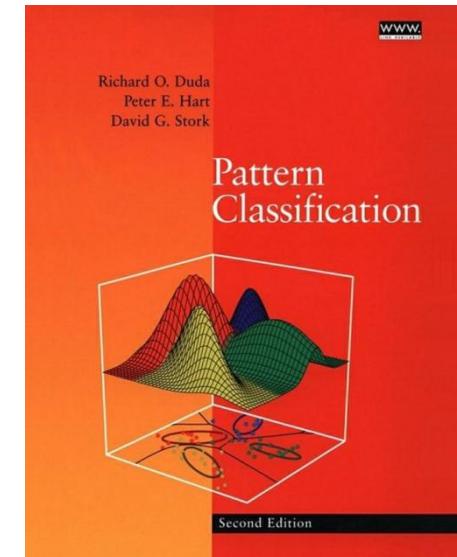


Sensordatenverarbeitung

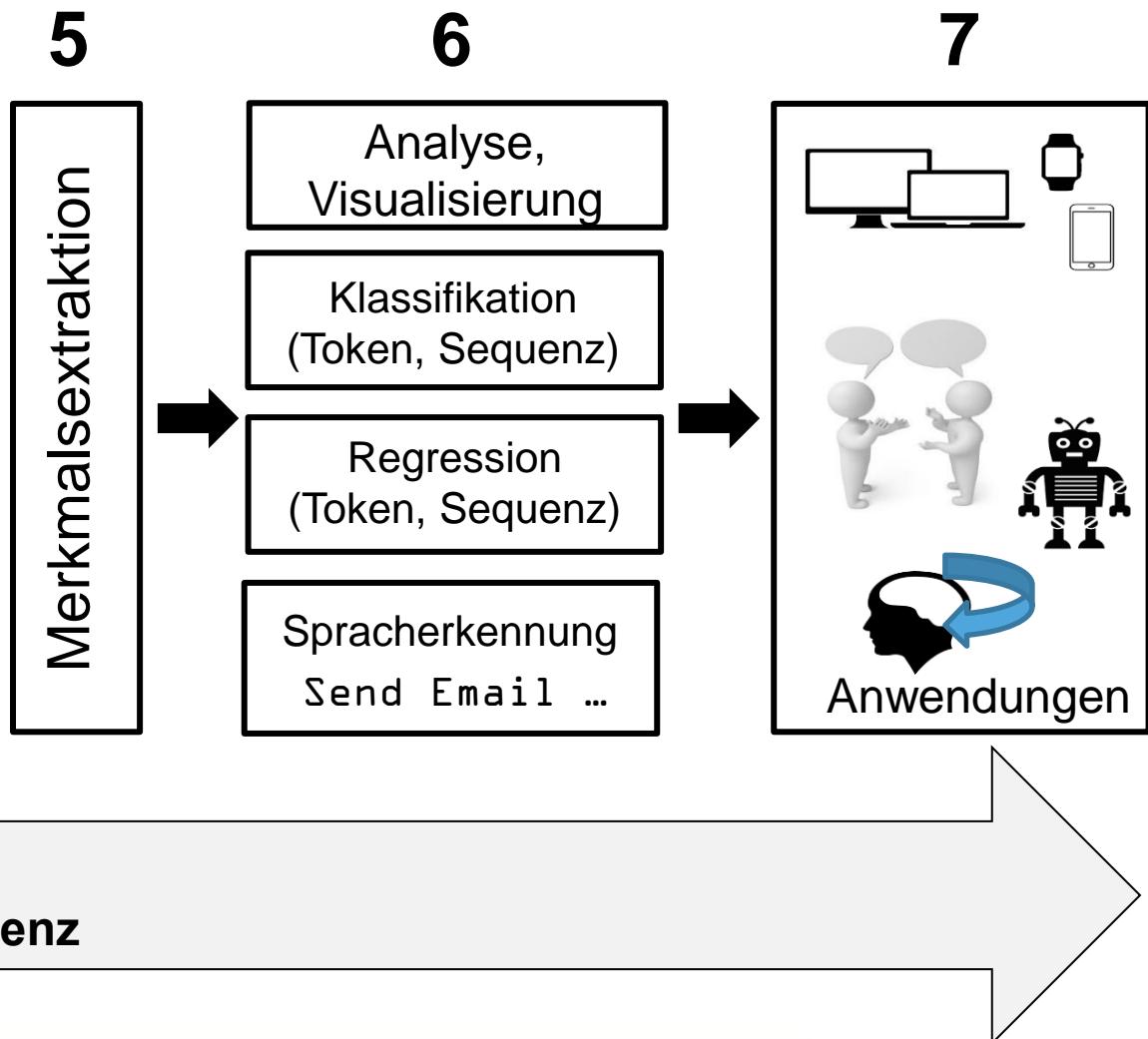
KLASSIFIZIERUNG (11)

06.01.2025



Teila

Nr.	Thema	
1	Einleitung; einführende Beispiele	 
2	Datenaufnahme; Audio-Datenaufnahme	 
3	Bild-Datenaufnahme	 
4	Farbe, Segmentierung, Segmentierungsgetriebene BV	 
5	Audiosignal, 1D Frequenzraum, Fouriertransformation	
6	Koordinatensysteme; Bewegungs-Datenaufnahme	 
7	2D Frequenzraum, 2D Filter	 
8	Kanten, SdV-Paradigmen, direkte Bildmerkmale	 
9	Houghtransformation, Bewegungsmerkmale	 
10	Audiomerkmale	
11	Klassifizierungsalgorithmen	 
12	Entwicklung und Evaluation sensorbasierter Systeme	 
13	Bayes-Schätzung & Bayes-Filter	 



6

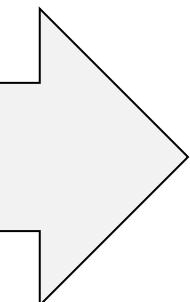
Analyse,
Visualisierung

Klassifikation
(Token, Sequenz)

Regression
(Token, Sequenz)

Spracherkennung
Send Email ...

DIGITALES SIGNAL
Zeit Frequenz

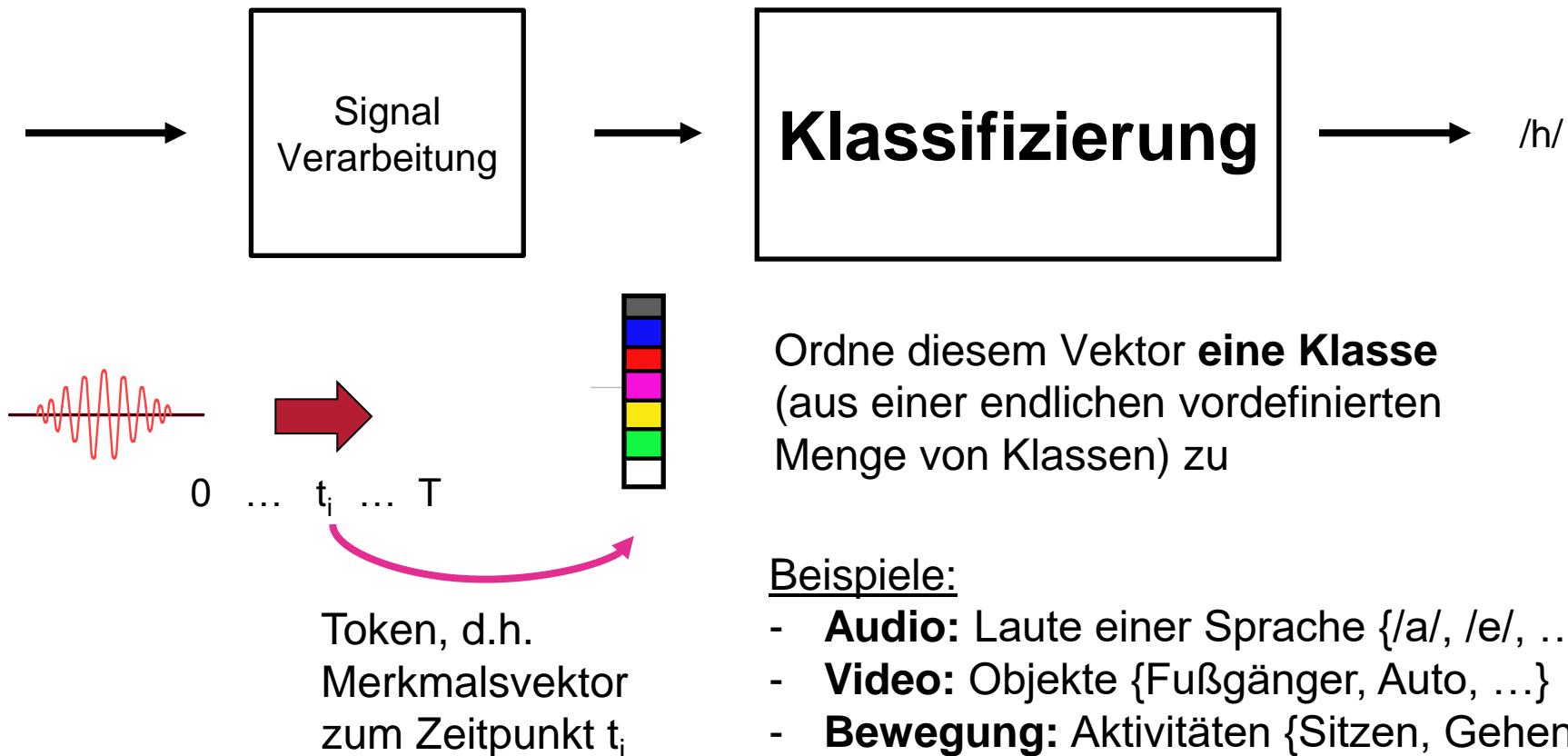


Klassifikation
(Token, Sequenz)

- **Klassifizierung** bezeichnet das Zusammenfassen von Objekten zu Klassen (Gruppen, Mengen, Kategorien)
- Klassifizierung ist also **der Vorgang der Zuordnung von Klassen**
- Das Endprodukt ist die **Klassifikation** der Objekte
- Die Begriffe werden im Sprachgebrauch allerdings uneinheitlich verwendet, bzw. häufig Klassifizierung und Klassifikation gleichbedeutend verwendet
- Man unterscheidet die Klassifizierung von Tokens vs. Sequenzen
 - Bei Token-Klassifikation werden einzelne Merkmalsvektoren einer Klasse zugeordnet
 - Bei Sequenzen-Klassifikation werden Sequenzen von Merkmalsvektoren in ihrem Kontext zugeordnet

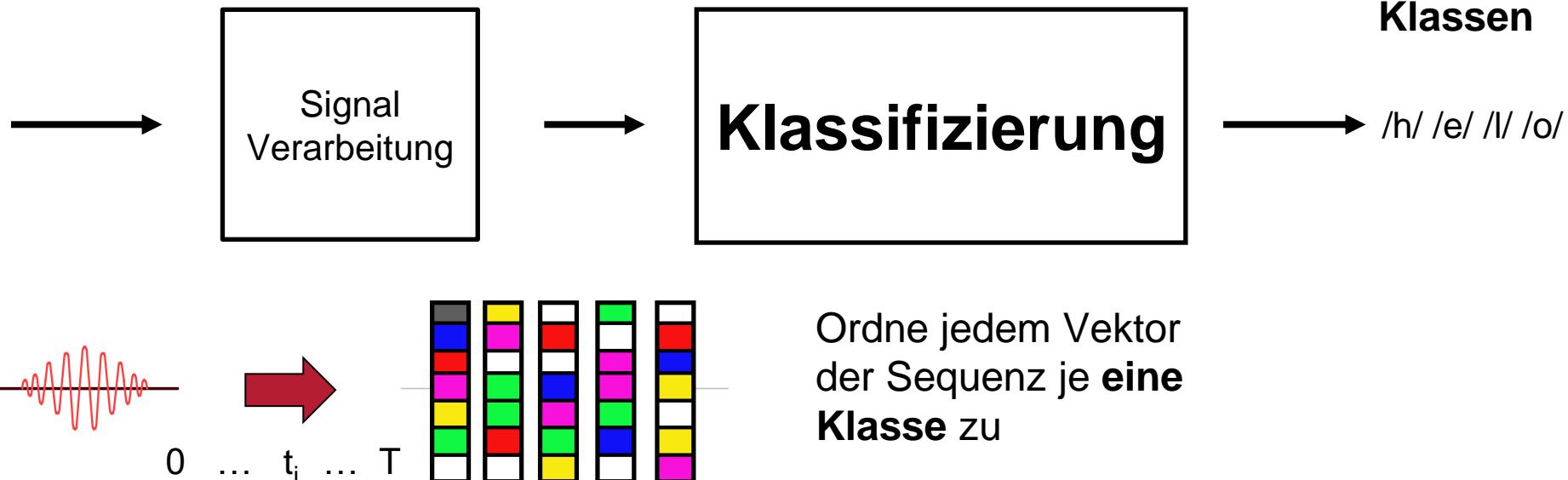
Eingabe
Sprachsignal

Ausgabe
Klasse



Eingabe
Sprachsignal

Ausgabe
Sequenz
von
Klassen



In der Sequenzklassifikation werden Entscheidungen idR im Kontext getroffen, d.h. $p(h|\text{Wortanfang})$, $p(e|h)$, $p(l|h,e)$, $p(o|h,e,l)$...

- Token Klassifizierung klassifiziert individuelle Merkmalsvektoren als Laute
 - ABER: Laute, Gesten, Aktivitäten sind länger als EIN Merkmalsvektor
 - Laute variieren in Abhängigkeit der Nachbarlaute (Koartikulation)
- Außerdem:
- Sollen in der Spracherkennung ganze Sätze oder Wörter erkannt werden
 - Man könnte die einzelnen Laute zu Wörtern zusammenbauen
 - ABER nicht alle Lautsequenzen ergeben Wörter
- Wissen über Lautsequenzen einbauen, die Wörtern entsprechen
- Variationsmöglichkeiten einzelner Laute zulassen
- Klassischer Ansatz zur Lösung dieser Probleme sind **Hidden-Markov-Modelle (HMM)**
- Können wir in dieser Vorlesung aus Zeitgründen leider nicht besprechen
 - Automatische Spracherkennung (jedes WS, Masterkurs)
 - Biosignale und Benutzerschnittstellen (jedes SS, Bachelorkurs)

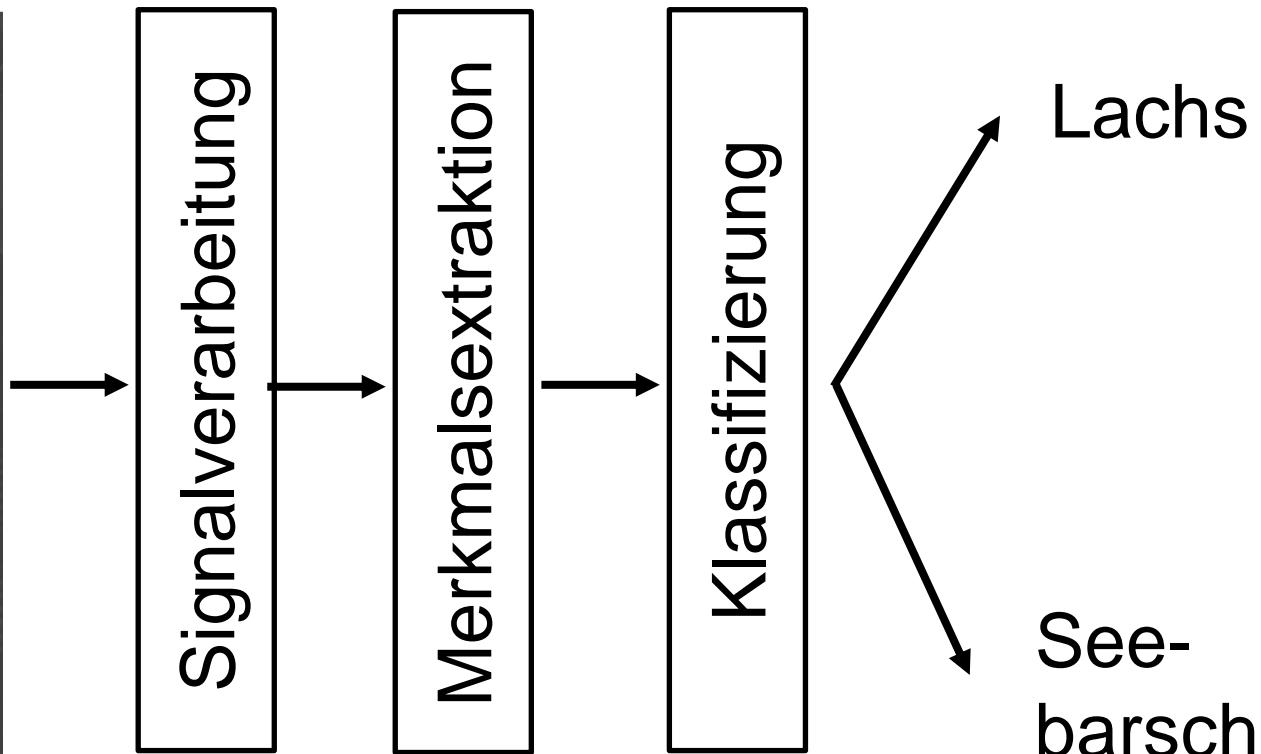


- Zur Klassifizierung benötigt man eine Instanz (hier Box), die die Merkmalsvektoren in Klassen einordnet

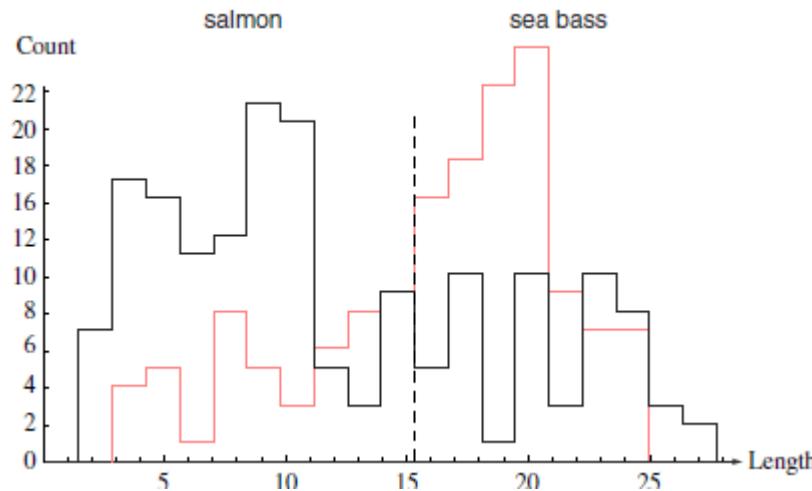
Klassifizierung

- Diese Instanz nennt man einen **Klassifikator**
- In der Informatik, insbesondere der Mustererkennung ist dieser Klassifikator meist ein **Algorithmus** oder eine **mathematische Funktion** (im Unterschied zu mechanischen Klassifikatoren, die bspw. Münzen oder Schrauben nach Größe sortieren)
- Meist wird nicht zwischen Verfahren und Instanz unterschieden, daher werden die Begriffe **Klassifikator** und Klassifikations- / **Klassifizierungsverfahren** gleichbedeutend verwendet.

- Beispiel: Eine Fischfabrik will gefangene Fische **automatisch zu einer von zwei Klassen zuordnen**:
Lachs (salmon) oder Seebarsch (sea bass)

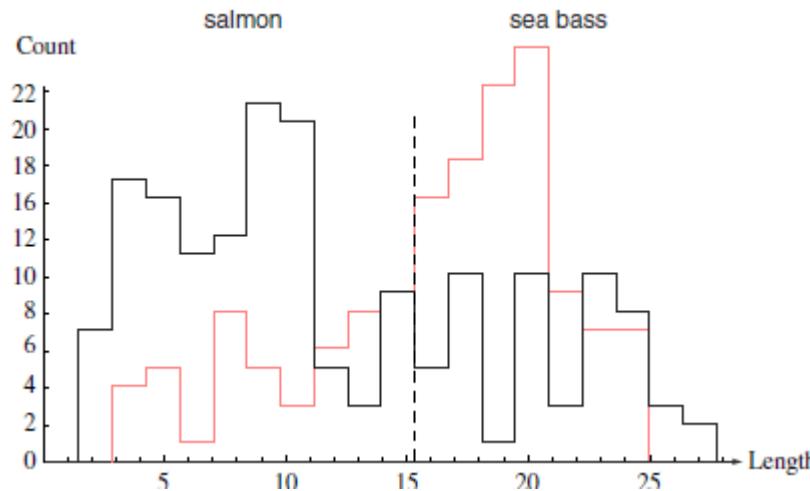


- Die Vorverarbeitung erzeugt **Merkmale**, z.B. die **Länge** eines Fisches
- Betrachte Häufigkeiten des Merkmals „Länge“ über alle Daten (Fische)
- Darstellung der Häufigkeiten von Merkmalen nennt man **Histogramm**
- Finde eine **Entscheidungsgrenze** im Histogramm (siehe Abbildung):
 - Grenze (gestrichelte Linie): Ab Länge 15 cm ist es ein Seebarsch



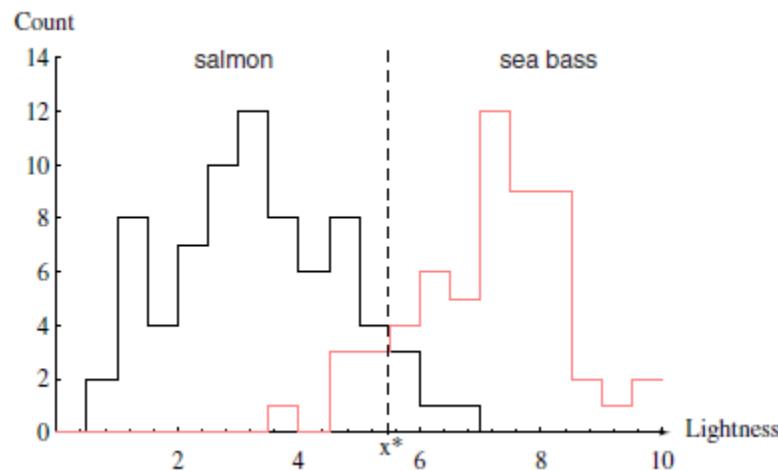
- **Frage an alle: seht ihr ein Problem? Welches??**

- Die Vorverarbeitung erzeugt **Merkmale**, z.B. die **Länge** eines Fisches
- Betrachte Häufigkeiten des Merkmals „Länge“ über alle Daten (Fische)
- Darstellung der Häufigkeiten von Merkmalen nennt man **Histogramm**
- Finde eine **Entscheidungsgrenze** im Histogramm (siehe Abbildung):
 - Grenze (gestrichelte Linie): Ab Länge 15 cm ist es ein Seebarsch

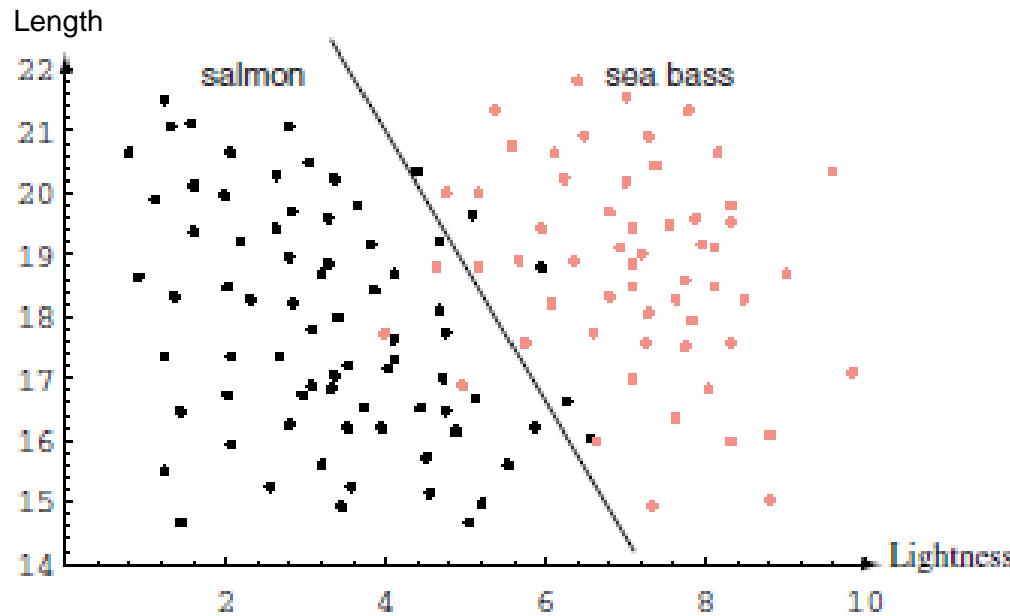


- **Histogramme überlappen sich**
⇒ **Seebarsche <15cm und Lachse >15cm werden falsch zugeordnet**

- Um die Zuordnung zu verbessern, verwende ein alternatives Merkmal
 - Helligkeit der Haut: **Lightness**
- Weniger Überlappungen der Histogramme, aber immer noch einige Fehler



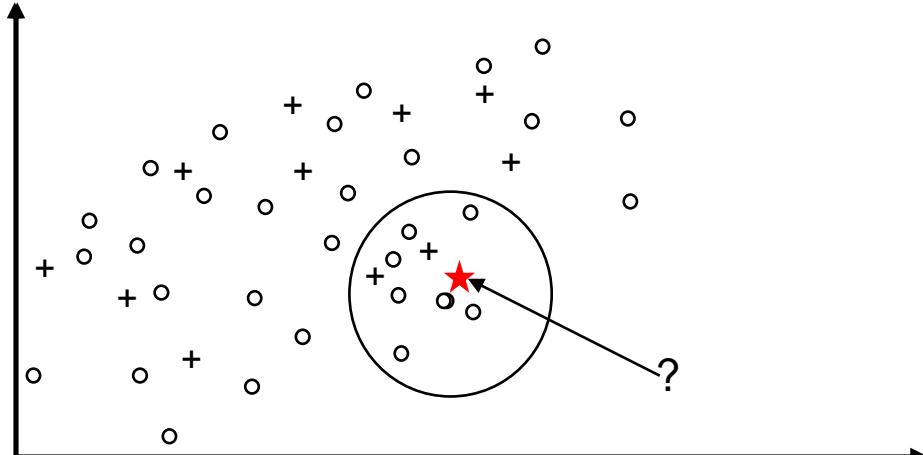
- Betrachte den **zweidimensionalen Merkmalsraum**, der durch beide Merkmale **Länge** und **Helligkeit** aufgespannt wird
- Aus einer Entscheidungsgrenze wird eine Entscheidungsgerade
- Jetzt gibt es deutlich weniger Fehler in der Zuordnung der Fische



- Aber wie findet man die Entscheidungsgrenze?

Statt einer Entscheidungsgrenze (die bestimmt werden muss), entscheidet man entsprechend der Nachbarschaft des zu klassifizierende Fischs Klassifizierungsalgorithmus:

- Betrachte die k nächsten Nachbarn des zu klassifizierenden Fischs (★)
- Bestimme die häufigste Klasse unter diesen k Nachbarn
- Weise den Fisch★ dieser häufigsten Klasse zu
- Beispiel: $k=9$, 7x Lachs (Kreis), 2x Seebarsch (Kreuz)
=> Fisch ★ wird als Lachs klassifiziert
- Dieser Algorithmus heisst **k-Nearest-Neighbor = kNN**
- **Probleme, Herausforderungen?**

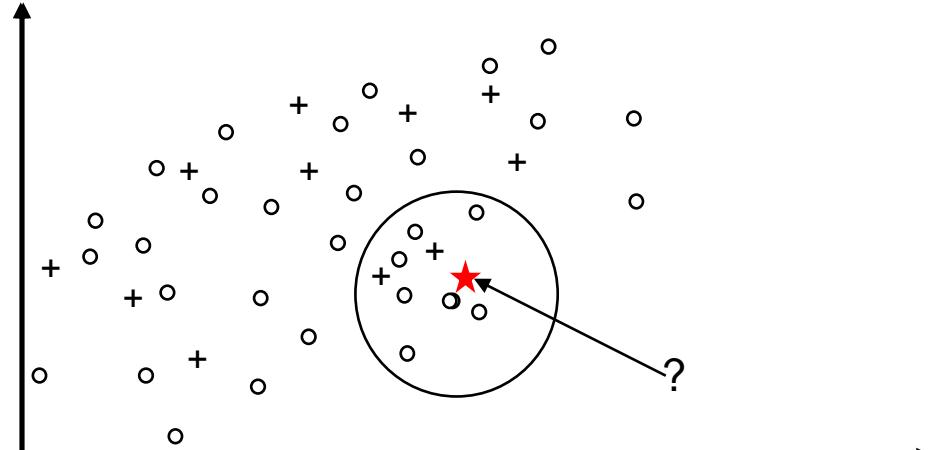


Statt einer Entscheidungsgraden (die bestimmt werden muss), entscheidet man entsprechend der Nachbarschaft des zu klassifizierende Fischs

Klassifizierungsalgorithmus:

- Betrachte die k nächsten Nachbarn des zu klassifizierenden Fischs (★)
- Bestimme die häufigste Klasse unter diesen k Nachbarn
- Weise den Fisch★ dieser Klasse zu
- Beispiel: $k=9$, 7x Lachs (Kreis), 2x Seebarsch (Kreuz)
=> Fisch ★ wird als Lachs klassifiziert
- Dieser Algorithmus heisst
k-Nearest-Neighbor = kNN

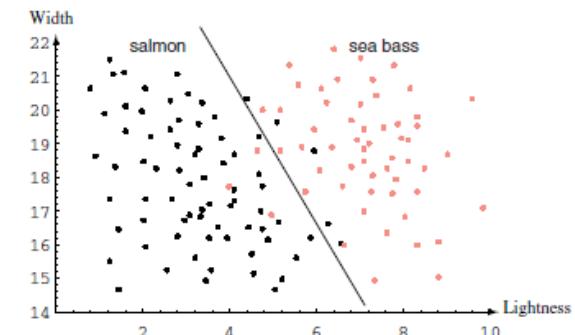
- **Probleme, Herausforderungen?**
- **Wahl von k**
- **Es müssen möglichst viele
annotierte Daten (hier Kreise, Kreuze) vorgehalten werden**



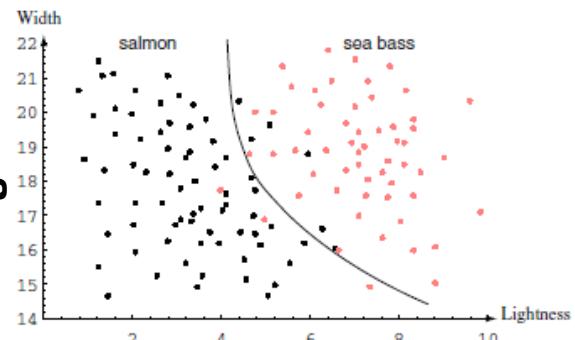
Lösung 3 – Entscheidungsgrenze

- Bei Lösung 3 könnte man die Entscheidungsgrenze (y=ax+b, also 2 Parameter) lernen
 - Dann müsste man keine Daten mehr vorhalten (kNN), sondern hätte **ein Modell** bzw. **eine Funktion** (hier Gerade)
- Allerdings: beste Entscheidungsgrenze muss nicht unbedingt eine Gerade sein
 - Lineare vs. Nicht-lineare Grenzen**
- Bestimmen guter Entscheidungsgrenzen ist **das zentrale Thema** beim Klassifizieren
 - Trainieren eines Klassifikators
 - = Lernen der Entscheidungsgrenze(n) aus Trainingsdaten
- Herausforderung: optimale Grenzen, d.h. gute Generalisierung (passende # Parameter)
 - Nicht Überspezialisieren (**over-fitting**)
 - Keine dominanten Trends übersehen (**under-fitting**)

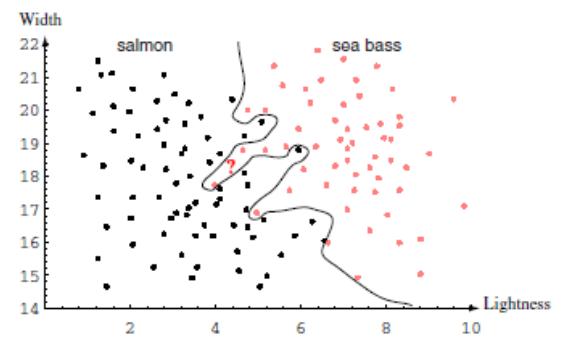
lineare Grenze



nicht-lineare Ent.sgrenze



Over-fitted



Mustererkennung

- = Klassifizierungsverfahren
- = Entwicklung von Klassifikatoren
- = Lernen von Entscheidungsgrenzen

Moderner Begriff für Probleme der Mustererkennung: **Machine Learning (ML)**

