

Multivariate Analysemethoden

Vorlesung

Günter Meinhardt
Johannes Gutenberg Universität Mainz

Vorlesung

Verfahrensdarstellung in

- Überblick
- Grundprinzip
- wichtigsten mathematischen Beziehungen
- Anwendungsbeispielen
- Durchführung mit Excel und Statistica

Übung/Tut

Vermittlung von Hintergründen/Voraussetzungen

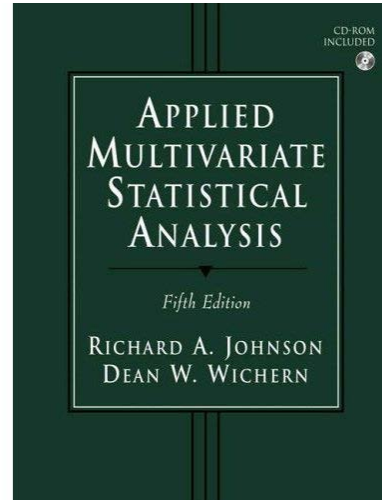
- Grundlagen (Vektoren/Matrizen)
- Wiederholung / Durcharbeiten der Beispiele
- Aufgaben und Anwendungen auf verwandte Probleme

Prüfung

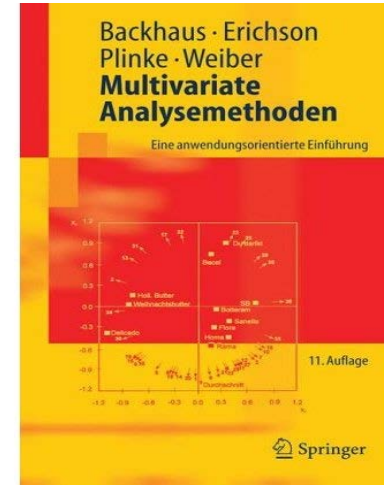
- Klausur zum Abschluss des Moduls gemeinsam mit Testtheorie

Literatur

a)



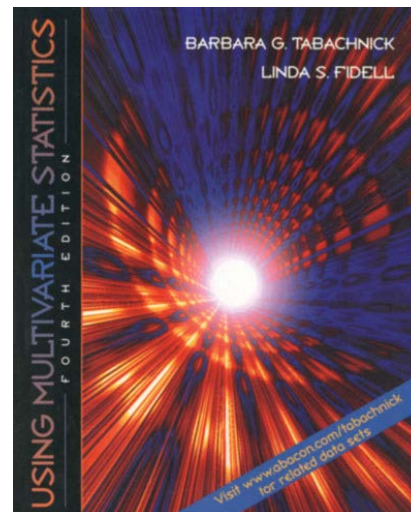
b)



c)



d)



**Inhalte im
WS 2018/19**

Grundlagen

Vektoren / Matrizen



Eigenwertzerlegung

**Multivariate
Distanz**

**Inhalte im
WS 2018/19**

Verfahren

MDS

**Multiple
Regression**

Faktorenanalyse

**Kanonische
Korrelation**

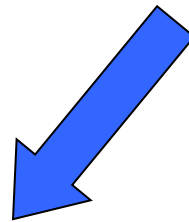
Diskriminanzanalyse

**Multivariate
Klassifikation**

**Statistisches
Entscheiden**

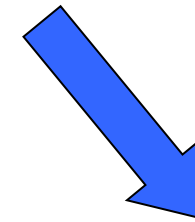
Einteilung

Multivariate Analysemethoden



Latente Variable

- Faktorenanalyse
- Diskriminanzanalyse
- MDS
- Strukturgleichungen
- Kanonische Korrelation



Konkrete Variable

- Multiple/Logistische Regression
- T^2 / MANOVA
- Conjoint Measurement
- Kanonische Korrelation



Beispiel

10 Variablen

2 Gruppen

Lebenszufriedenheit

Arbeit

X_1 : Gehalt

X_2 : Entscheidungsfreiheit

X_3 : Qualität der Kommunikation

Privatsphäre

X_4 : Ehe

X_5 : Freunde/Beziehungen

X_6 : Sexualität

Person

X_7 : Lebensansprüche

X_8 : Sinnhaftigkeit

Aktivität

X_9 : Hobbies

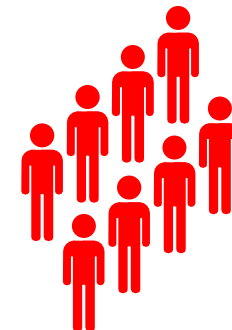
X_{10} : Sport/Fitness



$(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_{10})$



Gesunde



Herzinfarktpatienten

Frage

Unterscheiden sich Gesunde und Patienten im Variablenkomplex **Lebenszufriedenheit**?

Teststrategie

Wir testen auf jeder der 10 Skalen den Gruppenunterschied mit einem t-Test. Wenn **irgend einer** der Tests signifikant wird, sehen wir die Gruppen als verschieden an.

Probleme

1. **Multiples Testen:** Dieselbe Hypothese wird 10 mal geprüft.
2. **Unterstellte Unabhängigkeit:** Man behandelt die einzelnen Skalen als unabhängig voneinander.
3. **Fehlendes Konstrukt:** Lebenszufriedenheit wird nicht als Variablenkomplex mit Binnenstruktur behandelt.
4. **Mangelnde Teststärke:** Man nutzt nicht die Korrelationsstruktur der Variablen für einen leistungsfähigen Test.

Ausweg

Verwendung **eines** multivariaten Tests, der die Information **aller** 10 Variablen und ihrer Korrelationsstruktur in **eine** statistische Prüfgröße einfließen lässt.

Latente
Variable

Multidimensionale Skalierung

Problem:

Positionierung von Messobjekten in einem latenten Raum
(hier: Wahrnehmungsraum)

Möglichkeiten:

Faktorenanalyse



**Multidimensionale
Skalierung**

**Latente
Variable**

Faktor / MDS



Demo - Beispiel mit Excel und Statistica

Multivariates Testen

**Grundüberlegungen zum Unterschied des
Testens mit einer AV und mehreren AVs**

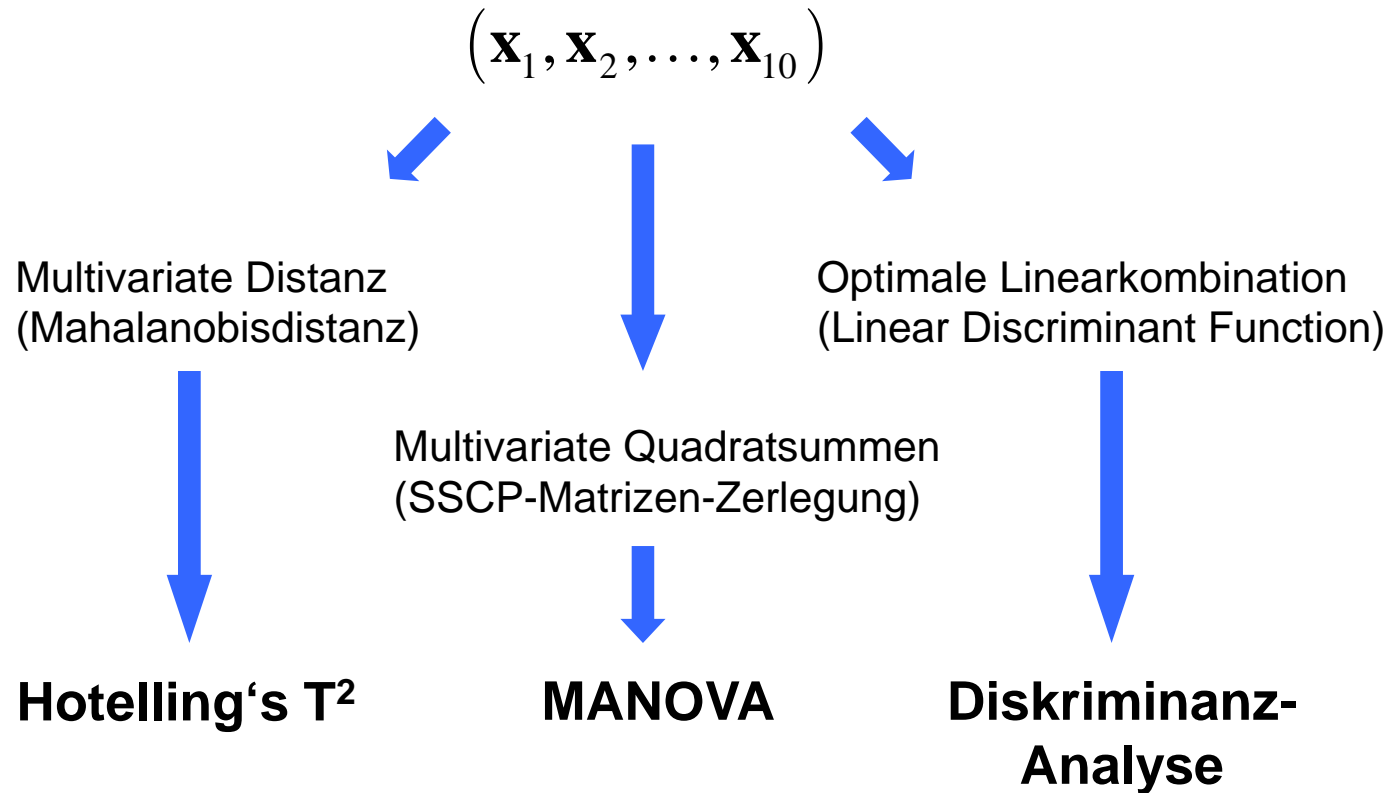


**Grundprinzip und Beispiel anhand einer 2
Vars – 2 Groups Diskriminanzanalyse**

Variablen-
komplex

Multivariates
Testkonstrukt

Verfahren



Alle Verfahren entscheiden über den Gruppenunterschied im **gesamten Variablenkomplex** mit **einem** statistischen Test

Grundprinzip (2 Gruppen)

Für die m Variablen

$$(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_m)$$

finde eine Linearkombination zu **einer** neuen Variable

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_m x_m$$

so dass diese die Gruppen c_1 und c_2 optimal trennt.

Kriterium der Optimierung

Das Optimierungskriterium für die Wahl der b_j lautet

$$\frac{QS_{Between}}{QS_{Within}} = \frac{\text{erklärte Variation}}{\text{nicht erklärte Variation}} = \max$$

Die b_j sind so zu wählen, dass auf der neuen Variable y die Streuung zwischen den Gruppen zu der Streuung innerhalb der Gruppen ein maximales Verhältnis hat.

2D-Beispiel

Man möchte trennen



Stechmücken

c_1



Blindmücken

c_2

2 Gruppen

anhand von

2 Variablen

Fühlerlänge

x_1

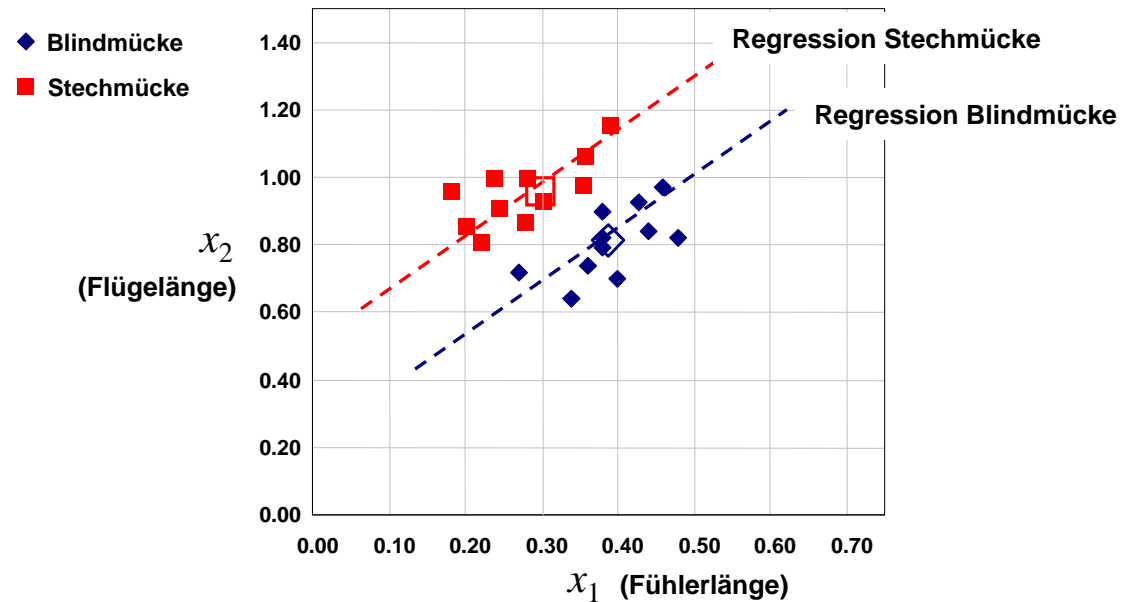
Flügelänge

x_2

Anforderung

- **Maximale** Gruppentrennung (Mittelwerte)
- **Minimale** Klassifikationsfehler (Fall-Klassifikation)

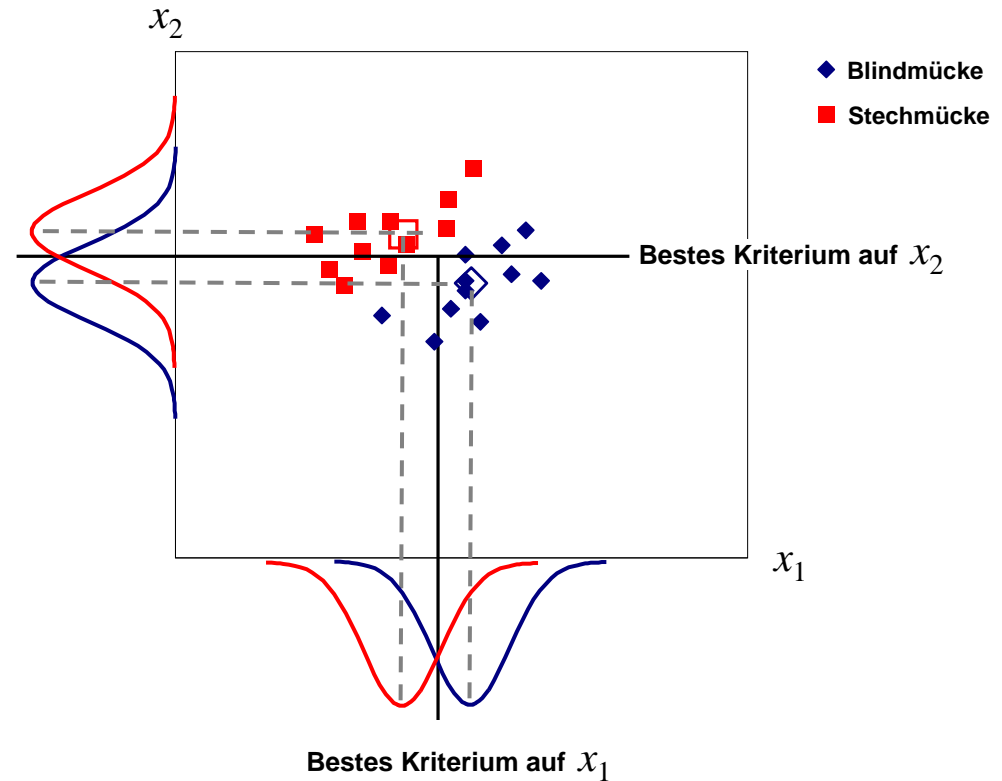
Variablenraum



Ausgangslage

- Klassifiziere anhand von Fühlerlänge (x_1) und Flügelänge (x_2) möglichst eindeutig in Stechmücke (c_1) und Blindmücke (c_2).
- In beiden Gruppen existiert eine Korrelation der Variablen Fühlerlänge (x_1) und Flügelänge (x_2).

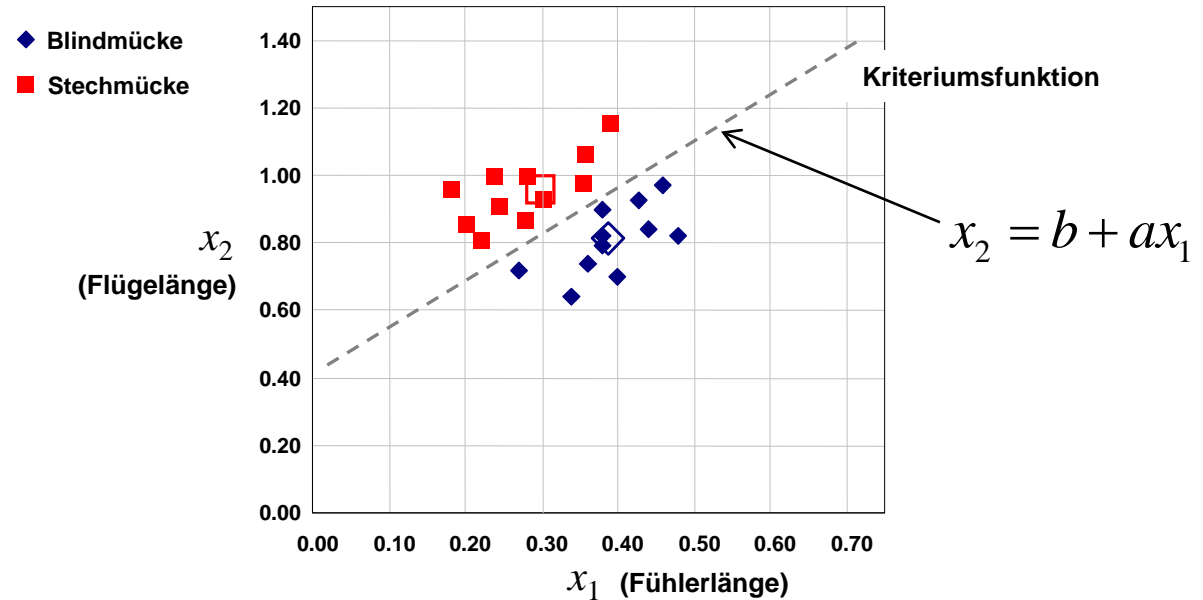
Variablenraum



Problem

- Klassifiziere anhand von Fühlerlänge (X_1) und Flügellänge (X_2) möglichst eindeutig in Stechmücke (c_1) und Blindmücke (c_2).
- Das geht mit einem Kriteriumswert auf jeder einzelnen Variable X_1 und X_2 offenbar nicht.

Variablenraum



Lösung

Eine **lineare Kriteriumsfunktion** teilt den Variablenraum in 2 Gebiete: Oberhalb **Stechmücke** (c_1), unterhalb **Blindmücke** (c_2).

$$x_2 = b + ax_1$$

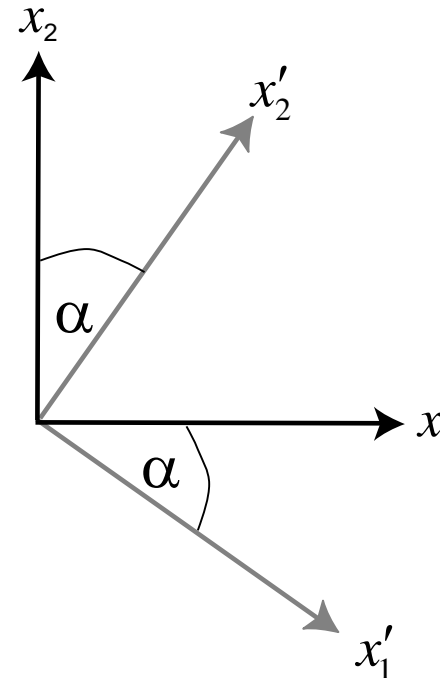
Somit folgt die Klassifikationsfunktion

$$g(x_1, x_2) = \begin{cases} c_1, & \text{wenn } x_2 - ax_1 > b \\ c_2, & \text{wenn } x_2 - ax_1 \leq b \end{cases}$$

Einfache Lösung

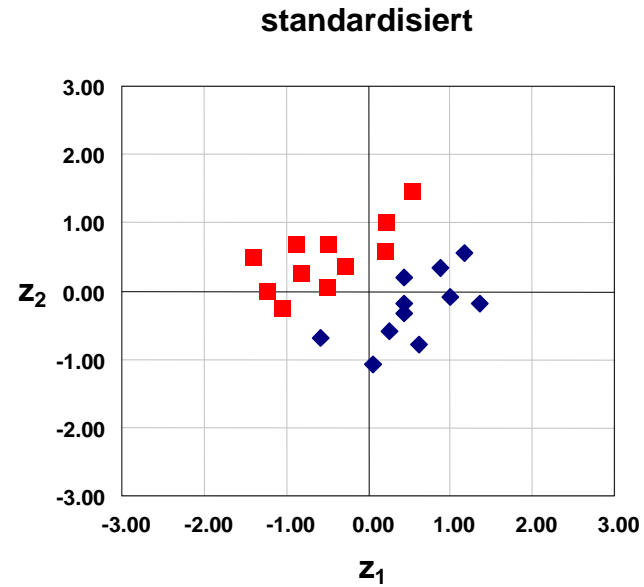
Zuerst die Daten im Nullpunkt zentrieren und dann um **den optimalen Winkel α** drehen !

Zentrierung & Rotation !



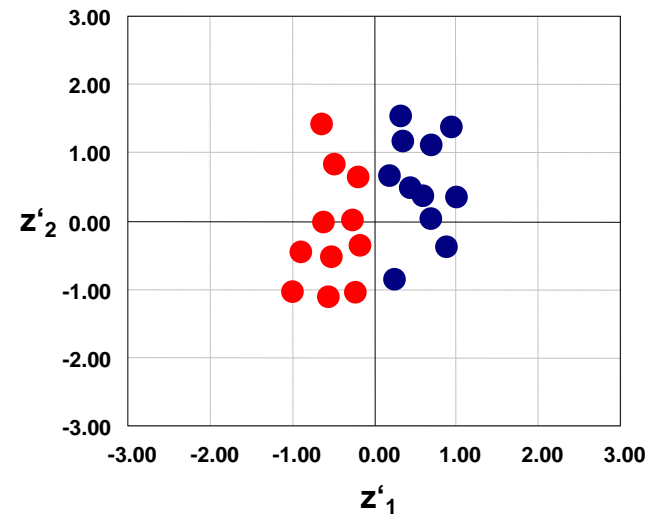
Die Varianz zwischen den Gruppen wird auf der Achse x'_1 maximiert, und x'_2 steht senkrecht x'_1 . Eine Parallele zu x'_2 liefert das optimale Trennkriterium.

z-Standard



z-Standard

Koordinaten rotiert um $\alpha = 46^\circ$ (clockwise)

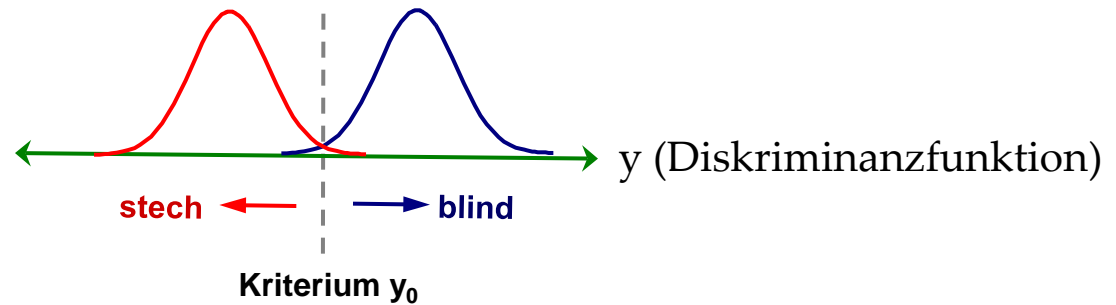


Diskriminanzfunktion

- Die neue x- Achse z'_1 ist die **Diskriminanzfunktion** y . Auf ihr läßt sich ein Kriterium zur optimalen Trennung beider Gruppen finden.
- Da eine Drehoperation auf die Diskriminanzfunktion geführt hat, ist sie darstellbar als eine **Linearkombination der alten Koordinaten**:

$$z'_1 = b_1 z_1 + b_2 z_2$$

y: Linear- kombination



$$\begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z'_1 \\ z'_2 \end{pmatrix} \quad \rightarrow \quad \begin{aligned} z_1 \cos \alpha - z_2 \sin \alpha &= z'_1 \\ z_1 \sin \alpha + z_2 \cos \alpha &= z'_2 \end{aligned}$$

Da $y = z'_1$ gilt

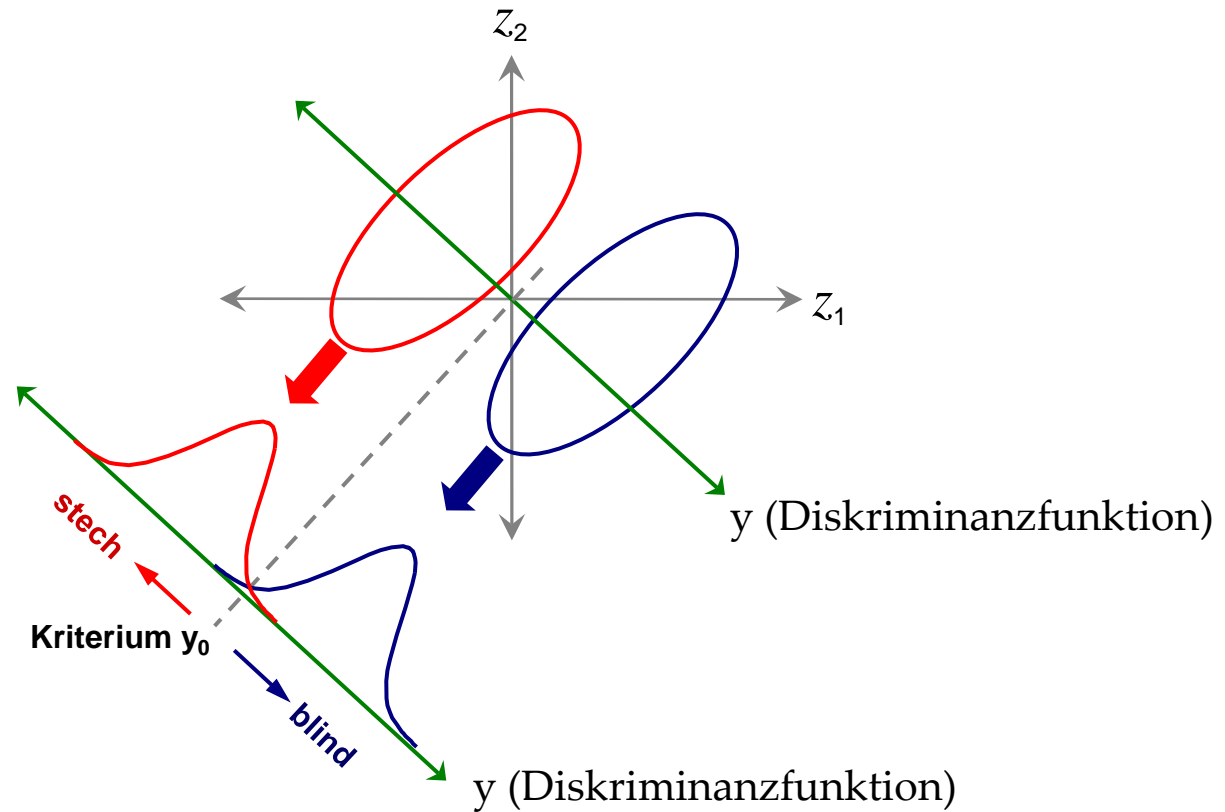
$$y = b_1 z_1 + b_2 z_2$$

mit $b_1 = \cos \alpha$ und $b_2 = -\sin \alpha$

Koeffizienten von y

Das Auffinden der Koeffizienten b_1 und b_2 ist also identisch mit dem Problem, **den optimalen Drehwinkel α** zu bestimmen. Hierfür braucht man ein Kriterium der gewünschten maximalen Trennung, und die Lösung des dahinter stehenden **Maximierungsproblems**.

Rotation zur y - Funktion



Klassifikation

- Case-Classification durch einfachen Vergleich mit dem Kriterium y_0 .
- Prüfung des Gruppenunterschieds mit einem einfachen t - Test auf y .