

Ein Verfahren zur Optimierung der Kraftwerksrevisions- planung und -durchführung

Von der Fakultät Konstruktions- und Fertigungstechnik
der Universität Stuttgart zur Erlangung
der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Abhandlung

vorgelegt von

Dipl. Wirtsch.-Ing. Siegfried Stender

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. E. Westkämper

Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. H.-J. Bullinger

Tag der Einreichung: 22.5.1996

Tag der mündlichen Prüfung: 10.3.1997

Siegfried Stender

Ein Verfahren zur Optimierung der Kraftwerksrevisionsplanung und -durchführung

Mit 36 Abbildungen



Springer

Dr.-Ing. Siegfried Stender

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. E. Westkämper

o. Professor an der Universität Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. H.-J. Bullinger

o. Professor an der Universität Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

D 93

ISBN-13: 978-3-540-63168-2

e-ISBN-13: 978-3-642-47902-1

DOI: 10.1007/978-3-642-47902-1

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils gültigen Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1997.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Gesamtherstellung: Copydruck GmbH, Heimsheim

SPIN 10632744

62/3020-543210

Geleitwort der Herausgeber

Über den Erfolg und das Bestehen von Unternehmen in einer marktwirtschaftlichen Ordnung entscheidet letztendlich der Absatzmarkt. Das bedeutet, möglichst frühzeitig absatzmarktorientierte Anforderungen sowie deren Veränderungen zu erkennen und darauf zu reagieren.

Neue Technologien und Werkstoffe ermöglichen neue Produkte und eröffnen neue Märkte. Die neuen Produktions- und Informationstechnologien verwandeln signifikant und nachhaltig unsere industrielle Arbeitswelt. Politische und gesellschaftliche Veränderungen signalisieren und begleiten dabei einen Wertewandel, der auch in unseren Industriebetrieben deutlichen Niederschlag findet.

Die Aufgaben des Produktionsmanagements sind vielfältiger und anspruchsvoller geworden. Die Integration des europäischen Marktes, die Globalisierung vieler Industrien, die zunehmende Innovationsgeschwindigkeit, die Entwicklung zur Freizeitgesellschaft und die übergreifenden ökologischen und sozialen Probleme, zu deren Lösung die Wirtschaft ihren Beitrag leisten muß, erfordern von den Führungskräften erweiterte Perspektiven und Antworten, die über den Fokus traditionellen Produktionsmanagements deutlich hinausgehen.

Neue Formen der Arbeitsorganisation im indirekten und direkten Bereich sind heute schon feste Bestandteile innovativer Unternehmen. Die Entkopplung der Arbeitszeit von der Betriebszeit, integrierte Planungsansätze sowie der Aufbau dezentraler Strukturen sind nur einige der Konzepte, die die aktuellen Entwicklungsrichtungen kennzeichnen. Erfreulich ist der Trend, immer mehr den Menschen in den Mittelpunkt der Arbeitsgestaltung zu stellen - die traditionell eher technokratisch akzentuierten Ansätze weichen einer stärkeren Human- und Organisationsorientierung. Qualifizierungsprogramme, Training und andere Formen der Mitarbeiterentwicklung gewinnen als Differenzierungsmerkmal und als Zukunftsinvestition in *Human Resources* an strategischer Bedeutung.

Von wissenschaftlicher Seite muß dieses Bemühen durch die Entwicklung von Methoden und Vorgehensweisen zur systematischen Analyse und Verbesserung des Systems Produktionsbetrieb einschließlich der erforderlichen Dienstleistungsfunktionen unterstützt werden. Die Ingenieure sind hier gefordert, in enger Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen, z.B. der Informatik, der Wirtschaftswissenschaften und der Arbeitswissenschaft, Lösungen zu erarbeiten, die den veränderten Randbedingungen Rechnung tragen.

Die von den Herausgebern geleiteten Institute, das

- Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart (IFF),
- Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA),
- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)

arbeiten in grundlegender und angewandter Forschung intensiv an den oben aufgezeigten Entwicklungen mit. Die Ausstattung der Labors und die Qualifikation der Mitarbeiter haben bereits in der Vergangenheit zu Forschungsergebnissen geführt, die für die Praxis von großem Wert waren. Zur Umsetzung gewonnener Erkenntnisse wird die Schriftenreihe "IPA-IAO - Forschung und Praxis" herausgegeben. Der vorliegende Band setzt diese Reihe fort. Eine Übersicht über bisher erschienene Titel wird am Schluß dieses Buches gegeben.

Dem Verfasser sei für die geleistete Arbeit gedankt, dem Springer-Verlag für die Aufnahme dieser Schriftenreihe in seine Angebotspalette und der Druckerei für saubere und zügige Ausführung. Möge das Buch von der Fachwelt gut aufgenommen werden.

E. Westkämper H.-J. Bullinger

Vorwort des Verfassers

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit am Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Stuttgart.

Herrn Professor Dr.-Ing. Dr. h.c. E. Westkämper bin ich für die wohlwollende Förderung und großzügige Unterstützung der Arbeit zu besonderem Dank verpflichtet.

Mein Dank gilt ebenfalls Herrn Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. H.-J. Bullinger für die eingehende Durchsicht der Arbeit und die sich daraus ergebenden wertvollen Anregungen sowie der Übernahme des Mitberichtes.

Ein herzlicher Dank geht auch an Herrn Professor Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. H.-J. Warnecke sowie Herrn Dr.-Ing. W. Sihn, die mich durch ihre stets offene Diskussionsbereitschaft und konstruktive Kritik unterstützten.

Ferner bin ich Herrn Dipl.-Ing. W. Girod für die Anregungen aus der betrieblichen Praxis zu großem Dank verpflichtet.

Allen Mitarbeitern des Institutes, die mir durch Ihre Einsatz- und Hilfsbereitschaft die Erstellung der Arbeit erleichtert haben, danke ich vielmals. Dies gilt im besonderen für Olaf und Jürgen.

Ohne die Unterstützung meiner Frau Inge, meines Sohnes Dominik sowie Jule, die mit großer Geduld und Zuversicht einen Teil der Belastungen eines Promotionsverfahrens mittragen, hätte ich es nicht geschafft. Danke.

Einleitung _____	19
1. Definitionen des Untersuchungsbereiches _____	20
1.1. Das Kraftwerk als Instandhaltungsobjekt	20
1.1.1. Instandhaltungsobjekte und Verfügbarkeitsbedarf	20
1.1.2. Strukturierung und Klassifizierung	23
1.2. Die Revision als eine Instandhaltungsmaßnahme	27
1.2.1. Instandhaltungsmaßnahmen	27
1.2.2. Ressourcen zur Revisionsdurchführung	30
1.2.3. Der organisatorische Inhalt der Maßnahmen zur Revision	32
1.2.4. Strategien zur Revisionsdurchführung	33
1.2.5. Der Ablauf einer Revision	39
2. Anforderungen zur Optimierung der Revisionsdurchführung ____	41
2.1. Reihenfolgeplanung	44
2.2. Optimierung durch Kapazitätsabgleich	46
2.3. Optimierung zur Verkürzung der Revisionsdauer	49
3. Stand der Anwendung von Verfahren zur Revisionsplanung und -durchführung _____	50
3.1. Reihenfolgeplanung	51
3.1.1. Netzplantechnik	51
3.1.2. EDV-Systeme	54
3.1.2.1. Projektmanagementsysteme mit Verwendung der Netzplantechnik ...	54
3.1.2.2. Instandhaltungssysteme	58

Inhaltsverzeichnis

3.1.3. Manuelle Ablaufplanung	64
3.2. Optimierung durch Kapazitätsabgleich	65
3.3. Optimierung zur Verkürzung der Revisionsdauer	69
4. Problemstellung und Zielsetzung _____	71
5. Grundlagen des Verfahrens _____	76
5.1. Reihenfolgeplanung	76
5.1.1. Die Reihenfolgebildung auf Basis einer Struktur	76
5.1.2. Die Elemente eines Projektstrukturplanes	80
5.1.3. Berücksichtigung von Istdaten während der Revision	82
5.1.4. Parallel- und Sequenz-Ebene	84
5.1.5. Explizite Abhängigkeiten	85
5.1.6. Implizite Abhängigkeiten durch die Strukturbildung	86
5.1.7. Die Vorzugsreihenfolge	87
5.1.8. Ermittlung von Pufferzeiten und kritischem Pfad	88
5.2. Optimierung durch Kapazitätsabgleich	88
5.2.1. Ressource Personal	88
5.2.2. Ressourcen Material und Betriebsmittel	90
5.2.3. Gegenüberstellung des Personalkapazitätsbedarfes und des -angebotes	90
5.2.4. Kapazitätsabgleich beim Personal	91
5.2.5. Kapazitätsabgleich beim Material und bei Betriebsmitteln	95
5.3. Optimierung zur Verkürzung der Revisionsdauer	95
5.3.1. Minimierung der Durchführungsdauer	95
5.3.2. Optimierung der Durchführungskosten	98

6. Der Verfahrensablauf zur Revisionsplanung und -steuerung	102
6.1. Voraussetzungen für den Verfahrensablauf	102
6.1.1. Dezentralisierung der Ausführungsverantwortung	102
6.1.1.1. Die neue Rolle des Planers im Revisionsablauf	104
6.1.1.2. Verantwortung für die ausführenden Kapazitätsgruppen	106
6.1.2. Visualisierung	107
6.1.2.1. Das Hilfsmittel EDV	107
6.1.2.2. Darstellung des Projektstrukturplanes in einem Balkenplan	108
6.1.3. Daten aus vorhandenen DV-Systemen	110
6.2. Der Verfahrensablauf vor und während der Revision	111
6.2.1. Reihenfolgeplanung	111
6.2.1.1. Erstaufbau einer Reihenfolge vor der Revision	111
6.2.1.2. Manuelles Planen vor bzw. während der Revision	116
6.2.2. Optimierung durch Kapazitätsabgleich	121
6.2.2.1. Die Verfahrensweise vor der Revision	122
6.2.2.2. Die Verfahrensweise während der Revision	124
6.2.3. Optimierung zur Verkürzung der Revisionsdauer vor bzw. während der Revision	126
7. Das Verfahren als DV-System zur Revisionsplanung und -steuerung	131
7.1. Die Gestaltung und Einführung des Systemes gAPSS	131
7.1.1. Visualisierung	133
7.1.2. Aufgaben von gAPSS im Zusammenspiel mit dem Instandhaltungssystem SAP RM-Inst	135
7.2. Reihenfolgeplanung	138
7.3. Optimierung durch Kapazitätsabgleich	141
7.4. Optimierung zur Verkürzung der Revisionsdauer	141

Inhaltsverzeichnis

8. Zusammenfassung und Ausblick _____	142
9. Literaturverzeichnis _____	146
Anhang _____	154
Beispiel einer partiellen Planung	154

Abkürzungen

AVO	Arbeitsvorgang
Bstd.	Betriebsstunden [Stunden)
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	cirka
CAD	computer-aided-design
DIN	Deutsche Industrienorm
DKIN	Deutsches Komitee Instandhaltung
DM	Deutsche Mark
DV	Datenverarbeitung, wird synonym zu EDV verwendet
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
ET	Ersatzteil
etc.	et cetera
evtl.	eventuell
GPM	Gesellschaft für Projektmanagement
i.d.R.	in der Regel
i.e.S.	im engeren Sinne
IH	Instandhaltung
IHS	Instandhaltungssystem
KKS	Kraftwerkkenzeichnungssystem
KW	Kalenderwoche
MA	Mitarbeiter

Abkürzungen

MB	Megabyte
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
Nr.	Nummer
p.a.	per anno
PSP	Projektstrukturplan
Std.	Sunden
TÜV	Technischer Überwachungs Verein
u.a.	unter anderem
u.ä.	und ähnliches
usw.	und so weiter
u.U.	unter Umständen
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VGB	Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e.V.
VRF	Vorzugsreihenfolge
z.B.	zum Beispiel

Formelzeichen

ap	= Auftragsposition
AT	= Kapazitätsangebot
au	= Auftrag
AVO	= Arbeitsvorgang
AZ _{..}	= Startzeitpunkt
b	= Betriebsmittel
C _{AT}	= Lohnkosten je MA pro Zeiteinheit
C _{ÜAT}	= Überstundenlohnkosten je MA pro Zeiteinheit
D _{..}	= Dauer
ε	= Equipment
EZ _{..}	= Endezeitpunkt
FT	= Fixtermin / Meilenstein
k	= Knoten von Baum _{a,b}
κ	= KKS-Element
kb _{AVO}	= Anzahl Betriebsmittel zum AVO
km _{AVO}	= Menge des verbrauchten Materials zum AVO
kp _{AVO}	= Personalkapazität (Anzahl Personen, als "fixe Splittung" bezeichnet)
K _{RDMK}	= Lohnkosten bei PSP _{RDMK}
K _{RDOK}	= Lohnkosten bei PSP _{RDOK}
m	= Material
maxEbene _a	= maximale Ebene im Baum _a
max_kp _{AVO}	= maximale Anzahl einsetzbarer Personen für diesen AVO

Formelzeichen

M_{meile}	= Menge der Vorgänge, die einen Meilenstein enthalten
MV_{FT}	= Menge der Vorgänge, die mittelbar zu einem Meilenstein gehören
λ_{rt}	= Kapazitätsbedarf
Ω_r	= Kapazität pro Zeiteinheit der Kapazitätsgruppe r (entspricht Kapazitätsangebot)
Π	= bestimmte Permutation des PSP
P_r	= Anzahl Mitarbeiter zur Kapazitätsgruppe r
p_r	= Mitarbeiter (MA) einer Kapazitätsgruppe r
PSP-Ebene(k)	= Ebene k im Projektstrukturplan
PSP_{RDMK}	= (Revisionsdauer mit Ausnutzen der Kapazitätsreserve)
PSP_{RDOK}	= (Revisionsdauer ohne Ausnutzen der Kapazitätsreserve)
PZ	= Pufferzeit
q	= Gewichtungsfaktor
R	= alle Kapazitätsgruppen r
r_{AVO}	= ausführende Kapazitätsgruppe des AVO's
RZ^i	= geschätzte Restzeit des Istvorganges
S	= Anzahl gesplitteter Vorgänge
t_{RDMK}	= Projektdauer RDMK
t_{RDOK}	= Projektdauer RDOK
ÜAT	= zusätzliches Überstundenkapazitätsangebot
Verzug ⁱ	= Zeitabweichung des geplanten Vorganges vom Istvorgang
V_{move}	= Menge der verschobenen Vorgänge
VOL_{AVO}	= geplantes Zeitvolumen zur Ausführung des AVO
W	= Wartezeit
ZAT	= Zeitabstand zwischen zwei AVO's

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1.1: Kenngrößen für die Qualität technischer Anlagen und ihre gegenseitige Überdeckung	20
Abbildung 1.2: Beispiel für eine KKS Anwendung	26
Abbildung 1.3: Instandhaltungsmaßnahmen, Abgrenzung der Begriffe und Inhalte	28
Abbildung 1.4: Teilaktivitäten einer einzelnen Maßnahme zur Revision	30
Abbildung 1.5: Instandhaltungsstrategien	34
Abbildung 1.6: Instandhaltungsstrategie einer japanischen Großanlage	37
Abbildung 2.1: Vier Nebenbedingungen zur Optimierung der Revisionsdurchführung	43
Abbildung 2.2: Fallbeispiel einer 1993 durchgeführten Revision	45
Abbildung 2.3: Distribution of manpower during the replacement operations	48
Abbildung 3.1: Funktionen eines Instandhaltungssystems am Beispiel des Auftragsablaufes	59
Abbildung 3.2: "Conception of Hitachi Advanced Maintenance Program System"	61
Abbildung 5.1: Zusammenhang der Ebenen im Projektstrukturplan ...	78
Abbildung 5.2: Zusammenhang der Start- und Endtermine zwischen den Ebenen (beispielhaft)	81
Abbildung 5.3: Zusammenhang Verzug bei Berücksichtigung der Istsituation	83
Abbildung 5.4: Optimierungsfunktion	100
Abbildung 6.1: Zusammenspiel zwischen Kapazitätsgruppen und Planer	105
Abbildung 6.2: Formen der Prozeßvisualisierung	109
Abbildung 6.3: Der Verfahrensablauf vor der Revision - von der Vorzugsreihenfolge VRF zum Projektstrukturplan PSP ...	112

Abbildung 6.4: Der Verfahrensablauf während der Revision - Optimierung des Projektstrukturplanes PSP	113
Abbildung 6.5: Schritte zum Aufbau des Projektstrukturplanes PSP ...	115
Abbildung 6.6: Vorgehen der manuellen Planung im Projektstruktur- plan PSP	117
Abbildung 6.7: Aufbau KKS-Struktur	118
Abbildung 6.8: Ausgangssituation	119
Abbildung 6.9: Planungsergebnis	119
Abbildung 6.10: Ablaufschritte vom Projektstrukturplan PSP zur Vorzugsreihenfolge VRF	120
Abbildung 6.11: Vom Projektstrukturplan PSP zum abgeglichenen PSP*	121
Abbildung 6.12: Kapazitätsauslastung vor der Revision	123
Abbildung 6.13: Kapazitätsauslastung während der Revision	125
Abbildung 6.14: Ablaufschritte vom Projektstrukturplan PSP zum optimierten PSP O_p	126
Abbildung 6.15: Reduzierung der Durchführungsdauer	127
Abbildung 6.16: Optimierung der Durchführungskosten mit anschließendem Kapazitätsabgleich	128
Abbildung 6.17: Werkzeuge zur Bearbeitung des Projektstrukturplanes PSP	129
Abbildung 7.1: gAPSS im Instandhaltungsablauf	132
Abbildung 7.2: Maskenaufbau, graphikorientierte Darstellung	134
Abbildung 7.3: Aufgaben SAP, Aufgaben gAPSS	136
Abbildung 7.4: Selektion über die Struktur und Darstellung aller zugehörigen Ebenen	139