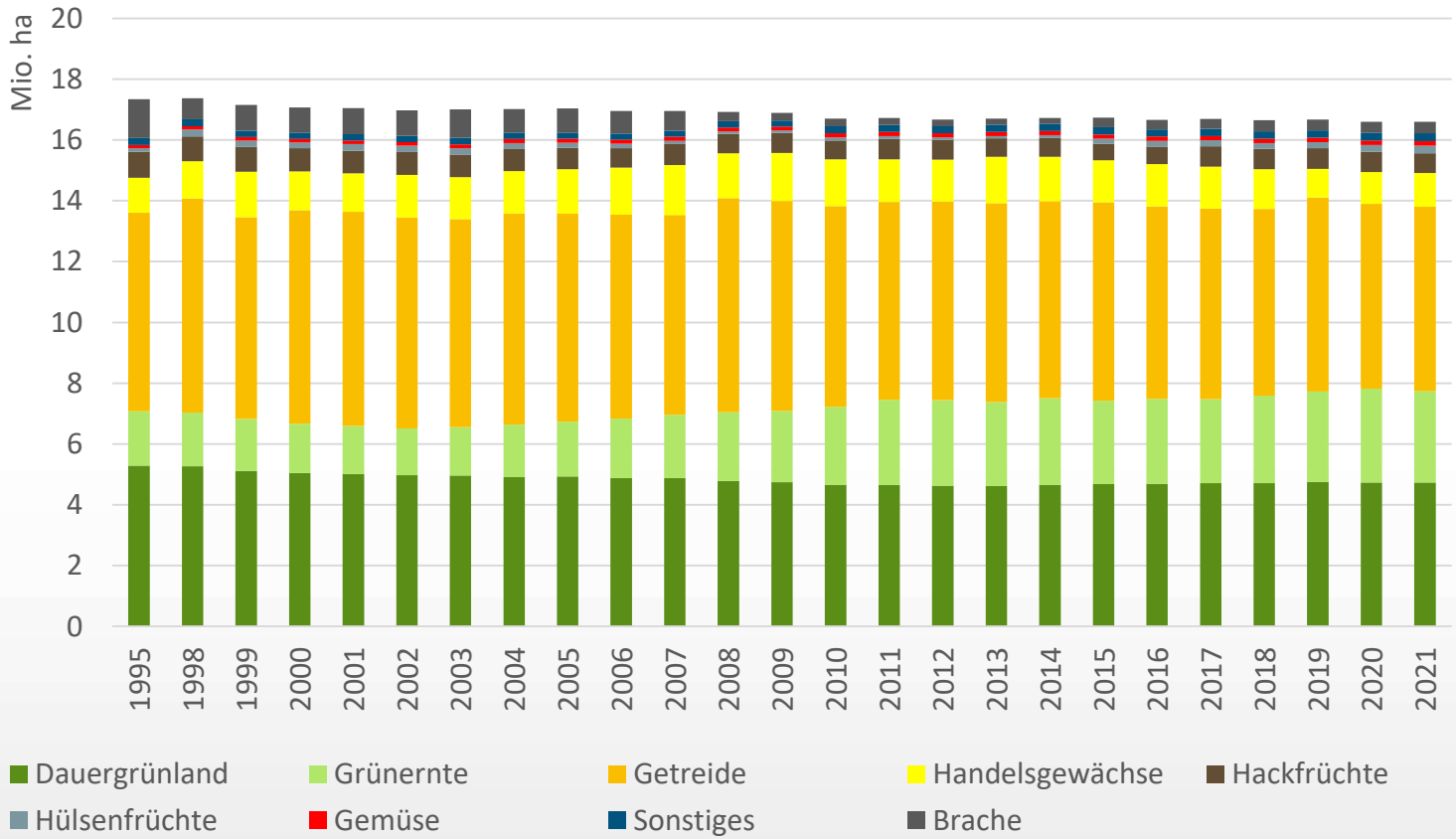
+ 0,5 Mio. ha Wald

- 2 Mio. ha Landwirtschaft

- Gewässer
- Siedlung/Verkehr ("versiegelt")
- Siedlung/Verkehr (Grünanlagen)
- Sonstige Vegetation
- Waldfläche
- Landwirtschaftsfläche

Quelle: Destatis, eigene Berechnungen

Landwirtschaftliche Flächennutzung, 1995 - 2021



… also seit 1995:

-0,9 Mio. ha Brache

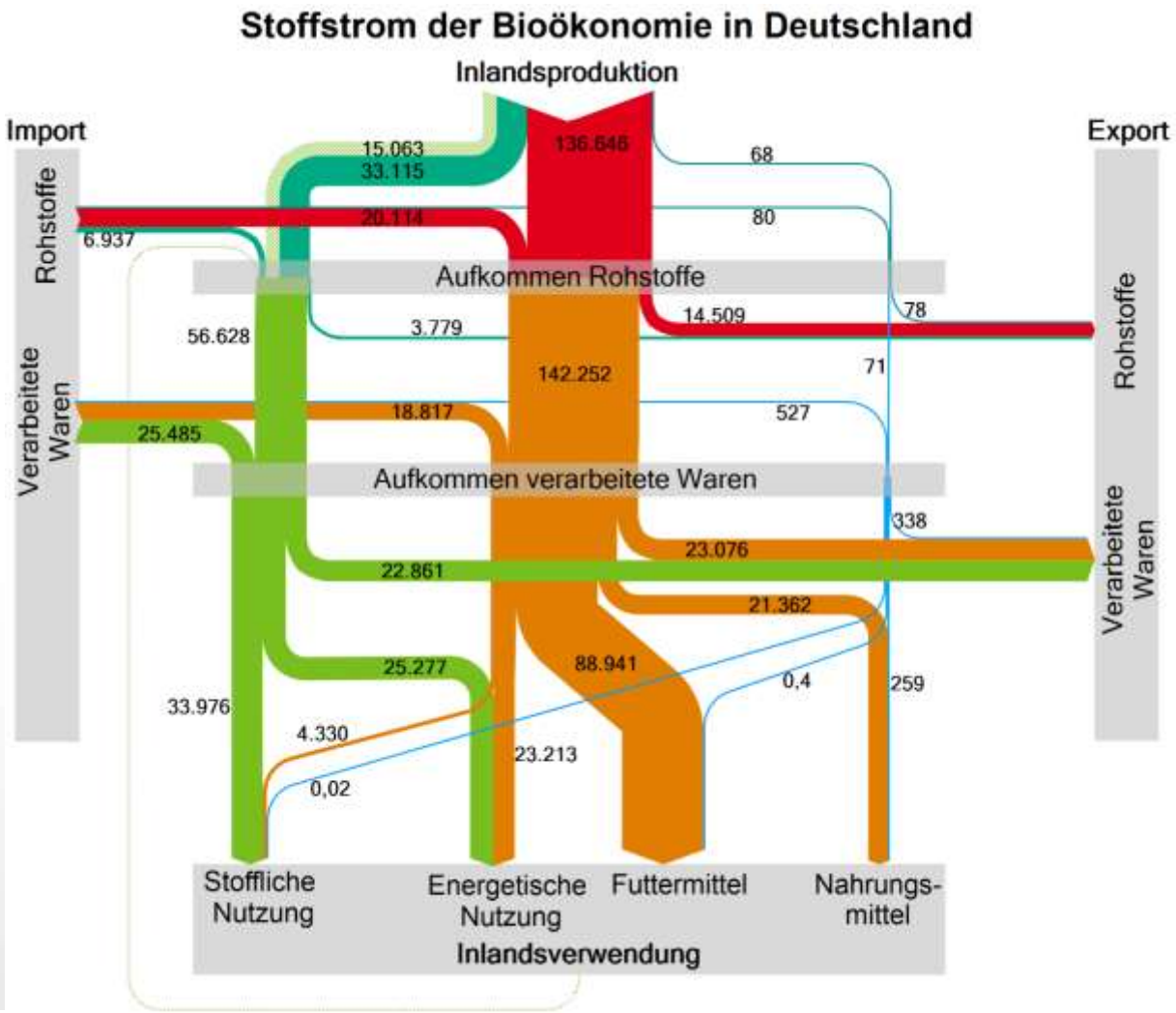
-0,5 Mio. ha Getreide

+1,2 Mio. ha Grünernte

-0,6 Mio. ha Dauergrünland

Quelle: Destatis, eigene Berechnungen

Biomasse: Woher kommt sie, wohin geht sie?



Grün: Forstliche Biomasse
Rot: Landwirtschaftliche Biomasse
Blau: Aquatische Biomasse

Mengen in 1.000 t Trockenmasse

Quelle: Iost et al. (2020): Setting up a bioeconomy monitoring: Resource base and sustainability. Thünen Working Paper 149. Braunschweig.

Künftige Herausforderungen an die Landnutzung

Ausweitung der Produktpalette …

- Erzeugung von **Nahrungsmitteln** (unter globalen Klimawandel-Bedingungen)
- Erzeugung von **Energie** (Bioenergie, Photovoltaik, Solarthermie, Windenergie)
- Erzeugung von **Industriegrundstoffen** (nachwachsende Rohstoffe statt Petrochemie)

… und mehr Ökosystemleistungen …

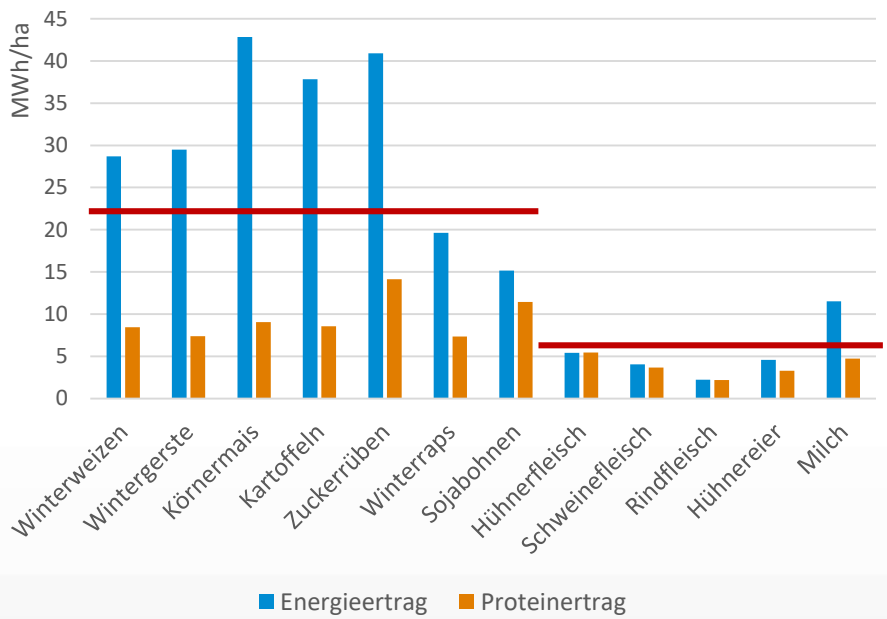
- Beitrag zur **C-Sequestrierung** (Humus, Gehölzpflanzen, Holz, Moorböden-Vernässung)
- Beitrag zum **Naturschutz** (Vorrangflächen, Biotopverbund, ldw. Produktionssysteme)

… bei zunehmender Flächenknappheit.

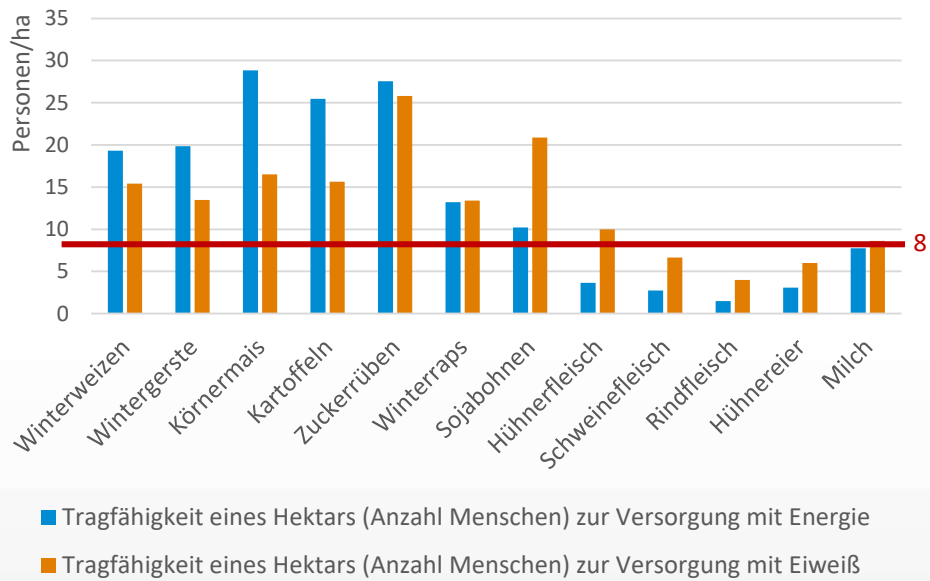
➡ ***Konzentration auf die jeweils besten Optionen, Nutzung von Synergieeffekten***

Nahrungsmittelproduktion: Energie- und Proteinerträge

Eigene Berechnungen für typische Verfahren in Bayern.
Basis: Kalkulationsdaten Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)



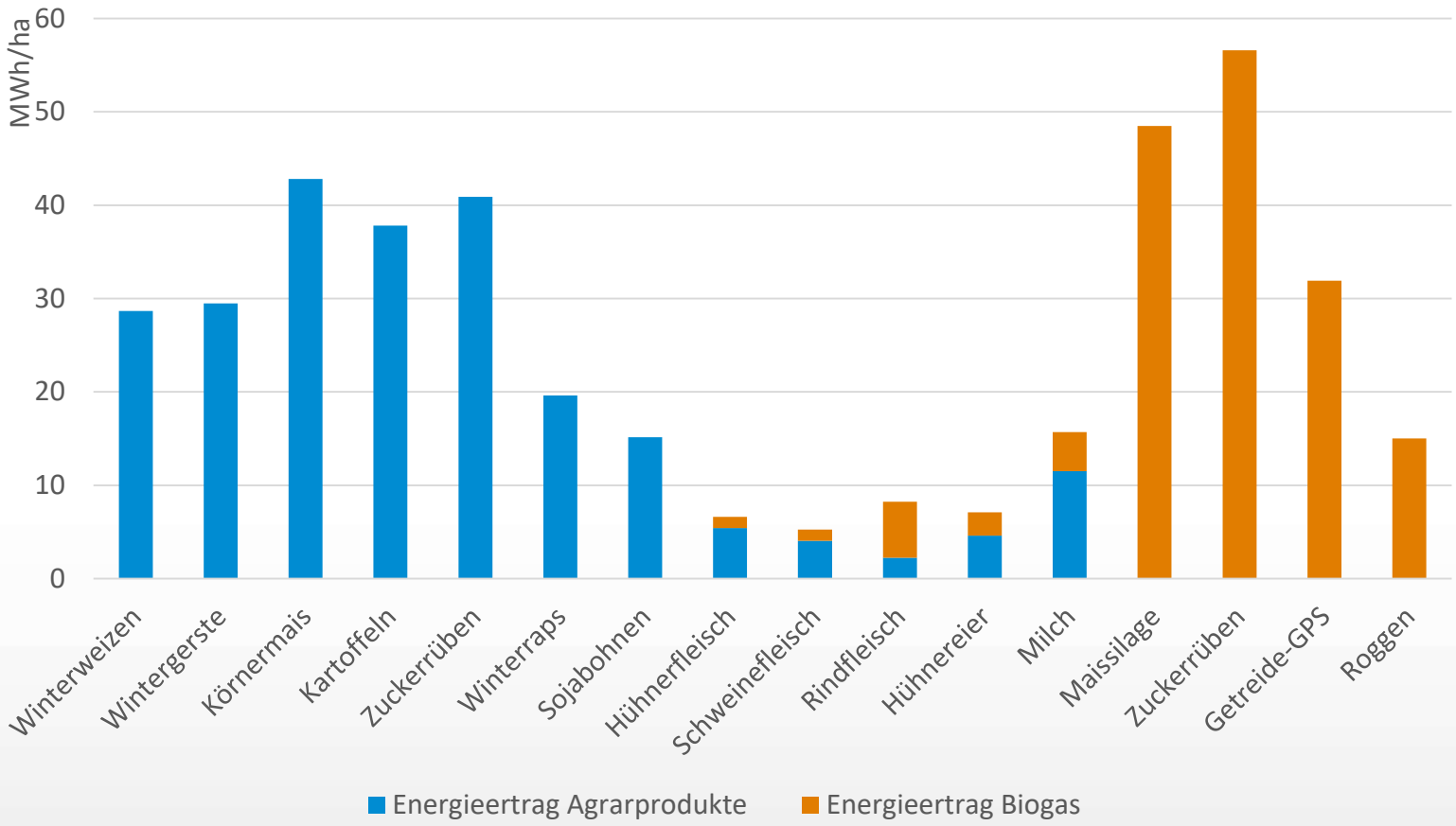
Überschlägige Tragfähigkeitsberechnung: Wie viele Menschen könnte ein Hektar ernähren?
Kalkulationsbasis: 3.500 kcal/Kopf und Tag, 150 g Protein/Kopf u. Tag
(vgl. Ernährungsempfehlung: 2.000 kcal/Kopf und Tag, 75 g Protein/Kopf u. Tag)



Diese Überschlagsrechnungen blenden vieles aus (z.B. Standortunterschiede; Lebensmittelverluste; essenzielle Aminosäuren; Obst- und Gemüseproduktion). Dennoch sind die Kernergebnisse klar:

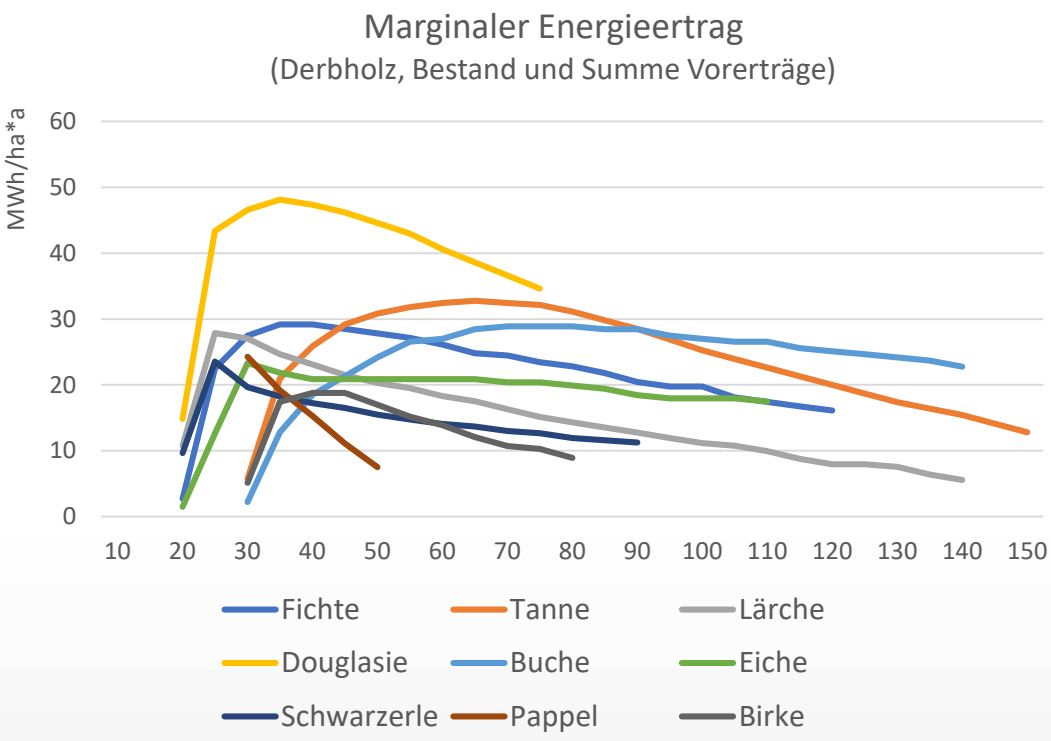
- Durch Fleischerzeugung verschwenden wir sehr viel Energie.
- Versorgungssicherheit für 80 Mio. Menschen wäre mit <10 Mio. ha LF erreichbar.

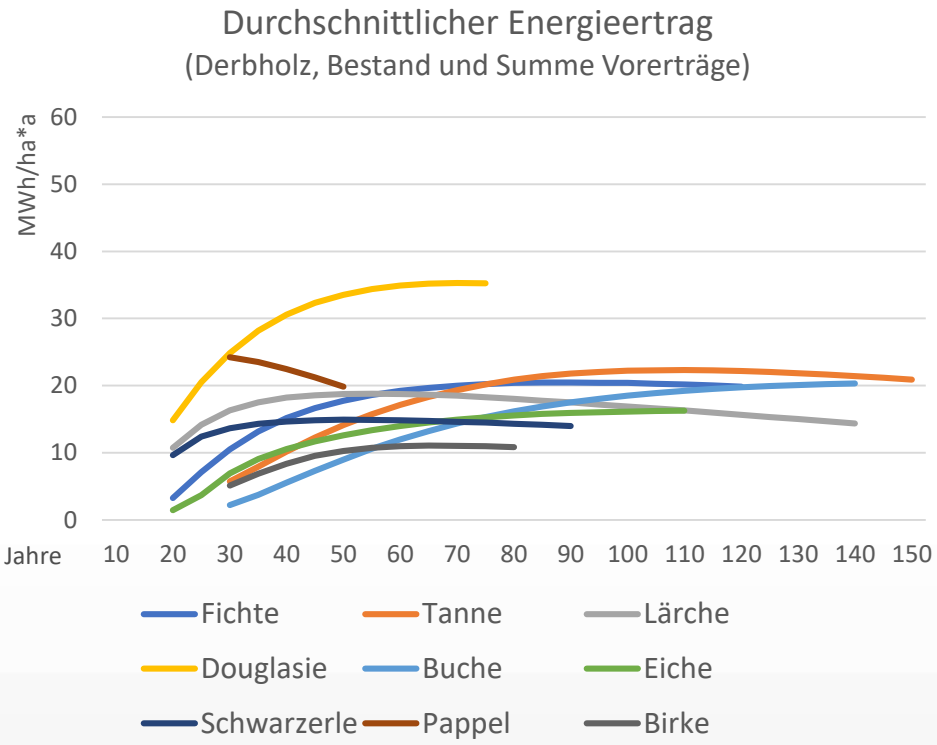
Ergänzung durch Biogas



Eigene Berechnungen. Datenbasis für Pflanzenerträge und Futterbedarf sind die „LfL-Kalkulationsdaten“, Datenbasis für die Methanerträge sind FNR-Faustzahlen kombiniert mit LfL-Kalkulationsdaten

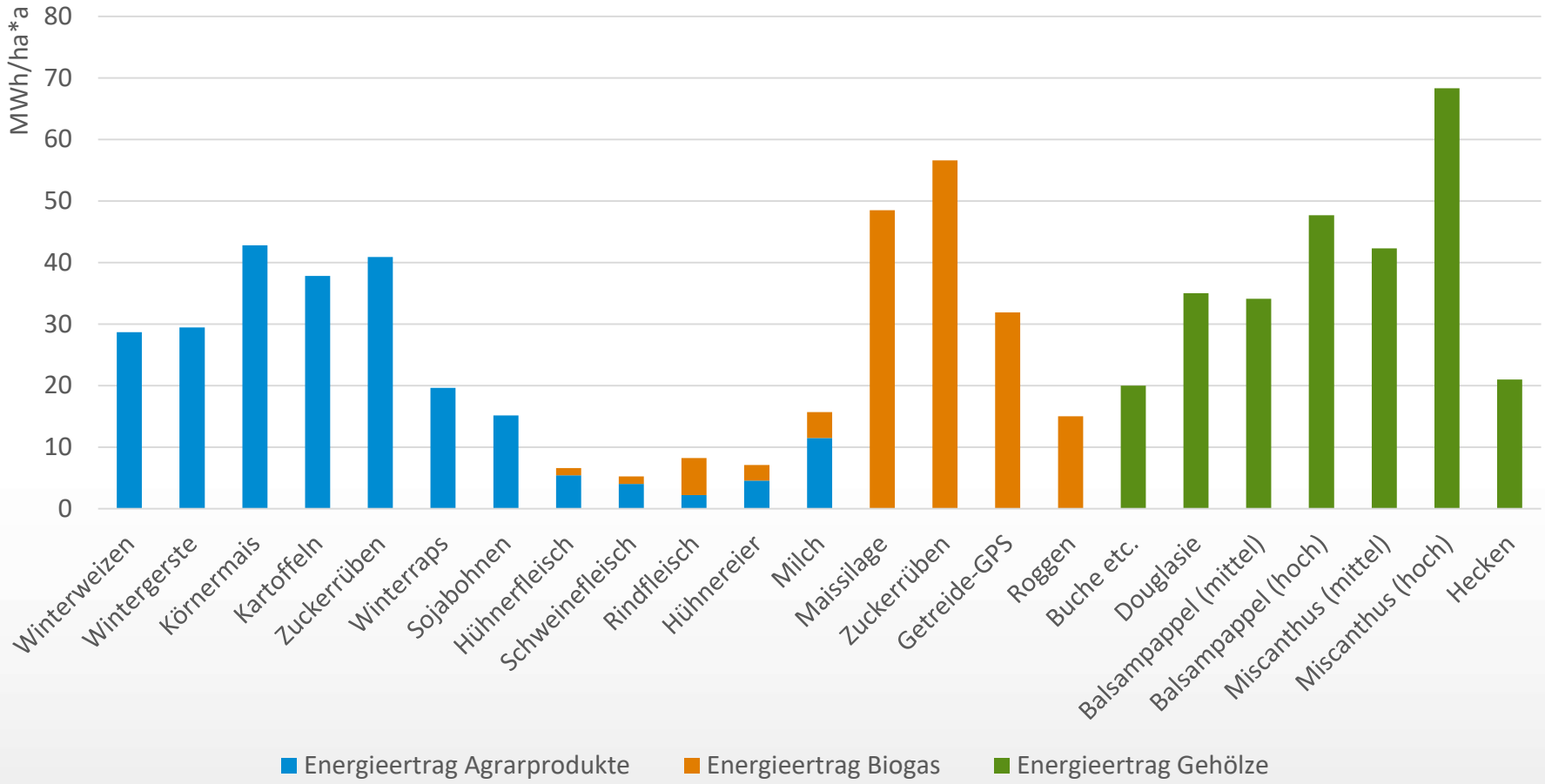
Energieerträge Wald (in Abhängigkeit vom Nutzungsalter)





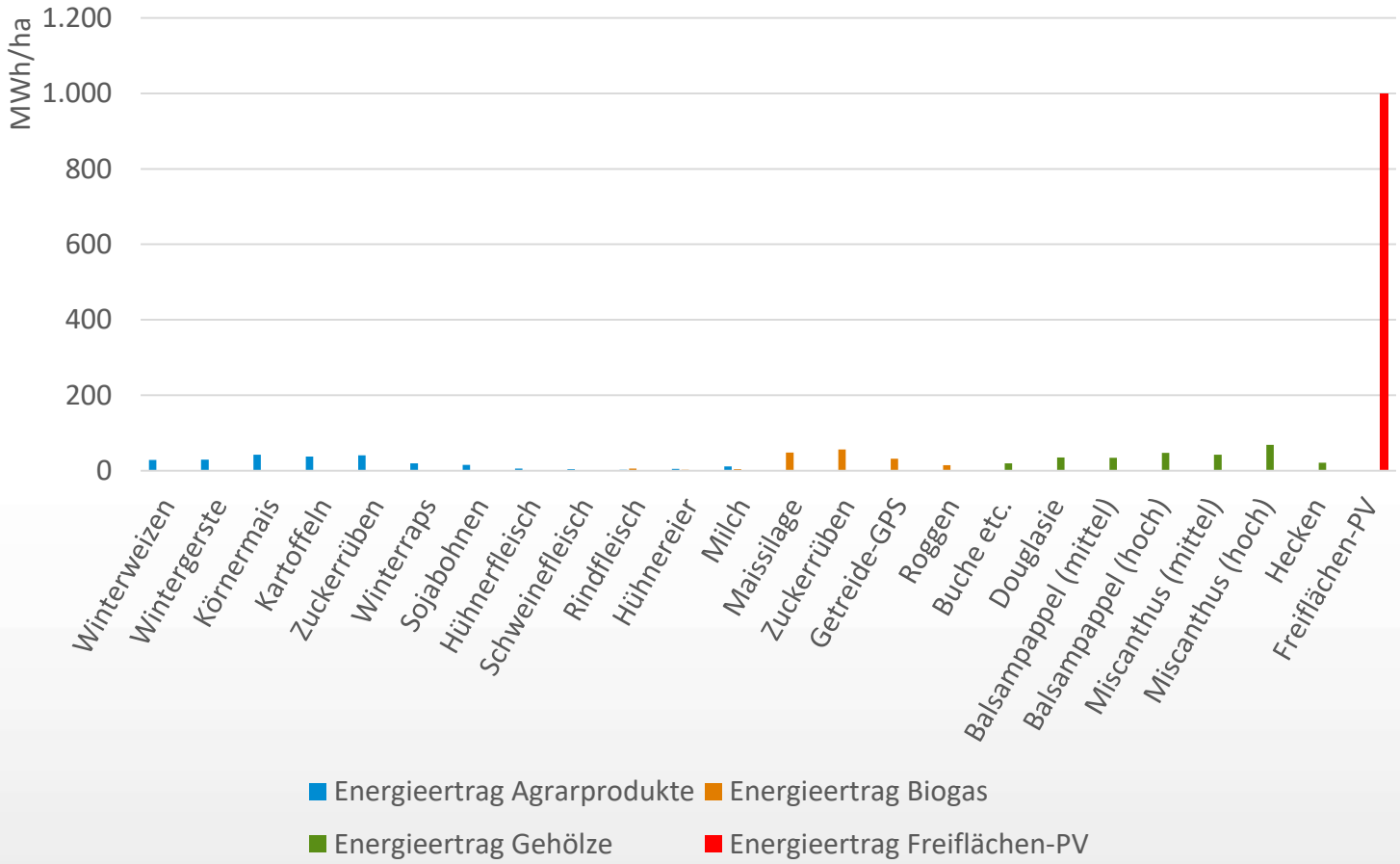
Eigene Berechnungen auf Grundlage der Ertragstafel-Sammlung Schober 1987 (1. Ertragsklasse, mäßige Durchforstung) und Paul et al. (2009)

Einbeziehung von Gehölzen (Energieertrag ja Hektar und Jahr)



Quellen zu Agrarprodukten, Biogas sowie Wald (Buche etc.) siehe vorhergehende Schaubilder.
Quellen zu Balsampappel und Miscanthus LfL-Kalkulationsdaten. Quelle zu Hecken: Drexler 2021

Solar- und Windenergie machen den Unterschied



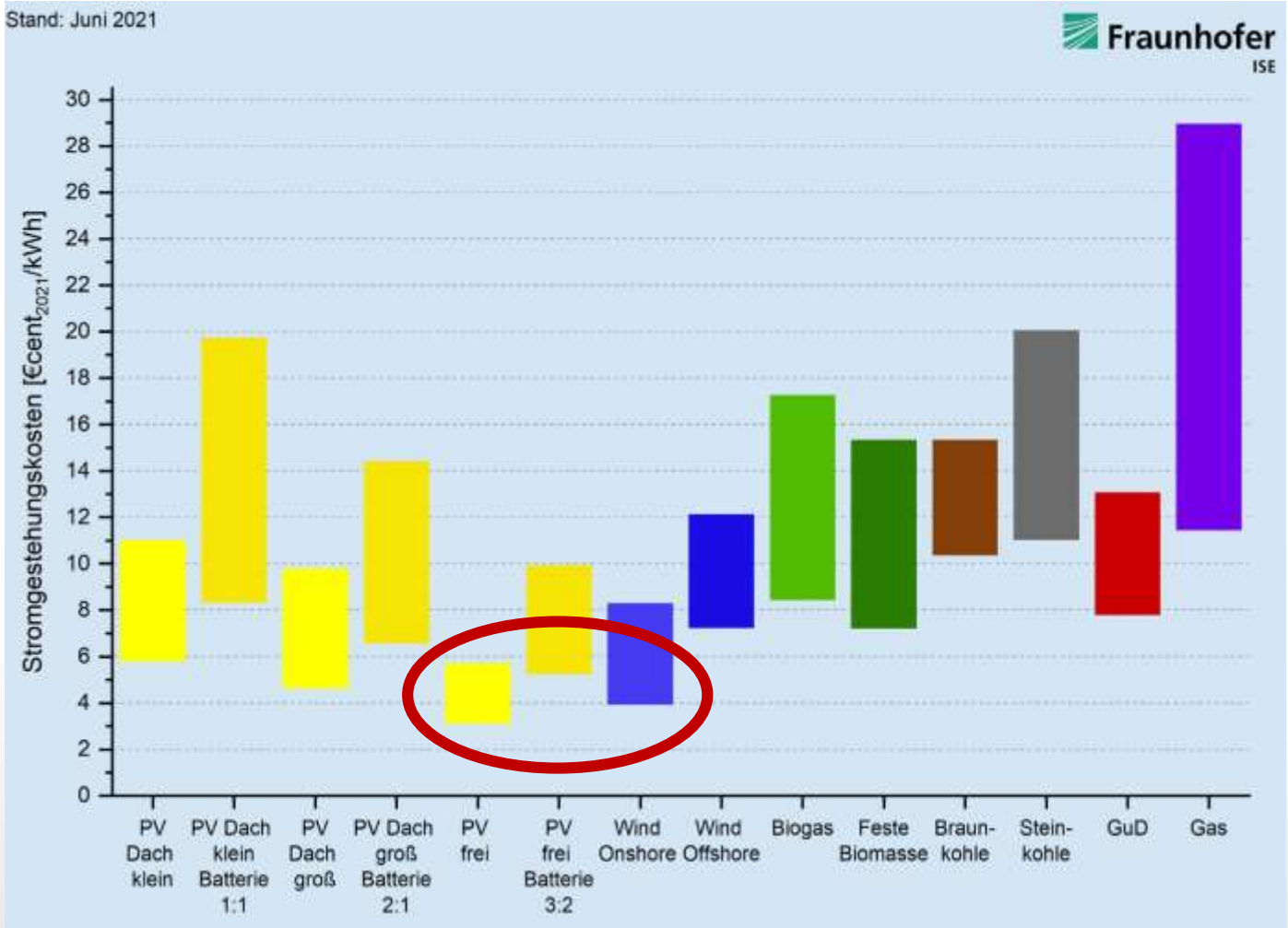
Photovoltaik
Aktuell installierte Freiflächen-PV in Süddeutschland bringt **ca. 1.000 MWh_{el}/ha*a**, aber nicht gleichverteilt übers Jahr.

Solarthermie
Freiflächen-Solarthermie bringt **ca. 2.000 MWh_{th}/ha*a**, benötigt aber Nähe zu Nutzern, ein Fernwärmenetz und einen großen Wasserspeicher.

Windenergie
Ein modernes Windrad (4 MW) versiegelt ca. 0,33 ha, erzeugt 6.000 bis 10.000 MWh/a, also **ca. 20.000 MWh_{el}/ha*a**, aber nicht gleichverteilt übers Jahr.

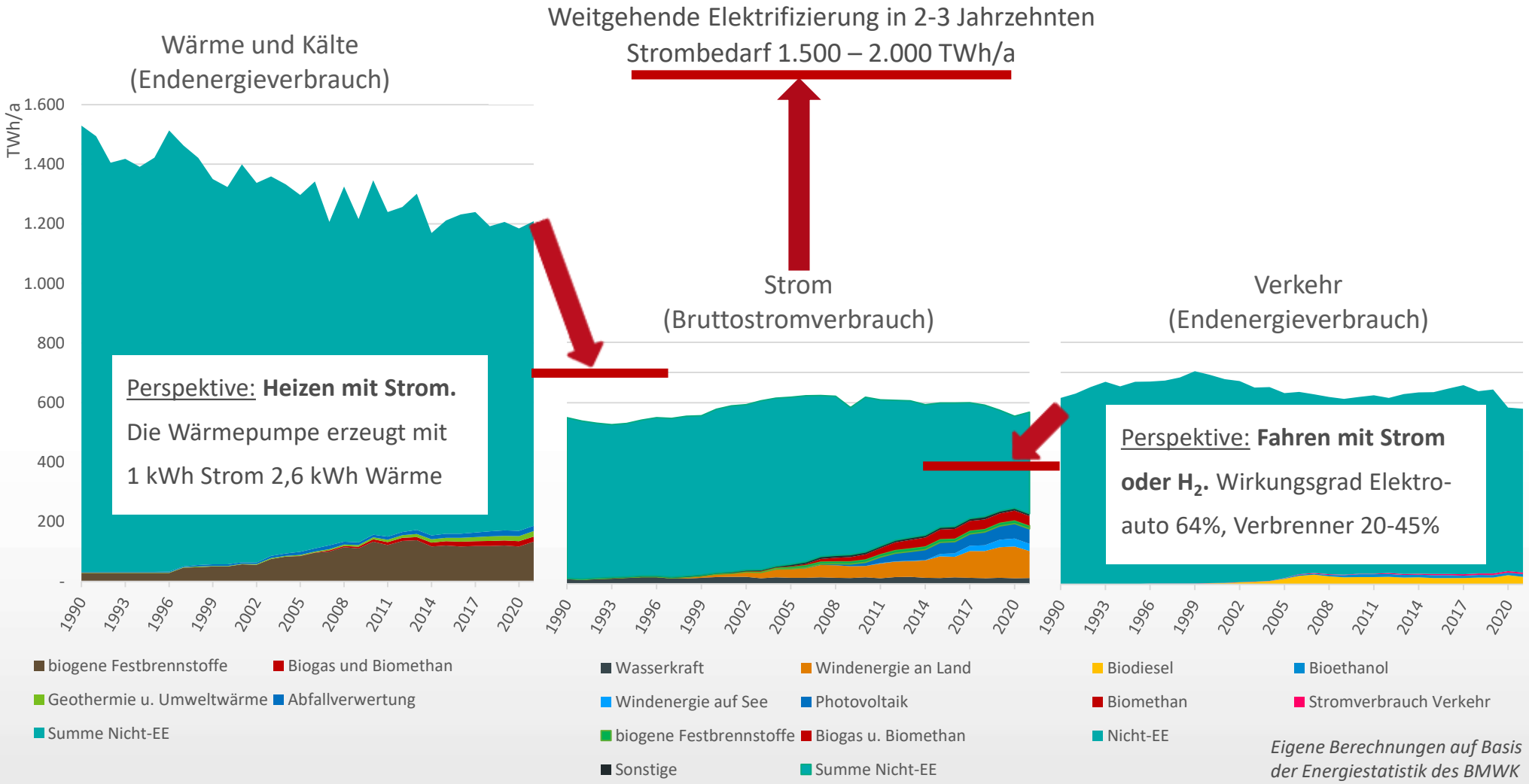
Quellen zu Photovoltaik: Wirth (2021) und eigene Internet-Recherche (u.a. s-werk.com), zu Solarthermie Umweltministerium Baden-Württemberg (2019), zu Windenergie diverse Internetquellen

Stromgestehungskosten (2021)



Quelle: Fraunhofer ISE (2021)

Energiewende: Perspektiven und Größenordnungen (I)

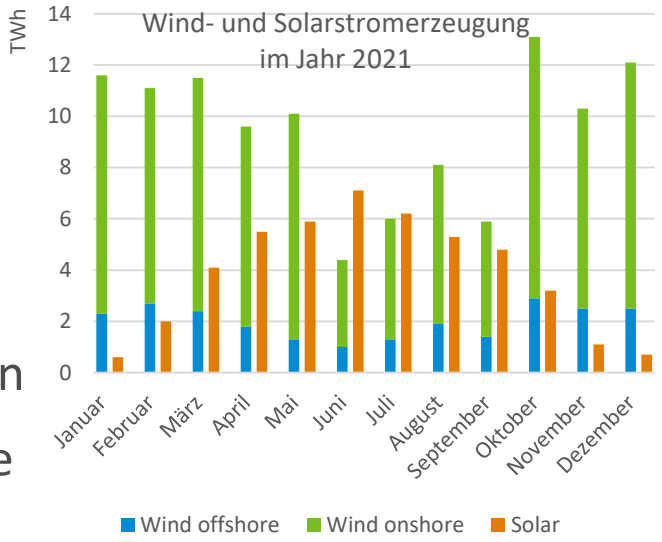


Eigene Berechnungen auf Basis der Energiestatistik des BMWK

Energiewende: Perspektiven und Größenordnungen (II)

- Woher kommt der viele Strom? Solar- und Windenergie!
- Ausbau im Gleichschritt, Saisonkurven ergänzen sich gut
- Dennoch: Erhebliche Unter- und Überversorgungen, sowohl (a) im Tagesverlauf als auch (b) im Jahresverlauf
- Vor allem auf „Dunkelflaute“ (mehrere Wochen) einstellen

➡ Energiespeicherung wird zur zentralen Zukunftsaufgabe



Quelle: Fraunhofer ISE

Teilaufgabe A: **Mehrmonatige Energiespeicherung**

- Wind- u. Solarüberschuss wandeln in Wasserstoff (Kavernen) u. Warmwasser (Tanks)
- Bei Knappheit Rückverstromung des Wasserstoffs, oder H_2-Netz bauen (Brennstoffzelle)

Teilaufgabe B: **Ausgleich kurzfristiger Schwankungen (Tagesverlauf)**

- Batterien, überregionaler Netzverbund, Pumpspeicherkraftwerke, Gaskraftwerke
- Intelligente Systeme für das Lastmanagement (flexible Strompreise ➡ Anpassungen)

Fächenbedarf für die Stromerzeugung

Extrem-Szenario: Könnten wir 2.000 TWh/a aus Wind- und Solarenergie (50/50) erzeugen?

Windenergie

- Bei ca. 30% Offshore-Anteil und einer Stromerzeugung von 10 MWh/a pro Windrad (nach Repowering der Altanlagen) werden ca. 70.000 WEA an Land benötigt.
- Flächenbedarf: 0,02 Mio. ha
- Anlagendichte: 5 qkm/WEA (bei 25.000 bis 35.000 „Dörfern“ in Deutschland: ca. 2 Windenergieanlagen/Dorf)

Freiflächen-PV

- Für 1.000 TWh werden ca. 1 Mio. ha LF benötigt. (1 ha LF erzeugt 1 GWh p.a.)
- Derzeitige Energiepflanzen-Fläche: 2,3 Mio. ha (= Einsparpotenzial).

(Zum Vergleich: Die Energiewende mit Biogas/Biodiesel zu gestalten wäre illusorisch, würde weit mehr als 20 Mio. ha benötigen.)

➡ **100% Energie-Selbstversorgung Deutschlands** durch Umstellung auf Wind/Solar wäre möglich, sogar mit weniger Fläche als wir jetzt für Bioenergie einsetzen.

Gibt es Alternativen zu Freiflächen-PV?

Import von Solarstrom aus Südeuropa/Nordafrika

- „Rund-um-die-Uhr-Strom“ für 6 ct/kWh (Kombi PV/Solarthermie/Salzspeicher) *(Pitz-Paal, 2019)*
- Leitungsverluste ca. 14% (bei Ferntransport über 5.000 km mit HGÜ-Leitung) *(Wirth, 2022)*
- aber: Solarstrom wird zunächst vor Ort verbraucht, Fernleitungsbau dauert Jahrzehnte

Integrierte PV, Bereich Siedlung/Verkehr (Dachflächen, Fassaden, Parkplätze, Straßendächer, Fahrzeuge etc.)

- Technisches Potenzial > 1.000 TWh/a *(Wirth et al., 2021)*
- aber: relativ teuer und langwierig

Integrierte PV, Bereich Landwirtschaft („Agri-PV“)

- Zahlreiche Synergieeffekte sind denkbar
- aber: Forschung läuft gerade an, dauert Jahre

Schlussfolgerung:
Freiflächen-PV jetzt schnell expandieren lassen, aber mit reversiblen Konzepten!

Gesamtfazit zum Flächenbedarf (langfristig, Szenario „Selbstversorgung“)

Verfügbarkeit: In der 2. Hälfte des Jahrhunderts eventuell nur noch 15 Mio. ha LF

Nahrungsmittel

- Mit 10 Mio. ha können 80 Mio. Menschen gut versorgt werden.
- Je weniger Fleischkonsum, desto mehr Fläche verbleibt für andere Nutzungen.

Energie

- Energie ist nicht knapp, wenn wir konsequent auf Sonne und Wind setzen.
- Theoretisch reichen 1-2 Mio. ha Freiflächen-PV (plus Wind) zur Komplettversorgung.

Industriegrundstoffe

- Um Petrochemie zu ersetzen, werden ca. 20 Mio. t C-Rohstoffe benötigt.
- Flächenbedarf abhängig vom Rohstoff-Mix, kann unter Umständen 5 Mio. ha erreichen.

Klimaschutz

- Ziel: ca. 1 Mio. ha landwirtschaftlich genutzter Moorbodenflächen wiedervernässen.

Naturschutz

- Die Expansion der Naturschutzfläche wird vor allem politisch determiniert.
- Da Fläche insgesamt knapp bleibt: Biotopverbünde und kluge Ko-Nutzungen anstreben.

Schlussfolgerungen für die Politik

- Mehrwertsteuerreform (u.a.: pflanzliche Produkte von 7% auf 0%, tierische Produkte von 7% auf 19% setzen)
- Windenergie und PV schnell ausbauen (PV: reversibel), plus Speicher-Infrastruktur
- Energiepflanzen-Bioenergie und Holzverbrennung längerfristig herunterfahren
- Roadmap „Wiedervernässung Moorböden“ entwickeln (Finanzierungskonzepte; Flurneuordnung)
- PV vorrangig auf Moorböden, Grünland und schwache Ackerböden lenken
- Milchproduktion vorrangig auf Grünland lenken
- Konzepte für den regionalen Wasserrückhalt entwickeln und fördern
- Gehölz-Pflanzungen mit Augenmaß fördern (Hecken > Aufforstung > Agroforst)
- GAP-Reform: „Landschaften synergistisch u. partizipativ gestalten“ ins Zentrum rücken
  (Plan für 2027+, Modellprojekte jetzt)

Herzlichen Dank für die Aufmerksamkeit