

Künstliche Intelligenz

& Faltung (Konvolution)

Künstliche Intelligenz

Künstliche Intelligenz

- Treue zur **menschlichen** Leistung (i. Z. m. Psychologie)
- **Rationalität** - grob gesagt, das "Richtige" (abstrakt) zu tun, beschreibt rationales Denken und Handeln.

-- Mensch vs. Rationalität

- Internes **Denken** und Argumentieren
- Externes intelligentes **Verhalten**

-- Denken vs. Verhalten

Künstliche Intelligenz

Mensch vs. Rationalität / Denken vs. Verhalten

Künstliche Intelligenz

Mensch vs. Rationalität / Denken vs. Verhalten

- **Menschlich verhalten:** Der Turing-Test-Ansatz

Künstliche Intelligenz

Mensch vs. Rationalität / Denken vs. Verhalten

- **Menschlich verhalten:** Der Turing-Test-Ansatz
- **Menschlich denken:** Der Ansatz der kognitiven Modellierung

Künstliche Intelligenz

Mensch vs. Rationalität / Denken vs. Verhalten

- **Menschlich verhalten:** Der Turing-Test-Ansatz
- **Menschlich denken:** Der Ansatz der kognitiven Modellierung
- **Rationell denken:** Der Ansatz der "Gesetze des Denkens"

Künstliche Intelligenz

Mensch vs. Rationalität / Denken vs. Verhalten

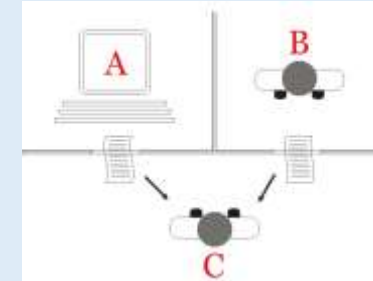
- **Menschlich verhalten:** Der Turing-Test-Ansatz
- **Menschlich denken:** Der Ansatz der kognitiven Modellierung
- **Rationell denken:** Der Ansatz der „Gesetze des Denkens“
- **Rationell verhalten:** Der Ansatz des rationalen Agenten

Künstliche Intelligenz

Kann eine Maschine denken?
Turing, 1950

Mensch vs. Rationalität / Denken vs. Verhalten

- **Menschlich verhalten:** Der Turing-Test-Ansatz
 - **Verarbeitung natürlicher Sprache** zur erfolgreichen Kommunikation in einer menschlichen Sprache
 - **Wissensrepräsentation**, um zu speichern, was er weiß oder hört
 - **automatisiertes Denken** zur Beantwortung von Fragen und zum Ziehen neuer Schlussfolgerungen
 - **maschinelles Lernen** zur Anpassung an neue Umstände und zur Erkennung und Extrapolation von Mustern
 - **Computer Vision und Spracherkennung**, um die Welt zu erkennen
 - **Robotik**, um Objekte zu manipulieren und sich zu bewegen

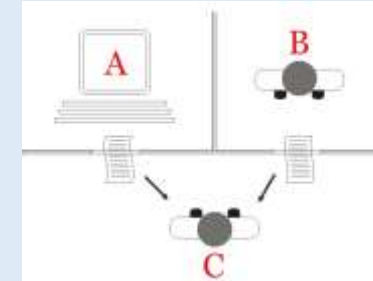


Künstliche Intelligenz

Kann eine Maschine denken?
Turing, 1950

Mensch vs. Rationalität / Denken vs. Verhalten

- **Menschlich verhalten:** Der Turing-Test-Ansatz
 - **Verarbeitung natürlicher Sprache** zur erfolgreichen Kommunikation in einer menschlichen Sprache
 - **Wissensrepräsentation**, um zu speichern, was er weiß oder hört
 - **automatisiertes Denken** zur Beantwortung von Fragen und zum Ziehen neuer Schlussfolgerungen
 - **maschinelles Lernen** zur Anpassung an neue Umstände und zur Erkennung und Extrapolation von Mustern
 - **Computer Vision und Spracherkennung**, um die Welt zu erkennen
 - **Robotik**, um Objekte zu manipulieren und sich zu bewegen



Künstliche Intelligenz

Mensch vs. Rationalität / Denken vs. Verhalten

- **Menschlich denken:** Der Ansatz der kognitiven Modellierung
 - **Selbstbeobachtung** - der Versuch, unsere eigenen Gedanken zu erfassen, während sie vorbeiziehen
 - **psychologische Experimente** - Beobachtung einer Person in Aktion



Künstliche Intelligenz

Mensch vs. Rationalität / Denken vs. Verhalten

- **Menschlich denken:** Der Ansatz der kognitiven Modellierung
 - **Selbstbeobachtung** - der Versuch, unsere eigenen Gedanken zu erfassen, während sie vorbeiziehen
 - **psychologische Experimente** - Beobachtung einer Person in Aktion
 - **Gehirn-Imaging** - Beobachtung des Gehirns in Aktion
- ❖ Das interdisziplinäre Gebiet der **Kognitionswissenschaft** verbindet Computermodelle aus der KI mit experimentellen Techniken aus der Psychologie, um präzise und überprüfbare Theorien über den menschlichen Gedanken zu erstellen.

Künstliche Intelligenz

Mensch vs. Rationalität / Denken vs. Verhalten

- **Rationell denken:** Der Ansatz der „Gesetze des Denkens“
 - Der griechische Philosoph Aristoteles: **Syllogismus (Inferenz)**
 - Alle Menschen sind sterblich.
 - Sokrates ist ein Mensch.
 - Deshalb ist Sokrates sterblich.
 - **Logik:** die, wie sie üblicherweise verstanden wird, setzt ein Wissen über die Welt voraus, das **sicher** ist.
 - **Wahrscheinlichkeit:** Die Wahrscheinlichkeitstheorie füllt diese Lücke und ermöglicht rigorose Argumentationen bei **unsicheren** Informationen.

Künstliche Intelligenz

Mensch vs. Rationalität / Denken vs. Verhalten

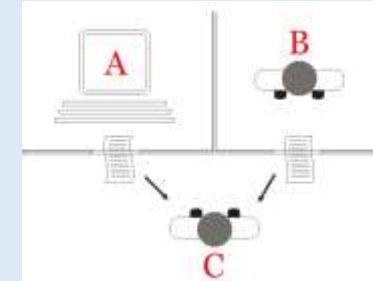
- **Rationell verhalten:** Der Ansatz des rationalen Agenten
 - Computeragenten
 - rationaler Agent
 - Eingeschränkte Rationalität

Künstliche Intelligenz

Kann eine Maschine denken?
Turing, 1950

Mensch vs. Rationalität / Denken vs. Verhalten

- **Menschlich verhalten:** Der Turing-Test-Ansatz
 - **Verarbeitung natürlicher Sprache** zur erfolgreichen Kommunikation in einer menschlichen Sprache
 - **Wissensrepräsentation**, um zu speichern, was er weiß oder hört;
 - **automatisiertes Denken** zur Beantwortung von Fragen und zum Ziehen neuer Schlussfolgerungen
 - **maschinelles Lernen** zur Anpassung an neue Umstände und zur Erkennung und Extrapolation von Mustern.
 - **Computer Vision und Spracherkennung**, um die Welt zu erkennen;
 - **Robotik**, um Objekte zu manipulieren und sich zu bewegen.



Künstliche Intelligenz

Maschinelles Lernen

Künstliche Intelligenz

Maschinelles Lernen

A machine has to be **intelligent** and **responsive** in a manner that **cannot be differentiated** from that of a human being.

-- Alan Turing (1950)

A computer program is said to learn from **experience E** with respect to some class of **tasks T** and **performance measure P**, if its performance at tasks in **T**, as measured by **P**, **improves** with experience **E**.

-- Tom M. Mitchell (1997)

Künstliche Intelligenz

Maschinelles Lernen

Künstliche Intelligenz

Maschinelles Lernen

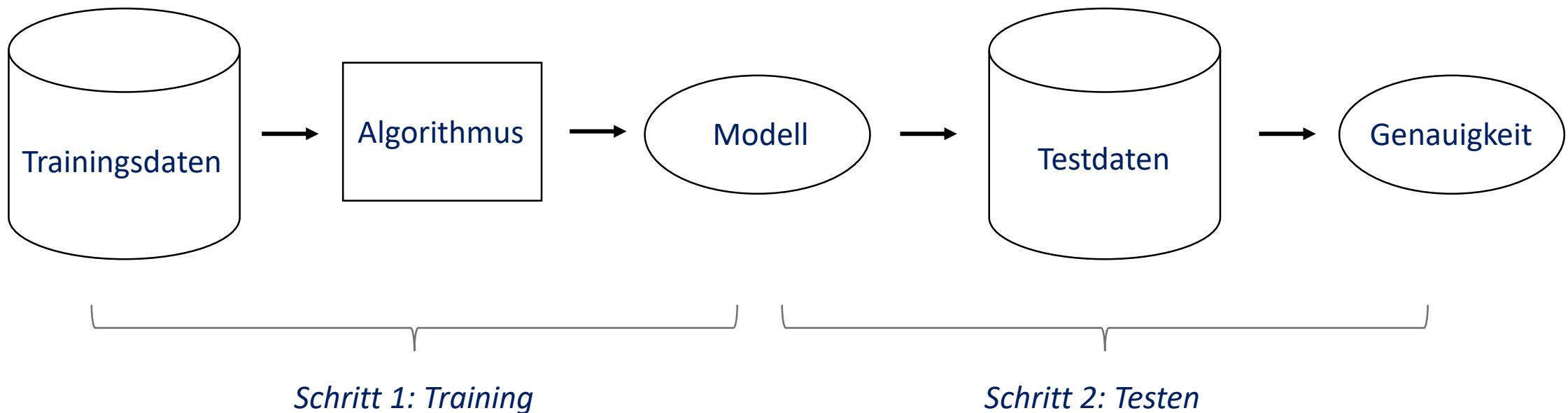
Überwachtes Lernen

Überwachtes Lernen

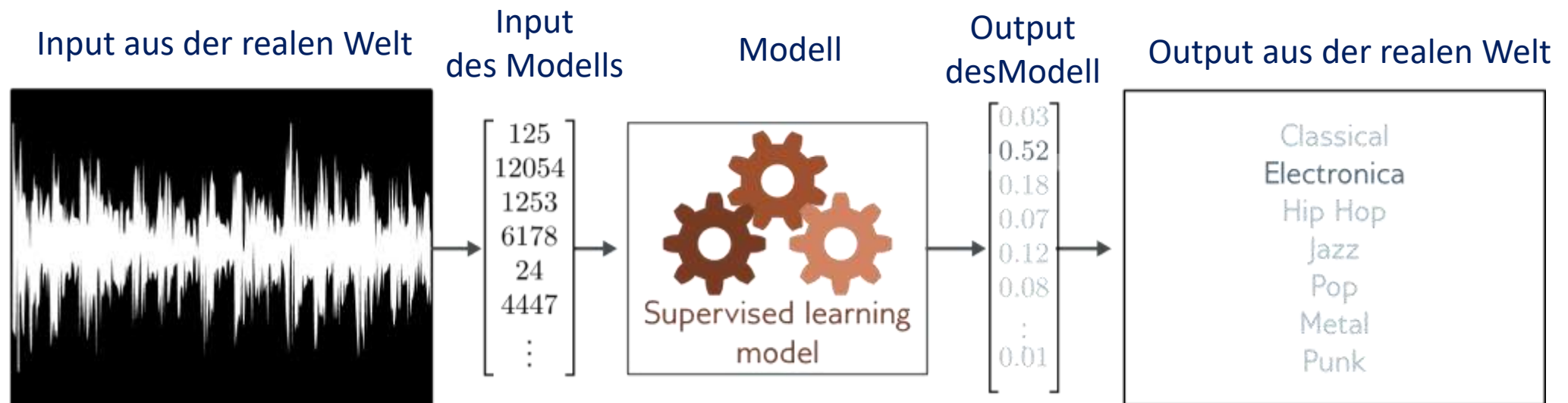
Überwachtes Lernverfahren (zwei Schritte):

- Lernen (Training): Lernen eines Modells anhand der Trainingsdaten
- Testen: Testen des Modells anhand ungesehener Testdaten zur Bewertung der Modellgenauigkeit

$$\text{Genauigkeit} = \frac{\text{Anzahl der korrekten Klassifizierungen}}{\text{Gesamtanzahl der Testfälle}}$$

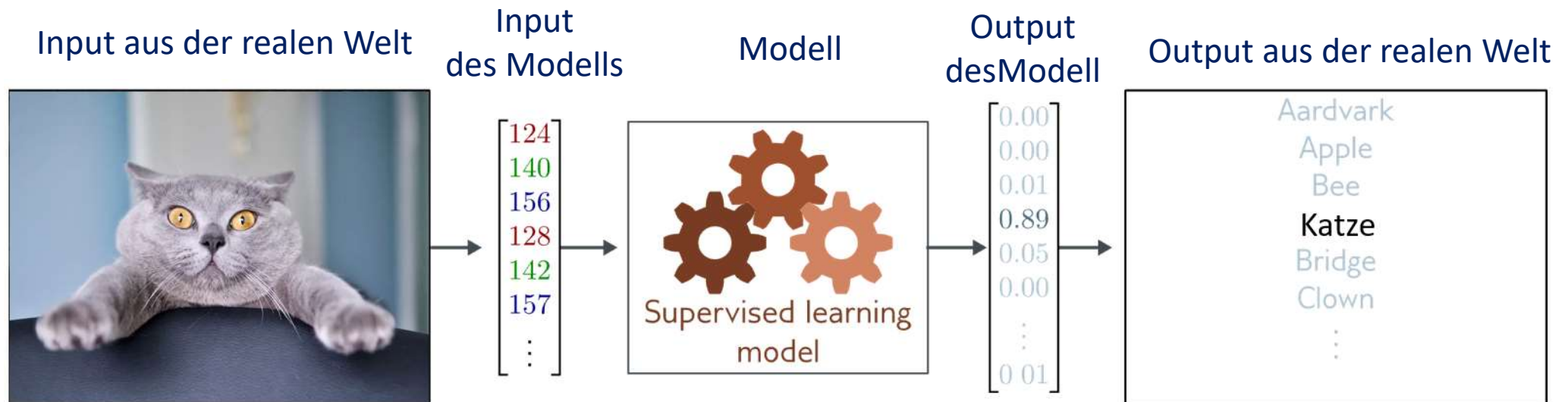


Klassifizierung von Musikgenres



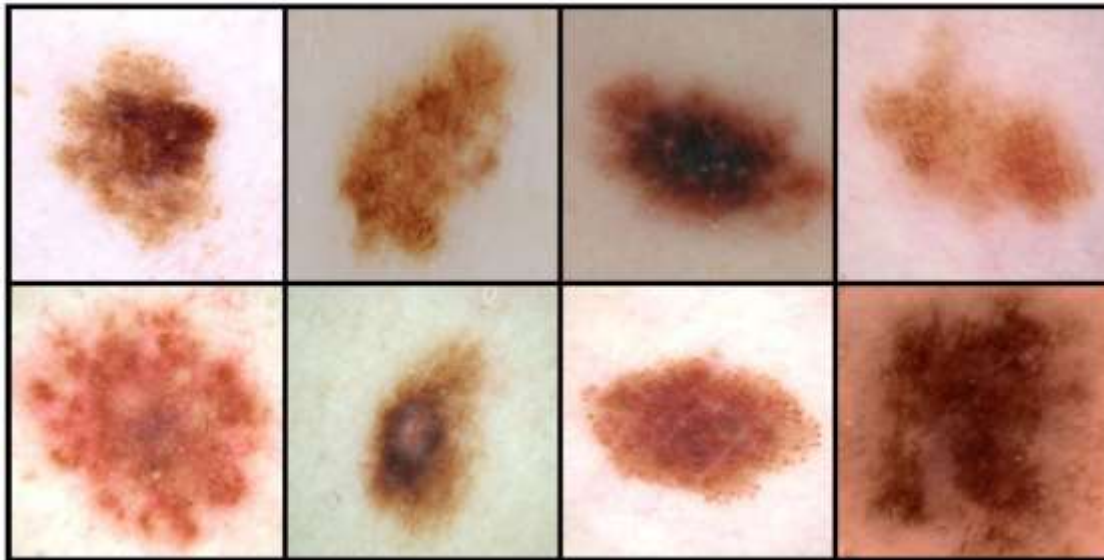
- Klassifikationsproblem mit mehreren Klassen (diskrete Klassen, >2 mögliche Klassen)
- Rekurrentes neuronales Netz (RNN)

Bildklassifizierung



- Klassifikationsproblem mit mehreren Klassen (diskrete Klassen, >2 mögliche Klassen)
- faltendes neuronales Netzwerk (CNN)

Muttermal

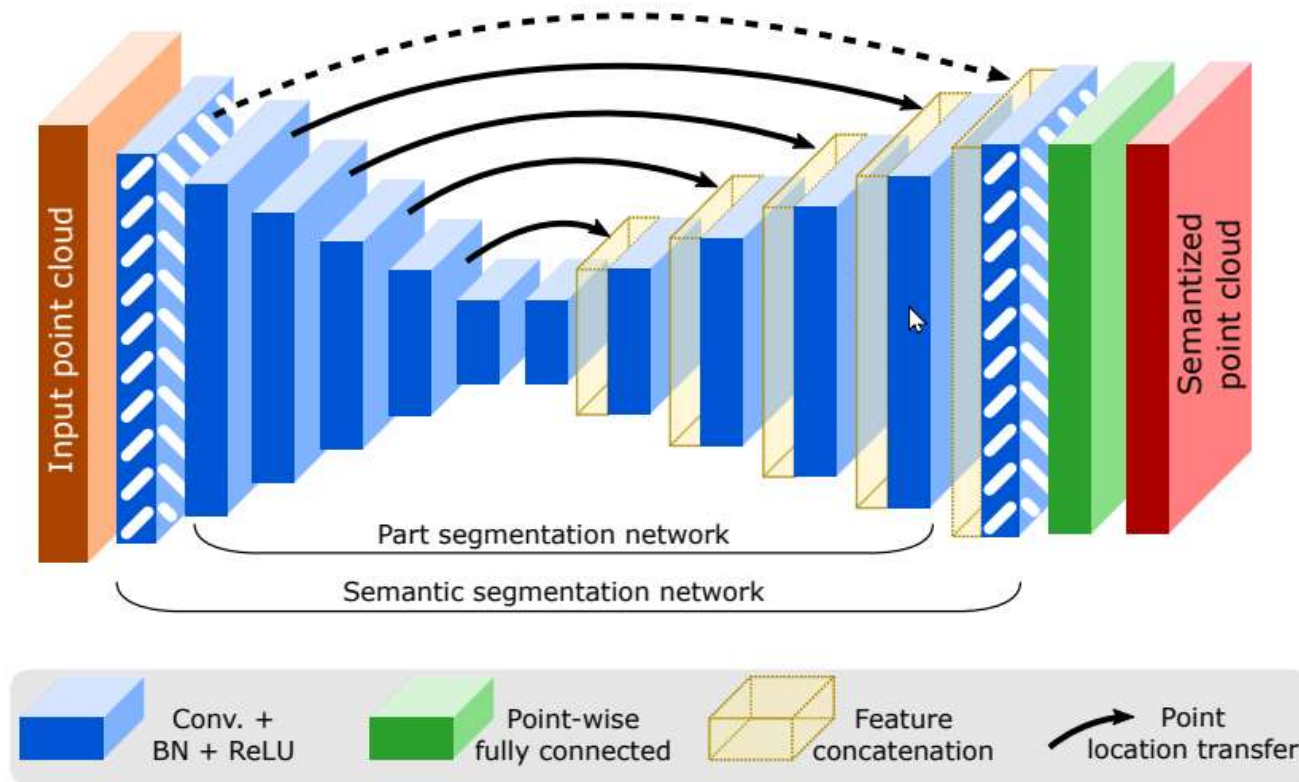


gefährliche Muttermale

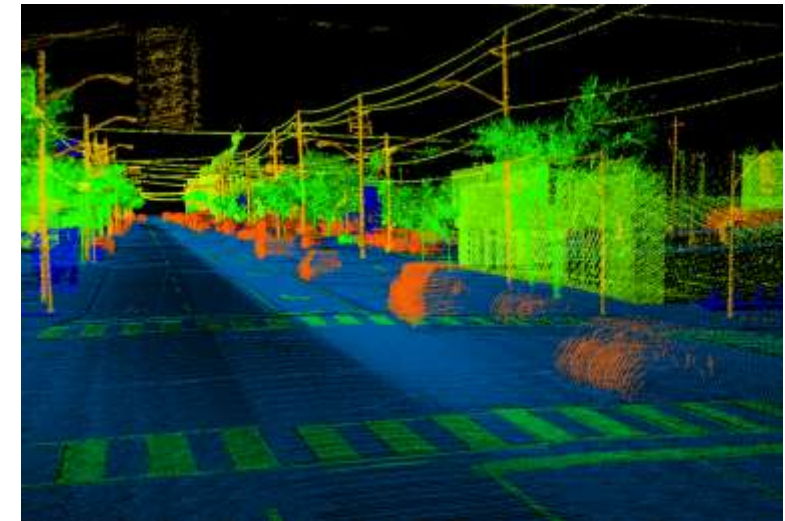
normale Muttermale

Esteva et al., 2017

Klassifizierung und Segmentierung von Punktwolken

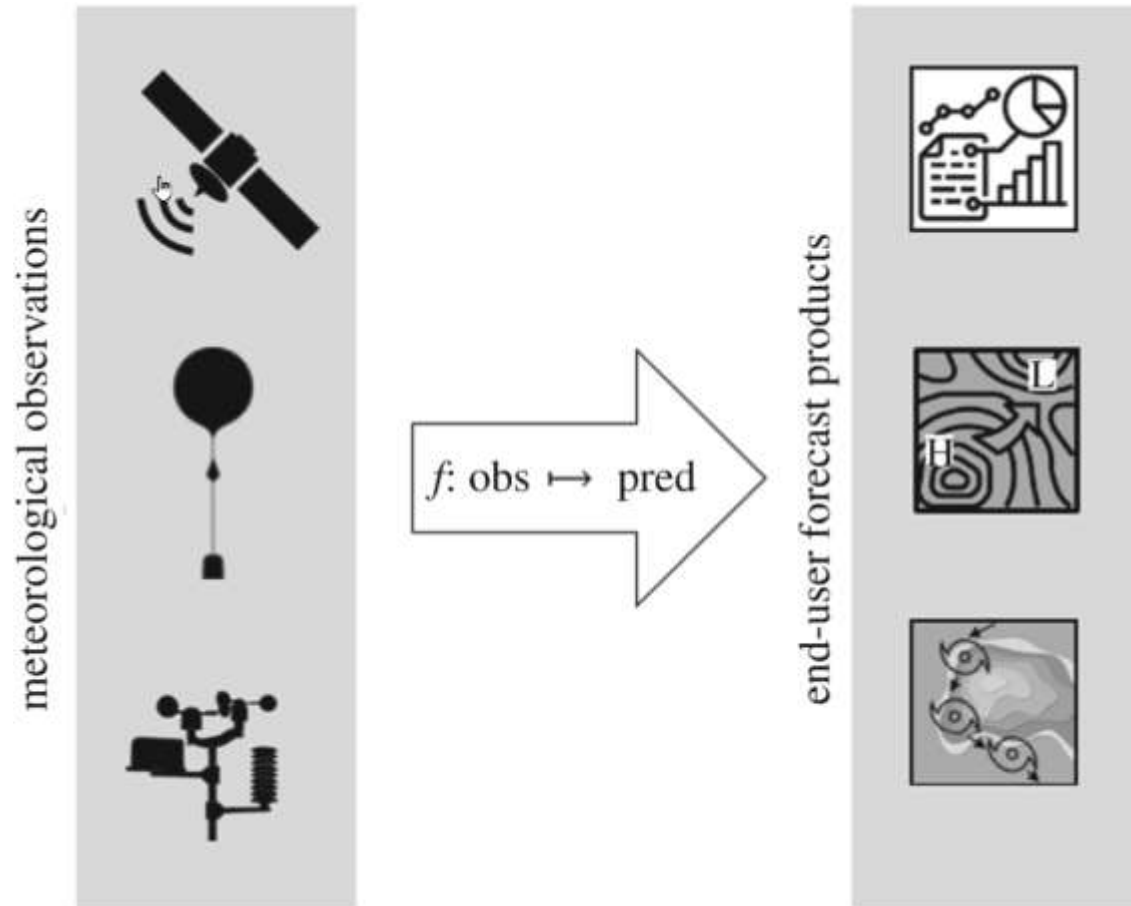


Boulch, 2020



Abderrazzaq, 2023

Wettervorhersage



Schultz, 2021

Künstliche Intelligenz

Maschinelles Lernen

**Überwachtes
Lernen**

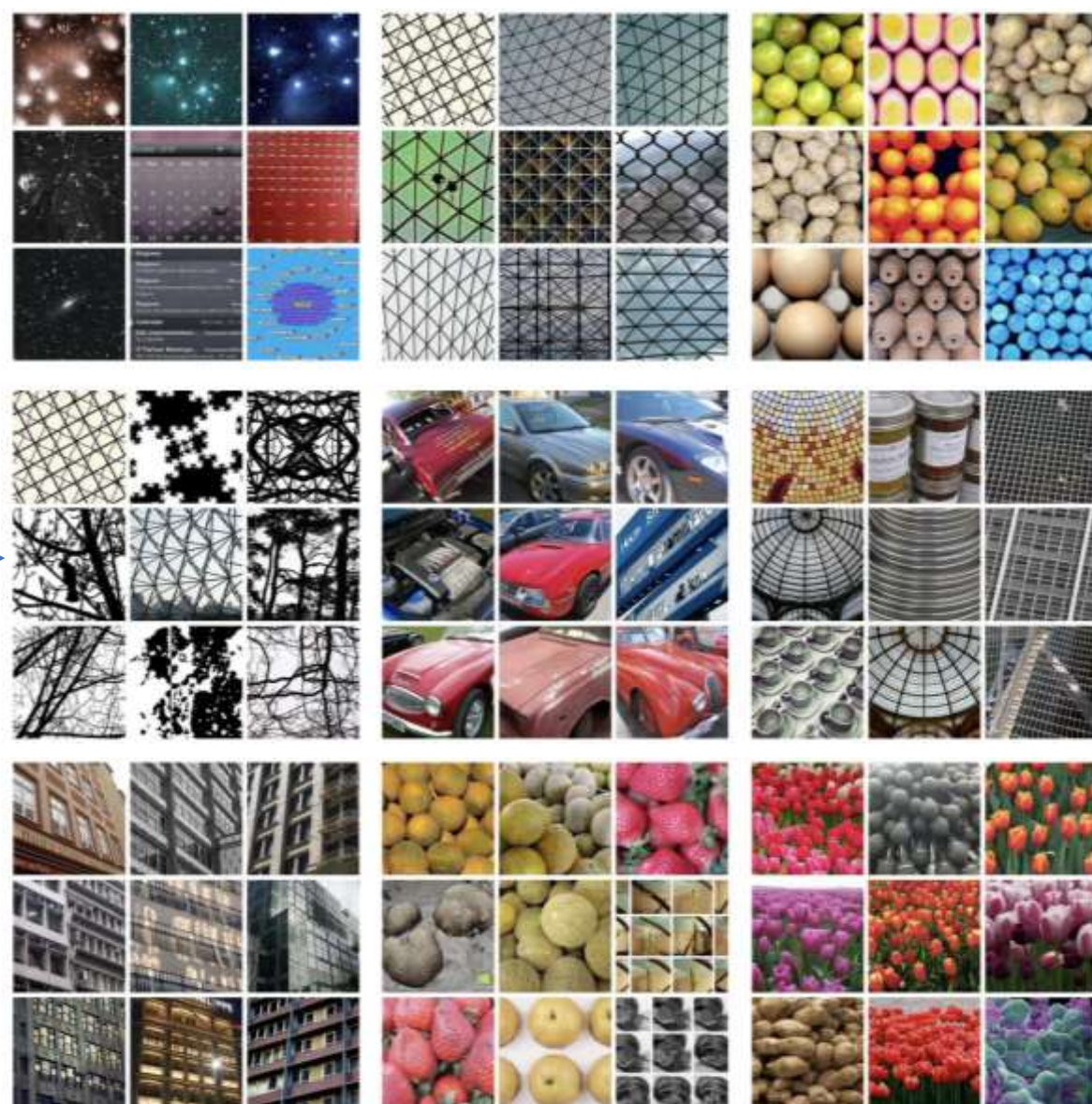
**Unüberwachtes
Lernen**

Unüberwachtes Lernen

Lernen über einen Datensatz ohne Markierungen

- Clustering

Unüberwachtes Lernen



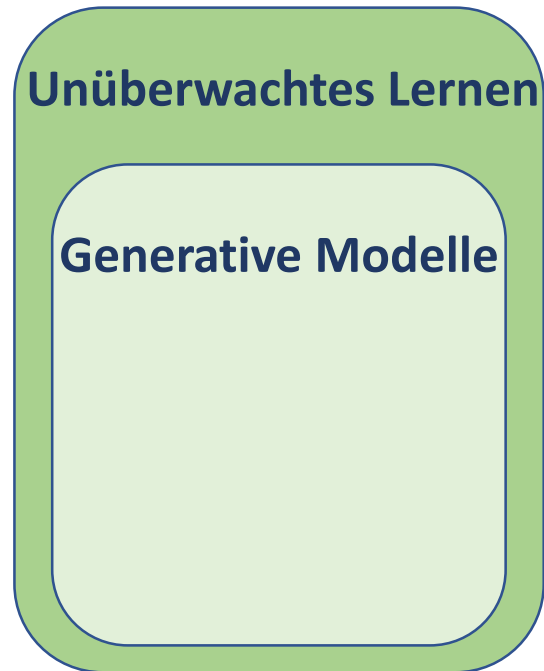
Unüberwachtes Lernen

Lernen über einen Datensatz ohne Markierungen

- Clustering

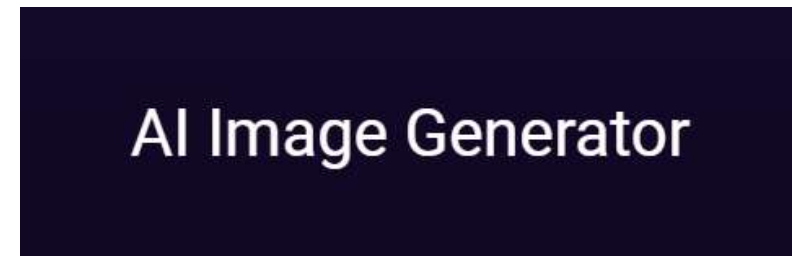
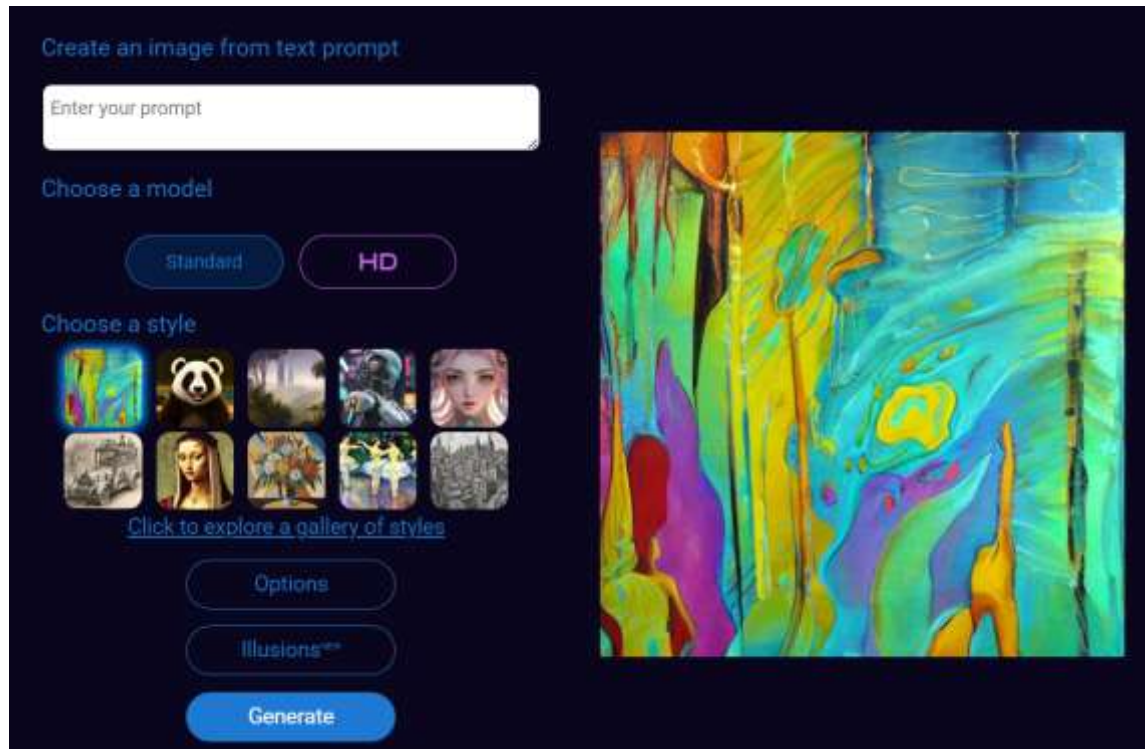
Generative Modelle können Beispiele erstellen

- generative kontradiktorische Netzwerke



Generative Modelle

dieselben statistischen Eigenschaften wie die Trainingsdaten aufweisen



Unüberwachtes Lernen

Lernen über einen Datensatz ohne Markierungen

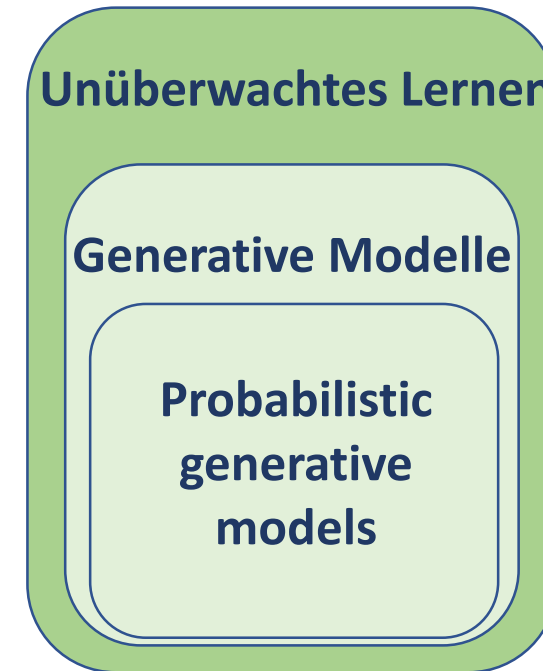
- Clustering

Generative Modelle können Beispiele erstellen

- generative kontradiktorische Netzwerke

PGMs lernen Verteilung über Daten

- generative kontradiktorische Netzwerke



Unüberwachtes Lernen

Lernen über einen Datensatz ohne Markierungen

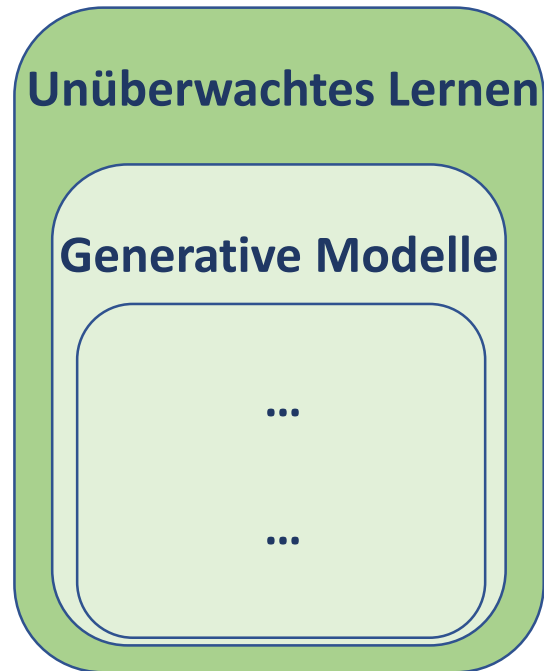
- Clustering

Generative Modelle können Beispiele erstellen

- generative kontradiktorische Netzwerke

... ..

-



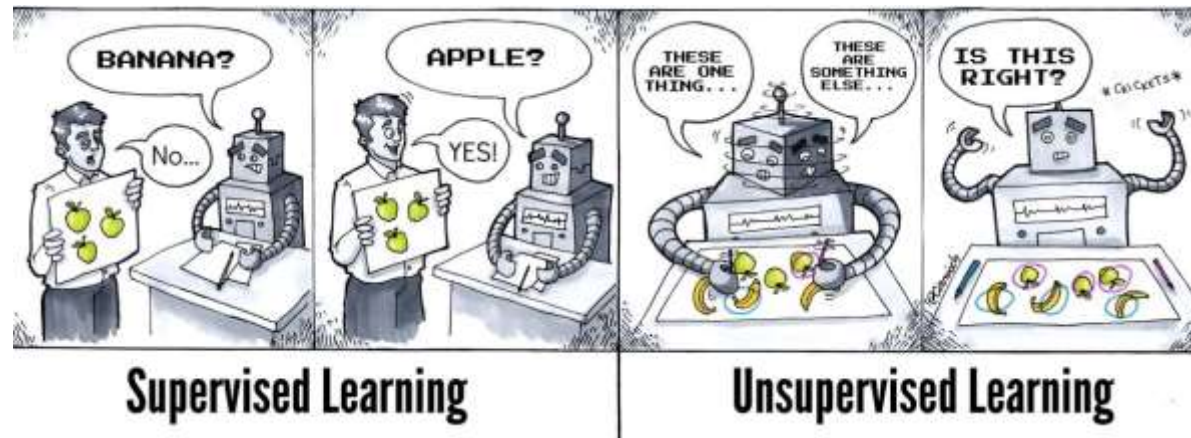
Überwachtes Lernen vs. Unüberwachtes Lernen

Überwachtes Lernen:

- Die Klassifizierung wird als überwachtes Lernen **anhand von Beispielen** betrachtet.
- Überwachung: Die Daten (Beobachtungen, Messungen usw.) werden **mit vordefinierten Klassen markiert**. Es ist so, als ob ein "Lehrer" den Unterricht erteilt ("supervision").
- Die **Testdaten** werden ebenfalls in **diese Klassen** eingeteilt.

Unüberwachtes Lernen:

- Die Klassenbezeichnungen der Daten sind **unbekannt**.
- Bei einem Datensatz besteht die Aufgabe darin, die Existenz von **Klassen** oder **Clustern** in den Daten festzustellen.



Künstliche Intelligenz

Maschinelles Lernen

**Überwachtes
Lernen**

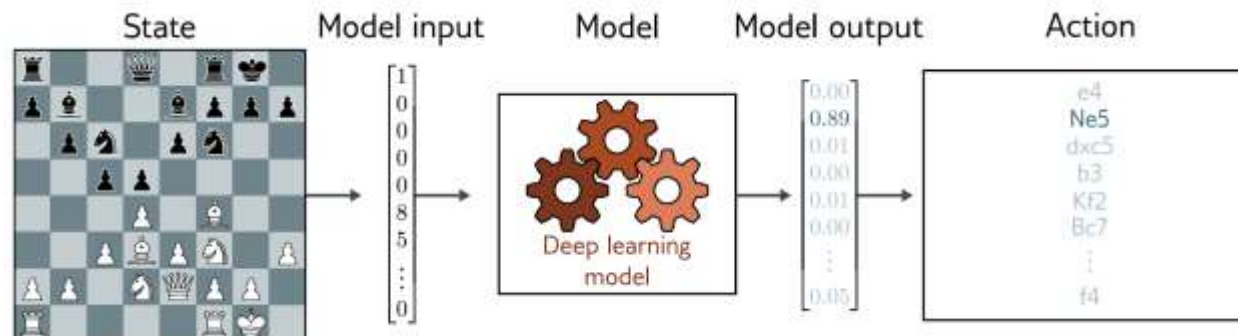
**Unüberwachtes
Lernen**

**Bestärkendes
Lernen**

Bestärkendes Lernen

keine Daten erhalten - müssen die Umgebung selbst erkunden, um Daten zu sammeln

- Eine Menge von **Zuständen**
 - Eine Menge von **Aktionen**
 - Eine Menge von **Belohnungen**
- ❖ **Ziel:** Aktionen ausführen, damit der Zustand so verändert wird , dass man Belohnungen erhält.



Bestärkendes Lernen

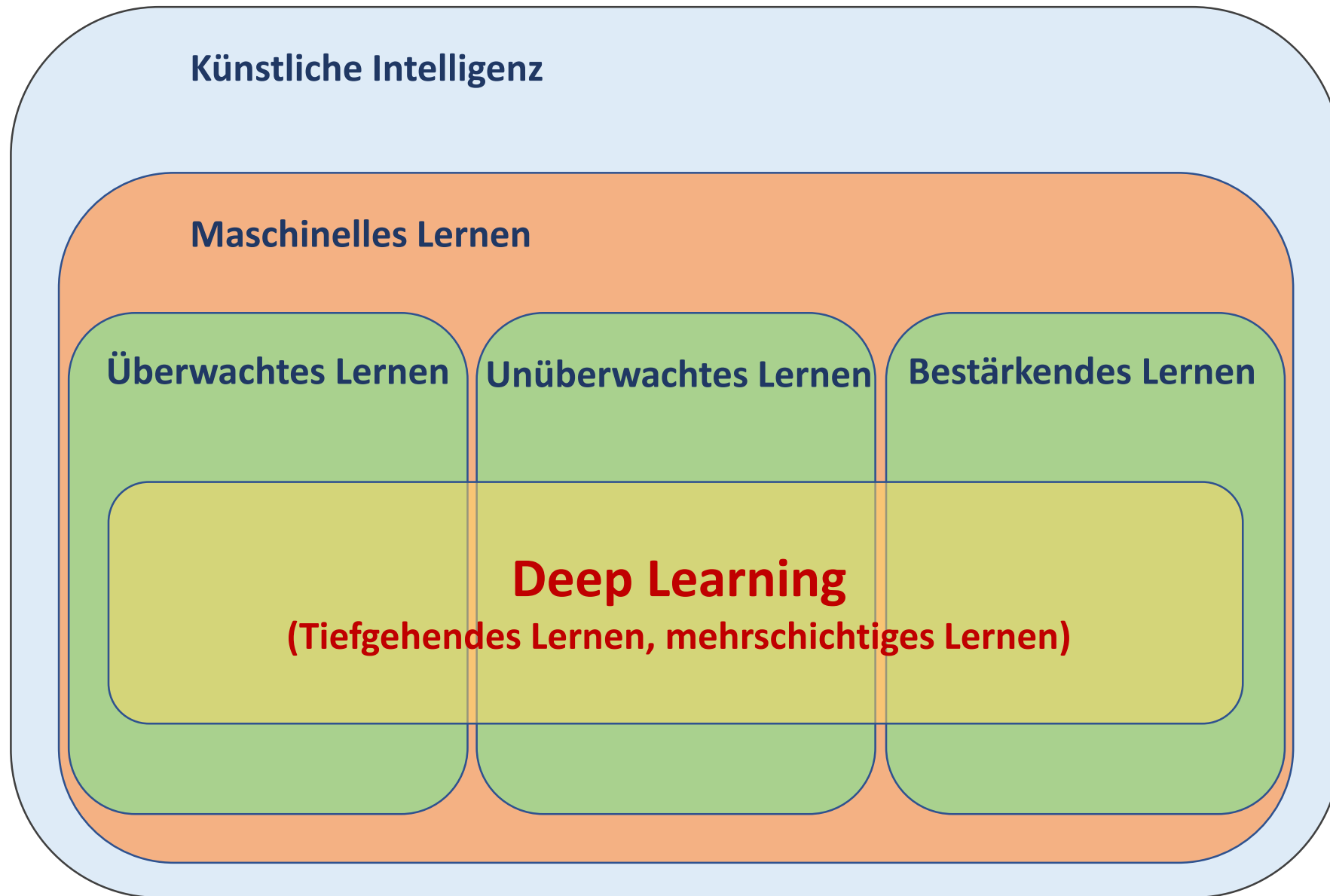
Künstliche Intelligenz

Maschinelles Lernen

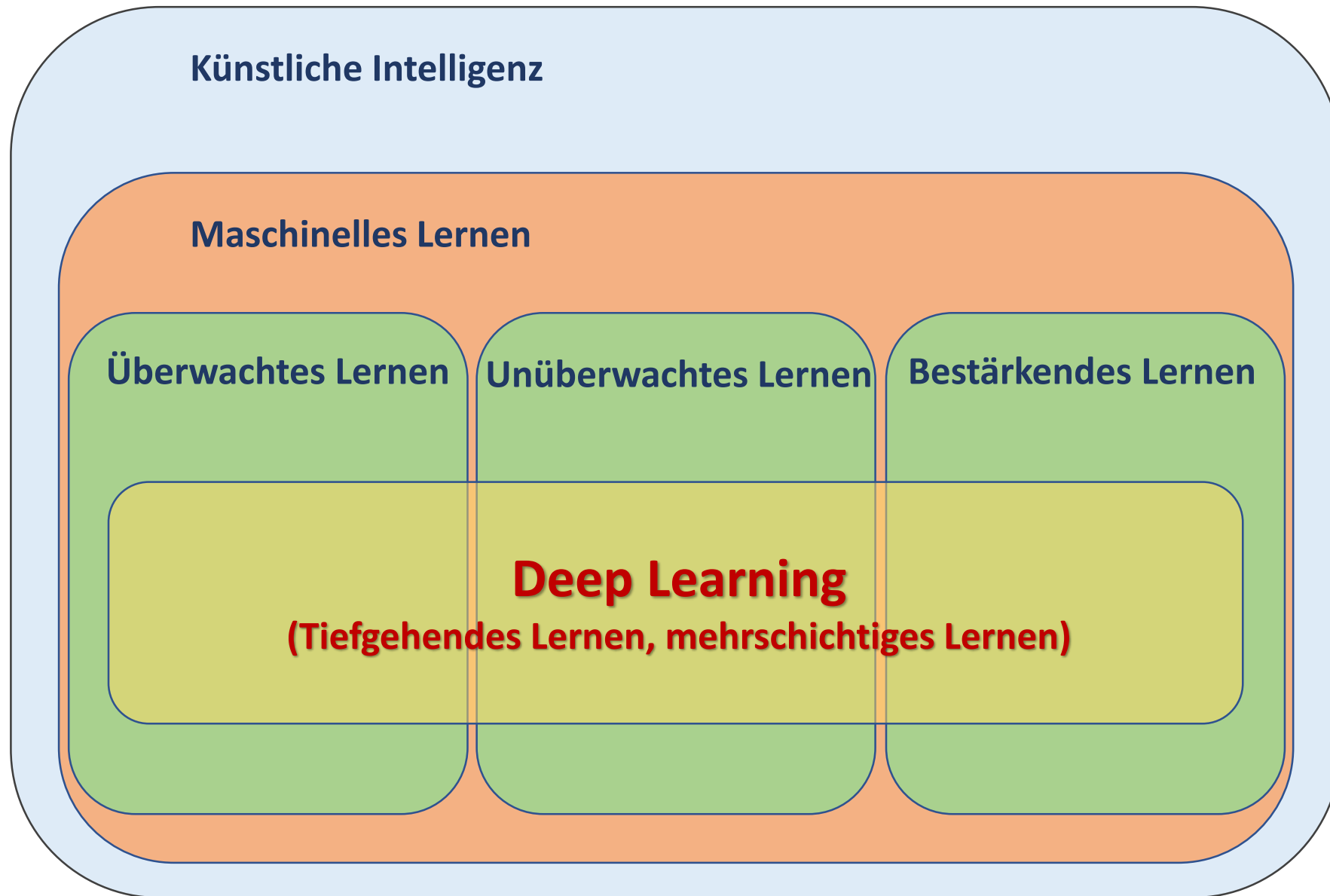
Überwachtes Lernen

Unüberwachtes Lernen

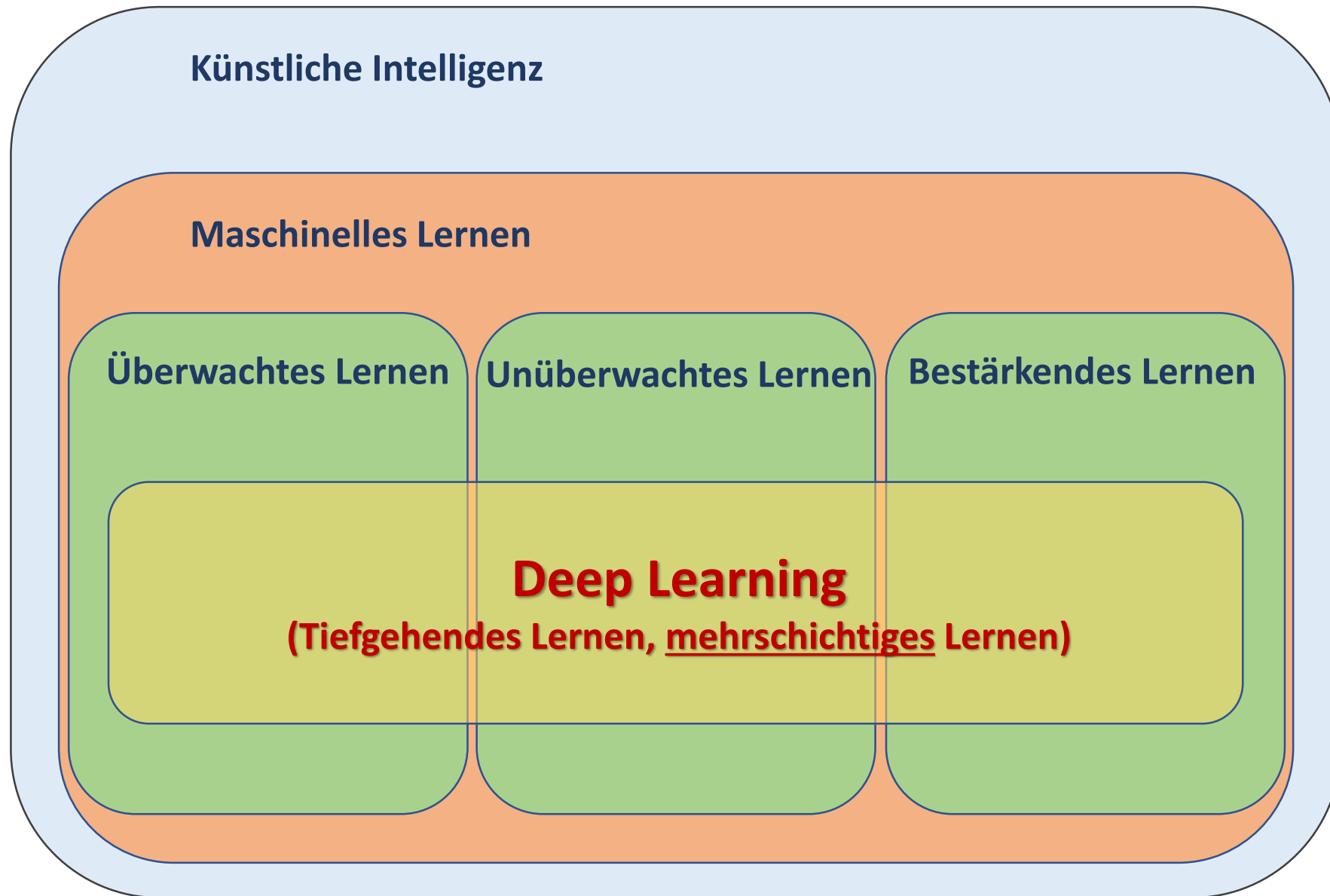
Bestärkendes Lernen



Die modernsten Methoden in allen drei Bereichen basieren auf Deep Learning.



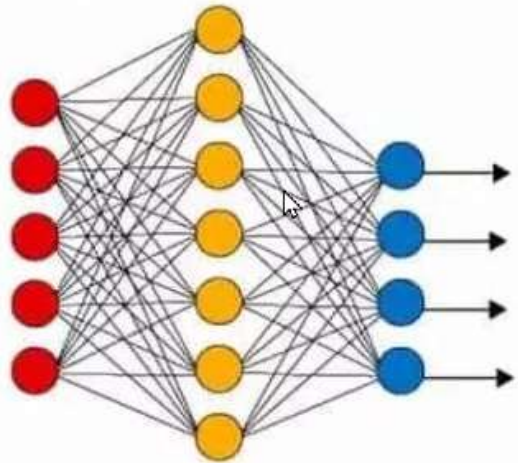
Die modernsten Methoden in allen drei Bereichen basieren auf Deep Learning.



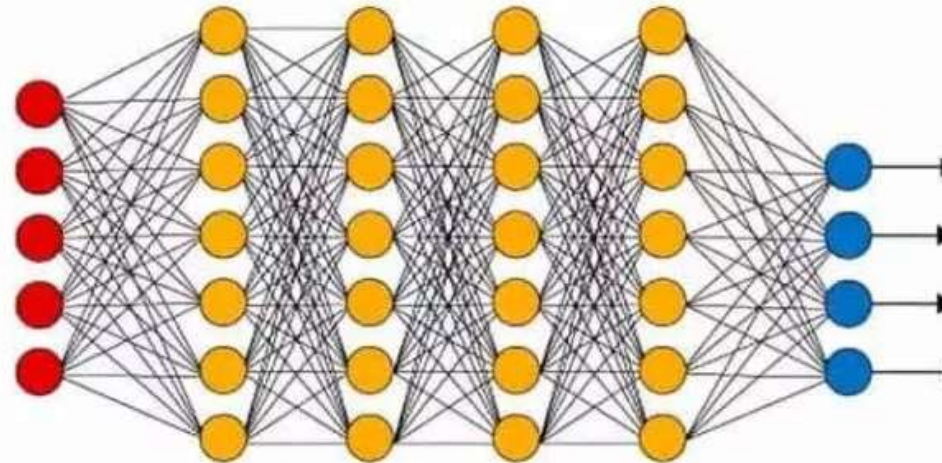
Die modernsten Methoden in allen drei Bereichen basieren auf **Deep Learning**.

Deep Learning (Tiefgehendes Lernen, mehrschichtiges Lernen)

Simple Neural Network



Deep Learning Neural Network



● Input Layer ● Hidden Layer ● Output Layer



Faltung (Konvolution) ?

in Gefaltetes Neuronales Netzwerk

Faltung ist wie folgt definiert:

$$(f * g)(t) := \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau) d\tau.$$

- Umdrehen: $g(\tau) \rightarrow g(-\tau)$
- Verschieben: $g(t - \tau)$ $-\infty < t < \infty$
- Berechnen der Flächenüberlappung: $f(\tau) g(t - \tau)$

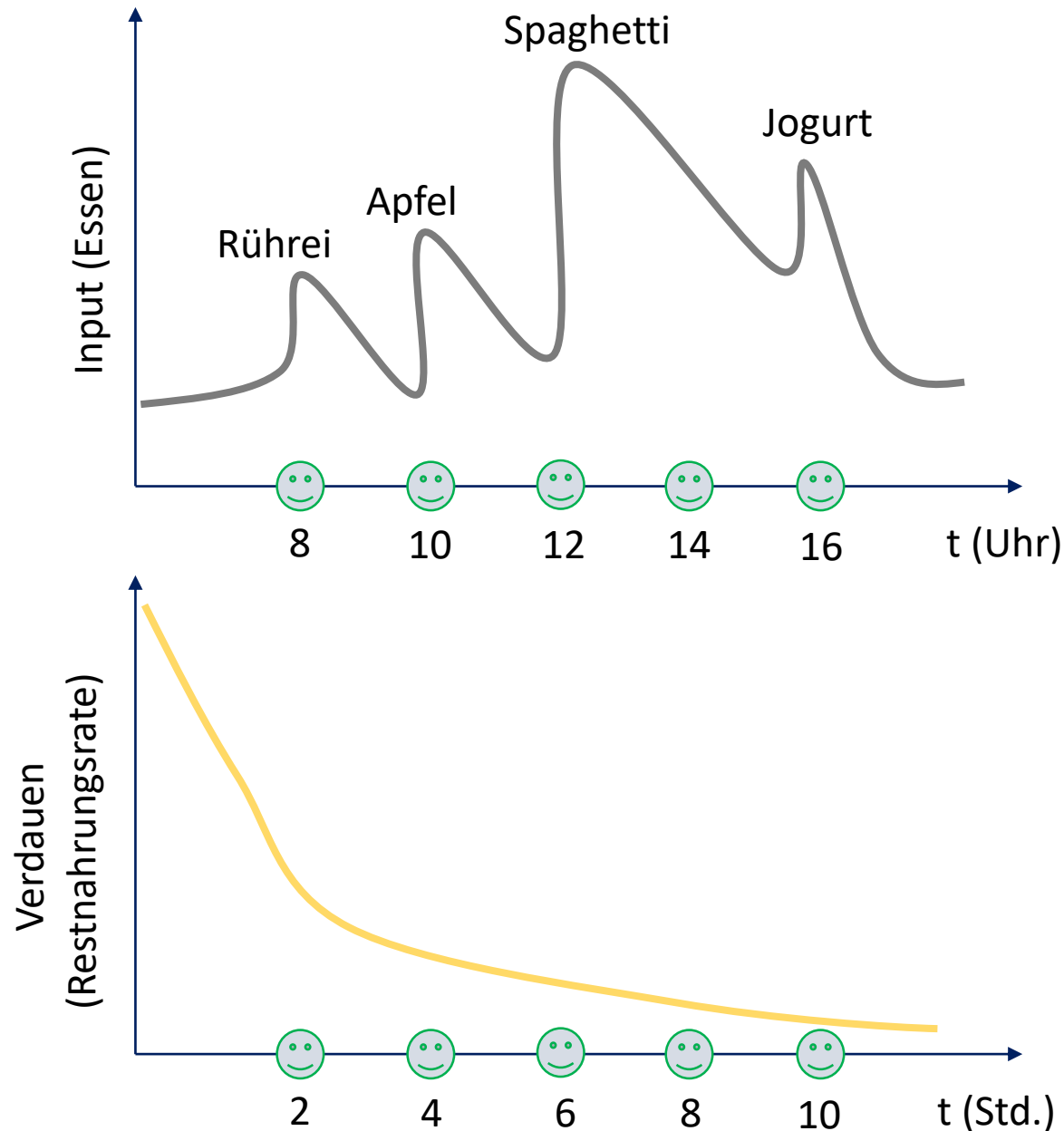


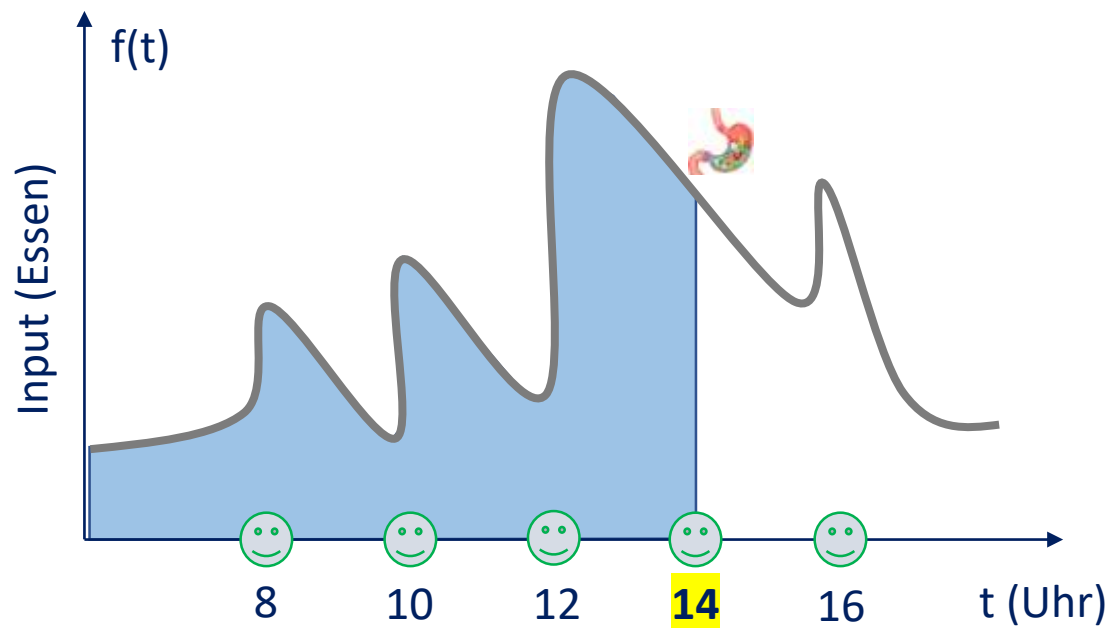
$$(f * g)(t) := \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau) d\tau.$$

Input (Essen): $f(t)$

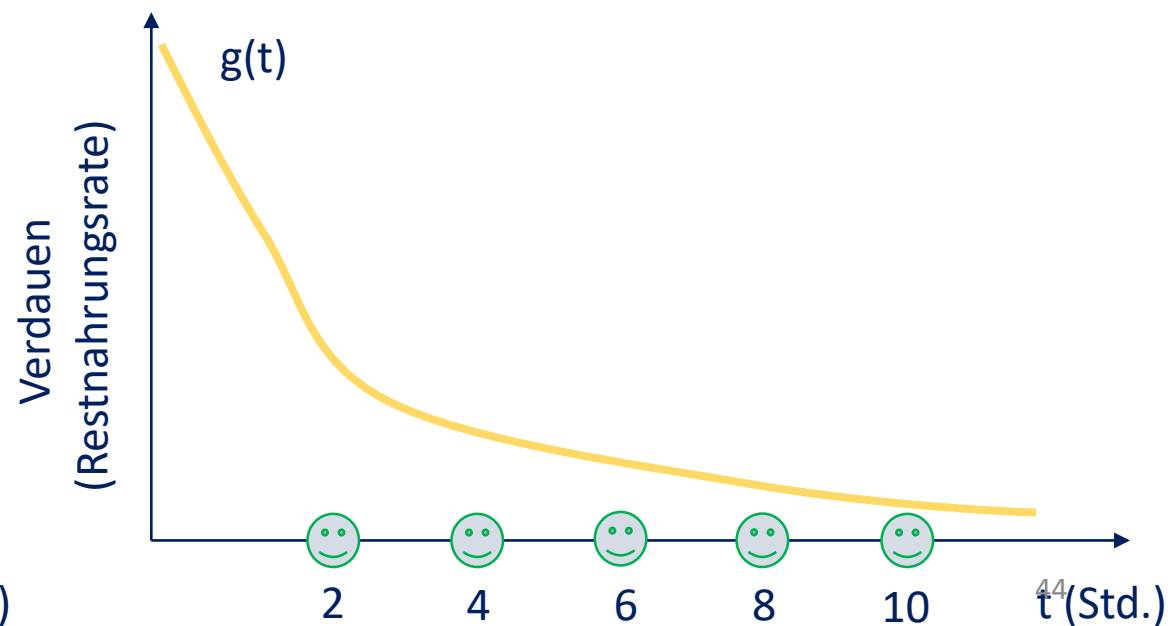
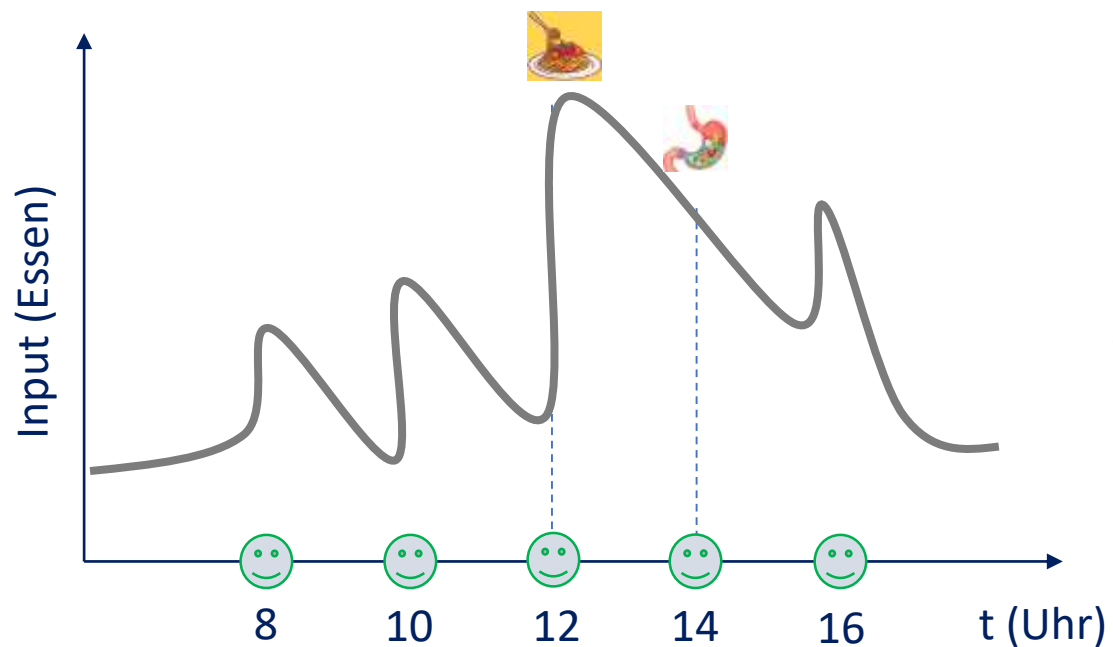


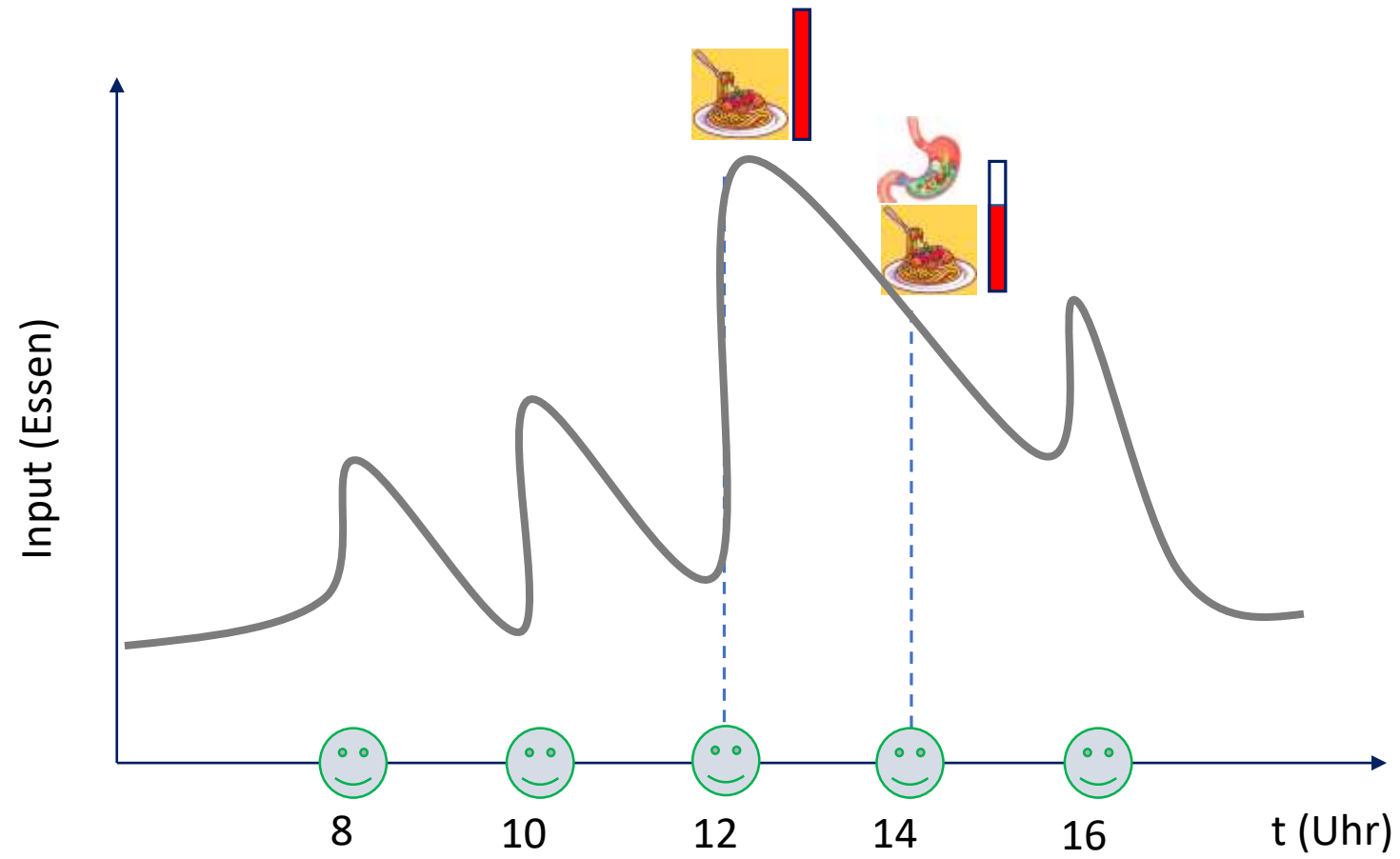
Verdauen: $g(t)$



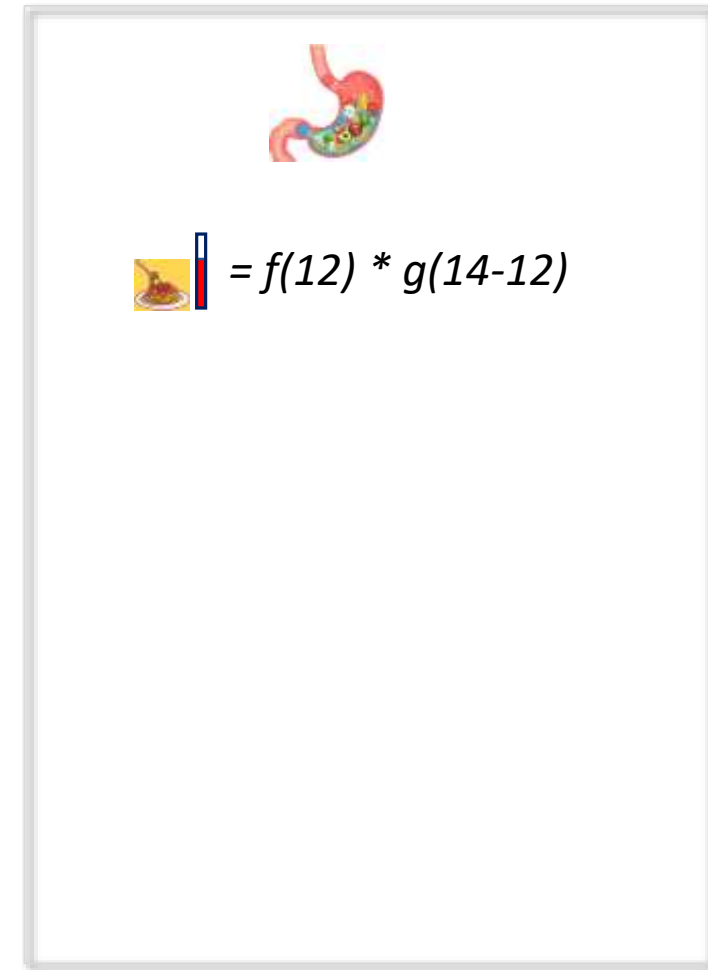
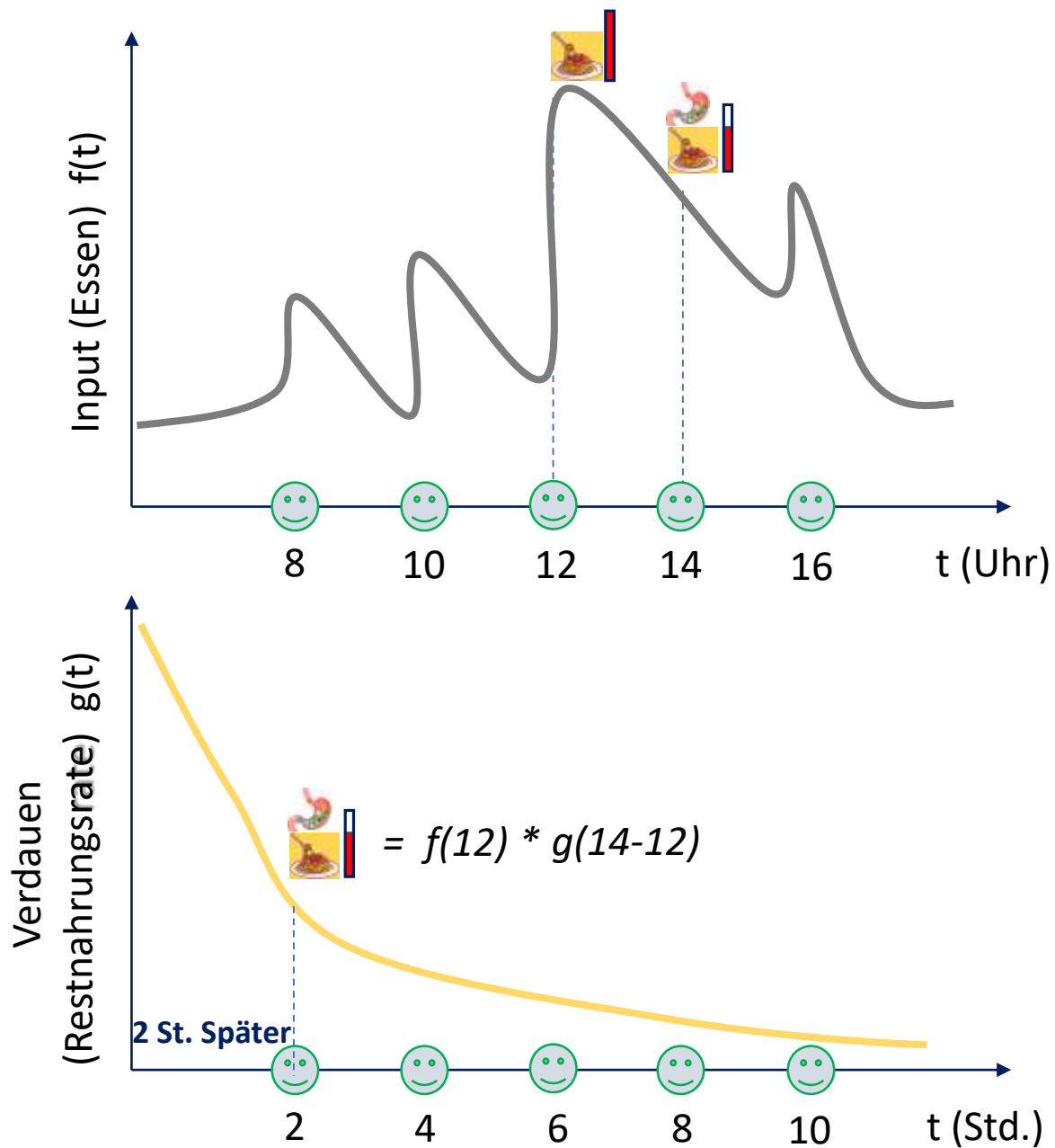


$$(f * g)(t) := \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau) d\tau.$$

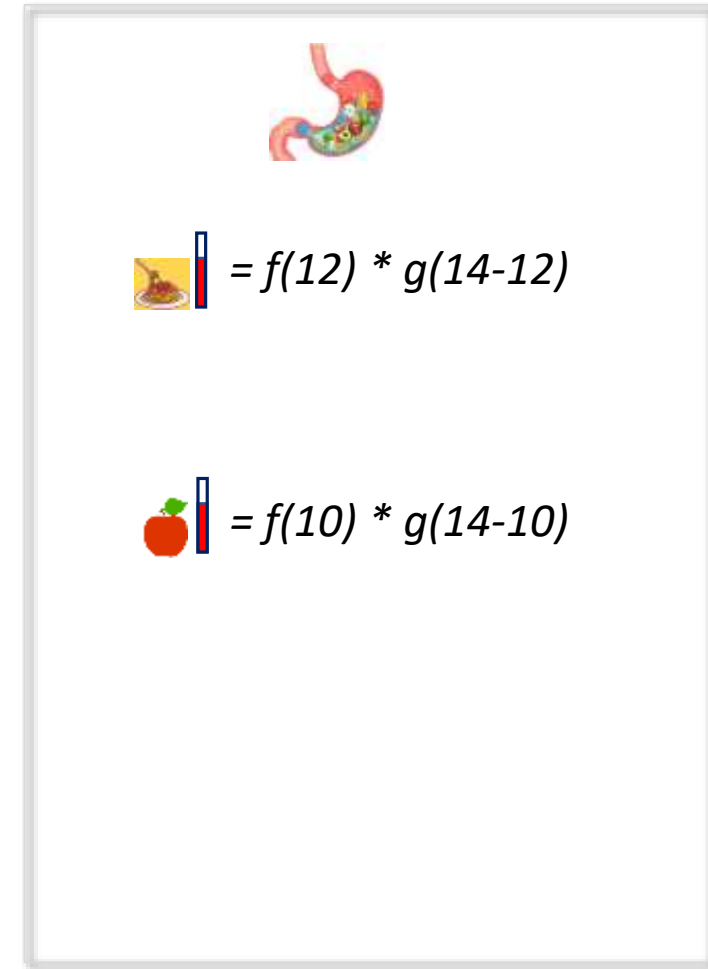
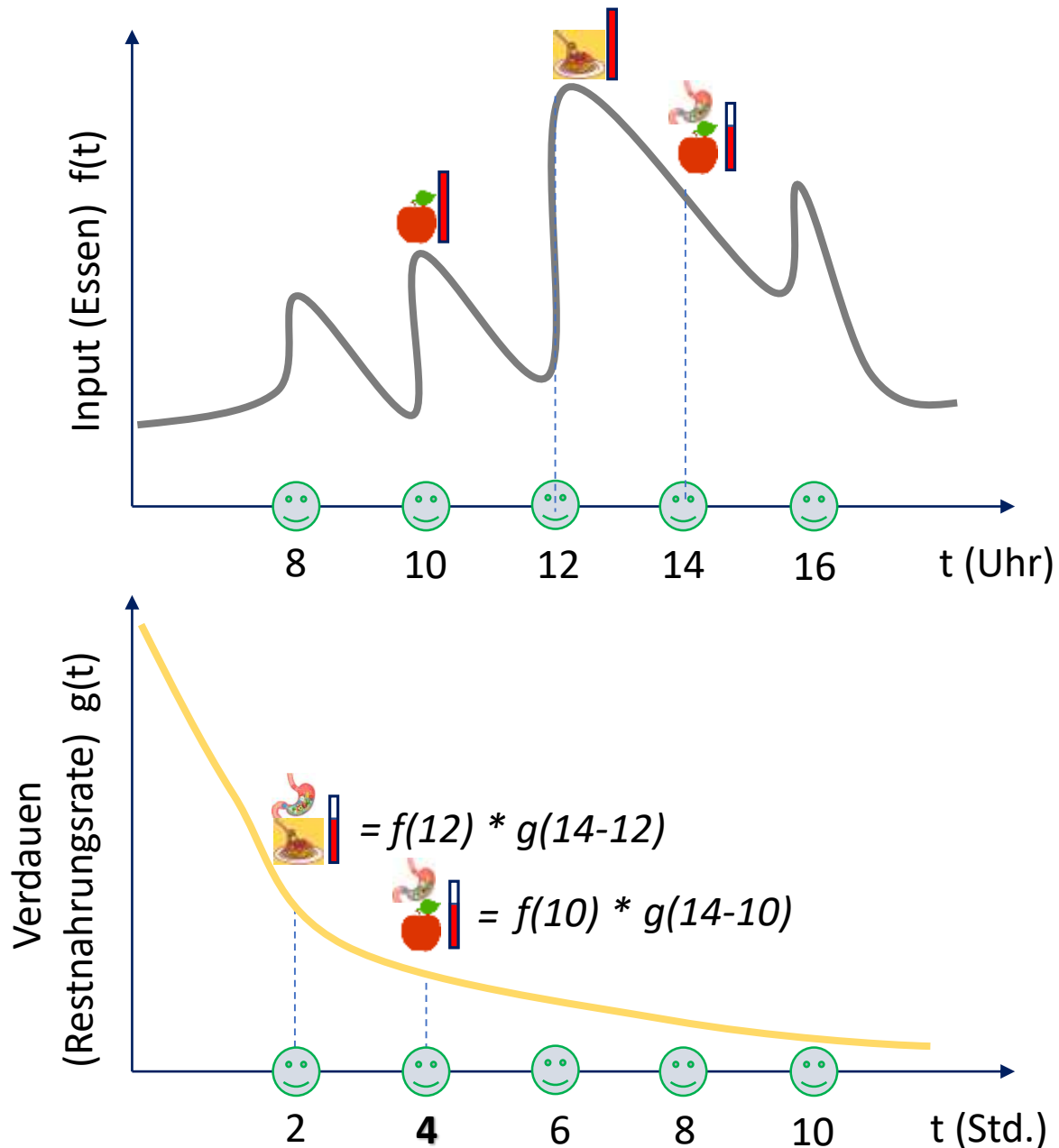




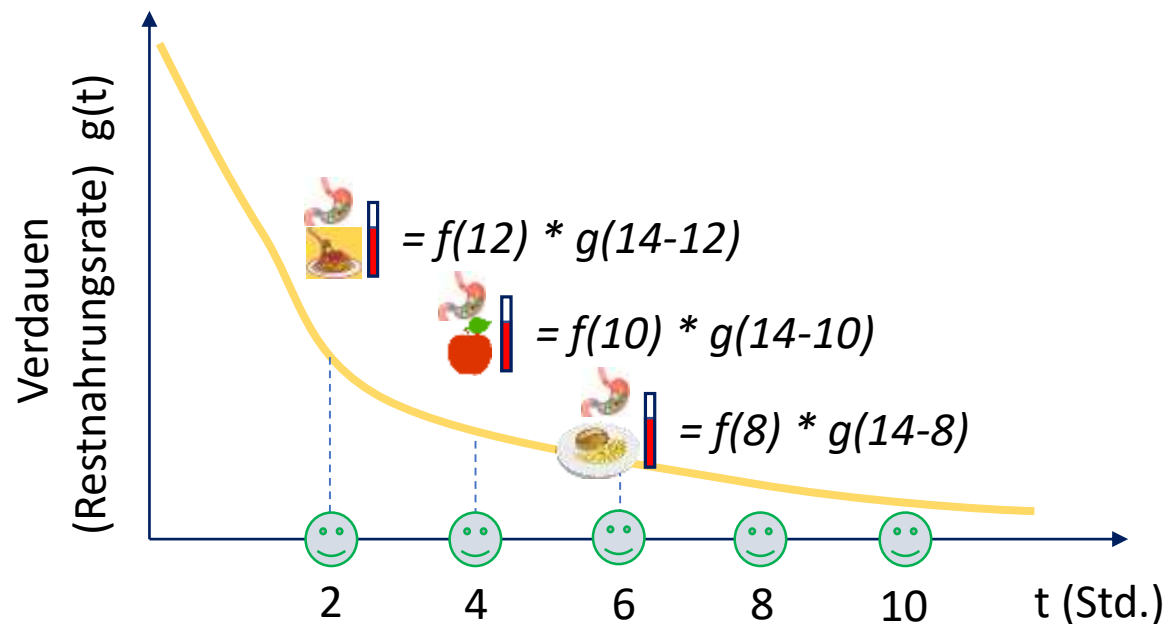
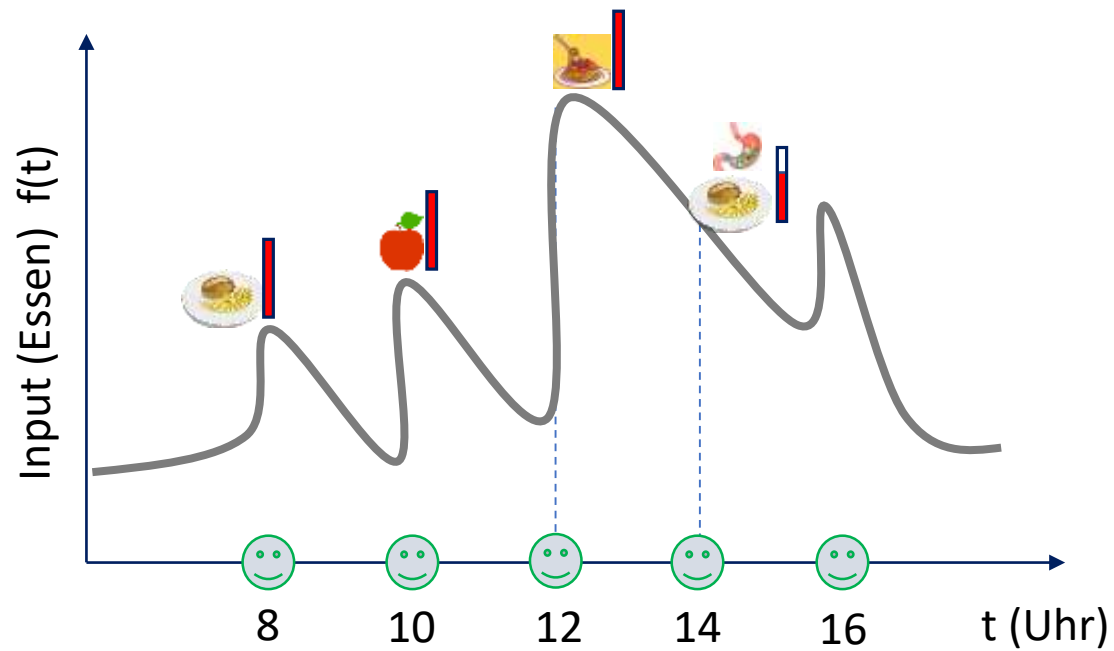
$$(f * g)(t) := \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau) d\tau.$$




$$(f * g)(t) := \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau) d\tau.$$




$$(f * g)(t) := \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau) d\tau.$$






$$\text{Plate of food} = f(12) * g(14-12)$$

+



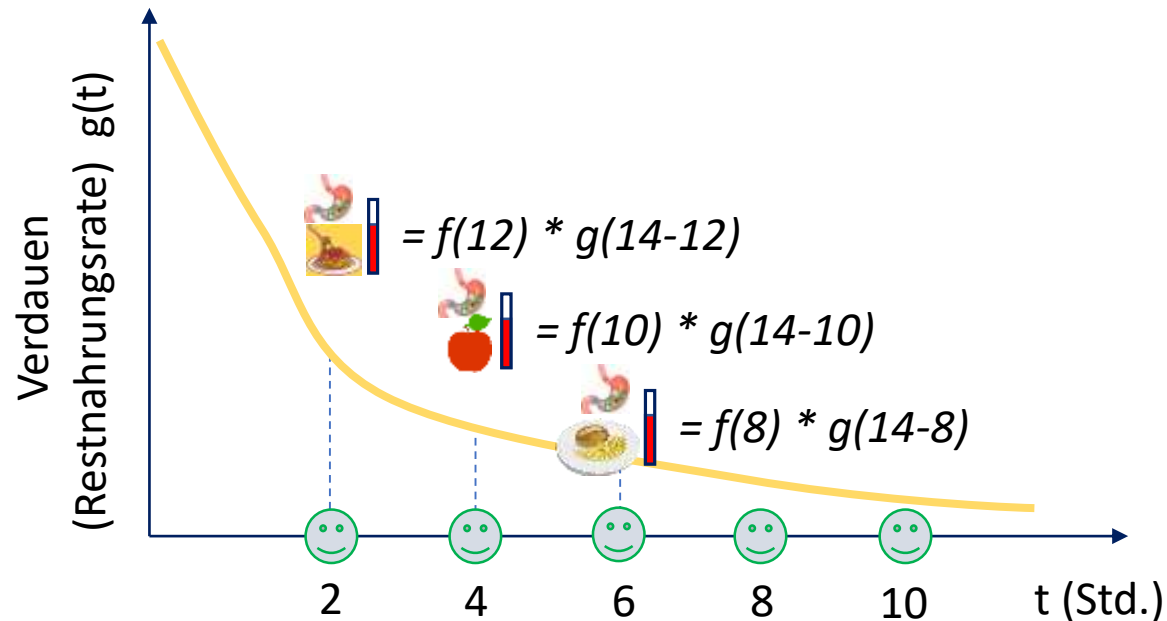
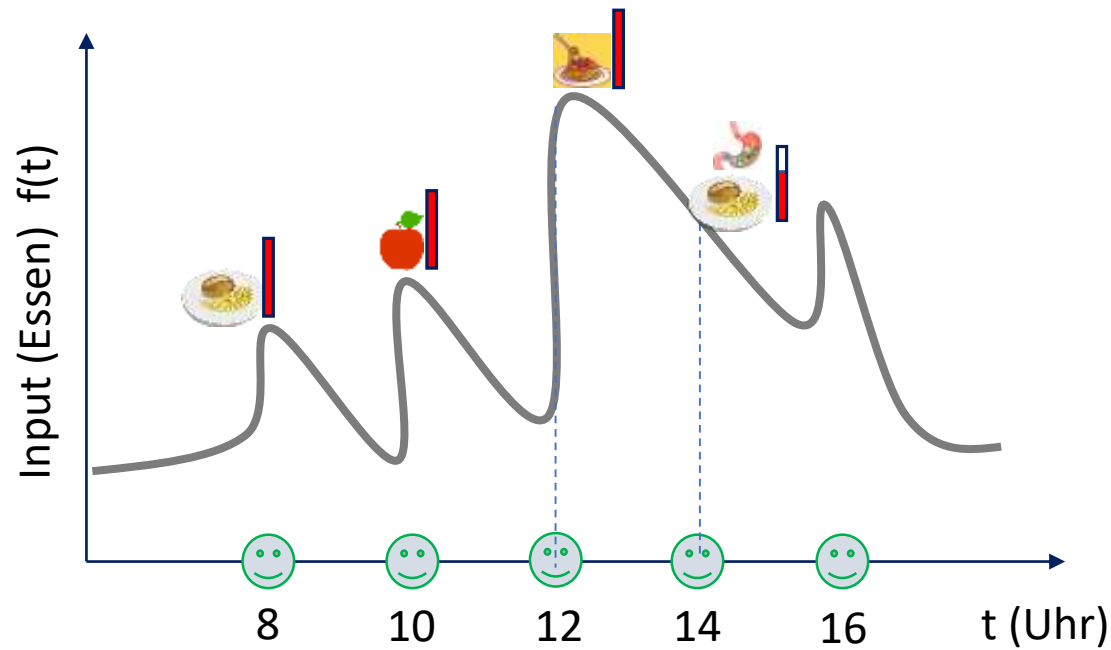
$$= f(10) * g(14-10)$$


+



$$= f(8) * g(14-8)$$

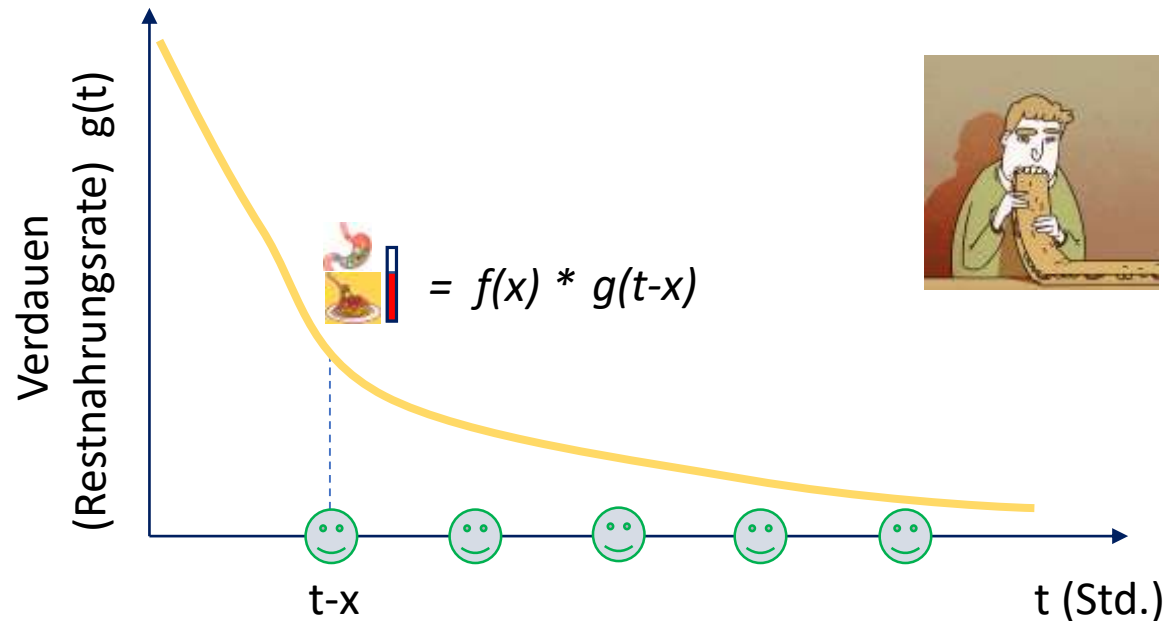
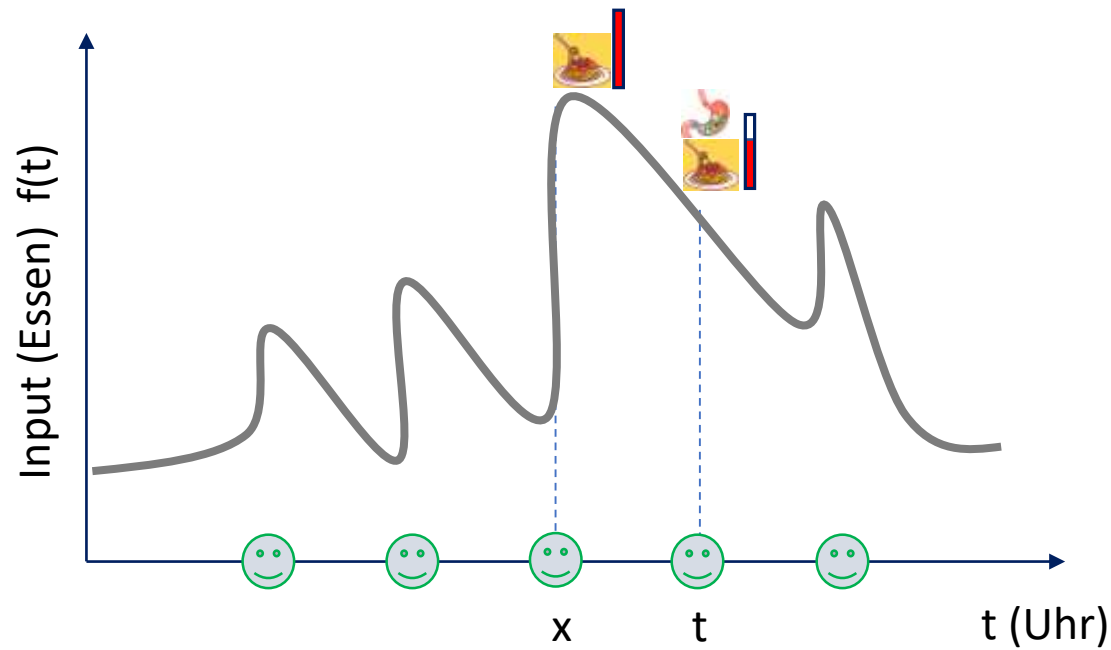
$$(f * g)(t) := \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau) d\tau.$$





$$\begin{aligned}
 & \text{[Food Icon]} = f(12) * g(14-12) \\
 & + \\
 & \text{[Apple Icon]} = f(10) * g(14-10) \\
 & + \\
 & \text{[Plate Icon]} = f(8) * g(14-8)
 \end{aligned}$$

$$(f * g)(t) := \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau) d\tau.$$

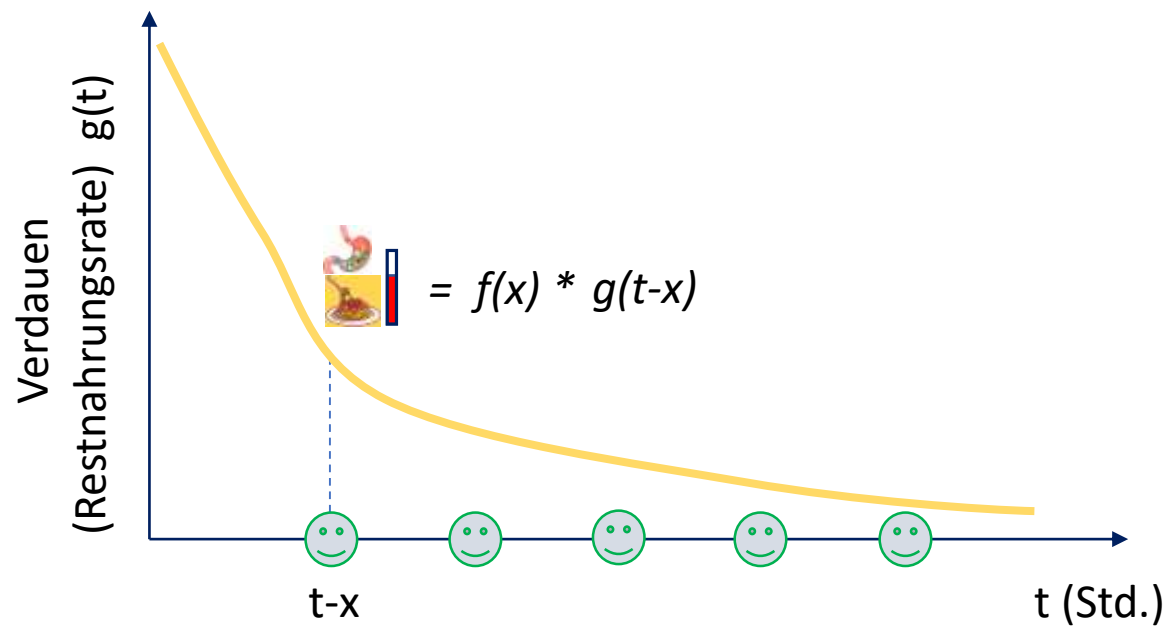
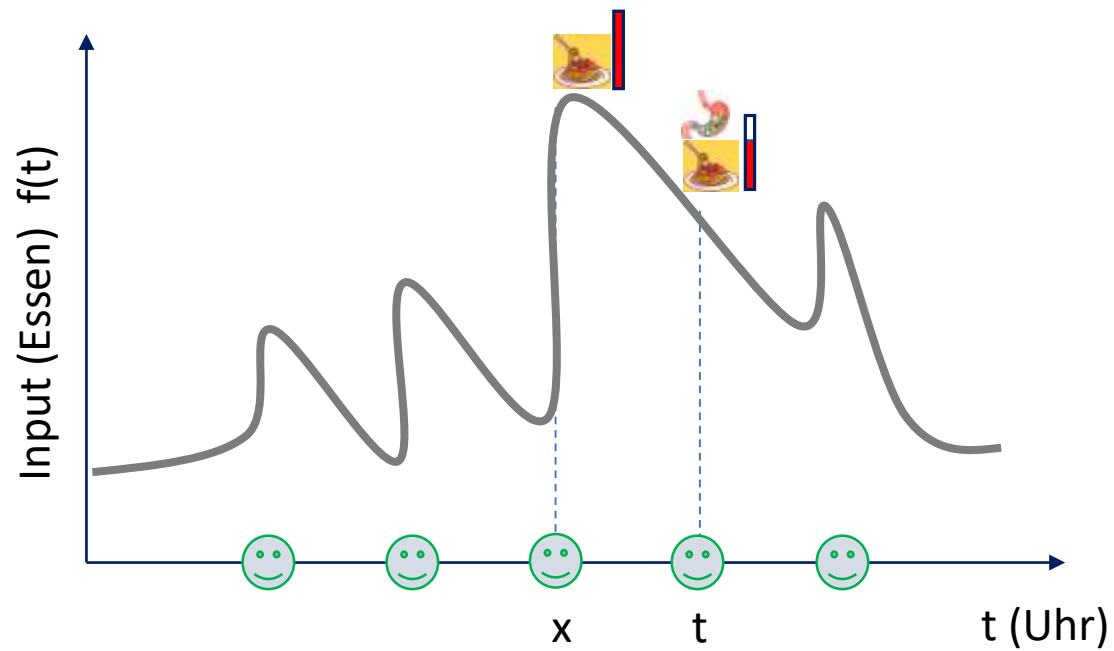


$= f(x) * g(t-x)$

\vdots

$\int_0^t f(x) * g(t-x) dx$

$$(f * g)(t) := \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau) d\tau.$$

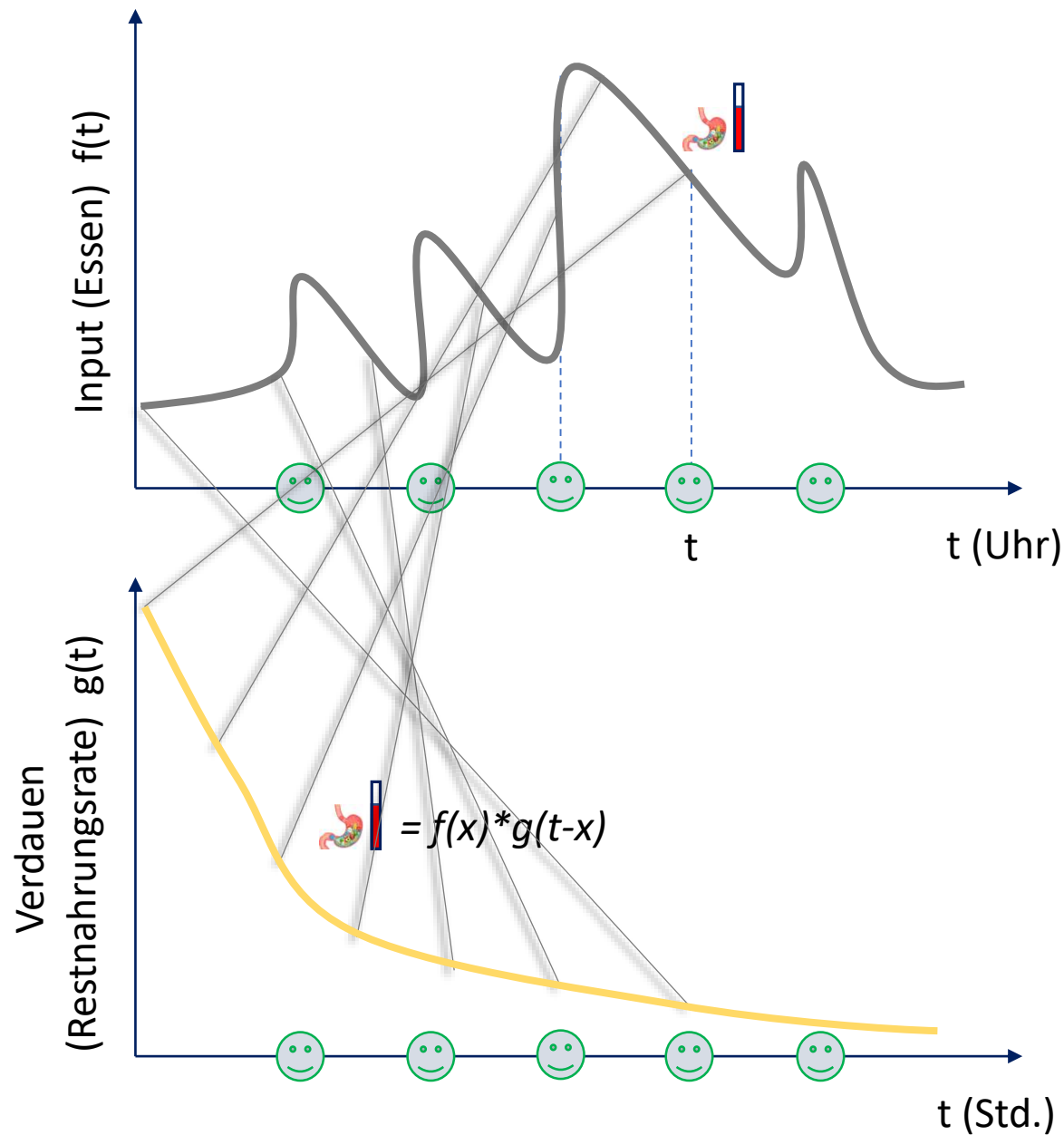



$$\text{[Icon]} = f(x) * g(t-x)$$

...

$$\int_0^t f(x) * g(t-x) dx$$

$$(f * g)(t) := \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau) d\tau.$$

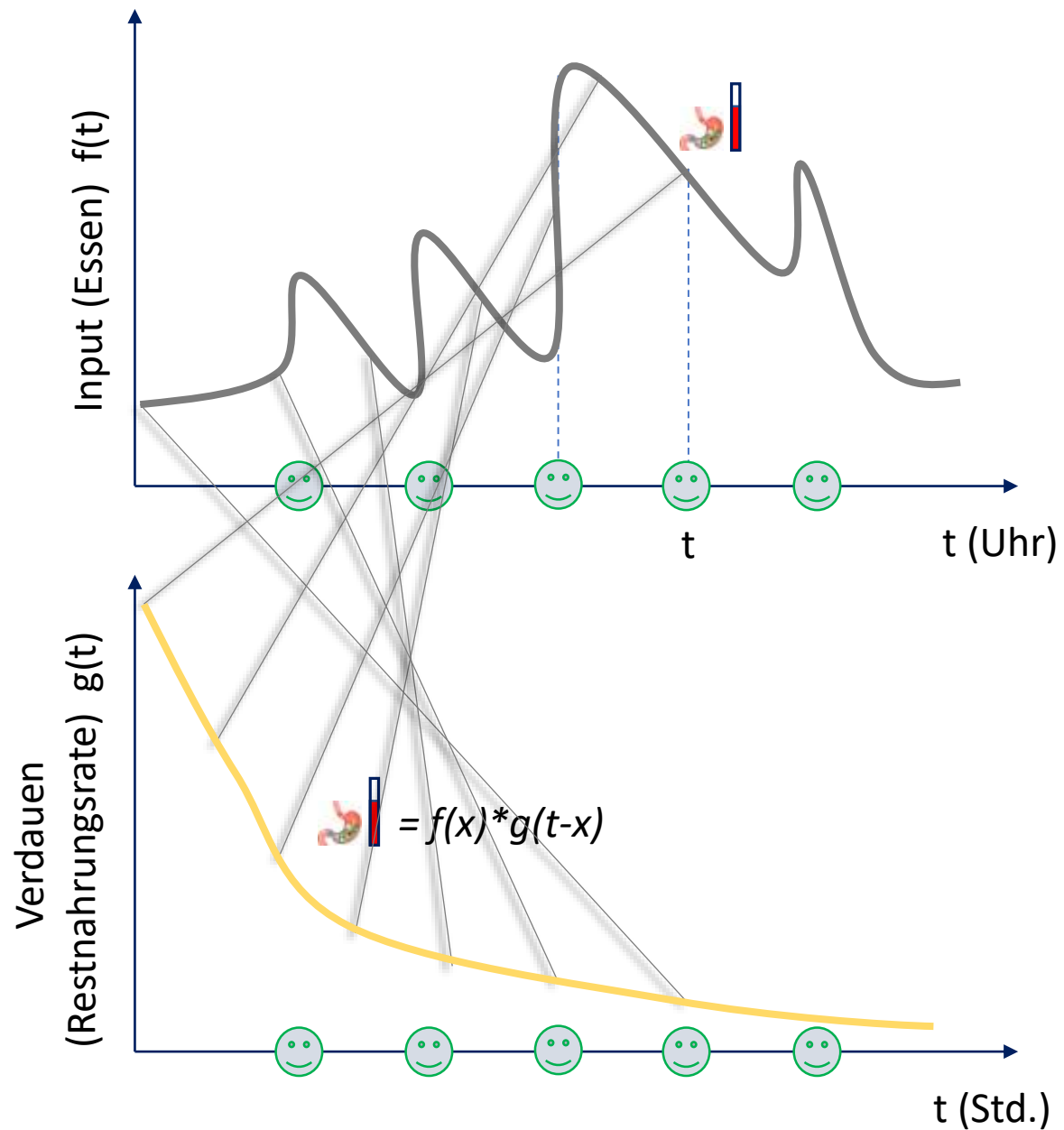





$$\text{[Bar Chart Icon]} = f(x) * g(t-x)$$

⋮

$$\int_0^t f(x) * g(t-x) dx$$

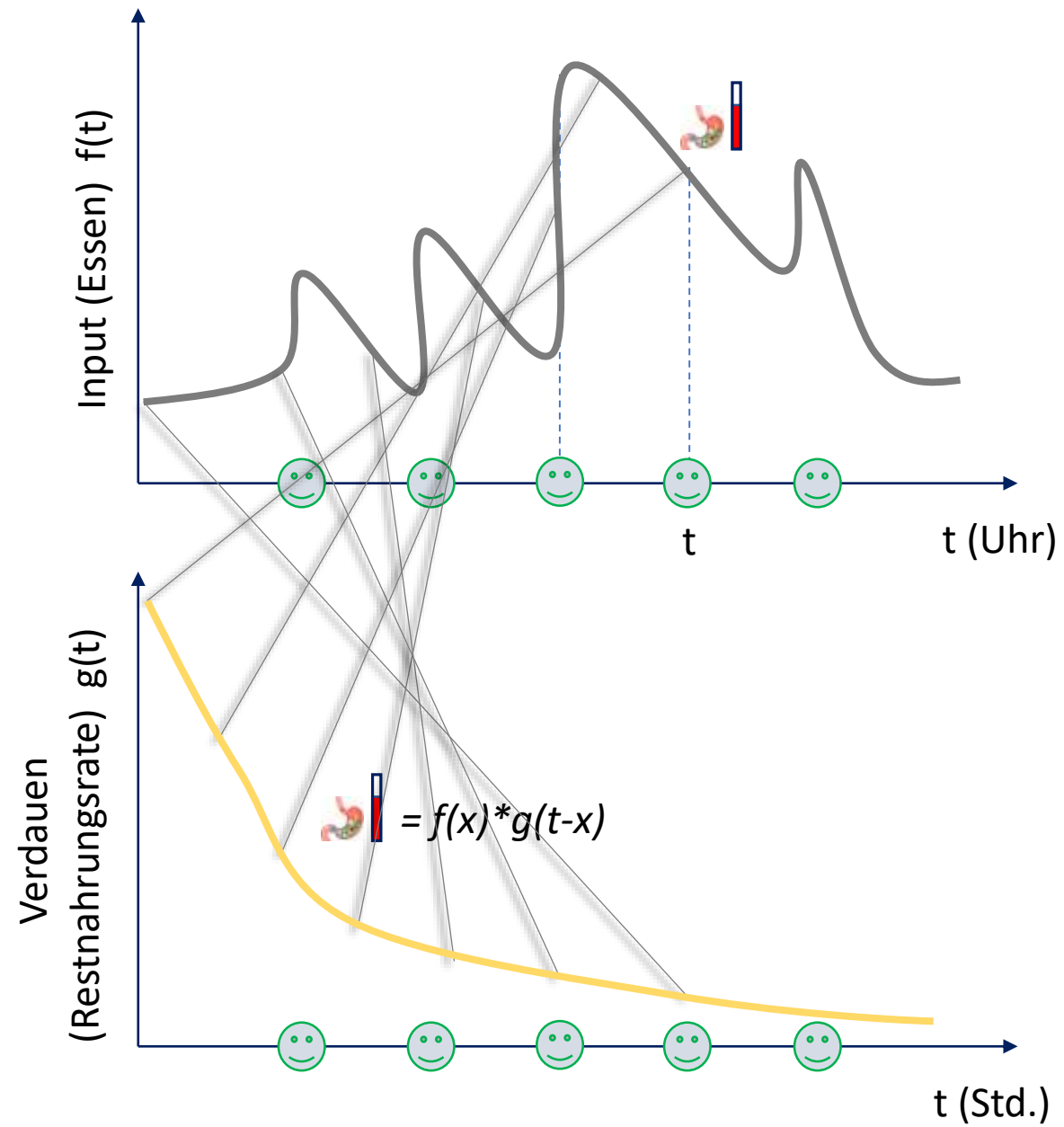




$$\text{🍽️} = f(x) * g(t-x)$$

⋮

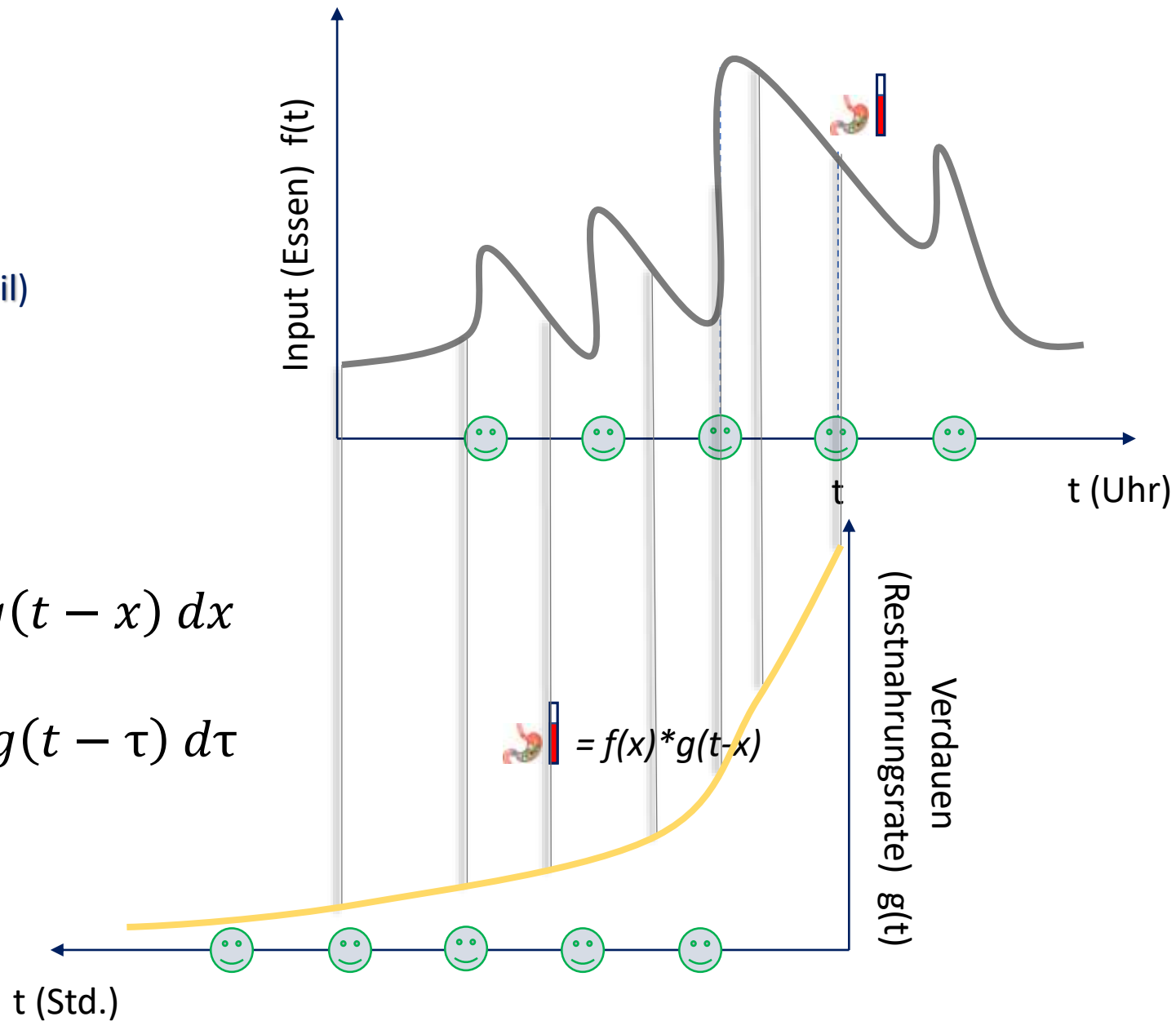
$$\int_0^t f(x) * g(t-x) dx$$



System: Verdauen (stabil)

$$(f * g)(t) = \int_0^t f(x) * g(t - x) dx$$

$$(f * g)(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau) * g(t - \tau) d\tau$$





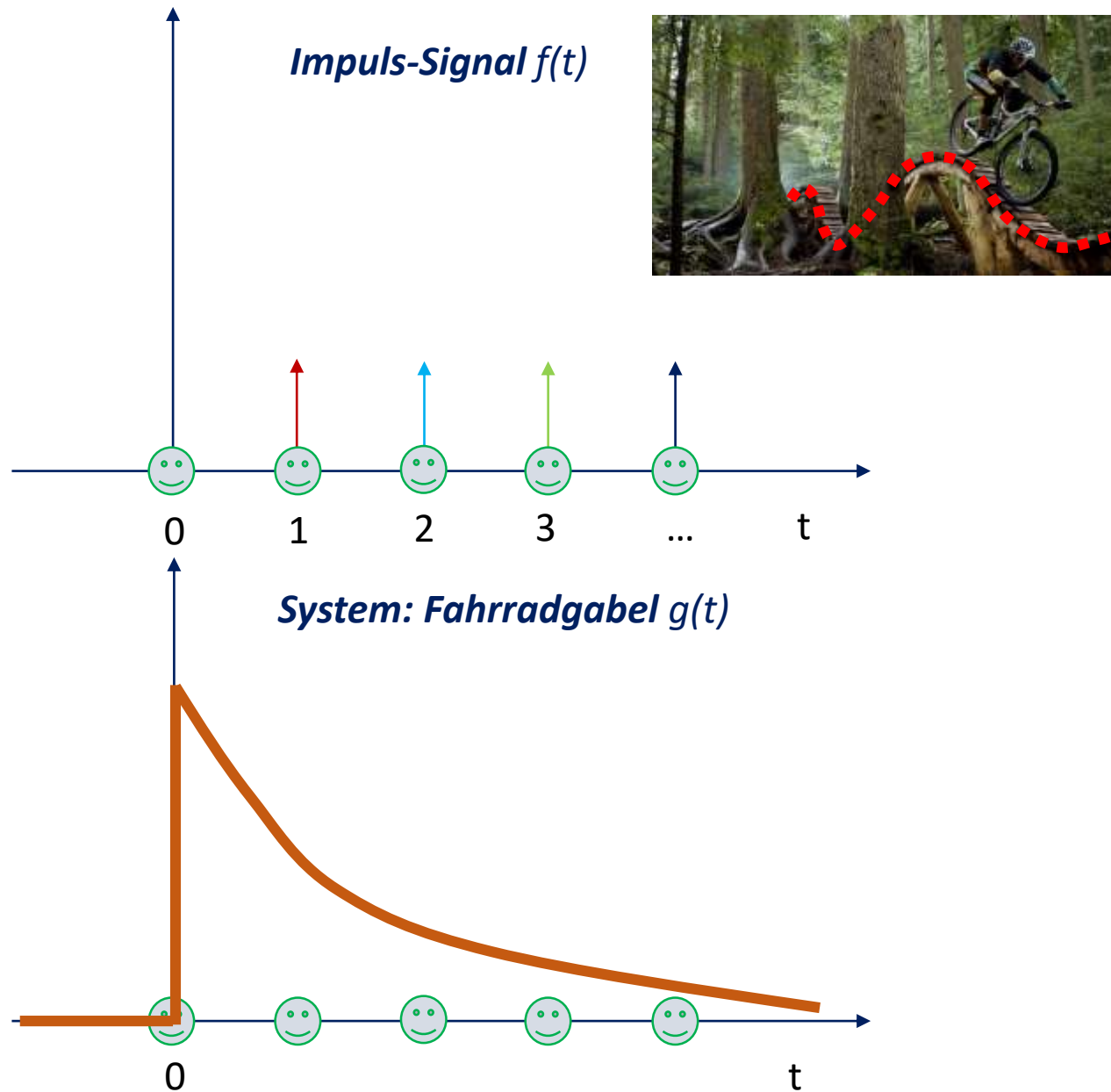
Eingabe (Input)



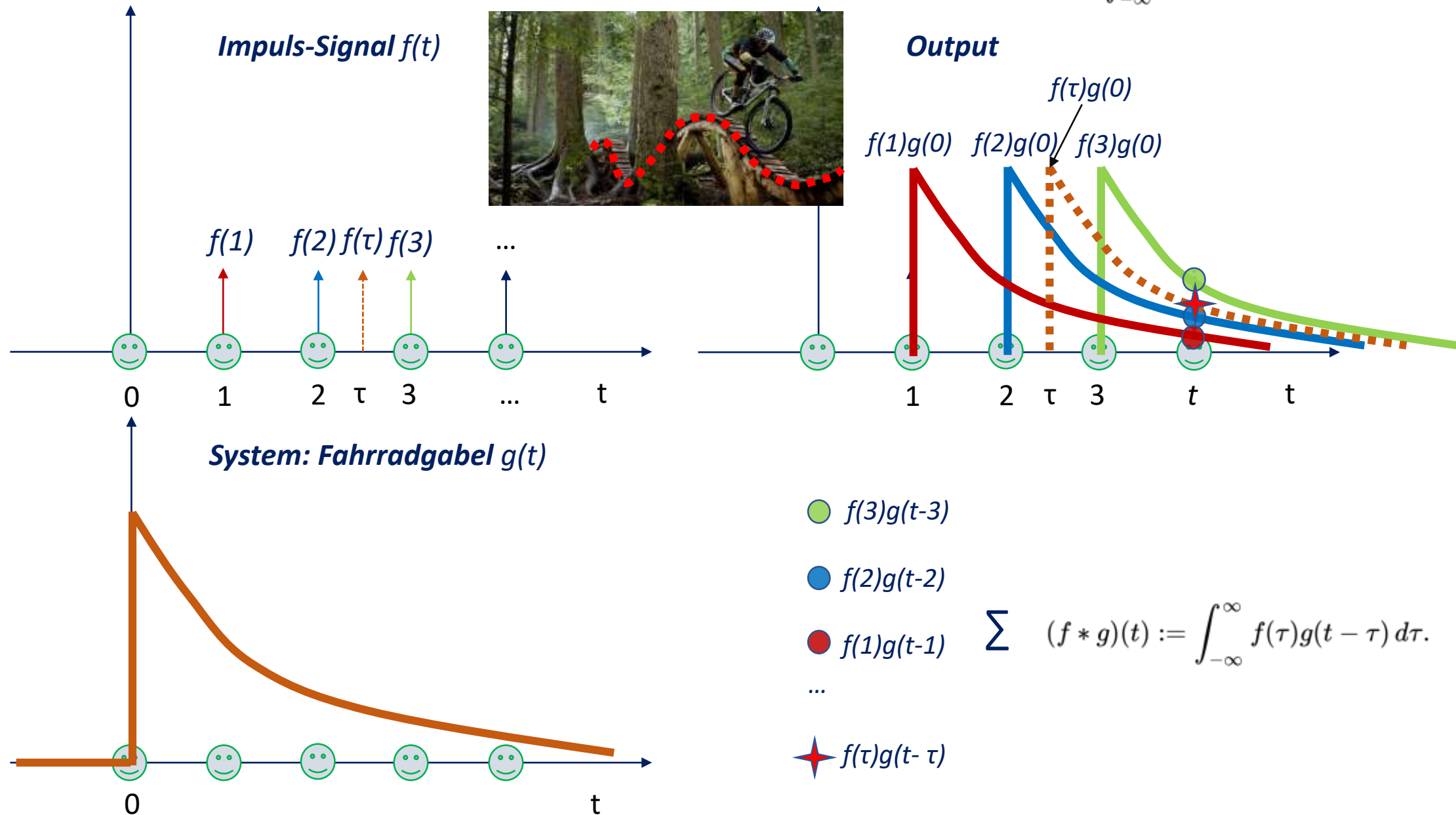
die Größe des Steins \sim Schwingungsamplitude (das Ausmaß der Verformung)

$$(f * g)(t) := \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau) d\tau.$$

System: Fahrradgabel



$$(f * g)(t) := \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau) d\tau.$$



Take Home Messages

- „CNN“ < Deep Learning < Maschinelles Lernen < Künstliche Intelligenz
- **Maschinelles Lernen:**
 - *Überwachtes Lernen*
 - *Unüberwachtes Lernen*
 - *Bestärkendes Lernen*
- **Deep learning: CNN ...**
- **Faltung:**
$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) * g(t - x) dx$$
- **System (stabil):** $g(x)$
- **Input (untabil):** $f(x)$

Nächste Schritte

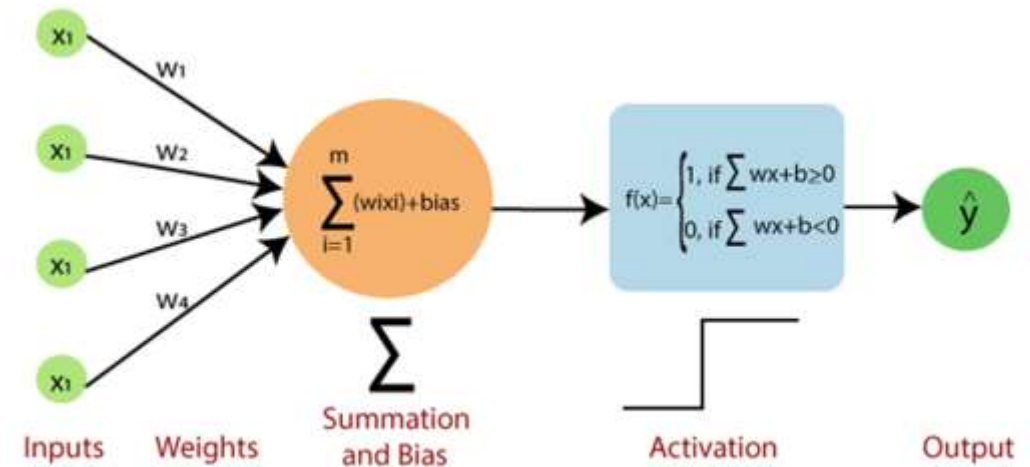
Who is the Father of Deep Learning?

Charles C. Tappert

Seidenberg School of CSIS, Pace University, Pleasantville, New York 10570
ctappert@pace.edu

Abstract— This paper evaluates candidates for the father of deep learning. We conclude that **Frank Rosenblatt** developed and explored all the basic ingredients of the deep learning systems of today, and that he should be recognized as a Father of Deep Learning, perhaps **together with Hinton, LeCun and Bengio** who have just received the Turing Award as the **fathers of the deep learning revolution**.

Perzeptron



Rosenblatt, 1958

G:\SD_623\623-1_Geodaten_Stadtvermessung\623-1_Allgemein\623-1_Alle\zhao\KI_Austauschen

Georg: 23-1723

Linear algebra

Calculus (integral / differential)

Probability theory

Optimization

Signal processing

Programming

Algorithm

High-performance computing

Lineare Algebra

Mathematik (Integral-/Differentialrechnung)

Wahrscheinlichkeitsrechnung

Optimierung

Signalverarbeitung

Programmierung

Algorithmus

Hochleistungsrechnen