

Anhang:

Durchrechnung des Verfahrens auf einer Datenverarbeitungsanlage vom Typ CD 6400

Das entwickelte Lösungsverfahren wurde für den Fall der Planung einer bestehenden Anlage mit beliebig vielen Fertigungsstufen in »Fortran« programmiert und am Beispiel einer dreistufigen Maschinenfließreihe auf der Datenverarbeitungsanlage vom Typ CD 6400 des Rechenzentrums der »RWTH« Aachen durchgerechnet.

Zum Testen des Programms bezüglich der verschiedenen Einflüsse auf den Rechenaufwand wurden die Kostenwerte sowie die Parameter der Dichtefunktionen aus der Beispielrechnung übernommen, wobei bei der Rechnung mit mehr als drei Fertigungsstufen wechselweise die Parameter der Dichtefunktionen der ersten drei Fertigungsstufen sowie die Kostenwerte der ersten beiden Puffer verwendet wurden.

Ein- und Ausgabe der Daten

Die Eingabe der Daten erfolgte über Lochkarten, wobei sich folgende Aufteilung der Karten als zweckmäßig erwies:

1. Kartenart	Anzahl der Fertigungsstufen	m
	Fertigungskosten	k_0, k_v
2. Kartenart	Parameter der Dichtefunktion $p_i(x)$	τ_i, v_i, \bar{i}_i
3. Kartenart	Pufferkosten	K_{0j}, k_{PGj}
4. Kartenart	Maximale Zahl der Werkstücke	W
	Zahl der Werkstücke bei Erreichen des stationären Zustands	W_S
5. Kartenart	Pufferkapazitäten	Q_j
	Einschaltbedingungen	p_j, q_j

Durch diese Aufteilung läßt sich eine Änderung der Eingabedaten bei den verschiedenen Rechnungen, welche mit veränderten Werten für die anfänglichen Pufferkapazitäten und Einschaltbedingungen sowie gegebenenfalls mit unterschiedlichen Werkstückzahlen W_S und W durchzuführen sind, mit geringem Aufwand durch Auswechseln der entsprechenden Datenkarten vornehmen.

Die Ausgabe der Ergebnisse erfolgte über einen Schnelldrucker.

Benötigte Kernspeicherplätze

Zur Speicherung des Programms wurden etwa 3400 Kernspeicherplätze benötigt. Darüber hinaus müssen für jede indizierte Variable in der Dimensionsaussage die maximal benötigten Kernspeicherplätze reserviert werden. Diese entsprechen bei einfach indizierten Variablen dem Maximalwert des Index, während sie sich bei mehrfach indizierten Variablen aus dem Produkt der Maximalwerte der Indizes ermitteln lassen. Die mehrfach indizierten Variablen beeinflussen daher in maßgebender Weise die Zahl der insgesamt benötigten Speicherplätze.

Der Kernspeicherbedarf für die einfach indizierten Variablen $K_P(SD)$, $k_P(SD)$, $k_F(SD)$, $k_{ges}(SD)$ und $a(SD)$ hängt von der Zahl der maximal durchzuführenden Simulationsdurchläufe ab, die zunächst noch unbestimmt ist und daher geschätzt werden muß. Im vorliegenden Falle wurde die maximale Zahl der Simulationsdurchläufe

mit 50 angenommen, so daß für die oben genannten Variablen insgesamt 250 Kernspeicherplätze zur Verfügung standen. Neben diesen treten noch mehrere einfach indizierte Variable auf, die für die Zwischenrechnungen benötigt werden und deren Speicherbedarf von der Zahl der Fertigungsstufen bzw. Werkstückpuffer abhängt. Für sie waren bei drei Fertigungsstufen etwa 50 Kernspeicherplätze notwendig.

Mit der angenommenen Zahl der Simulationsdurchläufe liegt bei vorgegebener Anzahl der Fertigungsstufen bzw. Werkstückpuffer auch der Speicherbedarf für die doppelt indizierte Variable $Q(j, SD)$ fest. Bei zwei Werkstückpuffern wurden hierfür 100 Kernspeicherplätze benötigt.

Die benötigte Zahl der Speicherplätze für die Zeitwerte $x_{i,w}$, $x_{i,w}^*$ und $ST_{i,w-l+1}$ steigt mit der maximalen Zahl der Werkstücke W sehr stark an. Bei den Zwischenrechnungen braucht jedoch im Höchstfall nur bis auf die Zahlenwerte der Variablen des Werkstücks $\max_{1 \leq i \leq m-1} [w - i - Q_i]$ zurückgegriffen werden. Es wurden daher die errechneten Beträge der mit der Werkstücknummer indizierten Variablen nach einem vorgegebenen Zyklus von 50 Werkstücken jeweils überschrieben, indem die Werte dieser Variablen für das Werkstück w im Speicher auf die Stelle $w^* = w(\text{mod } 50) + 51$ gespeichert wurden. Hierbei waren die ersten 50 von insgesamt 100 benötigten Speicherplätzen für die gleich Null gesetzten Variablen mit negativen Indizes, die sich beim Anlaufvorgang ergeben, freizuhalten. Es war noch zu beachten, daß der Betrag für ST_{m,w_S+1} , welcher nach Abbruch der Simulation zur Berechnung der Ausstoßquote benötigt wird, erhalten blieb. Durch diese Vorgehensweise wird erreicht, daß die Zahl der Kernspeicherplätze für die doppelt indizierten Variablen $x_{i,w}$, $x_{i,w}^*$ und $ST_{i,w-l+1}$ nur noch von der Zahl der Fertigungsstufen abhängt und sich zum Beispiel bei drei Fertigungsstufen ein Kernspeicherbedarf von nur 900 Stellen für diese Variablen ergibt.

Nach den vorangegangenen Betrachtungen werden die insgesamt benötigten Speicherplätze für die Durchrechnung des Verfahrens, abgesehen von dem konstanten Kernspeicherbedarf für die Speicherung des Programms, im wesentlichen durch die Anzahl der Fertigungsstufen und die erwartete Zahl der Simulationsdurchläufe bestimmt. Während sich bei einer erwarteten Zahl von 50 Simulationsdurchläufen für eine dreistufige Maschinenfließreihe ein Bedarf von insgesamt 4700 Kernspeicherplätzen ergibt, ist darüber hinaus ein etwa linearer Anstieg des Gesamtspeicherbedarfs mit steigender Stufenzahl zu erwarten, wie es in der Abb. 16 dargestellt ist.

Berechnungsdauer und -genauigkeit

Da die Gesamtrechnzeit allein von der Zahl der notwendigen Simulationsdurchläufe abhängt, läßt sich die Berechnungsdauer je Simulationsdurchlauf als Maßeinheit für den durchzuführenden Rechenaufwand auf der Datenverarbeitungsanlage verwenden. Auf Grund des Programmaufbaus kann man davon ausgehen, daß die Zahl der je Simulationsdurchlauf durchlaufenden »Fortran«-Anweisungen (statements) etwa proportional mit der Werkstückzahl W wächst. Da der Rechner je durchschnittliche Aussage etwa annähernd die gleiche Zeit braucht, ist auch für die Berechnungsdauer je Simulationsdurchlauf eine lineare Abhängigkeit von der Werkstückzahl W zu erwarten.

Die Ergebnisse einer entsprechenden Untersuchung für eine Maschinenfließreihe mit drei und mehr Fertigungsstufen sind in der Abb. 17 aufgeführt. Die Darstellung zeigt, daß die gemessenen Einzelwerte annähernd auf Geraden liegen.

Abb. 18 zeigt an Hand der gleichen Ergebnisse die Abhängigkeit zwischen der Berechnungsdauer je Simulationsdurchlauf und der Zahl der Fertigungsstufen bei unter-

schiedlichen Werkstückzahlen W . Es zeigt sich, daß der Rechenaufwand mit der Zahl der Fertigungsstufen überproportional wächst. Jedoch kann auf Grund dieser Ergebnisse bis zu etwa fünf Fertigungsstufen ein annähernd linearer Verlauf angenommen werden.

Die in den Abb. 17 und 18 aufgeführten Werte der Berechnungsdauer je Simulationsdurchlauf wurden bei Rechnungen gemessen, in denen $p_j = q_j = 1$ für alle Puffer j galt. Wenn die Einschaltbedingungen größer 1 gewählt wurden, erhöhten sich die Werte geringfügig, was darauf zurückzuführen ist, daß bei der Berechnung der Ausstoßintervalle $x_{i,w}^*$ zusätzlich jeweils die Summenwerte zu berechnen sind.

Nach Ermittlung der Berechnungsdauer je Simulationsdurchlauf läßt sich die voraussichtliche Gesamtrechnenzeit durch Multiplikation mit der geschätzten Zahl der notwendigen Simulationsdurchläufe berechnen. Mit steigender Zahl der Werkstücke, deren Durchlauf durch eine Maschinenfließreihe simuliert wird, und entsprechend längerer Berechnungsdauer je Simulationsdurchlauf wächst die Gesamtrechnenzeit sehr stark an. Andererseits werden jedoch die Ergebnisse der Simulation um so eher der Wirklichkeit entsprechen, je größer der Stichprobenumfang, das heißt die Zahl der simulierten Werkstückdurchläufe ist. Der Einfluß der Werkstückzahl auf die Simulationsergebnisse ist aus der Abb. 19 zu ersehen, in der die Werte der Ausstoßquoten bei starrer Koppelung und bei optimaler Pufferung der Fertigungsstufen, welche sich bei der Simulation einer dreistufigen Maschinenfließreihe ergaben, in Abhängigkeit von der Zahl der Werkstücke aufgetragen wurden. Während bei den a_0 -Werten oberhalb 500 Werkstücken kaum ein Einfluß festgestellt werden kann, stabilisieren sich die a_{opt} -Werte bei höheren Werkstückzahlen immer mehr und man kann von etwa 3000 Werkstücken an die Ergebnisse als weitgehend repräsentativ ansehen. Dies wird auch für Maschinenfließreihen mit mehr als drei Fertigungsstufen gelten, da der stabilisierende Einfluß in erster Linie durch die Zahl der Werkstücke bestimmt wird. Darüber hinaus ist zu erwarten, daß die Genauigkeit der Ergebnisse auch durch die Standardabweichung der Ausstoßintervallverteilungen der Fertigungsstufen beeinflusst wird, da Abweichungen der Verteilungen der erzeugten Zufallsvariablen von den vorgegebenen Verteilungen die Ergebnisse der Simulation um so mehr verfälschen, je größer die Streuung der Ausstoßintervalle ist. Dieser Einfluß wird jedoch mit dem Einfluß der Werkstückzahl W korrespondieren und bei höheren Werkstückzahlen unbedeutend werden.

Ein anderer Einfluß auf die Ergebnisse der Simulation geht von der Werkstückzahl W_S aus, deren Höhe darüber entscheidet, wie weit die Anlaufvorgänge in die Ergebnisse einbezogen werden. Während bei starrer Koppelung der Fertigungsstufen der Anlaufvorgang bereits beendet ist, wenn alle Fertigungsstufen mit Werkstücken »besetzt« sind, steigt die Dauer des Anlaufvorgangs mit der Werkstückpufferkapazität, da dann das »Aufladen« der Maschinenfließreihe mit Werkstücken entsprechend länger dauert. Um den Einfluß des Anlaufvorgangs auf die Ergebnisse völlig auszuschalten, ist die Werkstückzahl W_S so groß zu wählen, daß ihr Einfluß auf die Ausstoßquote bei optimaler Pufferung der Fertigungsstufen a_{opt} verschwindet. Die Ergebnisse einer entsprechenden Untersuchung bei einer dreistufigen Maschinenfließreihe mit einer optimalen Werkstückpufferkapazität von insgesamt 37 Werkstücken in beiden Puffern zeigt die Abb. 20. Leider kann auf Grund der wenigen vorliegenden Versuchswerte keine eindeutige Aussage getroffen werden. Jedoch lassen die Ergebnisse erkennen, daß der Einfluß des Anlaufvorganges schnell abnimmt und im vorliegenden Fall nach 50 Werkstücken nur noch relativ gering ist. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß bei höheren optimalen Werkstückpufferkapazitäten die Werkstückzahl W_S entsprechend größer gewählt werden muß, um den Einfluß des Anlaufvorganges auf a_{opt} annähernd

auszuschließen. Das Gleiche wird bei einer Maschinenfließreihe mit einer größeren Zahl von Fertigungsstufen bzw. Werkstückpuffern gelten, welche ebenfalls eine Verlängerung des Anlaufvorganges bewirken.

Beispielrechnung

Für die Beispielrechnung wurden folgende Ausgangsdaten gewählt:

Anzahl der Fertigungsstufen	m	= 3
Maximale Zahl der Werkstücke	W	= 5000
Zahl der Werkstücke bei Erreichen des stat. Zustandes	W_S	= 100
Pufferkosten	K_{01}	= 0,0025 [DM/min]
	k_{PG1}	= 0,00097 [DM/min.Stück]
	K_{02}	= 0,00255 [DM/min]
	k_{PG2}	= 0,00096 [DM/min Stück]
Fertigungskosten	k_0	= 3,41 [DM/Stück]
	k_v	= 1,20 [DM/Stück]

Die Parameter der Dichtefunktionen $p_i(x)$ ($i = 1, 2, 3$) wurden Untersuchungsergebnissen von VLADZIYEVSKY ([24], Engl. Übers. S. 16) entnommen, wobei vereinfachend angenommen wurde, daß die dort festgestellte Streuung der Taktzeit so gering ist, daß diese mit genügender Genauigkeit durch den Mittelwert $\bar{\tau}$ dargestellt werden können:

Fertigungsstufe	$\bar{\tau}$ [min]	\bar{x} [min]	$v \cdot 10^2$ [%]	$u \cdot 10^2$ [%]	f [min]	$1/f \cdot 10^2$ [1/min]
F_1	1,674	1,910	3,67	96,33	6,43	15,552
F_2	1,820	2,248	1,81	98,19	23,65	4,228
F_3	1,434	1,696	3,62	96,38	7,24	13,800

Die Ausstoßquote der vorliegenden Maschinenfließreihe und dementsprechend auch die kostenoptimale Kapazität der Werkstückpuffer P_1 und P_2 sind bei den genannten Ausgangsdaten allein abhängig von den charakteristischen Größen in den Werkstückpuffern. Um diese Abhängigkeit darzustellen, wurden drei Rechnungen mit verschiedenen Ausgangswerten Q_j und p_j, q_j ($j = 1, 2$) durchgeführt, wobei sich folgende Ergebnisse ergaben:

1. Rechnung

Ausgangswerte: $Q_1 = 0; p_1 = 1; q_1 = 1$
 $Q_2 = 0; p_2 = 1; q_2 = 1$

Q	SD																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$Q_1(SD)$		0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	7	8	8	8	9	10
$Q_2(SD)$		0	1	2	3	4	5	6	6	6	6	6	6	6	7	7	8	9	9	9	9
$Q(SD)$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

	<i>SD</i>	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
<i>Q</i>																					
$Q_1(SD)$		10	10	10	11	12	13	14	15	15	16	17	17	17	17	17	18	19	20	21	
$Q_2(SD)$		10	11	12	12	12	12	12	12	13	13	13	14	15	16	17	17	17	17	17	
$Q(SD)$		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	

Optimale Pufferkapazitäten	Q_{opt}	= 37
	Q_{1opt}	= 20
	Q_{2opt}	= 17
Optimale Ausstoßquote	a_{opt}	= 0,446 [Stück/min]
Minimale Ausstoßquote	a_0	= 0,367 [Stück/min]
Optimale Gesamtkosten	$k_{ges\ opt}$	= 3,11 [DM/Stück]
Prozentuale Ausstoßquotenerhöhung		21,6%
Prozentuale Kostenabnahme		8,8%

2. Rechnung

Ausgangswerte: $Q_1 = 7$; $p_1 = 2$; $q_1 = 2$
 $Q_2 = 6$; $p_2 = 3$; $q_2 = 3$

	<i>SD</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Q</i>															
$Q_1(SD)$		7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9	10	11	11
$Q_2(SD)$		6	7	8	9	9	10	11	12	13	14	14	14	14	15
$Q(SD)$		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

Optimale Pufferkapazitäten	Q_{opt}	= 25
	Q_{1opt}	= 11
	Q_{2opt}	= 14
Optimale Ausstoßquote	a_{opt}	= 0,431 [Stück/min]
Optimale Gesamtkosten	$k_{ges\ opt}$	= 3,16 [DM/Stück]
Prozentuale Ausstoßquotenerhöhung		17,4%
Prozentuale Kostenabnahme		7,3%

3. Rechnung

Ausgangswerte: $Q_1 = 7$; $p_1 = 2$; $q_1 = 1$
 $Q_2 = 6$; $p_2 = 1$; $q_2 = 3$

	<i>SD</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Q</i>															
$Q_1(SD)$		7	8	8	8	8	8	8	8	9	10	11	12	13	14
$Q_2(SD)$		6	6	7	8	9	10	11	12	12	12	12	12	12	12
$Q(SD)$		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

$SD \backslash Q$	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$Q_1(SD)$	14	15	16	17	18	19	20	20	20	20	20	20
$Q_2(SD)$	13	13	13	13	13	13	13	14	15	16	17	18
$Q(SD)$	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38

Optimale Pufferkapazitäten

$$Q_{\text{opt}} = 37$$

$$Q_{1\text{opt}} = 20$$

$$Q_{2\text{opt}} = 17$$

Optimale Ausstoßquote

$$a_{\text{opt}} = 0,445 \text{ [Stück/min]}$$

Optimale Gesamtkosten

$$k_{\text{ges opt}} = 3,12 \text{ [DM/Stück]}$$

Prozentuale Ausstoßquotenerhöhung

$$21,3\%$$

Prozentuale Kostenabnahme

$$8,5\%$$

In den Abb. 21 und 22 sind die bei den einzelnen Rechnungen sich ergebenden Ausstoßquoten und Kosten in Abhängigkeit von der Gesamtpufferkapazität bei den jeweiligen Ausgangswerten aufgetragen.

Die Ergebnisse aus der ersten Rechnung zeigen den Einfluß der Werkstückpufferkapazitäten, wobei der Einfluß der Einschaltbedingungen zunächst unberücksichtigt bleibt. Die Ausstoßquote in Abhängigkeit von der Gesamtpufferkapazität in Abb. 21 weist den bereits in der Abb. 13 angedeuteten Verlauf der zunächst sehr stark ansteigenden und bei größeren Pufferkapazitäten einem Maximalwert zustrebenden Werte auf. Die geringfügige Abweichung dieses Maximalwertes von der theoretisch maximalen Ausstoßquote $a_{\text{max}} = 1/\bar{x}_2 = 0,445$ wird durch die erreichbare Genauigkeit der Rechnung bedingt sein. Aus der Abb. 21 ist zu ersehen, daß die Ausstoßquotenerhöhung durch den zweiten Werkstückpuffer bis zu einer Gesamtpufferkapazität von sechs Einheiten zunächst kostengünstiger ist und erst dann auch die Kapazität des ersten Werkstückpuffers erhöht wird, wodurch sich zunächst wieder eine sehr starke Erhöhung der Ausstoßquote ergibt. Der Verlauf der zugehörigen Gesamtkosten in Abhängigkeit von der Gesamtpufferkapazität in Abb. 22 weist dementsprechend ebenfalls einen leichten Knick bei $Q = 6$ auf. Der Anschaulichkeit halber wurden für die erste Rechnung auch die jeweiligen Fertigungskosten und die gesamten Pufferkosten je Stück aufgezeichnet. Der Verlauf der Kosten gleicht dem in Abb. 14 angedeuteten Kostenverlauf bis zum Kostenoptimum. Die Rechnung wurde entsprechend dem im Blockdiagramm vorgeschriebenen Rechenablauf abgebrochen, sobald das Kostenoptimum durchlaufen war.

In den weiteren Rechnungen wurde der zusätzliche Einfluß der Einschaltbedingungen p_j und q_j überprüft. Als Ausgangswerte für die Pufferkapazitäten Q_1 und Q_2 dienen die Werte aus dem dreizehnten Simulationsdurchlauf der ersten Rechnung.

Bei der zweiten Rechnung wurden zunächst die Einschaltbedingungen p_j und q_j in jedem Puffer j gleichmäßig erhöht. Dabei ist eine Verringerung der Schalthäufigkeit in den Fertigungsstufen zu erwarten. Andererseits lassen die Ergebnisse der Simulation eine starke Verringerung des Einflusses der Werkstückpuffer erkennen, indem zum Beispiel die prozentuale Ausstoßquotenerhöhung bei optimaler Pufferung auf 17,4 Prozent sinkt, während sie bei der ersten Rechnung 21,6 Prozent betragen hatte. Letzteres ist zum Teil auch darauf zurückzuführen, daß sich das Gesamtkostenminimum bereits bei einer Gesamtpufferkapazität von 25 Werkstücken ergibt, während die zu-

sätzlichen Kapazitätseinheiten aus der ersten Rechnung nicht mehr ausgenutzt werden können.

Bei der dritten Rechnung wurden die Einschaltbedingungen entsprechend den Überlegungen im Abschnitt 5.13 nur für die jeweils schnellere Fertigungsstufe größer 1 gesetzt. Auf diese Weise läßt sich der Schaltaufwand verringern, ohne daß der Einfluß der Werkstückpufferkapazitäten wesentlich verringert wird, wie aus den Ergebnissen dieser Rechnung zu ersehen ist.

Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen

Herausgegeben im Auftrage des Ministerpräsidenten Heinz Kühn
von Staatssekretär Professor Dr. h. c. Dr. E. h. Leo Brandt

Sachgruppenverzeichnis

Acetylen · Schweißtechnik

Acetylene · Welding graticice
Acétylène · Technique du soudage
Acetileno · Técnica de la soldadura
Ацетилен и техника сварки

Arbeitswissenschaft

Labor science
Science du travail
Trabajo científico
Вопросы трудового процесса

Bau · Steine · Erden

Constructure · Construction material ·
Soil research
Construction · Matériaux de construction ·
Recherche souterraine
La construcción · Materiales de construcción
Reconocimiento del suelo
Строительство и строительные материалы

Bergbau

Mining
Exploitation des mines
Minería
Горное дело

Biologie

Biology
Biologie
Biología
Биология

Chemie

Chemistry
Chimie
Química
Химия

Druck · Farbe · Papier · Photographie

Printing · Color · Paper · Photography
Imprimerie · Couleur · Papier · Photographie
Artes gráficas · Color · Papel · Fotografía
Типография · Краски · Бумага · Фотография

Eisenverarbeitende Industrie

Metal working industry
Industrie du fer
Industria del hierro
Металлообработывающая промышленность

Elektrotechnik · Optik

Electrotechnology · Optics
Electrotechnique · Optique
Electrotécnica · Óptica
Электротехника и оптика

Energiewirtschaft

Power economy
Energie
Energía
Энергетическое хозяйство

Fahrzeugbau · Gasmotoren

Vehicle construction · Engines
Construction de véhicules · Moteurs
Construcción de vehículos · Motores
Производство транспортных · Средств

Fertigung

Fabrication
Fabrication
Fabricación
Производство

Funktechnik · Astronomie

Radio engineering · Astronomy
Radiotechnique Astronomie
Radiotécnica · Astronomía
Радиотехника и астрономия

Gaswirtschaft

Gas economy
Gaz
Gas
Газовое хозяйство

Holzbearbeitung

Wood working
Travail du bois
Trabajo de la madera
Деревообработка

Hüttenwesen · Werkstoffkunde

Metallurgy · Materials research
Métallurgie · Matériaux
Metalurgia · Materiales
Металлургия и материаловедение

Kunststoffe

Plastics
Plastiques
Plásticos
Пластмассы

Luftfahrt · Flugwissenschaft

Aeronautics · Aviation
Aéronautique · Aviation
Aeronáutica · Aviación
Авиация

Luftreinigung

Air-cleaning
Purification de l'air
Purificación del aire
Очищение воздуха

Maschinenbau

Machinery
Construction mécanique
Construcción de máquinas
Машиностроительство

Mathematik

Mathematics
Mathématiques
Matemáticas
Математика

Medizin · Pharmakologie

Medicine · Pharmacology
Médecine · Pharmacologie
Medicina · Farmacología
Медицина и фармакология

NE-Metalle

Non-ferrous metal
Metal non ferreux
Metal no ferroso
Цветные металлы

Physik

Physics
Physique
Física
Физика

Rationalisierung

Rationalizing
Rationalisation
Racionalización
Рационализация

Schall · Ultraschall

Sound · Ultrasonics
Son · Ultra-son
Sonido · Ultrasónico
Звук и ультразвук

Schifffahrt

Navigation
Navigation
Navegación
Судоходство

Textilforschung

Textile research
Textiles
Textil
Вопросы текстильной промышленности

Turbinen

Turbines
Turbines
Turbinas
Турбины

Verkehr

Traffic
Trafic
Tráfico
Транспорт

Wirtschaftswissenschaften

Political economy
Economie politique
Ciencias económicas
Экономические науки

Einzelverzeichnis der Sachgruppen bitte anfordern



Westdeutscher Verlag · Köln und Opladen

567 Opladen/Rhld., Ophovener Straße 1–3, Postfach 1620
