

**Systemtheorie und Lebensdauerbewertung für
Geräte der Meerestechnik**

- Ein ganzheitlicher Ansatz -

Teil 1 Grundlagen

von Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Dr. oec. Uwe Rudolf

Vorlesungen zur Meerestechnik

herausgegeben von:
Prof. Dr.-Ing. habil. M. Paschen
Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Dr. oec. U. Rudorf
Dr.-Ing. S. Schreier
Dipl.-Technomath. H. Knuths

Uwe Rudorf

Systemtheorie und Lebensdauerbewertung für Geräte der Meerestechnik

Teil 1 Grundlagen

Shaker Verlag
Aachen 2010

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Copyright Shaker Verlag 2010

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-9454-0

ISSN 2190-9962

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Einleitung.....	1
1 Die Entstehung des Systemgedankens.....	4
1.1 Die Systemtheorie nach Luhmann	5
1.2 Definition eines technischen Systems und seiner Systemkomponenten	9
1.3 Geschichtliche Betrachtung.....	11
1.4 Phasen des Systemgedankens.....	13
1.5 Weitere Definitionen.....	13
2 Die Einheit von Systemgedanken und Systemlebensdauer	17
2.1 Das Umfeld des Systemgedankens	17
2.2 System und Produkt	19
2.3 Die Lebensdauer eines Systems	20
3 Die Darstellung der Lebensdauer	23
3.1 Die Etappen des Lebensdauerzyklusses	23
3.2 Varianten der konzeptionellen Betrachtung der Einzelphasen.....	25
3.3 Einflussfaktoren auf den Lebensdauerzyklus	27
3.4 Veränderung von Materialeigenschaften im Lebensdauerzyklus.....	29
4 Messung und Vorschau der Lebensdauer.....	31
4.1 Messung von Lebensdauerdaten	31
4.2 Die Gebrauchsdauer	34
4.3 Die Ermittlung von Gebrauchsdauerkennwerten	35
4.3.1 Gebrauchsdauerkenndatenermittlung für Kunststoffe.....	36
4.3.2 Gebrauchsdauerkenndatenermittlung für metallische Werkstoffe	44
4.3.3 Gebrauchsdauerkenndatenermittlung für beschichtete metallische..... Werkstoffe	48
4.3.4 Gebrauchsdauerdaten für elektrische und elektronische Kompo-..... nenten	49

4.4	Die Kombination von Gebrauchsdauerdaten	49
4.4.1	Die Einzelwertfolge von Gebrauchsdauerzyklen	51
4.4.2	Die Darstellung zusammenfassender Werte von Gebrauchsdauerzyklen	52
4.4.3	Die Nutzung des Minimalwertes der Gebrauchsdauerzyklen	53
4.4.4	Die Nutzung des Medians von Gebrauchsdauerwerten.....	55
4.5	Lebensdauervoraussagen aus Gebrauchsdauerwerten.....	63
5	Die Kostenbewertung der Produktlebensdauer	67
5.1	Der Kostenbegriff.....	68
5.2	Kostenentwicklung während der Produktlebensdauer	69
5.3	Einfluss der Alterung	72
5.4	Einsatz von Stabilisatoren	73
5.5	Veränderung der Belastungsgrenzen.....	74
5.6	Einfluss von Reparatur, Instandhaltung und Modernisierung.....	76
6	Die Ökologie im Rahmen der Systemtheorie.....	81
6.1	Systemphasen und Ökologie	81
6.2	Schwerpunkte in der herstellerrdominierten Phase	83
6.3	Schwerpunkte in der anwenderdominierten Phase.....	85
6.4	Schwerpunkte in der entsorgungsdominierten Phase.....	86
6.5	Ökobilanz für ein technisches System.....	87
7	Die Anwendung des Systemgedankens in der Meerestechnik.....	91
7.1	Systeme in der Meerestechnik.....	91
7.2	Vorteile des Systemgedankens.....	93
7.3	Nutzung des Systemgedankens	94
8	Weiterentwicklungsmöglichkeiten der Systemtheorie im Rahmen der ... Meerestechnik.....	96
9	Literaturverzeichnis.....	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1	Unterschiedliche Betrachtungsweisen für ein System.....	4
Abbildung 1.2	Aufbau eines Systems in räumlicher Betrachtungsweise	10
Abbildung 2.1	Zusammenhang zwischen System und Umgebungsmedium..	18
Abbildung 2.2	Darstellung des Lebensdauerbegriffes in unterschiedlichen	
	Sichtweisen.....	22
Abbildung 3.1	Wesentliche Etappen des Lebensdauerzyklusses	23
Abbildung 3.2	Die Phasen der Polymernutzungsdauer	29
Abbildung 4.1	Probekörper für Zugfestigkeits-Dehnungs-Prüfungen,.....	
	Abmessungen	38
Abbildung 4.2	Probekörper für Zugfestigkeits-Dehnungs-Prüfungen,.....	
	Aussehen.....	38
Abbildung 4.3	Ansicht einer Zugdehnungsmaschine zur Ermittlung von.....	
	Messwerten für die Zugfestigkeit und Reißdehnung.....	39
Abbildung 4.4	Ansicht der Einspannfutter einer Zugdehnungsmaschine mit ...	
	der Kennzeichnung der Einspannbewegung für die Prüflinge ...	
	(grün) und der Bewegungsrichtung der Dehnung (rot)	39
Abbildung 4.5	Typisches Zug-Dehnungs-Diagramm für 5 Kunststoff-Prüf-.....	
	körper.....	40
Abbildung 4.6	Graph zur Ermittlung eines Einzelwertes der Gebrauchsdauer ..	
	bei einer festgelegten Prüftemperatur	41
Abbildung 4.7	Zusammenführung der Einzelwerte der Gebrauchsdauer in.....	
	einer Grafik.....	42
Abbildung 4.8	Extrapolation des Einzelwertgraphen der Gebrauchsdauer	
	auf niedrigere Temperaturen.....	43
Abbildung 4.9	Prinzipdarstellung eines metallischen Prüfkörpers.....	45
Abbildung 4.10	Prinzipbeispiel eines Zug-Dehnungs-Diagramms für metal-	
	lische Prüfkörper	46

Abbildung 4.11	Unterschiedliche Werte der Gebrauchsdauer für Einzelelemente eines Systems	50
Abbildung 4.12	Darstellung der Aufeinanderfolge der Gebrauchsdauerzyklen .. für die 5 Elemente des Systems	51
Abbildung 4.13	Unterschiedliche statistische Werte für die Gebrauchsdauer .. der Systemelemente	53
Abbildung 4.14	Vereinheitlichung der Gebrauchsdauerzyklen des Systems .. beim Minimalwert	54
Abbildung 4.15	Differenzen der Gebrauchsdauerwerte bei Nutzung des Medianwertes.....	55
Abbildung 4.16	Darstellung der Risikobereiche bei Mediannutzung für die Systemgebrauchsdauer	56
Abbildung 4.17	Verschiedene Dichtefunktionen der Normalverteilungen	57
Abbildung 4.18	Darstellung der Mediannutzung für die Systemgebrauchsdauer über zwei Medianwertzyklen.....	58
Abbildung 4.19	Extrapolationsbeispiel für einen Gebrauchsdauerparameter ..	60
Abbildung 4.20	Unterschied zwischen Gebrauchsdauer T_{SYSTEM} und Lebensdauer T_{Leb}	63
Abbildung 5.1	Prinzipielle Darstellung des Kostenverlaufes in der herstellerdominierten Phase des Lebensdauerzyklusses eines Systems	70
Abbildung 5.2	Darstellung der Kosten über den gesamten Lebensdauerzyklus eines Systems	70
Abbildung 5.3	Kumulative Kostendarstellung der einzelnen Lebensdauerphasen	71
Abbildung 5.4	Prinzipielle Abhängigkeit zwischen realer Belastung und Alterungsverhalten von Parametern bei Materialien und Komponenten bei nicht irreversibler Materialschädigung.....	75
Abbildung 5.5	Einfluss einer irreversiblen Belastung auf den Alterungsprozess	76
Abbildung 5.6	Einfluss der Reparatur auf die Materialeigenschaft.....	77

Abbildung 5.7	Einfluss der Instandhaltung auf die Materialeigenschaft.....	77
Abbildung 5.8	Kosteneinsparungspotential durch regelmäßige Instand-	
	haltung	78
Abbildung 5.9	Kosteneinsparungspotenzial durch regelmäßige Instandhal-.....	
	tung und Modernisierung	79
Abbildung 5.10	Darstellung des Nutzungsprozesses einer Systemkomponente .	
	mit Nutzung der Instandhaltung	79
Abbildung 5.11	Darstellung des Nutzungsprozesses einer Systemkomponente .	
	mit ausschließlichem Einsatz von Reparaturen	80
Abbildung 6.1	Einordnung der Umwelttechnik in die Systemtechnik	81
Abbildung 6.2	Einfluss der ökologischen Bewertung auf alle Systemphasen	82
Abbildung 6.3	Gesamtzusammenhang zwischen Technik, Kosten und Um-	
	welt	83
Abbildung 6.4	Darstellung des Inhalts einer Ökobilanz vom ABMG-itm	88
Abbildung 6.5	Umweltwirkungen, dargestellt in einer Ökobilanz	89

