

# Zugbaum-Beschreibung

R. Glaschick, Paderborn  
2014-08-12

Die zu dem von Roderich Gräff um 1950 gebaute *Spielcomputer Wolf und Schafe* gehörenden Unterlagen ließen eine direkte Rekonstruktion, wie sie für einen authentischen Nachbau notwendig wären, nicht zu. Daher wird im folgenden ein Zugbaum angegeben und dokumentiert, der denselben Anfang und Basis-Ablauf aufweist, um so Hinweise zu bekommen, wie die — nicht verbal erläuterten — Unterlagen möglicherweise zu deuten wären.

Dies Ziel wurde insofern erreicht, als nach mehrfacher Revision des Zugbaums durchaus einige Aspekte der Unterlagen klarer geworden sind; allerdings verbleiben noch etliche Unklarheiten, die eine Rekonstruktion der von Gräff verwendeten Technik unvollständig lassen. Insbesondere den Vergleich der Anzeige der Schafpositionen weist erhebliche Unterschiede auf.

Die Beschreibung der Dokumente findet sich getrennt in [DokumenteOriginale.html](#). Dort ist auch ausgeführt, dass nach diesen Unterlagen die Maschine in Zug 9 mit dem Wolf auf c5 nach vorherigem Verbleib in den beiden letzten Zeilen einen regelwidrigen Zug der Schafe anzeigt.

## Zugbaum

Der Zugbaum stellt die Abfolge und Bedingungen der Züge dar. Verzweigungen des Zugbaums werden als Zugvarianten bezeichnet.

Der entwickelte Zugbaum ist nicht alternativlos; beispielsweise kann, wie in den Unterlagen, in Zug 8 auch, wenn der Wolf auf b4 gezogen hat, der Schafszug D3→C4 anstelle von A2→A3 erfolgen.

## Methodik

Es zeigen die Spalten

1. die Nummer des aktuellen Zuges mit Zugvariante
2. die Position des Wolfes
3. der Zug der Schafe
4. die neue Zugvariante
5. die Positionen der Schafe nach dem Zug der Schafe
6. die möglichen Positionen des Wolfs
7. die möglichen vorherigen Positionen des Wolfs

Zur Ausführung werden die ersten vier Spalten benötigt. Dies ist besonders dann zweckmäßig, wenn der Zustand der Lampen für die Schafe einzeln adressierbar ist und über Flip-Flops erhalten bleibt. Alternativ kann auch die Anzeige der Lampen direkt aus der 5. Spalte entnommen werden; dann wird die 3. Spalte nicht benötigt.

Enthält die Position des Wolfs einen Punkt, dann gilt dieser Fall für alle Positionen, die nicht spezifisch angegeben sind.

Da die Zugnummer immer um 1 erhöht wird, braucht in der 4. Spalte nur die Zugvariante angegeben zu werden. Ein Punkt zeigt an, dass Zugvariante unverändert gleich der aus der 2. Spalte ist. Ein Ausrufezeichen aktiviert die Klingel, die Spielende anzeigt.

Der Spielanfang besteht darin, dass die Zugnummer und -variante auf 0 gesetzt werden, dann der Wolf eine Position in der 7. Reihe besetzt, und der Zug mit der Nummer 1 aktiviert wird (der Schalter wird auf 1 gedreht), so dass die in der Tabelle mit der Zugnummer 1 angegebene Position der Schafe angezeigt wird. Somit sind die Position des Wolfs und die Zugnummer immer gleicher Parität.

Zugvariante 0 ist die Basis-Zugfolge, bei der die Schafe ungestört in geschlossener horizontaler Reihe vorangehen. Steht der Wolf auf einer Position, auf die die Schafe als nächstes hätten ziehen wollen, so wird eine neue Variante notiert, aber zunächst der Fall einer aufsteigenden Zugnummer weiterverfolgt.

Bei Spielende ist der Wolf durch einen Zug der Schafe eingekesselt; dies kann auch derselbe Zug sein, mit dem das Spiel bei einer anderen Position des Wolfs fortgesetzt würde.

Die möglichen Positionen des Wolfes in den beiden letzten Spalten werden später benötigt und können zunächst ignoriert werden.

Die Spielbäume starten alle nach der von Gräff angegebenen Zugfolge.

Für die Umsetzung der Tabellen ist zu beachten, dass bei einem Schaltwerk normalerweise pro Zug zwei Phasen verwendet werden: In einer ersten Phase werden die neuen Werte der Variablen berechnet, temporär zwischengespeichert und erst in der zweiten Phase alle Variablen gleichzeitig auf die neuen Werte gesetzt, währenddessen die Berechnungslogik von dem Zwischenspeicher abgetrennt wird. Üblicherweise wird dies nicht auf die Ausgänge angewendet, auch wenn dadurch kurzfristige Störimpulse an den Ausgängen auftreten können, die durch Einbeziehung der Ausgänge vermeidbar sind.

Bei der Interpretation durch ein Computerprogramm ist dieses Zweiphasen-Prinzip häufig nicht explizit. Insbesondere kann die Tabelle sequentiell ausgewertet und intuitiv eine Reihenfolge gewählt werden, bei der stets nur bereits ausgewertete Variablen verwendet werden.

## Primärer Zugbaum

Auf Grund der oben beschriebenen Vorgehensweise ist der primäre Baum nach Zugvarianten und innerhalb der Zugvarianten nach Zugnummern sortiert.

0.0	..	--	0	A1-B1-C1-D1		
1.0	..	B1->B2	.	A1-B2-C1-D1	*7	
2.0	..	A1->A2	.	A2-B2-C1-D1	*6	*7
3.0	..	D1->D2	.	A2-B2-C1-D2	*5,*7	*6
4.0	..	D2->D3	.	A2-B2-C1-D3	*4,*6	*5,*7
5.0	..	C1->C2	.	A2-B2-C2-D3	abc3,*5,*7	*4,*6
6.0	..	C2->C3	.	A2-B2-C3-D3	*4,*6	abc3,*5,*7
7.0	b3	D3->C4	1	A2-B2-C3-C4	b3	*4,*6
7.0	..	B2->B3	.	A2-B3-C3-D3	a3,*5,*7	*4,*6
8.0	..	A2->A3	.	A3-B3-C3-D3	*4,*6	a3,*5,*7
9.0	..	A3->A4	.	A4-B3-C3-D3	*5,*7	*4,*6
10.0	b4	D3->C4	1	A4-B3-C3-C4	b4	*5,*7
10.0	..	B3->B4	.	A4-B4-C3-D3	cd4,*6	*5,*7
11.0	..	C3->C4	.	A4-B4-C4-D3	*5,*7	cd4,*6
12.0	d4	C4->D5	!	A4-B4-D5-D3	d4	*5,*7
12.0	..	D3->D4	.	A4-B4-C4-D4	*6	*5,*7
13.0	d5	A4->B5	2	B5-B4-C4-D4	d5	*6
13.0	..	D4->D5	.	A4-B4-C4-D5	abc5,*7	*6
14.0	..	C4->C5	.	A4-B4-C5-D5	*6	abc5,*7
15.0	b5	D5->C6	3	A4-B4-C5-C6	b5	*6
15.0	..	B4->B5	.	A4-B5-C5-D5	a5,*7	*6
16.0	..	A4->A5	.	A5-B5-C5-D5	*6	a5,*7
17.0	a7	A5->A6	!	A6-B5-C5-D5	a7	*6
17.0	..	A5->A6	.	A6-B5-C5-D5	bcd7	*6
18.0	b6	D5->C6	4	A6-B5-C5-C6	b6	bcd7
18.0	..	B5->B6	.	A6-B6-C5-D5	cd6	bcd7
19.0	c7	C5->C6	!	A6-B6-C6-D5	c7	cd6
19.0	..	C5->C6	.	A6-B6-C6-D5	d7	cd6
20.0	..	C6->D7	!	A6-B6-D7-D5	d6	d7
7.1	..	D3->C4	.	A2-B2-C3-C4	b3	*4,*6
8.1	..	B2->B3	.	A2-B3-C3-C4	ab4	b3
9.1	a3	B3->A4	!	A2-A4-C3-C4	a3	ab4
9.1	c5	B3->B4	5	A2-B4-C3-C4	c5	ab4
9.1	..	A2->A3	.	A3-B3-C3-C4	ab5	ab4
10.1	a4	C3->B4	6	A3-B3-B4-C4	a4	ab5
10.1	..	A3->A4	.	A4-B3-C3-C4	b4,ab6	ab5
11.1	..	B3->B4	.	A4-B4-C3-C4	abc5,abc7	b4,ab6
12.1	..	C4->D5	.	A4-B4-C3-D5	abc6	abc5,abc7
13.1	..	C3->C4	0	A4-B4-C4-D5	abc5,*7	abc6
13.2	..	A4->B5	.	B5-B4-C4-D4	d5	*6
14.2	..	B5->B6	.	B6-B4-C4-D4	cd6	d5
15.2	d5	B4->C5	7	B6-C5-C4-D4	d5	cd6

15.2	..	D4->D5	.	B6-B4-C4-D5	c5	cd6
16.2	..	B4->C5	.	B6-C5-C4-D5	c6	c5
17.2	c7	C5->C6	!	B6-C6-C4-D5	c7	cd6
17.2	..	C5->C6	.	B6-C6-C4-D5	d7	cd6
18.2	..	C6->D7	!	B6-D7-C4-D5	d6	d7
15.3	..	D5->C6	.	A4-B4-C5-C6	b5	*6
16.3	..	B4->B5	.	A4-B5-C5-C6	ab6	ab5, abc7
17.3	a5	B5->A6	!	A4-A6-C5-C6	a5	abc6
17.3	a7	B5->A6	!	A4-A6-C5-C6	a7	abc6
17.3	c7	C5->B6	!	A4-B5-B6-C6	c7	abc6
17.3	..	A4->A5	.	A5-B5-C5-C6	b7	abc6
18.3	..	C6->C7	.	A5-B5-C5-C7	ab6	b7
19.3	..	B5->A6	!	A5-A6-C5-C7	ab7	ab6
18.4	..	D5->C6	.	A6-B5-C5-C6	b6	bcd7
19.4	..	B5->B6	!	A6-B6-C5-C6	bc7	b6
9.5	..	B3->B4	.	A2-B4-C3-C4	c5	ab4
10.5	c6	C4->D5	8	A2-B4-C3-D5	c6	c5
10.5	..	A2->A3	.	A3-B4-C3-C4	b6	c5
11.5	..	A3->A4	1	A4-B4-C3-C4	bc5, bc7	b6
10.6	..	C3->B4	.	A3-B3-B4-C4	a4	ab5
11.6	..	C4->C5	.	A3-B3-B4-C5	ab5	a4
12.6	a4	C5->B6	9	A3-B3-B4-B6	a4	ab5
12.6	..	A3->A4	.	A4-B3-B4-C5	ab6	ab5
13.6	..	C5->C6	.	A4-B3-B4-C6	ab5, abc7	ab6
14.6	..	B4->C5	.	A4-B3-C5-C6	ab6	ab5, abc7
15.6	..	B3->B4	3	A4-B4-C5-C6	ab5, abc7	ab6
15.7	..	B4->C5	.	B6-C5-C4-D4	d5	cd6
16.7	..	D4->D5	2	B6-C5-C4-D5	cd6	d5
10.8	..	C4->D5	.	A2-B4-C3-D5	c6	c5
11.8	..	C3->C4	.	A2-B4-C4-D5	c5, cd7	c6
12.8	..	A2->A3	.	A3-B4-C4-D5	bcd6	c5, cd7
13.8	..	A3->A4	0	A4-B4-C4-D5	bc5, bcd7	bcd6
12.9	..	C5->B6	.	A3-B3-B4-B6	a4	ab5
13.9	..	A3->A4	.	A4-B3-B4-B6	ab5	a4
14.9	..	B4->B5	.	A4-B3-B5-B6	a6	ab5
15.9	..	B5->A6	!	A4-B3-A6-B6	ab7	a6

Ist ein Variantenwechsel angegeben, dann ist es immer entweder ein bedingter oder ein unbedingter Variantenwechsel, so dass keine Priorität bewertet werden muss. Zudem ist an der Zielposition kein weiterer Variantenwechsel gegeben und folglich tritt keine Kaskade von Variantenwechseln auf. In der Tabelle sind für die Ausgangssituation und die Zielsituation die gleichen Position der Schafe notiert, so dass es von daher gleich ist, wann der Variantenwechsel stattfindet. Sofern dies unmittelbar nach Zugwechsel, d.h. asynchron, stattfindet, kann die (neue) Position der Schafe wie in der 5. Spalten angegeben direkt aus der Zugnummer und -variante abgeleitet werden; bedingte und unbedingte Verzweigungen müssen nicht berücksichtigt werden. Damit wird zwar bei einem Variantenwechsel zunächst für kurze Zeit ein unzutreffendes Muster auf die Lampen für die Schafe gegeben, bis der Variantenwechsel erfolgt ist; durch die im Verhältnis zur Schaltzeit der Relais träge Reaktion der Glühfäden sollte kein Flackern zu sehen sein. Damit weicht dieser Zugbaum von Gräffs Lösung ab, s.u.

Wie zu erwarten, werden maximal 20 Züge benötigt, da die Schafe nur vorwärts gehen und nach 5\*4 Zügen alle in Zeile 6 angekommen sind und damit der Wolf gefangen ist. Da jedoch in Zug 20 der Wolf notwendig auf Feld D7 steht, auf den als nächstes das Schaf von D6 ziehen müsste, muss dort das Schaf statt dessen nach D7 ziehen.

Bemerkenswert ist, dass nur 30 verschiedene Züge der Schafe benötigt werden, weil etliche Züge mehrfach vorkommen:

```

A1->A2  2.0-..
A2->A3  8.0-..  9.1-.. 10.5-.. 12.8-..
A3->A4  9.0-.. 10.1-.. 11.5-.. 12.6-.. 13.8-.. 13.9-..
A4->A5  16.0-.. 17.3-..
A4->B5  13.0-d5 13.2-..
A5->A6  17.0-a7 17.0-..
B1->B2  1.0-..
B2->B3  7.0-..  8.1-..

```

```

B3->A4  9.1-a3
B3->B4  10.0-..  9.1-c5 11.1-..  9.5-.. 15.6-..
B4->B5  15.0-.. 16.3-.. 14.9-..
B4->C5  15.2-d5 16.2-.. 14.6-.. 15.7-..
B5->A6  17.3-a5 17.3-a7 19.3-.. 15.9-..
B5->B6  18.0-.. 14.2-.. 19.4-..
C1->C2  5.0-..
C2->C3  6.0-..
C3->B4  10.1-a4 10.6-..
C3->C4  11.0-.. 13.1-.. 11.8-..
C4->C5  14.0-.. 11.6-..
C4->D5  12.0-d4 12.1-.. 10.5-c6 10.8-..
C5->B6  17.3-c7 12.6-a4 12.9-..
C5->C6  19.0-c7 19.0-.. 17.2-c7 17.2-.. 13.6-..
C6->C7  18.3-..
C6->D7  20.0-.. 18.2-..
D1->D2  3.0-..
D2->D3  4.0-..
D3->C4  7.0-b3 10.0-b4  7.1-..
D3->D4  12.0-..
D4->D5  13.0-.. 15.2-.. 16.7-..
D5->C6  15.0-b5 18.0-b6 15.3-.. 18.4-..
    
```

Allerdings sind dann je zwei Relais für ein Flip-Flop für jede Lampe, also insgesamt 56 Relais für die Lampen, plus die 30 Relais für die Züge notwendig, also insgesamt 86 Relais ohne die Variantenweitschaltung.

Die Übergänge der Varianten sind:

```

1<-5    11-..
2<-7    16-..
3<-6    15-..
5<-1    9-c5
6<-1    10-a4
7<-2    15-d5
8<-5    10-c6
9<-6    12-a4

0<-1    13-..
0<-8    13-..
1<-0    7-b3, 10-b4
2<-0    13-d5
3<-0    15-b5
4<-0    18-b6
    
```

Eine eins-aus-neun Codierung ist sinnvoll, bei der von neun Relais höchstens eines eingeschaltet ist und sich selbst hält; daher auch die inverse Notation, um zu bestimmen, welche andere Relais auszuschalten ist, wenn ein Relais eingeschaltet wird. Ersichtlich benötigt jedes Relais hierfür nur einen (anstelle von acht bei einer allgemeinen Lösung) Ruhekontakt, um den Haltestromkreis eines anderen Relais zu unterbrechen. Bei den hinten angefügten Übergängen nach Null wird einfach der gesamte Haltestromkreis unterbrochen; und beim Übergang von 0 sind ohnehin alle zuvor abgeschaltet.

Für die Dekodierung der Postionen der Schafe (o) ergibt sich folgenden Tabelle:

	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1.0	..	..	..	..	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	..	..	..	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0	..	..	..	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.0	..	..	..	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.0	..	..	..	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.0	..	..	..	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.0	..	..	..	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.1	..	..	..	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



7.1	..	.	x..	.o.o	..x.	....	....	....	10
8.1	..	.	x...	o..o	..x.	....	....	....	11
9.1	..	.	....	x..o	o..x.	....	....	....	18
9.1	a3	!	x...	.o.o	..x.	....	....	....	12
9.5	..	.	x...	.o.o	oxx.	....	....	....	12+13
10.1	..	.	....	.x.o	.ox.	....	....	....	15
10.5	..	.	....	x..o	o..x.	....	....	....	18
10.6	..	.	....	xxoo	o..x.	....	....	....	16+18
10.8	..	.	x...	...o	o...	...x	....	....	19
11.1	..	.	....	..xo	....	....	....	....	20
11.6	..	.	....	xx.o	o..o.	..x.	....	....	100
11.8	..	.	x...	...o	o...	...x	....	....	19
12.0	d4	!	....	...x	..oo	...x	....	....	25
12.1	..	.	....	..x.	..oo	...x	....	....	22
12.6	..	.	....	.x..	..oo	..x.	....	....	101
12.8	..	.	....	x...	o..o	...x	....	....	24
12.9	..	.	....	xx..	o..oo	....	.x..	....	102
13.2	..	.	....	....	o..x	.x.o	....	....	27
13.6	..	.	....	.x..	..o.	...o	..x.	....	103
13.9	..	.	....	.x..	..o.	...o	.x..	....	104
14.2	..	.	....	....	o..xx	..oo	.x..	....	105
14.6	..	.	....	.x..	.o..	...o	..x.	....	106
14.9	..	.	....	.x..	.o..	.xoo	.x..	....	107
15.2	..	.	....	....	oxx.	..oo	.x..	....	108
15.3	..	.	....	....	.x..	.o.o	..x.	....	37
15.7	..	.	....	....	o..xx	.o.o	.x..	....	109
15.9	..	!	....	.x..	....	.ooo	xx..	....	110
16.2	..	.	....	....	..x.	oo..	.x..	....	111
16.3	..	.	....	....	x...	o..o	..x.	....	33
17.0	a7	!	....	....	....	....	....	....	
17.2	..	.	....	....	..x.	..oo	oxx.	....	112
17.2	c7	!	....	....	..x.	..oo	oxx.	....	(112)
17.3	..	.	....	....	....	x..o	o..x.	....	40
17.3	a5	!	....	....	x...	.o.o	..x.	....	34+42
17.3	a7	!	....	....	x...	.o.o	..x.	....	34+42
17.3	c7	!	....	....	x...	..oo	oxx.	....	113
18.2	..	!	....	....	..x.	..o.	o...	...x	114
18.3	..	.	....	....	....	xx.o	oo..	..x.	115
18.4	..	.	....	....	....	.x.o	.ox.	....	38
19.0	c7	!	....	....	....	....	....	....	
19.3	..	!	....	....	....	x..o	..oo.	..x.	116
19.4	..	!	....	....	....	..xo	....	....	26

Nicht gezählt sind Zeilen, in denen keine Modifikation notwendig ist, sowie Zeilen, für die dieselbe Modifikation bereits vorhanden ist. Damit ergeben sich 35 Relais für die Anzeige und 28 Relais für die Basisanzeige, insgesamt also 63 Relais. (Gräff benötigt 2 Relais weniger für die Anzeigemodifikation und 7 Relais weniger für die Basisanzeige; letzteres, indem er eine zusätzliche Ebene des Zug-Drehschalters verwendet und einige Relais direkt durch Lampen ersetzt.)

### Zugbaum komprimiert

Die Anzahl der Varianten kann verringert werden, indem mehrere Varianten, die keine Überlappung zeigen, zusammengezogen werden, so dass weniger Varianten notwendig sind. Ob dies zweckmäßig ist, hängt von der verwendeten Technik ab, denn dadurch wird ein Term häufiger verwendet; d.h. es werden bei Verwendung von Relais mehr Kontakte benötigt, die ggf. durch Parallelschaltung bereitgestellt werden müssen<sup>1</sup>.

Dazu werden zunächst die Zustände pro Variante (ohne 0) ermittelt:

		1		2	
		1234567890		1234567890	
1		1111111		7..13	
2		222222		13..18	
3		33333		15..19	

```

4           44      18..19
5         555      9..11
6       666666     10..15
7         77       15..16
8       8888      10.13
9       9999      12.15
    
```

Damit können die Zustände folgendermaßen umbenannt werden:

```

3 -> 1
4 -> 3
5 -> 2
6 -> 3
7 -> 4
8 -> 4
9 -> 5
    
```

Als Tabelle:

```

          1       2
12345678901234567890
1       111111 33333
2       555222222
3       666666 44
4       8888 77
5       9999
    
```

Somit wird der komprimierte Zugbaum:

```

0.0  ..  --  0  A1-B1-C1-D1
1.0  ..  B1->B2 .  A1-B2-C1-D1  *7
2.0  ..  A1->A2 .  A2-B2-C1-D1  *6  *7
3.0  ..  D1->D2 .  A2-B2-C1-D2  *5,*7  *6
4.0  ..  D2->D3 .  A2-B2-C1-D3  *4,*6  *5,*7
5.0  ..  C1->C2 .  A2-B2-C2-D3  abc3,*5,*7  *4,*6
6.0  ..  C2->C3 .  A2-B2-C3-D3  *4,*6  abc3,*5,*7
7.0  b3  D3->C4 1  A2-B2-C3-C4  b3  *4,*6
7.0  ..  B2->B3 .  A2-B3-C3-D3  a3,*5,*7  *4,*6
8.0  ..  A2->A3 .  A3-B3-C3-D3  *4,*6  a3,*5,*7
9.0  ..  A3->A4 .  A4-B3-C3-D3  *5,*7  *4,*6
10.0 b4  D3->C4 1  A4-B3-C3-C4  b4  *5,*7
10.0 ..  B3->B4 .  A4-B4-C3-D3  cd4,*6  *5,*7
11.0 ..  C3->C4 .  A4-B4-C4-D3  *5,*7  cd4,*6
12.0 d4  C4->D5 !  A4-B4-D5-D3  d4  *5,*7
12.0 ..  D3->D4 .  A4-B4-C4-D4  *6  *5,*7
13.0 d5  A4->B5 2  B5-B4-C4-D4  d5  *6
13.0 ..  D4->D5 .  A4-B4-C4-D5  abc5,*7  *6
14.0 ..  C4->C5 .  A4-B4-C5-D5  *6  abc5,*7
15.0 b5  D5->C6 1  A4-B4-C5-C6  b5  *6
15.0 ..  B4->B5 .  A4-B5-C5-D5  a5,*7  *6
16.0 ..  A4->A5 .  A5-B5-C5-D5  *6  a5,*7
17.0 a7  A5->A6 !  A6-B5-C5-D5  a7  *6
17.0 ..  A5->A6 .  A6-B5-C5-D5  bcd7  *6
18.0 b6  D5->C6 3  A6-B5-C5-C6  b6  bcd7
18.0 ..  B5->B6 .  A6-B6-C5-D5  cd6  bcd7
19.0 c7  C5->C6 !  A6-B6-C6-D5  c7  cd6
19.0 ..  C5->C6 .  A6-B6-C6-D5  d7  cd6
20.0 ..  C6->D7 !  A6-B6-D7-D5  d6  d7
7.1  ..  D3->C4 .  A2-B2-C3-C4  b3  *4,*6
8.1  ..  B2->B3 .  A2-B3-C3-C4  ab4  b3
9.1  a3  B3->A4 !  A2-A4-C3-C4  a3  ab4
9.1  c5  B3->B4 2  A2-B4-C3-C4  c5  ab4
9.1  ..  A2->A3 .  A3-B3-C3-C4  ab5  ab4
10.1 a4  C3->B4 3  A3-B3-B4-C4  a4  ab5
10.1 ..  A3->A4 .  A4-B3-C3-C4  b4,ab6  ab5
    
```

11.1	..	B3->B4	.	A4-B4-C3-C4	abc5,abc7	b4,ab6
12.1	..	C4->D5	.	A4-B4-C3-D5	abc6	abc5,abc7
13.1	..	C3->C4	0	A4-B4-C4-D5	abc5,*7	abc6
15.1	..	D5->C6	.	A4-B4-C5-C6	b5	*6
16.1	..	B4->B5	.	A4-B5-C5-C6	ab6	ab5,abc7
17.1	a5	B5->A6	!	A4-A6-C5-C6	a5	abc6
17.1	a7	B5->A6	!	A4-A6-C5-C6	a7	abc6
17.1	c7	C5->B6	!	A4-B5-B6-C6	c7	abc6
17.1	..	A4->A5	.	A5-B5-C5-C6	b7	abc6
18.1	..	C6->C7	.	A5-B5-C5-C7	ab6	b7
19.1	..	B5->A6	!	A5-A6-C5-C7	ab7	ab6
9.2	..	B3->B4	.	A2-B4-C3-C4	c5	ab4
10.2	c6	C4->D5	4	A2-B4-C3-D5	c6	c5
10.2	..	A2->A3	.	A3-B4-C3-C4	b6	c5
11.2	..	A3->A4	1	A4-B4-C3-C4	bc5,bc7	b6
13.2	..	A4->B5	.	B5-B4-C4-D4	d5	*6
14.2	..	B5->B6	.	B6-B4-C4-D4	cd6	d5
15.2	d5	B4->C5	4	B6-C5-C4-D4	d5	cd6
15.2	..	D4->D5	.	B6-B4-C4-D5	c5	cd6
16.2	..	B4->C5	.	B6-C5-C4-D5	c6	c5
17.2	c7	C5->C6	!	B6-C6-C4-D5	c7	cd6
17.2	..	C5->C6	.	B6-C6-C4-D5	d7	cd6
18.2	..	C6->D7	!	B6-D7-C4-D5	d6	d7
10.3	..	C3->B4	.	A3-B3-B4-C4	a4	ab5
11.3	..	C4->C5	.	A3-B3-B4-C5	ab5	a4
12.3	a4	C5->B6	5	A3-B3-B4-B6	a4	ab5
12.3	..	A3->A4	.	A4-B3-B4-C5	ab6	ab5
13.3	..	C5->C6	.	A4-B3-B4-C6	ab5,abc7	ab6
14.3	..	B4->C5	.	A4-B3-C5-C6	ab6	ab5,abc7
15.3	..	B3->B4	1	A4-B4-C5-C6	ab5,abc7	ab6
18.3	..	D5->C6	.	A6-B5-C5-C6	b6	bcd7
19.3	..	B5->B6	!	A6-B6-C5-C6	bc7	b6
10.4	..	C4->D5	.	A2-B4-C3-D5	c6	c5
11.4	..	C3->C4	.	A2-B4-C4-D5	c5,cd7	c6
12.4	..	A2->A3	.	A3-B4-C4-D5	bcd6	c5,cd7
13.4	..	A3->A4	0	A4-B4-C4-D5	bc5,bcd7	bcd6
15.4	..	B4->C5	.	B6-C5-C4-D4	d5	cd6
16.4	..	D4->D5	2	B6-C5-C4-D5	cd6	d5
12.5	..	C5->B6	.	A3-B3-B4-B6	a4	ab5
13.5	..	A3->A4	.	A4-B3-B4-B6	ab5	a4
14.5	..	B4->B5	.	A4-B3-B5-B6	a6	ab5
15.5	..	B5->A6	!	A4-B3-A6-B6	ab7	a6

Für die Übergänge der Varianten gilt hier:

1->2	9-c5
1->3	10-a4
2->1	11-..
2->4	10-c6, 15-d5
3->1	15-..
3->5	12-a4
4->2	16-..
0->1	7-b3, 10-b4, 15-b5
0->2	13-d5
0->3	18-b6
1->0	13-..
4->0	13-..

Die Transitionen sind nur geringfügig komplexer, so dass dieser Aspekt nicht gegen eine komprimierte Version spricht.

## Gräffs Gerät

Der dargestellte Zugbaum übernimmt zwar den Anfang von Gräffs *Spielcomputer*; damit ist jedoch nicht sichergestellt, dass der hier entwickelte Zugbaum gleich dem von Gräff verwendeten ist, so dass ein Vergleich mit den Unterlagen notwendig ist.

## Zugbaum Basisablauf

Da die Schafspalten des Basisablaufs auf Grund der guten Qualität des entsprechenden Dokuments als gesichert gelten können, ist der Zugbaum per Konstruktion in dieser Hinsicht gleich.

## Anzeige-Modifikationen

Aus den Unterlagen wurde folgende Tabelle rekonstruiert, die die Anzeige-Modifikationen abhängig von der Aktivierung der Relais 10 bis 42 darstellt, wobei mit **X** eine abweichend ein- und mit **0** eine auszuschaltende Lampe markiert sind:

	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
	2222	3333	4444	5555	6666
10	.X..	.0.0	..X.	....	....
11	X...	0..0	..X.	....	....
12	X...	.0.0	..X.	....	....
13	....	....	0X..	....	....
14	....	X..0	0.X.	....	....
15	....	.X.0	.0X.	....	....
16	....	.X0.	....	....	....
17	X...	...0	0...	...X	....
18	....	X..0	0.X.	....	....
19	X...	...0	0...	...X	....
20	....	..X0	....	....	....
21	....	.X.0	....	....	....
22	....	..X.	..00	...X	....
23	....	.X..	.0.0	..X.	....
24	....	X...	0..0	...X	....
25	....	...X	..00	...X	....
26	....	....	....	..X0	....
27	....	....	0..X	.X.0	....
28	....	....	0.X.	.X0.	....
29	....	....	..X.	..00	....
30	....	....	.X..	.0.0	..X.
31	....	....	0X..	....	....
32	....	....	.X..	0..0	..X.
33	....	....	X...	0..0	..X.
34	....	....	....	.0..	..X.
35	....	....	....	X..0	0.X.
36	....	....	....	....	0X..
37	....	....	.X..	.0.0	..X.
38	....	....	....	.X.0	.0X.
39	....	....	....	.X.0	....
40	....	....	....	X..0	0.X.
41	....	....	.X..	....	..0.
42	....	....	X...	...0	....
12+13	X...	.0.0	0XX.	....	....
16+18	....	XX00	0.X.	....	....
36+37	....	....	.X..	.0.0	0XX.
34+42	....	....	X...	.0.0	..X.
41+42	....	....	XX..	...0	..0.

In den letzten Zeilen sind von Gräff verwendete Kombinationen aufgeführt.

Die entsprechende Tabelle für den hier entwickelten Zugbaum wurde oben schon dargestellt:

	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD	
	2222	3333	4444	5555	6666	7777	
7.1	.. .	.X..	.0.0	..X.	....	....	10
8.1	.. .	X...	0..0	..X.	....	....	11

9.1	..	.	....	X..0	0.X.	....	....	18	
9.1	a3	!	x...	.0.0	..X.	....	....	12	
9.5	..	.	x...	.0.0	0XX.	....	....	12+13	
10.1	..	.	....	.X.0	.0X.	....	....	15	
10.5	..	.	....	X..0	0.X.	....	....	18	
10.6	..	.	....	XX00	0.X.	....	....	16+18	
10.8	..	.	x...	...0	0... ..X	....	....	19	
11.1	..	.	....	..X0	....	....	....	20	
11.6	..	.	....	XX.0	0.0.	..X.	....	100	
11.8	..	.	x...	...0	0... ..X	....	....	19	
12.0	d4	!	....	...X	..00	..X	....	25	
12.1	..	.	....	..X.	..00	..X	....	22	
12.6	..	.	....	.X..	..00	..X.	....	101	
12.8	..	.	....	X..0	0..0	..X	....	24	
12.9	..	.	....	XX..	0.00	....	.X..	102	
13.2	..	.	....	....	0..X	.X.0	....	27	
13.6	..	.	....	.X..	..0.	...0	..X.	103	
13.9	..	.	....	.X..	..0.	...0	.X..	104	
14.2	..	.	....	....	0.XX	..00	.X..	105	
14.6	..	.	....	.X..	.0..	...0	..X.	106	
14.9	..	.	....	.X..	.0..	.X00	.X..	107	
15.2	..	.	....	....	0XX.	..00	.X..	108	
15.3	..	.	....	....	.X..	.0.0	..X.	37	
15.7	..	.	....	....	0.XX	.0.0	.X..	109	
15.9	..	!	....	.X..	....	..000	XX..	110	
16.2	..	.	....	....	..X.	00..	.X..	111	
16.3	..	.	....	....	X... 0..0	..X.	....	33	
17.0	a7	!	....	....	....	....	....	....	
17.2	..	.	....	....	..X.	..00.	0XX.	112	
17.2	c7	!	....	....	..X.	..00.	0XX.	(112)	
17.3	..	.	....	....	....	X..0	0.X.	40	
17.3	a5	!	....	....	X... 0.0	..X.	....	34+42	
17.3	a7	!	....	....	X... 0.0	..X.	....	34+42	
17.3	c7	!	....	....	X... ..00	0XX.	....	113	
18.2	..	!	....	....	..X.	..0.	0... ..X	114	
18.3	..	.	....	....	....	XX.0	00.. ..X.	115	
18.4	..	.	....	....	....	.X.0	.0X.	38	
19.0	c7	!	....	....	....	....	....	....	
19.3	..	!	....	....	....	X.X0	..00.	..X.	116
19.4	..	!	....	....	....	..X0	....	....	26

In der letzten Spalte sind die Nummer der von Gräff dokumentierten Relais ausgewiesen; die nicht zugeordneten Zeilen werden ab 100 numeriert.

Offenbar ist, sofern die Dokumentation richtig ist und richtig übertragen wurde, der hier entwickelte Zugbaum nicht der von Gräff verwendete.

## Vorherige Wolfsposition

Gräffs Gerät verlangt, dass die vorherige Wolfsposition gesteckt bleibt. Das ist deshalb möglich, weil die Wolfspositionen auf Grund des Zugzwangs abwechselnd in Reihen mit geraden und ungeraden Nummern liegen, so dass die beiden Steckkontakte einander nicht stören.

Dies ließ vermuten, dass die Anzeige der Schafe möglicherweise allein aus der aktuellen und der vorherigen Wolfsposition bestimmt werden könnte, also kein Speicher für die Variante benötigt werden würde. Unterstützt wurde dies dadurch, dass in Unterlagen nichts gefunden werden konnte, das einen Zustandsspeicher darstellen könnte.

Ausserdem würde bei Verwendung eines Zustandsspeichers die vorherige Wolfsposition nicht benötigt.

Um zu klären, ob dies mit dem angegebenen Zugbaum möglich ist, wurde in einer weiteren Spalte der Tabelle nicht nur die aktuelle, sondern auch die mögliche vorigen Position des Wolfes mitgeführt. Zur bessern Auswertung diene die folgende Darstellung, in der die aktuelle (x) und vorherige (+) Position des Wolfes markiert sind:

	ABCD 1111	ABCD 2222	ABCD 3333	ABCD 4444	ABCD 5555	ABCD 6666	ABCD 7777	
A1-B2-C1-D1	....	....	....	....	....	....	xxxx	1.0-....
A2-B2-C1-D1	....	....	....	....	....	xxxx	++++	2.0-....
A2-B2-C1-D2	....	....	....	....	xxxx	++++	xxxx	3.0-....
A2-B2-C1-D3	....	....	....	xxxx	++++	xxxx	++++	4.0-....
A2-B2-C2-D3	....	....	xxx.	++++	xxxx	++++	xxxx	5.0-....
A2-B2-C3-D3	....	....	+++.	xxxx	++++	xxxx	++++	6.0-....
A2-B2-C3-C4	....	....	.x..	++++	....	++++	....	7.1-....
A2-B3-C3-D3	....	....	x...	++++	xxxx	++++	xxxx	7.0-....
A2-B3-C3-C4	....	....	+. .	xx..	....	....	....	8.1-....
A3-B3-C3-D3	....	....	+...	xxxx	++++	xxxx	++++	8.0-....
A2-A4-C3-C4	....	....	x...	++..	....	....	....	9.1-a3:!
A2-B4-C3-C4	....	....	....	++..	..x.	....	....	9.5-....
A3-B3-C3-C4	....	....	....	++..	xx..	....	....	9.1-....
A4-B3-C3-D3	....	....	....	++++	xxxx	++++	xxxx	9.0-....
A2-B4-C3-D5	....	....	....	....	..+.	..x.	....	10.8-....
A3-B3-B4-C4	....	....	....	x...	++..	....	....	10.6-....
A3-B4-C3-C4	....	....	....	....	..+.	..x.	....	10.5-....
A4-B3-C3-C4	....	....	....	..x.	++..	xx..	....	10.1-....
A4-B4-C3-D3	....	....	....	..xx	++++	xxxx	++++	10.0-....
A2-B4-C4-D5	....	....	....	....	..x.	..+.	..xx	11.8-....
A3-B3-B4-C5	....	....	....	+...	xx..	....	....	11.6-....
A4-B4-C3-C4	....	....	....	+. .	xxx.	++..	xxx.	11.1-....
A4-B4-C4-D3	....	....	....	..++	xxxx	++++	xxxx	11.0-....
A3-B3-B4-B6	....	....	....	x...	++..	....	....	12.9-....
A3-B4-C4-D5	....	....	....	....	..+.	..xxx	..++	12.8-....
A4-B3-B4-C5	....	....	....	....	++..	xx..	....	12.6-....
A4-B4-C3-D5	....	....	....	....	+++.	xxx.	+++.	12.1-....
A4-B4-C4-D4	....	....	....	....	++++	xxxx	++++	12.0-....
A4-B4-D5-D3	....	....	....	...x	++++	....	++++	12.0-d4:!
A4-B3-B4-B6	....	....	....	+...	xx..	....	....	13.9-....
A4-B3-B4-C6	....	....	....	....	xx..	++..	xxx.	13.6-....
A4-B4-C4-D5	....	....	....	....	xxx.	++++	xxxx	13.0-....
B5-B4-C4-D4	....	....	....	....	...x	++++	....	13.2-....
A4-B3-B5-B6	....	....	....	....	++..	x...	....	14.9-....
A4-B3-C5-C6	....	....	....	....	++..	xx..	+++.	14.6-....
A4-B4-C5-D5	....	....	....	....	+++.	xxxx	++++	14.0-....
B6-B4-C4-D4	....	....	....	....	...+	..xx	....	14.2-....
A4-B3-A6-B6	....	....	....	....	....	+...	xx..	15.9-...:!
A4-B4-C5-C6	....	....	....	....	..x.	++++	....	15.3-....
A4-B5-C5-D5	....	....	....	....	x...	++++	xxxx	15.0-....
B6-B4-C4-D5	....	....	....	....	..x.	..++	....	15.2-....
B6-C5-C4-D4	....	....	....	....	...x	..++	....	15.7-....
A4-B5-C5-C6	....	....	....	....	++..	xx..	+++.	16.3-....
A5-B5-C5-D5	....	....	....	....	+...	xxxx	++++	16.0-....
B6-C5-C4-D5	....	....	....	....	..+.	..x.	....	16.2-....

A4-A6-C5-C6	....	....	....	....	x...	+++.	x...	17.3-a5:!	17.3-a7:!
A4-B5-B6-C6	....	....	....	....	....	+++.	..x.	17.3-c7:!	
A5-B5-C5-C6	....	....	....	....	....	+++.	.x..	17.3-...:	
A6-B5-C5-D5	....	....	....	....	....	++++	xxxx	17.0-a7:!	17.0-...:
B6-C6-C4-D5	....	....	....	....	....	..++	..xx	17.2-c7:!	17.2-...:
A5-B5-C5-C7	....	....	....	....	....	xx..	..+	18.3-...:	
A6-B5-C5-C6	....	....	....	....	....	.x..	..+++	18.4-...:	
A6-B6-C5-D5	....	....	....	....	....	..xx	..+++	18.0-...:	
B6-D7-C4-D5	....	....	....	....	....	..x	..+	18.2-...:	
A5-A6-C5-C7	....	....	....	....	....	++..	xx..	19.3-...:	
A6-B6-C5-C6	....	....	....	....	....	..+	..xx.	19.4-...:	
A6-B6-C6-D5	....	....	....	....	....	..++	..xx	19.0-c7:!	19.0-...:
A6-B6-D7-D5	....	....	....	....	....	..x	..+	20.0-...:	

Eine statische Bestimmung der Anzeige ist immer dann möglich, wenn der Schnitt zweier Zeilen keinen aktuellen oder vorherigen Zustand enthält.

Dies ist der Fall für 7.1, 8.1, 9.1-a3:!, 10.6, 11.6 usw., nicht jedoch bei 11.1, auch wenn B4 allein in einer Spalte steht, da die Menge der vorherigen Positionen [B4, A6, B6] ist und nicht disjunkt zu 11.0 ist. Die meisten Kollisionen treten gegenüber den Basiszügen (Variante 0) auf; es verbleiben dann erstaunlich wenige Fälle. (9.1 ist als A5 oder B5 zu dekodieren.)

Die verbleibenden Fälle sind:

- 12.1 gegenüber 12.6 und 12.8
- 14.9 gegenüber 14.6
- 17.2 gegenüber 17.3-c7
- 18.3 gegenüber 18.2
- 19.3 gegenüber 19.4

Das läßt den Schluss zu, dass eine Auswertung der Anzeige der Schafe allein aus der aktuellen und vorherigen Position des Wolfes bei dem hier verwendeten Zugbaum nicht möglich ist.

## Anhang

### Versionen

#### V1.0

Generelle Überarbeitung. Mögliche Positionen von Wolf (incl. vorheriger) hinzugefügt.

#### V1.1

Fehler in der Komprimierung beseitigt. In der Tabelle der Schafs-Verschiebungen fehlte die Spalte 7

#### V1.2

Spalte mit Schafsposition und Schafszug vertauscht (wieder wie früher), weil dies besser verständlich ist und die Züge der Schafe besser anzeigt. Kleinere Verbesserungen in der Darstellung der Tabellen.

#### V1.3

Varianten erweitert, um Übergänge unmittelbar zu erlauben und die Dekodierung der Mauspositionen nur noch von Zustand und Variante abhängig zu machen.

Angabe der Variantenübergänge.

Tabellen neu aufgebaut.

Begründung am Ende neu formuliert.

**V1.4**

Weitere Relais-Kombinationen in Dok4 und geänderte Ausgabe von moves

**V1.5**

Kleinere Korrekturen und Ergänzungen.

---

<sup>1</sup>Ein Flip-Flop mit zwei Relais aufzubauen, ist in etlichen Fällen daher keineswegs ungünstig, da ein solches Flipflop aus Relais mit 4 Umschaltkontakten dann 6 Umschaltkontakte bereitstellt.