Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

1.1 Problemstellung 1

1.2 Zielsetzung 2

1.3 Vorgehensweise 2

2 Stand der Technik 5

2.1 Vorgehensmodelle des Produktentwicklungsprozesses 5

2.1.1 Der Front-End-Prozess 5

2.1.2 Produktentwicklung nach VDI 2221 und VDI 2222/1 7

2.1.3 Methodischer Entwurf mechatronischer Produkte 9

2.2 Umgang mit Unsicherheiten im Entwicklungsprozess 12

2.2.1 Unsicherheiten in der Planungsphase 12

2.2.2 Unsicherheit bei Konzeption und Auslegung 17

2.2.3 Fehler- und Zuverlässigkeitsanalyse 23

2.2.4 Wirtschaftliche Bewertung unter Unsicherheit 30

2.2.5 Unsicherheit in der Test- und Erprobungsphase 32

2.3 Zusammenfassung 33

3 Herausforderungen beim Umgang mit Unsicherheit 35

3.1 Verknüpfung der vorgestellten Methoden 35

3.1.1 Durchgängigkeit der Ansätze 35

3.1.2 Quantitative Ansätze in der Konzeptphase 36

3.2 Anforderungen an eine ganzheitliche Betrachtungsweise 37

3.3 Bewertung der Ansätze 38

4 Probabilistische Methoden im Systementwurf 41

4.1 Unsicherheit – was ist das? 41

4.2 Quellen der Unsicherheit 42

4.2.1 Externe Quellen unsicherer Information 42

4.2.2 Interne Quellen unsicherer Information 44

4.3 Beschreibung von Unsicherheit mit probabilistischen Methoden 45

4.4 Nutzen probabilistischer Methoden 46

4.4.1 Bewertung der Entwicklungschancen und -risiken 46

4.4.2 Identifikation von Schlüsselfragen 46

4.4.3 Verbesserung der Systemstabilität 47
4.4.4 Parallelbearbeitung von Entwicklungsschritten 48

4.5 Anwendungsfelder 49
4.5.1 Technologieentwicklung und Innovationsmanagement 49
4.5.2 Konzeptoptimierung mechatronischer Systeme 51
4.5.3 Auslegungsberechnung 53

4.6 Mathematische Grundlagen probabilistischer Methoden 54
4.6.1 Berechnung der Faltungsintegrale 54
4.6.2 Mathematisch-analytisches Näherungsverfahren 55
4.6.3 Monte-Carlo Methode 56
4.6.4 Expansions- und Verdichtungseffekt 56

4.7 Modellbildung und Simulation 58
4.7.1 Problemdefinition 58
4.7.2 Identifikation der Modellparameter 58
4.7.3 Detaillierungsgrad 59
4.7.4 Strukturierung probabilistischer Modelle 60

5 Konzeptvergleich drehzahlvariabler Nebenaggregatantriebe 63

5.1 Entwicklungsziel im Fahrzeugbau: Verbrauchsreduzierung 63

5.2 Konzept des drehzahlvariablen Nebenaggregatantriebs 65
5.2.1 Funktion und Antrieb der Nebenaggregate 65
5.2.2 Alternative Nebenaggregatantriebe 66
5.2.3 Bewertung der Nebenaggregatantriebe 68
5.2.4 EU-Fahrzyklus 71
5.2.5 Mathematisches Modell 72
5.2.6 Modellparameter 75

5.3 Schritt 1: Identifikation der wichtigsten Einflussgrößen 76

5.4 Schritt 2: Verbesserte Modellierung der wichtigen Einflussgrößen 82

5.5 Schritt 3: Szenarienbetrachtung 84

6 Zusammenfassung und Ausblick 89

Anhang 91

7 Grundlagen der Verarbeitung von Wahrscheinlichkeiten 91

7.1 Begriffsdefinition 91
7.1.1 Zufallsvariable, Dichtefunktion und Verteilungsfunktion 91
7.1.2 Erwartungswert, Median und Modus 91
7.1.3 Varianz, Standardabweichung und Variationskoeffizient 92
7.1.4 Momente und Kumulanten stetiger Zufallsvariablen 93
7.1.5 Schiefe und Exzess 95

7.1.6 Betaverteilung 95
7.2 Faltungsintegrale 97
7.3 Näherungsmethode 97
7.4 Monte-Carlo Methode 99

Literaturverzeichnis 103

Lebenslauf 111