# Statistische Tests Übersicht

Werkzeuge der empirischen Forschung

W. Kössle

Einleitung

Datenbehandlun Syntax Tastatur

Transformatione
Externes File

SAS-Files
Zusamenfügen
Output-Anweisung

Vkt.rechnung Population Wahrscheinlichkeit Zufallsvariablen

Diskrete Zufallsvariablen Stetige Zufallsvariablen Vormalverteilung (1) Enwartungswert Varianz

- 1. Einführung und Übersicht
- 2. Das Einstichprobenproblem
- 3. Vergleich zweier unabhängiger Gruppen (unverbundene Stichproben)
- 4. Vergleich zweier abhängiger Gruppen (verbundene Stichproben)
- 5. Vergleich mehrerer unabhängiger Gruppen (einfache Varianzanalyse)
- 6. Vergleich mehrerer abhängiger Gruppen (einfaches Blockexperiment)
- 7. Weitere Varianzanalysemodelle
- 8. Anpassungstests
- 9. Nichtparametrische Tests

### Statistische Tests

Einführung und Übersicht

Werkzeuge der empirischen Forschung

W. Kössle

Einleitung

Datenbehandlun

Tastatur
Transformationen
Externes File

Input-Anweisung
SAS-Files
Zusamenfügen
Output-Anweisung

Wkt.rechnung
Population
Wahrscheinlichkeit
Zufallsvariablen

curansvariabien Diskrete Zufallsvariablen Stetige Zufallsvariablen Jormalverteilung (1) Erwartungswert farianz Sei *X* ein Merkmal (eine Zufallsvariable),

$$F_X(x) = P(X \le x) = P_{\theta}(X \le x) = F_{X,\theta}(x)$$

 $\theta$ : Parametervektor

Beispiel:  $\theta = (\mu, \sigma^2)$ 

 $\mu$ : Erwartungswert von X

 $\sigma^2$ : Varianz von X

 $X_1, X_2, ..., X_n$  Beobachtungen von X

$$\mu \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} X_i = \overline{X}$$

$$\sigma^2 \approx \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2 = s^2$$

D.h. die unbekannten Parameter werden geschätzt.

## Statistische Tests: Einführung

Werkzeuge der empirischen Forschung

W Kössle

Einleitun

Datenbehandlur Syntax

Tastatur Transformationen Externes File

Input-Anweisur SAS-Files

Zusamenfügen
Output-Anweisu

Wkt.rechnung

Population Wahrscheinlichkeit Zufallsvariablen

Diskrete Zufallsvariabli Stetige Zufallsvariabli Normalverteilung (1) Erwartungswert

#### Problem

Schätzungen können sehr schlecht ausfallen!

I.a. vertritt der Fachexperte gewisse Hypothesen bzgl. der (unbekannten) Parameterwerte!

Diese Hypothesen werden verworfen, wenn die erhaltenen <u>Schätzwerte</u> (z.B.  $\overline{X}$ ,  $s^2$ ) mit ihnen nicht in Einklang stehen.

## Statistische Tests: Einführung

Eine verwandte Problemstellung

Werkzeuge der empirischen Forschung

### Elektronischer Großhandel: TV-Geräte

Händler sagt: Ausschußquote p < 1% (p = 0.01) Käufer wäre einverstanden, prüft aber N Geräte! Davon:  $N_f$  fehlerhaft,  $N_f$  - Teststatistik

$$\frac{N_f}{N} \cdot 100\% \gg 1\% \Rightarrow \text{Ablehnung}$$

Zwei Fehler möglich

a) Zufällig  $N_f$  zu groß!

⇒ Käufer lehnt ab

b) Zufällig  $N_f$  zu klein!

$$p \text{ groß}, p \gg 0.01$$

⇒ Käufer kauft

### Statistische Tests: Einführung Risiken - Fehler

Werkzeuge der empirischen Forschung

#### Reschreihende

#### Risiko des Händlers

Käufer lehnt gute Ware ab (weil  $N_f$  zufällig zu groß)

#### Statistische Tests: Einführung Risiken - Fehler

Werkzeuge der empirischen Forschung

### Risiko des Händlers

Käufer lehnt gute Ware ab (weil  $N_f$  zufällig zu groß)

#### Risiko des Käufers

Käufer kauft schlechte Ware (weil  $N_f$  zufällig zu klein)

## Statistische Tests: Einführung

Risiken - Fehler

Werkzeuge der empirischen Forschung

#### Risiko des Händlers

Käufer lehnt gute Ware ab (weil  $N_f$  zufällig zu groß)

#### Risiko des Käufers

Käufer kauft schlechte Ware (weil  $N_f$  zufällig zu klein)

### Risiken sollen quantifiziert werden:

- a) P( Nicht kaufen | p < 1%)
- b) P( Kaufen | p > 1%)

Beide Risiken nicht gleichzeitig zu minimieren.

# Statistische Tests: Einführung Risiken - Fehler

Einleitung
Datenbehandlung
Syntax
Tactatur
Tarardomationan
Esternes File
Input Annecoung

Werkzeuge der

empirischen Forschung

Käufer lehnt gute Ware ab (weil  $N_f$  zufällig zu groß)
Risiko des Käufers

Risiko des Händlers

Käufer kauft schlechte Ware (weil  $N_f$  zufällig zu klein) Risiken sollen quantifiziert werden:

a) P( Nicht kaufen | p < 1%)

*P*( Nicht kaufen |  $p \le 1\%$ ) =  $\alpha$  vorgeben

P( Kaufen | p > 1%) minimieren (oder es versuchen), (330

b)  $P(\text{Kaufen} \mid p > 1\%)$ 

Beide Risiken nicht gleichzeitig zu minimieren. Lösung:

## Hypothesentest

Beispiel: Einstichproben-Lagetest

Werkzeuge der empirischen Forschung

Sei  $\mu$  ein Lageparameter, z.B. der Erwartungswert. Sei  $\mu_0$  ein vorgegebener Wert.

#### Nullhypothese und Alternativhypothese

a)  $H_0: \mu < \mu_0$ 

 $H_A: \mu > \mu_0$ 

b)  $H_0: \mu \ge \mu_0$ 

 $H_A: \mu < \mu_0$ 

c)  $H_0: \mu = \mu_0$ 

$$\mu = \mu_0$$

$$H_A: \mu \neq \mu_0$$

## Hypothesentest

Beispiel: Einstichproben-Lagetest

Werkzeuge der empirischen Forschung

W. Kössle

Einleitun

Datenbehandlung

Syntax Tastatur Transformationen Externes File

Externes File Input-Anweisung SAS-Files Zusamenfügen Output-Anweisung DO-Schleifen

Population
Wahrscheinlichkeit
Zufallsvariablen
Diskrete Zufallsvariablen
Stettige Zufallsvariablen
Normalverteilung (1)
Erwartungswert
Varianz

Sei  $\mu$  ein Lageparameter, z.B. der Erwartungswert. Sei  $\mu_0$  ein vorgegebener Wert.

#### Nullhypothese und Alternativhypothese

a)  $H_0: \quad \mu \leq \mu_0 \qquad H_A: \mu > \mu_0$ 

b)  $H_0: \quad \mu \ge \mu_0 \qquad H_A: \mu < \mu_0$ 

c)  $H_0: \quad \mu = \mu_0 \qquad H_A: \mu \neq \mu_0$ 

#### **Teststatistik**

$$T(X_1,...,X_n) = \frac{\overline{X} - \mu_0}{s} \cdot \sqrt{n}$$

T heißt auch Testgröße, Prüfgröße, Stichprobenfunktion.

# Hypothesentest Allgemein

Werkzeuge der empirischen Forschung

M Känalai

Einleitun

Datenbehandlun Syntax

Tastatur Transformationen Externes File Input-Anweisung

Zusamenfügen Output-Anweist DO-Schleifen

Wkt.rechnung
Population
Wahrschainlichkeit

tufallsvariablen Diskrete Zufallsvariablen Stetige Zufallsvariablen Jormalverteilung (1) Erwartungswert /arianz Die Entscheidung für  $H_A$  oder für  $H_0$  wird anhand einer Teststatistik

$$T = T(x_1, ..., x_n)$$

gefällt.

Liegt der Wert von T in einem vorher bestimmten Bereich K, dem sogen. Ablehnungsbereich oder kritischen Bereich, dann wird  $H_0$  abgelehnt, anderenfalls wird  $H_0$  nicht abgelehnt.

 $T \in K \Rightarrow H_0$  ablehnen, Entscheidung für  $H_A$   $T \notin K \Rightarrow H_0$  nicht ablehnen, Entscheidung für  $H_0$ .

## Hypothesentest

Annahme- und Ablehnungsbereich

Werkzeuge der empirischen Forschung

W. Kössle

Finleitun

Datenbehandlung

Tastatur Transformationen Externes File Input-Anweisung

SAS-Files
Zusamenfügen
Output-Anweisung
DO-Schleifen

Wahrscheinlichkeit Zufallsvariablen Diskrete Zufallsvariablen Stetige Zufallsvariablen Normalverteilung (1) Erwartungswert a)  $H_0: \quad \mu \leq \mu_0 \qquad H_A: \mu > \mu_0$  große Werte von T sprechen für  $H_A$ .

Annahmebereich  $t_{krit}$ 

- b)  $H_0$   $\mu \geq \mu_0$   $H_A$ :  $\mu < \mu_0$  kleine Werte von T sprechen für  $H_A$ . Krit.B. Annahmebereich
- c)  $H_0: \mu = \mu_0$   $H_A: \mu \neq \mu_0$  große Werte von |T| sprechen für  $H_A$ .

  Annahmebereich

Entscheidung für  $H_A$  obwohl  $H_0$  richtig ist.

Fehler 1.Art

Werkzeuge der empirischen Forschung

#### Reschreihende

Werkzeuge der empirischen Forschung

Fehler 1.Art

Entscheidung für  $H_A$  obwohl  $H_0$  richtig ist.

Fehler 2.Art

Entscheidung für  $H_0$  obwohl  $H_A$  richtig ist

Werkzeuge der empirischen Forschung

W Kössle

Einleitung

Datenbehandlun Syntax Tastatur

Transformatione Externes File Input-Anweisung SAS-Files

Zusamenfügen Output-Anweisung DO-Schleifen

Population
Wahrscheinlichkeit

Diskrete Zufallsvariable Stetige Zufallsvariabler Normalverteilung (1) Erwartungswert Jarianz

#### Fehler 1.Art

Entscheidung für  $H_A$  obwohl  $H_0$  richtig ist.

#### Fehler 2.Art

Entscheidung für  $H_0$  obwohl  $H_A$  richtig ist

	Entscheidung	Entscheidung
	für $H_0$	für $H_A$
$H_0$ richtig	richtig, Sicher-	Fehler 1. Art
	richtig, Sicherheitswkt. $1 - \alpha$	Fehlerwkt. $\alpha$ .
$H_A$ richtig	Fehler 2.Art Fehlerwkt. 1-β	richtig,
	Fehlerwkt. 1-β	Güte $\beta$

Werkzeuge der empirischen Forschung

Fehler 1.Art

Entscheidung für  $H_A$  obwohl  $H_0$  richtig ist.

Fehler 2.Art

Entscheidung für  $H_0$  obwohl  $H_A$  richtig ist

	Entscheidung	Entscheidung
	für $H_0$	für $H_A$
$H_0$ richtig	richtig, Sicherheitswkt. $1 - \alpha$	Fehler 1. Art
	heitswkt. $1 - \alpha$	Fehlerwkt. $\alpha$ .
$H_A$ richtig	Fehler 2.Art	richtig,
	Fehlerwkt. 1- $\beta$	Güte $\beta$

Entscheidung für  $H_0$  heißt nicht notwendig, dass  $H_0$ richtig ist.

Werkzeuge der empirischen Forschung

W Kössle

Einleitun

Syntax Tastatur Transformation

Transformation Externes File Input-Anweisur

Zusamenfügen Dutput-Anweisur DO-Schleifen

Population

Wahrscheinlichkeit

Zufallsvariablen

utallsvariablen

biskrete Zufallsvariablen

itetige Zufallsvariablen

lormalverteilung (1)

invartungswert

 $\alpha$  und  $(1-\beta)$  können nicht gleichzeitig minimiert werden.

 $\Rightarrow$  Man gibt  $\alpha$  vor (z.B.  $\alpha=0.05$ ), d.h. man behält  $\alpha$  unter Kontrolle und versucht die Teststatistik so zu definieren, daß  $\beta$  maximal wird.

 $\beta$  (und manchmal auch  $\alpha$ ) hängen von wahren (i.A. unbekannten) Parametern ab.

#### Signifikanzniveau

$$\alpha = \sup_{\theta \in \mathbf{\Theta}_0} \beta(\theta).$$

 $\Theta_0$ : Nullhypothesenraum, also z.B. die Menge  $\{\mu: \mu \geq \mu_0\}$  oder  $\{\mu: \mu = \mu_0\}$ .

Werkzeuge der empirischen Forschung

## Gütefunktion

$$\beta = \beta(\theta) = \beta(\mu) = P_{\mu}(T \in K)$$

*K* heißt Ablehnungsbereich oder Kritischer Bereich.

### Beispiel: t-Test

$$eta(\mu) = P(T \in K)$$
  $K$ : kritischer Bereich  $= P(T > t_{1-\alpha,n-1}|\mu,\sigma^2)$   $= 1 - CDF(T', t_{1-\alpha,n-1}, n-1, nc)$ 

$$nc = \sqrt{n} \frac{\mu - \mu_0}{\sigma}$$
:

$$t_{1-\alpha,n-1}$$
:

$$K = [t_{1-\alpha,n-1},\infty)$$
:

Nichtzentralitätsparameter kritischer Wert

kritischer Bereich.

Werkzeuge der empirischen Forschung

W. Kössle

#### Einleitun

Datenbehandlun

Syntax
Tastatur
Transformation

Externes File Input-Anweis

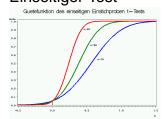
SAS-Files Zusamenfüg

Output-Anweisu DO-Schleifen

#### Wkt.rechnun

Population
Wahrscheinlichkeit
Zufallsvariablen
Diskrete Zufallsvariabler
Stetige Zufallsvariablen
Normalverteilung (1)

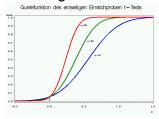
Einseitiger Test



Reschreibende 288/330

Werkzeuge der empirischen Forschung

#### **Einseitiger Test**



#### **Zweiseitiger Test**



288/330 Reschreibende

#### Werkzeuge der empirischen Forschung

W Kössle

#### Einleitun

Datenbehandlung

Syntax
Tastatur
Transformationen
Externes File

SAS-Files
Zusamenfügen
Output-Anweisung

#### Wkt.rechnung

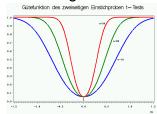
Wahrscheinlichkeit Zufallsvariablen Diskrete Zufallsvariabler Stetige Zufallsvariablen Normalverteilung (1) Erwartungswert

#### Einseitiger Test



Test Guete t.sas

#### Zweiseitiger Test



Test\_Guete\_t2.sas

Werkzeuge der empirischen Forschung

W. Kössle

Einleitung

Datenbehandlu Syntax Tastatur Transformationen Externes File Input-Anweisung

Input-Anweisung SAS-Files Zusamenfügen Output-Anweisung DO-Schleifen

Population
Wahrscheinlichkeit
Zufallsvariablen
Diskrete Zufallsvariablen
Stetige Zufallsvariablen
Normalverteilung (1)
Erwartungswert
Varianz

#### Ideal:

Unter  $H_0$ : Güte 0 (d.h. Fehler 1. Art =0)

Unter  $H_A$ : Güte 1 (d.h. Fehler 2. Art =0)

Das ist aber nicht möglich!

#### Ziel:

Test mit möglichst großer Gütefunktion (unter  $H_A$ ).

Wir schlagen natürlich nur solche "sinnvollen" Tests vor.

(bei Normalverteilungsannahme)

#### Werkzeuge der empirischen Forschung

#### Reschreihende

### Einstichprobenproblem

 $H_0: \mu \leq \mu_0 \quad H_A: \mu > \mu_0$ 

 $H_0: \mu \geq \mu_0 \quad H_A: \mu < \mu_0$ 

 $H_0: \mu = \mu_0 \quad H_A: \mu \neq \mu_0$ 

(bei Normalverteilungsannahme)

Werkzeuge der empirischen Forschung

### Einstichprobenproblem

 $H_0: \mu \leq \mu_0 \quad H_A: \mu > \mu_0$ 

 $H_0: \mu \geq \mu_0 \quad H_A: \mu < \mu_0$ 

 $H_0: \mu = \mu_0 \quad H_A: \mu \neq \mu_0$ 

Einstichproben t-Test

**PROC UNIVARIATE** 

PROC TTEST

(bei Normalverteilungsannahme)

Werkzeuge der empirischen Forschung

W. Kössle

Einleitun

Datenbehandlun

Syntax
Tastatur
Transformatione
Externes File

Input-Anweisu SAS-Files

Zusamenfügen
Output-Anweisun

Wkt.rechnung

Wahrscheinlichkeit Zufallsvariablen

Diskrete Zufallsvariable Stetige Zufallsvariablen Normalverteilung (1) Erwartungswert

### Einstichprobenproblem

 $H_0: \mu \leq \mu_0 \quad H_A: \mu > \mu_0$ 

 $H_0: \mu \geq \mu_0 \quad H_A: \mu < \mu_0$ 

 $H_0: \mu = \mu_0 \quad H_A: \mu \neq \mu_0$ 

Einstichproben t-Test

PROC UNIVARIATE

**PROC TTEST** 

#### Zweistichprobenproblem

 $H_0: \mu_1 \leq \mu_2 \quad H_A: \mu_1 > \mu_2$ 

 $H_0: \mu_1 \geq \mu_2$   $H_A: \mu_1 < \mu_2$ 

 $H_0: \mu_1 = \mu_2 \quad H_A: \mu_1 \neq \mu_2$ 

(bei Normalverteilungsannahme)

Werkzeuge der empirischen Forschung

W. Kösslei

Einleitung

Datenbehandlun

Tastatur
Transformationer
Externes File

SAS-Files
Zusamenfügen
Output-Anweisung

Wkt.rechnung

Wahrscheinlichkeit Zufallsvariablen

Diskrete Zufallsvariabler Stetige Zufallsvariablen Normalverteilung (1) Erwartungswert Varianz

### Einstichprobenproblem

 $H_0: \mu \leq \mu_0 \quad H_A: \mu > \mu_0$ 

 $H_0: \mu \geq \mu_0 \quad H_A: \mu < \mu_0$ 

 $H_0: \mu = \mu_0 \quad H_A: \mu \neq \mu_0$ 

Einstichproben t-Test PROC UNIVARIATE

**PROC TTEST** 

#### Zweistichprobenproblem

 $H_0: \mu_1 \leq \mu_2 \quad H_A: \mu_1 > \mu_2$ 

 $H_0: \mu_1 \ge \mu_2$   $H_A: \mu_1 < \mu_2$ 

 $H_0: \mu_1 = \mu_2 \quad H_A: \mu_1 \neq \mu_2$ 

Einstichproben *t*-Test (verbundene Stichproben) *t*-Test (unverbundene Stichproben) PROC UNIVARIATE PROC TTEST

eschreibende 290/330

## Lage- und Skalentests

(bei Normalverteilungsannahme)

c-Stichprobenproblem

#### Werkzeuge der empirischen Forschung

$$H_0: \mu_1 = ... = \mu_c$$

$$H_0: \mu_1 = ... = \mu_c$$
  $H_A: \exists (i,j): \mu_i \neq \mu_j$ 

einfache Varianzanalyse

PROC ANOVA, PROC GLM

#### Andere Alternativen sind:

$$\mu_1 \leq \ldots \leq \mu_c$$

$$\mu_1 \geq ... \geq \mu_c$$

## Lage- und Skalentests

(bei Normalverteilungsannahme)

Werkzeuge der empirischen Forschung

c-Stichprobenproblem

 $H_0: \mu_1 = ... = \mu_c$   $H_A: \exists (i,j): \mu_i \neq \mu_i$ 

einfache Varianzanalyse

PROC ANOVA, PROC GLM

Andere Alternativen sind:

$$\mu_1 \leq \ldots \leq \mu_c$$

$$\mu_1 \geq ... \geq \mu_c$$

Skalentest

Zwei unverbundene Stichproben

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$
  $H_A: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ 

PROC TTEST (bei Normalverteilung)

## p-Werte

Werkzeuge der empirischen Forschung

W. Kössle

Einleitung

Datenbehandlung

Tastatur
Transformationen
Externes File

Input-Anweisung SAS-Files Zusamenfügen Output-Anweisung

Vkt.rechnung
Population
Wahrscheinlichkeit
Zufallsvariablen
Stetige Zufallsvariablen

bisher: " $H_0$  abgelehnt" oder " $H_0$  beibehalten"  $\Rightarrow$  wenig informativ.

⇒ weriig iriiormativ.

Wir könnten uns auch bei jedem  $\alpha$  fragen, ob  $H_0$  abgelehnt wird oder nicht.

Wenn der Test bei Signifikanzniveau  $\alpha$  ablehnt, wird er das auch für  $\alpha' > \alpha$  tun.

Es gibt also ein kleinstes  $\alpha$ , bei dem der Test  $H_0$  ablehnt.

Der p-Wert

ist das kleinste  $\alpha$ , bei dem wir  $H_0$  ablehnen können.

Test\_t\_p\_value

### p-Wert

T: (zufällige) Teststatistik, t: beobachtete Teststatistik

Werkzeuge der empirischen Forschung

W. Kössle

Einleitung

Datenbehandl Syntax

Tastatur Transformationen Externes File Input-Anweisung

Zusamenfügen
Output-Anweisung

Wkt.rechnung
Population
Wahrscheinlichkeit
Zufallsvariablen
Diskrete Zufallsvariable
Stetige Zufallsvariable
Normalverteilung (1)
Erwartungswert

Zweiseitige Alternative:  $\mu \neq \mu_0$ 

 $p\text{-Wert} = P_0(|T| > |t|)$ 

Einseitige Alternative:  $\mu < \mu_0$ 

 $\mathsf{p\text{-}Wert} = P_0(T < t)$ 

Einseitige Alternative:  $\mu > \mu_0$ 

 $p\text{-Wert} = P_0(T > t)$ 

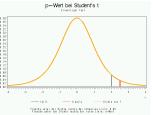
Der p-Wert heißt auch

Überschreitungswahrscheinlichkeit.

# p-Wert Illustration

#### Werkzeuge der empirischen Forschung

### **Einseitiger Test**

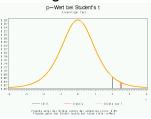


295/330 Reschreibende

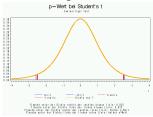
# p-Wert Illustration

#### Werkzeuge der empirischen Forschung

#### **Einseitiger Test**



#### **Zweiseitiger Test**

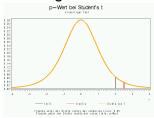


295/330 Reschreihende

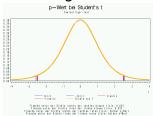
### p-Wert Illustration

Werkzeuge der empirischen Forschung

### **Einseitiger Test**



#### **Zweiseitiger Test**



Fäche unter der Dichte rechts der schwarzen Linie: 0.050.025

Fäche unter der Dichte rechts der roten Linie: p-Wert halber p-Wert

links entsprechend.

## Bewertung von p-Werten

Werkzeuge der empirischen Forschung

W. Kössler

Datenhehand

Tastatur
Transformationen
Externes File
Input-Anweisung
SAS-Files
Zusamenfügen

Wkt.rechnung
Population
Wahrscheinlichkeit
Zufallsvariablen
Diskrete Zufallsvariablen
Normalverteilung (1)
Erwartungswert
Varianz

Der p-Wert ist also, grob, ein Maß für den Grad dafür, dass die Nullhypothese nicht zutrifft.

(vorsichtige) Interpretation		
p-Wert	Grad des Nicht-Zutreffens von $H_0$	
< 0.01	sehr streng gegen $H_0$	
$0.01 \dots 0.05$	streng gegen $H_0$	
$0.05 \dots 0.1$	schwach gegen $H_0$	
> 0.1	wenig oder gar nichts gegen $H_0$	

## Bewertung von p-Werten

Werkzeuge der empirischen Forschung

W. Kössler

inleitung

atenbehandlung

Transformationen

SAS-Files
Zusamenfügen
Output-Anweisung

Wkt.rechnung
Population
Wahrscheinlichkeit
Zufallsvariablen

Diskrete Zufallsvariablen Stetige Zufallsvariablen Jormalverteilung (1) Erwartungswert Der p-Wert ist also, grob, ein Maß für den Grad dafür, dass die Nullhypothese nicht zutrifft.

(vorsichtige) Interpretation	
p-Wert	Grad des Nicht-Zutreffens von $H_0$
< 0.01	sehr streng gegen $H_0$
0.01 0.05	streng gegen $H_0$
$0.05 \dots 0.1$	schwach gegen $H_0$
> 0.1	wenig oder gar nichts gegen $H_0$

#### Warnung:

der Test niedrige Güte hat!

Ein großer p-Wert heisst noch lange nicht, dass  $H_0$  zutrifft.  $H_0$  kann zutreffen, Der große p-Wert kann aber auch daran liegen, dass

## p-Wert und kritischer Wert

Werkzeuge der empirischen Forschung

W. Kössle

Einleitung

Datenbehandlung Syntax Tastatur

Transformationen
Externes File
Input-Anweisung

SAS-Files
Zusamenfügen

Zusamenfügen
Output-Anweisung
DO-Schleifen

Population
Wahrscheinlichkeit
Zufallsvariablen
Diskrete Zufallsvariab

Stetige Zufallsvariabler Normalverteilung (1) Erwartungswert Varianz

#### Einseitiger Test, $t_{krit} = t_{1-\alpha}$

 $t \leq t_{krit} \Leftrightarrow \text{p-Wert} \geq \alpha \Longrightarrow H_0$  angenommen,

 $t > t_{krit} \Leftrightarrow \text{p-Wert} < \alpha \Longrightarrow H_0 \text{ abgelehnt.}$ 

### Zweiseitiger Test, $t_{krit} = t_{1-\alpha/2}$

 $|t| \le t_{krit} \Leftrightarrow \mathsf{p-Wert} \ge \alpha \Longrightarrow H_0$  angenommen,

 $|t| > t_{krit} \Leftrightarrow \mathsf{p ext{-}Wert} < \alpha \Longrightarrow H_0 \text{ abgelehnt.}$ 

#### Ausgabe bei SAS

Wenn nicht anders vermerkt: zweiseitige p-Werte.