8 Numerische Resultate

8.1 Die Modelle

Tabelle 8.1 beschreibt die Modelle mit denen die im Folgenden präsentierten Ergebnisse erzielt werden konnten. Dabei handelt es sich überwiegend um Modelle aus der MIPLIB 2003 [MaAK03]. Es wurden sowohl relativ leicht zu lösende Modelle (Lösungszeit < 1 Stunde) als auch sehr schwer oder noch nicht optimal gelöste Probleme, ausgewählt. Die leicht zu lösenden Modelle sind in folgender Übersicht nicht hinterlegt, während die schwer oder noch nicht optimal gelösten Probleme dunkel hinterlegt sind.

Name	Zeilen	Spalten	NNE	Integer	Binär
10teams	230	2025	12150	1800	1800
cap6000	2176	6000	48243	6000	6000
dunggm2	3841	3096	13006	1347	1347
g5041221	243	440	4918	80	80
g5041231	243	440	4918	80	80
g5047231	242	440	4840	80	80
gesa2-o	1248	1224	3672	384	384
gmlp	1067	2734	15530	2734	2734
har2	325	541	1558	141	141
harp2	112	2993	5840	2993	2993
mzzv11	9499	10240	134603	251	9989
noswot	182	128	735	100	75
p2756	755	2756	8937	2756	2756
pA18A1	543	1364	14212	326	326
pk1	45	86	915	55	55
post32	231	1069	12649	1064	1018
qiu	1192	840	3432	48	48
rout	291	556	2431	315	300
roll3000	2295	1166	29386	1138	246
toelle	14089	11473	37009	2424	2424
timtab	171	397	829	294	113
vpm2	234	378	917	168	168

Tabelle 8.1: Übersicht der Modell

8.2 Branch-and-Cut Standardstrategie

Numerische Tests mit den in Kapitel 6.2.1 beschriebenen Strategien führten zu dem Ergebnis, dass eine dieser Strategien nicht ausreicht, um für mehrere Modelle gute Ergebnisse zu erhalten. Mit einer Kombination aus Strategien konnte allerdings eine mögliche Standardeinstellung zusammengestellt werden, die in einer Vielzahl von Fällen zu sehr guten Ergebnissen führt. Die Kombination der Strategien sowie weitere vorgenommene Einstellungen sollen zunächst vorgestellt werden. Bei den ausgewählten Strategien handelt es sich zum einen um die Strategie bei der nur dann nach Cuts gesucht wird, wenn die Differenz zwischen dem relativen Gap des aktuellen Knotens und dem globalen relativen Gap kleiner als ein Vergleichswert *k* ist, und zum anderen um die Strategie bei der Cuts an jedem *l-ten* Knoten gesucht werden. Auch wenn die erste Strategie im Einzelvergleich (vgl. Tabelle 8.9-8.10) nicht sehr gute Ergebnisse erzielen konnte, hat sie sich doch bei einigen Tests von Kombinationen von Strategien als eine der besten herausgestellt. Die jeweiligen Werte für *k* und *l* hängen davon ab, wie groß der Anteil der integer Variablen in einem Modell ist. Teilweise werden diese beiden Strategien noch zusätzlich mit der Strategie bei der noch mindestens *m* % der ursprünglich fraktionellen Variablen an einem Knoten fraktionell sein müssen kombiniert.

Des Weiteren wird bei der Standardeinstellung eine Art Cutpool genutzt. Nachdem ein Cut mehrmals hintereinander nicht bindend war, wird er inaktiviert. Sobald eine bestimmte Anzahl von Cuts inaktiviert wurde, werden diese Cuts an einem ausgewählten Knoten geprüft, ob sie die aktuelle LP-Lösung abschneiden und ggf. wieder aktiviert. Das aktivieren und inaktivieren von Cuts erfolgt auch, wenn die maximale Anzahl an Cuts, die an ein Modell angehangen werden können erreicht ist.

Damit nicht ein kleines Modell durch das Anhängen von Cuts überverhältnismäßig vergrößert wird, können nicht mehr Cuts angehangen werden als es Variablen (Logische- und Strukturvariablen also Zeilen und Spalten) in einem Modell gibt.

Es wurden vier mögliche Cutlevel eingeführt. Je höher das Level, desto intensiver wird nach Cuts gesucht. Diese Level sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden. Die dabei aufgeführten Werte sind jeweils die Ausgangswerte, die ggf. im Laufe des Prozesses angepasst werden können. In der Regel werden im Baum nur Cover, Clique und Implication Cuts abgeleitet, wenn auch lokal gültige Gomory Cuts abgeleitet werden, wird dieses explizit angegeben.

Cutlevel I:

- Vor dem Branch-and-Cut Verfahren wird nach allen Cuts gesucht

Cutlevel II:

- Es wird an jedem 50sten oder 100sten Knoten nach Cuts gesucht. (Abhängig von der Zeit die für die Lösung eines LPs benötigt wird).
- Die Differenz zwischen dem relativen Gap des aktuellen Knotens und dem globalen relativen Gap muss kleiner als 0,05 sein.
- Es müssen noch mindestens 50% der Variablen, die zu Begin des Branch-and-Cut Verfahrens fraktionell waren, fraktionell sein.
- Der relative globale Gap muss größer als 0,05 sein.
- Es wird erst nach Cuts im Baum gesucht, wenn schon eine Integerlösung vorliegt.

Cutlevel III:

- Es wird an jedem 20sten oder 50sten Knoten nach Cuts gesucht. (Abhängig von der Zeit die für die Lösung eines LPs benötigt wird).
- Die Differenz zwischen dem relativen Gap des aktuellen Knotens und dem globalen relativen Gap muss kleiner als 0,10 sein.

Cutlevel IV:

- Es wird an jedem 15ten oder 50sten Knoten nach Cuts gesucht. (Abhängig von der Zeit die für die Lösung eines LPs benötigt wird).
- Die Differenz zwischen dem relativen Gap des aktuellen Knotens und dem globalen relativen Gap muss kleiner als 0,15 sein.
- Es wird an jedem 500sten Knoten nach lokal gültigen Gomory Cuts gesucht, wenn
    - die Differenz zwischen dem relativen Gap des aktuellen Knotens und dem globalen relativen Gap kleiner als 0,10 ist.
    - noch mindestens 50% der Variablen, die zu Begin des Branch-and-Cut Verfahrens fraktionell waren, fraktionell sind.
    - der relative globale Gap größer als 0,10 ist.
    - und schon eine Integerlösung vorliegt.

Tabelle 8.2 und Tabelle 8.3 geben eine Zusammenfassung der Ergebnisse die mit den verschiedenen Cutleveln erzielt wurden. Detailliert sind die Ergebnisse der einzelnen Modelle in den Tabelle 8.4 -8.7 zu finden. Die Modelle wurden auf einem Intel Pentium M Laptop mit 1,73 GHz unter Windows XP Professional gelöst. Der Quellcode wurde mit einem Compaq Visual Fortran Compiler V6.6 kompiliert. Alternativ dazu besteht auch die Möglichkeit eine Version mit dem Intel(R) Fortran Compiler V9.0 unter Microsoft Visual Studio .NET 2003 zu erzeugen. Die Intel Version kann bei sehr schwer zu lösenden Problemen zu signifikanten Verbesserungen in der Lösungszeit führen. Im Folgenden steht jedoch der Vergleich der verschiedenen Cutlevel im Vordergrund, welcher anhand der Compaq Version dargestellt wird.

Probleme, die innerhalb einer Stunde gelöst wurden				
Level	**I**	**II**	**III**	**IV**
$\sum$ Zeit	96,86	105,94	70,61	93,42
$\sum$ Knoten	1.932.077	2.053.621	1.709.858	1.868.536
$\sum$ Iterationen	17.214.604	19.457.539	14.216.113	16.305.134
$\sum$ Cuts	1.625	1.707	2.335	4.046

Tabelle 8.2: Zusammenfassung der leicht zu lösenden Probleme

Das Modell pa1a18 wurde in der Zusammenfassung in Tabelle 8.2 nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse dieses Modells sind nicht direkt vergleichbar, da bei den Cutleveln II-IV nicht nach mixed integer rounding Cuts und flow cuts gesucht wurde. Die maximale Anzahl an Cuts, die an ein Modell angehangen werden können, wäre sonst schon vor dem Einstieg in das Branch-and-Cut Verfahren erreicht. Für das Cutlevel I hingegen wird nach allen Cuts gesucht.

Insgesamt lässt sich für die Probleme, die innerhalb einer Stunde gelöst werden können, festhalten, dass das dritte Cutlevel deutlich besser als die anderen drei Level ist. Sowohl die Anzahl der Knoten, als auch die Anzahl der Iterationen ist geringer als bei den andern Leveln. Am Cutlevel II wird deutlich, dass die Anzahl der Knoten nicht direkt von der Anzahl der Cuts abhängt. Obwohl beim Level II mehr Cuts abgeleitet werden als beim Level I müssen trotzdem auch mehr Knoten gelöst werden.

In Tabelle 8.3 der Zusammenfassung der schwer zu lösenden Modelle wurden die Modelle mzzv1 und timtab1 nicht berücksichtigt. Für das Modell mzzv1 konnte mit dem Cutlevel I keine Integerlösung gefunden werden und das Modell timtab1 hätte aufgrund seines extrem hohen globalen Gaps die Ergebnisse verfälscht.

Probleme, die innerhalb einer Stunde nicht gelöst wurden				
Level	**I**	**II**	**III**	**IV**
$\sum$ globaler gap	50,412478	42,2565335	44,5238373	40,9929504
$\sum$ Knoten	8.853.247	6.040.220	6.619.565	3.195.712
$\sum$ Iterationen	65.636.480	66.789.193	71.551.344	73.201.717
$\sum$ Cuts	3.630	7.142	9.528	11.514

Tabelle 8.3: Zusammenfassung der schwer zu lösenden Probleme

Anhand dieses direkten Vergleichs wird deutlich, dass zumindest bei den schwer zu lösenden Problemen, die Knoten Anzahl mit zunehmender Anzahl an Cuts sinkt. Gleichzeitig steigt aber auch die Anzahl, der Iterationen. Das ist darauf zurückzuführen, dass jedes Mal, wenn Cuts gefunden und dem Modell hinzugefügt wurden, das LP relaxiert gelöst werden muss. Werden lokal gültige Gomory Cuts abgeleitet, muss die LP-Relaxierung sogar zweimal gelöst werden. Zur Lösung jedes Modells wurde eine Zeitbeschränkung von einer Stunde festgelegt. Konnte innerhalb einer Stunde nicht eine optimale Lösung gefunden und bewiesen werden, wird der relative globale Gap angegeben und die bis dahin beste gefundene IP-Lösung. Die Zusammenstellung der Gesamtanzahl der Cuts wird aufgeschlüsselt in den Tabelle 9.1 – 9.4 dargestellt. In Klammern ist dabei immer die Anzahl der im Baum generierten Cuts angegeben. In der letzen Spalte (Rang) wird jeweils angegeben, wie gut die Lösung eines Models in einem Level im Vergleich zu der Lösung mit den anderen Levelen abgeschnitten hat. Als Vergleichswert wurde für die leicht zu lösenden Problemen die Lösungszeit und für die Probleme, die nicht innerhalb einer Std. gelöst werden konnten, der relative globale Gap herangezogen.

Cutlevel I						
Name	**IP-Lösung**	**Knoten**	**Iteration**	**Zeit(min)**	**Cuts**	**Rang**
10teams	924,00	12924	765225	2,45	5	1
cap6000	-2451377,00	46913	2828410	29,03	11	3
dunggm2	3082995,77	116449	583407	18,80	593	2
g5041221	14879,00	87814	515803	2,91	20	4
g5041231	42912,85	608412	5805794	27,42	47	2
gesa2-o	25779856,37	135805	348501	5,80	176	2
gmlp	3124,00	2090	18840	0,22	82	3
har2	3290,67	15134	131531	0,51	45	4
p2756	3124,00	1860	41554	0,40	614	4
pA18A1	175,3170	1842	4761491	32,17	2252	2
pk1	11	833097	5234664	5,46	0	3
qiu	-132,8731	40020	1499398	5,58	0	1
vpm2	13,75	44483	206702	0,73	83	3
Name	**beste Lösung**	**Knoten**	**Iterationen**	**global Gap**	**Cuts**	**Rang**
g5047231	39832,5714	727107	8724328	*3,8982213940*	36	2
harp2	-73879852	544461	8078870	*0,2939889140*	476	2
mzzv11	-	51054	661469	-	456	4
noswot	-41,00	5393461	16337798	*4,5454545455*	19	1
post32	1991	909859	12336651	*19,567827130*	169	4
rout	1077,56	936462	10452758	*4,0627308317*	155	2
roll3000	242572	242572	7697566	*16,935246019*	789	4
toelle	205732,10526	99325	2008509	*1,1090091951*	2463	2
timtab1	801615,00	839911	7202475	*176,9457975*	298	1

Tabelle 8.4: Ergebnisse mit Cutlevel I

Cutlevel II						
Name	**IP-Lösung**	**Knoten**	**Iterationen**	**Zeit(min)**	**Cuts**	**Rang**
10teams	924,00	12924	765225	2,45	5	1
cap6000	-2451377,00	46913	2828410	29,03	11	3
dunggm2	3082995,77	116449	583407	18,80	593	2
g5041221	14879,00	47313	262894	1,54	20	2
g5041231	42912,85	761302	7523742	35,45	83 (36)	4
gesa2-o	25779856,37	129519	347907	5,51	176	1
gmlp	3124,00	2343	19214	0,24	82	4
har2	3290,67	11323	98864	0,33	45	1
p2756	3124,00	584	9899	0,19	614	1
pA18A1	175,3170	253752	14692223	55,42	1167	3
pk1	11	833097	5234849	5,41	0	2
qiu	-132,8731	66180	2363363	8,79	0	2
vpm2	13,75	38598	184990	0,65	83	1
Name	**beste Lösung**	**Knoten**	**Iterationen**	**global Gap**	**Cuts**	**Rang**
g5047231	39832,5714	728471	9382490	*3,8258851359*	89 (53)	1
harp2	-73877935	585035	8802346	*0,3021060136*	476	4
mzzv11	-21518,00	21278	2745130	*4,6354974518*	496 (40)	2
noswot	-40,00	3255618	9354513	*6,8181818182*	19	3
post32	1842,00	346421	16591328	*10,3592814371*	1869 (1700)	1
rout	1077,56	829368	11995036	*3,3561186972*	783 (628)	1
roll3000	13771,00	202830	8783449	*16,537535869*	1421 (632)	3
toelle	205827,5154	92477	1880031	*1,0574244858*	2463	1
timtab1	801615,00	887443	7650415	*176,94579750*	298	1

Tabelle 8.5: Ergebnisse mit Cutlevel II

Cutlevel III						
Name	**IP-Lösung**	**Knoten**	**Iterationen**	**Zeit(min)**	**Cuts**	**Rang**
10teams	924,00	12924	765225	2,49	5	2
cap6000	-2451377,00	25120	479611	9,07	595 (584)	1
dunggm2	3082995,77	106600	515700	17,11	601 (8)	1
g5041221	14879,00	31815	198785	1,06	35 (15)	1
g5041231	42912,85	463431	4729891	22,30	106 (59)	1
gesa2-o	25779856,37	129519	347907	5,53	176	1
gmlp	3124,00	690	7977	0,10	105 (23)	1
har2	3290,67	13979	139238	0,42	68 (23)	3
p2756	3124,00	829	13802	0,24	634 (20)	3
pA18A1	175,3170	127385	7362445	28,95	1430 (545)	1
pk1	11	833097	5234849	5,36	0	1
qiu	-132,8731	66180	2363363	8,79	0	2
vpm2	13,75	38598	184990	0,63	83	1
Name	**beste Lösung**	**Knoten**	**Iterationen**	**global Gap**	**Cuts**	**Rang**
g5047231	39832,57143	699535	9664095	*4,2529984362*	102 (66)	3
harp2	-73899078	112418	10240046	*0,2191587247*	2016 (1532)	1
mzzv11	-21498	7613	2656908	*5,0607198057*	545 (89)	3
noswot	-40	4720167	14570403	*6,8181818181*	23 (5)	3
post32	1842	188820	15535361	*10,6242496999*	2010 (1841)	3
rout	1077,56	593756	11390352	*5,2352223621*	2003 (1848)	4
roll3000	13681,00	204687	8565796	*15,7759632314*	1515 (726)	2
toelle	207189,3578	100182	1585291	*1,5980630260*	2648 (185)	3
timtab1	840255,00	911070	7173192	*201,886719164*	304 (6)	4

Tabelle 8.6: Ergebnisse mit Cutlevel III

Cutlevel IV						
Name	**IP-Lösung**	**Knoten**	**Iterationen**	**Zeit(min)**	**Cuts**	**Rang**
10teams	924,00	15469	1333586	3,78	23 (18)	3
cap6000	-2451377,00	18539	693957	12,15	452 (441)	2
dunggm2	3082995,77	95584	505383	23,05	2274 (1681)	4
g5041221	14879,00	56143	333999	2,23	514 (494)	3
g5041231	42912,85	614585	6515927	33,16	323 (291)	3
gesa2-o	25779856,37	130538	344910	7,02	194 (18)	4
gmlp	3124,00	690	7977	0,10	105 (23)	1
har2	3290,67	10810	91761	0,34	70 (25)	2
p2756	3124,00	765	13585	0,24	639 (25)	2
pA18A1	175,3170	220306	13566548	56,26	1824 (939)	4
pk1	11	833097	5234810	5,62	0	4
qiu	-132,8731	66180	2363363	8,79	0	2
vpm2	13,75	41605	199462	0,72	133 (50)	4
Name	**beste Lösung**	**Knoten**	**Iterationen**	**global Gap**	**Cuts**	**Rang**
g5047231	39832,5714	636822	9391541	*4,8939237610*	822 (786)	4
harp2	-73879062	144924	16543797	*0,294624656*	1651 (1170)	3
mzzv11	-21488,00	10009	2250891	*4,2080863014*	589 (133)	1
noswot	-41	1561795	7873160	*4,5454545455*	199 (180)	1
post32	1842	63575	15052816	*10,4916067146*	2012 (1843)	2
rout	1077,56	506318	14590205	*4,9503073484*	2002 (1847)	3
roll3000	13497	183344	8180424	*14,2189703136*	2180 (1391)	1
toelle	207189,36	98934	1569774	*1,5980630260*	2648 (185)	3
timtab1	828266,00	942561	7524402	*194,34374969*	304 (6)	3

Tabelle 8.7: Ergebnisse mit Cutlevel IV

8.3 Weitere Branch-and-Cut Strategien

Auch die anderen in Kapitel 6.2.1 vorgestellten Strategien wurden getestet. Tabelle 8.8 gibt eine Übersicht über die getesteten Strategien.

S0	Cuts werden nur vor dem Branch-and-Cut Prozess gesucht
S1	Cuts werden an jedem Knoten gesucht (bis Cutspeicher voll ist)
S2	Cuts werden an jedem *k-ten* Knoten gesucht.
S3	Cuts werden bis zum *k-ten* Knoten gesucht (oder bis Cutspeicher voll ist).
S4	Cuts werden gesucht, wenn der relative Gap des aktuellen Knotens größer *k* ist.
S5	Cuts werden gesucht, wenn noch mindestens *k%* der Variablen, die am ersten Knoten fraktionell waren, einen fraktionellen Wert annehmen.
S6	Wenn die Differenz zwischen dem Zielfunktionswert eines Knotens und der globalen Untergrenze kleiner als *k%* des aktuellen globalen absoluten Gaps ist.
S7	Cuts werden gesucht, wenn die Differenz zwischen dem relativen Gap des aktuellen Knotens und dem globalen relativen Gap kleiner als *k* ist.

Tabelle 8.8: Übersicht der getesteten Strategien

Wie bereits bei der Vorstellung der Standardeinstellung erwähnt, wurde im Rahmen dieser Arbeit festgestellt, dass nur eine Kombination der Strategien zu brauchbaren Ergebnissen führt. Um dennoch die Probleme der einzelnen Strategien zu verdeutlichen, werden sie in Tabelle 8.9 -8.10 anhand von sechs ausgewählten Problemen miteinander verglichen. Mit har2 und p2756 handelt es sich dabei um zwei Probleme, die sehr schnell gelöst werden können. cap6000 und g5041321 (g5041) sind Probleme die etwas schwieriger zu lösen sind aber für die i. d. R. innerhalb einer Stunde eine optimale Lösung gefunden wird. Die Modelle harp2 und rout können im Gegensatz dazu nicht innerhalb einer Stunde optimal gelöst werden. Mit der Auswahl dieser sechs Modelle sollen die Klasse der leicht zu lösenden, der mittelschwer zu lösenden bzw. schwer zu lösende Probleme repräsentiert werden. In den Tabelle 9.5 – 9.10 werden Ergebnisse für verschiedene Einstellungen von *k* gezeigt. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde der jeweils beste Wert für ein Modell gewählt.

	Strategie	beste Lösung	Knoten	Iterationen	Zeit(min)/ *global Gap*	Cuts im Baum
p2756	S0	3124	1860	41554	0,40	0
	S1	3137	150888	1026728	*0,57692307*	281
	S2	3124	584	9899	0,20	0
	S3	3124	477	15558	0,44	404
	S4	3124	584	9899	0,20	0
	S5	3124	435	12311	0,34	325
	S6	3124	477	15558	0,43	404
	S7	3124	528	11670	0,21	74
har2	S0	3290,6704	15134	131531	0,51	0
	S1	3290,6704	8003	61303	0,24	48
	S2	3290,67044	5074	41353	0,15	21
	S3	3290,67044	8020	63598	0,24	31
	S4	3290,67044	7199	60839	0,21	16
	S5	3290,6704	6189	57412	0,20	62
	S6	3290,6704	8003	61303	0,24	48
	S7	3290,6704	8003	61303	0,24	48
g5041231	S0	42912,8571	608412	5805794	27,42	0
	S1	42912,8571	671979	6551557	31,70	87
	S2	42912,8571	578455	5469363	27,35	49
	S3	42912,8571	657221	6174168	30,19	8
	S4	42912,8571	570411	6158074	27,47	83
	S5	42912,8571	597345	5625536	28,84	90
	S6	42912,8571	671979	6551557	31,39	87
	S7	42912,8571	530270	5626034	25,74	76
cap6000	S0	-2451377	46913	2828410	29,59	0
	S1	-	42620	1628157	-	876
	S2	-2451377	511109	2659431	31,00	75
	S3	-2451377	43735	1585714	22,60	62
	S4	-2451377	44613	2812410	28,06	0
	S5	-	22335	682533	-	876
	S6	-	23631	735354	-	876
	S7	-2451377	50448	2842113	35,21	334
harp2	S0	-73877935	544461	8078870	*0,29398891*	0
	S1	-73869022	137066	7048368	*0,300541*	1537
	S2	-73880521	122492	8321757	*0,246028*	1540
	S3	-73882401	178776	8566638	*0,224914*	1028
	S4	-73881945	269455	7102894	*0,29823376*	716
	S5	-73899078	111071	8130539	*0,22694266*	1537
	S6	-73866369	141396	7246249	*0,31619416*	1536
	S7	-73871585	135550	8177544	*0,23611450*	1539

Tabelle 8.9: Zusammenfassung der Ergebnisse der getesteten Strategien Teil I

Fortsetzung von Tabelle 12.9						
	Strategie	**beste Lösung**	**Knoten**	**Iterationen**	**Zeit(min)/ *globaler Gap***	**Cuts im Baum**
rout	S0	1077,56	936462	10452758	*4,06273083*	0
	S1	1077,56	187896	4994431	*6,75027720*	1848
	S2	1077,56	683201	9808957	*3,90283023*	528
	S3	1077,56	820807	10551259	*4,55221590*	124
	S4	1077,56	940487	11365729	*4,94106078*	26
	S5	1077,56	449817	7802516	*5,04403469*	1137
	S6	1077,56	440061	7640248	*4,84324727*	1424
	S7	1077,56	317040	6036683	*5,90515505*	1818

Tabelle 8.10: Zusammenfassung der Ergebnisse der getesteten Strategien Teil II

Keine der Strategien dominiert eine andere. Für die unterschiedlichen Modelle sind jeweils unterschiedliche Strategien zu finden, die zu den besten Ergebnissen führen. Nachteil der Strategien S1-S3 ist, dass sie weder die Eigenschaften eines Knotens noch auf den Fortschritt des Gesamtlösungsprozesses berücksichtigen. So kann eine ungünstige Wahl des Vergleichswertes *k* dazu führen, dass beispielsweise für die Modell cap6000 bzw. p2756 innerhalb einer Stunde keine ganzzahlige Lösung gefunden wird, während sie sonst innerhalb von Minuten bzw. Sekunden optimal gelöst werden können. Das gleiche Verhalten ist auch bei der Strategie S3 zu sehen, bei einigen Werten für *k* können die Modelle g5041321 und cap6000 nicht innerhalb einer Stunde gelöst werden. Auch bei der Strategie S2 kann das Modell cap6000 in einem Fall nicht innerhalb einer Stunde gelöst werden. Dennoch lässt sich feststellen, dass sich mit dieser Strategie bei der nur an jedem *k-ten* Knoten nach Cuts gesucht wird vergleichsweise gute Ergebnisse erzielen lassen. Verschiedene Tests haben gezeigt, dass diese Strategie auf jeden Fall auch bei einer Kombination von Strategien eingesetzt werden sollte.

Die Strategie S4 berücksichtigt die Eigenschaften eines Knotens indem der relative Gap des aktuellen Knotens betrachtet wird. Problem dabei ist es jedoch, genau wie bei der Strategie S6, einen Vergleichswert zu finden, der tatsächlich die Knoten von einander differenziert. Abhängig von der Wahl des Vergleichswertes werden entweder alle oder kein Knoten zur Suche von Cuts ausgewählt wird. Das liegt daran, dass in der Regel alle Knoten einen relativen Gap haben der in einen ähnlichen Bereich fällt. Dieser Bereich ist jedoch von Modell zu Modell sehr unterschiedlich.

Bei der Strategie S5 gelingt die gewünschte Differenzierung der einzelnen Knoten. Wenn diese Strategie alleine angewandt wird, können wahrscheinlich noch bessere Ergebnisse erzielt werden mit kleineren Werten für *k*.

Hauptproblem aller Strategien besteht darin einen guten Vergleichswert *k* zu finden. Bei der richtigen Wahl von *k* können mit den verschiedenen Strategien z. T. sehr gute Ergebnisse erzielt werden, jedoch steigen die Lösungszeiten bei einem schlechten Wert für *k* auch sehr schnell an. Aus diesem Grund wurden die Vergleichswerte für die Standardeinstellung abhängig von Modelleigenschaften, wie der prozentuale Anteil an integer Variablen im Modell und dem Fortschritt während des Supernode processings vor dem Branch- and- Cut Verfahren gemacht. Die Problematik, dass gute Vergleichswerte gefunden werden müssen, verliert des Weiteren durch die Kombination von Strategien an Bedeutung.