

Achtung Baum!

**Autonome mobile Maschinen als Hochrisiko-KI-System iSd. KI-VO im
Zusammenspiel mit der EU-Maschinen-VO**

Cosima Mücke, Tom Hubert, Silas Scholz

Institut für Rechtswissenschaften TU Braunschweig/

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften

Herbstakademie 2025

1. Problemaufriss: Objekterkennung bei (Feld)Robotern



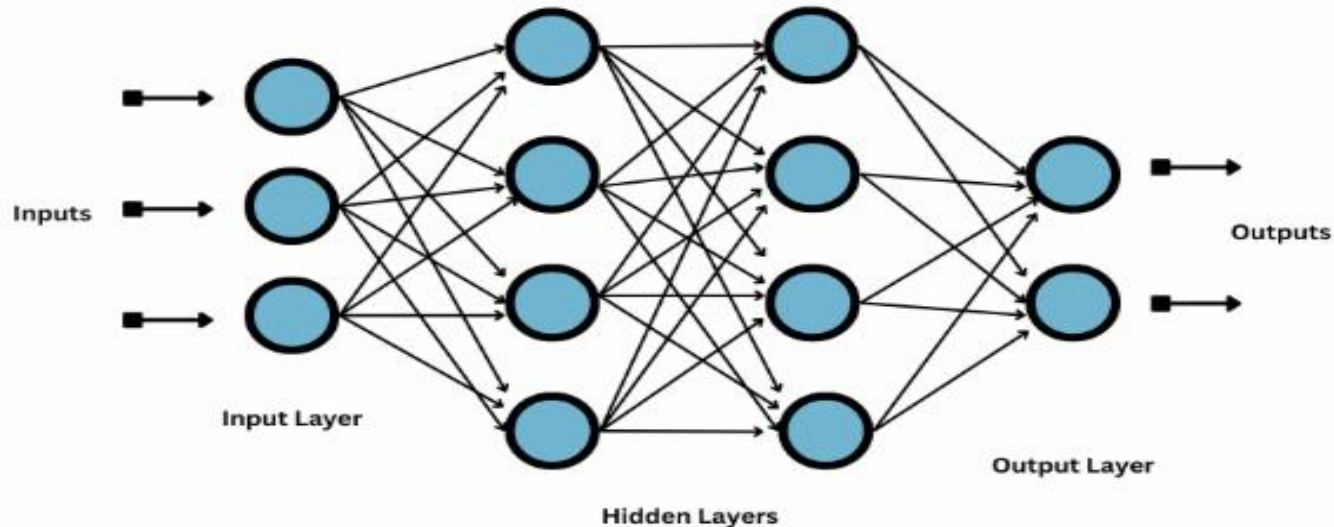
- **Praxisansatz:** Maschinelle Pfadplanung durch Objekterkennungssysteme auf Basis künstlicher Intelligenz.
- **Zentrale Frage:** Wie lassen sich diese Objekterkennungssysteme in das neue rechtliche Ordnungsgefüge einordnen?

2. Gliederung

1. Problemaufriss
2. Gliederung
3. Technische Grundlagen
4. Objekterkennungssysteme als KI-System
5. Objekterkennungssysteme als Hochrisiko-KI-System
6. Fazit

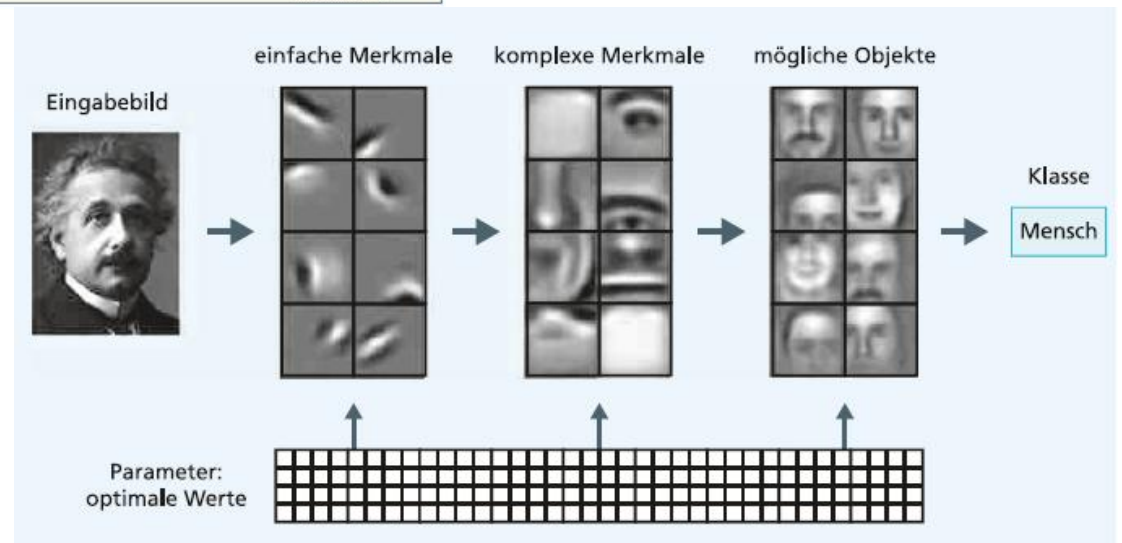
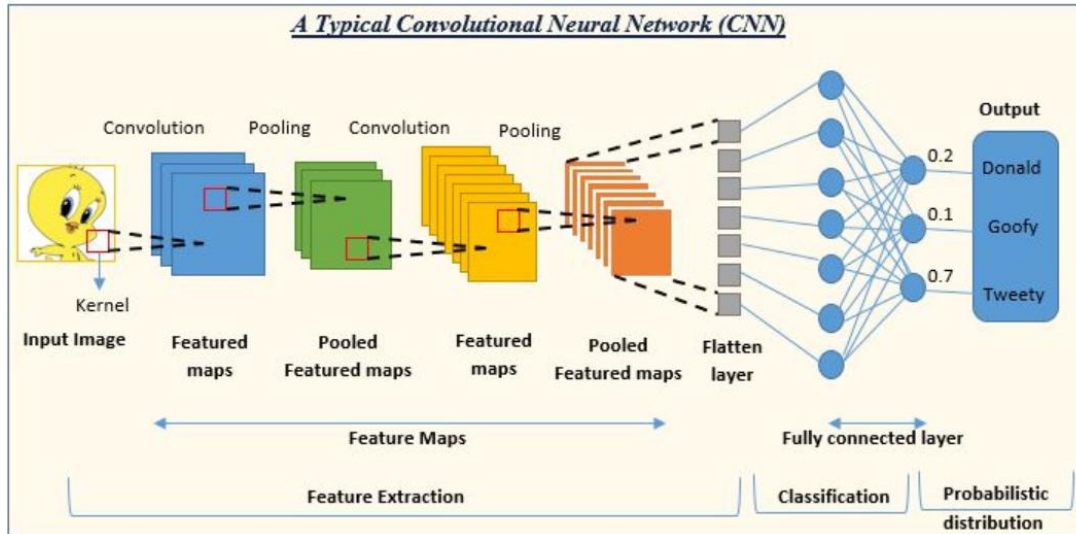
3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

3.1 Deep Learning



- ▶ Lernfähige „tiefe“ künstliche neuronale Netze
- ▶ Bestehen aus Neuronen und Verbindungen, angeordnet in Schichten
- ▶ Netze können großen Datenmengen verarbeiten
- ▶ Training mit gelabelten Datensätzen

3.2 Eine Art eines Deep Learning Networks: CNN



3.3 YOLO – „You only look once“

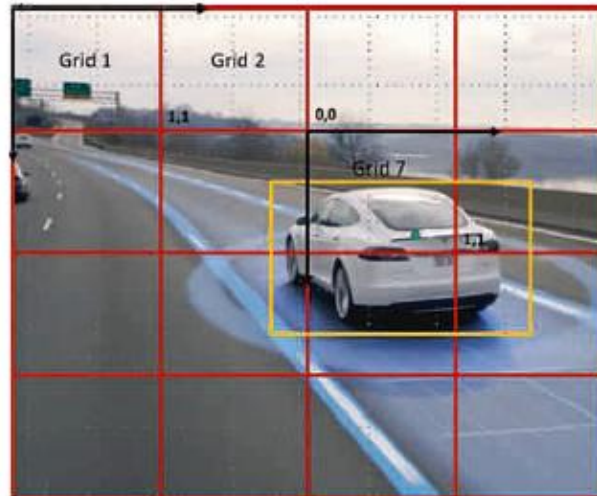


Abb. 5.28 Beim YOLO-Verfahren zur Lokalisation von Objekten in Bildern wird das Bild in Gitterzellen aufgeteilt. Ist das Zentrum eines Objektes in einer Gitterzelle, so wird die Position des Zentrums sowie die Breite und Höhe der Bounding Box prognostiziert. Zudem wird die Wahrscheinlichkeit für die Bildklasse für jede Gitterzelle geschätzt. Bildnachweis im Anhang

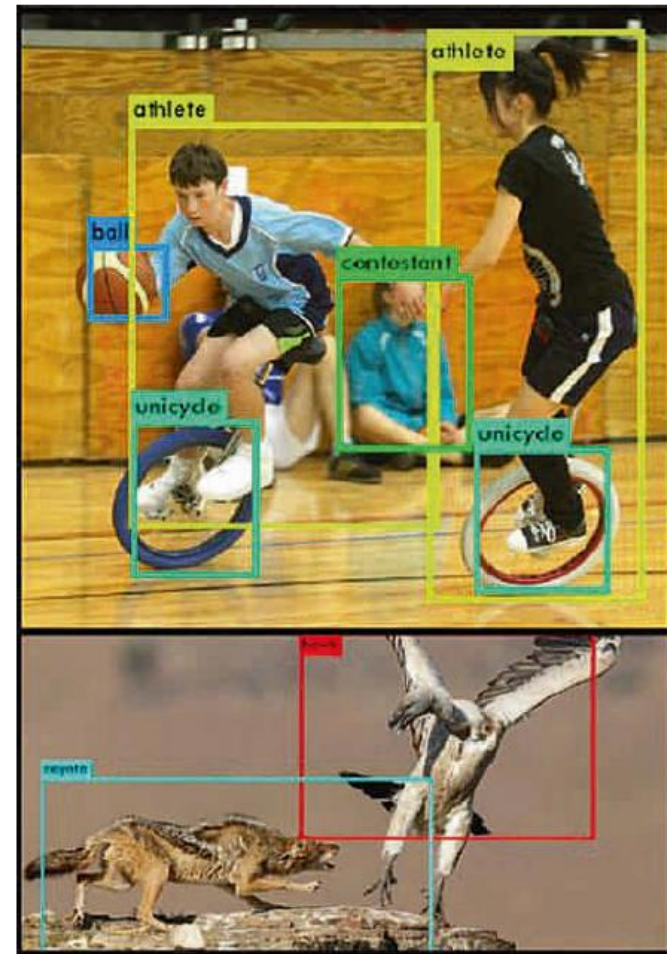


Abb. 5.29 Yolo9000 kann Bounding-Boxen für 9000 verschiedene Objektklassen erstellen. Bildnachweis im Anhang

Art. 3 Nr. 1 KI-VO

4. KI-SYSTEM

4.1 Objekterkennungssystem als KI-System gem. Art. 3 Nr. 1 KI-VO

KI-System in Art. 3 Nr. 1 KI-VO:

„ein maschinengestütztes System, das für einen in unterschiedlichem Grade autonomen Betrieb ausgelegt ist und das nach seiner Betriebsaufnahme anpassungsfähig sein kann und das aus den erhaltenen Eingaben für explizite oder implizite Ziele ableitet, wie Ausgaben wie etwa Vorhersagen, Inhalte, Empfehlungen oder Entscheidungen erstellt werden, die physische oder virtuelle Umgebungen beeinflussen können.“



(1) Maschinengestütztes System

(2) Autonomie

(3) Anpassungsfähigkeit

(4) Ableitungsfähigkeit

(5) explizite/implizite Ziele

(6) Generieren von Ausgaben

(7) Beeinflussung der Umwelt

4.2 Merkmale 1 und 2

(1) Maschinengestütztes System

- ▶ Rechnergestützt und abgrenzbar von biologischen Systemen
- ▶ System läuft nur auf Hardware (Mikrocontroller, Computer)

→ Netzwerkarchitekturen wie YOLO sind Software und laufen nur auf Hardware;
maschinengestützt (+)

(2) Autonomie

- ▶ Fähigkeit eigenständig zu handeln
- ▶ Autonomie als Spektrum: volle menschliche Beteiligung bis hin zu vollständig autonom

→ Objekterkennung wird vollständig vom System übernommen, Autonomie (+)

4.3 Merkmal 3

(3) Anpassungsfähigkeit

- ▶ Lernen nach Inbetriebnahme
- ▶ Lernen = automatische Anpassung des Systems
- ▶ Inbetriebnahme = der Zeitpunkt in dem das Modell in die reale Einsatzumgebung überführt wird
- ▶ Zwingendes Merkmal?
 - ▶ Nein, Arg. Wortlaut, Leitlinien

→ YOLO wird offline (einmalig) mit spezifischen Datensätzen trainiert, Anpassungsfähigkeit (-)

Art. 3 Nr. 1 KI-VO
...und das nach seiner Betriebsaufnahme anpassungsfähig sein kann ...

4.4 Merkmale 4 und 5

(4) Ableitungsfähigkeit

- ▶ Aus Inputdaten wird Output generiert
- ▶ Nicht deterministisch, sondern durch „Lern-, Schlussfolgerungs- und Modellierungsprozesse“ generiert ErwG 12 S. 6 KI-VO

→ Objekterkennungssysteme können aus Bildern Schlüsse ziehen, Ableitungsfähigkeit (+)

(5) explizite/implizite Ziele

- ▶ Explizit: programmiert durch Menschen
- ▶ Implizit: mittelbares Ziel aus dem Zusammenhang

→ Explizites Ziel
Objekterkennung (+)

4.5 Merkmale 6 und 7

(6) Generieren von Ausgaben

Art. 3 Nr. 1 KI-VO

... wie Ausgaben wie etwa Vorhersagen, Inhalte, Empfehlungen oder Entscheidungen erstellt werden, die physische oder virtuelle Umgebungen beeinflussen können.

- ▶ Nicht abschließend
- Objekterkennungssystem wie YOLO generiert „bounding boxes“; Generieren von Ausgaben (+)

(7) Beeinflussung der Umwelt

- ▶ Virtuell/physisch
- ▶ System soll nicht passiv sein
- ▶ Veranschaulichende Funktion, keine hohen Anforderungen

→ Objekterkennungssystem beeinflusst den Fahrfluss und die Pfadplanung unmittelbar; Beeinflussung der Umwelt (+)

4.6 Fazit

(1) Maschinengestütztes System



(2) Autonomie



(3) Anpassungsfähigkeit



(4) Ableitungsfähigkeit



(5) explizite/implizite Ziele



(6) Generieren von Ausgaben



(7) Beeinflussung der Umwelt



Art. 6 Abs. 1 KI-VO

5. HOCHRISIKO-KI

5.1 Hochrisiko-KI iSd. Art. 6 Abs. 1 KI-VO

- ▶ Kapitel 3 KI-VO (Art. 8 ff.): **zentrale Verpflichtungen** (Risikomanagement, Transparenz, Datengovernance etc.)
- ▶ **Nur Hochrisiko-KI-Systeme** iSd. Art. 6 KI-VO müssen diese Pflichten erfüllen
- ▶ Hochrisiko-Einstufung über zwei „Pfade“:
 - ▶ Art. 6 Abs. 1: Produkt oder Sicherheitsbauteil iVm. Anhang I KI-VO + Konformitätsbewertung durch Dritte
 - ▶ Art. 6 Abs. 2: bestimmte Anwendungsfälle nach Anhang III KI-VO
- ▶ Für Objekterkennungssysteme im Feldroboter: nur Art. 6 Abs. 1 einschlägig: „Produkt oder Sicherheitsbauteil“
- ▶ (P): *Abgrenzung Produkt vs. Sicherheitsbauteil*
 - ▶ „Ist Objekterkennungssystem ein Sicherheitsbauteil eines Produkts oder ist der (Farm)Roboter ein KI-System?“

5.2 Produkt vs. Sicherheitsbauteil (Art. 6 Abs. 1 lit. a KI-VO)

▶ Sicherheitsbauteil Art. 4 Nr. 14 KI-VO

*„**Bestandteil** eines Produkts oder KI-Systems, der eine Sicherheitsfunktion für dieses Produkt oder KI-System erfüllt oder dessen Ausfall oder Störung die Gesundheit und Sicherheit von Personen oder Eigentum gefährdet;“*

- ▶ Wortlaut zunächst sehr weit: Alle abgrenzbaren Teile eines Produktes als Bestand von Teilen.
- ▶ Aber: ErwG 55 S. 2 KI-VO: *„Sicherheitsbauteile kritischer Infrastruktur, [...] sind Systeme, die verwendet werden, um die [...] Sicherheit von Personen und Eigentum zu schützen, **die aber nicht notwendig sind**, damit das System funktioniert.“*
- ▶ Begrenzt auf KRITIS; allgemeine Abgrenzung anhand digital/physischer Abgrenzbarkeit als eigenes Bauteil neben weiteren Bauteilen eines Gesamtprodukts: *keine Funktionserheblichkeitsprüfung!*
 - ▶ Arg: Art. 3 Nr. 3 MR

5.3 Sicherheitsbauteil (Art. 6 Abs. 1 lit. a KI-VO)

▶ Sicherheitsbauteil Art. 4 Nr. 14 KI-VO

„Bestandteil eines Produkts oder KI-Systems, der eine Sicherheitsfunktion für dieses Produkt oder KI-System erfüllt oder dessen Ausfall oder Störung die Gesundheit und Sicherheit von Personen oder Eigentum gefährdet“

▶ 1. Bestandteil eines Produkts

- ▶ Mindestens Verbunden mit Produkt iSv. „Vernetzung“
- ▶ Arg: Art. 3 Nr. 3 MR

▶ 2. der eine Sicherheitsfunktion für dieses Produkt oder KI-System erfüllt

- ▶ Nach Zweckbestimmung des Herstellers (subjektiv)

▶ 3. oder dessen Ausfall oder Störung die Gesundheit und Sicherheit von Personen oder Eigentum gefährdet (objektiv)

- ▶ Eingesetzt ua. zur Kollisionsvermeidung = Verhütung von Unfällen

▶ Zwischenergebnis: Objekterkennungssystem = **Sicherheitsbauteil** iSd. Art. 4 Nr. 14 KI-VO

5.4 Feldroboter als Maschinen iSd. Art. 2 MR

- ▶ MR gilt für
 - ▶ Maschinen (Art. 2 Abs. 1 UAbs. 1 S. 1 Alt. 1 MR)
 - ▶ Produkte der abschließenden Liste (Art. 2 Abs. 1 UAbs. 1 S. 1 Alt. 2 MR)
 - ▶ Unvollständige Maschinen (Art. 2 Abs. 1 UAbs. 1 S. 2 MR)
- ▶ Definition „Maschine“ (Art. 3 Nr. 1 MR):
 - ▶ Gesamtheit verbundener Teile
 - ▶ Antriebssystem ≠ ausschließlich menschliche oder tierische Kraft
 - ▶ Mindestens ein bewegliches Teil
 - ▶ Für bestimmte Anwendung oder Funktion bestimmt
- ▶ Feldroboter erfüllt Definition problemlos → Maschine iSd. Art. 3 Nr. 1 lit. a MR
- ▶ Zwischenergebnis: Objekterkennungssystem = Sicherheitsbauteil **eines Produkts**, das unter Produktsicherheitsvorschrift des Anhang I KI-VO fällt

5.5 Konformitätsbewertung durch Dritte

- ▶ **Grundsatz:** Moderat riskante Maschinen können durch den Hersteller selbst bewertet werden (interne Fertigungskontrolle)
- ▶ Konformitätskontrolle durch Dritte nur bei Produkten mit „*ernsten inhärenten potenziellen Risiken und zusätzlichen Risikofaktoren*“ (Art. 6 Abs. 1 iVm. Anhang I Teil A MR)
- ▶ Risiko (+) bei Maschinenprodukt mit:
 - ▶ ~~Sicherheitsbauteil~~ mit Funktionen auf Basis maschinellen Lernens (Anhang I Teil A Nr. 5 MR)
 - ▶ Art. 3 Nr. 3 MR: Sicherheitsbauteil wird gesondert in Verkehr gebracht → Sicherheitsbauteil (-)
 - ▶ „eingebettetem“ System, das maschinelles Lernen zur Erfüllung sicherheitsrelevanter Aufgaben nutzt (Nr. 6)
 - ▶ Objekterkennung = sicherheitsrelevant (weiter Begriff)

5.5 Konformitätsbewertung durch Dritte

- ▶ Anhang I Teil A Nr. 6 MR:
 - ▶ „*Maschinen, die über eingebettete Systeme mit vollständig oder teilweise **selbstentwickelndem Verhalten** unter Verwendung von **Ansätzen des maschinellen Lernens** verfügen, die Sicherheitsfunktionen gewährleisten [...].*“
- ▶ Adressiert besonderes Risiko von Maschinen, deren Verhalten sich bestimmungsgemäß verändert, also nicht (in jeder Handlung) vorgegeben ist
- ▶ Objekterkennungssysteme erkennen und klassifizieren Objekte
 - ▶ Dadurch kann die Maschine selbstständig entscheiden, ob sie etwa anhält, ausweicht oder gar zurücksetzt = Fahrmanöver selbst entwickeln durch maschinelles Lernen.
- ▶ Maschinenprodukte mit eingebetteten Objekterkennungssystemen fallen unter Anhang I Teil A Nr. 6 MR
- ▶ Zwischenergebnis: Konformitätsbewertung durch Dritte erforderlich (für KI-System)
- ▶ Ergebnis: **Hochrisiko-KI-System (+)**

6. FAZIT

6. Fazit

- ▶ 3. Technische Grundlage der Objekterkennung
 - ▶ Maschinelles Sehen basierend auf Deep Learning/CNN.
 - ▶ Häufige Architektur: YOLO („You Only Look Once“).
 - ▶ Vorteile: schnelle & präzise Objekterkennung/Klassifizierung.
 - ▶ Schlüsseltechnologie für autonome Navigation.
- ▶ 4. Einordnung als KI-System (Art. 3 Nr. 1 KI-VO)
 - ▶ Maschinenbasiert.
 - ▶ Agiert mit gewissem Maß an Autonomie.
 - ▶ Generiert Output (Objekterkennung & -klassifizierung).
 - ▶ Beeinflusst aktiv die Umgebung (zB. Steuerung von Robotern).
- ▶ 5. Hochrisiko-KI-Systeme (Art. 6 Abs. 1 KI-VO)
 - ▶ Objekterkennungssysteme können Hochrisiko-KI-Systeme sein.
 - ▶ (+), wenn sie als „eingebettetes“ System mit Sicherheitsaufgaben iSd. MR eingeordnet werden.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bei Fragen wenden Sie sich gerne an:

cosima.muecke@tu-braunschweig.de

tom.hubert@tu-braunschweig.de

sila.scholz@ostfalia.de

