

Optimierung der Instandhaltung durch Restlebensdauerprognose für Kreiselpumpen

Weinheimer Instandhaltertage 2009
05. bis 06. März 2009

Referenten:

Dipl.-Kff. Britta Kohlmann
Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik

Dr.-Ing. Simon Schneider
ehemals Mitarbeiter der TU Kaiserslautern,
Lehrstuhl für Strömungsmaschinen und Strömungsmechanik,
nun BASF SE

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

BETREUT VOM



Projektträger
Forschungszentrum
Karlsruhe (PTKA)

Teil 1: Vorstellung des ReMain-Projekts

- ➔ Problemlage & Handlungsbedarf
- ➔ Stand der Technik
- ➔ Lösungsweg & erwartete Ergebnisse
- ➔ Partner, Arbeitsteilung & erweiterter Arbeitskreis

Teil 2: Ergebnisse der Betreiberumfrage



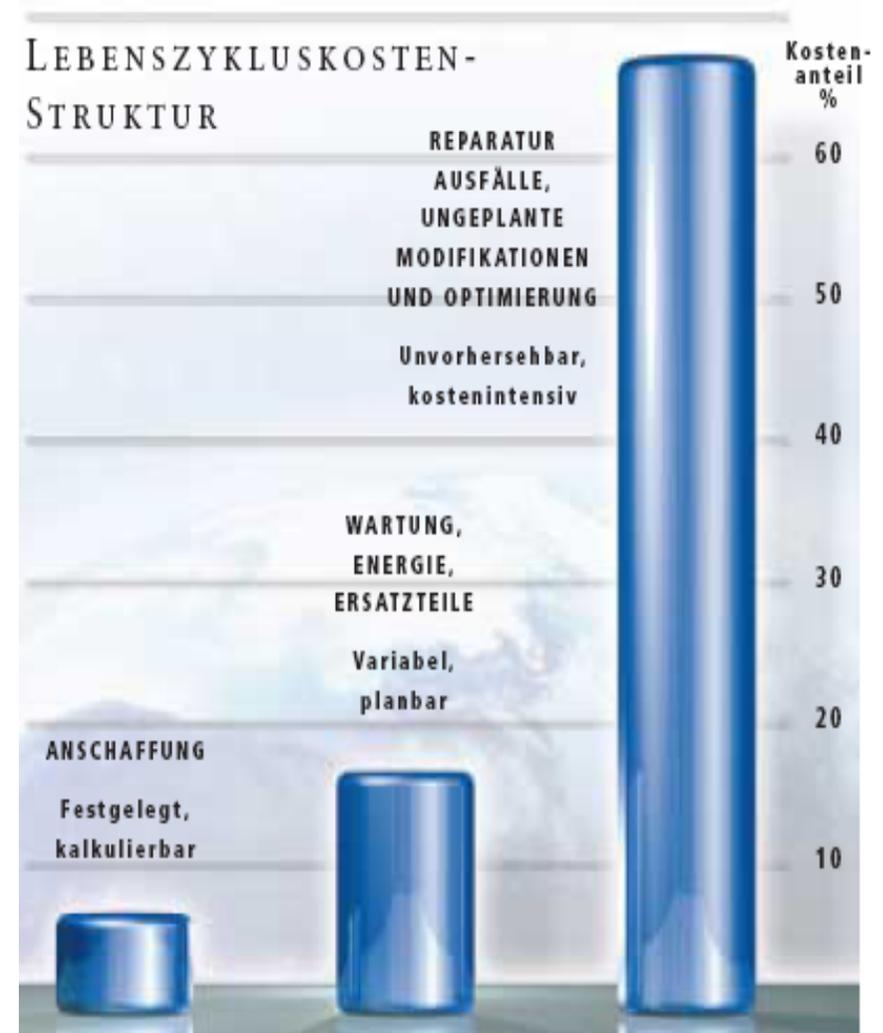
Problemlage

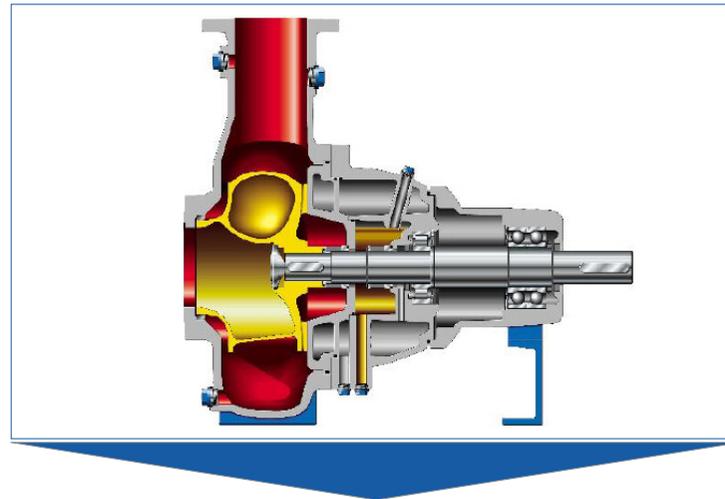
- ➔ Pumpensysteme sind die treibende Kraft in vielen Prozessanlagen der Industrie
- ➔ Der Ausfall einer Pumpe kann den Stillstand der gesamten Anlage zur Folge haben
- ➔ Redundanzen und die Aufwendungen für die Instandhaltung verursachen hohe Kosten

Handlungsbedarf

Zuverlässige Zustandsdiagnose und Ableitung restlebensdauerbezogener Betriebs- und Instandhaltungsstrategien

- Optimierung der Betriebsweise
- Optimierung der Instandhaltung





Heutige Instandhaltungspraxis

Ausfall- und zeitbasierte Instandhaltung

- ➔ Ausfallorientierte Instandhaltung und Redundanz: Pumpe wird bis zum Schadensfall betrieben
- ➔ Zeitbasierte Instandhaltung: Vorbeugender Austausch von Verschleißteilen, unabhängig von ihrem tatsächlichen Zustand

Zukünftige Instandhaltungspraxis

Vorausschauende Instandhaltung

- ➔ Anpassung der Instandhaltungsintervalle und -maßnahmen an den tatsächlichen Zustand der Pumpe
- ➔ Voraussetzung: Systematische Überwachung der Pumpe (mit Fokus auf die ausfallkritischen Bauteile und Ausfallursachen)

Stand der Technik

Wie wird der Wartungszeitpunkt einer Pumpe bisher ermittelt?



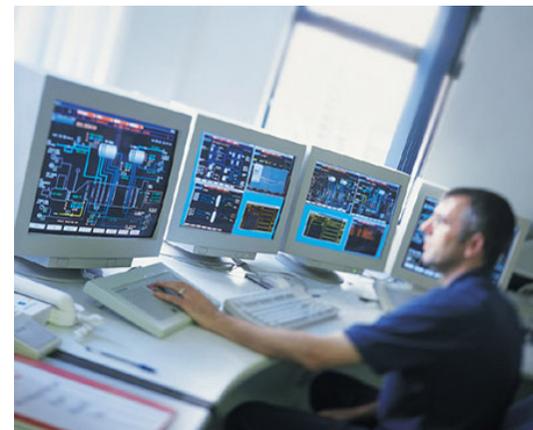
Periodische Begehung

- ➔ Beurteilung des Ist-Zustands
- ➔ Hohe Personalkosten
- ➔ Geringe Sicherheit



Überwachung im Leitsystem

- ➔ Nur Prozessüberwachung
- ➔ Hohe Investitionskosten
- ➔ Bisher keine Prognose möglich



Phase 1

Systematische Bestandsaufnahme und Vorbereitung der Versuche

Betreiberumfrage

(Abfrage des erweiterten Arbeitskreises)

- Welche Pumpen werden eingesetzt?
- Welche ausfallkritischen Bauteile?
- Welche Ausfallursachen und -häufigkeiten?

Erarbeitung von Strategien zur Diagnose/Prognose und Bestimmung der Merkmale

Auswahl von relevanten Versuchspumpen

Phase 2

Phase 3

Phase 4

Lösungsweg im ReMain-Projekt – Phase 2



Phase 1

**Systematische Bestandsaufnahme
und Vorbereitung der Versuche**

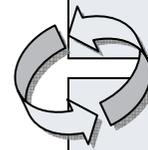
Phase 2

Datenerfassung und Begleitung der Instandhaltung an 100 Pumpen

Laborversuche

Validierung mit Archivdaten

Prognosemodelle



Entwicklung von Diagnose/ Prognosemodellen für einzelne Bauteile
Kontinuierliche Optimierung mit wachsender Datenbasis aus
Labor- und Feldversuchen
Kombination der Modelle zu einem Verfahren

Phase 3

Phase 4

06. März 2009

7 / 32



Lösungsweg im ReMain-Projekt – Phase 3



Phase 1

**Systematische Bestandsaufnahme
und Vorbereitung der Versuche**

Phase 2

Datenerfassung und Begleitung der Instandhaltung an 100 Pumpen

Laborversuche

Validierung mit Archivdaten

Prognosemodelle

Kombination der Modelle zu Verfahren

Phase 3

**Anwendung des Verfahrens an einer
ausgewählten Pumpe im Realbetrieb**

Verknüpfung zu einem robusten Verfahren

06. März 2009

8 / 32



Lösungsweg im ReMain-Projekt – Phase 4



Phase 1

**Systematische Bestandsaufnahme
und Vorbereitung der Versuche**

Phase 2

Datenerfassung und Begleitung der Instandhaltung an 100 Pumpen

Laborversuche

Validierung mit Archivdaten

Prognosemodelle

Kombination der Modelle zu Verfahren

Validierung der Modelle im laufenden Betrieb

Optimierung der Instandhaltung

Phase 3

Phase 4

Fertigstellung Leitfaden

Verfahren zur Zustandsdiagnose und Restlebensdauerprognose, das auf die in der Industrie gebräuchlichsten Pumpensysteme anwendbar ist und die wesentlichen ausfallverursachenden Schädigungsmechanismen und kritischen Bauteile einer Pumpe berücksichtigt

➔ Signifikante Merkmale für eine robuste Diagnose und Restlebensdauerschätzung

➔ Modelle zur Bestimmung des Abnutzungsvorrats einzelner Bauteile

➔ Verfahren zur Kombination der Modelle für spezielle Pumpentypen

➔ Leitfaden zur Umsetzung in der Instandhaltung



Infracor

Instandhalter von 15.000 Pumpensystemen im Industriepark Marl: Wissenslieferant zum Thema Instandhaltung



Evonik Stockhausen

Betreiber im Industriepark Marl mit mehr als 7.000 Pumpensystemen: Bereitstellung der Infrastruktur für das Projekt



KSB AG

Hersteller von Pumpen: Wissenslieferant zu Konstruktion, Anwendungsgebieten und Diagnose von Pumpen



Q-Das

Softwarehaus für statistische Qualitätssicherung: Bereitstellung von Methoden zur Entwicklung und Validierung der Modelle aus den Daten



Institut für Strömungsmaschinen

Langjährige Forschung an Pumpendiagnose: Wissenschaftliche Begleitung mit Schwerpunkt Pumpen und Diagnose, Durchführung von Laborversuchen



Fraunhofer IML

Langjährige Forschung an nachhaltiger Instandhaltung: Wissenschaftliche Begleitung mit Schwerpunkt Modellbildung und Optimierung der Instandhaltung



i-for-T

Hersteller intelligenter Sensoren: Umsetzung neuartiger Merkmale in Sensoren



Siemens

Hersteller von Automatisierungskomponenten: Bereitstellung von Druckmessgeräten und Motormanagement-Systemen incl. Erfassung der Leistungsaufnahme der Pumpen



Ergebnisse der Betreiberumfrage
als Basis für die Entwicklung eines praxistauglichen
Diagnose- und Prognoseverfahrens



Teil 1: Pumpenpopulation in Häufigkeitsverteilungen

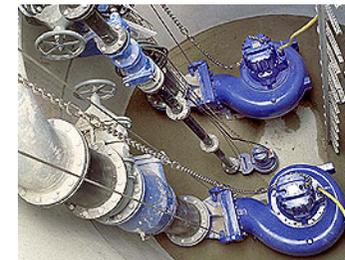
- Bauart
- Dichtungsart
- Hydraulikgrößen
- Antriebsart

Teil 2: Ausfallrelevante Bauteile & Schadensursachen

- Einsatzbedingungen (Betriebsart, Redundanz)
- Instandhaltung (Wartung/Inspektion, Prozessausfallzeiten)
- Ausfallrelevante Bauteile & Schadensursachen

Teil 3: Anforderungen an Diagnose-/Prognosesysteme

Zusammenfassung



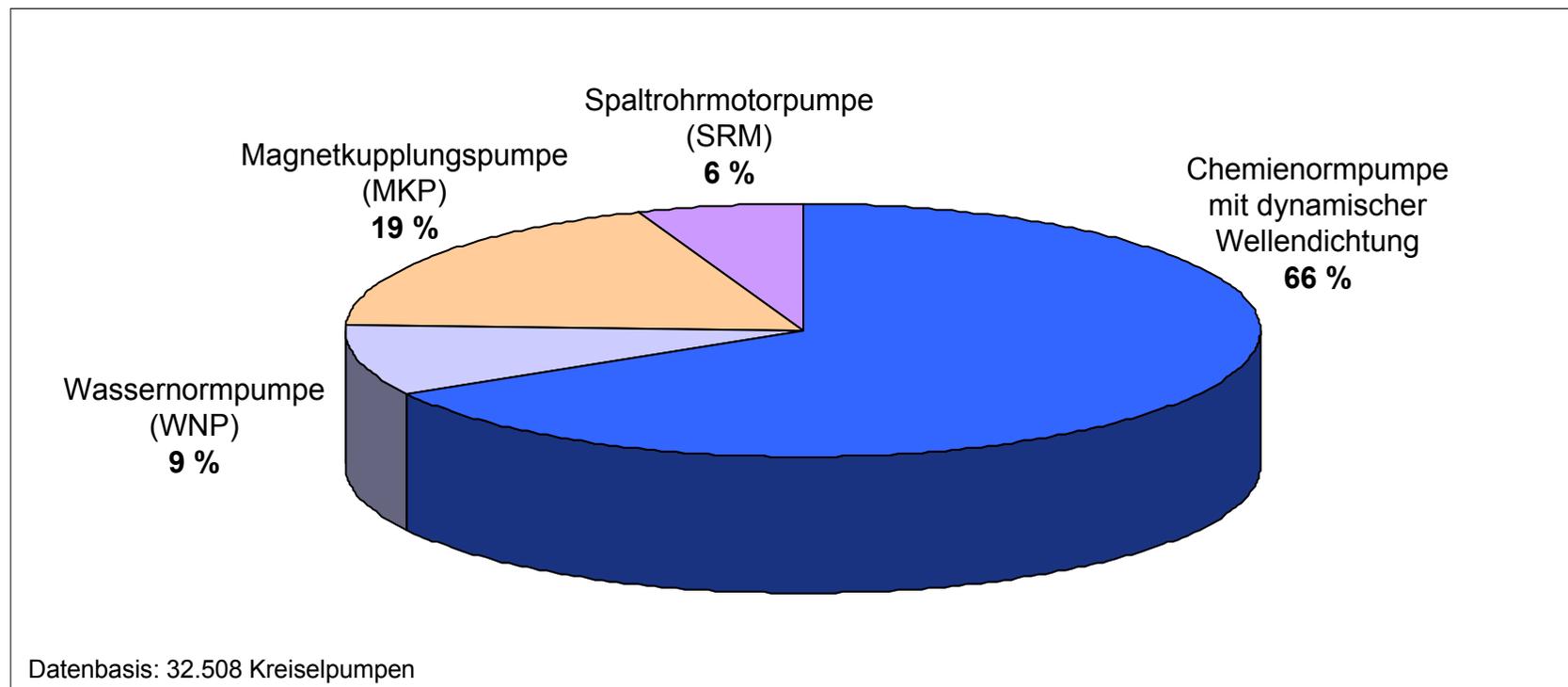
Teil 1: Pumpenpopulationen in Häufigkeitsverteilungen

Bauart



Die **Chemienormpumpe (mit Gleitringdichtung)** ist der am häufigsten eingesetzte Pumpentyp.

Bei einer Gesamtheit von 32.508 Kreiselpumpen wurden 21.637 Chemienormpumpen erfasst.

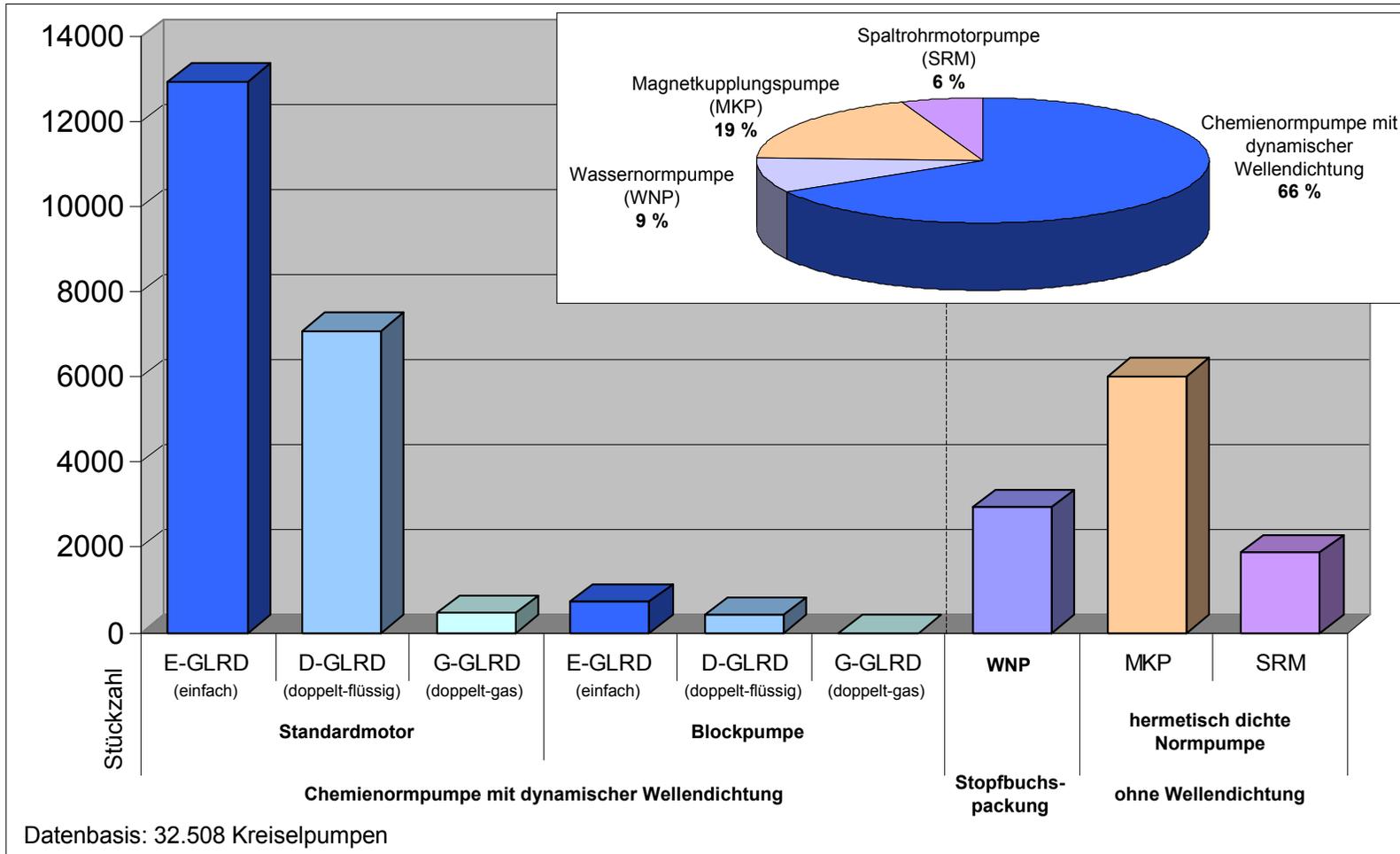


Teil 1: Pumpenpopulationen in Häufigkeitsverteilungen

Bauart und Dichtungsart



In **Chemienormpumpen** kommen in der Regel **Gleitringdichtungen (GLRD)** zum Einsatz.

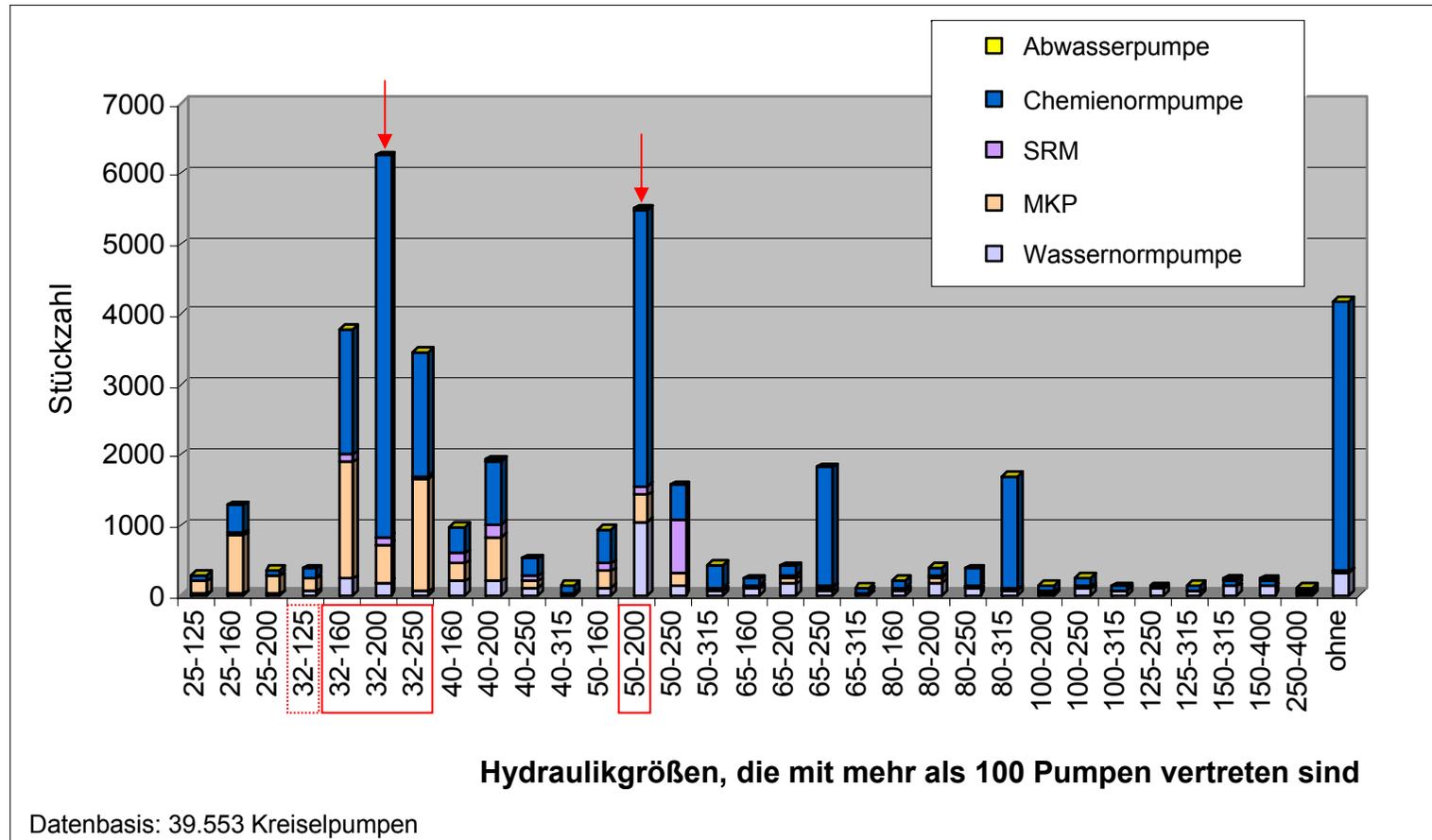


Teil 1: Pumpenpopulationen in Häufigkeitsverteilungen

Hydraulikgrößen



Kleine Nennweiten sind stärker repräsentiert.

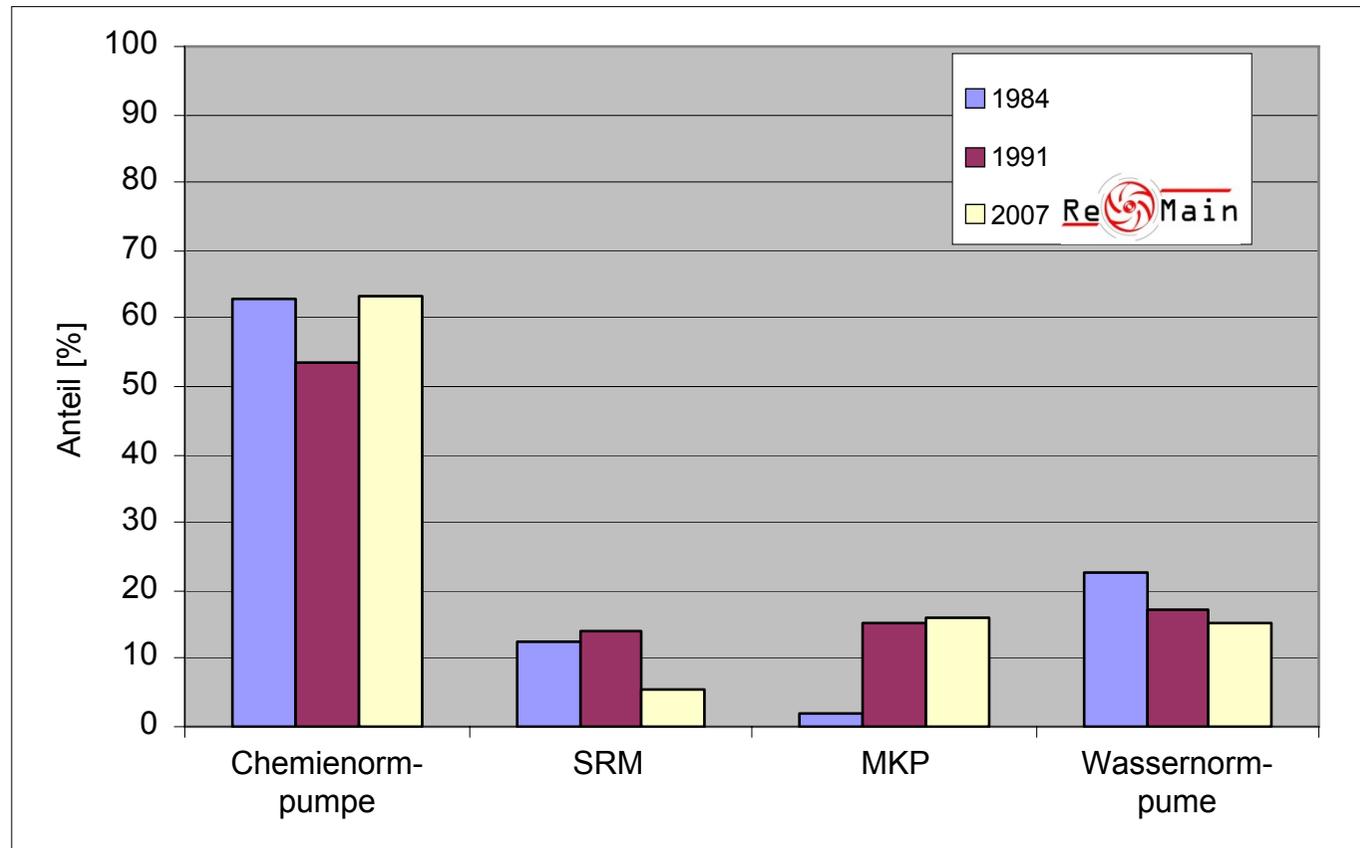


Teil 1: Pumpenpopulationen in Häufigkeitsverteilungen

Umfragevergleich



Vergleich der ReMain-Betreiberumfrage mit vorangegangenen Untersuchungen.

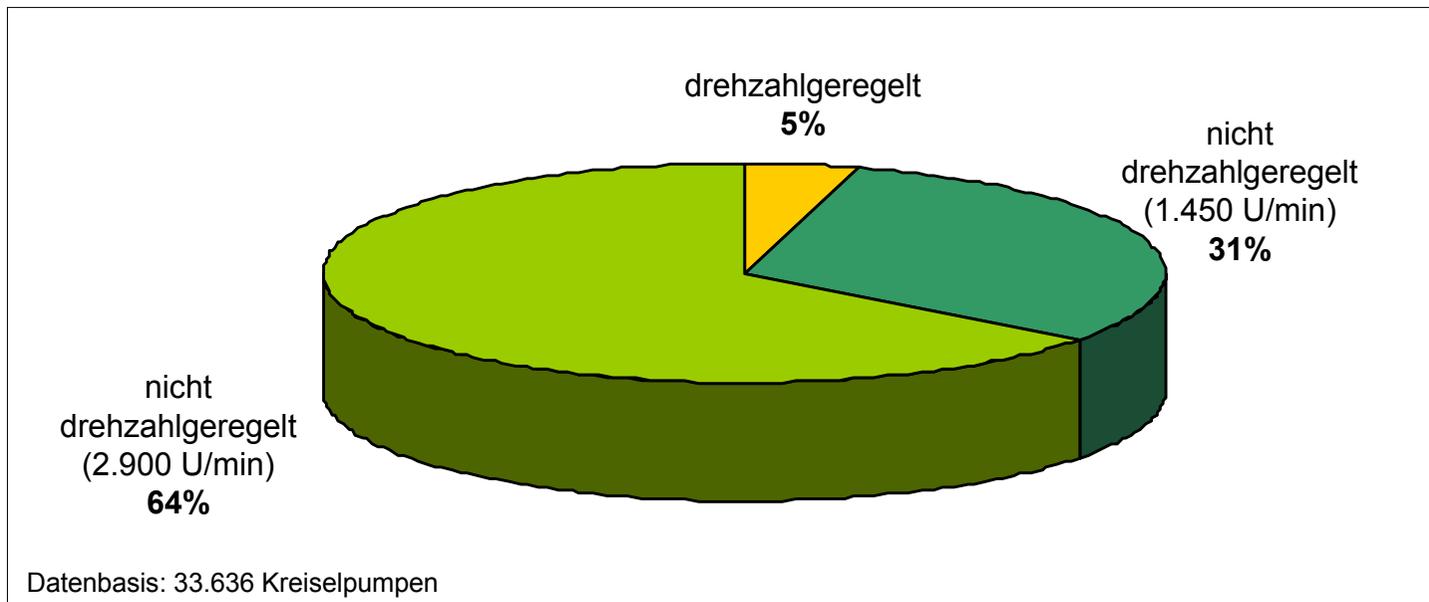


Teil 1: Pumpenpopulationen in Häufigkeitsverteilungen

Antriebsart



Drehzahlgeregelte Pumpen sind aktuell nur **wenig verbreitet**.
Kreiselpumpen mit einer **Drehzahl von 2.900 U/min überwiegen**.



Chemienormpumpen mit einfach- und doppelwirkenden (doppelt-flüssig) GLRD

kleine Hydraulikgrößen (32-200 mm, 50-200 mm)

Antriebskonzept mit Standard IEC Normmotor

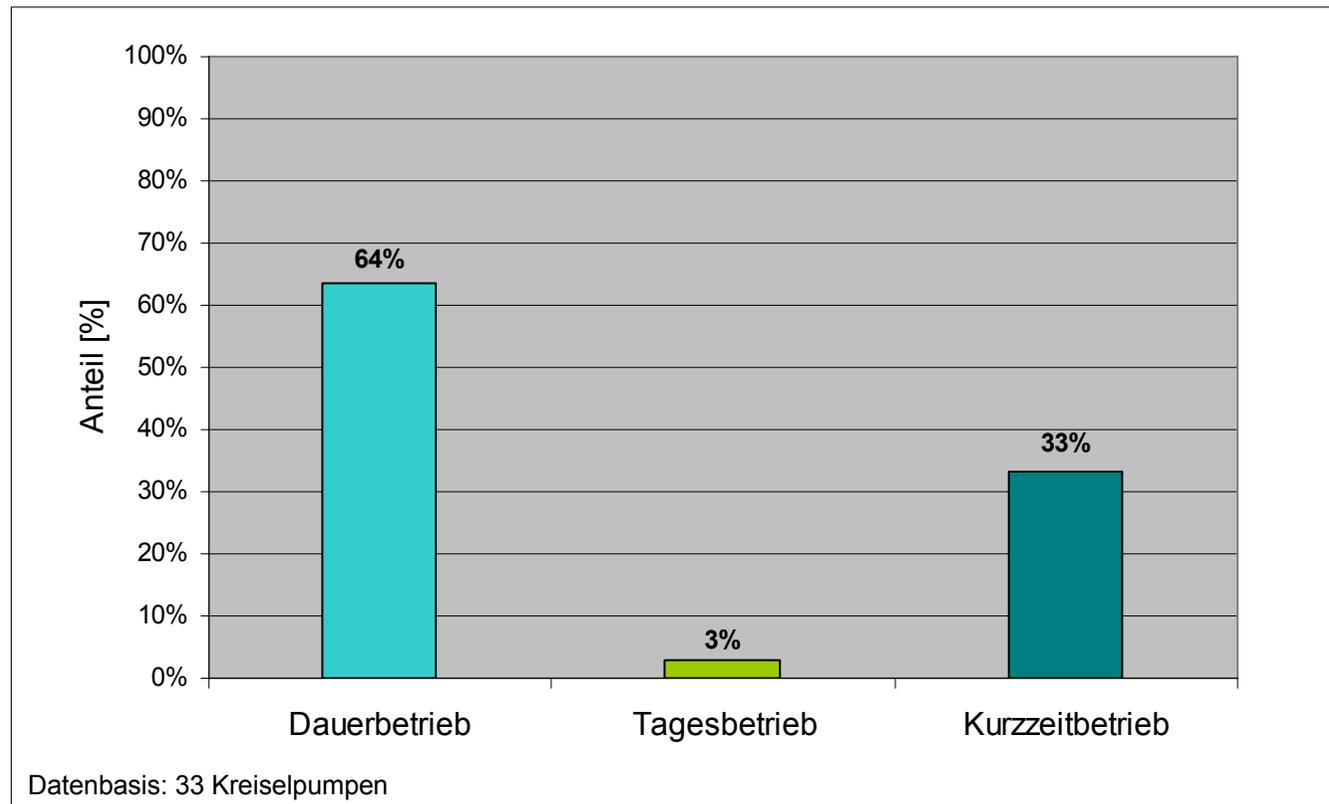
keine Drehzahlregelung, Antrieb mit 2900 U/min

Teil 2: Ausfallrelevante Bauteile & Schadensursachen

Betriebsart



Bei der Betriebsart überwiegt der **Dauerbetrieb**.

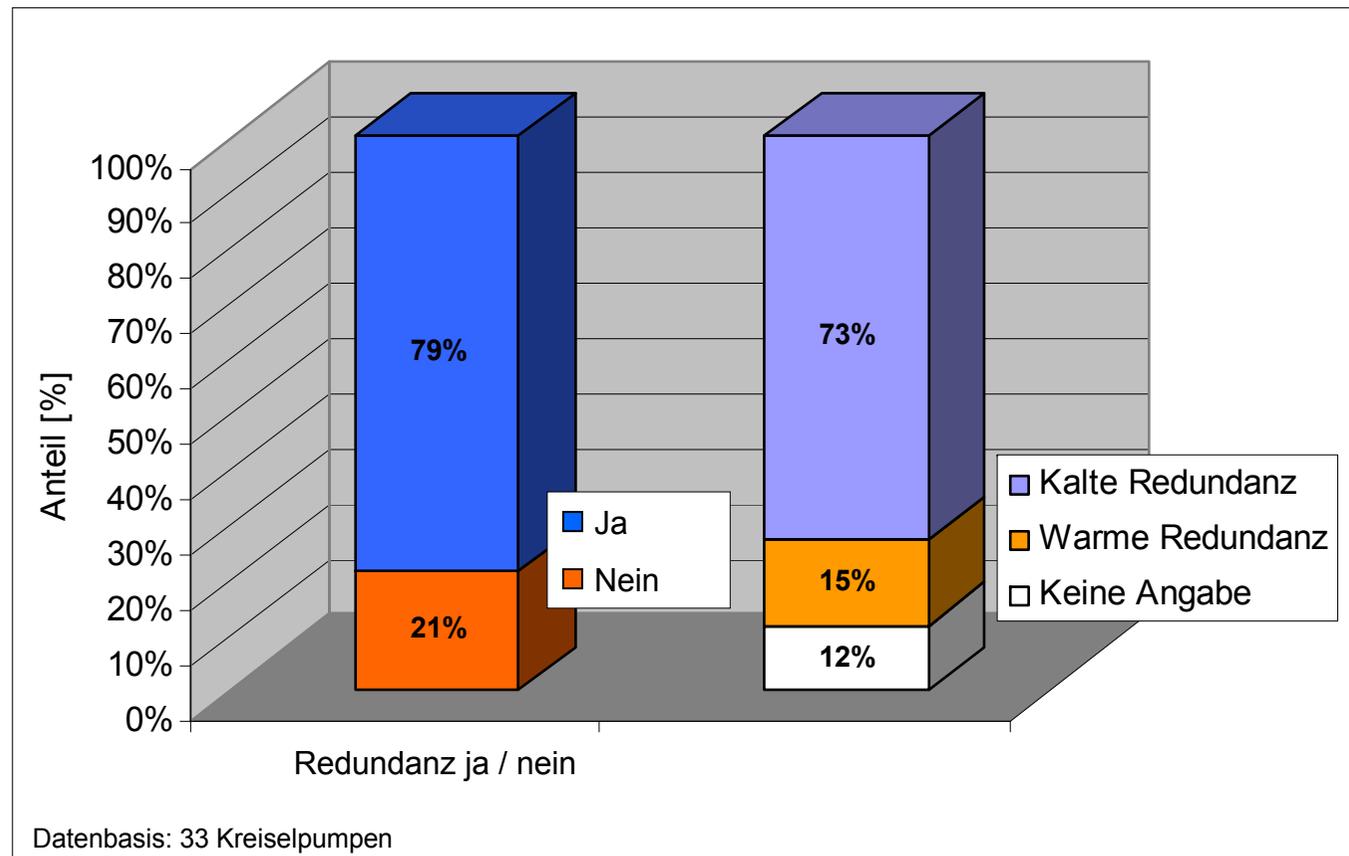


Teil 2: Ausfallrelevante Bauteile & Schadensursachen

Redundanz



Die Mehrzahl der Pumpeninstallationen ist **redundant** ausgeführt.
Kalte Redundanzen überwiegen.



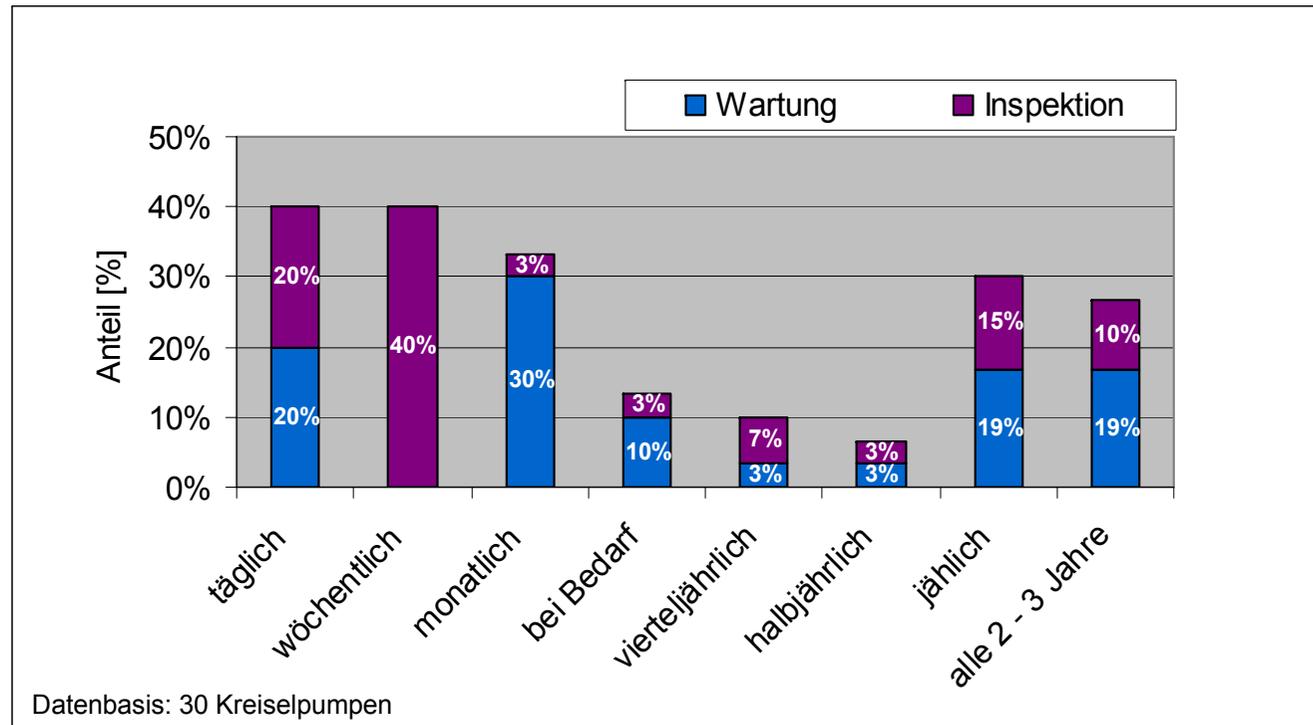
Teil 2: Ausfallrelevante Bauteile & Schadensursachen

Inspektions- und Wartungsintervalle



Durch **Wartungs- und Inspektionstätigkeiten** in regelmäßigen Intervallen ist das Verhalten der Pumpen bekannt.

- ▶ **Inspektion** erfolgt täglich oder wöchentlich durch Betriebspersonal
- ▶ **Wartung** erfolgt überwiegend monatlich nach Betriebssicherheitsangaben



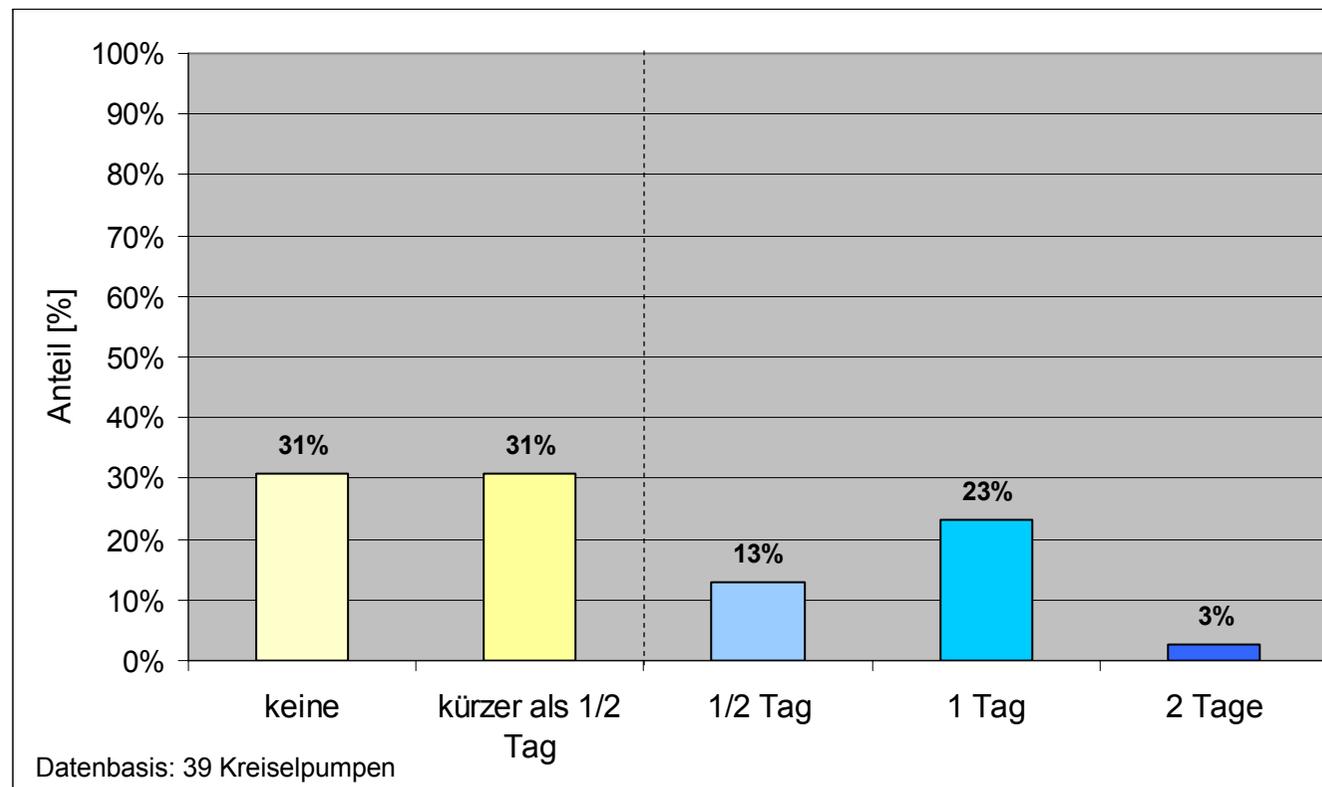
Die erforderlichen Instandhaltungstätigkeiten werden zumeist selbst durchgeführt, eine Vergabe der Instandhaltung an externe Dienstleister findet nicht statt.

Teil 2: Ausfallrelevante Bauteile & Schadensursachen

Prozessausfallzeiten



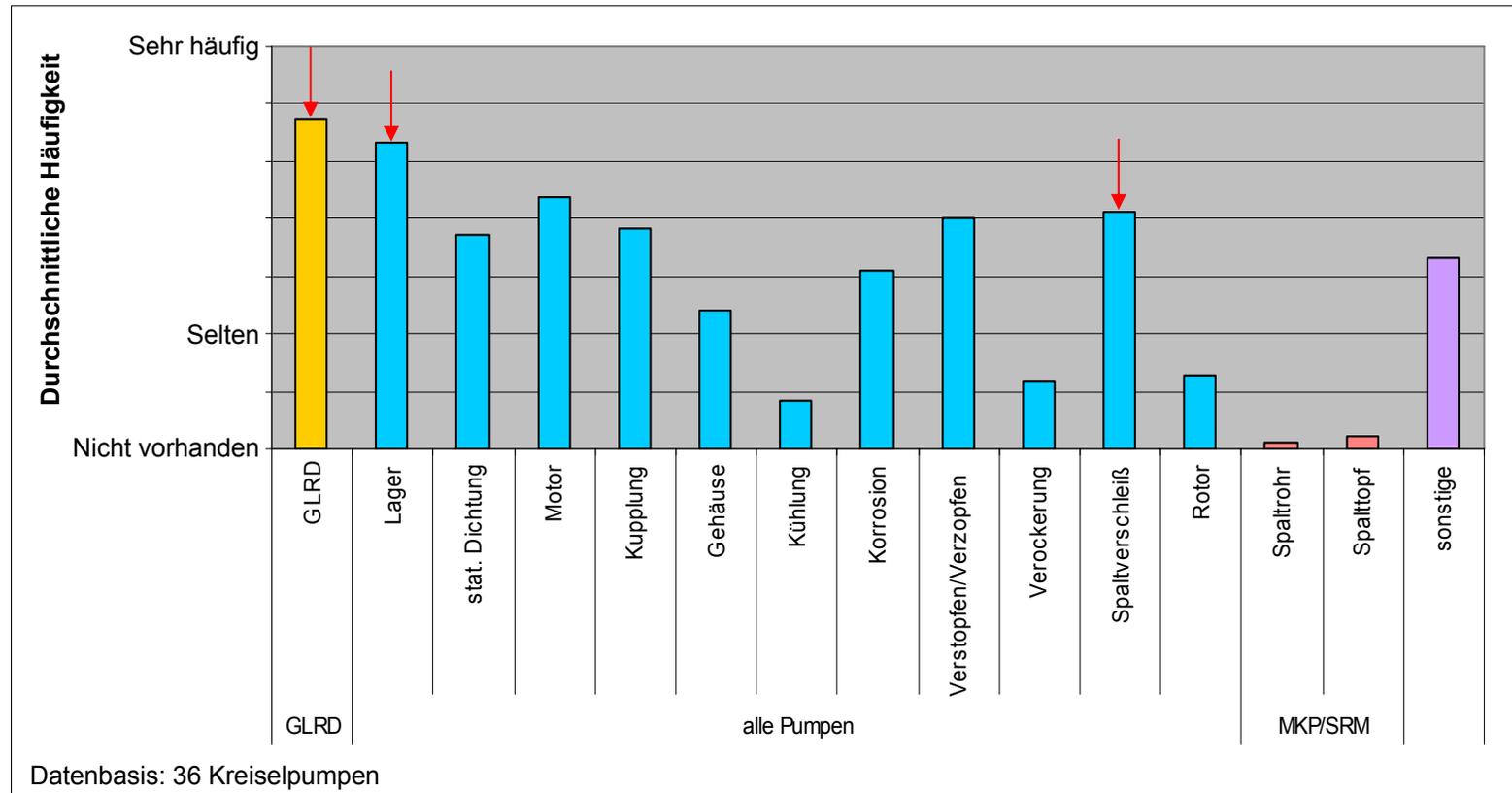
Durch Redundanzen und optimierte Instandsetzungsprozesse folgt bei Pumpenausfall in der Regel nur ein **kurzer bzw. kein Stillstand der Gesamtanlage**.



Teil 2: Ausfallrelevante Bauteile & Schadensursachen



Von den Befragten wurde die **Gleitringdichtung** als relevantes **ausfallkritisches Bauteil** benannt, gefolgt vom **Lager (Wälzlager)** und dem **Laufrad (Dichtspalt)**.



Wesentliche **Ausfallursachen** sind Trockenlauf, unzulässige Kavitation, Gasmitförderung und Montagefehler.

Ausfallkritische Bauteile:

GLRD, Lager (Wälzlager), Laufrad (Dichtspalt)

Ausfallursachen:

Störungen durch Betriebsweise und Fördermedium, Störungen aus der Montage

Betriebsart:

überwiegend Dauerbetrieb

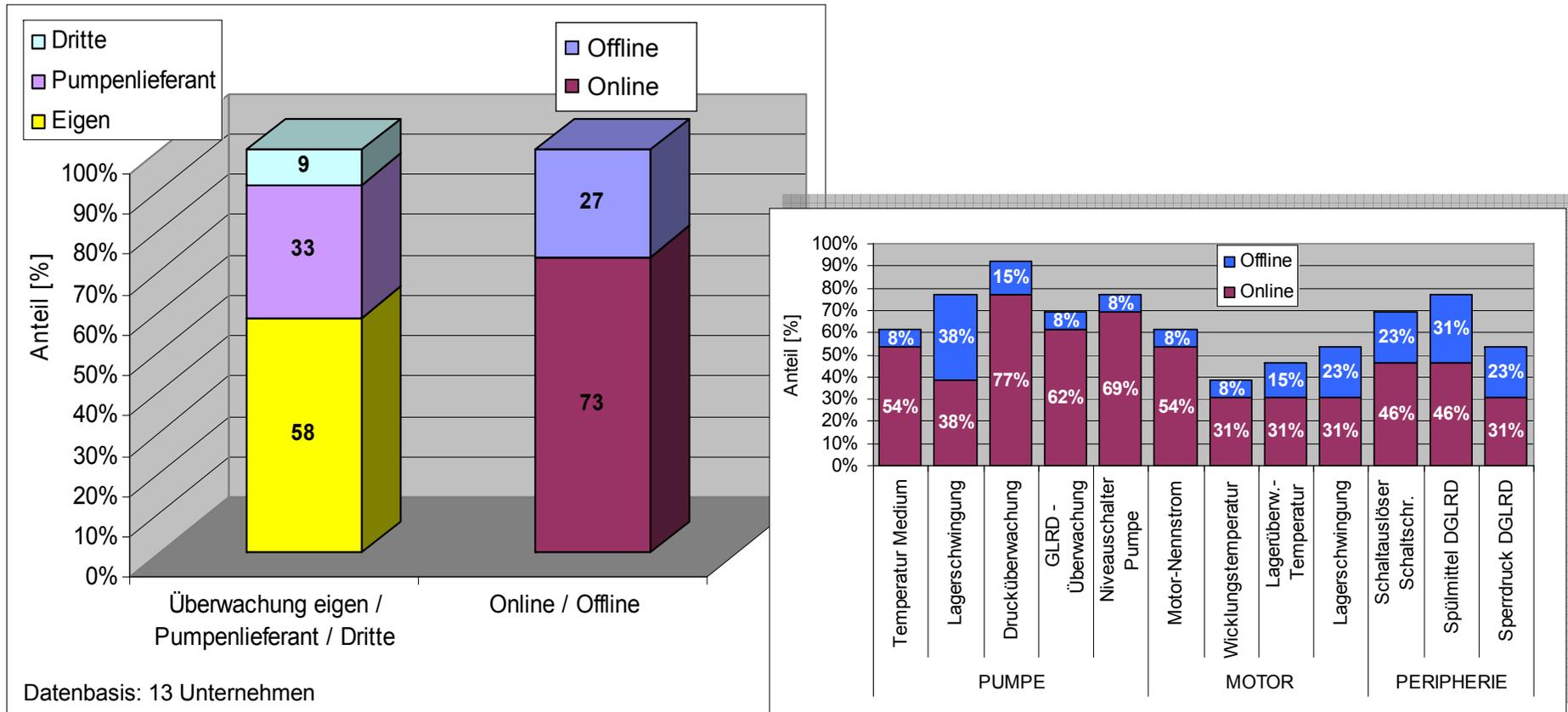
Pumpensysteme sind vielfach **redundant** ausgeführt

Teil 3: Anforderungen an Diagnose/Prognosesysteme

Vorhandene Instrumentierung



Für Pumpen werden im Betrieb viele unterschiedliche, auf einzelne Bauteile spezialisierte **Überwachungstechniken** verwendet.

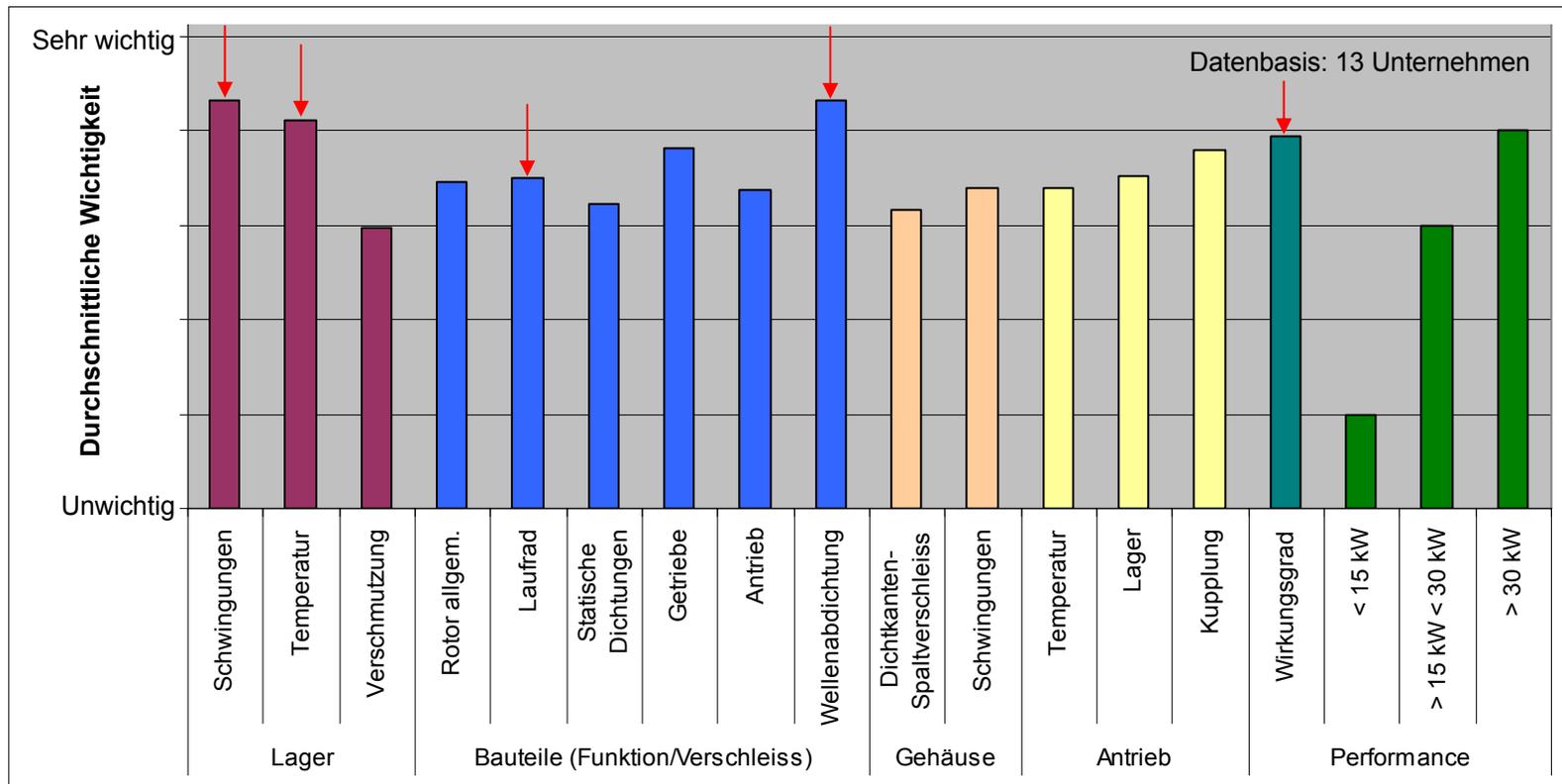


Teil 3: Anforderungen an Diagnose/Prognosesysteme

Anforderungen an Bauteilüberwachung



Bei den **zu überwachenden Bauteilen** überwiegt deutlich die **Lagerüberwachung** und die Relevanz der **Wellenabdichtung**.

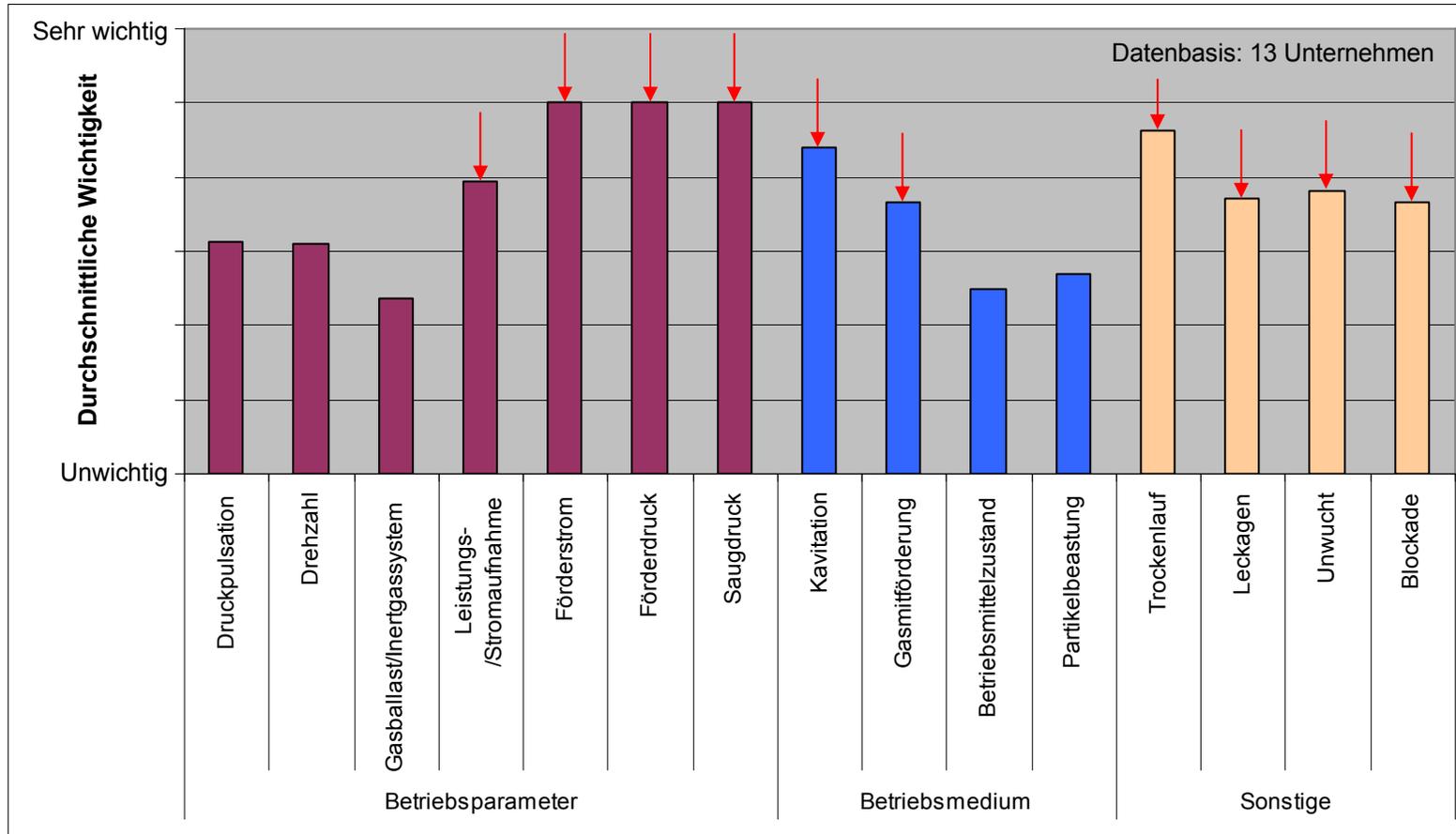


Teil 3: Anforderungen an Diagnose/Prognosesysteme

Anforderungen an Überwachung von Schadensursachen



Am häufigsten werden Diagnoseverfahren für folgende **Ausfallursachen** verwendet:



Im Betrieb kommen bereits unterschiedliche, auf einzelne Bauteile spezialisierte **Überwachungstechniken** zur Anwendung. Diese werden zumeist vom Betreiber selbst nachgerüstet, wobei die Messwertaufnahme in der Regel online erfolgt.

Bauteilüberwachung:

Lager, Wellenabdichtung, Laufrad;

zusätzlich insbesondere bei größeren Maschinen die Überwachung des Wirkungsgrads

Ausfallursachen:

Kontrolle der bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen

Zusammenfassung der ReMain-Umfrageergebnisse:



Pumpenpopulation

Die am häufigsten eingesetzten Pumpen haben

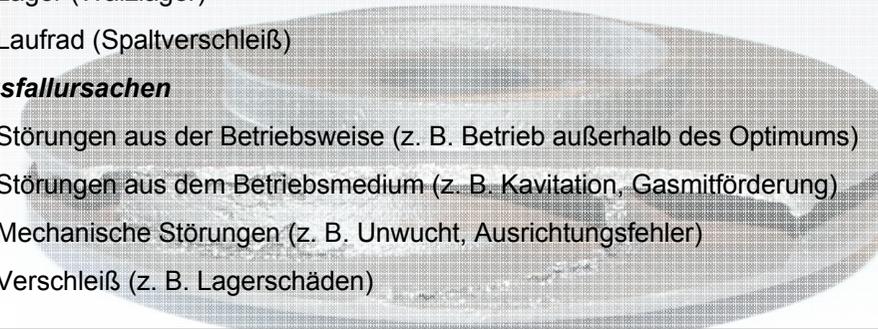
- ➔ Gleitringdichtungen (einfach- und doppeltwirkend)
- ➔ Ausführung mit Standard IEC Normmotor und Wellenkupplung
- ➔ Keine Drehzahlregelung
- ➔ Antrieb mit 2.900 U/min

Ausfallgefährdete Bauteile

- ➔ Gleitringdichtung
- ➔ Lager (Wälzlager)
- ➔ Laufrad (Spaltverschleiß)

Ausfallursachen

- ➔ Störungen aus der Betriebsweise (z. B. Betrieb außerhalb des Optimums)
- ➔ Störungen aus dem Betriebsmedium (z. B. Kavitation, Gasmitförderung)
- ➔ Mechanische Störungen (z. B. Unwucht, Ausrichtungsfehler)
- ➔ Verschleiß (z. B. Lagerschäden)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenkonzeptes „Forschung für die Produktion von morgen (Förderkennzeichen 02PG1221) gefördert und vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PTKA-PFT), betreut.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

BETREUT VOM



Projektträger
Forschungszentrum
Karlsruhe (PTKA)