Hohe Verfügbarkeit in schwierigen Einsatzbedingungen
Drehzahlmesstechnik in mobilen Maschinen

Anwendungsbeispiel HOLMER exxact Erntemaschine

Herzlichen Dank !

Teile dieses Vortrags wurde mit freundlicher Unterstützung durch

Fa. Holmer Maschinenbau GmbH

Herrn Dr. Ing. Michael Gallmeier

erstellt.

Inhalt

- **Rheintacho Messtechnik**
- **Drehzahlsensorik - Systemüberblick, Abgrenzung, Funktion**
- **Detektionsmöglichkeiten - Target-Geometrien, Abtastpositionen**
- **Drehzahlsensorik in mobilen Maschinen – Besondere Anforderungen**
- **Anwendungsbeispiel HOLMER Terra Dos (Rübenrodemaschine)**

Inhalt

- **Rheintacho Messtechnik**
- Drehzahlsensorik - Systemüberblick, Abgrenzung, Funktion
- Detektionsmöglichkeiten - Target-Geometrien, Abtastpositionen
- Drehzahlsensorik in mobilen Maschinen – Besondere Anforderungen
- Anwendungsbeispiel HOLMER Terra Dos (Rübenrodemaschine)

Rheintacho Fakten

Gegründet:	1901 in Köln, Firmensitz in Freiburg seit 1922
Mitarbeiter:	75 (2014)
Umsatz:	11,4 Mio. € (2014)
Qualifikation:	Konstruktion, Fertigung und Vertrieb von Systemen zur Erfassung, Anzeige und Überwachung von Drehzahlen

Rheintacho Produkte

Wir entwickeln, produzieren und vertreiben:

- Drehzahlsensoren
- Stationäre und mobile Stroboskope mit LED-Technik
- Stationäre und mobile Stroboskope mit XENON-Technik
- Digitale und mechanische Handtachometer

- Schaltgeräte und Wandler
- Elektrische und mechanische Anzeiger
- Tachogeneratoren
- Kundenspezifische Lösungen

Inhalt

- Rheintacho Messtechnik
- **Drehzahlsensorik - Systemüberblick, Abgrenzung, Funktion**
- Detektionsmöglichkeiten - Target-Geometrien, Abtastpositionen
- Drehzahlsensorik in mobilen Maschinen – Besondere Anforderungen
- Anwendungsbeispiel HOLMER Terra Dos (Rübenrodemaschine)

Drehzahlsensorik Überblick, Abgrenzungen

Berührungslose Drehzahlmessung mittels Drehzahlsensoren

Auswahl Messprinzipien

- Hall Effekt
- Magnetisch Induktiv
- Oszillatorisch
- Magneto-resistiv

Drehzahlsensorik Überblick, Abgrenzungen

Thema: Berührungslose Drehzahlmessung mittels Drehzahlsensoren

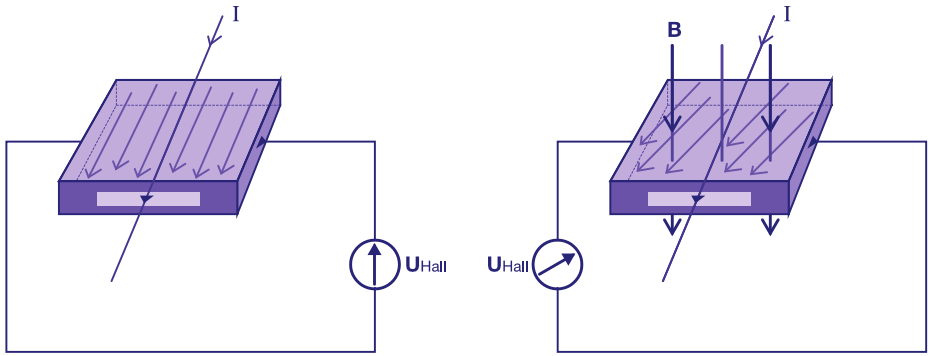
Auswahl Messprinzipien

- **Hall Effekt**
- Magnetisch Induktiv
- Oszillatorisch
- Magneto-resistiv

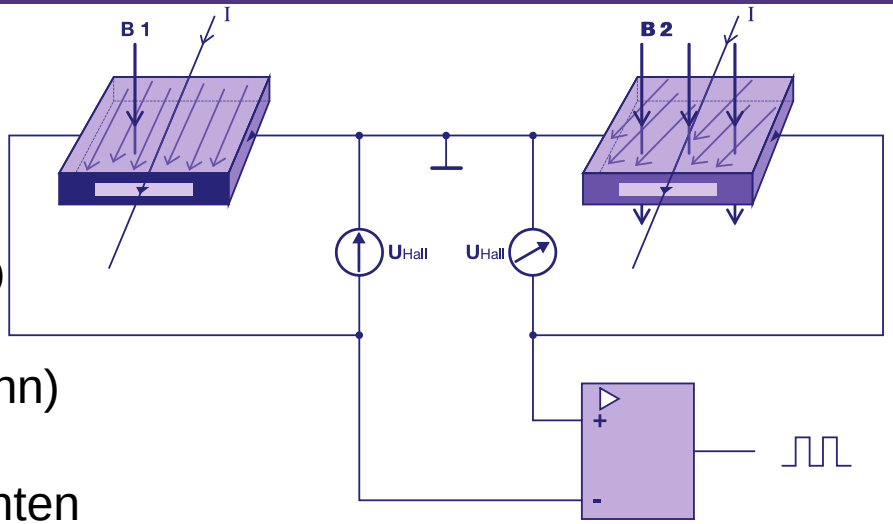
<< nicht näher betrachtet,
da in geschilderter Anwendung
nicht im Einsatz

Drehzahlsensorik Hall Effekt

- 1879 benannt nach seinem Entdecker >> Edwin Hall (USA)
- Detektiert die Bewegung von ferromagnetischen Strukturen über die Veränderung des magnetischen Flusses.
- Das Sensorelement ist mit einem Permanentmagneten vorgespannt.
- Ein Zahn oder eine Lücke, die sich am Sensor vorbei bewegen, beeinflussen das Magnetfeld unterschiedlich
- Die Magnetfeldänderungen werden durch den Hall IC in elektrische Größen umgesetzt
- Ausgangssignal: Rechteck**spannung**, welche die Magnetfeldänderung wiederspiegelt.



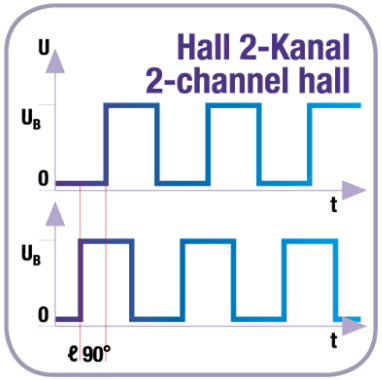
Drehzahlsensorik Hall Differenz

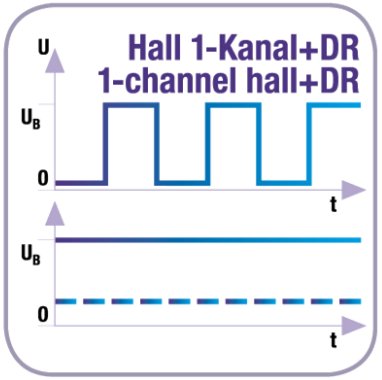


- Zwei Hall Elemente (integriert in einen Chip)
- Versetzte Positionierung (Lücke <> Zahn)
- Signaldifferenz aus beiden Hall Elementen
- Bei Drehung des Targets >>Änderung der Polarität
- Ausgangssignal: Rechteck**spannung**, welche die Magnetfeldänderung wiederspiegelt.

Drehzahlsensorik Drehrichtungsdetektion

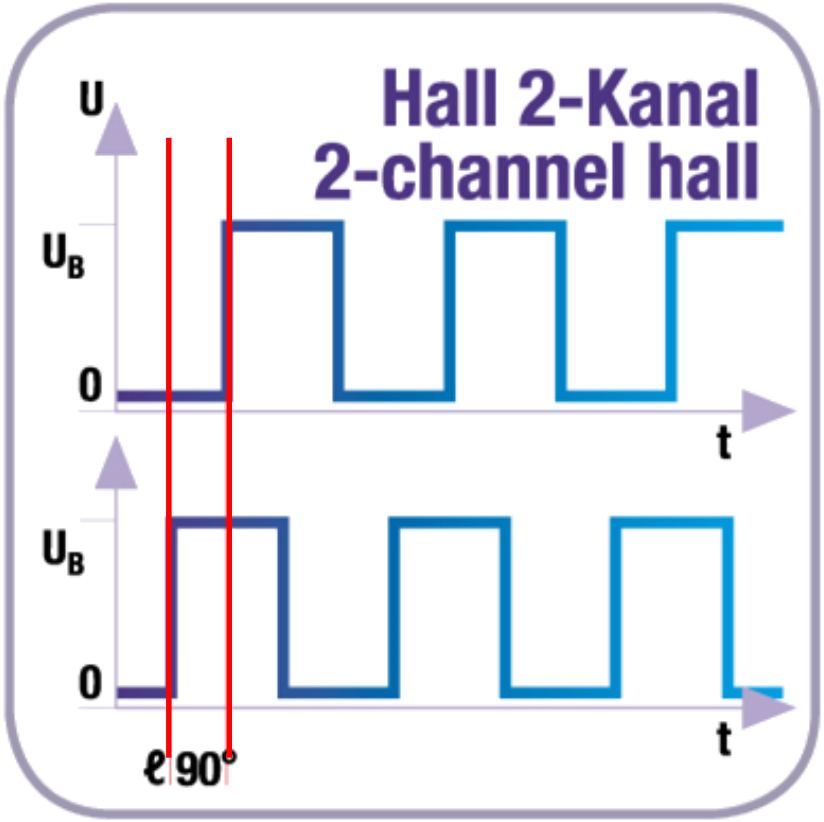
- Zwei Hall Elemente
- Versetzte Positionierung (Lücke <> Zahn)
- Ausgangssignal: 2 phasenversetzte Rechtecksignale
  welche die Magnetfeldänderung an jedem Hall Element wiederspiegelt.
- Durch Reihenfolge der Signale A > B oder B > A ist **Drehrichtung** erkennbar.

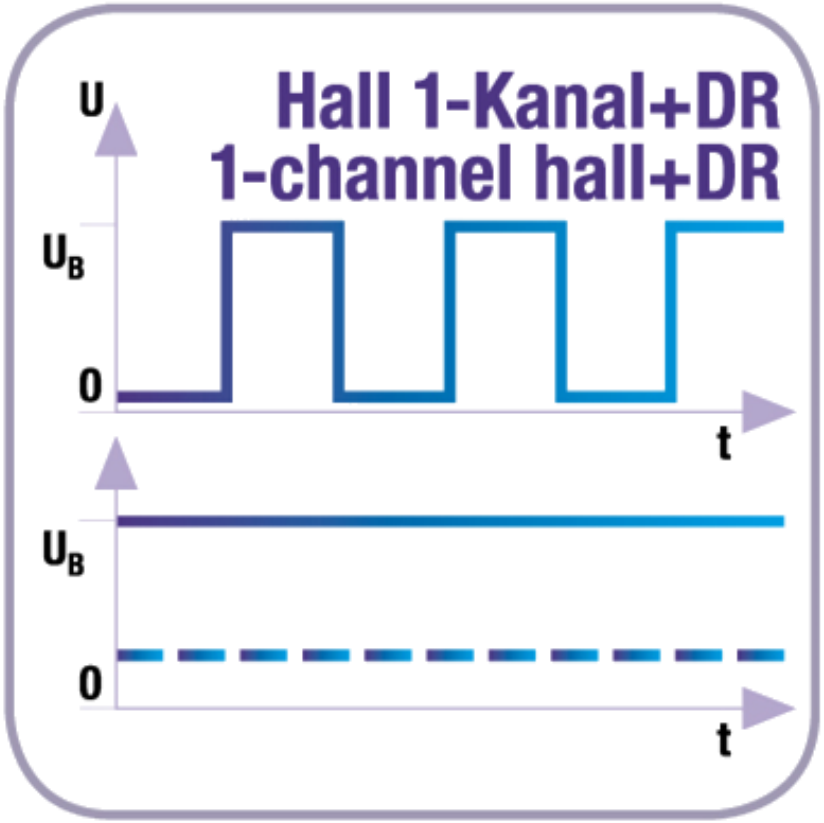




- Sonderausführung:
  - Drehzahlsignal als Rechtecksignal
  - Direkte Drehrichtungsinformation

Drehzahlsensorik Drehrichtungsdetektion

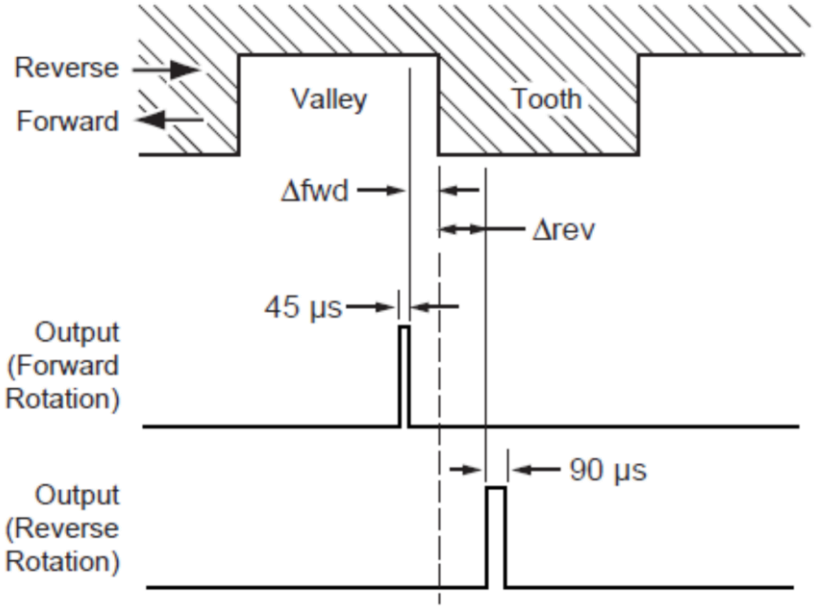




Drehzahlsensorik PWM - Signal

PWM = **P**uls**w**eiten**m**oduliertes Signal

Stromsignal



Vorteile
- nur 2 Leiter benötigt
- Kabelbrucherkennung automatisch inkludiert
- gute Stabilität gegen Fremdeinflüsse (EMV)

Nachteile
- limitierter Frequenzbereich
- geringe Anwendungsverbreitung (und Knowhow) abseits Automotive

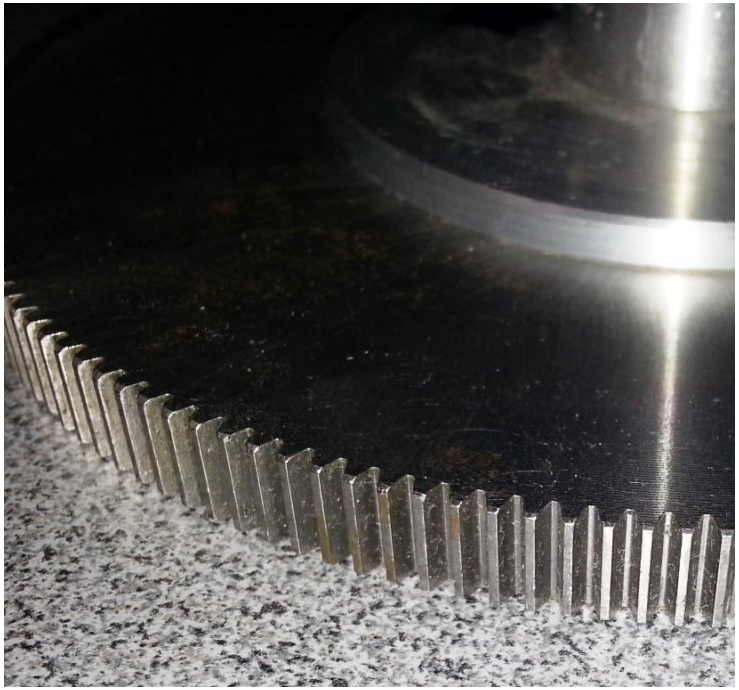
Drehzahlsensorik Systemvergleich

	Hall Effekt	Differenz Hall
Frequenzbereich	0Hz - ca. 15kHz	0Hz – ca. 20kHz
Tastabstand	0,5 – 3mm	0,5 – 4mm
Störfeldanfälligkeit	erhöht	gering
Max. Einsatztemp.	150°C	150°C
Richtungsgebundener Einbau	Nein	Ja

Inhalt

- Rheintacho Messtechnik
- Drehzahlsensorik - Systemüberblick, Abgrenzung, Funktion
- **Detektionsmöglichkeiten - Target-Geometrien, Abtastpositionen**
- Drehzahlsensorik in mobilen Maschinen – Besondere Anforderungen
- Anwendungsbeispiel HOLMER Terra Dos (Rübenrodemaschine)

Detektionsmöglichkeiten Target-Geometrien



Detektionsmöglichkeiten Target-Geometrien

Zu beachtende Basics:

Je feiner die Strukturen:

+ höhere Auflösung

- reduzierter Tastabstand

Maßeinheit >> Modul (je feiner die Struktur, desto kleiner dieser Wert)

Formel: Der **Modul** *m* ist ein Maß für die Größe der Zähne von Zahnrädern. Er ist definiert als der Quotient aus der Zahnradteilung *p* (dem Abstand zweier benachbarter Zähne, pitch) und der Kreiszahl π:

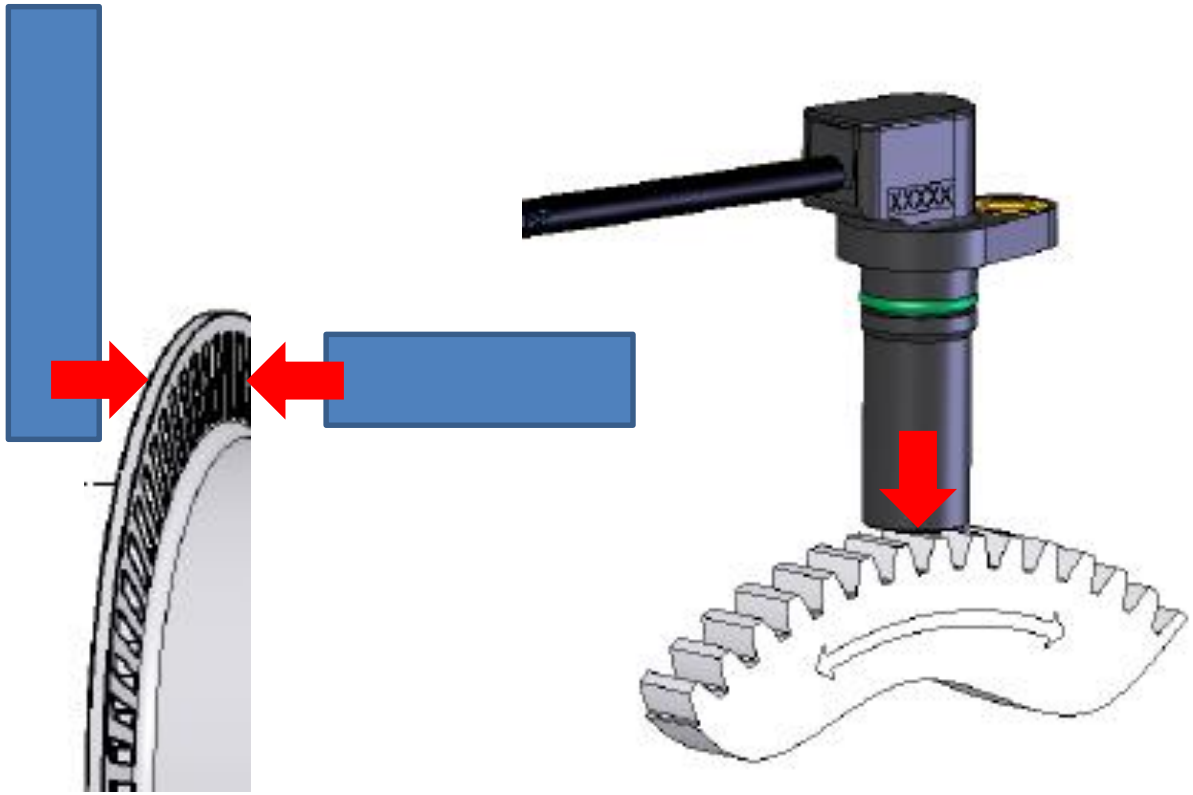
$$m = \frac{p}{\pi}$$

Detektionsmöglichkeiten Target-Geometrien

Zu beachtende Basics bei für *Drehzahlmessung* eingesetzten Hall ICs:

- Eindeutiger Wechsel zwischen „Zahn“ und „Lücke“ >> steilflankig
- Möglichst symmetrische Anordnung von „Zahn“ und „Lücke“
- Häufiger Wechsel zwischen „Zahn“ und „Lücke“
- Modul 1,0 – 4,0 (Richtwerte)

Detektionspositionen Sensorgeometrien



Inhalt

- Rheintacho Messtechnik
- Drehzahlsensorik - Systemüberblick, Abgrenzung, Funktion
- Detektionsmöglichkeiten - Target-Geometrien, Abtastpositionen
- **Drehzahlsensorik in mobilen Maschinen – Besondere Anforderungen**
- Anwendungsbeispiel HOLMER Terra Dos (Rübenrodemaschine)

Anforderungen Schutzart / IP-Klasse / ISO20653

In mobilen Outdoor-Anwendungen >> **IP69K** quasi Standard !

IP**6K**9K >> staubdicht, vollständiger Schutz gegen Berührung

IP6K**9K** >> Schutz gegen Wasser bei Hochdruck-/Dampfstrahlreinigung, spezifisch für Straßenfahrzeuge

Alternativen: IP66, 67, 68 >> Nicht automatisch in IP69(K) enthalten!

Welche Bereiche ?
- Sensorkörper
- Kabelabgang / Stecker
- Stecker am Kabel

Generell: **ALLES ist möglich**. Ziel ist aber der anwendungsspezifisch passende Kompromiss zwischen Technik + Wirtschaftlichkeit !

Anforderungen Temperatur / Temperaturwechsel

Elektrische Antriebe 140 – 150°C
Hydraulische Antriebe 100 – 120°C

Sensorkomponenten separat betrachten:
- Gehäuse / Stecker / Kabel
  - Gehäusematerial: Metall oder Kunststoff
  - Stecker -40 /-55°C - 125°C
  - Kabel
- Elektronikkomponenten / Leiterplattenmaterial
- Vergussmaterialien
  - Temperaturausdehnung zu beachten

Temperaturwechsel (EN60068-2-14): beispielhaft
100 Zyklen -40 °C bis +125 °C @ Umlagerungsdauer < 10 s

Anforderungen mechanische Beanspruchung

Schwingung, Schock, Rauschen

- z.B. nach IEC 60068-*-*

Druckfestigkeit

- Messfläche / Sensorfläche
  - Kunststoff = gering
  - Metall = 5 – 20 bar
  - Hochdruckausführung = ca. 500 bar
- Abdichtfunktion, wenn Sensor in Fluidumgebung verbaut
  - Oring-Dichtung

Anforderungen ESD / EMV

- Baumaschinennorm DIN EN13309
- KFZ-Impulse: ISO 7637
- ESD: ISO 10605
- Immunität: ISO 11452 (elektrische Störungen durch schmalbandige gestrahlte elektromagnetische Energie)

Inhalt

- Rheintacho Messtechnik
- Drehzahlsensorik - Systemüberblick, Abgrenzung, Funktion
- Detektionsmöglichkeiten - Target-Geometrien, Abtastpositionen
- Drehzahlsensorik in mobilen Maschinen – Besondere Anforderungen
- **Anwendungsbeispiel HOLMER Terra Dos (Rübenrodemaschine)**

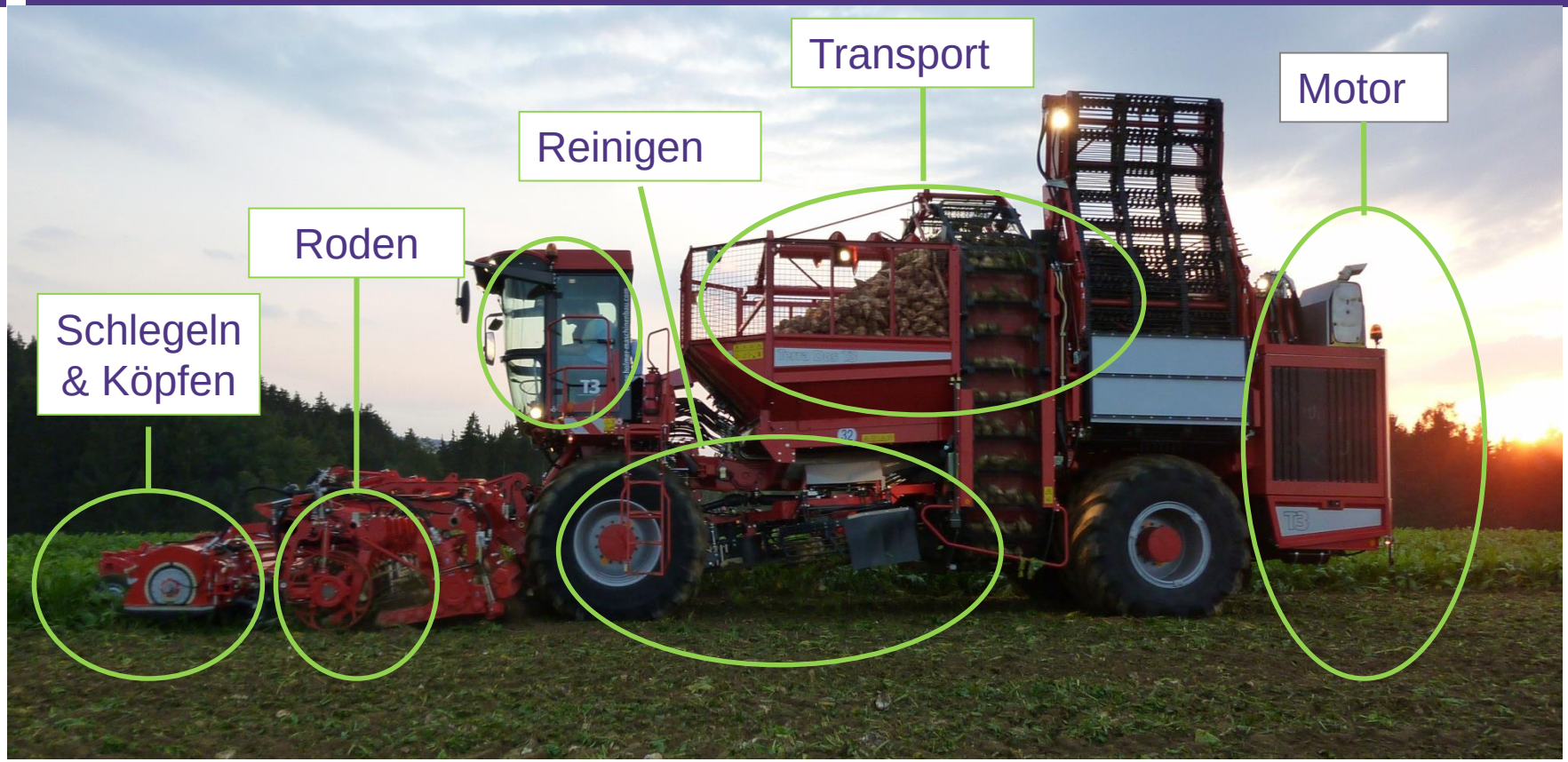
Anwendung HOLMER Rübenroder Terra Dos

Aufgabe: - Ernte der Zuckerrübe ohne Verluste
- möglichst saubere Abreinigung von Blatt und Erde

HOLMER exxact

Historie:	HOLMER Maschinenbau GmbH 1969 durch Alfons Holmer gegründet Seit 2013 im Besitz Exel Industries (Fam. Ballu) als HOLMER exxact
Mitarbeiter:	330 (2014)
Umsatz:	115 Mio. € (2014)
Qualifikation:	Entwicklung, Produktion und Vertrieb von selbstfahrenden Erntemaschinen (Schwerpunkt: Rübenerntetechnik)

Anwendung HOLMER Rübenroder Terra Dos



Hohe Verfügbarkeit in schwierigen Einsatzbedingungen

- Einsatz auf Grund externer, nicht beeinflussbarer Bedingungen nur in einem engen Zeitfenster möglich

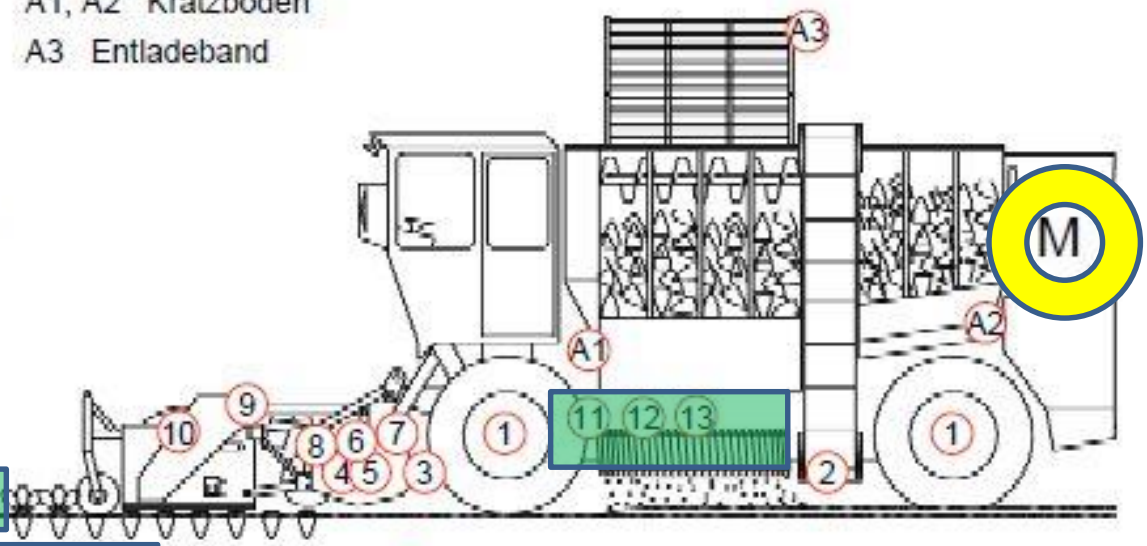
- Hohe Anlageninvestition, präzise Einsatzplanung >> Back-up-Lösung sehr schwer bis wirtschaftlich unmöglich

- 3-schicht-Einsatz während Erntephase

Antriebsstrang verteilte Baugruppenantriebe

1 Fahrantrieb
2 Elevator
3 Siebband
4 kurze Rodewalze links
5 kurze Rodewalze rechts
6 Paddelantrieb
7 Walzengangantrieb
8 Zwangseinzug
9 Rüttelschar
10 Schleglerantrieb
11, 12, 13 Siebsternantrieb

A1, A2 Kratzboden
A3 Entladeband



M Dieselmotor

Hydraulischer Baugruppenantrieb

Herausforderung Erntequalität

Unterschiedliche Bedingungen erfordern unterschiedliche Einstellungen!

-> unterschiedliche Last an den Baugruppen
-> unterschiedliche Drehzahl an den Baugruppen

Herausforderung Antriebstechnik

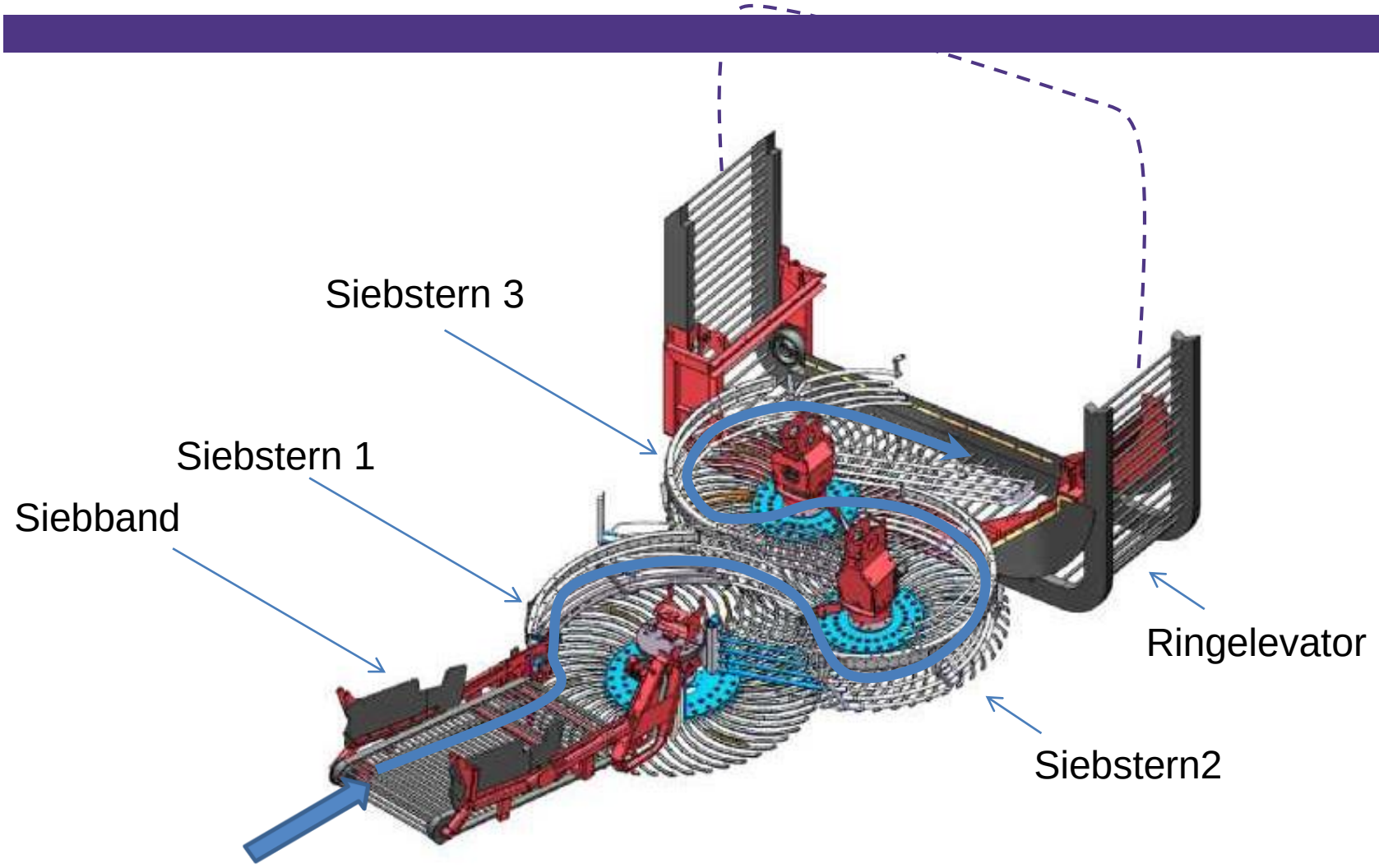
- **Instationäre, flexible Betriebspunkte**
    - Drehzahl genutzt zur Maschinenparametrierung
    - Lastanforderung aus Prozess

    => Rückkopplung von Drehmoment und Drehzahl zur Prozessüberwachung

-„Triebstrangmanagement“ in Erntemaschinen erfordert die **Integration** (Steuerung & Rückkopplung) **mehrerer Baugruppen**

- **Anforderungen aus „mobilem“ Einsatz**
    - Schutzklasse / Abdichtung
    - Leistungsgewicht
    - Temperaturbeständigkeit
    - Mechanische Belastungen

Aufbau / Funktion Siebsternreinigung



Antrieb Siebsternreinigung

Anforderungen aus dem Prozess:

- Gesamtleistung Peak ca. 90 kW
- Stabile Drehzahlen bei unterschiedlicher Last Basis für Prozesssicherheit
- Einstellbare Drehzahlunterschiede zwischen den Siebsternen
- Selbstregelndes Verhalten im Grenzbereich (Überlastung)

Antrieb Siebsternreinigung

Antriebslösung:

- Geschlossener Kreis mit elektrischem Load Sensing
- Elektrohydraulische Verstellpumpen, 4 Orbitalmotoren
- Elektromagnetische Proportionalventile BUCHER LVS 12
- Für stabiles Anfahren softwaregesteuertes Flow-matching zw. Pumpe und Verbrauchern
- Drehzahlregelung aller Einzelverbraucher
- Überlagerte Drucküberwachung aller Einzelverbraucher

  => Automatische Drehzahlanpassung bei drohender Überlast

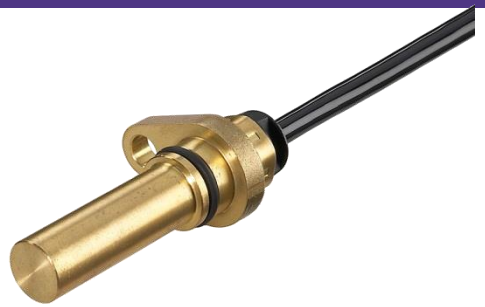
HOLMER adaptive Reinigung

W a r u m ?

- entlastet den Fahrer von Überwachungsaufgaben
- Macht vorhandene Kapazität im Praxisbetrieb nutzbar
- Vermeidet Bruchverluste durch zu hohe Drehzahlen

Höhere Effizienz > höherer Ertrag > höhere Rentabilität !

Verwendete Drehzahlsensoren



Rheintacho FC-Baureihe

- 2-Kanal Halldifferenz,
- Eintauchtiefe 35mm oder 45mm
- verschiedene Anschlussvarianten (Stecker; Kabellängen,…)
- IP69K, IP67

Rheintacho FE-Baureihe

- 1 oder 2-Kanal Hall, auch PWM Ausgang
- Eintauchtiefe 18,4mm oder 32mm
- verschiedene Anschlussvarianten (Stecker; Kabellängen,…)
- IP6K9K, IP67

Money makes the world go round …

… und die Drehzahl detektiert …

RHEINTACHO !

Danke für Ihre Aufmerksamkeit