

DIE PRINZIPIEN DER INDIVIDUAL-STATISTIK

K. D. Adam, U. Figge and D. Marsal

Nixdorf-Computer, Darmstadt, Germany

Universität Stuttgart, Stuttgart, Germany

Erdölwerke Gewerkschaft Elwerath, Hannover, Germany

Zusammenfassung. Es ist die Aufgabe der Individual-Statistik, die wahrscheinlichste Anzahl der zu einer Grabgesellschaft gehörenden Individuen zu bestimmen, und zwar aufgrund der gefundenen Gebißreste mit Hilfe eines Monte Carlo Verfahrens.

Bei der Auswertung fossiler Säugetierfunde erhält man zunächst die Faunenliste, eine Tabelle, in welcher der Formenbestand einer Fundstätte angegeben ist. Hierbei wird in der Regel jedoch nicht angeführt, wieviele Individuen die Aufsammlung enthält. Für eine tiefere Betrachtung von Lebensgemeinschaften wird es jedoch oft wichtig sein, die Individuenhäufigkeit zu kennen. Um sie zu bestimmen, benutzt man i.a. die Faustregel, die Anzahl der Individuen gleich der maximalen Anzahl von Einzelementen einer Körperhälfte zu setzen. Dieses sehr einfache Verfahren liefert jedoch nur eine Untergrenze und folglich eine Unterbetonung der individuenreichen Gruppen, während die individuenarmen ihrer guten Überschaubarkeit halber vielfach vollständig ausgewertet werden. Eine Verfeinerung des Verfahrens besteht darin, zunächst das Material nach Altersgruppen zu gliedern und z. B. bei Gebissen zwischen Milch- und Dauergebiss zu unterscheiden und aus dem Grad der Zahnabkautung Schlüsse zu ziehen. Jedoch liefern auch diese Methoden nur einen sehr rohen Anhalt.

Wir haben deshalb einen vollständig anderen Weg, und zwar einen Wahrscheinlichkeitstheoretischen, eingeschlagen und wollen die *Aufgabe*

der Individual-Statistik darin sehen, die wahrscheinlichste Anzahl der zu einer Grabgesellschaft Individuen einer Form aufgrund der gefundenen Gebißreste zu bestimmen. Die wahrscheinlichste Individuenzahl bestimmten wir mit Hilfe eines Computerprogramms, das sich teils kombinatorischer, teils einer Monte Carlo Methode bedient und dessen Prinzip wir hier erläutern wollen, ohne auf technische Einzelheiten einzugehen.

Zunächst führen wir den Begriff *Zahneinheit* ein. Unter einer Zahneinheit verstehen wir entweder einen Einzelzahn oder eine Gruppe von Einzelzähnen, die bei Sichtung des Fundgutes als zu einem Gebiss und damit zu einem Individuum gehörig erkannt sind. Das Verfahren basiert dann auf *zwei Voraussetzungen*:

1. Jede verträgliche Zusammenstellung von Zahneinheiten zu N Teilgebissen entspricht der Möglichkeit, daß das Fundgut die Überreste von N Individuen darstellt.
2. Alle zulässigen Möglichkeiten sind gleich wahrscheinlich.

Das Verfahren selbst soll sogleich an einem Beispiel vom Heppenloch in Württemberg erläutert werden.

DICERORHINUS

Fundort: Heppenloch/Württemberg

Untersucht werden alle Unterkieferzähne P 2 P 3
P 4 M 1 M 2 M 3

Zahneinheiten des Fundgutes:

Sinister

Nr.	Zähne	Zahnpaar
1	P2	
2	P2	
3	P3	
4	M1	
5	M1 M2 M3	
6	M2	1
7	M3	
NN	P3 P4 M1 M2 M3	2

Dexter

Nr.	Zähne	Zahnpaar
8	P2 P3	
9	P3	
10	M1 M2	1
11	M2	
MM	P2 P3 P4 M1 M2 M3	2

Also besteht die Zahneinheit Nr. 10 aus den Zähnen M 1 dex und M 2 dex und gehört wegen des Auftretens eines Zahnpaares zu Nr. 6 sin.

Wir betrachten nun zunächst die linken Zähne und untersuchen, welche Zahneinheiten sich zu einer zulässigen Zweierkombination zusammensetzen lassen. Dabei müssen wir zwei Regeln beachten:

Regel 1: Zahneinheiten, die mindestens einen Zahn gleicher Art enthalten, gehören verschiedenen Individuen an und dürfen vom Programm nicht zusammengelegt werden.

Regel 2: Lückenlos aneinander passende Zahneinheiten dürfen vom Programm nicht zusammengelegt werden. Würden sie zusammengehören, so

würde sie bereits der Bearbeiter zu Zahneinheiten zusammengefaßt.

Aus Regel (1) folgt z. B., daß die Zahneinheiten 1 sin und 2 sin nicht zu einem Teilgebiß zusammengelegt werden dürfen und damit nicht einem Individuum angehören können. Aus Regel (2) folgt z. B., daß keine linke Zahneinheit mit der Einheit NN verbunden werden darf. Es bilden NN und MM wegen des Zahnpaares ein Individuum und brauchen im folgenden nicht mehr betrachtet zu werden.

Wir erhalten folgende linke Zweierkombinationen:

Nr.	1	2	3	4	5	6	7
1		n	n	z	z	z	z
2			n	z	z	z	z
3				z	z	z	z
4					n	n	z
5						n	n
6							n

z = zulässig n = nicht zulässig

Insgesamt gibt es somit folgende zulässige Einer- bzw. Zweierkombinationen (die Einerkombinationen sind mit den Zahneinheiten identisch):

1	1/4	1/5	1/6	1/8
2	2/4	2/5	2/6	2/7
3	3/4	3/5	3/6	3/7
4				4/7
5				
6				
7				

Jetzt suchen wir alle zulässigen Dreierkombinationen, indem wir alle Zahneinheiten mit allen zulässigen Zweierkombinationen vergleichen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit kennzeichnen wir nur die zulässigen Kombinationen:

	1/4	1/5	1/6	1/7	2/4	2/5	2/6	2/7	3/4	3/5	3/6	3/7	4/7
1													z
2													z
3													z
4				z				z			z		
5													
6													
7	z				z				z				

Viererkombinationen sind nicht möglich, da bereits Kombination von vier Einzelzähnen bei einem Teilgebiß von sechs Zähnen gegen Regel 1 und/oder Regel 2 verstößt.

Folglich sind folgende Kombinationen von linken Zahneinheiten möglich, wobei der Stern andeutet, daß über mindestens ein Zahnpaar eine Verbindung sinister-dexter besteht, so daß diese

Zahlengruppen nur als Sinister–Dexter-Kombination ein Individuum repräsentieren können:

Sinister

Einer-Kombinationen	Zweier-Kombinationen	Dreier-Kombinationen
1	1/4 1/5 1/6* 1/7	1/4/7
2	2/4 2/5 2/6* 2/7	2/4/7
3	3/4 3/5 3/6* 3/7	3/4/7
4		4/7
5		
6*		
7		

Analog gilt:

Dexter

8	8/10* 8/11
9	9/10* 9/11
10*	
11	

Wir betrachten nun das Zusammenwirken von rechten und linken Zahneinheiten. Dabei müssen wir die Regeln 3 und 4 beachten. Sie lauten:

Regel 3: Zahnpaare dürfen nicht zerfällt, d. h. nicht verschiedenen Individuen zugeordnet werden.

Regel 4: Durch Kombination von rechten und

linken Zähnen dürfen keine zusätzlichen Zahnpaare erzeugt werden.

Vergleicht man jede Sinister- mit jeder Dexter-Kombination, so erhält man die folgenden zulässigen Kombinationen. Dabei ist zu beachten, daß die gesterntn Werte an den Randleisten keine Individuen darstellen können, jedoch bei der Herstellung der Tabelle gebraucht werden. Die übrigen Randleistenwerte repräsentieren mögliche Individuen.

Wir denken uns jetzt die zulässigen 79 Kombinationen auf Lose geschrieben und in eine Lostrommel geworfen. Wir ziehen Lose und mögen z. B. die folgenden Zahlengruppen erhalten:

Los:	A	B	C	D	E	F	...
Kombinationen:	1/9	6/8/10	4/7	1	7/11	2/5	...

Die Lose D und E müssen wir verwerfen, da jede Zahneinheit nur einmal vorkommt und die Zahneinheit 1 bereits in Los A und die Zahneinheit 7 bereits in C enthalten ist. Damit hat die bereinigte Liste das Aussehen 1/9 || 6/8/10 || 4/7 || 2/5 und steht damit für vier Individuen. Wir ziehen noch so lange Lose, bis die beiden noch fehlenden Zahneinheiten 3 und 11 gefunden sind, z. B.

Sinister	Dexter							
	8	9	10*	11	8/10*	9/10*	8/11	9/11
1		1/9		1/11				1/9/11
2		2/9		2/11				2/9/11
3				3/11				
4	4/8	4/9		4/11			4/8/11	4/9/11
5	5/8	5/9						
6*			6/10		6/8/10	6/9/10		
7	7/8	7/9		7/11			7/8/11	7/9/11
1/4		1/4/9		1/4/11				1/4/9/11
1/5		1/5/9						
1/6*			1/6/10			1/6/9/10		
1/7		1/7/9		1/7/11				1/7/9/11
2/4		2/4/9		2/4/11				2/4/9/11
2/5		2/5/9						
2/6*			2/6/10			2/6/9/10		
2/7		2/7/9		2/7/11				2/7/9/11
3/4				3/4/11				
3/5								
3/6*			3/6/10					
3/7				3/7/11				
4/7	4/7/8	4/7/9		4/7/11			4/7/8/11	4/7/9/11
1/4/7		1/4/7/9		1/4/7/11				1/4/7/9/11
2/4/7		2/4/7/9		2/4/7/11				2/4/7/9/11
3/4/7				3/4/7/11				

durch Ziehen des Loses 3/11. Damit ist *fünf* eine mögliche Individuen-Anzahl. Nunmehr werden alle Lose in die Trommel zurückgelegt, und es beginnt eine neue Ziehung. Dieser Prozeß wird fortgesetzt, bis entweder alle Zerfallungsmöglichkeiten ausgeschöpft sind oder zumindest eine repräsentative Anzahl untersucht wurde. Dann wird das Mittel berechnet und um *eins* erhöht, um das anfänglich ausgeschiedene Individuum „NN-MM“ zu berücksichtigen.

Das Programm ermittelt zunächst alle zulässigen 79 Kombinationen, ordnet dann jeder Kombination eine Nummer zu, berechnet eine Zufalls-

zahl und ruft diejenige Kombination auf, deren Nummer mit der Zufallszahl übereinstimmt. Nach Bilden von 100, 200, 300, 400, . . . Zufalls-Partitionen berechnet sie die dazugehörigen mittleren Individuenzahlen und bricht die Rechnung ab, wenn 2 aufeinanderfolgende Mittel um weniger als 0.02 differieren, untersucht jedoch mindestens 1000 Zerfällungen. Im vorliegenden Fall erhält man die Zahl $5 + 1 = 6$ als Ergebnis.

Sommaire. La tâche de la statistique des individus est d'établir le nombre probable des individus appartenant au même groupe de tombeaux. Ceci se fait par moyen des restes de dentitions trouvés, selon la méthode Monte Carlo.