



Bildquelle: New Holland

## Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik: Schweizer Sicht

Webinar der LK Österreich vom 30. November 2021

Roger Stirnimann

Dozent Agrartechnik, HAFL Zollikofen

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

1

## Inhalt

- ▶ Ausgangssituation
- ▶ Strategien zur Substitution von konventionellem Diesel
- ▶ Förderungssysteme für alternative Antriebssysteme und Treibstoffe
- ▶ Forschungs- und Entwicklungsprogramme

Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann

2

2

## Ausgangssituation

3

3

## Ausgangssituation

### **Klimaziele und -strategien in der Schweiz**

- ▶ Im Rahmen des Pariser Klimaübereinkommens: Halbierung des Treibhausgasausstosses bis 2030 gegenüber dem Stand von 1990.
- ▶ Verschärfung aufgrund von neuen Erkenntnissen des Weltklimarates: Schweiz soll ab dem Jahre 2050 unter dem Strich keine Treibhausgasemissionen mehr ausstossen (Netto-Null-Emissionen).
- ▶ Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Bereichen Verkehr, Gebäude und Industrie mit heute bekannten Technologien und dem Einsatz erneuerbarer Energien um bis zu 95%.
- ▶ Verminderung von Treibhausgasen wie Methan und Lachgas.
- ▶ Ausgleich von nicht oder nur sehr schwierig vermeidbaren Emissionen (Landwirtschaft, Zementherstellung...) durch natürliche oder technische Speicher (sogenannte Senken).
- ▶ Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft (inkl. Emissionen aus Energiebedarf) sollen bis 2050 um 40% reduziert werden (gegenüber Stand 1990).

Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann

4

4

## Ausgangssituation

### Anzahl an land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen im Einsatz

- ▶ Non-road-Datenbank BAFU
- ▶ Stand 2020

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/non-road-datenbank.html>

Non-road-Datenbank

Hilfe zur Benutzung der Non-Road-Datenbank [↗](#)

Resultatartyp:

1) Emissionsfaktoren, spezifische Betriebsstunden (Mengengerüst-unabhängige Resultate)

2) Gesamt-Bestände, -Betriebsstunden und -Emissionen des Schweizer Nonroad-Inventars

Maschinengattung:

Alle wählen

Baumaschinen

Industrie

Landwirtschaft

Forstwirtschaft

Gartpflege/Hobby

Schiffe

Militäer

Schadstoffe/Verbrauch:

Alle wählen

HC

CO

NOx

Treibstoffverbrauch

PM

CO2

CH4

NMHC

N2O

Benzol

Jahr:

Alle wählen

1980

1985

1990

1995

2000

2005

2010

2015

2020

2025

2030

2035

2040

2045

2050

Differenzierungsgrad:

Maschinenkategorie:  Aggregiert  Differenziert

Motorart:  Aggregiert  Differenziert

Leistungsklasse:  Aggregiert  Differenziert

Emissionsstufe:  Aggregiert  Differenziert

Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann

5

5

## Ausgangssituation

### Anzahl und Auslastung von lof-Fahrzeugen im Einsatz

- ▶ Anzahl Fahrzeuge in der Landwirtschaft: ca. 310'000
- ▶ Auslastung über alle Alters- und Leistungsklassen: 98.8 h/a
- ▶ Gesamtverbrauch Diesel pro Jahr: 117'668 t
- ▶ Anzahl Fahrzeuge in der Forstwirtschaft: ca. 11'000
- ▶ Auslastung über alle Alters- und Leistungsklassen: 187.8 h/a
- ▶ Gesamtverbrauch Diesel pro Jahr: 8'988 t

Jahr	Gattung	Kategorie	Motor-typ	Leistungs-klasse	Emissions-stufe	Schadstoff	Bestand	Spezifische Betriebsst. (h/a)	Gesamte Betriebsstd. (1000 h/a)	Emissionen (t/a)
2020	Landwirtschaft	-	-	-	-	Treibstoffverbrauch	309824	98.8	30610.5	117687.7
2020	Forstwirtschaft	-	-	-	-	Treibstoffverbrauch	10830	187.8	2034.2	8989.9

Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann

6

6

## Ausgangssituation

### Spezifische Emissionsfaktoren für lof-Fahrzeuge

- Basis: Non-road-Datenbank BAFU
- Stand: 2020

CO<sub>2</sub>-Emissionen von Diesel:  
3.15 kg/kg

Jahr	Gattung	Kategorie	Motor- typ	Leistungs- klasse	Emissions- stufe	Schadstoff	Spezifische Betriebsst. (h/a)	EF (kg/h)	EF (kg/h) [min. PF]	EF (kg/h) [100% PF]
2020	Landwirtschaft	-	-	-	-	Treibstoffverbrauch	98.8	3.8447	3.8178	3.9220
2020	Landwirtschaft	-	-	-	-	CO2	98.8	12.1079	12.0233	12.3515
2020	Forstwirtschaft	-	-	-	-	Treibstoffverbrauch	187.8	4.4194	4.3647	4.4787
2020	Forstwirtschaft	-	-	-	-	CO2	187.8	13.9163	13.7438	14.1029

Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann

7

7

## Strategien zur Substitution von konventionellem Diesel

8

8

## Strategien zur Substitution von Diesel

### Übersicht



Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann

9

9

## Strategien zur Substitution von Diesel

### Die Landwirtschaft wäre für die Energieproduktion prädestiniert...

- ▶ Solaranlagen auf grossen Dachflächen: Strom, Wärme
  - ▶ Biogasanlagen: Strom, Wärme
  - ▶ Kleine Wasserkraftanlagen: Strom
  - ▶ Windkraftanlagen: Strom
  - ▶ Alternative Treibstoffe: Pflanzenöle, aufbereitetes Biogas...
- ▶ Der selbsterzeugte Strom wird heute vorwiegend in der Innenwirtschaft verwendet, Überschüsse werden ins öffentliche Netz eingespeist.
  - ▶ Nutzung von Strom und alternativen Treibstoffen in Fahrzeugen ist heute kaum ein Thema, obwohl viele Praktiker das gerne tun möchten.

**Problem: Fahrzeuge mit den entsprechenden Antriebs- und Tanksystemen sind (noch) nicht verfügbar!**

Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann

10

10

## (Technische) Strategien zur Substitution von Diesel

### Verbrennungsmotorische Antriebssysteme mit alternativen Treibstoffen in flüssiger Form

- Übersicht (Auswahl, alternative Treibstoffe für Selbstzünder)

Energieträger	Diesel (Referenz)	Biodiesel / FAME	Paraffinischer Diesel	Pflanzenöl	Synthetische Treibstoffe
Kurzbezeichnung	B7	B100	z.B. HVO	P100	z.B. OME
Beschaffenheit	Flüssig				
Energiespeicher	Klassischer Treibstofftank				
Energiewandler	Klassischer Verbrennungsmotor (teilweise mit gewissen Modifikationen, z.B. für P100)				
Drehzahl-/ Drehmomentwandler	Klassische Getriebe (gestuft/stufenlos), Differenzialgetriebe, Endantriebe				

Quelle: R. Stirnimann

Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann

11

11

## (Technische) Strategien zur Substitution von Diesel

### Verbrennungsmotorische Antriebssysteme mit alternativen Treibstoffen

- Grundarchitektur der Fahrzeuge kann beibehalten werden
- Nur geringe Anpassungen bei den Verbrennungsmotoren erforderlich
- Knappes Platzangebot für Tanks lässt sich weiterhin gut ausnutzen
- Hohe Energiemenge an Bord
- Lange Einsatzzeiten auch bei Maschinen mit hohen Leistungen möglich
- Relativ schnell umsetzbar, «low hanging fruits»
- ...



Bildquelle: Deutz-Fahr



Bildquelle: John Deere

Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann

12

12

## (Technische) Strategien zur Substitution von Diesel

### Verbrennungsmotorische Antriebssysteme mit Methan oder Wasserstoff

#### ► Übersicht

Energieträger	Methan		Wasserstoff	
	LNG	CNG	LH <sub>2</sub>	CGH <sub>2</sub>
Beschaffenheit (im Energiespeicher)	Flüssig (kryogen)	Gasförmig	Flüssig (kryogen)	Gasförmig
Energiespeicher	Isolierter Tank	Druckbehälter	Isolierter Tank	Druckbehälter
Energiewandler	Spezielle Verbrennungsmotoren			
Drehzahl-/ Drehmomentwandler	Klassische Getriebe (gestuft/stufenlos), Differenzialgetriebe, Endantriebe			

Quelle:  
R. Stirnimann

Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann

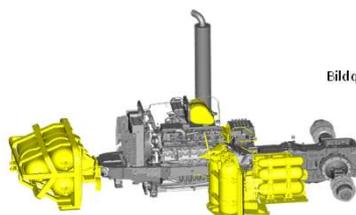
13

13

## (Technische) Strategien zur Substitution von Diesel

### Verbrennungsmotorische Antriebssysteme mit Methan

- Grundarchitektur der Fahrzeuge kann beibehalten werden
- Gasmotoren bewähren sich bereits seit Jahren bei Nutzfahrzeugen
- Geringe Energiedichte und somit unzureichende Einsatzzeiten bei CNG
- Lagerungs- und Boil-off-Gas-Problematik bei LNG (Saisonalität)
- Aktuell kaum landwirtschaftliche Fahrzeuge mit Gasmotoren verfügbar
- Echter CO<sub>2</sub>-Vorteil nur bei grünem Methan
- Verwendung von aufbereitetem Biogas als Fahrzeugtreibstoff: Chance für die Landwirtschaft?



Bildquelle: New Holland



Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann

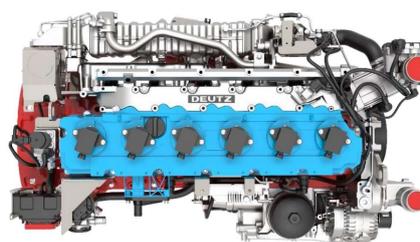
14

14

## (Technische) Strategien zur Substitution von Diesel

### Verbrennungsmotorische Antriebssysteme mit Wasserstoff

- ▶ Wasserstoffmotor (Ottoverfahren)
- ▶ Grundarchitektur der Fahrzeuge kann beibehalten werden
- ▶ Relativ schnelle Nutzung von kohlenstofffreiem H<sub>2</sub> als Fahrzeugtreibstoff
- ▶ Geringe Energiedichte und somit unzureichende Einsatzzeiten bei CGH<sub>2</sub>
- ▶ Derzeit keine Serienmaschinen, keine Einsatzerfahrungen in der Landtechnik
- ▶ Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff?
- ▶ ...



Bildquelle: Deutz

Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann

15

15

## (Technische) Strategien zur Substitution von Diesel

### Elektrische Antriebssysteme: Übersicht

	Brennstoffzelle		Batterieelektrischer Antrieb
	als Hauptantrieb	als Range Extender	
Primäre(r) Energieträger/-form*	Wasserstoff (H <sub>2</sub> )	Strom (ab Netz)	
Sekundäre(r) Energieträger/-form*	Strom (ab Fahrzeug)	Wasserstoff (H <sub>2</sub> )	-
Primäre(r) Energiespeicher	Grosser / mehrere H <sub>2</sub> -Behälter	Mittelgrosse Batterie(n)	Grosse / mehrere Batterie(n)
Sekundäre(r) Energiespeicher	Kleinere (Puffer)Batterie(n)	Kleinere H <sub>2</sub> -Behälter	-
Energiewandler	Grössere / mehrere Brennstoffzellen-Stacks	Kleinerer / einzelner Brennstoffzellen-Stack	-
	E-Motor(en)		Quelle: R. Stirnimann
Drehzahl-/ Drehmomentwandler	Fahrbereichsgetriebe / Differenzialgetriebe / Endantriebe (je nach Anordnung der E-Motoren: zentral/radnah)		

\*Bezeichnung „Energieform“ gilt für Strom

Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann

16

16

## (Technische) Strategien zur Substitution von Diesel

### Elektrische Antriebssysteme: Brennstoffzellen mit Pufferbatterie(n)

- ▶ Serien-LKW Hyundai XCIENT, Prototyp KAMAZ/GreenGT
- ▶ Komplett neue Fahrzeugarchitektur erforderlich
- ▶ Hoher Platzbedarf für H<sub>2</sub>-Behälter und Brennstoffzellen-Stacks
- ▶ ...



Bildquelle: Hyundai

Bildquellen:  
R. Stirnimann  
(KAMAZ)

Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann

17

17

## (Technische) Strategien zur Substitution von Diesel

### Elektrische Antriebssysteme: Batterieelektrik

- ▶ Ansatz 1: Verbrennungsmotor raus, Batterie und E-Motor rein
- ▶ Ansatz 2: Komplett neuer Grundaufbau
- ▶ Eher für kleinere Maschinen, die in Hofnähe eingesetzt werden
- ▶ ...



Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann

18

18

# (Technische) Strategien zur Substitution von Diesel

## Übersichtsbeitrag in der Fachzeitschrift BioTOPP (Ausgabe 5/2021)

The collage features several articles from the journal 'BioTOPP', issue 5/2021, under the heading '(Technische) Strategien zur Substitution von Diesel'. The articles include:

- Alternative Antriebskonzepte: Einer für alles, auch in Zukunft?** - Discusses the potential of electric and hydrogen power for agricultural machinery.
- Elektrische Antriebskonzepte** - Explores the technical challenges and benefits of electric drivetrains.
- Wasserstoff als Alternative** - Examines hydrogen as a clean energy source for tractors.
- REINERT** - A logo for a company likely involved in the development of these alternative drive systems.

Webinar «Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik» | 30. November 2021 | Roger Stirnimann 19

19

# Förderungssysteme für alternative Antriebssysteme und Treibstoffe

20

20

## Förderungssysteme

### Anfragen in den letzten Wochen bei

- ▶ BAFU (Bundesamt für Umwelt)
- ▶ BLW (Bundesamt für Landwirtschaft)
- ▶ BFE (Bundesamt für Energie)

### Fazit:

- ▶ In der Schweiz gibt es für alternative Antriebssysteme und Treibstoffe bei land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen derzeit kaum Förderungssysteme!
- ▶ Gefördert werden lediglich einzelne (Beratungs)Projekte.

21

Forschungs- und Entwicklungs-  
programme

22

## Forschungs- und Entwicklungsprogramme

### **Intensive Forschungs- und Entwicklungsprogramme**

- ▶ ETH (Eidgenössische Technische Hochschule)
- ▶ EMPA (Eidgenössische Materialprüfanstalt)
- ▶ Fachhochschulen
- ▶ Fahrzeug- und Komponentenhersteller
- ▶ ...

### **Aber kaum direkte Forschungs- und Entwicklungsprogramme im Zusammenhang mit der Land- und Forstwirtschaft!**

- ▶ Anteil am Gesamtenergieverbrauch zu gering?
- ▶ Fahrzeugvielfalt zu gross, Stückzahlen zu klein?
- ▶ Treibhausgase sind zwar ein Thema, der Fokus wird aber nicht auf Emissionen von Dieselfahrzeugen gelegt, sondern auf solche aus anderen Bereichen (Boden, Tierhaltung...)

23

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

24