TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

int Institut für Naturstofftechnik

Thomas Herlitzius
Professur für Agrarsystemtechnik

Integrierte Nutzung alternativer Energien in der Landwirtschaft Wunsch und Wirklichkeit

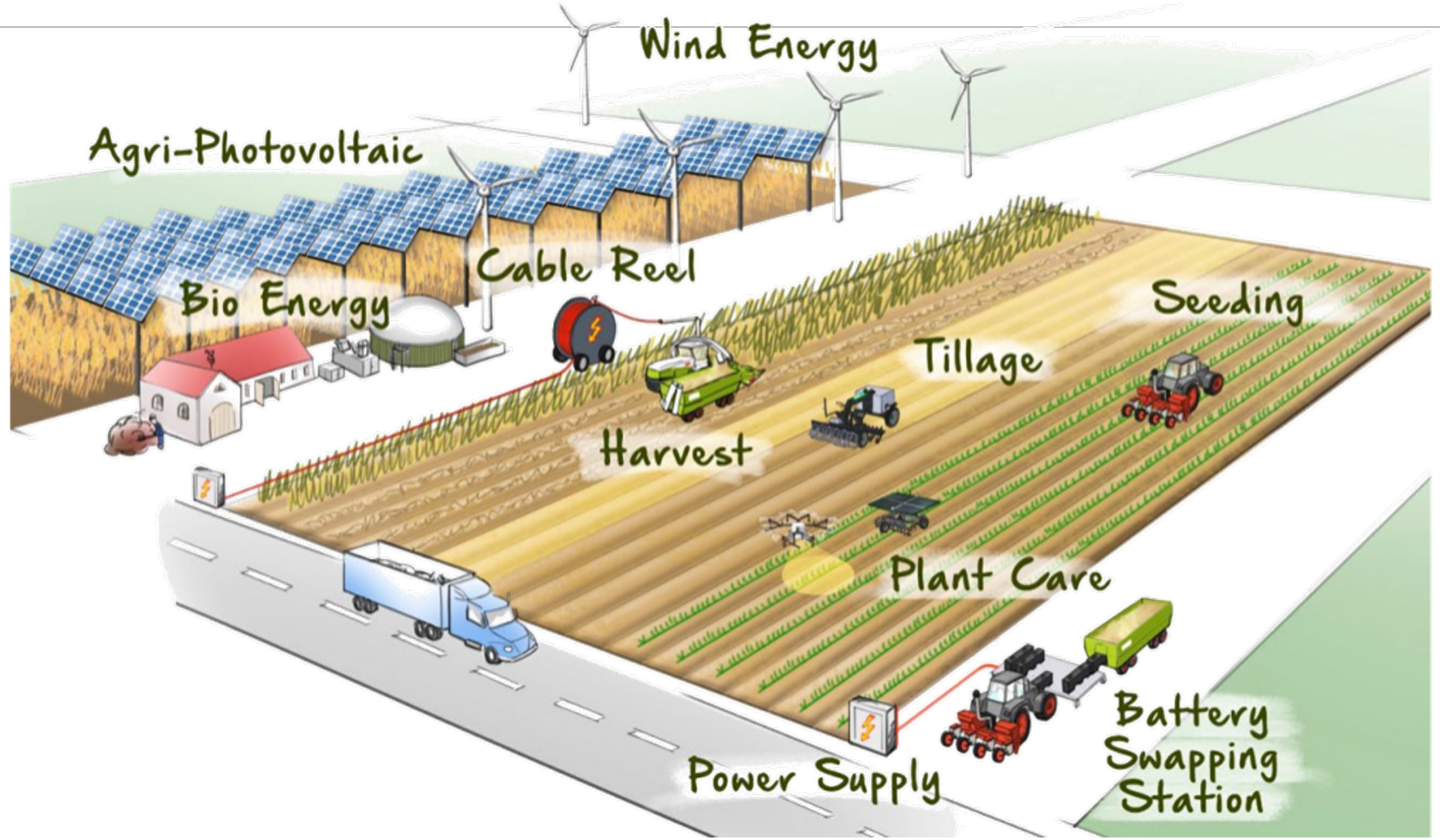
Agri-Photovoltaik - Von der Idee zur konkreten Umsetzung

10. November 2022, 9:30 Uhr – 14:00 Uhr
Bildungsgut Schmochtitz Sankt Benno, Schmochtitz 1, 02625 Bautzen

Die Visionen

Landwirtschaft der Zukunft – Technology Push

neue Anbaukonzepte, neue Maschinenkonzepte, neue Geschäftsmodelle



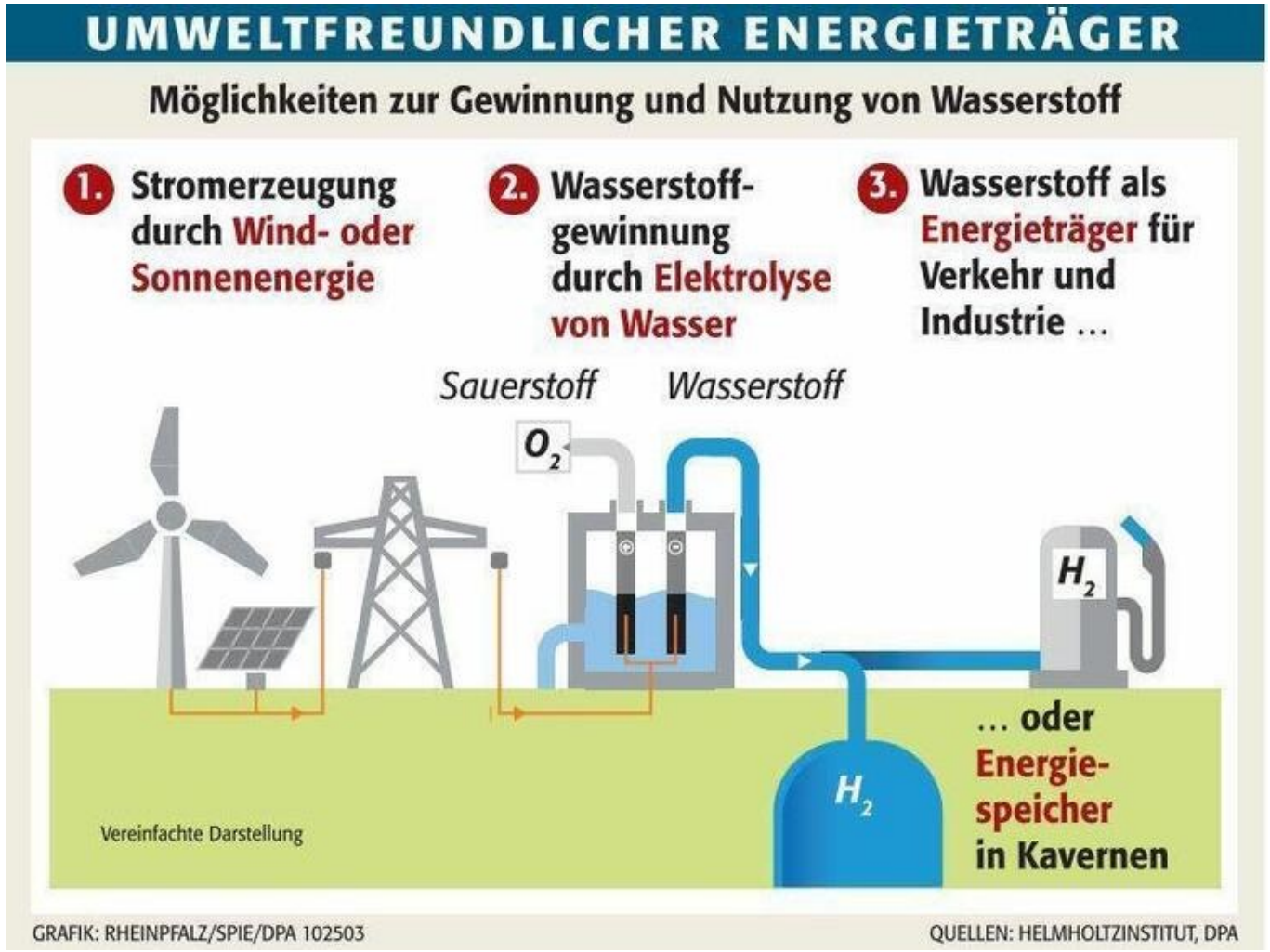
- Self-propelled machine powered electrically, continuous supply via cable reel
- Battery- & solar-electric prime mover and carrier vehicle
- Infield battery swapping station

Ludger Frerichs | 10-03-2022

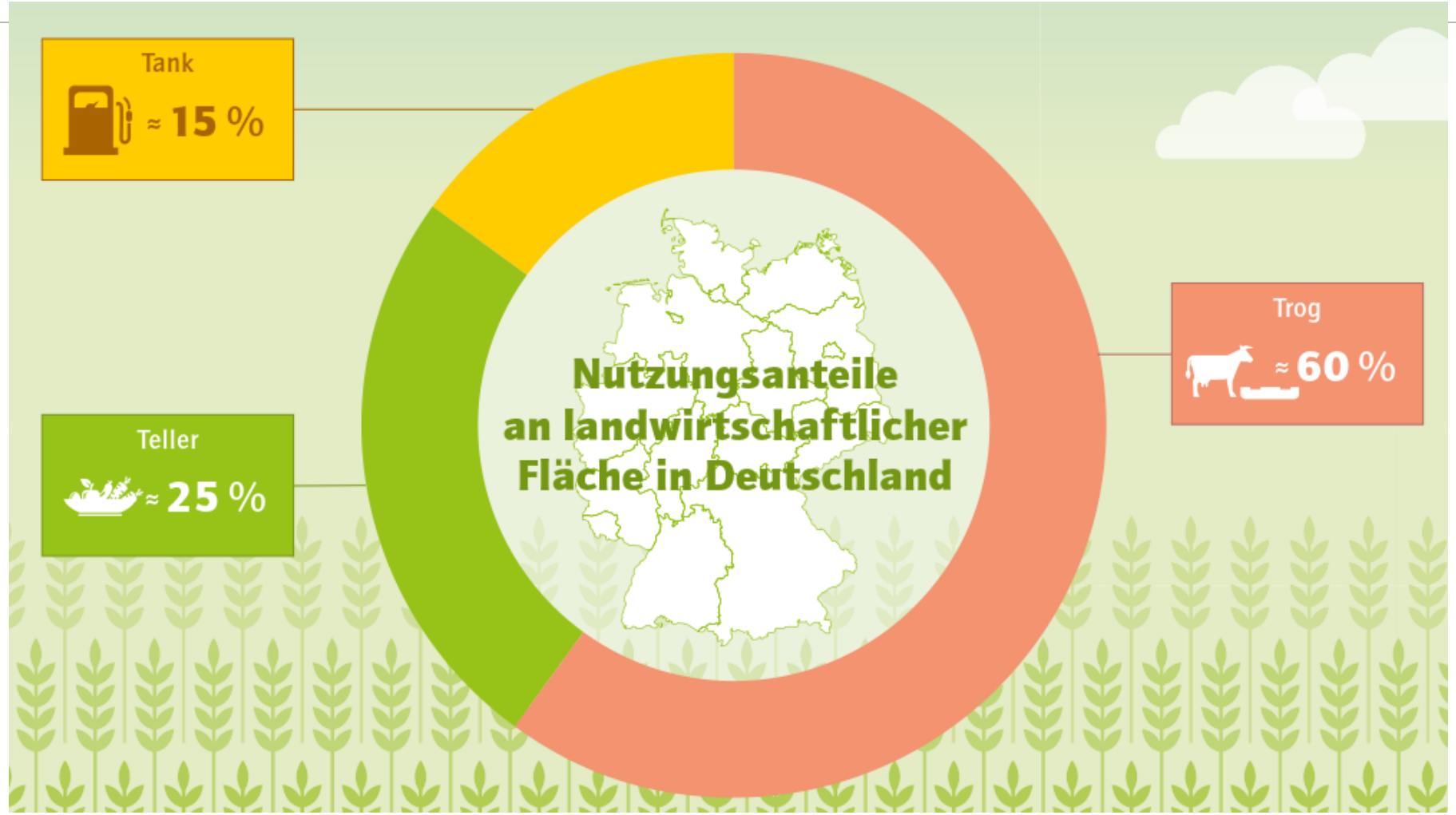
Technische Universität Braunschweig

Die Gridcon – John Deere – Feldschwarm Vision

Der Wasserstoff Hype



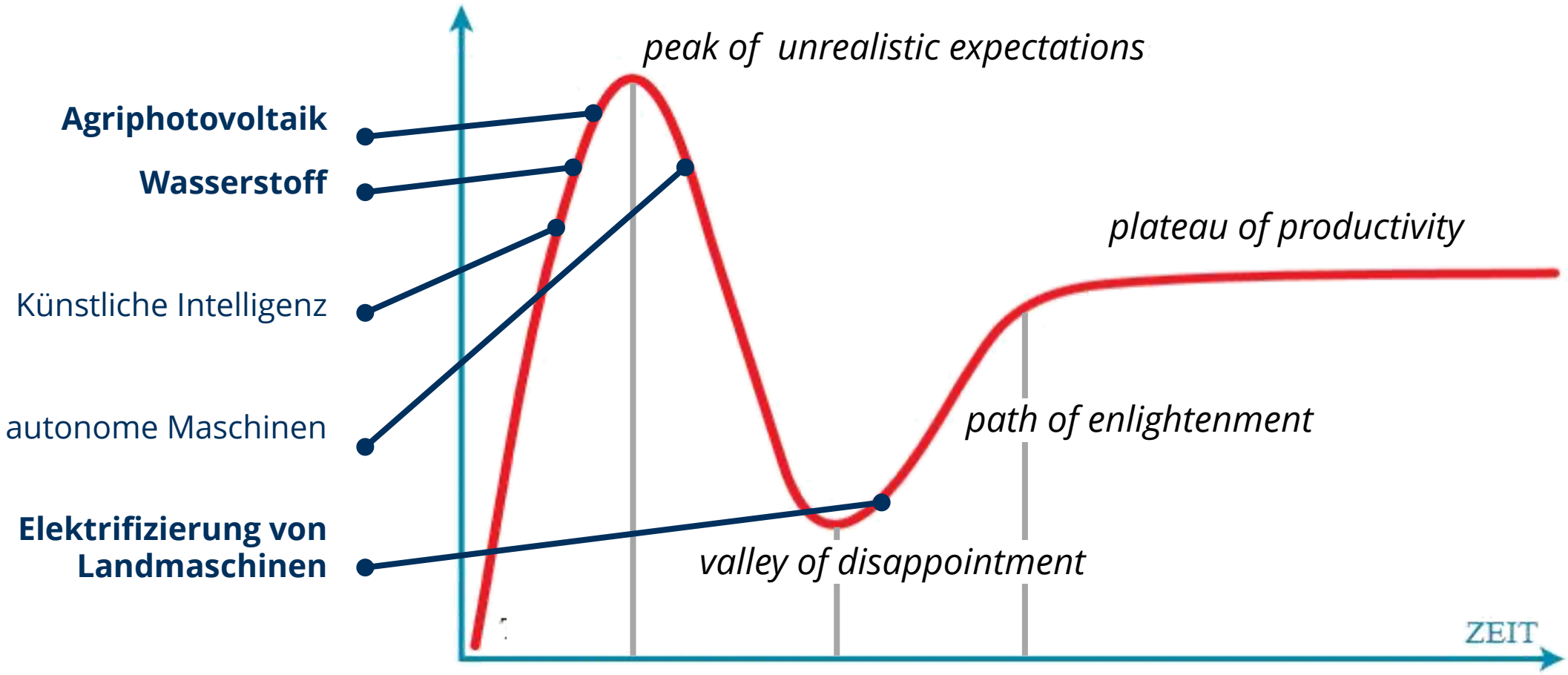
Teller-Tank-Trog Problematik



(Quelle: acatech Horizonte - Nachhaltige Landwirtschaft - 2019)

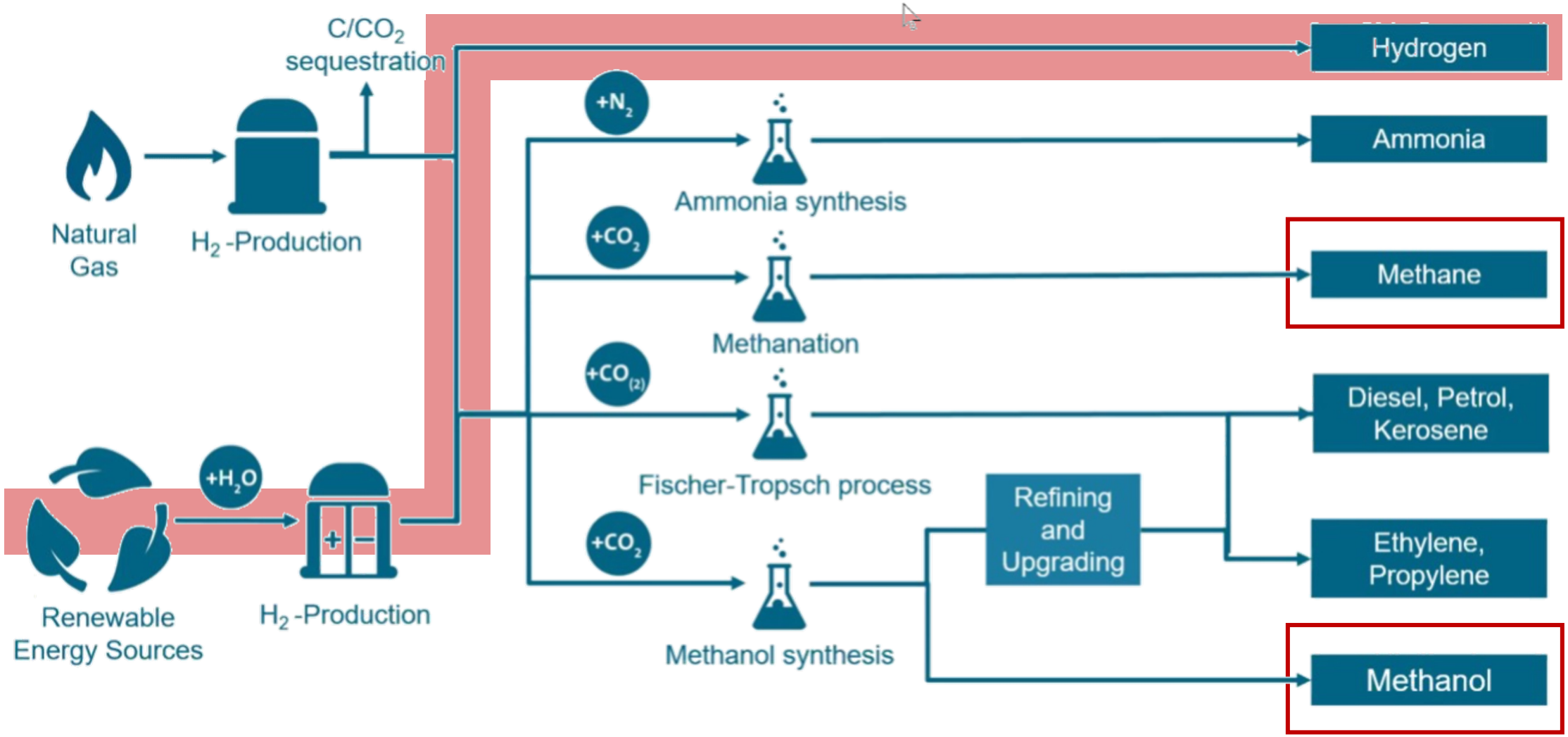
Der (Wasserstoff) Hype Cycle

(persönliche Einschätzung bezüglich mobiler Arbeitsmaschinen in der Landwirtschaft)



(Quelle: https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle)

Power to X – Übersicht der Prozesse und Produkte (Quelle: VDMA)



Was treibt Technikentwicklung an

Technikentwicklung treibt Produktivität
Produktivität sichert Profitabilität durch niedrige Verfahrenskosten

Moderne Agrartechnik realisiert Wachstum durch

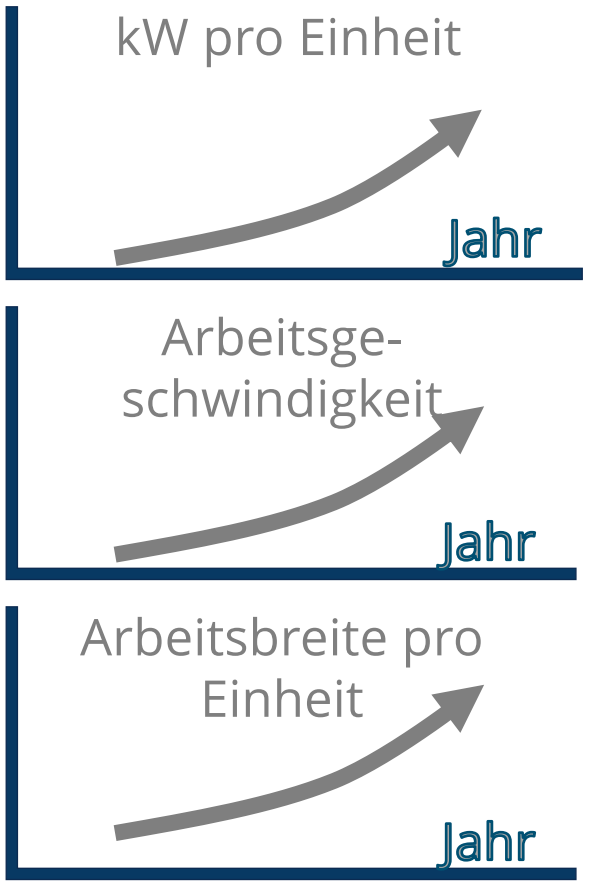
- größere Arbeitsbreiten,
- größere Arbeitsgeschwindigkeiten,
- größere Speichervolumina

→ Nebeneffekt: stärkere Motorisierung, größere Maschinen
Gewicht u. Abmessungen erreichen Grenzen

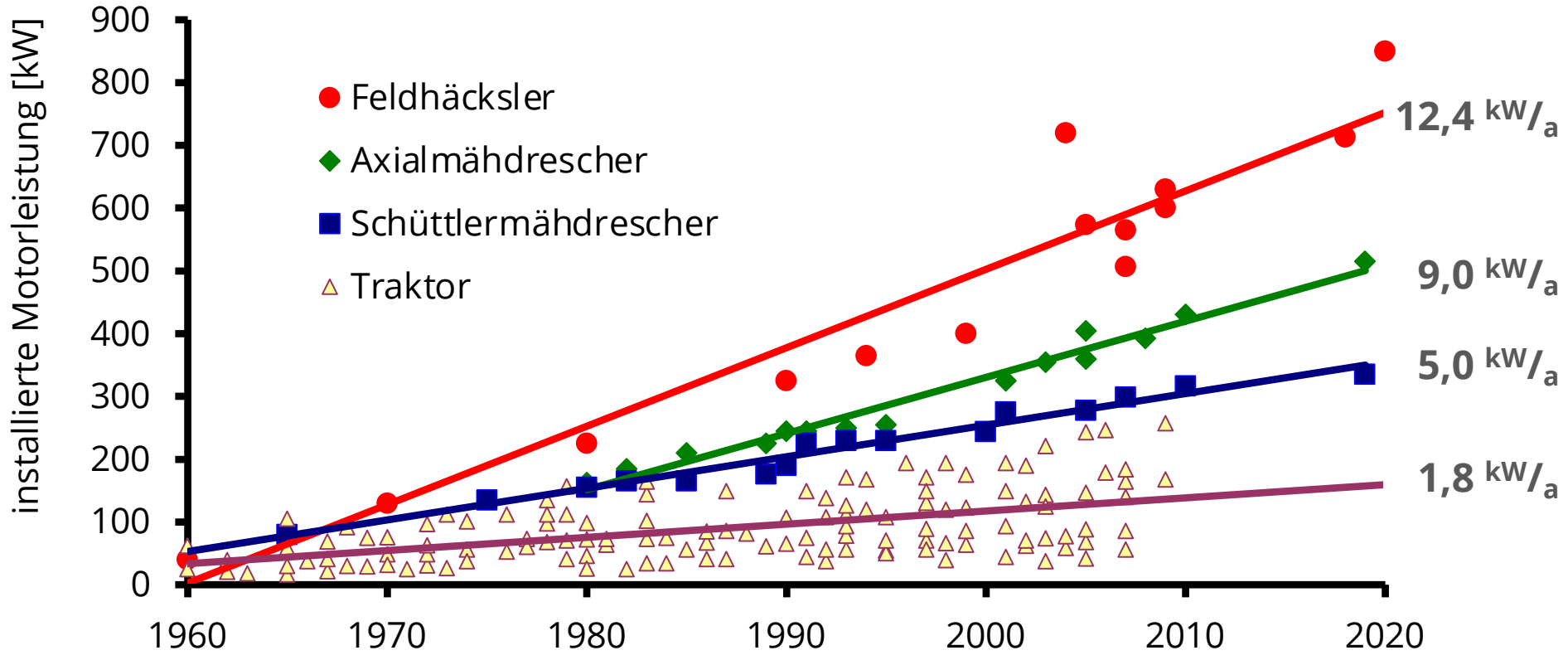
Moderne Agrartechnik realisiert Wachstum durch

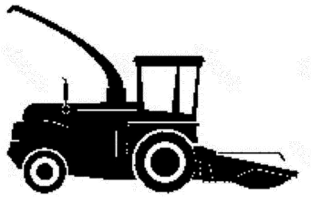
- Automatisierung
  - maschineninterne Komponenten und Maschinen
  - Verfahren

→ Trend: teil- und vollautonome Maschinen (Robotik)



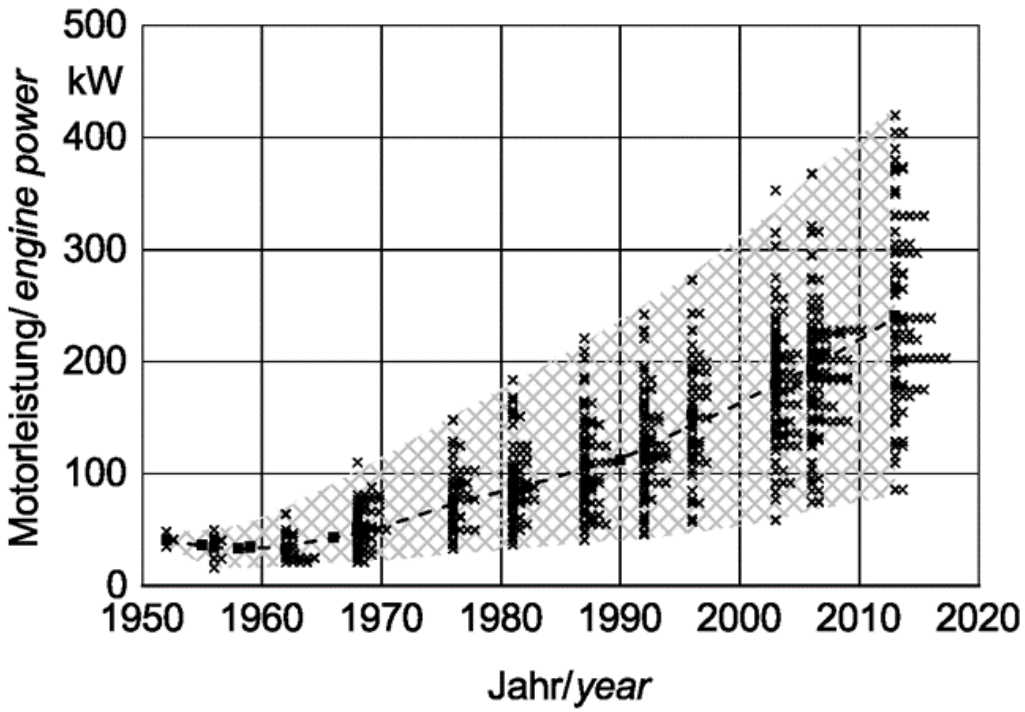
Größer – Breiter – Stärker - Schneller



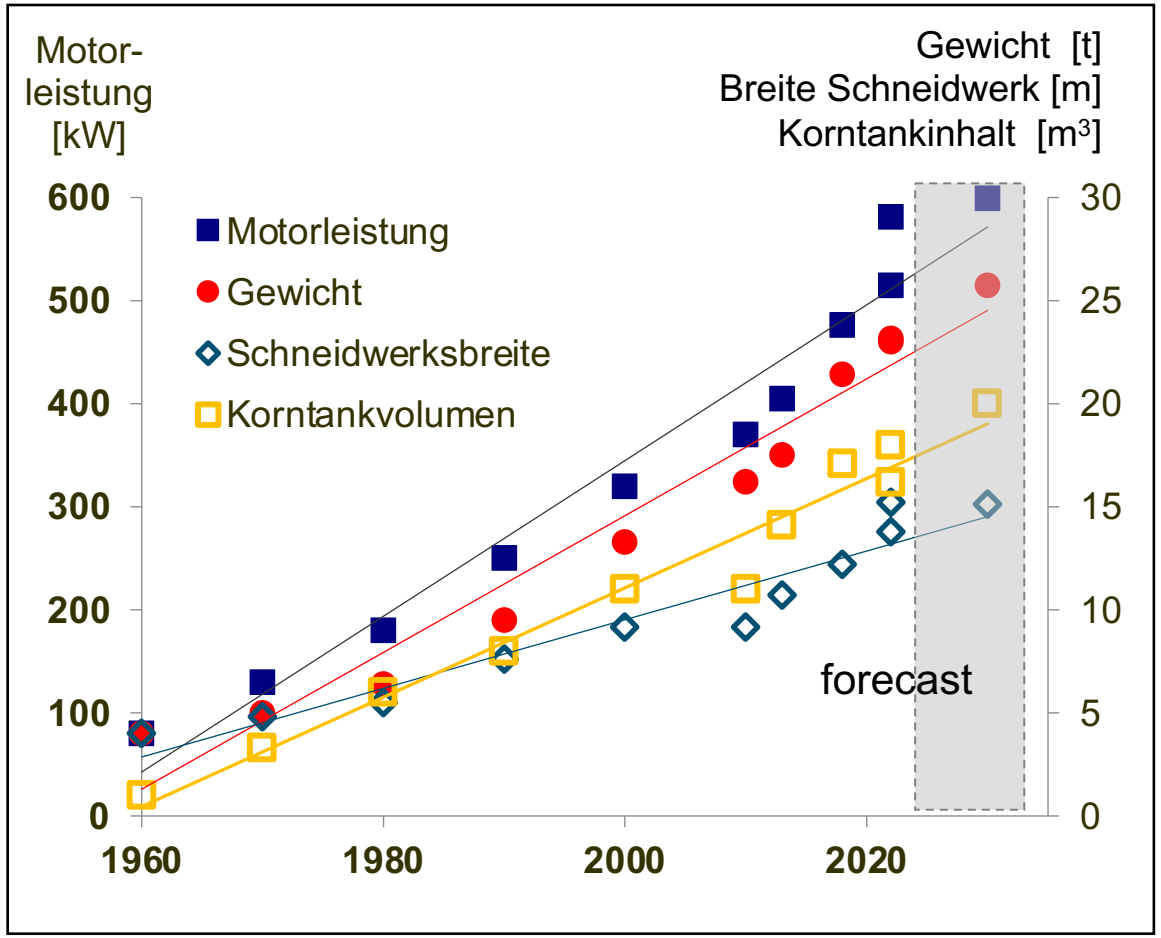


Größer – Breiter – Stärker – Schneller

Beispiel Mähdrescher



S. Böttinger, „Stand und Tendenzen der Mähdrusch-Entwicklung," in VDI-MEG Kolloquium Mähdrescher 12./13. September 2013, Stuttgart/Hohenheim, 2013



Beispiele Produktivitätswachstum
50 Jahre Selbstfahrender Feldhäcksler

2022
713 kW
?? (>20 t)

1972
130 kW
6,5 t

Größer – Breiter – Stärker – Schneller

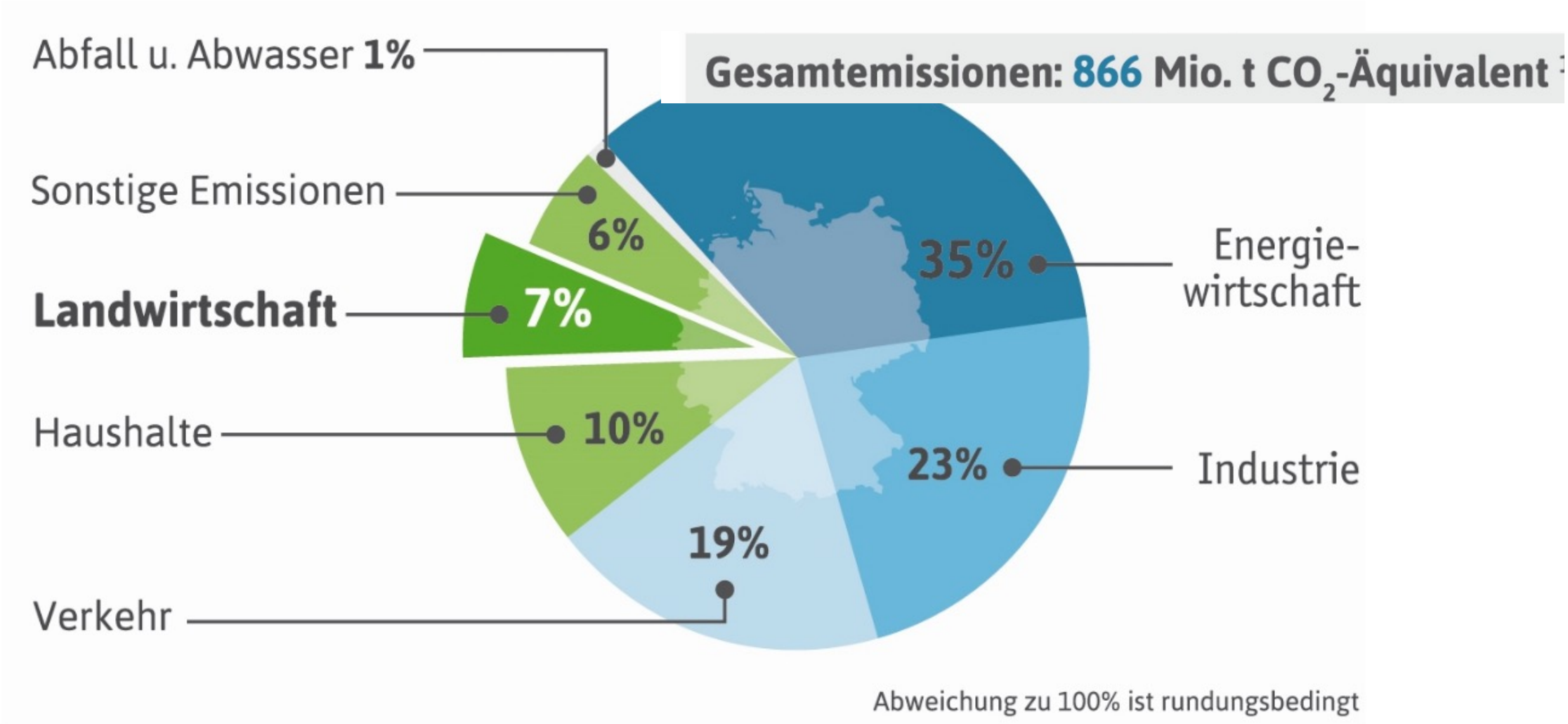
(Bildquellen: Produktbroschüren der Hersteller)

- **12 Reihen im Mais (9m)**
- **15 m im Getreide**
- **Breite mit Abfahrgespann > 18 m**
- **höchste Punkte Korntank / Abtankschnecke > 5,5 m**
- **Düngerstreuer / Spritze 36 – 46 m Arbeitsbreite**

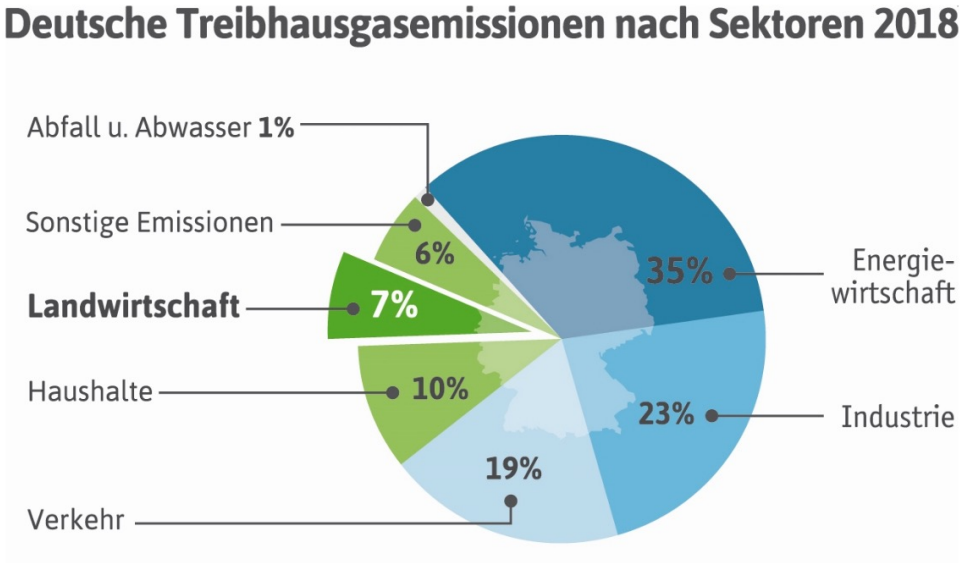
Das Emissionsproblem

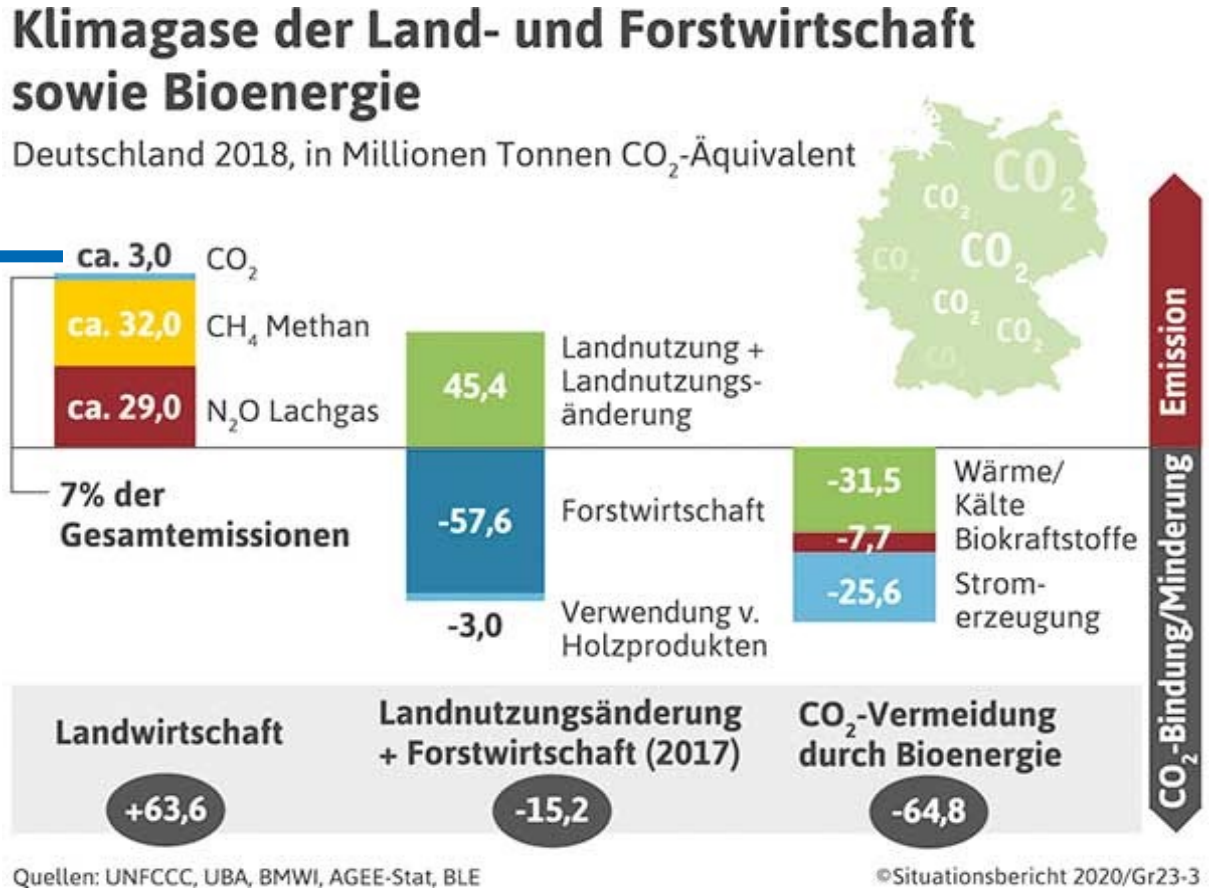
Deutsche Treibhausgasemissionen gesamt und Landwirtschaft

(2018, Quelle UBA)



Landwirtschaft als Emittent - CO_2 ist der geringste Anteil der THG



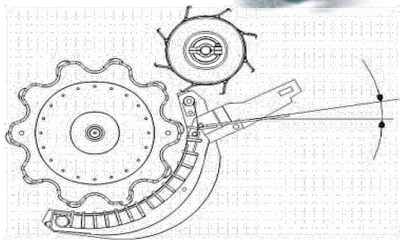


→ CO_2 Anteil Landw. 4,7% der 7%
→ 0,33% der deutschen CO_2 Emissionen

Potenzial CO_2-Reduktion durch Reduktion Kraftstoffverbrauch

Allgemeine Maschinenkomponenten Optimierung Motor, Antriebe, Fahrwerk, Struktur, Kabine — 10%

Funktionskomponenten, Neugestaltung u. Optimierung von einzelnen Prozess-komponenten zur Reduktion spez. Leistung — 20%

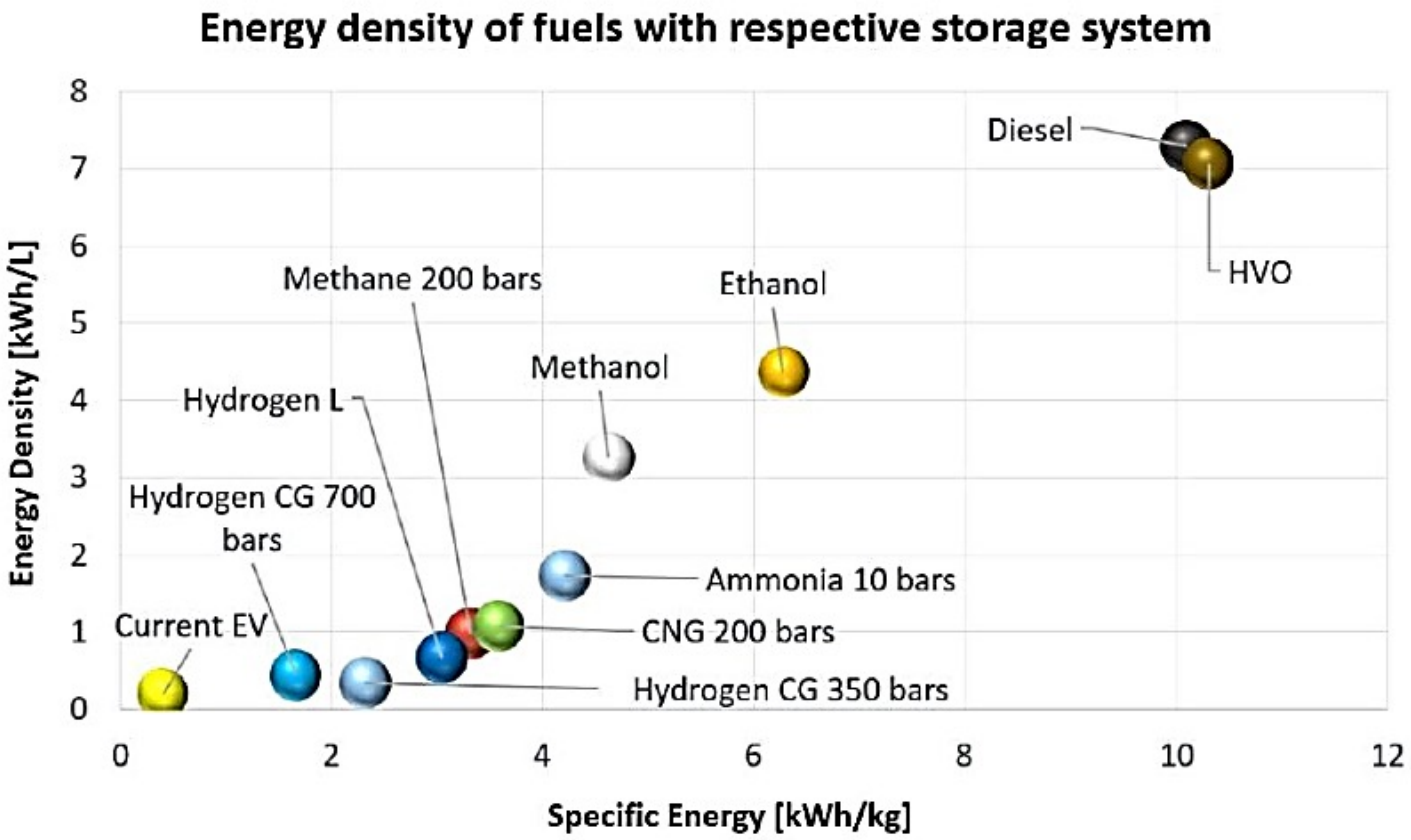


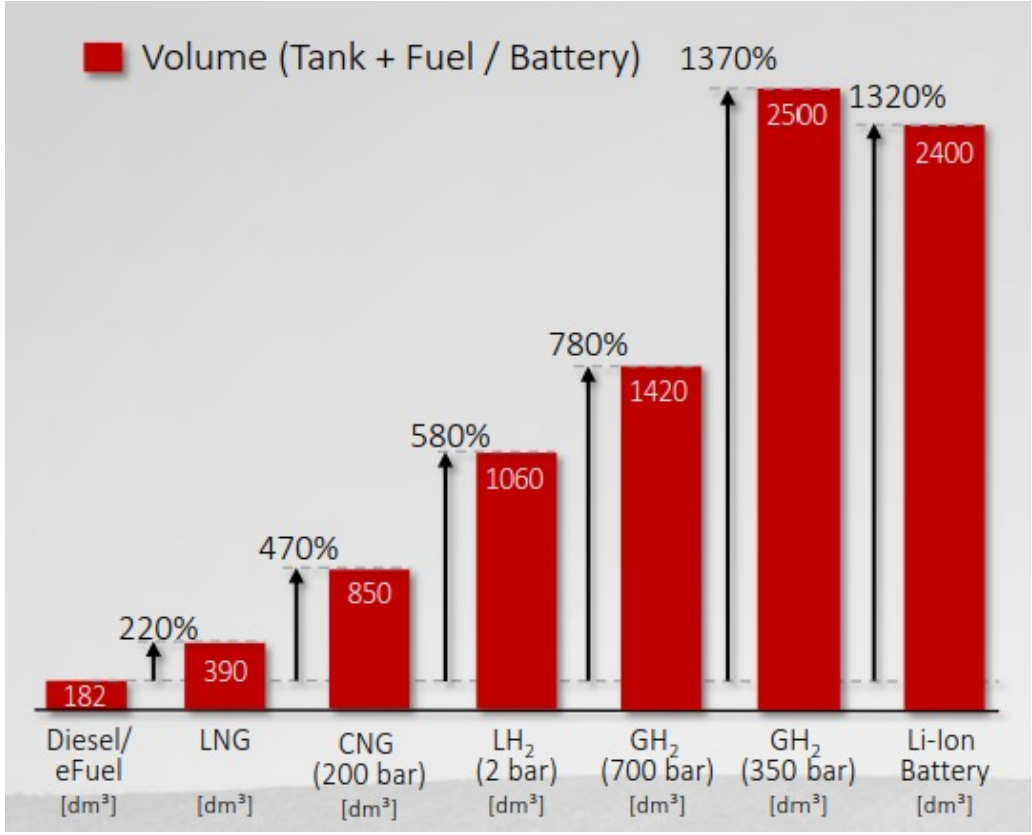
Maschineninterner Prozess, Optimierung von Gesamtmaschinen und Be- und Verarbeitungsprozessen — 30%

Verfahrensebene, Optimierung Verfahrensketten, Konzeptwandel von Maschinen

Betriebsebene, Optimierung im Kontext des gesamten Betriebes, Konzeptwandel der Verfahrensketten — 40%

Leistungsdichte und -volumen – eine der wichtigsten Anforderungen bei mobile Arbeitsmaschinen





(Quelle: Weiss, The Off-highway Sector in the field of tension. Motorenkongress Baden Baden 2022

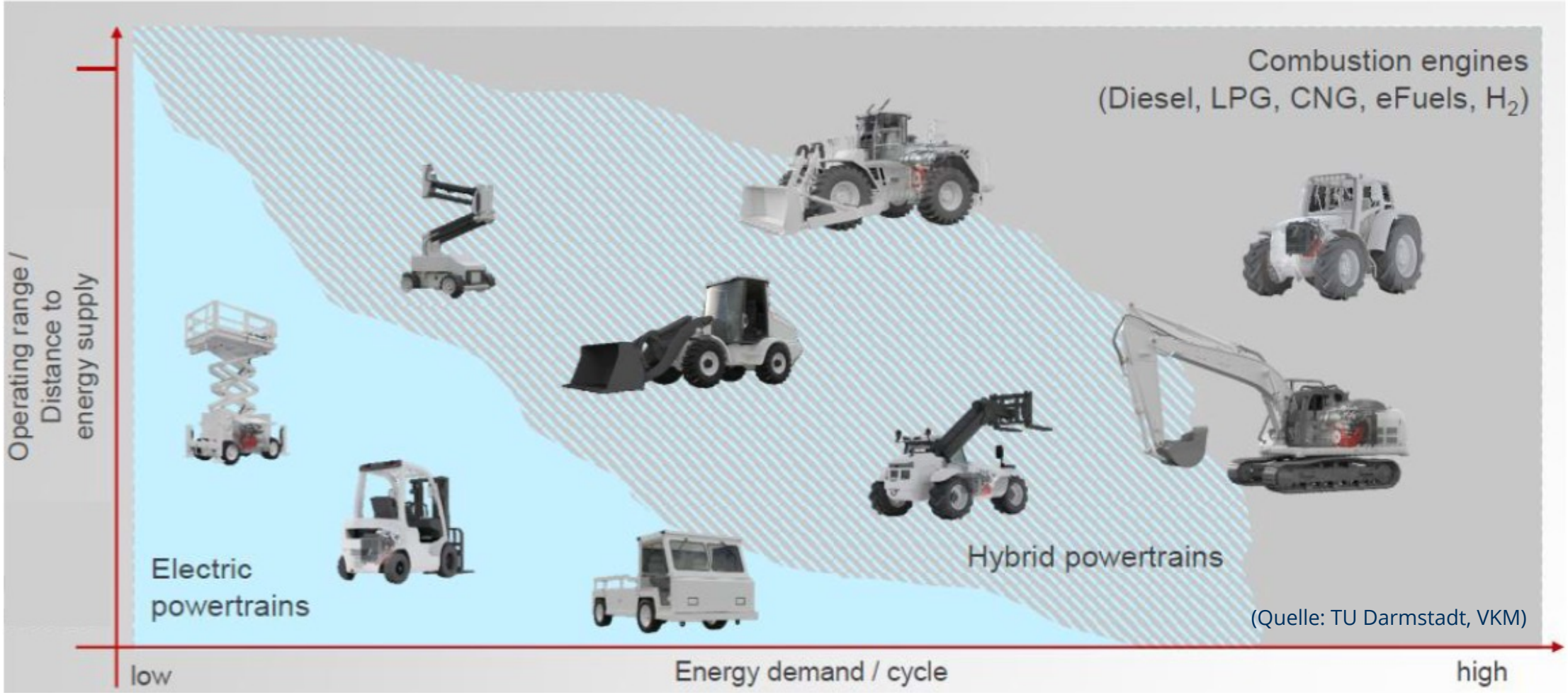
(Quelle: Deutz-Fahr)

Antreibstechnik - Anforderungen Landwirtschaft

- **Leistung unter allen Umständen abrufbar (Schlüsselbegriff: Verfügbarkeit) Betrieb auch nach längeren Standzeiten problemlos möglich**
- **Schnelles Tanken/Laden für lange Einsatzdauer, Tankinfrastruktur**
- **Hohe Drehmomentanforderung, hohe Varianz der Lastkollektive**
- **Kosten/Aufwand für Kraftstoff-/Energielagerung wettbewerbsfähig**
- **Off-Road Tauglichkeit (Bodenfreiheit, Gewicht, Schwingungen, Staub, Temperatur))**

Wasserstoff Vorteile	Wasserstoff Nachteile
• emissionsfrei • keine Motorengeräusche wenn Brennstoffzelle • unendlich verfügbar • besser als Batterie • schnelle Betankung	• geringer Wirkungsgrad • hoch entzündlich • schlechte Infrastruktur • hohe Kosten

Moderne Antriebstechnologien heute



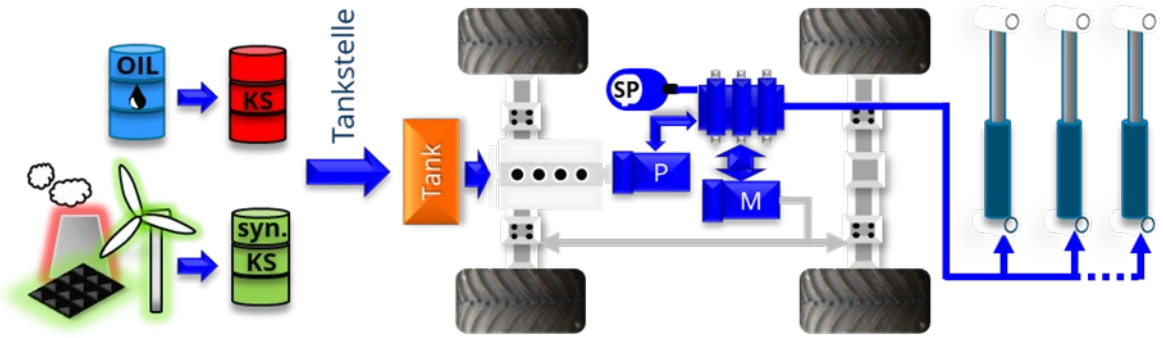
(Quelle: TU Darmstadt, VKM)

Motivation und Zielsetzung GHG Reduktion bei mobilen Arbeitsmaschinen – wenn Einschränkung auf Antriebstechnologie

Übertragbarkeit von nachhaltigen und umweltfreundlichen Antriebstechnologien in Abhängigkeit des Maschinentyps, der Maschinengröße und des Prozesses, Referenz: dieselbetriebene Arbeitsmaschinen (konventionelles Fahrzeug)

Analyse der Antriebskonzepte

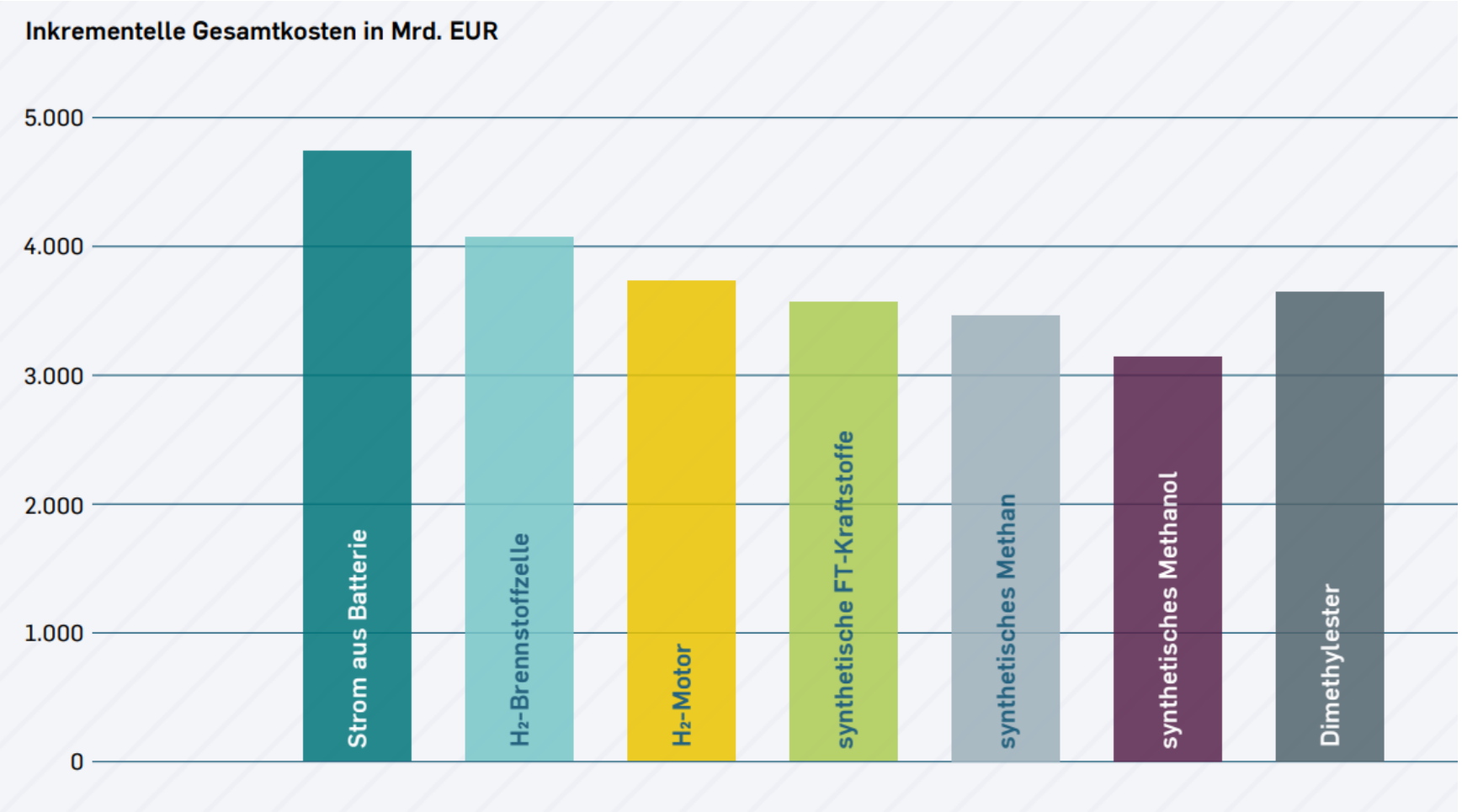
- mechanisch
- hydraulisch
- dieselelektrisch
  kabelgebunden elektrisch
  batterieelektrisch
- leistungsverzweigt
- Wasserstoffbetrieben
  Brennstoffzelle
  Verbrenner



→ **Betrachtung verschiedener Energiequellen: Diesel, E-Fuel, Strom, CNG, LPG, H_2**

→ **Eruierung sinnvoller Anwendungen für die Elektrifizierung im Bereich mobiler Arbeitsmaschinen**

Mehrkosten für Umstellung auf klimaneutrale Energieträger und zugehörige Antriebe im Straßenverkehr

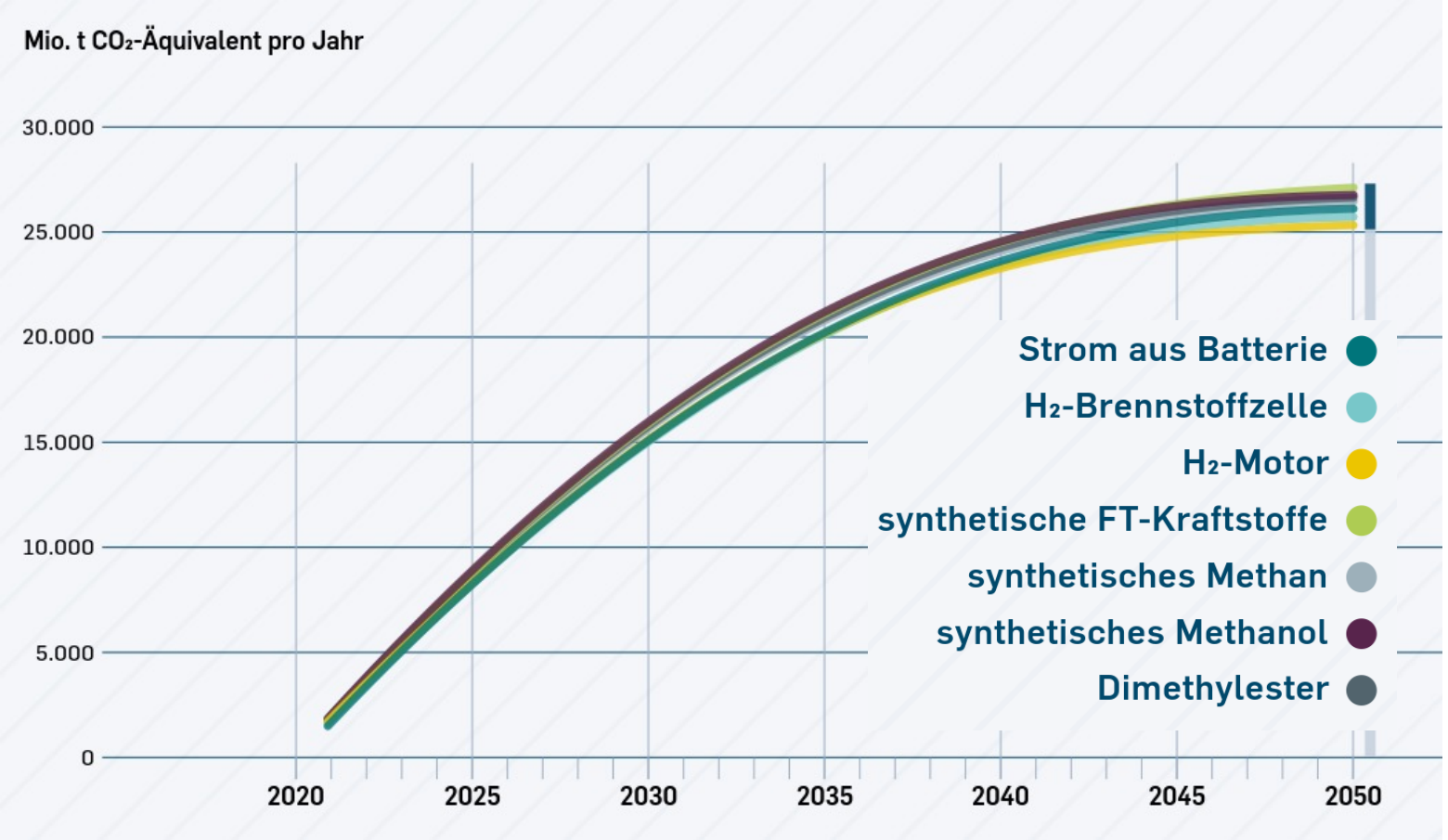


(Quelle: FVV-Studie Transformation of mobility to the GHG-neutral post-fossil age)

Zeit ist der entscheidende Faktor: Kumulierte Emissionen - Vergleich Energieträger- Antriebskombinationen

Bei identischer Geschwindigkeit der Implementierung im Markt unterscheiden sich die kumulierten Emissionen verschiedener Energieträger-Antriebskombinationen kaum.

Wichtiger als die Technologie ist das Tempo der Einführung in den Markt

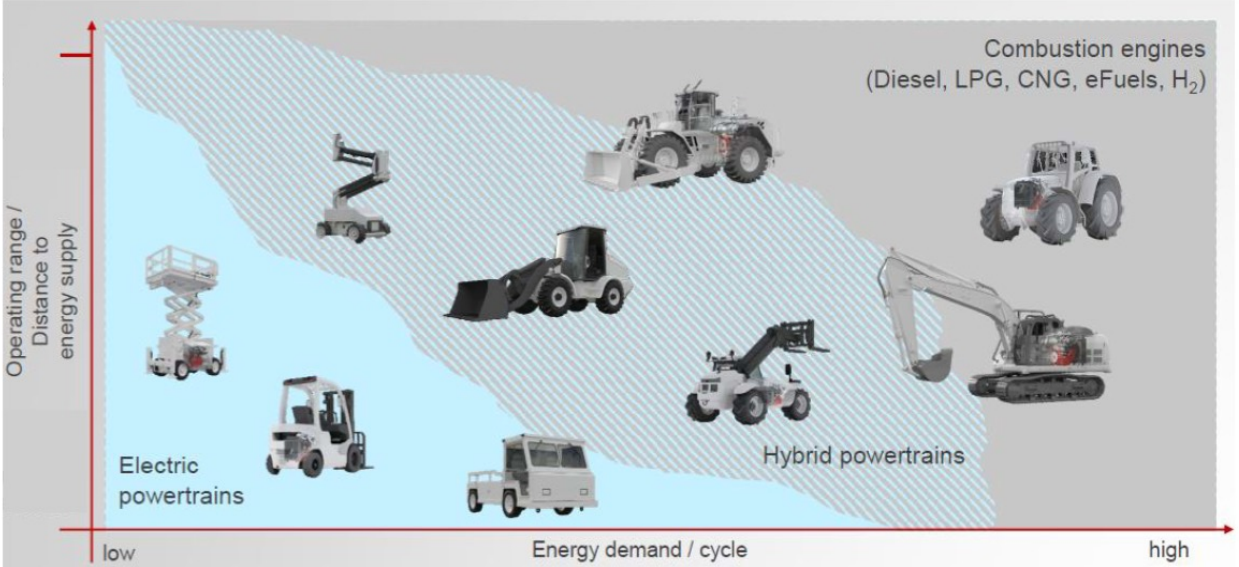


(Quelle: FVV-Studie Transformation of mobility to the GHG-neutral post-fossil age)

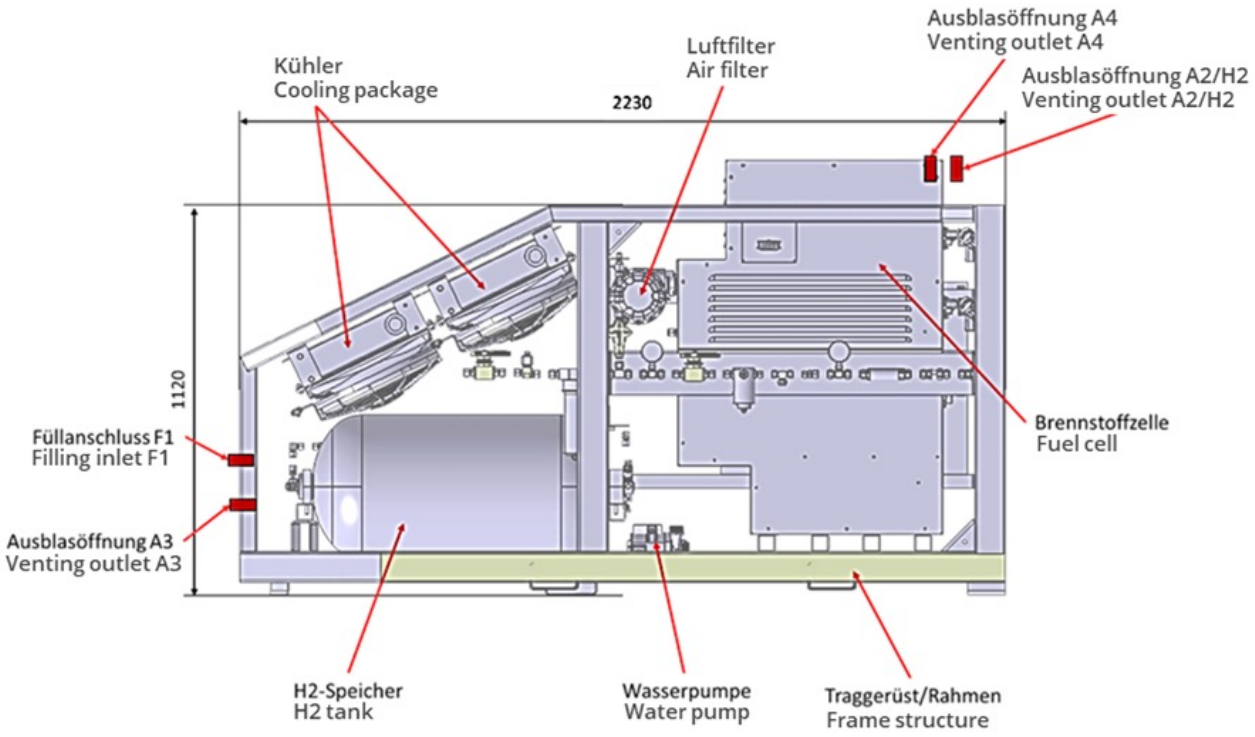
Wissenschaftlich-technischer Ansatz zur Technologiebewertung

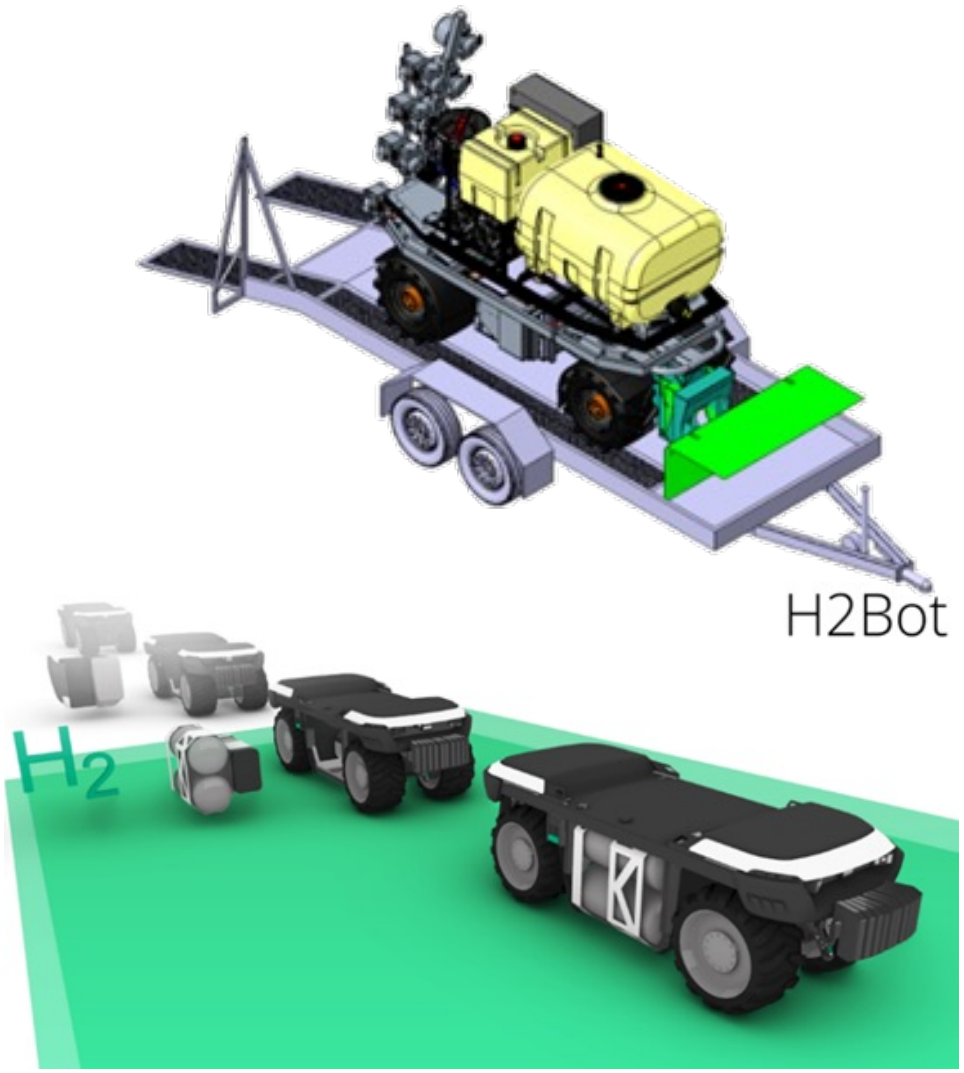
Simulation und Vergleich verschiedener Antriebskonzepte in Abhängigkeit des Maschinentyps, der Maschinengröße und des Prozesses

- Energiedichte des Energieträgers → Volumen/Masse der Energiequelle
- Gesamtenergiebilanzen (Tank-to-wheel; well-to-wheel) auf Basis vorhandenen Studien
- Notwendige Infrastruktur für die jeweiligen Antriebskonzepte
- Auswirkungen auf den Betrieb
  - → Aussagen zum (Prozess)Wirkungsgrad
  - → Notwendige Kapazität der Energiequelle
  - → Quantifizierung der Emissionsreduktion
  - → Agilität der Arbeitsmaschine
  - → Notwendige Ladezeiten, Versorgungssicherheit
  - → Investitions- und Betriebskosten

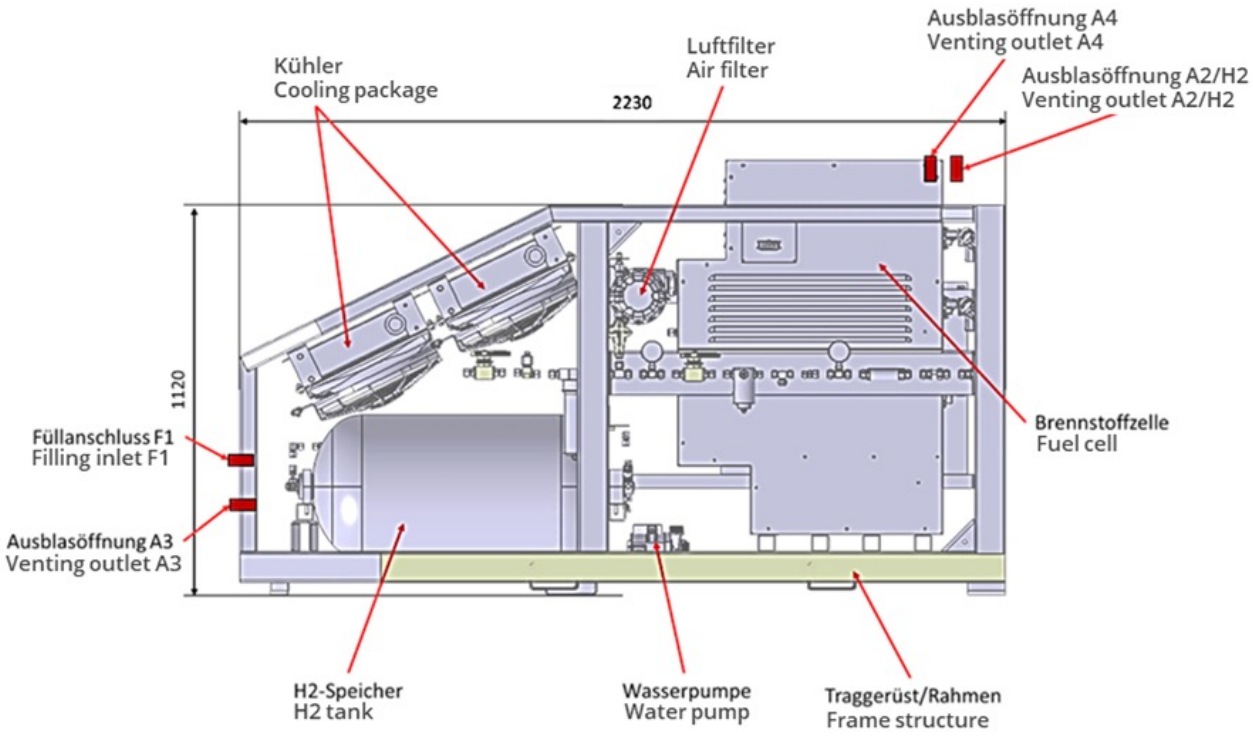


Beispiel Obstroboter mit Brennstoffzelle





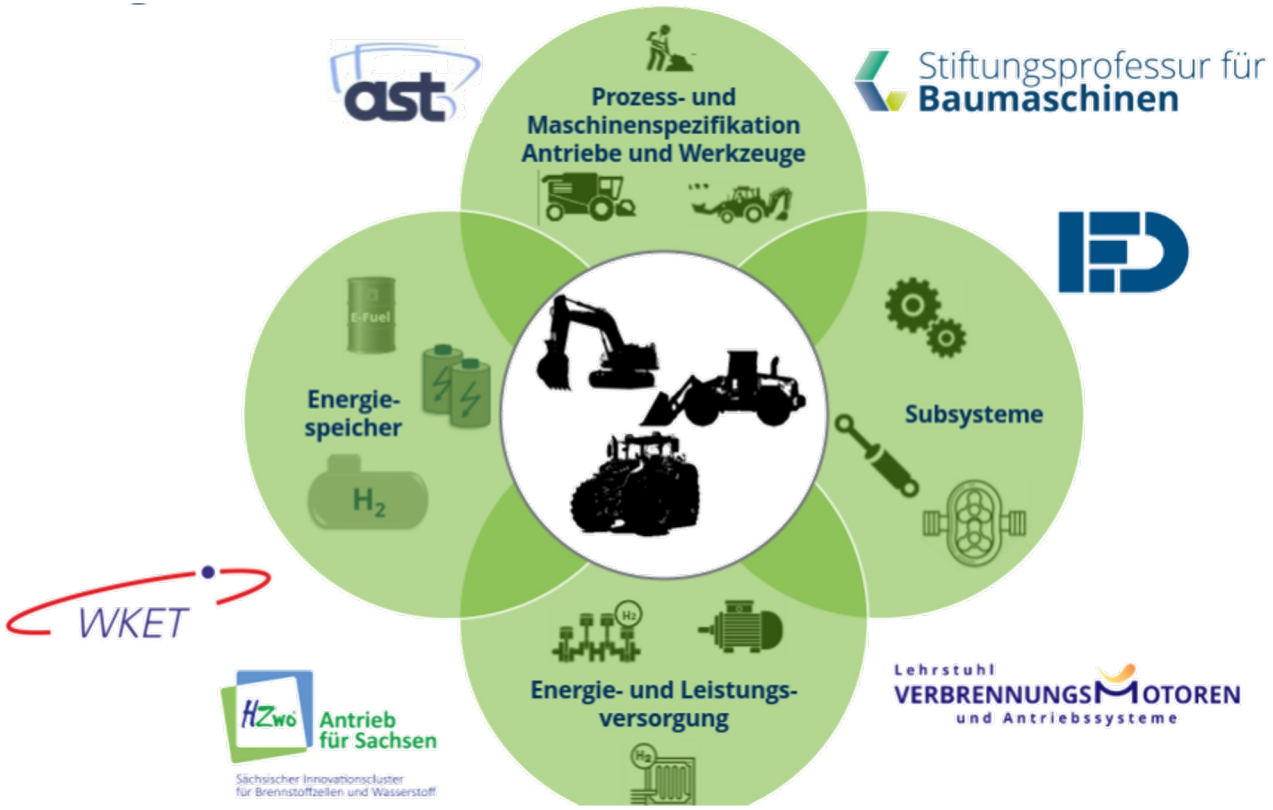
Beispiel Obstroboter mit Brennstoffzelle



- **Brennstoffzelle (45 kW elektrisch) PM 400 Stack Modul der Fa. Proton Motors.**
- **Das Stack arbeitet mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 37 bis 52%, was eine Kühlleistung von 60 kW erfordert.**
- **Die Kühlmitteltemperatur am Einlass des Stacks soll 45°C nicht übersteigen !!!**
- **deshalb für den Prototyp nur bis 35°C Umgebungstemperatur ausgelegt**
- **Wasserstoff-Tanksystem besteht aus zwei Tanks mit je 78 l Fassungsvermögen bei 350 bar und speichert 3,8 kg Wasserstoff, was bei Volllast für 2 h Betrieb reicht.**

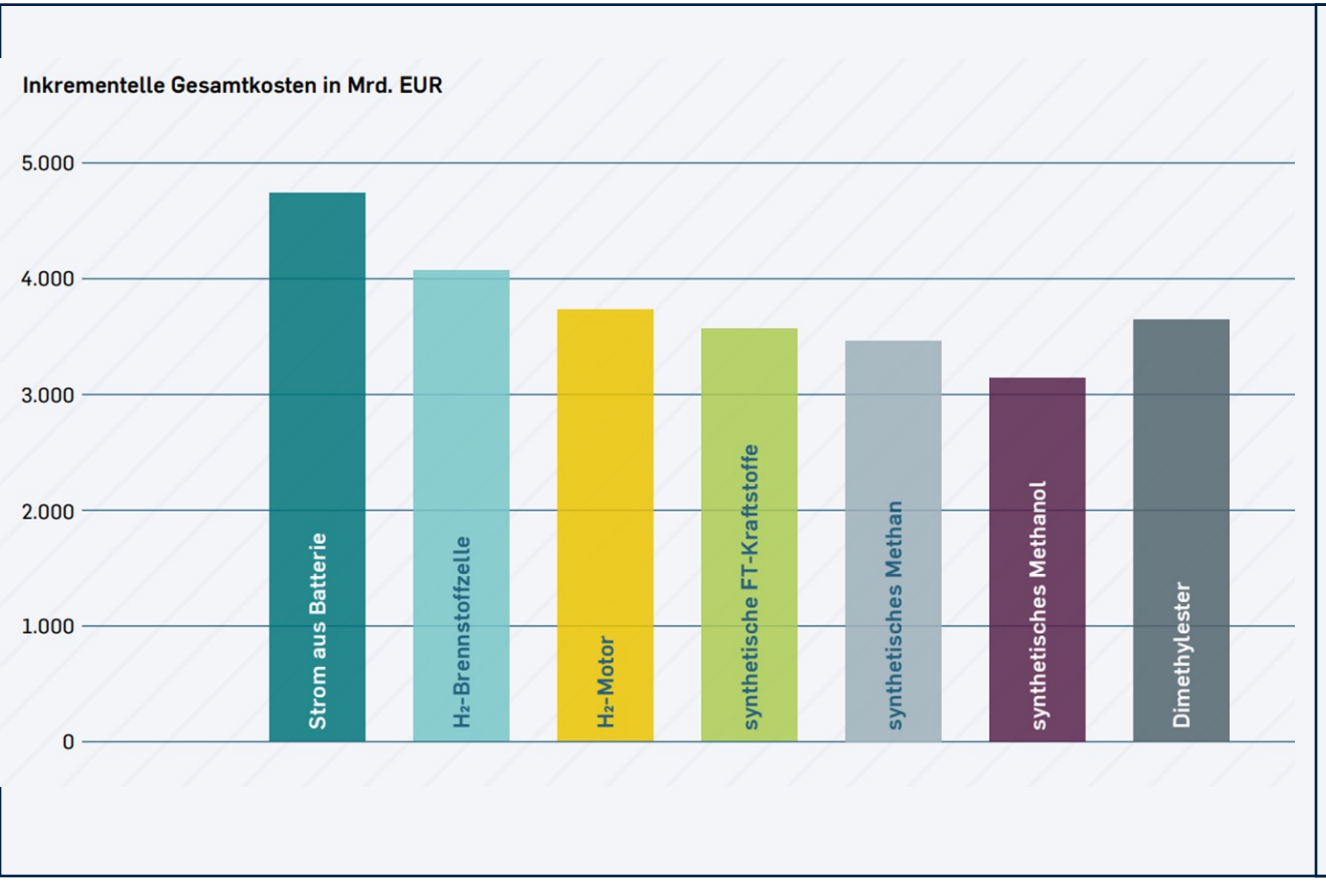
Zusammenfassung

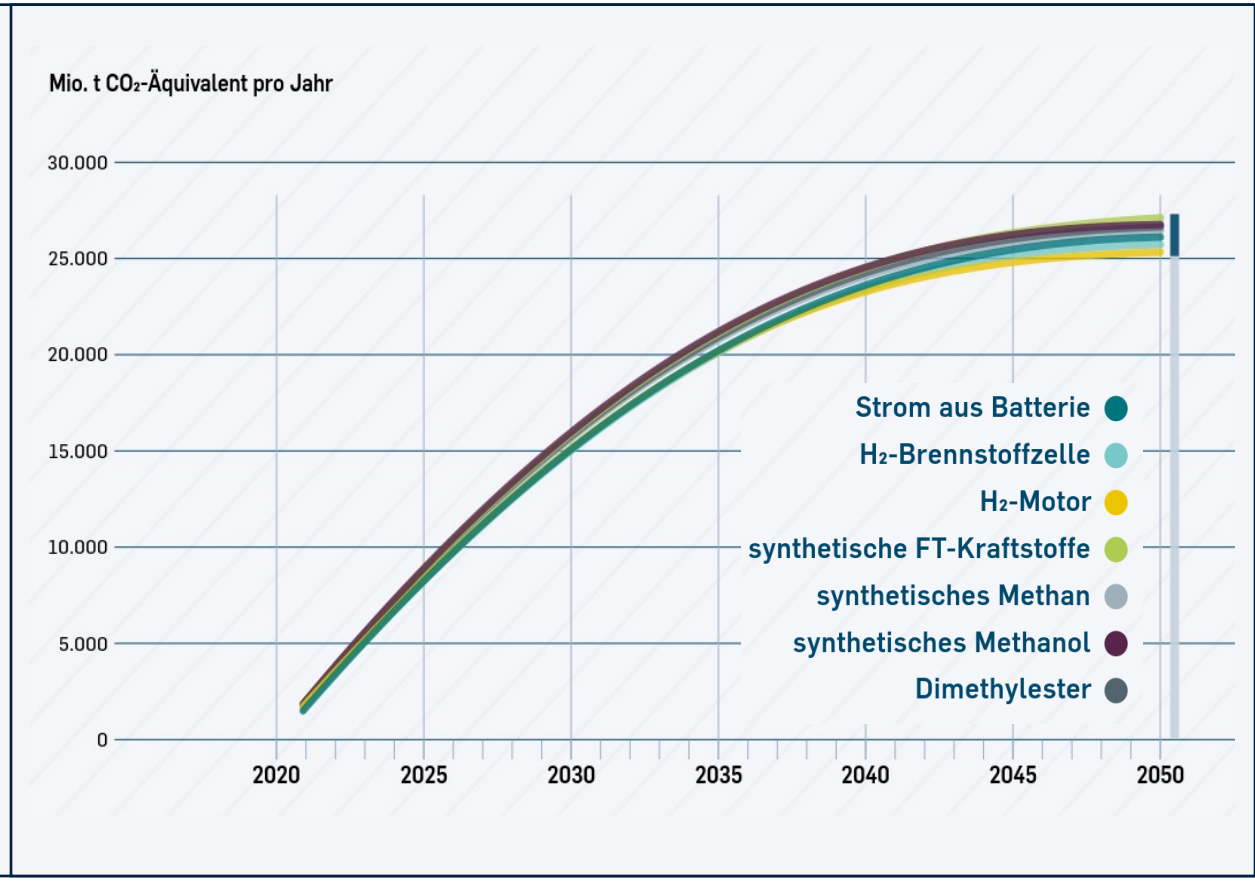
- **Wir brauchen einen breiten Mix aller Optionen – auch unter Einbeziehung der Bestandsflotte**
- **Keine eindeutig überlegene einzelne Antriebs/Kraftstoff-Technologie**
- **Dringlichkeit von Maßnahmen spricht für Lösungen, die auch in der Bestandsflotte bzw. schnell einsetzbar sind**



Forschungsverbund H2-mobile Arbeitsmaschine
Kernteam

Zusammenfassung II
Geschwindigkeit ist am wichtigsten
nicht wettbewerbsfähige Kosten sind immer Hindernisse

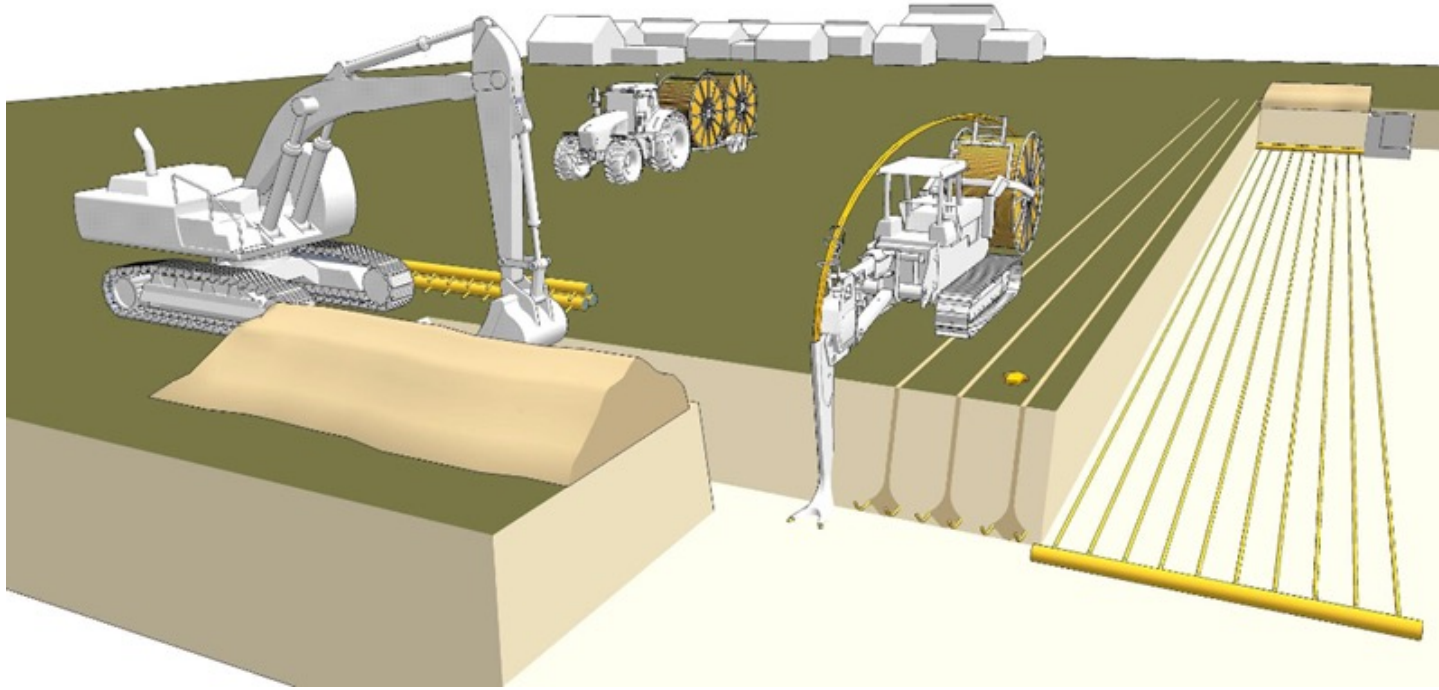




Neue Geschäftsfelder

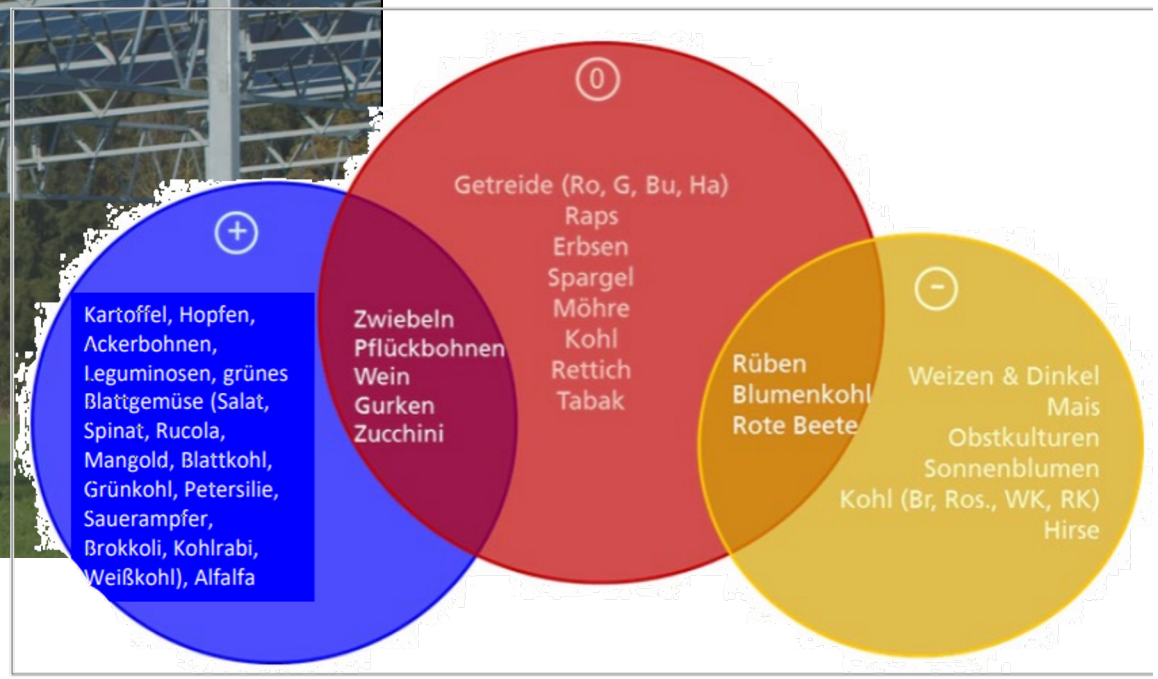
PV und Erdwärme

Agrothermie –
Flächenkollektoren für Erdwärme unter dem Acker erstellen



Agriphotovoltaik

(Quelle: Fraunhofer ISE)



(modifiziert nach Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) o. J. c, o. S., Adeh et al. 2018, S. 7)