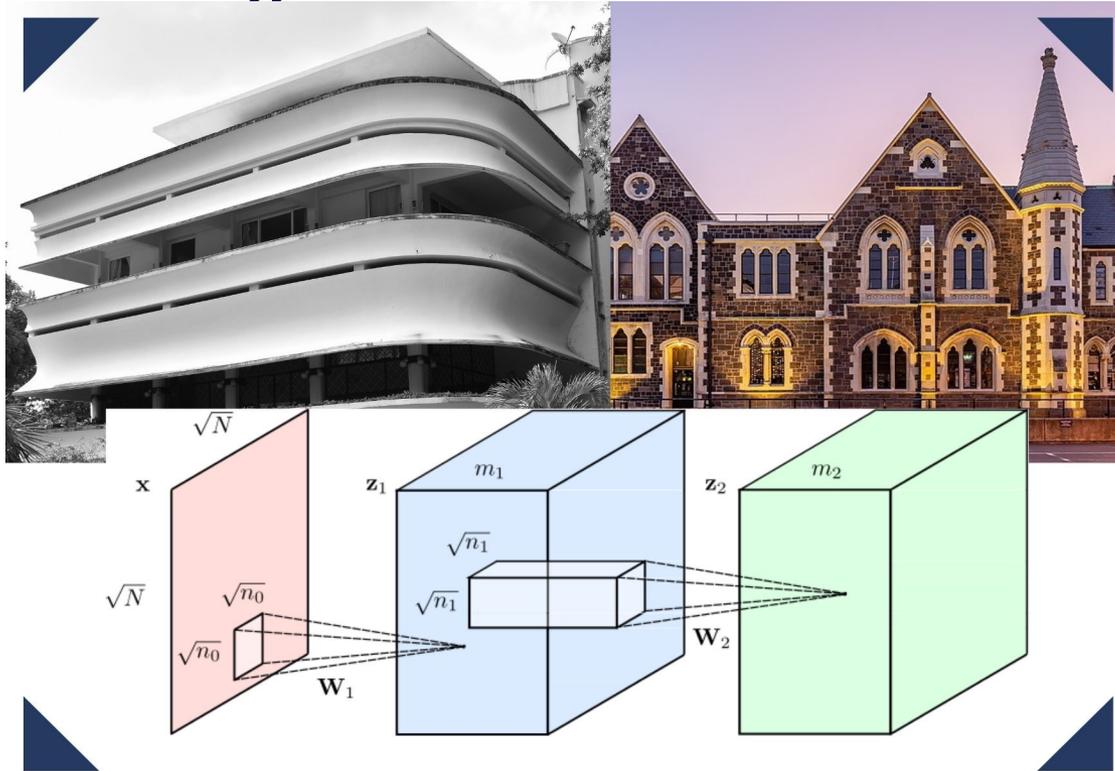


# Museen und KI: Zum „Stand der Kunst“



Collage by digiS, Bild 1: [Christchurch Arts Centre, Christchurch, New Zealand](#), Michal Klajban, [CC BY-SA 4.0](#), Bild 2: [Martinique Villa Monplaisir, Fort-de-France](#), architecte Louis Caillat, [MouvementFlou](#), [CC BY-SA 4.0](#); Bild 3: [Convolutional Layers of a Convolutional Neural Network](#), Renanar2, [CC BY-SA 4.0](#), alle via Wikimedia Commons

# Stand der Kunst

---

## KI und Museen in Deutschland und anderswo

- „arts&metrics“ listet weltweit 122 KI-bezogene Initiativen in Museen<sup>1</sup>
- 2019 Gründung eines „Museum and AI Network“<sup>2</sup> mit deutscher Entsprechung<sup>3</sup>
- EuropeanaTech task force on AI<sup>4</sup>
- Umfangreiche KI-Projekte der National Gallery London, des Metropolitan Museum of Art, etc.

# Stand der Kunst

---

## Studie KI/ML – GLAMs durch Europeana 2021<sup>5</sup>

- Scope: 56 Einrichtungen in 20 Ländern
  - Erfolgreicher Einsatz diverser AI-Technologien und -Themen: Knowledge Extraction (20,4%), (Meta-)data Quality (27,3 %), Collections Management (20%), Machine Translation (10,9%), Visualizing Collections (14,5%)
  - Bei Projektziel „Enrichment“ sind „Images“ der häufigste Datentyp, Indexing für audiovisuelle Medien
-

# Stand der Kunst

---

## KI und Museen in Deutschland und anderswo

- MAI-Tagung 2021: Session „KI im Museum“<sup>6</sup>
- Förderprogramm LINK Niedersachsen: Schnittmenge Kunst & Kultur<sup>7</sup>
- Badisches Landesmuseum: „Projekt Creative User Empowerment“<sup>8</sup>
- Projekt „KI in Einrichtungen der kulturellen Infrastruktur“ in SH<sup>9</sup>

...

# Stand der Kunst

---

## Einige spektakuläre Anwendungsbeispiele

- Automatisches Vervollständigen von „Lücken“ in Gemälden<sup>10</sup>
  - Künstler-Attribution, Entdeckung von Fälschungen<sup>11</sup>
  - Kolorierung von Schwarzweiß-Bildern<sup>12</sup>
- ...

# Stand der Kunst

---

Versuch einer Typologie der AI-GLAM-Projekte

- **KI für Marketing/Backoffice:** Besucher\*innen und Besuchs-Analysen
- **KI für das Besuchserlebnis:** KI-Methoden zur Vermittlung von Exponaten
- **KI für die Kurator\*innen:** KI für die Inhaltserschließung und Anreicherung mit Metadaten

# Entwicklung von KI/ML in Wirtschaft, Forschung

---

## Exponentielles Wachstum?

- Verdoppelung der Rechenintensität erfolgreicher publizierter *Modelle* innerhalb von 3,4 Monaten (2012-2018) <sup>12</sup>
- *Stanford AI Report 2021*<sup>14</sup> :
  - Anteil der KI-Veröffentlichungen Seit 2000 mehr als vervierfacht (0.82%-3.8%)
  - Kein neuer „AI-Winter“ in Sicht

# Definitionen

---

Was ist mit „KI“ eigentlich gemeint?

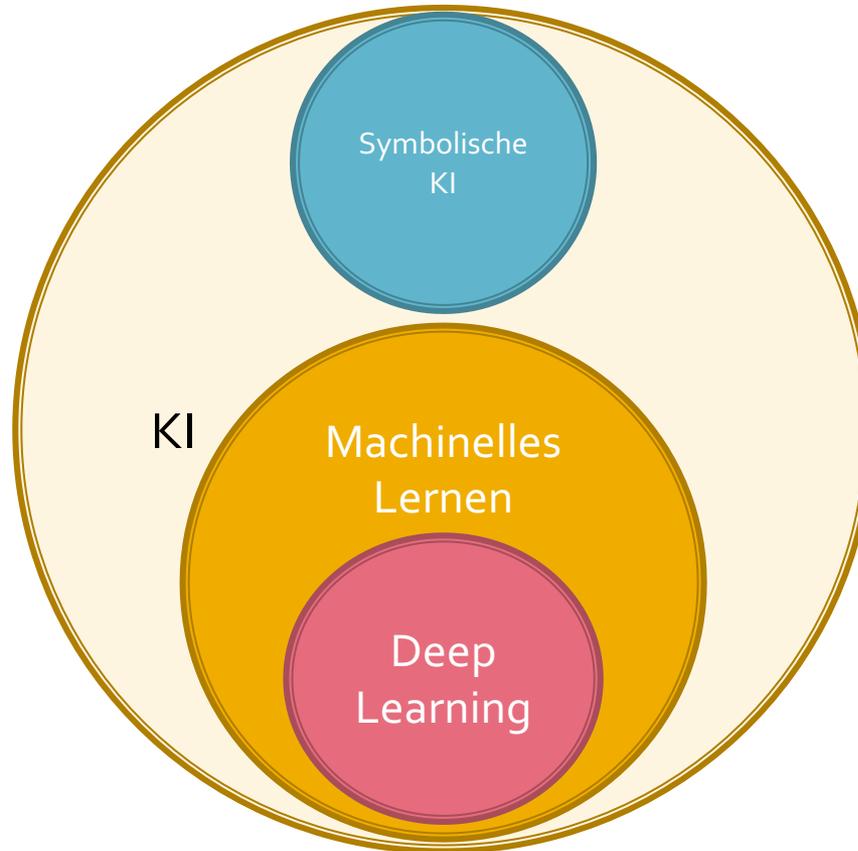
- Was heißt „**künstlich**“?
- Was heißt „**Intelligenz**“?

⇒ Aus Sicht der Informatik

⇒ Aus Sicht von GLAMs...

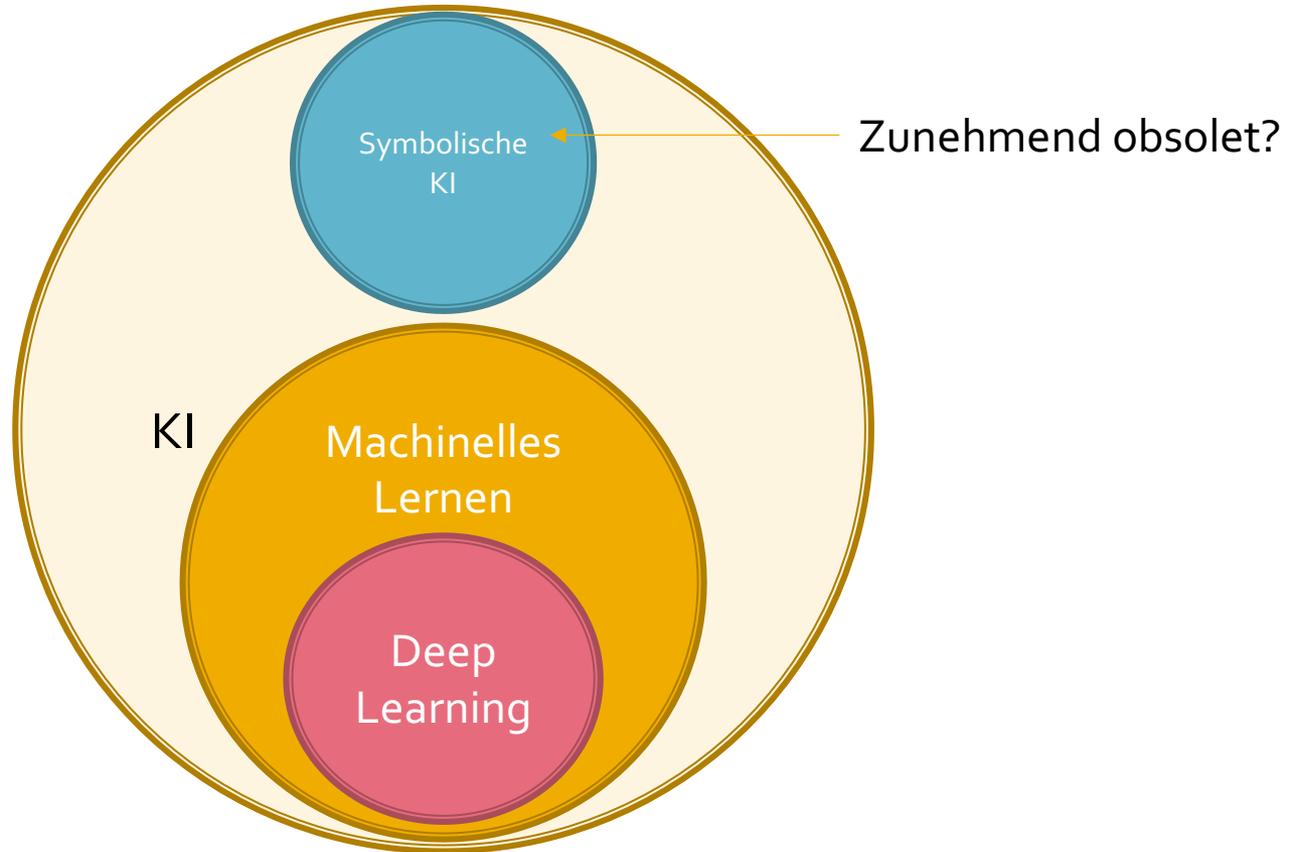
# Definitionen

Was ist mit „KI“ eigentlich gemeint?



# Definitionen

## Was ist mit „KI“ eigentlich gemeint?

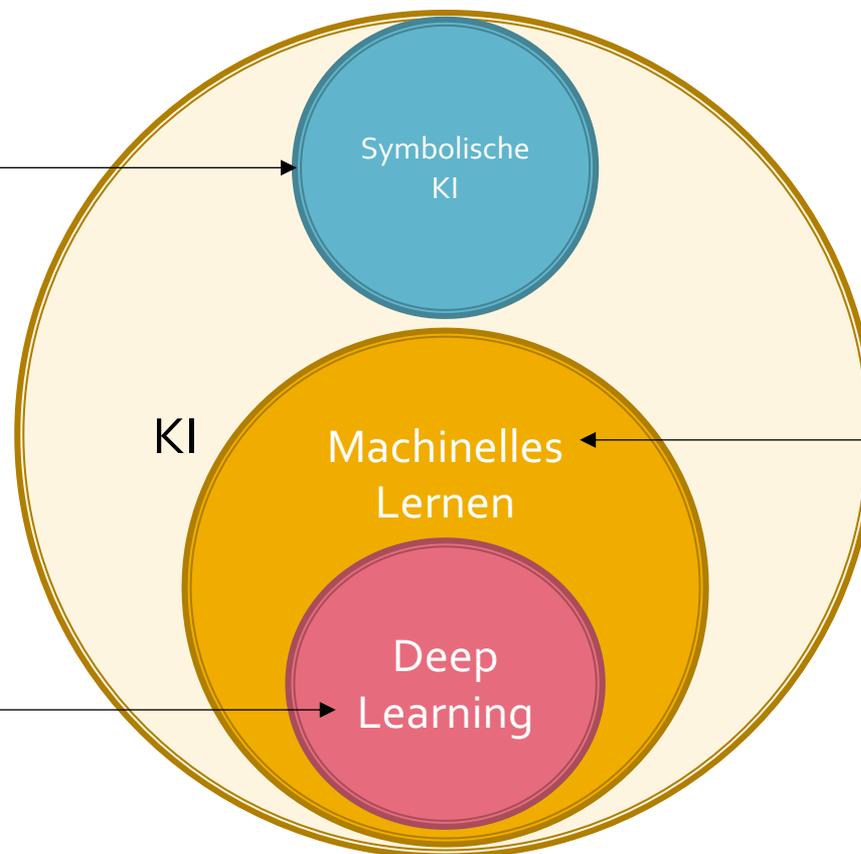


# Definitionen

## Was ist mit „KI“ eigentlich gemeint?

*Arbeitsdefinition:*  
Regelbasiertes  
KI-Verfahren

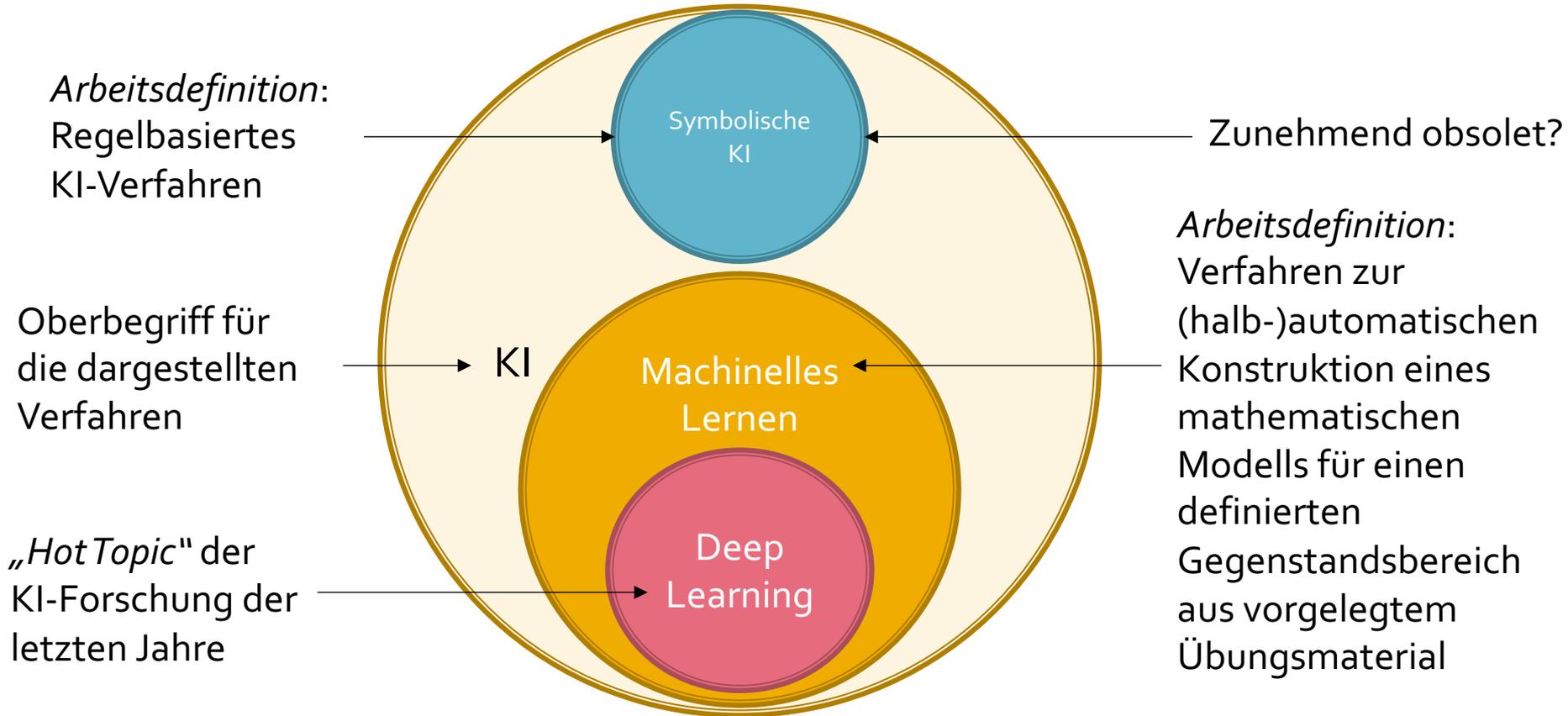
„Hot Topic“ der  
KI-Forschung der  
letzten Jahre



*Encl. of Mathematics:*  
„**Machine learning** is concerned with modifying the knowledge representation structures (or knowledge base) underlying a computer program such that its problem-solving capability improves.“<sup>15</sup>

# Definitionen

## Was ist mit „KI“ eigentlich gemeint?



# Definitionen

---

Was ist mit „KI“ eigentlich gemeint?

- When you're *fundraising*, it's **AI**
- When you're *hiring*, it's **ML**
- When you're *implementing*, it's **linear regression**
- When you're *debugging*, it's `printf()`<sup>16</sup>

# Zusammenfassung: Further Reading

## KÜNSTLICHE INTELLIGENZ UND MUSEEN

Ein Toolkit

Dr. Oonagh Murphy  
Dr. Elena Villaespesa

Deutsche Fassung

Dr. Johannes Bernhardt  
Dr. Tabea Golgath  
Sonja Thiel

Badisches  
Landes

*museum x*  
Museum

link



# Zusammenfassung

---

KI/ML in Museen: Strohfeuer / Zukunftsthema?

- Stetiger Fortschritt in KI-Schlüsseltechnologien
- Aktive Beschäftigung der GLAM-Welt mit dem Thema
- Fortschreitende Digitalisierung von Kulturgut generiert geeignete Daten für ML-Verfahren

=> Zukunftsthema!

# Architektur-Klassifikation mit Convolutional Neural Networks



Creative Commons Zero, Public Domain Dedication

# In a nutshell: Der Use-Case



WM-User Thomaswiki



Friedrich  
Haag



Maxwell Hamilton

Beide [CC-BY-SA 3.0](#)



WM-user  
Corderomx

Beide [CC-BY-SA 4.0](#)



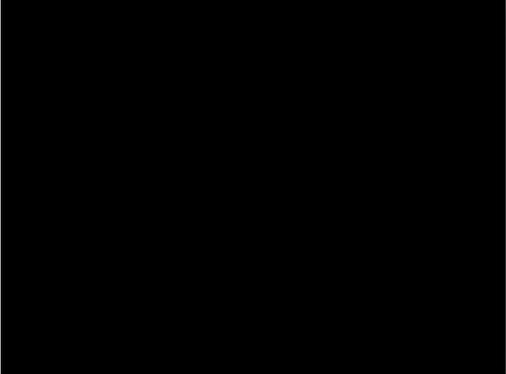
```
< xyz: stylePeriod >  
    gothic  
</ xyz: stylePeriod >
```

# Moment, gibt's das nicht schon?

Google-Suche gothic architecture   

Q Alle  Bilder  News  Videos  Bücher  Mehr Suchfilter

 frau  kleider  mann  hochzeitskleid  batcave  80er 

Gothic architecture - Wikipedia  
en.wikipedia.org

Gothic architecture - Wikipedia  
en.wikipedia.org

Geschichte und Einflüsse der gotischen Architektur...  
hisour.com

# Moment, gibt's das nicht schon?

## Vergleichsprodukt: Google Vision API

Sky  
Building  
Window  
Land Lot  
Grass  
Cloud  
Landscape  
Tints and shades  
Cottage  
Wood  
Facade  
House  
Roof  
Plant  
...

<https://cloud.google.com/vision/docs/drag-and-drop>

# Moment, gibt's das nicht schon?

## Vergleichsprodukt: Google Vision API

Building (0.95)  
Window (0.93)  
Tree (0.83)  
...  
Medieval Architecture (0.69)  
...  
Classical architecture (0.63)  
...  
Seat of local government (0.6)  
...  
Dome (0.52)  
...  
Commercial building (0.52)

<https://cloud.google.com/vision/docs/drag-and-drop>

# Moment, gibt's das nicht schon?

## Vergleichsprodukt: Google Vision API

Door (0.9)

...

Wood (0.87)

Window (0.87)

...

Building (0.83)

...

Relief (0.74)

Medieval architecture (0.74)

...

Ancient history (0.69)

...

Gothic architecture (0.67)

...

Classical architecture (0.66)

...

Byzantine architecture (0.57)

# Moment, gibt's das nicht schon?

---

## Vergleichsprodukt: Google Vision API

- Gute Performance bei der Objekterkennung
- Gute Performance bei generischen Fragen
- Antworten zur Klassifikation zu unpräzise:  
Hoher Recall, mittelmäßige Precision
- Nicht immer fachspezifische Termini

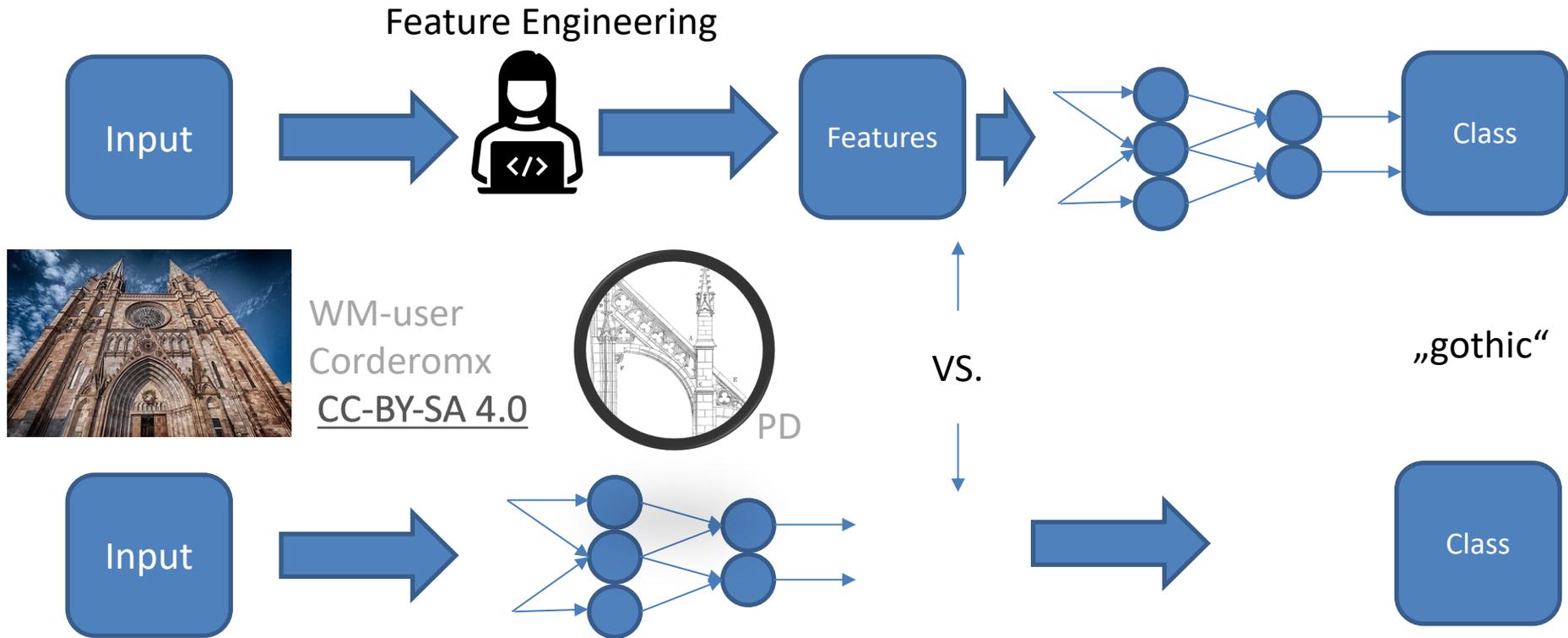
# Convolutional Neural Network

---

## Netzarchitektur

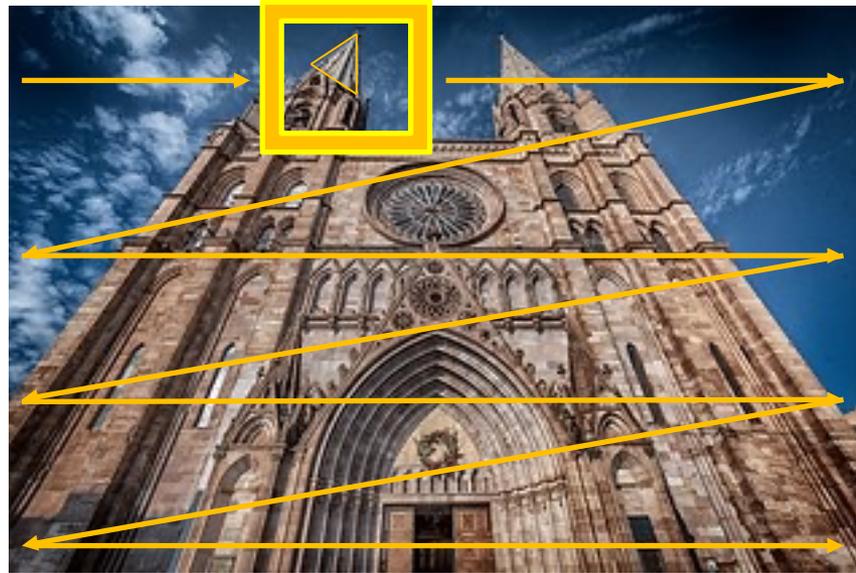
- „Feature Kernel“ variabler Anzahl ersetzen  
explizit programmierte Merkmalsextraktion in  
klassischen Ansätzen
- Von einzelnen Elementen zu komplexen  
Strukturen ==> Bedeutung der Schichten  
eines Netzes und von „Deep Learning“

# Computer Vision und Deep Learning



(Frei) nach O'Mahony et al. 2019, Fig. 1.

# Convolutional Neural Network



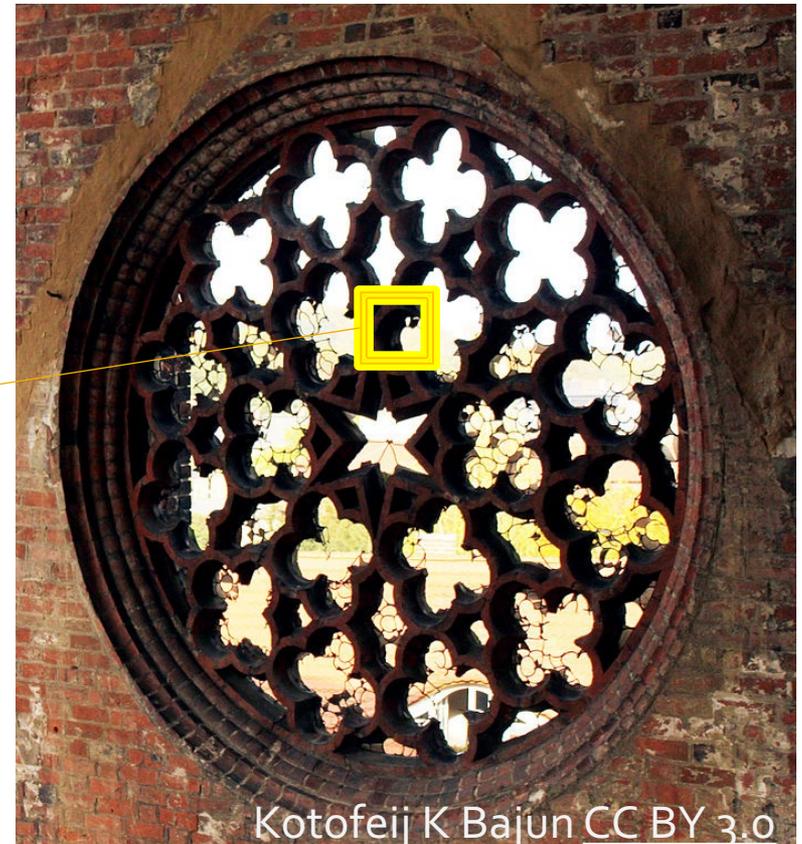
WM-user  
Corderomx  
[CC-BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

- „Kernel“ von geringer Größe wandern über das Bild und bewerten mit „Gewichten“ (einfachen Faktoren) einzelne Pixel, bzw. Muster von Pixeln.
- Erfolgreiches Verfahren für Computer Vision.

# Convolutional Neural Network

Kernel zur Merkmalsextraktion: “Maske” über dem Input

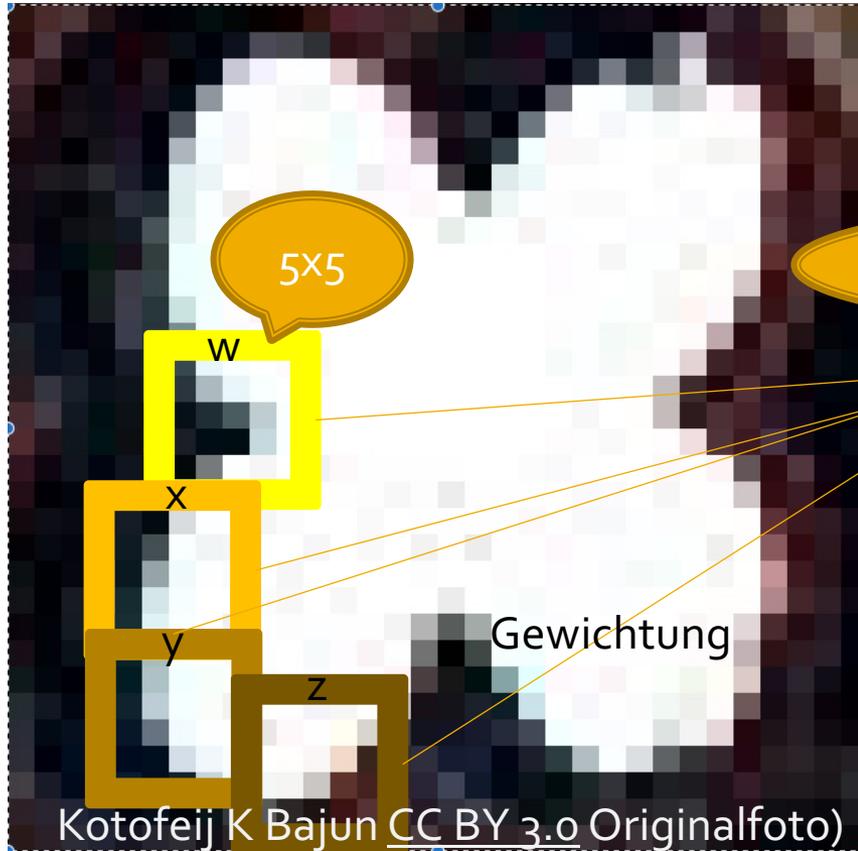
5	1	0	0	0
5	5	1	0	0
5	5	5	1	0
5	5	5	1	0
5	5	1	0	0



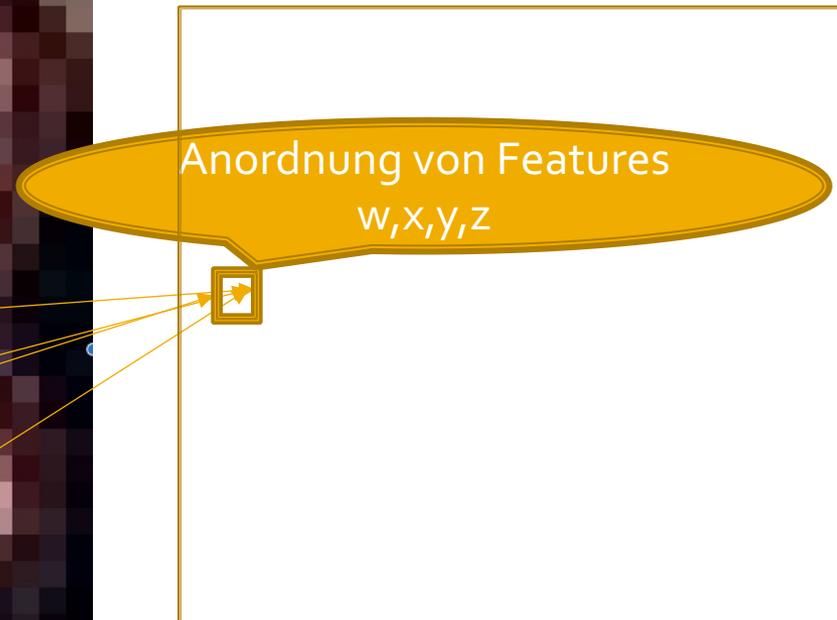
Kotofeij K Bajun CC BY 3.0

# Convolutional Neural Network

## Schicht 1: Pixel

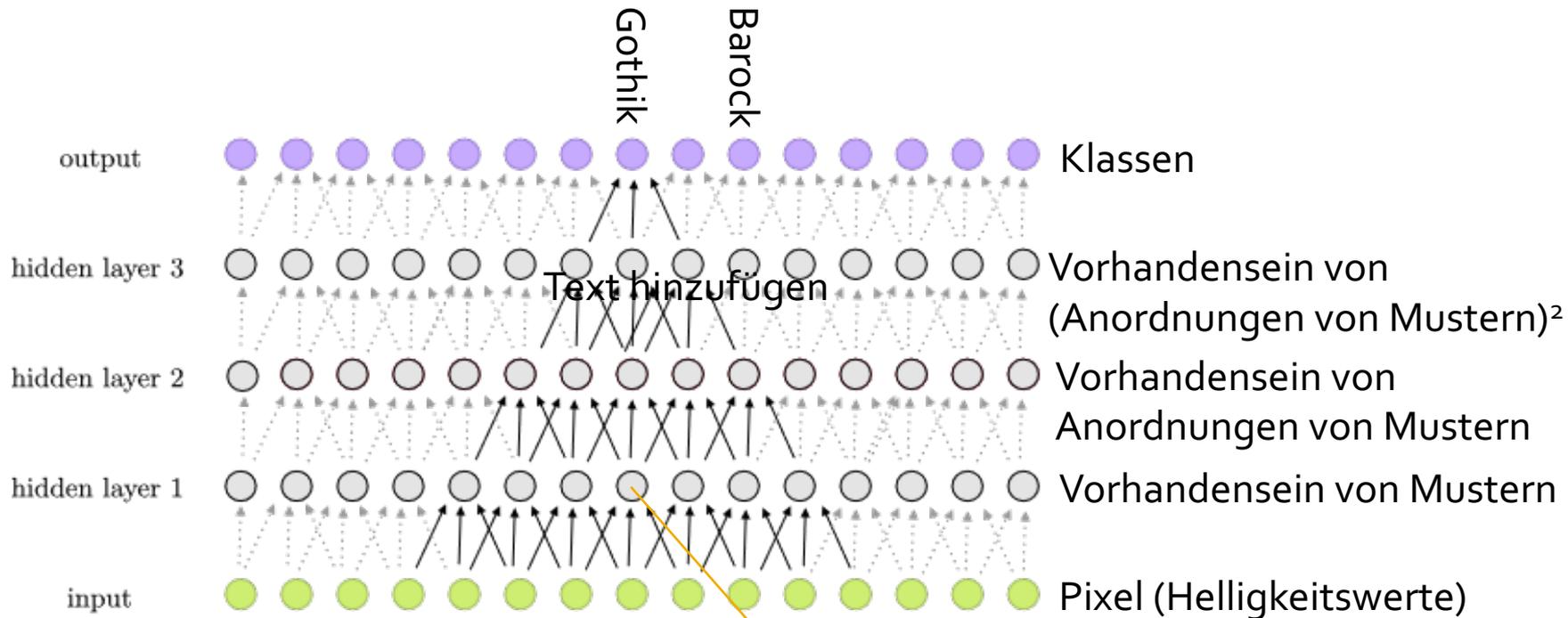


## Schicht 2: Features



# Convolutional Neural Network

## Gewichtete Kombination von Merkmalen



Vicente Oyanedel M.  
[CC BY SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



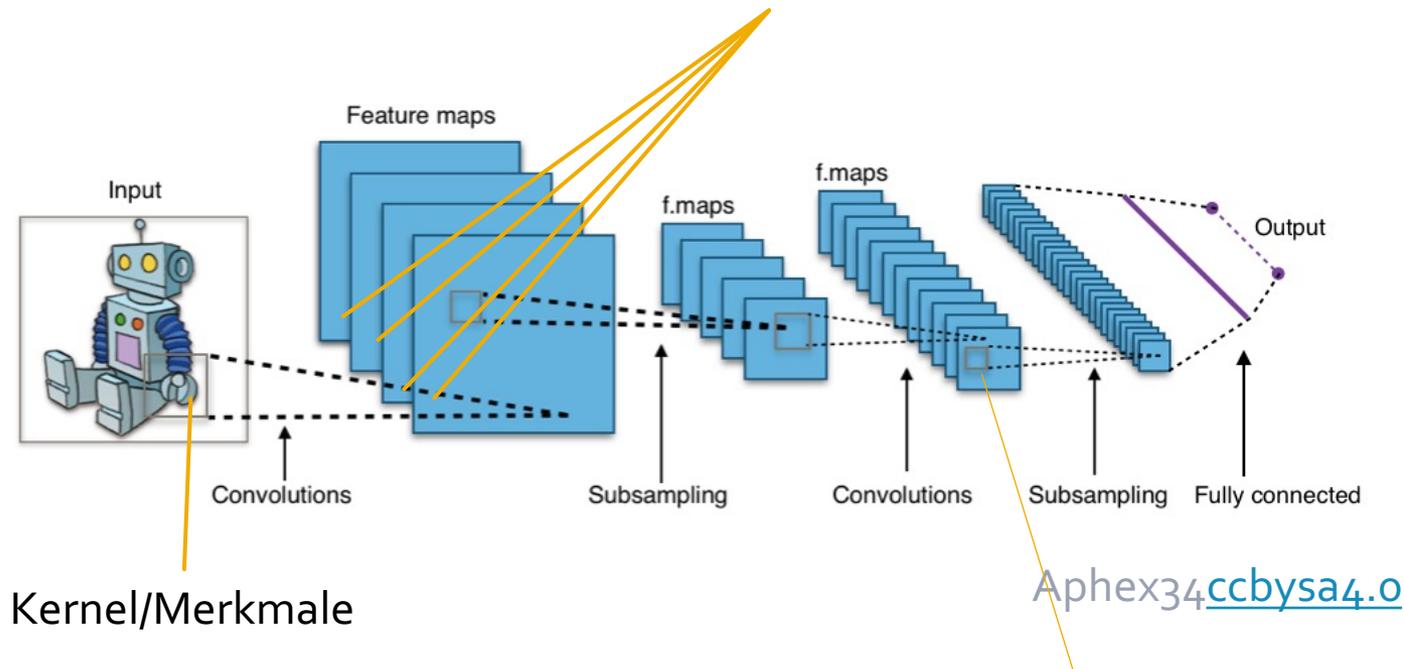
Kotofej K Bajun [CC BY 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/) Originalfoto)

*Achtung stark vereinfachte Darstellung:*  
U.a. realiter viele Kernel-Ebenen von  
Layers für viele  
Merkmalsbeschreibungen!

# Convolutional Neural Network

## Gewichtete Kombination von Merkmalen

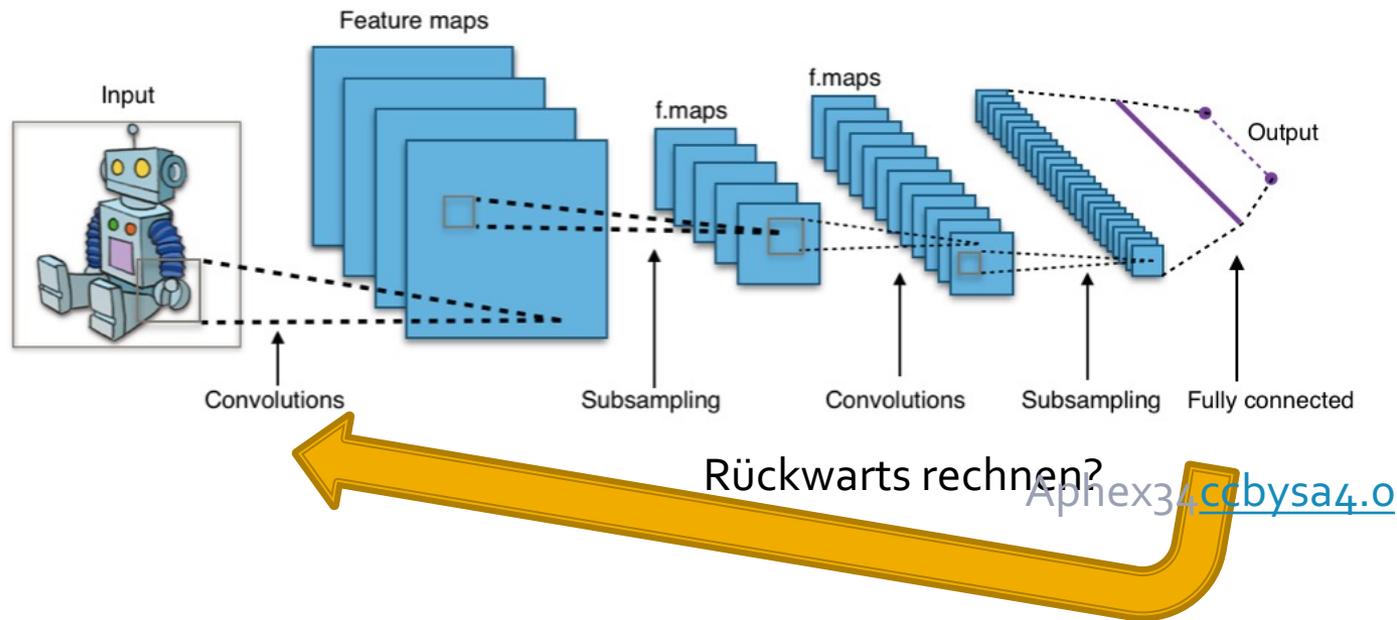
Vorhandensein von verschiedenen Mustern an verschiedenen Stellen im Bild



Anordnungen von Anordnungen von Merkmalen ...

# Convolutional Neural Network

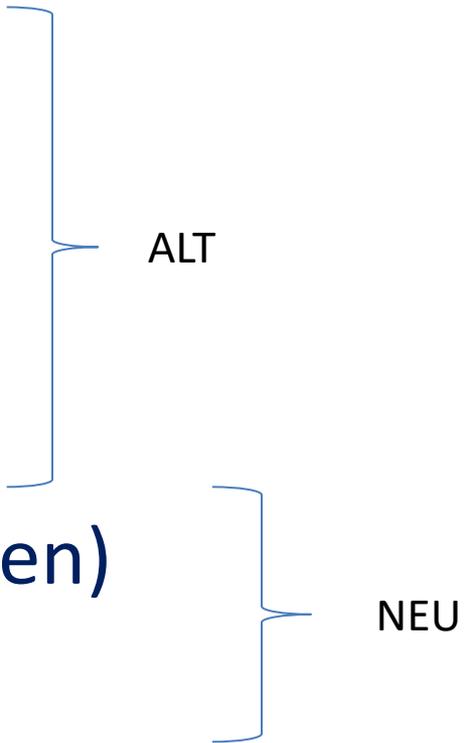
## Das Black-Box-Problem



# Experiment: Aufbau

- 2-6 Klassen:

- Gotik
- Barock
- Berlin Altbau
- Historische Wohnhäuser USA
- Vorkriegsmoderne (Neues Bauen)
- Brutalismus (Nach 1945)



ALT

NEU

# Experiment: Daten



WM-User Thomaswiki



Friedrich  
Haag



Maxwell Hamilton

Beide [CC-BY-SA 3.0](#)



Beide [CC-BY-SA 4.0](#)

WM-user  
Corderomx



Beide PD

# Experiment: Aufbau

---

- Trainingsdaten: ~ 5 – 50 Tausend (180x180)
- Anpassung der Zahl der Klassen und Trainingsdaten nach Trainingserfolg
- Unterschiedliche Datengrößen für unterschiedliche Klassen
- CNN: Ca. 20 Mill. trainierbare Parameter

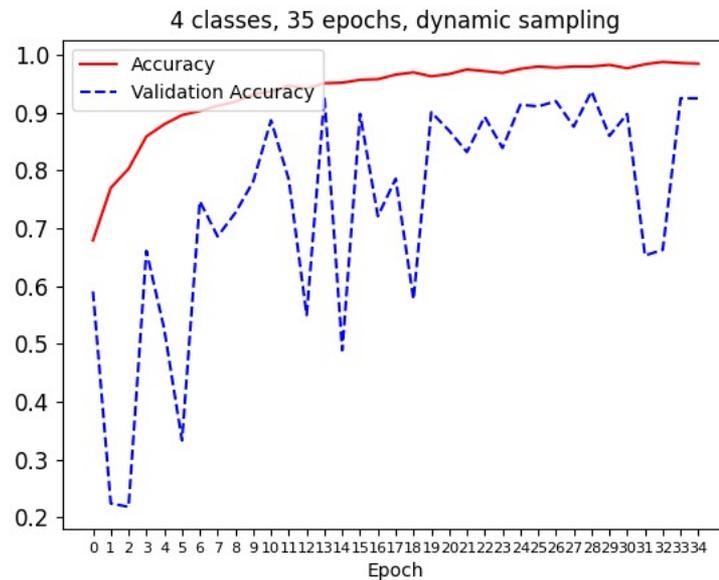
# Experiment #1

---

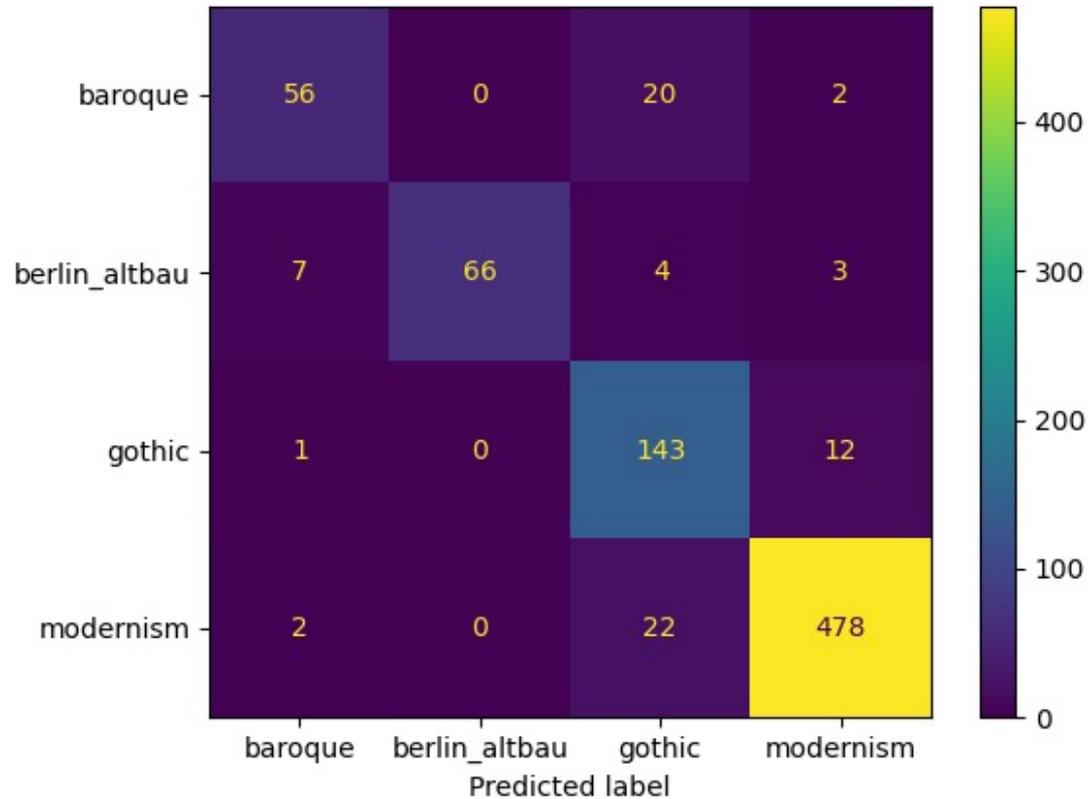
## Setup

- ~8200 Daten. Quellen: Ribapix<sup>2</sup>, Google, Flickr, Europeana
- 4 Klassen
- 35 Epochen (Lerniterationen)
- Trainings-, Validierungs- und Testdaten aus einem Datensatz entnommen

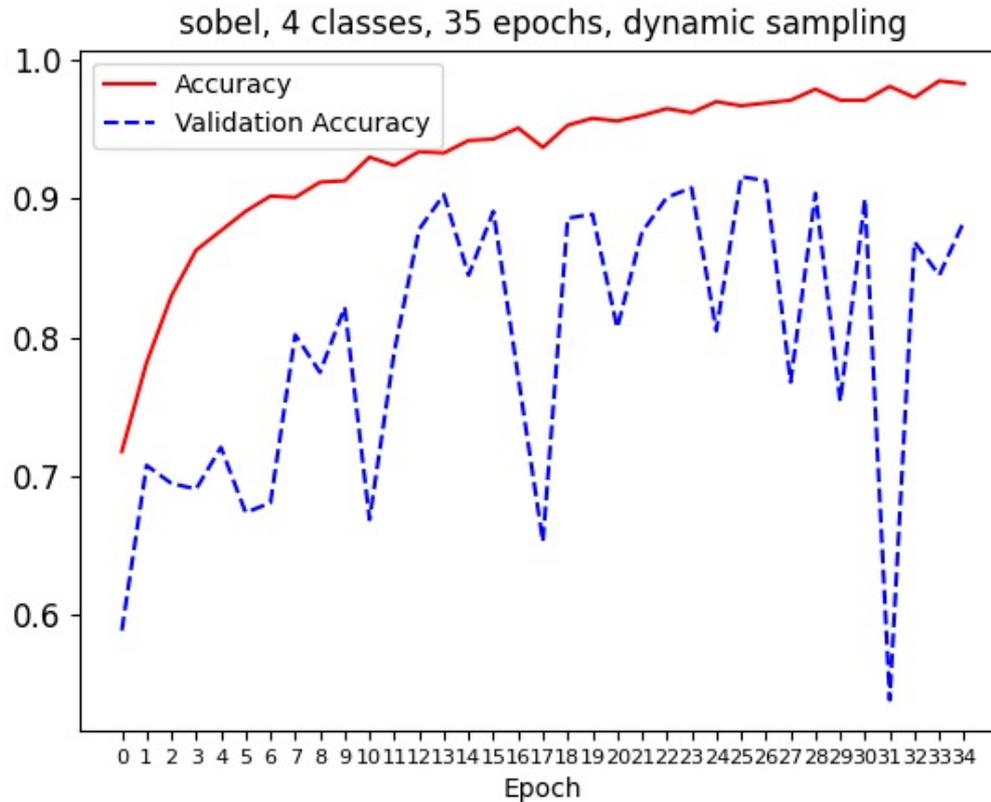
# Experiment #1: Training



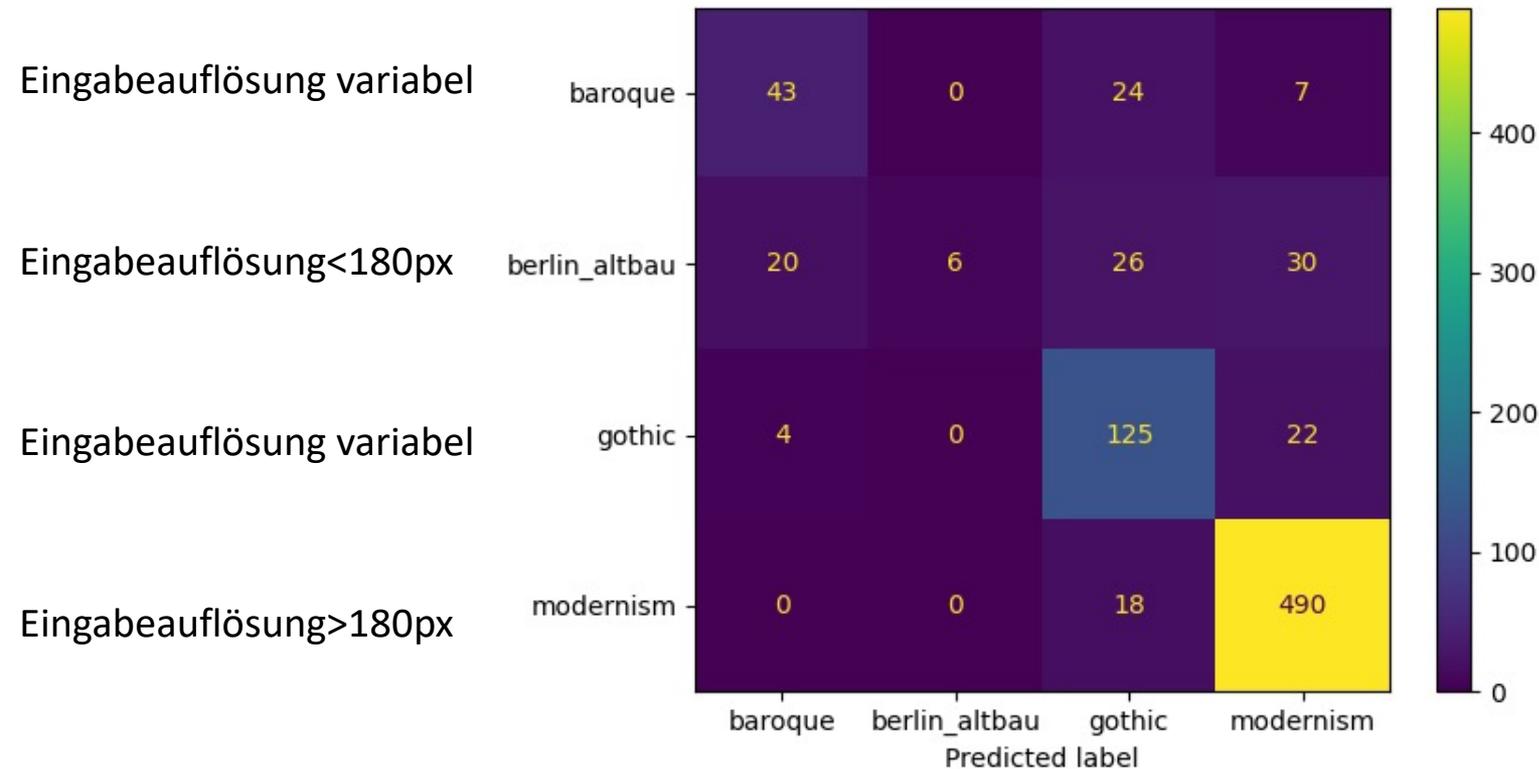
# Experiment #1: Testdaten



# Experiment #2 Sobel: Training



# Experiment #2 Sobel: Testdaten



# Datenauswahl als Faktor



WM-User Thomaswiki



Friedrich  
Haag



Maxwell Hamilton

Beide [CC-BY-SA 3.0](#)



Beide [CC-BY-SA 4.0](#)

WM-user  
Corderomx



Beide PD

# Related Work: Tavakkoli 2020

---

- Multichannel CNN auf 200x200 600/800/1200 Bildern mit verschiedenen Filtern als Channels plus Objekterkennung als Vorverarbeitung. 8 Klassen. Gute Ergebnisse (>95% Acc.).
- *Allerdings:* Objekterkennung funktioniert meist nur auf Bildern in der Totalen, homogenes Datenset benötigt.

# Related Work: Lee et al. 2015

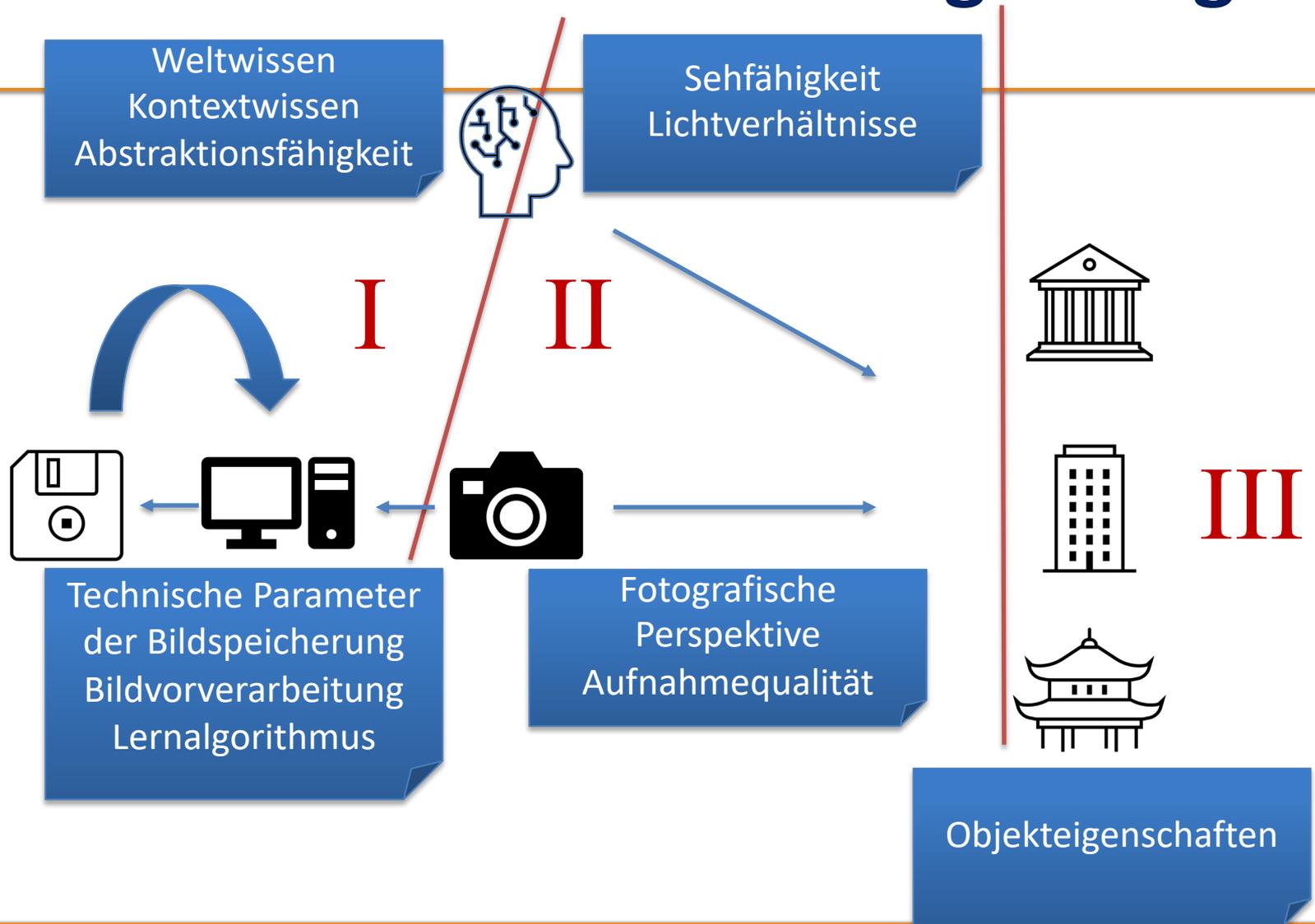
- „Patches“ von HOG Repräsentationen von 20k high-res Google Street View Bildern



Bild NICHT  
aus dem  
zitierten  
Werk

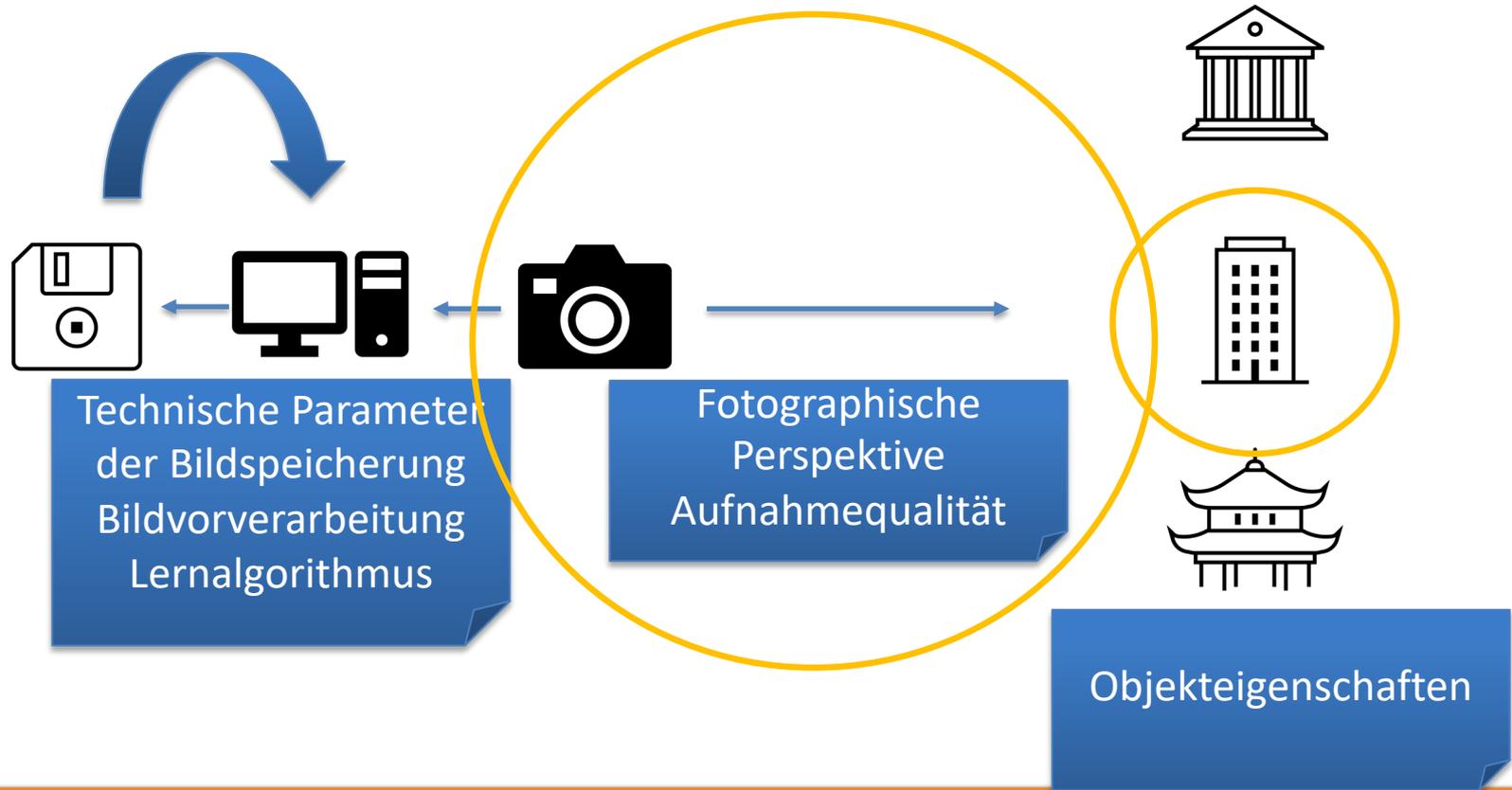
[CC-BY-SA 4.0](#) Boonekamp d.i. Günter Haase

# Was bestimmt den Erfassungserfolg?



# Ergebnisse: Entscheidende Faktoren

- Bildauswahl und Perspektive



# „Meta“-Experiment: Aufwände

---

- Über 100 Std. Datenakquise
- Einfache Implementierung *ohne Preprocessing* weniger aufwändig (<100 Std. in TF Keras)
- Aufwände im Produktivbetrieb: Ergebnisse erlauben keine vollautomatische Metadatenanreicherung => lediglich „Assistenzsystem“

# Zusammenfassung

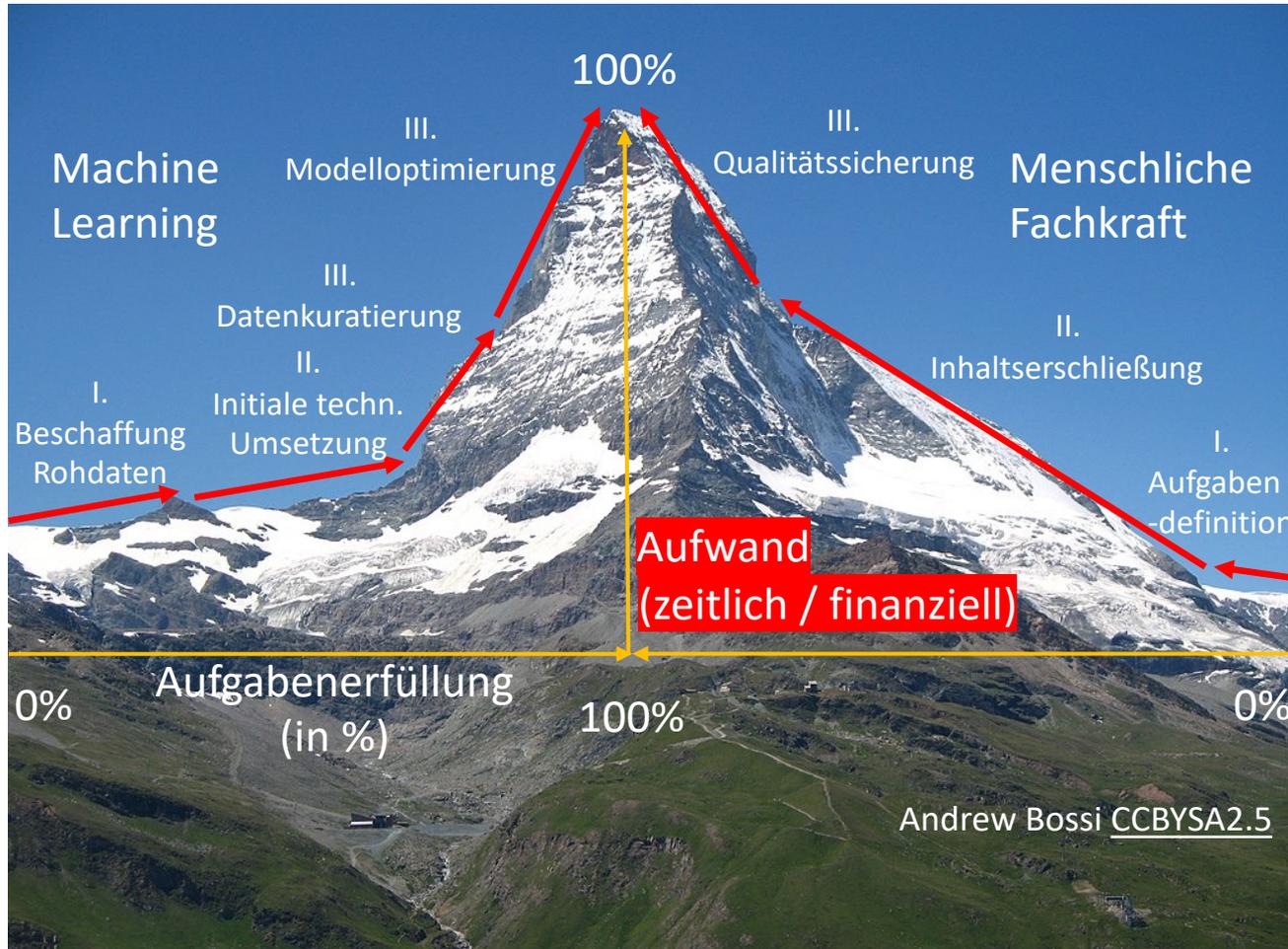
- Related Work:  
Kleine, homogene Datensets
  - Feingliedrige Klassifizierung
- } Generalisierbarkeit??
- Inhaltstyp Architekturfotografie ist aus technischer Sicht extrem komplex
  - Größe der Datensets => Varianz in den Klassen steigt
  - Fotografische Perspektive und sinnvolle Datenauswahl entscheidend
  - *Nichttriviale* Vorverarbeitung nötig

# Schlussfolgerungen



Andrew Bossi [CCBYSA2.5](#)

# Schlussfolgerungen



# Schlussfolgerungen

---

- Problem technisch *partiell* lösbar, aber Kosten-Nutzen-Verhältnis für GLAMs fraglich
- Teilen von Daten und Ergebnissen erforderlich, um Synergieeffekte zu erzielen.
- Komplexe ML-Projekte *from scratch* in kleineren Häusern ??

# Literatur

- Lee, Stefan et al. (2015): Linking Past to Present: Discovering Style in Two Centuries of Architecture, In: 2015 IEEE International Conference on Computational Photography. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICCPHOT.2015.7168368>.
- Niall O' Mahony et al. (2019): Deep Learning vs. Traditional Computer Vision, in: Advances in Computer Vision Proceedings of the 2019 Computer Vision Conference (CVC). Springer Nature Switzerland AG, pp. 128-144. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-17795-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-17795-9_10).
- Tavakkoli, Vahid et al. (2020): A Visual Sensing Concept for Robustly Classifying House Types through a Convolutional Neural Network Architecture Involving a Multi-Channel Features Extraction, in: *Sensors* **2020**, 20(19), 5672; <https://doi.org/10.3390/s20195672>.