

Flottenmessungen zur Optimierung des Maschineneinsatzes

6. Fachtagung – Hybride und energieeffizient Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen



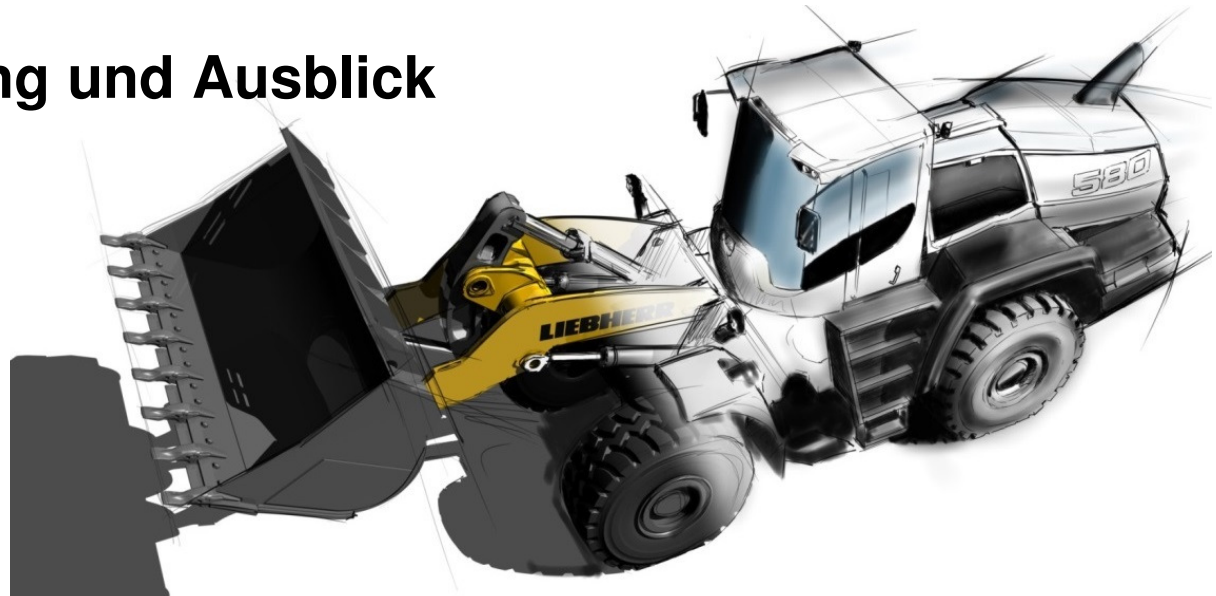
Herbert Pfab, Florian Altenberger, Rupert Gappmaier
Liebherr-Werk Bischofshofen GmbH

LIEBHERR

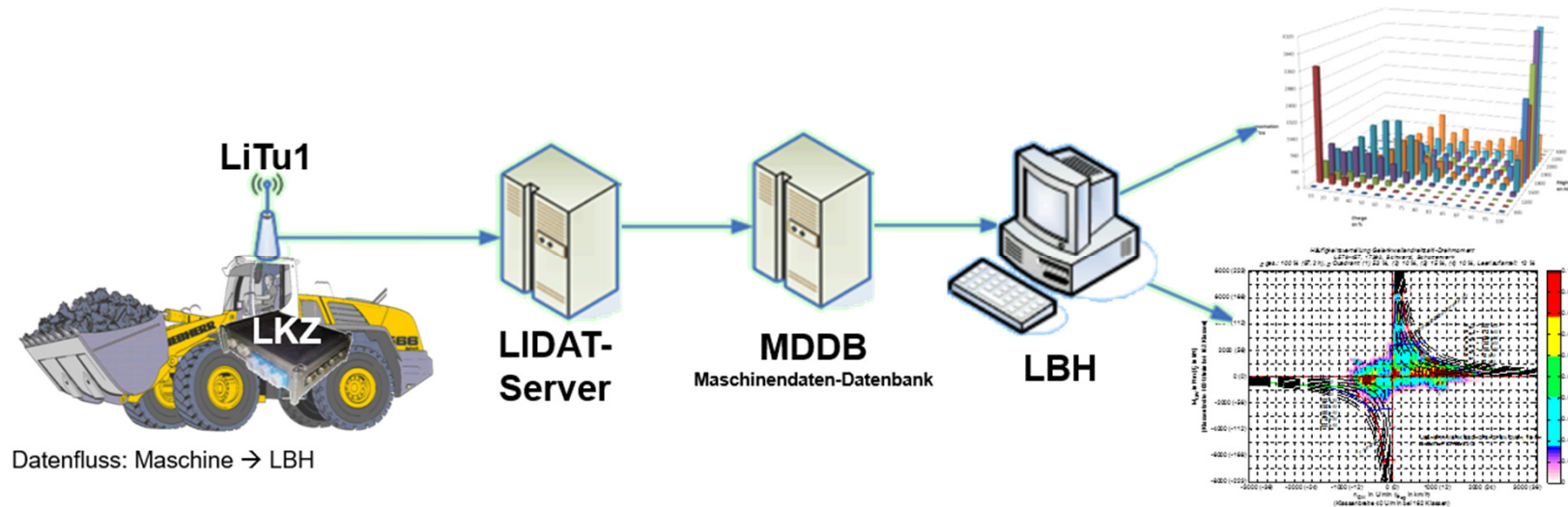
Gliederung

Flottenmessungen zur Optimierung des Maschineneinsatzes

1. Einleitung
2. Systembeschreibung
3. Anwendungsfälle
4. Zusammenfassung und Ausblick



Datenfluss Maschine - Entwicklungswerk













Produktlinie	Anzahl	Produktlinie	Anzahl
Radlader	5.005	Raupenkrane	648
Planier-, Laderaupen	1.602	Seilbagger, Spezialtiefbau	1.234
Kettenbagger	4.857	Teelader	90
Mobilbagger	5.143	Hafenkrane	535
Hochbaukrane	1.944	Offshore-, Schiffskrane	177
Articulated Dump Truck	225	Reachstacker	49
Materialumschlaggeräte	2.619	Summe	24.132





Liebherr Radladerbaureihen

Nutzergruppen für Betriebsdaten:

1. Daten für den Kunden
2. Daten für Kundendienst und Vertrieb
3. Daten für die Entwicklung

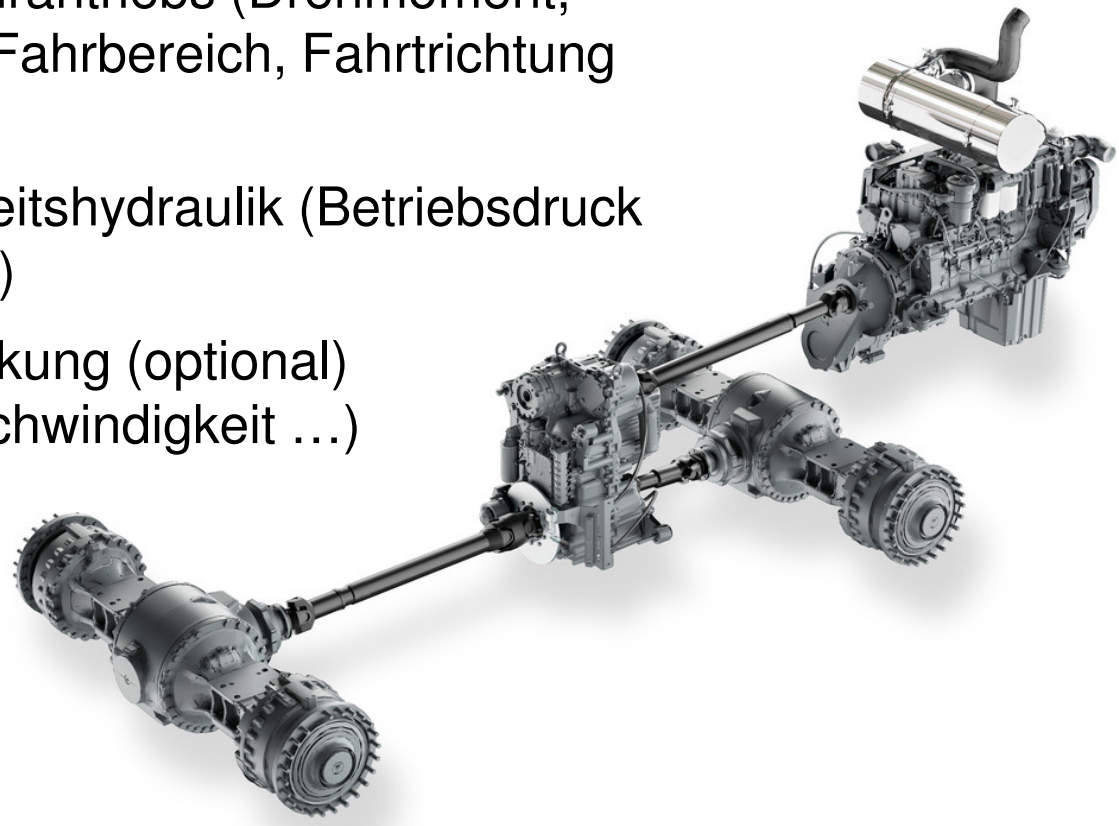
Radlader						
		L 506 Compact	L 507 Stereo	L 508 Compact	L 509 Stereo	L 514 Stereo
Kipplast	kg	3.450	3.712	3.850	4.430	5.680
Schaufelinhalt	m ³	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5
Einsatzgewicht	kg	5.180	5.470	5.600	6.390	8.350
Motorleistung	kW/PS	46/63	50/68	50/68	54/73	77/105

Radlader						
		L 526	L 538	L 546	L 550 XPower®	L 556 XPower®
Kipplast	kg	7.700	9.500	10.500	12.200	13.700
Schaufelinhalt	m ³	2,1	2,6	2,8	3,2	3,6
Einsatzgewicht	kg	11.250	13.500	14.200	17.700	18.400
Motorleistung	kW/PS	103/140	114/155	123/167	140/191	165/224

Radlader					
		L 566 XPower®	L 576 XPower®	L 580 XPower®	L 586 XPower®
Kipplast	kg	15.900	17.600	19.200	21.600
Schaufelinhalt	m ³	4,2	4,7	5,2	6,0
Einsatzgewicht	kg	23.900	25.700	27.650	32.600
Motorleistung	kW/PS	200/272	215/292	230/313	260/354

Maschinendaten des Antriebsstranges

1. Betriebsdaten des Dieselmotors (Drehzahl, Drehmoment, Dieserverbrauch, Leerlauf, AdBlue-Verbrauch ...)
2. Betriebsdaten des Fahrantriebs (Drehmoment, Fahrgeschwindigkeit, Fahrbereich, Fahrtrichtung ...)
3. Betriebsdaten der Arbeitshydraulik (Betriebsdruck (optional), Mengen, ...)
4. Betriebsdaten der Lenkung (optional) (Lenkwinkel, Lenkgeschwindigkeit ...)



Maschinendaten in der Bedienung

Bedienungsdaten:

1. Betätigung des Gas- und Bremspedals
2. Aktivitäten an den elektrohydraulischen Bedienhebel für Arbeitsbewegung und Lenkung
3. Betätigungsgewohnheiten und Bedienungsfehler der Folientastaturen und des Touchscreens



Lastkollektivzähler LKZ

beliebig dimensionale Histogramme auf vordefiniertem Gitter mit Zählererhöhung /Klassierung:

- **in jedem Zeitschritt → Zeitverteilungskollektiv**

Beispiele: Zeithäufigkeitsverteilungen von Kühlmitteltemperaturen, Motordrehmoment über Motordrehzahl

- **bei Änderung des Variablenwertes → Wechselkollektiv**

Statistiken von Kennwerten die über einen bestimmten Zeitraum berechnet werden & am Ende des Auswertungszeitraumes ein Update erfahren

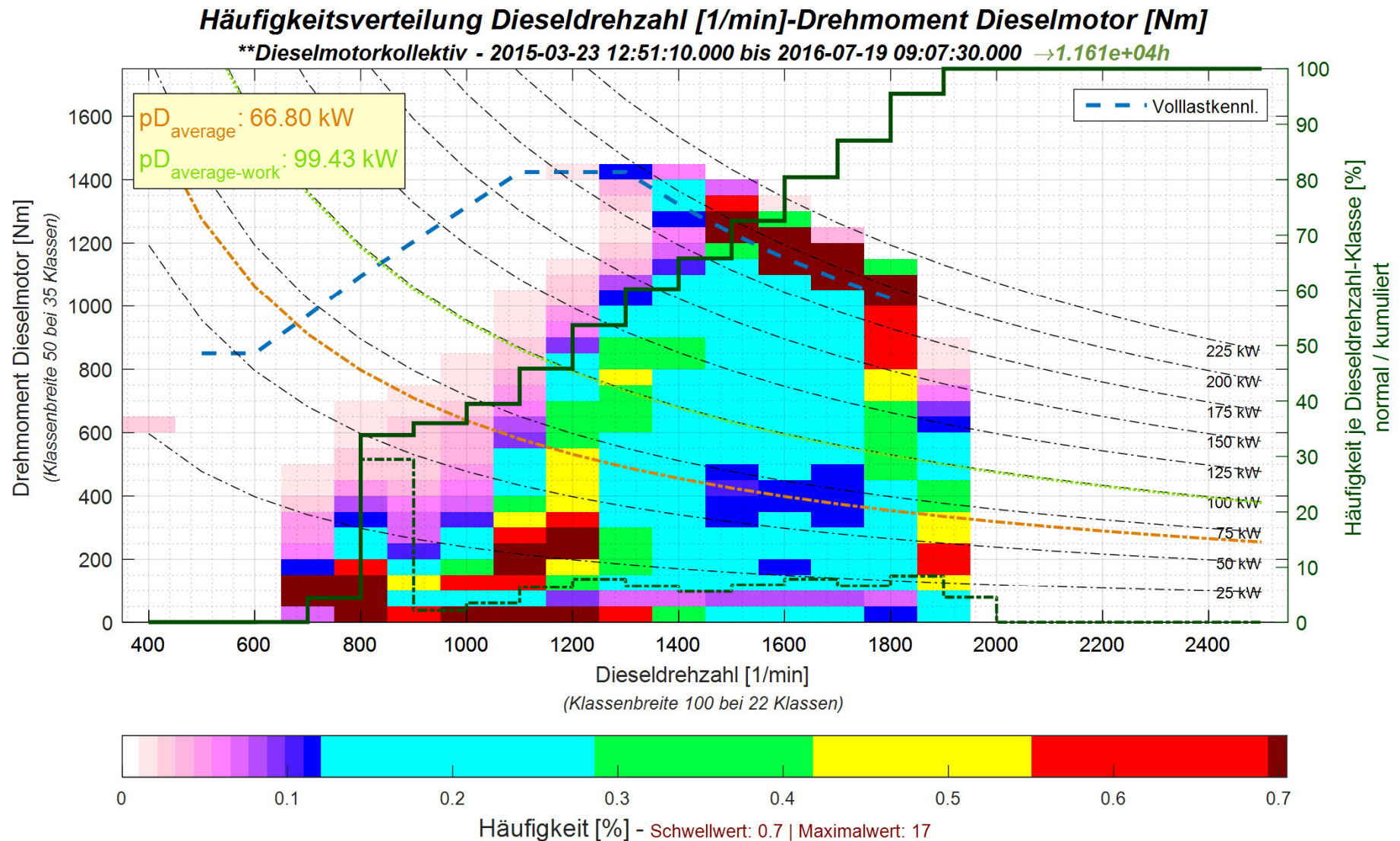
Beispiele:

- mittlere Geschwindigkeit zwischen 2 Stillständen bzw. Nulldurchgängen → Fahrtstreckenkollektiv
- mitlaufende Schaltzeit, deren Endwert jeweils am Ende der Schaltung auf eine Beobachtungsvariable übernommen wird → Häufigkeit von Schaltzeiten

- **im Rahmen eines diskreten Rainflow Verfahrens → Rainflowkollektiv**

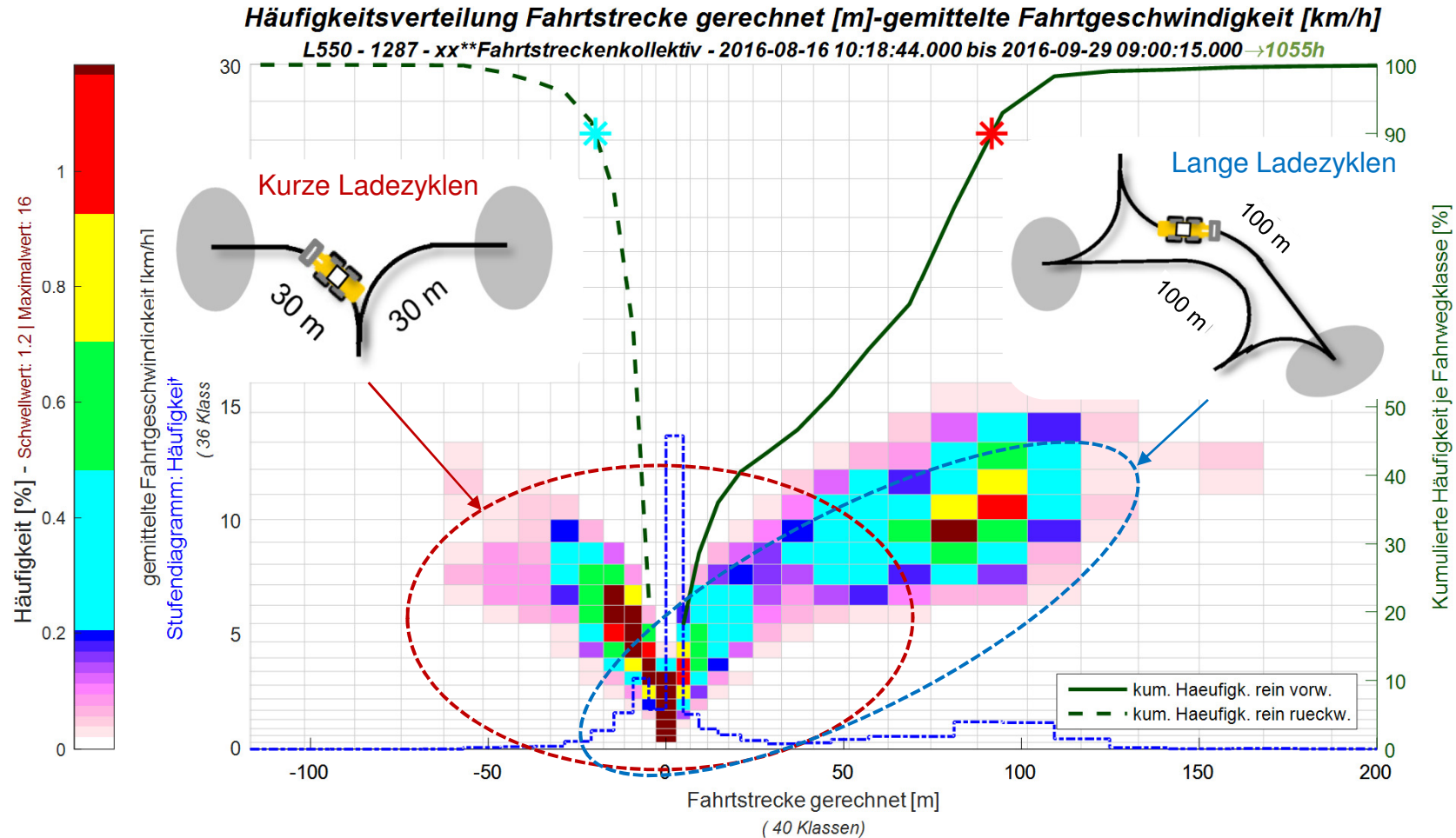
für die Verwendung im Rahmen von Festigkeitsfragen

Zeitverteilungen – LKZ Beispiel Motorkollektiv



Wechsel – LKZ Beispiel Fahrtstrecken

- zwischen Drehzahlnulldurchgängen laufend berechnete Fahrtstrecke/Durchschnittsgeschwindigkeit aktualisiert jeweils am Ende (Fahrtrichtungswechsel/Stillstand) Speichervariablen
- über Klassierung der Wertewechsel der Speichervariablen ist Abschätzung des Einsatztyps möglich

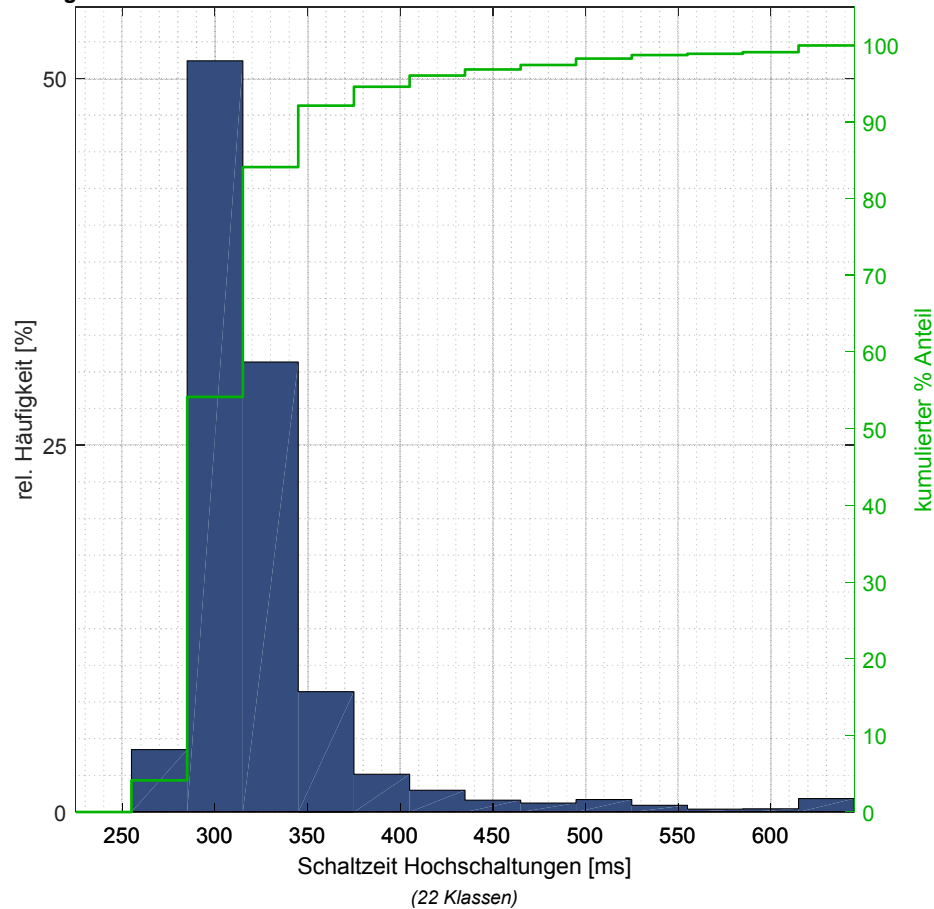


Wechsel – LKZ Beispiel Schaltzeiten/Gangwechsel

- Endwert einer mitlaufenden „Stoppuhr“ wird am Ende jeder Schaltung auf Speichervariable übernommen

Schaltzeit Hochschaltungen [ms]

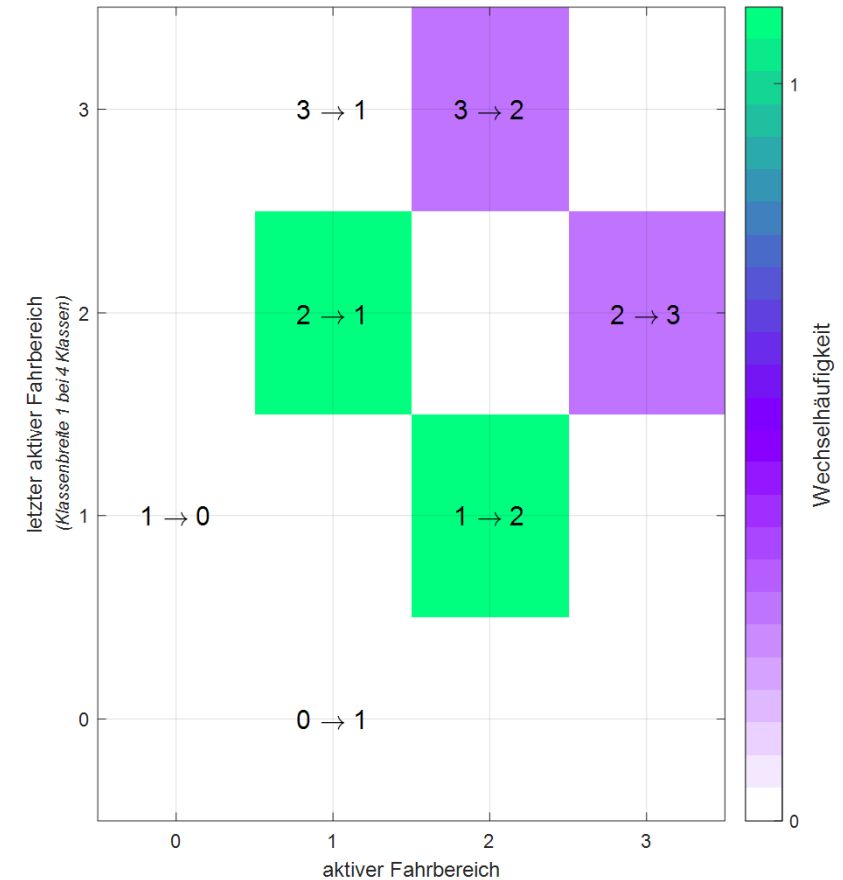
****Häufigkeit Schaltzeiten - 2016-11-17 16:52:08.000 bis 2017-02-01 09:01:17.000 →1816h**



- Klassierung über neuen Fahrbereich mit Beiwert letzter Fahrbereich

Häufigkeitsverteilung Fahrbereichswechsel

****Fahrbereichswechsel - 2016-07-25 10:45:16.000 bis 2017-02-02 10:22:09.000 →4609h**



Maxima-/Minima Aufzeichnung, Beispiel GPS

Möglichkeit vordefinierte Anzahl von Maxima oder Minima Werten einer Beobachtungsvariable samt Zeitstempel und weiteren Werten zu diesen Zeitpunkten aufzuzeichnen

- Extremsituationen mit Zusatzinformationen erfassen
- z.B.: Orte mit maximaler Fahrzeuggeschwindigkeit durch Triggerung auf Geschwindigkeit und Mitabspeicherung der GPS Koordinaten

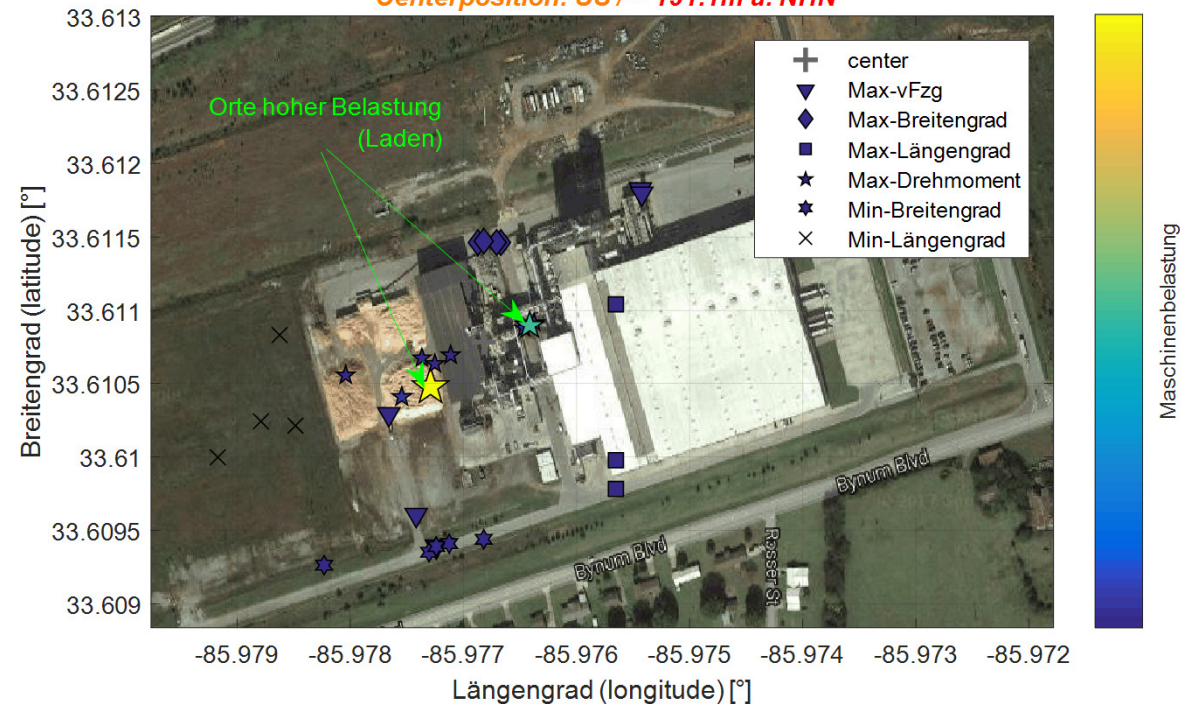
zweckmäßige Klassierung der GPS Koordinaten auf weltumspannendem 2D Gitter wegen beschränktem Speicherplatz nicht möglich

Ausweg zur Einordnung des Aktionsraumes/Einsatzes:

MAX-/MIN Aufzeichnungen des Längen- & Breitengrades + Orte mit hoher Drehzahl/Drehmoment

L580 - 1170 - xx**GPS-Übersicht - 2016-10-04 10:14:32.000 bis 2016-10-11 09:00:15.000 → 166.8h

Centerposition: US / ~ 191.1m ü. NHN



offline Verarbeitung

zur Entlastung des Steuergeräts ist es zweckmäßig nur zur Datenkompression notwendige Rechenschritte online durchzuführen

- z.B.: Hydromotorendrehmomente aus Drücken und Vorgabeschwenkwinkel online berechnen

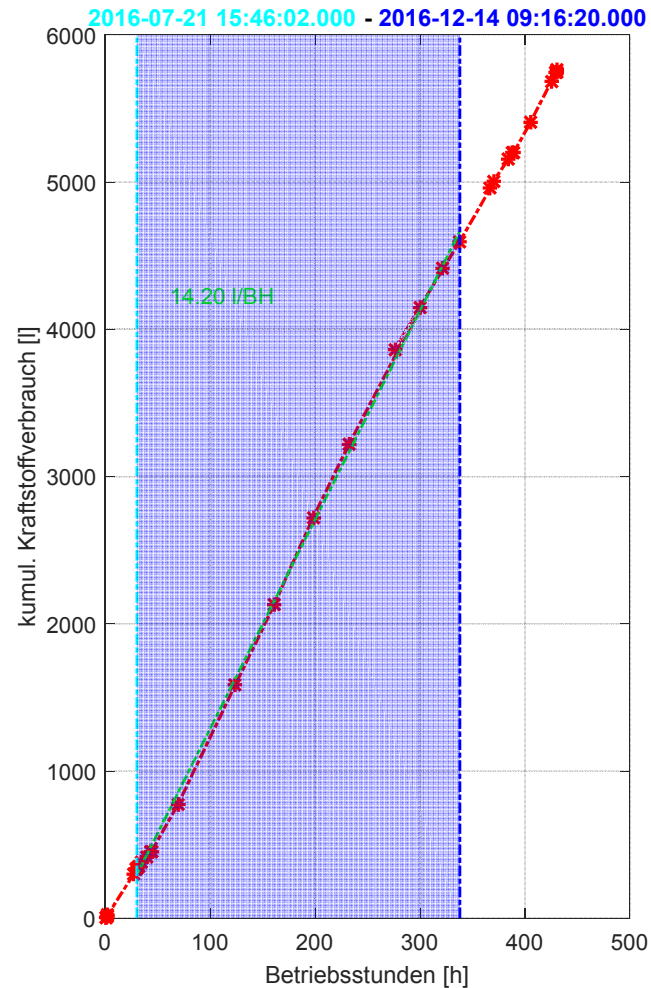
weitere Verarbeitungen werden im Nachgang offline durchgeführt

- **direkt** abgeleitete Kenngrößen, die sich hauptsächlich aus dem Zeitbezug der Auslesungen ergeben
z.B.: Kraftstoffverbrauch in l/h über Gesamtverbrauchsstände die zyklisch ausgelesen werden
- **indirekt** abgeleitete Kenngrößen, die aus Kollektiven für den jeweiligen Aufzeichnungsintervall berechnet werden
z.B.: mittlere Dieselleistung (Auslastung)
Auswertung aller einlangenden Kollektive und strukturierte Ablage der Ergebnisse
 - Überblick sowohl über die jahreszeitlichen Schwankungen bei einer Maschine
 - als auch Vergleich mit Maschinen der selben Größe/Klasse
- automatisch vom Ablagearchiv durchgeführte Standardaufbereitungen
z.B.: OLAP zur statistischen Verfolgung von Fehlermeldungen über alle Geräte

direkte Kenngrößen

→Ableitung von Kenngrößen aus der zeitlichen Veränderung über die Auslesungen

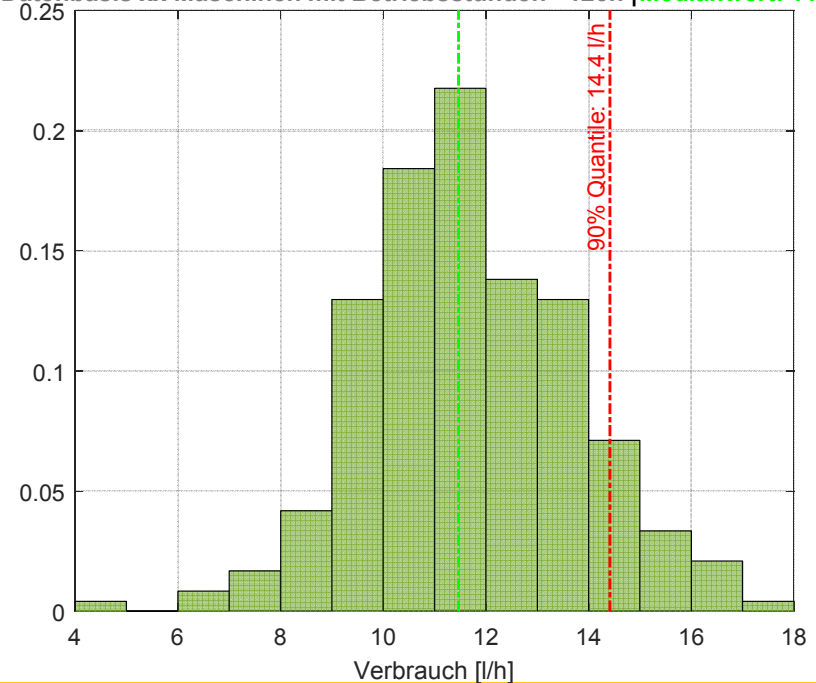
Historie Kraftstoffverbrauch



aussagekräftige Statistik über Auswertung aller Maschinen

Spritverbrauch Maschinengröße xx

Datenbasis xx Maschinen mit Betriebsstunden >125h | Medianwert: 11.5l/h

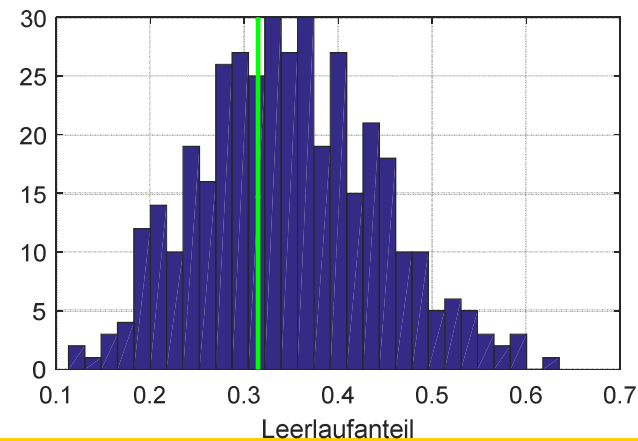
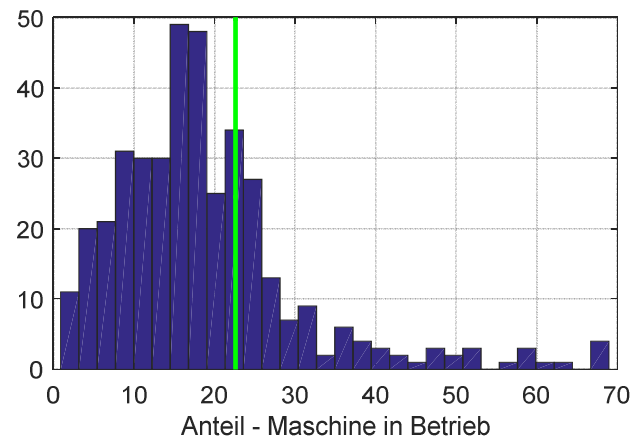
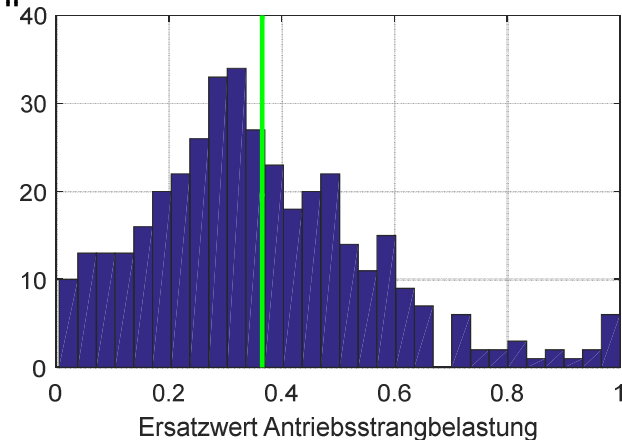
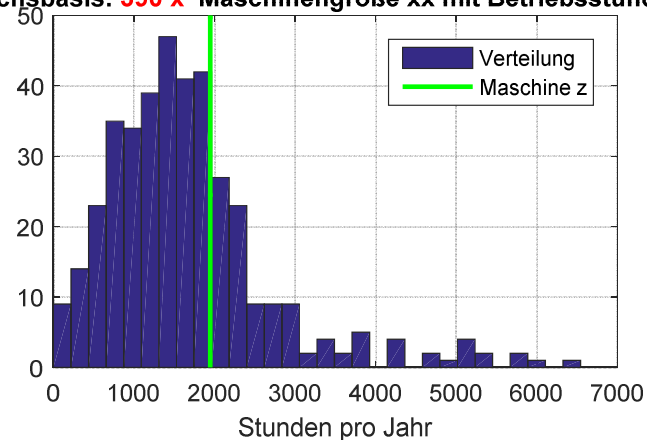


indirekte Kenngrößen

- durch Verarbeitung der Kollektive z.B.: mittlere Dieselleistung, Leerlaufanteil, Ersatzwert für Antriebsstrangbelastung

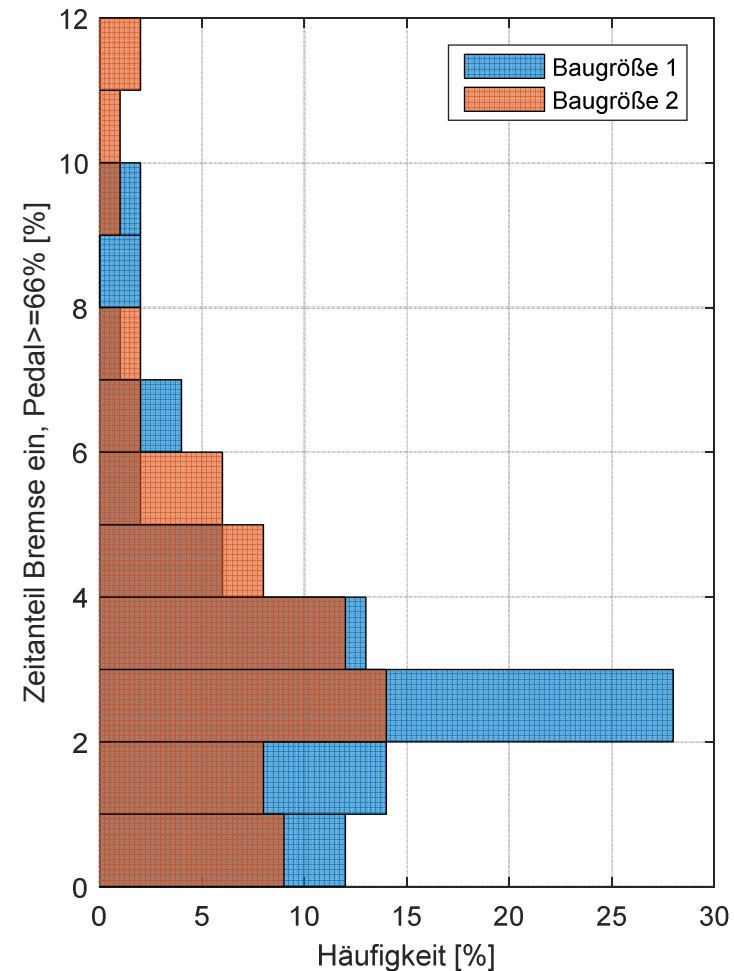
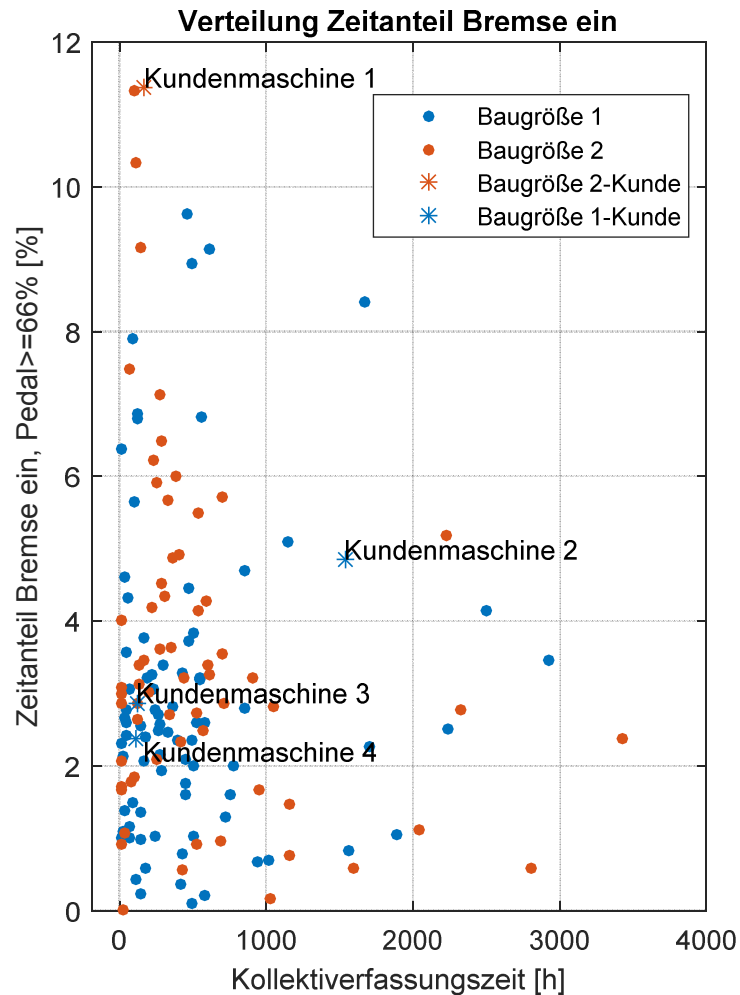
durch Vergleich mit der Masse, Einstufung & Aufdecken von Unterschieden

Vergleichsbasis: 390 x Maschinengröße xx mit Betriebsstunden >50 h



indirekte Kenngrößen – Fallbeispiel Bremsbetätigung

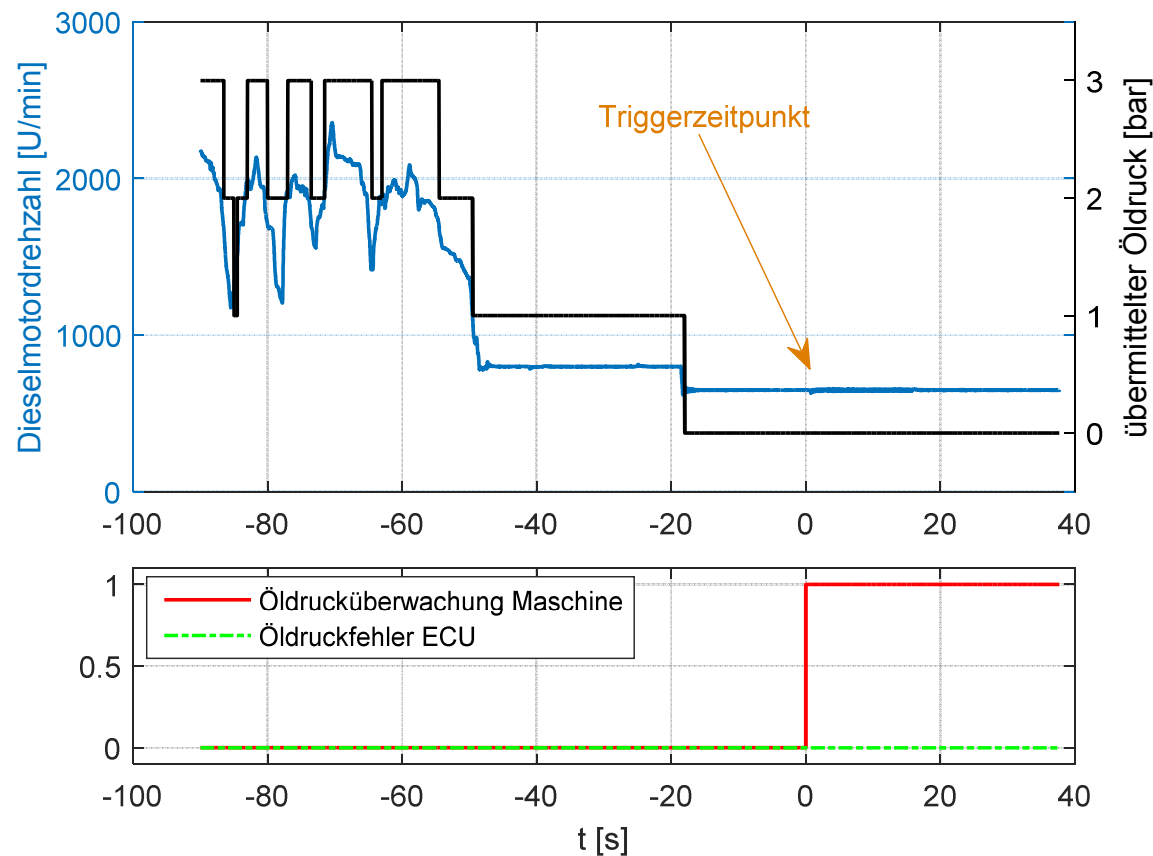
- ungewöhnlich hoher Zeitanteil Bremsbetätigung bei einer Maschine → Argumentation gegenüber Kunden/Beratung zur Verminderung des Bremsverschleißes



getriggerte Kurzzeitmessungen via LiDAT

zur Ermittlung der Ursache von sporadisch auftretenden Fehlern

- z.B.: Aufleuchten der Motoröldruckwarbleuchte obwohl sich im ECU Fehlerspeicher keine Warnmeldung findet
- → getriggerte Messung führte zur Erkenntnis, dass die Genauigkeit des übermittelten Öldruckes bzw. CAN Message Verarbeitung im Maschinensteuergerät das Problem war



Zusammenfassung und Ausblick

1. Ausstattung aller Maschinen mit einem Datenerfassungs- und Übertragungssystem
2. Zentrale Maschinendaten-Datenbank für den flexiblen Zugriff der Entwicklung
3. Permanent aktuelle Lastkollektive, Einsatzgewohnheiten und Kennzahlen für Einsatzleistung und Effizienz
4. Datenbasis für Bedienungsanalyse und Einsatzberatung
5. Robustes Entwicklungswerkzeug für Felderprobung neuer Komponenten und Absicherung der Steuerungssoftware
6. Grundlage für Condition Monitoring und Aggregatetausch

Schluss

