NRW.

Tabelle 3: Normalverteilung

$\phi(z) = 0,...$

$\phi(-z) = 1 - \phi(z)$

z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	5000	5040	5080	5120	5160	5199	5239	5279	5319	5359
0,1	5398	5438	5478	5517	5557	5596	5636	5675	5714	5753
0,2	5793	5832	5871	5910	5948	5987	6026	6064	6103	6141
0,3	6179	6217	6255	6293	6331	6368	6406	6443	6480	6517
0,4	6554	6591	6628	6664	6700	6736	6772	6808	6844	6879
0,5	6915	6950	6985	7019	7054	7088	7123	7157	7190	7224
0,6	7257	7291	7324	7357	7389	7422	7454	7486	7517	7549
0,7	7580	7611	7642	7673	7704	7734	7764	7794	7823	7852
0,8	7881	7910	7939	7967	7995	8023	8051	8078	8106	8133
0,9	8159	8186	8212	8238	8264	8289	8315	8340	8365	8389
1,0	8413	8438	8461	8485	8508	8531	8554	8577	8599	8621
1,1	8643	8665	8686	8708	8729	8749	8770	8790	8810	8830
1,2	8849	8869	8888	8907	8925	8944	8962	8980	8997	9015
1,3	9032	9049	9066	9082	9099	9115	9131	9147	9162	9177
1,4	9192	9207	9222	9236	9251	9265	9279	9292	9306	9319
1,5	9332	9345	9357	9370	9382	9394	9406	9418	9429	9441
1,6	9452	9463	9474	9484	9495	9505	9515	9525	9535	9545
1,7	9554	9564	9573	9582	9591	9599	9608	9616	9625	9633
1,8	9641	9649	9656	9664	9671	9678	9686	9693	9699	9706
1,9	9713	9719	9726	9732	9738	9744	9750	9756	9761	9767
2,0	9772	9778	9783	9788	9793	9798	9803	9808	9812	9817
2,1	9821	9826	9830	9834	9838	9842	9846	9850	9854	9857
2,2	9861	9864	9868	9871	9875	9878	9881	9884	9887	9890
2,3	9893	9896	9898	9901	9904	9906	9909	9911	9913	9916
2,4	9918	9920	9922	9925	9927	9929	9931	9932	9934	9936
2,5	9938	9940	9941	9943	9945	9946	9948	9949	9951	9952
2,6	9953	9955	9956	9957	9959	9960	9961	9962	9963	9964
2,7	9965	9966	9967	9968	9969	9970	9971	9972	9973	9974
2,8	9974	9975	9976	9977	9977	9978	9979	9979	9980	9981
2,9	9981	9982	9982	9983	9984	9984	9985	9985	9986	9986
3,0	9987	9987	9987	9988	9988	9989	9989	9989	9990	9990
3,1	9990	9991	9991	9991	9992	9992	9992	9992	9993	9993
3,2	9993	9993	9994	9994	9994	9994	9994	9995	9995	9995
3,3	9995	9995	9995	9996	9996	9996	9996	9996	9996	9997
3,4	9997	9997	9997	9997	9997	9997	9997	9997	9997	9998
3,5	9998	9998	9998	9998	9998	9998	9998	9998	9998	9998
3,6	9998	9998	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
3,7	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
3,8	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999

Beispiele für den Gebrauch:

$\phi(2,32) = 0,9898$

$\phi(z) = 0,994 \Rightarrow z = 2,51$

$\phi(-0,9) = 1 - \phi(0,9) = 0,1841$

Tipps Stochastik Aufgabe HT 7

a) Erläutern Sie zunächst, warum der Kauf von Überraschungseiern und die damit verbundene Suche nach EM-Eiern einer Bernoulli-Kette entspricht. Definieren Sie dafür eine binomialverteilte Zufallsvariable X und geben Sie die zugehörigen Parameter n (Kettenlänge) und p (Trefferwahrscheinlichkeit) an.

I) Hier benötigen Sie die Zufallsvariable X noch nicht. Durch die große Anzahl an Eiern, unter denen Philipp im Supermarkt auswählt, handelt es sich beim Kauf und beim Öffnen der Eier um eine geordnete Stichprobe mit Zurücklegen. Wenden Sie die Produktregel an und berücksichtigen Sie die Untersuchung aller 10 Eier.

II) Nutzen Sie die Formel für die Binomialverteilung mit den entsprechenden Werten für n, p und k: $P(X = k) = \binom{n}{k} \cdot p^k \cdot (1-p)^{n-k}$

III) Berechnen Sie die gesuchte Wahrscheinlichkeit über das Gegenereignis und beachten Sie, dass gilt: $P(X \leq k) = P(X = 0) + P(X = 1) + \ldots + P(X = k)$.

b) Definieren Sie eine Zufallsvariable Y für die Anzahl der EM-Eier unter n Überraschungseiern. Y ist dann binomialverteilt mit $p = 0{,}1$ und dem noch zu bestimmenden Parameter n. Stellen Sie eine Ungleichung für die Wahrscheinlichkeit auf, dass von n Eiern mindestens eines eine Fußballfigur enthält. Lösen Sie diese Ungleichung mit Hilfe des Gegenereignisses und durch Logarithmieren nach n auf. Beachten Sie dabei, dass Logarithmen von Zahlen zwischen 0 und 1 negativ sind und dass sich das Ordnungszeichen bei Multiplikation oder Division mit einer negativen Zahl «umdreht».

c) Überlegen Sie, welcher Gewinn bzw. Verlust pro 25er Palette Überraschungseier für den Supermarkt während der Werbeaktion möglich ist. Berechnen Sie die zugehörigen Wahrscheinlichkeiten. Definieren Sie eine Zufallsvariable Z für den Gewinn bzw. Verlust pro Palette und berechnen Sie den zu erwartenden mittleren Gewinn pro Palette während der Werbeaktion als Erwartungswert von Z.

d) Definieren Sie eine Zufallsvariable W für die Anzahl der Fußballfiguren in 10 Überraschungseiern, nachdem der Anteil der EM-Eier erhöht wurde. W ist binomialverteilt mit den Parametern $n = 10$ und der noch zu bestimmenden Trefferwahrscheinlichkeit p; p entspricht dem gesuchten Anteil der EM-Eier. Stellen Sie eine Ungleichung für die Wahrscheinlichkeit auf, dass unter 10 Eiern mindestens ein EM-Ei ist. Lösen Sie diese Ungleichung mit Hilfe des Gegenereignisses nach p auf. Beachten Sie dabei, dass sich das Ordnungszeichen bei Multiplikation oder Division mit einer negativen Zahl «umdreht».

e) Überlegen Sie, warum es sinnvoll ist, als Nullhypothese H_0 die Behauptung des Discounters zu wählen, bzw. als Alternative H_1 das Gegenteil. Erläutern Sie, dass die Nullhypothese verworfen wird, wenn «deutlich zu wenige» EM-Figuren unter den 50 getesteten Eiern sind.

Definieren Sie unter der Nullhypothese eine binomialverteilte Zufallsgröße X für die Anzahl der Eier mit EM-Figuren unter den 50 untersuchten Eiern. Stellen Sie eine Ungleichung für denjenigen Wert k auf, bis zu dem man unter Berücksichtigung der Irrtumswahrscheinlichkeit von «deutlich zu wenigen» EM-Figuren sprechen kann. Bestimmen Sie mit Hilfe der Tabelle für die kumulierten Wahrscheinlichkeiten der Binomialverteilung diesen Wert und formulieren Sie damit die Entscheidungsregel.

Lösungen Stochastik Aufgabe HT 7

a) Beim Kauf und der Untersuchung der Überraschungseier auf Fußballfiguren handelt es sich um eine Bernoulli-Kette: Es können genau zwei Fälle eintreten; in einem gewissen Ei ist entweder eine Fußballfigur enthalten oder nicht. Die Trefferwahrscheinlichkeit p ist dabei durch die große Zahl an angebotenen Eiern konstant und unabhängig von zuvor untersuchten Eiern. Sei X Zufallsvariable für die Anzahl der Fußballfiguren, die man in n gekauften Eiern findet. X ist dann binomialverteilt mit den Parametern $n = 10$ (Kettenlänge) und $p = 0,1$ (Trefferwahrscheinlichkeit).

I) Damit erst im zehnten Ei die erste Fußballfigur gefunden wird, muss man zunächst neun Eier ohne eine solche öffnen. Die Wahrscheinlichkeit dafür berechnet man mit Hilfe der Produktregel für unabhängige Ereignisse:

$$(1-p)^9 \cdot p = 0,9^9 \cdot 0,1 \approx 0,0387 = 3,87\,\%$$

Mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. 3,87 % findet Philipp also im zehnten Ei die erste Fußballfigur.

II) Mit der Formel für binomialverteilte Zufallsvariablen, $P(X = k) = \binom{n}{k} \cdot p^k \cdot (1-p)^{n-k}$, ergibt sich für $k = 1$:

$$P(X = 1) = \binom{10}{1} \cdot 0,1^1 \cdot (1-0,1)^{10-1} \approx 0,387 = 38,7\%$$

Die Wahrscheinlichkeit, dass unter den 10 Eiern genau ein EM-Ei ist, liegt damit bei etwa 38,7 % und ist genau 10-mal so groß wie die Wahrscheinlichkeit des in Aufgabenteil (I) betrachteten Ereignisses.

III) Gesucht ist $P(X \geqslant 3)$. Zur Berechnung betrachtet man das Gegenereignis $X \leqslant 2$. Es ergibt sich:

$$\begin{aligned} P(X \geqslant 3) &= 1 - P(X \leqslant 2) = 1 - P(X=2) - P(X=1) - P(X=0) \\ &= 1 - \binom{10}{2} \cdot 0,1^2 \cdot (1-0,1)^8 - \binom{10}{1} \cdot 0,1^1 \cdot (1-0,1)^9 - \binom{10}{0} \cdot 0,1^0 \cdot (1-0,1)^{10} \\ &= 1 - 45 \cdot 0,1^2 \cdot 0,9^8 - 10 \cdot 0,1 \cdot 0,9^9 - 0,9^{10} \approx 0,0702 = 7,02\% \end{aligned}$$

Mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. 7 % sind mindestens 3 Fußballfiguren in Philipps 10 Überraschungseiern.

b) Sei Y Zufallsvariable für die Anzahl der EM-Eier unter n Überraschungseiern. Y ist dann binomialverteilt mit der Trefferwahrscheinlichkeit $p = 0,1$ und der noch zu bestimmenden Kettenlänge n. Gesucht ist diejenige Länge n der Bernoulli-Kette, für welche gilt: