

# Maschinelles Lernen

Wie Computer aus Daten lernen – Beispiel Entscheidungsbaum

## Eisverkäufe “revisited“

- bei kleinen Mengen ist der Eisstand nicht rentabel
- Annahme: Es lohnt sich ab 100 verkauften Portionen
- gewünscht: Modell, das über Öffnen des Stands am nächsten Tag entscheidet
- Vorhersage: offen bzw. geschlossen
- hier: Entscheidungsbaum als Modell

keine Regression,  
sondern Klassifikation

## Eisverkäufe an ausgewählten Tagen

Tag	Bewölkung	Temp.	Eisverkäufe
Sonntag, 25.2.2018	strahlend blauer Himmel	-1	0
Donnerstag, 8.3.2018	bewölkt	12	62
Montag, 19.3.2018	stark bewölkt	0	0
Freitag, 30.3.2018	bewölkt	15	67
Dienstag, 10.4.2018	stark bewölkt	20	84
Samstag, 21.4.2018	schwach bewölkt	27	270
Mittwoch, 2.5.2018	stark bewölkt	17	45
Sonntag, 13.5.2018	stark bewölkt	17	138
Donnerstag, 24.5.2018	bewölkt	22	100
Montag, 4.6.2018	heiter bis wolkig	30	247
Dienstag, 26.6.2018	bewölkt	22	159
Samstag, 7.7.2018	mäßige Bewölkung	27	292
Mittwoch, 18.7.2018	schwach bewölkt	28	217

Gleiche Zahlen  
unter identischen  
Bedingungen:

- Zufall im Spiel
- oder unbekannte Faktoren

## Nicht rentable Tage

Tag	Bewölkung	Temp.	Eisverkäufe
Sonntag, 25.2.2018	strahlend blauer Himmel	-1	0
Donnerstag, 8.3.2018	bewölkt	12	62
Montag, 19.3.2018	stark bewölkt	0	0
Freitag, 30.3.2018	bewölkt	15	67
Dienstag, 10.4.2018	stark bewölkt	20	84
Samstag, 21.4.2018	schwach bewölkt	27	270
Mittwoch, 2.5.2018	stark bewölkt	17	45
Sonntag, 13.5.2018	stark bewölkt	17	138
Donnerstag, 24.5.2018	bewölkt	22	100
Montag, 4.6.2018	heiter bis wolkig	30	247
Dienstag, 26.6.2018	bewölkt	22	159
Samstag, 7.7.2018	mäßige Bewölkung	27	292
Mittwoch, 18.7.2018	schwach bewölkt	28	217

# Öffnung des Eisstandes

Trainingsdaten

Tag	Bewölkung	Temp.	Öffnung
Sonntag, 25.2.2018	strahlend blauer Himmel	-1	geschlossen
Donnerstag, 8.3.2018	bewölkt	12	geschlossen
Montag, 19.3.2018	stark bewölkt	0	geschlossen
Freitag, 30.3.2018	bewölkt	15	geschlossen
Dienstag, 10.4.2018	stark bewölkt	20	geschlossen
Samstag, 21.4.2018	schwach bewölkt	27	offen
Mittwoch, 2.5.2018	stark bewölkt	17	geschlossen
Sonntag, 13.5.2018	stark bewölkt	17	offen
Donnerstag, 24.5.2018	bewölkt	22	offen
Montag, 4.6.2018	heiter bis wolzig	30	offen
Dienstag, 26.6.2018	bewölkt	22	offen
Samstag, 7.7.2018	mäßige Bewölkung	27	offen
Mittwoch, 18.7.2018	schwach bewölkt	28	offen

Sonntag, -1 Grad, strahlend blauer Himmel	geschlossen
---	-------------

Dienstag, 20 Grad, stark bewölkt	geschlossen
-------------------------------------	-------------

Montag, 30 Grad, heiter bis wolkig	offen
---------------------------------------	-------

Donnerstag, 12 Grad, bewölkt	geschlossen
---------------------------------	-------------

Samstag, 27 Grad, schwach bewölkt	offen
--------------------------------------	-------

Dienstag, 22 Grad, bewölkt	offen
-------------------------------	-------

# Bis 20 Grad geschlossen?

Montag, 0 Grad, stark bewölkt	geschlossen
----------------------------------	-------------

Mittwoch, 17 Grad, stark bewölkt	geschlossen
-------------------------------------	-------------

Samstag, 27 Grad, mäßige Bewölkung	offen
---------------------------------------	-------

Montag, 0 Grad, stark bewölkt	geschlossen
----------------------------------	-------------

Sonntag, 17 Grad, stark bewölkt	offen
------------------------------------	-------

Freitag, 15 Grad, bewölkt	geschlossen
------------------------------	-------------

Donnerstag, 22 Grad, bewölkt	offen
---------------------------------	-------

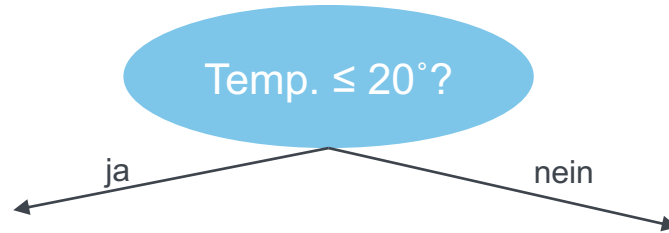
Mittwoch, 28 Grad, schwach bewölkt	offen
---------------------------------------	-------

# Training eines Entscheidungsbaums

## 1. Schritt:

**Durch Ausprobieren ein Merkmal  
finden, das die Daten in zwei  
Mengen mit möglichst ähnlichen  
Klassen teilt**

## Entscheidungsbaum für die Öffnung des Eisstandes





# Training eines Entscheidungsbaums

## 2. Schritt:

**Knoten für Merkmal einfügen und  
Daten gemäß Merkmal in zwei  
Untermengen aufteilen, eine für  
linken Zweig, eine für den rechten.**

Sonntag, -1 Grad, strahlend blauer Himmel	geschlossen
---	-------------

Donnerstag, 12 Grad, bewölkt	geschlossen
---------------------------------	-------------

Montag, 0 Grad, stark bewölkt	geschlossen
----------------------------------	-------------

Montag, 0 Grad, stark bewölkt	geschlossen
----------------------------------	-------------

Freitag, 15 Grad, bewölkt	geschlossen
------------------------------	-------------

Dienstag, 20 Grad, stark bewölkt	geschlossen
-------------------------------------	-------------

Mittwoch, 17 Grad, stark bewölkt	geschlossen
-------------------------------------	-------------

Sonntag, 17 Grad, stark bewölkt	offen
------------------------------------	-------

Montag, 30 Grad, heiter bis wolkig	offen
---------------------------------------	-------

Dienstag, 22 Grad, bewölkt	offen
-------------------------------	-------

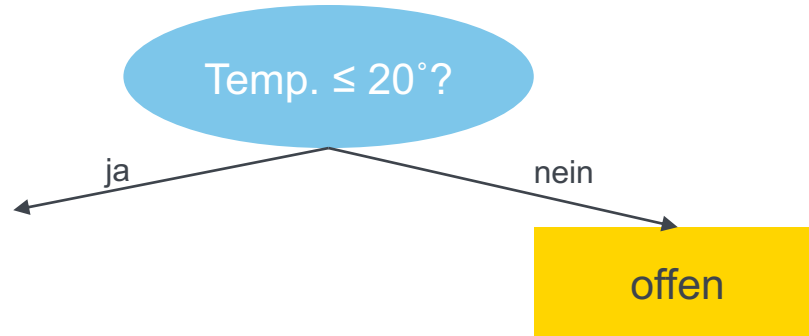
Samstag, 27 Grad, schwach bewölkt	offen
--------------------------------------	-------

Samstag, 27 Grad, mäßige Bewölkung	offen
---------------------------------------	-------

Donnerstag, 22 Grad, bewölkt	offen
---------------------------------	-------

Mittwoch, 28 Grad, schwach bewölkt	offen
---------------------------------------	-------

## Entscheidungsbaum für die Öffnung des Eisstandes

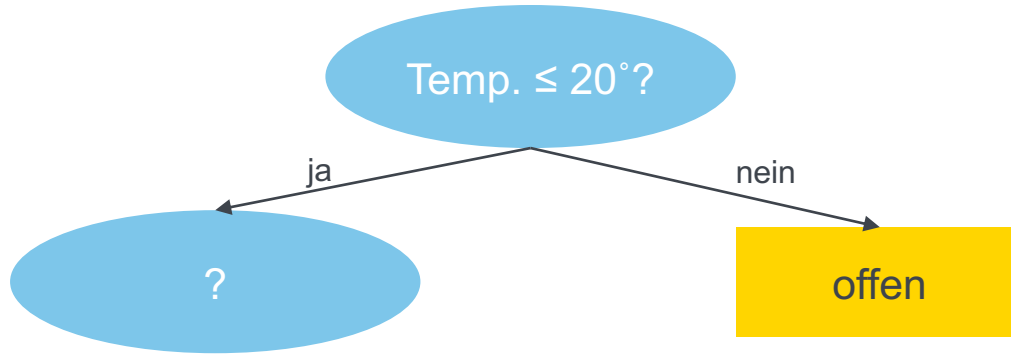


# Training eines Entscheidungsbaums

## 3. Schritt:

**Wenn (fast) alle Datenpunkte eines Zweigs dieselbe Klasse haben, Blatt mit dieser Klasse einfügen**

# Entscheidungsbaum für die Öffnung des Eisstandes



# Training eines Entscheidungsbaums

## 3. Schritt:

**Wenn (fast) alle Datenpunkte eines Zweigs dieselbe Klasse haben, Blatt mit dieser Klasse einfügen**

**Sonst neuen Knoten einfügen und für diese Untermenge wieder bei Schritt 1 anfangen.**

Sonntag, -1 Grad, strahlend blauer Himmel	geschlossen
---	-------------

Montag, 30 Grad, heiter bis wolkig	offen
---------------------------------------	-------

Dienstag, 20 Grad, stark bewölkt	geschlossen
-------------------------------------	-------------

Dienstag, 22 Grad, bewölkt	offen
-------------------------------	-------

Donnerstag, 12 Grad, bewölkt	geschlossen
---------------------------------	-------------

Samstag, 27 Grad, schwach bewölkt	offen
--------------------------------------	-------

Montag, 0 Grad, stark bewölkt	geschlossen
----------------------------------	-------------

Mittwoch, 17 Grad, stark bewölkt	geschlossen
-------------------------------------	-------------

Samstag, 27 Grad, mäßige Bewölkung	offen
---------------------------------------	-------

Montag, 0 Grad, stark bewölkt	geschlossen
----------------------------------	-------------

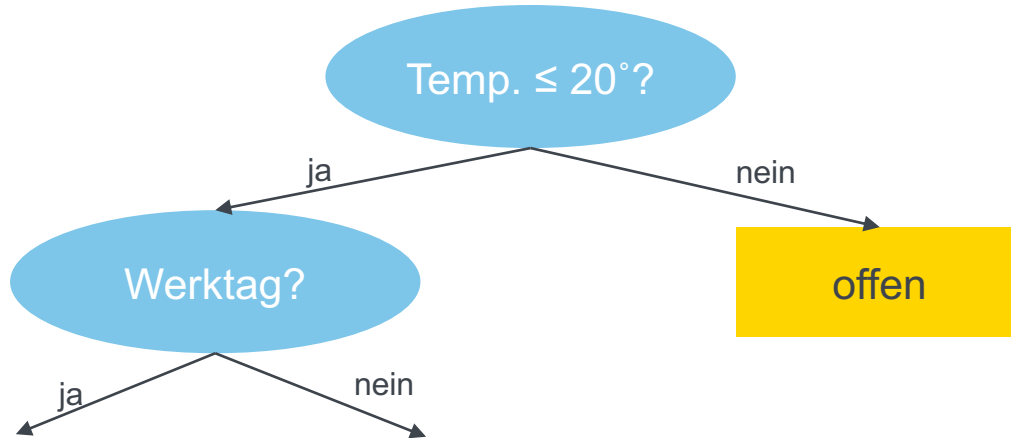
Sonntag, 17 Grad, stark bewölkt	offen
------------------------------------	-------

Donnerstag, 22 Grad, bewölkt	offen
---------------------------------	-------

Freitag, 15 Grad, bewölkt	geschlossen
------------------------------	-------------

Mittwoch, 28 Grad, schwach bewölkt	offen
---------------------------------------	-------

# Entscheidungsbaum für die Öffnung des Eisstandes





Sonntag, -1 Grad, strahlend blauer Himmel	geschlossen
---	-------------

Dienstag, 20 Grad, stark bewölkt	geschlossen
-------------------------------------	-------------

Donnerstag, 12 Grad, bewölkt	geschlossen
---------------------------------	-------------

Montag, 0 Grad, stark bewölkt	geschlossen
----------------------------------	-------------

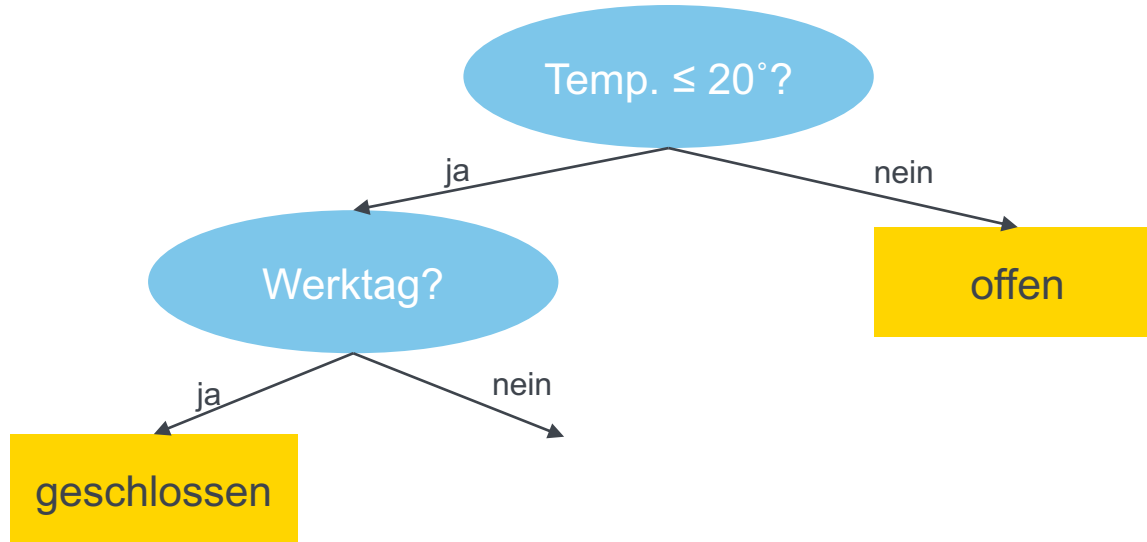
Mittwoch, 17 Grad, stark bewölkt	geschlossen
-------------------------------------	-------------

Montag, 0 Grad, stark bewölkt	geschlossen
----------------------------------	-------------

Sonntag, 17 Grad, stark bewölkt	offen
------------------------------------	-------

Freitag, 15 Grad, bewölkt	geschlossen
------------------------------	-------------

## Entscheidungsbaum für die Öffnung des Eisstandes



Donnerstag, 12 Grad, bewölkt	geschlossen
---------------------------------	-------------

Dienstag, 20 Grad, stark bewölkt	geschlossen
-------------------------------------	-------------

Sonntag, -1 Grad, strahlend blauer Himmel	geschlossen
---	-------------

Montag, 0 Grad, stark bewölkt	geschlossen
----------------------------------	-------------

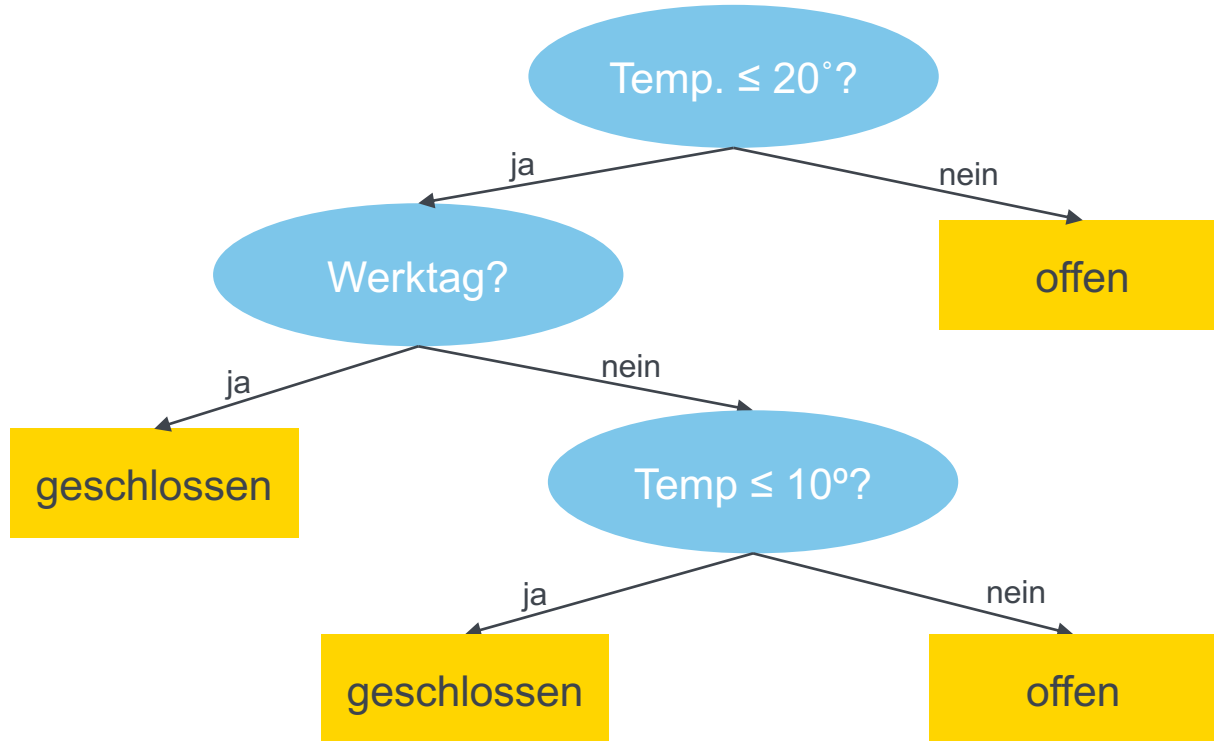
Mittwoch, 17 Grad, stark bewölkt	geschlossen
-------------------------------------	-------------

Montag, 0 Grad, stark bewölkt	geschlossen
----------------------------------	-------------

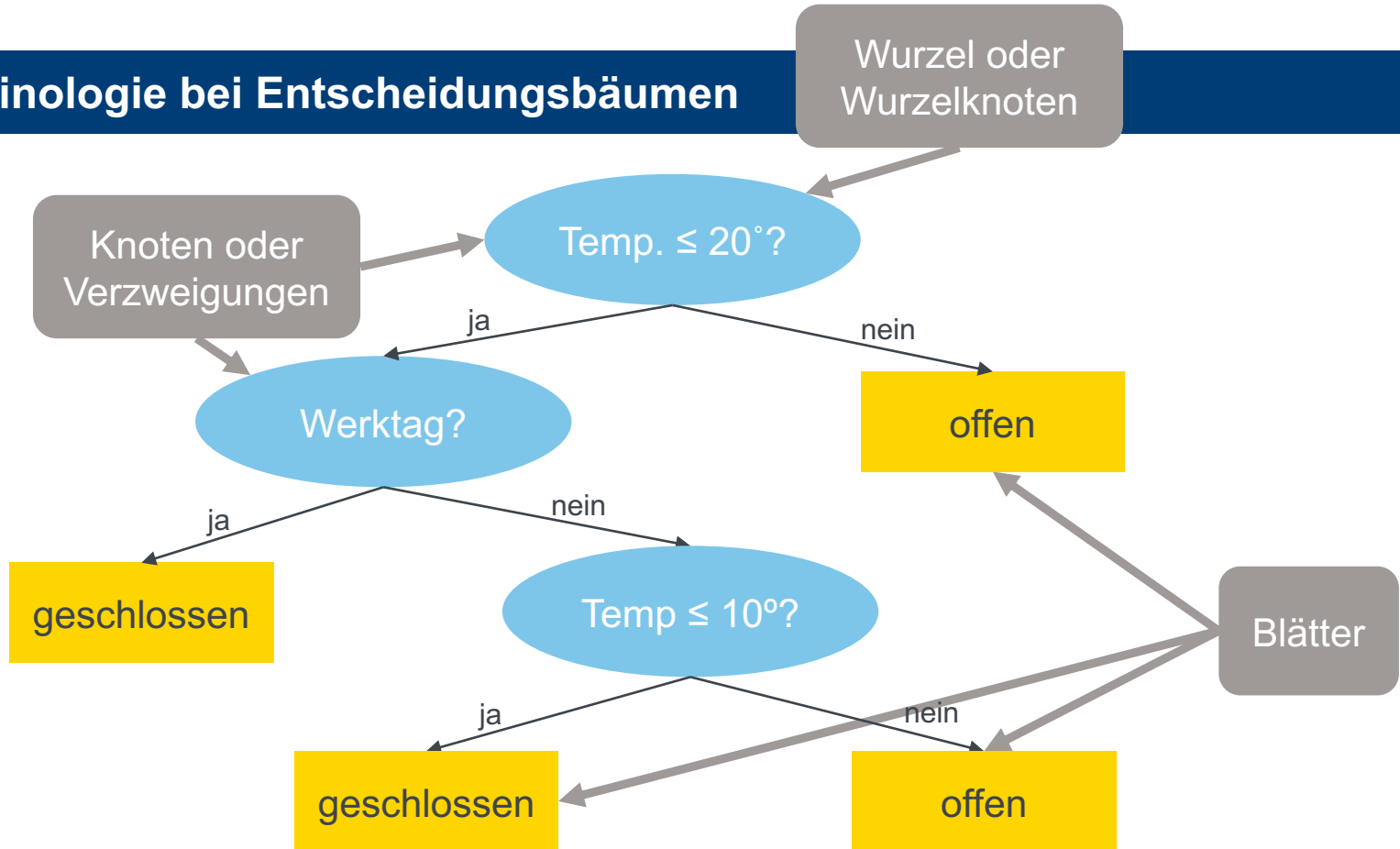
Sonntag, 17 Grad, stark bewölkt	offen
------------------------------------	-------

Freitag, 15 Grad, bewölkt	geschlossen
------------------------------	-------------

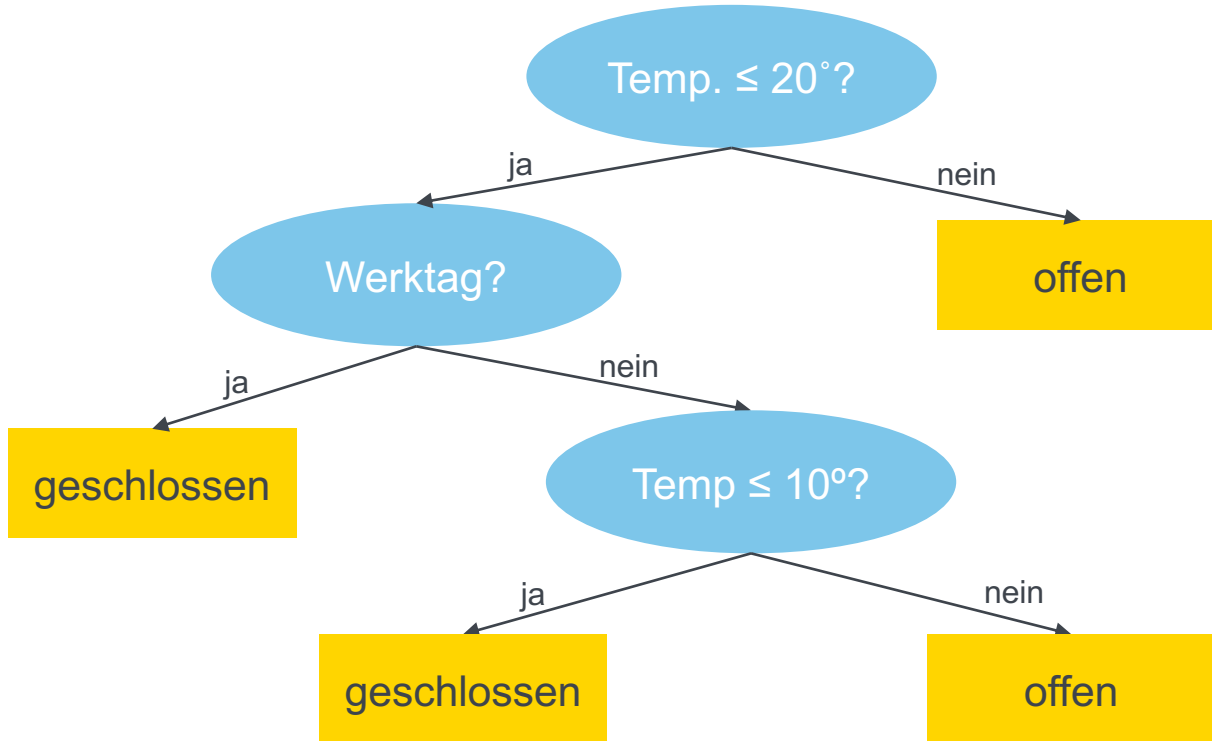
## Entscheidungsbaum für die Öffnung des Eisstandes



# Terminologie bei Entscheidungsbäumen



## Terminologie bei Entscheidungsbäumen



**Computer „lernen“  
Entscheidungsbäume, indem sie  
genau die oben beschriebenen  
Schritte ausführen.**

## Dr. Antje Schweitzer

Universität Stuttgart  
Institut für Maschinelle Sprachverarbeitung



**Universität Stuttgart**

Institut für Maschinelle Sprachverarbeitung  
Institut für Software Engineering



Reutlingen | Tübingen | Zollernalb





# Lizenzbestimmungen

“Maschinelles Lernen – Beispiel Entscheidungsbaum ” von Antje Schweitzer, KI B<sup>3</sup> / Uni Stuttgart

Das Werk - mit Ausnahme der folgenden Elemente:

- Logos der Verbundpartner und des Förderprogramms
- im Quellenverzeichnis aufgeführte Medien

ist lizenziert unter:

 [CC BY 4.0 \(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de)

(Namensnennung 4.0 International)

## Quellenverzeichnis

Seite 1, Titelfoto: [Alex Knight \(https://unsplash.com/@agk42\)](https://unsplash.com/@agk42) auf [Unsplash \(https://unsplash.com/photos/2EJCSULRwC8\)](https://unsplash.com/photos/2EJCSULRwC8), „White robot human features“, ist lizenziert unter [Unsplash-Lizenz \(https://unsplash.com/license\)](https://unsplash.com/license). Bildausschnitt verändert.

Seite 22, Clipart: Microsoft