



Ein Forschungsinstitut
des ETH-Bereichs

Klimaschutz fängt im Wald an: CO₂-Einsparungen in der Holzproduktionskette

Janine Schweizer
Forschungsgruppe Nachhaltige Forstwirtschaft
Eidg. Forschungsanstalt WSL
SwissForestLab Dialog mit dem Schweizerischen Forstverein, 10.11.2022

Übersicht

- Aufzeigen von Firmen und/oder Initiativen bezüglich CO₂-neutralen Antrieben von Forstmaschinen oder alternativen Verfahren
- Wie kann die Waldbewirtschaftung im engeren Sinne zu Netto-Null beitragen?
 - Es braucht eine gute Planung
 - Angemessene Holzernte
 - ✓ richtige Arbeitsverfahren
 - ✓ richtige Maschinenwahl
 - Kurze Transportwege



Herausforderungen für die Waldbewirtschaftung

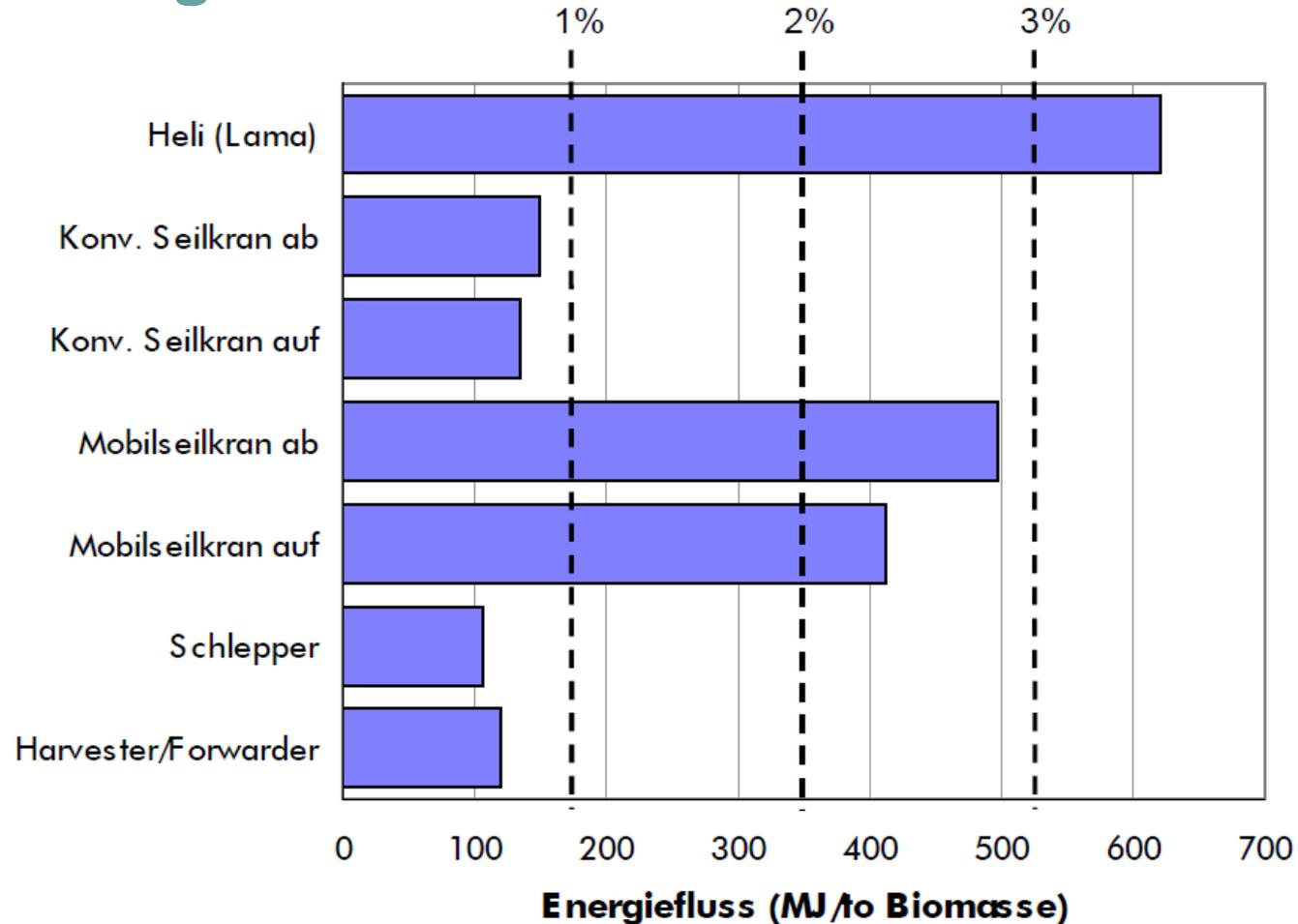
Rahmenbedingungen und Vorgaben

- Bisher ungenutzte Biomassepotentiale mobilisieren
- Der Klimawandel hat Auswirkungen auf den Wald und seine Bewirtschaftung
- Die waldbaulichen Strategien haben Auswirkungen auf den Wald und seine Bewirtschaftung
- Multifunktionalität und Schutzfunktionen des Waldes erhalten
- Verschiedene Interessensgruppen berücksichtigen
- Zukünftige Techniken?
- Bewirtschaftungsprozesse „so gut wie möglich“ ausführen



Zur Einordnung: Energieaufwand und -ertrag

Energiedurchsatz verschiedener Holzerntesysteme

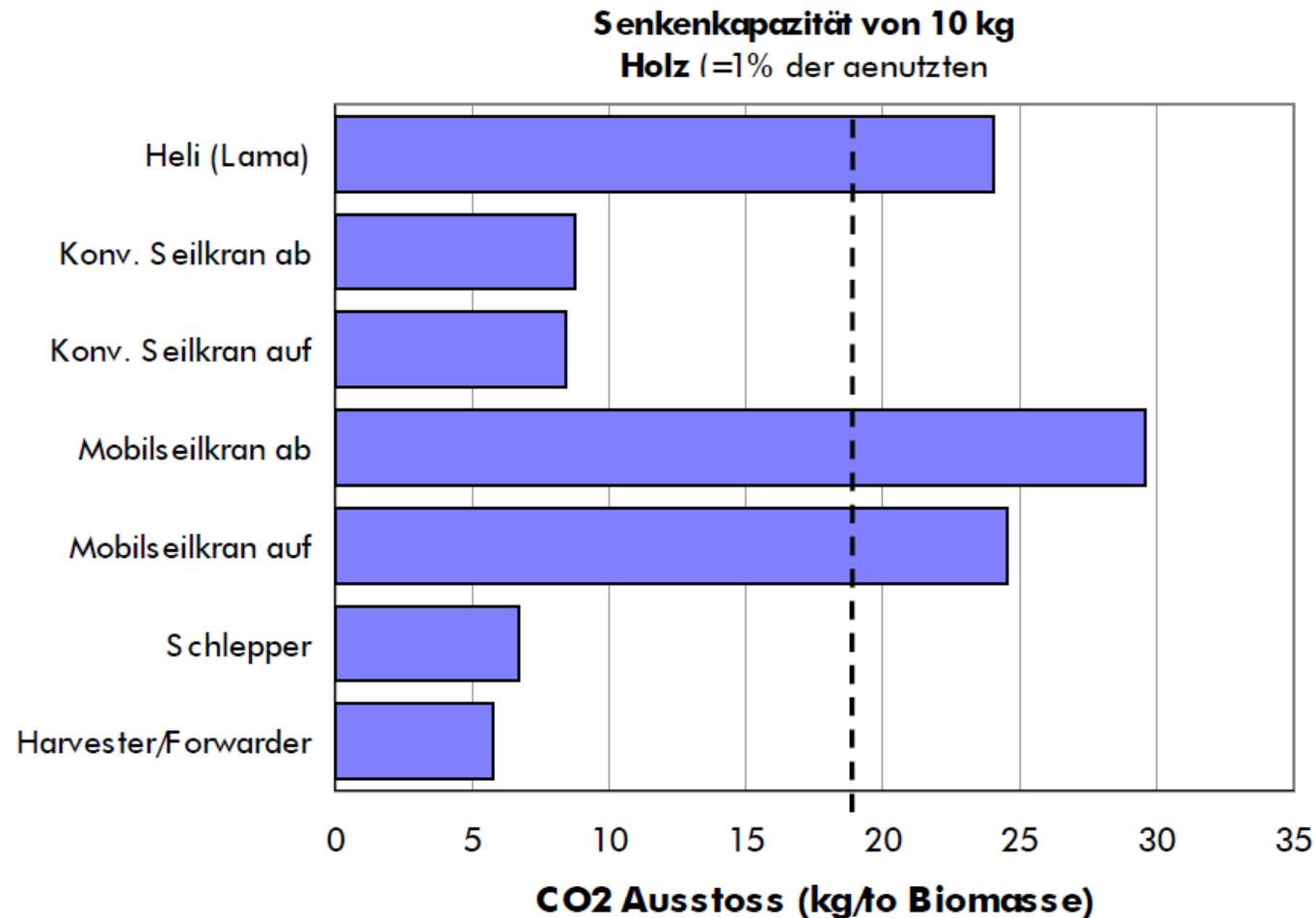


- Der Aufwand für die Bereitstellung entspricht je nach Holzerntesystem 1-3% des Heizwerts des bereitgestellten Produktes
- Es gibt deutliche Unterschiede zwischen den Arbeitsverfahren

Anmerkung: ohne Aufwand für Erschliessung

Zur Einordnung: Ausstoss von Treibhausgasen

CO₂-Bilanz verschiedener Holzerntesysteme

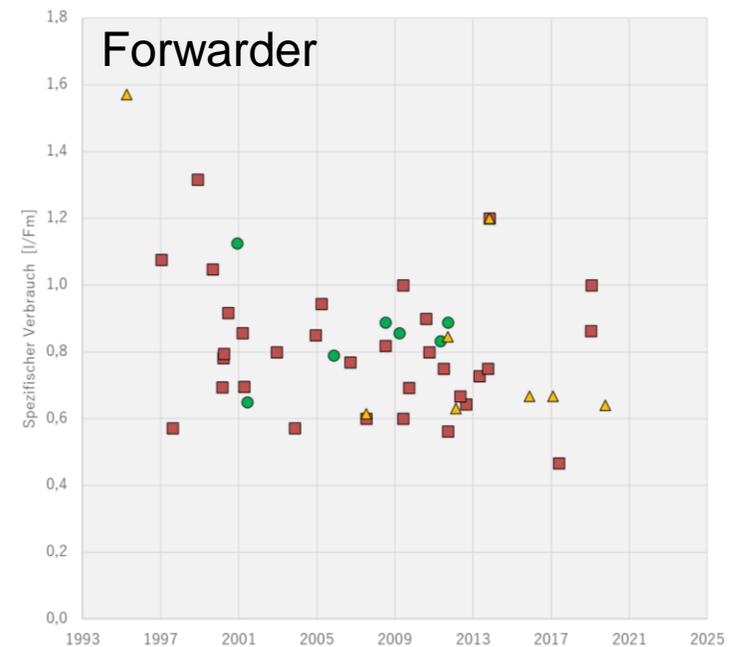
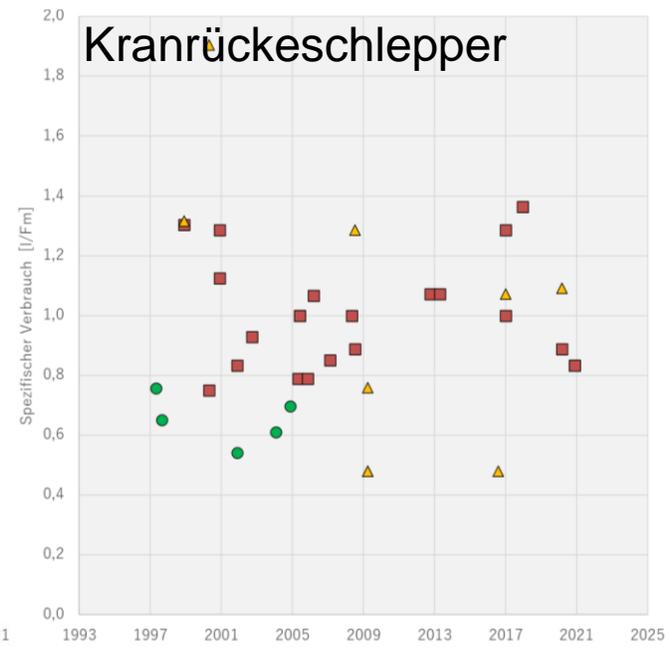
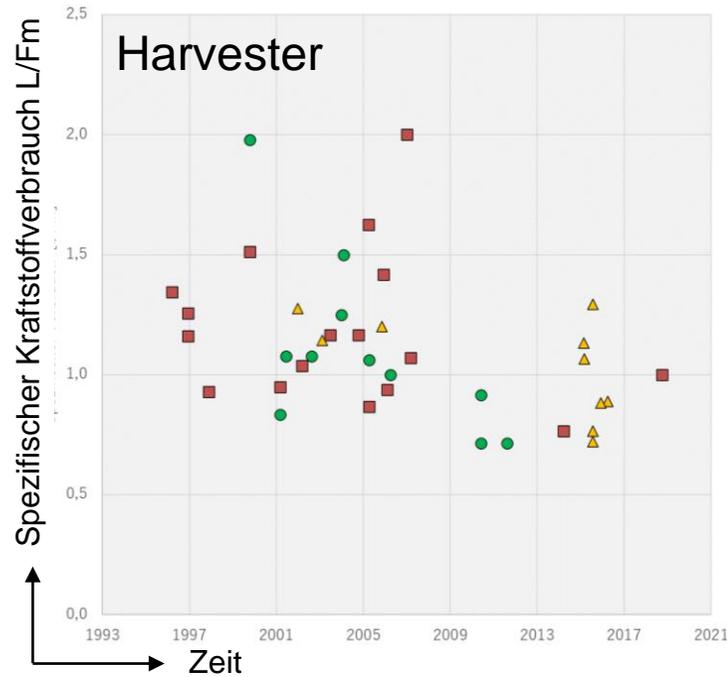


- Sehr günstiges Verhältnis von „fossilem“ zu „natürlichem“ Energiedurchsatz

Anmerkung: ohne Aufwand für Erschliessung

Übersicht spezifische Kraftstoffverbräuche

Liter/Fm, 30-jähriger Beobachtungszeitraum



- Harvester Klasse 1 Motorleistung < 140 kW
- Harvester Klasse 2 Motorleistung < 180 kW
- ▲ Harvester Klasse 3 Motorleistung ≥ 180 kW

- Kranrückeschlepperklasse 1 Motorleistung < 1 kW
- Kranrückeschlepperklasse 2 Motorleistung < 1 kW
- ▲ Kranrückeschlepperklasse 3 Motorleistung ≥ 1 kW

- Forwarder Klasse 1 Nutzlast < 10 t
- Forwarder Klasse 2 Nutzlast < 14 t
- ▲ Forwarder Klasse 3 Nutzlast ≥ 14 t

- Der relative Kraftstoffverbrauch je Festmeter hat sich in den letzten 30 Jahren kaum verändert
- Die Kraftstoffeffizienz der Motoren hat sich kaum verändert

Optimierung von Prozessen

Bsp. Digitaler Workflow mittels Converter

Funktionsweise

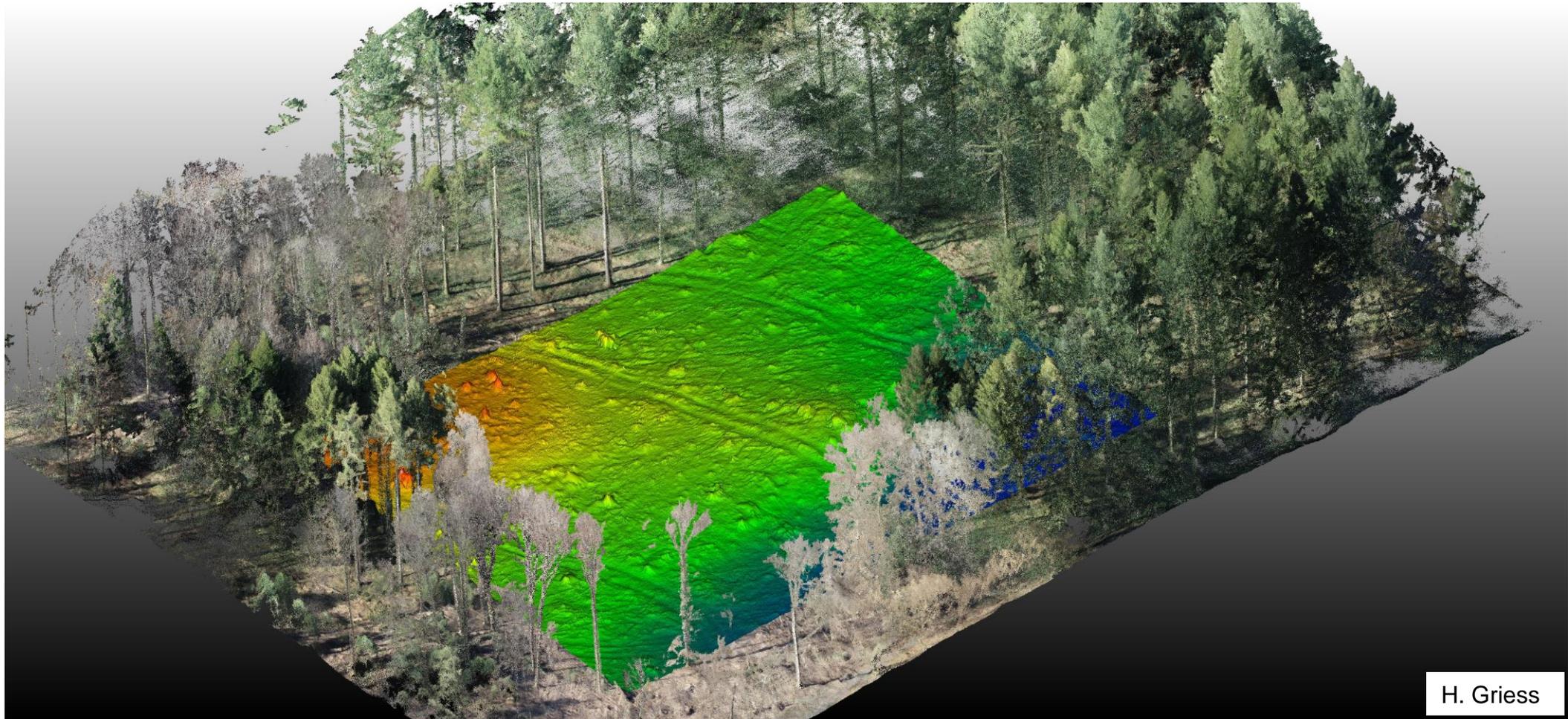
- Hochladen von Dateien nach einem Schlag
- Auslesen von StanForD-Daten
- Konvertierung in xml-Dateien

Vorteile

- Unabhängig von einem bestimmten Hersteller und Maschinentyp
- Kommunikation zwischen Harvester und Forwarder -> digitale Lieferkette
- Übersicht über Kraftstoffverbrauch (in Abhängigkeit vom Verfahren, Maschine, Maschinist, etc)
- Möglichkeit zum Hinzufügen individueller Daten und einfache und vollständige Nachkalkulation

Festlegung der Holzernteverfahren

Erfassung von Bodenverdichtung durch Maschinenbefahrung



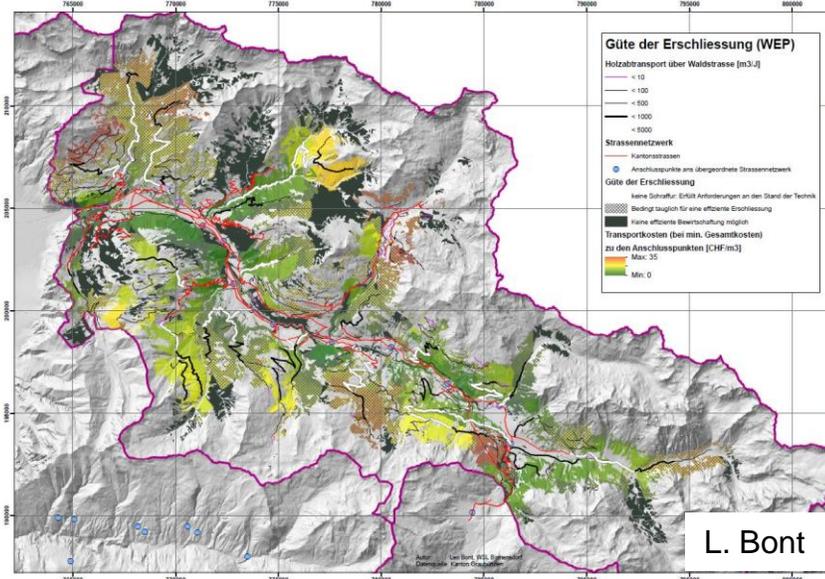
Festlegung der Holzernteverfahren

Bsp. Seilkraneinsatz in ebenem Gelände (hier Dauerwald Kt. Zug)



Berücksichtigung der Erschliessung

Wegebau, Unterhalt und Transport sind energieintensiv



- Güte der Erschliessung
- Identifizierung der Hauptabfuhrachsen
- Optimale Transportroute zum übergeordneten Strassennetzwerk
- Geschätzte Umweltwirkungen vom Strassenbau ~41t CO₂/ km Forststrasse, respektive ~10 kg CO₂-eq./Efm (Kühmaier*)

*Referenz Umweltwirkung: Kühmaier et al. (2019). Ökobilanzierung der Holzbereitstellung bis zum Werk unter Einbeziehung neuer Technologien.

Anwendung emissionsarmer Techniken (1/5)

Akku-elektrisch vs. benzinbetriebene Sägen

Motivation

- Einfaches Startverhalten
- Emissionsfreier und vibrationsarmer Betrieb
- Weniger Schallemissionen

Ergebnisse Pilotstudie

- Die getesteten Akku-Motorsägen hatten bei Trennschnitten und Astung einen signifikant geringeren Energieverbrauch als die benzinbetriebenen Motorsägen
- Die Leistung der Akkusägen war durchaus mit kleineren Benzin-Motorsägen im Leistungsbereich von 1,60-1,70 kW vergleichbar

Akku-Motorsägen		Power	Weight
	STIHL MSA 200-C	-	4.80 kg
	HUSQVARNA 536 LiXP	-	4.50 kg
Benzin-Motorsägen			
	STIHL MS 211	35 cm ³ / 1.7 kW	4.30 kg
	HUSQVARNA 435	41cm ³ / 1.6 kW	4.20 kg
	HUSQVARNA 550 XP Mark II	50 cm ³ / 3.0 kW	5.30 kg

Anwendung emissionsarmer Techniken (2/5)

Elektrifizierung der Branche: Hybrid Harvester von Logset



Hybrid Harvester **8H GTE Hybrid** von Logset
Maschine ist bereits weltweit im Einsatz

Gemäss Hersteller*:

- 30% mehr Leistung und eine höhere Produktivität
- 15-30% weniger CO₂-Ausstoss
- 25% Treibstoffeinsparung
- 10-30 % weniger Maschinenstundenkosten

Bildquelle: <https://logset.fi/8h-gte-hybrid-de/>

Anwendung emissionsarmer Techniken (3/5)

Elektrifizierung der Branche: Hybrid Kippmastanlage von Koller



- Hybrid Kippmastanlage **K 507e-H** von Koller Forsttechnik
- Kondensator als Energiespeicher, kleiner Dieselmotor zur Energieversorgung
- Bereits im Praxiseinsatz im Raum Wien
- Basierend auf Langzeitstudie von Cadei et al. (2021)* beträgt die Treibstoffeinsparung rund 59%

Bildquelle: https://www.kollergmbh.com/images/kataloge/Produktkatalog_gesamt_2018.pdf

Anwendung emissionsarmer Techniken (4/5)

Elektrifizierung der Branche: Hublaufwagen von Ladelifter

- Elektrischer Hublaufwagen **Ladelifter** von den Gebrüdern Ladstätter
- Rein regenerativer Betrieb
- Aufladung Batteriespeicher bei Talfahrt und Lastabsenkung
- Erstmals präsentiert auf Holzmesse Klagenfurt 2022, bereits serienreif



Bildquelle: Mit Zustimmung von Alois Bauer, Elektrifizierer

Anwendung emissionsarmer Techniken (5a/5)

Elektrifizierung der Branche: Selbstfahrender Laufwagen Leitalpin



Leitalpin

Ein von Grund auf neu entwickelter, elektrischer, selbstfahrender Laufwagen für den universellen Einsatz, mit allen Vorteilen elektrischer Antriebs- und Speichertechnik auf dem technologisch neuesten Stand

Er kombiniert drei Schlüsseltechnologien:

- Regeneratives und vollständig autonomes elektrifiziertes Konzept
- Neuartiges Antriebssystem
- Fernsteuerung mit großer Reichweite

	HULK Leitalpin	Konventionelle Laufwagen
Kraftstoffverbrauch (L/m ³)	0-1.5 (0.8)	1-3 (2)

Anwendung emissionsarmer Techniken (5b/5)



Elektrifizierung der Branche: selbstfahrender Laufwagen Leitalpin

Leitalpin entwickelt einen selbstfahrenden elektrischen Laufwagen

PRODUKT Hersteller	HULK Leitalpin	WOODLINER Konrad	TWISTER Aerni	TECNO Greifenberg
Antrieb	Elektrisch	Diesel-hydraulisch	Diesel-hydraulisch	Diesel-hydraulisch
Energierückgewinnung	✓	✗	✗	✗
Maximale Leistung	150 kW	40 kW	35 kW	30 kW
Zugkraft der Winde	40 kN	27 kN	36 kN	30 kN
Fahrgeschwindigkeit	10 m/s	6 m/s	4 m/s	2.3 m/s
Windengeschwindigkeit	4 m/s	2 m/s	1.2 m/s	0.5 m/s
Maximale Steigung	100 %	60 %	60 %	60 %
Seilbahnlänge	Kein Limit	400 m	Kein Limit	800 m

Anmerkung: Geschätzte Werte basierend auf Kalkulationen; Quelle: Leitalpin

Zusammenfassung



- Planung und Ausführung haben einen grossen Einfluss auf die potentiellen Umweltauswirkungen
- Moderne Techniken und Daten erlauben eine Optimierung der Prozesse
- Forsttechnische Lösungen sind marktreif
- Umweltfreundliche Holzerntesysteme müssen bei der Vergabe stärker gewichtet werden
- Die Entscheidungsträger haben in der Hand, wo die Prioritäten gesetzt werden



A research institute
of the ETH Domain

Dankeschön

Dr. Janine Schweier
janine.schweier@wsl.ch