

Mathematik II für Biologen  
Schließende Statistik: Hypothesentests

Stefan Keppeler

3. Mai 2013



Nullhypothese und Alternativhypothese

Verteilung der Teststatistik

Simulation der Teststatistik mit `MATLAB`

Signifikanzniveau und Verwerfungsbereich

Testentscheidung

Testablauf



- ▶ **Beispiel:** Population von 1000 Individuen heißt “gesund”, falls für die Anzahl  $k$  “kranker” Individuen gilt:  $k \leq 80$ .
- ▶ Annahme: Population ist gesund, d.h.  $k \leq 80$ , also schlimmstenfalls  $k = 80$ .

Nullhypothese  $H_0 : k = 80$

- ▶ Jemand behauptet: Die Population ist krank (d.h.  $k > 80$ ).

Alternativhypothese  $H_A : k > 80$ .

- ▶ Alle Individuen zu untersuchen ist zu teuer. Sie planen,  $n = 10$  Individuen zu untersuchen.

$$\begin{aligned} X &= \#\{\text{krankte Individuen unter den } n \text{ untersuchten}\} \\ &= \text{“Teststatistik”} \end{aligned}$$

$X$  ist zufällig!

**Ziel:** Entscheide aufgrund von  $X$ , ob  $H_0$  verworfen wird.



Annahme:  $H_0$  stimmt. Welche Werte kann dann  $X$  annehmen?

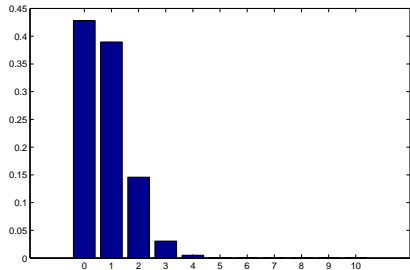
- ▶ Theoretisch: Alle Werte  $X = 0, 1, 2, \dots, 10$  sind möglich
- ▶ Praktisch: Einige Werte von  $X$  sind unwahrscheinlicher als andere; z.B. ist es “praktisch unmöglich”,  $X = 10$  zu beobachten.

## Bestimme Verteilung der Teststatistik $X$

- ▶ mittels Simulation
  - ▶ nehme Urne mit 1000 Kugeln, 80 schwarze, 920 weiße
  - ▶ mische, ziehe  $n = 10$  Kugeln  $X = \#\{\text{scharze Kugeln}\}$
  - ▶ wiederhole oft, z.B.  $10^6$  mal
  - ▶ Histogramm für  $X$ -Werte
- ▶ mittels Wahrscheinlichkeitstheorie



```
N=1000; % Größe der Urne
k=80;   % Anzahl schwarze Kugeln
X=[];
for wdh=1:10^4 % besser 10^5
    urne=[ones(1,k),zeros(1,N-k)];
    n=10; % Stichprobenumfang
    stichprobe=[];
    for j=1:n
        kugel=unidrnd(length(urne));
        stichprobe=[stichprobe,urne(kugel)];
        urne(kugel)=[];
    end;
    X=[X,sum(stichprobe)];
end
verteilung=hist(X,0:10)./wdh;
bar(0:10,verteilung)
```



X	0	1	2	3	4	5	6 – 10
#	4283	3896	1458	306	51	6	0
	≈ 99,4%			≈ 0,6%			
	≈ 96,4%				≈ 3,6%		



- ▶ Lege **Signifikanzniveau**  $\alpha$  fest, z.B.  $\alpha = 5\%$ .  
(auch üblich: 10%, 1%, 0,1% oder 0,01%)
- ▶ Erkläre diejenigen theoretisch möglichen Werte von  $X$ 
  - ▶ die zusammen höchstens  $\alpha$  ausmachen
  - ▶ und am stärksten für  $H_A$  sprechen,für “praktisch unmöglich” (falls  $H_0$  gilt).

**Verwerfungsbereich**  $K = \{\text{“praktisch unmögliche” Werte}\}$

Hier<sup>1</sup>:  $K = \{3, 4, 5, \dots, 10\}$  (für  $\alpha = 5\%$ ).

---

<sup>1</sup>Bemerkung:  $K^C = \{0, 1, 2\}$  heißt “Annahmebereich”



- ▶ **Erst jetzt:** Untersuche  $n$  Individuen, bestimme  $X$ ,  
z.B.  $X = 3$  beobachtet.
- ▶ **Testentscheidung**
  - ▶ Falls  $X \in K$  beobachtet wird:  
 $H_0$  wird verworfen zugunsten von  $H_A$ .  
Man sagt: *Es ist "statistisch bewiesen" auf  $\alpha = 5\%$ , dass  $H_0$  nicht gelten kann.* Oder:  $H_0$  ist mit Beobachtung nicht vereinbar.
  - ▶ Falls  $X \notin K$  beobachtet wird:  
 $H_0$  wird nicht verworfen.  
 $H_0$  kann gelten, muss aber nicht. Daten und  $H_0$  scheinen sich nicht zu widersprechen, aber "nichts bewiesen".



	Allgemein	im Beispiel
1	Nullhypothese $H_0$	$k = 80$
2	Alternativhypothese $H_A$	$k > 80$
3	Wähle Teststatistik $X$	$\# \left\{ \begin{array}{l} \text{kranke Individuen unter} \\ 10 \text{ zufällig gewählten} \end{array} \right\}$
4	Verteilung von $X$ falls $H_0$ wahr	Simulation
5	Wähle Signifikanzniveau $\alpha$	$\alpha = 5\%$
6	Verwerfungsbereich $K$ (aus 4 & 5)	$K = \{3, 4, 5, \dots, 10\}$
7	Bestimme $X$ aus Daten	$X = 3$
8	Testentscheidung: $X \in K$ oder $X \notin K$ ?	$X \in K$ : $H_0$ wird verworfen

**Merke:** Je kleiner  $\alpha$  desto schwieriger wird es,  $H_0$  zu verwerfen.

**Beispiel:** Hätten wir  $\alpha = 1\%$  gewählt, so wäre  $K = \{4, 5, \dots, 10\}$  gewesen und damit  $X = 3 \notin K$ ...

