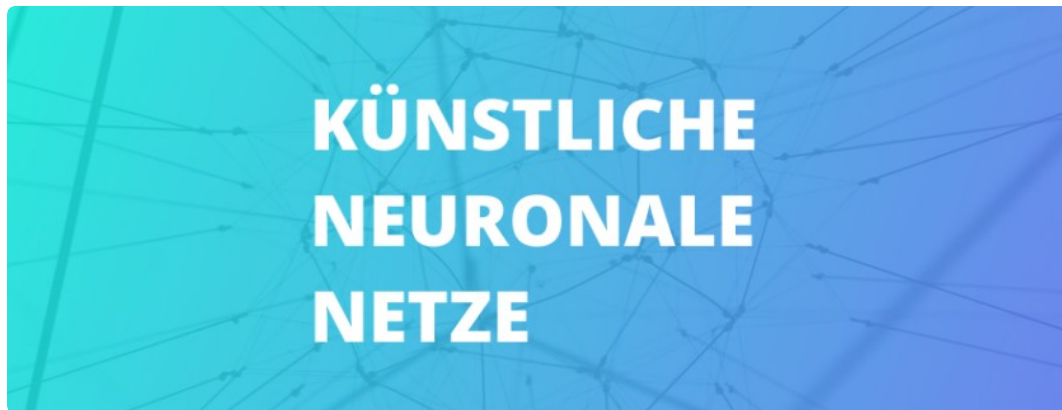


# KÜNSTLICHE NEURONALE NETZE – AUFBAU & FUNKTIONSWEISE

KI BASICS



Ein neuronales Netz (seltener auch *neurales Netz*) ist eine Ansammlung von einzelnen *Informationsverarbeitungseinheiten* (Neuronen), die schichtweise in einer Netzarchitektur angeordnet sind. Im Zusammenhang mit künstlicher Intelligenz spricht man von *künstlichen neuronalen Netzen*.

JAAI wird  
präsentiert  
von:



Wir sind  
Partner von:



# Funktionsweise und Aufbau künstlicher neuronaler Netze

Die *Neuronen* (auch *Knotenpunkte*) eines künstlichen neuronalen Netzes sind schichtweise in sogenannten *Layern* angeordnet und in der Regel in einer festen Hierarchie miteinander verbunden. Die Neuronen sind dabei zumeist zwischen zwei Layern verbunden (*Inter-Neuronlayer-Connection*), in selteneren Fällen aber auch innerhalb eines Layers (*Intra-Neuronlayer-Connection*).

Zwischen den Layern oder Schichten ist jedes Neuron der einen Schicht immer mit allen Neuronen der nächsten Schicht verbunden.

Beginnend mit der *Eingabeschicht* (*Input Layer*) fließen Informationen über eine oder mehrere *Zwischenschichten* (*Hidden Layer*) bis hin zur *Ausgabeschicht* (*Output Layer*). Dabei ist der Output des einen Neurons der Input des nächsten.

Die Darstellung künstlicher neuronaler Netze erfolgt zumeist schematisch horizontal. Die Eingabeschicht ist dabei auf der linken Seite angeordnet, gefolgt von den Zwischenschichten in der Mitte und der Ausgabeschicht auf der rechten Seite. Die Anzahl der Layer eines neuronalen Netzes ist eine wichtige beschreibende Information. Enthält ein Netz beispielsweise 3 Schichten, spricht man von einem 3-schichtigen Netz.

Fjodor van Veen vom [Asimov Institute](http://www.asimovinstitute.org)

[\[http://www.asimovinstitute.org/neural-network-zoo/\]](http://www.asimovinstitute.org/neural-network-zoo/) hat eine übersichtliche

## NEUESTE BEITRÄGE

[Google BERT](#)  
=  
[Sprachverarbeitungsmodelle \(NLP\) durch Transformer-Modelle](#)  
[Künstliche Intelligenz in der Bundesliga – SV Werder Bremen nutzt die intelligente Scouting Plattform SCOUTASTIC Word Embeddings – Methoden zur Repräsentation](#)

Grafik mit einigen Versionen neuronaler Netze erstellt. Diese soll jedoch – wie  
der Beitrag auch – nur einen ersten Überblick über den Aufbau  
soll geben.



von Wörtern  
in  
Algorithmen  
und  
neuronalen  
Netzen  
Transfer  
Learning – So  
können  
neuronale  
Netze  
voneinander  
lernen  
Convolutional  
Neural  
Networks –  
Aufbau,  
Funktion und  
Anwendungsg

## **KATEGORIE**

Allgemein  
Amazon  
IBM Watson



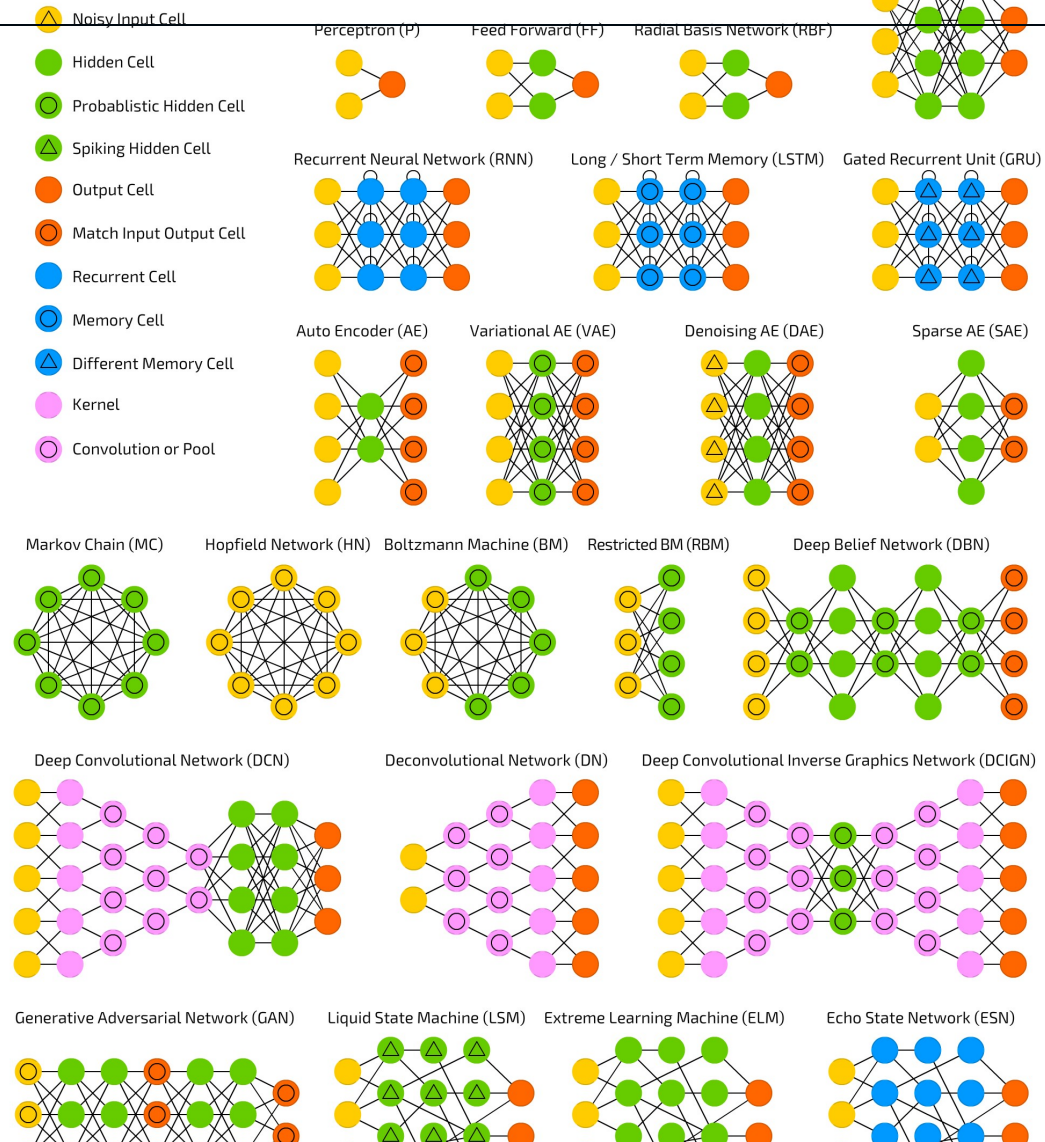
# A mostly complete chart of Neural Networks

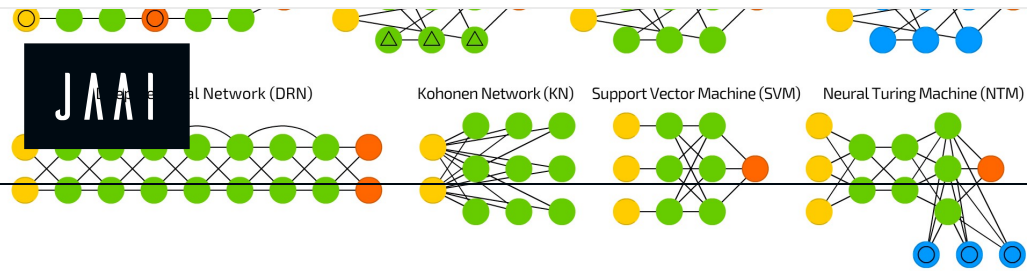
©2016 Fjodor van Veen - asimovinstitute.org

[KI Basics](#)

[KI Events](#)

[KI News](#)





[<https://jaai.de/wp-content/uploads/2017/09/neuralnetworks.png>]

## Eingabeschicht

Die Eingabeschicht ist der Startpunkt des Informationsflusses in einem künstlichen neuronalen Netz.

Eingangssignale werden von den Neuronen am Anfang dieser Schicht aufgenommen und am Ende gewichtet an die Neuronen der ersten Zwischenschicht weitergegeben. Dabei gibt ein Neuron der Eingabeschicht die jeweilige Information an alle Neuronen der ersten Zwischenschicht weiter.

## Zwischenschichten

Zwischen der Eingabe- und der Ausgabeschicht befindet sich in jedem künstlichen neuronalen Netz mindestens eine Zwischenschicht (auch *Aktivitätsschicht* oder *verborgene Schicht* von engl.: *hidden layer*). Je mehr Zwischenschichten es gibt, desto tiefer ist das neuronale Netz, im englischen spricht man daher auch von Deep Learning.

Theoretisch ist die Anzahl der möglichen verborgenen Schichten in einem künstlichen neuronalen Netzwerk unbegrenzt. In der Praxis bewirkt jede hinzugefügte verborgene Schicht jedoch auch einen Anstieg der benötigten Rechenleistung, die für den Betrieb des Netzes notwendig ist.


### Ausgabeschicht

Die Ausgabeschicht liegt hinter den Zwischenschichten und bildet die letzte Schicht in einem künstlichen neuronalen Netzwerk. In der Ausgabeschicht angeordnete Neuronen sind jeweils mit allen Neuronen der letzten Zwischenschicht verbunden. Die Ausgabeschicht stellt den Endpunkt des Informationsflusses in einem künstlichen neuronalen Netz dar und enthält das Ergebnis der Informationsverarbeitung durch das Netzwerk.

## Gewichte und Verzerrung (Bias)

Die *Gewichte* beschreiben die Intensität des Informationsflusses entlang einer Verbindung in einem neuronalen Netzwerk. Jedes Neuron vergibt dazu ein Gewicht für die durchfließende Information und gibt diese dann gewichtet und nach der Addition eines Wertes für die neuronenspezifische Verzerrung (*Bias*) an die Neuronen der nächsten Schicht weiter.

Üblicherweise werden die Gewichte und Verzerrungen zum Beginn des Trainings im Wertebereich zwischen -1 und 1 initialisiert, können jedoch später auch deutlich außerhalb dieses Bereichs liegen. Das Ergebnis der Gewichtung und Verzerrung wird oft durch eine sogenannte

*Aktivierungsfunktion* (z.B: Sigmoid oder tanh) geleitet, bevor es an die Ne  nächsten Schicht weitergeleitet wird.

Die Gewichte und Verzerrungen werden während des Trainingsprozesses so angepasst, dass das Endresultat möglichst genau den Anforderungen entspricht. Weitere Informationen findest du in dem Beitrag Wie lernen künstliche neuronale Netze? [https://jaai.de/wie-lernen-kuenstliche-neuronale-netze-529/].

## Arten von künstlichen neuronalen Netzen


Es existieren sehr viele Varianten von künstlichen neuronalen Netzwerken. Alle zu beschreiben, würde den Rahmen dieses Beitrages sprengen. Daher konzentrieren wir uns auf die gängigsten und relevantesten Arten.

### Feedforward Netze

Neuronale Netzwerke folgen der *Feedforward*-Logik: Informationen werden von der Eingabeschicht über die Zwischenschichten bis hin zur Ausgabeschicht in eine Richtung („vorwärts“) weitergereicht.

### Rekurrente Netze

Zwar sind fast alle neuronalen Netze Feedforward-Netze, jedoch gibt es auch Varianten, bei denen zusätzliche Verbindungen existieren, durch die Informationen bestimmte Bereiche des Netzwerkes auch rückwärts bzw.

erneut durchlaufen können. Diese Netzwerke bezeichnet man als *rekurrente*  *gekoppelte Netzwerke* oder *Feedback-Netzwerke*.

Folgende Varianten sind möglich:

- *direkte Rückkopplung* (ein Neuron nutzt seinen Output als erneuten Input)
- *indirekte Rückkopplung* (der Output eines Neurons wird als Input eines Neurons in einer vorgelagerten Schicht verwendet)
- *seitliche Rückkopplung* (der Output eines Neurons wird als Input eines Neurons in der selben Schicht verwendet)
- *vollständige Verbindung* (der Output eines Neurons wird von jedem anderen Neuron im Netz als zusätzlicher Input verwendet)

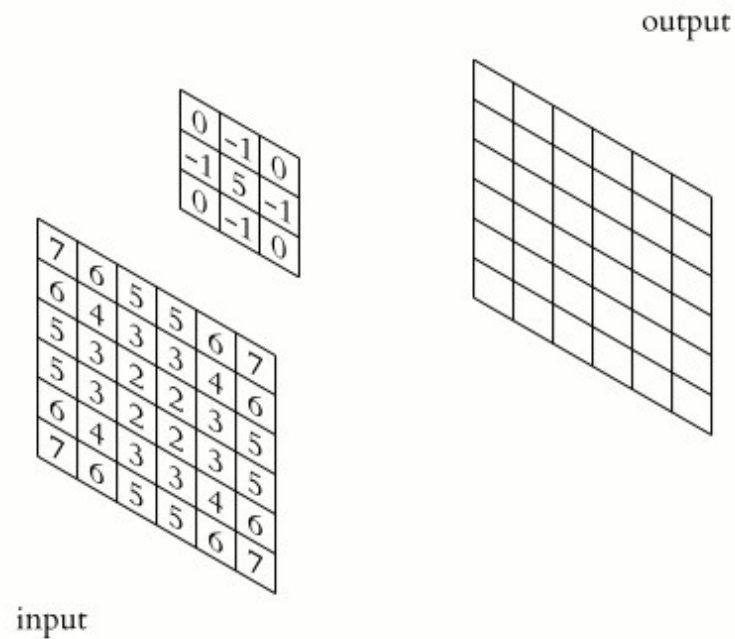
Rekurrente Netzwerke sind insbesondere dann erforderlich, wenn es um sequenzielle Informationsverarbeitung geht (*Sequence-to-Sequence Netze*). Dies ist beispielsweise bei der Handschrifterkennung, der Spracherkennung und der maschinellen Übersetzung der Fall. Netzwerke, die für die Erfüllung dieser Aufgaben verwendet werden basieren meist auf einer direkten Rückkopplung.

### **Convolutional Neural Network**

Das *Convolutional Neural Network* (zu Deutsch in etwa *faltendes neuronales Netzwerk*) wird insbesondere im Bereich der Bild- und Audioverarbeitung häufig eingesetzt. Üblicherweise besteht ein solches Convolutional Neural



Network aus mindestens 5 Schichten. Innerhalb jeder dieser Schichten wird eine Erkennung durchgeführt. Jede Schicht präzisiert dabei die Mustererkennung auf Basis des Outputs der vorherigen Schicht.



[\[https://jaai.de/wp-content/uploads/2017/09/3D\\_Convolution\\_Animation.gif\]](https://jaai.de/wp-content/uploads/2017/09/3D_Convolution_Animation.gif)

Vorstellen kann man sich dieses Verfahren wie ein kleines Erkennungsraster, das Stück für Stück über den zu analysierenden Bereich des Datensatzes fährt. Bei einem Bild geschieht dies z.B. auf Pixel-Ebene durch die Analyse von kleinen Bildausschnitten (z.B. 2x2 Pixel).

Als Vorbild für diese Art des Netzwerk-Aufbaus gilt das sog. rezeptive Feld  
[<http://www.psychospektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/rezeptives-feld/110061>].



---

## Perzeptron

Bei dem *Perzeptron* handelt es sich um die einfachste Form des künstlichen neuronalen Netzwerkes. In der ursprünglichen, von Frank Rosenblatt 1958 vorgestellten Grundform beinhaltet diese Art der Netzwerke nur ein einziges Neuron (Perzeptron) mit anpassbaren Gewichtungen und einem Schwellenwert.

Mittlerweile versteht man unter dem Begriff jedoch auch verschiedene Kombinationen der ursprünglichen Form und unterscheidet zwischen folgenden Varianten:

- *einlagige Perzeptronen*: Es existieren nur eine Ein- und eine Ausgabeschicht, jedoch keine Zwischenschichten. Die Neuronen in der Eingabeschicht haben jeweils eine Verbindung zu jedem Neuron der Ausgabeschicht. Die Neuronen der Eingabeschicht verstärken und verteilen das Eingangssignal. Die Neuronen der Ausgabeschicht entscheiden nach der Summierung aller Eingangssignale anhand einer Schwellenwertfunktion über den Output-Wert.
  - *mehrlagige Perzeptronen*: Entsprechen dem oben genannten Aufbau eines künstlichen neuronalen Netzes, sofern dieses keine rekurrenten Merkmale aufweist.
-



## Trackbacks & Pingbacks

### 1. Transformer Modelle am Beispiel von Google BERT – JAAL.de

20. Februar 2020 um 14:33 Uhr

[...] Bereich der Textverarbeitung nutzen zu können, beschreibt Google in dem BERT-Paper nicht nur eine Netzarchitektur, sondern auch das nötige Werkzeug, um diese Netzarchitektur zu trainieren. Des Weiteren hat Google [...]

### 2. KI gehört die Zukunft, sie braucht aber Regeln - DIGITALE WELT | Das Wirtschaftsmagazin zur Digitalisierung

9. Dezember 2019 um 15:39 Uhr

[...] [3] <https://jaai.de/kuenstliche-neuronale-netze-aufbau-funktion-291/>  
[...]

### 3. Word Embeddings – Methoden zur Repräsentation von Wörtern in Algorithmen und neuronalen Netzen – JAAL.de

21. Mai 2018 um 13:32 Uhr

[...] im folgenden einige gängige Methoden vor, insbesondere solche, die sich für die Arbeit mit neuronalen Netzen bewährt [...]

### 4. Recap: Hamburg AI Gathering #4 – JAAL.de

9. April 2018 um 16:12 Uhr

[...] – Automatische Generierung hoch optimierter neuronaler Netzwerke

u JAAI res Deep [...]

#### 5. Transfer Learning – So können neuronale Netze voneinander lernen –

JAAI.de

12. Februar 2018 um 18:22 Uhr

[...] Transfer-Learning versteht man das Übertragen der Ergebnisse eines fertig trainierten neuronalen Netzes auf eine neue Aufgabe. Die fertig trainierten Layer werden dabei entweder konstant gehalten und nur [...]

#### 6. Künstliche Intelligenz im Fußball – IBM Watson hilft bei Bundesliga

Transfers – JAAI.de

9. Februar 2018 um 13:21 Uhr

[...] Team von JUST ADD AI verwendet außerdem eigene neuronale Netze zur Vorhersage des Potentials und der Marktwert-Entwicklung von [...]

#### 7. Convolutional Neural Networks – Aufbau, Funktion und

Anwendungsgebiete – JAAI.de

6. Februar 2018 um 11:22 Uhr

[...] es, als Matrix dargestellte Bilder (Breite x Höhe x Farbkanäle) als Input zu verwenden. Ein normales neuronales Netz z.B. in Form eines Multi-Layer-Perceptrons (MLP) benötigt dagegen einen Vektor als Input, d.h. um ein Bild als Input zu verwenden, müssten [...]

#### 8. Rilke Reloaded: Künstliche Intelligenz schreibt wie Rainer Maria Rilke –

JAAI.de

4. Dezember 2017 um 8:28 Uhr

[...] Moderne. Das Team von JUST ADD AI hat anlässlich des 142.

C von Rainer Maria Rilke ein neuronales Netz darauf trainiert,  
T ke zu [...]

---

9. Genetische Algorithmen und Deep Learning – Die Evolution von neuronalen Netzen mit evolutionären Algorithmen – JAAI.de

30. November 2017 um 8:34 Uhr

[...] Künstliche neuronale Netze können selbständig lernen, Antworten auf bestimmte Arten von Fragen zu finden. Insbesondere im sich sehr rasant entwickelnden Bereich des Deep Learnings kann es dabei dazu kommen, dass die verwendeten Optimierungs-Algorithmen beim Versuch, die Fehlerfunktion zu minimieren, in einem lokalen Minimum „hängen“ bleiben und das „Lernen“ damit zum Erliegen kommt. [...]

10. Conversational Interface mit Deep Learning – So funktionieren Chatbots ohne starren Dialogbaum – JAAI.de

24. November 2017 um 17:45 Uhr

[...] Strategie ist verblüffend einfach und effektiv zur gleichen Zeit: Ein künstliches neuronales Netz sagt anhand des aktuell erkannten Intents, sowie anhand der vorher bereits getätigten [...]

11. Künstliche Intelligenz generiert fotorealistische Bilder von Menschen, die nicht existieren – JAAI.de

2. November 2017 um 10:33 Uhr

[...] kennt Menschen-Fotos tatsächlich nur vom Hörensagen – nämlich von einem zweiten neuronalen Netz, welches seinerseits darauf trainiert wurde, Gesichter von Menschen zu erkennen. Die generierten [...]

## 12. Machine / Deep Learning – Wie lernen künstliche neuronale Netze? –



um 12:54 Uhr

[...] künstliches neuronales Netz besteht aus vielen einzelnen Neuronen, die meistens in mehreren miteinander verbundenen Layern [...]

## 13. Teachable Machine: Google erklärt künstliche Intelligenz im Browser –

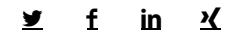
JAAL.de

11. Oktober 2017 um 10:05 Uhr

[...] der Teachable Machine handelt es sich konkret um eine Website, mit welcher User ein künstliches neuronales Netzwerk trainieren können, ohne dass die dazu verwendeten Daten an einen Server geschickt werden. Als [...]

**Kommentare sind deaktiviert.**

Entdecke die Welt der künstlichen Intelligenz in Bremen.



Diese Website verwendet Cookies. Mit der weiteren Nutzung der Seite stimmst du der Verwendung zu. In den Datenschutz-Einstellungen kannst du festlegen, welche Cookies du zulassen möchtest und erhältst weitere Informationen.

**COOKIES AKZEPTIEREN**   **EINSTELLUNGEN ÖFFNEN**

## Cookie und Privatsphäre-Einstellungen



### Wie wir Cookies verwenden

Wir können verlangen, dass Cookies auf Ihrem Gerät gesetzt werden. Wir verwenden Cookies, um zu messen, wenn Sie unsere Websites besuchen, wie Sie mit uns interagieren und um Ihre Nutzererfahrung zu verbessern.

Klicken Sie auf die verschiedenen Rubriken, um mehr zu erfahren. Sie können auch einige Ihrer Einstellungen ändern. Beachten Sie, dass das Blockieren einiger Arten von Cookies die Funktionalität unserer Website und der verwendeten Dienste beeinträchtigen kann.

#### Essentielle Cookies

Diese Art von Cookies sind unbedingt erforderlich, um Ihnen die über unsere Website verfügbaren Dienste zur Verfügung zu stellen und einige ihrer Funktionen zu nutzen.

Da diese Cookies unbedingt notwendig sind, um die Website korrekt auszuliefern, können Sie sie nicht ablehnen, ohne die Funktionsweise unserer Website zu beeinträchtigen. Möchten sie diese Cookies trotzdem sperren oder löschen, so müssen Sie dies in Ihren Browsereinstellungen ändern und die Sperrung aller Cookies auf dieser Website erzwingen.

#### Google Analytics Cookies

Diese Cookies sammeln Informationen, die entweder in aggregierter Form verwendet werden, um zu verstehen, wie unsere Website genutzt wird, wie effektiv unsere Marketingkampagnen sind, oder um uns zu helfen, unsere Website und Anwendung für Sie anzupassen, um Ihr Nutzererlebnis zu verbessern.

Wenn Sie nicht möchten, dass wir Ihren Besuch auf unserer Website verfolgen, können Sie das Tracking in Ihrem Browser hier deaktivieren:

☐

Click to enable/disable google analytics tracking.

Weitere externe Dienste



nutzen auch verschiedene externe Dienste wie Google Webfonts, Google Maps und externe Videoanbieter. Diese Anbieter möglicherweise personenbezogene Daten wie Ihre IP-Adresse sammeln, erlauben wir Ihnen, diese hier zu sperren.

Bitte beachten Sie, dass dies die Funktionalität und das Erscheinungsbild unserer Website stark beeinträchtigen kann. Änderungen werden wirksam, sobald Sie die Seite neu laden.

☐

Click to enable/disable google webfonts.

☐

Click to enable/disable google maps.

☐

Click to enable/disable video embeds.

Datenschutzerklärung

Weitere Informationen zum Datenschutz und zu Cookies erhalten Sie in der Datenschutzerklärung:

[Datenschutzerklärung](#)