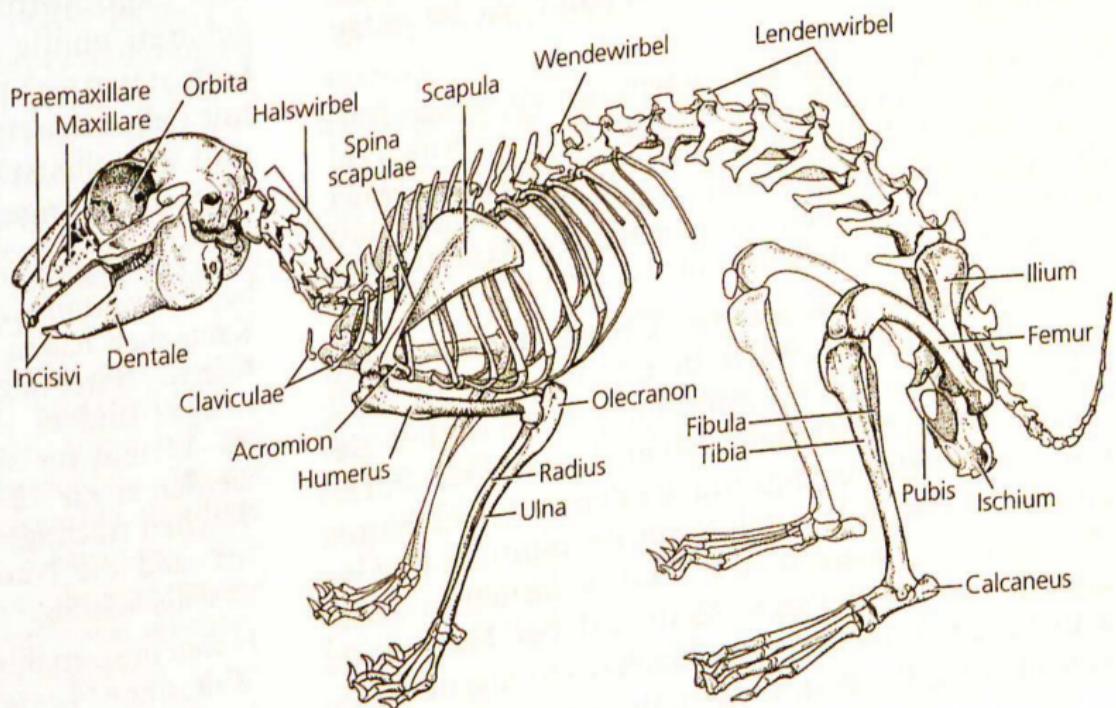


# **PROZEDURALE GENERIERUNG VON WIRBELTIERSKELETTEN**

NINA ZIMBEL

KIT - INSTITUT FÜR VISUALISIERUNG UND DATENANALYSE

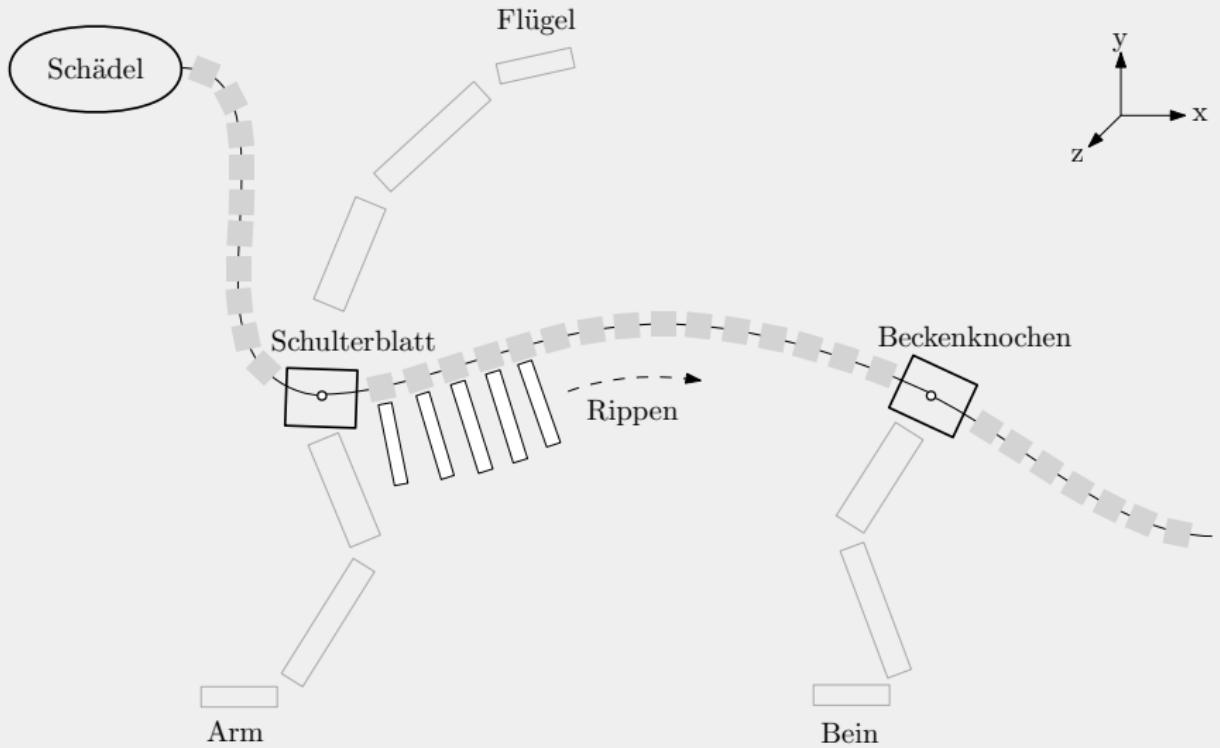
7. JULI 2020



Skelett eines Kaninchens [4]



Maya Plugin Ziva, wirklichkeitstreues Modell eines Löwen [5]

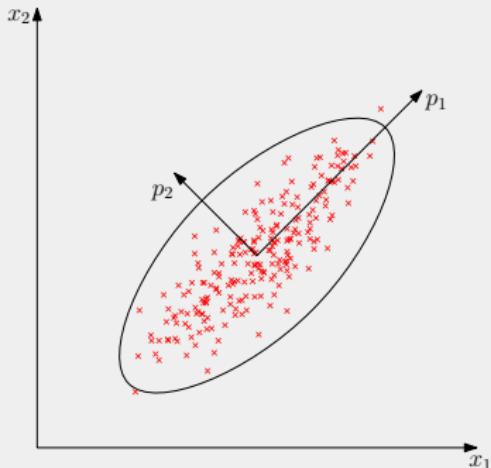


Abstrahierter Grundbauplan eines Wirbeltierskeletts

# PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

# PCA

- Gegeben: Menge normalverteilter  $n$ -dimensionaler Punkte
- Gesucht: Achsen des Hyperellipsoids → Basis des *Konfigurationsraums*, der durch diese Achsen aufgespannt wird
- Verteilungen entlang der Achsen sind unabhängig voneinander → Erzeugung zufälliger Punkte mit gleicher Verteilung wie Eingabe möglich



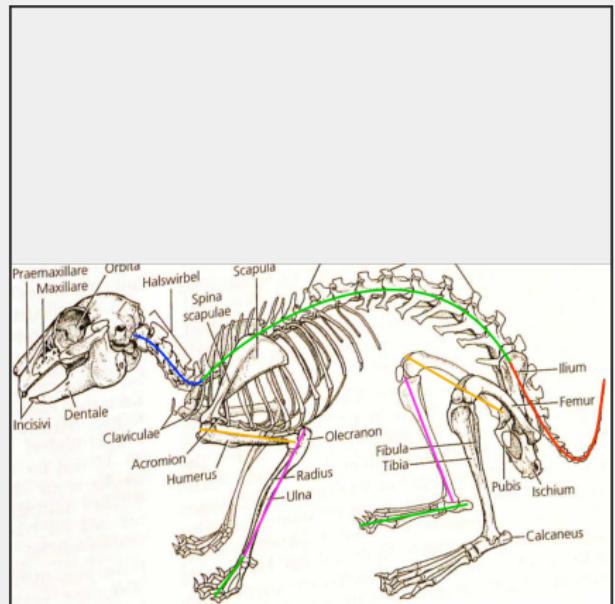
# WARUM PCA?



[1]

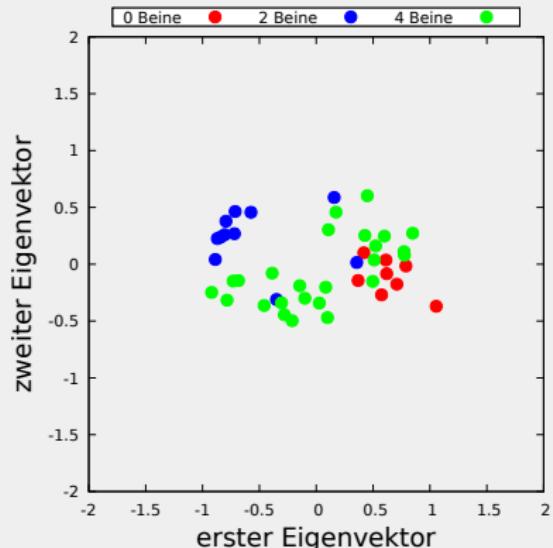
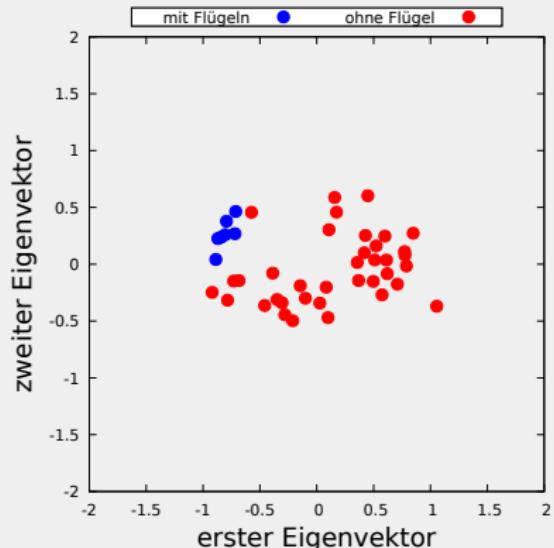
# DATENERHEBUNG

- 2D-Skelettbilder, v. a. aus Zoologiebüchern
- Merkmale:
  - ▶ Verlauf der Wirbelsäule (Bézierkurven)
  - ▶ Länge der Knochen der Extremitäten
  - ▶ Anzahl der Flügel
  - ▶ Anzahl der Beine mit Bodenkontakt
  - ▶ Gewicht
- 44 Beispiele



Annotiertes Skelett eines Kaninchens

# ANALYSE DER EINGABEDATEN



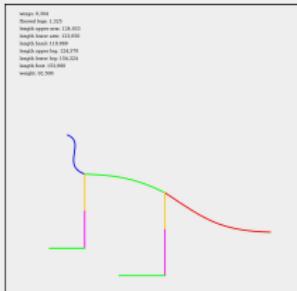
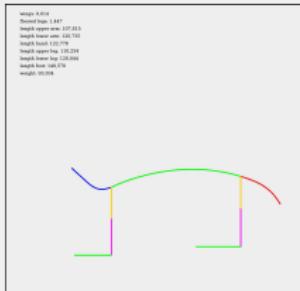
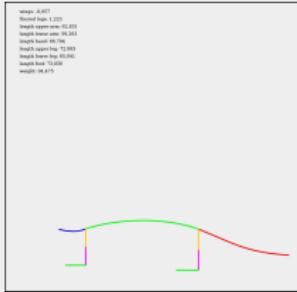
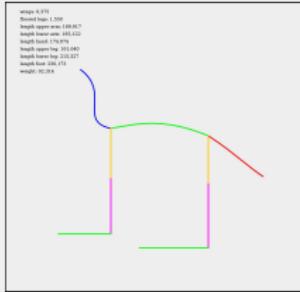
Projektion der Eingabedaten auf die Ebene, die durch die erste und zweite Achse des Hyperellipsoids aufgespannt wird.

# MITTELWERT



Visualisierung des Mittelwerts der Eingabedaten. Werte, die nicht grafisch visualisiert sind, sind folgende:  
*Flügelpaare 0,159, Beinpaare mit Bodenkontakt 1,39, Gewicht 93kg*

# „BEDEUTUNG“ DER ACHSEN



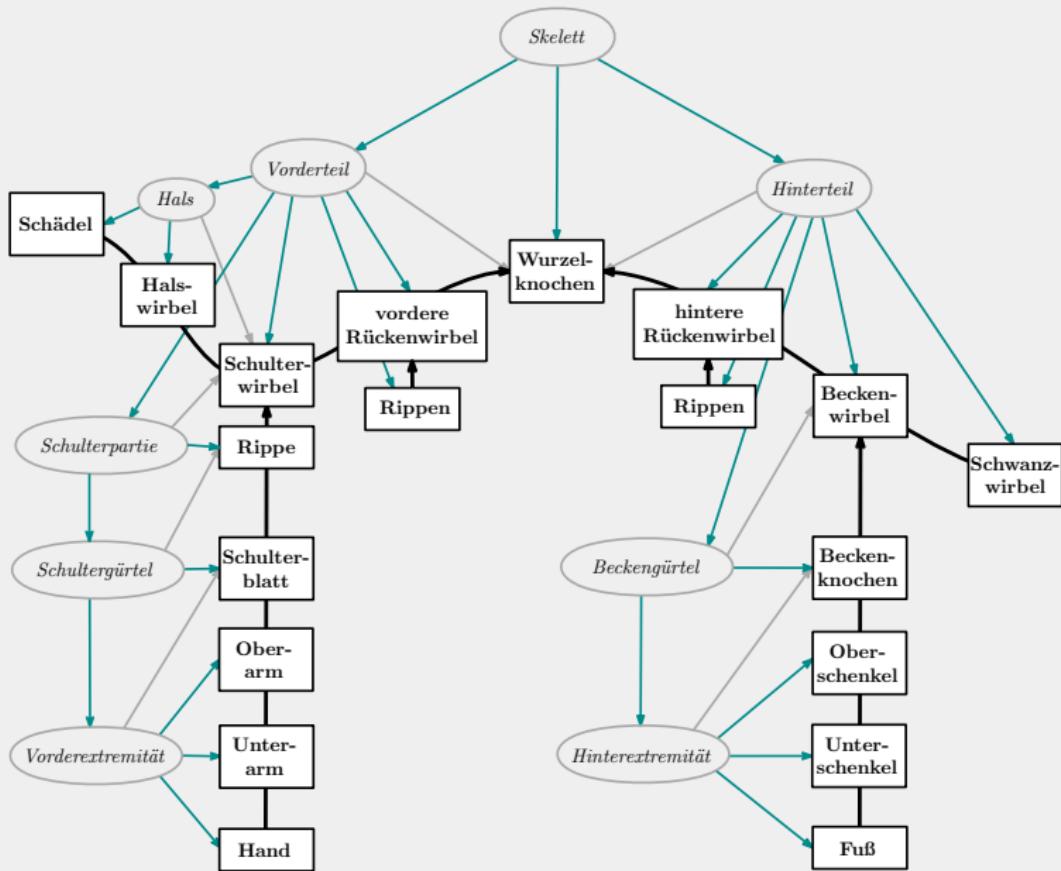
Koordinaten der visualisierten Datenpunkte in Zeile  $i$ :

- $i$ -te Koordinate: positive bzw. negative Standardabweichung
- $j \neq i$ : 0

# **DER ALGORITHMUS**

# ÜBERBLICK ÜBER DEN ALGORITHMUS

0. Benutzereingabe einlesen
1. PCA auf Beispielskeletten durchführen
- 2a. Punkt  $q$  im Konfigurationsraum (zufällig) bestimmen
- 2b. Parameter für die kontextfreie Grammatik  $G$  aus  $q$  und Benutzereingabe bestimmen
3. Bestandteile des Skeletts mit  $G$  erzeugen und positionieren
4. Alle Bestandteile, die nicht auf der Wirbelsäule liegen, spiegeln
5. 3D-Modell generieren





Als Hintergrund wurde bei allen erzeugten 3D-Modellen [2] verwendet.

# POSITIONIERUNG DER EXTREMITÄTEN

- Längen der Knochen bekannt
- Winkel an Gelenken unbekannt
- keine kanonische Ruheposition
- Unterscheidung anhand der Funktion:
  - ▶ Flügel: zufällige Position
  - ▶ Flossen und Arme: ausgerichtet an globalen Achsen
  - ▶ Beine: eigener iterativer Algorithmus
- bei Weiterverarbeitung, z. B. Animation,  
wird Positionierung noch einmal angepasst





Känguru



Elefant

# BEDINGUNGEN

1. Bedingte Verteilung als Eingabe für PCA
  - ▶ Anzahl Flügel und Beine
  - ▶ Länge des Halses in y-Richtung
  - ▶ Länge des Schwanzes in x-Richtung
2. Vorgegebene Punkte aus Konfigurationsraum laden  
(z. B. Eingabebeispiele)
3. Schon einmal generierte Skelette laden

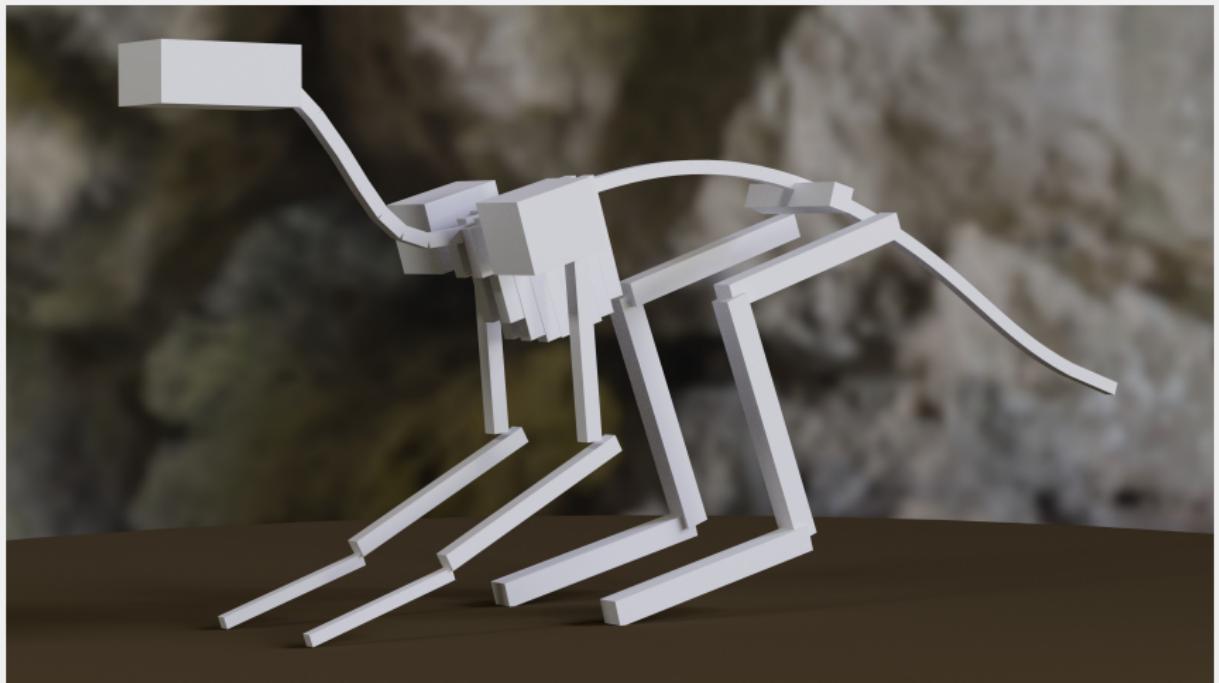
## Gegeben

- Punkt  $q$  aus dem Konfigurationsraum
- generiertes Skelett  $S$  (optional)
- Benutzereingaben  $B$  (optional)

Vorgehen (statt den Schritten 1 + 2 des Algorithmus):

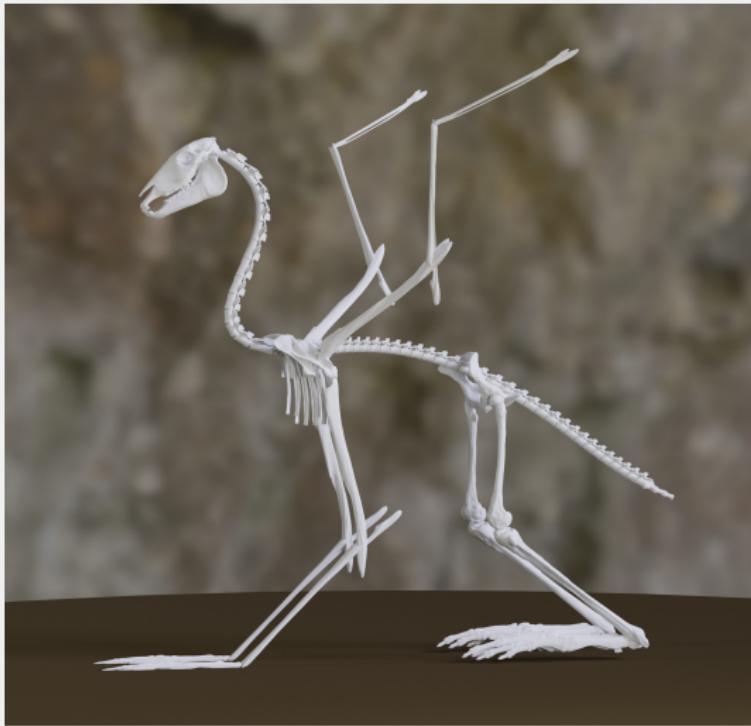
1. zufällig normalverteilten Punkt  $q'$  mit Erwartungswert  $q$  bestimmen
2. Parameter  $p$  für die Grammatik  $G$  aus  $q'$  und  $B$  und  $S$  bestimmen, falls vorhanden
3. Parameter  $p$  variieren (v. a. Anzahl, Art und Position der Extremitäten)

# ERZEUGUNG EINES 3D-MODELLS



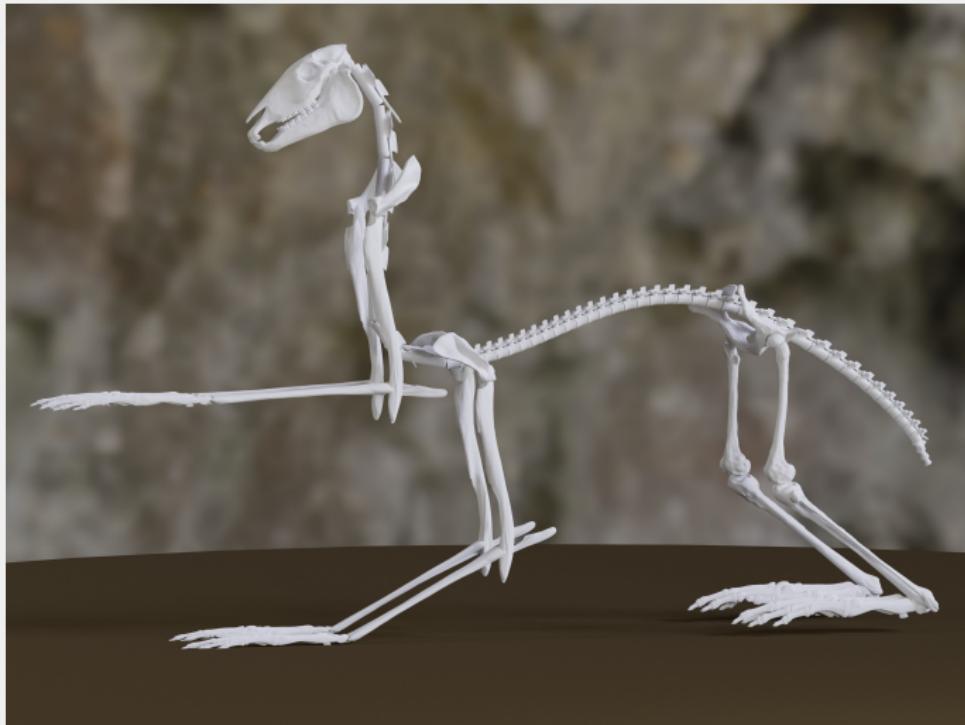
# FANTASTISCHE TIERE

# PEGASUS – 2 EXTREMITÄTENPAARE PRO GÜRTEL



Bedingungen: 4 Beine, 2 Flügel

# ZENTAUR – ZWEITER SCHULTERGÜRTEL



Bedingungen: 4 Beine, 2 Flügel

# AUSBLICK

- Auch Skelette mit sehr aufrechter Wirbelsäule wie beim Menschen generierbar?
- Gewicht der Tiere verwenden z. B. als Einfluss auf Größe der Tiere oder Dicke der Knochen
- mehr verschiedene und leichter austauschbare Knochenmodelle
- interaktiver Algorithmus
- Muskeln und Haut generieren

VIELEN DANK FÜR DIE  
AUFMERKSAMKEIT!

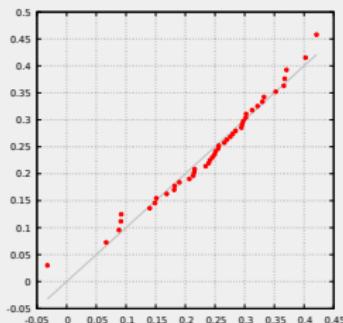
WEITERE INFORMATIONEN UNTER  
<https://github.com/Zimmt/skeleton-generation>

# QUELLEN

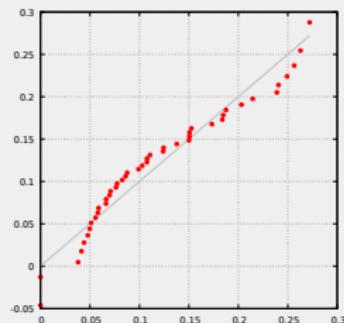
-  *Halloween Skeleton Set.* URL: <https://de.aliexpress.com/item/4000127246703.html> (visited on 06/25/2020).
-  *HDRI Haven. 360°-Bild einer kleinen Höhle.* URL: [https://hdrihaven.com/hdri/?c=nature&h=small\\_cave](https://hdrihaven.com/hdri/?c=nature&h=small_cave) (visited on 05/20/2020).
-  Rüdiger Wehner and Walter Gehring. *Zoologie*. 24th ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2007. ISBN: 978-3-13-367424-9.
-  Wilfried Westheide and Reinhard Rieger. *Spezielle Zoologie. Teil 2: Wirbel- oder Schädeltiere*. München: Spektrum Akademischer Verlag, 2004. ISBN: 3-8274-0307-3.
-  *Ziva, Case Study: Zeke the Lion.* Bildquelle: <https://www.animationmagazine.net/wordpress/wp-content/uploads/ziva-post2.jpg>. URL: <https://zivadynamics.com/case-study/lion> (visited on 06/25/2020).

# UNTERSUCHUNG AUF NORMALVERTEILUNG

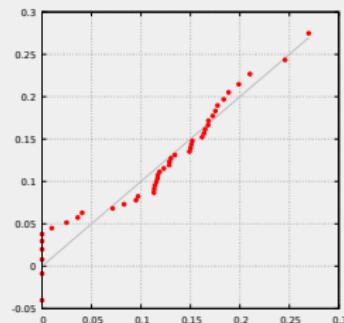
## Quantil-Quantil-Diagramme



(a) x-Wert der 3.  
Koordinate des Halses

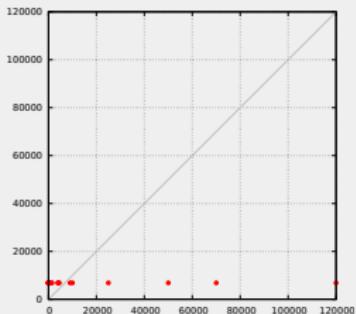


(b) Länge der Hand

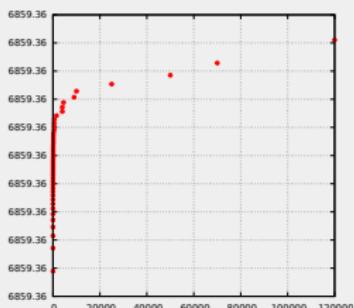


(c) Länge des  
Oberschenkels

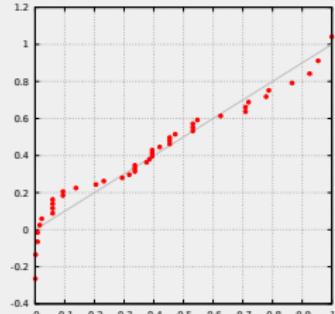
# NORMALVERTEILUNG DES GEWICHTS



(a) linear



(b) linear (Ausschnitt)



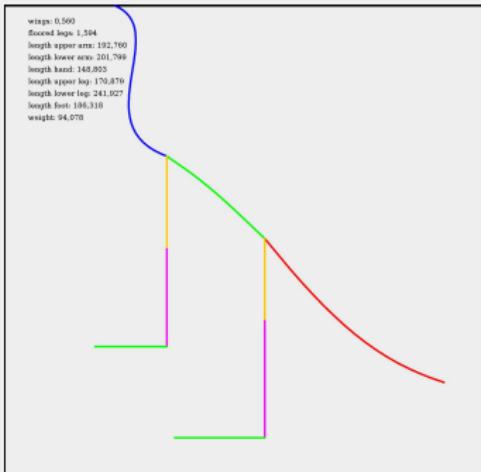
(c) logarithmisch

⇒ Das logarithmische Gewicht wird verwendet.

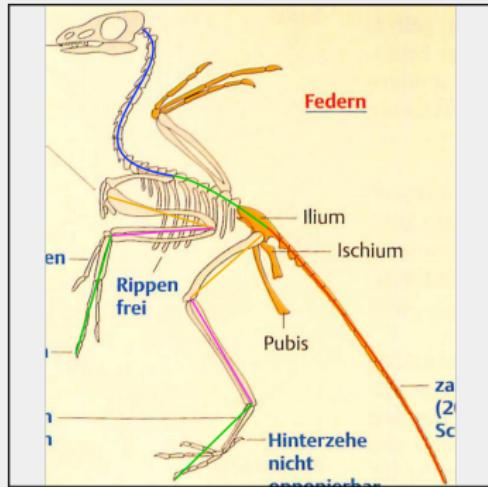
# GEWICHTUNG DER MERKMALE

- Alle Merkmale zunächst auf  $[0, 1]$  skaliert
- Diskrete Merkmale (Anzahl Flügel und Beine) nicht normalverteilt, liefern aber hilfreiche Informationen → kleiner skalieren
- Gewicht nicht Hauptmerkmal → kleiner skalieren

# REDUZIERUNG DER DIMENSIONALITÄT MIT PCA



(a) Rekonstruktion aus 6 Eigenvektoren

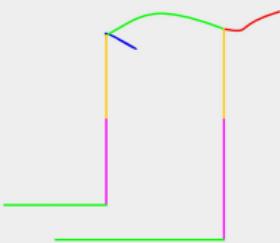


(b) Eingabebild [3]

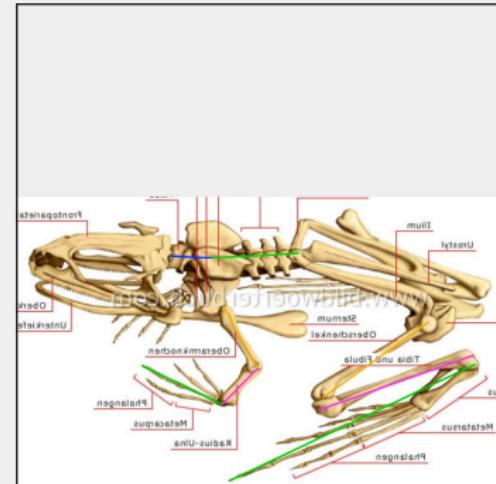
Nicht visualisierte Daten der Rekonstruktion: *Flügel 0,56, Beine mit Bodenkontakt 1,594, Gewicht 94,1kg; Originalwert für das Gewicht: 1kg*

# REDUZIERUNG DER DIMENSIONALITÄT MIT PCA

```
wingspan: 0.400  
flapped wings: 1.272  
length upper arm: 174.767  
length lower arm: 177.113  
length hand: 210.948  
length upper leg: 188.056  
length lower leg: 248.059  
length foot: 349.080  
weight: 90.322
```



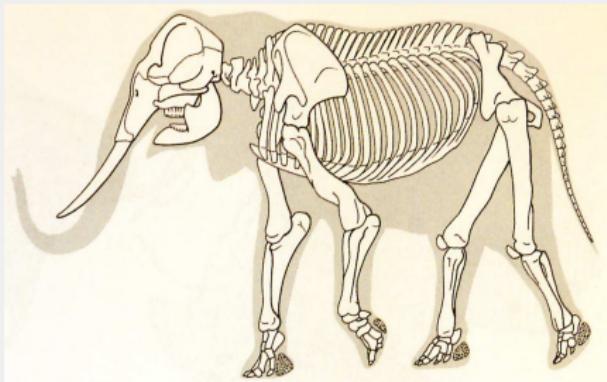
**(a)** Rekonstruktion aus 6 Eigenvektoren



**(b)** Eingabebild [4]

Nicht visualisierte Daten der Rekonstruktion: *Flügel 0,4, Beine mit Bodenkontakt 1,27, Gewicht 90,2kg; Originalwert für das Gewicht: 0,01kg.*

# ELEFANT: VERGLEICH MIT DEM ORIGINALBILD



[4]