

Corinna Liebl

**Systematische Energiedatenerfassung
in der Produktion**



Forschungsberichte IWB

Band 354

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2019

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.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Sämtliche, auch auszugsweise Verwertungen
bleiben vorbehalten.

Copyright © utzverlag GmbH · 2020

ISBN 978-3-8316-4853-5

Printed in Germany
utzverlag GmbH, München
089-277791-00 · www.utzverlag.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	V
Verzeichnis der Formelzeichen und Indizes	IX
Geschlechterspezifische Formulierung	XI
1 Einführung	1
1.1 Ausgangssituation	1
1.2 Zielsetzung	3
1.3 Fokussierung auf elektrischen Strom	6
1.4 Aufbau der Arbeit	7
2 Grundlagen und Stand der Forschung	9
2.1 Kapitelüberblick	9
2.2 Normative Rahmenbedingungen des Energiemanagements	9
2.2.1 Energiemanagementsysteme nach DIN EN ISO 50001	10
2.2.2 Energieaudits nach DIN EN 16247	13
2.2.3 Energiemanagement nach VDI 4602	15
2.2.4 Bestimmung des Energiebedarfs von Werkzeugmaschinen nach VDMA 34179	17
2.2.5 Definition und Abgrenzung des Begriffs <i>Energiedatenanalyse</i>	18
2.3 Zielstellungen von Energiedatenanalysen	19
2.3.1 Steigerung der Energieeffizienz	20
2.3.2 Bilanzierung von Energie- und Stoffflüssen	23
2.3.3 Energieflexibilität in der Produktion	25
2.4 Ansätze für Energiedatenanalysen in der Produktion	27
2.4.1 Übersicht über die Forschungslandschaft	28
2.4.2 Konzeptionelle Untersuchungen auf der Ebene von Betrieben und Standorten	30
2.4.3 Konzeptionelle Untersuchungen auf der Ebene von Maschinen und Zuständen	31

2.4.4	Konzeptionelle Untersuchungen auf der Ebene einzelner Komponenten	34
2.4.5	Softwarearchitektur beschreibende Arbeiten auf der Ebene von Betrieben und Standorten	36
2.4.6	Softwarearchitektur beschreibende Arbeiten auf der Ebene von Maschinen und Zuständen	37
2.4.7	Softwarearchitektur beschreibende Arbeiten auf der Ebene einzelner Komponenten	39
2.5	Zusammenfassung	41
3	Status quo, Handlungsbedarf und Betrachtungsraum	43
3.1	Kapitelüberblick	43
3.2	Hemmnisse und Herausforderungen beim Einsatz von Energiedatenanalysen	43
3.3	Handlungsbedarf	48
3.4	Definition des Betrachtungsraums	49
3.4.1	Definition der Produktionsebenen	49
3.4.2	Definition der elektrotechnischen Ebenen	50
3.4.3	Gegenüberstellung von Produktionsebenen und elektrotechnischen Ebenen	51
3.4.4	Definition des Betrachtungsraums	53
3.5	Zusammenfassung	54
4	Methode zur systematischen Energiedatenerfassung in der Produktion	55
4.1	Kapitelüberblick	55
4.2	Anforderungen	55
4.3	Übersicht über die Methode	56
4.4	Auswahl der angestrebten Analyse	57
4.5	Definition der notwendigen Datenarten	72
4.6	Bestimmung der notwendigen Messfrequenzen	75
4.7	Ansätze zur Reduzierung des Bedarfs an Zusatzsensoren	86
4.7.1	Näherung durch einmalige Messung bei konstantem energetischen Verhalten	89

4.7.2	Näherung durch einmalige Messung bei zyklischem energetischen Verhalten	89
4.7.3	Nutzung steuerungsinterner Variablen bei variablem energetischen Verhalten	89
4.7.4	Mustererkennung bei variablem energetischen Verhalten	90
4.8	Zusammenfassung	93
5	Beispielhafte Umsetzung einer automatisierten Energiedatenerfassung	95
5.1	Kapitelüberblick	95
5.2	Datenlogger-Applikation	98
5.2.1	Aufbau und Funktionsweise	98
5.2.2	Messtechnische Leistungsfähigkeit	105
5.3	Analysetool	107
5.3.1	Aufbau und Funktionsweise	107
5.3.2	Qualität der Näherung für die Komponenten mit konstantem oder zyklischem energetischen Verhalten	115
5.4	Zusammenfassung	117
6	Anwendung und Validierung der Methode	119
6.1	Kapitelüberblick	119
6.2	Betrachtung der Maschinenebene	119
6.3	Betrachtung der Aggregatsebene	127
6.4	Fazit	136
7	Bewertung der Ergebnisse	139
7.1	Kapitelüberblick	139
7.2	Überprüfung der Anforderungserfüllung	139
7.3	Wirtschaftliche Bewertung	141
7.4	Voraussetzungen und Einschränkungen für eine Erweiterung auf weitere Produktionsebenen	146
8	Zusammenfassung und Ausblick	149
8.1	Zusammenfassung	149
8.2	Ausblick	152

9 Literaturverzeichnis	155
10 Veröffentlichungen der Autorin	165
11 Verzeichnis der betreuten Studienarbeiten	167
12 Anhang	169
12.1 Einzelnachweis der Quellen aus Abbildung 2.6	169
12.2 Übersicht über elektrische Messgeräte	171

- 319 **Julian Christoph Sebastian Backhaus:** Adaptierbares aufgabenorientiertes Programmiersystem für Montagesysteme
264 Seiten - ISBN 978-3-8316-4570-1
- 320 **Sabine G. Zitzlsberger:** Flexibles Werkzeug zur Umformung von Polycarbonatplatten unter besonderer Beachtung der optischen Qualität
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-4573-2
- 321 **Christian Thiemann:** Methode zur Konfiguration automatisierter thermografischer Prüfsysteme
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-4574-9
- 322 **Markus Westermeier:** Qualitätsorientierte Analyse komplexer Prozessketten am Beispiel der Herstellung von Batteriezellen
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4586-2
- 323 **Thorsten Klein:** Agiles Engineering im Maschinen- und Anlagenbau
284 Seiten - ISBN 978-3-8316-4598-5
- 324 **Markus Wiedemann:** Methodik zur auslastungsorientierten Angebotsterminierung für hochvariante Produkte mit kundenindividuellen Leistungsanteilen
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-4599-2
- 325 **Harald Krauss:** Qualitätssicherung beim Laserstrahlschmelzen durch schichtweise thermografische In-Process-Überwachung
304 Seiten - ISBN 978-3-8316-4628-9
- 326 **Stefan Krotz:** Online-Simulation von fluidischen Prozessen in der frühen Phase der Maschinen- und Anlagenentwicklung
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4636-4
- 327 **Andreas Roth:** Modellierung des Rührschweißens unter besonderer Berücksichtigung der Spalttoleranz
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4639-5
- 328 **Philipp Benjamin Michaeli:** Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien am Beispiel der Triebwerksindustrie
288 Seiten - ISBN 978-3-8316-4642-5
- 329 **Michael Richard Niehues:** Adaptive Produktionssteuerung für Werkstattfertigungssysteme durch fertigungs begleitende Reihenfolgebildung
314 Seiten - ISBN 978-3-8316-4650-0
- 330 **Johannes Stock:** Remote-Laserstrahltrennen von kohlenstoffverstärktem Kunststoff
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4662-3
- 331 **Andreas Fabian Hees:** System zur Produktionsplanung für rekonfigurierbare Produktionssysteme
218 Seiten - ISBN 978-3-8316-4676-0
- 332 **Fabian Michael Distel:** Methodische Auslegung ultraschallbasierter berührungsloser Handhabungssysteme
292 Seiten - ISBN 978-3-8316-4679-1
- 333 **Christian Plehn:** A Method for Analyzing the Impact of Changes and their Propagation in Manufacturing Systems
276 Seiten - ISBN 978-3-8316-4695-1
- 334 **Josef Huber:** Verfahren zur Klassifikation von Ungängen bei der optischen Prüfung von Batterieseparatoren
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-4593-0
- 335 **Martin Schmid:** Kognitive Prozesssteuerung zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der Druckindustrie
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-4139-0
- 336 **Alexander Beltzki:** Rechnergestützte Minimierung des Verzugs laserstrahlgeschweißter Bauteile
234 Seiten - ISBN 978-3-8316-4254-0
- 337 **Georg Albin Josef Götz:** Methode zur Steigerung der Formatflexibilität von Verpackungsmaschinen
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4332-5
- 338 **Thomas Knoche:** Elektrolytbefüllung prismatischer Lithium-Ionen-Zellen
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-4714-9
- 339 **Johannes Graf:** Ein Vorgehensmodell zur automatisierten und qualitätskonformen Handhabung textiler Halbzeuge
262 Seiten - ISBN 978-3-8316-4745-3
- 340 **Georgios Dimitrios Theodosiadi:** Thermal Joining based on Reactive Multilayered Nanofolios
110 Seiten - ISBN 978-3-8316-4747-7
- 341 **Fabian Karl Keller:** Methodik zur energiebezugsorientierten Auftragsplanung
218 Seiten - ISBN 978-3-8316-4761-3

Forschungsberichte IWB ab Band 342

herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart und Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh,
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München

Forschungsberichte IWB ab Band 122 sind erhältlich im Buchhandel oder beim
utzverlag, München, Fax 089-277791-01, info@utzverlag.de, www.utzverlag.de

- 342 **Johannes Karl Bernhard Schmalz:** Rechnergestützte Auslegung und Auswahl von Greifersystemen
240 Seiten - ISBN 978-3-8316-4768-2
- 343 **Christoph Richter:** Modellbasierte Entwicklung von Mensch-Maschine-Schnittstellen im Maschinen- und Anlagenbau
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-4773-6
- 344 **Benedikt Sager:** Konfiguration globaler Produktionsnetzwerke
288 Seiten - ISBN 978-3-8316-4780-4
- 345 **Alexander Friedrich Schömann:** Antizipative Identifikation produktionstechnologischer Substitutionsbedarfe durch Verwendung von Zyklusmodellen
242 Seiten - ISBN 978-3-8316-4787-3
- 346 **Christian Rebelein:** Prognosefähige Simulation von Dämpfungseffekten in mechatronischen Werkzeugmaschinenstrukturen
270 Seiten - ISBN 978-3-8316-4790-3
- 347 **Toni Adam Krol:** Beitrag zur simulationsgestützten Steigerung der Bauteilmaßhaltigkeit für laserbasierte Strahlschmelztechnologien
272 Seiten - ISBN 978-3-8316-4807-8
- 348 **Joachim Jan Michiewicz:** Automatische simulationsgestützte Arbeitsplanung in der Montage
250 Seiten - ISBN 978-3-8316-4814-6

- 349 **Thilo Martens: Bedarfsgerechte Rohbiogasproduktion durch eine modellunterstützte Anpassung der Fütterungsstrategie**
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4815-3
- 350 **Simone Dietrich: Lichtbogenbasierte Pulverherstellung für die additive Fertigung**
246 Seiten - ISBN 978-3-8316-4822-1
- 351 **Christian Markus Seidel: Finite-Elemente-Simulation des Aufbauprozesses beim Laserstrahlschmelzen**
238 Seiten - ISBN 978-3-8316-4833-7
- 352 **Manuel Johannes Keßler: Fehlerdetektion und -vermeidung beim Rotationsreißschweißen.**
202 Seiten - ISBN 978-3-8316-4842-9
- 353 **Kai Philipp Bauer: Standortwahl für die Distribution mittels Luftfracht**
248 Seiten - ISBN 978-3-8316-4852-8
- 354 **Corinna Liebl: Systematische Energiedatenerfassung in der Produktion**
198 Seiten - ISBN 978-3-8316-4853-5