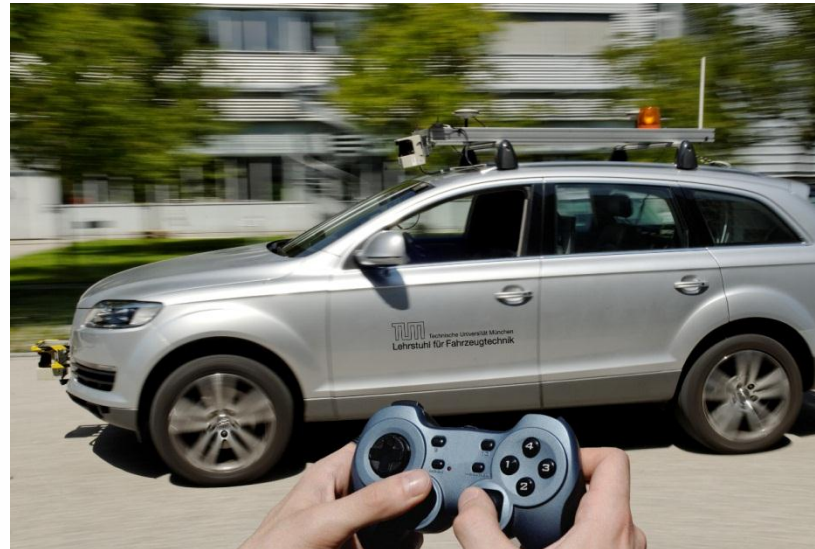


Die Teleoperation als Ansatz zur fahrerlosen Fahrzeugführung



Sebastian Gnatzig, Erick Haas, Prof. Dr. Markus Lienkamp
München, 15.05.2012

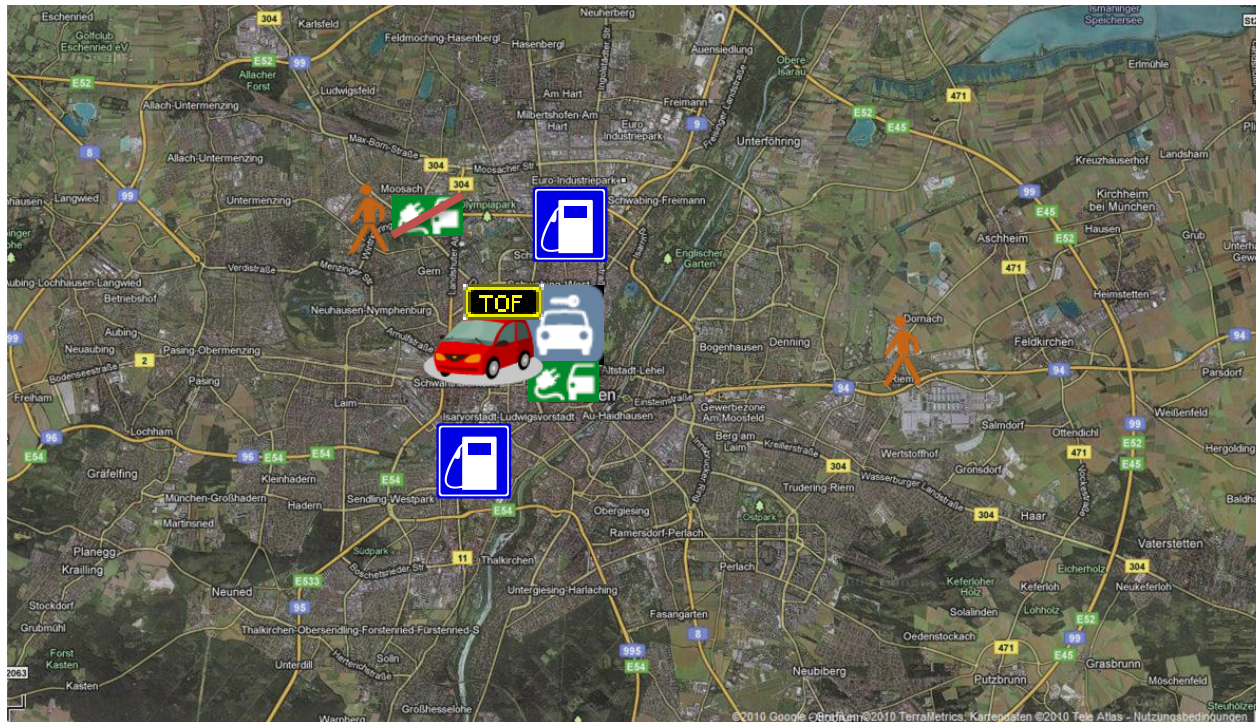


Gliederung

- Einleitung
- Stand der Technik
- Vorgehen
- Durchführung
- Diskussion
- Zusammenfassung und Ausblick

Car-Sharing mit Bereitstellung und Wegparken

Vorteil für E-Fahrzeuge: zentrale Ladeinfrastruktur



Grenzen autonomer Fahrzeuge

- Szenarien geringer Komplexität (Autobahn)
- Eingeschränkte Berücksichtigung anderer Verkehrsteilnehmer
- Maschinelle Wahrnehmung \neq Mensch
- Rechtliche Bedenken / Haftungsansprüche

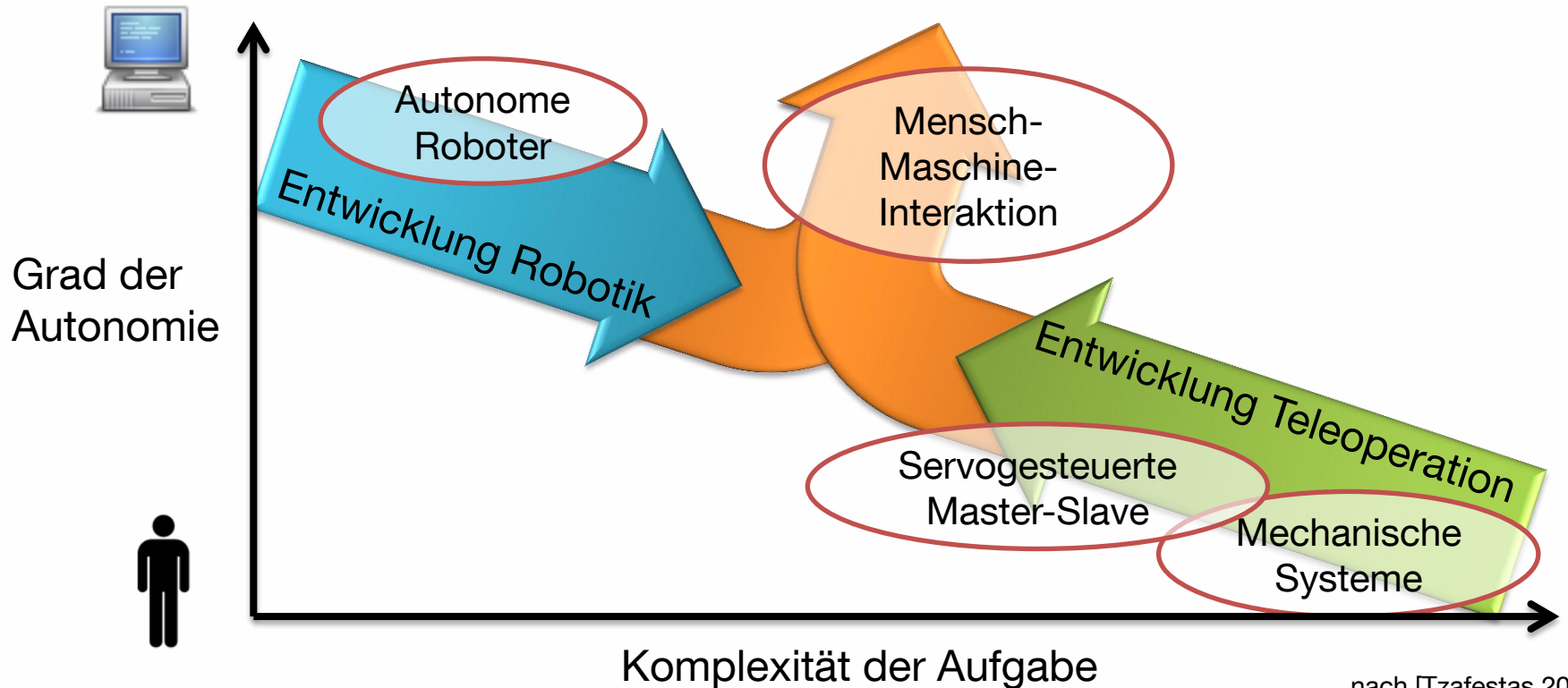
⇒ keine autonomen Serienfahrzeuge
in den nächsten Jahrzehnten



Unfall bei der Darpa Urban Challenge:
Team Cornell und Team MIT [Buehler2008]

Motivation

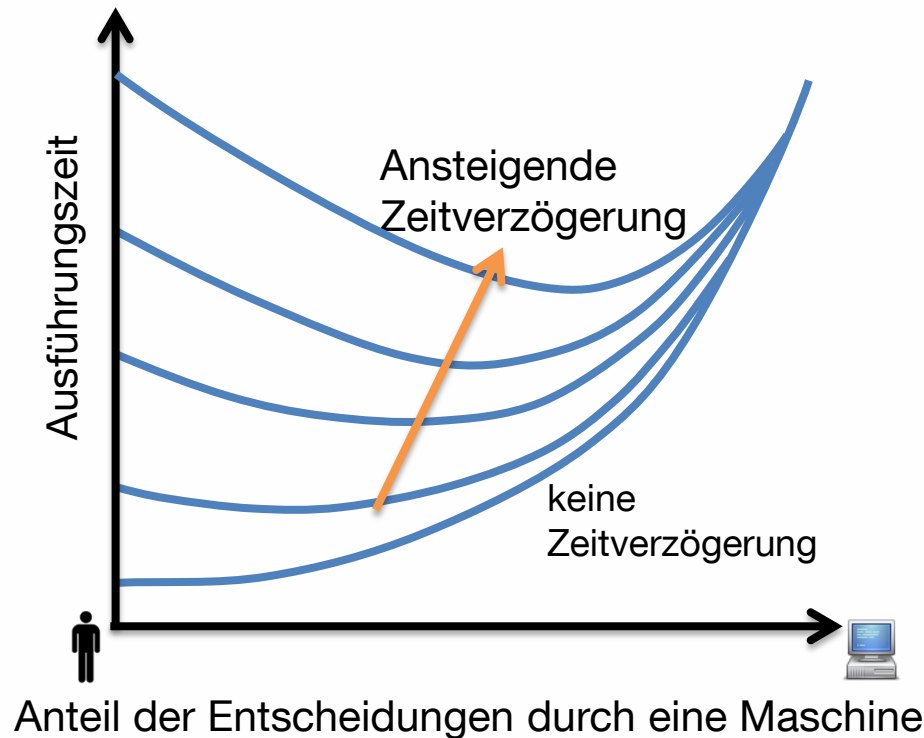
Das zukünftige Potential hochautomatisierter Funktionen hängt von der Mensch-Maschine-Interaktion ab



nach [Tzafestas 2007]

Motivation

Bearbeitung hoch komplexer, kognitiv anspruchsvoller Aufgaben:



[Ferrell und Sheridan 1967]

Stand der Technik

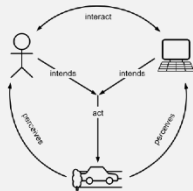
Drei relevante Forschungsfelder:



Automatisierung der Fahrzeugführung



Menschliche Leistungsfähigkeit bei der Teleoperation



Steuerungskonzepte mit Mensch-Maschine-Interaktion

Automatisches Fahren

- Autonomes Fahren seit 1990ern in der Forschung



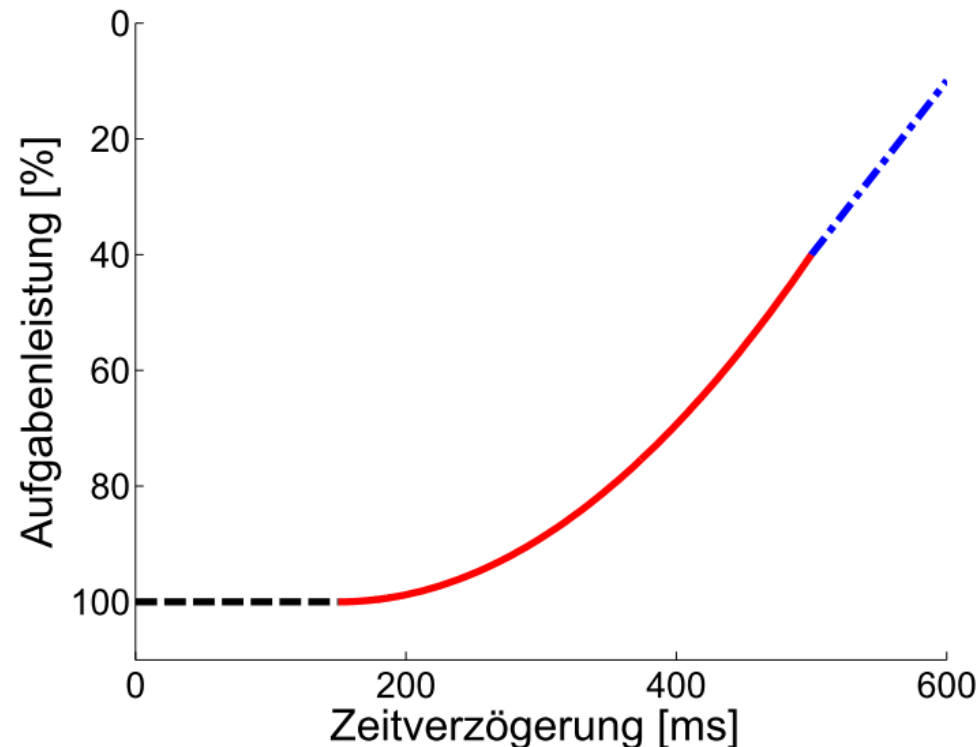
- Automatisches Fahren entlang vorab geplanter Bahnen



Bilder: [Thrun2006]; [Urmson2008]; [Schöner2011]; [Müller-Beßler2006]; [BMW2011]

Einfluss von Zeitverzögerungen auf die Aufgabenleistung

- Keine Auswirkung unterhalb der Motorik-Schwelle
- Starke Leistungsreduktion bei hohen Zeitverzögerungen



[Pongrac, 2008]

Steuerungskonzept mit Mensch-Maschine-Interaktion



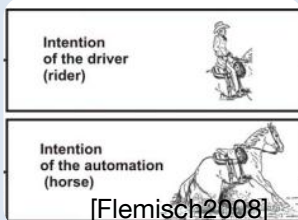
Wegpunktbasierte Teleoperation

- Vorgabe von Zielpunkten im Videobild



Conduct-by-Wire

- Vorgabe von Fahrmanövern



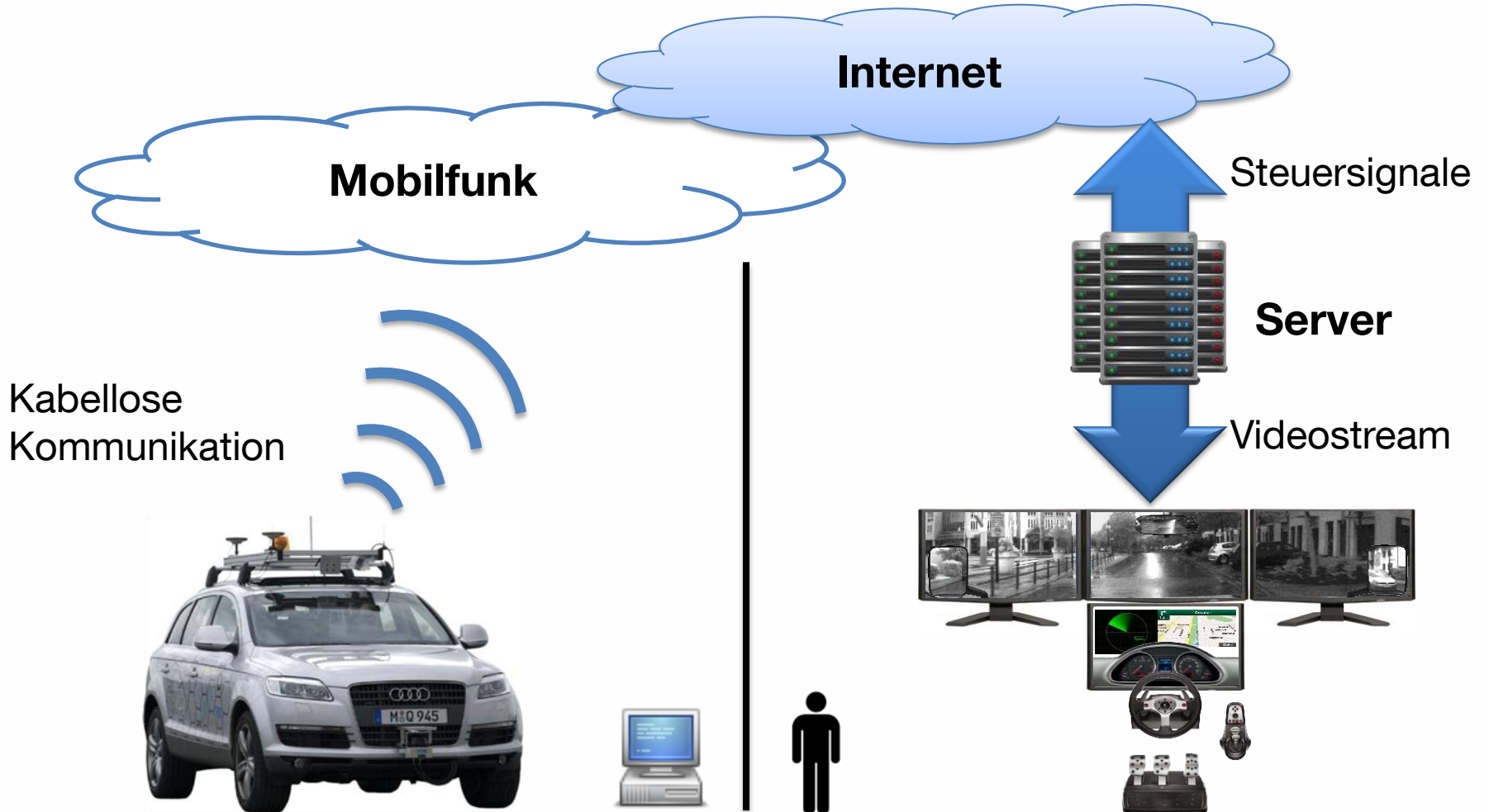
H-Mode

- Kooperative Fahrzeugführung von Mensch und System

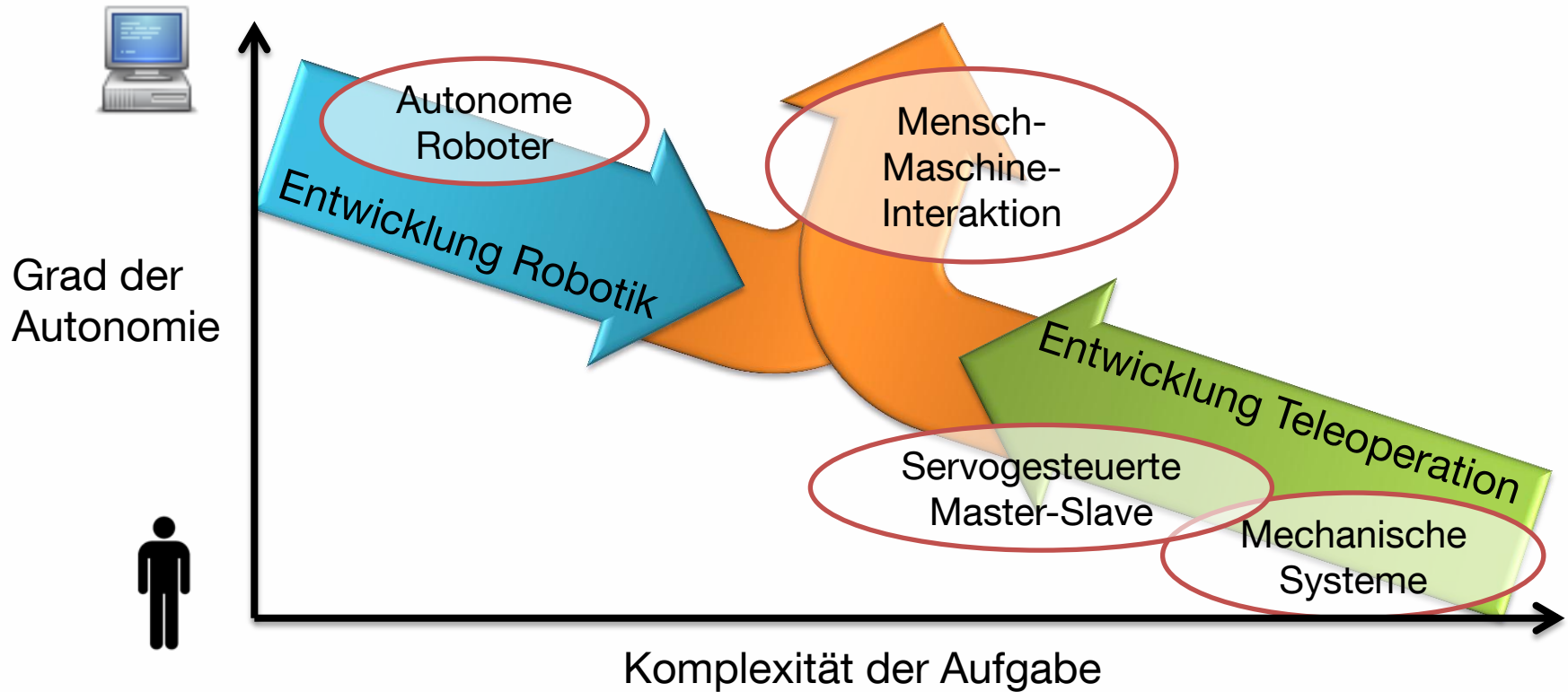
Defizite Stand der Technik

- Autonomes Fahren: Zeithorizont 2050
- Automatische Quer- und Längsführung entlang geplanter Bahnen bekannt
- Menschliche Leistungsfähigkeit sinkt durch Zeitverzögerungen
- Ansätze zur Mensch-Maschine-Interaktion bei Fahrzeugführung:
 - zu langsam
 - zu komplex
 - zu direkt

Teleoperierte Straßenfahrzeuge



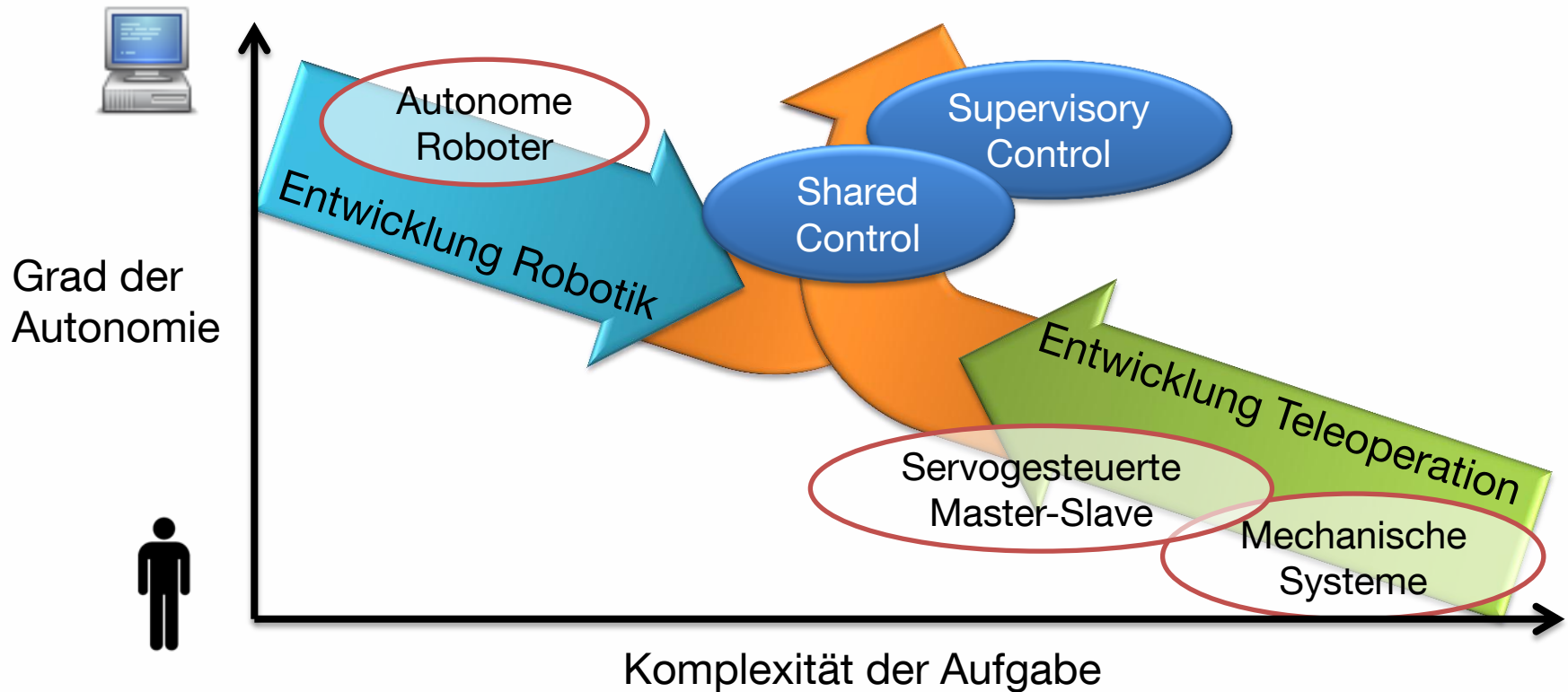
Methodik



nach [Tzafestas 2007]

Methodik

- Verwendung semi-autonomer Ansätze



nach [Tzafestas 2007]

Methodik Supervisory Control / Shared Control

- Lokales Schließen des Regelungskreises am Roboter
 - Basis-Autonomie-Funktionen
- Vorgabe übergeordneter Sollgrößen
 - Unterscheidung nach Abstraktionsniveau

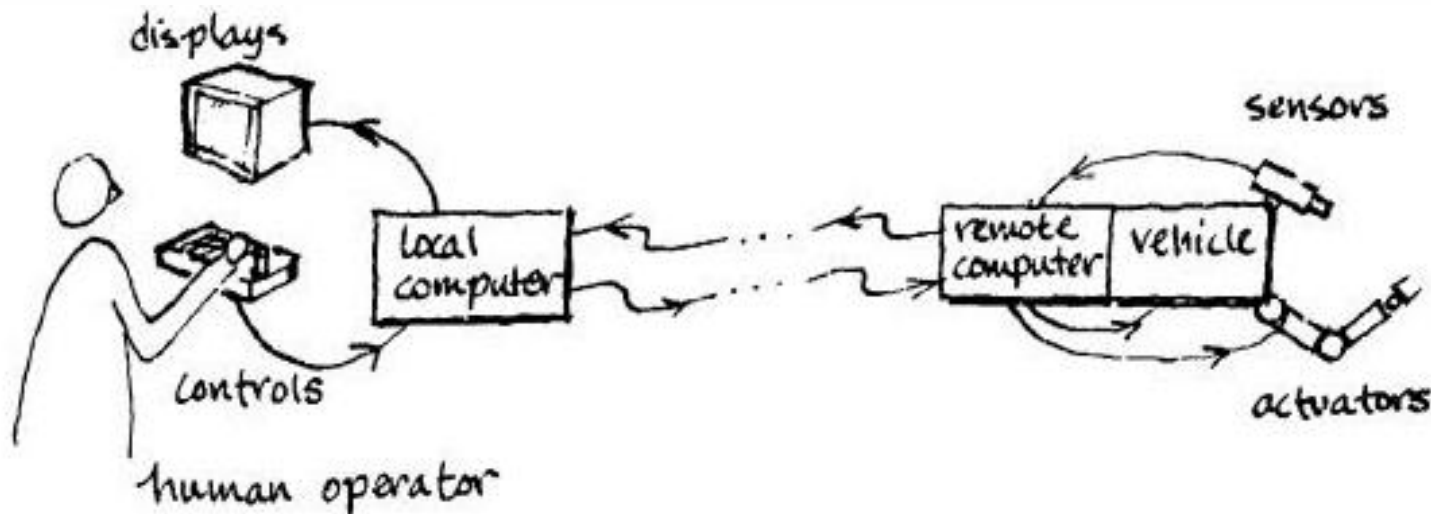


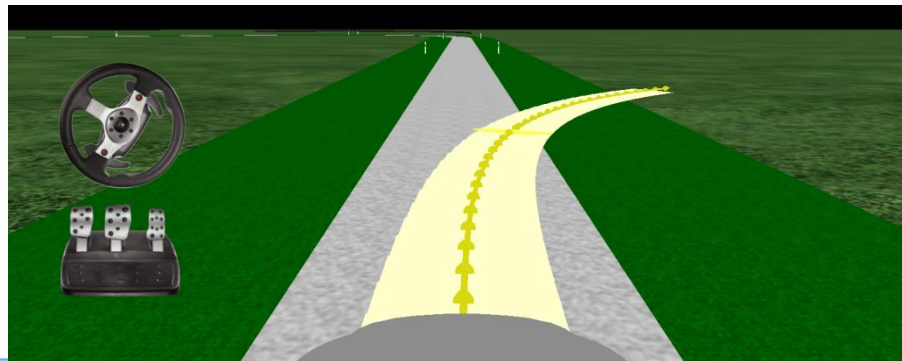
Bild: [Sheridan1978]

Unabhängigkeit gegen Zeitverzögerung

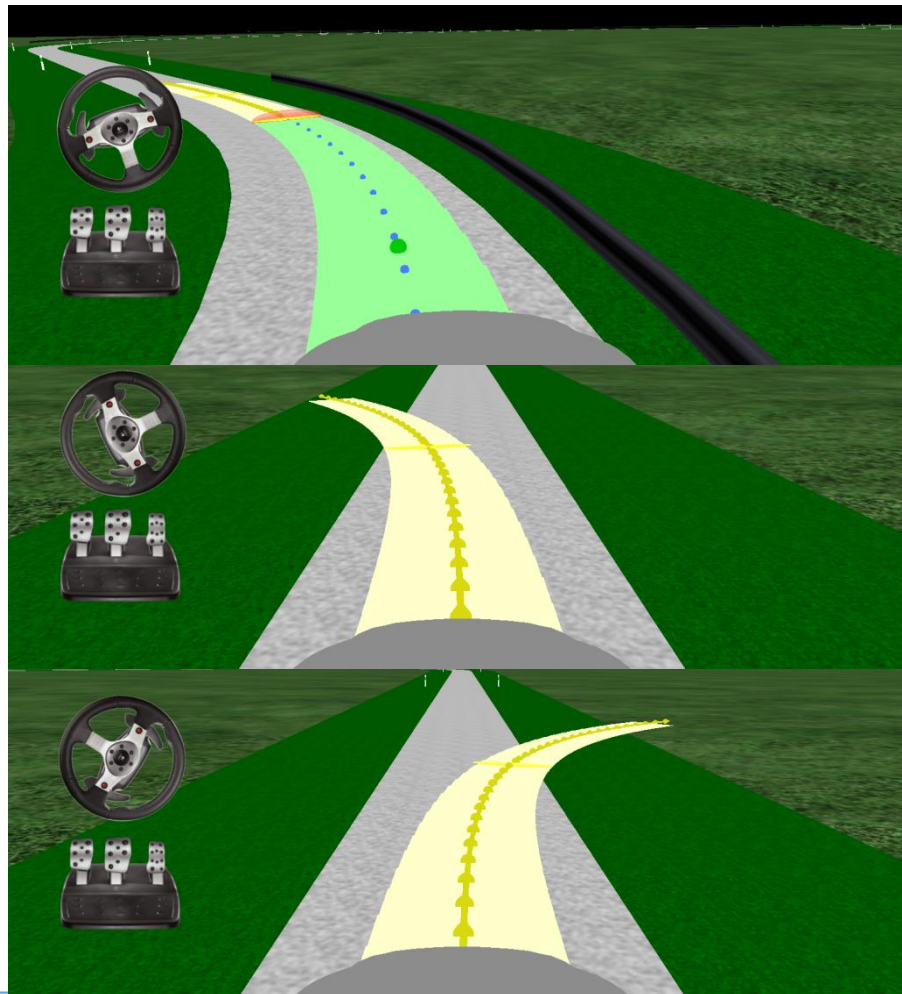
- Keine relevante Totzeit im lokalen Regelkreis \Rightarrow Stabilität
- Totzeit im Operator-Regelkreis ist akzeptabel, solange:
 - Aufgabenlänge $>$ Totzeit
 - Aufgabe ein relevanter Anteil am Gesamt-Ziel
 - Unvorhersehbare Störungen der Umgebung klein
 - Unterlagerte Regelung zuverlässig

Trajektorienbasierte Steuerung

- Kompromiss aus punktbasiert und manöverbasiert
⇒ Trajektorienplanung
- Manuelles Planen von Kurvensegmenten (Klothoiden)
 - Variation von Krümmungsänderung und Länge
 - Neues Segment wird an bestehende Trajektorie angehängt



Steuerungskonzept Simulationsumgebung Vedyna



Konzeptuelle Vorteile trajektorienbasierter Steuerung

- Unabhängigkeit gegenüber Zeitverzögerung

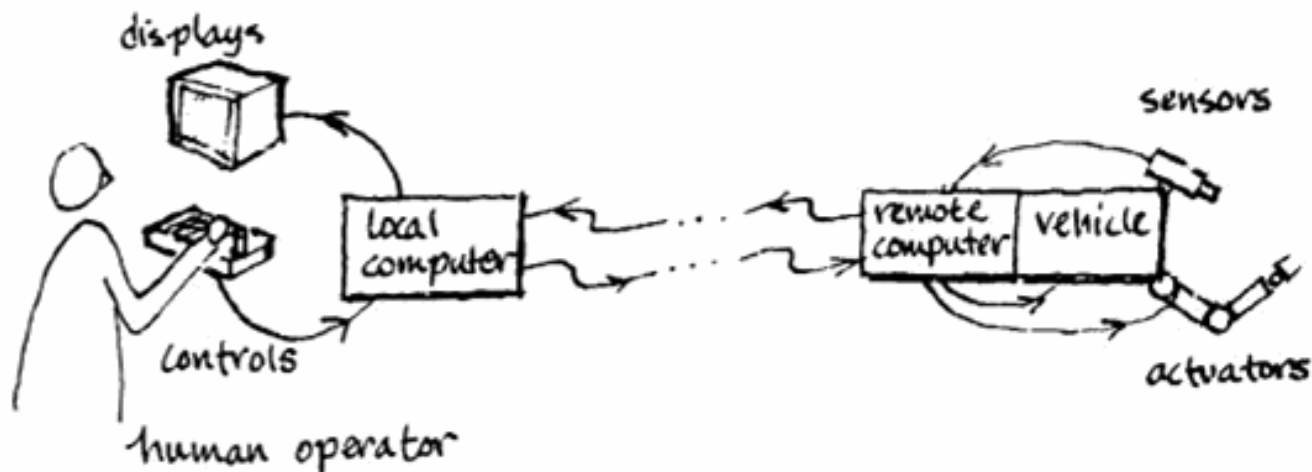


Bild: [Sheridan1978]

Konzeptuelle Vorteile trajektorienbasierter Steuerung

- Unabhängigkeit gegenüber Zeitverzögerung
- Nutzung automatischer Algorithmen \Rightarrow Minimierung Ausführungszeit

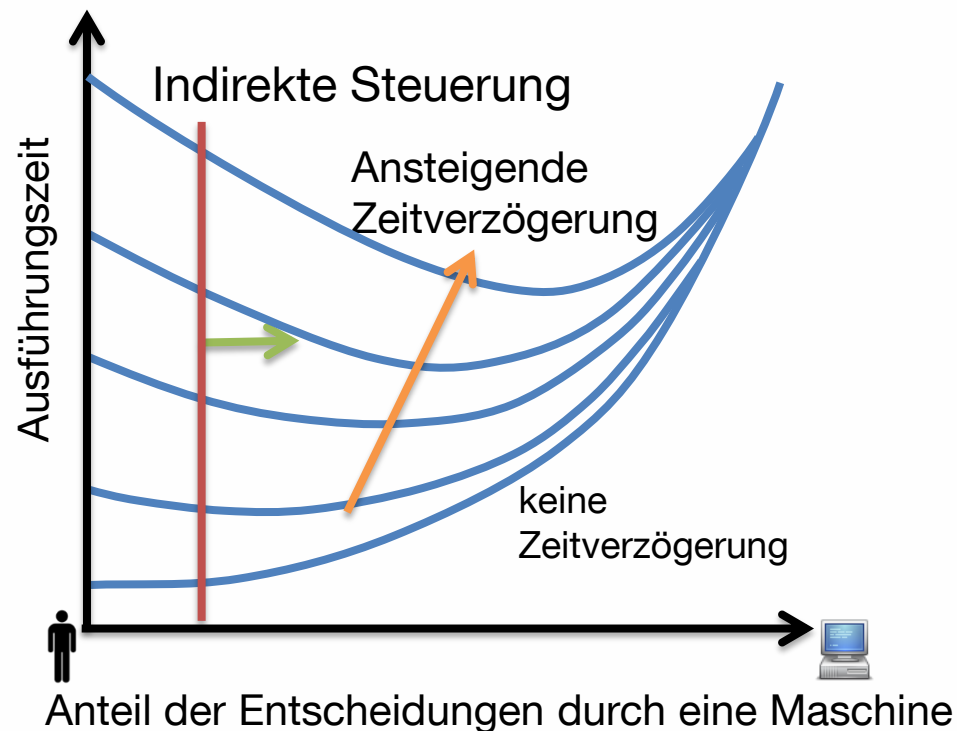
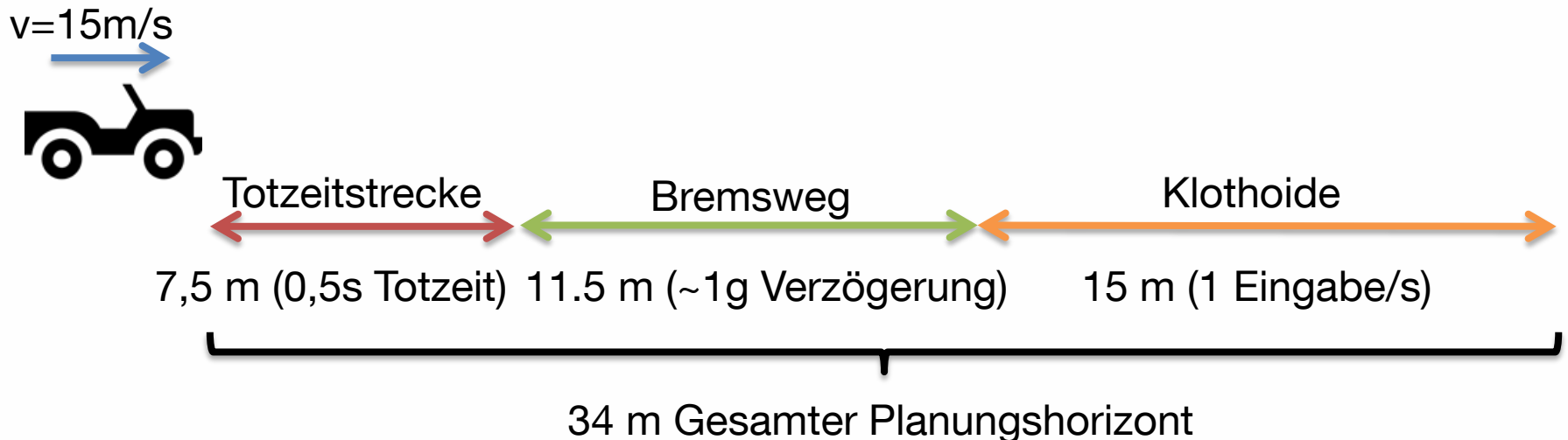


Bild: [Ferrell und Sheridan 1967]

Konzeptuelle Vorteile trajektorienbasierter Steuerung

- Unabhängigkeit gegenüber Zeitverzögerung
- Nutzung automatischer Algorithmen \Rightarrow Minimierung Ausführungszeit
- Große Vorausschauweite erforderlich
 - Effektive Kollisionserkennung
 - Implizites, zuverlässiges Sicherheitskonzept



Zusammenfassung und Ausblick

- Zukünftige komplexe Automatisierungsaufgaben benötigen Mensch-Maschine-Interaktion
- Sichere, fahrerlose, innerstädtische Fahrzeugführung durch trajektorienbasierte Teleoperation möglich
- Konzeptbedingete Vorteile:
 - Unabhängigkeit gegenüber Zeitverzögerung
 - Automatisierbar
 - Implizites Sicherheitskonzept