# Anwendungsbeispiele und aktuelle Trends in der KI

Eine Führung durch die KI für Umwelt- und Geoprobleme

Michele Volpi
Lead Data Scientist / ETHZ Senior Scientist
Swiss Data Science Center

michele.volpi@sdsc.ethz.ch
datascience.ch

# Was ist KI?

Swiss Data Science Center

Was ist künstliche Intelligenz?

Künstliche Intelligenz (KI) ist ein **weites und sich ständig weiterentwickelndes Feld,** das **eine Vielzahl von Technologien und Ansätzen** umfasst. Im Allgemeinen zielt die KI darauf ab, **Computersysteme zu** schaffen, die **menschliche Intelligenz simulieren können**. Dies kann Aufgaben wie das Verstehen natürlicher Sprache, das Lernen und Lösen von Problemen und das Treffen autonomer Entscheidungen umfassen.

gemini

# Was ist KI?

Swiss Data Science Center

Was ist künstliche Intelligenz?

Künstliche Intelligenz (KI) ist ein **weites und sich ständig weiterentwickelndes Feld,** das **eine Vielzahl von Technologien und Ansätzen** umfasst. Im Allgemeinen zielt die KI darauf ab, **Computersysteme zu** schaffen, die **menschliche Intelligenz simulieren können**. Dies kann Aufgaben wie das Verstehen natürlicher Sprache, das Lernen und Lösen von Problemen und das Treffen autonomer Entscheidungen umfassen.

gemini

- Keine klare Definition, vor allem in den letzten Jahren
- KI ist ein komplexes System, nicht nur eine Methode oder ein "Tool"
- Zielt in erster Linie auf die Erstellung von "Software" ab

# Was ist KI?

Swiss Data Science Center

Was ist künstliche Intelligenz?

- Lernen
- Wahrnehmung (Sehen, Audio, Sensoren)
- Argumentation, Logik
- Darstellung von Wissen
- Sprache (NLP)
- Entscheidungsfindung

# Was ist KI?

Swiss Data Science Center

Was ist künstliche Intelligenz?

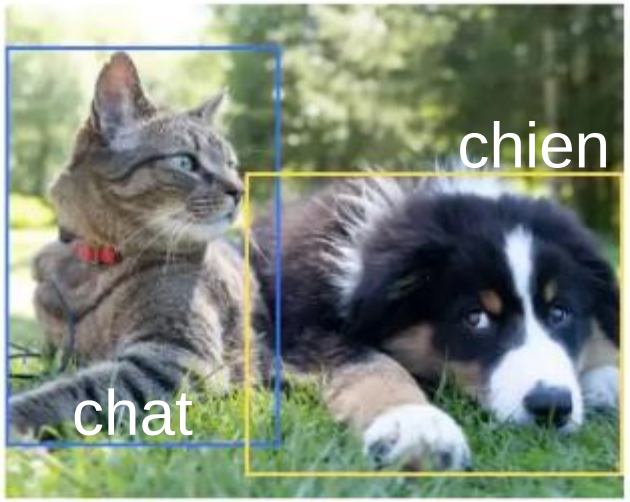
- Lernen
- Wahrnehmung (Sehen, Audio, Sensoren)
- Argumentation, Logik
- Darstellung von Wissen
- Sprache (NLP)
- Entscheidungsfindung

# Was ist KI?

Swiss Data Science Center

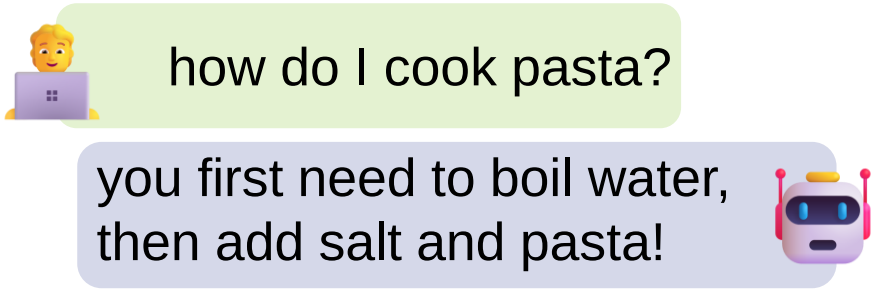
Hauptkomponente der KI: **Maschinelles Lernen in** grossem Massstab (**Machine Learning**)

→*maschinelles Lernen* ist eine Reihe von Methoden und Algorithmen, die es ermöglichen, Funktionen direkt aus Daten zu lernen
→Ermöglicht es Computern, Regeln zu lernen, ohne speziell programmiert zu sein

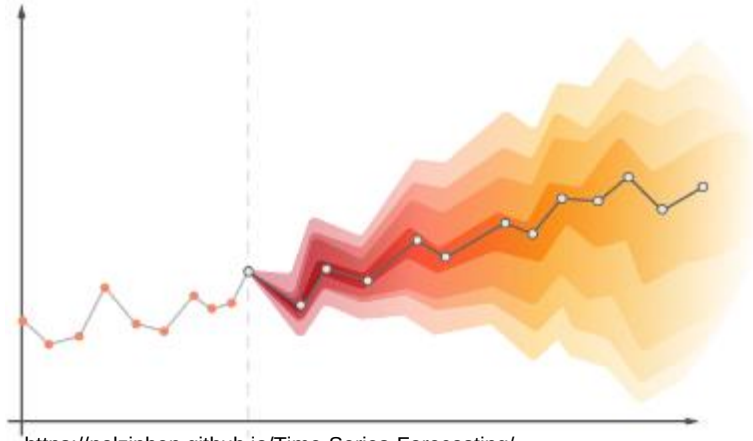


https://www.superannotate.com/blog/image-classification-basics

Bilderkennung




chatbots / Assistenten


https://polzinben.github.io/Time-Series-Forecasting/

Zeitreihen / Signalverarbeitung

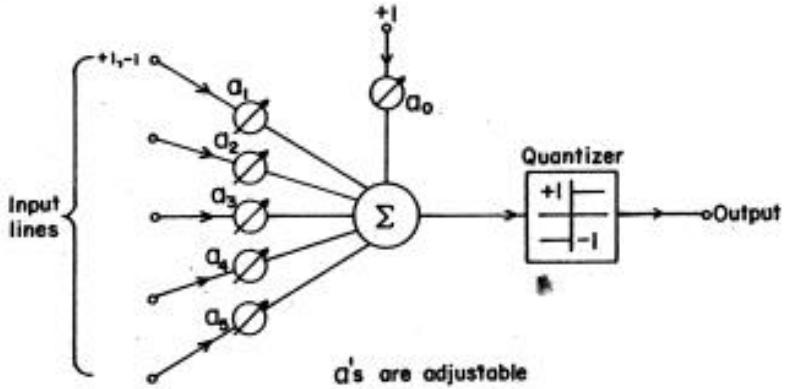



Fig. 1. An adjustable neuron.

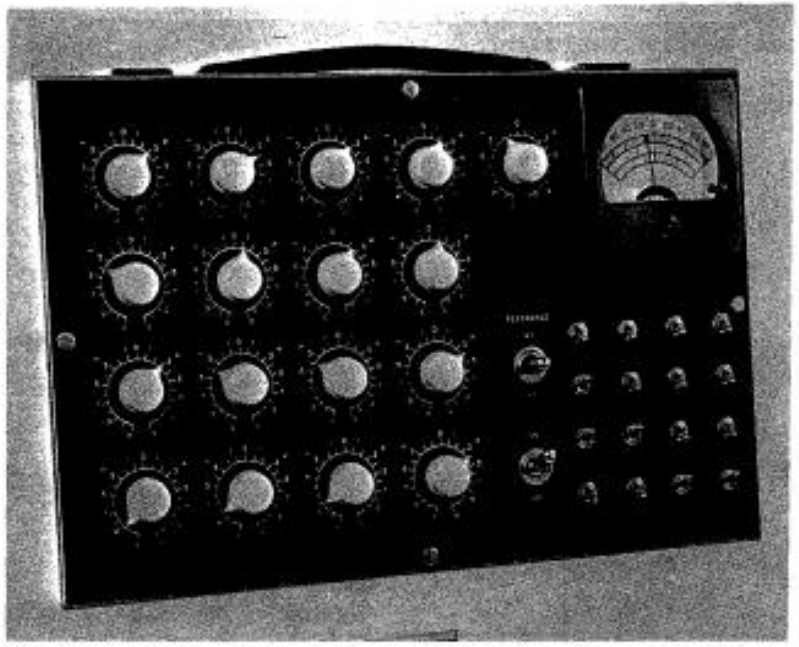


Fig. 2. Adaline.



https://www-isl.stanford.edu/~widrow/papers/c1960adaptiveswitching.pdf

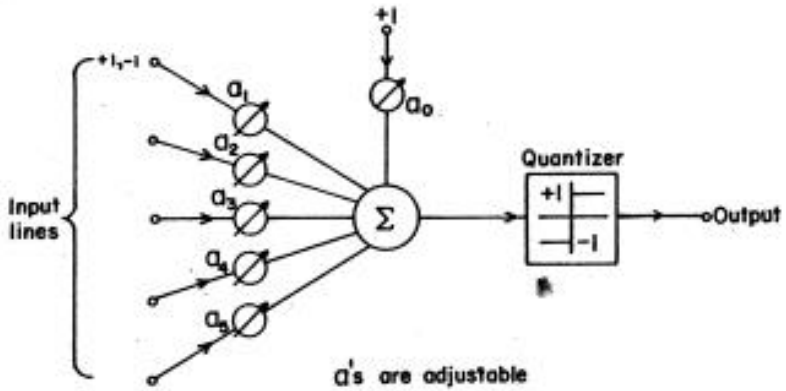



Fig. 1. An adjustable neuron.

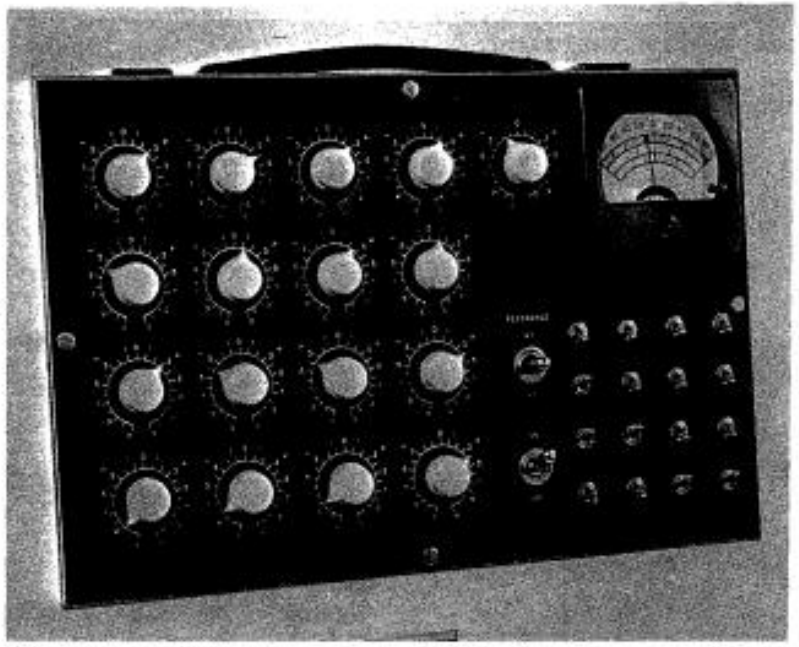
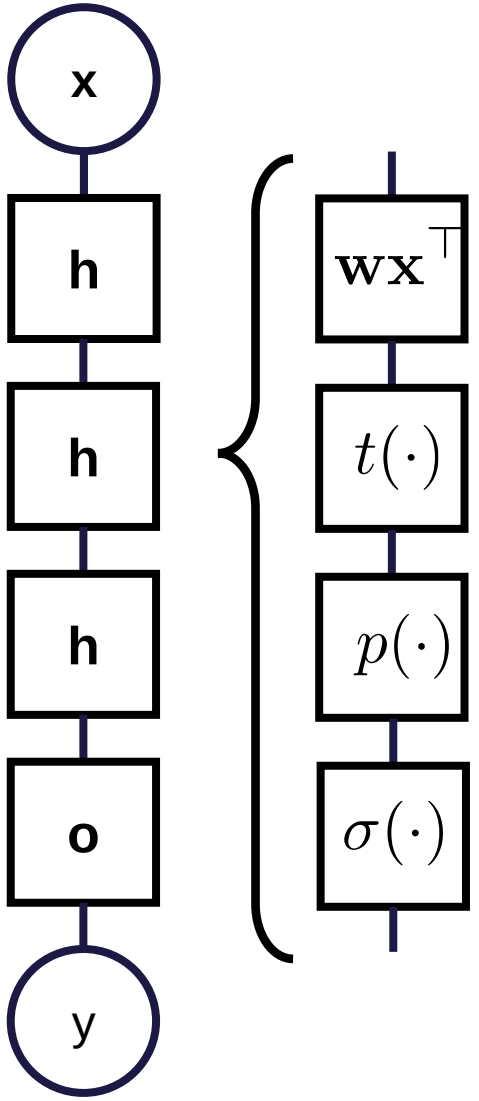


Fig. 2. Adaline.

analog
einfach

digital
komplex
automatisch



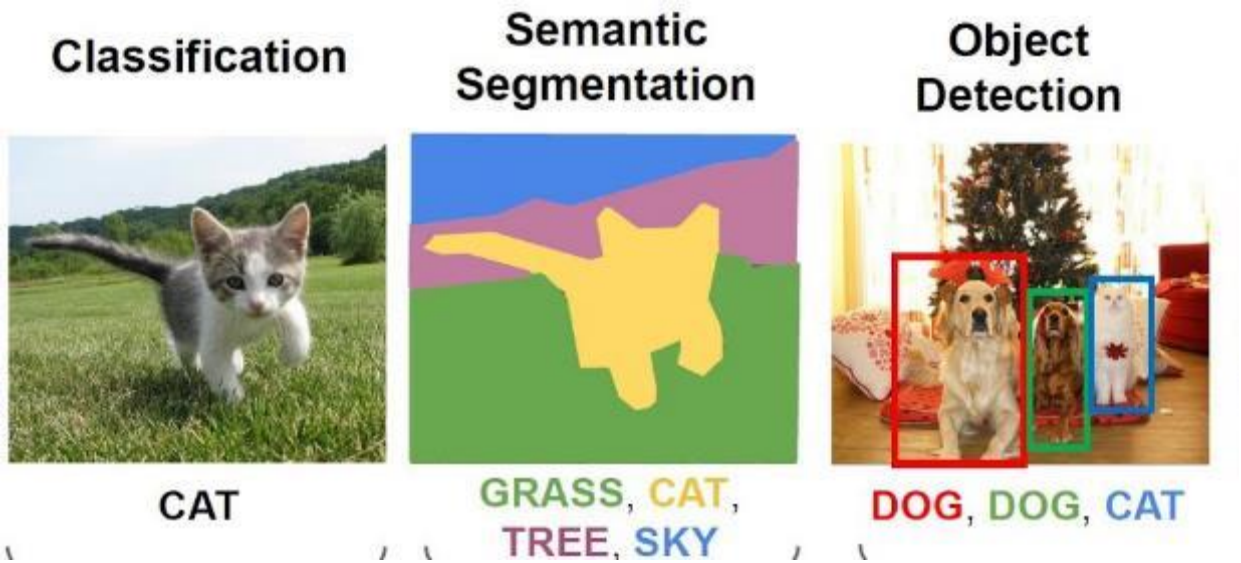


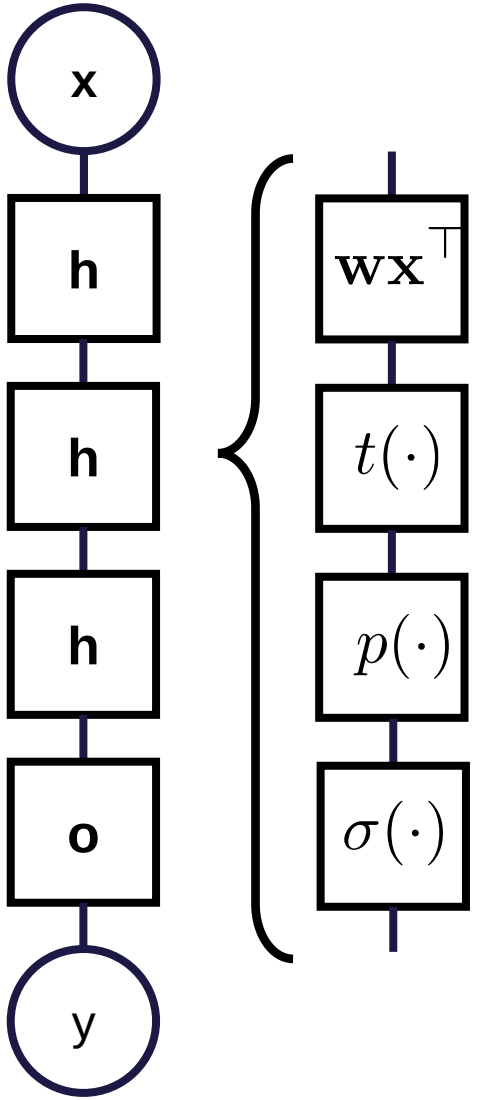

https://www-isl.stanford.edu/~widrow/papers/c1960adaptiveswitching.pdf

# Neuronale Netzwerke (neural networks)

Input **x**: Bild, Ton, Text, Zeitreihe, ...

Output y: Etikett (Klasse), kontinuierlicher Wert, Reihen, Matrizen, ...




https://cs231n.stanford.edu/slides/2017/cs231n_2017_lecture11.pdf

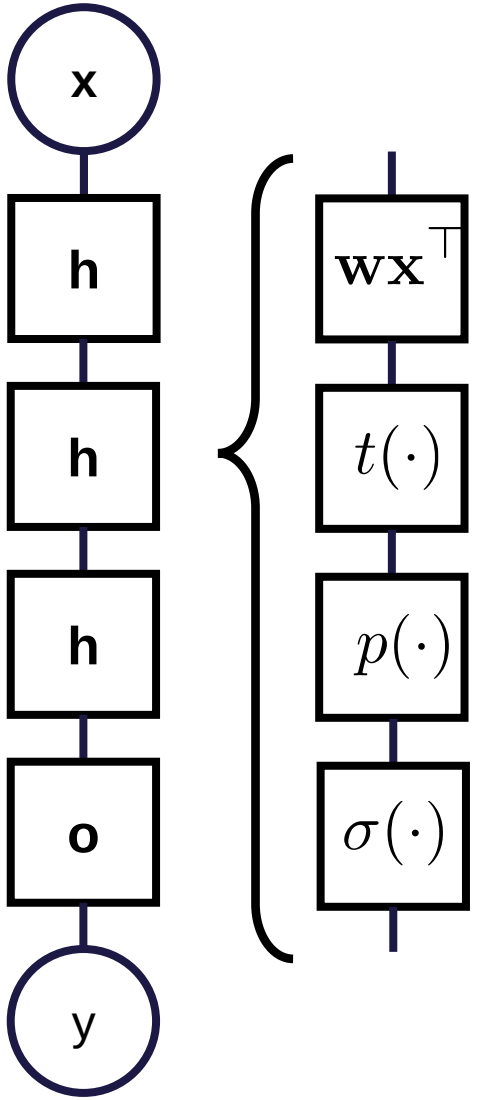
# Neuronale Netzwerke (neural networks)

Swiss Data Science Center

Input **x**: Bild, Ton, Text, Zeitreihe, ...

Output y: Etikett (Klasse), kontinuierlicher Wert, ...

**Alles, was zwischen x und y liegt, wird automatisch aus den Daten gelernt!**



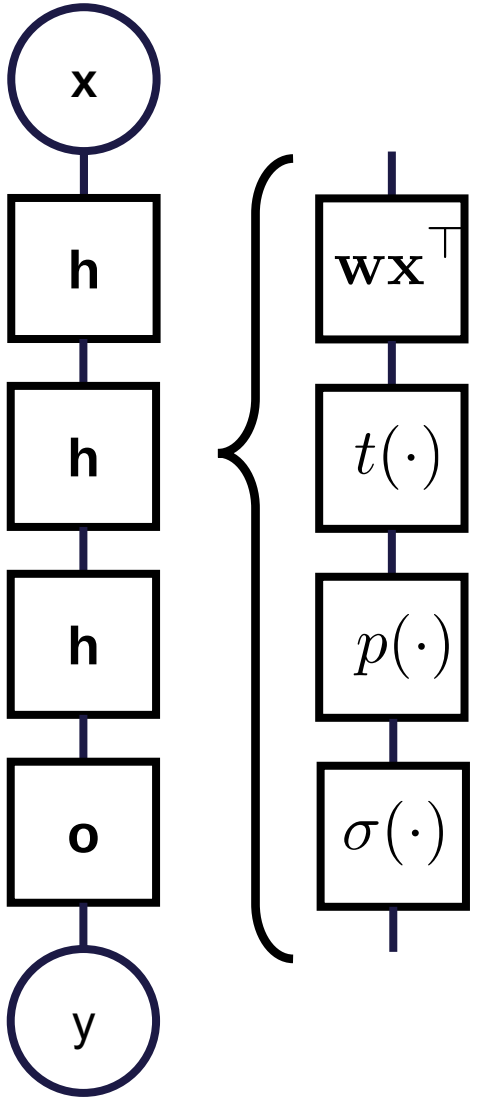
# Neuronale Netzwerke (neural networks, NN)

Swiss Data Science Center

Input **x**: Bild, Ton, Text, Zeitreihe, ...

Output y: Etikett (Klasse), kontinuierlicher Wert, ...

**Alles, was zwischen x und y liegt, wird automatisch aus den Daten gelernt!**




→ NN lernen Funktionen, die für jede Aufgabe und jeden Datensatz **geeignet sind**

→ Man braucht viele Daten, um starke und allgemeine Modelle zu trainieren.

# Modelle für maschinelles Lernen

Swiss Data Science Center

## Was wäre wenn?

- Nicht genügend Daten
- Nicht genug Rechenleistung

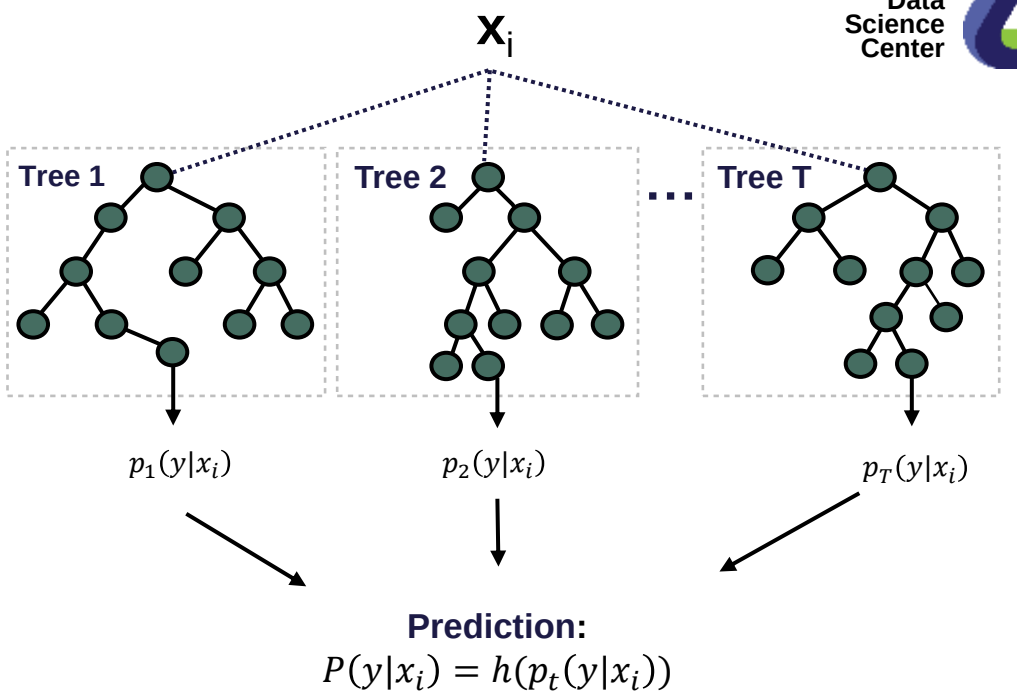
# Modelle für maschinelles Lernen

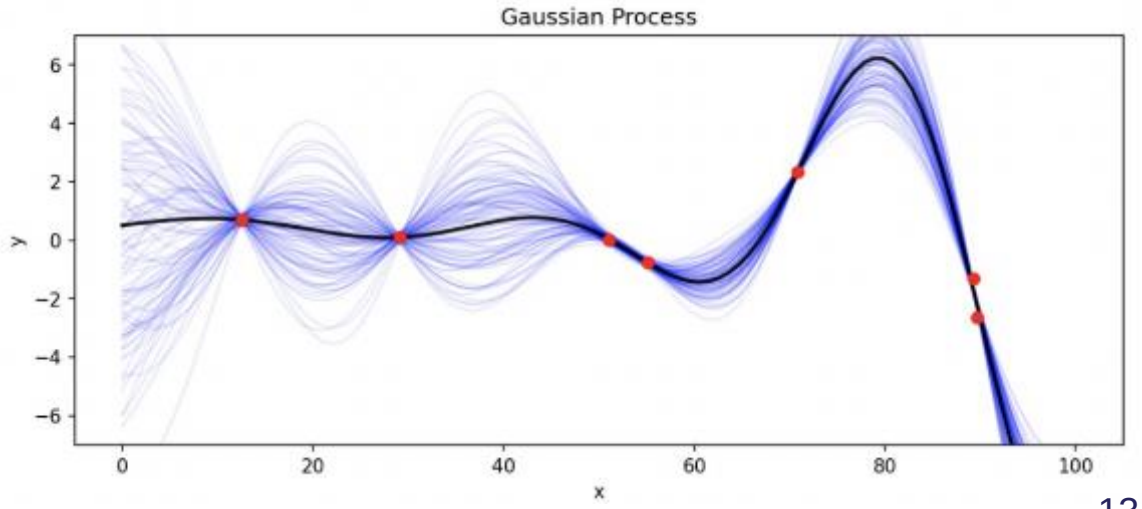
## Was wäre wenn?

- Nicht genügend Daten
- Nicht genug Rechenleistung

## Viele andere Ansätze!

- Random forests, boosted decision trees
- Gaußsche Prozesse
- ...



## Training

Supervision von Experten
(Beschriftung)

Daten Training

Optimierung Modell / Training

**+ Viele Daten**
**+ Rechenleistung**
**+ Software und Bibliotheken**

zu optimierende Funktion
(z. B. Ist das eine Katze?)

## Produktion / Einsatz

Daten Vorhersage

**+ Browser**
**+ Moderner PC**

Vorhersage
(Das ist ein Hund mit Wahrscheinlichkeit 0.78!)

# SDSC "data science" der Umwelt

Swiss Data Science Center

**Naturkatastrophen**: Karten zur Anfälligkeiten für Naturgefahren, Ermittlung von möglichen Ereignissen
**Klimawissenschaften**: Physikalische Modelle → KI, Vorhersage
**Ökologie**: Kartierung, Detektion (Kamerafallen), Aktualisierung der Beständen
**Landwirtschaft**: Kartierung, Schätzung, 3D-Rekonstruktion
**Geografie**: urbane Wissenschaft, Kartografie

# SDSC "data science" der Umwelt

Swiss Data Science Center

**Naturkatastrophen**: Karten zur Anfälligkeiten für Naturgefahren, Ermittlung von möglichen Ereignissen
**Klimawissenschaften**: Physikalische Modelle → KI, Vorhersage
**Ökologie**: Kartierung, Detektion (Kamerafallen), Aktualisierung der Beständen
**Landwirtschaft**: Kartierung, Schätzung, 3D-Rekonstruktion
**Geografie**: urbane Wissenschaft, Kartografie

**Daten:**
Satelliten
Physikalische Modelle
Wetterstationen (georeferenziert)
Naturbilder (georeferenziert)
...

# SDSC "data science" der Umwelt

**Naturkatastrophen**: Karten zur Anfälligkeiten für Naturgefahren, Ermittlung von möglichen Ereignissen
**Klimawissenschaften**: Physikalische Modelle → KI, Vorhersage
**Ökologie**: Kartierung, Detektion (Kamerafallen), Aktualisierung der Beständen
**Landwirtschaft**: Kartierung, Schätzung, 3D-Rekonstruktion
**Geografie**: urbane Wissenschaft, Kartografie

**Daten:**
Satelliten
Physikalische Modelle
Wetterstationen (georeferenziert)
Naturbilder (georeferenziert)
...

# Überwachung der Biodiversität durch Fotofallen

Swiss Data Science Center

# Überwachung der Biodiversität durch Fotofallen

## Fallstudie: Kolibris in Videos erkennen

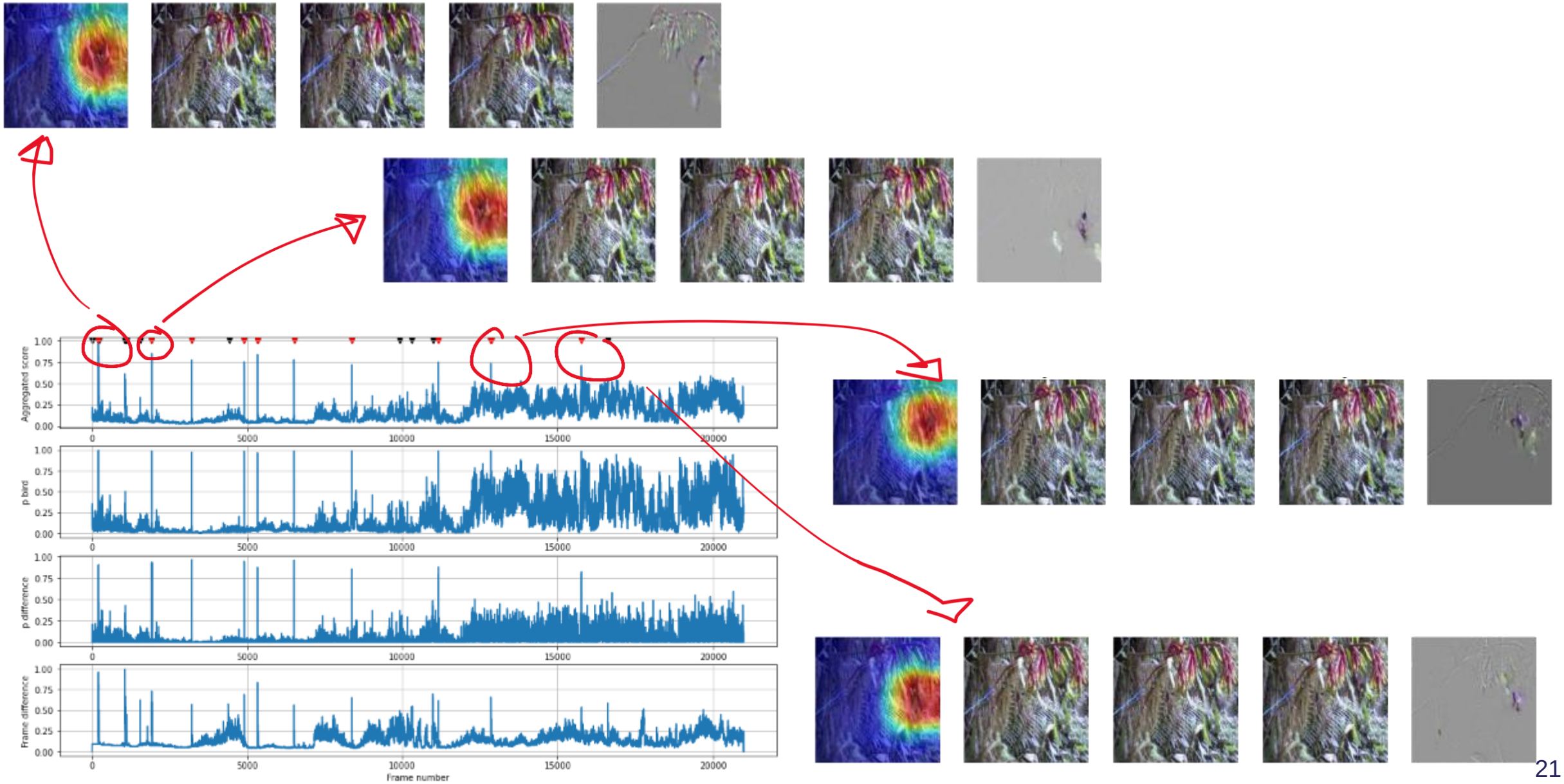
- Mittel- und Südamerika: wichtige Indikatoren für die Gesundheit der Ökosysteme
- Bestäuber für eine Mehrheit der ~7000 Pflanzenarten
- Modelle müssen verfügbar und tragbar sein (unwegsames Terrain)

# Überwachung der Biodiversität durch Fotofallen

- **Prognosemodul:** Jeder Frame p(y=bird|x), deep NN
- **Neuigkeitsmodul:** Vergleich zwischen "anomalen" Frames
- **Drift-Klassifikationsmodul**: Berücksichtigung von Beleuchtung und Lärm
- **Lokalisierungsmodul:** Post-hoc-Lokalisierung (gradCAM)

t-1 t t+1

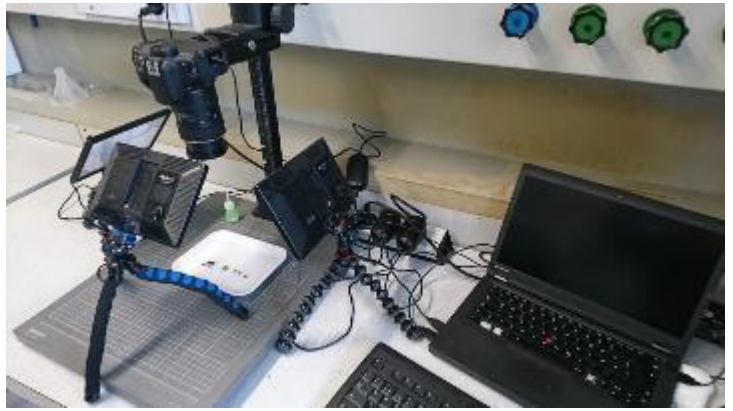
# Überwachung der Biodiversität durch Fotofallen

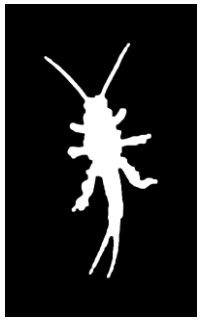


# Biodiversitätsmonitoring durch Stichproben

## Phänotypisierung Makrozoobenthos

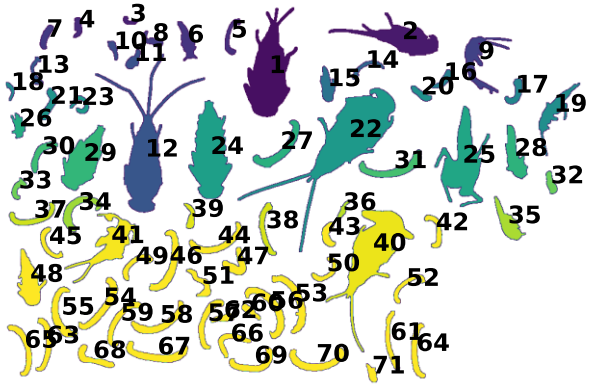
- Wasserqualität und Ökosystem der Flusssysteme in der Schweiz (EAWAG)
- Klassifizierung und Vermessung
- Herkömmliche Bildverarbeitung + KI (deep NN / Vision Transformer)





**7: oligochaeta**
- **l: 35mm**
- **w: 2mm**

**5: plecoptera**
- **l: 51mm**
- **w: 6mm**

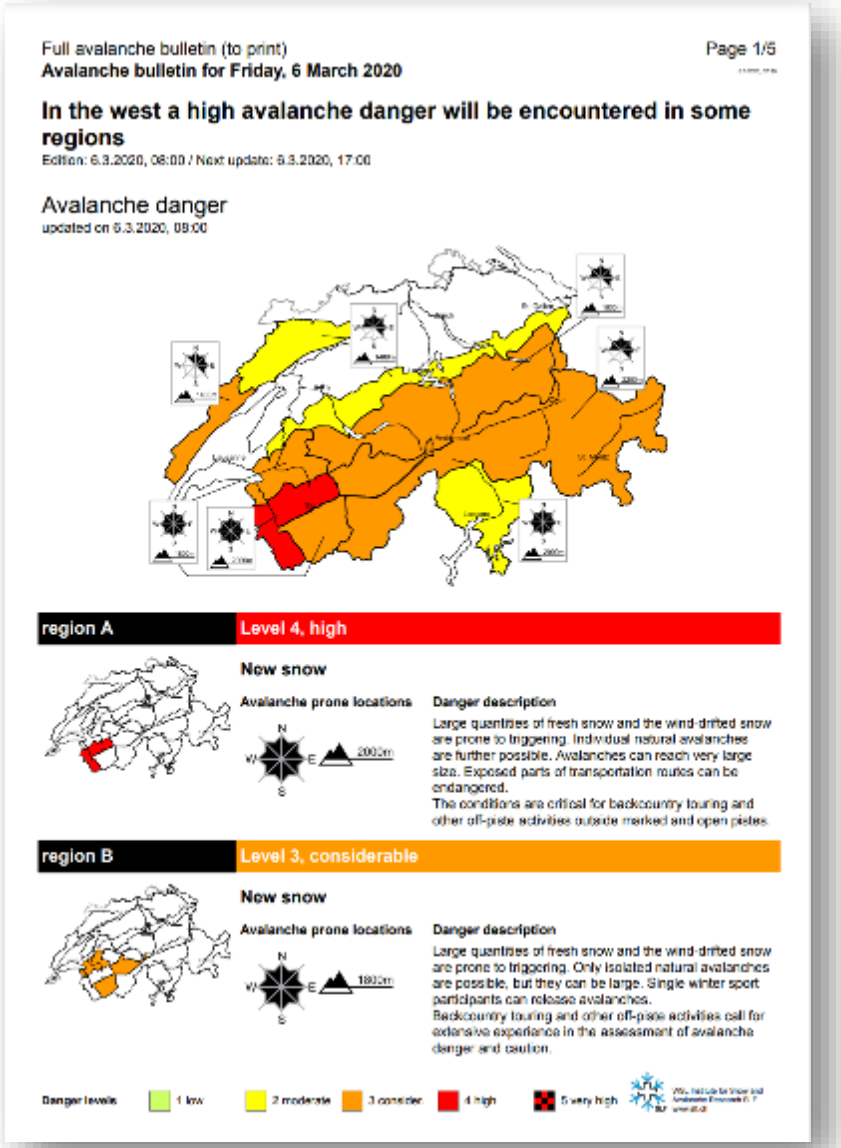


# SDSC "data science" der Umwelt

**Naturkatastrophen**: Karten zur Anfälligkeiten für Naturgefahren, Ermittlung von möglichen Ereignissen
**Klimawissenschaften**: Physikalische Modelle → KI, Vorhersage
**Ökologie**: Kartierung, Detektion (Kamerafallen), Aktualisierung der Beständen
**Landwirtschaft**: Kartierung, Schätzung, 3D-Rekonstruktion
**Geografie**: urbane Wissenschaft, Kartografie

**Daten:**
Satelliten
Physikalische Modelle
Wetterstationen (georeferenziert)
Naturbilder (georeferenziert)
...

# Kartierung der Lawinengefahr



Full avalanche bulletin (to print)
**Avalanche bulletin for Friday, 6 March 2020**

Page 1/5

**In the west a high avalanche danger will be encountered in some regions**

Edition: 6.3.2020, 08:00 / Next update: 6.3.2020, 17:00

Avalanche danger

updated on 6.3.2020, 08:00

**region A** — **Level 4, high**

**New snow**

**Avalanche prone locations**

**Danger description**

Large quantities of fresh snow and the wind-drifted snow are prone to triggering. Individual natural avalanches are further possible. Avalanches can reach very large size. Exposed parts of transportation routes can be endangered.
The conditions are critical for backcountry touring and other off-piste activities outside marked and open pistes.

**region B** — **Level 3, considerable**

**New snow**

**Avalanche prone locations**

**Danger description**

Large quantities of fresh snow and the wind-drifted snow are prone to triggering. Only isolated natural avalanches are possible, but they can be large. Single winter sport participants can release avalanches.
Backcountry touring and other off-piste activities call for extensive experience in the assessment of avalanche danger and caution.

Danger levels: 1 low | 2 moderate | 3 considerable | 4 high | 5 very high

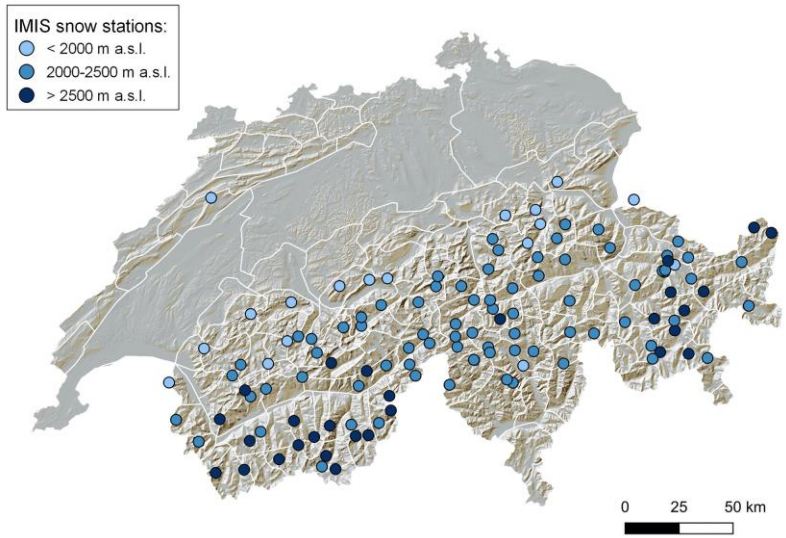
# Kartierung der Lawinengefahr

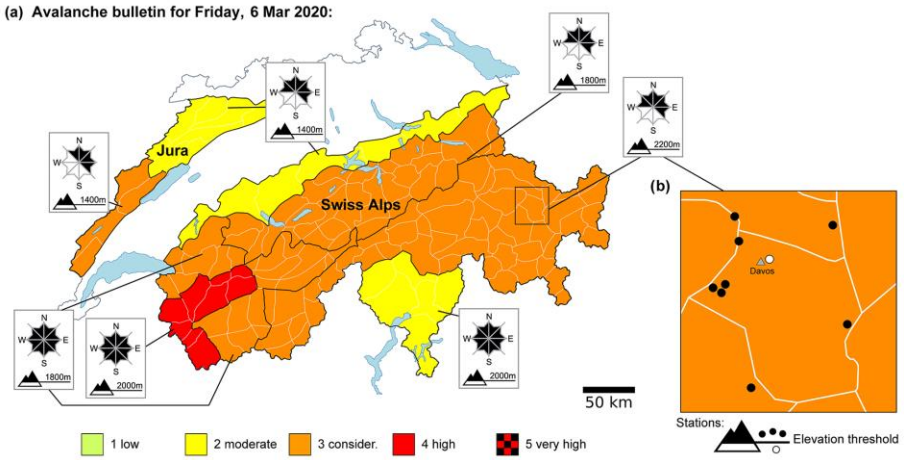
## Inputs:

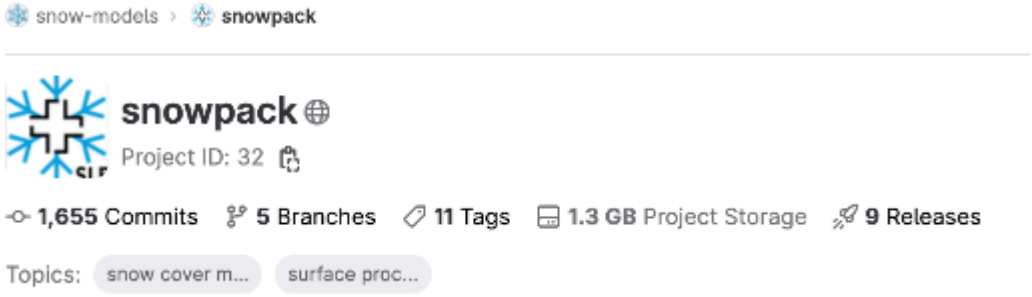
- Wetterstationen in den Alpen (IMIS-Netzwerk)
- Digitales Schneemodell
- Digitales Geländemodell

## Outputs / Target des Modells:

- Schnee-/Lawinenbericht



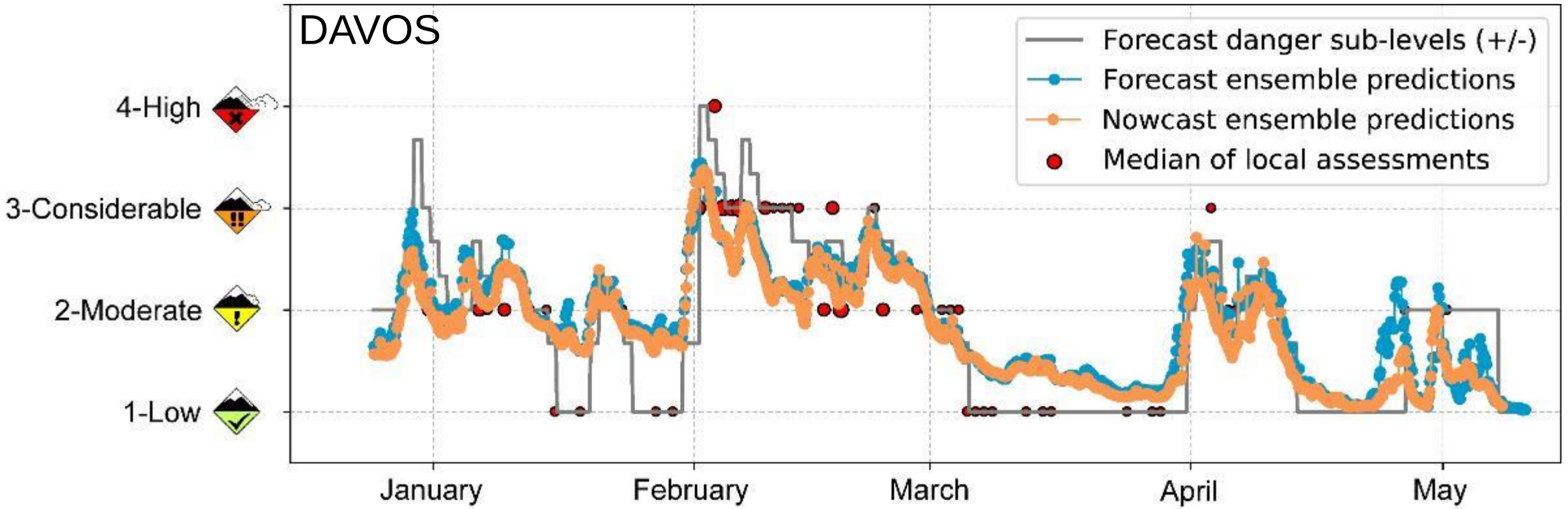

Pérez-Guillén, C., Techel, F., Hendrick, M., Volpi, M., van Herwijnen, A., Olevski, T., Obozinski, G., Pérez-Cruz, F., and Schweizer, J.: Data-driven automated predictions of the avalanche danger level for dry-snow conditions in Switzerland, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 22, 2031–2056, https://doi.org/10.5194/nhess-22-2031-2022, 2022.

# Kartierung der Lawinengefahr

Saison 2018-2019
auf verschiedenen Bulletins

Pérez-Guillén, C., Techel, F., Hendrick, M., Volpi, M., van Herwijnen, A., Olevski, T., Obozinski, G., Pérez-Cruz, F., and Schweizer, J.: Data-driven automated predictions of the avalanche danger level for dry-snow conditions in Switzerland, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 22, 2031–2056, https://doi.org/10.5194/nhess-22-2031-2022, 2022.

# Kartierung der Lawinengefahr

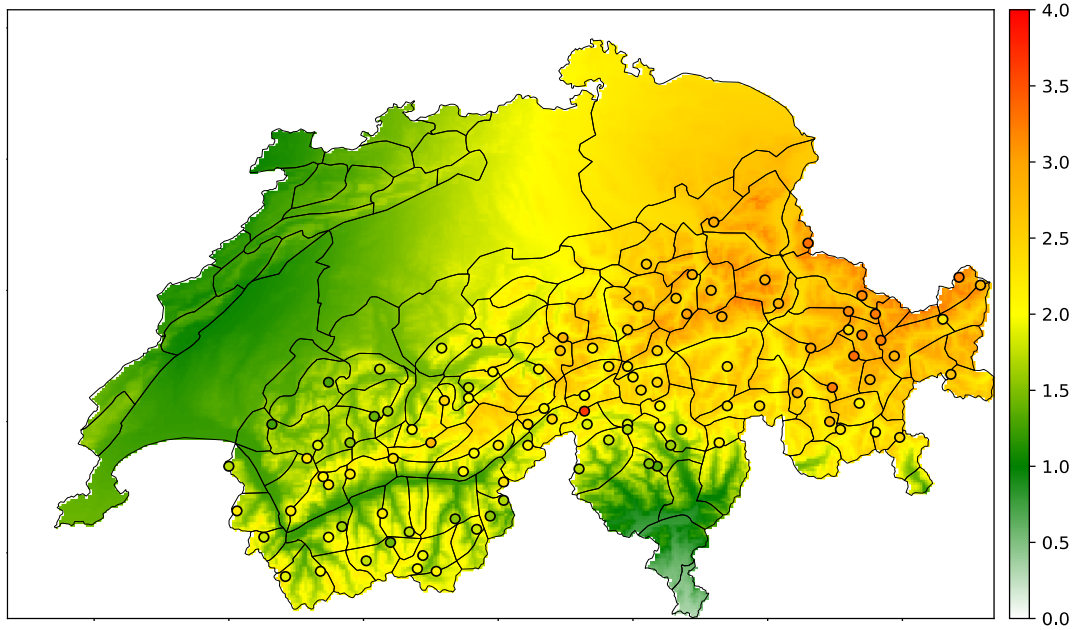



“nowcast” (jour même) vs “forecast” (24 Stunden im Voraus, COSMO)

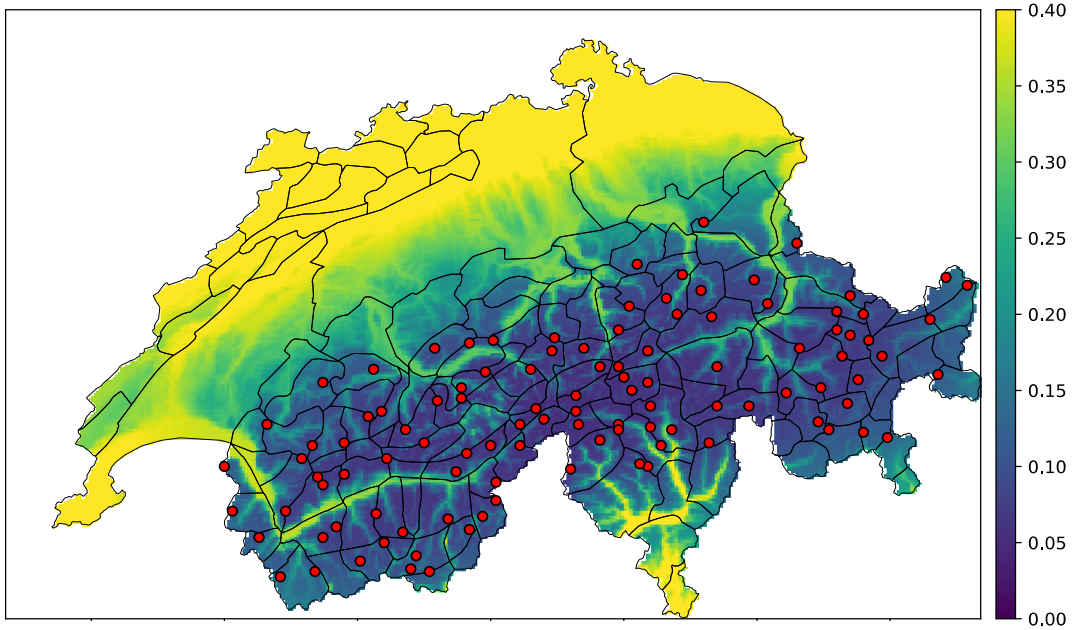
Pérez-Guillén, C., Techel, F., Hendrick, M., Volpi, M., van Herwijnen, A., Olevski, T., Obozinski, G., Pérez-Cruz, F., and Schweizer, J.: Data-driven automated predictions of the avalanche danger level for dry-snow conditions in Switzerland, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 22, 2031–2056, https://doi.org/10.5194/nhess-22-2031-2022, 2022.

# Kartierung der Lawinengefahr

## Interpolation auf 1km²



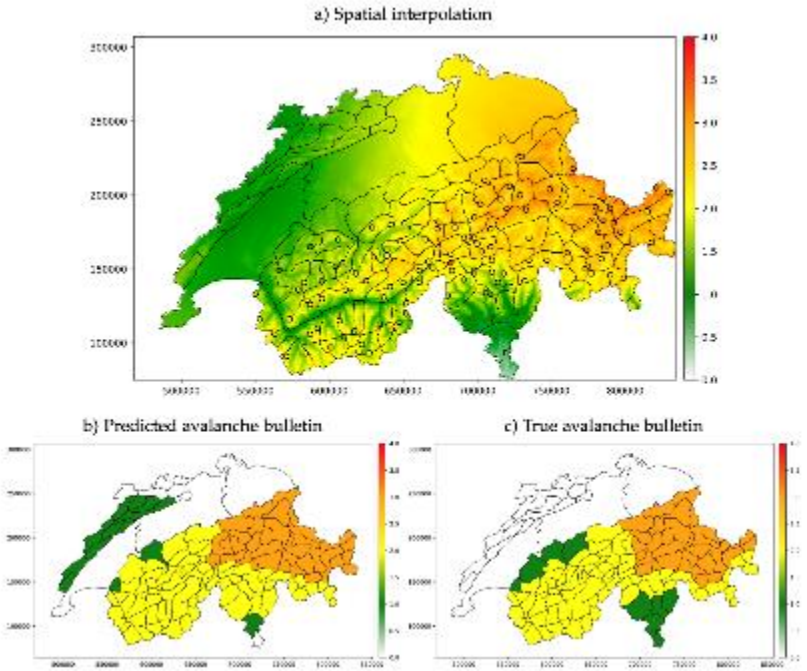

«Durchschnitt» der Gefahrenstufe pro Feld



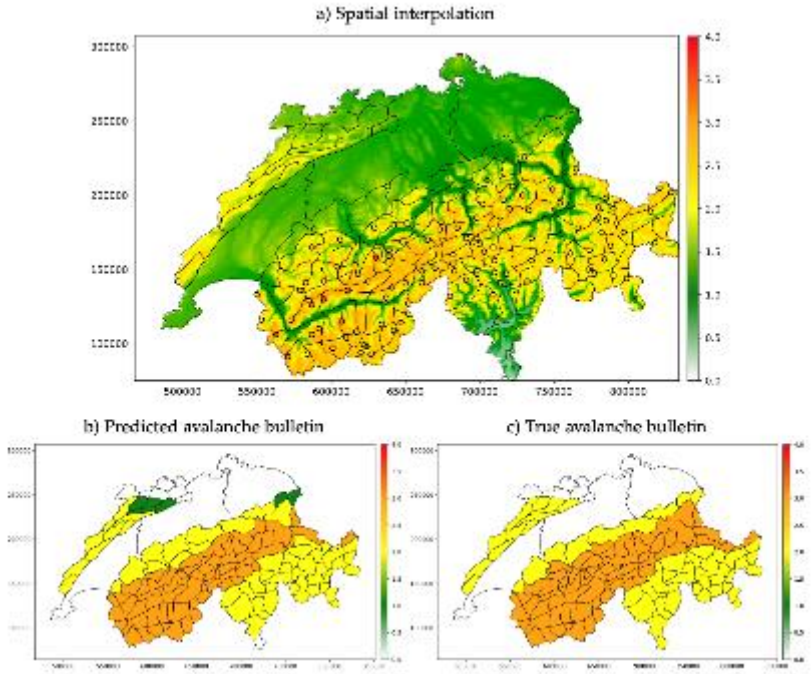

"Varianz" der Punktzahl pro Feld

Maissen, A., Techel, F., and Volpi, M.: A three-stage model pipeline predicting regional avalanche danger in Switzerland (RAvaFcast v1.0.0): a decision-support tool for operational avalanche forecasting, EGUsphere [preprint], https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-2948, 2024.

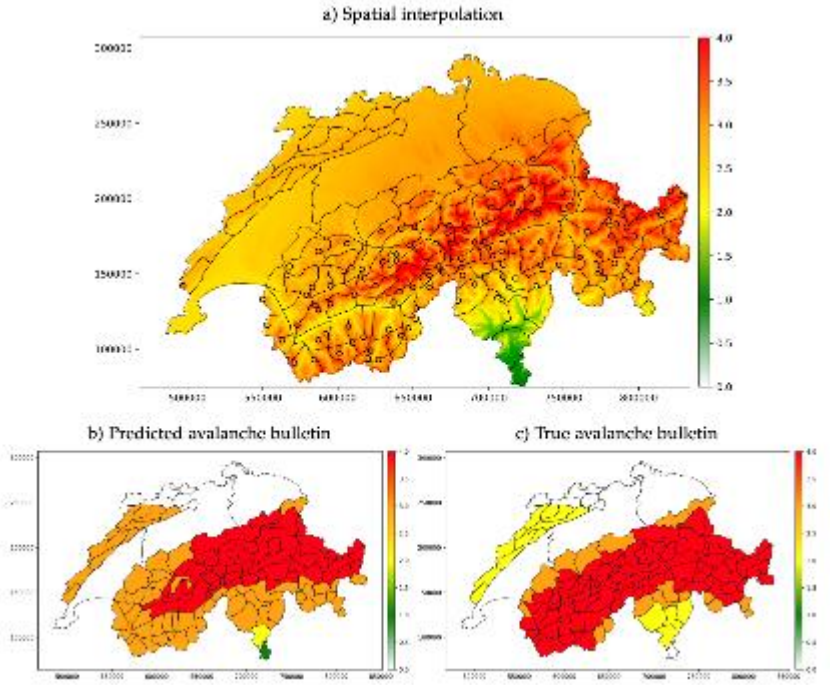
Swiss Data Science Center




7 Jan 2019




11 März 2019




15 Jan 2019

Maissen, A., Techel, F., and Volpi, M.: A three-stage model pipeline predicting regional avalanche danger in Switzerland (RAvaFcast v1.0.0): a decision-support tool for operational avalanche forecasting, EGUsphere [preprint], https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-2948, 2024.

# Wie sieht die Zukunft der KI in der Wissenschaft aus?

Swiss Data Science Center

**Verständlichkeit → Interpretierbarkeit → Kausalität:** NNs sind oft "black boxes", man versteht nicht, was sie tun (zu kompliziert), oder wie die Beziehung zwischen den Variablen ist.

**Realitätsnähe:** Rein "statistische" KI-Modelle sind oft nicht physikalisch streng (auch wenn sie genau sind).

**«Humans-in-the-loop»:** Experten können die Modelle in Echtzeit korrigieren.

**Multimodalität:** Die Natur lässt sich nur selten mit einem einzigen Datensatz beschreiben.

Swiss Data Science Center

# Merci

# Was ist KI?

Swiss Data Science Center

Was ist KI?

"Es ist die Wissenschaft und Technik der Herstellung von intelligenten Maschinen, insbesondere von **intelligenten Computerprogrammen**. Sie ist mit der ähnlichen Aufgabe verbunden, Computer zu verwenden, um die menschliche Intelligenz zu verstehen, aber KI darf sich nicht auf Methoden beschränken, die biologisch beobachtbar sind."

McCarthy

[McCartthy, what is artificial intelligence, 2007]
https://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.pdf

# Neuronale Netzwerke (neural networks, NN)

Swiss Data Science Center

## A bit of history...

$$\frac{\partial E_p}{\partial w_{ji}} = \frac{\partial E_p}{\partial o_{pj}} \frac{\partial o_{pj}}{\partial w_{ji}}$$

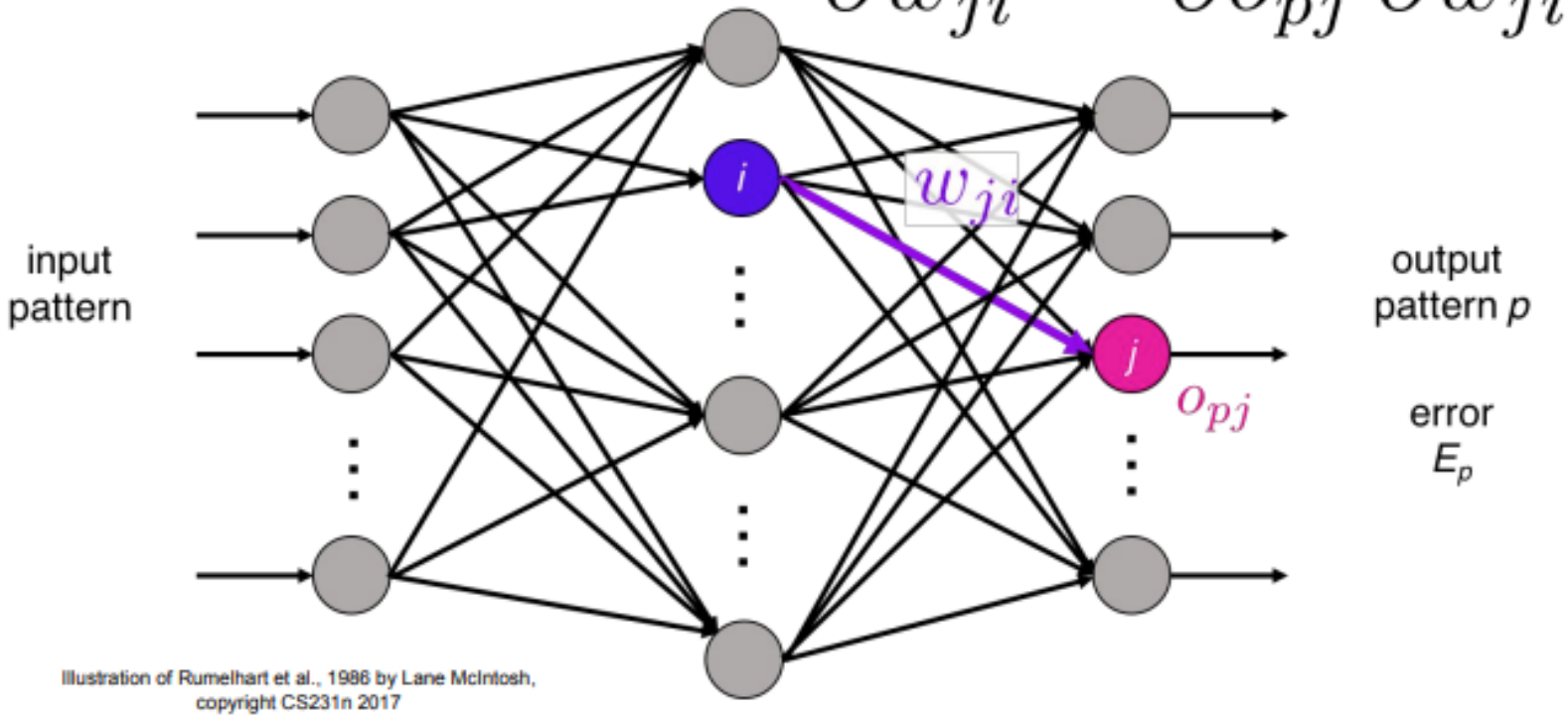



Illustration of Rumelhart et al., 1986 by Lane McIntosh, copyright CS231n 2017

E := Fehler zwischen Etikett und Modellvorhersage

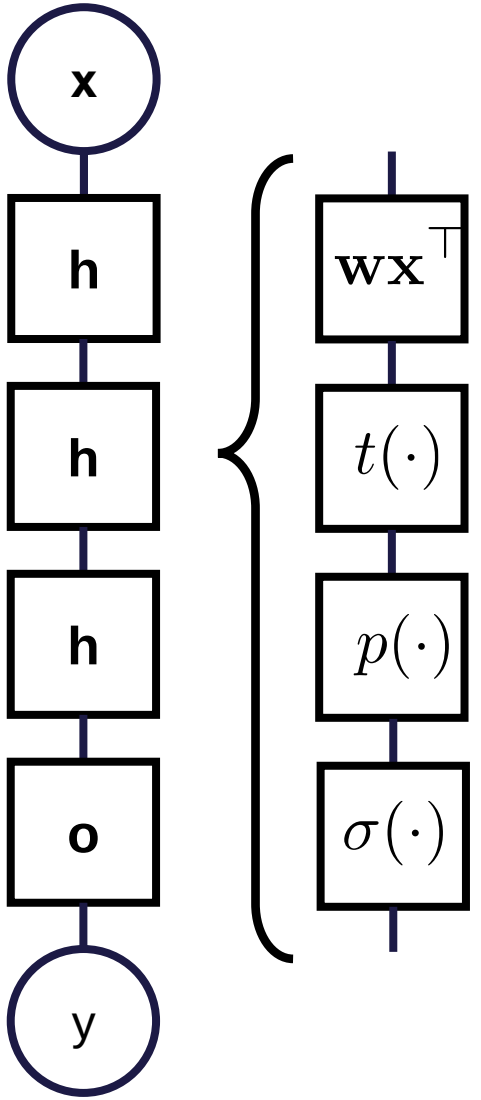
Aktualisierung der Vorlage = Verringerung dieses Fehlers

# Neuronale Netzwerke (neural networks, NN)

Swiss Data Science Center

**Was hat sich seit den 60er Jahren verändert?**

- Viele Daten (z.B. Google, Meta, ...)
- Sehr billige Rechenleistung
- Spezialisierung (z.B. wir in SDSC)
- Zugänglichkeit in der "state-of-the-art"-Klasse



# Was braucht man für KI?

Swiss Data Science Center

## Zum Erstellen von Systemen:

- **Eine Menge an Daten.** Besser, wenn vorverarbeitet und sauber (Informationen leichter zu extrahieren)
- **Leistung für die Berechnung.** Schnelle GPUs, CPUs, Netzwerke und Filesystem!
- **Software, Code und Bibliotheken.** «Python» ist zum Standard geworden, viel Open Source.

## Um die Systeme zu nutzen:

- Internetbrowser, Anmeldung (KI in der Cloud)
- Moderner Computer (Laptop reicht oft aus)

# SDSC data environmental science

Swiss Data Science Center

**Naturkatastrophen**: Karten zur Anfälligkeiten für Naturgefahren, Ermittlung von möglichen Ereignissen
**Klimawissenschaften**: Physikalische Modelle → KI, Vorhersage
**Ökologie**: Kartierung, Detektion (Kamerafallen), Aktualisierung der Beständen
**Landwirtschaft**: Kartierung, Schätzung, 3D-Rekonstruktion
**Geografie**: urbane Wissenschaft, Kartografie

**Daten:**
Satelliten
Physikalische Modelle
Wetterstationen (georeferenziert)
Naturbilder (georeferenziert)
...

# Backup Zusatzanwendung: Kartografie

Swiss Data Science Center

Mithilfe von tiefen **neuronalen Netzen (deep NN):**

- **Automatisches Lernen:** Veränderungen in der Bausubstanz in Londre
- **Georeferenzierte Bilder** als Informationsquelle
- Lernen von Bilddarstellungen über self-supervised learning (derselbe Algo hinter chatGPTs, etc.)

# Ex1: Kartografie des urbanen Wandels

- Kann man Informationen über die Stadtstruktur[1] aus georeferenzierten Bildern extrahieren? z.B. Google Streetview?
- Ist das möglich ohne Beispiele für Veränderungen zu haben?

[1] Diese Methode ist anwendungsunabhängig!

# Ex1: Kartografie des urbanen Wandels

- Eine KI (neuronales Netz) - nur wenn sie weiss, wo und wann das Bild aufgenommen wurde - KI lernt die Übereinstimmungen zwischen Bildern.

→ Was nicht passt, ist eine Veränderung.

# Ex1: Kartografie des urbanen Wandels

- Eine KI (neuronales Netz) lernt - nur wenn sie weiss, wo und wann das Bild aufgenommen wurde - die Übereinstimmungen zwischen Bildern.

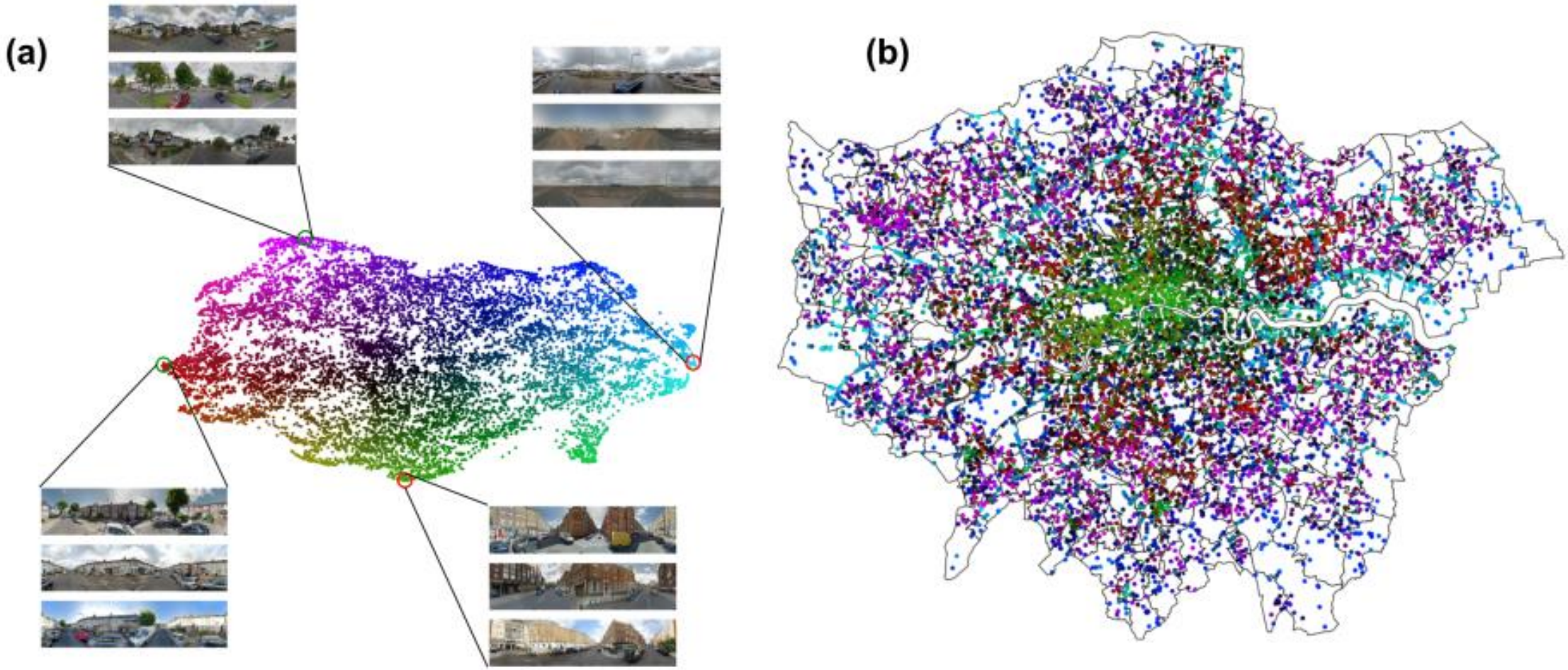
→ Was nicht passt, ist eine Veränderung

2008

2018

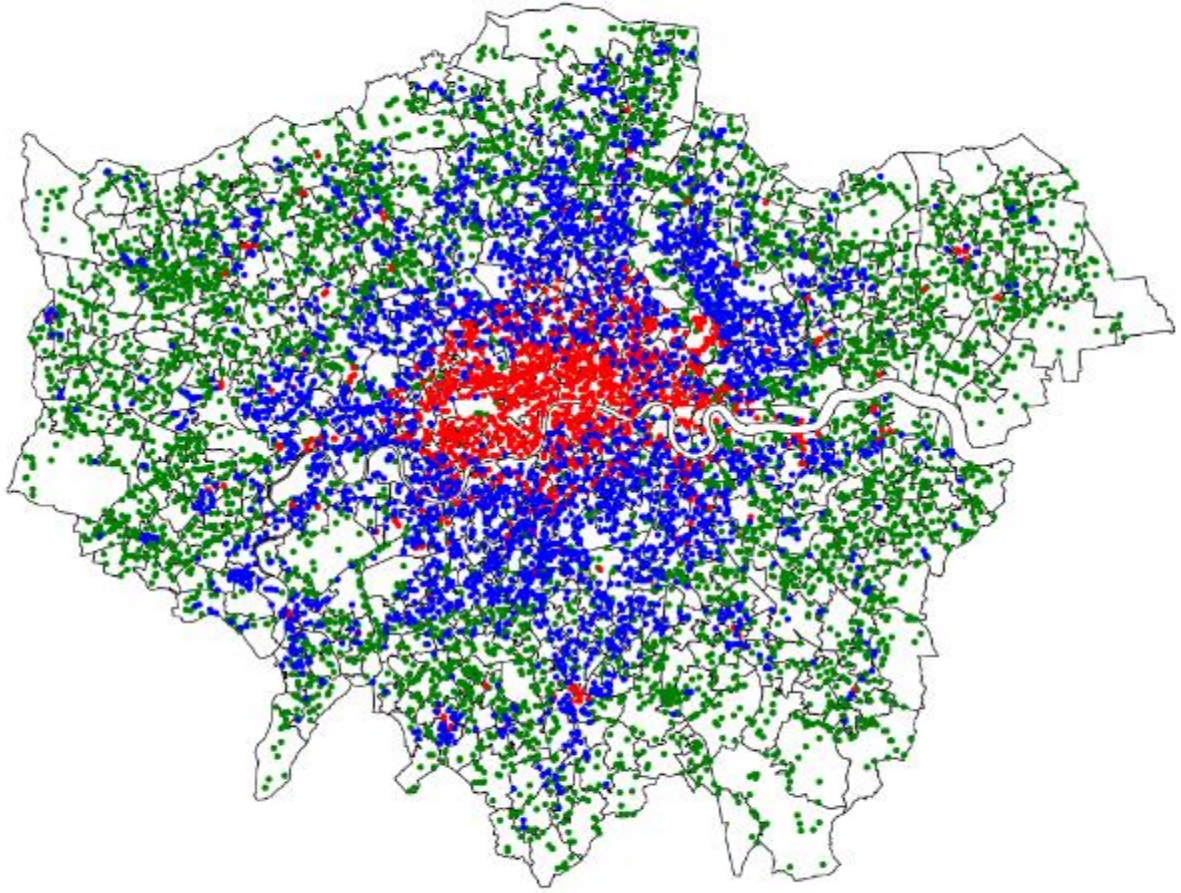
# Ex1: Kartografie des urbanen Wandels

Visualisierung der von der KI gelernten "inneren Repräsentation" von Bildern

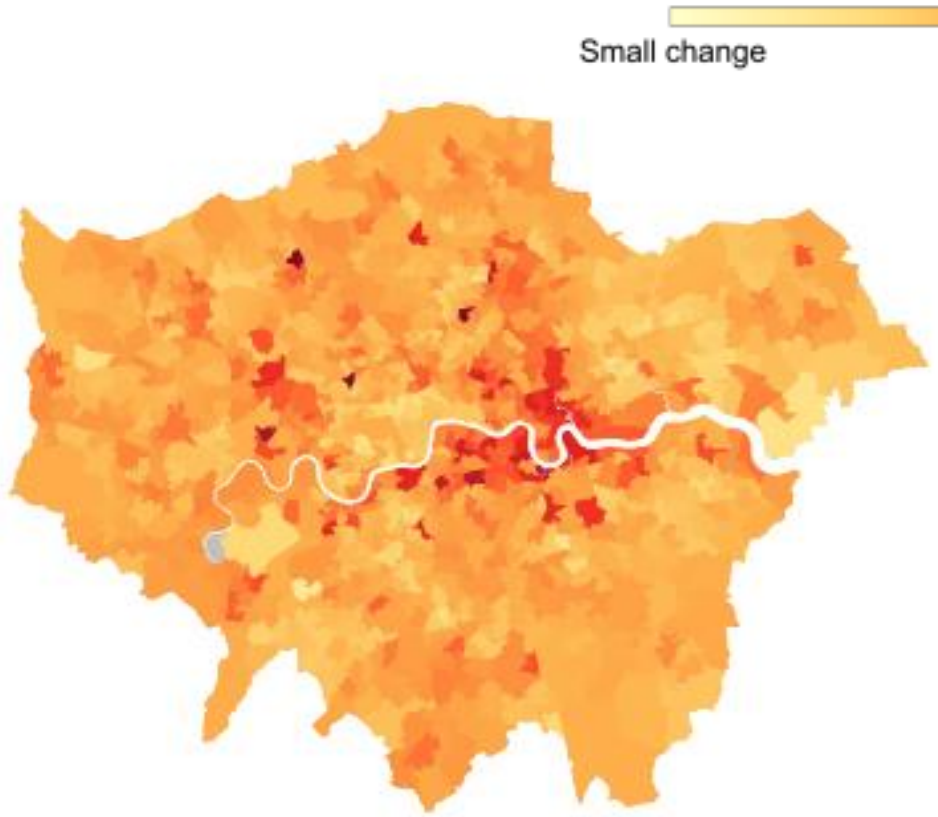


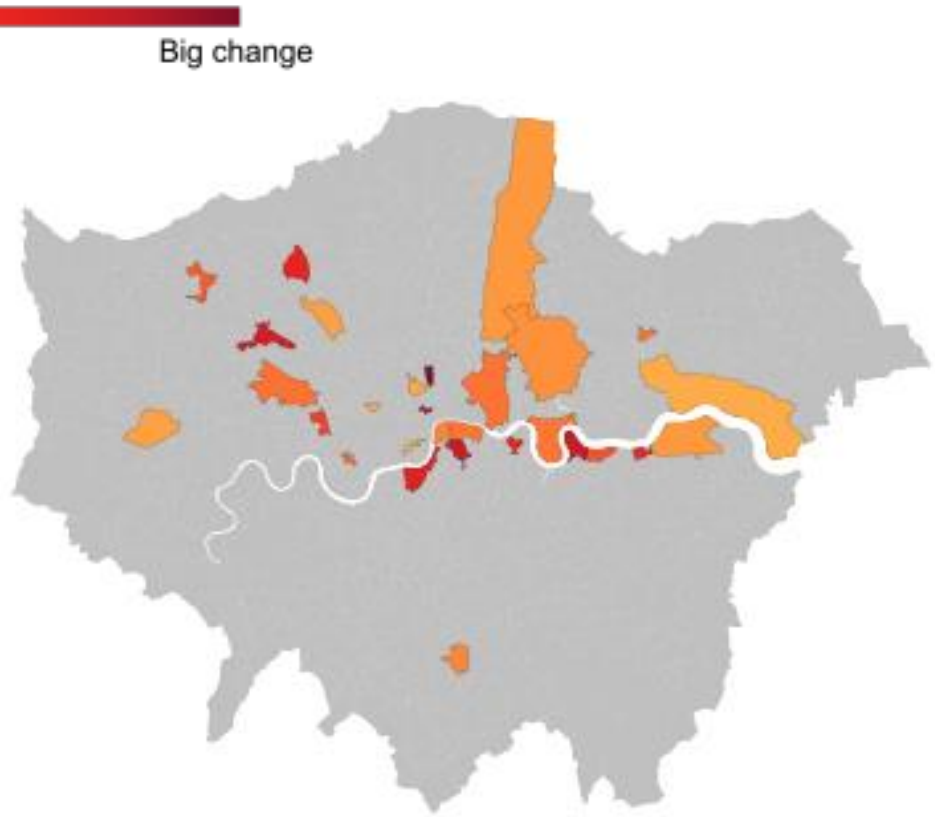
# Ex1: Kartografie des urbanen Wandels

Die KI lernt mehr als nur den Wechsel zwischen bebaut und unbebaut.



# Ex1: Kartografie des urbanen Wandels






Vorhersage von Veränderungen durch KI

Vorhersage für die Stadt London (Entwicklungspotenzial)