

Konzept EZrola

(vorläufiges Konzeptpapier, Stand Juni 2005)

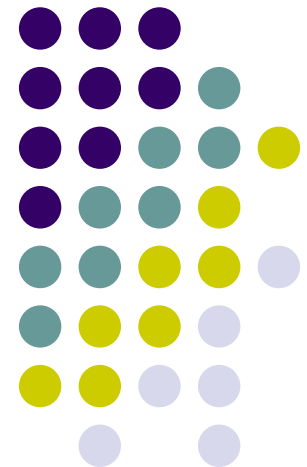
Arbeitsgruppe Echtzeitsysteme

Prof. Dr. Dieter Zöbel

Institut für Softwaretechnik

Fachbereich Informatik

Universität Koblenz-Landau

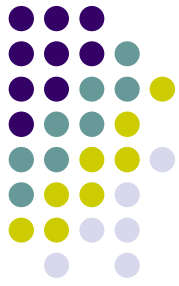


Übersicht



1. Einleitung
2. Die rollende Landstraße heute
3. Stand der Technik beim Autonomen Fahren
4. Konzept EZrola
5. Projektpraktikum PProLa
6. Hemmnisse für EZrola
7. Beförderung von EZrola
8. Entwicklungsperspektiven für EZrola
9. Zusammenfassung

1. Einleitung



Aufgabenstellung

Autonome Serienfahrzeuge zur Realisierung der unbegleitete rollenden Landstraße auf der Grundlage eines Netzes von Umschlagbahnhöfen

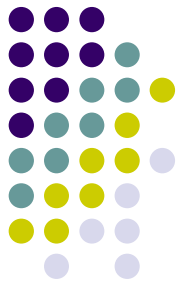
- Nachweis der technischen Machbarkeit
- Überprüfung des betriebswirtschaftlichen, ökologischen und gesellschaftlichen Nutzens

Universität Koblenz-Landau



- Bis 1990 EWH
(Erziehungswissenschaftliche Hochschule)
dann
Universität Koblenz-Landau
- Präsidialamt in Mainz
- Campus in Landau mit 4 Fachbereichen
- Campus Koblenz mit 4 Fachbereichen

Campus Koblenz



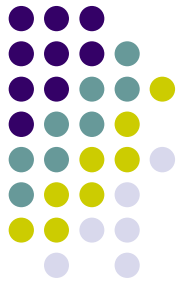
- Seit 2000 in Koblenz-Metternich
- Z.Zt. etwa 5300 Studenten
- Drei erziehungswiss. Fachbereiche
Pädagogik
Philologie
Naturwissenschaften
- Fachbereich IV Informatik (gegr. 1978)



Fachbereich Informatik

- Fachbereich IV mit vier Studiengängen
Informatik
Computervisualistik
Informationsmanagement (BA und MA)
- Z.Zt. etwa 1300 Studenten,
davon etwa 450 im Studiengang Informatik
- Ausrichtungen: Wirtschaftsinformatik und
Künstliche Intelligenz, **Mobile Systeme** und
Softwaretechnik

Mobile Systeme



Das Vertiefungsgebiet **Mobile Systeme** befasst sich mit den Grundlagen, Methoden und Techniken für den mobilen Einsatz von Rechensystemen.

Dabei ist der Begriff **mobil** sowohl in dem Sinne zu verstehen,

- dass solche Rechensysteme in **tragbare** oder **fahrbare** Anwendungssysteme integriert werden,
- als auch in dem Sinne von **automobil**, d.h. die Bewegung von Fahrzeugen oder anderen beweglichen Systeme zu steuern und zu überwachen.

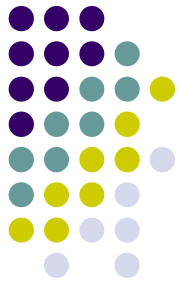
Mobile Systeme



Beteiligte Professuren

- Nutzen und Benutzung mobiler Anwendungen:
Prof. Hampe
- Modellbildung und Diagnose: Prof. Lautenbach
- Elektrotechnische Grundlagen und Vernetzung:
Prof. Steigner
- Echtzeitsysteme, autonomes und assistiertes
Fahren: Prof. Zöbel

Vertiefung Mobile Systeme



Stand: Mitte 2005

- Beginn: 2001
- etwa 35 Studenten auf 5 Semester verteilt
- einige bereits diplomiert oder bei der Diplomarbeit
- Anfragen aus der Industrie (wesentlich KFZ- und Zulieferindustrie)



Arbeitsgruppe Zöbel

Stand: Mitte 2005

- 4 wiss. Mitarbeiter, zahlreiche Studenten
- Arbeitsgebiet Echtzeitsysteme: Echtzeit-Planung, Validierung von Echtzeit-Betriebssystemen und Systematik der Entwicklung eingebetteter Anwendungen
- Autonomes Fahren (EZauto) sowie verschiedene Fahr(er)assistenz-Anwendungen

Projekt EZauto

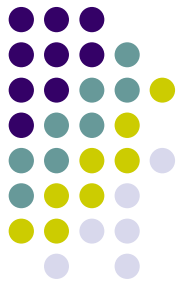


Beginn 1998

Allgemeine Zielsetzung:

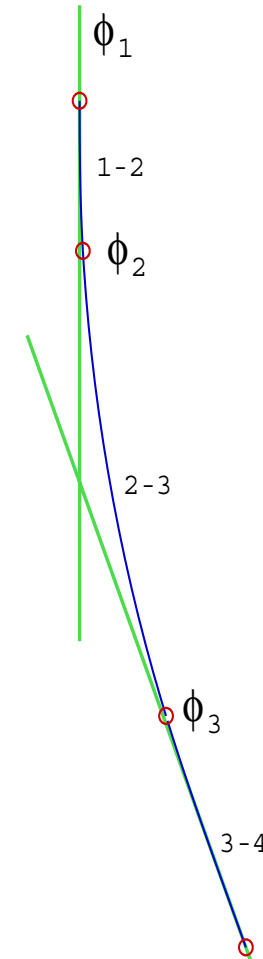
**Autonomes Fahren
von Serienfahrzeugen
im Gespann
mit hoher Präzision
vorwärts wie rückwärts**



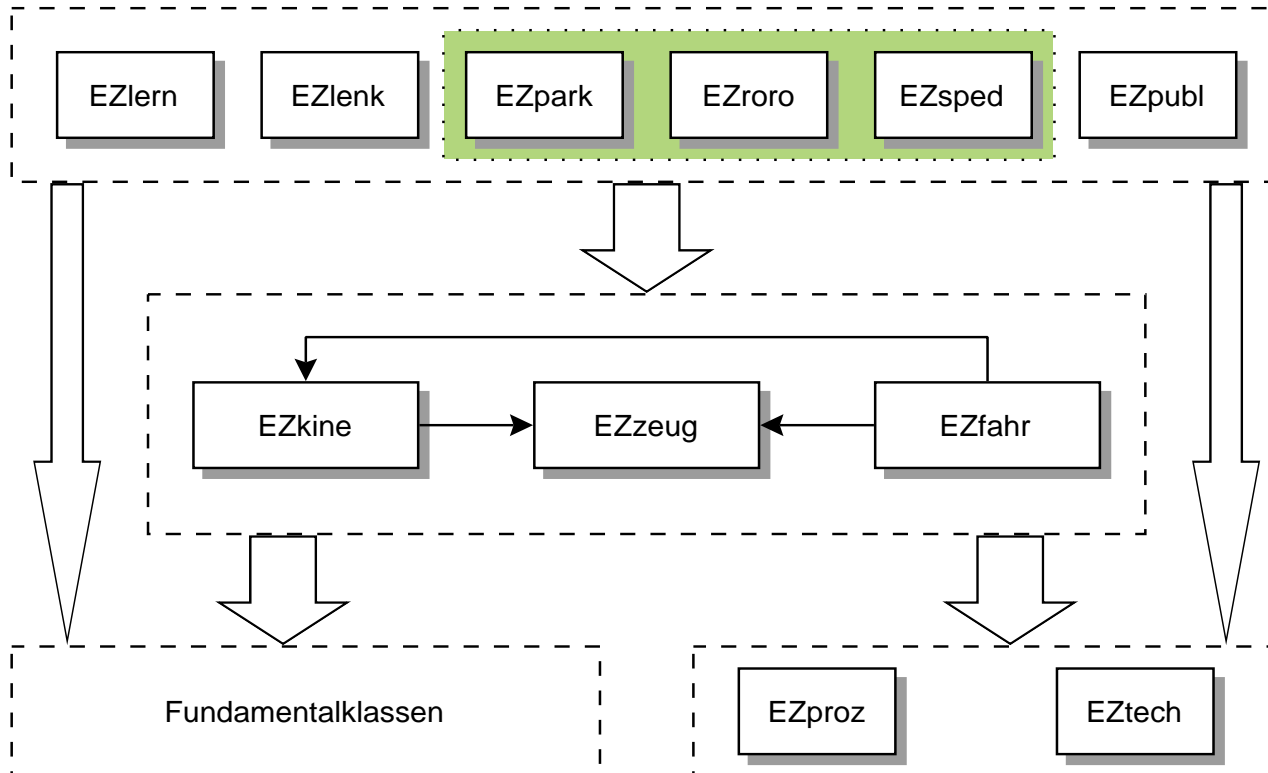
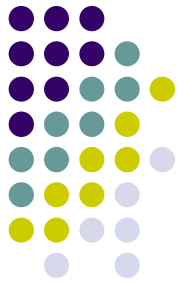


Autonomes Fahren

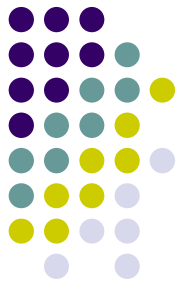
- Planung der Bewegung von Fahrzeugen
- Berechnung von fahrbaren Trajektorien
- Modellierung von Hindernissen
- Sicheres und präzises Fahren
- Einhaltung von Echtzeitbedingungen



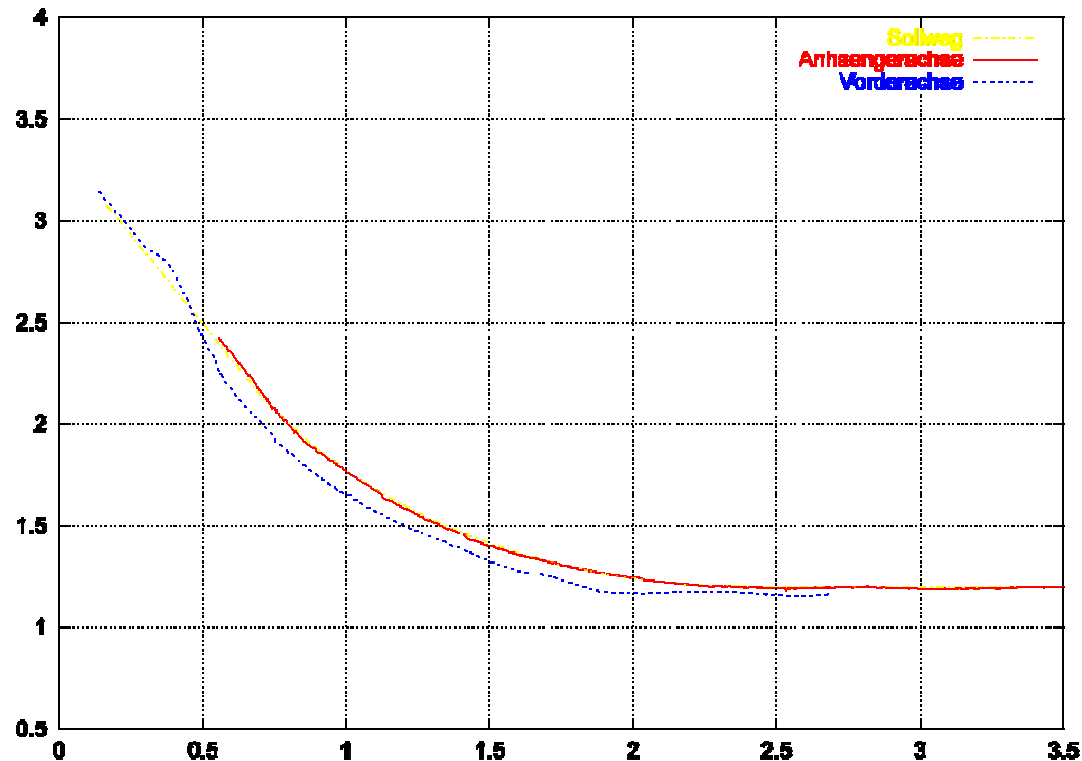
Softwarearchitektur EZauto

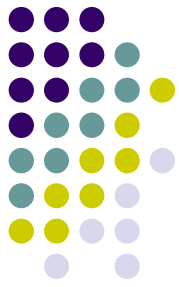


Ausführung präziser Fahrmanöver



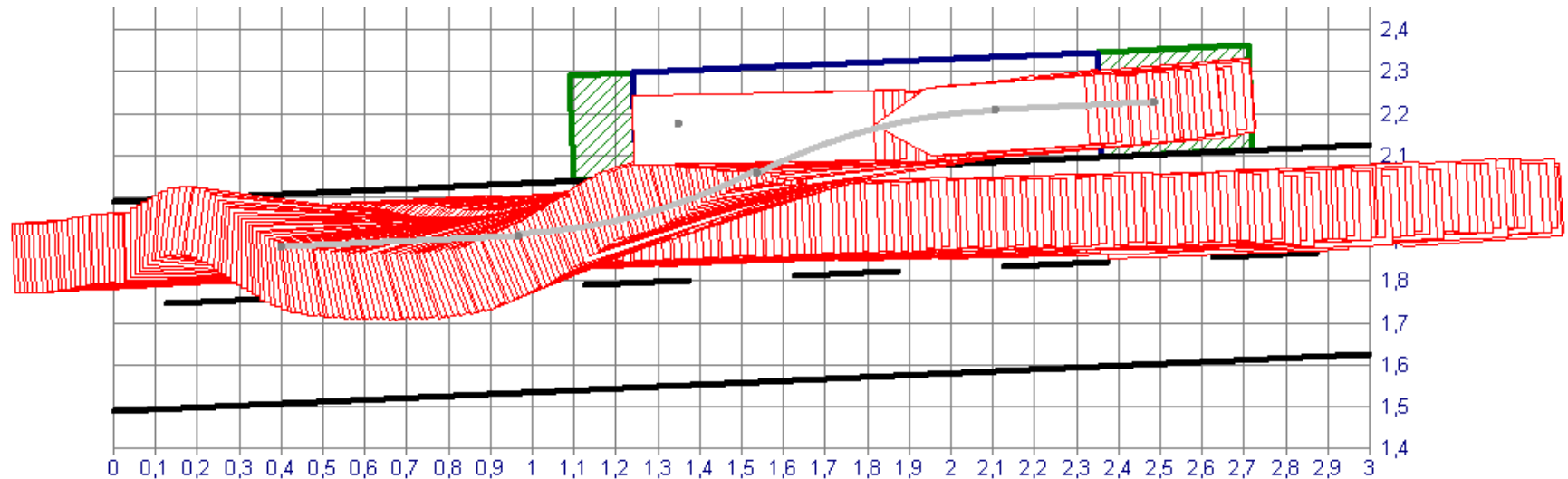
Z.B: Rückwärtiges Heranfahren an eine Laderampe mit einem LKW mit Einachsanhänger

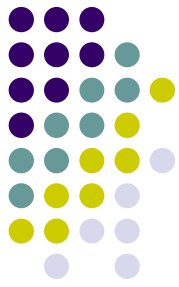




Teilprojekt EZpark

- Planung der Bewegung eines Gespanns beim rückwärtigen Einparken
- Fahrassistenzsystem für das fahrerüberwachte Einparken von Gespannen





Teilprojekt EZlenk

Fahrassistenz beim Rückwärtsfahren mit Anhänger

- Photogrammetrische Vermessung des Einknickwinkels
- Akustische, visuelle und/oder haptische Mensch-Maschine-Schnittstelle



Teilprojekt EZlern



- Fahrlern-Simulator
- Kognition, Motorik und Didaktik des Rangierens mit Gespannen
- Integration der Grundfahraufgaben bei Fahrprüfungen





Teilprojekt EZsped

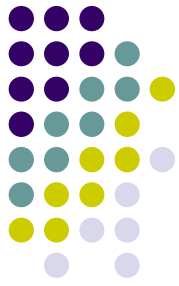
Automatisierung von Abläufen auf einem Speditionshof

- Automatisches Heranfahren an Laderampen
- Automatisches Betanken und Waschen
- Anfahren von Bereitstellungspositionen

Umfassende Herausforderung auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen



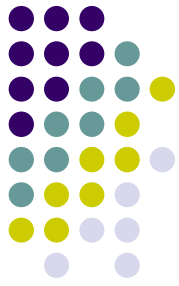
Bezüge zu Betriebssystemen



Methoden die beim autonomen Fahren eine Rolle spielen und auch in die Lehre von Betriebssystemen eingehen:

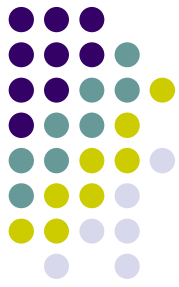
- Disposition von Transportfahrzeugen (ähnlich zu SSTF, HRTN, ...)
- Deadlocks bei Kreuzungen und Stellplätzen
- Leistungsanalyse (z.B. mit Warteschlangen)

Teilprojekt EZrola



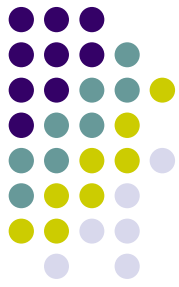
- „Rollende Landstraße“
- Seit Oktober 2002
- Automatischer Betrieb eines Umschlagbahnhofs für Serientransportfahrzeuge (LKW-Gespanne aller Art)
- Integration in ein betriebswirtschaftlich, ökologisch und gesellschaftlich tragfähiges Konzept

Technische Basis von EZrola



- Standardisierte Schnittstelle zum Fahren von Serientransportfahrzeugen
- Multimodale Techniken der Positionsbestimmung
- Leistungsfähige Kommunikationstechnik zwischen Fahrzeugen und Leitstand
- Softwarebibliothek von EZauto, insbesondere EZkine, EZzeug und EZfahr

2. Die rollende Landstraße heute

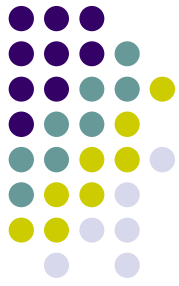


Stimmungsbild zur rollenden Landstraße heute

- ... ein politisches Kind ...
- ... ungünstige Energiebilanz ...
- ... ist ein Auslaufmodell ...

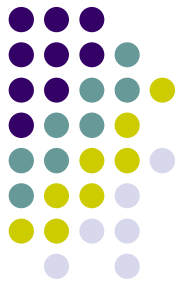
Warum gerade die rollende Landstraße?

2.



Momentaufnahme rollende Landstraße (rola)

- Wenige Strecken europaweit in Betrieb, z.B. Manching-Brennersee oder Bourgneuf-Orbassano
- Wenige Betreiber, z.B. Kombiverkehr oder RAAlpin
- Transportvolumen leicht fallend
- Gleichsetzung: rollende Landstraße = begleiteter Kombiverkehr



2.

Formen des kombinierten Verkehrs

Rola eine von vielen Formen des kombinierten Verkehrs

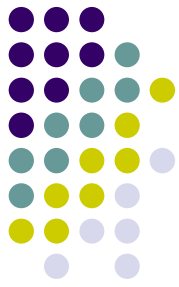
- Rola-Transportverkehr mit begleitenden Fahrern
- Transport von Sattelanhängern
- Transport von Wechselbehältern
- Road-Railer: verkoppelte Sattelanhänger
- ...



2.

Parameter für die Energiebilanz im Vergleich kombinierter Verkehrsformen

- Leergewicht der Transportwaggons
- Verhältnis Nutzlast/Gesamtlast
- Aufwand beim Umschlag
- Energieverbrauch beim Transport
- Kapazität der Transportstrecken
- ...

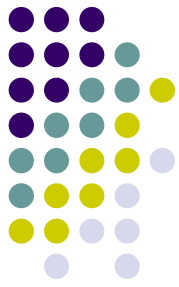


2.

Ergebnis einer Studie zur Energiebilanz der BGL (Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung):

Kombiverkehr nur im Vorteil bei

- geringem Vor- und Nachlauf
- hoher Auslastung der Züge
- hinreichender Streckenlänge



2.

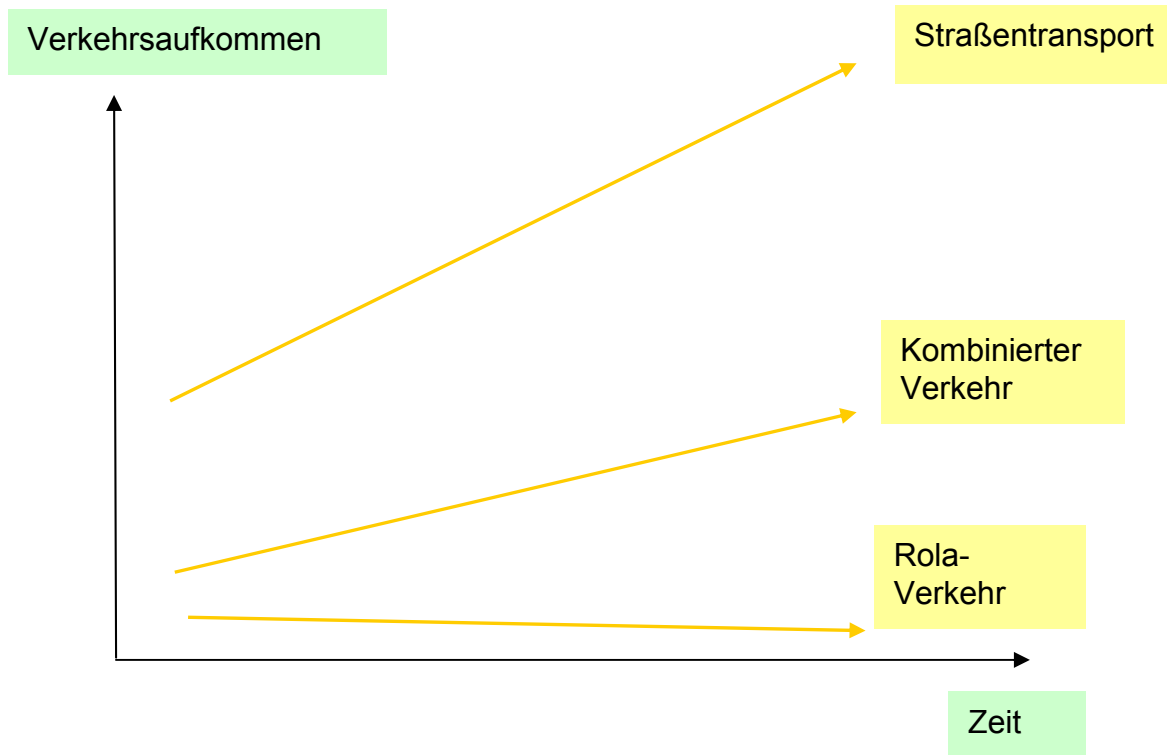
Abschneiden der rollenden Landstraße im Rahmen der obigen Studie:

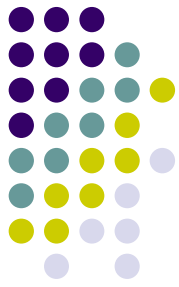
- Emissionen knapp unter denen der Straße
- große Anteile des Vor- und Nachlaufs am Transportweg
- Schlechtestes Verhältnis Nutzlast/Gesamtlast



2.

Diagramm zur Tendenz der Entwicklung des landgebundenen Transportaufkommens





2.

Grobe Maßzahlen zu den verschiedenen Formen des landgebundenen Transports

Nutzlast bei einem 600m langen Zug:

- ~600t bei Rola-Verkehr
- ~1000t bei Wechselbehältern

Verhältnis Nutzlast/Gesamtlast:

- ~65% bei Straßentransport
- ~40% bei Rola-Verkehr

Dennoch: Primärenergieverbrauch beim Rola-Verkehr nur 60% - 90% des Straßenverkehrs

3. Stand der Technik beim Autonomen Fahren



Betroffene Themengebiete:

- Kinematik und Kinetik von Fahrzeugen
- Kontrolliertes Abfahren von Trajektorien
- Vielfältige Techniken der Positionsbestimmung
- Leistungsfähige und sichere Kommunikationstechnik
- Standardisierte Schnittstelle zum Fahren von Serientransportfahrzeugen



3.

Zur Kinematik und Kinetik von Fahrzeugen:

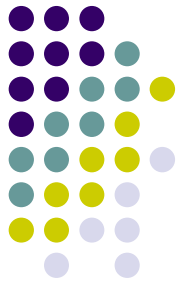
In der Fachliteratur:

- Standardisierte Modellierung von Fahrzeugen
- Weitläufige Theorie der Bewegung von Gespannen
- Techniken zur Generierung von Trajektorien

Eigene Ergebnisse:

- Kontrolliertes Fahren von Gespannen mit hoher Präzision vor- und rückwärts
- Sicheres und präzises Fahren unter Einhaltung von Echtzeitbedingungen

3.



Alternativen bei der Positionsbestimmung

- DGPS (differential GPS)
- Verschiedene Formen der Laser-basierten Positions- und Orientierungsbestimmung
- Odometrie
- Trägheitsnavigation (Gyroskope)
- Abstandsmessung (Infrarot, Licht, Radar)
- Profilerkennung (Laser, Radar)
- Bilderkennung
- ...



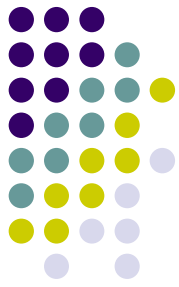
3.

Randbedingungen der Kommunikation

- Technologie: Drahtlose Kommunikation
- Sternstruktur: ein Leitstand mit n Transportfahrzeugen
- Reichweite: $\sim 1\text{km}$
- Datenrate: $> 1\text{MBit}$

Alternativen der Kommunikation

- Z.B.: Wireless LAN
- Als Rückfallsystem z.B.: GPRS



3.

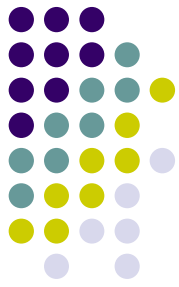
Standardisierte Schnittstelle bei heutigen LKWs

Zum Fahren: Schnittstelle für alle Bedienelemente im Führerhaus

- Lenkung (Steer by Wire)
- Gas, Bremse
- ...

Zur Positionsbestimmung:

- Infrarot-Abstandsmesser
- Odometrische Daten von allen Rädern
- ...



2.

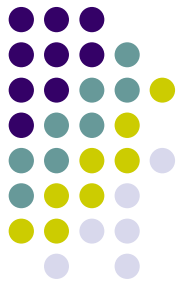
Beispiele für Autonomes Fahren

Verfolgung im öffentlichen Verkehr:

- Elektronische Deichsel
- EFAS-Projekt von LKW-Konvois
- BRT-Projekt von Bus-Konvois
- ...

Autonomie im nicht-öffentlichen Verkehr:

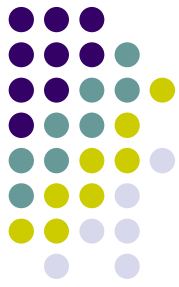
- Fahrerlose Transportsysteme
- Werksverkehr bei der Fa. Uzin
- Hafenautomatisierung z.B. in Hamburg
-



4. Konzept EZrola

Technische Voraussetzungen

- Redundante Positionsbestimmung
- Redundante Kommunikationstechnik
- Autonomes Fahren mit hoher Sicherheit und Präzision
- Koordination einer Vielzahl von gleichzeitig fahrenden Transportfahrzeugen
- Einfache Integrierbarkeit des autonomen Fahrens in Serien-LKWs (vergleichbar mit den OBU's)



4.

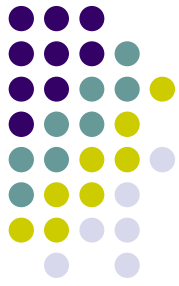
Zentrale Fähigkeit von EZrola:

Autonome Beweglichkeit der Transporteinheiten

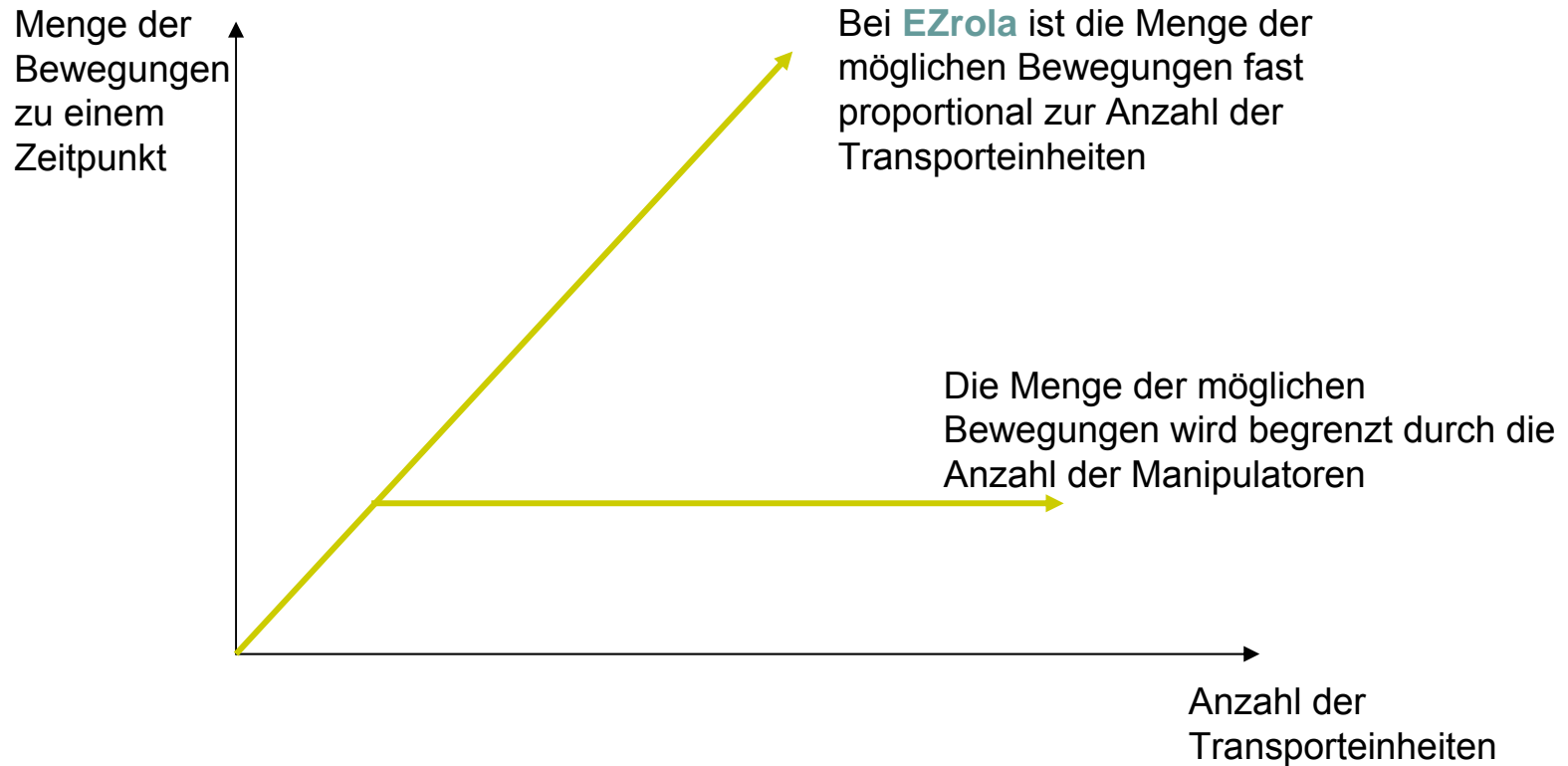
Im Gegensatz zu allen anderen Formen des Kombiverkehrs bringen die LKW's die Fähigkeit mit, sich selbst bewegen zu können.

Unter diesem Aspekt ist die Kernaufgabe von EZrola die koordinierte Bewegung vieler LKW's.

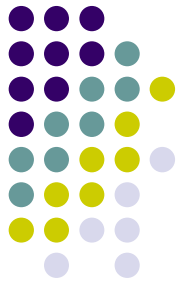
4.



Vergleich EZrola mit anderen Formen des Kombiverkehrs



4.

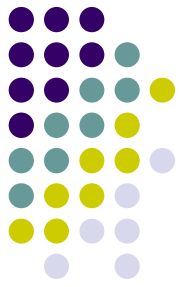


EZrola als Summe folgender Eigenschaften:



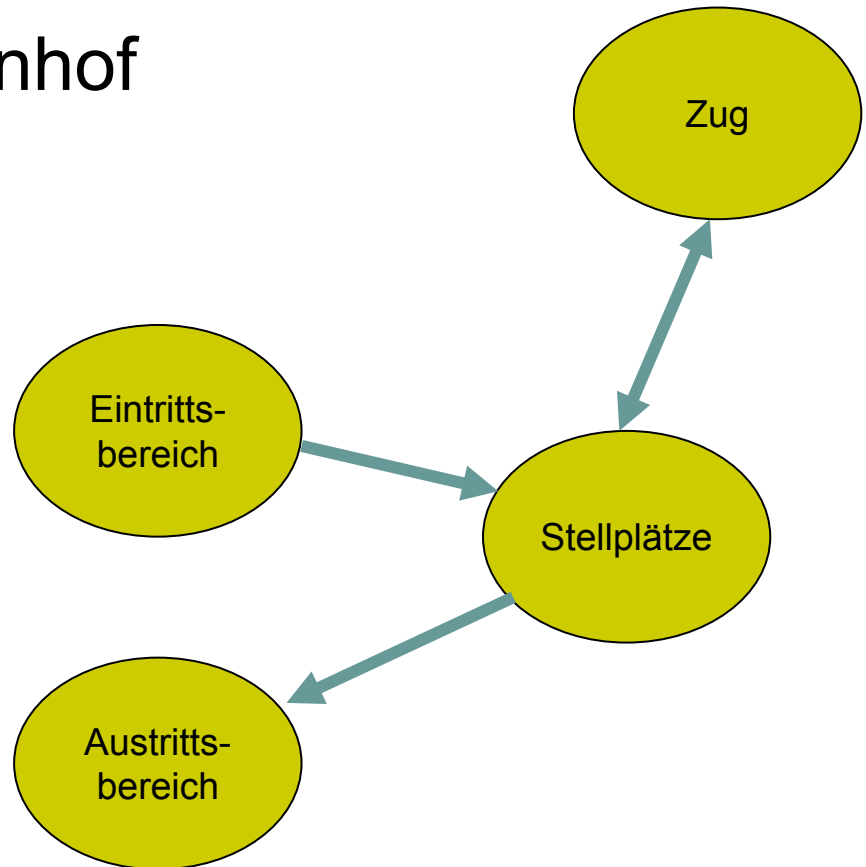
- Fähigkeiten heutiger Serien-LKWs
- Stand der Technik im autonomen Fahren
- Unbegleiteter Rola-Verkehr
- Netzwerk von Rola-Umschlagbahnhöfen

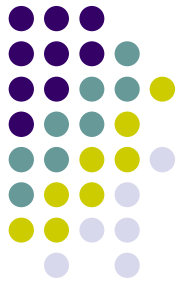
4.



EZrola Umschlagbahnhof

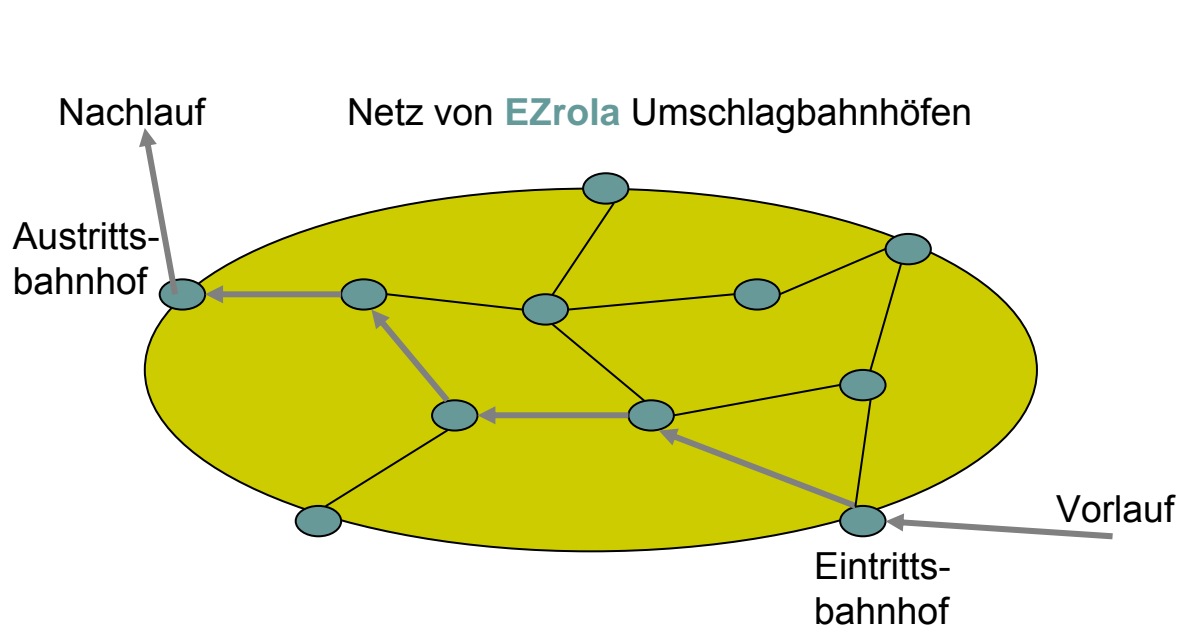
- Autonome Fahrt von von Lkw-gespannen aller Art
- Weitere Möglichkeit: Lafetten zum An- und Abkuppeln sowie zum Transport von Sattelaufliegern



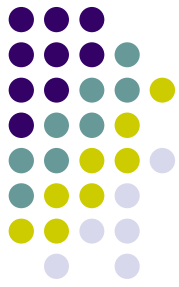


4.

Netzwerk von EZrola-Umschlagbahnhöfen



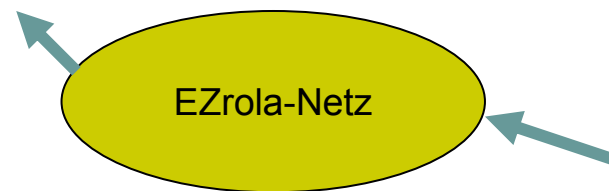
Fahrer werden nur für den Vor- und Nachlauf gebraucht



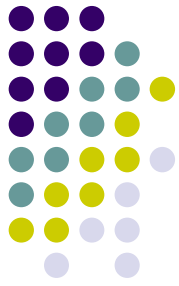
4.

Konzept vernetzter EZrola-Umschlagbahnhöfe

- Fahrer nur für den Vor- und Nachlauf
- Vollautomatisches Prüfen und Verladen des LKW beim Eintrittsbahnhof
- Vollautomatisches Ent- und Beladen des LKW auf den inneren Umschlagbahnhöfen
- Vollautomatisches Entladen und Bereitstellen des LKW am Austrittsbahnhof



4.



Perspektiven des EZrola-Verkehrs

- Gewinn an Disponibilität (24-Stunden-Betrieb, 7 Tage pro Woche)
- Verringerung des Schwerverkehrs und Reduktion des Schadstoffausstoßes (Nachhaltigkeits-offensive der EU)
- Schnellere Transporte über weitere Strecken (Korrelation von Transportmaterial und Transportgeschwindigkeit nach *Satz von Little*)
- Durchgängigkeit mit dem autonomen Verkehr auf Speditionshöfen oder mit autonomen Werksverkehr (z.B. Firma Uzin)

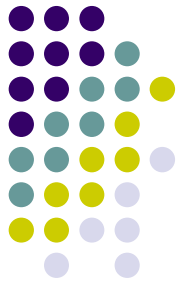


4.

Bemessung der Abstände zwischen EZrola-Umschlagbahnhöfen

- Geringe Vor- und Nachlaufstrecken
- Angemessenes Verhältnis von Be- und Entladezeiten im Verhältnis zu den Fahrtzeiten zwischen Umschlagbahnhöfen
- Berücksichtigung geographischer Gegebenheiten (Gebirge, Spurwechsel, Hafen)
- Berücksichtigung vorhandener Bahn-Infrastruktur und des Transportaufkommens (Einzugsgebiete)

4.



EZrola im Kontext von EZauto:

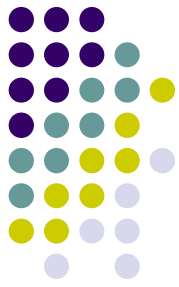
- Existenz einer softwaretechnischen Infrastruktur
- Erfahrungen mit autonomen Fahrzeugen
- Vorführbarkeit von Referenzanwendungen
- Erfahrbarkeit der Projektkomplexität
- Ermittlung wichtiger Systemparameter (z.B. ermittelt durch Simulation)



4.

EZrola im Kontext des kombinierten Verkehrs

- Tragfähiges, nachhaltiges Verkehrskonzept
- Kompatibilität mit allen anderen Formen des LKW-gebundenen kombinierten Verkehrs
- Kombinierbarkeit mit anderen Anwendungsszenarien wie Speditionshöfe oder Hafenanlagen



5. Projektpraktikum PProla

Aufgabenstellung

Primärziele:

- Modellierung und Simulation des Betriebs eines Umschlagbahnhofs
- Visualisierung der dezidierten Abläufe
- Ableitung von Leistungsmerkmalen
- Exemplarische Realisierung von Fahr- und Belegungs- und Umgehungsstrategien

Sekundärziele: Anwendung der Ergebnisse aus den Primärzielen für die Vernetzung der Umschlagbahnhöfe

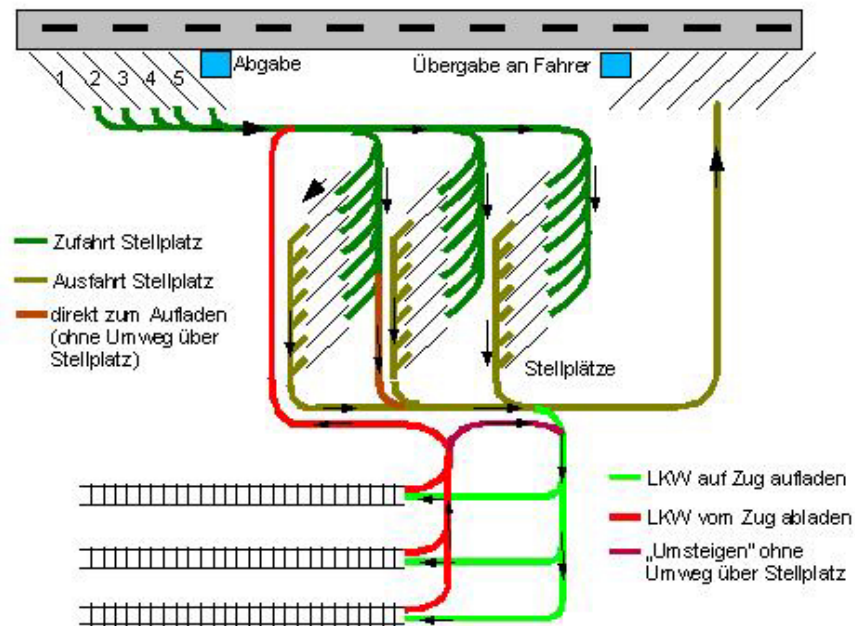


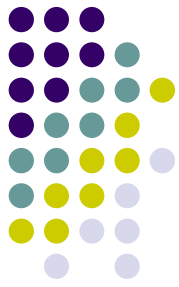
5.

Modellierung des Betriebs eines EZrola-Umschlagbahnhofs

Funktionale Aufteilung:

- Eintritt, Austritt
- Prüfstrecke
- Stellplätze
- Fahrwege
- Rampenbereich
- Gleise
- Leitstand
- Sonderflächen

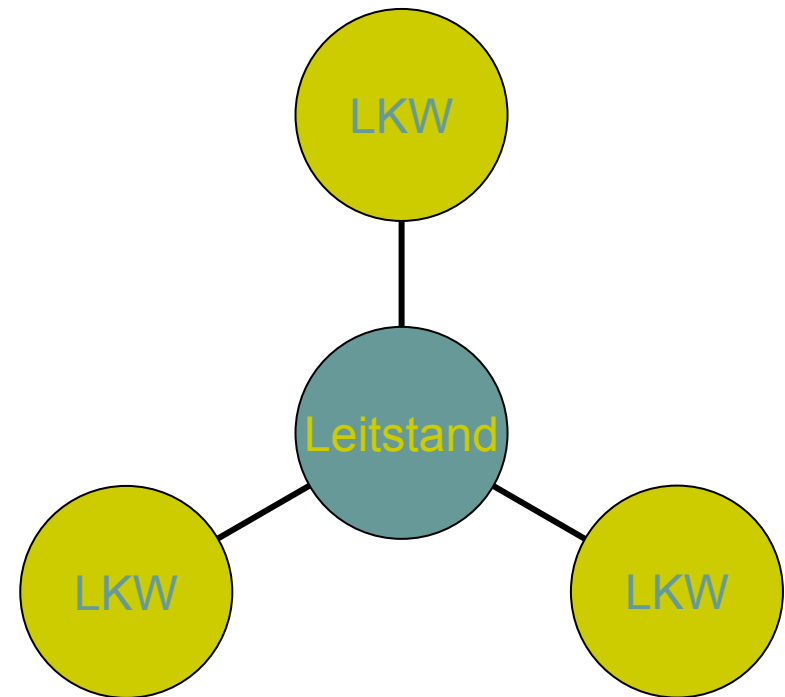




5.

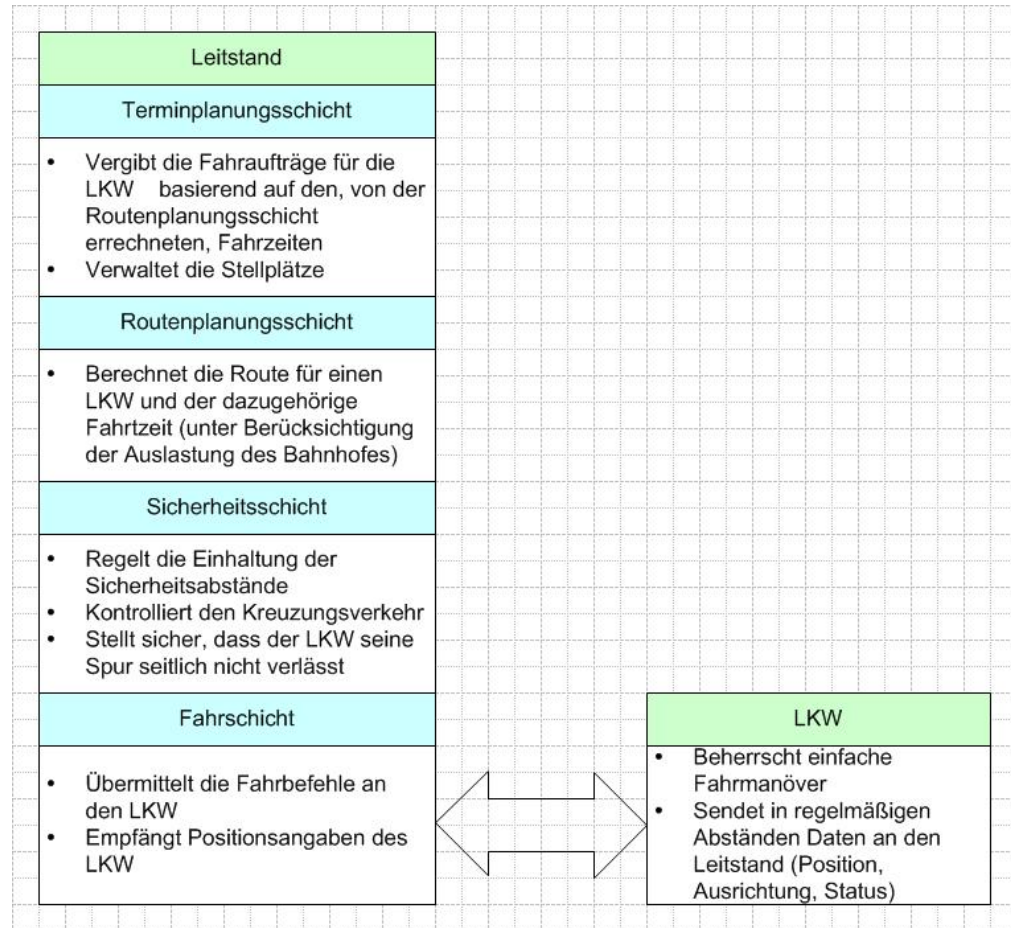
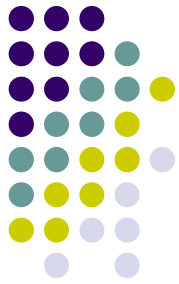
Funktionale Zerlegung des Betriebs eines EZrola-Umschlagbahnhofs

- Leitstand mit den Funktionen Terminplanung, Routenplanung, Sicherungsplanung und Fahrplanung
- LKWs mit dem autonomen Fahren



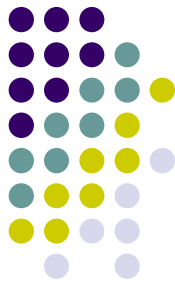
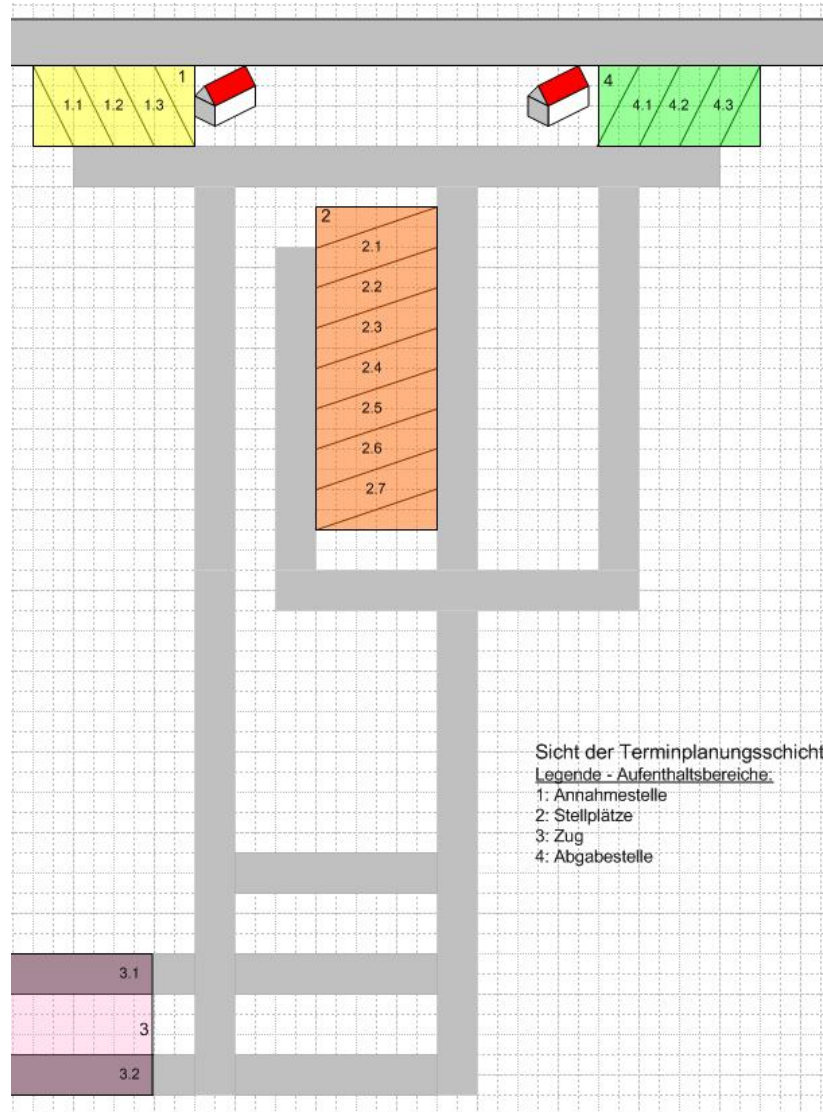
5.

Schichtenmodell der Softwarearchitektur von EZrola beim Betrieb von Umschlagbahnhöfen



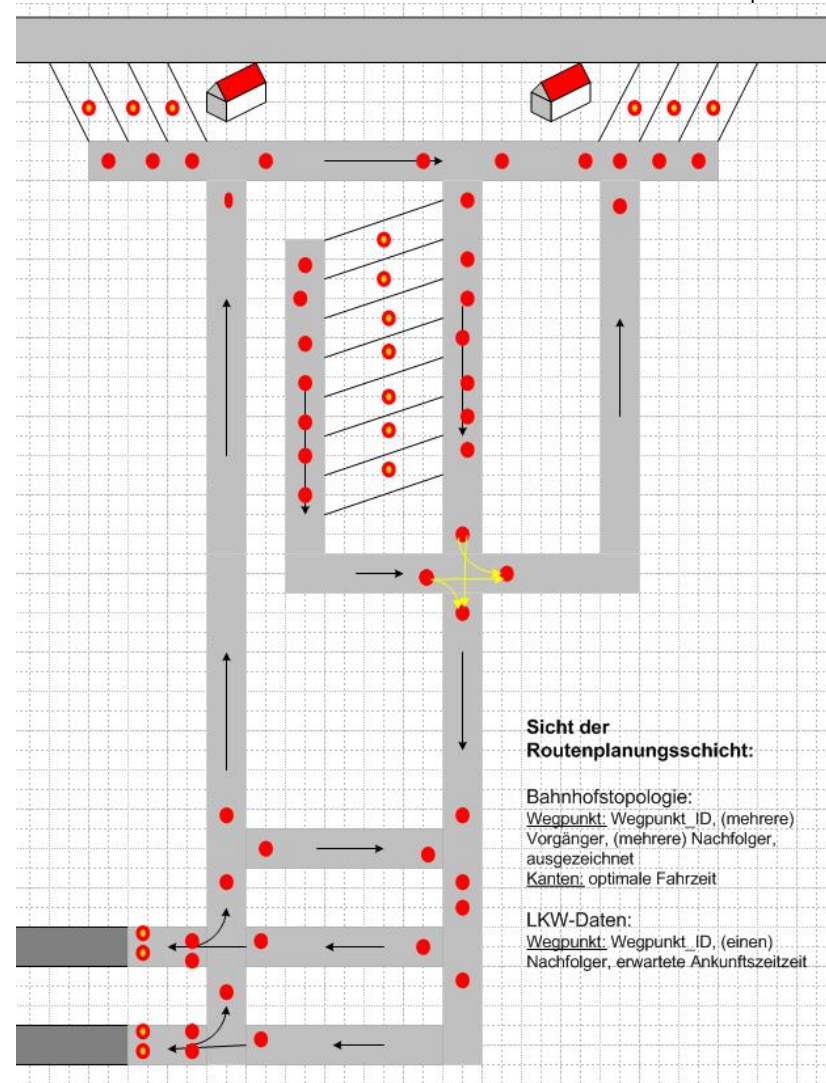
5.

Sicht der Termin- planungs- schicht



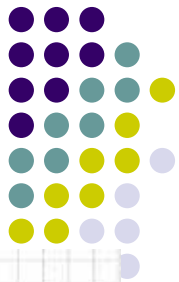
5.

Sicht der Routenplanungsschicht



5.

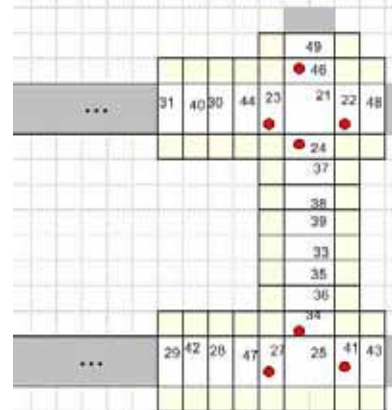
Sicht der Sicherungsschicht



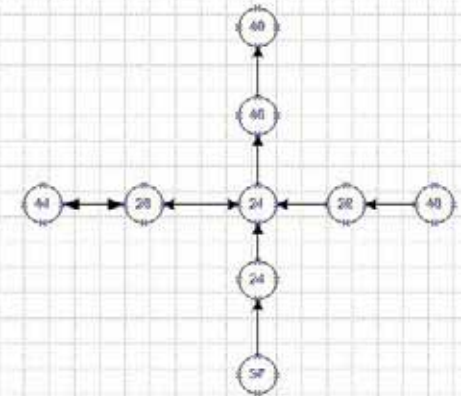
Sicht der Sicherheitsschicht:

- a) Aufteilung der Straße in Sektoren
- b) Darstellung der Sektoren als Graph

a)



b)



Bahnstopologie:

Sektor: Sektor_ID, 4 Koordinaten, (mehrere direkte) Vorgänger, (mehrere direkte) Nachfolger, (zugeordneter Wegpunkt)

LKW-Daten:

Sektor: Sektor_ID

Sektor-Belegung:

Sektor_ID, LKW_ID, ausgefallen

5.

Sicht der Fahr- schicht

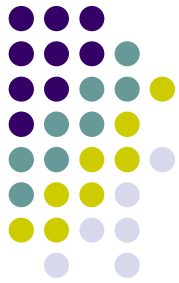
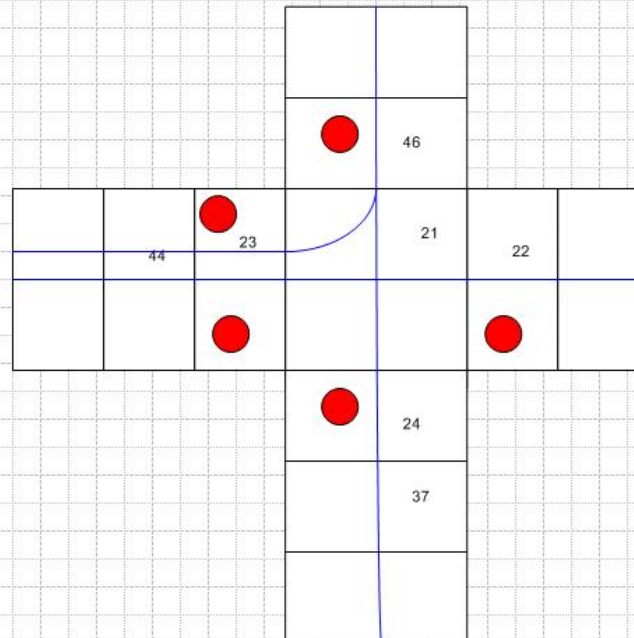
Sicht der Fahrschicht:

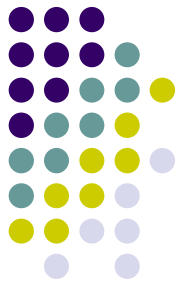
Bahnstopologie:

Trajektorie: Trajektorien_ID, alle direkten Nachfolger, Start_Koordinaten, End_Koordinaten, (Scheitelpunkt)

LKW-Daten:

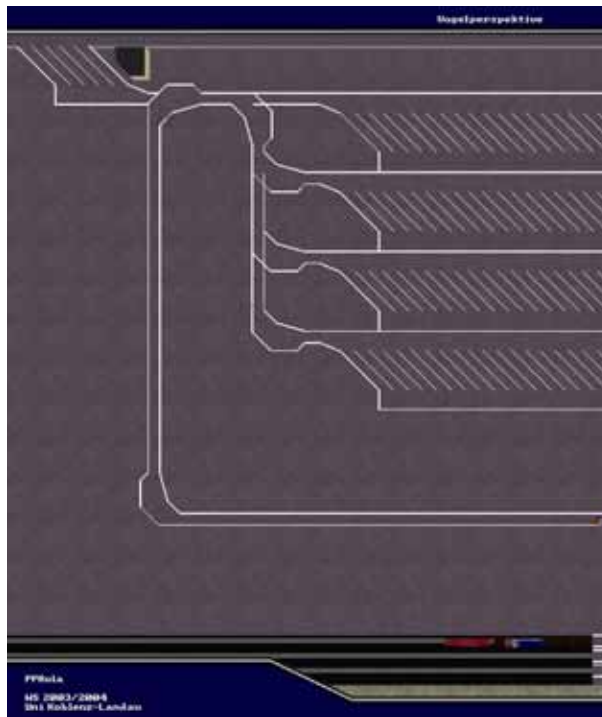
Trajektorie: Liste von Koordinaten

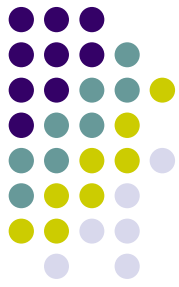




5.

3D-Simulation des Betriebs eines EZrola-Umschlagbahnhofs





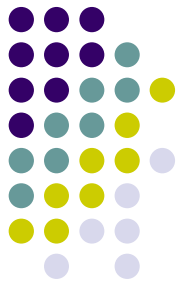
5.

Primärziel: Ableitung von Leistungsmerkmalen

z.B.:

Be- und Entladen eines
EZrola-Zuges in 30 Minuten

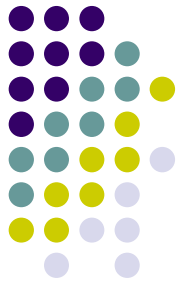
Sekundärziel: Nutzung dieser Ergebnisse für den
Betrieb eines Netzes von Umschlagbahnhöfen



6. Hemmnisse für EZrola

Grundlegende Gesichtspunkte

- Bild der rollenden Landstraße heute
- Europäische Dimension des Projektes
- Tiefgreifende Koordination des Transportbetriebs von unterschiedlichen Betreibern (Speditionen, Netzbetreiber, technische Zulieferer)
- Bahntechnische Hindernisse
- Anfälligkeit von EZrola gegen innere und äußere Einflüsse
- Widerspruch der Fahrer

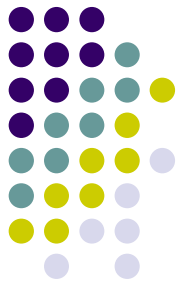


6.

Bahntechnische Hindernisse

- Automatische Sicherung der Fahrzeuge
- Automatische Brückenbildung zwischen Niederbordwagen
- Automatische Brückenbildung mit der Rampe
- Störung des Funkverkehrs Leitstand-LKW
- ...

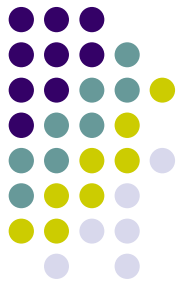
Mangelnde Sachkenntnisse zu bahntechnischen Gegebenheiten und Abläufen



7. Beförderung von EZrola

Argumente für die Einführung von EZrola

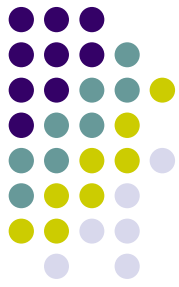
- Weitgehender Rückgriff auf existierende Infrastruktur
- Vergleichsweise geringe Ausbaukosten für Infrastruktur
- Geringe Einbaukosten der EZrola-Ausrüstung für Serien-LKWs
- Logistische Synergien
- Senkung der Betriebskosten und Transportkosten
- Positive soziale Aspekte
- Günstigere Energiebilanz
- Einklang mit gesellschaftlichen Zielsetzungen



7.

Weitgehender Rückgriff auf existierende Infrastrukturen

- Nutzung von existierenden Güterbahnhöfen (es liegen große Flächen ungenutzt)
- Nutzung des vorhandenen Schienennetzes
- Nutzung der vorhandenen Niederflurwagen (voraussichtlich ohne Änderungen)
- ...



7.

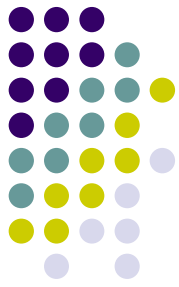
Vergleichsweise geringe Ausbaukosten für Infrastruktur

Für die Umschlagbahnhöfe

- Funktionale Gliederung: Leitstand, ...
- Aufbau eines Kommunikationssystems
- Infrastruktur zur Positionsbestimmung

Für das Netz von Umschlagbahnhöfen

- Disposition von der Frachtkapazität
- Koordination des Zugverkehrs

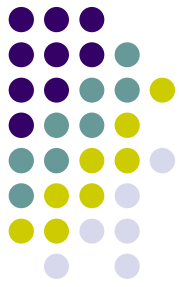


7.

Geringe Einbaukosten der EZrola-Ausrüstung für Serien-LKWs

Ein zentrales Gerät (wie OBU) mit Funktionalität bzw. Anbindung

- Autonomes Fahren
- LKW-Schnittstelle
- Kommunikationssystem
- Positionsbestimmung
- Lokale Sicherheit (Hinderniserkennung)



7.

Logistische Synergien

Mögliche Kooperation und Koordination zwischen
Netzbetreiber und Spedition

- ...
- ...

Ausdehnung des EZrola Konzeptes auf den nicht-
öffentlichen Verkehr bei Speditionen und Logistik-
Zentren

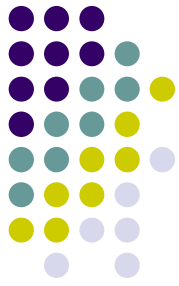
- ...
- ...



7.

Betriebskosten

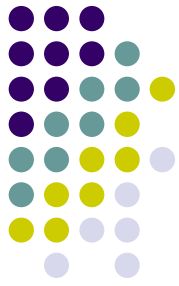
- Transportkosten auf der Straße
- Kosten für den Transport der Fahrer von und zu den Umschlagbahnhöfen
- Transportkosten auf den Bahnstrecken
- Kosten eines Umschlagbahnhofes, aufgegliedert nach operativen Einheiten
- Betrieb einer EZrola-OBU



7.

Logistische Synergien

- Gleiche Technik auf Umschlagbahnhöfen, Hafenanlagen, Speditionshöfen oder Werksgeländen
- Integration logistische und technischer Abläufe
- ...



7.

Positive soziale Aspekte

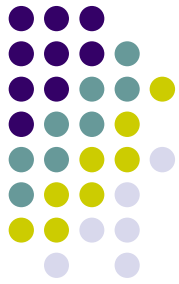
Im Mittelpunkt: die Fahrer

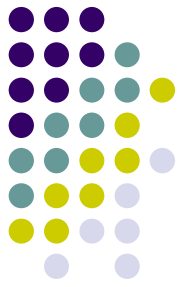
- Entfallen der langen Fahrstrecken
- Entfallen von Ruhepausen und Ablösezeiten
- Höhere Sicherheit
- ...

7.

Günstigere Energiebilanz

...



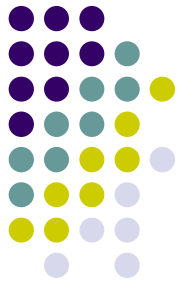


7.

Einklang mit gesellschaftlichen Zielsetzungen

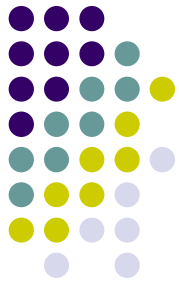
...

8. Entwicklungsperspektiven für EZrola



Gesichtspunkte bei der Einführung von EZrola

- Kristallisationspunkte
- Politische Gesichtspunkte
- Verkehrstechnische Gesichtspunkte
- Logistische Gesichtspunkte
- Geografische Gesichtspunkte
- Ausgangspunkt Alpenregion



8.

Kristallisationspunkte

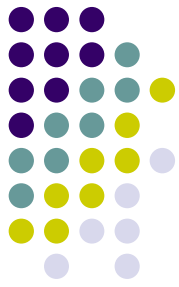
- Wo kann EZrola beginnen?
- Wie kann EZrola sich ausbreiten?
- Sind Mischformen von EZrola und anderen Formen möglich?
- ...

8



Politische Gesichtspunkte

- Verkehrsverlagerungsgesetz in der Schweiz
- Die von der EU propagierte „Nachhaltige Entwicklung“:
Belebung des stagnierenden Schienenverkehrs,
Bremsen des ansteigenden Straßengüterverkehrs
- Straßenverkehrstechnische unterentwickeltes
Osteuropa, insbesondere fehlende Ost-West-
Verkehrsachsen
- ...



8.

Verkehrstechnische Gesichtspunkte

Tunnelprojekte in der Schweiz erzwingen das Verladen von LKWs

- NEAT Lötschberg (2006)
- NEAT St. Gotthard (2012)

Enge Tallagen an den Enden erfordern leistungsfähige Umschlagbahnhöfe

Weitere Projekte: ...

8

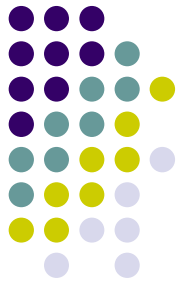


Logistische Gesichtspunkte

Markt kommt für EZrola: Weitverkehr

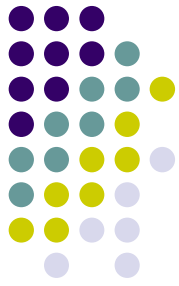
- Je weiter, je eher
- Anteil des Weitverkehrs in [t km]
- Größenordnung: >300km? ...
- ...

8



Geographische u.a. Gesichtspunkte

- Umschlagbahnhöfe an Stelle mit Spurwechsel (z.B. Frankreich-Spanien, Slowakei-Ukraine, ...)
- Umschlag von Schiene auf Schiff und umgekehrt (Rostock - Helsinki, Catania – Tunis)



8.

Ausgangspunkt Alpenregion

- Mehrheit des Rola-Verkehrs heute über die Alpen
- Nutzung vorhandener Infrastrukturen durch EZrola
- Bestes Ökobilanz-Verhältnis bei Höhenunterschieden
- Gesetzgebung der Schweiz und der EU
- ...



9. Zusammenfassung

Stand:

- Technische Machbarkeit weitgehend gesichert (bis auf bahntechnische Aspekte)
- Beantwortung wesentlicher betriebswirtschaftlicher Gesichtspunkte durch PProLa
- Erfassung bahntechnischer Gesichtspunkte im Gang
- Kontakte zu ökologischen und gesellschaftlichen Gruppen in Vorbereitung



9.

Nächste Schritte

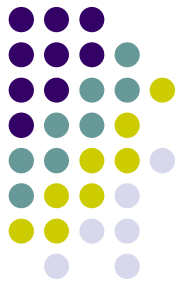
Projektbeschaffung

- Werben um Kooperationspartner
- Bildung eines Konsortiums
- Nationale und/oder europäische Förderung
- Konzeption von Pilot(teil)projekten

Öffentlichkeitsarbeit

- Im wissenschaftlichen Umfeld
- Über die Medien

9.



Anteile der AG-Zöbel:

- Kinematik
- Autonomes Fahren
- Integration in Serien-LKWs
- Rechtzeitigkeit und Sicherheit
- Softwarearchitektur

