

Vorwort zur 2. Auflage

Bei dem vorhandenen Interesse an meinem Werk fällt es leicht und bereitet Freude, genau 10 Jahre nach Fertigstellung der ersten Auflage, die erste Auflage um einige Inhalte zu ergänzen, die nach einer Dekade an Bedeutung gewonnen oder zu einer Perspektivenänderung geführt haben. Hierzu zählen *Polylithische Modellierungs- und Lösungsansätze* mit Anwendungen aus der Papierindustrie und die neu aufgenommenen Verschnittprobleme aus der Metallindustrie, bei denen der Einsatz globaler Optimierungstechniken sinnvoll ist.

Überhaupt wird dem Gebiet der *Globalen Optimierung* mehr Bedeutung zu gemessen, da sich dieses Gebiet erst nach dem Erscheinen der ersten Auflage im Jahre 2002 richtig zu entwickeln begonnen hat, weil etwa zu dieser Zeit kommerzielle Software mit deterministischen globalen Optimierungstechniken verfügbar wurde. Zwar gehört es nicht direkt in die Klasse gemischt-ganzzahliger Optimierungsprobleme, aber die hier verwendeten Lösungstechniken haben enge Verwandtschaft mit den Verfahren in der gemischt-ganzzahligen Optimierung. Eine weitere Kopplung von Globaler Optimierung und gemischt-ganzzahliger Optimierung zeigt sich bei der Berechnung optimaler Breakpointssysteme im Zusammenhang mit der Modellierung nichtlinearer Terme mit Hilfe von SOS-2 Variablen. Im Zusammenhang mit gemischt-ganzzahligen linearen Problemen wurde im Kapitel *Polylithische Modellierung* auch das Thema *Lagrange-Relaxierung* zur Verbesserung unterer Schranken aufgenommen.

Im Kapitel *Optimierung in der Praxis* wurde ein Abschnitt zu algebraischen Modellierungssprachen aufgenommen sowie in einem weiteren Abschnitt thematisiert, dass Optimalität möglicherweise nicht genug zur Lösung praktischer Probleme ist und auf die Bedeutung von Nachhaltigkeit und deren Notwendigkeit nach einem möglichen Optimierungsprojekt hingewiesen.

Fehler der ersten Auflage wurden korrigiert; den Studierenden und Lesern, die mich darauf hingewiesen haben, sei dafür gedankt. Wie auch schon in der ersten Auflage, wird in diesem Werk eine streng formale Vorgehensweise vermieden; es erschien wichtiger, die zur Lösung praktischer Fragestellung erforderlichen Aspekte, wozu auch Abbildungstreue, geistige Strenge und Genauigkeit sowie Sicherheit in den möglicherweise abzuleitenden Schlüssen zählen, in den Vordergrund zu stellen. Möge auf diesem Hintergrund und dieser Zielsetzung auch die vorliegende, erweiterte 2. Auflage immer wieder mit Freude und Gewinn gelesen werden und zu eigenen Modellierungsleistungen motivieren.

Danksagung

Es ist eine Freude, wieder einigen Freunden und Kollegen zu danken, die mich während vieler Jahre in meinem Arbeits- oder privaten Umfeld begleitet haben und in verschiedener Weise direkt oder indirekt zum Gelingen dieses Werkes beigetragen haben. Dies gilt für all diejenigen, welche schon in der Danksagung der ersten Auflage genannt wurden. In der zwischen 2002 und 2012 vergangenen Zeit sind jedoch viele neue Kollaborationspartner, zu denen ein enges und vertrautes Verhältnis erwuchs oder aus denen Freunde wurden, hinzugekommen. Hier zählen insbesondere Dr. Franz Nelißen und Dr. Michael

Bussieck (GAMS GmbH, Köln), Prof. Dr. Christoudoulos A. Floudas (Princeton University, Princeton, NJ, USA), Prof. Dr. Panos M. Pardalos (Center of Applied Optimization, University of Gainesville, Gainesville, FL) und Prof. Dr. Steffen Rebennack (Colorado School of Mines, Golden, CO). Die Kontakte, die aus meiner Leitung der GOR Arbeitsgruppe Praxis der mathematischen Optimierung” erwachsen, trugen indirekt auch zu dieser erweiterten zweiten Auflage bei.

Ein besonderes Wort des Dankes sei an all die Projektpartner vieler Jahre gerichtet: Viele von ihnen habe ich wegen ihres Enthusiasmus und ihrer tiefen Kenntnisse in den Problemfeldern, die sie mit Hilfe gründlicher mathematischer Modellierung, die häufig auf gemischt-ganzzahliger Optimierung führte, verbessert sehen wollten, in guter Erinnerung. Die Interaktion und Kommunikation mit ihnen ist eine wichtige und unersetzliche Quelle für das Gelingen dieses Buches. Aus der Vielzahl der Projektpartner, die über mehrere Jahre hinweg indirekt zu diesem Buch beigetragen haben, seien genannt: Dr. Wolfram Schmidt (Ludwigshafen, jetzt Kirchheim an der Weinstraße) und sein Team mit Dr. Markus Klumpe und Bernd Heisel-Hoffmann (Ludwigshafen), Norbert Vormbrock (Ludwigshafen) mit einer gemeinsamen Bonner Vergangenheit und Dr. Gerd Fischer (BASF SE, Ludwigshafen). Leider ist im industriellen Umfeld mehr noch als vor 10 Jahren zu bemerken, dass der Zeitgeist – besser Unzeitgeist dieser Zeit – mit seiner eher eindimensionalen, monetär kurzfristigen Messskala die Chancen, auf derartige Menschen, mit dem Bedürfnis, ein Problem so tief und so gründlich wie möglich zu verstehen und zu lösen, zu treffen, immer geringer werden, und so man denn auf solche trifft, diese Menschen leider auch immer weniger Zeit haben, ein Problem in Ruhe und Gründlichkeit anzugehen. Es bleibt zu befürchten, dass die Menge der nicht optimal gelösten Probleme derartig erdrückend wird, dass dies zu großen Wettbewerbsnachteilen und kultureller Schwächung führen wird. Vielleicht findet dadurch der Unzeitgeist sein wünschenswertes und unrühmliches Ende und – so die Hoffnung – wird einmünden in eine Denkweise, die auf Gründlichkeit und Nachhaltigkeit setzt und nicht mit 80%-Lösungen zufrieden ist. Gute, nachhaltige Lösungen benötigen Verständnis, Liebe zum Detail, den Willen, ein Problem aus eigenem Antrieb heraus grundlegend lösen zu wollen und Zeit – den oben genannten Projektpartnern wünsche ich, dass ihnen solche Zeit verbleibt und sie beispielsweise auch dieses Werk mit Muße genießen können.

Für gründliche Prüfung und Korrekturlesen des Manuskriptes sei Michael Bussieck (GAMS GmbH, Köln), Prof. Dr. Steffen Rebennack und Timo Lohmann (Colorado School of Mines, Golden, CO), Dr. Alexander Badinski, Dr. Gerd Fischer, Markus Horenburger und Steffen Klosterhalfen (BASF SE, Ludwigshafen), Hermann Gold (Infineon Technologies AG, Regensburg) und Prof. Dr. Siegfried Jetzke (Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Salzgitter) herzlichst gedankt; viele konstruktive Kommentare habe ich gern aufgenommen und haben das Buch verbessert. Die Qualität der Abbildungen – mehrere davon in Neuanfertigung – wurde dank der Hilfe von Dr. Julia Kallrath (Weisenheim am Berg) erheblich verbessert. Schließlich sei Ulrike Schmickler-Hirzebruch gedankt, die auf Seiten des Springer Spektrum Verlages die Aufgabe des Lektorats inne hatte und über viele Jahre in Kontakt blieb und somit auch letztlich an der Entstehung dieser zweiten Auflage ein Stück Mitverantwortung trägt.

Vorwort

Dieses Buch beschreibt und lehrt ausgehend von praktischen Fragestellungen, wie in der Industrie – vornehmlich der Prozessindustrie, aber auch anderen Gewerben – gemischt-ganzzahlige Optimierung eingesetzt wird, wie Probleme modelliert und erfolgreich gelöst werden. Es verbindet Modellbildung und algorithmische Aspekte aus den Bereichen kontinuierlicher und gemischt-ganzzahliger, linearer und nichtlinearer und globaler Optimierung. Betrachtet wird auch der Einfluss dieser Methodik in der heutigen Industriegesellschaft insbesondere auf dem Hintergrund von Supply Chain Management.

Es wendet sich an Studierende der Mathematik, Physik oder Wirtschaftswissenschaften mit Interesse an Modellbildung, Optimierung und der Lösung realer Probleme, sowie an Praktiker und Berater. Es tut dies ausgehend von praktischen Problemen in methodisch wissenschaftlicher Weise, veranschaulicht den Modellbildungs- und Lösungsprozess mit Hilfe vieler Fallstudien, und zeigt, welche Techniken in der Praxis verwendet werden und welche Schwierigkeiten dort auftreten. Es stellt in diesem Sinne ein Bindeglied dar zwischen den eher algorithmisch-theoretisch ausgerichteten Fachbüchern mathematischer Optimierung und den methodisch weniger in die Tiefe gehenden Werken, die sich auf die Beschreibung der Anwendungen konzentrieren. Das Buch ist für Leser gedacht, die sich dafür interessieren, *wie* Mathematik angewendet wird und bietet vielleicht für Studierende in den ersten Studienjahren die Motivation, im weiteren Verlauf des Studiums die mathematische Optimierung als Schwerpunkt in Betracht zu ziehen.

Da in diesem Buch Modelle, Modellbildung und Anwendungen der Modelle sowie vertiefende Fallstudien im Vordergrund stehen, wird im Eingangskapitel mit einem Abschnitt „*Zur Bedeutung von Modellen und Modellierung*“ begonnen. Der Erfolg von Modellen beruht auf einer engen Verknüpfung von Modellformulierung und Algorithmen. Um verständlich zu machen, warum einige Modellformulierungen gutartiges, andere ein klägliches Laufzeitverhalten haben, werden in angemessenem Umfang Algorithmen zur gemischt-ganzzahligen, linearen und nichtlinearen sowie globalen Optimierung methodisch behandelt. Lösungstechniken für die dabei auftretenden kontinuierlichen linearen und nichtlinearen Optimierungsprobleme werden ebenfalls detailliert beleuchtet.

Mit Hilfe der mathematischen Optimierung lassen sich erhebliche Kosten einsparen oder Gewinnsteigerungen erzielen; im Buch werden Beispiele genannt, in denen durch bessere Nutzung verfügbarer Ressourcen finanzielle Verbesserungen in Höhe einiger Millionen Dollar gewonnen wurden. Die mathematische Optimierung bietet Lösungsansätze, die es erlauben, Probleme zu lösen, die wegen ihrer Dimension oder Struktur mit anderen Methoden nicht gelöst werden können. Bedeutsam ist hierbei auch, dass uns die Ergebnisse mathematischer Optimierung in unserem täglichen Leben überall umgeben: Die Befriedigung des privaten Wasserbedarfs in einer Großstadt wie London, energiemini-male Fahrweisen von U-Bahnen, Hub-Lokalisations-Probleme im Flugverkehr, Frequenz-zuweisungen in Mobilfunknetzwerken, Minimalflächen beim Autoscheinwerferdesign, die Beschriftung von Landkarten, die automatische Erzeugung von Flussdiagrammen, Fahrdienstplanung im Kranken- und Behindertentransport oder die Steuerung der Energieproduktion unter Berücksichtigung von Spitzenzeiten - bei all diesen Beispielen wäre ein Aufkleber *mathematical optimization inside* angebracht; Zeitschriften wie *Journal of Operational Research*, *OR Spectrum* oder *European Journal of Operational Research* bieten eine Fülle weiterer Anwendungsbeispiele.

Das Buch greift zum Teil zurück auf Vorlesungen, die an der Universität Heidelberg und University of Florida (Gainesville) gehalten wurden, sowie auf Konferenzbeiträge oder Projektberichte kommerzieller Industrieprojekte und fügt diese zu einem zusammenhängenden instruktiven Lehrbuch zusammen. Dabei wurde bewusst der Schwerpunkt auf Modellierung und didaktische Gesichtspunkte gelegt, mit dem Ziel, dem interessierten Neuling in den Fächern und Disziplinen Angewandte Mathematik, Ingenieurwissenschaften, Operations Research und Wirtschaftswissenschaften einen guten Einstieg in die gemischt-ganzzahlige Optimierung zu ermöglichen, aber auch dem erfahrenden Praktiker einen Überblick über Techniken und hilfreiche Hinweise zu geben, die entscheidend dafür sind, komplexe Probleme zu lösen oder weiterführende Ideen zu entwickeln.

Aufbau des Buches

Das Buch beginnt mit einem kurzen Überblick zur Geschichte der Optimierung, speziell der gemischt-ganzzahligen Optimierung. Da bei dieser die Modellierung eine besondere Rolle spielt, wird ihr in Kapitel 1 ein besonderer Abschnitt *Zur Bedeutung von Modellen* gewidmet. Schließlich werden das grundsätzliche Vorgehen bei Optimierungsproblemen und die grundlegenden Elemente eines Optimierungsmodells einführend diskutiert: die Variablen, die Nebenbedingungen und die Zielfunktion. Abschließend wird eine formale Definition gemischt-ganzzahliger Optimierungsprobleme gegeben.

In Kapitel 2 werden einige einführende Beispiele zur Modellbildung linearer gemischt-ganzzahliger und nichtlinearer kontinuierlicher Optimierung gegeben; sie sollen ein erstes Verständnis im Umgang mit der Struktur und Bestandteilen von Optimierungsmodellen vermitteln. Dabei wird auf die schon in Kapitel 1 gelegten allgemeinen Grundlagen zur Modellbildung Bezug genommen. Bei den noch recht übersichtlichen Problemen ist es noch möglich, die Probleme exakt in einem mathematischen Modell abzubilden.

Aspekte der Optimierung in der Praxis, die insbesondere in der Strukturierungs- oder Frühphase eines Projektes Beachtung finden sollten, werden in Kapitel 3 diskutiert. Hier wird auch ausführlich auf Optimierung im Supply Chain Management eingegangen.

Kapitel 4 gibt einen einführenden Überblick über den mathematischen und algorithmischen Hintergrund der linearen Programmierung (LP), der gemischt-ganzzahligen linearen Programmierung (MILP), der kontinuierlichen nichtlinearen Programmierung (NLP), der gemischt-ganzzahligen nichtlinearen Programmierung (MINLP) und schließlich der Globalen Optimierung (GO). Eine strengere und ausführlichere mathematische Behandlung einiger Aspekte, die dem kombinatorischen Umfeld der Algorithmen zuzuordnen sind, ist dem Anhang A vorbehalten. Hier und auch in den späteren Kapiteln wird die lineare vor der nichtlinearen Optimierung bzw. Modellierung behandelt. Zwar ist die nichtlineare, insbesondere die nichtlineare unbeschränkte, Optimierung in einem gewissen Sinne intuitiv und konzeptionell einfacher als die lineare Optimierung, weil sich die Grundgedanken z. B. anhand eindimensionaler Beispiele erläutern lassen, und zudem die lineare Optimierung elegant als Spezialfall der nichtlinearen Optimierung abgeleitet werden kann, aber schließlich wurde der linearen Optimierung doch der Vorrang gegeben. Entscheidend für die Wahl dieser Reihenfolge war das Argument, dass die Aufstellung linearer Modelle in der Regel doch einfacher ist als die von nichtlinearen Modellen und die mathematischen Anforderungen an ein technisches Verständnis der Algorithmen geringer sind. Da es andernfalls den Rahmen dieses Buches sprengen würde, wird über Algorithmen zur Lösung nichtlinearer kontinuierlicher Probleme nur ein knapper Überblick gegeben, jedoch bei der Modellierung die Bedeutung der Wahl der Startwerte und Konvergenzeigenschaften der Algorithmen hervorgehoben.

Ein zentraler Bestandteil des Buches ist Kapitel 5 mit der Vorstellung verschiedener spezieller Konstrukte der Modellierung, die in praktischen Problemen auftreten. Dazu zählen logische Relationen, die sich mit Hilfe von Binärvariablen formulieren lassen, aber auch bestimmte nichtlineare Strukturen, die in gemischt-ganzzahlige Formulierungen transformiert werden können. Es werden Methoden und Formulierungen behandelt, mit denen sich die Rechenzeit ganzzahliger Probleme erheblich reduzieren lässt: gute Modellbildung, spezielle Verzweigungstechniken und eine Kontrolle der Branch&Bound-Strategien. Während bei LP-Problemen sich gute Modellbildung zwar auch positiv auf die Rechenzeit auswirkt, ist sie bei den meisten gemischt-ganzzahligen Problemen für die effiziente Berechnung der Lösung geradezu notwendig. Für eine gute Modellbildung ist eine gründliche Kenntnis der Lösungsverfahren, aber vor allem auch Erfahrung sehr wesentlich. Die Wahl der richtigen Variablen und die geeignete Formulierung ihrer Beziehungen zueinander, nicht die Anzahl der Variablen und Nebenbedingungen, ist ausschlaggebend. Das Kriterium, das in der gemischt-ganzzahligen linearen Optimierung eine gute von einer schlechten Formulierung trennt, ist der „Abstand“ zwischen der konvexen Hülle und dem zulässigen Bereich der Relaxierung des linearen Problems hinsichtlich der Ganzzahligkeitsbedingungen und damit die erforderliche Rechenzeit zur Bestimmung der Lösung. Neben einigen Aspekten effizienter Modellbildung, die vom Modellentwickler beeinflusst werden kann, werden in diesem Kapitel auch automatische Reformulierungsverfahren [283] für Optimierungsprobleme mit binären Variablen und *Preprocessing*-Techniken behandelt, die zu besseren Lösungsverhalten führen.

Kapitel 6 enthält einige Fallstudien zur Linearen Programmierung, die aus realen Problemen hervorgegangen sind und erfolgreich gelöst werden konnten. Behandelt werden die Optimierung der Produktion eines chemischen Reaktors, ein augenscheinlich nichtlineares Mischungsproblem, das sich unter Ausnutzung bestimmter Monotonieeigenschaften in ein lineares Problem transformieren lässt, und ein Verschnittproblem aus der Papierindustrie. Sämtliche Probleme besitzen Erweiterungen im Kontext ganzzahliger Optimierung. Während der Modellierungsphase treten immer wieder Fragen nach der Struktur der Zielfunktion auf; häufig sollen mehrere Zielkriterien simultan berücksichtigt werden. Deshalb werden in diesem Kapitel, wenngleich sie nicht in direktem Zusammenhang mit den Fallstudien stehen, schließlich *Goal-Programmierung*, eine spezielle Technik zur Lösung multikriterieller Optimierungsprobleme, und einige Grenzen der linearen Programmierung diskutiert.

Kapitel 7 behandelt Fallstudien zunehmender Komplexität zur gemischt-ganzzahligen linearen Optimierung mit den Themenfeldern: Standort- und Personaleinsatzplanung, Vertragsallokation, Metallverschnitt, Projektplanung und schließlich ein Routenplanung mit Abholung und Zeitfenstern. In den Kapiteln 9 und 10 werden Praxisprobleme diskutiert, die auf NLP- bzw. MINLP-Probleme führen. Schließlich enthält Kapitel 11 einige Beispiele zur Globalen Optimierung.

Das Glossar sowie der Sachindex am Ende des Buches – ergänzend sind hier auch die meisten der üblichen englischen Begriffe aus dem Umfeld der mathematischen Optimierung enthalten – mögen schließlich eine weitere Hilfe sein für Leser, die punktuell Interesse an einzelnen Themen oder Abschnitten im Buch haben.

Das Buch ist im wesentlichen so gegliedert, dass die Kapitel aufeinander aufbauen, Ausnahmen sind die Kapitel 6-10, die unabhängig voneinander sind und damit auch in beliebiger Reihenfolge gelesen werden können. Die Kapitel des Buches können natürlich in der angeordneten Reihenfolge gelesen werden, aber je nach Interesse mag ein Leser davon absehen wollen. Da sich das Buch an verschiedene Leserkreise richtet, sind nachfolgend

einige mögliche Pfade vorgeschlagen, die ein Leser je nach Vorkenntnis, Interesse und Ziel [Orientierung und Praxis (1); Praxis und mathematische Grundlagen (2), Unterstützung bei der eigenen Arbeit in der Praxis oder z. B. beim Anfertigen einer Diplom-, Master- oder Doktorarbeit (3)] beim Lesen dieses Buches einschlagen kann:

Fachrichtung	Hintergrund	Ziel	Pfad
Mathematiker Physiker	Grundstudium	(1)	1,2,3,(4),6-11,5,12
		(2)	1,2,3,(4),5,6-11,12
		(3)	(1,2,3),(4),5,6-11,(12)
Mathematiker Physiker	Hauptstudium	(1)	1,2,3,(4),5,6-11,12
		(2)	1,2,3,(4),5,6-11,4,5,12
		(3)	(1,2,3),(4),5,6-11,(12)
Wirtschafts- studiengänge	gute Kenntnisse in Mathematik	(1)	1,2,3,(4),5,6-11,12
		(2)	1,2,3,(4),5,6-11,4,5,12
		(3)	(1,2,3),(4),5,6-11,(12)
Wirtschafts- studiengänge	wenig Kenntnisse in Mathematik	(1)	1,2,3,(4),6-11,12,5
		(2)	1,2,3,(4),5,6-11,12
		(3)	(1,2,3),(4),5,6-11,(12)
Praktiker	gute Kenntnisse in Mathematik	(1)	1,2,3,(4),5,6-11,12
		(2)	(1,2),6-11,(3),(4),5,12,A
		(3)	(1,2,3),(4,A),5,6-11,(12)
Praktiker	wenig Kenntnisse in Mathematik	(1)	1,2,3,(4),6-11,12,5
		(2)	1,2,3,(4),6-11,5,12
		(3)	(1,2,3),(4),5,6-11,(12)

Zudem sind die meisten Abschnitte so geschrieben, dass sie trotz zahlreicher Querverweise für sich stehend gelesen werden können. Damit ist es möglich, auch punktuell mit diesem Buch zu arbeiten. Schließlich sei bemerkt, dass das Buch in den meisten Fällen elementar und leicht verständlich in eine Thematik einführt, möglicherweise dann aber ein Tempo einschlägt, das nicht allen Lesern adäquat erscheinen mag. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um das Buch so weit wie möglich thematisch in sich abgeschlossen zu machen, ein möglichst breites Spektrum von Lesern anzusprechen und die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass jeder Leser für sich etwas interessantes findet und das Buch immer mal wieder mit Freude zur Lektüre in die Hand nimmt.

Danksagung

Es ist eine Freude, einigen Freunden und Kollegen zu danken, die mich während vieler Jahre in meinem Arbeits- oder privaten Umfeld begleitet haben und in verschiedener Weise direkt oder indirekt zum Gelingen dieses Werkes beigetragen haben. Hier möchte ich an erster Stelle Frau Dr. Anna Schrieck (Ludwigshafen) danken, die durch ihre besondere Fähigkeit, mit nicht einfachen Randbedingungen und Situationen umzugehen, den

Freiraum für viel, in der Industrie eher ungewöhnliches Tun ermöglicht hat. Wenngleich in den letzten Jahren eher aus der Ferne wirkend, so waren dennoch für das Entstehen dieses Buches die beiden folgend genannten Menschen sehr wichtig: mein langjähriger Studienfreund PD Dr. Horst Fichtner (Bochum) mit seiner wohlwollenden, aber gnadenlos kritischen Art sowie David Desantis (Neshanic Station, New Jersey, USA), der mit seinen nie ruhenden *general intellectual capabilities*, als Projektpartner später als Freund auf seine spezielle humorvolle und insistierende Weise für die Entwicklung vieler Ideen in diesem Buch verantwortlich war.

Dr. Thomas I. Maindl und Michael Schnorbach möchte ich für ihre Beiträge zum Thema „Supply Chain Management“ und ihre Unterstützung in Abschnitt 3.5.1 danken. Seit vielen Jahren hinweg sind Bob Daniel und Marilyn Dalton (Blisworth, England) inspirative Gesprächspartner und mir wohl gesonnene Menschen, nicht nur im Umfeld gemischt-ganzzahliger Optimierung. Ihnen sei hierfür an dieser Stelle gedankt.

Ein besonderes Wort des Dankes sei an all die Projektpartner vieler Jahre gerichtet: viele von ihnen habe ich wegen ihres Enthusiasmus und ihrer tiefen Kenntnisse in den Problemfeldern, die sie mit Hilfe gründlicher mathematischer Modellierung, die häufig auf gemischt-ganzzahliger Optimierung führte, verbessert sehen wollten, in guter Erinnerung. Die Interaktion und Kommunikation mit ihnen ist eine wichtige und unersetzliche Quelle für das Gelingen dieses Buches. Aus der Vielzahl der Projektpartner, die über mehrere Jahre hinweg indirekt zu diesem Buch beigetragen haben, seien genannt: Dr. Peter Bassler (Ludwigshafen), David Desantis, Dr. Klaus Plitzko (Münster), Dr. Gerhard Schnabel und Dr. Tim Jungkamp (Ludwigshafen). Leider ist im industriellen Umfeld zu bemerken, dass die Chancen, auf derartige Menschen, mit dem Bedürfnis, ein Problem so tief und so gründlich wie möglich zu verstehen und zu lösen, zu treffen immer geringer wird, und so man denn auf solche trifft, diese immer weniger Zeit haben, ein Problem in dieser bewährten Methode anzugehen.

Zum Gelingen eines solchen Werkes bedarf es der gründlichen Prüfung und Korrektur des Manuskriptes. Hierfür sei PD Dr. Horst Fichtner (Bochum), Hans-Georg Freiermuth (New York), Dr. Susanne Heipcke (Marseille), Dr. Cornelia Liesenfeld (Augsburg), Isabelle Luidolt und Eltern (Mannheim) und Dr. Anna Schreieck (Ludwigshafen) herzlichst gedankt. Weiterhin sind in diesem Buch konstruktive Kommentare von Dr. Axel Hecker (Heidelberg), Dr. Gerhard Krennrich (Ludwigshafen), Dr. Marco Lübbecke (Braunschweig), Dr. Johannes P. Schlöder und Martin Spoden (Heidelberg), Christian Timpe (Ludwigshafen), Dr. Norbert Trautmann (Karlsruhe), Prof. Dr. Uwe Zimmermann (Braunschweig) und insbesondere von Prof. Dr. Arnold Neumaier (Wien) und Prof. Dr. Alexander A. Kolokolov (Omsk, Russland) eingeflossen. Schließlich sei Ulrike Schmickler-Hirzebruch gedankt, die auf Seiten des Vieweg-Verlags die Aufgabe des Lektorats inne hatte und durch zahlreiche Gespräche die Entstehung dieses Werkes unterstützte.

Gemischt-ganzzahlige Optimierung: Modellierung in der
Praxis

Mit Fallstudien aus Chemie, Energiewirtschaft,
Papierindustrie, Metallgewerbe, Produktion und Logistik
Kallrath, J.

2013, XXII, 381 S. 38 Abb.,

ISBN: 978-3-658-00690-7