

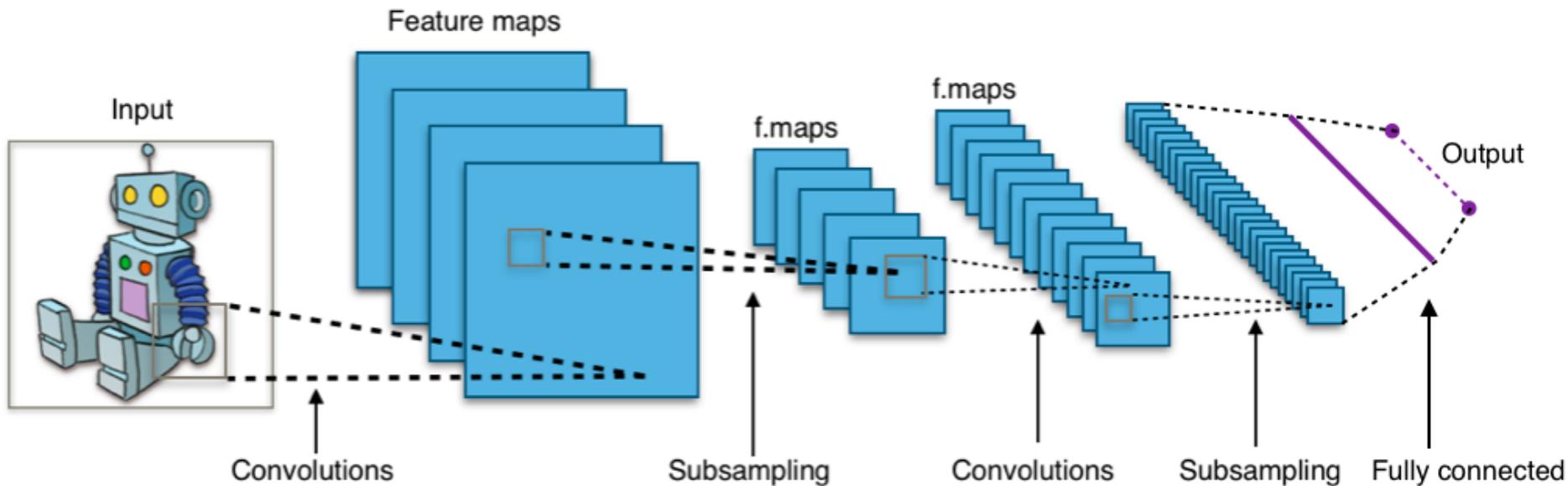
Ralf Wedemann

Generative Adversarial Networks (GAN) in der Wissenschaft

Inhalt

1. Convolutional Neural Network
2. Was ist ein GAN?
3. Anwendung auf Cloud Reflectance Fields
4. Struktur des verwendeten GAN
5. Ergebnisse
6. Zusammenfassung

Convolutional Neural Network



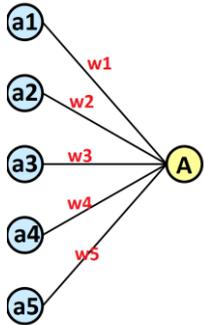
Struktur eines typischen CNNs zur Bildklassifikation (https://de.wikipedia.org/wiki/Convolutional_Neural_Network)

Convolutional Neural Network

- Typische Verwendung für Klassifizierungen
- Convolutional Layer (Faltungen)
- Verschiedene feature maps für unterschiedliche Merkmale
- Subsampling: Nur wichtigste Informationen behalten

Aktivierungsfunktion

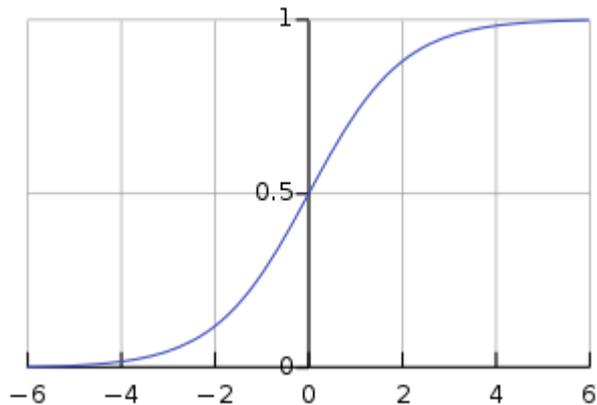
- Definition: „Die Aktivitätsfunktion σ (Transferfunktion, Aktivierungsfunktion) stellt den Zusammenhang zwischen dem Netinput und dem Aktivitätslevel eines Neurons dar.“



$$A = \sigma(w_1a_1 + w_2a_2 + \dots + w_5a_5)$$

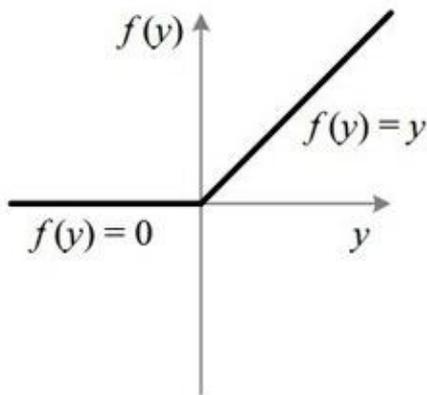
Aktivierungsfunktionen - Beispiele

Sigmoid-Funktion

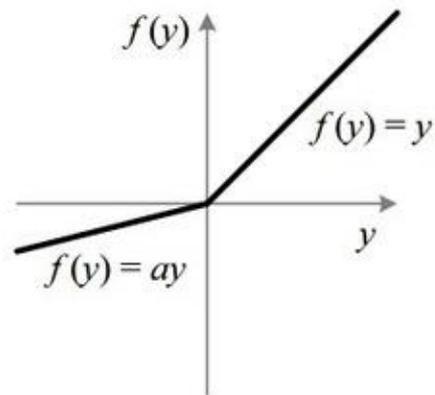


https://en.wikipedia.org/wiki/Sigmoid_function

ReLU-Funktion



Leaky ReLU-Funktion

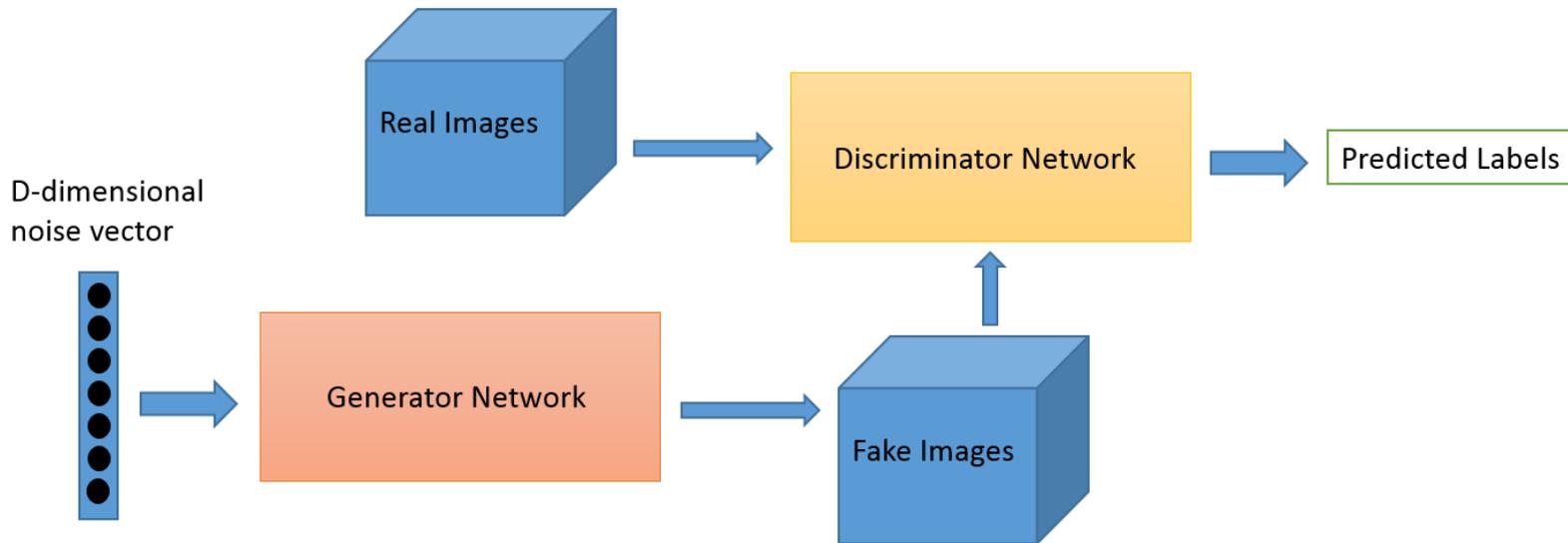


<https://www.quora.com/What-is-leaky-ReLU>

Generative Adversarial Network

- Besteht aus zwei konkurrierenden neuronalen Netzen
- Generator erzeugt Bilder
- Diskriminator bewertet das Ergebnis des Generators
- „Nullsummenspiel“ zwischen Generator und Diskriminator

Generative Adversarial Network - Struktur



Aufbau eines GAN (<https://wiki.pathmind.com/generative-adversarial-network-gan>)

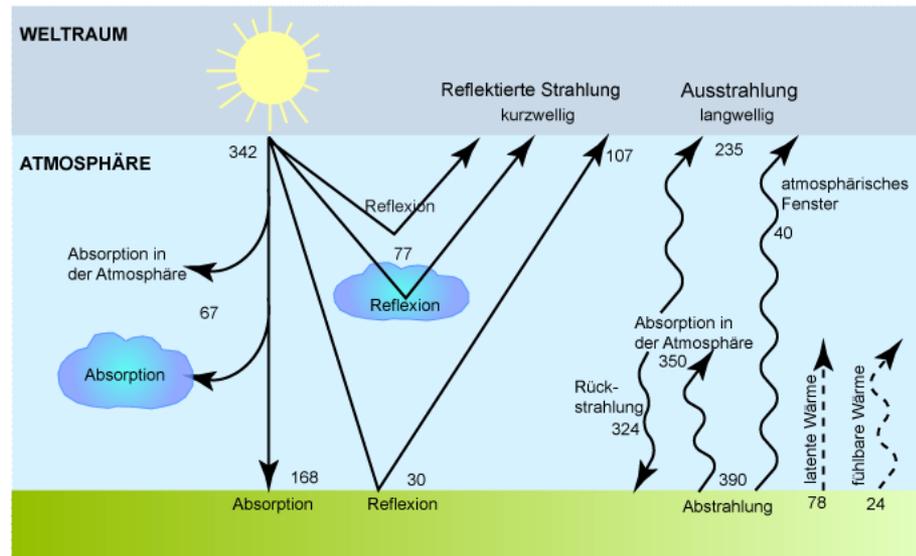
Anwendung: Erzeugung von Cloud Reflective Fields mit einem GAN

Klimamodelle und Wolken

- Klimamodelle wichtiges Tool zum verstehen des Klimawandels
- Physikalisches Grundprinzip ist die Energiebilanz der Erde
- Wolken spielen eine wichtige Rolle

Wolken in Energiebilanz der Erde

- Eingehende Strahlung wird reflektiert und absorbiert
- Auflösen von Wolken in Modellen sehr Rechenaufwendig
- Bisher werden Wolken parametrisiert



Strahlungshaushalt der Erde

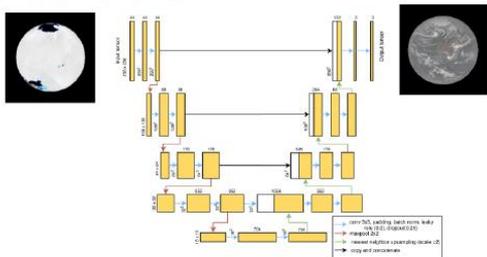
(https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Strahlungshaushalt_der_Atmosph%C3%A4re)

Cloud Reflective Fields mit GAN

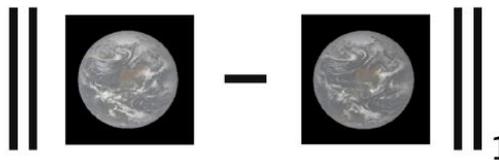
- Verwendung eines GAN für Bilder von Reflexionsfeldern
- Variablen, wie optische Dicke, sollen aus Bildern abgeleitet werden
- Ziel: Rechenaufwand für Wolken in Klimamodellen reduzieren

Struktur des GAN

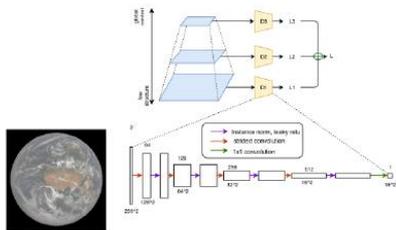
Generator



Matching



Discriminator

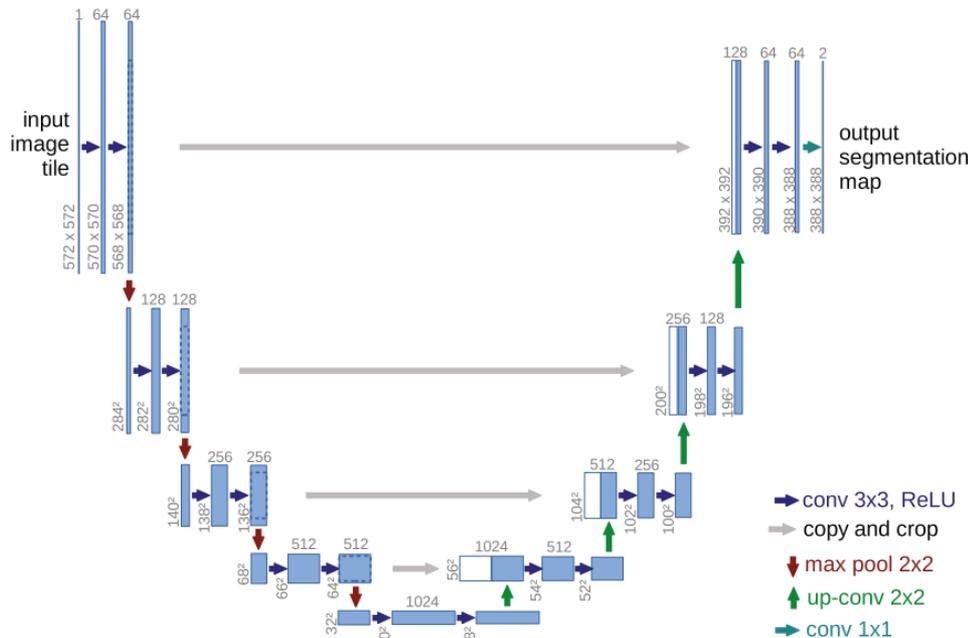


{Real, Generated}

Aufbau des verwendeten GAN [Schmidt et al (2020)].

U-Net im Detail

- Downsampling (links)
 - Was?
- Querverbindungen
- Upsampling (rechts)
 - Wo?



Struktur eines U-Net (Ronneberger et al. (2015))

Architektur des Diskriminators

- Multi-Scale Diskriminator für 3 Skalen
- Downsampling mit Average Pooling um Faktor 2 und 4
- Bessere Orientierung für Globale Skala, als auch im Detail

Verwendeter Datensatz

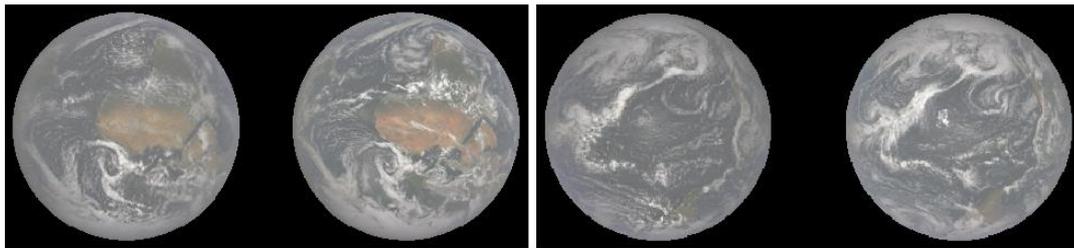
- 3100 Wertepaare von meteorologischen Daten und Reflektionsdaten
→ $X = \{m_i, r_i\}$
- m_i : 44 x 256 x 256 Matrix mit Messdaten aus MERRA-2
- r_i : 3 x 256 x 256 Matrix mit Reflexionswerten in RGB Wellenlängen

Training des Networks

- Generator wird gegen Multi-Scale Diskriminator trainiert
- Mit gewichteter Zielfunktion mit zwei Verlusten
 - least square loss (LSGAN)
 - matching loss

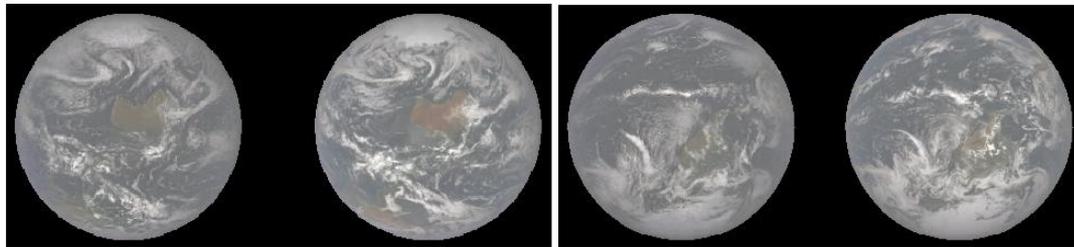
Ergebnisse des Modells

- Grobe Strukturen sehr gut
- Unterschiede in feinen Strukturen



(a)

(b)



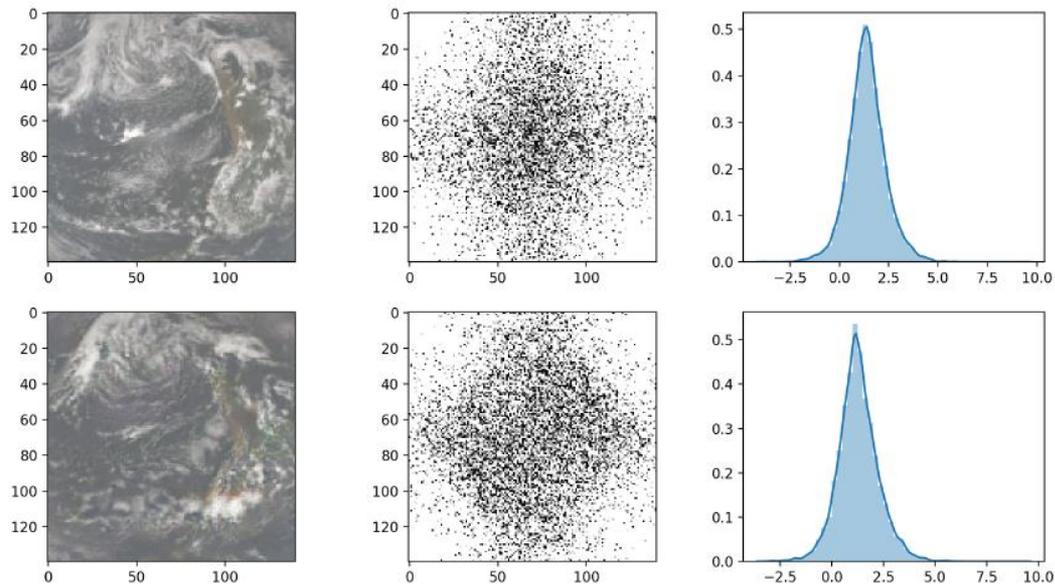
(c)

(d)

Vier vom Generator erstellte Bilder (links) im Vergleich mit den echten Bildern (rechts) [Schmidt et. al (2020)].

Ergebnisse des Models

- Spektralanalyse mit 2D diskreten Fourier Transformation
- Vergleich der geometrischen Struktur beider Bilder



Vergleich der DFTs mit realen Daten (oben) und generierten (unten) [Schmidt et al (2020)].

Zusammenfassung

- Convolutional Neuron Networks für Bildklassifizierung
- GAN besteht aus 2 konkurrierenden Netzen
 - Bild Generierung und Klassifikation
- Motivation: Generierte Bilder von CRFs als Proxy für Klimamodellrechnungen
- Aus Meteorologischen Messdaten können solche Bilder generiert werden
- Generierte Bilder sowohl optisch, als auch in Spektralanalyse kaum zu unterscheiden

Literatur

- **Schmidt, V., Alghali, M., Sankaran, K., Yuan, T., and Bengio, Y. (2020).** Modeling cloudreflectance fields using conditional generative adversarial networks.
- **Ronneberger, O., Fischer, P., and Brox, T. (2015).** U-net: Convolutional networks for bio-medical image segmentation. In Navab, N., Hornegger, J., Wells, W. M., and Frangi, A. F., editors, Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI2015, pages 234–241, Cham. Springer International Publishing.
- **Goodfellow, I. J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., and Bengio, Y. (2014).** Generative adversarial networks.

Literatur

- https://de.wikipedia.org/wiki/Convolutional_Neural_Network
- https://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Strahlungshaushalt_der_Atmosph%C3%A4re
- https://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCnstliches_Neuron#Aktivierungsfunktionen
- <https://towardsdatascience.com/visualising-filters-and-feature-maps-for-deep-learning-d814e13bd671>
- <https://wiseodd.github.io/techblog/2017/03/02/least-squares-gan/>