

Energie vom Acker – Auswirkungen auf Landnutzung und Versorgungssicherheit

VLI Herbsttagung 2023

Dr. Thomas de Witte

Thünen-Institut für Betriebswirtschaft



Osterfeld
19. Oktober 2023

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

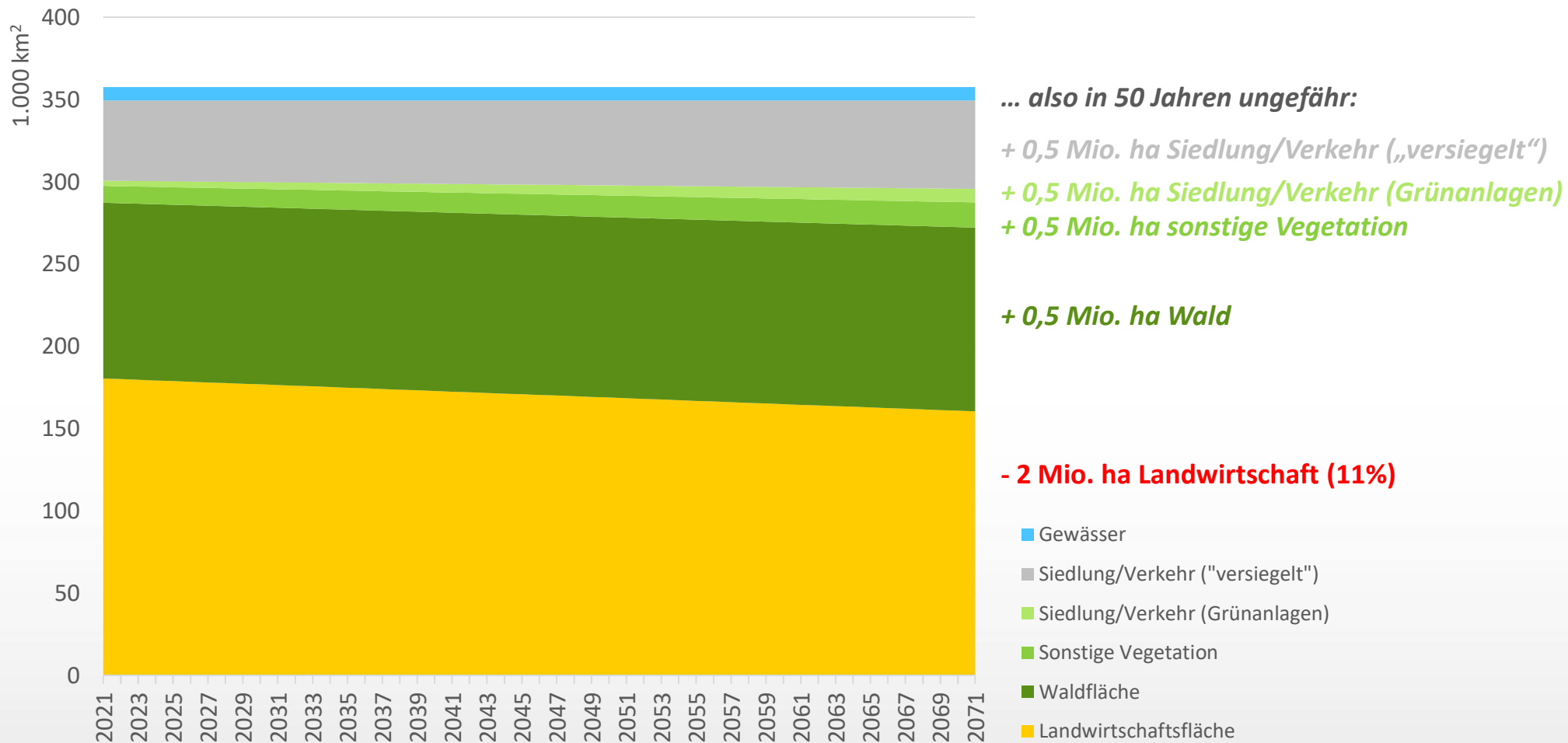
	Fläche 1.000 km ²	Anteil %	Durchschnittliche Änderung 2016-2021 km ² /Jahr
Gewässer	8,2	2	-4
Verkehrsfläche	18,1	5	15
Siedlungsfläche	33,7	9	188
-davon Grünanlagen	3,2	1	103
Landwirtschaft	180,6	51	-409
Wald	106,7	30	106
sonstige Vegetation	10,3	3	107
Gesamt	357,6	100	2

... also ungefähr (km²/Jahr):



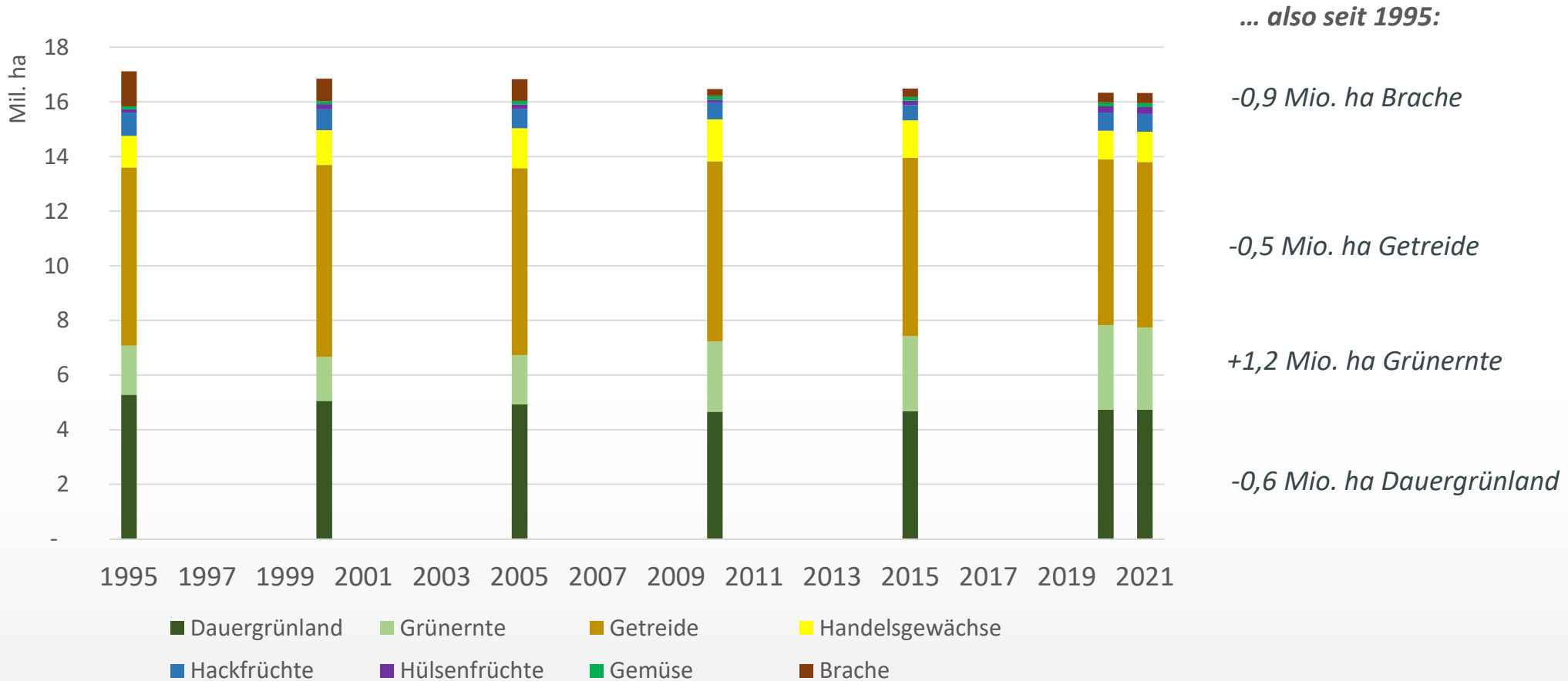
Quelle: Destatis, eigene Berechnungen

Fortschreibung der Trends 2016-21 für 50 Jahre

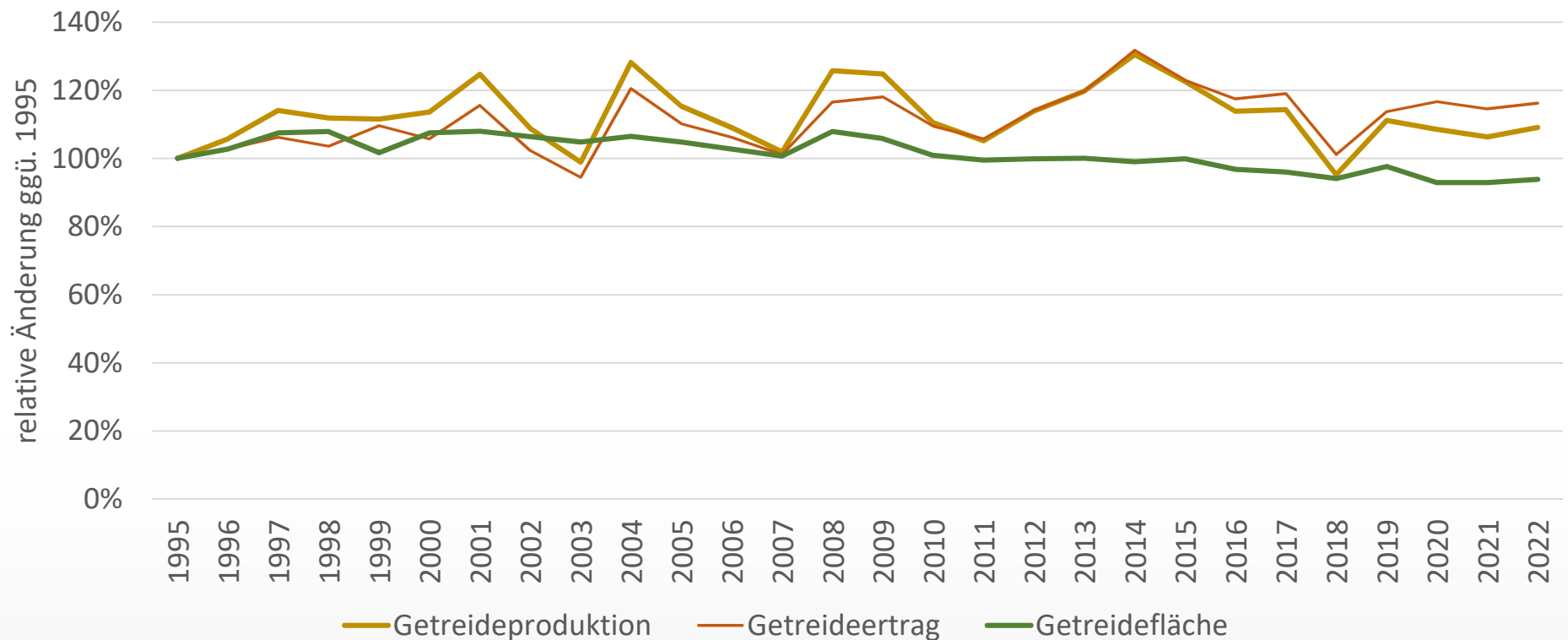


Quelle: Destatis, eigene Berechnungen

Landwirtschaftliche Flächennutzung, 1995 - 2021



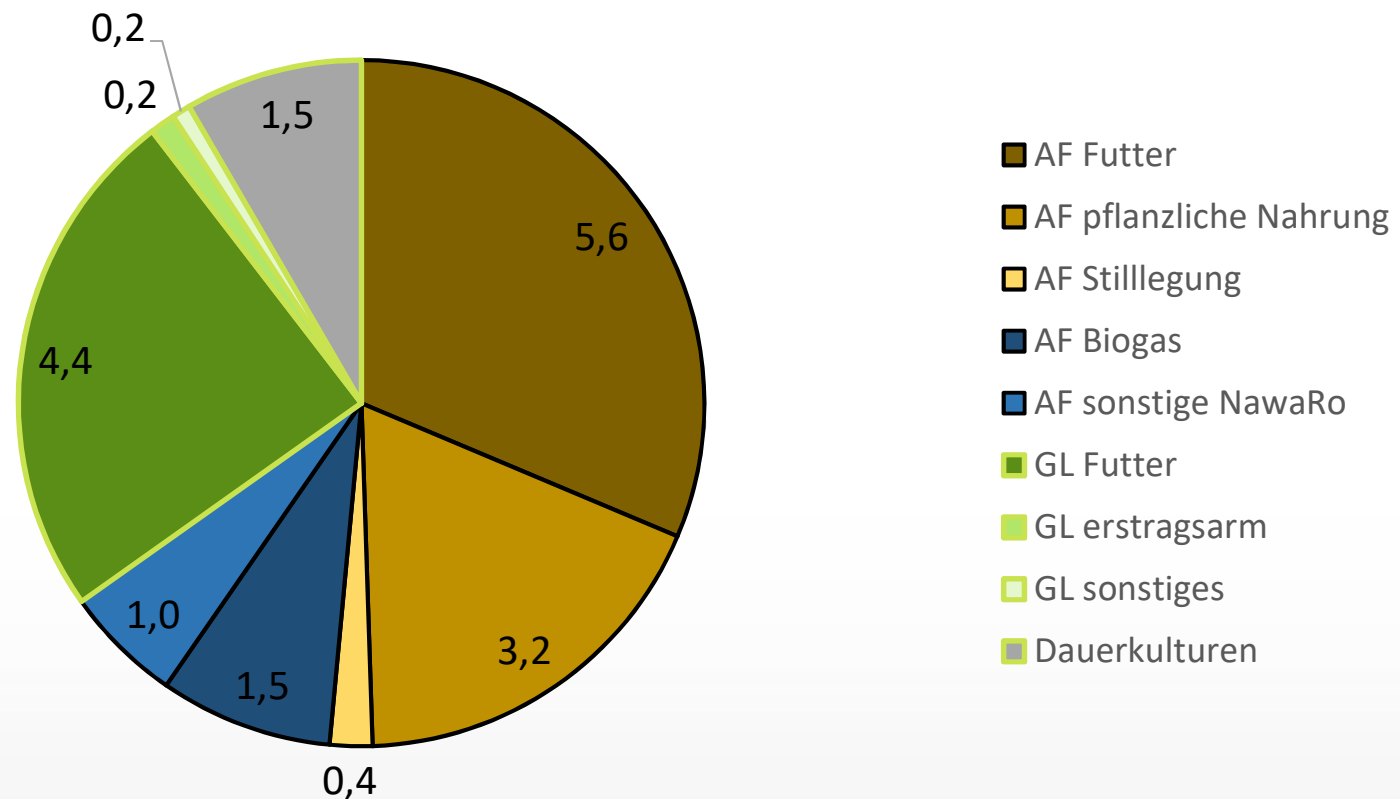
Veränderungen der Getreideproduktion



- **Ertragsschwankungen wesentlich relevanter als Flächenentwicklung**

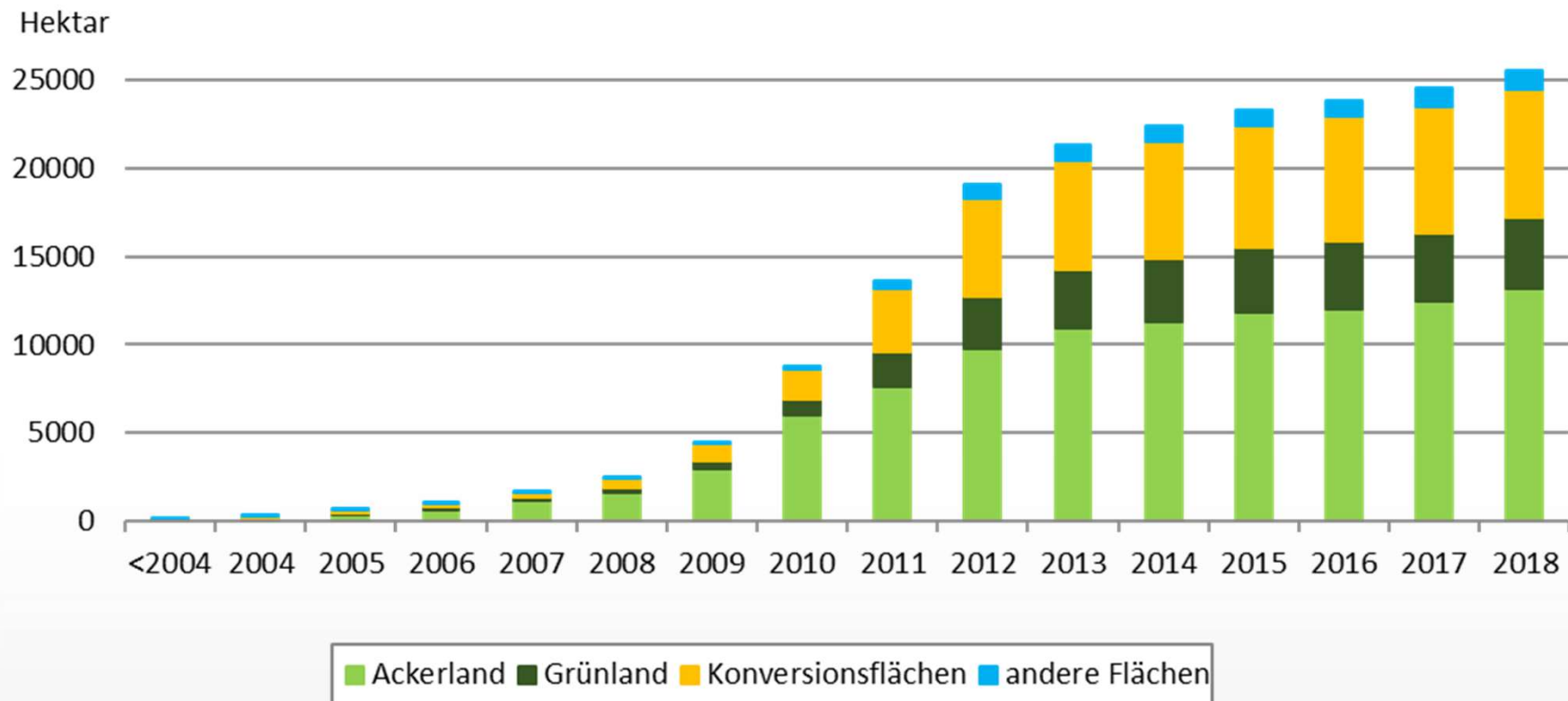
Quelle: Destatis, eigene Berechnungen

Landwirtschaftliche Flächennutzung 2020 (in Mio. ha)



- **Futter-Anteil: 43% der Ackerfläche bzw. 56% der gesamten LF**
- **NawaRo-Anteil: 19% der Ackerfläche bzw. 15% der gesamten LF**

Flächenbedarf von PV-Freiflächenanlagen



- **Eigene Auswertung 2018: 25.500 ha**
 - 13.000 ha Ackerflächen, 3.800 ha Grünland, 7.500 ha Konversionsflächen
- **März 2023: 37.000 ha nach Marktstammdatenregister (unbereinigt)**

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 ...

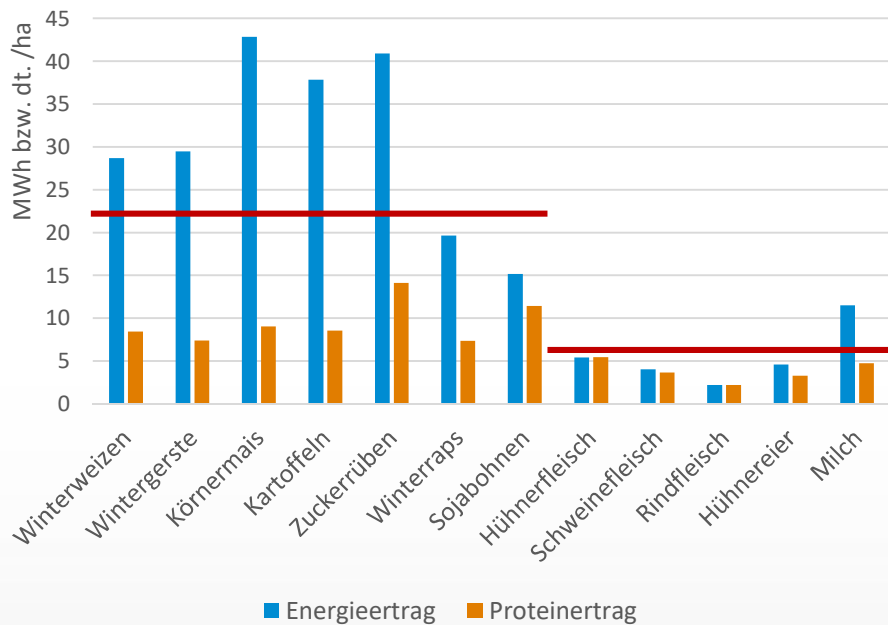
- Beitrag zur **C-Sequestrierung** (Humus, Gehölzpflanzen, Holz, Moorböden-Vernässung)
- Beitrag zum **Naturschutz** (Vorrangflächen, Biotopverbund, ldw. Produktionssysteme)

... bei zunehmender Flächenknappheit.

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

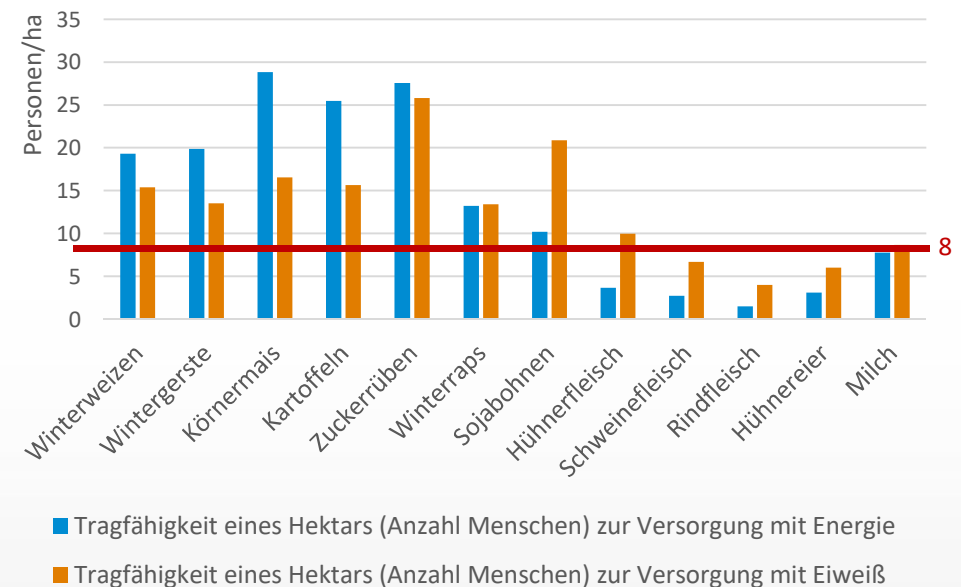
Nahrungsmittelproduktion: Energie- und Proteinerträge

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



Überschlägige Tragfähigkeitsberechnung: Wie viele Menschen könnte ein Hektar ernähren?

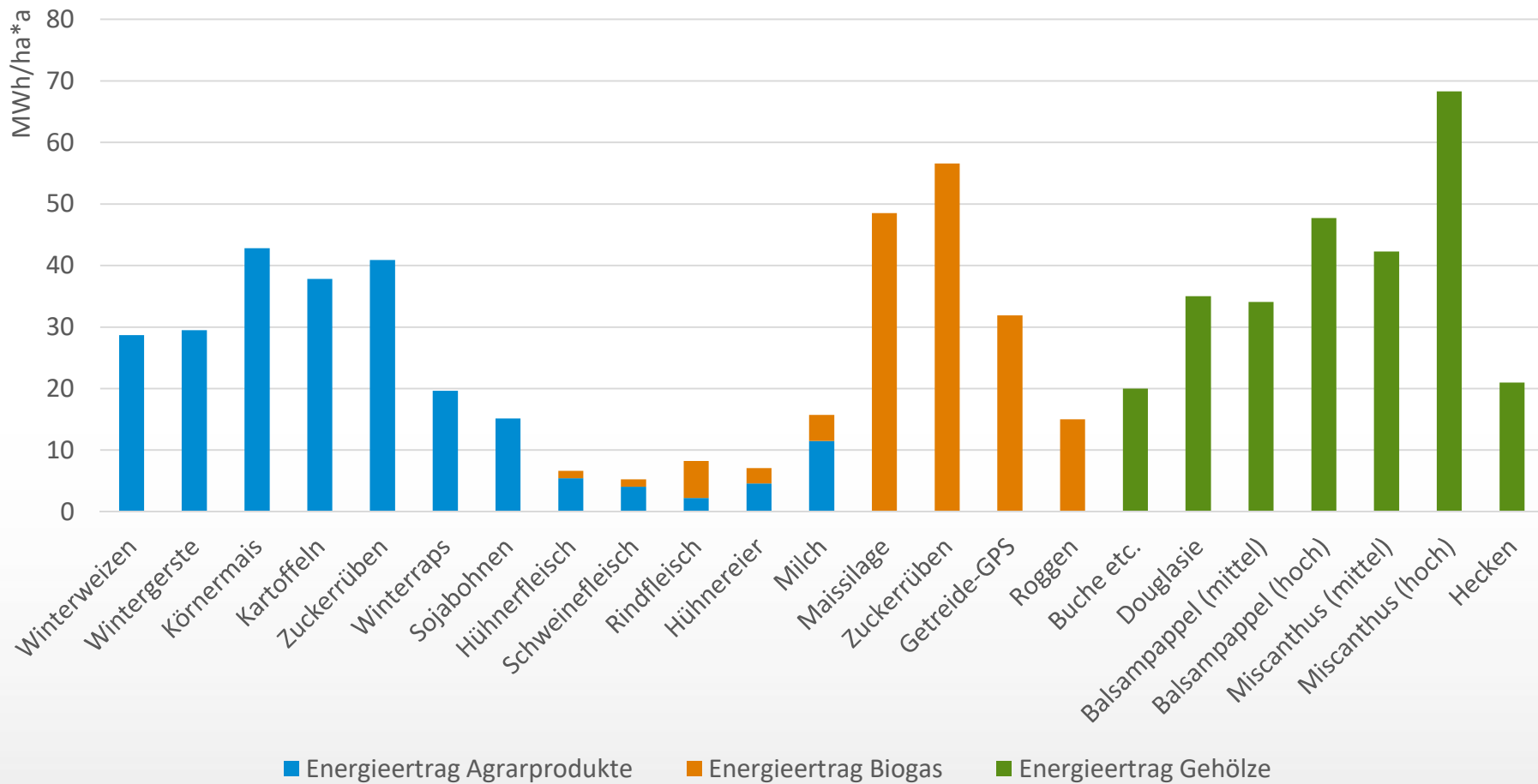
Kalkulationsbasis: 3.500 kcal/Kopf und Tag, 150 g Protein/Kopf u. Tag
(vgl. Ernährungsempfehlung: 2.000 kcal/Kopf und Tag, 75 g Protein/Kopf u. Tag)



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

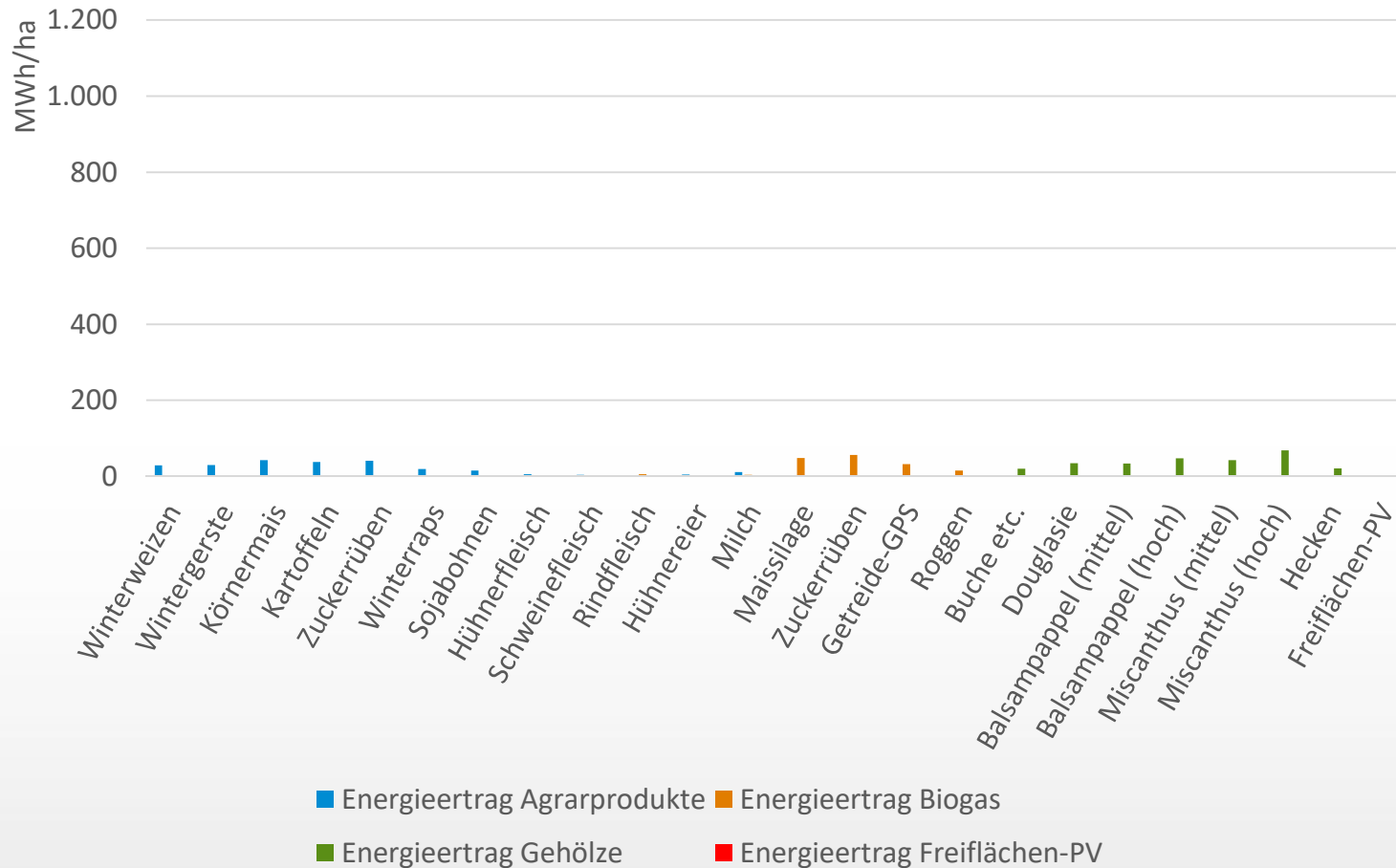
- Durch Fleischerzeugung verschwenden wir sehr viel Energie.
- Versorgungssicherheit für 80 Mio. Menschen wäre mit <10 Mio. ha LF erreichbar.

Einbeziehung von Bioenergie (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

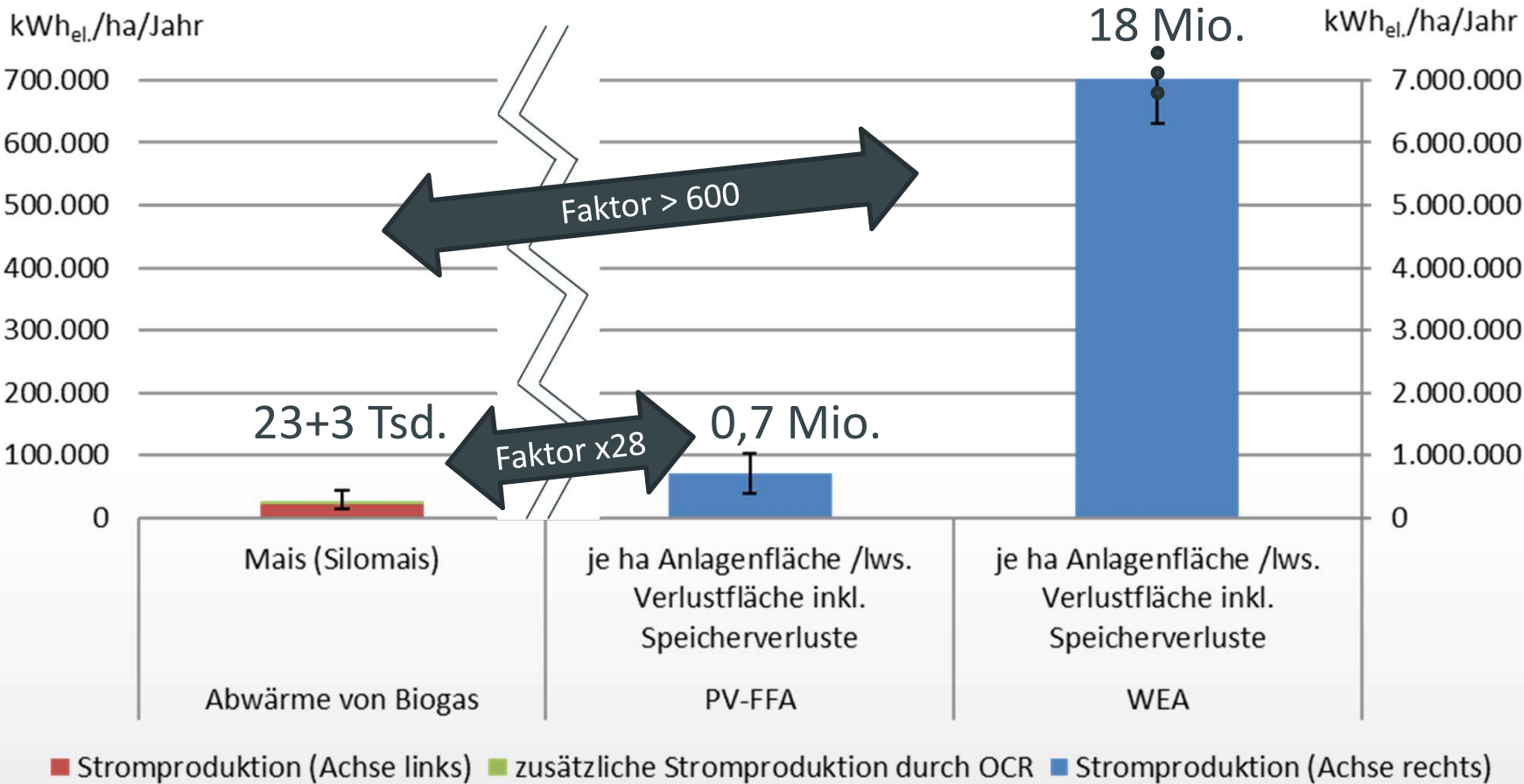
Freiflächen-Solarthermie bringt **ca. 2.000 MWh_{th}/ha*a**, benötigt aber Nähe zu Nutzern, ein Fernwärmenetz und einen großen Wasserspeicher.

Windenergie

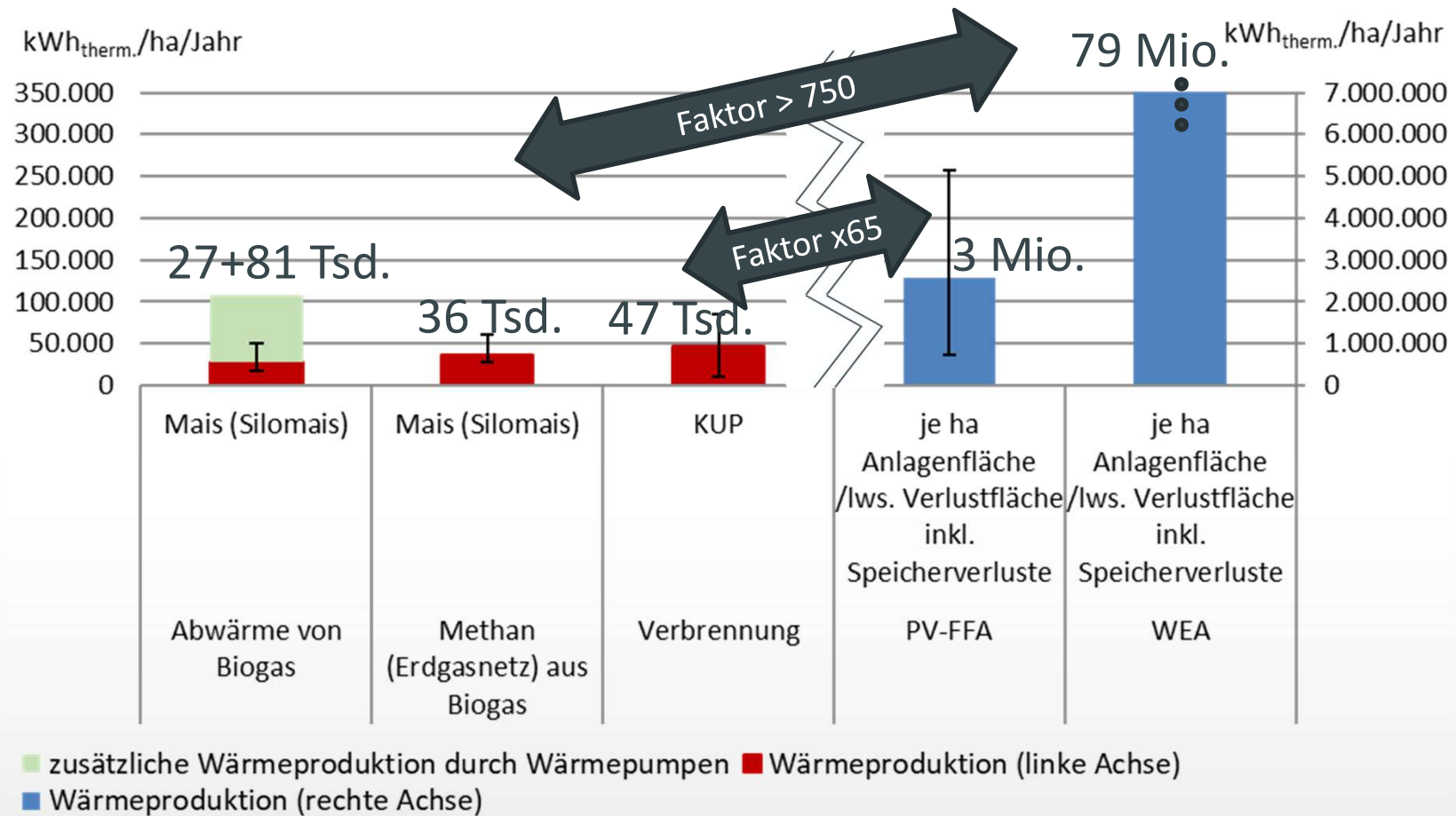
Ein modernes Windrad (4 MW) versiegelt ca. 0,33 ha, erzeugt 6.000 bis 10.000 MWh/a, also **ca. 20.000 MWh_{el}/ha*a**, aber nicht gleichverteilt übers Jahr.

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

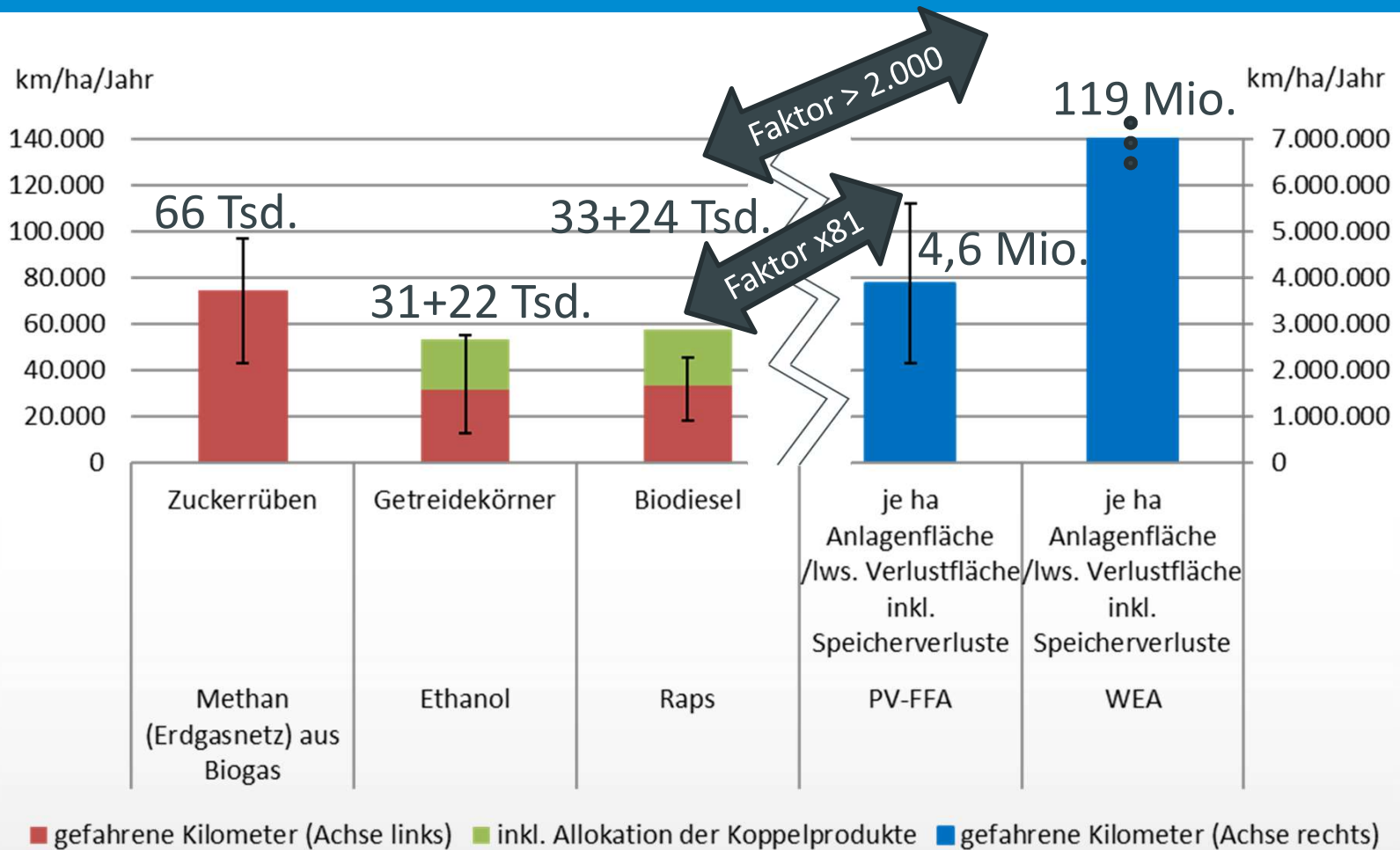
Stromerträge je Hektar und Jahr



Wärmeerträge je Fläche und Jahr

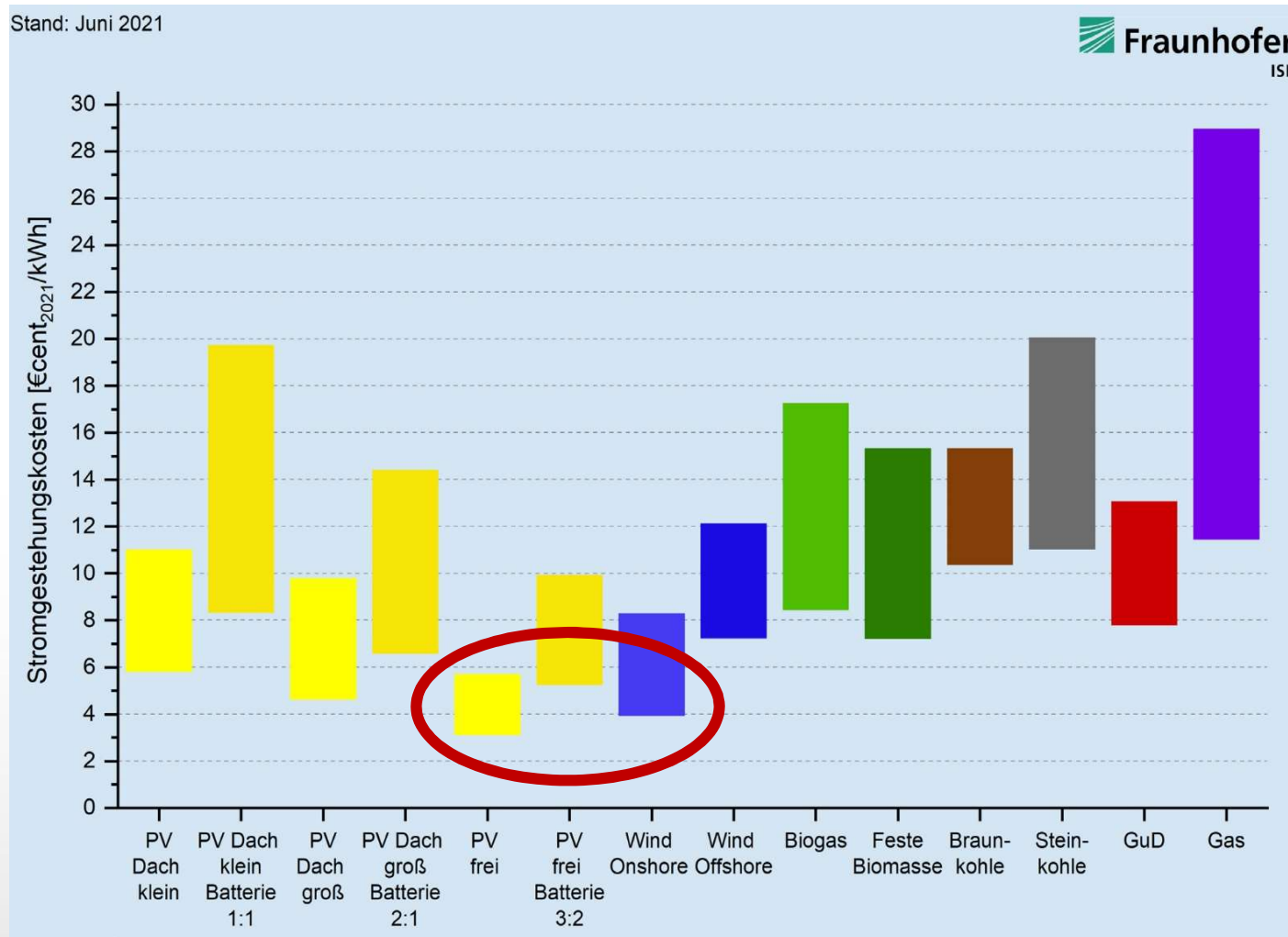


Gefahrene Kilometer je Hektar und Jahr



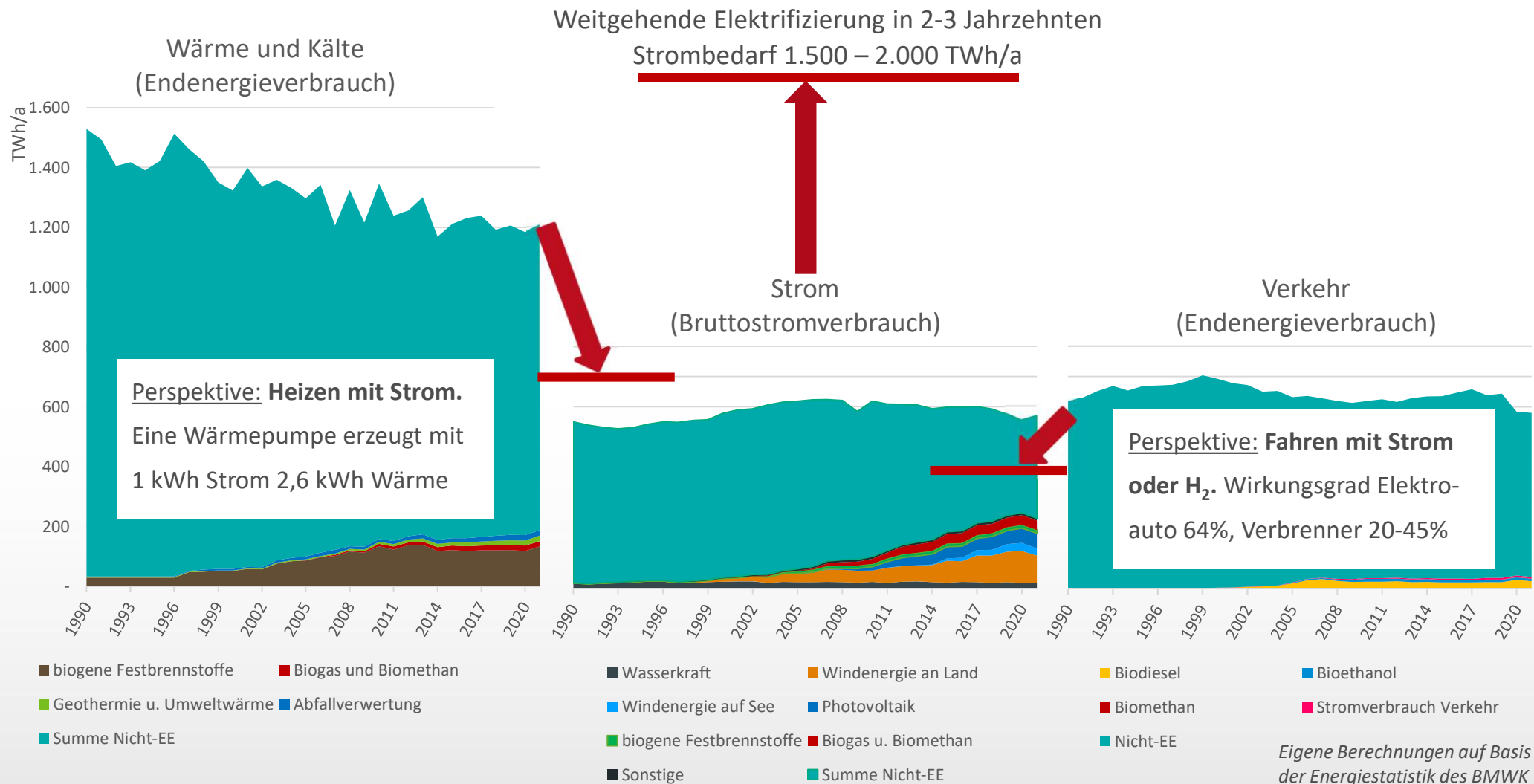
Stromgestehungskosten (2021)

Stand: Juni 2021



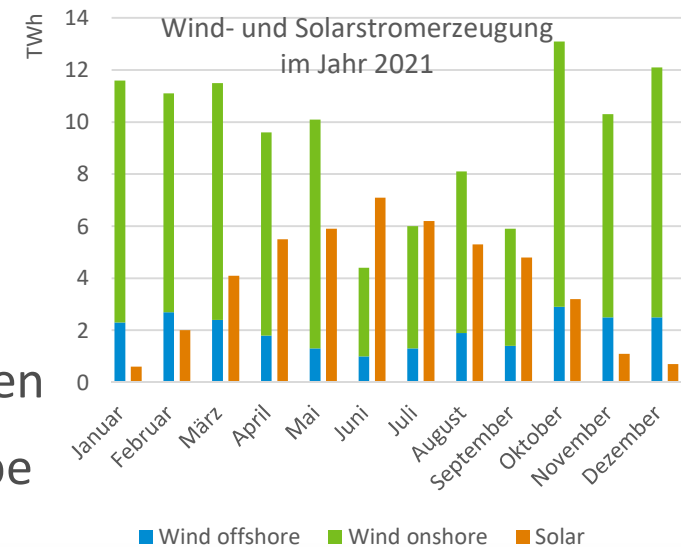
Quelle: Fraunhofer ISE (2021)

Energiewende: Perspektiven und Größenordnungen (I)



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 H₂-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: Ertragseffekte noch unklar und noch sehr teuer

Schlussfolgerung:
Freiflächen-PV jetzt schnell
aber kontrolliert
expandieren lassen!

Fazit 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

- Wirtschaftliche Anreize für Konsumveränderungen
- Windenergie und PV schnell ausbauen, 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
- GAP-Reform: „Landschaften synergistisch u. partizipativ gestalten“ ins Zentrum rücken
(Plan für 2027+, Modellprojekte jetzt)

Herzlichen Dank für die Aufmerksamkeit!



Dr. Thomas de Witte

- *agri benchmark* Cash Crop Team -

Thünen-Institut für Betriebswirtschaft
Bundesallee 63, 38116 Braunschweig
Germany

Telefon:	+49 - 531-596-5122
E-Mail:	thomas.dewitte@thuenen.de
Internet:	www.agribenchmark.org www.thuenen.de