

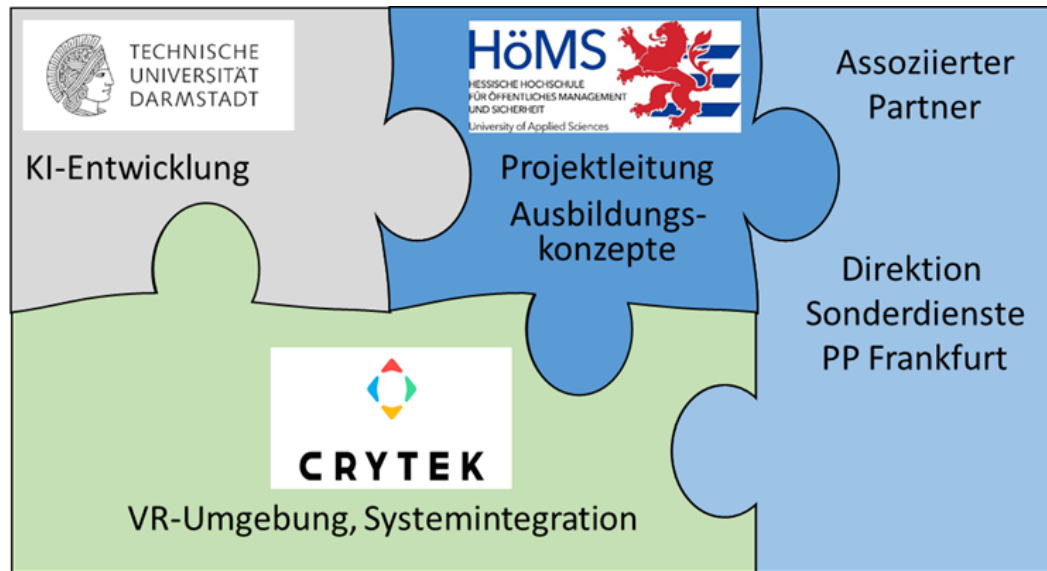
Virtuelle Gefahren, echte Reaktionen: KI-unterstütztes Einsatztraining im virtuellen Raum

Ringvorlesung Cybersicherheit

Thorsten Göbel, 11.12.2025



KI-unterstütztes VR-Taktiktraining für polizeiliche Einsatzkräfte (KITE)



Programm

Forschung für die zivile Sicherheit

Bekanntmachung: „Künstliche Intelligenz in der zivilen Sicherheitsforschung“

Gesamtzufwendung

1,5 Mio. Euro

Projektlaufzeit

Mai 2021 – April 2024

Projektpartner

- Hessische Hochschule für Polizei und Verwaltung – Forschungsinstitut, Wiesbaden
- Technische Universität Darmstadt – Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik – Fachgebiet Multimedia Kommunikation – Serious Games, Darmstadt
- Crytek GmbH, Frankfurt

Assoziierter Partner

Polizeipräsidium Frankfurt am Main, Direktion Spezialeinheiten

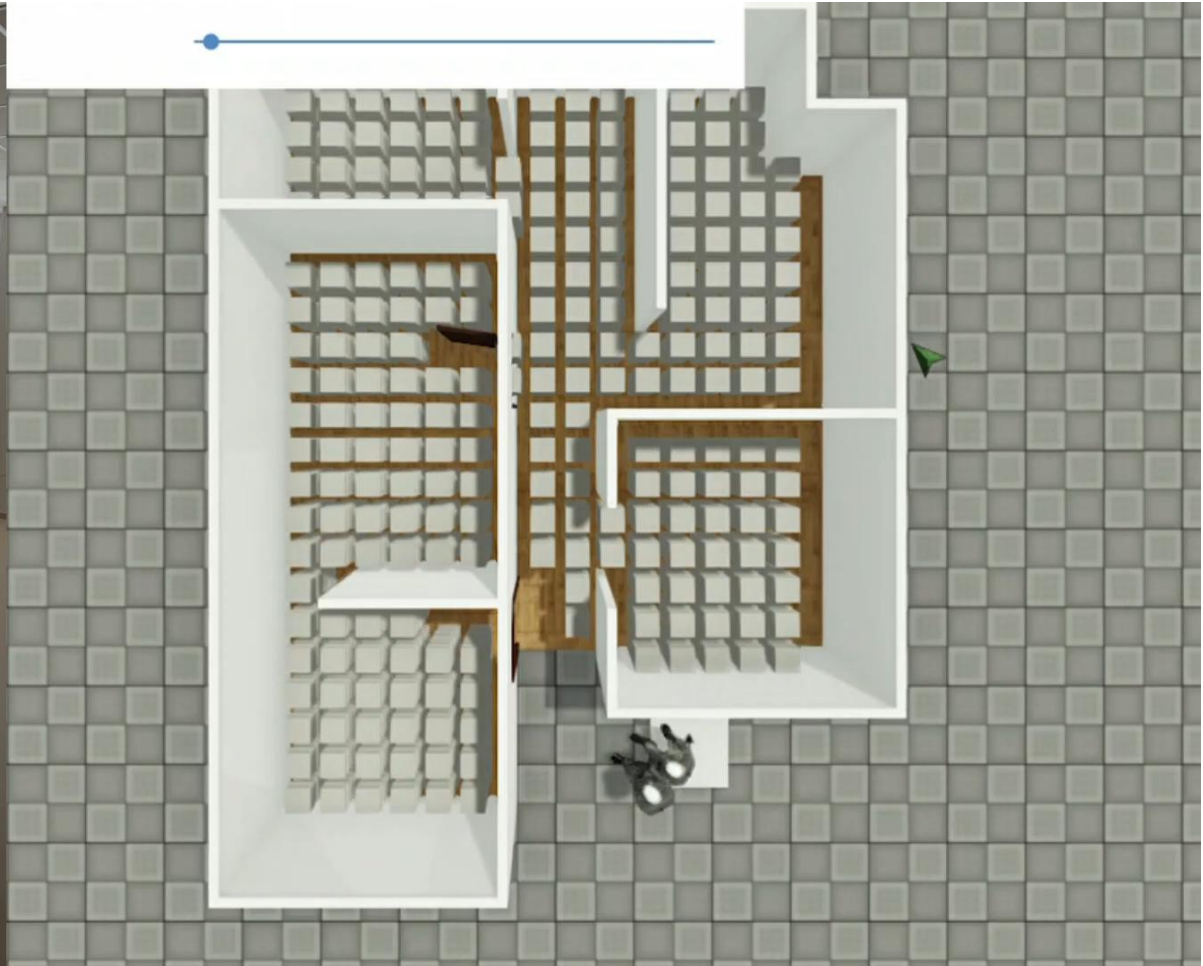
Verbundkoordinator

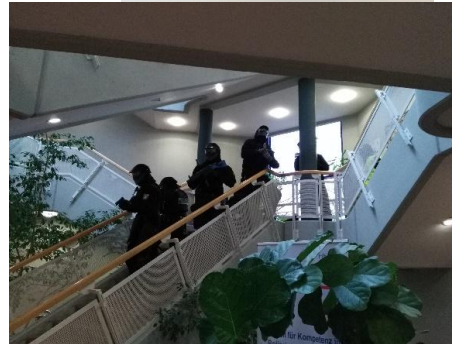
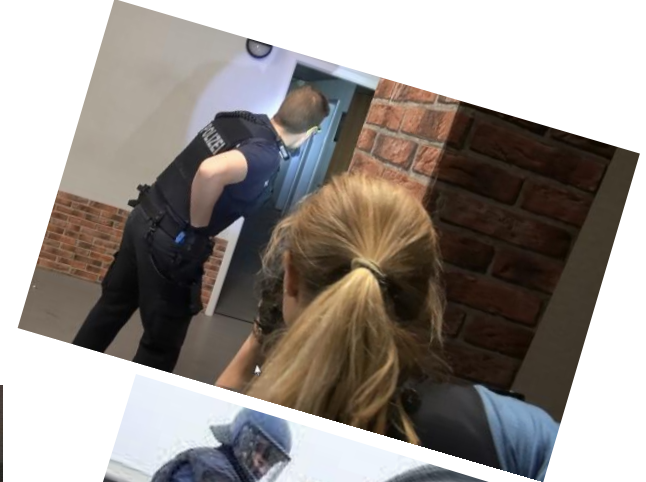
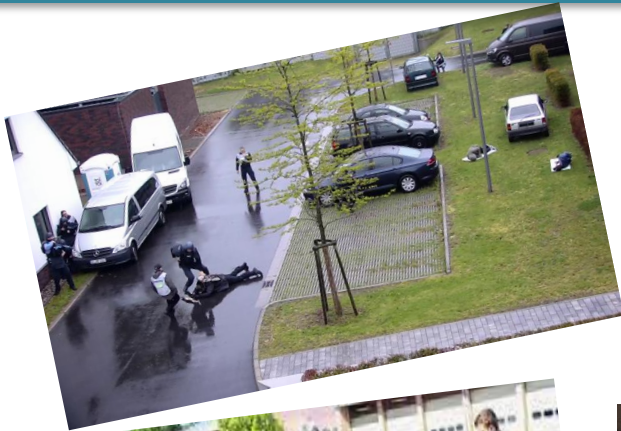
Prof. Dr.-Ing. Thorsten Göbel

Hessische Hochschule für Polizei und Verwaltung

E-Mail: thorsten.goebel@hfpv-hessen.de

- Betreten und Durchsuchen eines unbekannten (virtuellen) Objektes





- Oft nur isoliertes Training von Fertigkeiten (Schießen, Einsatztaktik Selbstverteidigung)
- Besser: Ganzheitliches, interdisziplinäres Training unter Einbindung neuer pädagogischer Ansätze (nichtlineares Training)

- Training in repräsentativen Umgebungen oder an den realen gefährdeten Orten (z.B. Flughafen Frankfurt, Frankfurt HBF).
- Flexible Variation der Trainingsinhalte.
- (Echtzeit-) Analyse des einsatztaktischen Vorgehens (Laufwege, Eigensicherung, Schutz von Teammitgliedern und Passanten).
- Sanktionierung von Fehlern in Echtzeit.
- Einfache Skalierung des Szenarios.
- Interdisziplinäres Training mit anderen Fachgebieten (Rechtswissenschaften, Psychologie).

- Situationen, die in Realität nicht oder nur mit erheblichem Aufwand trainiert werden können.
- Nicht das „ob“, sondern das „warum“ steht im Fokus der Analyse.



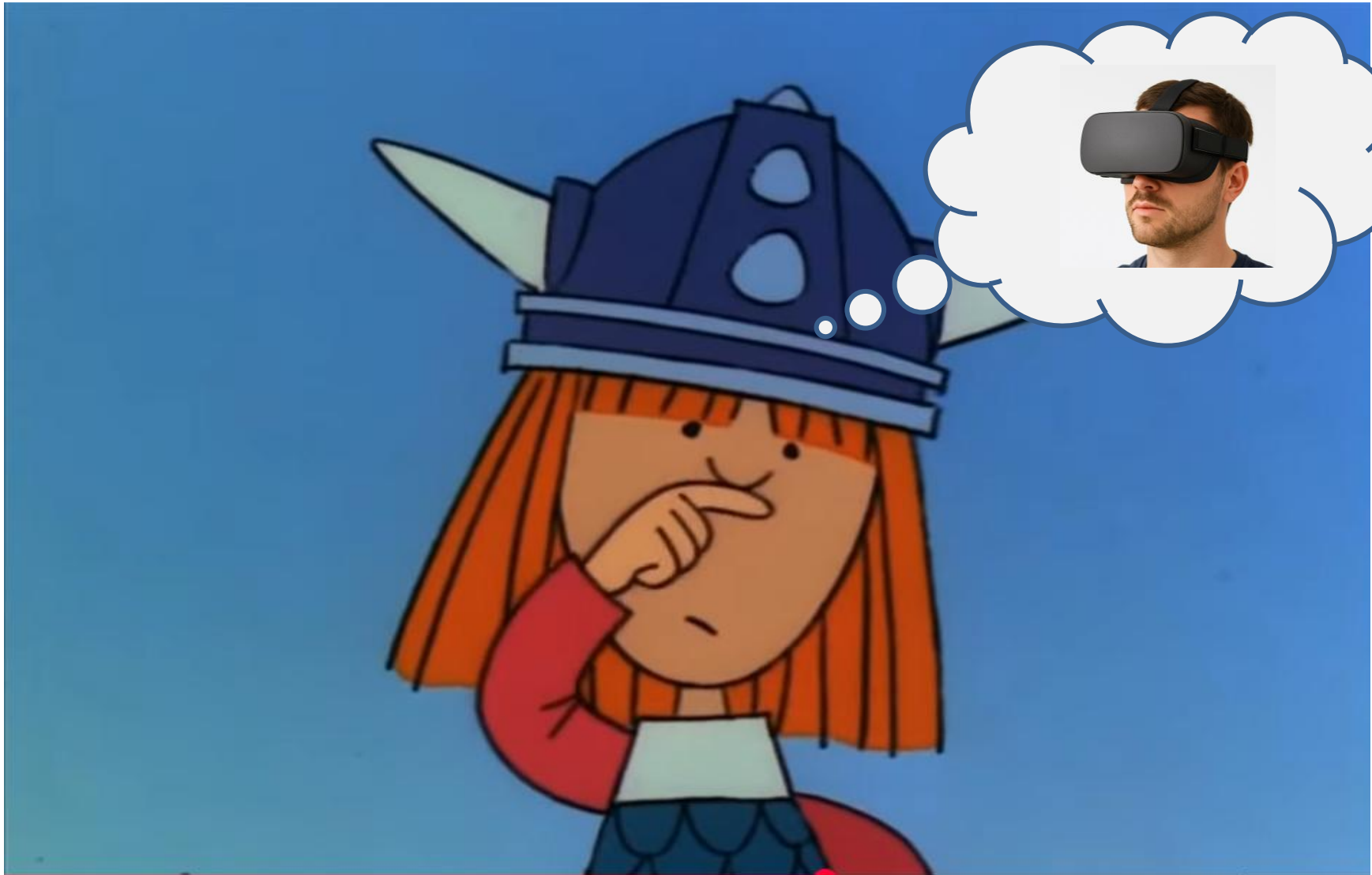
Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=4yb1WGPkFC4>



Quelle: <https://www.tkmsgroup.com>



Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flugsimulator_DASA_Dortmund.JPG



*Inset mit KI generiert



VR-Training

- Flexible Trainingsszenarien
- Nachgelagerte 360°-Analyse
- Öffnung des Einsatztrainings für weitere Fachgebiete

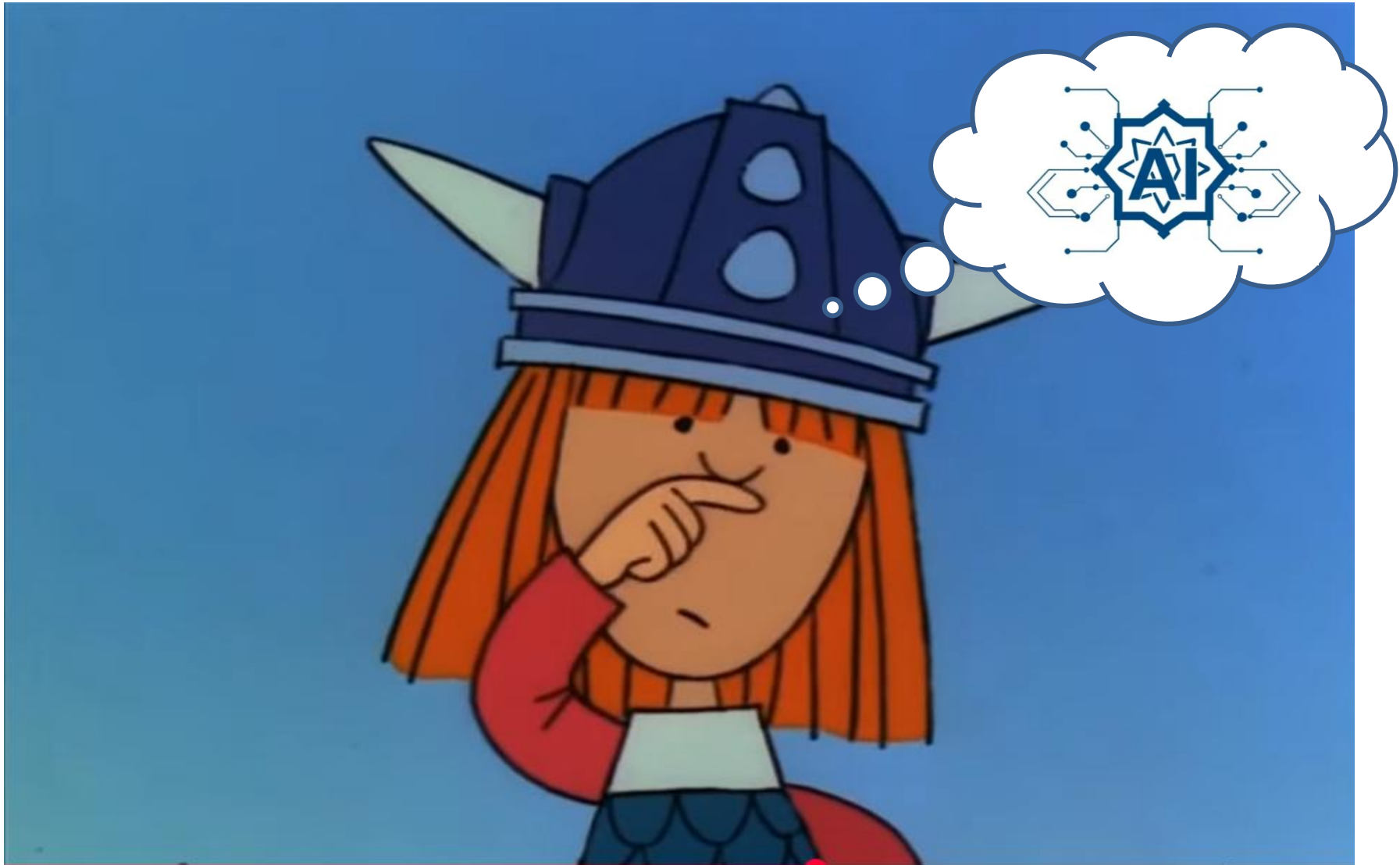


Realtraining

- Repräsentative Trainingsumgebung
- Fehlersanktionierung in Echtzeit
- Haptisches Feedback

Ziel von KITE: beide Welten verbinden

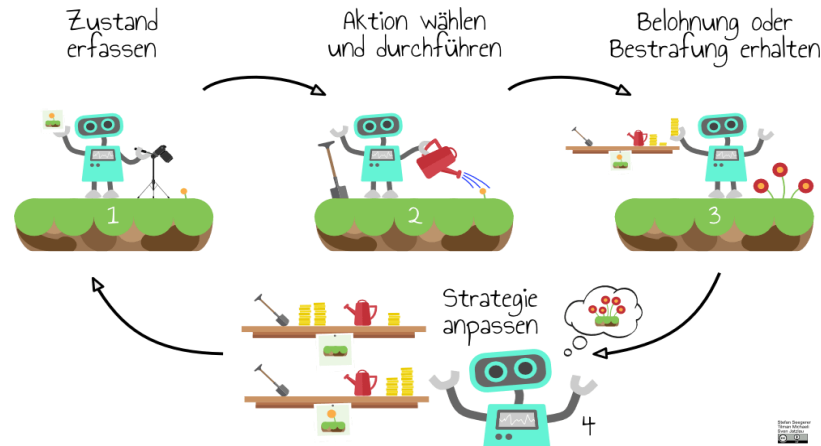
- Evaluierung in Echtzeit?
 - Vorprogrammierte Routinen sind limitiert
 - Die Steuerung durch einen Operator ist zu langsam
 - Das Erkennen von Fehlern in der virtuellen Umgebung ist schwierig
- Körperliche Interaktion Avataren/Gegenständen?
 - Haptisches Feedback erhöht den Trainingserfolg
- Bestimmung des Stresslevels?
 - Nachgelagerte Analyse ist hilfreich
 - Eine sofortige Rückkopplung in das Training ist ideal



- Eine KI soll das Vorgehen von Polizeikräften bei einer (virtuellen) Durchsuchung bewerten können.
- Notwendig: große Datensätze
 - Nicht durch Aufzeichnung von realen Daten realisierbar
 - Generierung von synthetischen Trainingsdaten per Simulation
- Schutz vor Zugriff durch Dritte

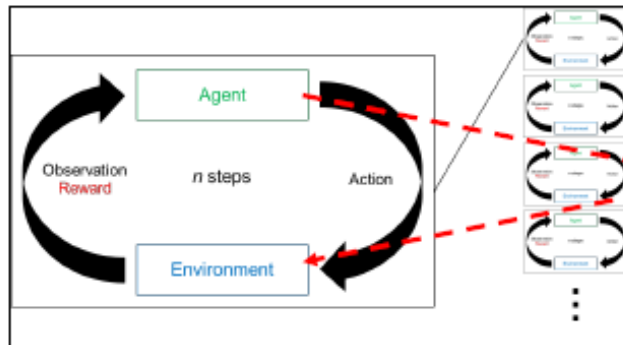
Lernziele

- Vollständige Durchsuchung
- Gefährliche Gegenstände einsammeln
- Wahrung der Rückendeckung

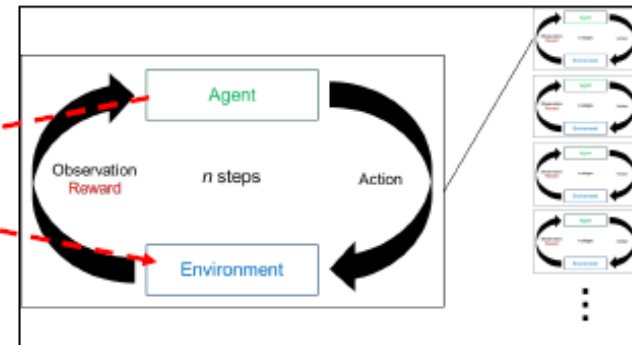


Quelle: <https://computingeducation.de>

Player AI

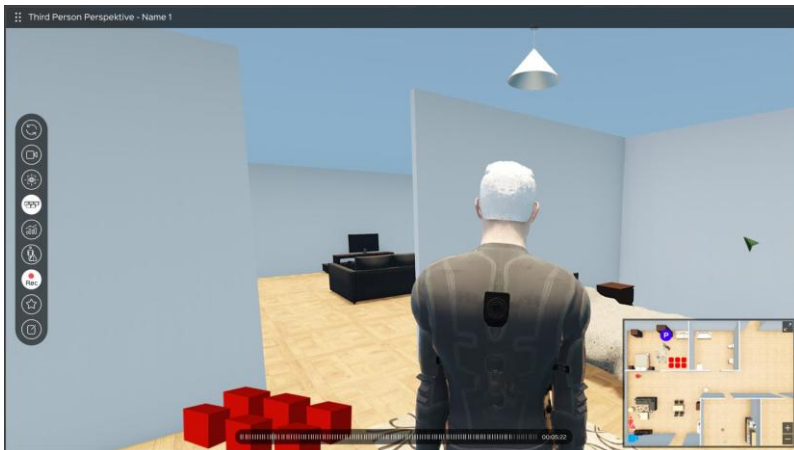


Opponent AI



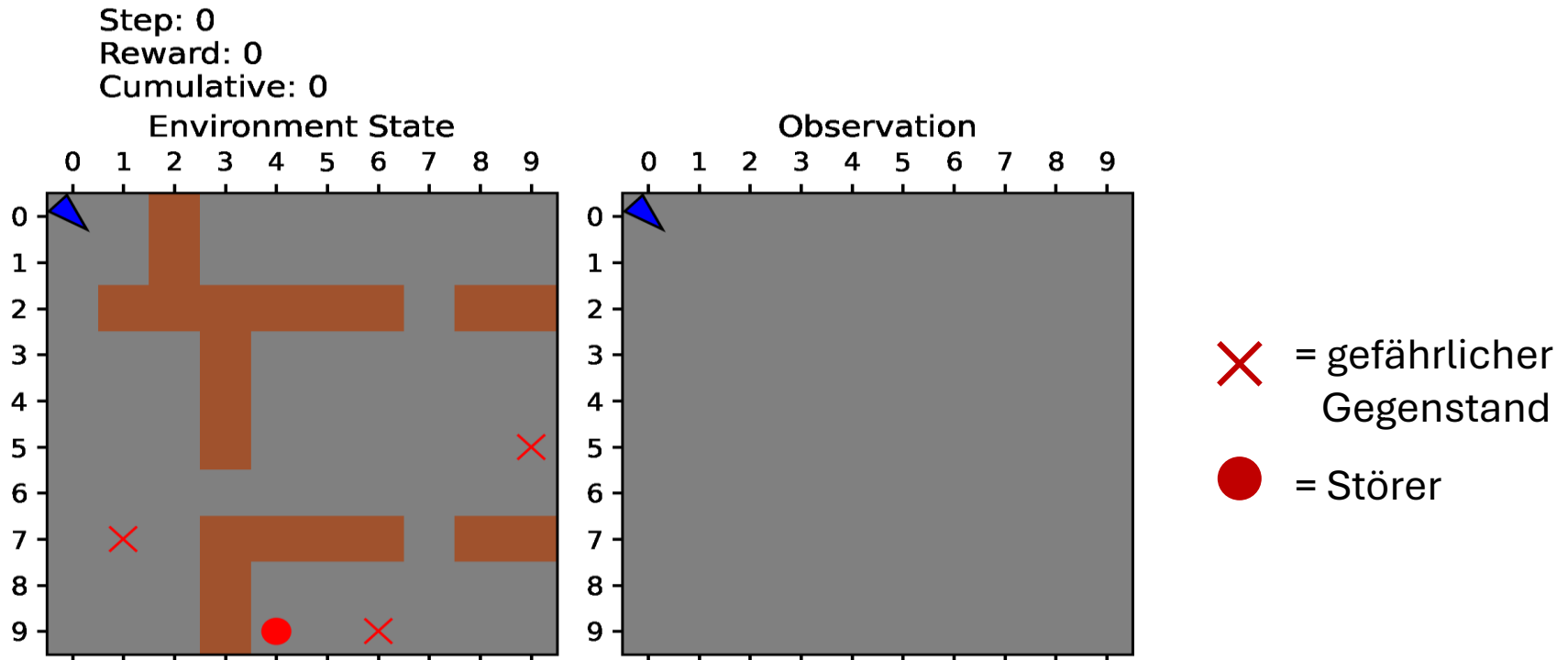


Room editor



- Grundriss
- Inneneinrichtung
- Lichtverhältnisse
- First-Person-View
- Top-View

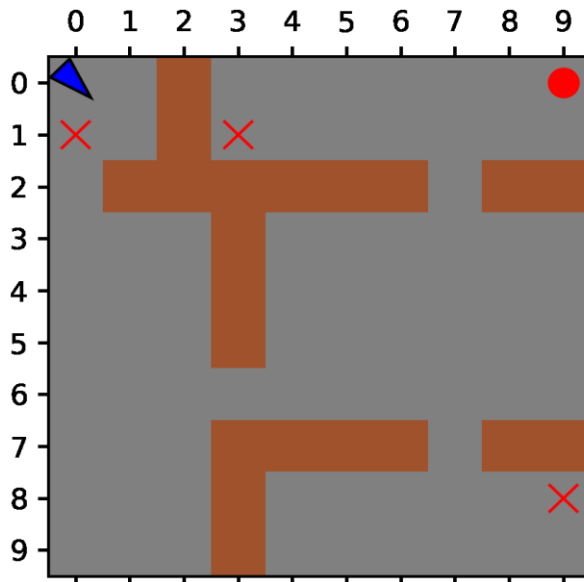
1. Mio Trainingszyklen



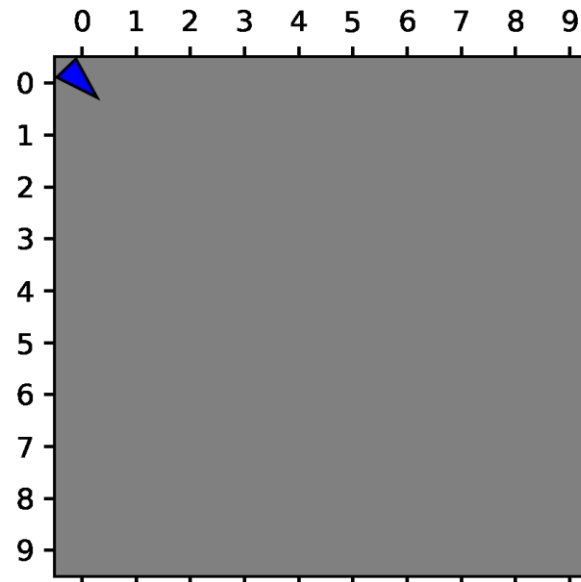
- Benötigte Rechenleistung ist zu groß (wir sind nicht Google...)
 - Reduzierung der Anforderungen
 - Fokus auf vollständige Durchsuchung und Wahrung der Rückendeckung.

Step: 0
Reward: 0
Cumulative: 0

Environment State

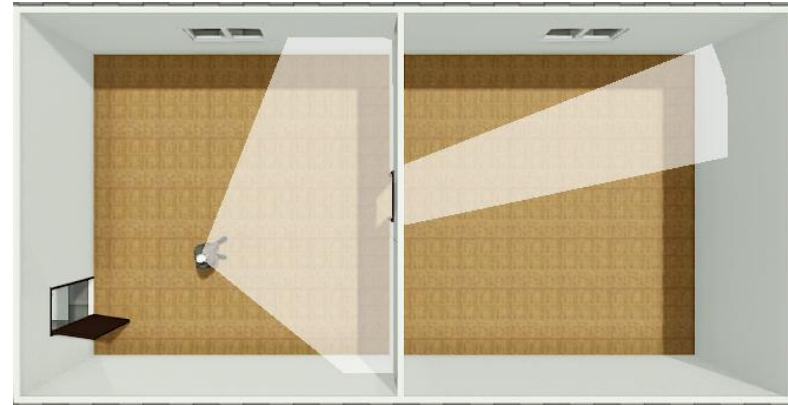


Observation

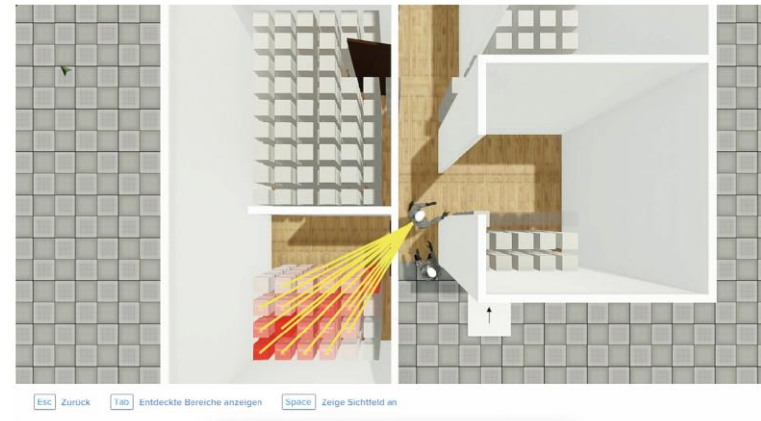


× = gefährlicher
Gegenstand
● = Störer

1) Welche Bereiche liegen im Sichtfeld der Einsatzkräfte



2) Aus welchen Bereichen außerhalb der Sichtfelder sind die Einsatzkräfte zu sehen

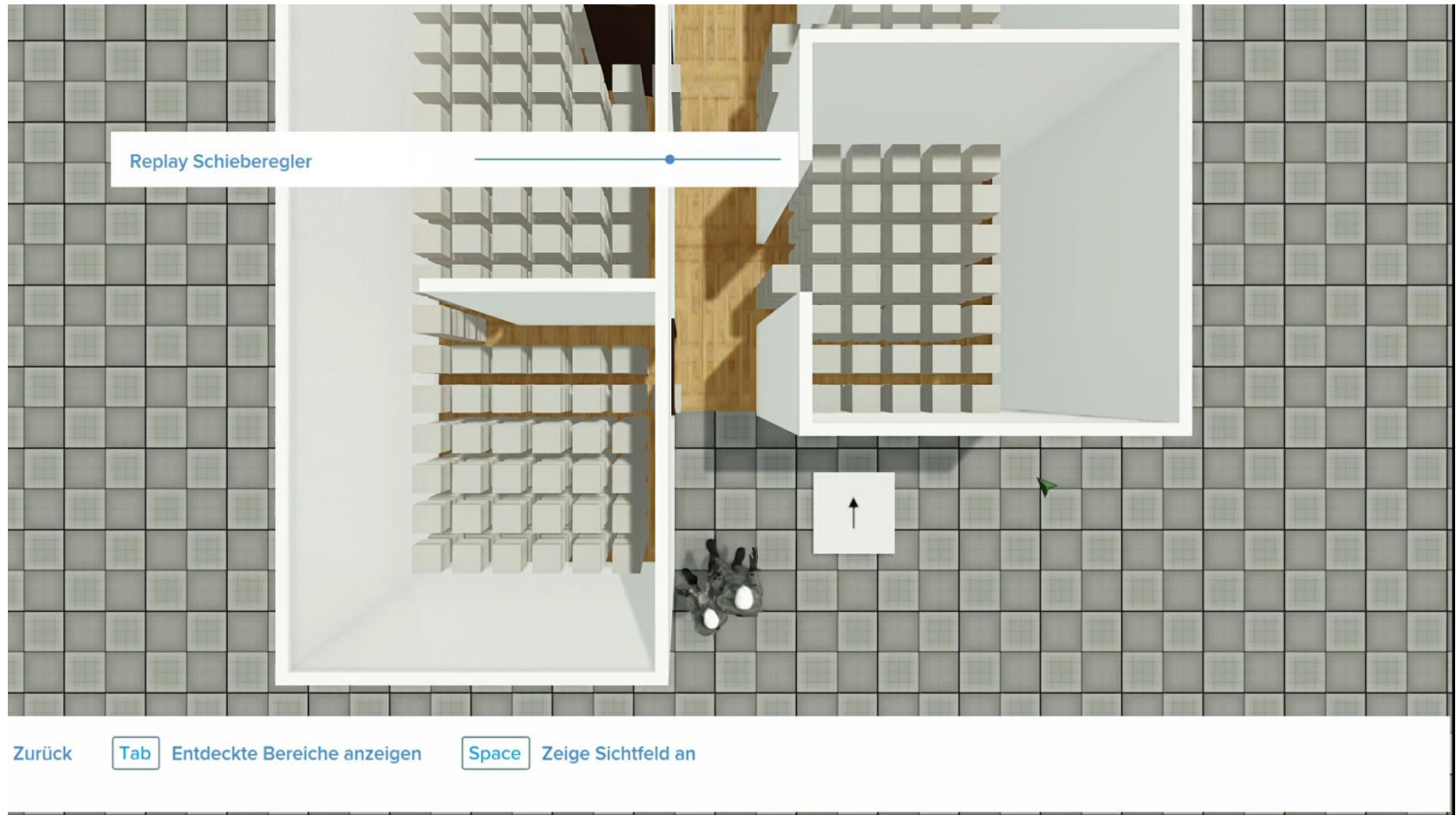


- Skalierung auf beliebig viele Trainierende möglich
- Regelbasierte KI, kein Neuronales Netz.



- Durchsuchung im Zweierteam
- Anfänger, Fortgeschrittene, Spezialkräfte
- Zeit in unsicherer Position: 3s
- Sichtfeld: 110° (horizontal + vertikal)
- Fehlersanktionierung / Abbruch der Durchsuchung durch Erscheinen eines NPCs
- Auswertung: maximal gesicherte Fläche
- Vergleich mit Realtraining
- Bewertung der KI durch Einsatztrainer





VR- vs. Realtraining

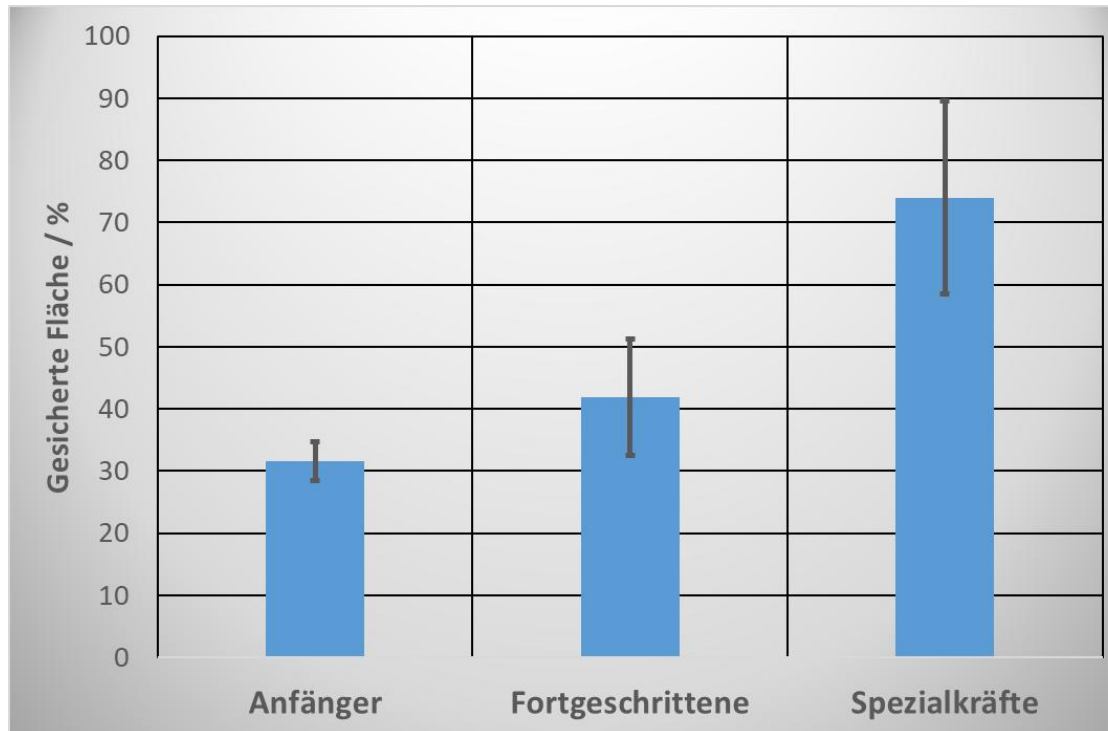


VR-Umgebung

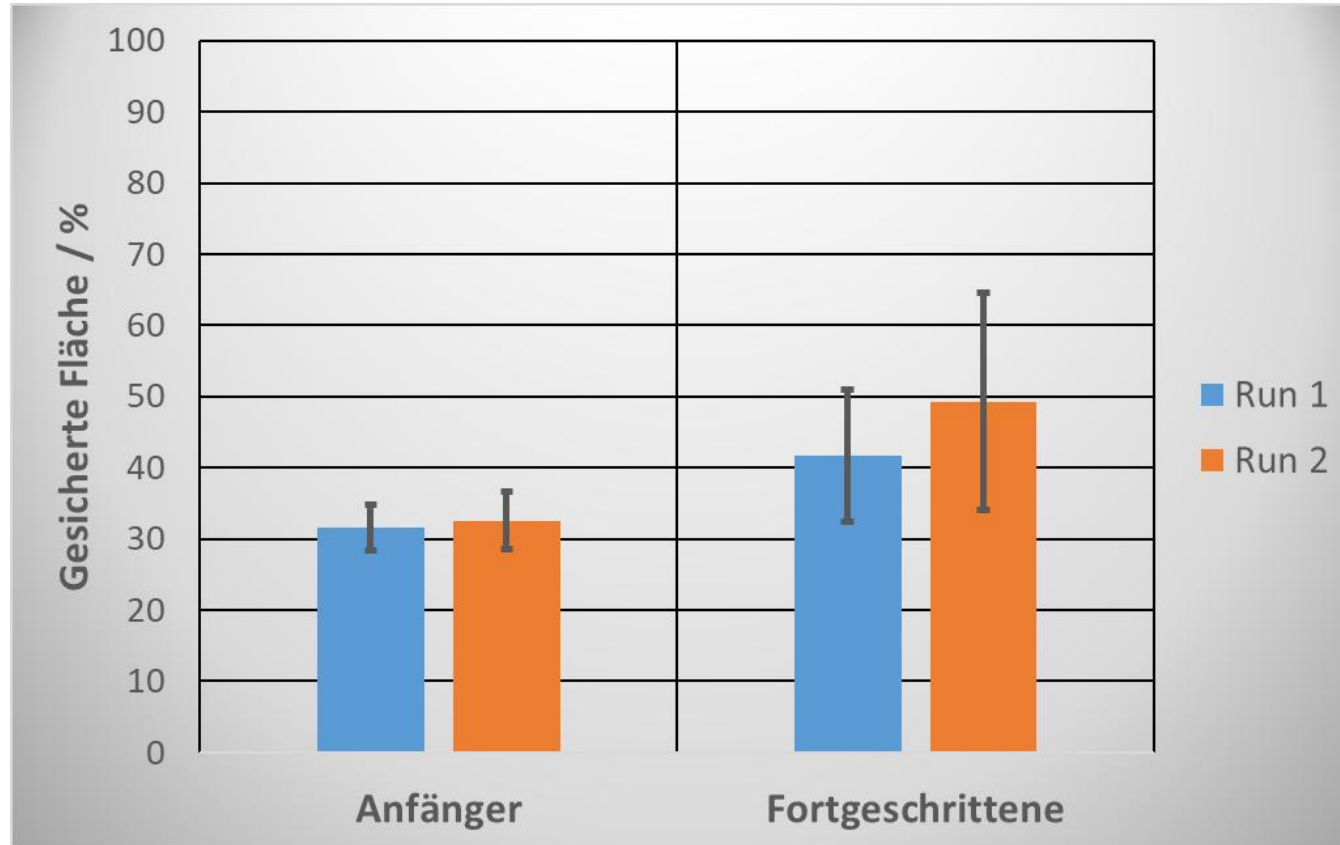


Realtraining

- Datenbasis: Durchläufe die von KI richtig analysiert wurden

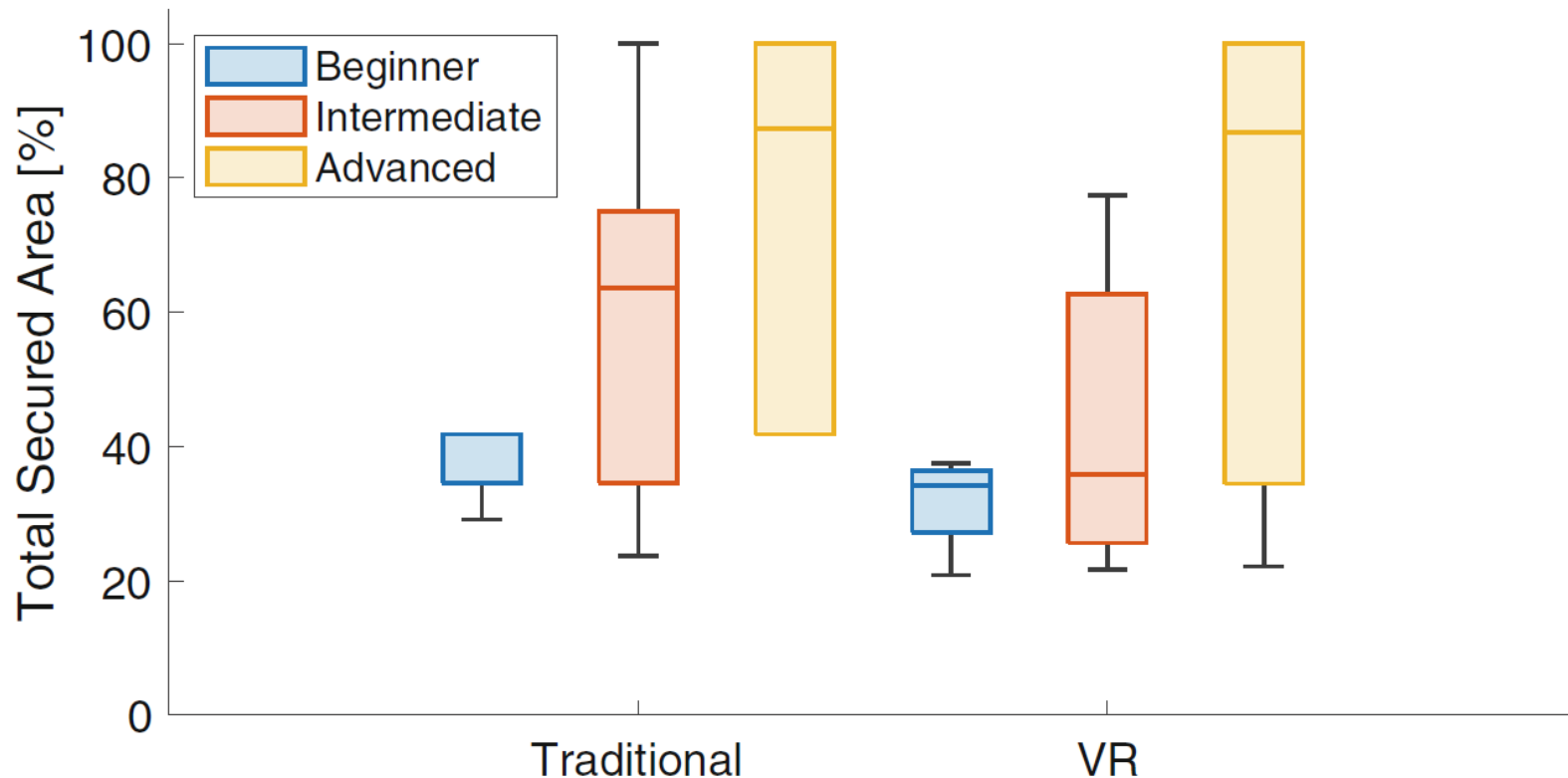


- Unterschiede im Ausbildungsstand erkennbar
- Geringe Streuung bei Anfängern



- Lernkurve bei Fortgeschrittenen steiler, Verständnis für den begangenen taktischen Fehler größer

- Vergleich mit Realtraining



Caserman, P. *et al.* (2023). Virtual Reality Simulator for Police Training with AI-Supported Cover Detection. In: Haahr, M., Rojas-Salazar, A., Göbel, S. (eds) Serious Games. JCSG 2023. Lecture Notes in Computer Science, vol 14309. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44751-8_13

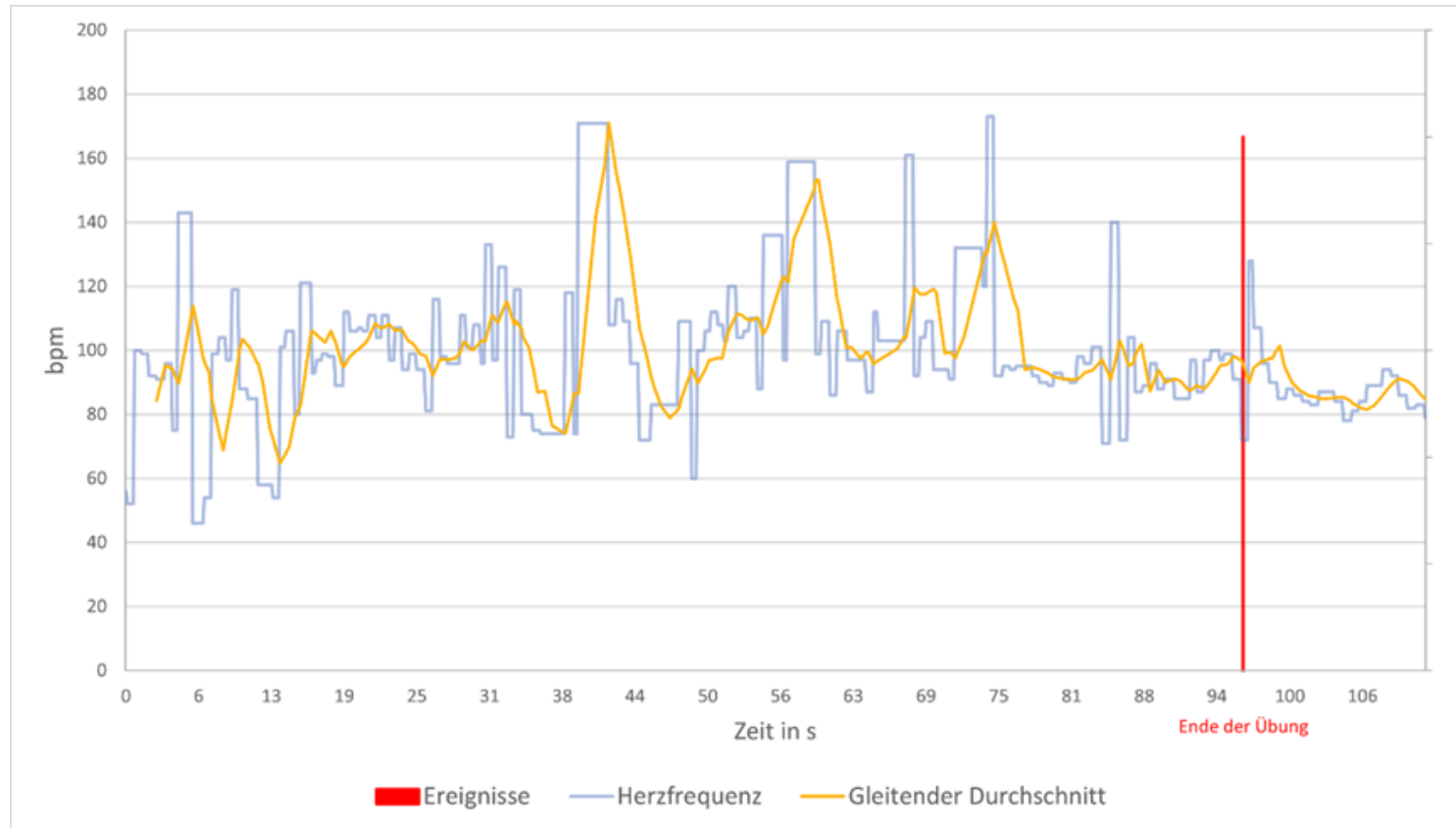
- Unterschiede im Ausbildungsstand durch KI messbar
- Lerneffekt erst bei Trainierenden mit taktischem Grundverständnis vorhanden
- Ergebnisse aus dem VR-Training in das Realtraining übertragbar
- Möglichkeit zum Replay ist mit die wichtigste Funktion des Trainingssimulators. Diskussion „warum“ ein Fehler gemacht wurde und nicht „ob“.



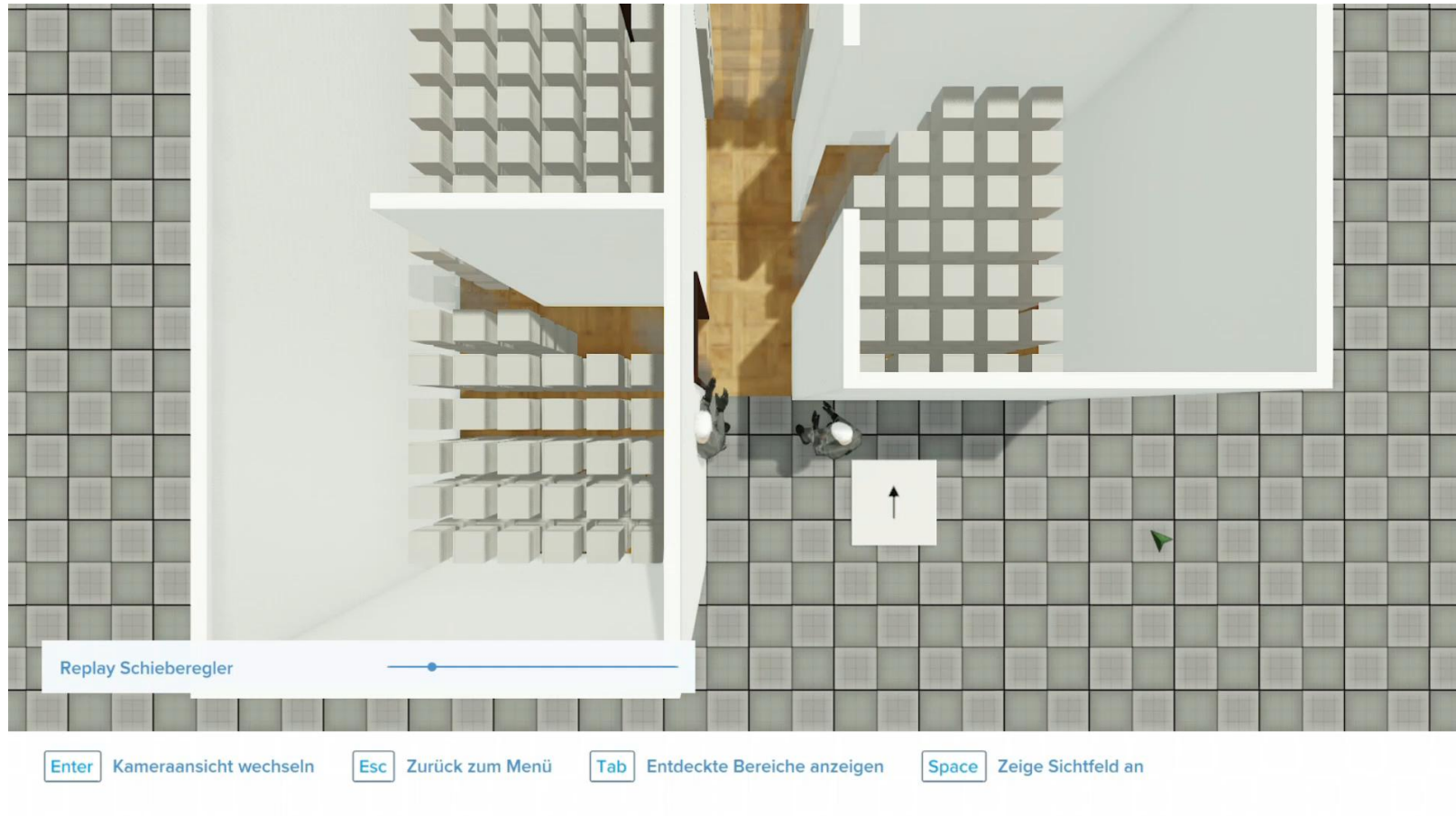
- Teslasuit



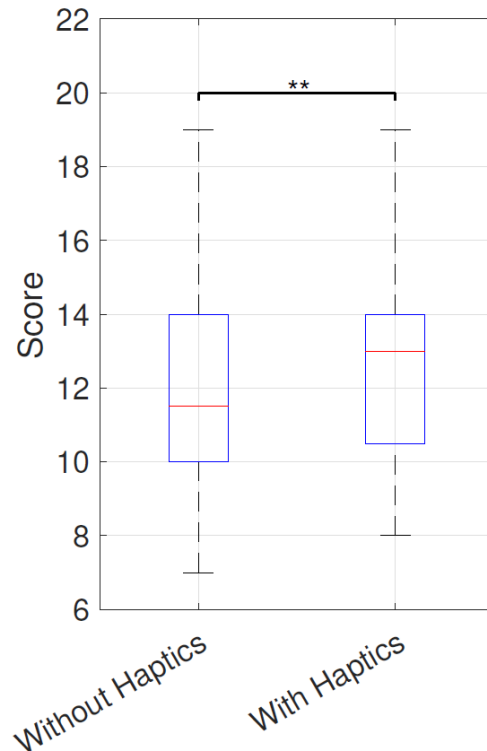
- Verlauf der Herzrate während eines Trainings



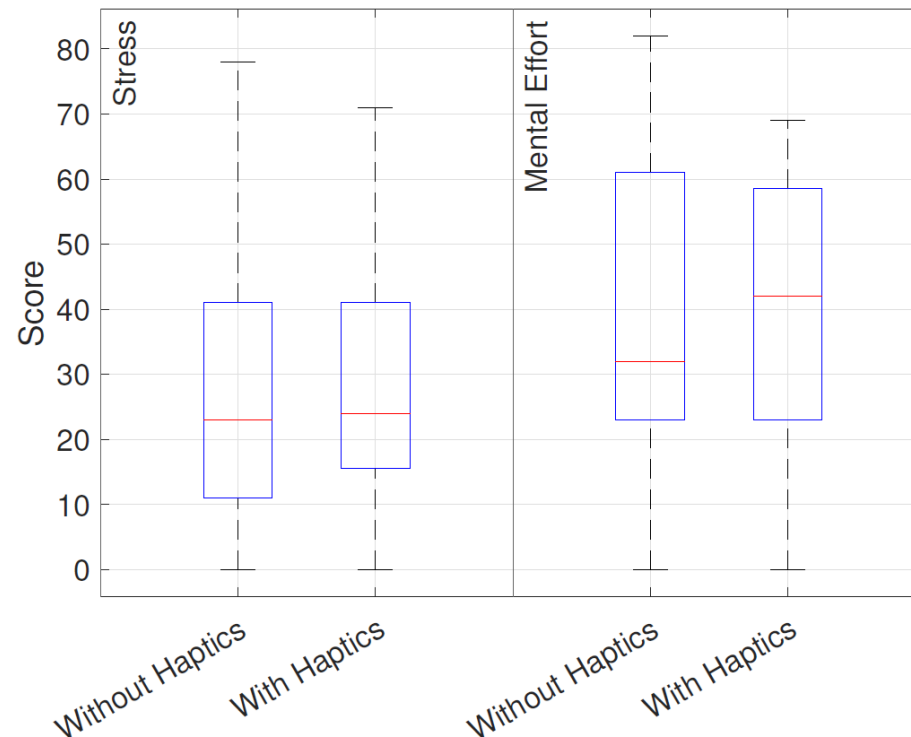
- Durchsuchung im Zweierteam
- Gruppen: Anfänger, Fortgeschrittene, Spezialkräfte
- Softfeedback: Elektrostimulation an den Armen wenn
 - Abstand zwischen Hand und Schulter größer als 0,4 Armlängen
 - Winkel zwischen Körper und Arm $> 35^\circ$
 - Extremitäten sind dabei von mindestens einer ungesicherten Position aus sichtbar
- Abbruch der Durchsuchung (Erscheinen NPC):
 - Ungedeckter Rücken für mindestens 3 Sekunden
 - Elektrostimulation am Rücken



- Stressbelastung (subjektiv)



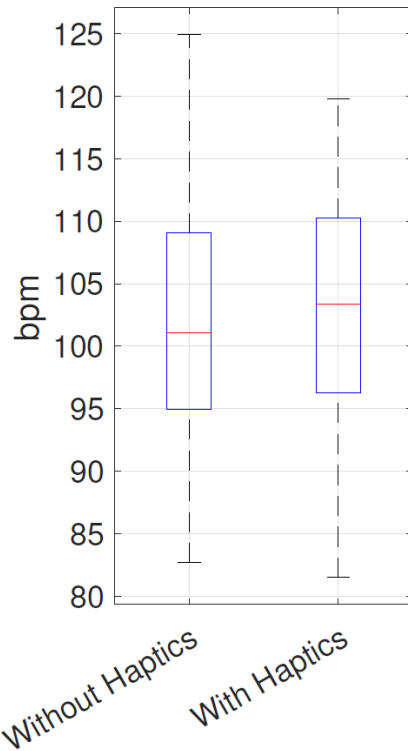
(a) Anxiety



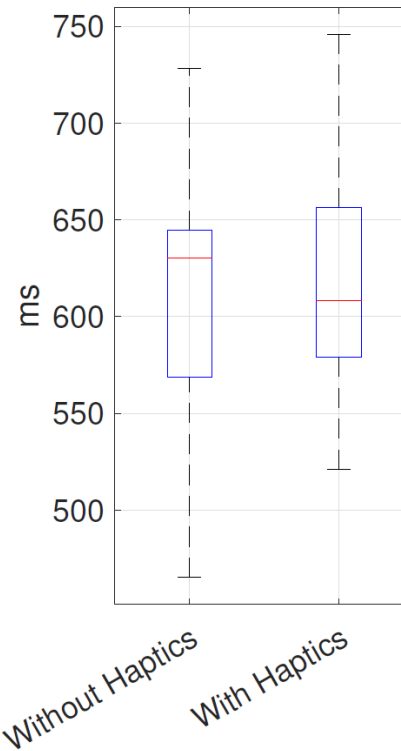
(b) Perceived Stress and Mental Effort

Caserman, P. *et al.* (2025). Assessing the Impact of Haptic Feedback on Stress and Performance in Virtual Reality-Based Police Training. In: Plass, J.L., Ochoa, X. (eds) *Serious Games. JCSG 2024. Lecture Notes in Computer Science*, vol 15259. Springer, Cham.

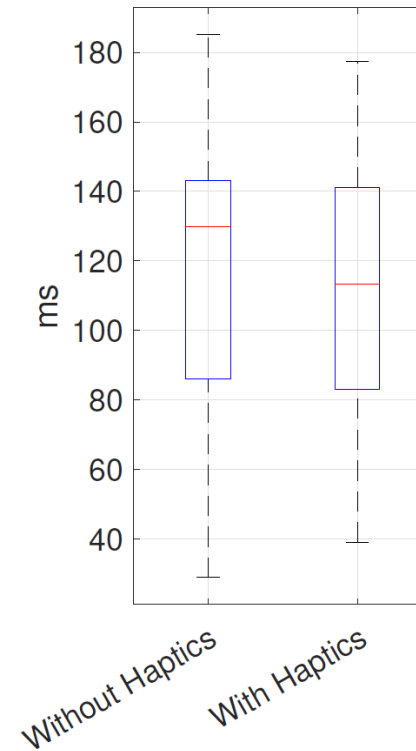
- Stressbelastung (objektiv)



(a) HR



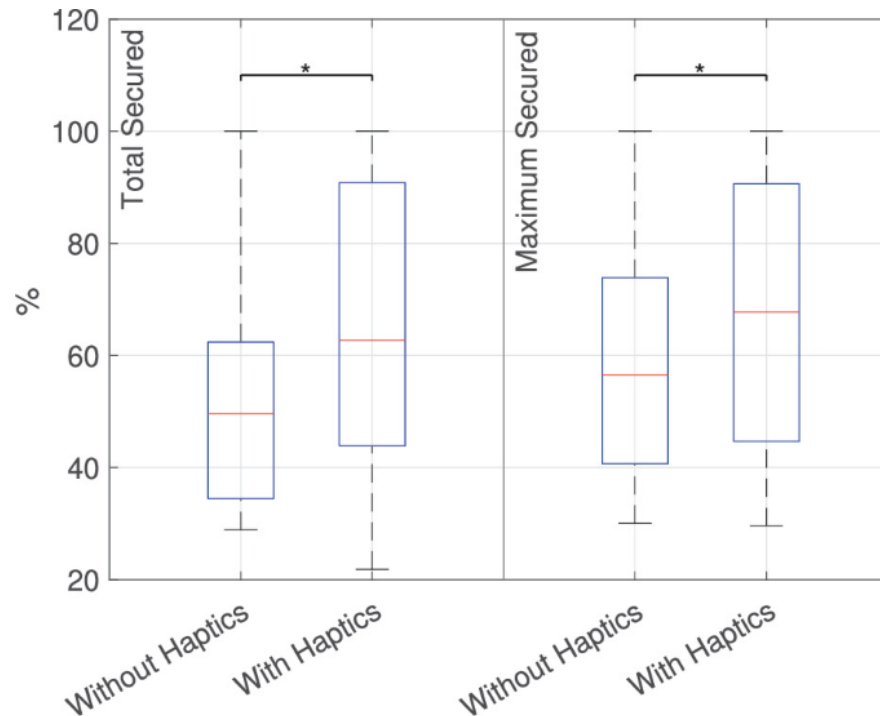
(b) Mean RR



(c) SDNN

➤ Unterschiede nicht statistisch signifikant

- Individueller Kalibrierung der Teslasuits
- Einfluss des haptischen Feedbacks messbar



Caserman, P. *et al.* (2025). Assessing the Impact of Haptic Feedback on Stress and Performance in Virtual Reality-Based Police Training. In: Plass, J.L., Ochoa, X. (eds) *Serious Games. JCSG 2024. Lecture Notes in Computer Science*, vol 15259. Springer, Cham.

Nutzung in Studium und Ausbildung:

- Einsatz ab Ende des 3. Semesters, nachdem die Grundzüge in Bezug auf takt. Vorgehen in Wohnungen gelehrt wurden.
- Selbstständige Nutzung von KITE durch Studierende und Erhöhung der Trainingsmotivation durch Gamifizierung (z.B. Level und Punktesystem)
- Nutzung der aufgebauten Infrastruktur für weitere Forschungstätigkeiten, insbesondere Bachelor- und Masterthesen



Virtuelle Gefahren, echte Reaktionen: KI-unterstütztes Einsatztraining im virtuellen Raum

Ringvorlesung Cybersicherheit

Thorsten Göbel, 11.12.2025