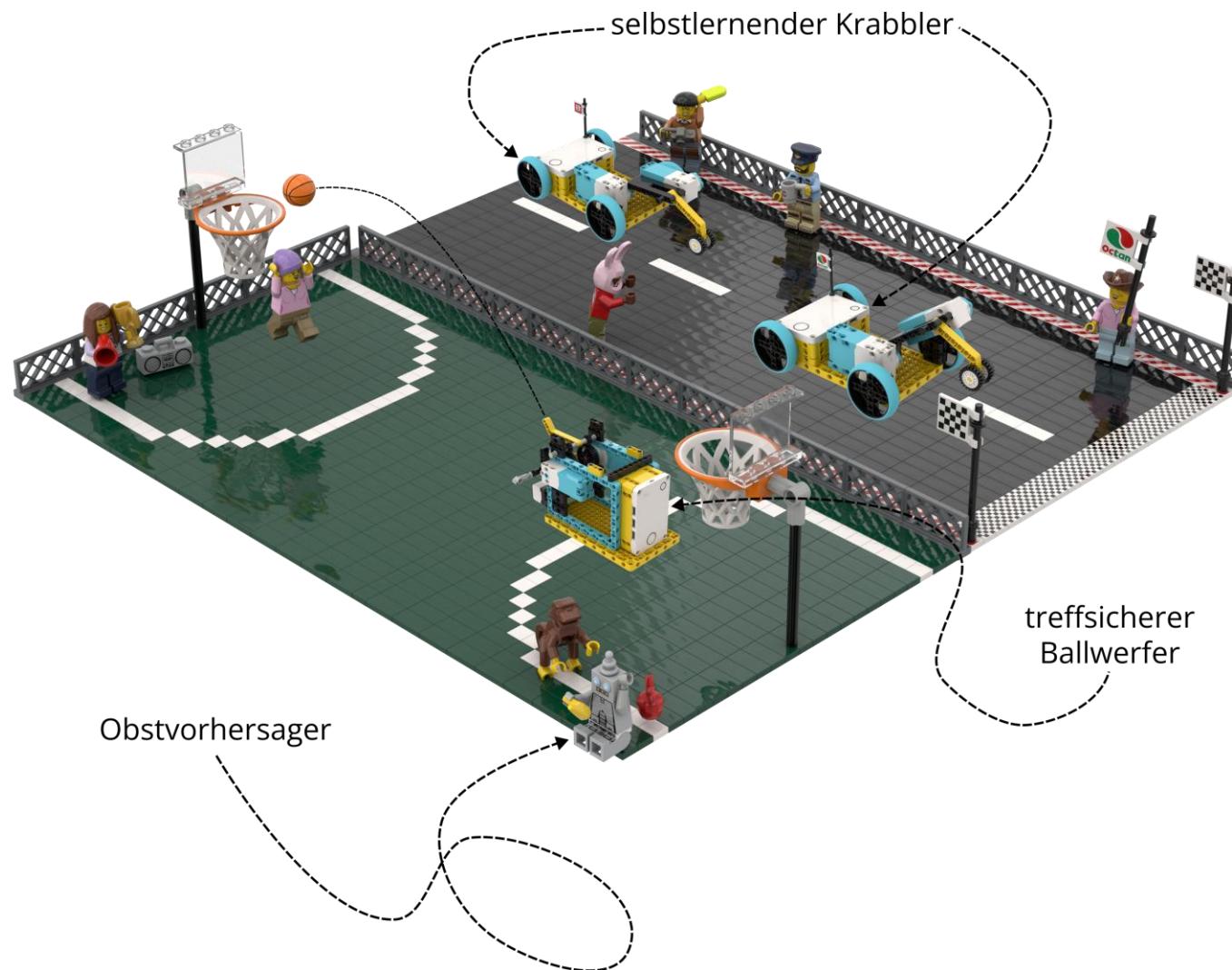




# Maschinelles Lernen mit LEGO® Steinen

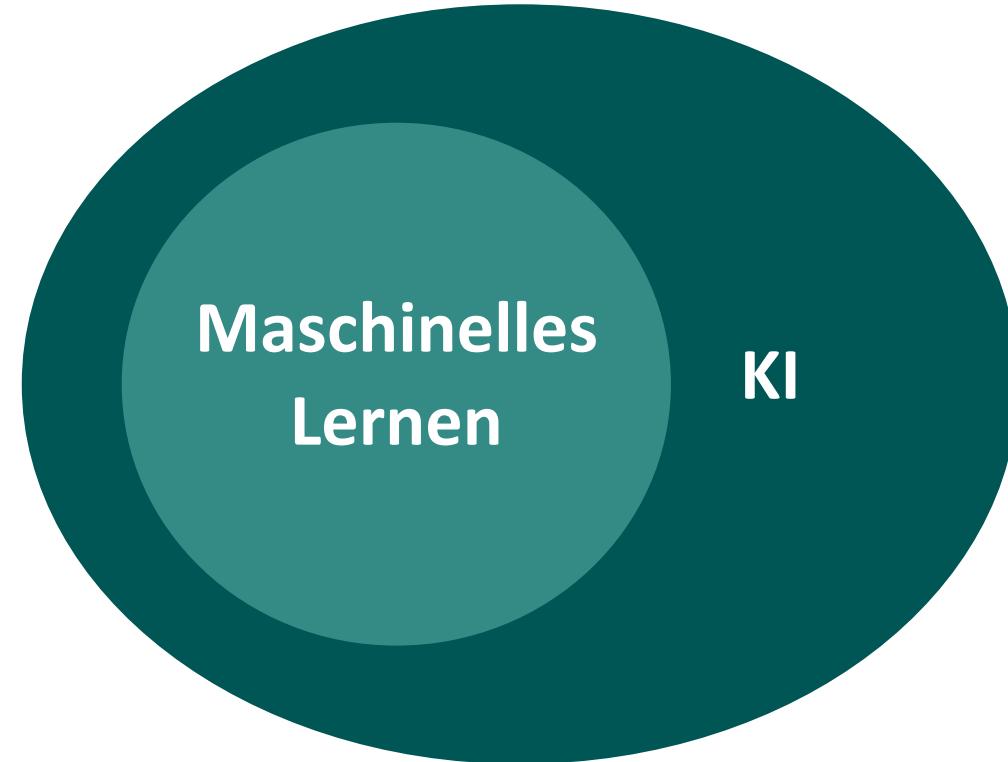
Viacheslav Sydora

# Kursinhalt



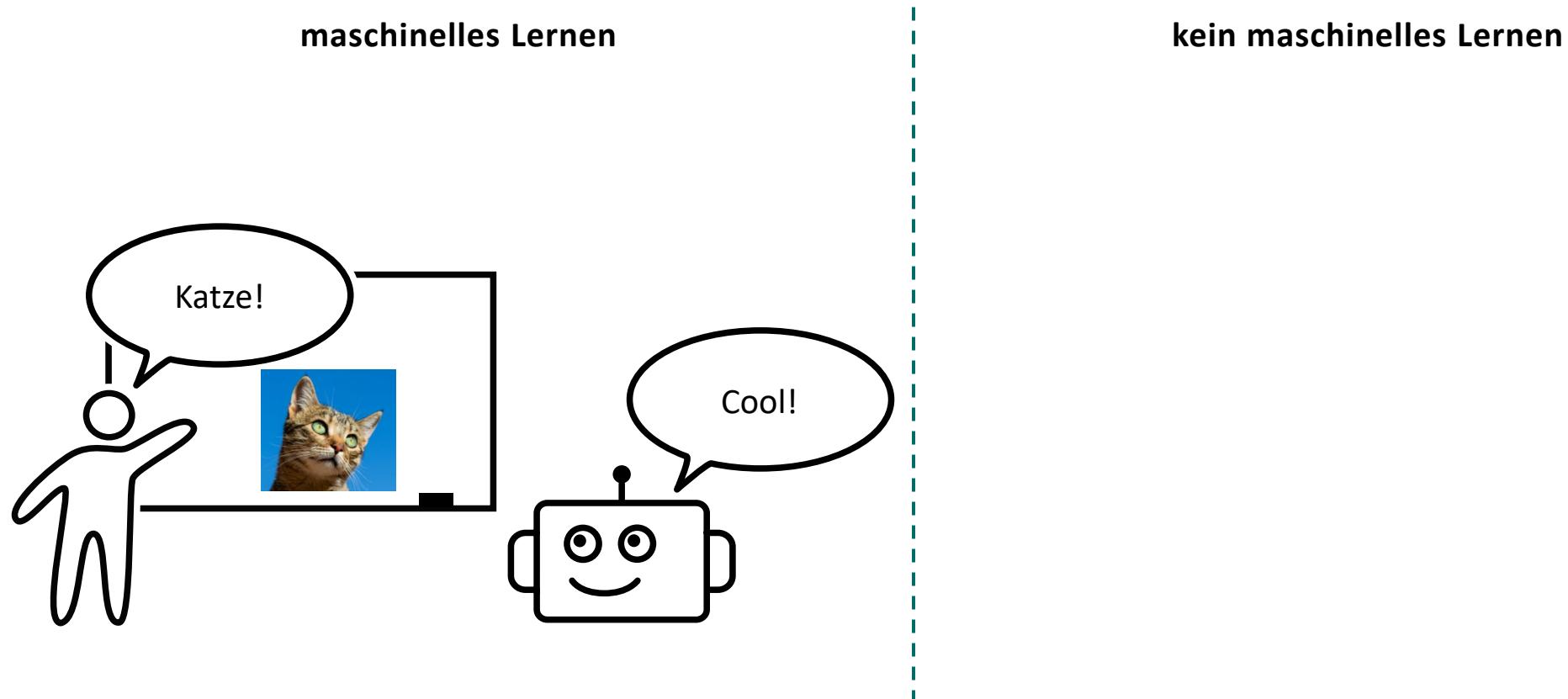
# Was ist maschinelles Lernen?

- Teilgebiet der künstlichen Intelligenz



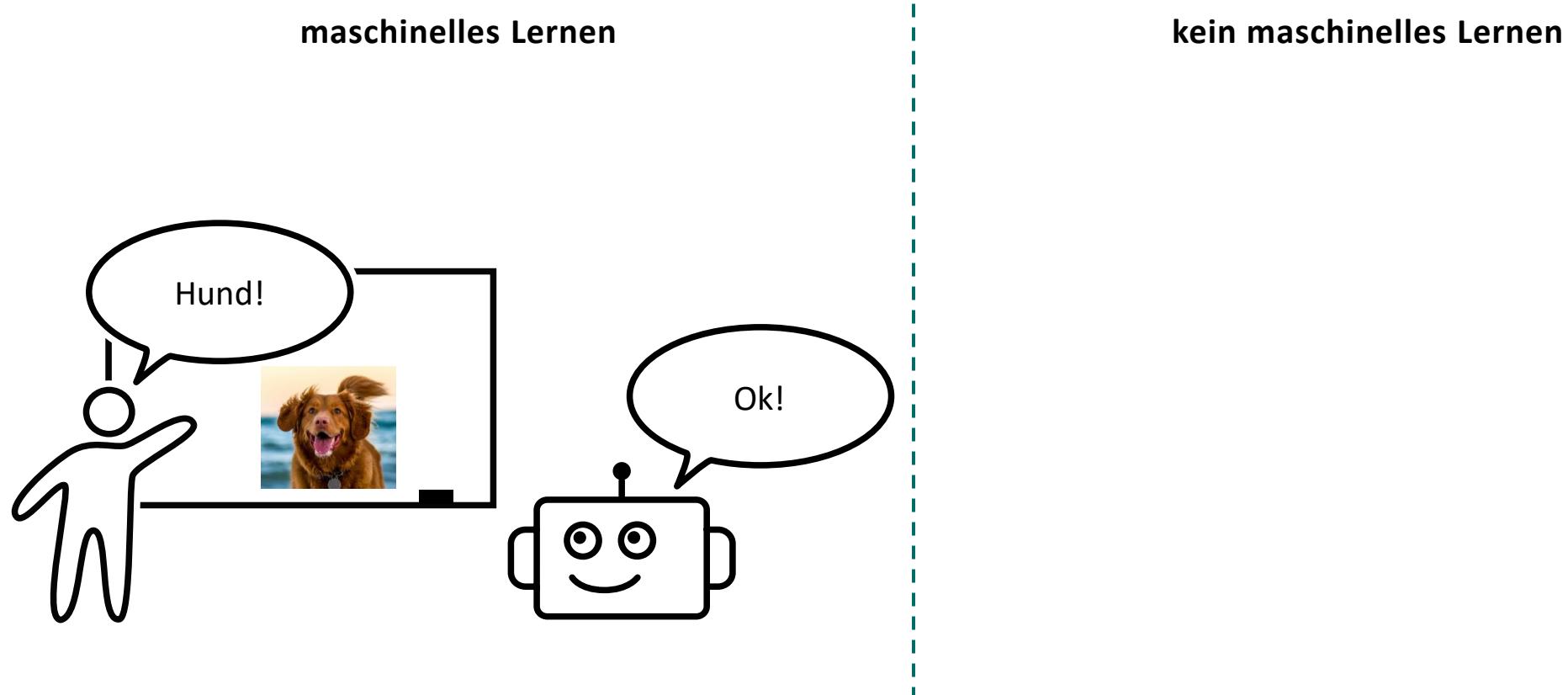
# Was ist maschinelles Lernen?

- Teilgebiet der künstlichen Intelligenz
- **Lernen** der Zusammenhänge anhand von **Beispielen**



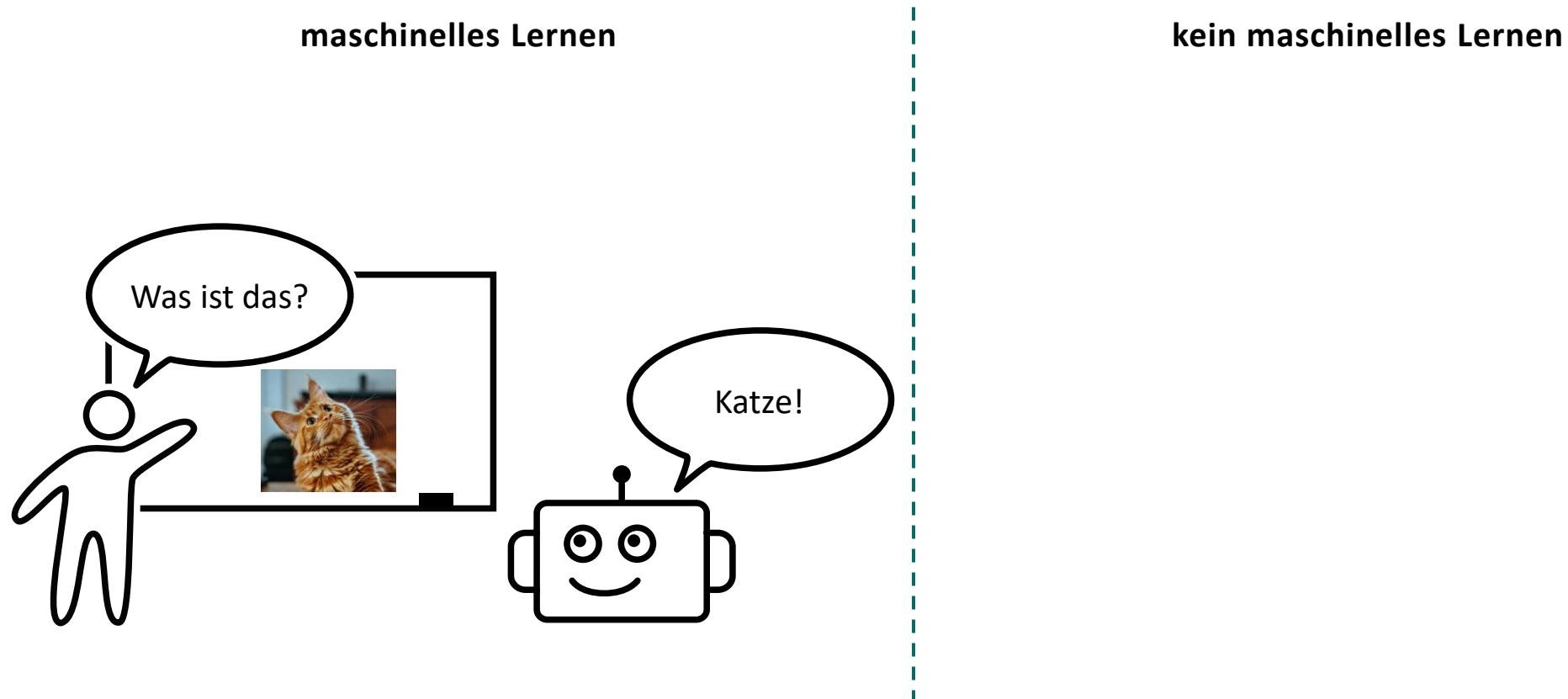
# Was ist maschinelles Lernen?

- Teilgebiet der künstlichen Intelligenz
- **Lernen** der Zusammenhänge anhand von **Beispielen**



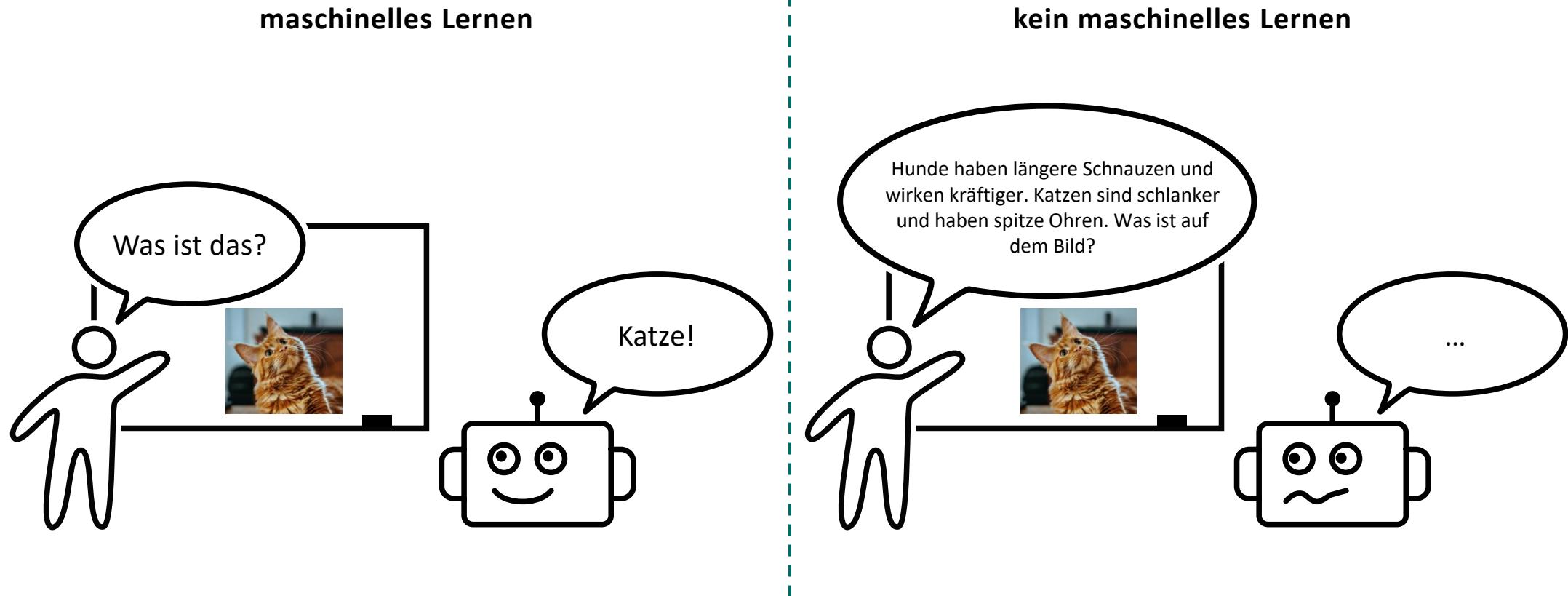
# Was ist maschinelles Lernen?

- Teilgebiet der künstlichen Intelligenz
- **Lernen** der Zusammenhänge anhand von **Beispielen**



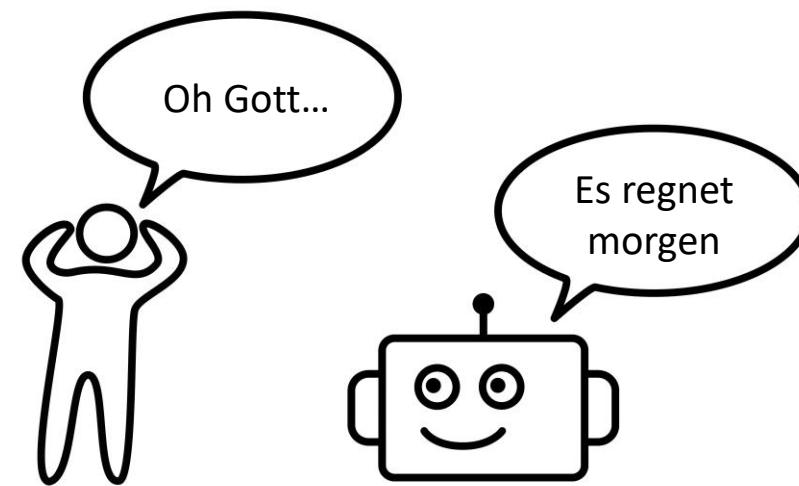
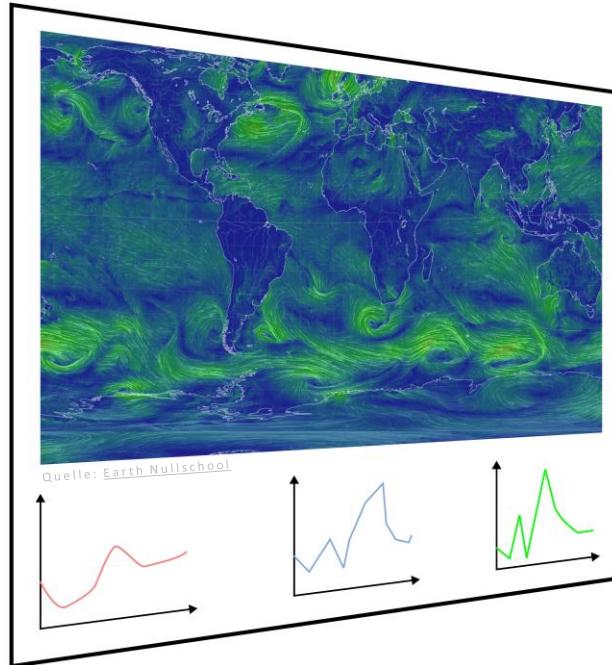
# Was ist maschinelles Lernen?

- Teilgebiet der künstlichen Intelligenz
- **Lernen** der Zusammenhänge anhand von **Beispielen**

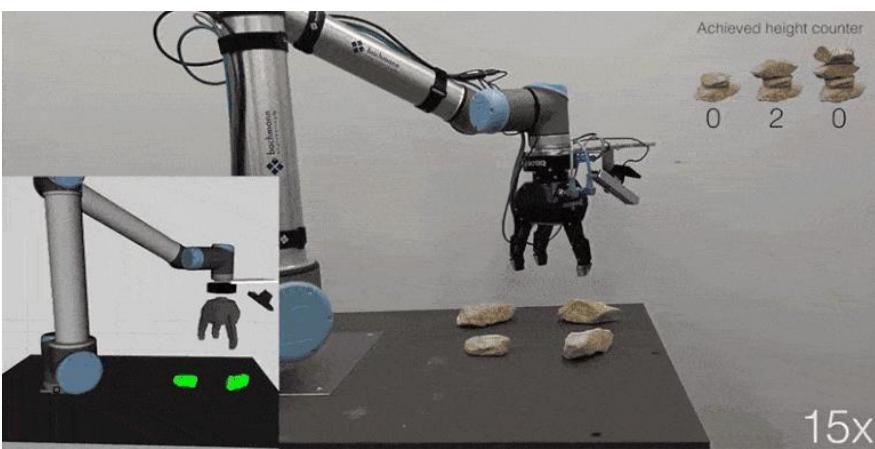


# Warum maschinelles Lernen?

- automatisch
- kann Menschen übertreffen



# Was noch kann maschinelles Lernen?



Quelle: [freeCodeCamp](#).

Wie kann ich dir helfen?

Sende eine Nachricht an ChatGPT



Erstelle ein Bild

Analysiere Daten

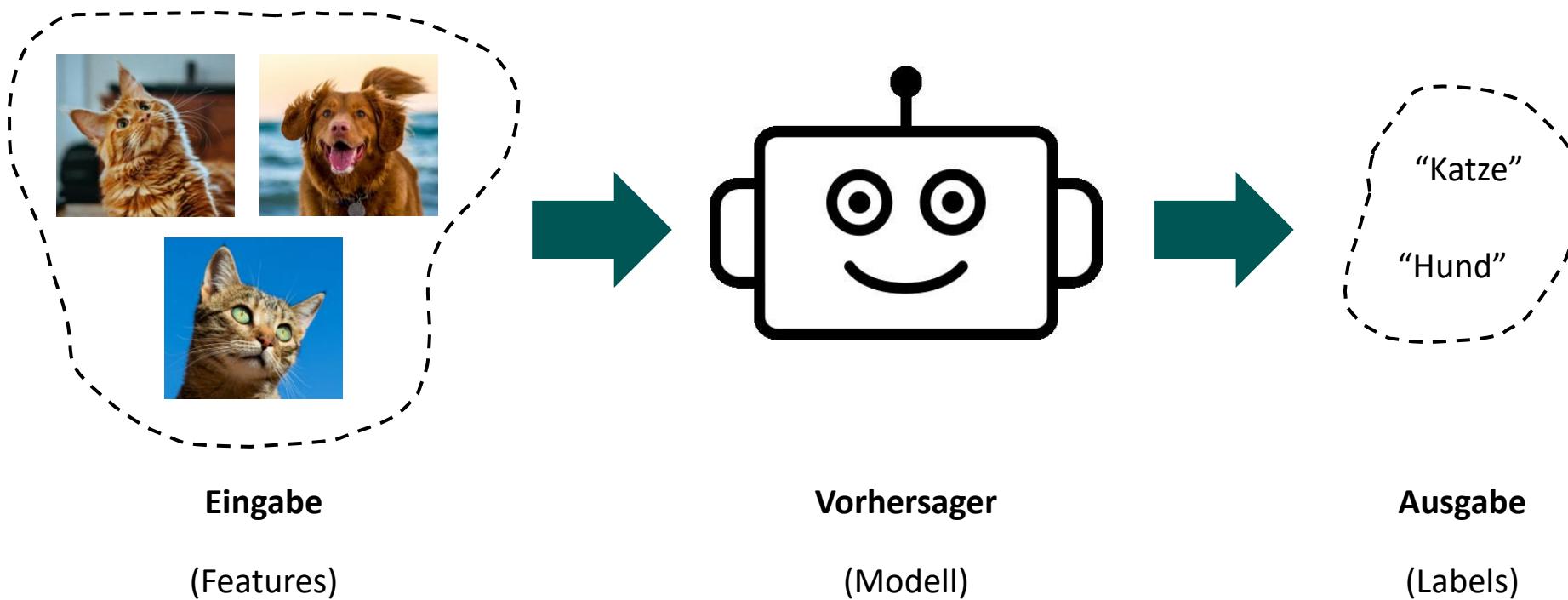
Erstelle eine Zusammenfassung

Mehr

Quelle: [ChatGPT](#)

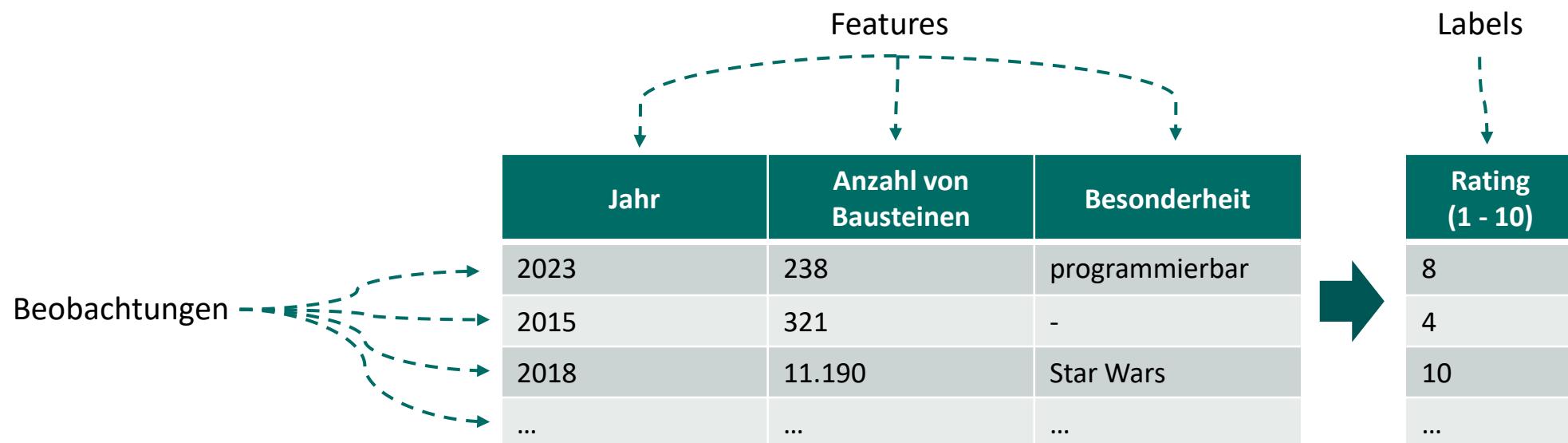
# Daten, Features & Labels

- Maschinelles Lernen ist Lernen anhand von Beispielen



# Daten, Features & Labels

- **Daten** – Beobachtungen, Messungen, ...
- **Features** – woraus vorhersagen (Eingabe)
- **Labels** – was vorhersagen (Ausgabe)



# Obstvorhersager – Konzept

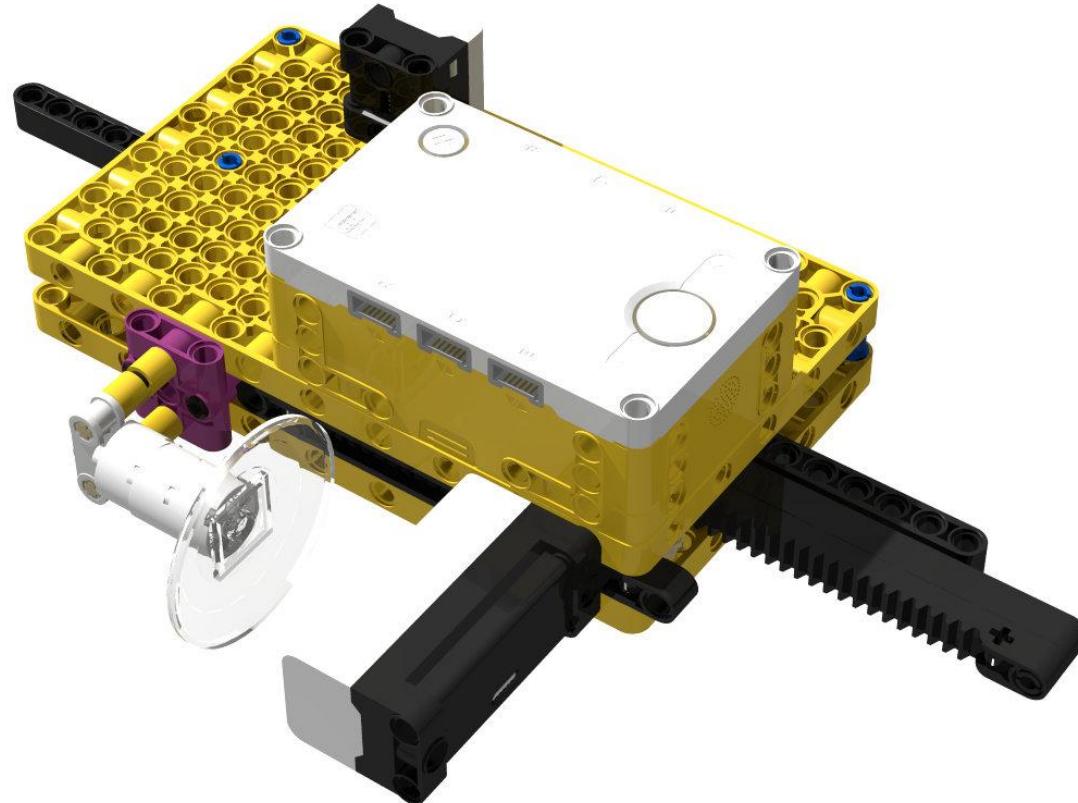
**Features:** ?

**Label:** ?

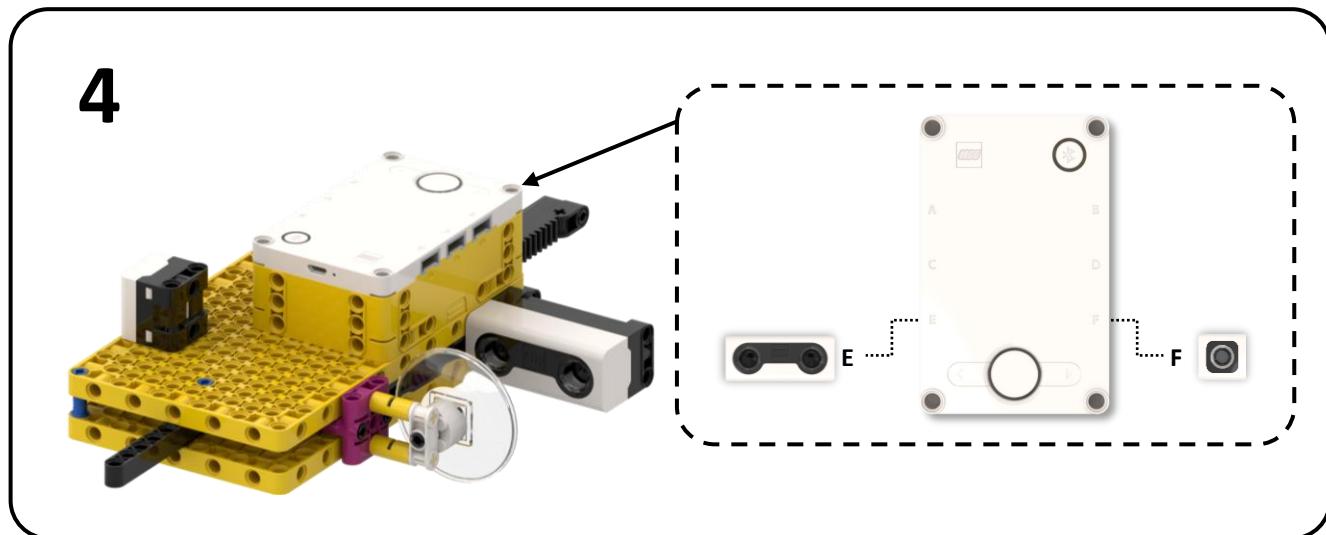
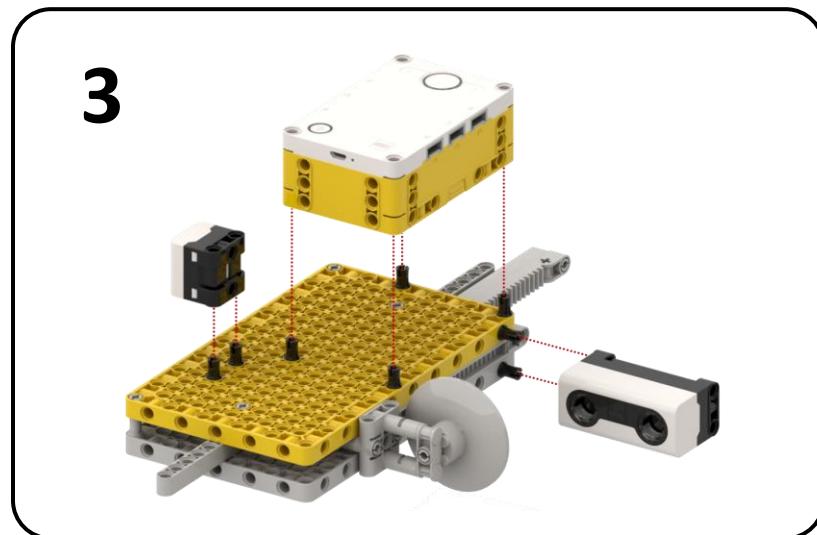
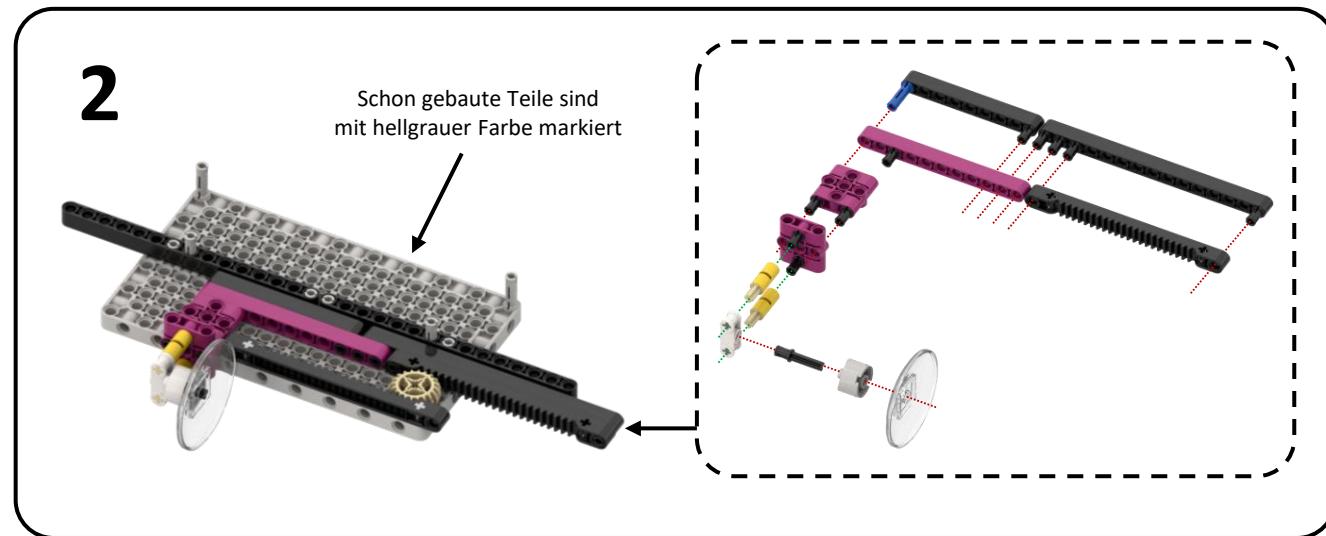
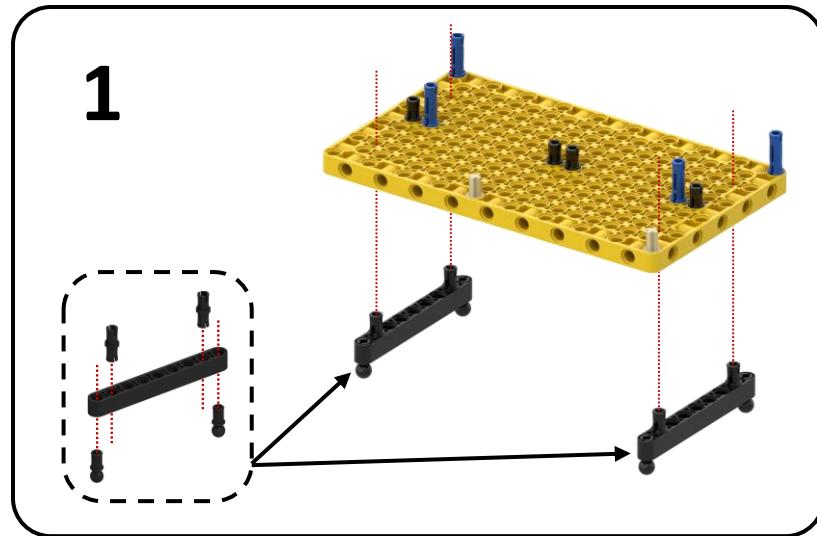
# Obstvorhersager – Konzept

**Features:** Länge und Farbe des Obsts

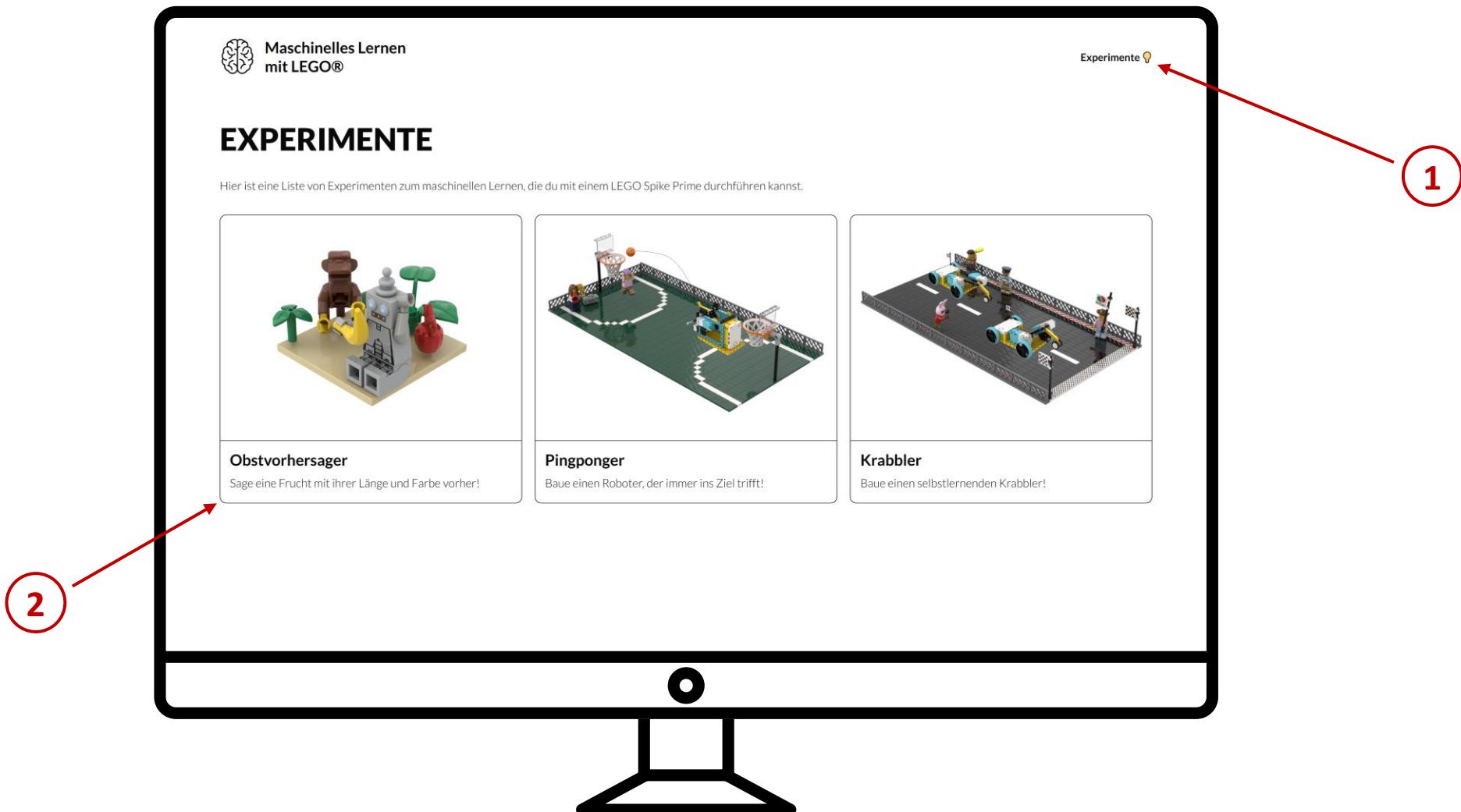
**Label:** Name des Obsts (Banane/Apfel)



# Obstvorhersager – Bauen



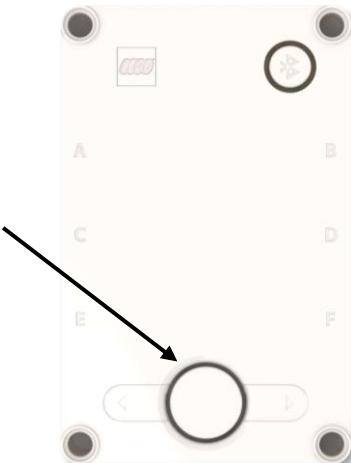
# Experimentseite öffnen



# Hub verbinden und Programm starten

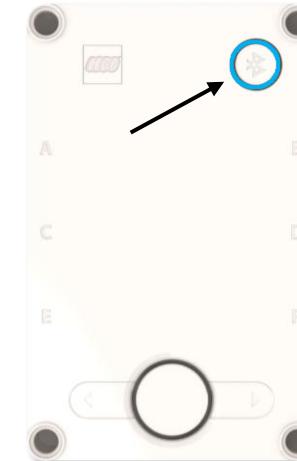
1

Schaltet den Hub mit  
Drücken der großen Taste  
für etwa 3 Sekunden ein.



2

Klickt auf den Bluetooth-  
Button und wartet, bis der  
Hub piept.



3

Klickt auf "Hub verbinden",  
sucht euren Hub im  
Fenster, wählt ihn aus und  
klickt auf "Koppeln".



4

Klickt auf 'Programm  
starten' und wartet, bis  
eine Benachrichtigung auf  
der Webseite erscheint.

▶ Programm starten

# Obstvorhersager – Datensammlung

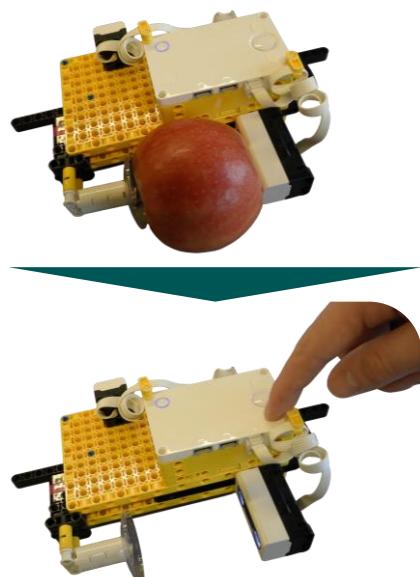
**1**

Wählt die Frucht aus, für die Daten gesammelt werden.



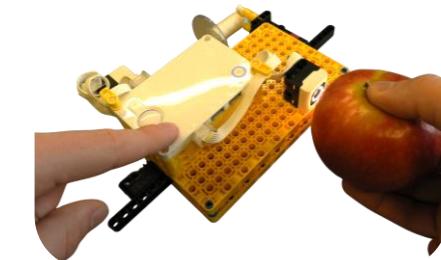
**3**

Platziert die Frucht in den Messschieber, schließt den Greifer, entfernt die Frucht und drückt auf die linke Taste am Hub, um die Länge zu messen.



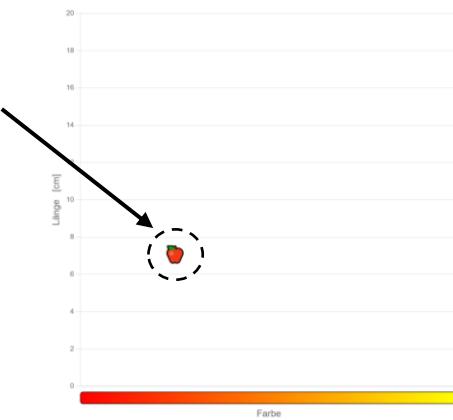
**2**

Scannt die Farbe. Haltet das Obst am Farbsensor und drückt gleichzeitig die rechte Taste auf dem Hub.

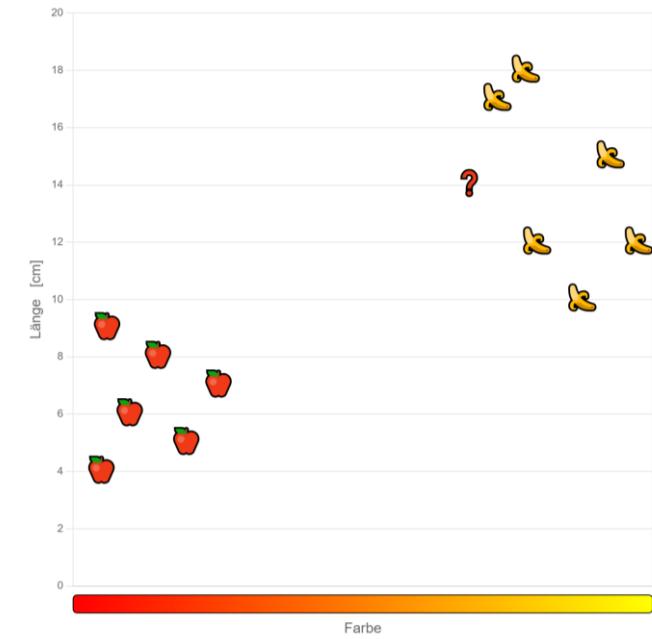
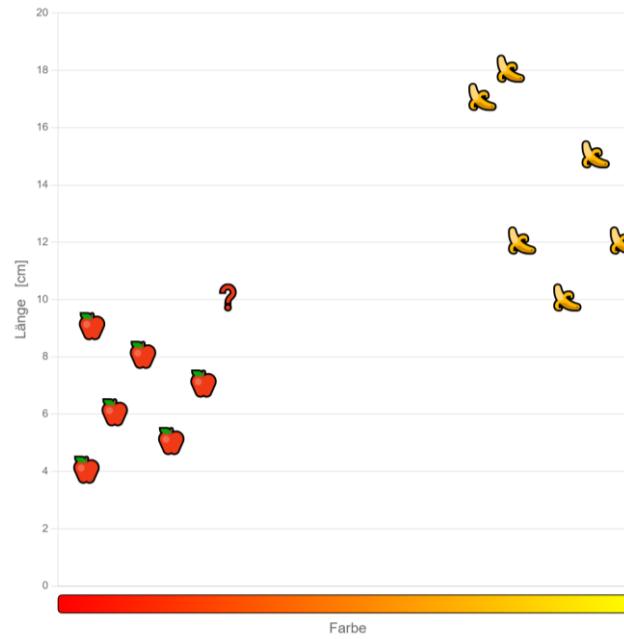
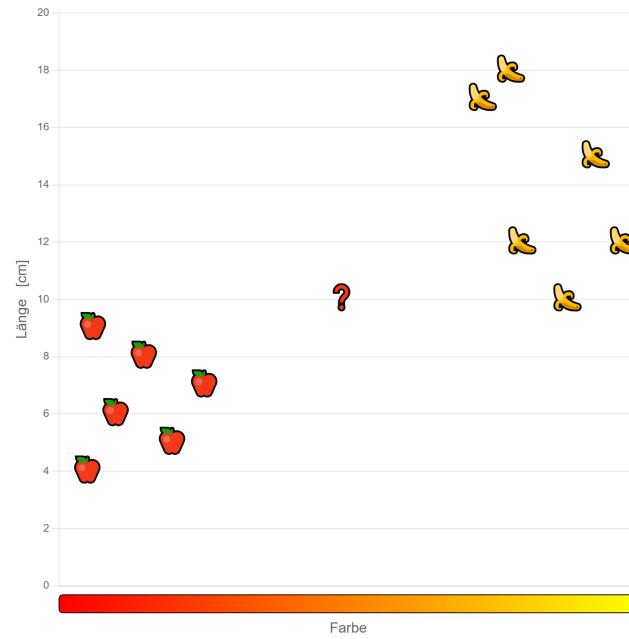


**4**

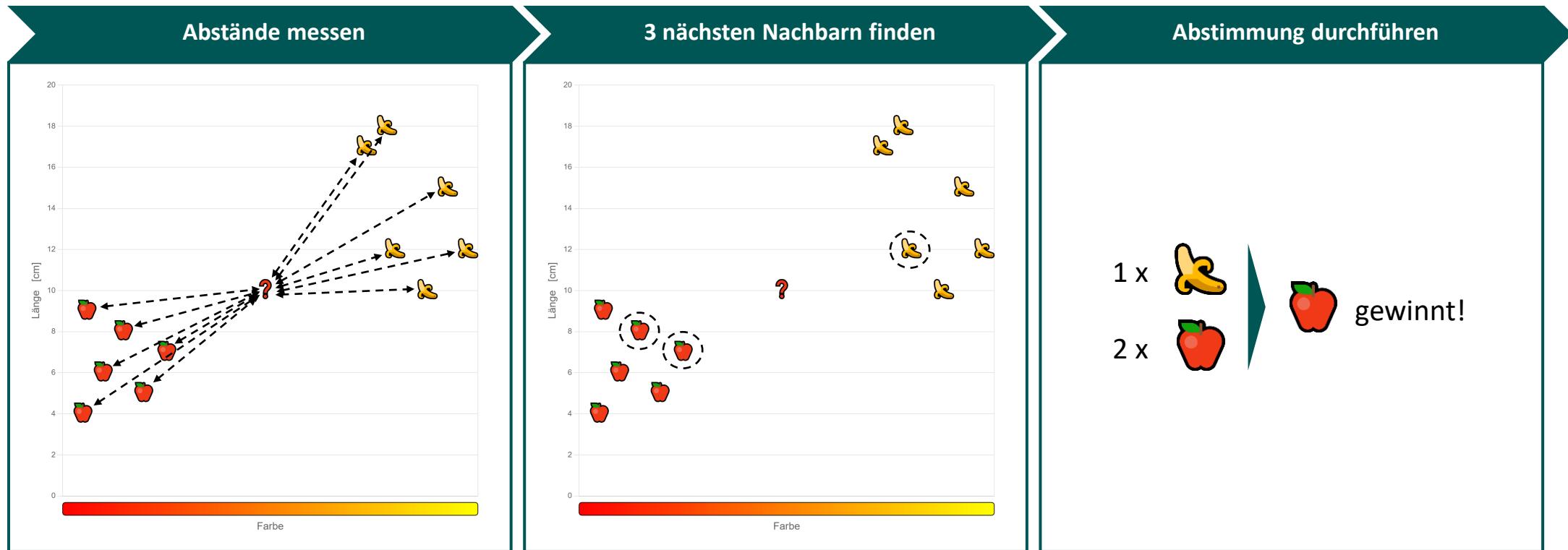
Der Datenpunkt wird nun auf der Website angezeigt! Wiederholt die Schritte auch für andere Früchte!



# Wie kann man eine neue Frucht vorhersagen?



# K-Nächste Nachbarn – Vorgehensweise



# Obstvorhersager – Vorhersage

**1**

Schaltet das Gerät in den Vorhersagemodus.

Training

Vorhersage

\*Klick\*

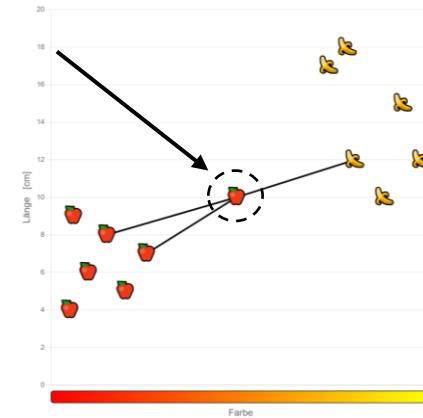
**2**

Scannt die Farbe und messt die Länge des Obstes wie während der Datensammlung.



**3**

Die Vorhersage und die nächsten Nachbarn werden jetzt auf der Webseite angezeigt!

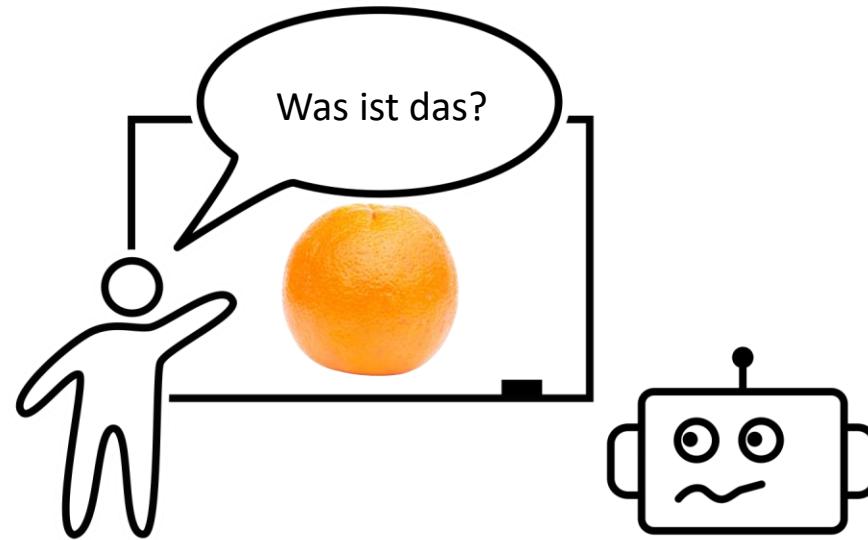


# Phasen der Entwicklung eines Modells

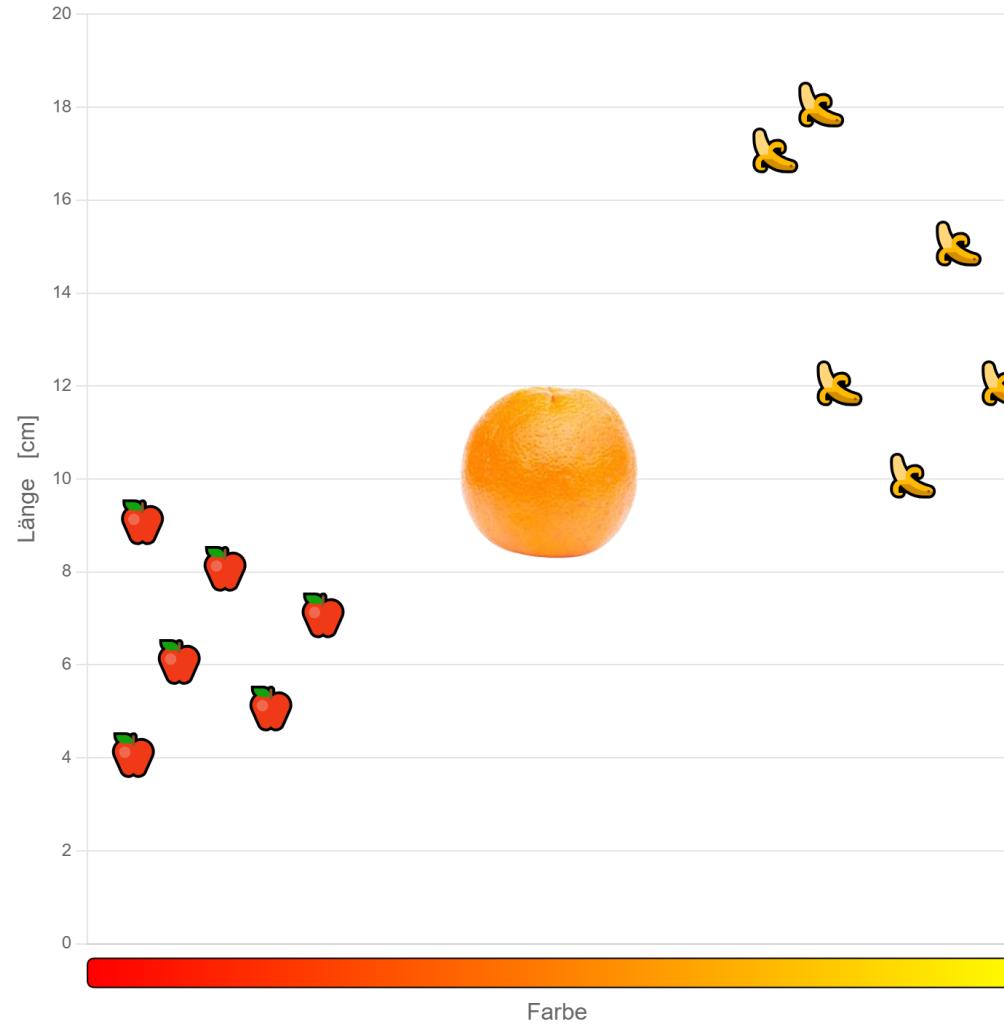


# Noch nie gesehene Beispiele?

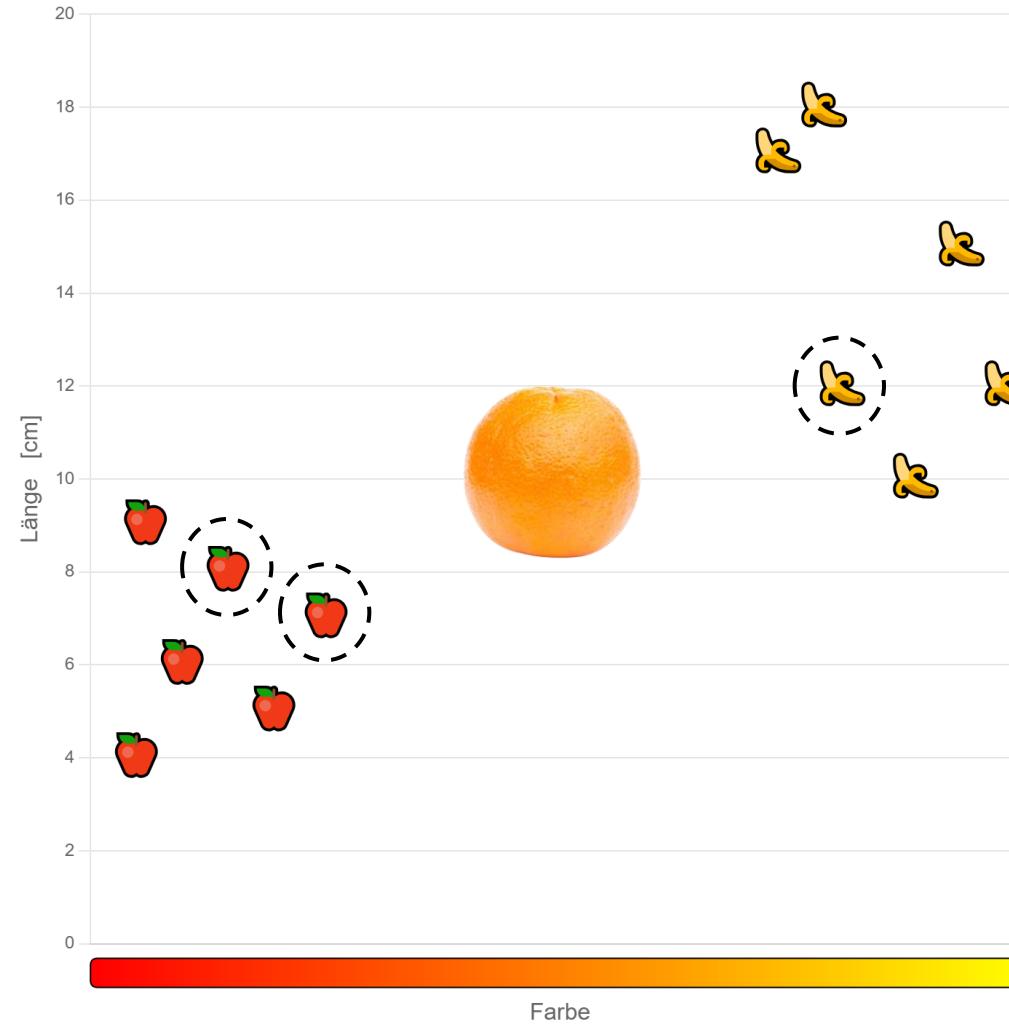
- Was passiert, wenn wir versuchen, eine unbekannte Frucht vorherzusagen?



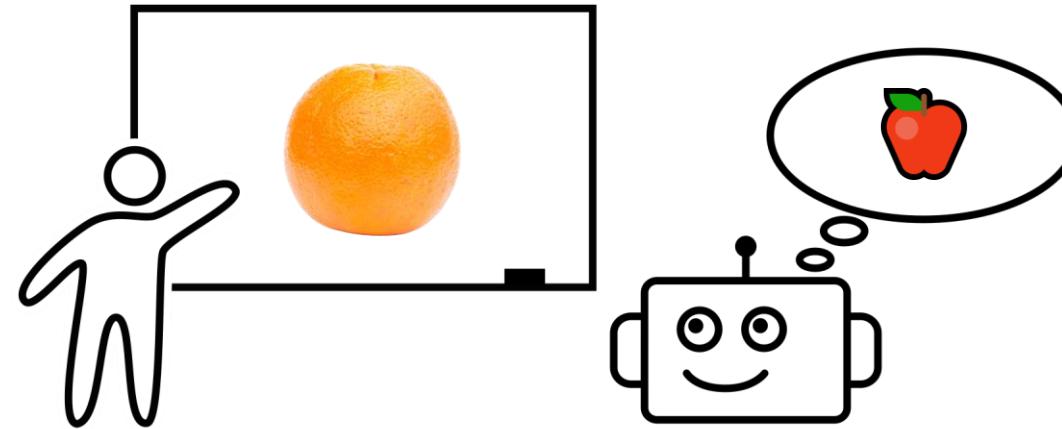
# Noch nie gesehene Beispiele?



# Noch nie gesehene Beispiele?



Noch nie gesehene Beispiele?



# Einfluss von schlechten Daten

1

Schaltet das Gerät in den Vorhersagemodus und blendet die Entscheidungsgrenze ein.



2

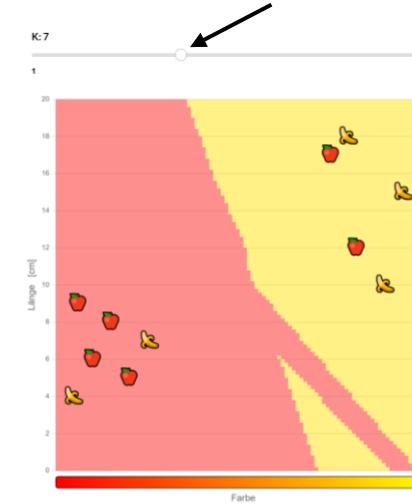
Manipuliert die Daten. Ändert einen Teil der Labels und beobachtet, wie sich die Entscheidungsgrenze ändert.

Länge [cm]	Farbe	Label	Entfernen
7	■	Apfel	■
6	■	Apfel	■
5	■	Apfel	■
12	■	Banane	■
10	■	Banane	■
15	■	Banane	■
9	■	Apfel	■



3

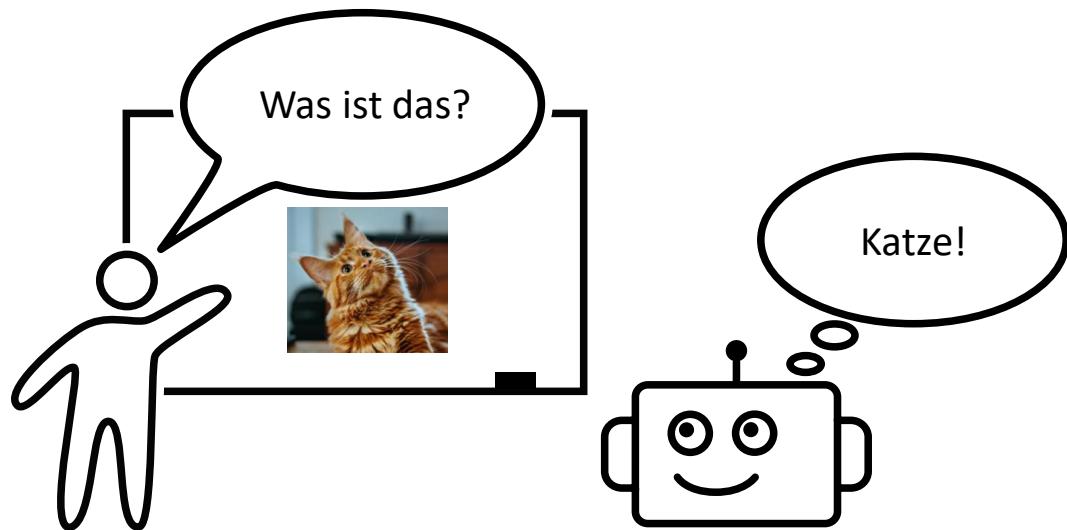
Versucht, die Anzahl der abstimmenden Nachbarn K zu ändern, um die Genauigkeit wiederherzustellen.



# Klassifizierung und Regression

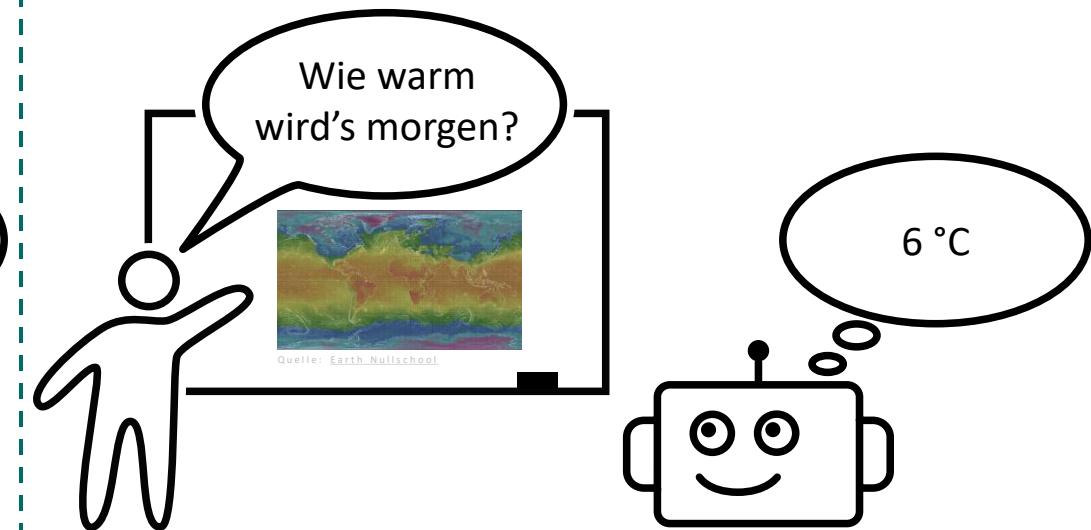
## Klassifizierung

- kategorische Variablen



## Regression

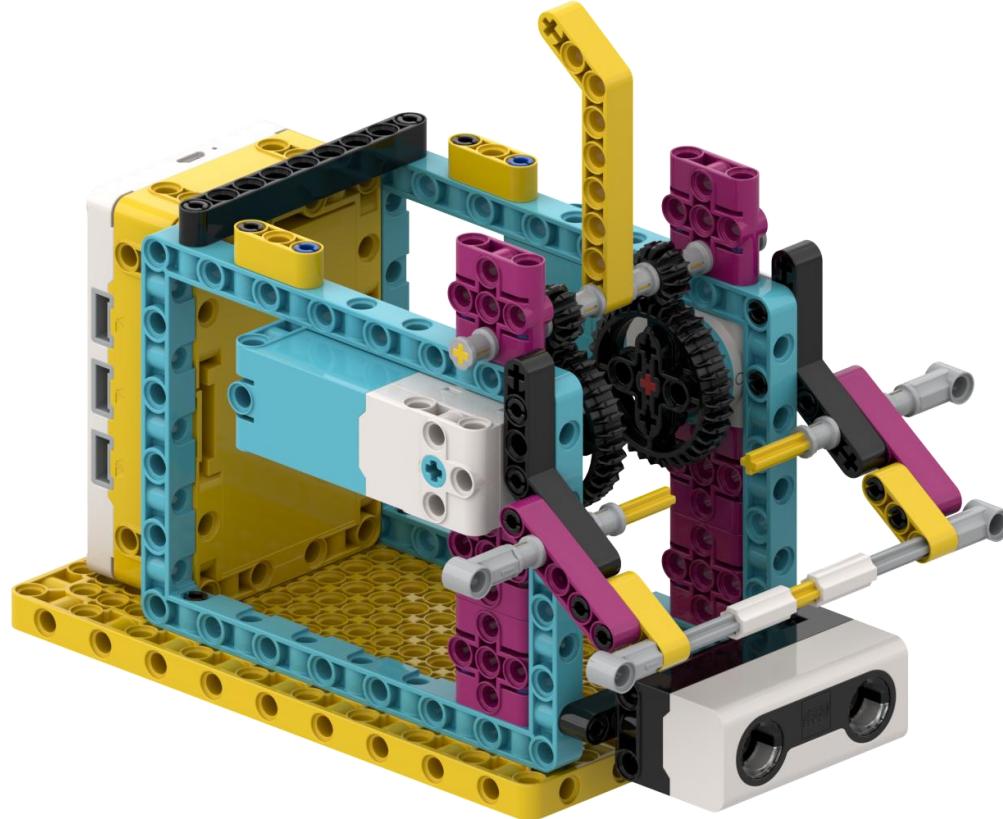
- kontinuierliche Variablen



# Pingponger – Konzept

**Features:** ?

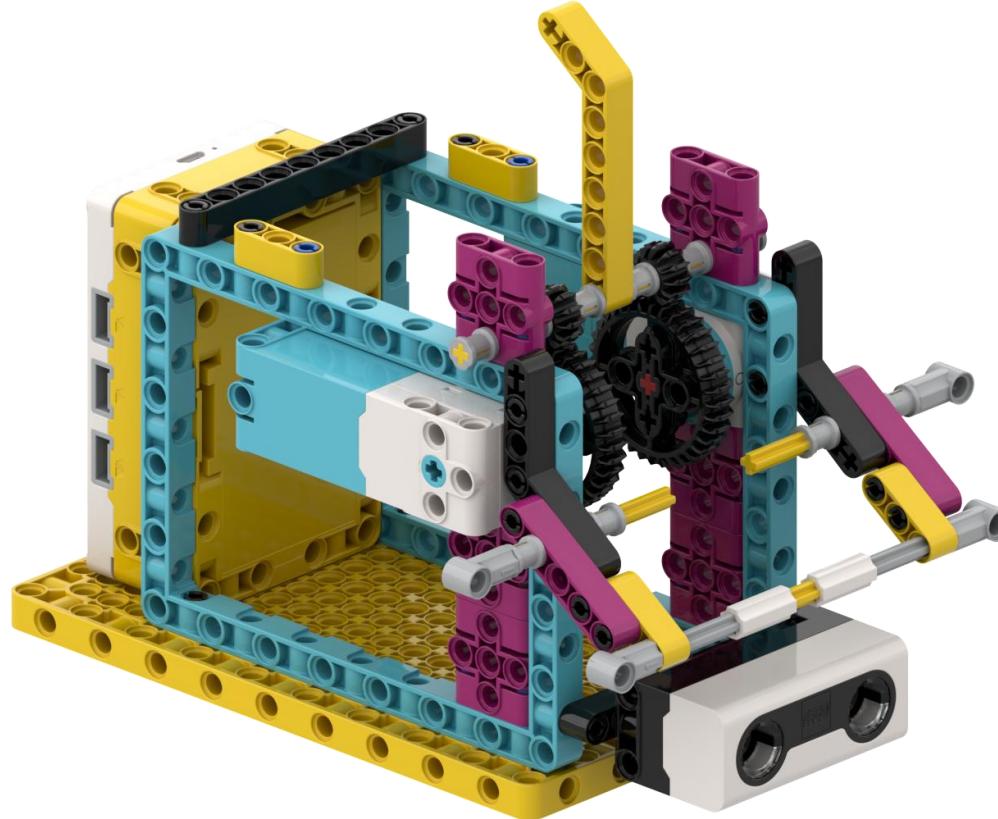
**Label:** ?



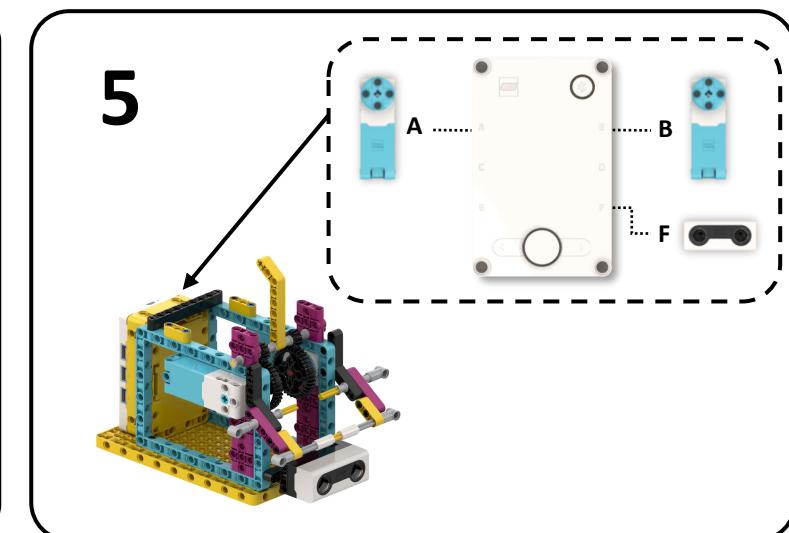
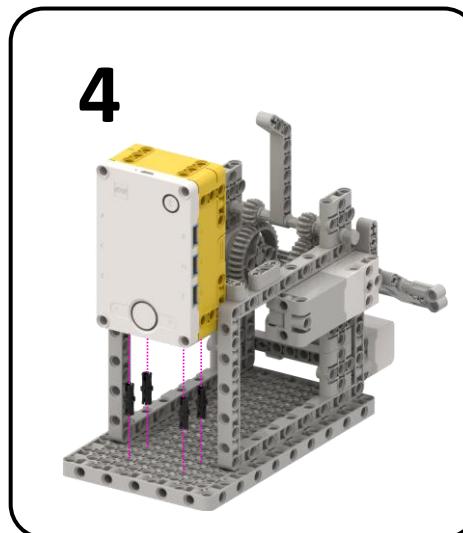
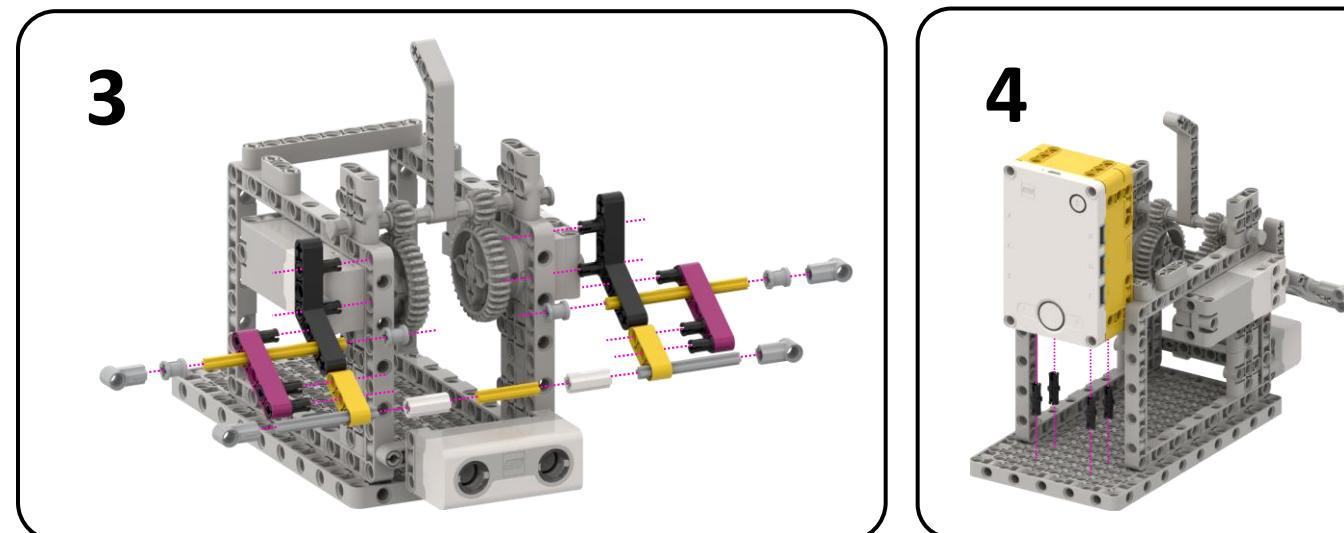
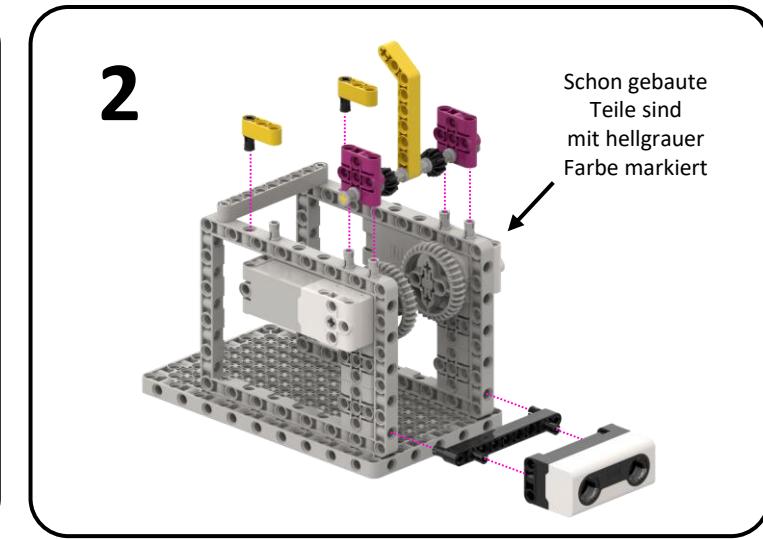
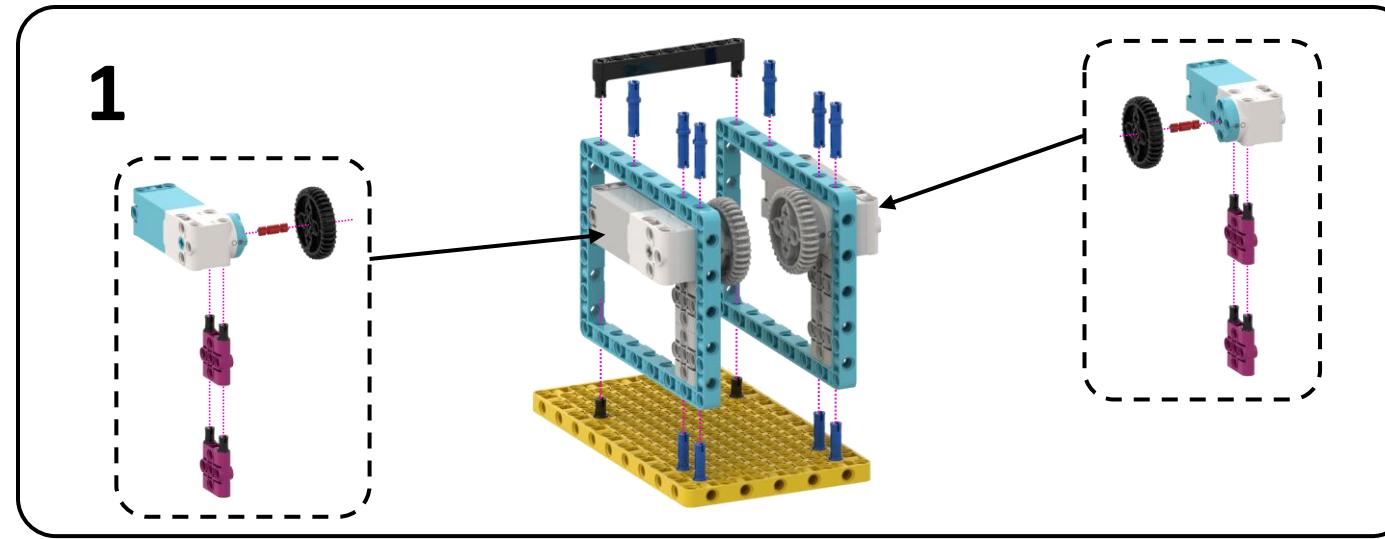
# Pingponger – Konzept

**Features:** Distanz zum Ziel

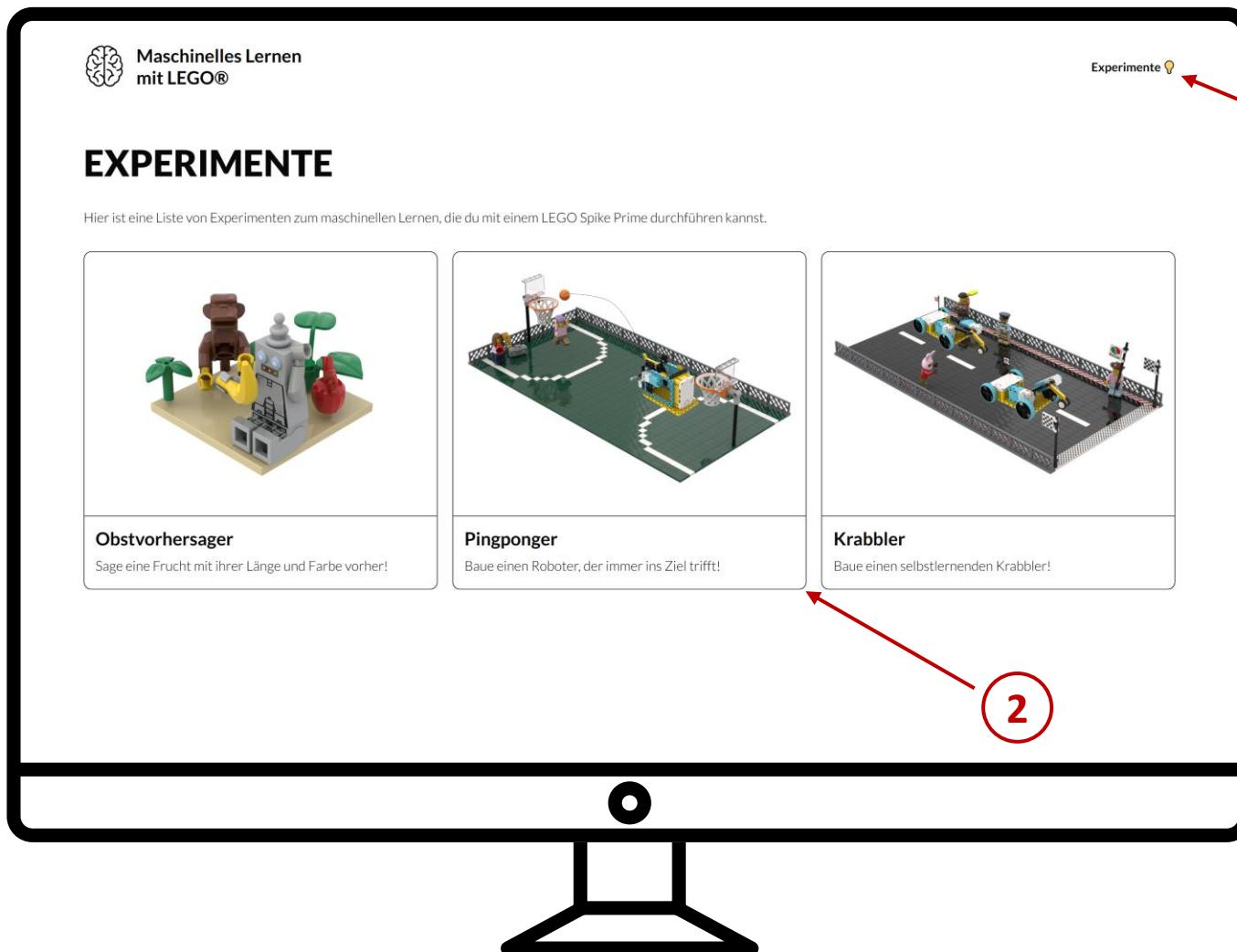
**Label:** Geschwindigkeit der Motoren



# Pingponger – Bauen



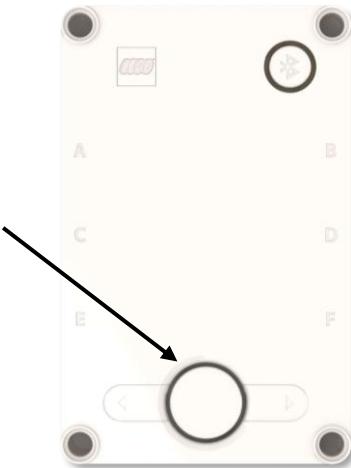
# Experimentseite öffnen



# Hub verbinden und Programm starten

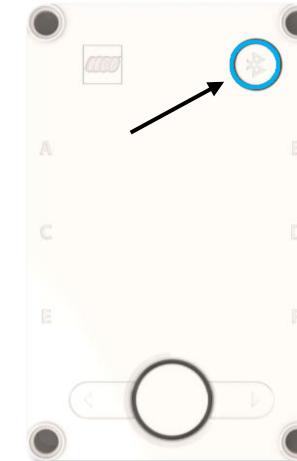
1

Schaltet den Hub mit  
Drücken der großen Taste  
für etwa 3 Sekunden ein.



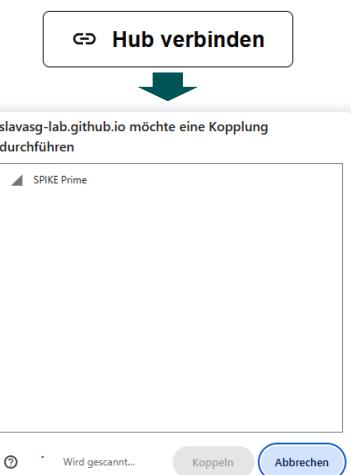
2

Klickt auf den Bluetooth-  
Button und wartet, bis der  
Hub piept.



3

Klickt auf "Hub verbinden",  
sucht euren Hub im  
Fenster, wählt ihn aus und  
klickt auf "Koppeln".



4

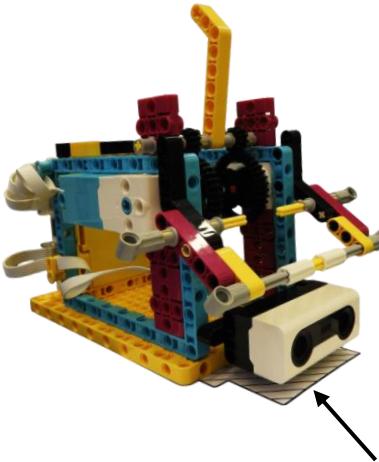
Klickt auf 'Programm  
starten' und wartet, bis  
eine Benachrichtigung auf  
der Webseite erscheint.

▶ Programm starten

# Pingponger – Datensammlung

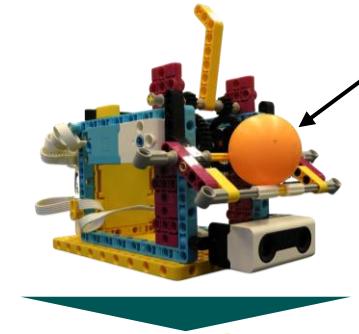
1

Stellt den Pingponger in die schraffierte Fläche auf der Matte.



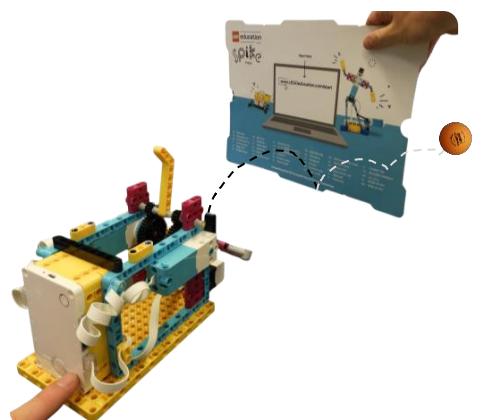
2

Legt den Ball in den Halter und platziert den Schläger über dem Ball. Klickt auf die linke Taste, um den Ball zu werfen.



3

Haltet den Karton an der Stelle, an der der Ball gelandet ist und drückt die rechte Taste, um die Länge zu messen.



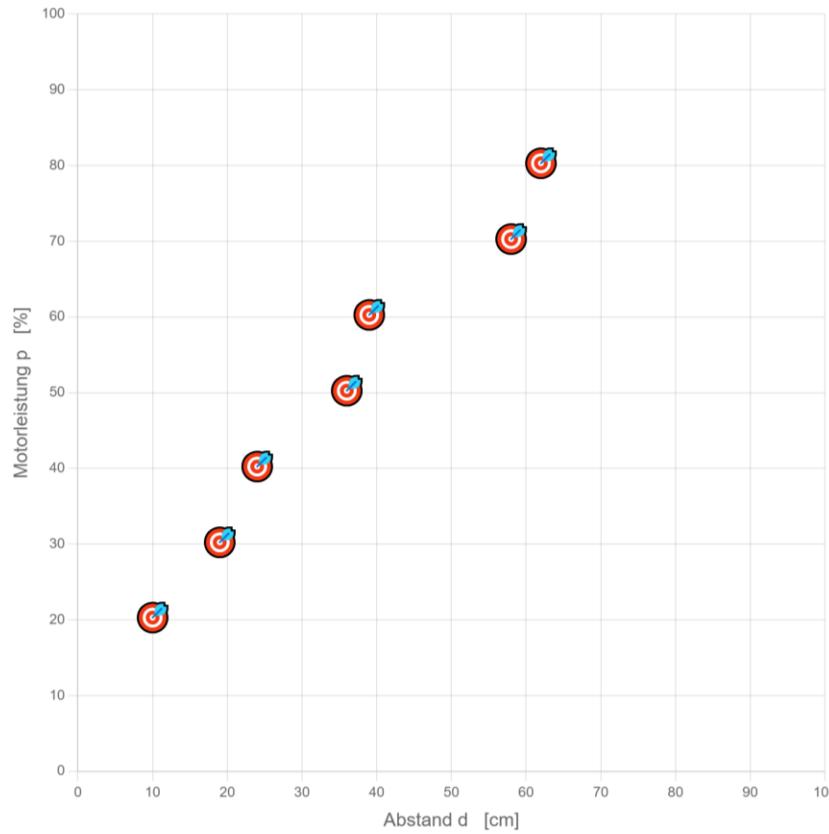
4

Wiederholt die Messung für andere Geschwindigkeiten.

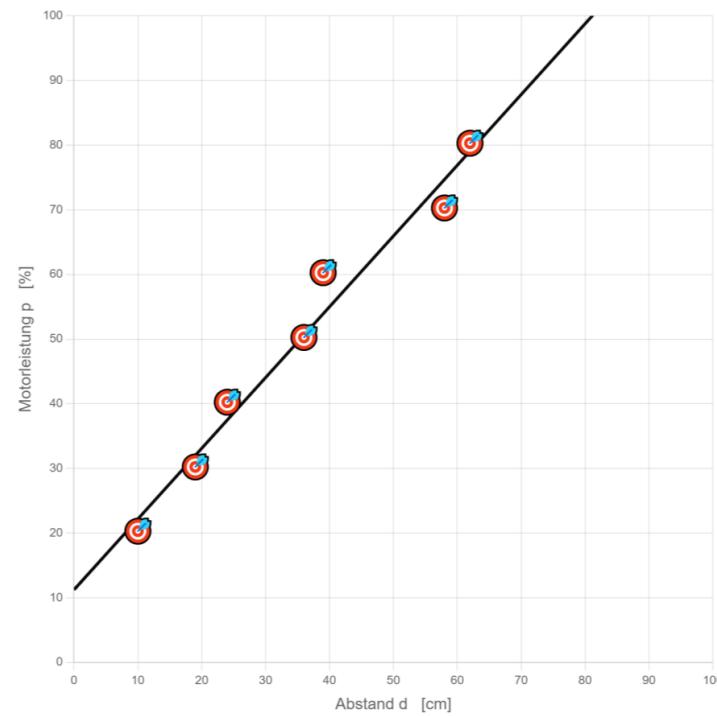
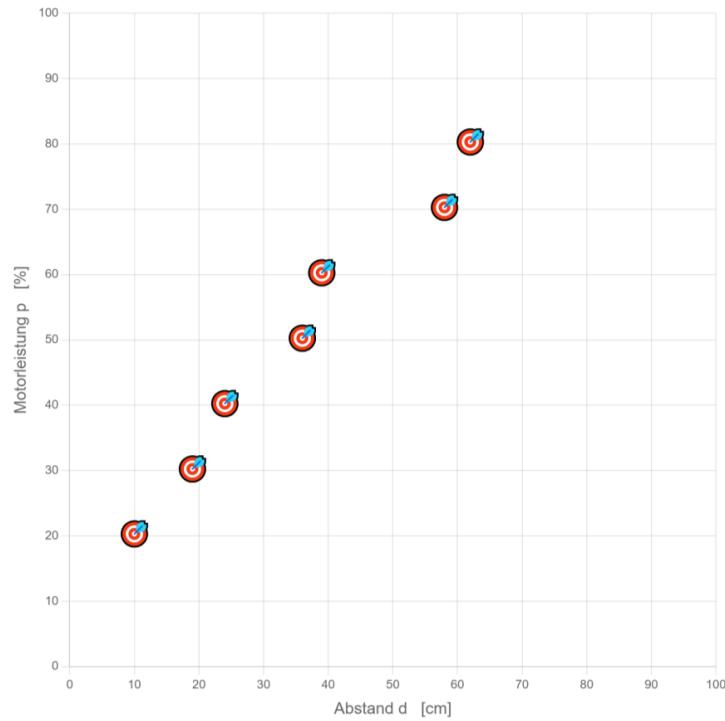
Motorleistung: 10% → 33%



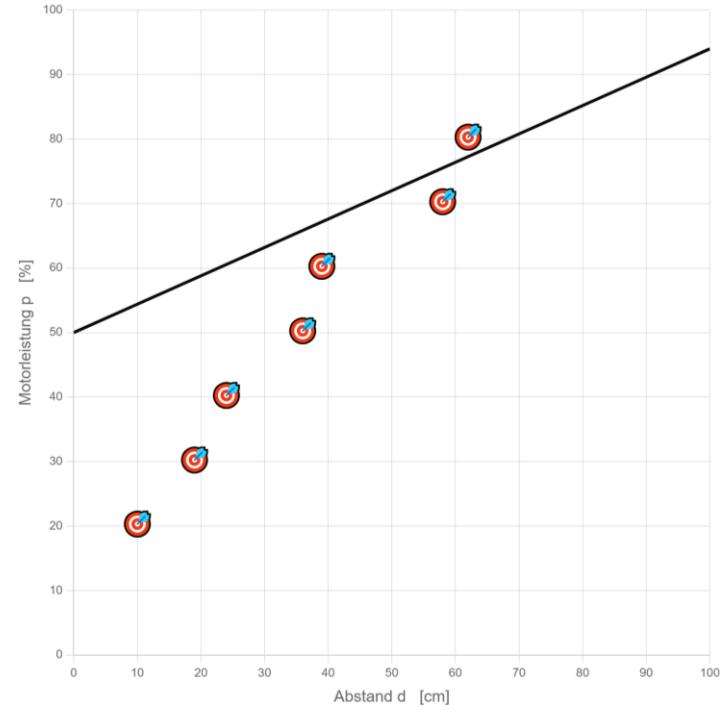
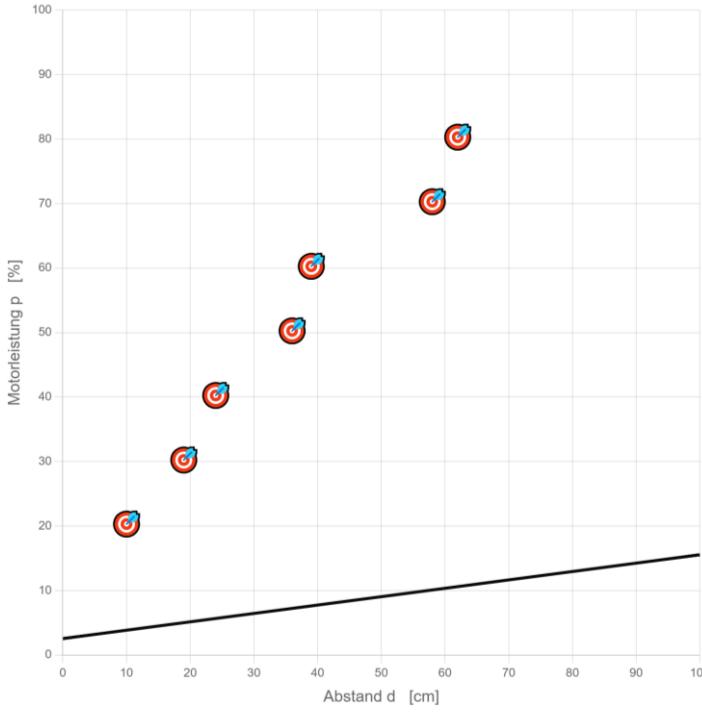
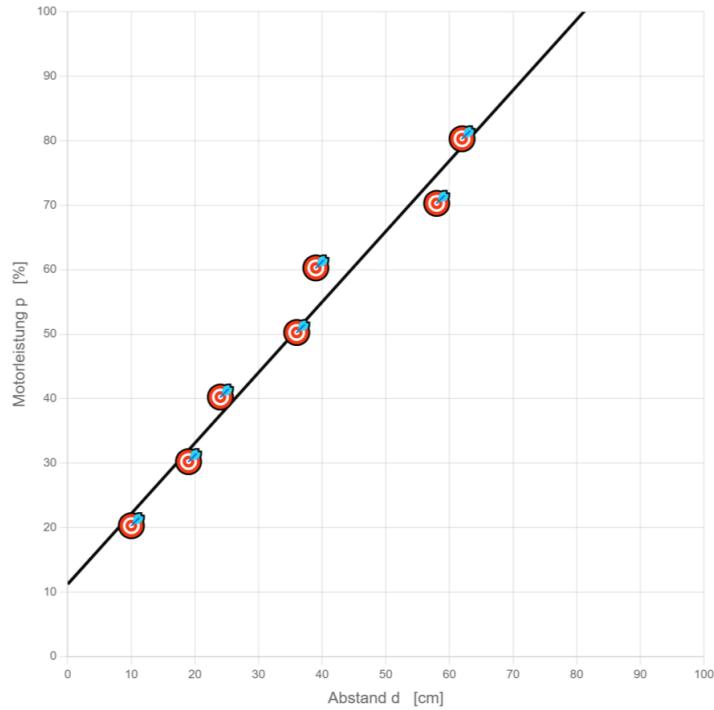
# Pingponger – Datenanalyse



# Pingponger – Datenanalyse

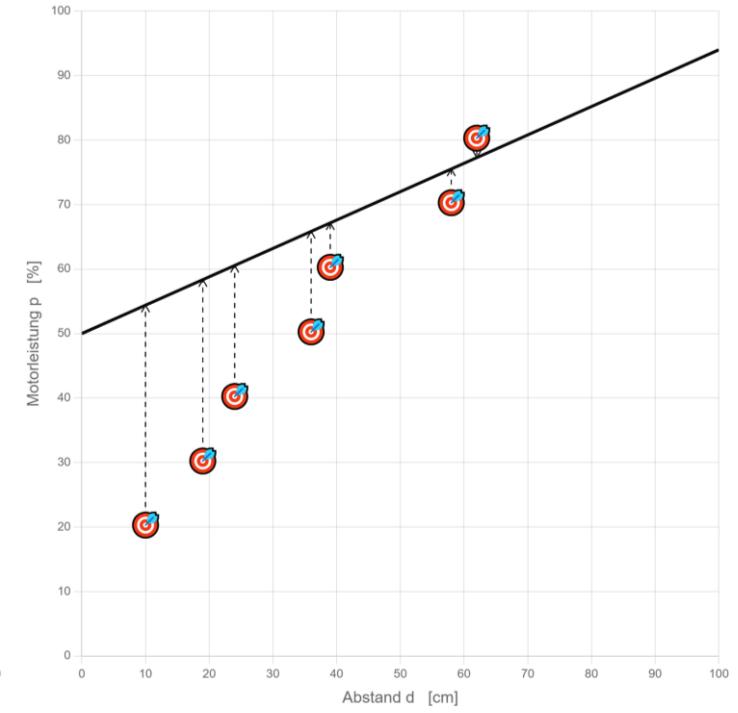
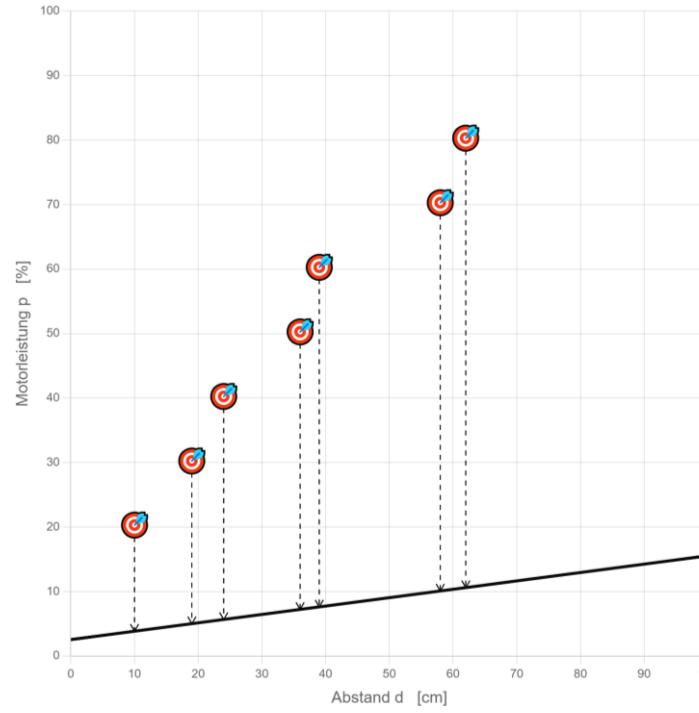
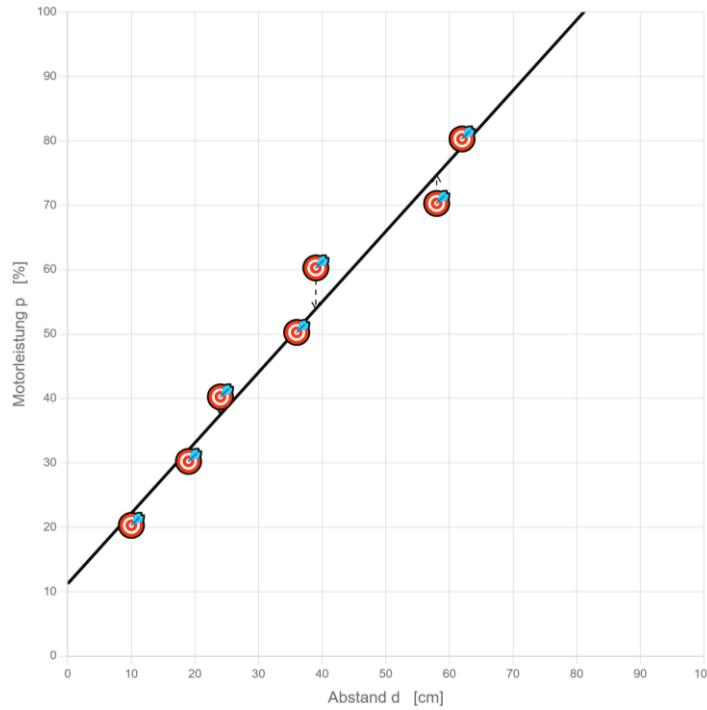


# Wie gut passt die Gerade?



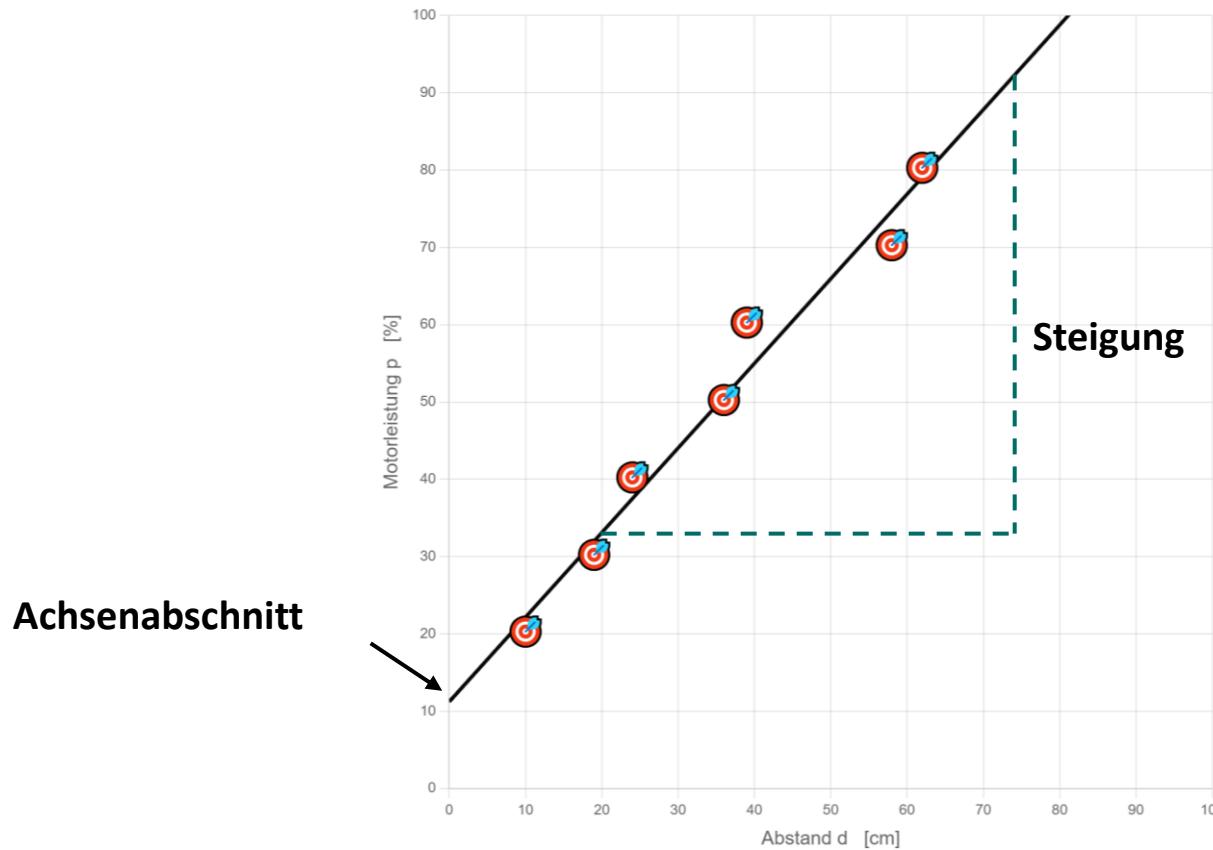
# Wie gut passt die Gerade?

- **Verlust (Loss)** beschreibt, wie gut die Modellvorhersagen sind.



# Lineare Regression

- **Lineare Regression** – Bestimmen einer Geraden, die den Zusammenhang zwischen Variablen wiedergibt.



# Pingponger – Parameter auswählen

1

Schaltet das Gerät in den Vorhersagemodus.

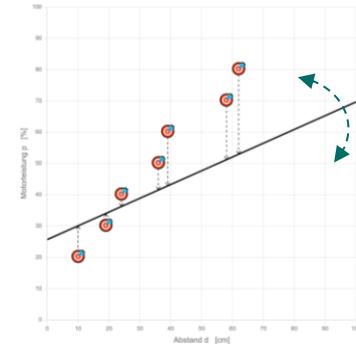
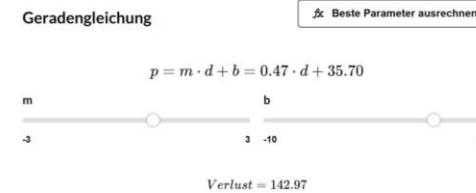
Training

Vorhersage

\*Klick\*

2

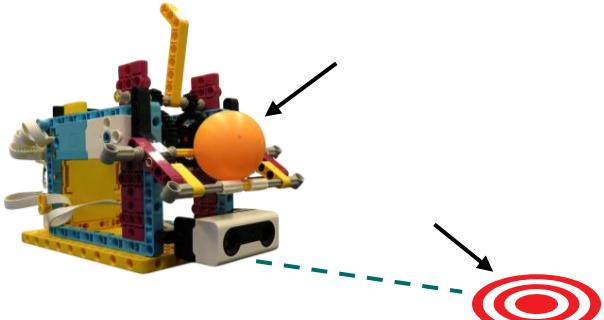
Versucht, Steigung und Achsenabschnitt zu ändern, um die Linie zu bewegen und damit Verlustfunktion zu minimieren.



# Pingponger – Vorhersage

**1**

Legt den Ball in den Halter und platziert das Ziel vor dem Pingponger.



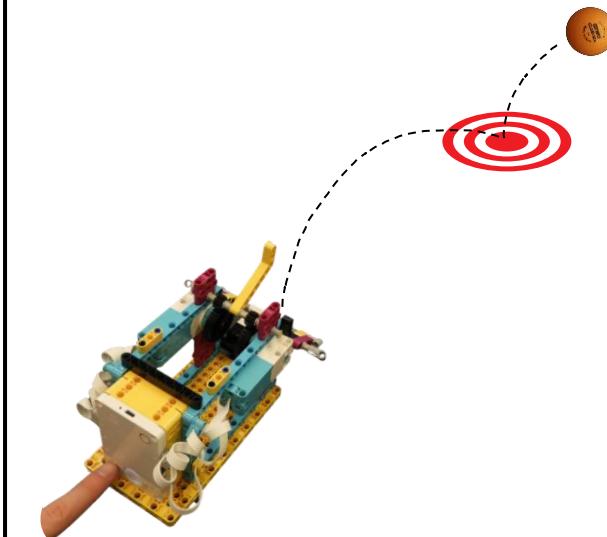
**2**

Messt die Entfernung zum Ziel.  
Stellt den LEGO Karton in die Mitte des Ziels und drückt die rechte Taste.

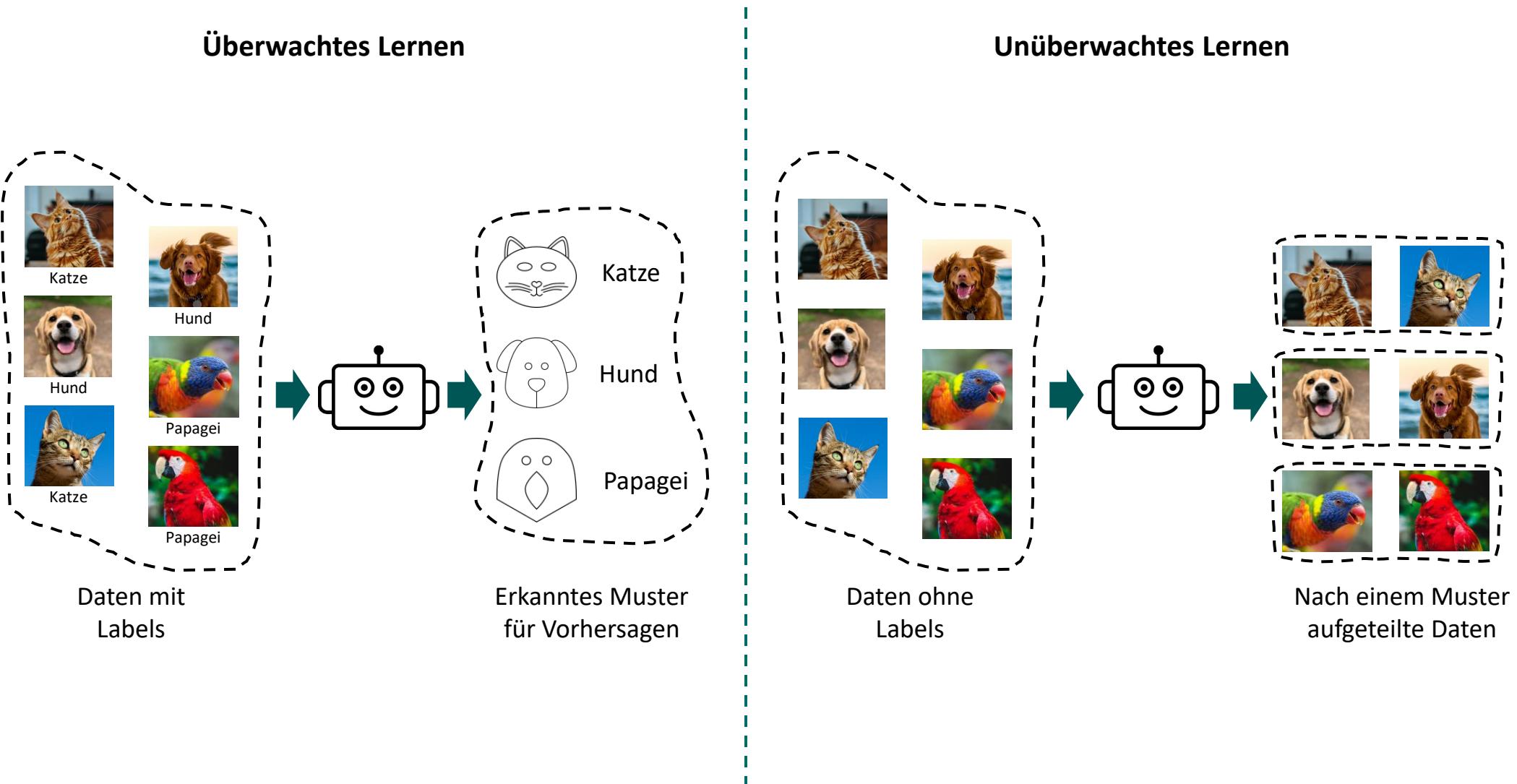


**3**

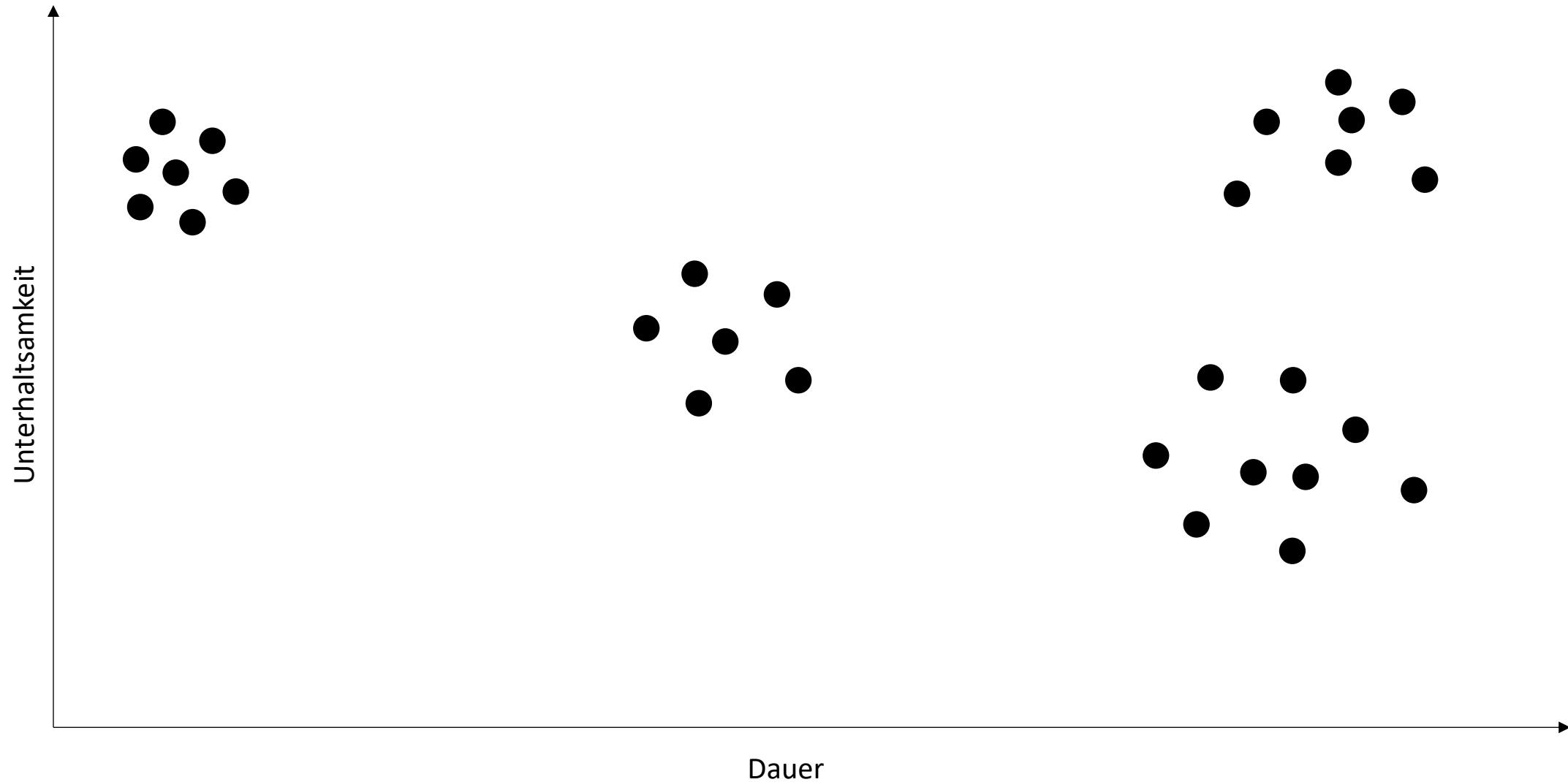
Schießt den Ball mit der linken Taste ins Ziel!



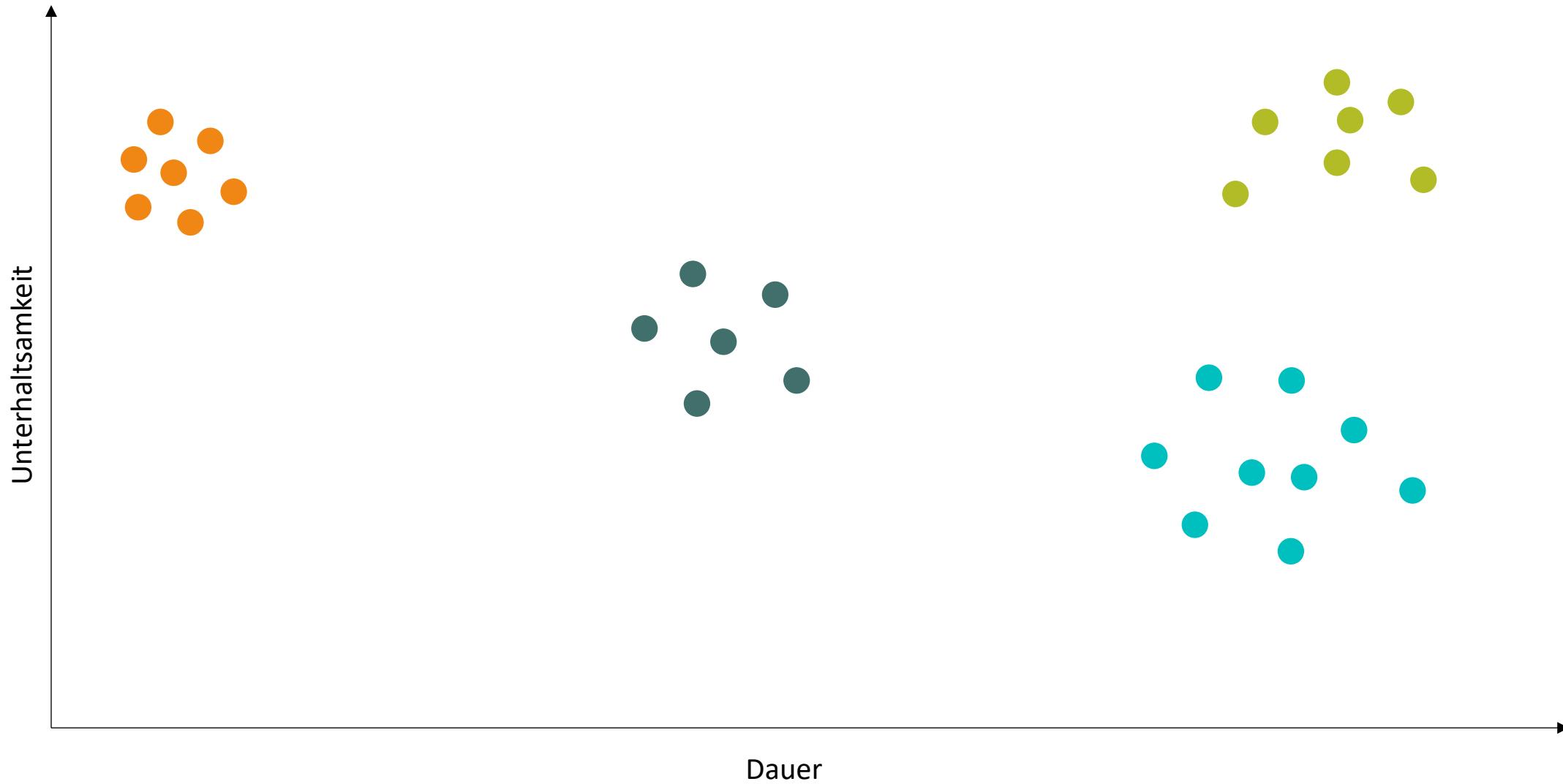
# Überwachtes und unüberwachtes Lernen



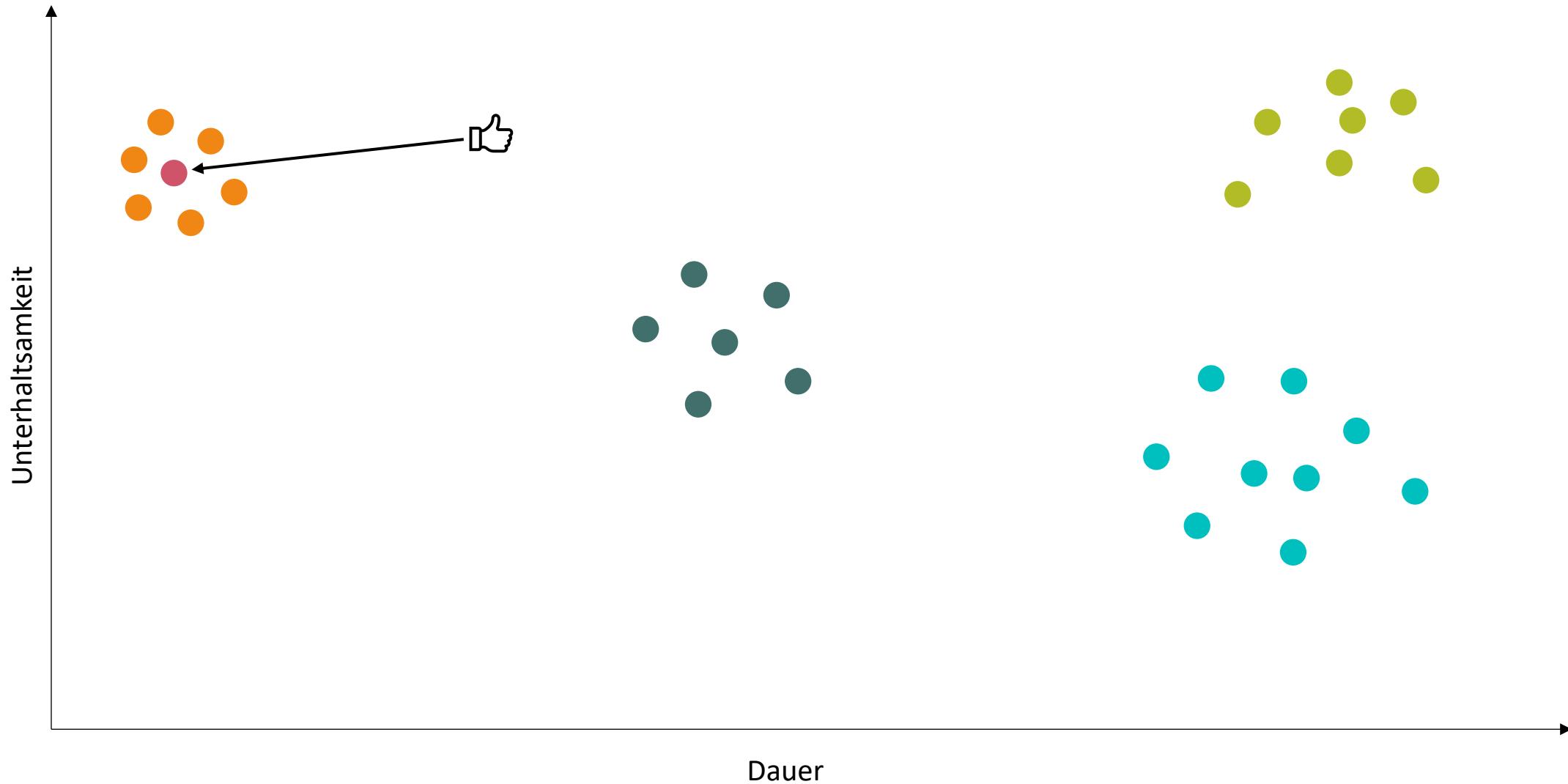
# Wie man neue Videos mit unüberwachtem Lernen empfehlen kann



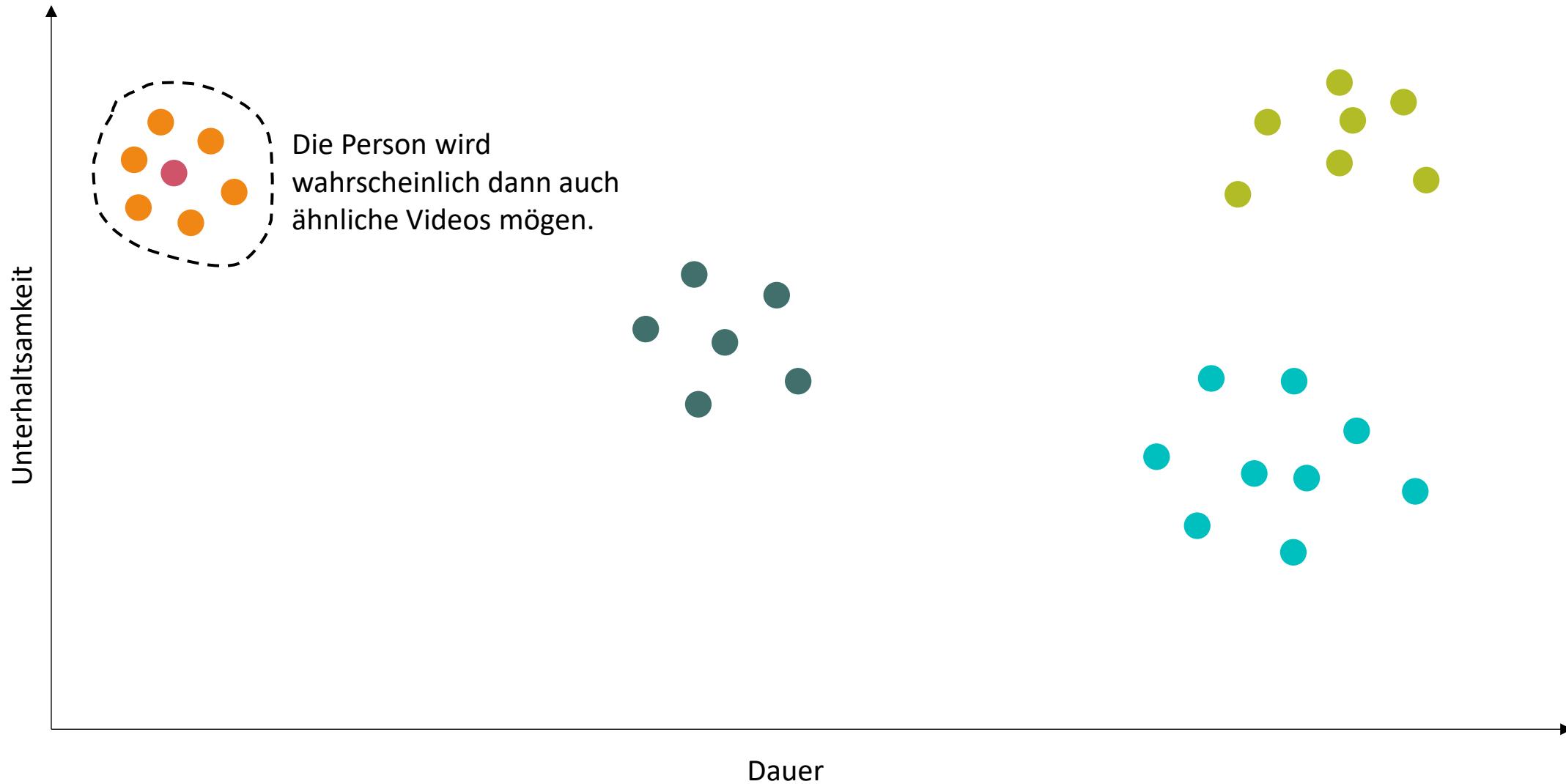
# Wie man neue Videos mit unüberwachtem Lernen empfehlen kann



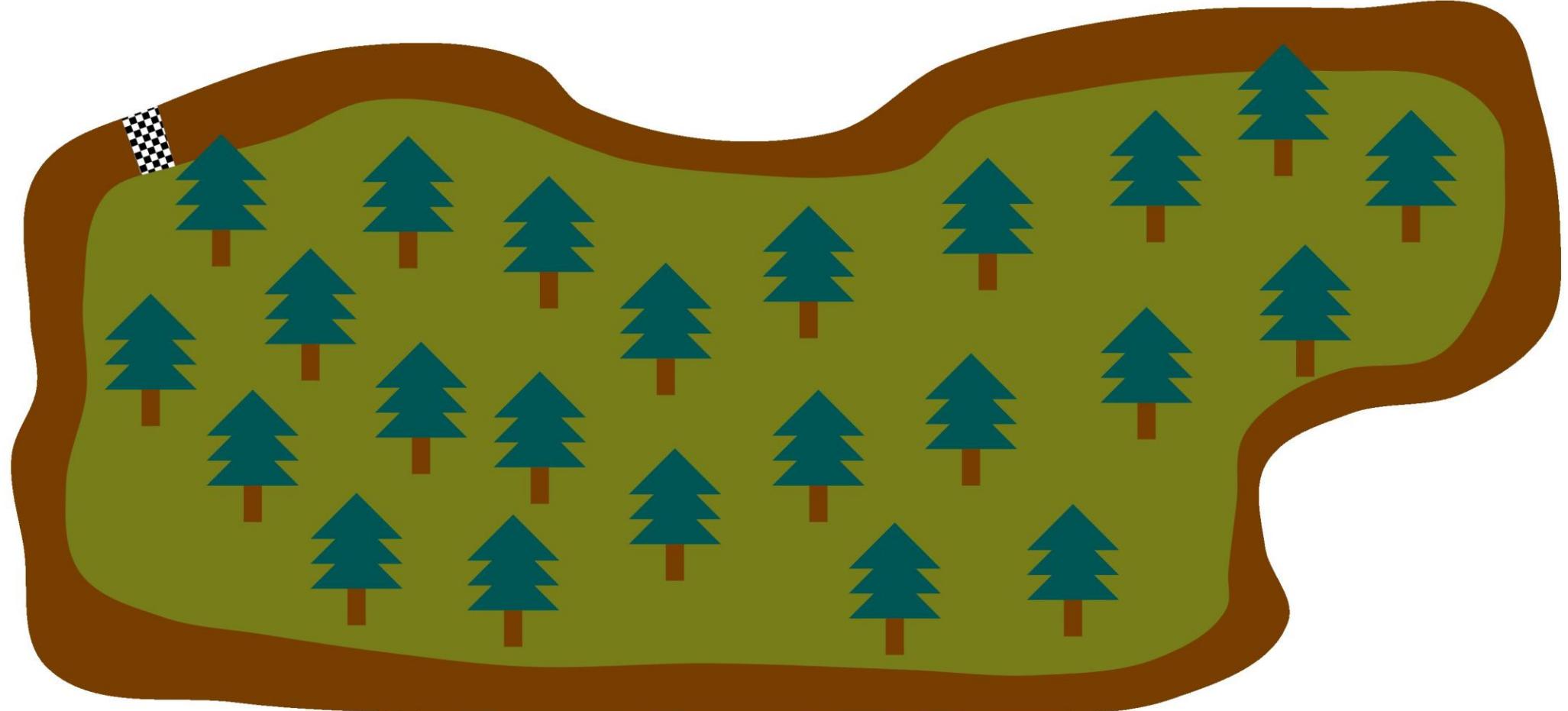
# Wie man neue Videos mit unüberwachtem Lernen empfehlen kann



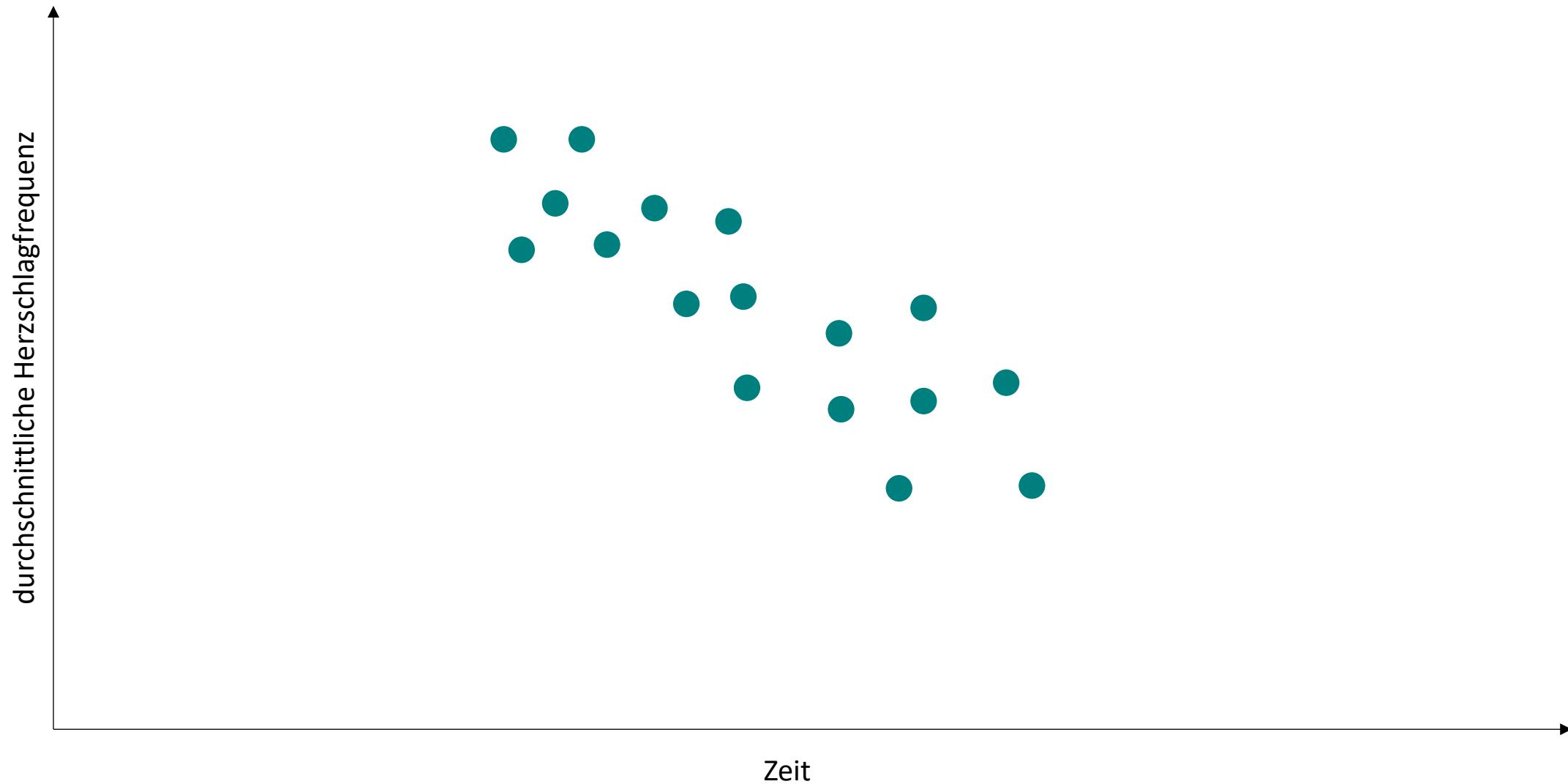
# Wie man neue Videos mit unüberwachtem Lernen empfehlen kann



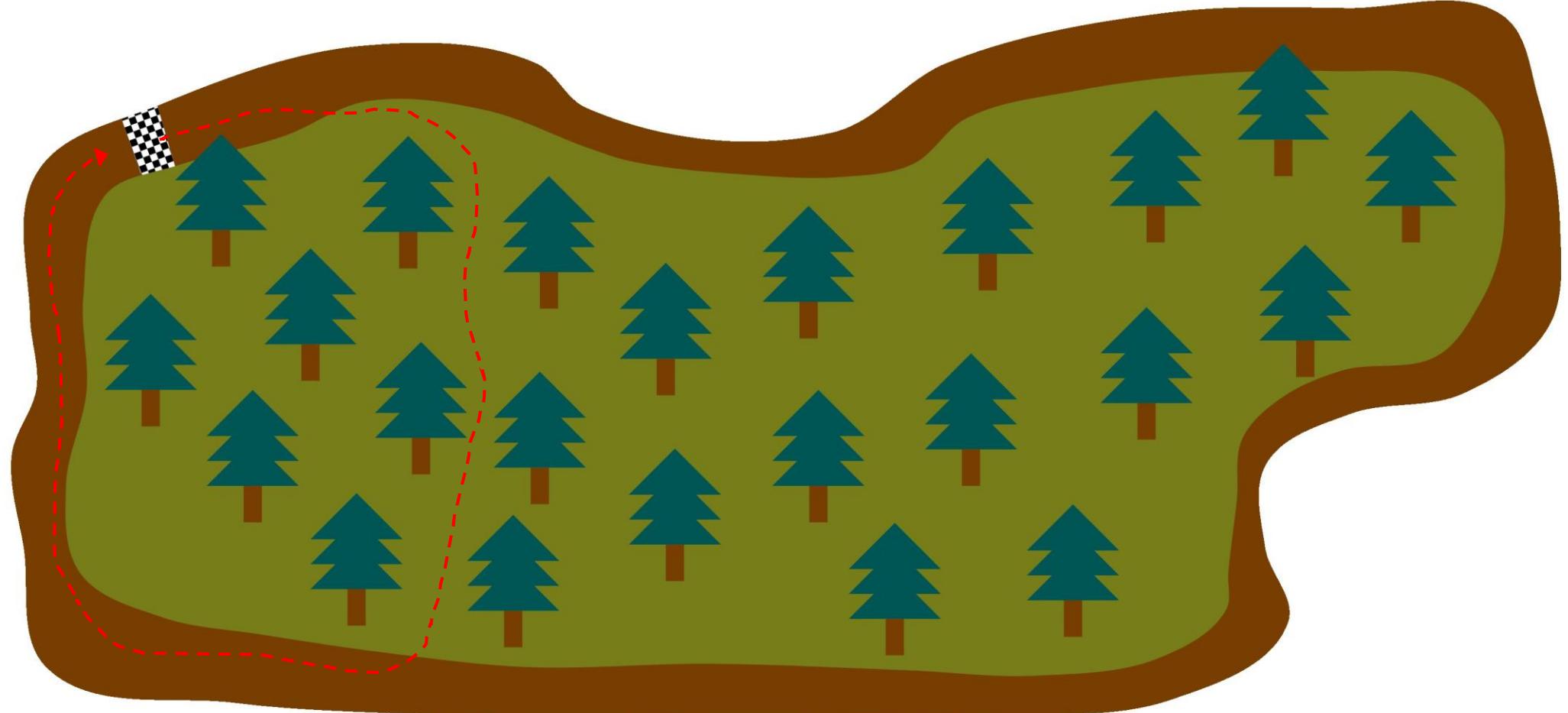
# Wie man Cheaters mit unüberwachtem Lernen erkennen kann



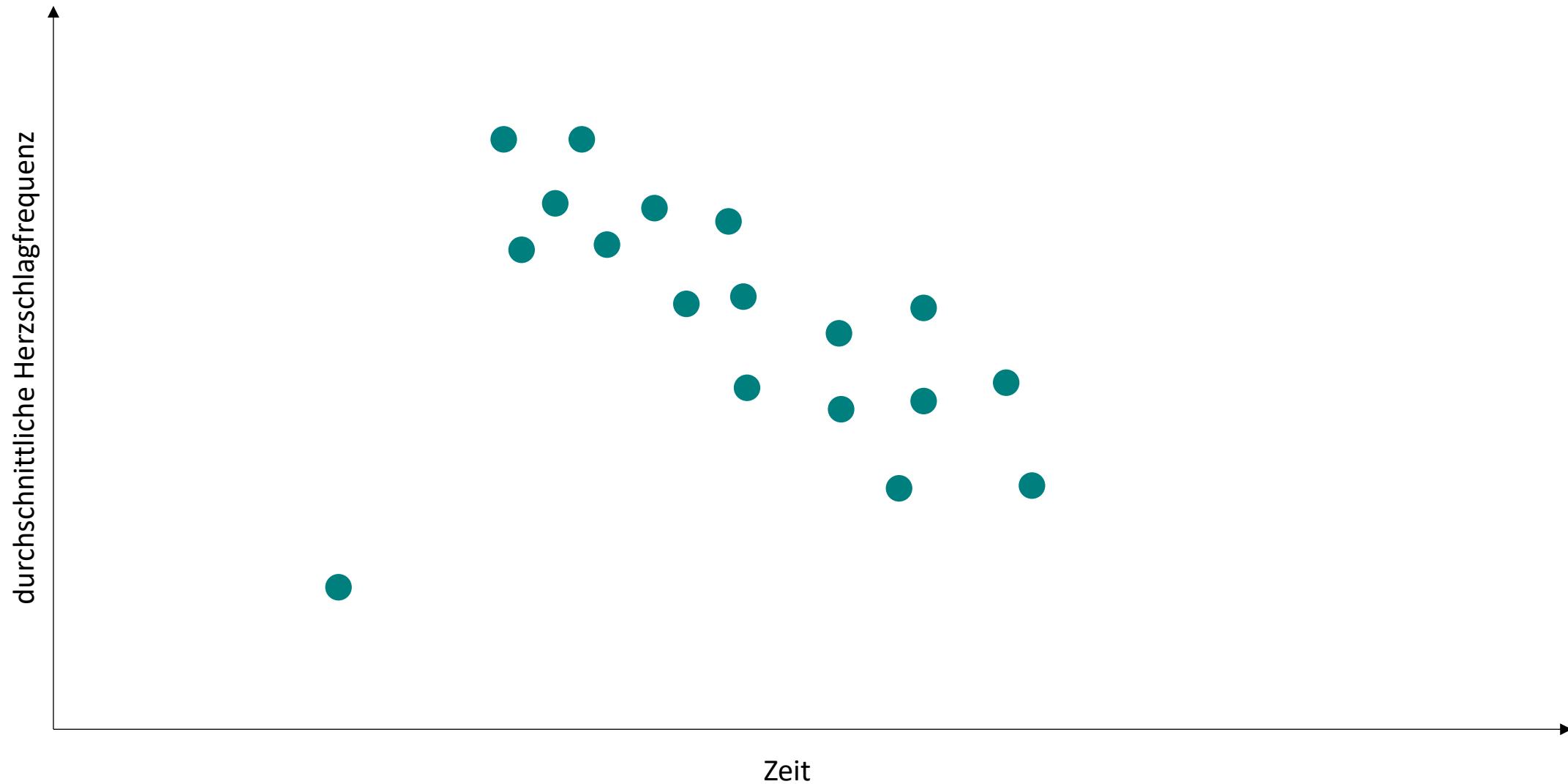
# Wie man Cheaters mit unüberwachtem Lernen erkennen kann



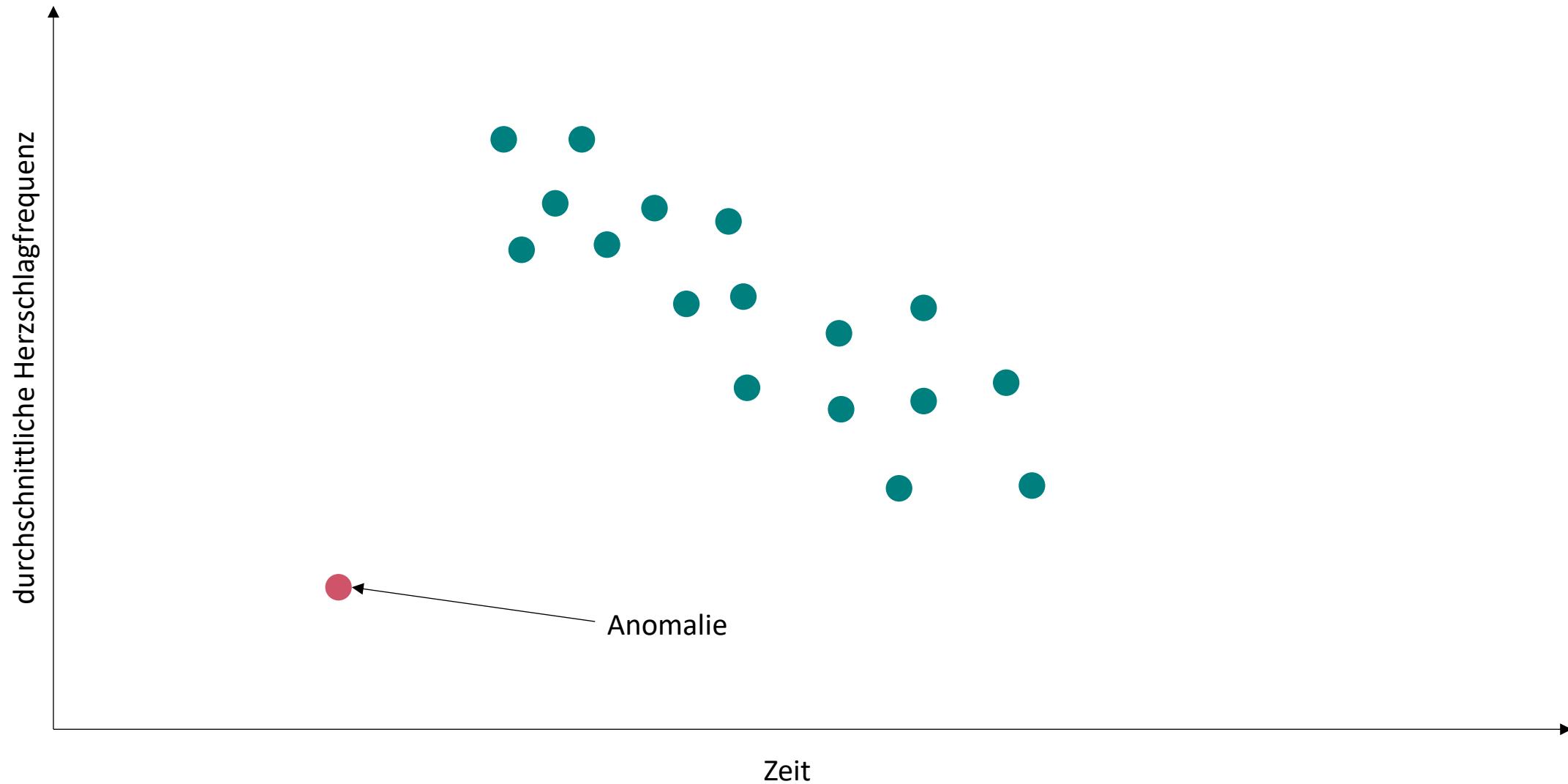
# Wie man Cheaters mit unüberwachtem Lernen erkennen kann



# Wie man Cheaters mit unüberwachtem Lernen erkennen kann

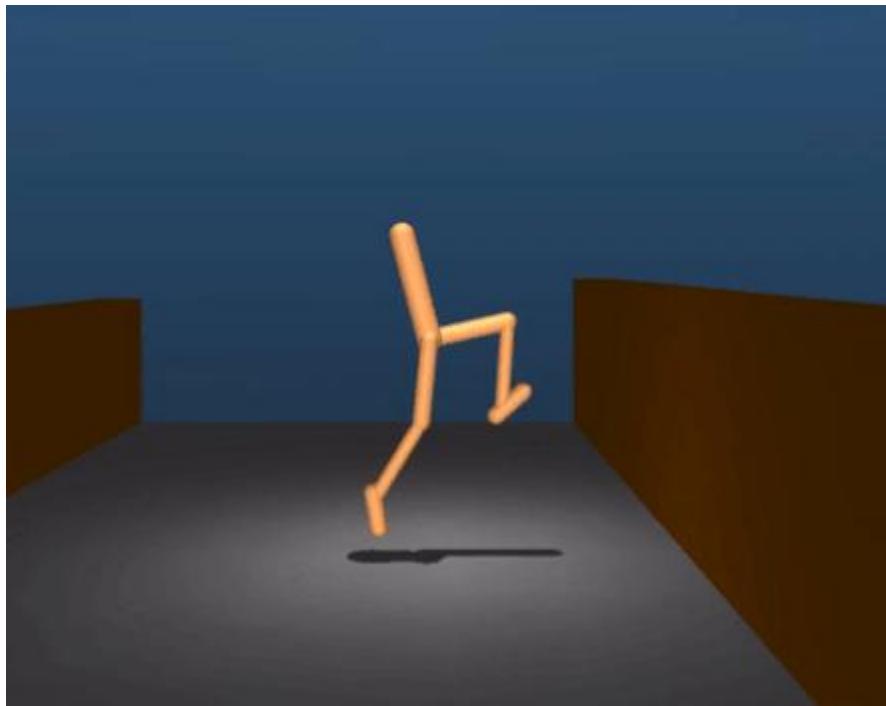


# Wie man Cheaters mit unüberwachtem Lernen erkennen kann



# Bestärkendes Lernen

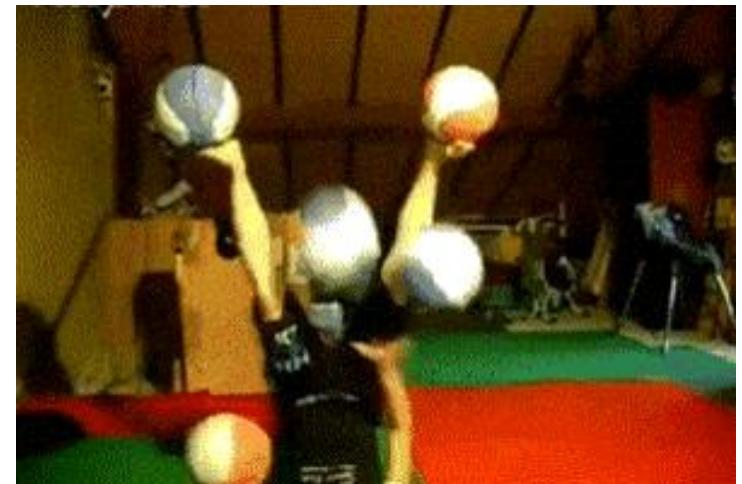
- Bestärkendes Lernen (**Reinforcement Learning**) – Lernen durch Versuch und Irrtum



Quelle: DeepMind

# Bestärkendes Lernen

- **Bestärkendes Lernen (Reinforcement Learning) – Lernen durch Versuch und Irrtum**



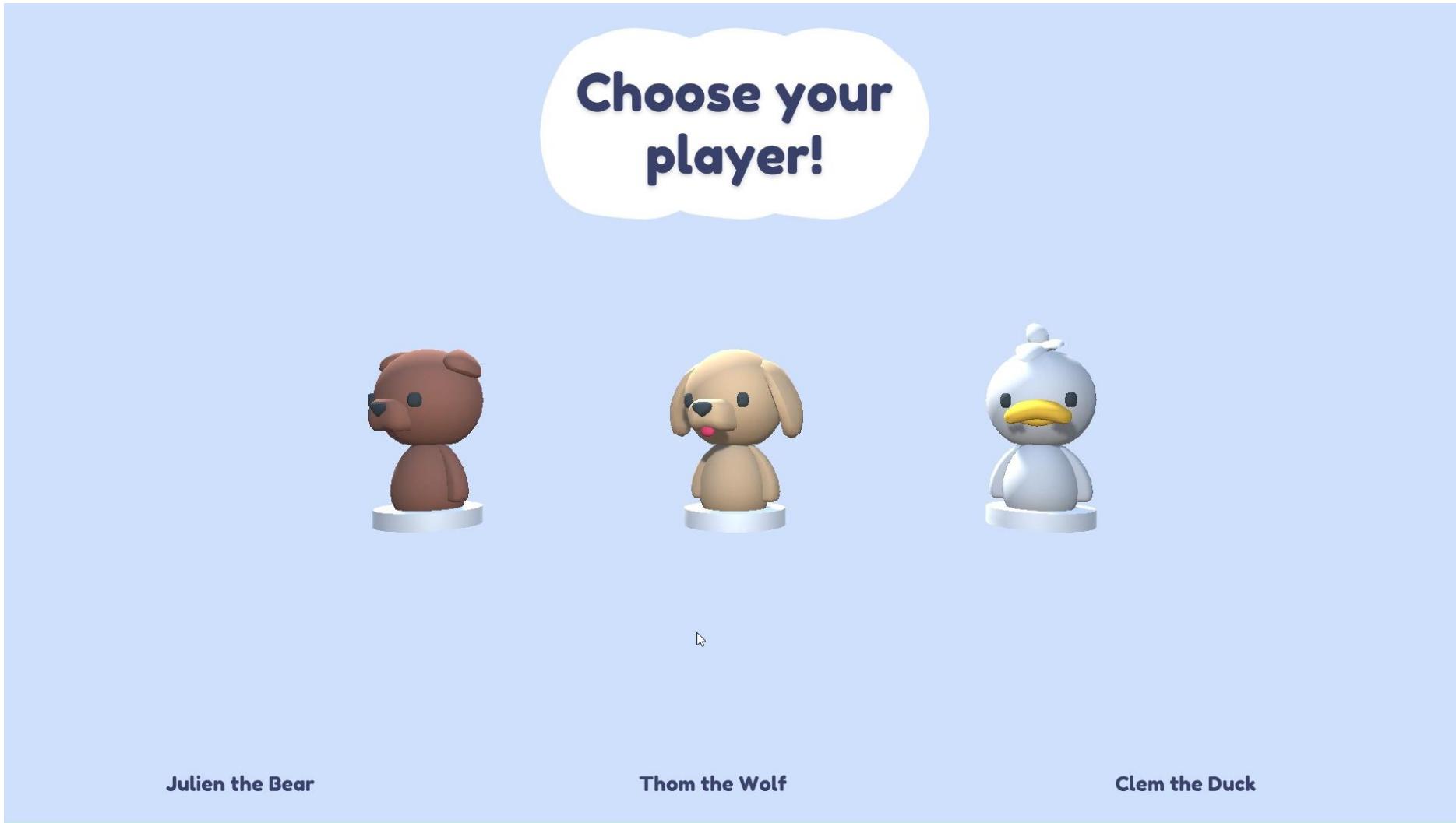
Quelle: [Giphy](#)

# Anwendungsbeispiele – Roboter



Quelle: [YouTube](#)

# Anwendungsbeispiele – Bots in Computerspielen

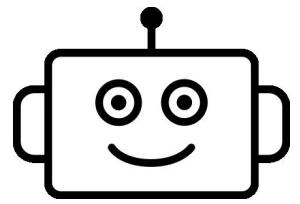


# Anwendungsbeispiele – Bots in Computerspielen



Quelle: [HuggingFace](#)

# Wichtige Begriffe

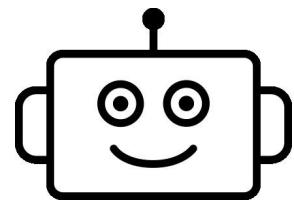


**Agent**



**Umgebung**

# Wichtige Begriffe



Agent

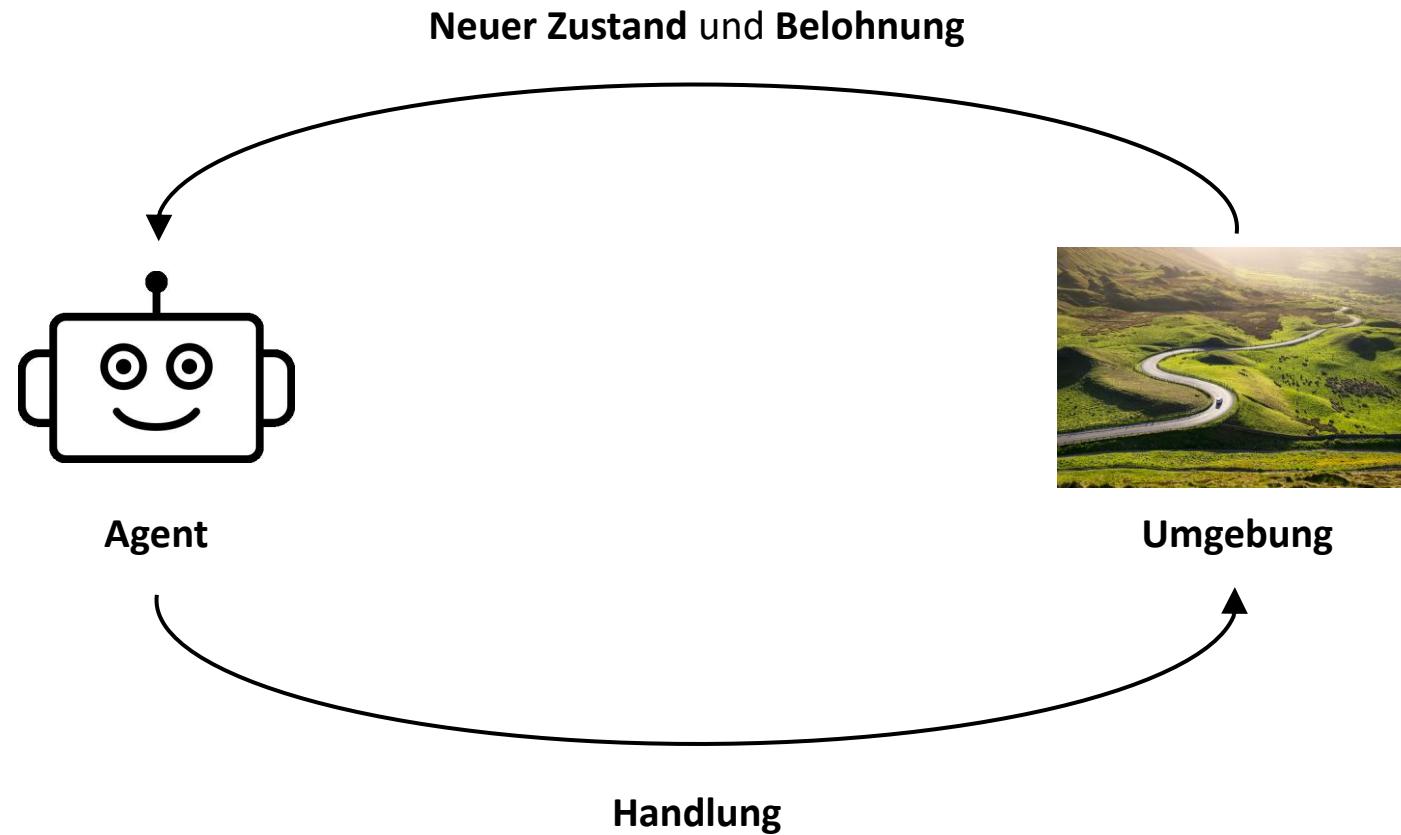


Umgebung

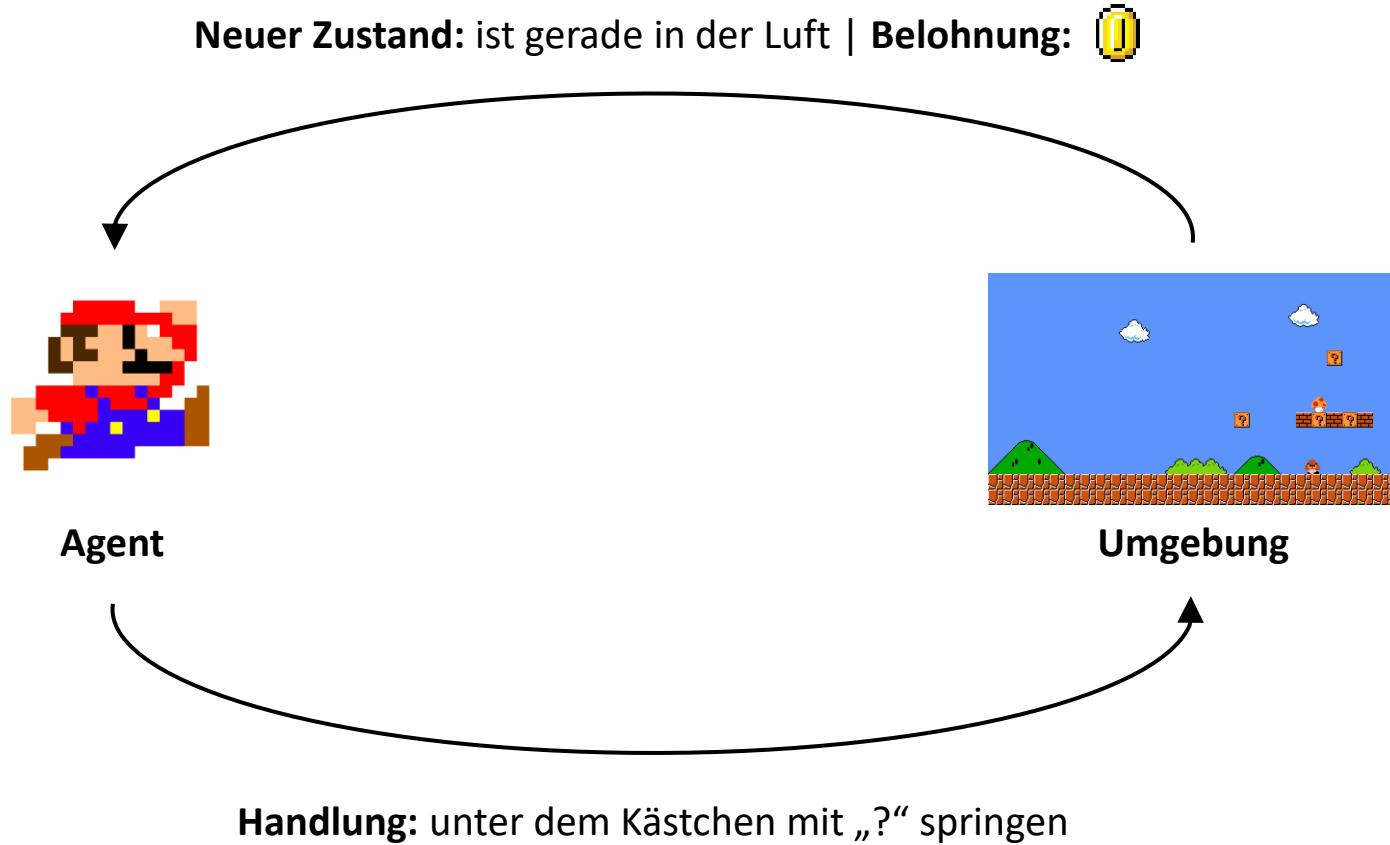


Handlung

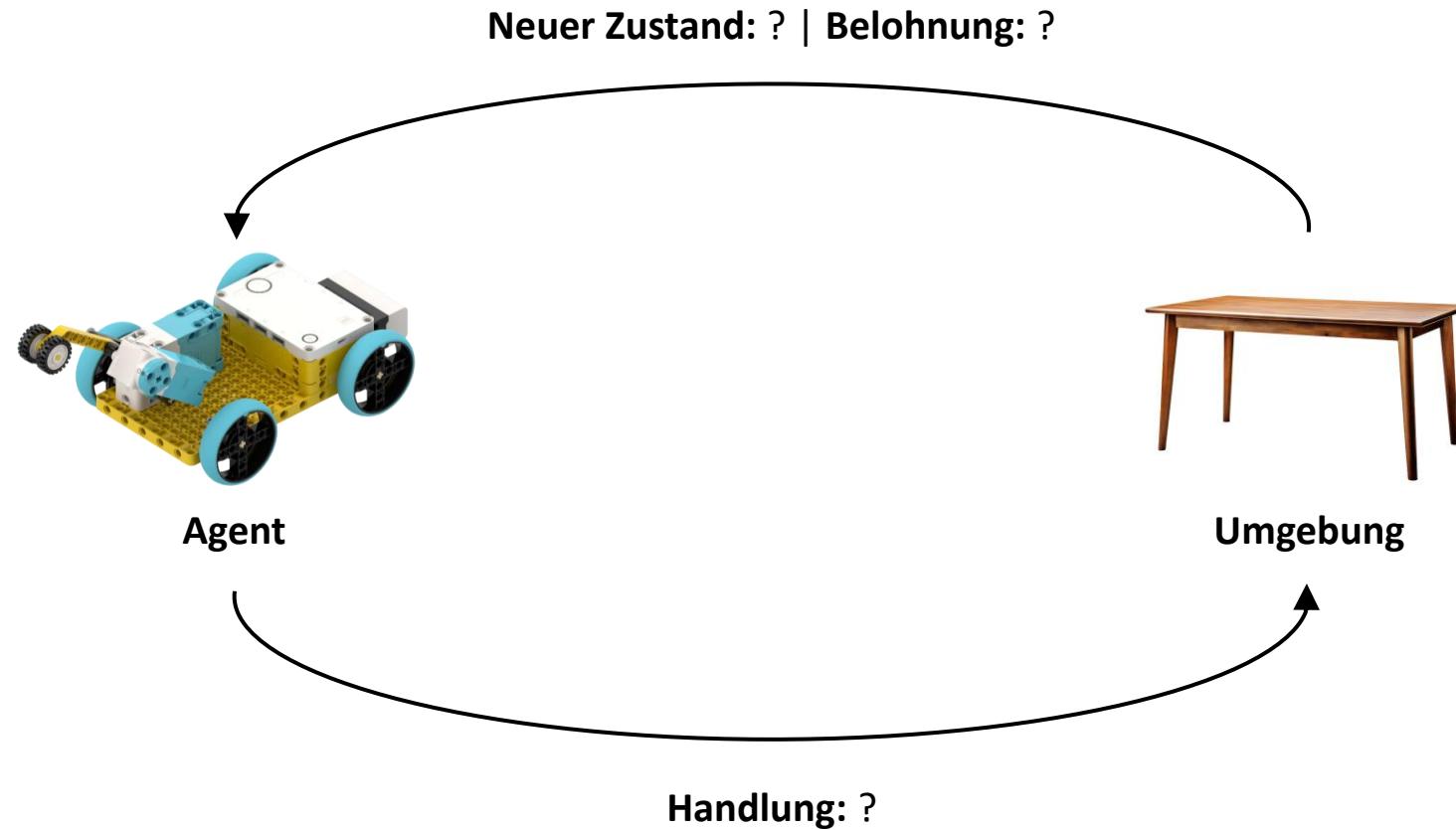
# Wichtige Begriffe



# Beispiel

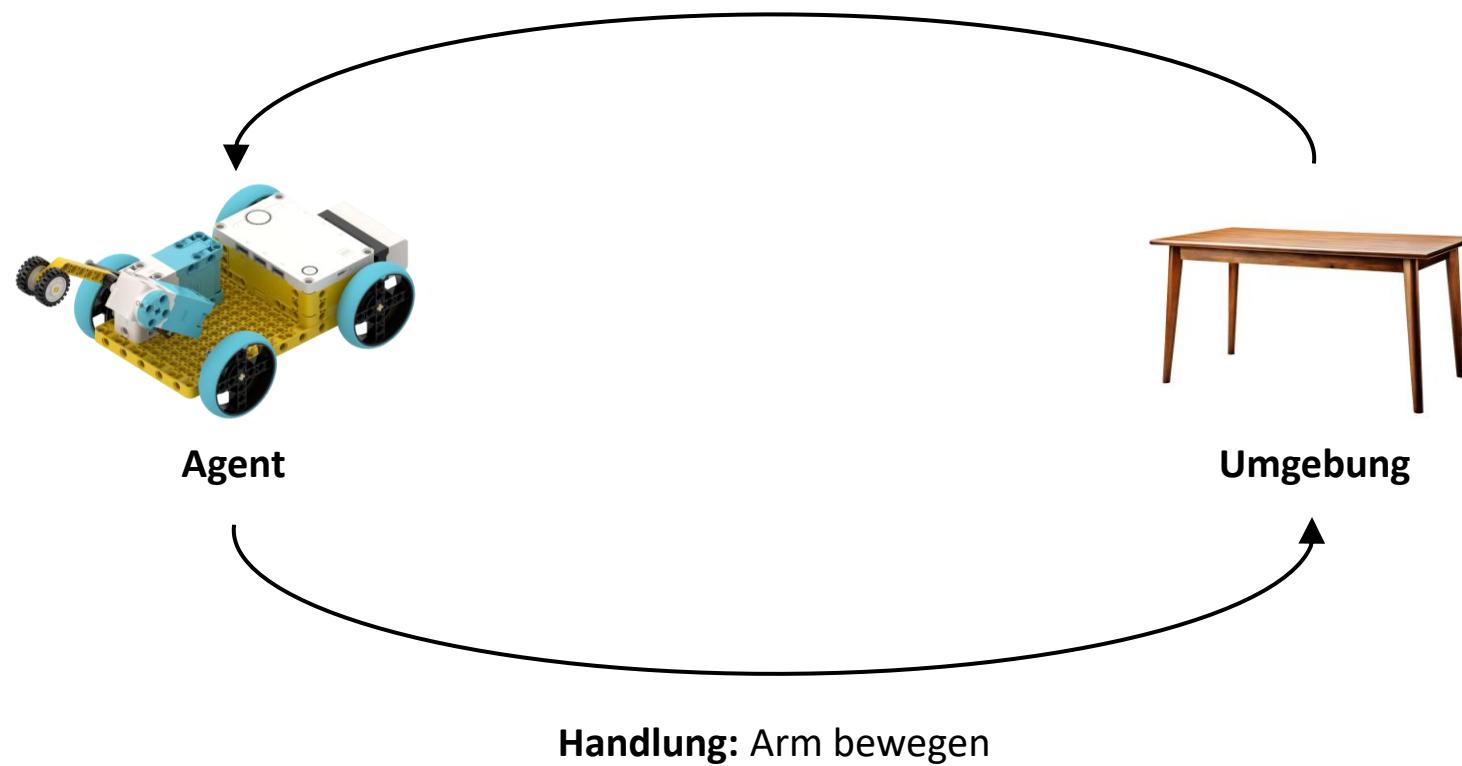


# Krabbler – Konzept



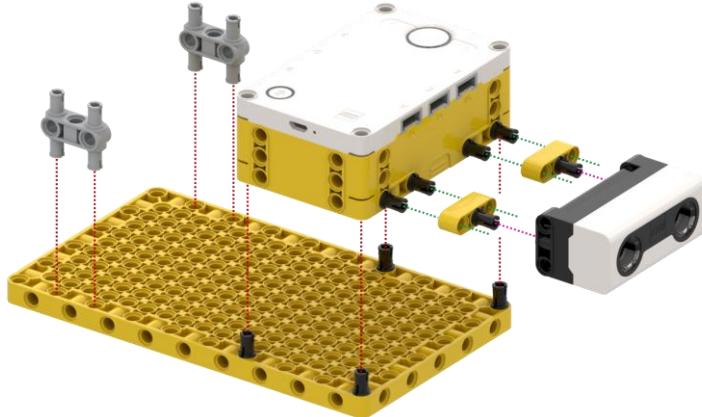
# Krabbler – Konzept

**Neuer Zustand:** neue Position des Armes | **Belohnung:** gekrabbelte Entfernung



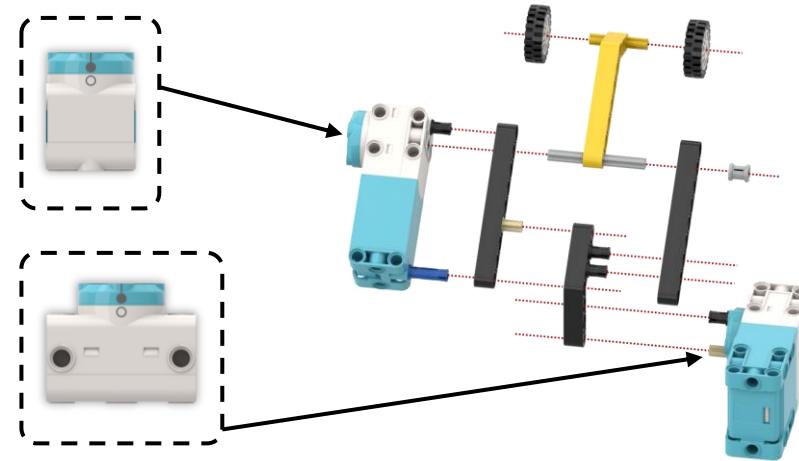
# Krabblер – Bauen

1

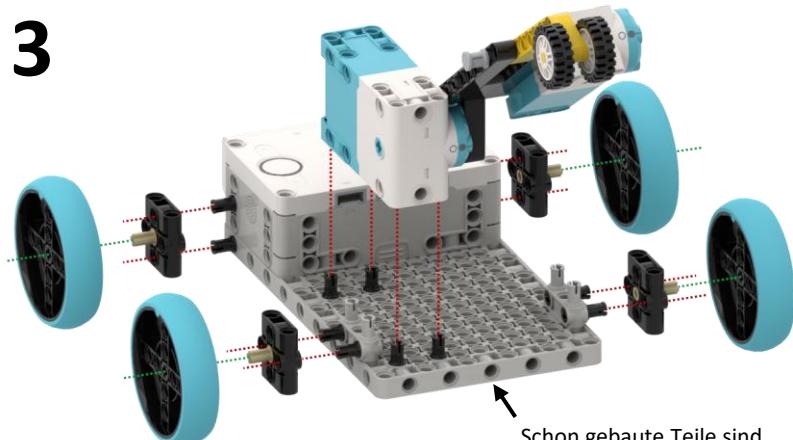


2

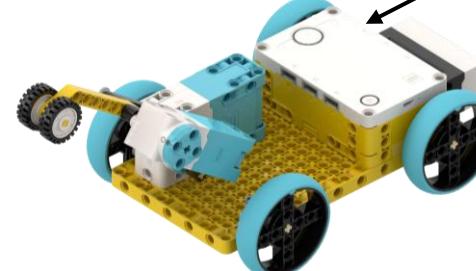
Beachtet Nullstellung der Motoren beim Bau der Hand!



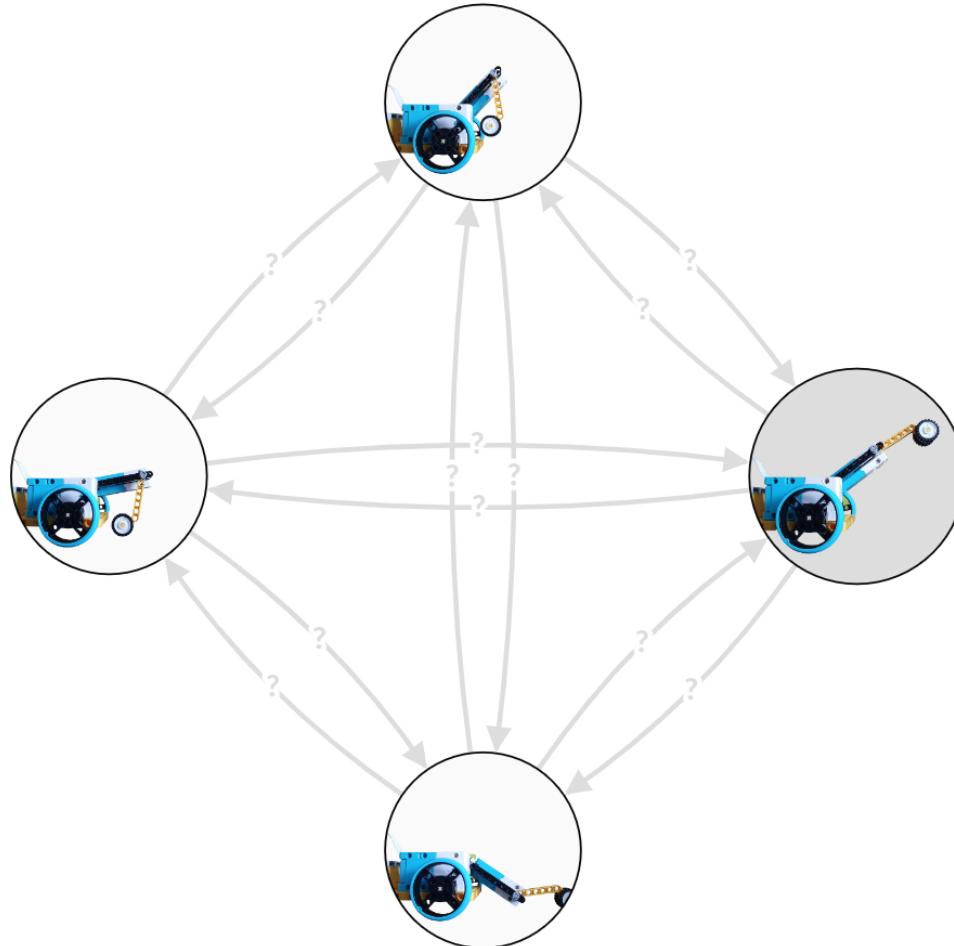
3



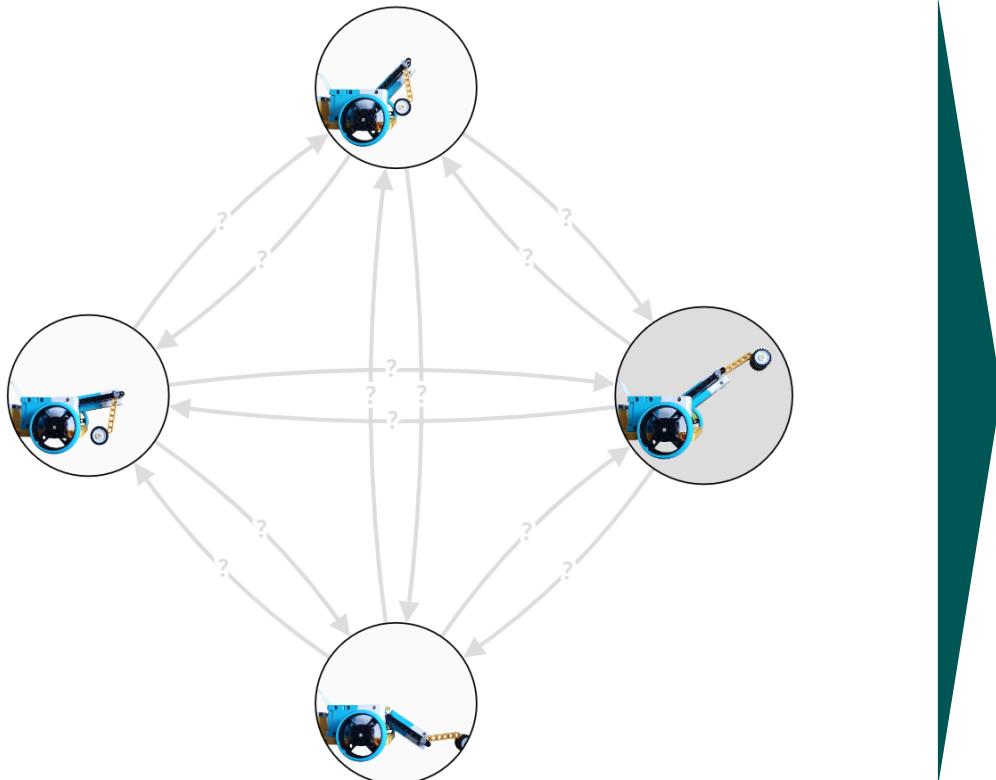
4



# Wie gut ist eine Handlung?



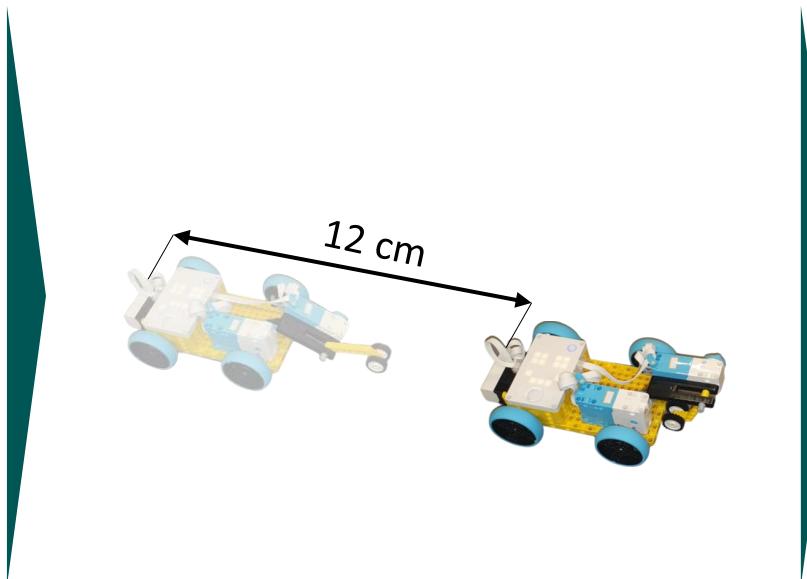
# Wie gut ist eine Handlung?



		Nächster Zustand			
		1	2	3	4
Aktueller Zustand	1				
	2				
	3				
	4				

# Wie gut ist eine Handlung?

		Nächster Zustand			
		Robot 1	Robot 2	Robot 3	Robot 4
Aktueller Zustand	Robot 1	0	0	0	0
	Robot 2	0	0	0	0
	Robot 3	0	0	0	0
	Robot 4	0	0	0	0
		0	0	0	0



		Nächster Zustand			
		Robot 1	Robot 2	Robot 3	Robot 4
Aktueller Zustand	Robot 1	0	0	0	0
	Robot 2	0	0	0	0
	Robot 3	0	0	0	0
	Robot 4	0	0	0	0
		0	0	0	0

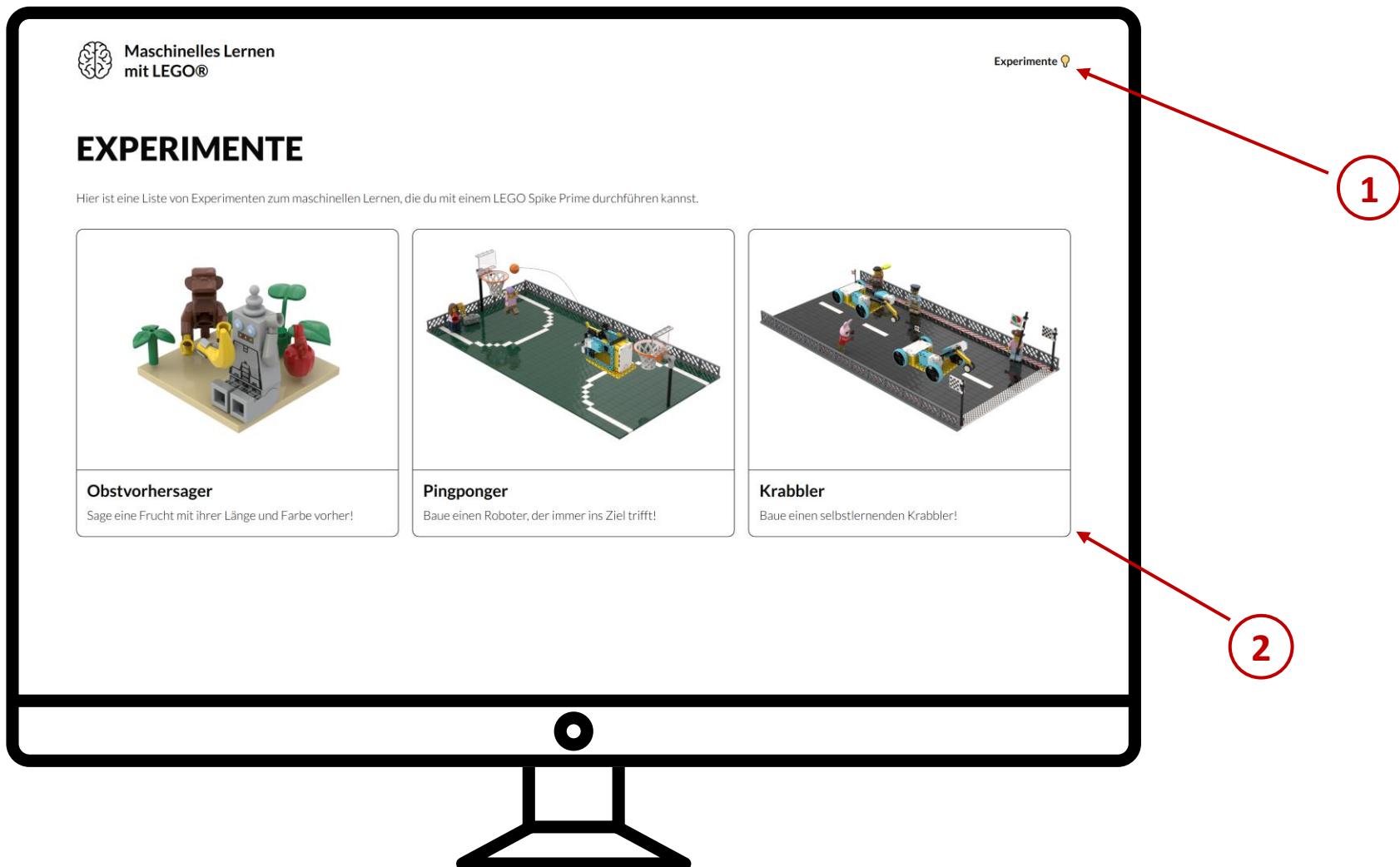
# Wie gut ist eine Handlung?

		Nächster Zustand			
		Handlung 1	Handlung 2	Handlung 3	Handlung 4
Aktueller Zustand	Handlung 1		0	0	0
	Handlung 2		0	<b>0</b>	0
	Handlung 3		0	0	0
	Handlung 4		0	0	0



		Nächster Zustand			
		Handlung 1	Handlung 2	Handlung 3	Handlung 4
Aktueller Zustand	Handlung 1		0	<b>+3</b>	0
	Handlung 2		<b>+1</b>	0	<b>+12</b>
	Handlung 3		-9	<b>-13</b>	0
	Handlung 4		0	0	0

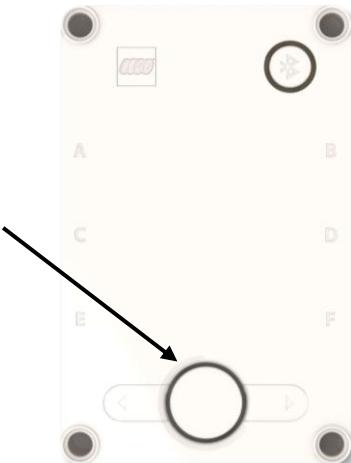
# Experimentseite öffnen



# Hub verbinden und Programm starten

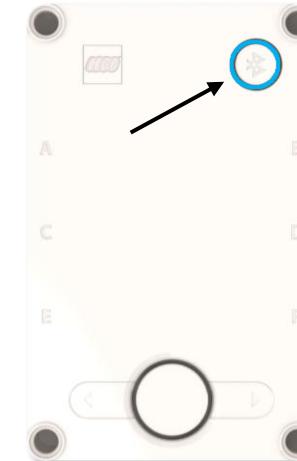
1

Schaltet den Hub mit  
Drücken der großen Taste  
für etwa 3 Sekunden ein.



2

Klickt auf den Bluetooth-  
Button und wartet, bis der  
Hub piept.



3

Klickt auf "Hub verbinden",  
sucht euren Hub im  
Fenster, wählt ihn aus und  
klickt auf "Koppeln".



4

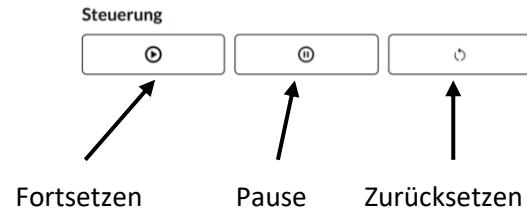
Klickt auf 'Programm  
starten' und wartet, bis  
eine Benachrichtigung auf  
der Webseite erscheint.

▶ Programm starten

# Krabblер – Trainieren

1

Setzt das Experiment zurück.



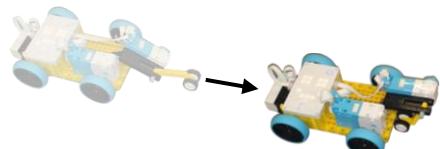
2

Stellt den Krabbler ca. 1 Ellenbogen vom Kasten entfernt mit dem Distanzsensor in Richtung der Box.



3

Klickt auf Fortsetzen, damit der Krabbler eine Bewegung macht.

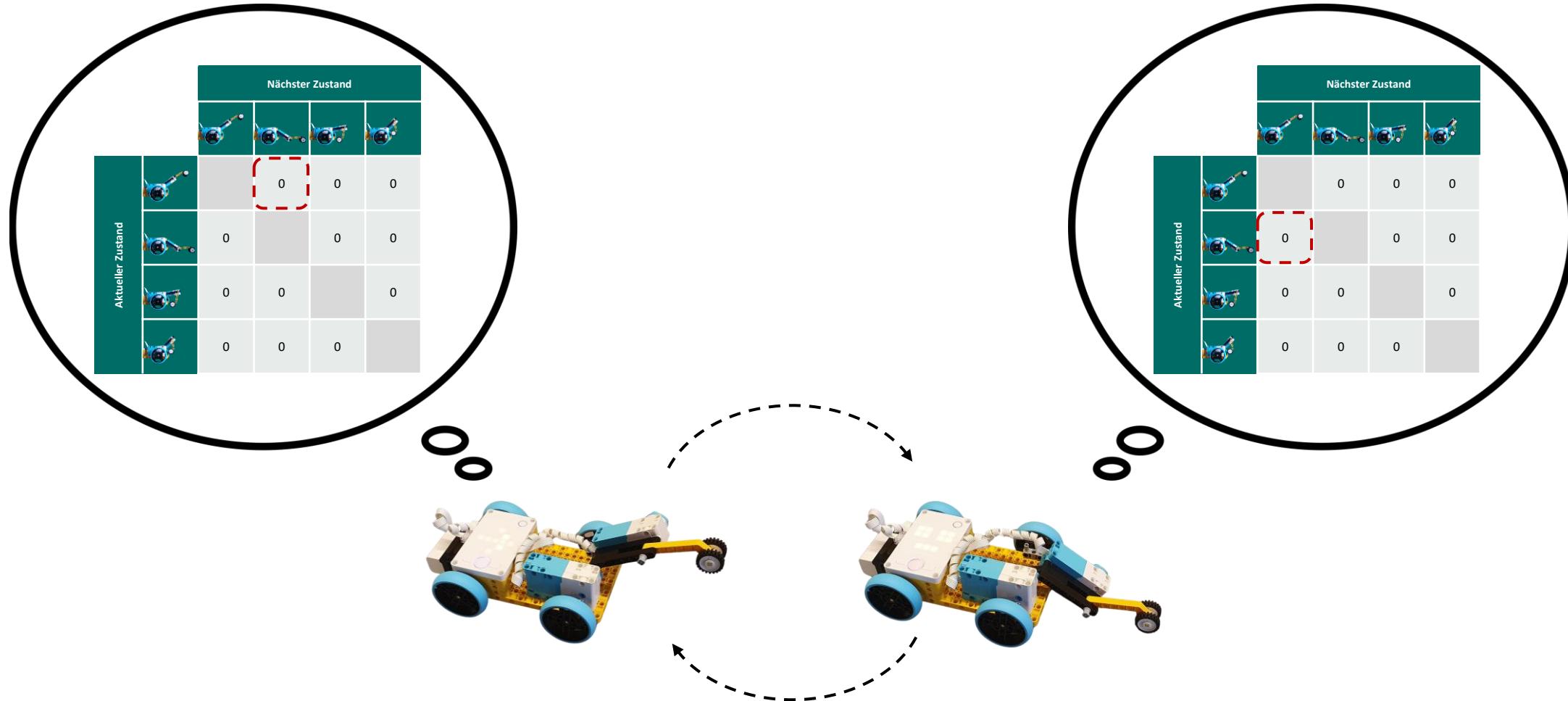


4

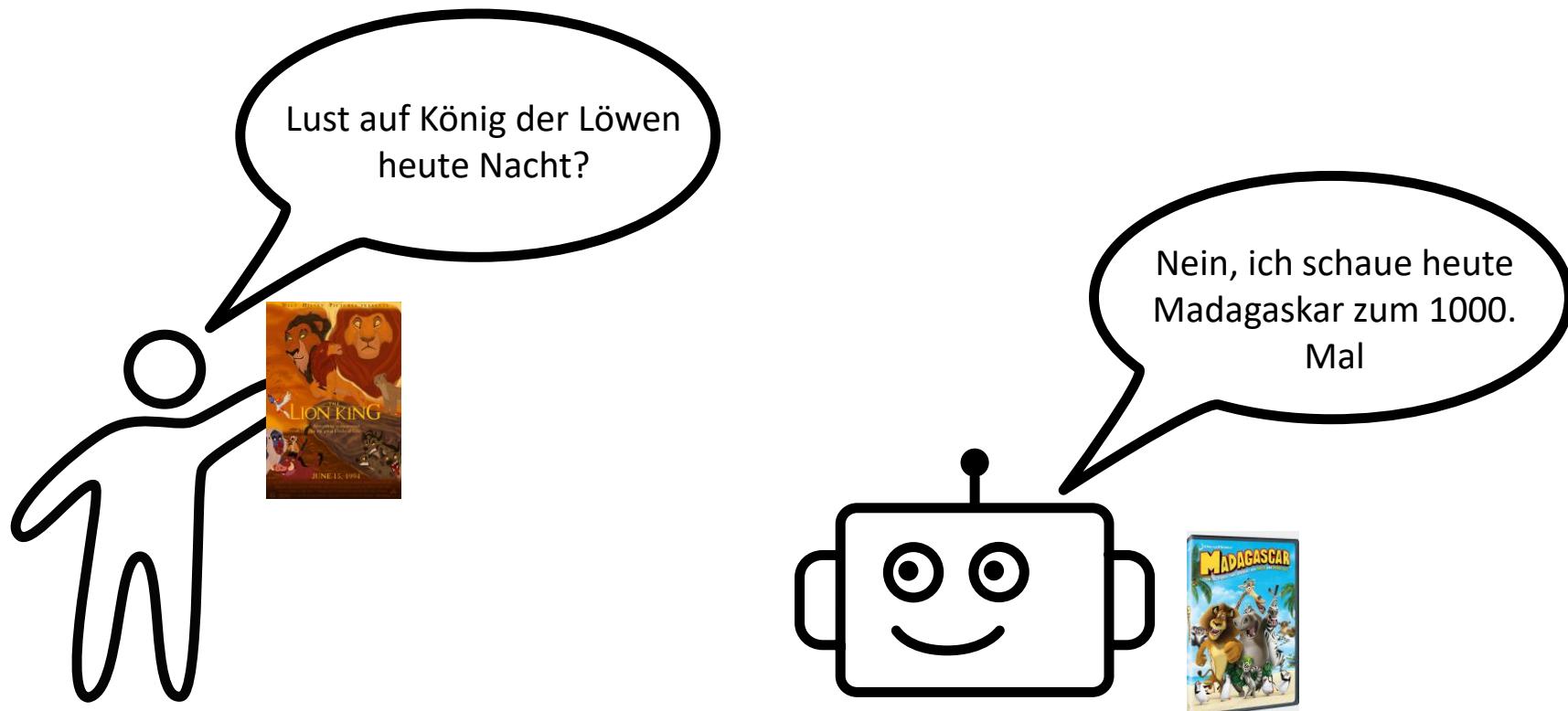
Beobachtet wie die Tabelle ausgefüllt wird.

		Nächster Zustand			
Aktueller Zustand			0	+3	0
		+1		+12	+11
	-9	-13			0
	0	0	0	0	

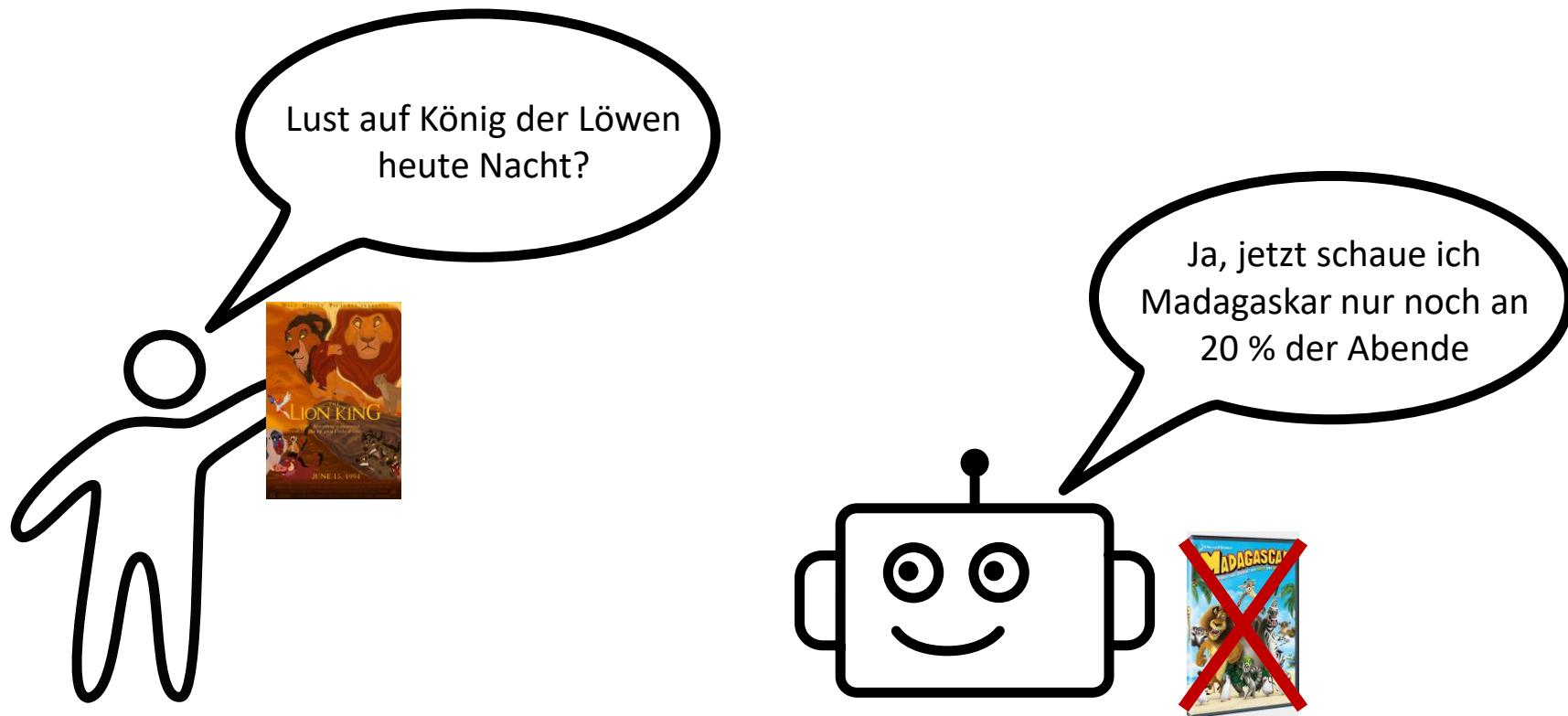
# Warum funktioniert es nicht?



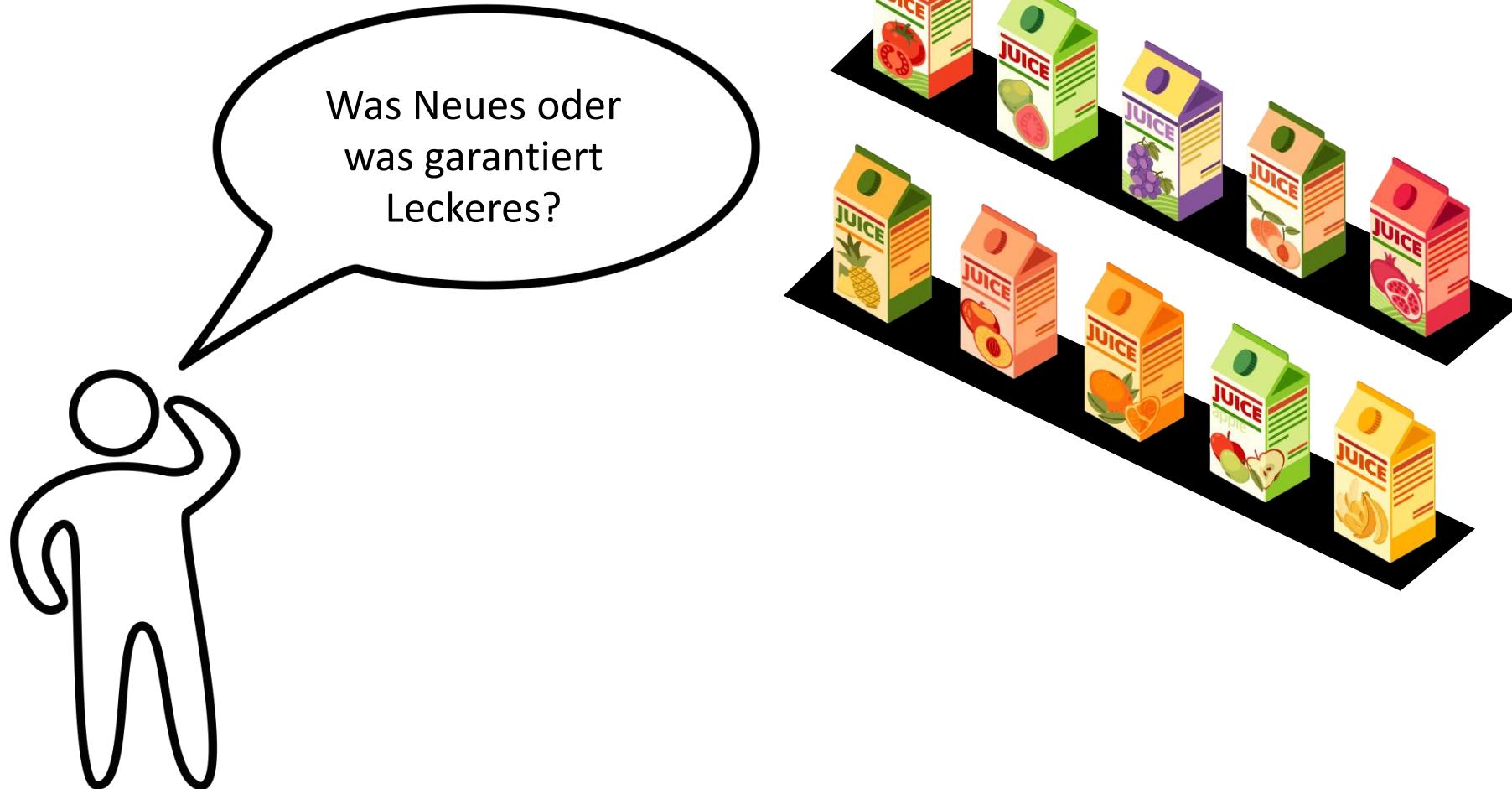
# Neues Ausprobieren?



# Neues Ausprobieren?



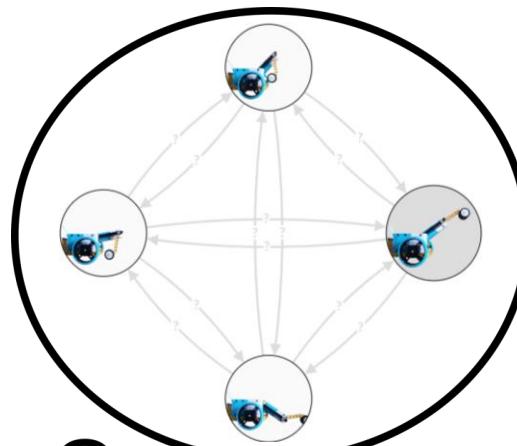
# Exploration-Exploitation-Dilemma



# Exploration-Exploitation-Dilemma

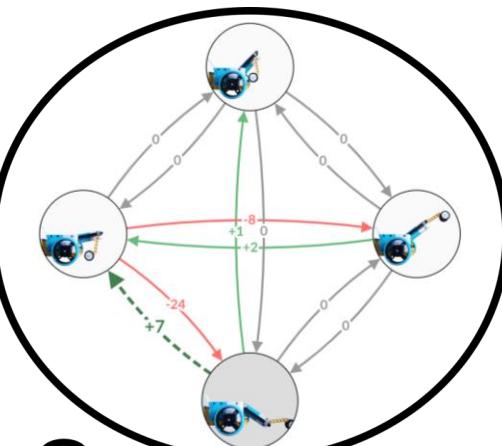
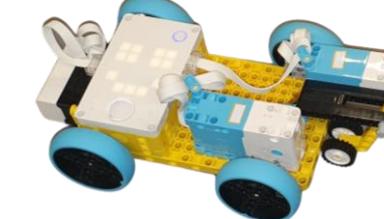
Anfang des Trainings

Ich weiß absolut nichts und exploriere daher mehr!



Ende des Trainings

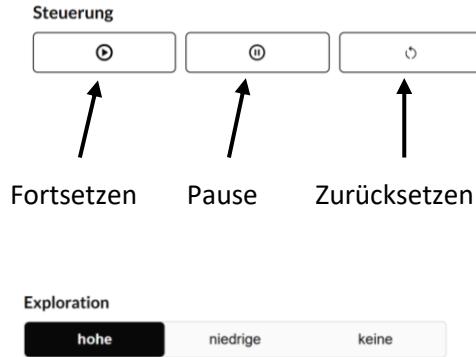
Ich explorierte genug und verbessere jetzt schon gelerntes!



# Krabblер – Trainieren

1

Setzt das Experiment zurück und schaltet Exploration auf hoch um.



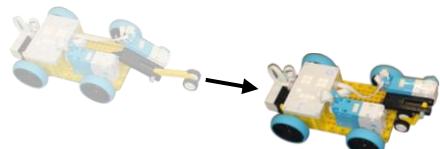
2

Stellt den Krabbler ca. 1 Ellenbogen vom Kasten entfernt mit dem Distanzsensor in Richtung der Box.



3

Klickt auf Fortsetzen, damit der Krabbler eine Bewegung macht.

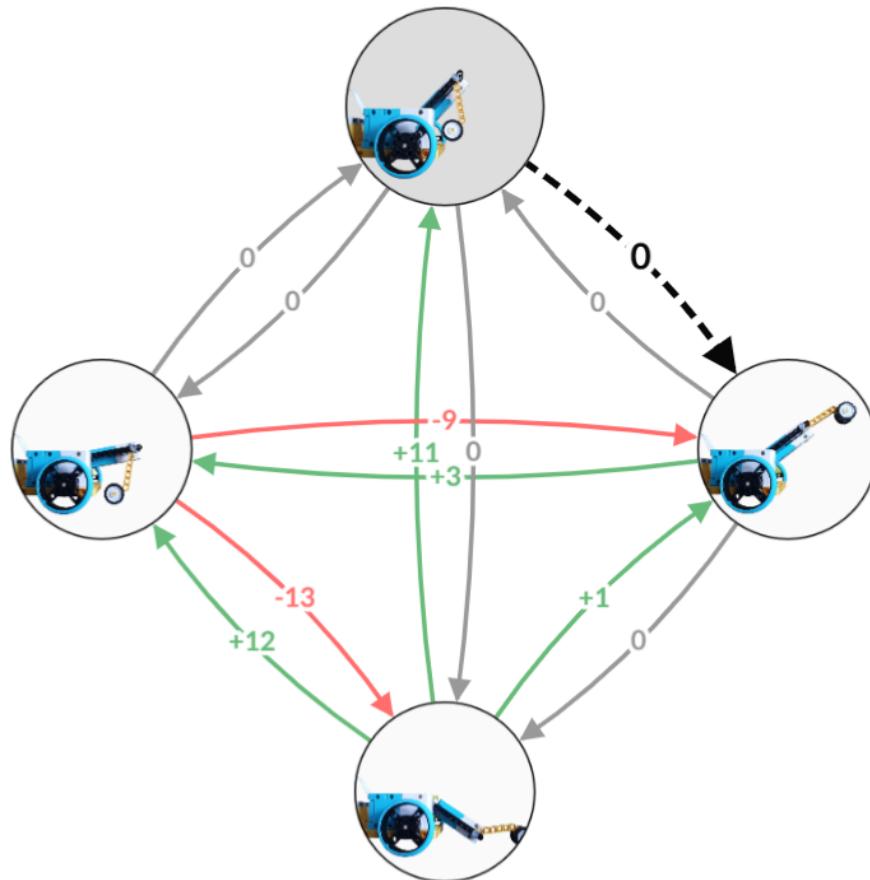


4

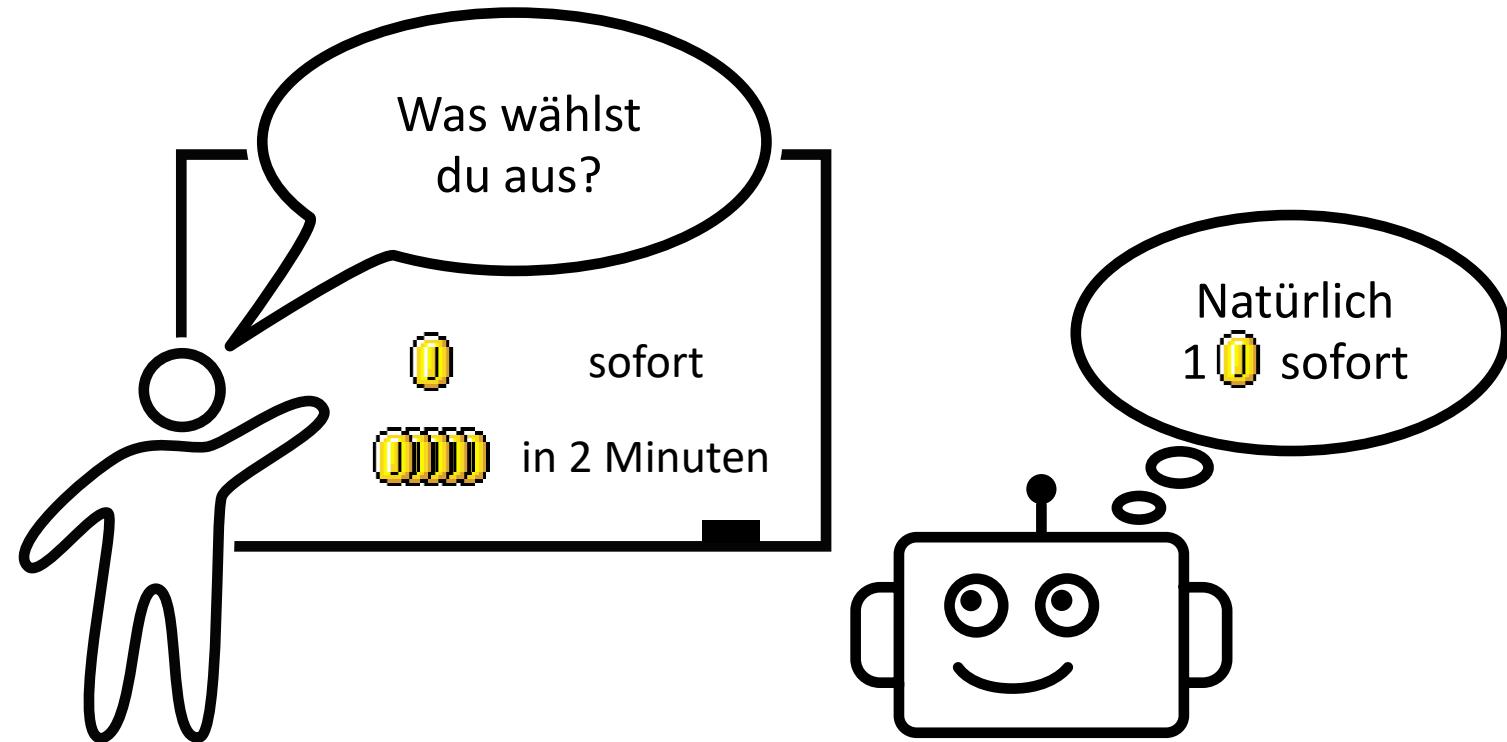
Beobachtet wie die Tabelle ausgefüllt wird. Reduziert die Exploration mit der Zeit.

		Nächster Zustand			
		0	+3	0	
Aktueller Zustand	0	+1		+12	+11
	+1	-9	-13		0
	0	0	0	0	

# Die Zukunft berücksichtigen

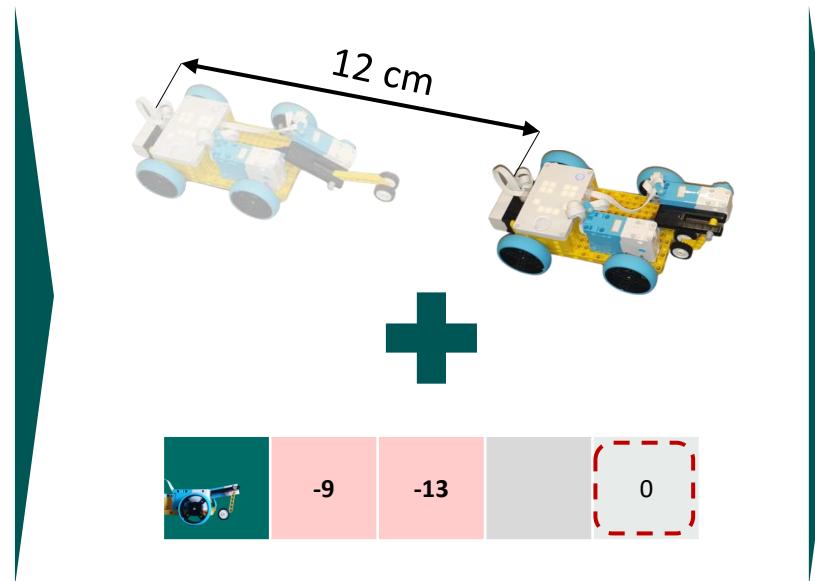


# Die Zukunft berücksichtigen



# Die Zukunft berücksichtigen

		Nächster Zustand			
		0	+3	0	
Aktueller Zustand	0	+1		+12	+11
	-9	-13		0	
	0	0	0		

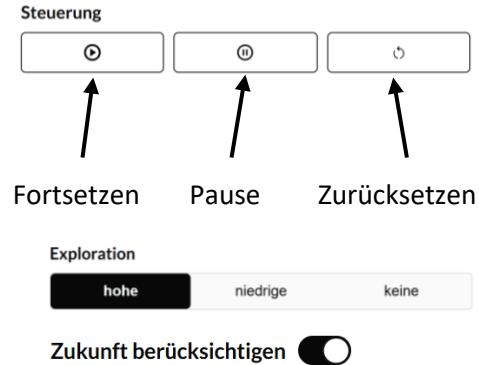


		Nächster Zustand			
		0	+3	0	
Aktueller Zustand	0	+1		+12	+11
	-9	-13		0	
	0	0	0		

# Krabblер – Trainieren

1

Setzt das Experiment zurück, schaltet Exploration auf hoch um und „Zukunft berücksichtigen“ ein.



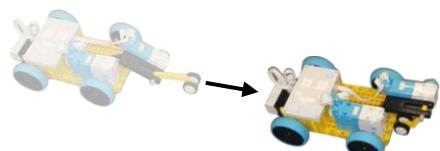
2

Stellt den Krabbler ca. 1 Ellenbogen vom Kasten entfernt mit dem Distanzsensor in Richtung der Box.



3

Klickt auf Fortsetzen, damit der Krabbler eine Bewegung macht.

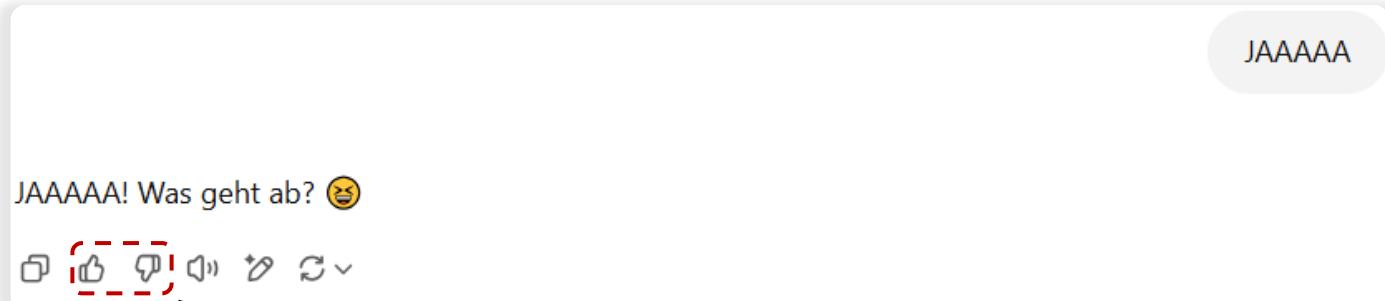


4

Beobachtet wie die Tabelle ausgefüllt wird. Reduziert die Exploration mit der Zeit.

		Nächster Zustand			
		0	+3	0	
Aktueller Zustand	0	+1		+12	+11
	+1	-9	-13		0
	0	0	0	0	

# Anwendungsbeispiele



Quelle: [ChatGPT](#)

Belohnung (+1/-1)

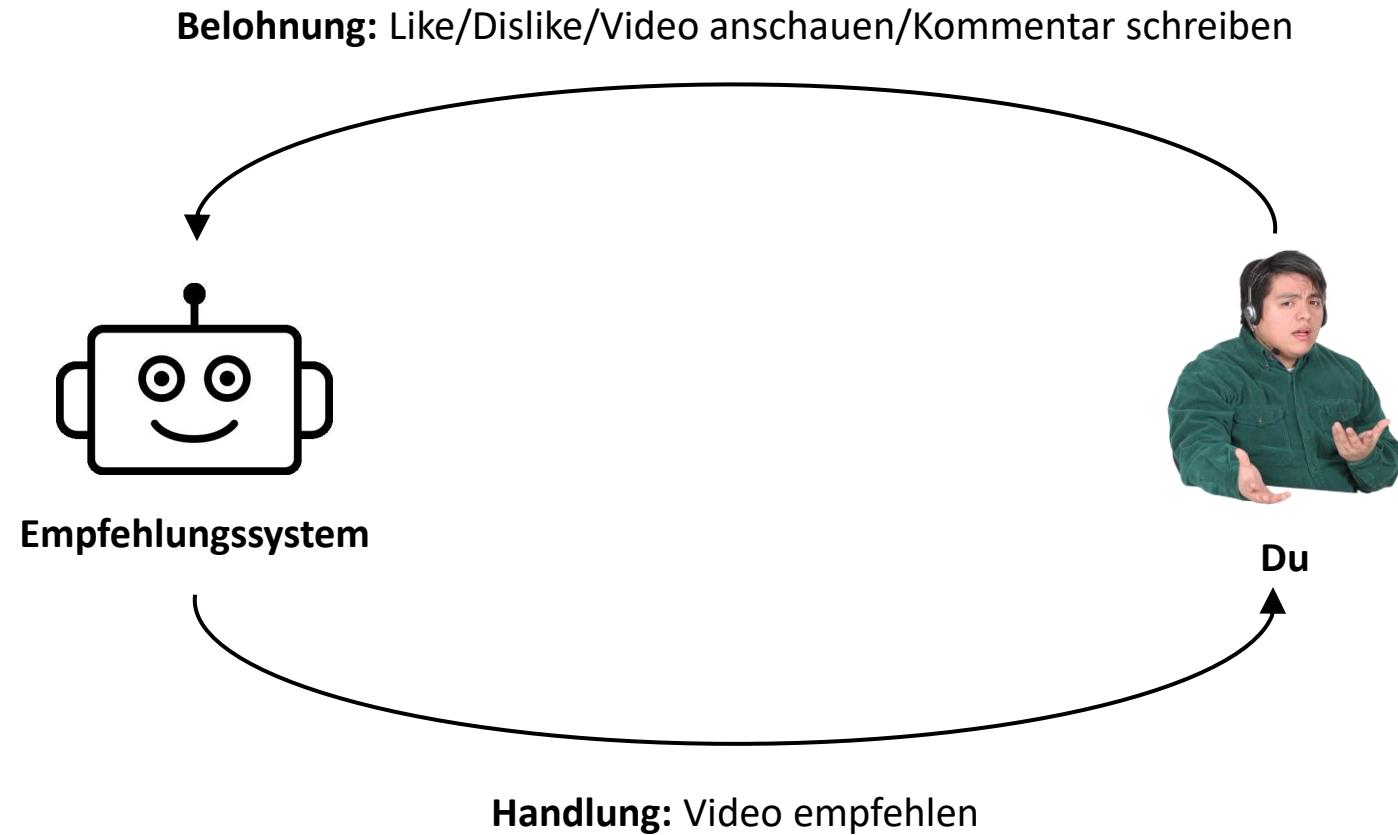
A horizontal row of three video thumbnails from YouTube:

- FREIBURG**: A thumbnail showing a street scene in Freiburg with many bicycles. The video title is "Germany's "Green" City (with more bikes than cars!)". It was uploaded by "Not Just Bikes" and has 1,1 млн просмотров (1.1 million views) and 1 год назад (1 year ago).
- Learning and Dynamical Systems: Perspectives from Optimization, Control, an...**: A thumbnail showing a 3D surface plot. The video title is "Learning and Dynamical Systems: Perspectives from Optimization, Control, an...". It was uploaded by "Fields Institute" and has 184 просмотра (184 views) and 8 месяцев назад (8 months ago).
- THE UTOPIA OF RULES**: A thumbnail showing a group of people in suits. The video title is "THE UTOPIA OF RULES". It was uploaded by "How Money Works" and has 651 тыс. просмотров (651 thousand views) and 2 года назад (2 years ago).

Quelle: [YouTube](#)

- Klick = +1
- 10 Minuten geschaut = +5
- Like = +10
- Video ignoriert = -10

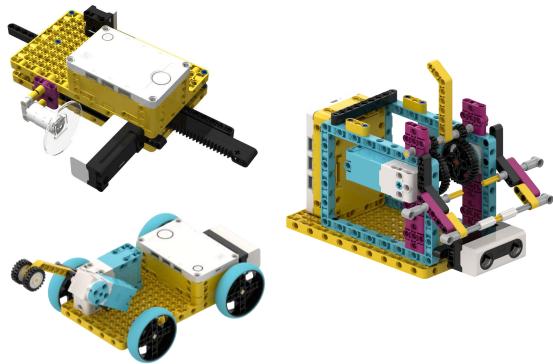
# Wie Empfehlungssysteme funktionieren



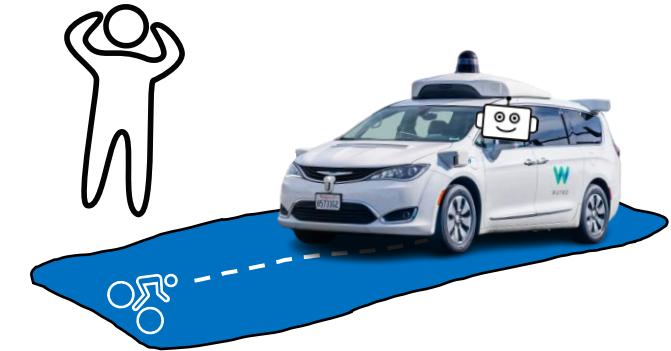
# Zusammenfassung



Maschinelles Lernen ist keine Hexerei



Maschinelles Lernen kann viel



Macht bringt Verantwortung