



# GRAVIERENDE VERÄNDERUNGEN IN DER MOBILEN ROBOTIK

Ein visionärer Ausblick

Leiter des VDI-Fachausschusses  
„Fahrerlose Transportsysteme (FTS)“

Leiter des Forum-FTS

Vortrag während der  
1. AGV Conference c/o Flexus  
am 23. April 2024 in Würzburg

# GRAVIERENDE VERÄNDERUNGEN IN DER MOBILEN ROBOTIK

Günter Ullrich

## AGENDA

**1.** Einleitung

**2.** Abschied von der binären Welt

**3.** Abschied vom Sensor

**4.** Willkommen „Weltkopie“

**5.** Zusammenfassung





# 1. EINLEITUNG

## Grundsätzliche Einsatzfälle in der mobilen Robotik

1. Fahrerlose Transportsysteme (FTS) im industriellen Einsatz, vornehmlich zum innerbetrieblichen Materialtransport: hier sind die Zielgrößen Leistung, Verfügbarkeit und Durchsatz, meist für Fahrzeugflotten. Damit einher gehen die Vorhersagbarkeit, die Simulationsmöglichkeit, die Planbarkeit.
2. Mobile Roboter (AMR) in öffentlich zugänglichen Bereichen, sowohl zum Transport als auch für Dienstleistungen wie Reinigung, Führung, Auskunft, Suche, Begleitung (Tragen von Material, Kommissionieren). Hier liegt der Fokus auf einzelne Fahrzeuge, die selbständig komplexe Aufgaben bewältigen müssen.
3. Die autonomen Autos im Straßenverkehr werden hier nicht betrachtet, genauso wenig wie Spielzeuge und Haushaltsroboter.



# / VERÄNDERTE ANFORDERUNGEN

In Zukunft werden die mobilen Roboter vielfältige Aufgaben in unterschiedlichsten Anwendungen übernehmen.

Sie werden nicht mehr nur in Werkshallen und Lägern der produzierenden Unternehmen unterwegs sein, sondern auch die öffentlich zugänglichen Bereiche erobern.

Dort haben wir es nicht nur mit unterwiesenenem Personal, sondern mit Menschen zu tun, die nicht auf den Umgang mit Robotern vorbereitet oder geschult sind.

Daraus leiten sich besondere Herausforderungen an die sicherheitstechnische Auslegung der Roboter und damit an die Sensorik ab.





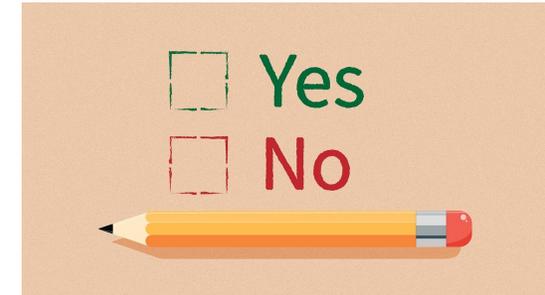
## **/2. ABSCHIED VON DER BINÄREN WELT**

# / DIE BINÄRE WELT VON HEUTE

Die binäre Welt kennt nur 2 Zustände

- Null oder Eins
- An oder Aus
- Richtig oder Falsch
- sicher oder unsicher
- Prozess automatisieren, Ja oder Nein

Die technische Intelligenz vergleicht Messwerte miteinander.  
Kein einziger menschlicher Sensor liefert Daten!



# / KRITIK AN DER BINÄREN WELT

## Kritik an der binären Sichtweise

- Ein Zustand wechselt nicht von „sicher“ auf „unsicher“, weil ein Entfernungswert einen Grenzwert minimal unterschreitet!
- Ständige Prozessveränderung mit lernender KI führen zu variablen Automatisierungsgraden.
- Durch fusionierte 3D-Sensorsysteme und maschinelles Lernen bekommen automatische Fahrzeuge zukünftig menschenähnliche Fähigkeiten.
- Wir erwarten von mobilen Robotern intelligentes Verhalten.





# **3. ABSCHIED VOM SENSOR**

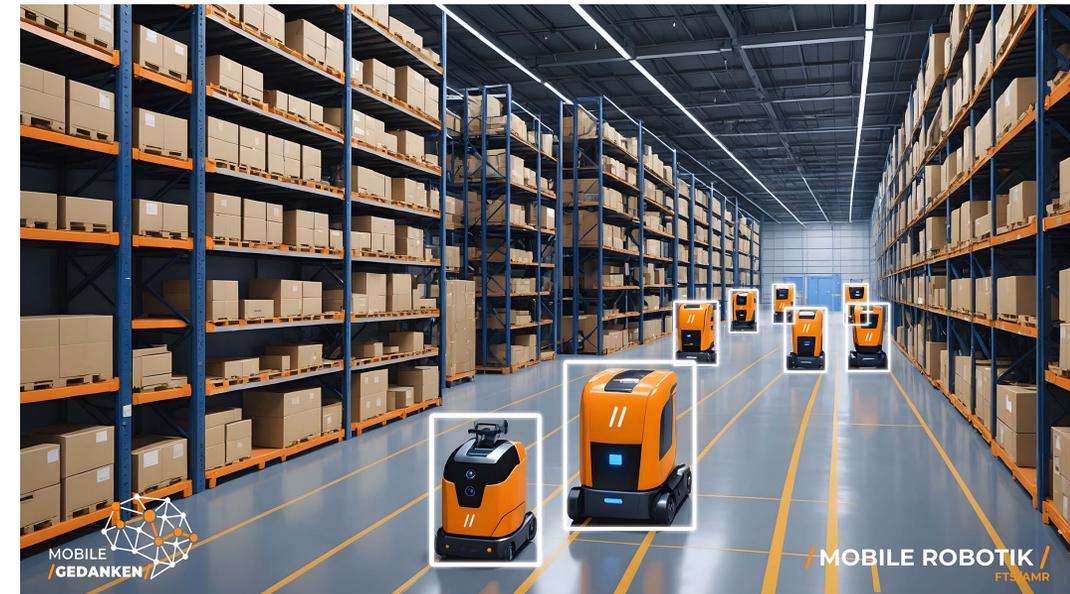
# /SENSOREN REICHEN NICHT MEHR

Voraussetzung für diese Szenarien ist die Veränderung der Sensorwelt.

Heute kaufen Fahrzeughersteller Sensoren und werten in den Fahrzeugsteuerungen die Sensordaten aus – Sensoren, die Messwerte liefern!

Eigentlich interessiert den Fahrzeughersteller nicht, welche Messwerte ein Sensor ausspuckt. Es ist doch viel interessanter, ein Abbild der Einsatzumgebung zur Verfügung zu haben, in der intelligente Prozesse ablaufen können.

Die mobilen Roboter brauchen nicht nur Sensoren oder Sensorsysteme, sondern Software-Bausteine, mit denen die Sensoren ausgewertet und intelligente Funktionen in der Robotersteuerung ermöglicht werden.



# / FUSIONIERTER 3D-SENSORSYSTEME

Der Einstieg in diese Welt, bzw. die Grundlage für jedes intelligente Handeln von mobilen Robotern ist die funktionale Auswertung von fusionierten 3D-Sensorsystemen.

## Folgende Schritte gehören dazu:

- Dreidimensionale Erfassung des Umfelds des Fahrzeugs sowie der gesamten Einsatzumgebung aller Fahrzeuge
- Fusion von fahrzeugeigenen und stationären Sensoren der gesamten Flotte
- Datenreduktion, Datenübertragung
- Klassifizierung zur Erkennung von Objekten und deren Bewegungsvektoren
- Aufbau einer Weltkopie, wahlweise für die einzelnen Fahrzeuge oder aber für eine neue Form der Leitsteuerung

Aber wer übernimmt diese anspruchsvolle Aufgabe?

- Sensorhersteller?
- Fahrzeug- oder Leitsteuerungshersteller?
- Neue Gruppe von SW-Herstellern, die als Bindeglied agieren?
- Die große Übermacht aus den USA (Apple, Google, ...)?





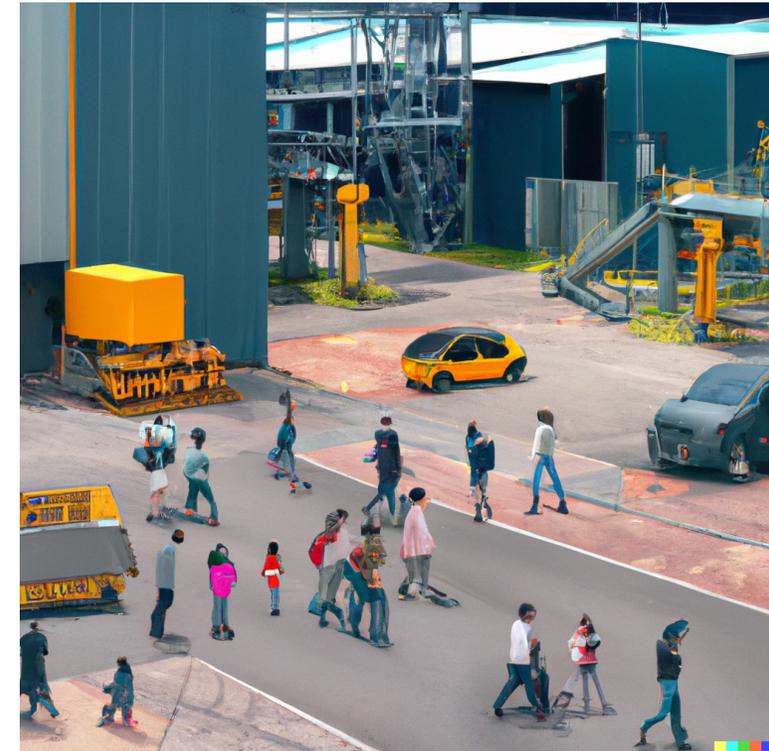
# **4. WILLKOMMEN WELTKOPIE**

# / WILLKOMMEN „WELTKOPIE“

- Stationäre und fahrzeugeigene Sensorik werden gemeinsam verwendet, um eine Welt-Kopie zu erzeugen.
- Bewegungsvektoren für den Ort, die Geschwindigkeit und die Beschleunigung beschreiben die Objekte.
- Die Weltkopie muss dynamisch sein und wird ständig von den stationären Sensoren und den fahrenden Fahrzeugen aktualisiert.
- Umgang mit lernenden, nicht binären Prozessen muss möglich sein!
- Verortung dieser Aufgaben: zentral für Flotten, mobil für Einzelkämpfer
- Die heutigen Standardfunktionen einer Leitsteuerung werden von der Weltkopie maßgeblich gestärkt!

## Standardfunktionen einer heutigen Leitsteuerung:

- Auftragsverwaltung
- Fahrzeugdisposition
- Aktivitätenabwicklung
- Routing/Streckenplanung
- Verkehrsregelung
- Fahrzeugverwaltung
- Energiemanagement
- Brandschutzverhalten



# / WELTKOPIE ERFÜLLT DAS 1. GEBOT DER FTS-PLANUNG

Renaissance des 1. Gebots der FTS-Planung:

**Nutze das FTS als ein Organisationsmittel!**

(D. Elbracht, Uni Du 1980)

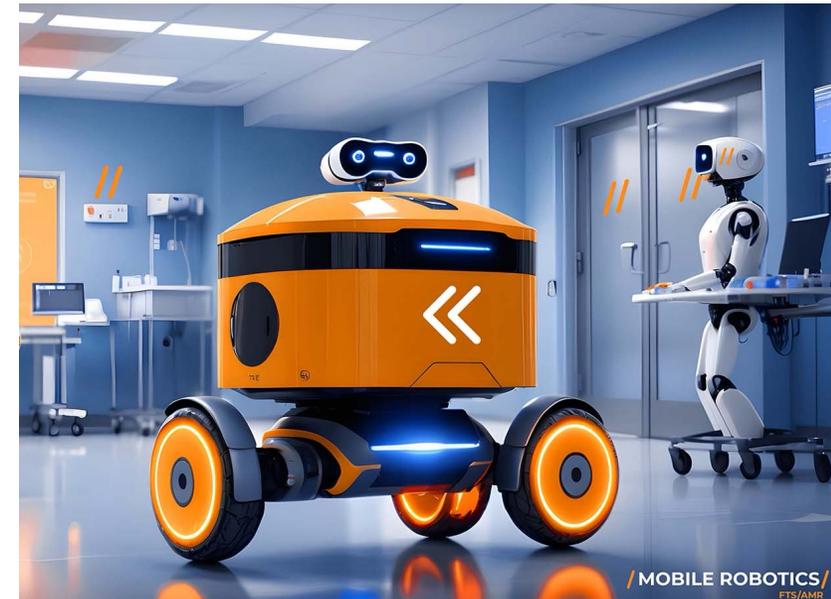
Die Weltkopiie ermöglicht neue Funktionen einer zukünftigen Leitsteuerung:

- Modellpflege
- Visualisierung aus verschiedenen Perspektiven
- Szenariomanager
- Ordnungsamt
- Verkehrsleitsystem



# / WILLKOMMEN „WELTKOPIE“

- Modellpflege: Generierung, Pflege und Bereitstellung eines 3D-Modells der Einsatzumgebung.
- Visualisierung des 3D-Modells mit allen Bewegungsvektoren aus verschiedenen Sichten:
  - von oben, also aus der Vogelperspektive
  - aus der Sicht einzelner Fahrzeuge
  - aus der Sicht von Lastübergabepunkten
- Szenariomanager: Analyse von Situationen und Zuständen zur Unterstützung der FTF. Beispiele: Personen im Bereich von Tordurchfahrten oder Engstellen, um die Durchfahrt von automatischen oder manuell betriebenen Fahrzeugen zu reglementieren. Reglementierung von Geschwindigkeit und Abständen bei der Vorbeifahrt an Personen oder Personengruppen
- Ordnungsamt: Statuserfassung von Wegen, Flächen und der FTF-Haltepositionen sowie entsprechender Aktionen (z.B. Meldungen oder vorübergehende Sperrungen von Bereichen oder Strecken). Das Ordnungsamt kann auch den Zustand von Abstellplätzen und Blocklagern melden, um den virtuellen Zustand einer Blocklagerverwaltung zu verifizieren.  
Weitere Beispiele für die Möglichkeiten des Ordnungsamtes:  
Feststellen und Melden von falsch abgestellten Paletten oder Staplern, Feststellen, dass ein Stapler „fehlt“
- intelligentes Verkehrsleitsystem zur Unterstützung der Streckenplanung

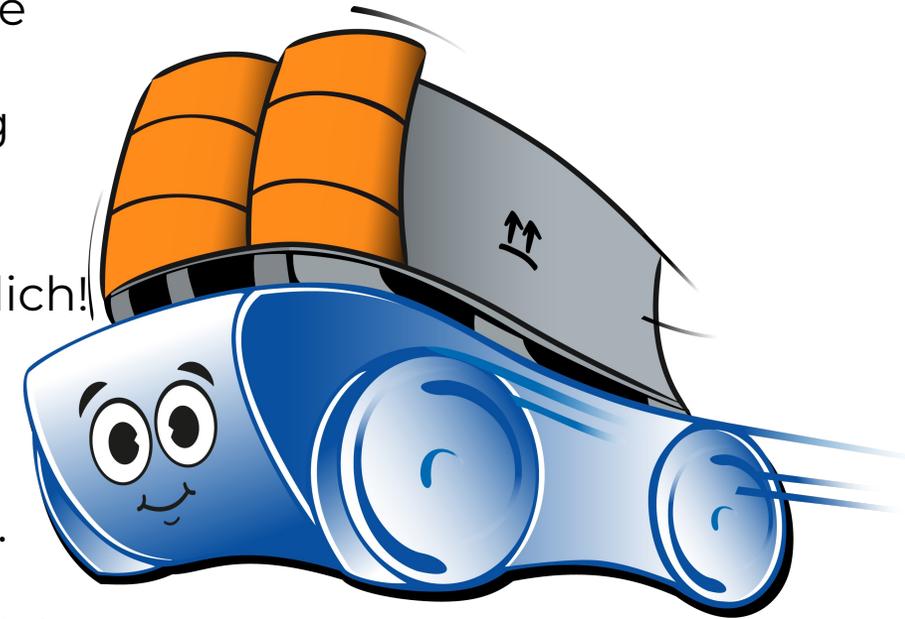




# **5. ZUSAMMENFASSUNG**

# / AUFWAND / NUTZEN

- Stationäre und mobile Sensoren arbeiten einer Weltkategorie zu.
- Die Anforderungen an Hardware und Datenübertragung sind enorm.
- Die Kosten für die Realisierung dieser Vision sind hoch. Allerdings ist eine Entwicklung in kleinen Schritten möglich!
- Unsere technischen Regelwerke müssen angepasst werden. Heute gibt es bereits die DIN IEC/TS 62998.
- Die neue Welt hilft bei Akzeptanzproblemen im Mischbetrieb und erhöht die Effizienz und Verfügbarkeit.
- Die AMRs benötigen diese Veränderungen am meisten.
- In öffentlich zugänglichen Bereichen und im Außenbereich liegen die Vorteile auf der Hand.
- Diese Veränderungen werden kommen – es ist nur eine Frage der Zeit!





**HERZLICHEN DANK  
FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!**