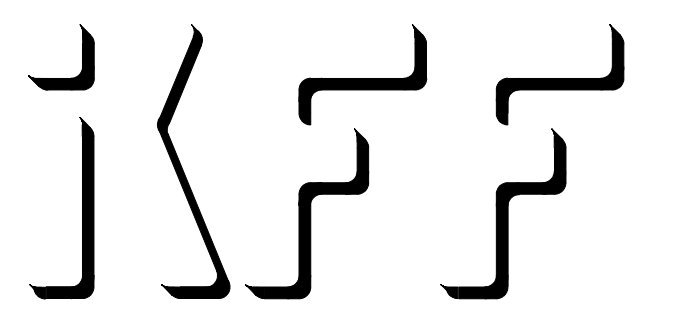


# LEBENSDAUERANGABEN BEI KLEINANTRIEBEN



## EINLEITUNG

Heutzutage werden immer kürzere Entwicklungszeiten bei steigenden Ansprüchen, insbesondere an die Zuverlässigkeit, gefordert. Um dieses Ziel realisieren zu können, sind Methoden notwendig, die bereits in frühen Entwicklungsphasen eine quantitative Lebensdauerabschätzung eines Produkts ermöglichen. Bisher können diese Informationen nur durch aufwendige Versuche am Ende des Entwicklungsprozesses gewonnen werden.

Die laufenden Forschungsarbeiten am IKFF beschäftigen sich mit der Zuverlässigkeit typisch feinmechanischer Bauteile in frühen Entwicklungsphasen am Beispiel von Gleichstrom-Kleinantrieben.

## KATALOGRECHERCHE

Um eine Aussage bezüglich des gewählten Demonstrators Gleichstromantrieb zu erhalten, wurde eine Katalogrecherche zu bürstenbehafteten (DC) und elektronisch kommutierten (EC) Gleichstrommotoren durchgeführt.

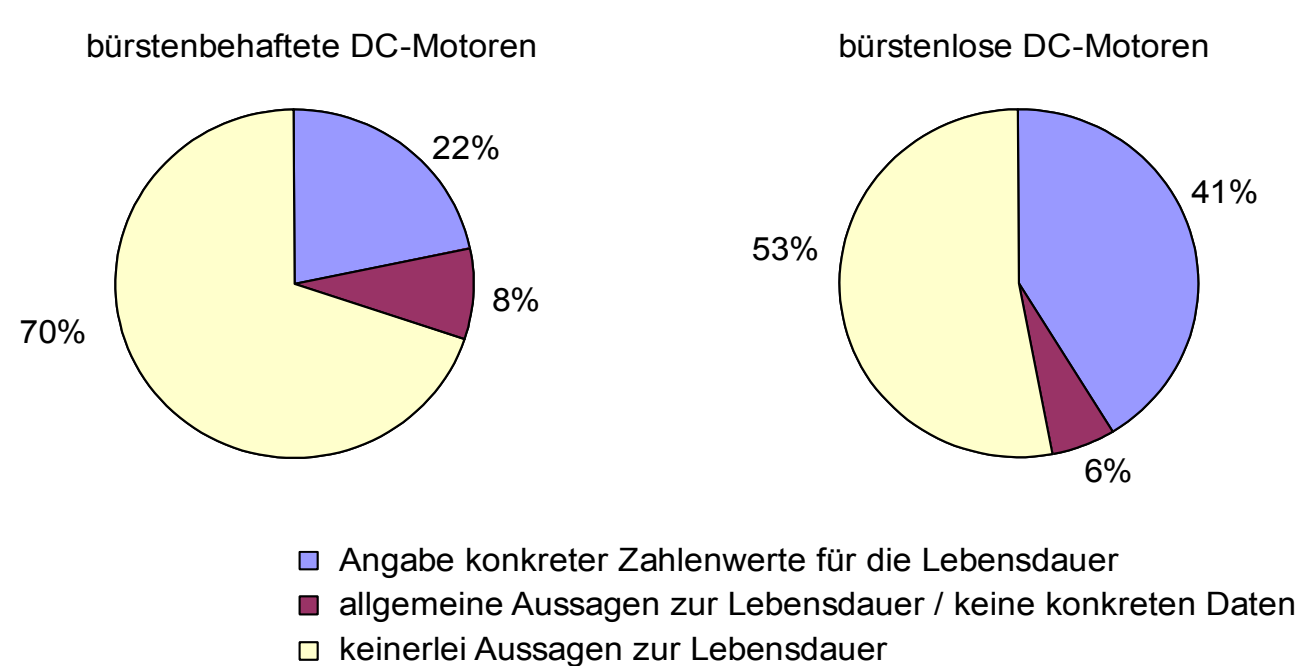


Bild 1: Angaben zur Produktlebensdauer

Berücksichtigt wurden alle feinwerktechnischen Antriebe dieser beiden Motorbauformen, wodurch ein sehr breites Leistungs- und Anwendungsspektrum abgedeckt werden konnte. Insgesamt wurden 53 Hersteller von bürstenbehafteten DC-Motoren und 35 Anbieter von EC-Motoren abgefragt. Hierbei wurden zu-nächst nur die reinen Katalogdaten zur Lebensdauer abgefragt und nach Kriterien zu den Lebensdauerangaben ausgewertet (Bild 1).

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen eine sehr große Unsicherheit bzw. eine unbefriedigende Situation im Umgang mit Zuverlässigkeitsangaben solcher Systeme. In vielen Fällen wird im Katalog gar nicht auf diese Problematik eingegangen. Falls Angaben gemacht werden, fehlt der Bezug der Werte, so dass unklar bleibt, ob es sich z.B. um eine ausfallfreie Zeit  $t_0$  oder eine  $B_{10}$ -Lebensdauer handelt. Alles in allem sind die Angaben damit nur wenig aussagekräftig und in vielen Fällen höchstens als grober Richtwert für mehrere Motortypen zu sehen.

## UNSICHERHEIT DURCH FEHLENDE ANGABEN

Liegt beispielsweise eine Katalogangabe von 3000h als Lebensdauer für einen Motor vor, bedeutet das bei Interpretation als ausfallfreie Zeit, dass kein Motor vor diesem Zeitpunkt ausfällt. Bezieht sich die Angabe auf einen  $B_{10}$ -Wert, ist damit zu rechnen, dass innerhalb der ersten dreitausend Stunden 10% der Motoren ausfallen. Verbindet man mit dieser Angabe gar einen MTTF-Wert, liegt die Ausfallwahrscheinlichkeit je

nach zu Grunde liegender Verteilung in dieser Zeit sogar bei 45%-65%.

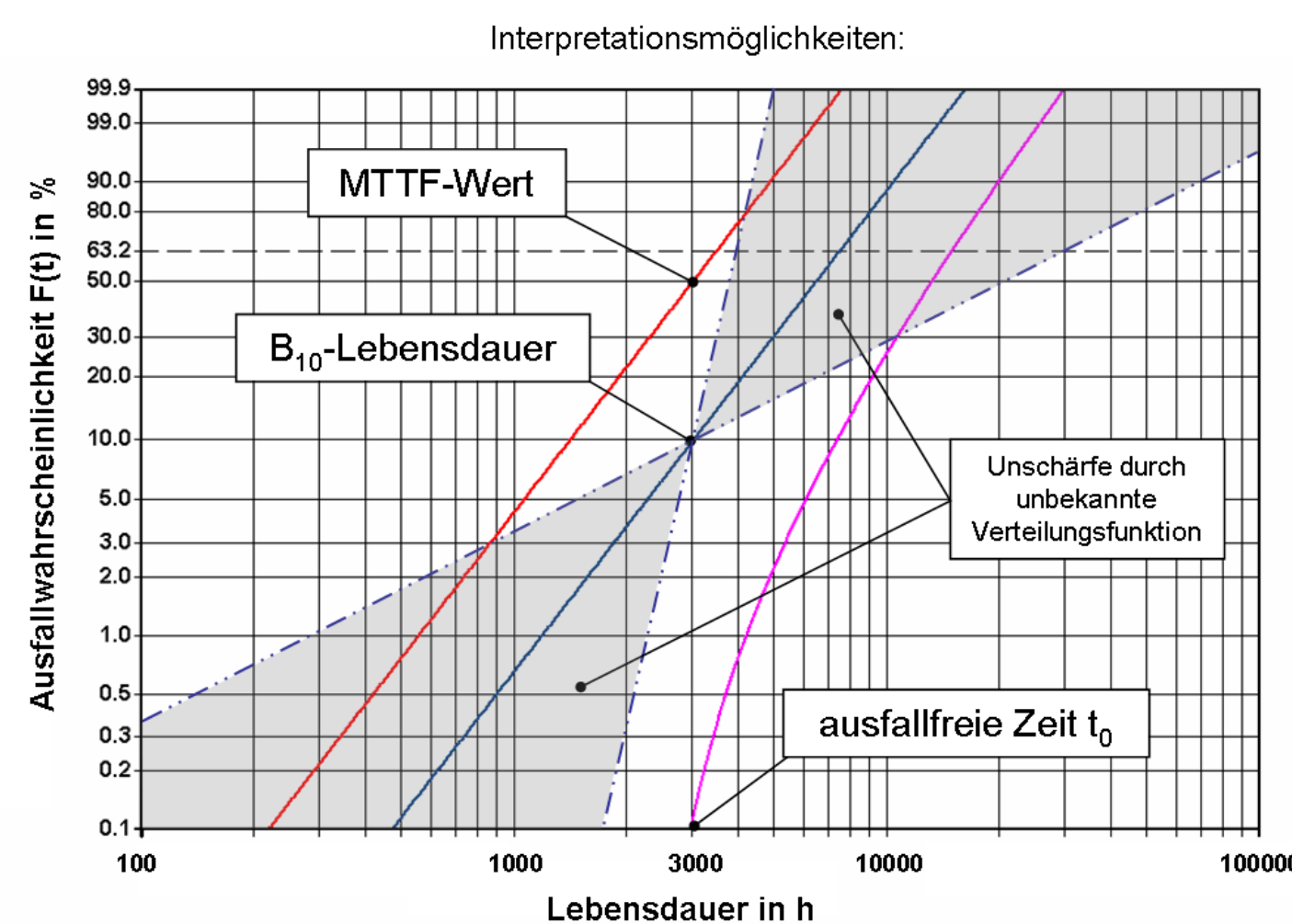


Bild 2: Interpretationsspielraum

In Bild 2 sind die dazugehörigen Ausfallkurven beispielhaft im Weibullnetz dargestellt. Der Formparameter  $b$  wurde dabei zunächst konstant gehalten und ein für mechanische Systeme realistischer Mittelwert angenommen. Schon hier erkennt man große Unterschiede zwischen den verschiedenen Interpretationsmöglichkeiten, wobei die logarithmische Skalierung zu beachten ist. Am Beispiel der Geraden, die durch den  $B_{10}$ -Wert verläuft, ist die zusätzlich vorhandene Unsicherheit durch die fehlende Angabe der zu Grunde liegenden Verteilungsfunktion (Formparameter  $1 \leq b \leq 4$ ) dargestellt, die entsprechend auch bei den anderen Ausfallkurven auftritt. Anhand dieses Beispiels sieht man sehr anschaulich, wie wenig Aussagekraft die Katalogdaten für den Kunden besitzen, wenn die Bezugsgröße nicht mit angegeben wird.

## AUSSAGEN ZUM BEZUG DER ANGEgebenEN WERTE

Um aufbauend auf der Katalogrecherche detaillierte Daten zu erhalten, wurden zusätzlich aus jedem Bereich jeweils 14 Firmen telefonisch kontaktiert. Hierbei lag der Schwerpunkt auf Herstellern von Kleinmotoren im unteren Leistungsbereich (Bild 3).

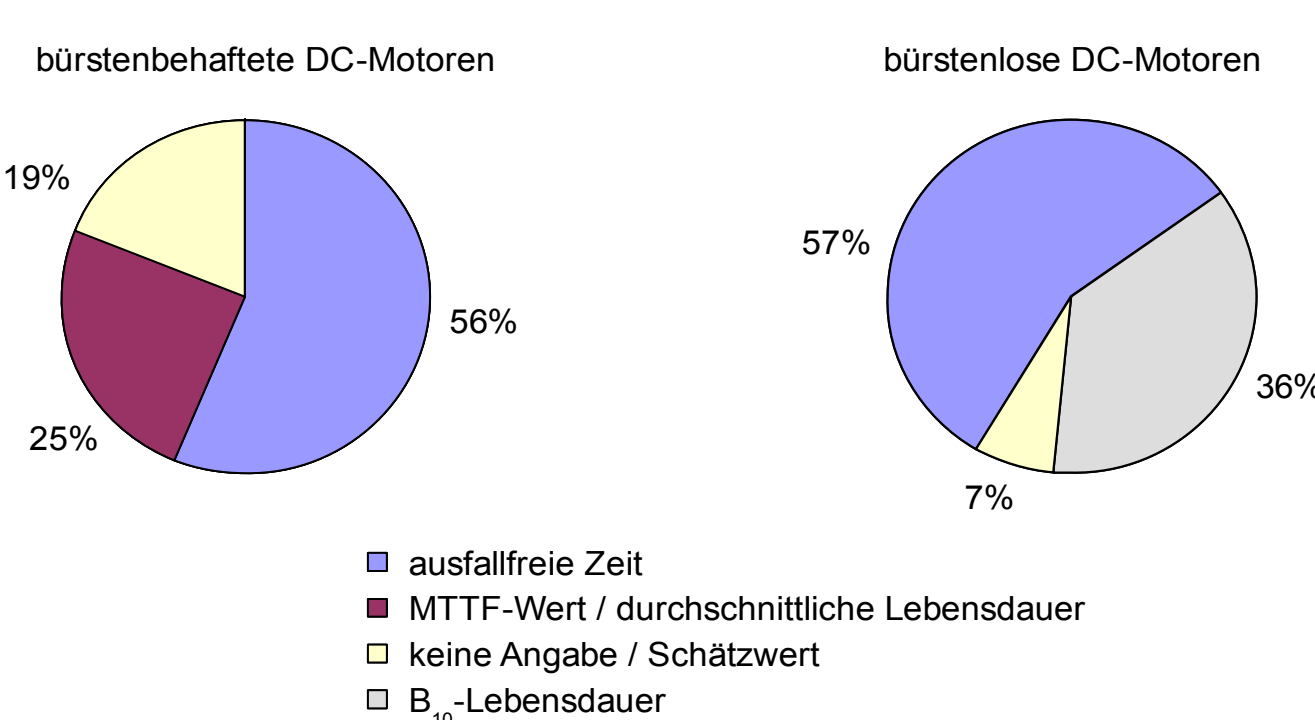


Bild 3: Bezug der Lebensdauerangaben

Überraschenderweise definieren die meisten Hersteller ihre Angaben als ausfallfreie Zeiten. Dieser Wert ist zwar für den Kunden optimal, bedeutet jedoch für den Hersteller, dass er bei einer solch konkreten Zusage einen sehr großen Sicherheitsfaktor mit einbeziehen muss. Vor allem bei EC-Motoren verwundert es sehr, dass nicht grundsätzlich die  $B_{10}$ -Lebensdauer angegeben wird, da sich alle Hersteller darin einig sind, dass nur die Lager als Ausfallursache in Frage kommen und somit eine Übernahme des gängigen Lagerkennwertes sinnvoll erscheint.

## ALLGEMEINE ERKENNTNISSE

Des Weiteren hat die Umfrage ergeben, dass momentan keiner der Befragten quantitative Zuverlässigkeitsmethoden in der

Konzeptphase der Entwicklung nutzt. Allenfalls kommen Festigkeits- bzw. Lagerberechnungen in frühen Phasen zum Einsatz. Ansonsten stützt sich die Entwicklung derzeit auf qualitative und quantitative Erfahrungswerte von Vorgängern. Erste konkrete Ergebnisse werden stets durch Versuche und Dauerläufe mit Prototypen bzw. in Vororientests ermittelt. Auf Grund des hohen Kosten- und Zeitaufwands besteht jedoch ein reges Interesse an geeigneten quantitativen Verfahren für eine frühzeitige Bestimmung der bisher schwer zugänglichen Teilsysteme.

Bei Lebensdaueraussagen zu einem bestimmten Motortyp wird in aller Regel so verfahren, dass die Hersteller kundenspezifische Versuche durchführen, bei denen die exakten späteren Einsatzbedingungen nachvollzogen werden und somit nur für diese eine konkrete Anwendung eine Aussage getroffen wird.

Gerade aber bei den bürstenbehafteten Motoren gibt es bisher keine geeignete Beschreibungsform für das Ausfallverhalten des elektromechanischen Subsystems, so dass Versuche weiterhin unumgänglich sind. Nicht zuletzt wegen dem stark zunehmenden Interesse an der Zuverlässigkeitstechnik und der steigenden Nachfrage nach Angaben von der Kundenseite besteht hier ein akuter Handlungsbedarf zur Verbesserung der analytischen Lebensdauerbestimmung für Gesamtsysteme. Einzelne Firmen sind bereits auf diesem Gebiet tätig und widmen sich dieser Problematik. Allerdings sind diese Daten auf Grund der hohen Produktvielfalt der einzelnen Hersteller meist sehr unvollständig. Da es sich um sehr sensible Daten handelt, sind nur sehr wenige Informationen zu diesem Thema öffentlich zugänglich.

## FAZIT

Die Recherche hat gezeigt, dass sich bisher durchgeführte Untersuchungen im Bereich von Elektromotoren hauptsächlich auf Antriebe mit Graphitbürsten beziehen und derzeit keine allgemeingültigen Modelle oder Berechnungsmöglichkeiten zur Zuverlässigkeit dieser Systeme vorhanden sind. Die Ergebnisse der Branchenbefragung bestätigen damit die Zielstellung des Projektes, entsprechende Modelle aufzustellen. Die Grundvoraussetzung hierfür ist eine zuverlässige Datenbasis. Zu diesem Zweck wurden spezielle Prüfstände aufgebaut, um durch institutseigene Dauerversuche die entsprechenden Zusammenhänge für die analytische Lebensdauerbestimmung zu ermitteln [1].

## LITERATUR

[1] Köder, T.; Schinköthe, W.: Untersuchungen zur Zuverlässigkeit von DC-Kleinstmotoren. Workshop „System-Zuverlässigkeit in frühen Entwicklungsphasen“, Freudenstadt, 2004.

## Kontakt:

IKFF Universität Stuttgart  
Tel.: 0711 / 685 66408  
Fax: 0711 / 685 56402  
E-Mail: zuverlaessigkeit@ikff.uni-stuttgart.de

Mit freundlicher Unterstützung der **DFG**