

Hochschule Düsseldorf

Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Steigerung der Energieeffizienz von Landmaschinen durch Wärmerückgewinnung

Nils Hintzen M.Sc.

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Kiel (Projektleitung)

Prof. Dr.-Ing. Jörg Niemann (Projektleitung)

Prof. Dr.-Ing. Andreas Jahr

2. Dezember 2019

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



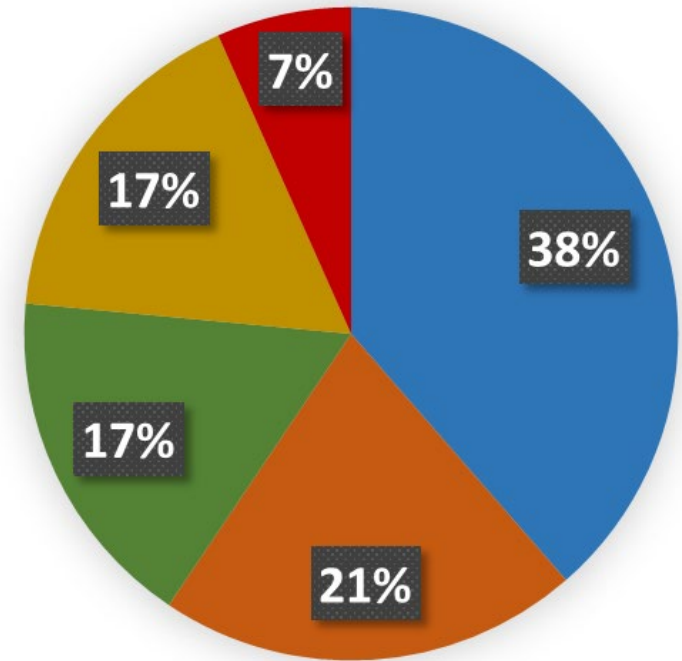
Inhalt

- Motivation
- Forschungsvorhaben
- Funktion der Landmaschine
- Potenzial zur Wärmeenergieerückgewinnung
- Systeme zur Wärmeenergieerückgewinnung
- Aktueller Stand und weiteres Vorgehen

Motivation

- Klimawandel
- Treibhausgasemissionen
- PKW: Entwicklung Richtung Hybrid/Elektro
- LKW: Nutzung von Motorwärme
- Landmaschinen: größere Motoren, mehr Potenzial zur Nutzung der Motorwärme

CO₂ Emissionen nach Branchen



- Energiesektor
- Verkehr
- Haushalte und Kleinverbraucher
- Verarbeitendes Gewerbe
- Industrie, Landwirtschaft und weitere

Forschungsvorhaben

„Energieeffizienzanalyse und -optimierung mobiler Produktionsmaschinen
unter besonderer Berücksichtigung der Lebenszykluskosten“
(HeatFlow)

- Gefördertes Projekt durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
- Förderlinie "Forschung an Fachhochschulen mit Unternehmen" (FHprofUnt)
- Gesamtförderungsumfang von ca. 435.000 €
 - 1,5 Mitarbeiter in Vollzeit
 - 80.000 € für „Hardware“

- Kooperation mit der Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH & Co. KG
- Feldhäcksler „Big X 680“ als Forschungsgrundlage

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Funktion der Landmaschine

- Ernten und Häckseln von Gräsern



Funktion der Landmaschine

- Sammeln und Häckseln von Gräsern

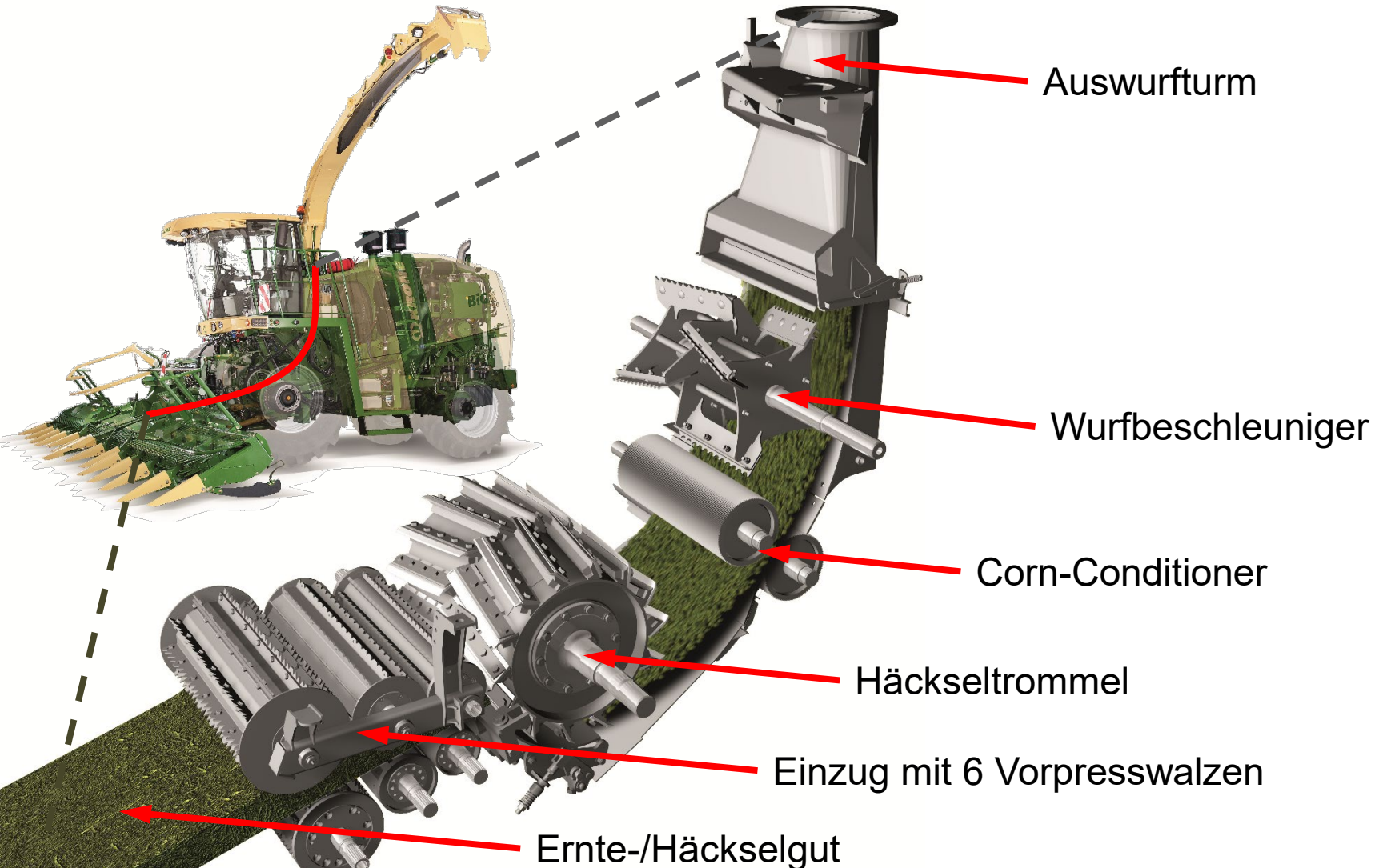


Funktion der Landmaschine

- Ernten und Häckseln von Mais



Funktion der Landmaschine



Funktion der Landmaschine

- Kenndaten¹⁾ zum Feldhäcksler Big X 680
- Motorleistung: 505 kW (mechanisch)
- Durchsatz²⁾: 144 t/h bis 343 t/h
- Flächenleistung: 2,9 ha/h bis 6,9 ha/h
- Dieserverbrauch: 0,6 l/t bzw. 30 l/ha

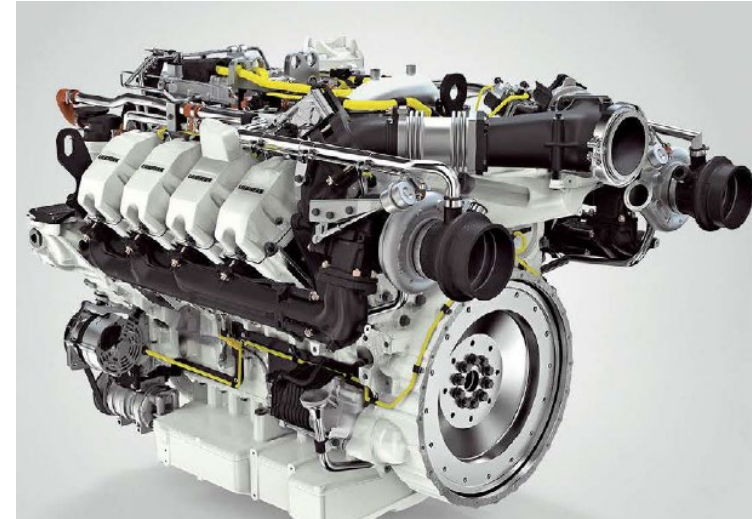


1) Werksangaben; Betrieb der Maschine unter idealen Maschineneinstellungen in einem durchschnittlichen Maisbestand bei reinem Häckselbetrieb ohne Wendemanöver, Wartezeiten und Umsetzfahrten

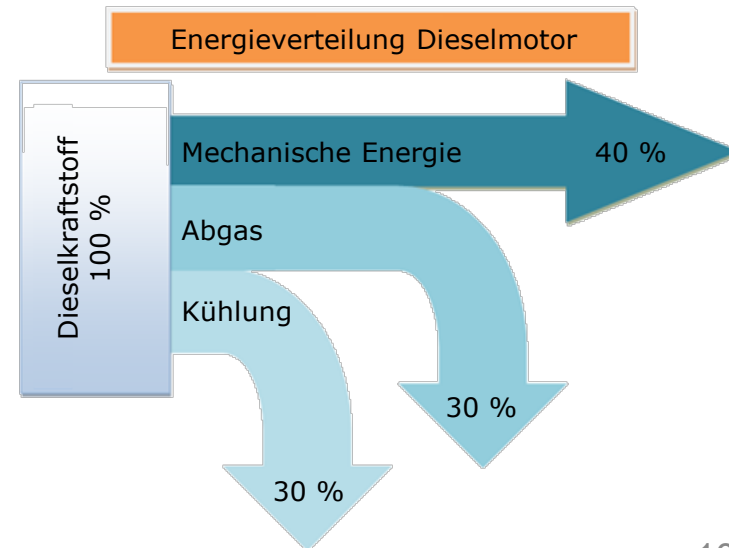
2) Frischmasse Mais bei 32 % Trockensubstanz

Potenzial zur Wärmeenergieerückgewinnung

- Motorleistung: ca. 500 kW mechanisch
- Wirkungsgrad: ca. 40 %
- Gesamtleistung: ca. 1.250 kW
 - Kühlung: ca. 30 % (375 kW, 90 °C)
 - Abgas: ca. 30 % (375 kW, 500 °C)
- Energienutzen: mechanisch oder elektrisch



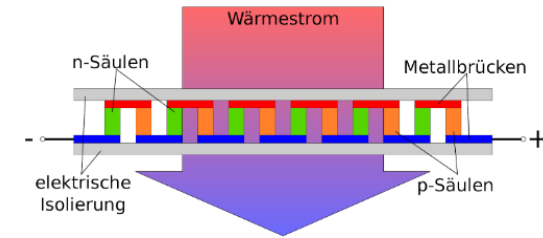
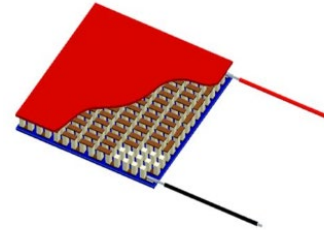
Quelle: Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH & Co. KG



Systeme zur Wärmeenergieerückgewinnung

■ Thermoelektrische Generatoren

- Funktionsweise wie Thermo-
element (Seebeck-Effekt),
elektrische Spannung durch
Temperaturgefälle
- Wirkungsgrad <3 %



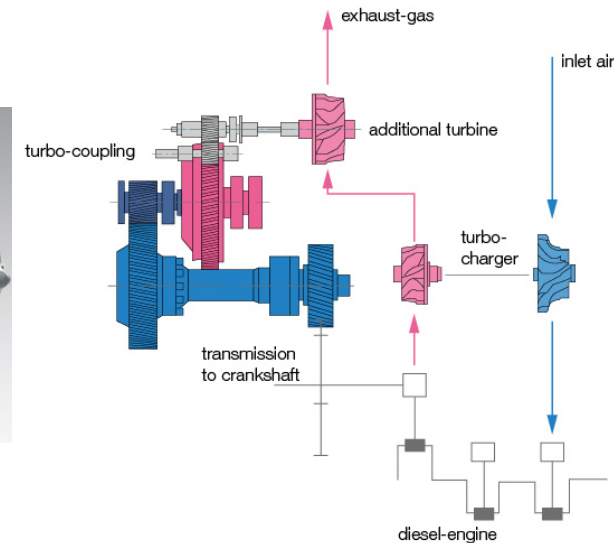
Quelle: https://www.energie-klimawerkstatt.ch/fileadmin/user_upload/myclimate/mcp/import/8463_2288_1_mini_va_thermoelektrischer_generator_bucher_kneuss.pdf

■ Turbocompound Motoren

- Funktionsweise wie Turbolader
- Problem: „Eingriff“ ins Motor-
system: erhöhter und zusätz-
licher Abgasgedruck
- “Federal Mogul: $P_{Peak} = 2,5 \text{ kW}$ “



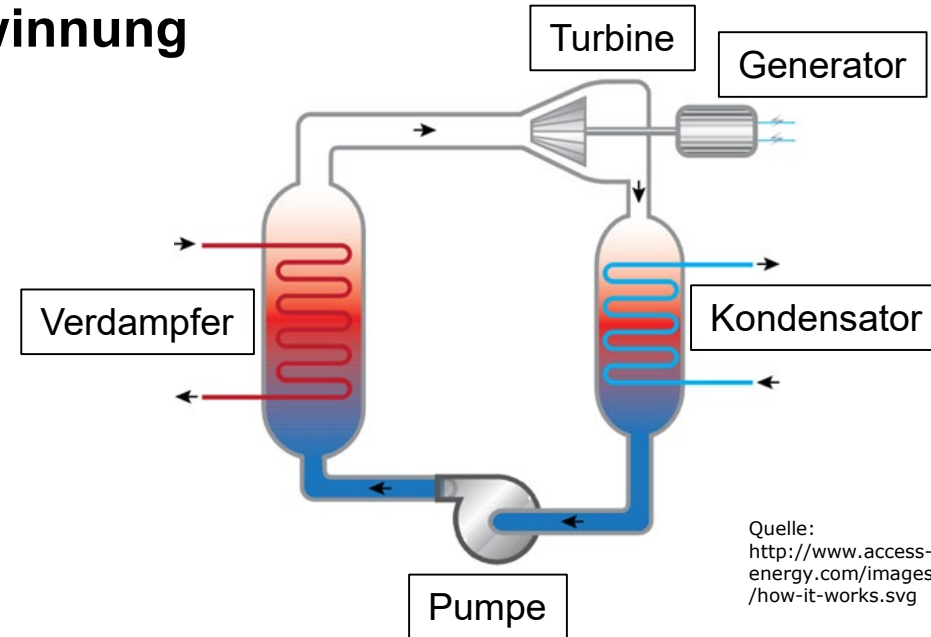
Quelle:
http://www.federalmogul.com/en-US/OE/Brands/CPT/Documents/TIGER_S_Final.pdf



Quelle: http://voith.com/corp-de/VT_Schema_TurboCompound-Systeme.jpg

Systeme zur Wärmeenergieerückgewinnung

- Organic Rankine Cycle (ORC)
- Verwendbare Energie: 300 kW
- Wirkungsgrad ORC: 10-15 %
- Rückgewinnung: 30-45 kW



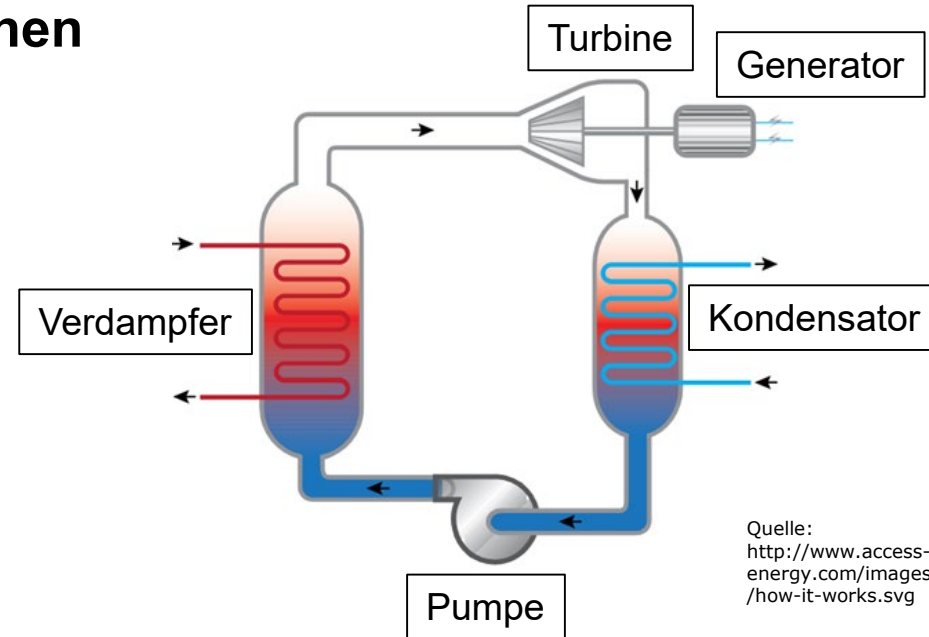
- Beispiel Enogia
 - Input: <math><320\text{ kW}</math>, 70-120 °C
 - Output: <math><20\text{ kW}_{el}</math>
 - Wirkungsgrad: <math><10\text{ \%}</math>



Quelle:
<http://www.enogia.com/docs/datasheets/datasheet-ENO20LT.pdf>

Aktueller Stand und weiteres Vorgehen

- Gespräche mit Herstellern für ORC Systeme laufen
- Herausforderungen:
 - Kein Fahrtwind zur Kühlung
 - Größe (LxBxH 2,3x2,8x2,5 m)
 - Gewicht (1.500 kg)
 - Kosten
- Verwendung Abgas: Abfuhr der Kondensatorwärme über Motorkühler
- Verwendung Kühlmittel: Abfuhr der Kondensatorwärme über luftgekühlten Kondensator
- Nächste Schritte:
 - Instrumentierung der Maschine
 - Durchführen von Messungen



Quelle:
<http://www.access-energy.com/images/how-it-works.svg>



Quelle: Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH & Co. KG

Steigerung der Energieeffizienz von Landmaschinen durch Wärmerückgewinnung

Vielen Dank!

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

