
Nationale Bildungskonferenz Elektromobilität 2011 in ULM

Forum 6: Funktionsintegrierter Leichtbau

Andreas Büter

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

www.lbf.fraunhofer.de

h_da Hochschule Darmstadt

fk mk Fachbereich für Maschinenbau und Kunststofftechnik

www.fbmk.h-da.de

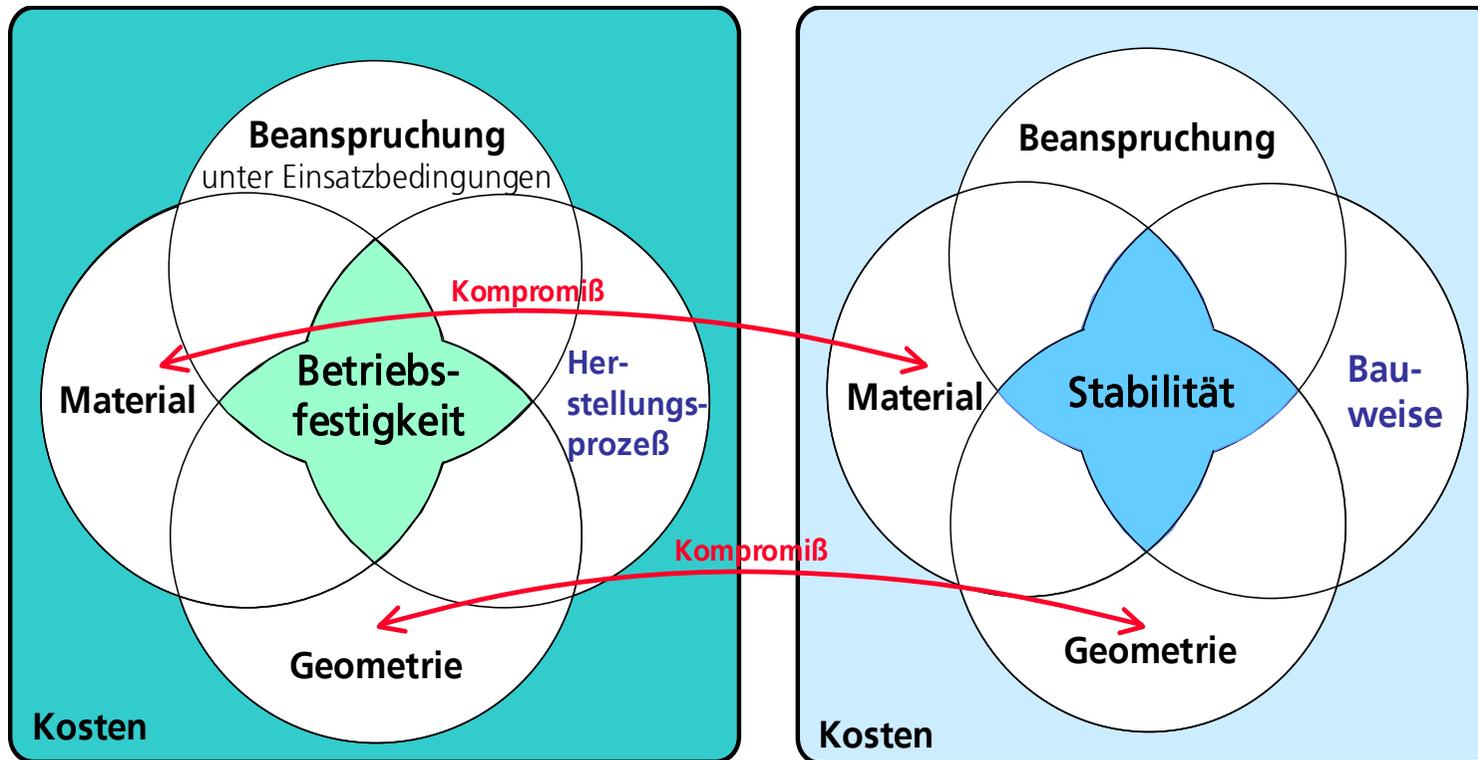
NBE2011

Seite 1

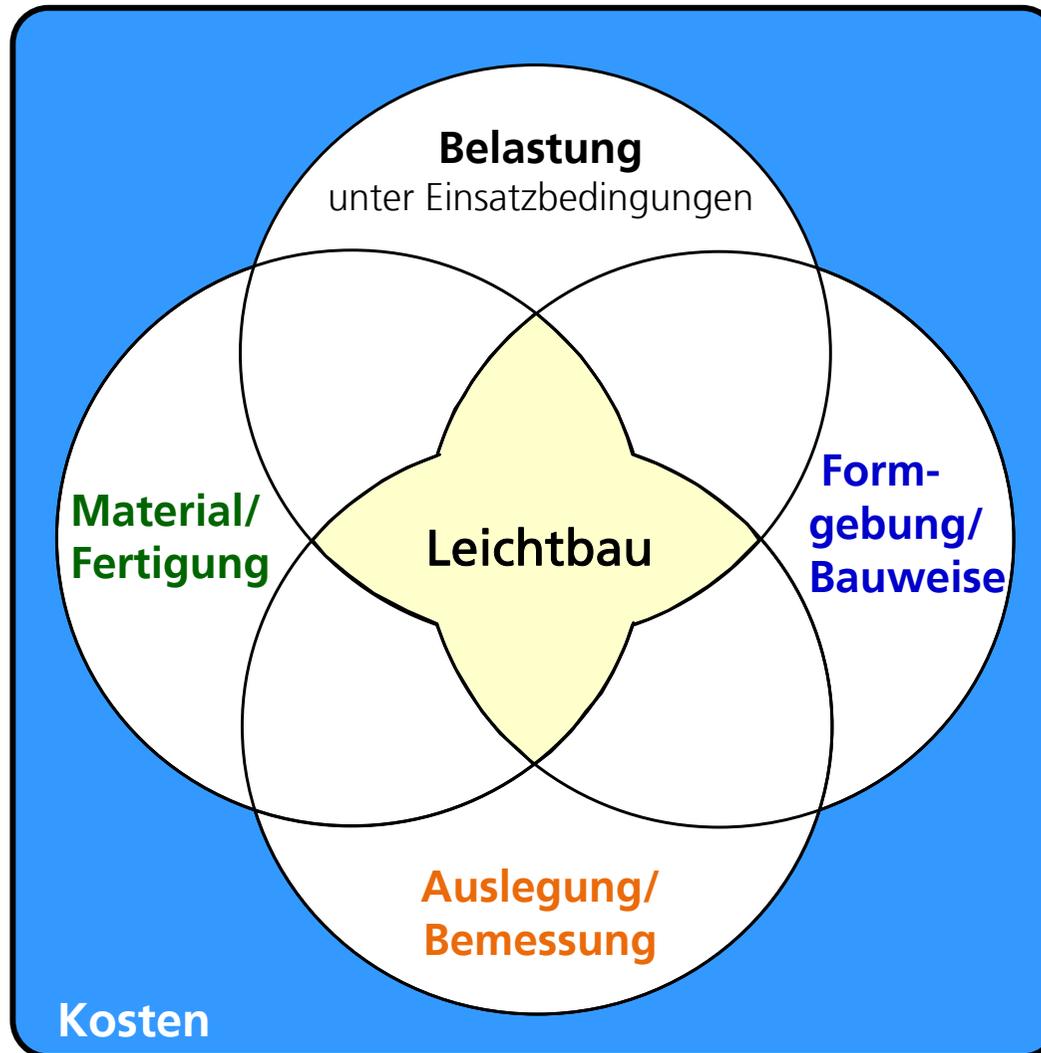
Betriebsfester Leichtbau



Gewichtsminimierung mit der Forderung nach Steifigkeit hinsichtlich **Stabilität** und **Schwingverhalten** und der Frage nach **Betriebsfestigkeit**.

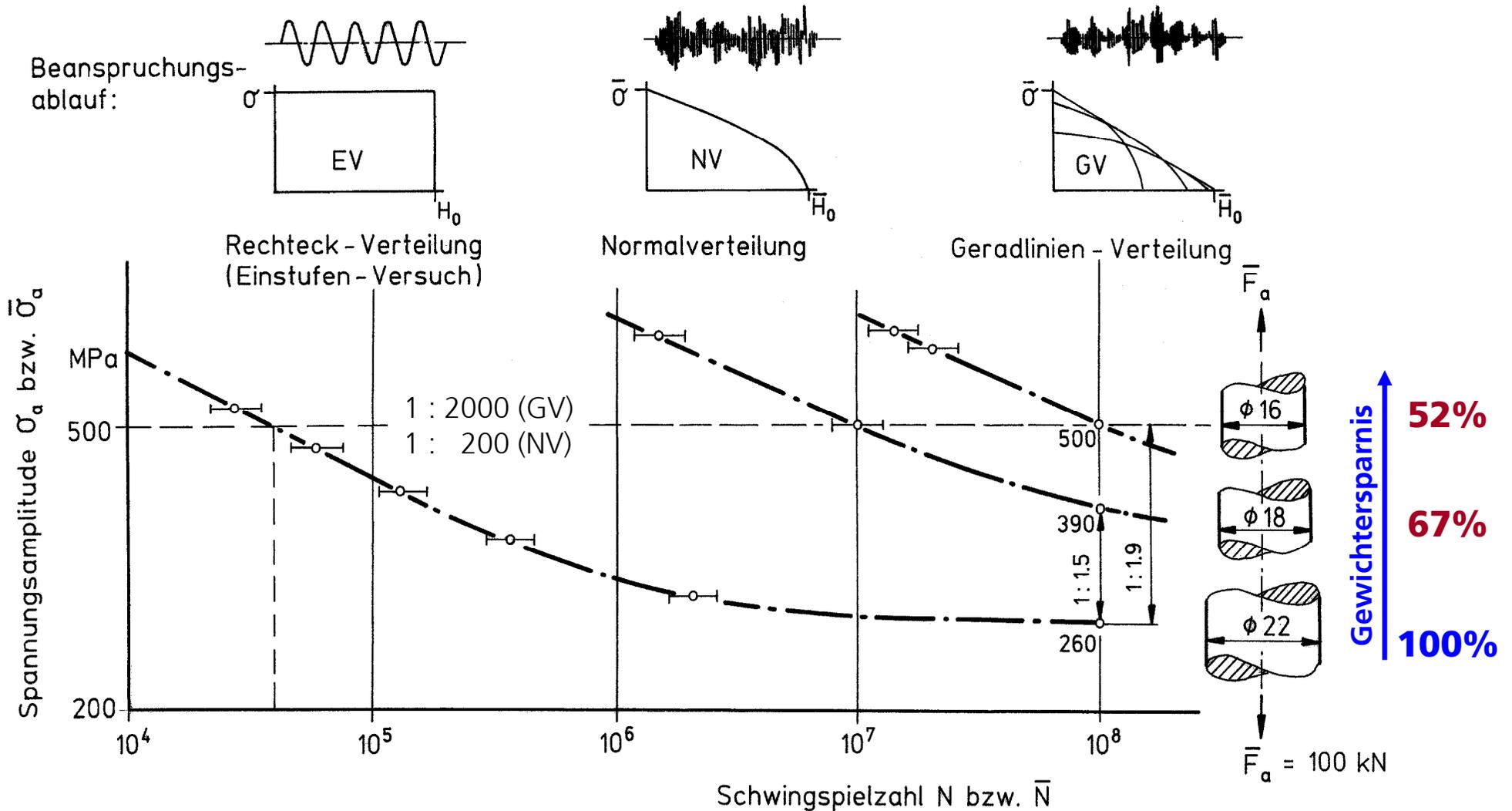


Entwicklungslinien des klassischen Leichtbau



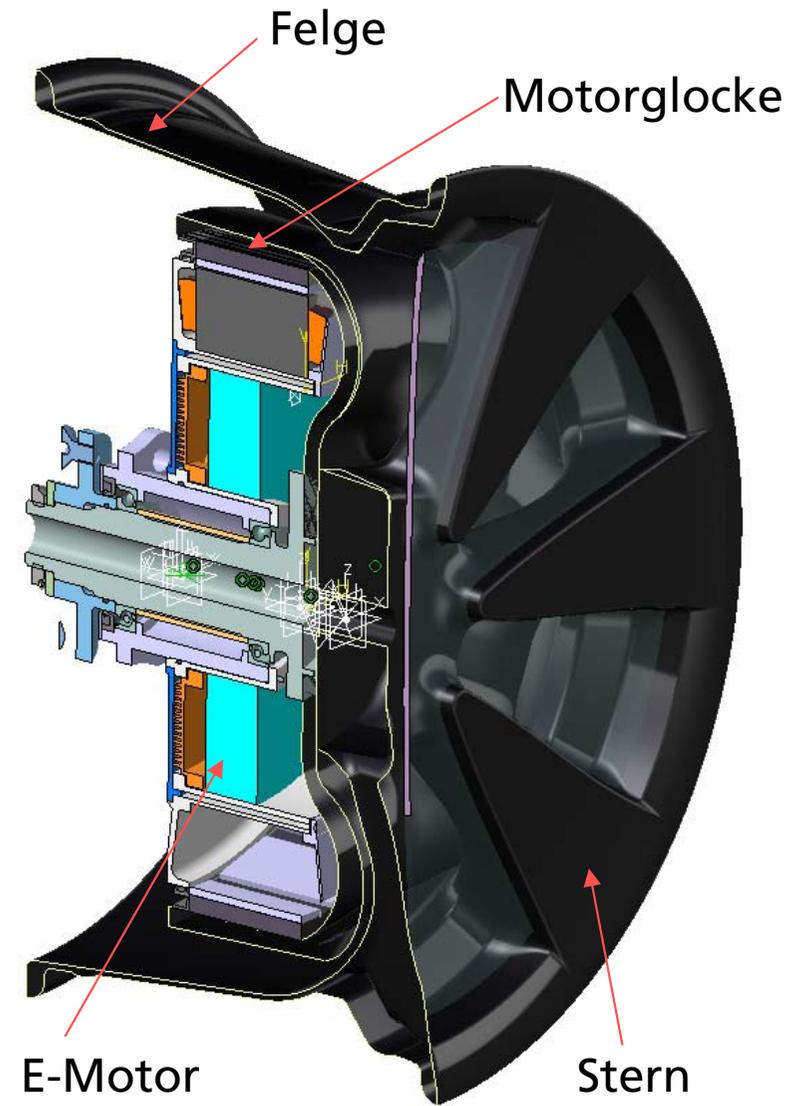
Formen des Leichtbaus – Betriebsfester Leichtbau

Dauerfeste vs. betriebsfeste Bemessung



Leichtbau hat was mit der Bemessung zu tun!

Was ist die zentrale Entwicklungslinie der Elektromobilität im Handlungsfeld des Leichtbaus?



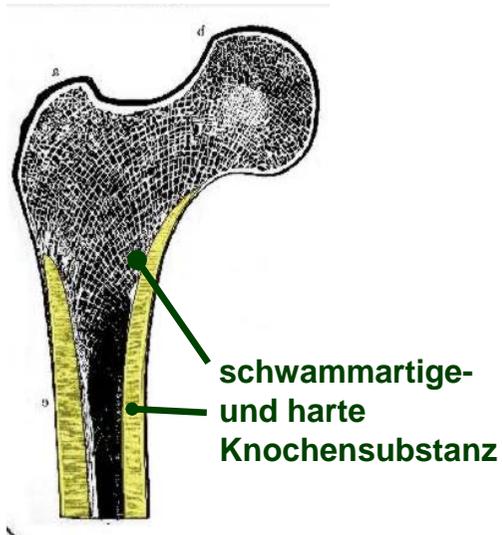
Die Funktionsintegration!

NBE 2011

12

Funktionsintegration eine Form des Leichtbaus

Unter Funktionsintegration wird die Zusammenfassung mehrere passiver, aktiver oder auch sensorischer Funktionen in einem Bauteil verstanden.



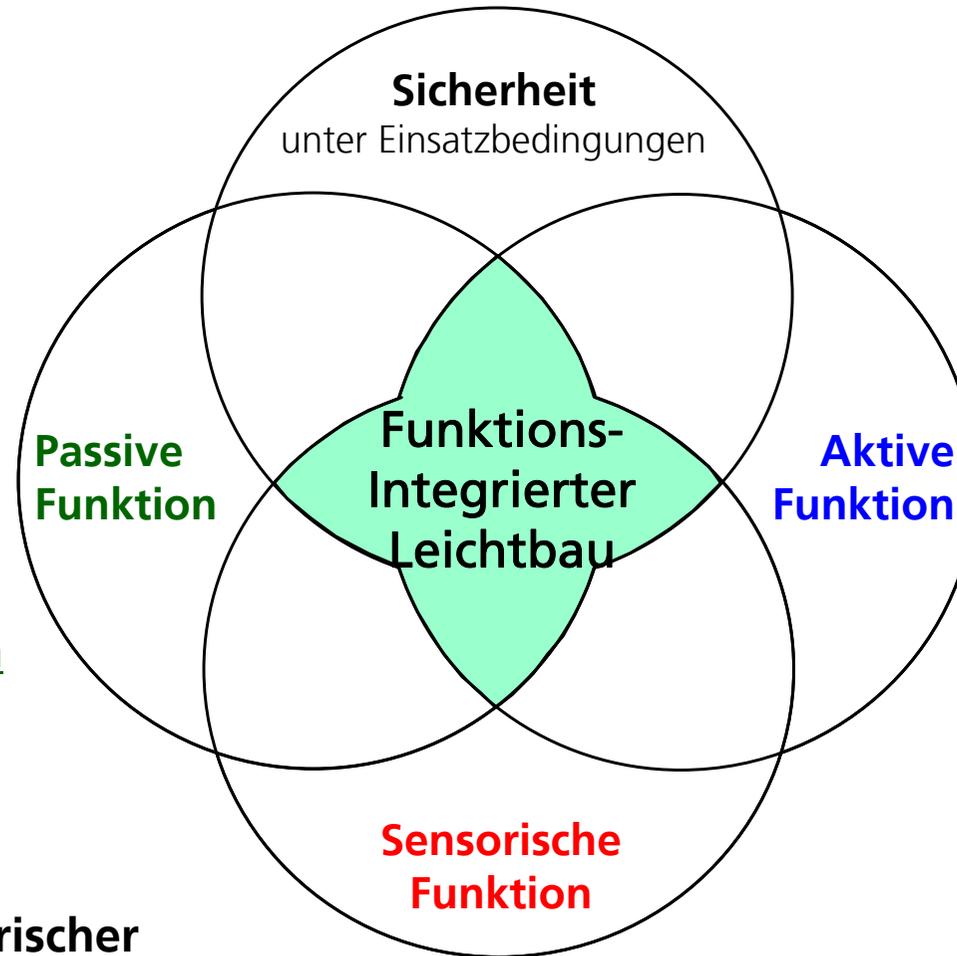
Multifunktionalität: Bionische
Strebe mit eingebauten Dämpfer

→ Das Bauteil wird dadurch komplexer.
Die Anzahl an Bauteilen aber geringer.

→ Die Herstellung des Bauteils wird dadurch komplexer.
Die Anzahl der Bauteilen in einer Baugruppe, die Fertigungsschritten, der Fügestellen und die Fertigungslogistik aber geringer.

Durch die Funktionsintegration lassen sich
Kosten, Fertigungsaufwand, Bauraum und
Gewicht einsparen.

Funktionsintegrierter Leichtbau



Passive Funktionen

z.B.

- Steifigkeit
- Dämpfung
- Wärmeleitung
- Speicherung elektrischer Energie
- ...

Aktuatorische Funktionen

z.B. zur aktiven

- Schwingungsreduktion
- Lärmreduktion
- Gestaltsanpassung
- Antriebe
- ...

Sensorische Funktionen

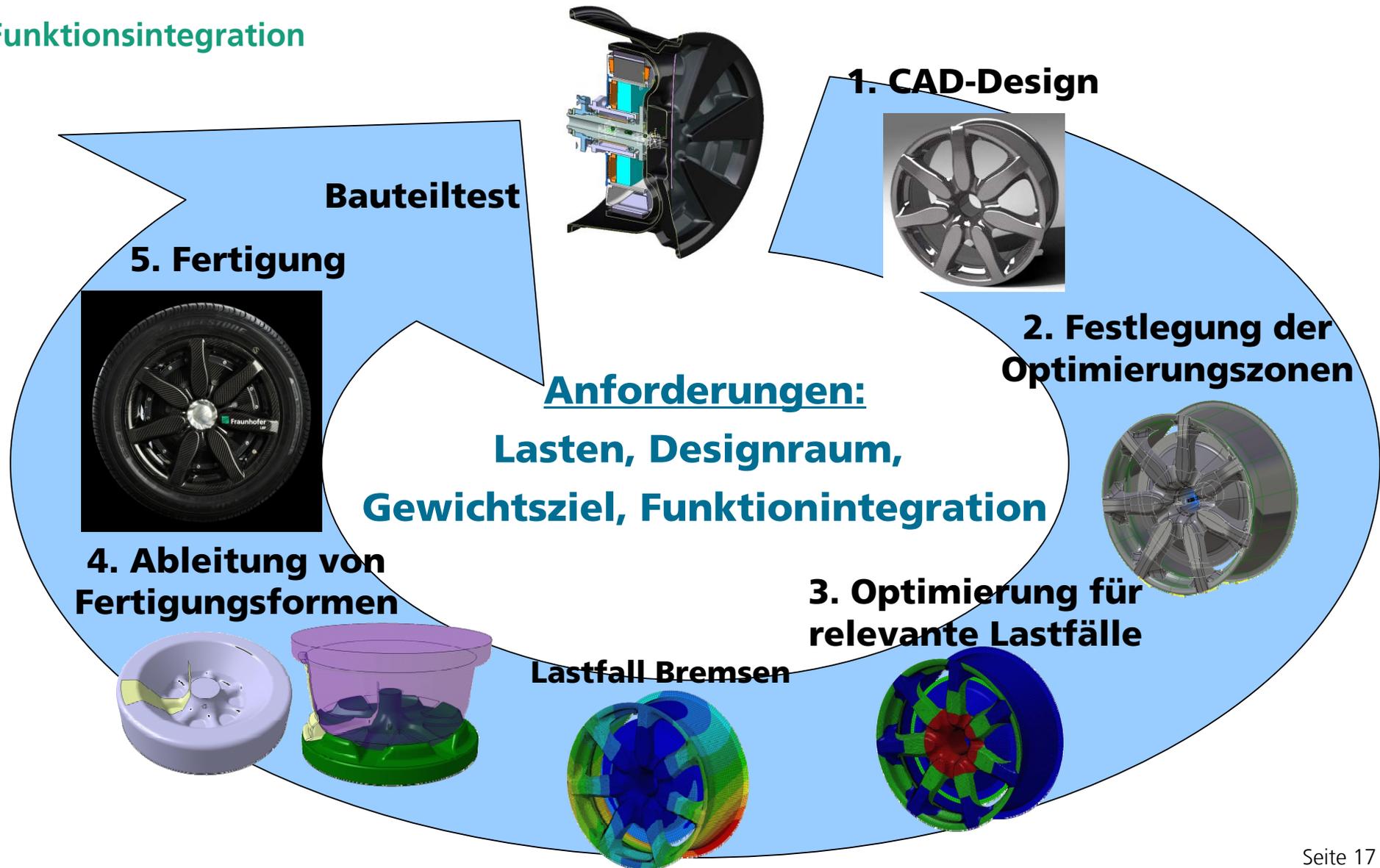
z.B. zur Strukturüberwachung als

- Lastmonitoring oder Schadensüberwachung (SHM)
- Funktionsüberwachung
- ...

Funktionsintegration eine Form des Leichtbaus

Beispiel aus dem Automobilbau: Prototypische Entwicklung eines CFK-Rad mit integriertem Motor

Funktionsintegration



Fertigung des CFK-Rad mit integriertem Motor



NBE 2011

Seite 18

Erprobung des CFK-Rad mit integriertem Motor



NBE 2011

Seite 19

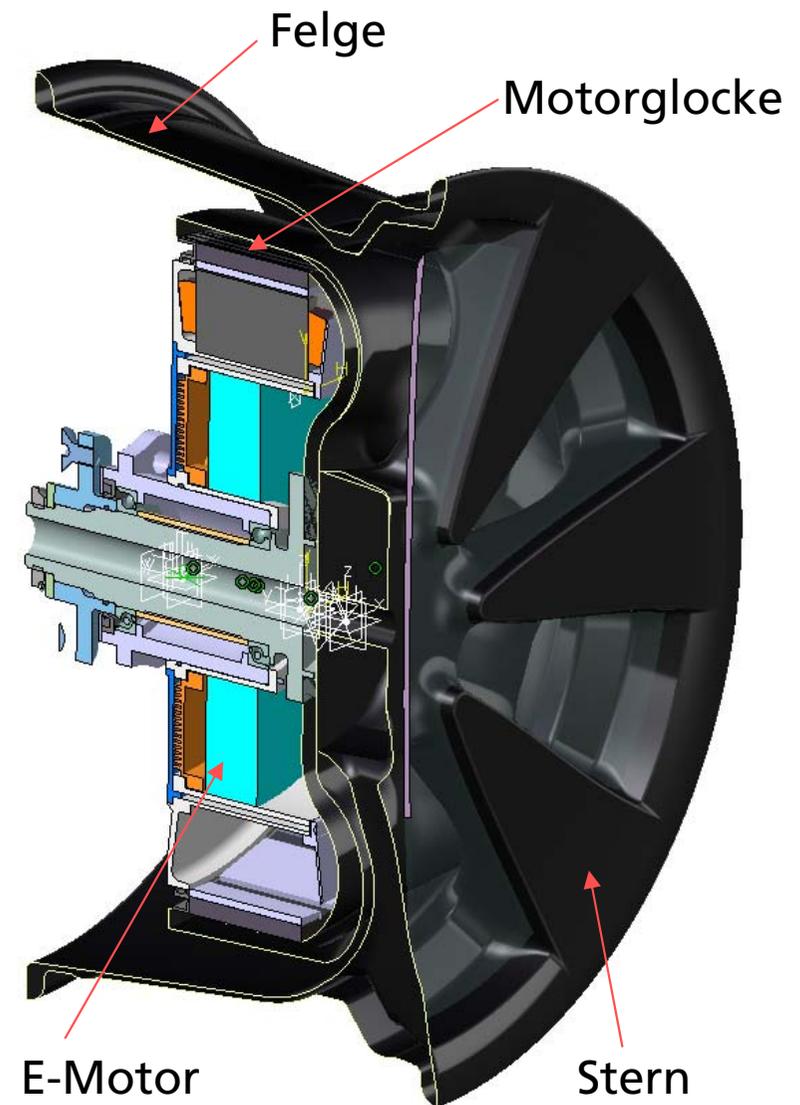
Was ist die zentrale Entwicklungslinie der Elektromobilität im Handlungsfeld des Leichtbaus?

Durch die „Funktionsintegration“ lassen sich:

- **Kosten,**
- **Fertigungsaufwand,**
- **Bauraum und**
- **Gewicht einsparen.**

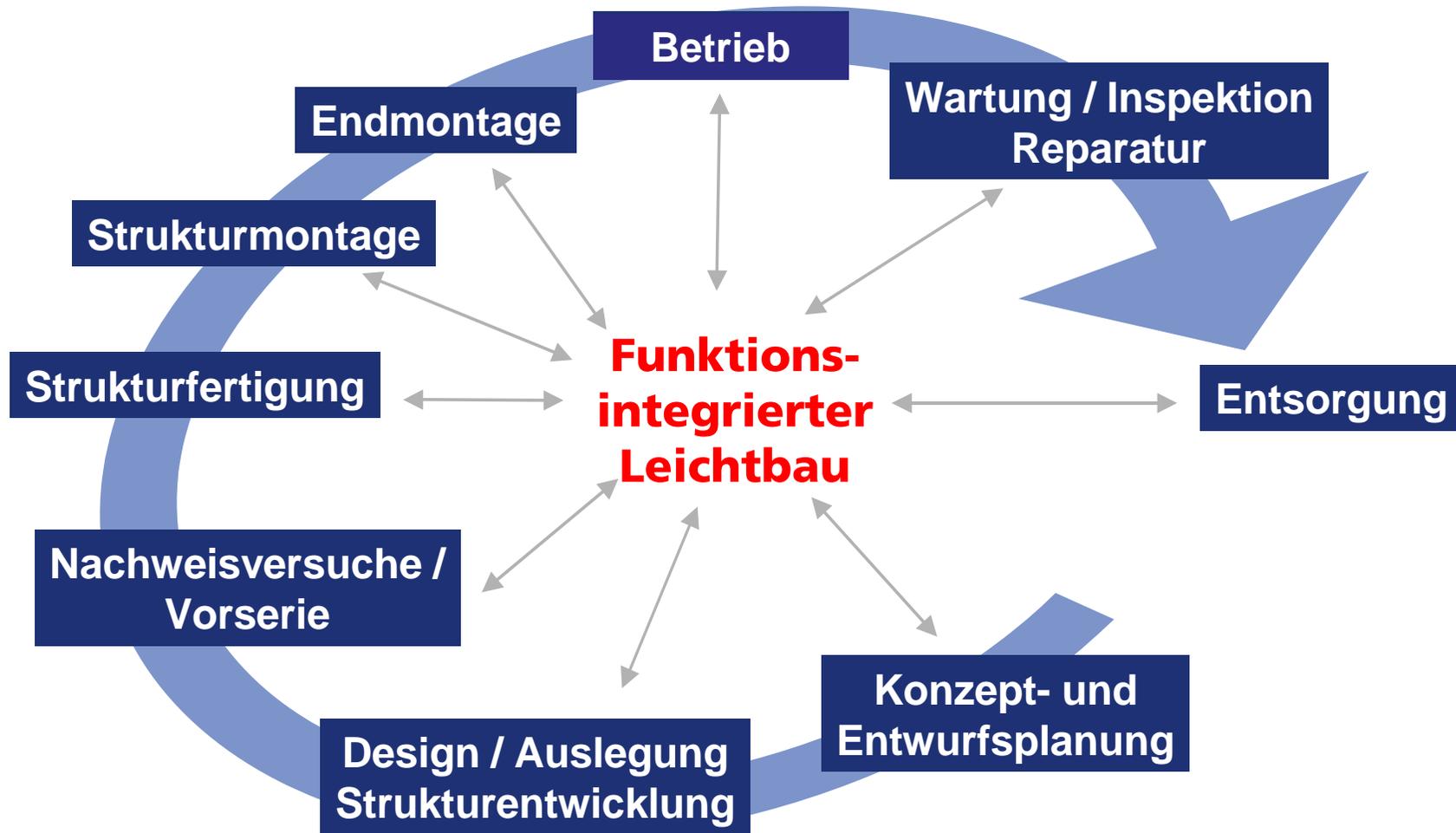
Für die E-Mobilität heißt das, die synergetische Integration elektrischer Funktionen in die Leichtbaustruktur.

Die Funktionsintegration!



Welche technischen Herausforderungen stellen sich?

Die Berücksichtigung der Funktionsintegration im Produktlebenszyklus



Welche technischen Herausforderungen stellen sich?

Auswirkung auf Auslegungsphilosophien

1. Schwingbruchsichere Konstruktion (**safe-life design**)

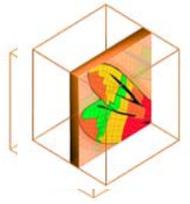
Prinzip: Primärschäden (Anrisse/Ausfall) sollen während der geplanten Lebensdauer auf jeden Fall vermieden werden.

2. Ausfallsicherer Entwurf (**damage tolerant design**)

Prinzip: Die katastrophale Auswirkung eines Primärschadens (Anrisse/Ausfalls) soll vermieden werden.

→ Konstruktive Maßnahmen, um die Ausbreitung von Rissen/.... zu behindern oder zu stoppen und eine ausreichende Resttragfähigkeit der geschädigten Struktur zu sichern.

→ Redundanzen



Welche technischen Herausforderungen stellen sich?

Kriterien für die Auslegung – Wie ist Versagen definiert?

z.B. für Komponenten in Faser-Kunststoff-Verbund

- **Bruch**

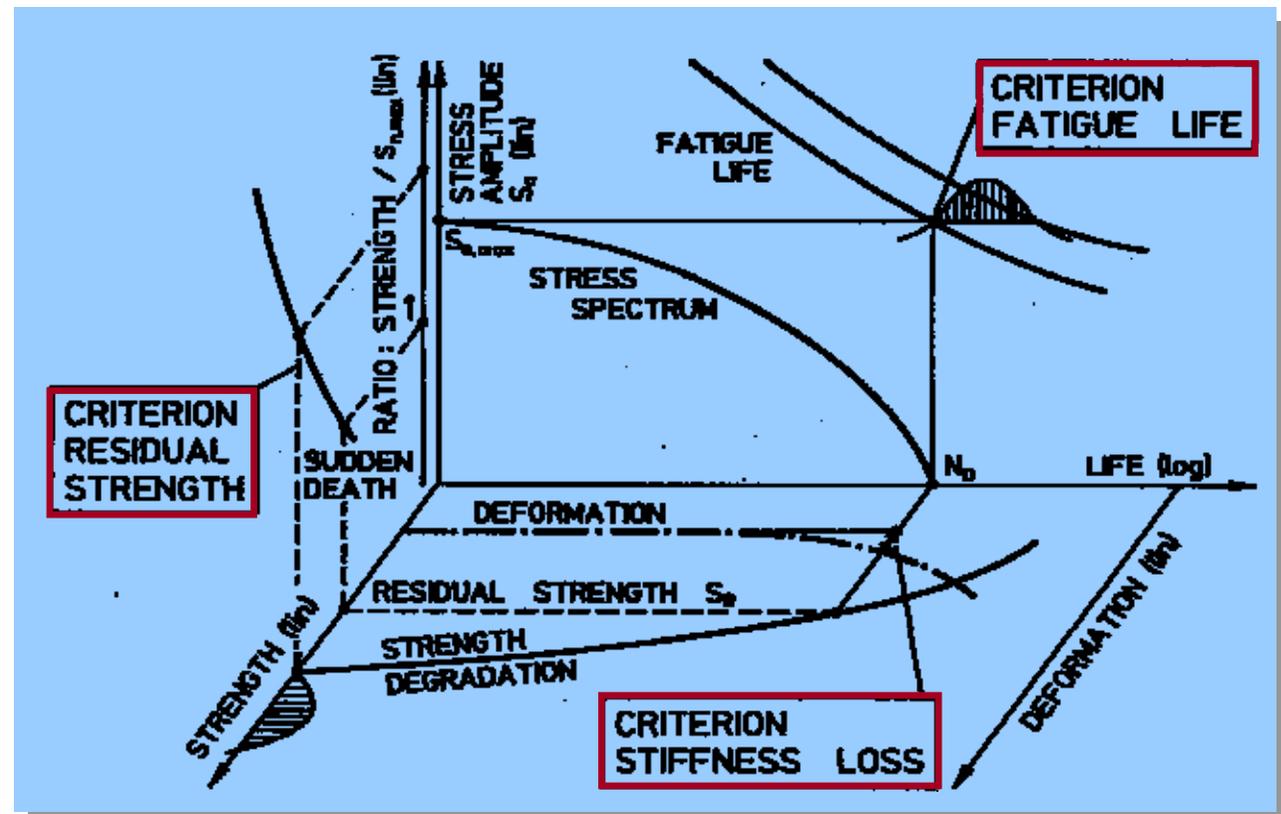
Das Bauteil muss alle in seiner vorgesehenen Lebensdauer einwirkenden Schwingbelastungen zerstörungsfrei ertragen.

- **Steifigkeitsverlust**

Das Bauteil darf die maximal erlaubte Verformung nicht überschreiten!
(Gebrauchstauglichkeit)

- **Restfestigkeit**

Das Bauteil muss zu jedem Zeitpunkt (auch am Ende seiner vorgesehenen Lebensdauer) die maximale Betriebslast ertragen.
(→ Vermeidung von „Sudden Death“)

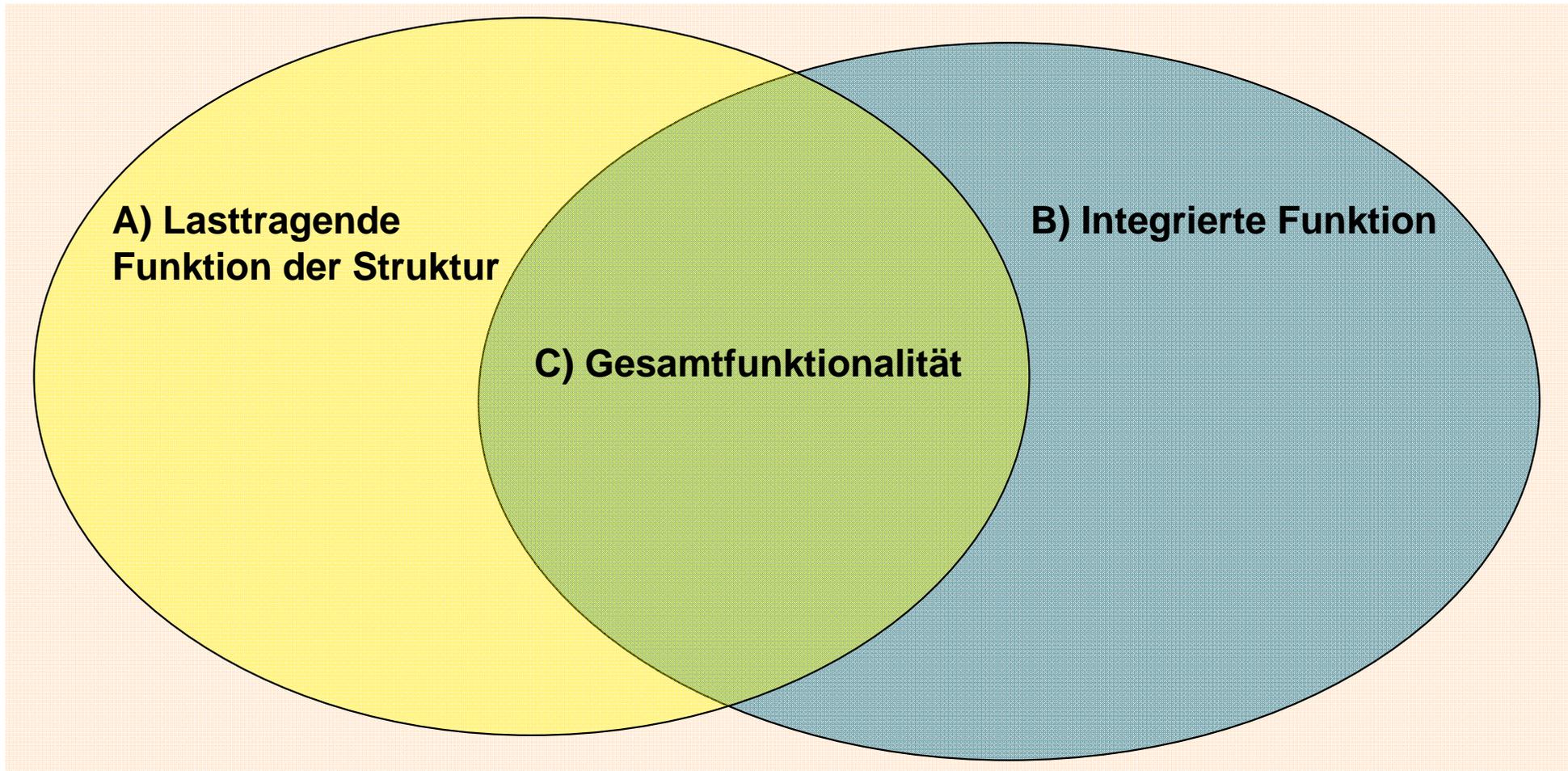


NBF 2011 Archivierungsangaben

Seite 23

Welche technischen Herausforderungen stellen sich?

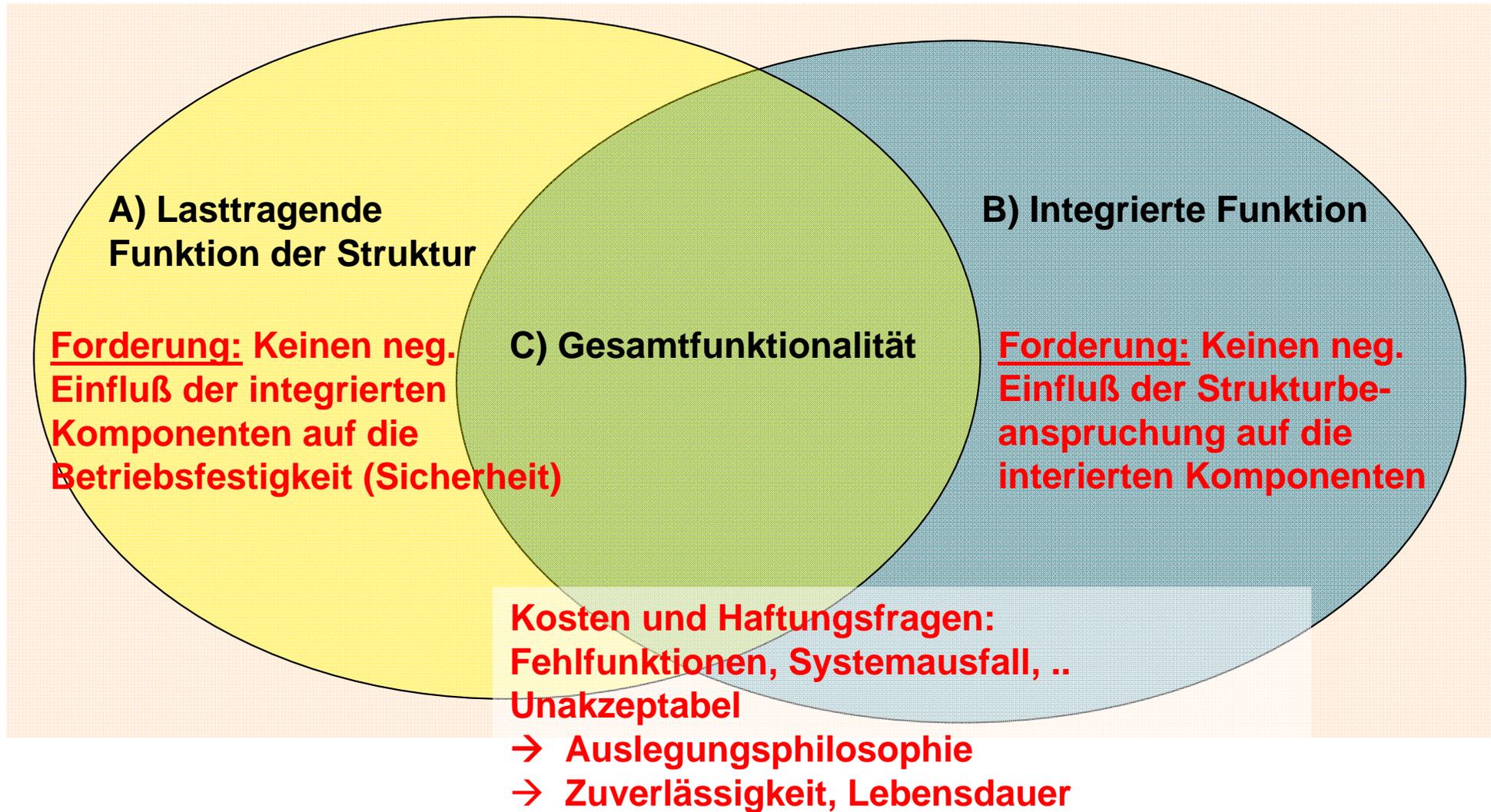
Multifunktionale Struktursysteme – Multifunktionelles Versagen



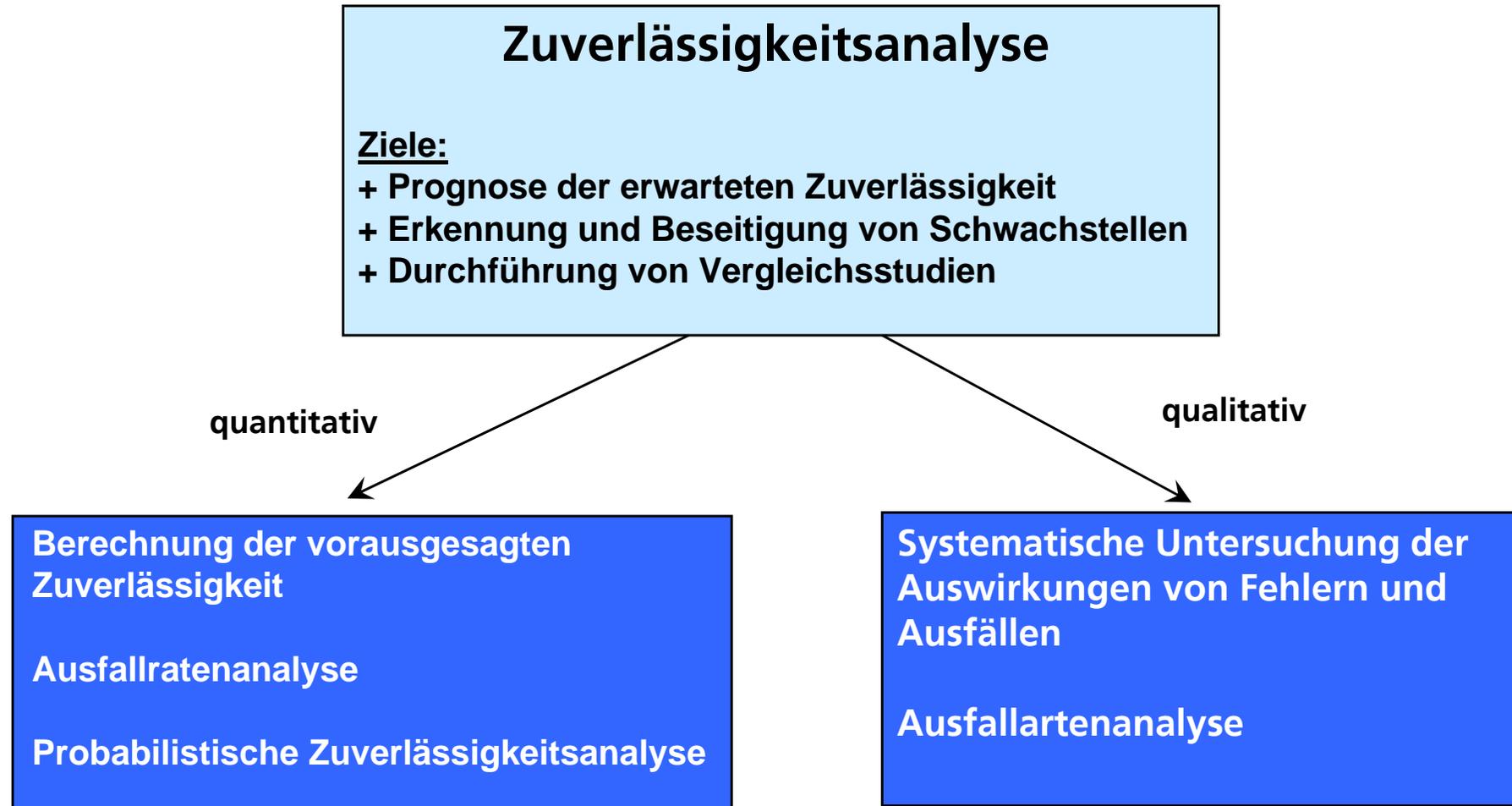
Struktursysteme, die **mehrere Funktionen** gleichermaßen übernehmen können, können auch **auf mehrere Weise versagen**.

Welche technischen Herausforderungen stellen sich?

Anforderungen definiert durch Sicherheit, Zuverlässigkeit und Kosten



Ein wichtiger Bestandteil bei der Auslegung wird bei multifunktionalem Versagen die Systemzuverlässigkeitsanalyse



Welche fachlichen Kompetenzanforderungen sind damit verbunden?

Basiswissen:

- schulische Basis
- Grundstudium

Mathematik

Physik

Chemie

Deutsch

Englisch

...

Grundwissen:

- baut auf das Basiswissen auf
- Verknüpft Basiswissen

Mechanik

Dynamik

Strömungslehre

Thermodynamik

Elektrotechnik

Werkstoffkunde

Fertigungstechnik

...

Systemwissen:

- baut auf das Grundwissen auf
- verknüpft Grundwissen

Leichtbau

Maschinenelemente

Konstruktionslehre

Apparatebau

Flugzeug-/Schiffs- oder
Fahrzeugbau

Antriebstechnik

...

***Wissen &
Verstehen***

***Wissen &
Verstehen***

***Ingenieurmäßige
Praxis***

Seite 29

Welche fachliche Kompetenzanforderungen sind damit verbunden?

1. Wissen und verstehen

Grundverständnis, daß es ermöglicht Auslegungsmethoden des Leichtbaus richtig einzusetzen:

- Technische Mechanik, Bauweisen, Fertigung, **Elektrotechnik**
- Analyse realisierter Leichtbaustrukturen,

2. Ingenieurgemäßes Entwickeln und Konstruieren

- Strukturen/Bauweise zu kategorisieren,
- **Elektrische Antriebe, Energieversorgungssysteme, ... auswählen,**
- Geeignete Berechnungs-Auslegungsverfahren auswählen ...

3. Ingenieurpraxis - Untersuchen und Bewerten

- Strukturmechanische Untersuchungen
- Vorgehen beim einer Bauteiloptimierung

4. Schlüsselqualifikationen

Verständnis um den Einfluß des Leichtbaus im Entwicklungsprozeß und wie Optimierungen aus Sicht des Leichtbaus durchzuführen sind.

Ziel hierbei sollte immer eine deduktive Herangehensweise sein.

*Interdisziplinarität
Leichtbau - Elektrotechnik*

Welche Kompetenzanforderungen stellen sich für den Ingenieur?

Arthur Schopenhauer - „Aphorismen zur Lebensweisheit“, Seite 207

„ Wer nicht zeitlebens gewissermaßen ein großes Kind bleibt, sondern ein ernsthafter, nüchterner, durchweg gesetzter und vernünftiger Mann wird, kann ein sehr nützlicher und tüchtiger Bürger dieser Welt sein; nur nimmermehr ein Genie“, „...jedes Genie ist schon darum ein Kind, weil es in die Welt hinausschaut als in ein Fremdes.... “. → Kreativität!!

Mark Aurel - "Selbstbetrachtungen" VI, 52

"Wer Ruhm zu erlangen sucht, sieht in der Tätigkeit anderer das eigene Glück, der Sinnfrohe in der eigenen Reizempfindlichkeit, der Verständige im eigenen Tun." → Individualität!!

Welche Kompetenz benötigt ein Ingenieur oder was sind die persönlichen Eigenschaften die neues Hervorbringen?

- Idealismus / Pioniergeist
- Kreativität
- Individualität / Selbstständigkeit
- Durchhaltevermögen / Willenskraft
- Begeisterungsfähigkeit
- Teamfähigkeit ...

Das zu lehren ist m.E. die Kunst und Schwierigkeit!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bleiben Sie mit uns . . .

Mit Sicherheit **innovativ.**