



# Künstliche Intelligenz – Entscheidungsbaum



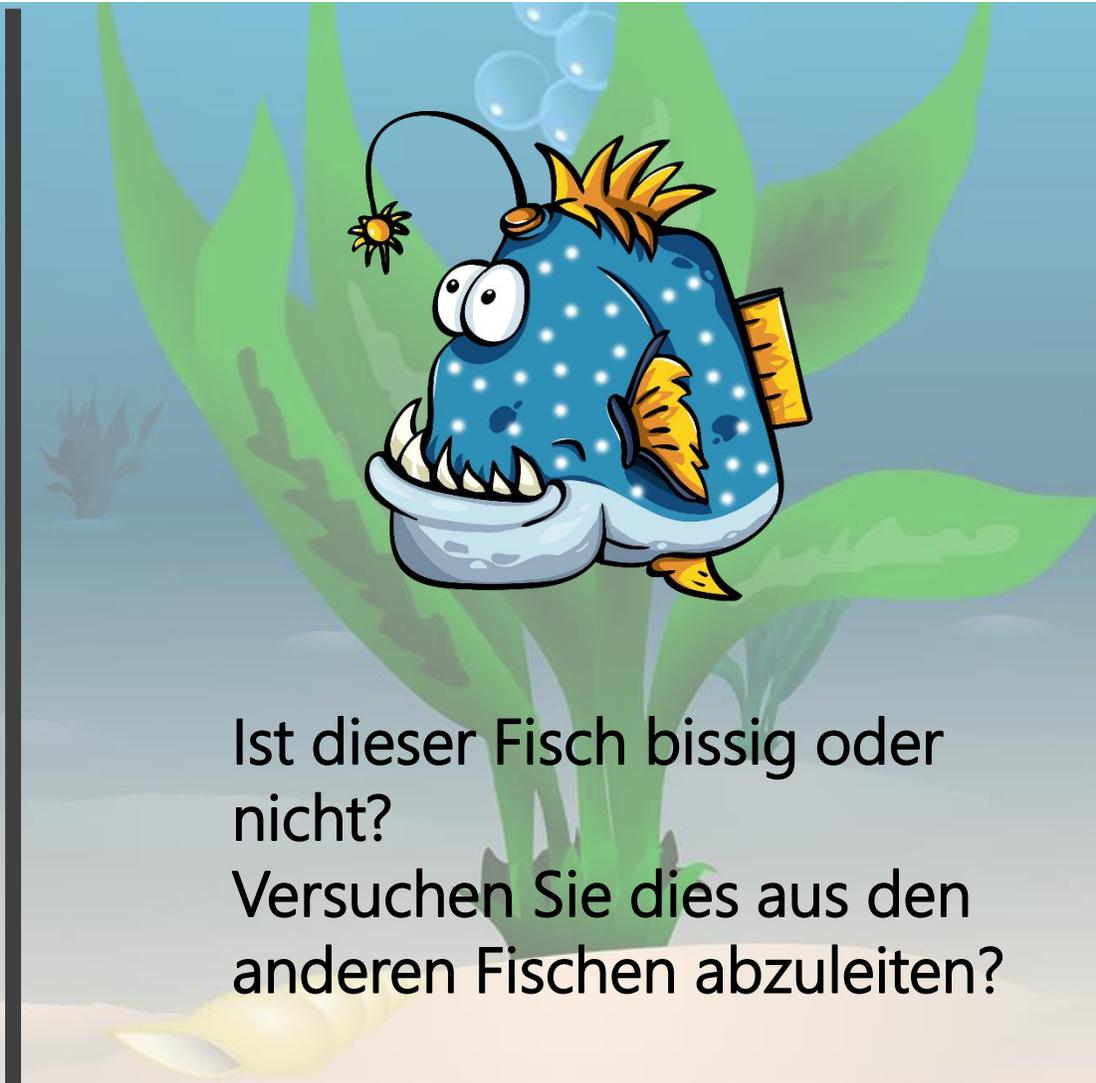
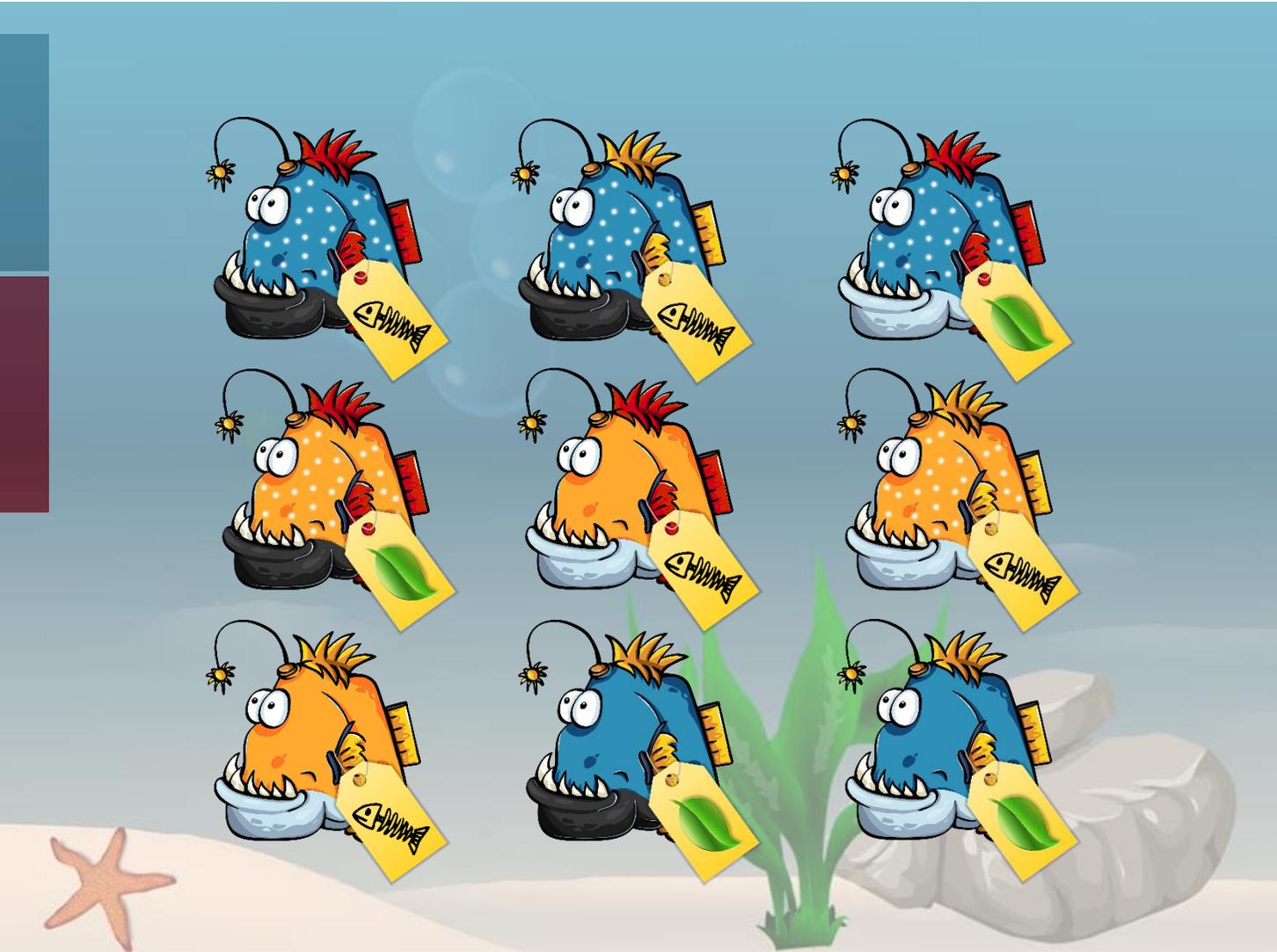
# Fische – friedlich oder feindselig?



# Fische – friedlich oder feindselig?



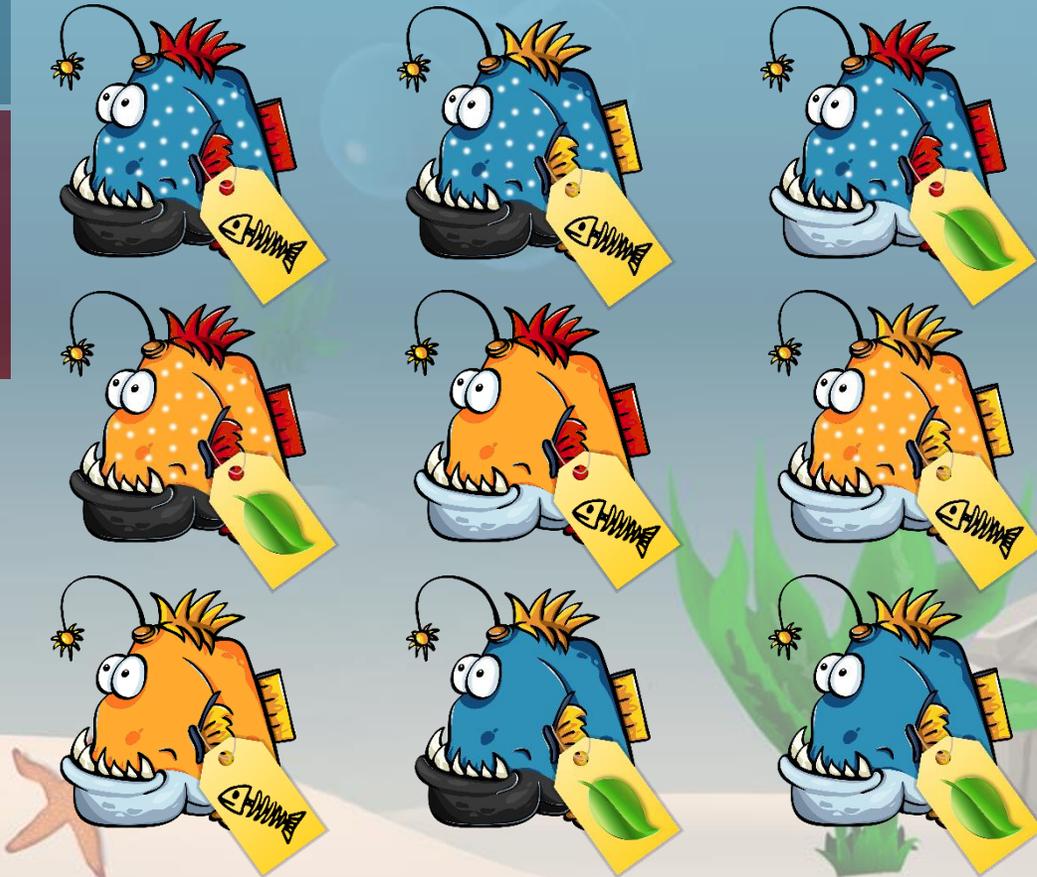
# Wie würdet ihr euch entscheiden?



Ist dieser Fisch bissig oder nicht?  
Versuchen Sie dies aus den anderen Fischen abzuleiten?

# Entscheidungsbaum aus Trainingsdaten

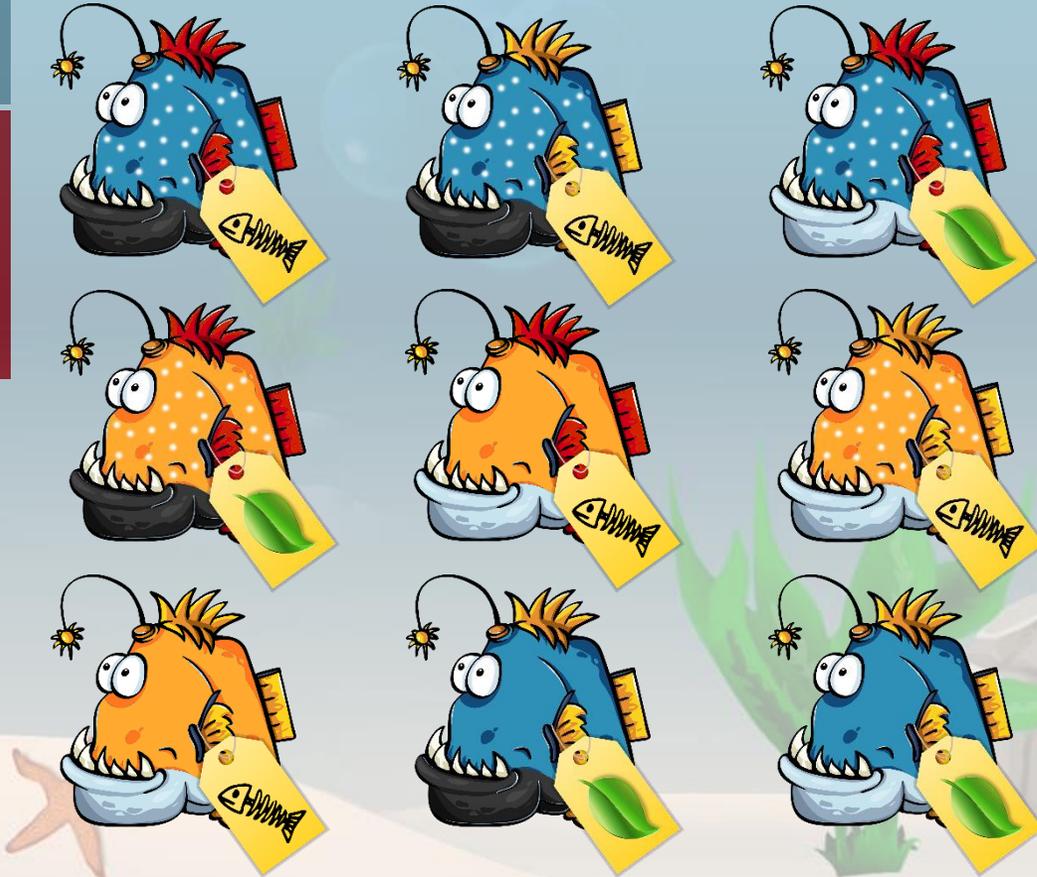
Trainingsdaten



- Aus den Trainingsdaten soll nun automatisiert ein Entscheidungsbaum aufgebaut werden
- Aber wie? Nach welchem Attribut unterscheidet man zuerst?

# Entscheidungsbaumalgorithmus im Detail

Trainingsdaten



Muster

Flossenfarbe

Bauchfarbe

Schuppenfarbe

# Tabellarische Notation: Alles auf einen Blick

## Trainingsdaten



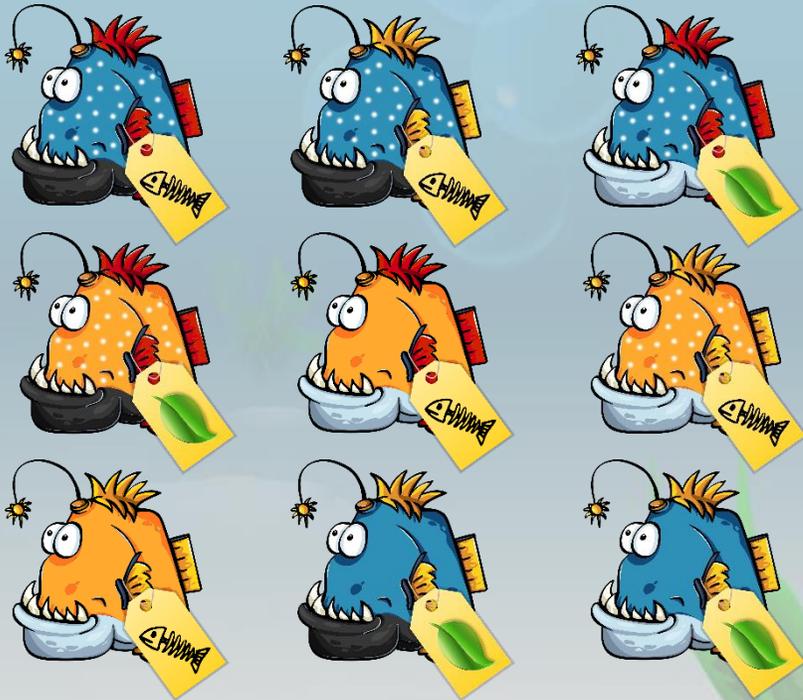
## Muster



Muster			
Fehler vor Aufteilen der Datenmenge:			4 Fehler
Attributwert / Label	<i>Friedlich</i>	<i>Feindselig</i>	Fehler
<i>Ohne</i>	2	2	2 Fehler
<i>Punkte</i>	2	3	2 Fehler
Gesamt:			<b>4 Fehler</b>
Informationsgewinn:		<b>4 Fehler – 4 Fehler = 0 Fehler</b>	

# Aufteilen nach Attribut „Flossenfarbe“

Trainingsdaten



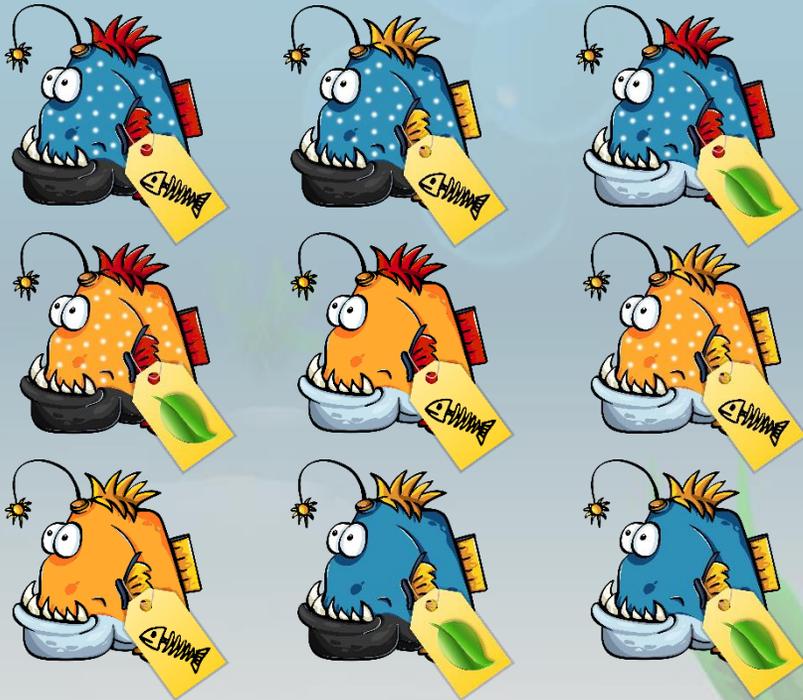
Flossenfarbe



Flossenfarbe			
Fehler vor Aufteilen der Datenmenge:			4 Fehler
Attributwert / Label	<i>Friedlich</i>	<i>Feindselig</i>	Fehler
<i>Gelb</i>	2	3	2 Fehler
<i>Rot</i>	2	2	2 Fehler
Gesamt:			<b>4 Fehler</b>
Informationsgewinn:		<b>4 Fehler – 4 Fehler = 0 Fehler</b>	

# Aufteilen nach Attribut „Bauchfarbe“

Trainingsdaten



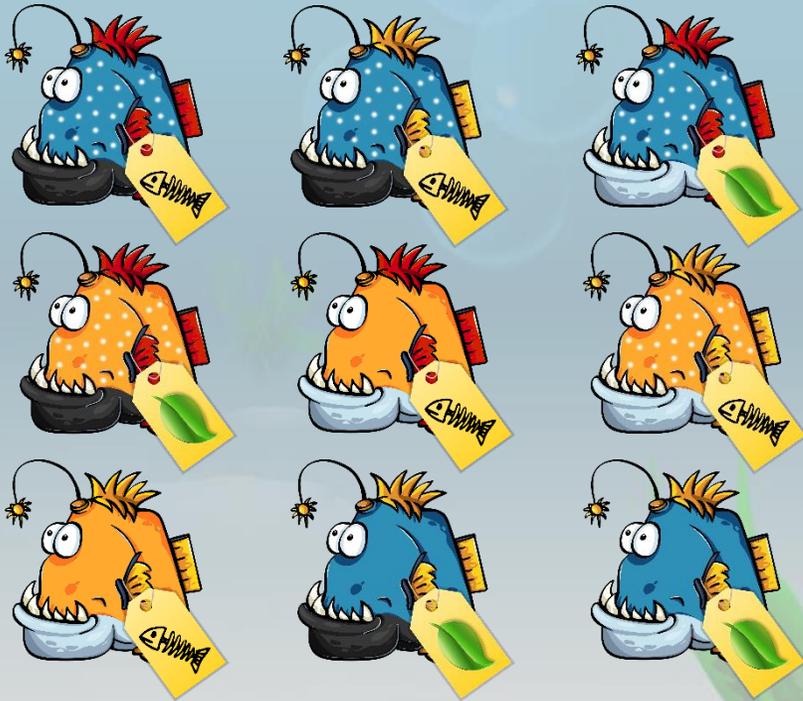
Bauchfarbe



Bauchfarbe			
Fehler vor Aufteilen der Datenmenge:			4 Fehler
Attributwert / Label	<i>Friedlich</i>	<i>Feindselig</i>	Fehler
<i>Weiß</i>	2	3	2 Fehler
<i>Schwarz</i>	2	2	2 Fehler
Gesamt:			<b>4 Fehler</b>
Informationsgewinn:		<b>4 Fehler – 4 Fehler = 0 Fehler</b>	

# Aufteilen nach Attribut „Schuppenfarbe“

Trainingsdaten

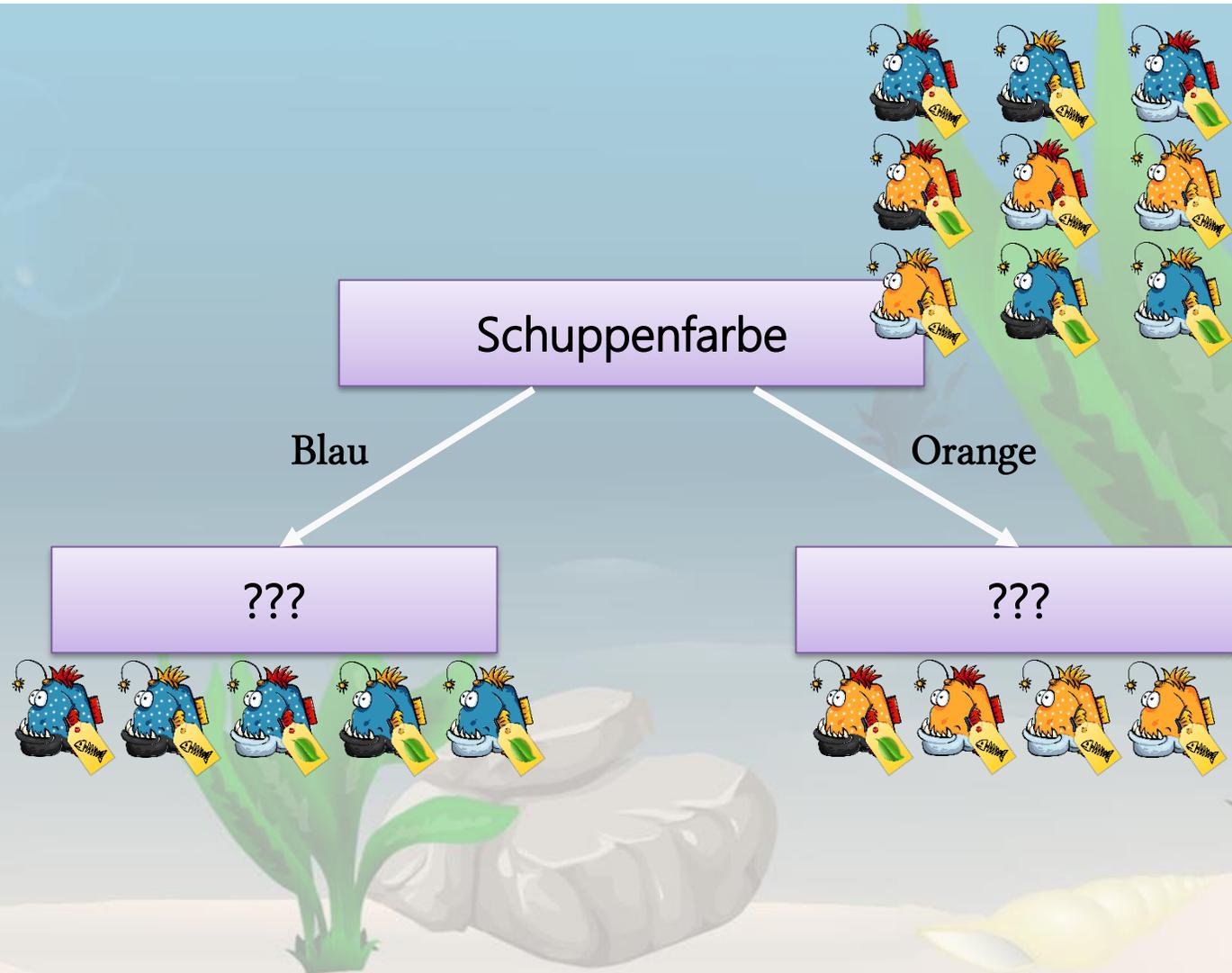


Schuppenfarbe

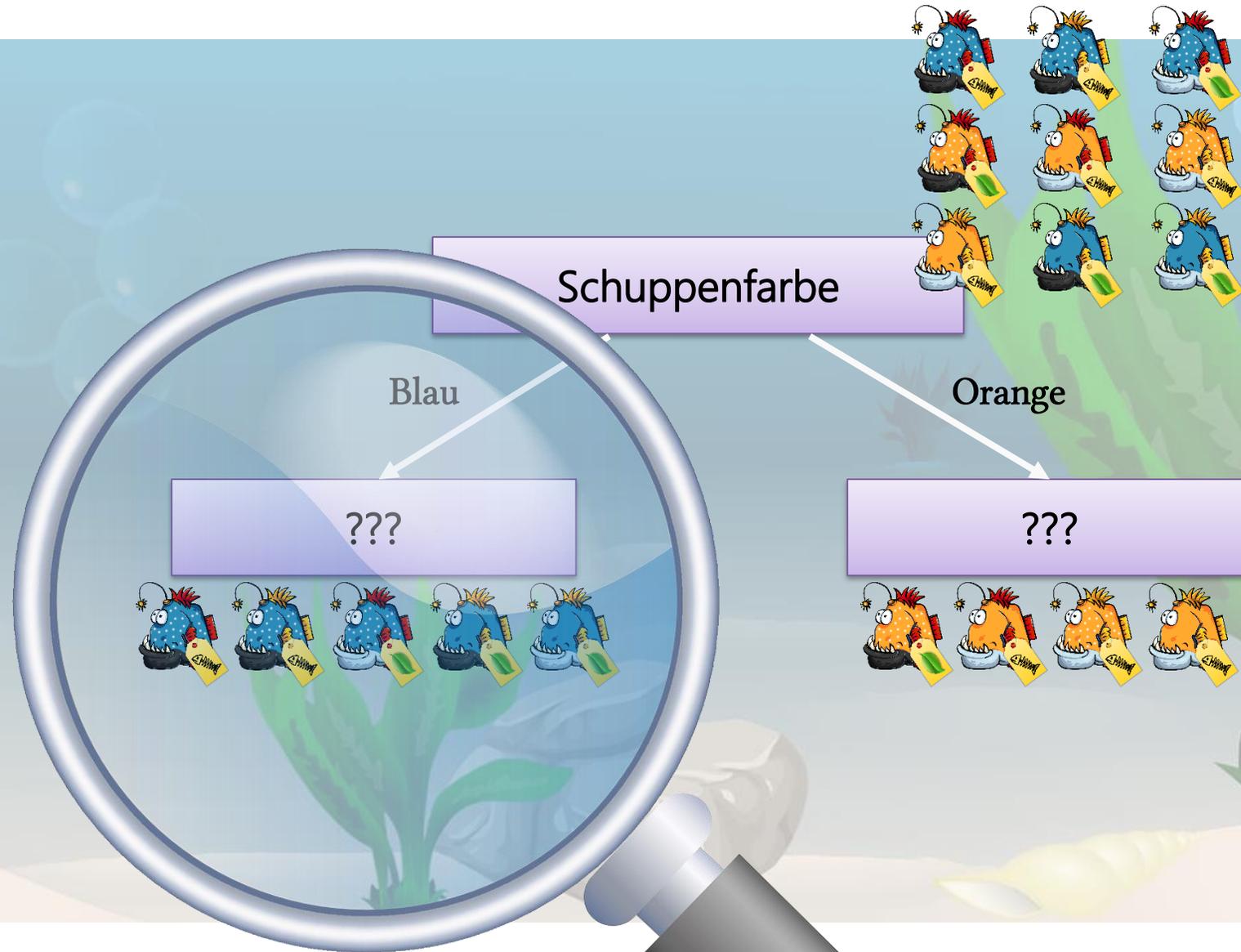


Schuppenfarbe			
Fehler vor Aufteilen der Datenmenge:			4 Fehler
Attributwert / Label	<i>Friedlich</i>	<i>Feindselig</i>	Fehler
<i>Blau</i>	3	2	2 Fehler
<i>Orange</i>	1	3	1 Fehler
Gesamt:			<b>3 Fehler</b>
Informationsgewinn:		<b>4 Fehler – 3 Fehler = 1 Fehler</b>	

# „Wichtigstes Attribut“: Schuppenfarbe



# „Wichtigstes Attribut“: Schuppenfarbe



# Suche nach dem nächsten „wichtigsten“ Attribut

Teilmenge der Trainingsdaten



Muster



Muster			
Fehler vor Aufteilen der Datenmenge:			2 Fehler
Attributwert / Label	<i>Friedlich</i>	<i>Feindselig</i>	Fehler
<i>Ohne</i>	2	0	0 Fehler
<i>Punkte</i>	1	2	Fehler
Gesamt:			1 Fehler
Informationsgewinn:		2 Fehler – 1 Fehler = 1 Fehler	

# Suche nach dem nächsten „wichtigsten“ Attribut

Teilmenge der Trainingsdaten



Flossenfarbe



Flossenfarbe			
Fehler vor Aufteilen der Datenmenge:			2 Fehler
Attributwert / Label	<i>Friedlich</i>	<i>Feindselig</i>	Fehler
<i>Gelb</i>	2	1	1 Fehler
<i>Rot</i>	1	1	1 Fehler
Gesamt:			2 Fehler
Informationsgewinn:		2 Fehler – 2 Fehler = 0 Fehler	

# Suche nach dem nächsten „wichtigsten“ Attribut

Teilmenge der Trainingsdaten

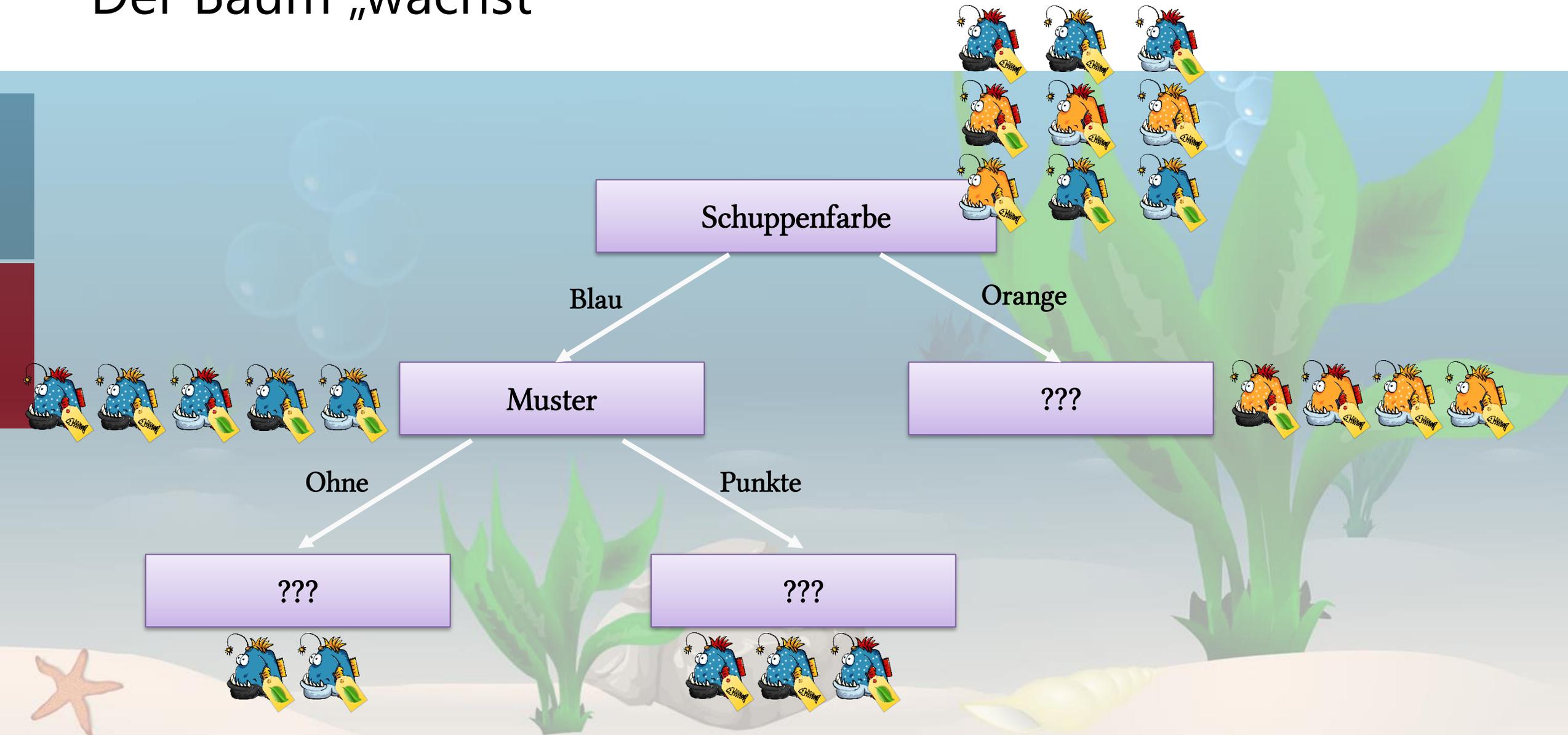


Bauchfarbe



Bauchfarbe			
Fehler vor Aufteilen der Datenmenge:			2 Fehler
Attributwert / Label	<i>Friedlich</i>	<i>Feindselig</i>	Fehler
<i>Weiß</i>	2	0	0 Fehler
<i>Schwarz</i>	1	2	1 Fehler
Gesamt:			<b>1 Fehler</b>
Informationsgewinn:		<b>2 Fehler – 1 Fehler = 1 Fehler</b>	

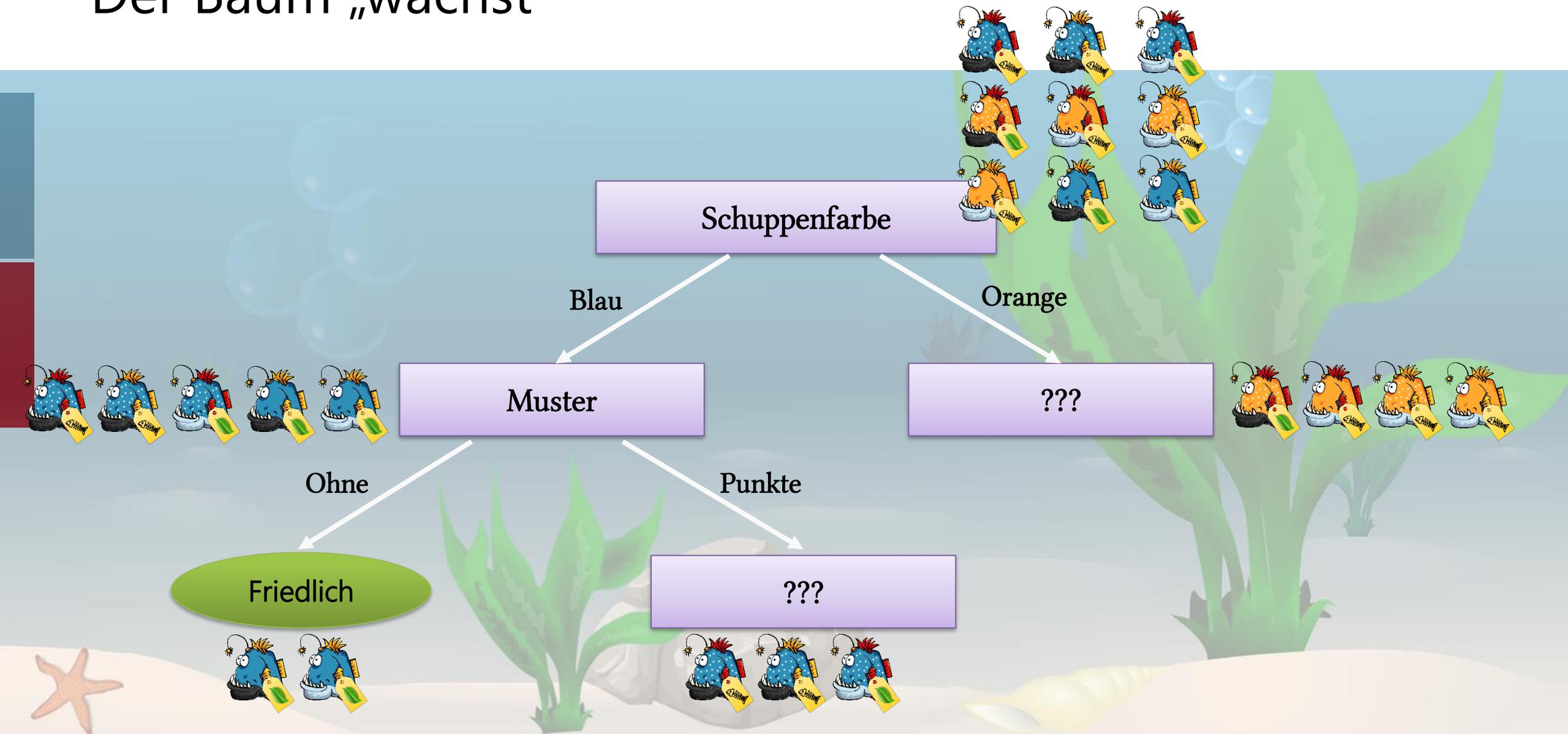
# Der Baum „wächst“



# Der Baum „wächst“



# Der Baum „wächst“



# Der Baum „wächst“



# Suche nach dem nächsten „wichtigsten“ Attribut

Teilmenge der Trainingsdaten



Bauchfarbe



Bauchfarbe			
Fehler vor Aufteilen der Datenmenge:			1 Fehler
Attributwert / Label	<i>Friedlich</i>	<i>Feindselig</i>	Fehler
<i>Weiß</i>	1	0	0 Fehler
<i>Schwarz</i>	0	2	0 Fehler
Gesamt:			0 Fehler
Informationsgewinn:		1 Fehler – 0 Fehler = 1 Fehler	

# Suche nach dem nächsten „wichtigsten“ Attribut

Teilmenge der Trainingsdaten



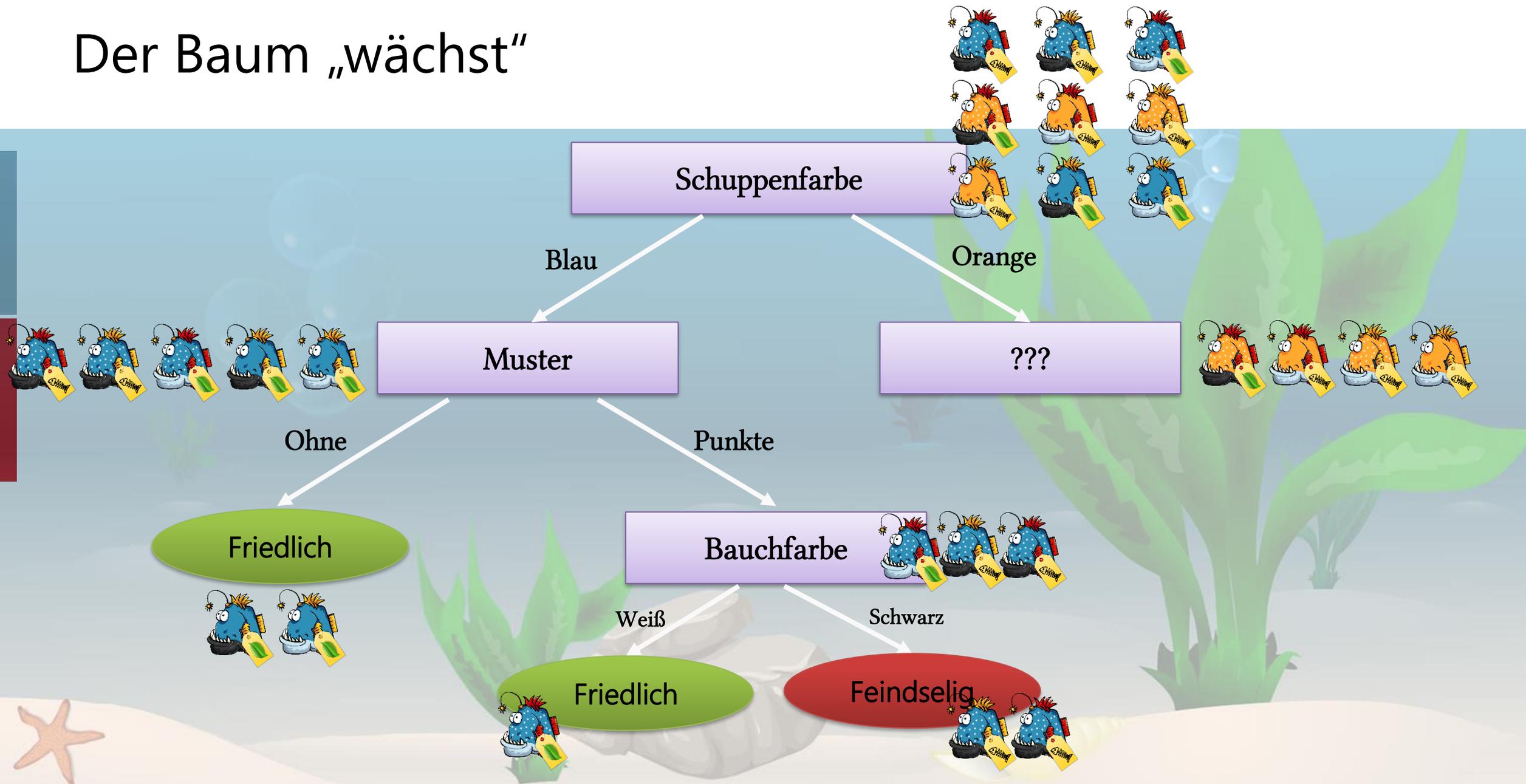
Flossenfarbe



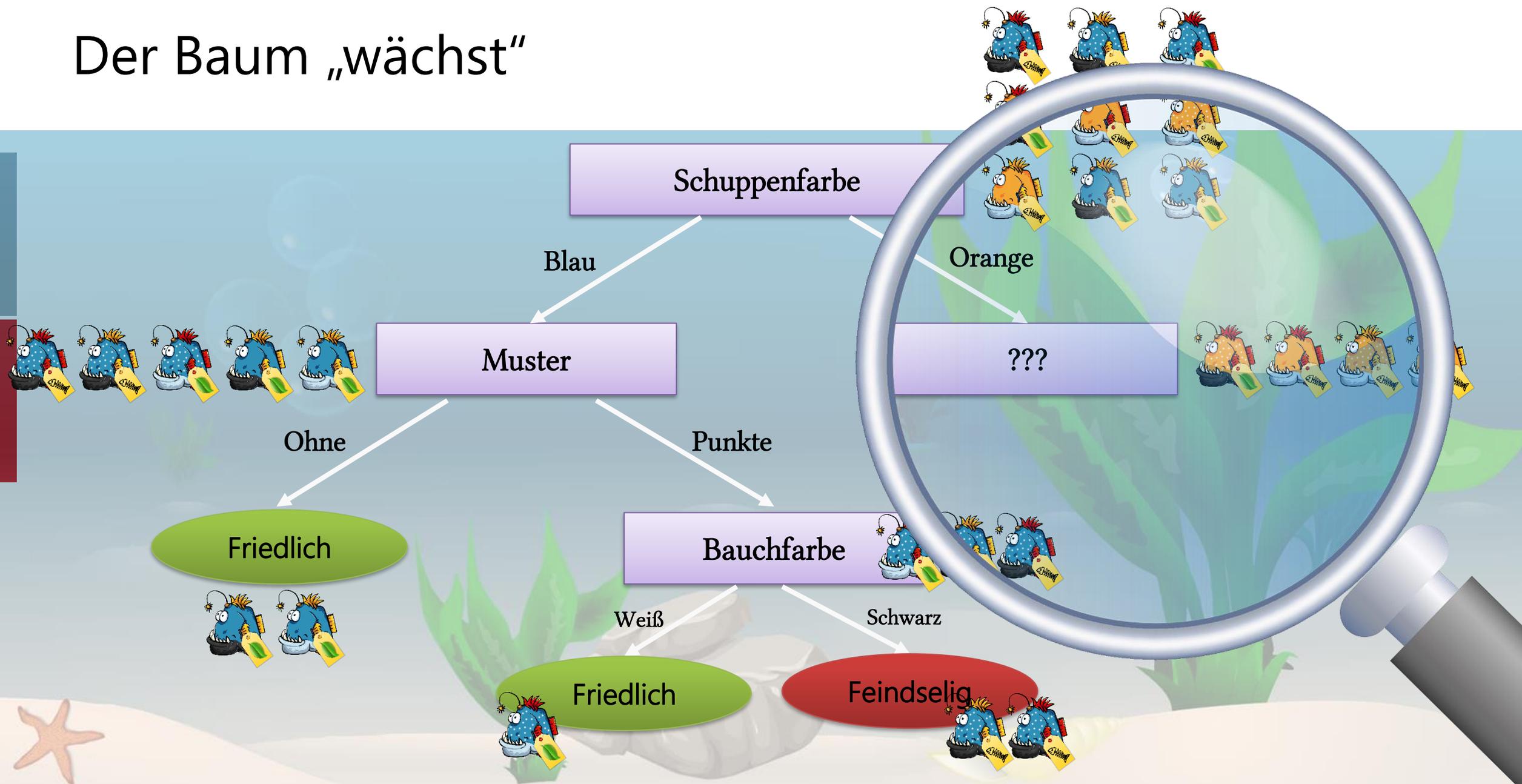
Bauchfarbe

Bauchfarbe			
Fehler vor Aufteilen der Datenmenge:			1 Fehler
Attributwert / Label	<i>Friedlich</i>	<i>Feindselig</i>	Fehler
<i>Gelb</i>	0	1	0 Fehler
<i>Rot</i>	1	1	1 Fehler
Gesamt:			1 Fehler
Informationsgewinn:		1 Fehler – 1 Fehler = 0 Fehler	

# Der Baum „wächst“

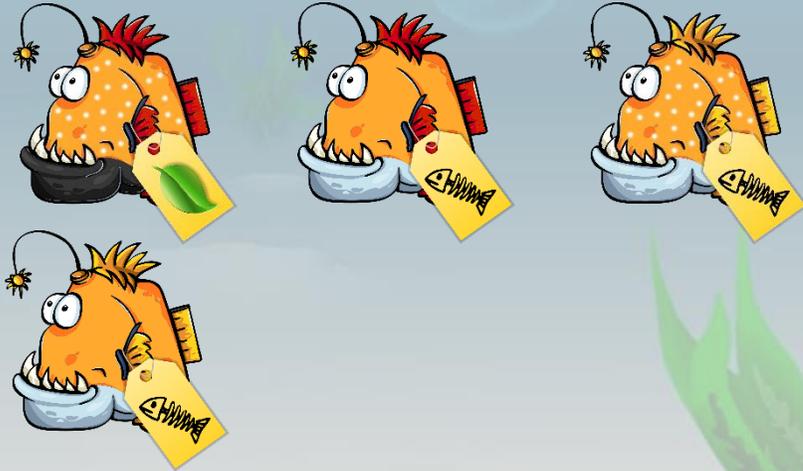


# Der Baum „wächst“



# Suche nach dem nächsten wichtigsten „Attribut“

Trainingsdaten



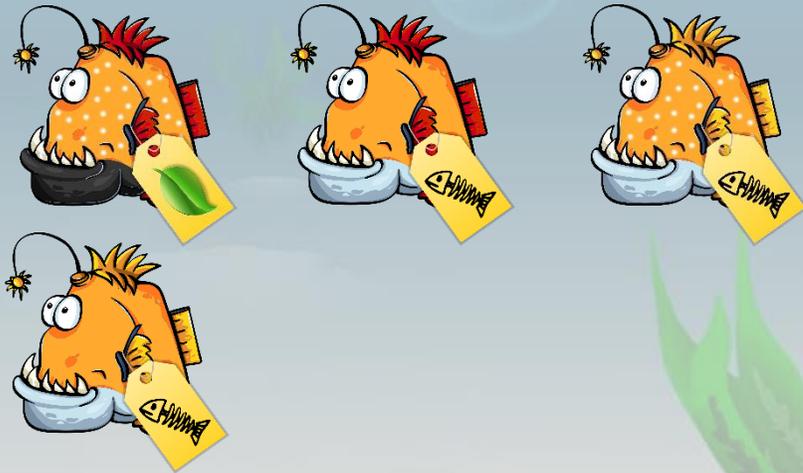
Muster



Muster			
Fehler vor Aufteilen der Datenmenge:			1 Fehler
Attributwert / Label	<i>Friedlich</i>	<i>Feindselig</i>	Fehler
<i>Ohne</i>	0	2	0 Fehler
<i>Punkte</i>	1	1	1 Fehler
Gesamt:			<b>1 Fehler</b>
Informationsgewinn:		<b>1 Fehler – 1 Fehler = 0 Fehler</b>	

# Suche nach dem nächsten wichtigsten „Attribut“

Trainingsdaten



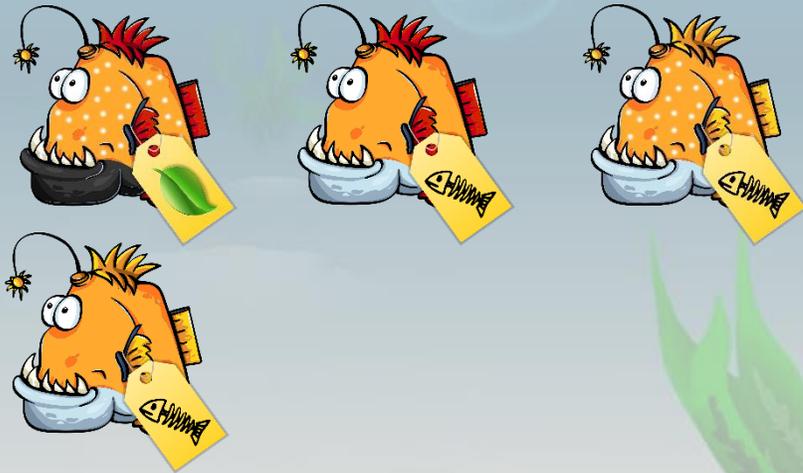
Bauchfarbe



Muster			
Fehler vor Aufteilen der Datenmenge:			1 Fehler
Attributwert / Label	<i>Friedlich</i>	<i>Feindselig</i>	Fehler
<i>Weiß</i>	0	3	0 Fehler
<i>Schwarz</i>	1	0	0 Fehler
Gesamt:			<b>1 Fehler</b>
Informationsgewinn:		<b>1 Fehler – 0 Fehler = 1 Fehler</b>	

# Suche nach dem nächsten wichtigsten „Attribut“

Trainingsdaten

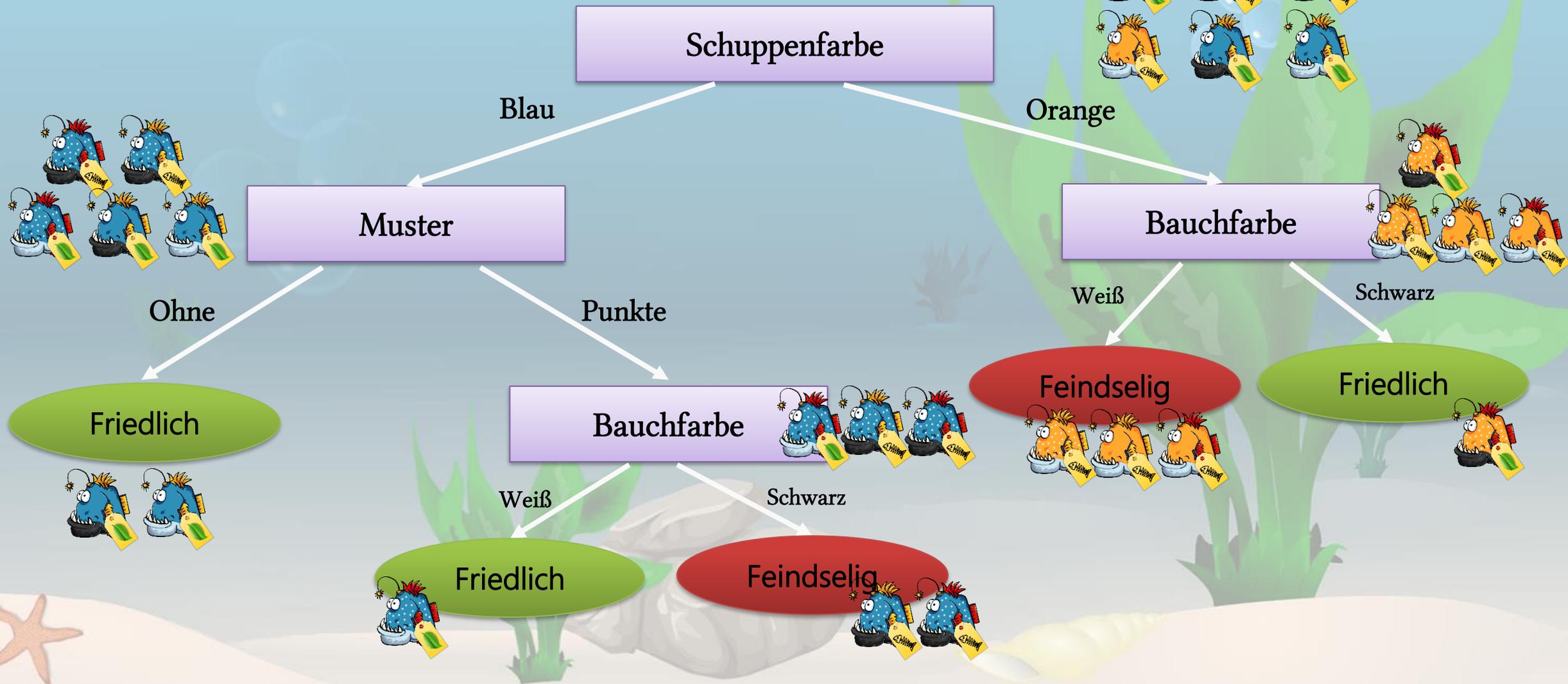


Flossenfarbe

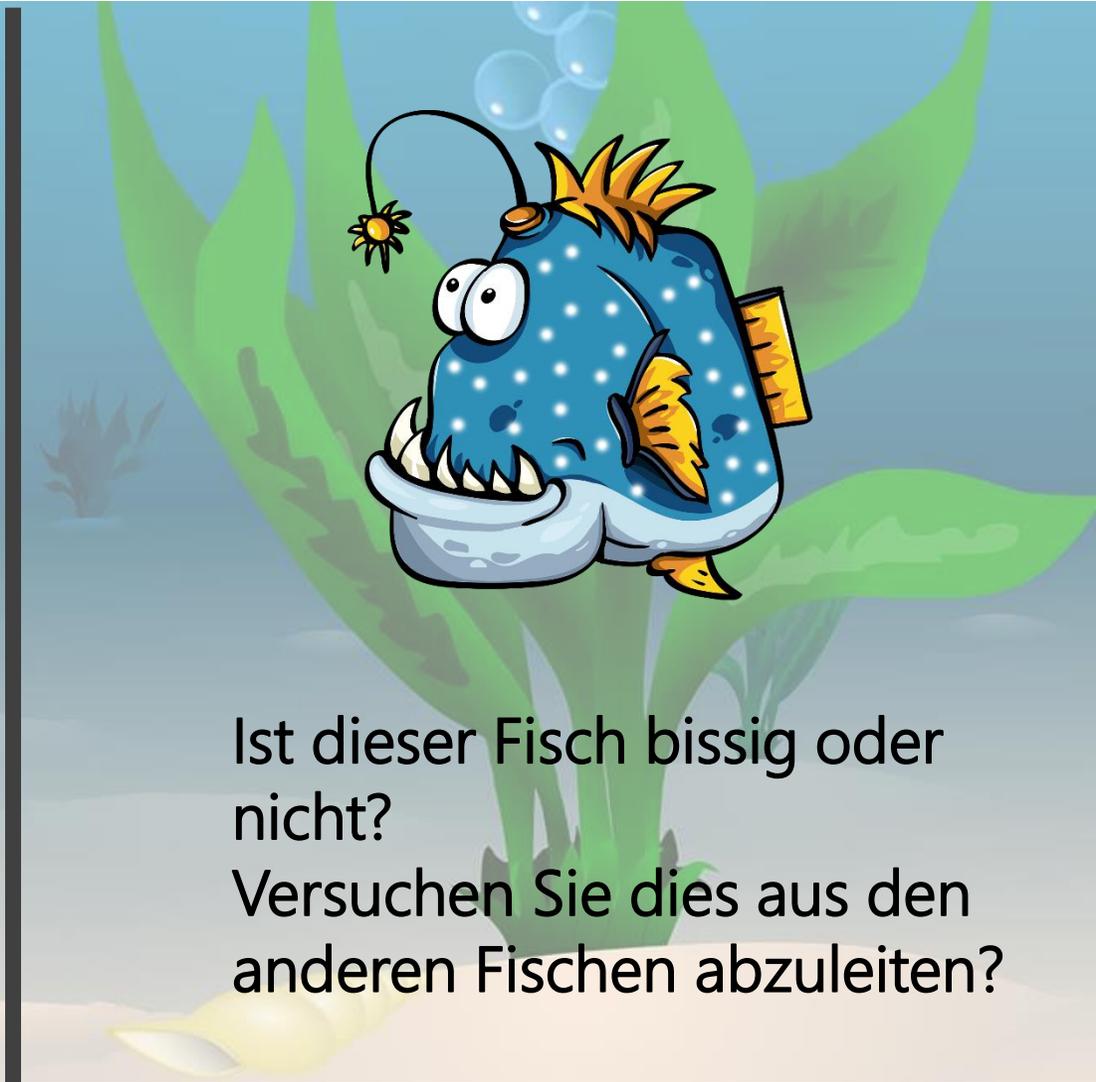
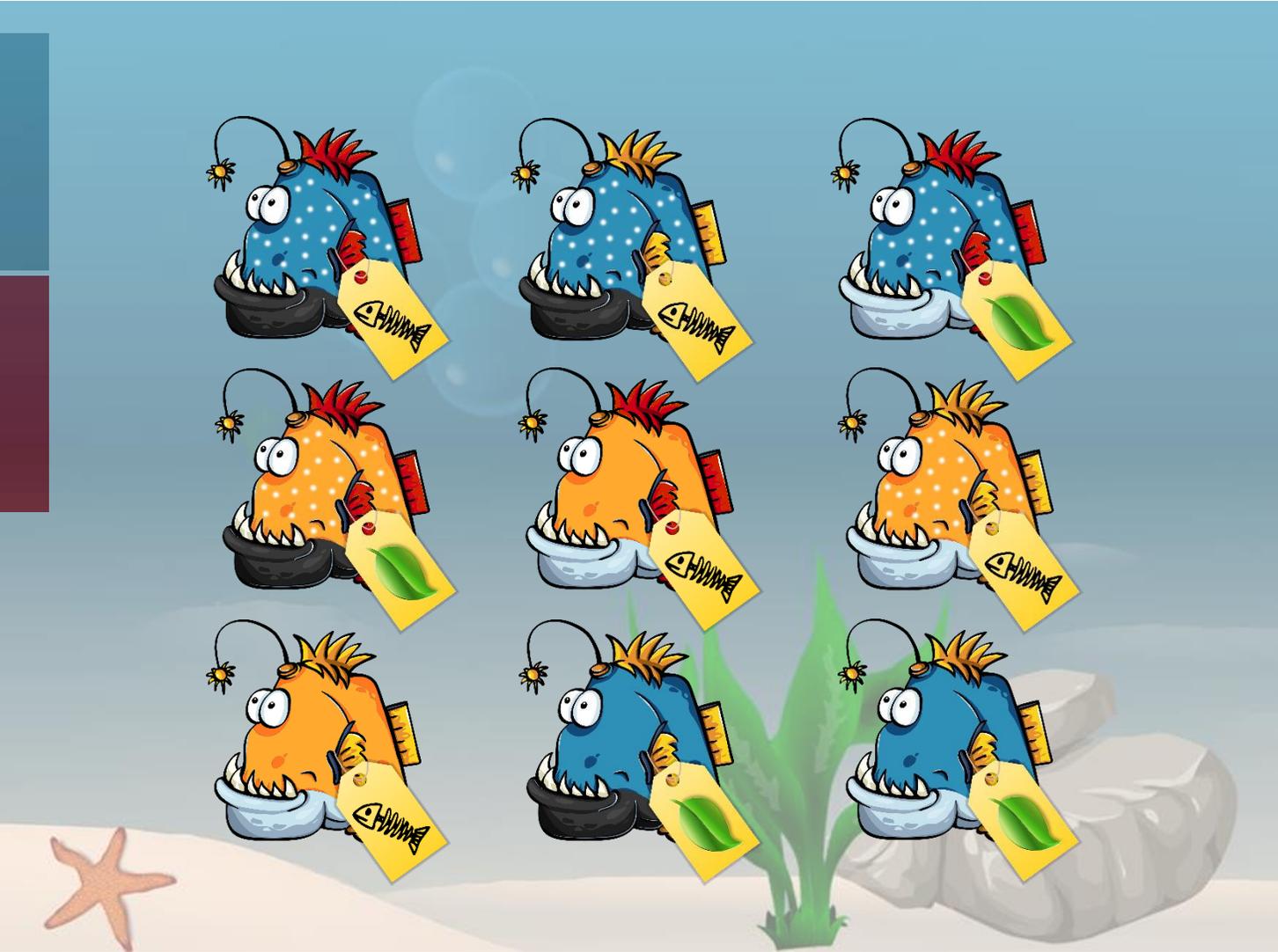


Muster			
Fehler vor Aufteilen der Datenmenge:			1 Fehler
Attributwert / Label	<i>Friedlich</i>	<i>Feindselig</i>	Fehler
<i>Gelb</i>	0	2	0 Fehler
<i>Rot</i>	1	1	1 Fehler
Gesamt:			<b>1 Fehler</b>
Informationsgewinn:		<b>1 Fehler – 1 Fehler = 0 Fehler</b>	

# Der fertige Entscheidungsbaum



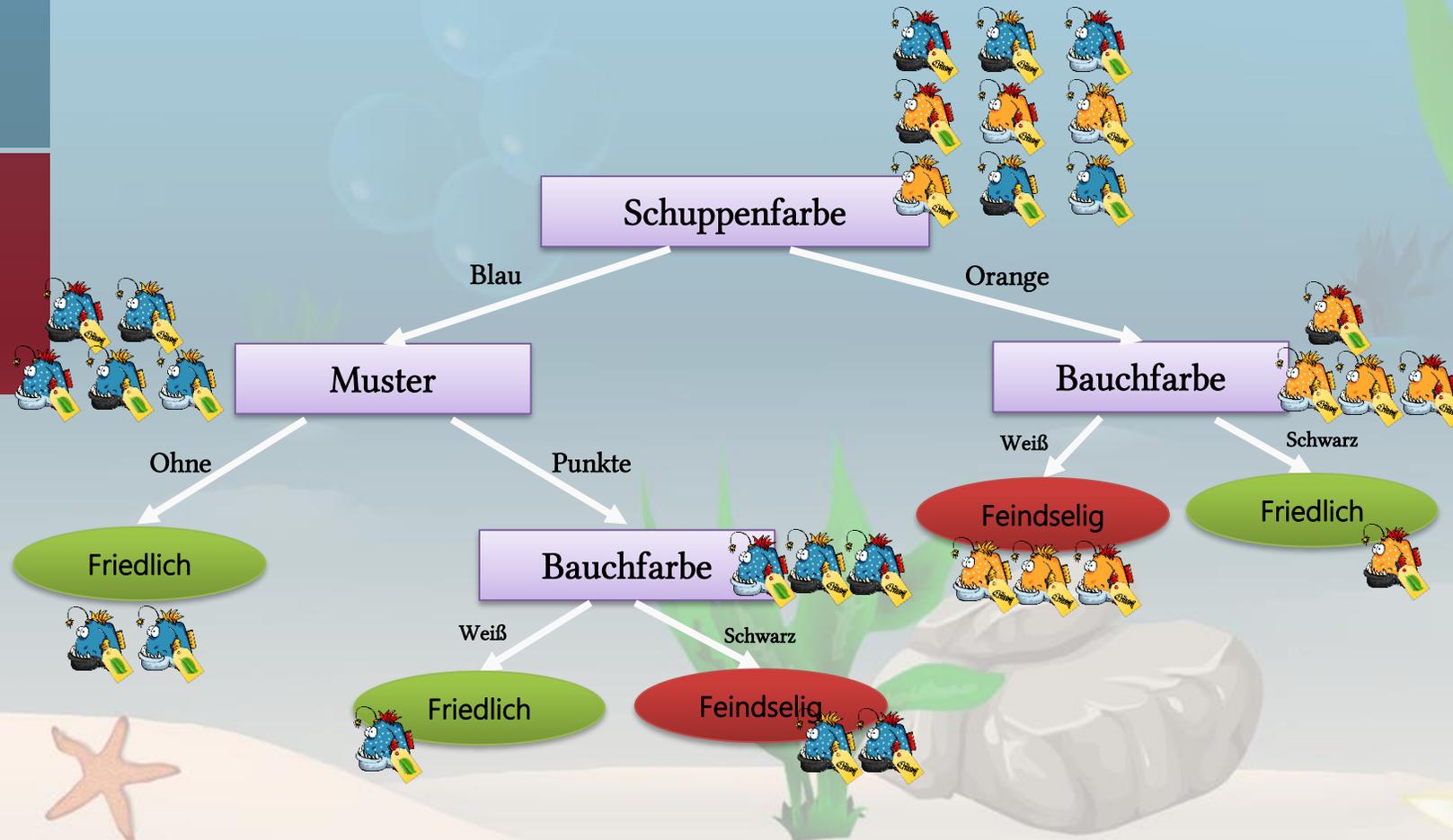
# Zurück zur Anfangsfrage



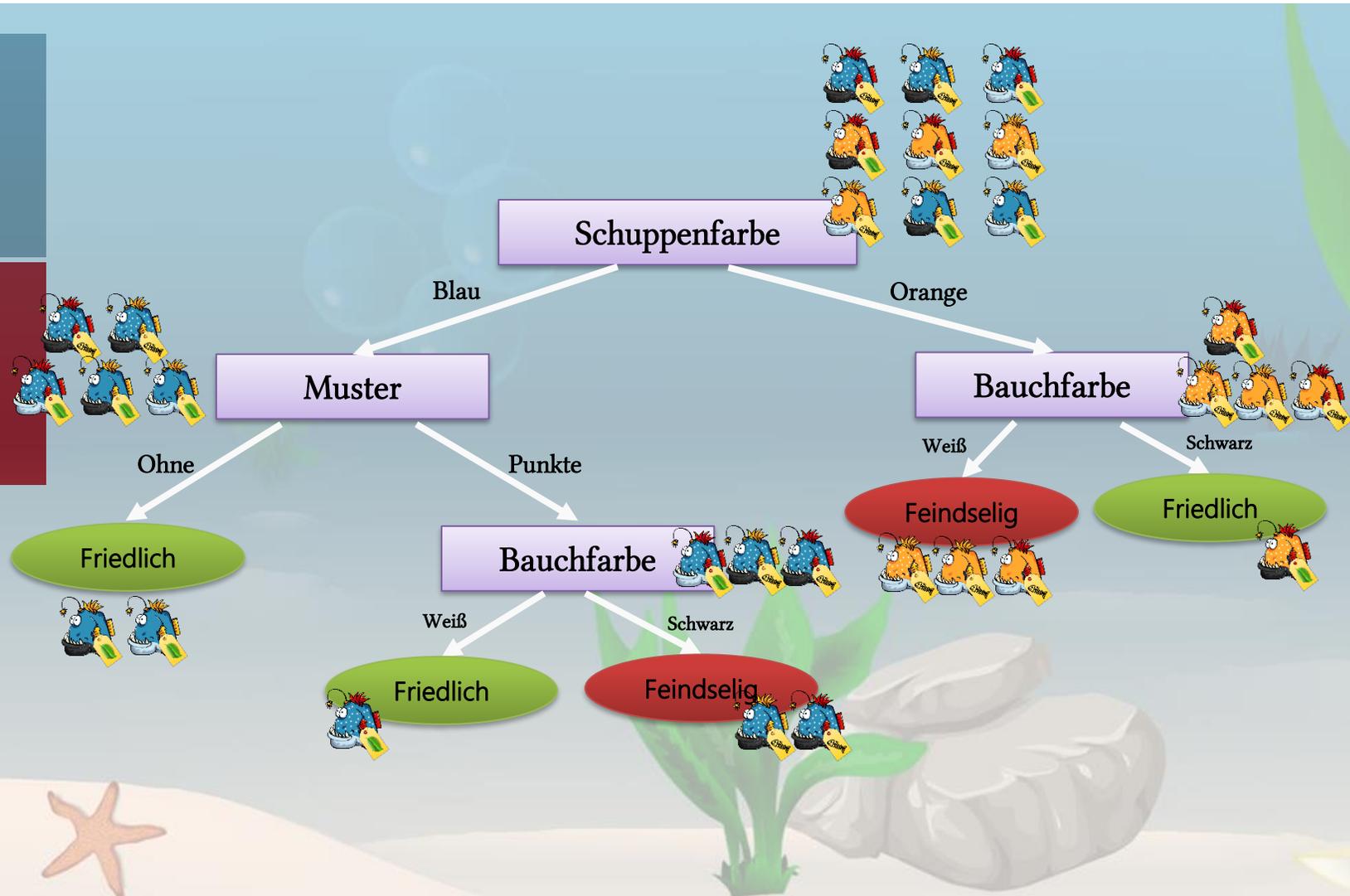
Ist dieser Fisch bissig oder nicht?  
Versuchen Sie dies aus den anderen Fischen abzuleiten?

# Zurück zur Anfangsfrage

- Bewertung des Baums anhand von Testdaten



# Ein Schritt zurück: Wie ist dieser Baum entstanden?



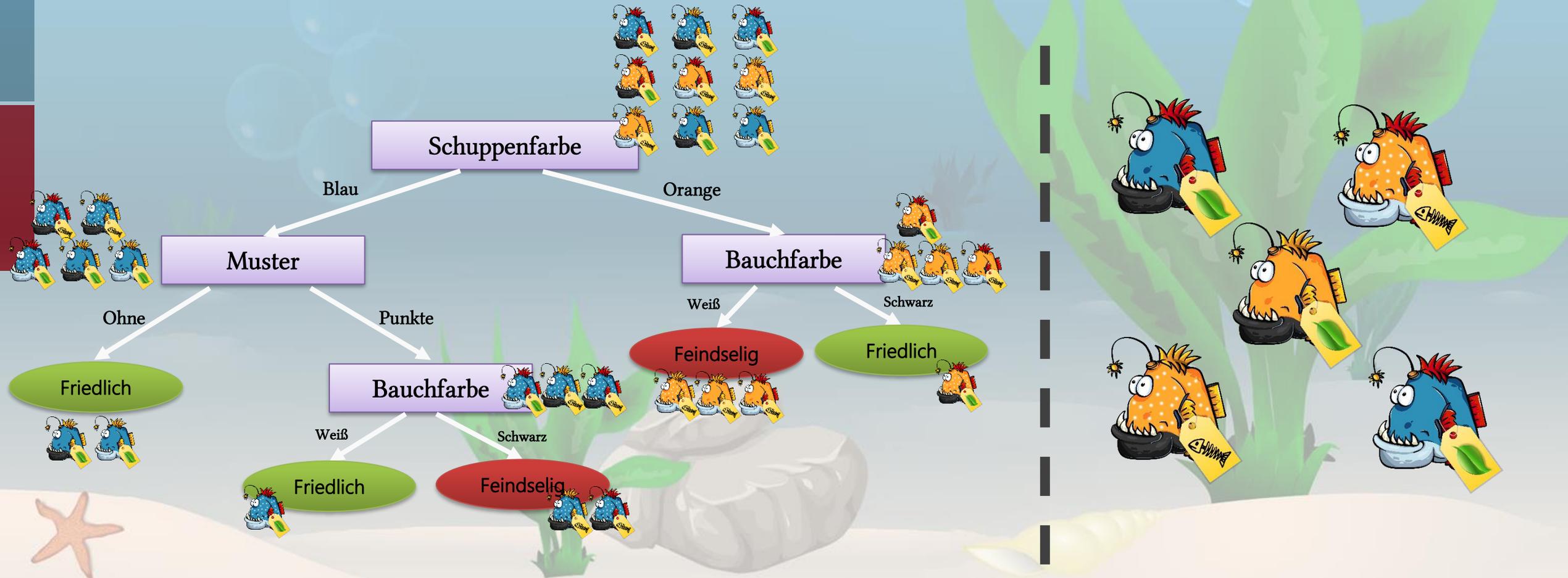
Formulieren Sie einen Algorithmus zur Erstellung eines Entscheidungsbaums ausgehend von einer gegebenen Menge an gelabelten Trainingsdaten!

# Algorithmus zur Erstellung eines Entscheidungsbaumes

- Wiederhole bis alle Elemente in einem Knoten das gleiche Label haben oder kein Attribut mehr zum Aufsplitten vorhanden ist: der aktuelle Knoten wird zu einem Blattknoten mit dem Label, das mehrheitlich vorkommt
  1. Bestimme das Attribut mit dem größten Informationsgewinn!
  2. Teile die Trainingsdaten entsprechend der Attributwerte in Teilmengen auf!
  3. Wende den Algorithmus beginnend mit Schritt 1 rekursiv auf die einzelnen Teilmengen an!

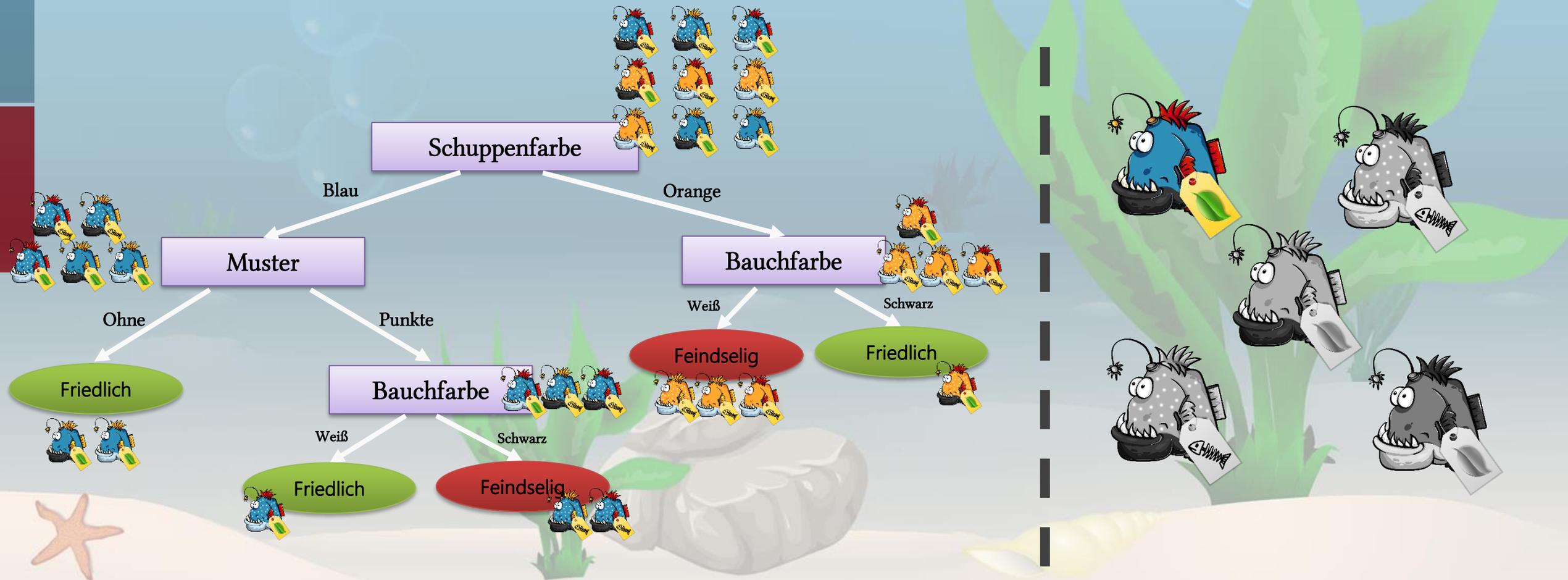
# Wie gut ist der Baum: Testen

- Bewertung des Baums anhand von Testdaten



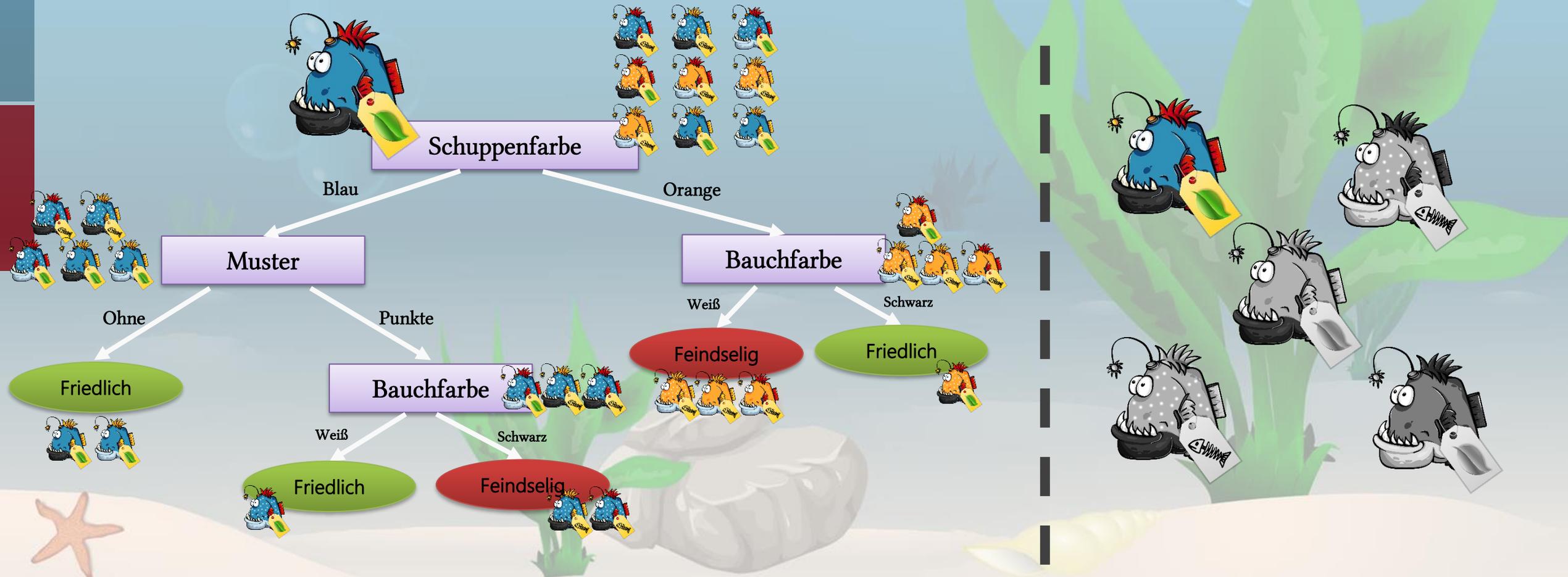
# Wie gut ist der Baum: Testen

- Bewertung des Baums anhand von Testdaten



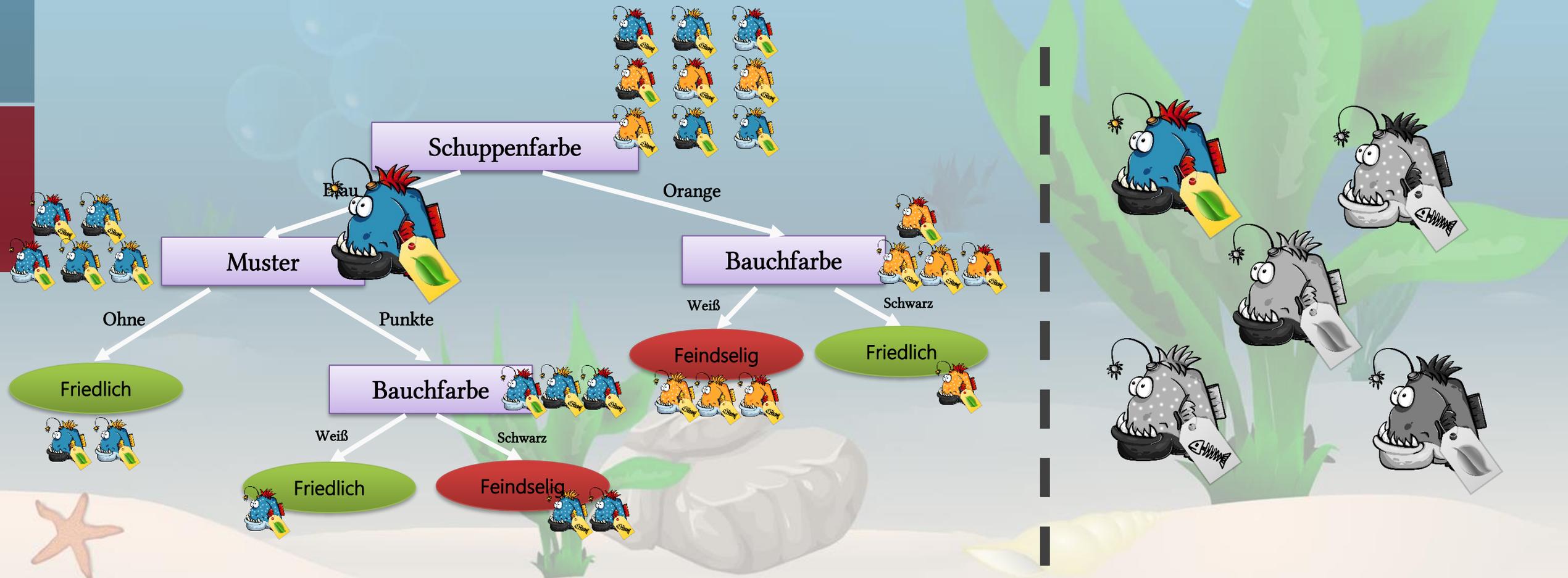
# Wie gut ist der Baum: Testen

- Bewertung des Baums anhand von Testdaten



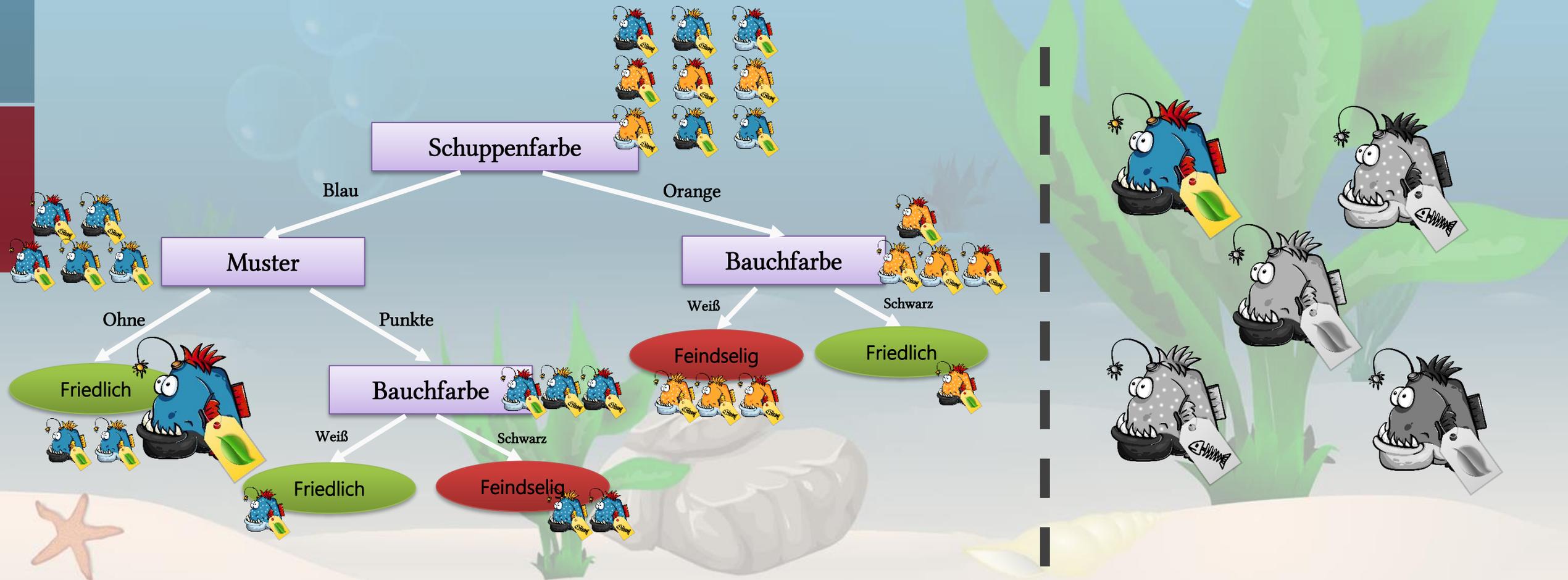
# Wie gut ist der Baum: Testen

- Bewertung des Baums anhand von Testdaten



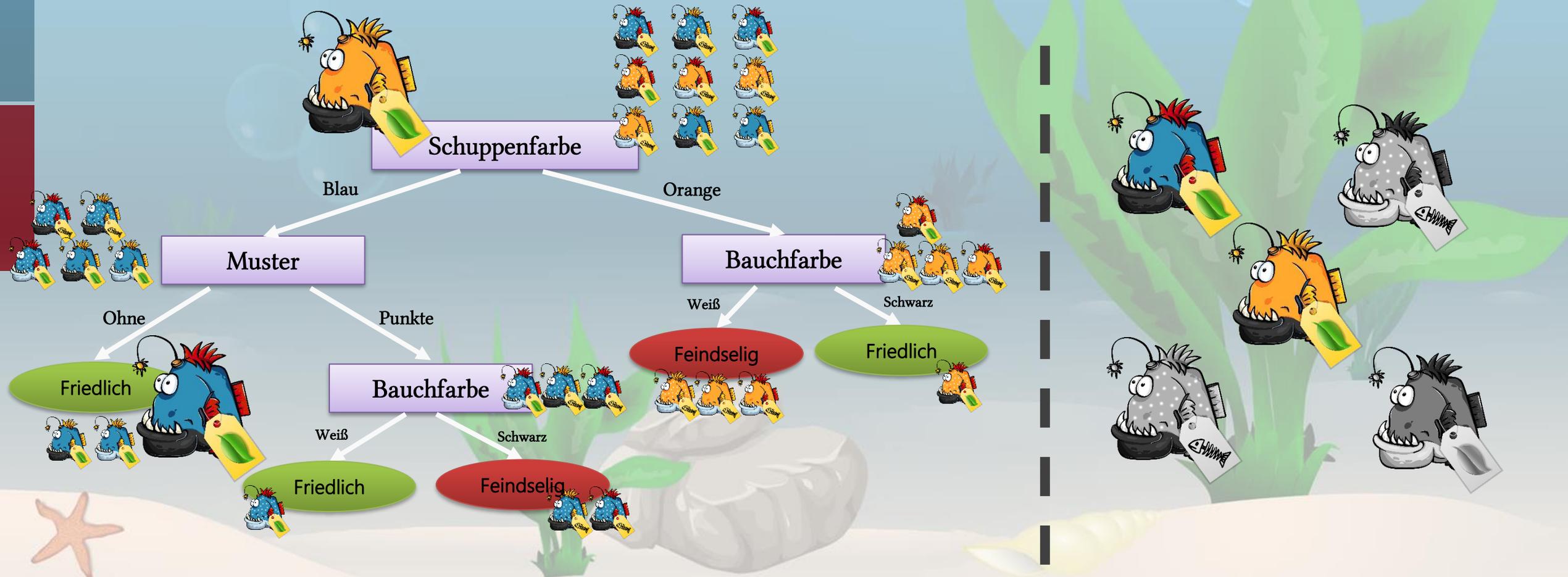
# Wie gut ist der Baum: Testen

- Bewertung des Baums anhand von Testdaten



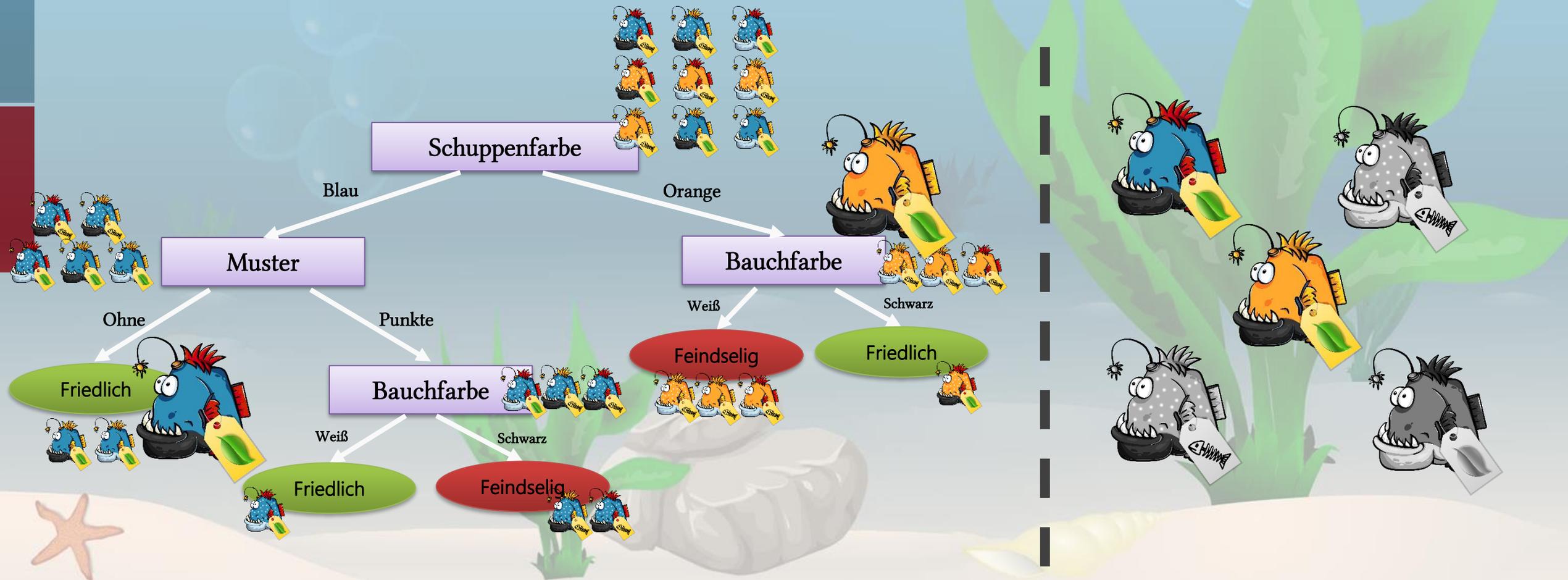
# Wie gut ist der Baum: Testen

- Bewertung des Baums anhand von Testdaten



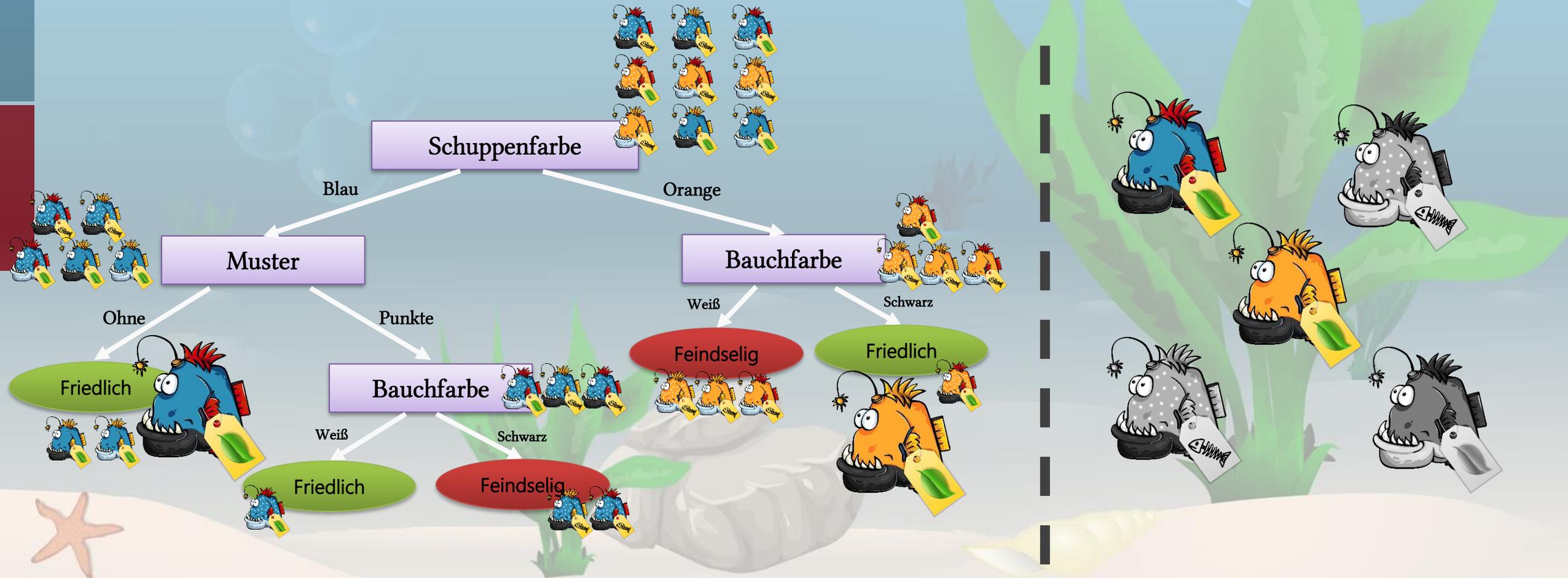
# Wie gut ist der Baum: Testen

- Bewertung des Baums anhand von Testdaten



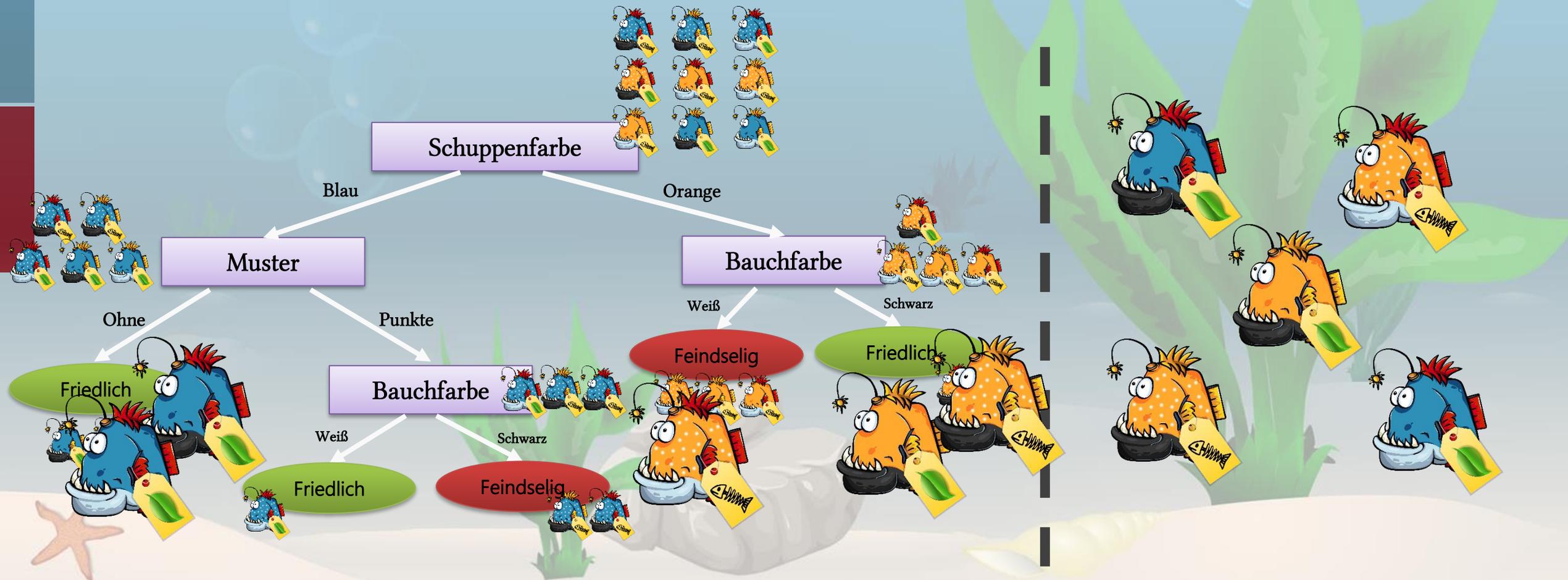
# Wie gut ist der Baum: Testen

- Bewertung des Baums anhand von Testdaten



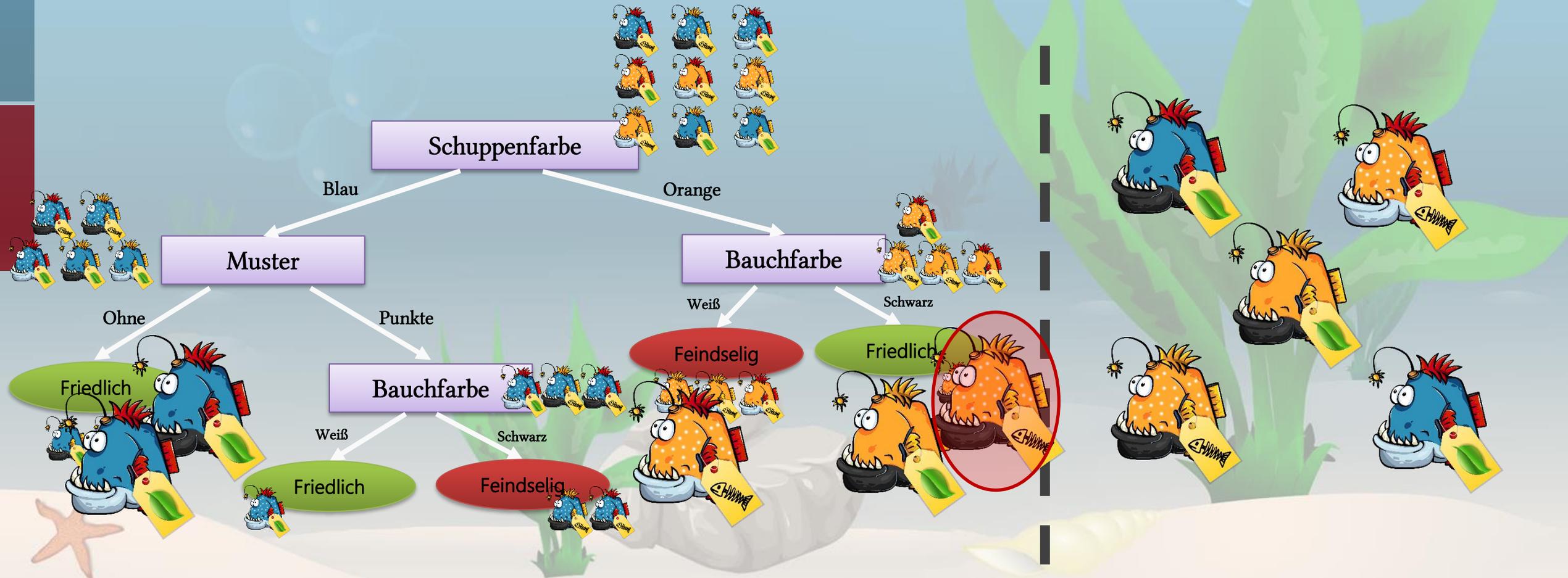
# Wie gut ist der Baum: Testen

- Bewertung des Baums anhand von Testdaten

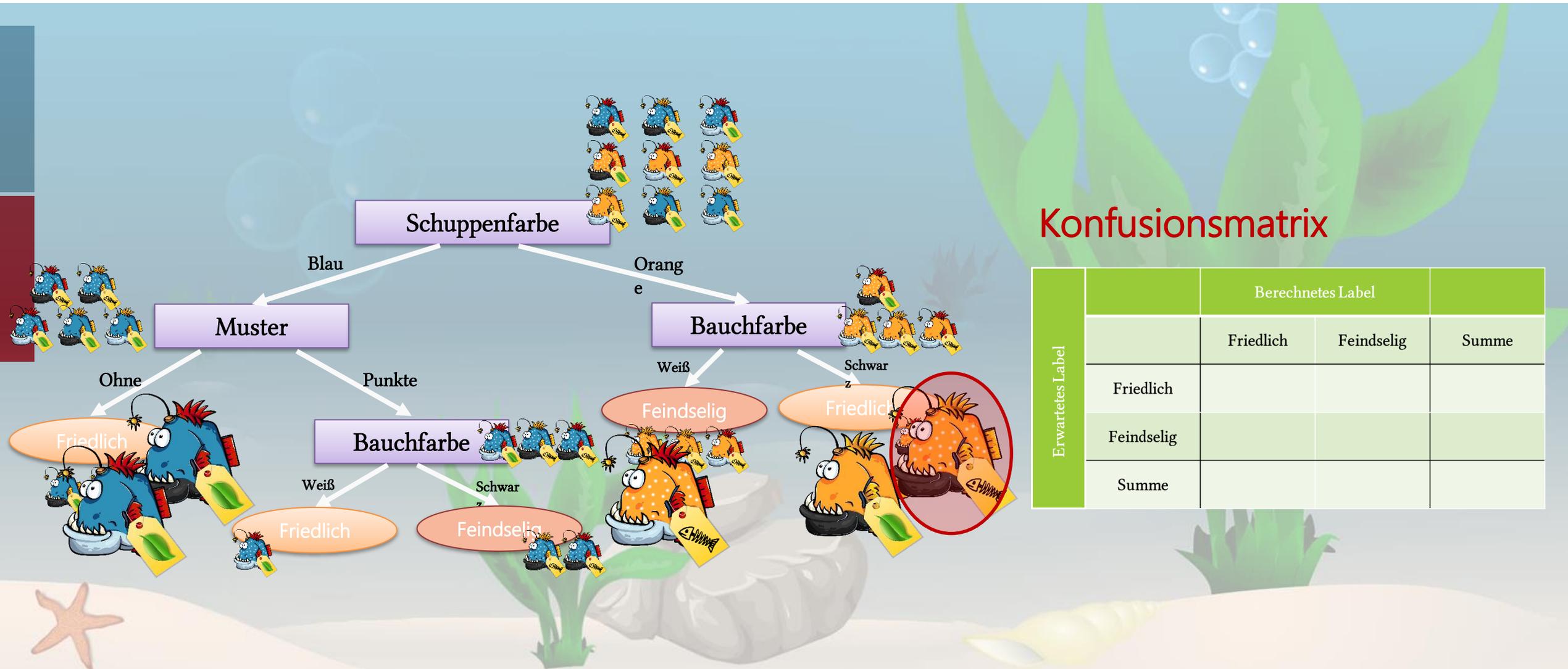


# Wie gut ist der Baum: Testen

- Bewertung des Baums anhand von Testdaten



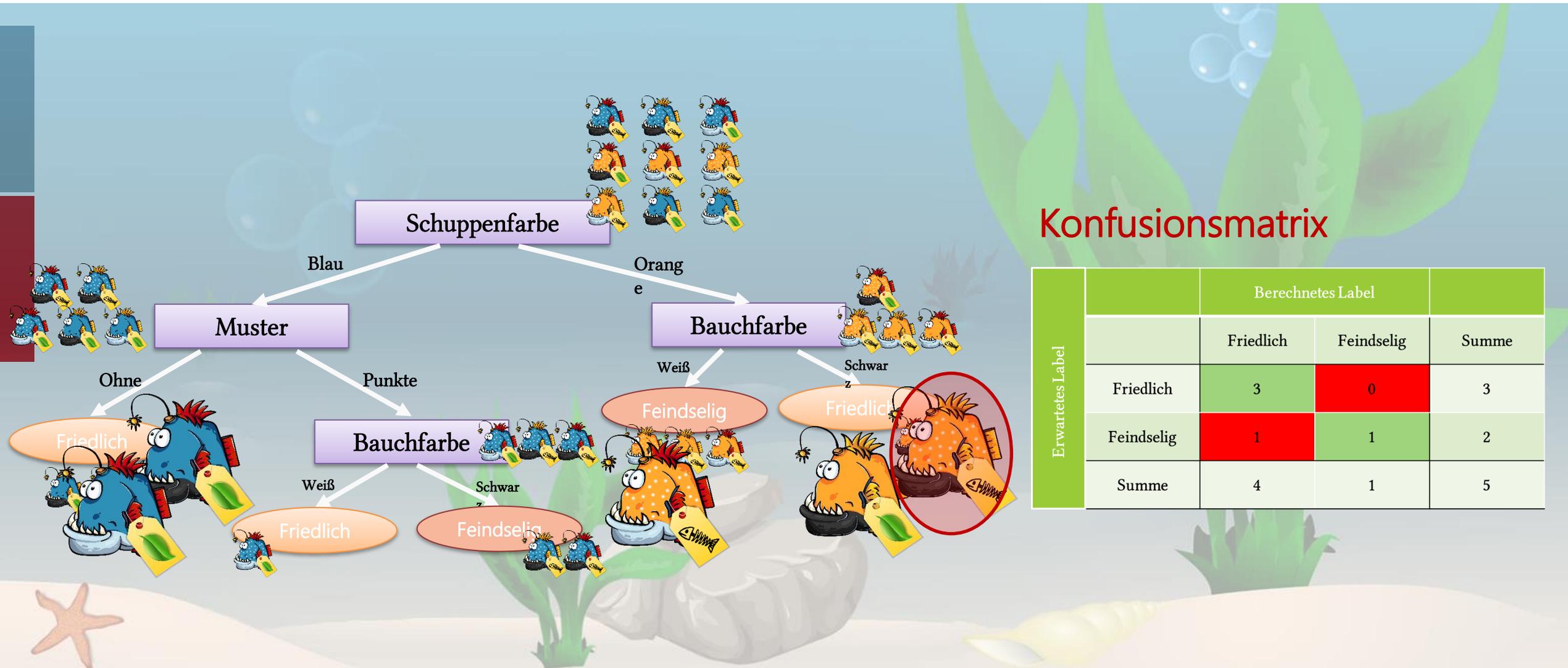
# Bewertung der gelabelten Testdaten



## Konfusionsmatrix

Erwartetes Label	Berechnetes Label		
	Friedlich	Feindselig	Summe
Friedlich			
Feindselig			
Summe			

# Bewertung der gelabelten Testdaten



## Konfusionsmatrix

Erwartetes Label	Berechnetes Label		Summe
	Friedlich	Feindselig	
Friedlich	3	0	3
Feindselig	1	1	2
Summe	4	1	5

# Bewertung der gelabelten Testdaten

## Konfusionsmatrix

		Berechnetes Label (Vorhersage)		
		Friedlich	Feindselig	
Erwartetes Label (Realität)	Friedlich	3	0	3
	Feindselig	1	1	2
	4	1		

**Richtig positiv** (3)

**Falsch negativ** (0)

**Falsch positiv** (1)

**Richtig negativ** (1)

# Bewertung der gelabelten Testdaten

## Konfusionsmatrix

		Berechnetes Label (Vorhersage)		
		Friedlich	Feindselig	
Erwartetes Label (Realität)	Friedlich	3	0	3
	Feindselig	1	1	2
		4	1	

**Richtig positiv** (3)

**Falsch negativ** (0)

**Falsch positiv** (1)

**Richtig negativ** (1)

Genauigkeit:  $\frac{3 + 1}{1 + 1 + 3 + 0} = \frac{4}{5} = 80\%$