

# VanAssist



Interaktives, intelligentes System für autonome fernüberwachte Kleintransporter in der Paketlogistik

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**Fachvortrag zum Projekt VanAssist – Nils Wilken (InES)**

**Kontakt:**

*Nils Wilken*

*wilken@es.uni-mannheim.de*

*Dr. Christian Bartelt*

*bartelt@es.uni-mannheim.de*

**InES** Institute for  
Enterprise  
Systems  
Empowering Digital Transformation



**VanAssist**

# InES im Projekt VanAssist

- **Mobile Kommunikation** zwischen Zusteller und Zustellfahrzeug über eine Smartphone Applikation
- **Intelligente Navigationsassistenz** in Form einer Berechnung einer optimalen Zustellroute für eine Zustelltour im betrachteten Rendezvous-Modus



# Zustellung im Rendezvous- Modus

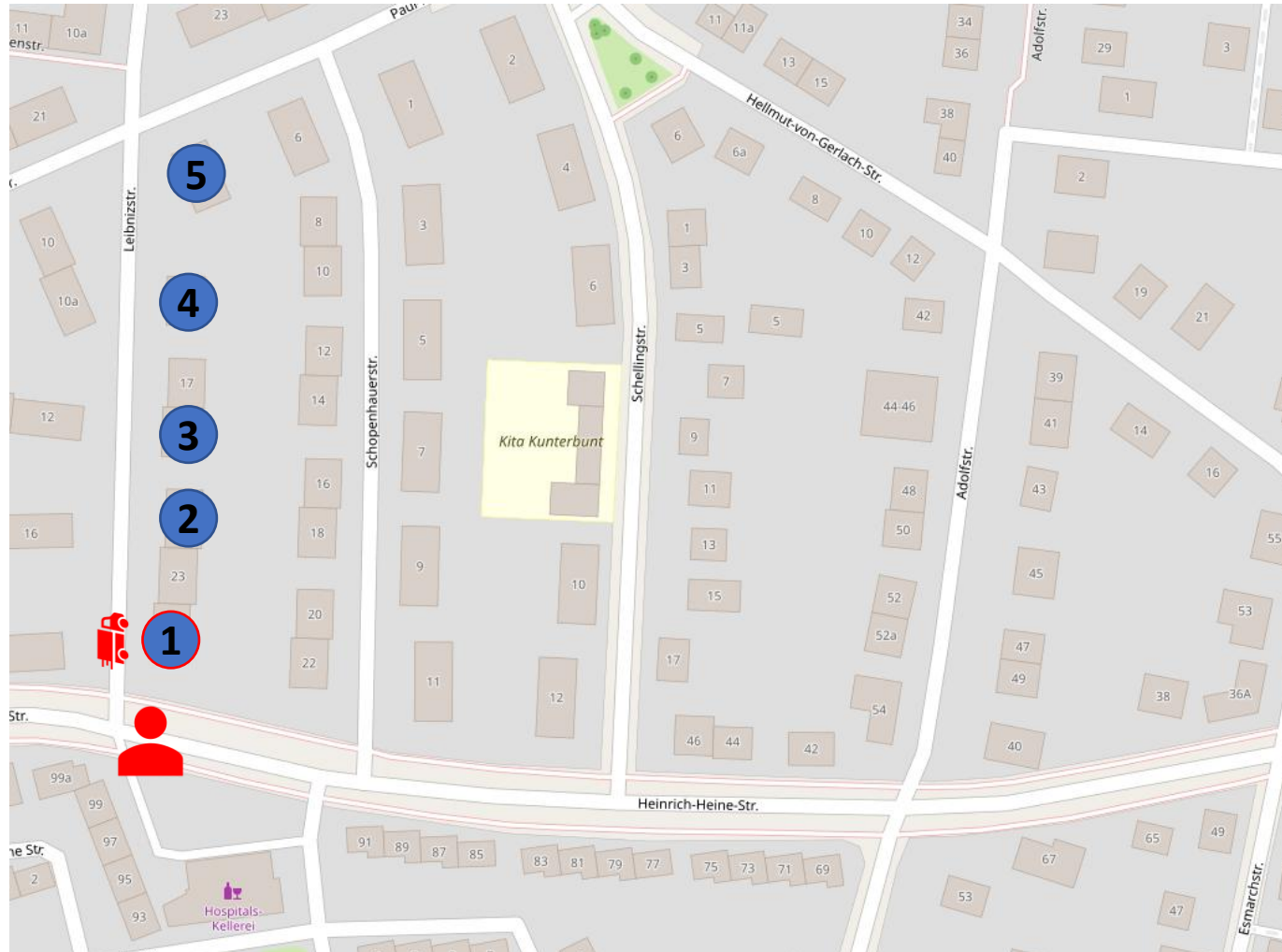
Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

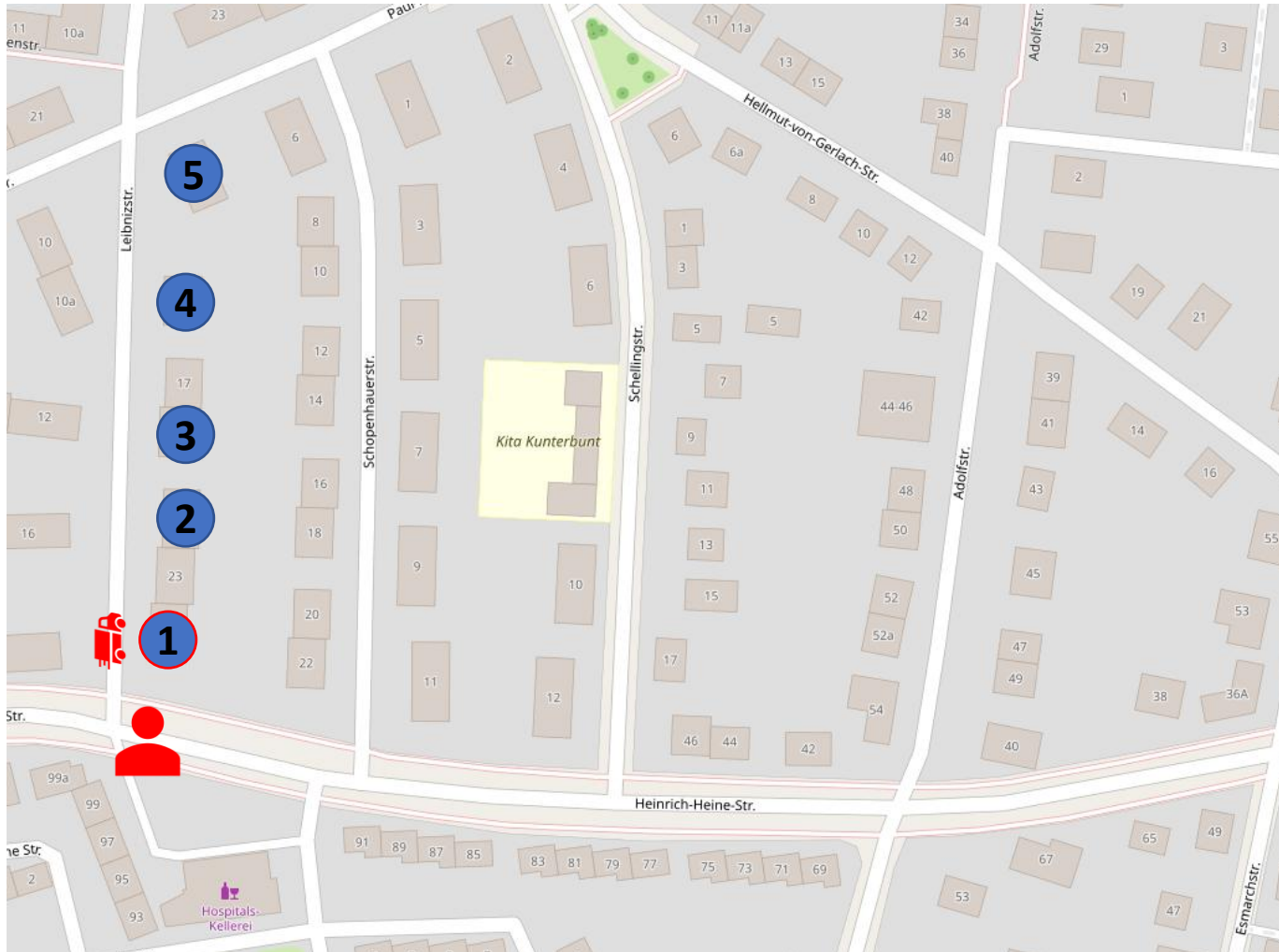
# Zustellung im „Konventionellen“ Modus



## Aufgaben des Zustellers:

1. Parken des Zustellfahrzeugs
2. Verlassen des Fahrzeugs und Entnehmen der Pakete für erste Zustellung
3. Laufen zum Ort der ersten Zustellung
4. Zustellen der Pakete
5. Laufen zurück zum Zustellfahrzeug
6. In das Zustellfahrzeug einsteigen
7. Zu einer Position in der Nähe der nächsten Zustellung fahren

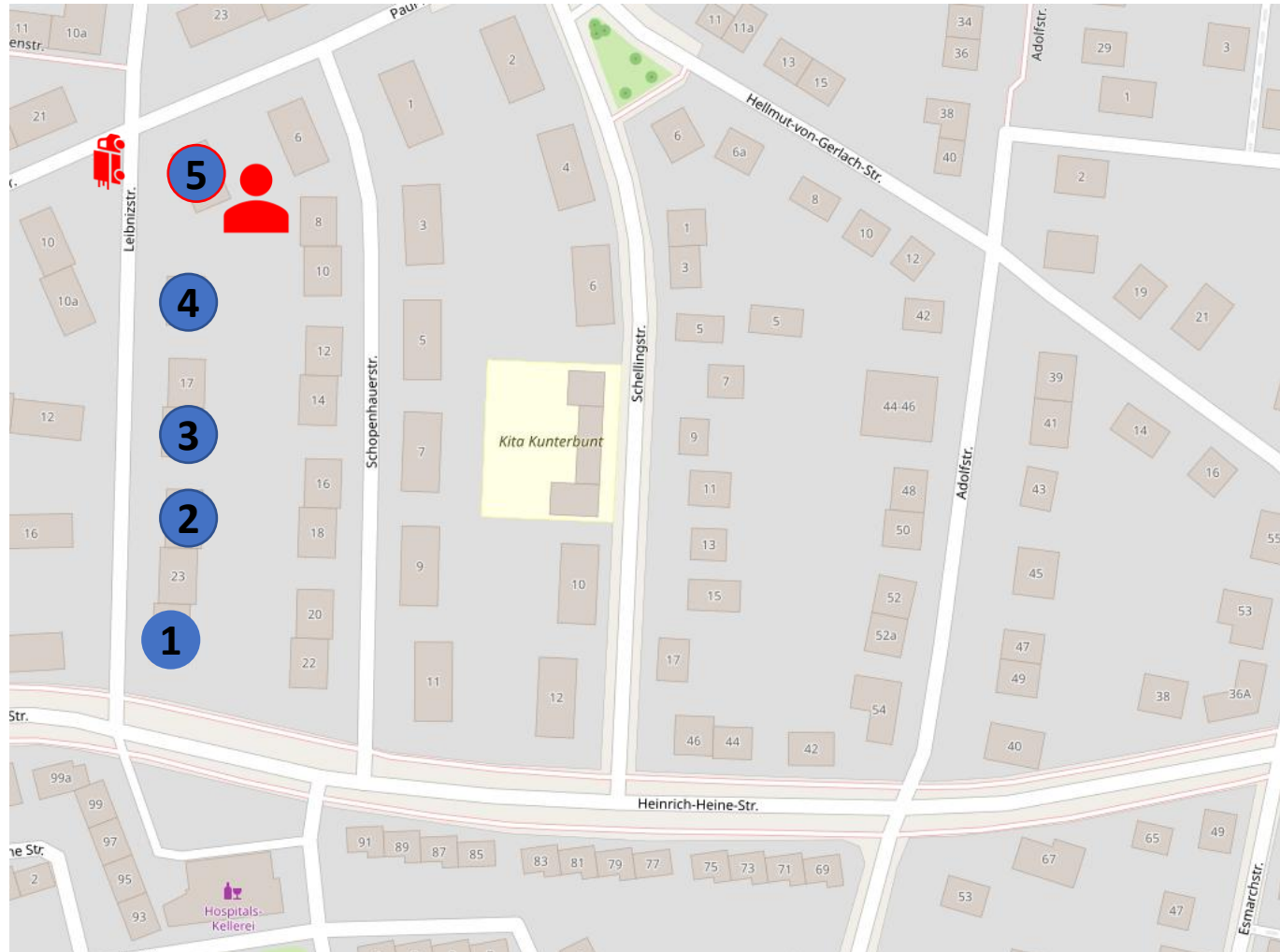
# Zustellung im Rendezvous-Modus



## Aufgaben des Zustellers:

1. Parken des Zustellfahrzeugs
2. Verlassen des Fahrzeugs und Entnehmen der Pakete für die ersten Zustellungen
3. Ablaufen der ersten Kunden inklusive Zustellung der Pakete
4. Laufen zum Fahrzeug

# Zustellung im Rendezvous-Modus



## Aufgaben des Zustellers:

1. Parken des Zustellfahrzeugs
2. Verlassen des Fahrzeugs und Entnehmen der Pakete für die ersten Zustellungen
3. Ablaufen der ersten Kunden inklusive Zustellung der Pakete
4. Laufen zum Fahrzeug

## Aufgaben des Zustellfahrzeugs:

1. Autonomes fahren und parken an einer Position in der Nähe der letzten Zustellung für die der Zusteller ein Paket entnommen hat
2. Warten auf Ankunft des Zustellers

# Mobile Applikation

Gefördert durch:



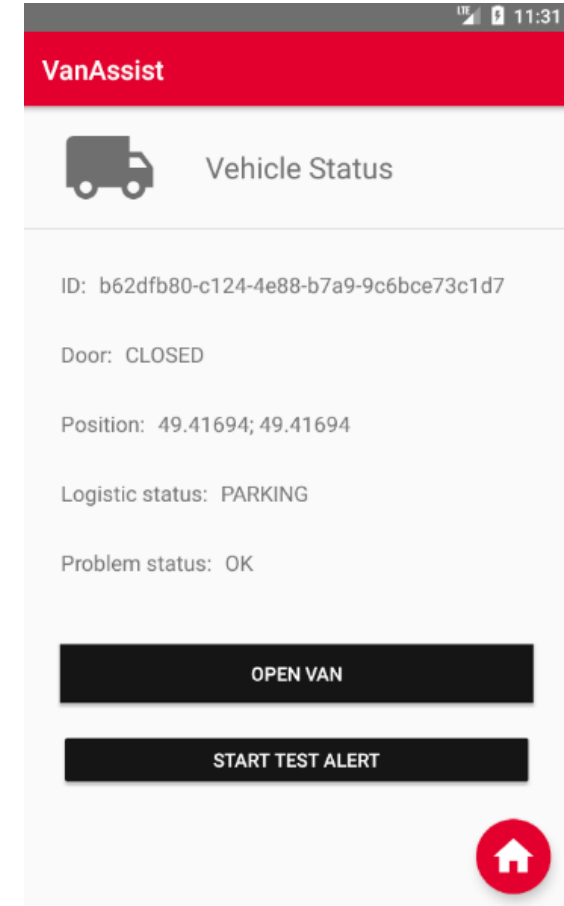
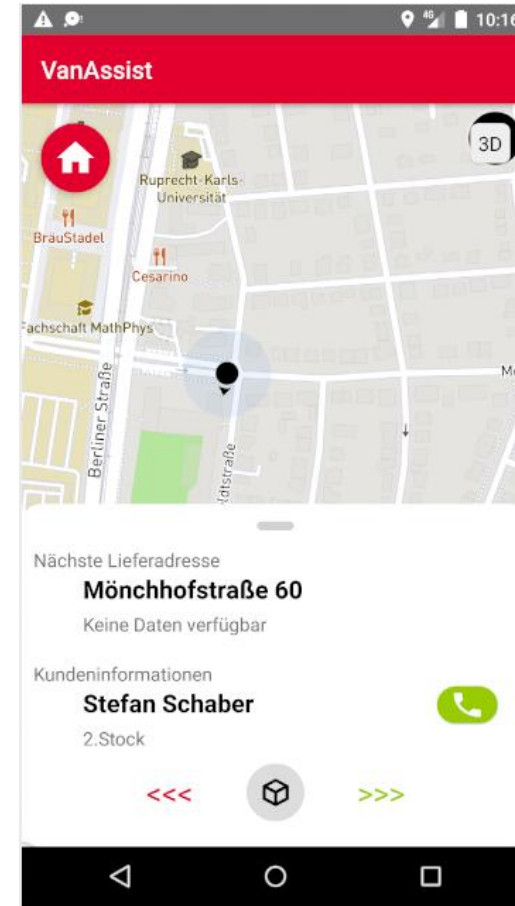
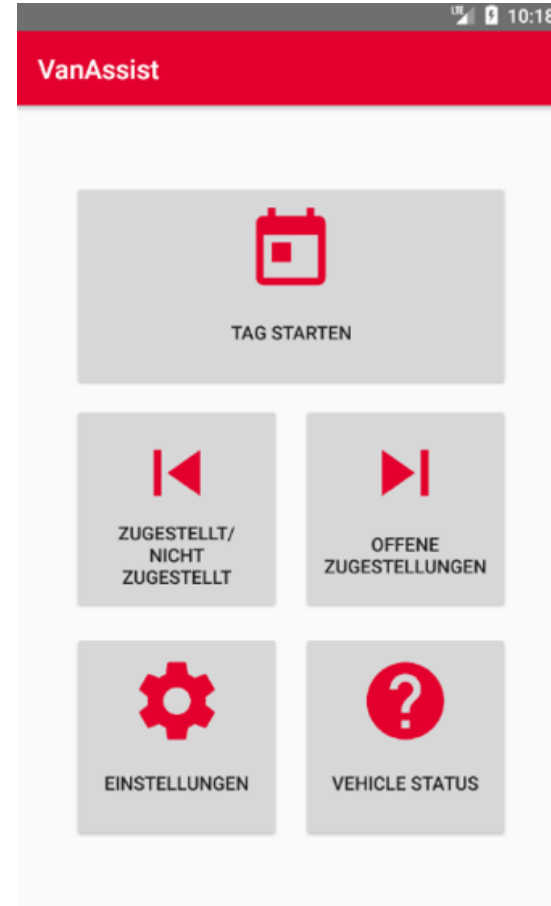
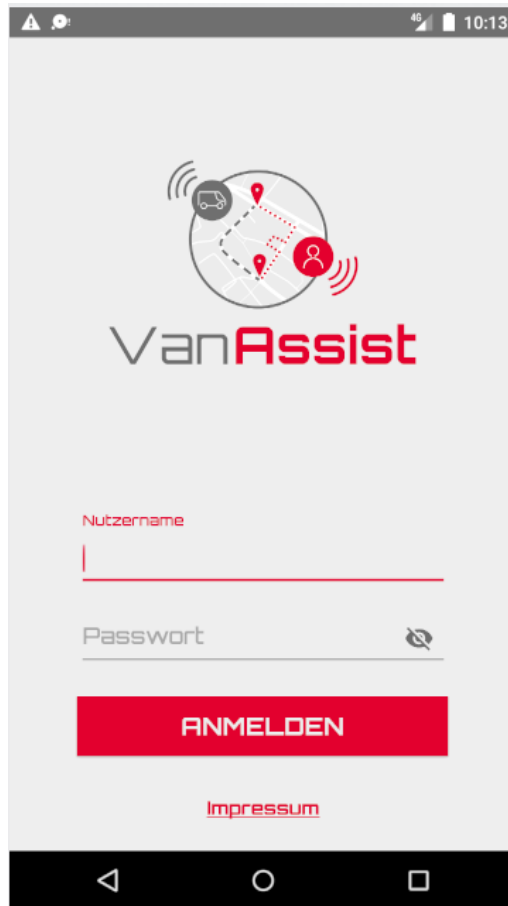
aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Mobile Applikation - Anforderungen

- Die ständige Kommunikation und Interaktion zwischen Zusteller und Zustellfahrzeug ist im Rendezvous Zustellmodus unabdingbar
- Hierzu wurde im Projekt eine Android basierte Applikation entwickelt die unter anderem folgende Use Cases ermöglicht:
  - Einsehen aktueller Fahrzeuginformationen
  - Anzeigen der aktuellen Position des Zustellers
  - Senden des Fahrzeugs an eine ausgewählte Halteposition
  - Einsehen von relevanten Paketdaten



# Mobile Applikation - Impressionen



# Routenoptimierungsproblem

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Routenoptimierungsproblem

- Das Routenoptimierungsproblem welches im Kontext einer Rendezvous-Zustellung gelöst werden muss unterscheidet sich signifikant von den bisher betrachteten Versionen des sogenannten „Vehicle Routing Problems (VRP)“
- Zusätzliche Entscheidungen bezüglich der Kooperation zwischen Zusteller und Zustellfahrzeug notwendig

# Routenoptimierungsproblem

- Ziel des im Projekt betrachteten Optimierungsproblems ist es eine Route  $\tau$  über alle Zustellpositionen  $x_i \in s; i \in \{1, \dots, n\}$ ,
- Dabei sei  $\lambda = (\lambda_i)_{i=1}^{n-1}$ , wobei  $\lambda_i$  wie folgt definiert ist:  $\lambda_i = \begin{cases} 0, & \text{wenn } x_{\tau(i+1)} \text{ zu Fuß erreicht wird} \\ 1, & \text{wenn } x_{\tau(i+1)} \text{ mit dem Fahrzeug erreicht wird} \end{cases}$
- weiterhin sei  $T(\tau, \lambda | s, w)$  definiert als:  $T(\tau, \lambda | s, w) = \sum_{i=2}^n \begin{cases} \frac{\text{dist}(x_{\tau(i)}, x_{\tau(i-1)})}{v_{van}}, & \text{if } \lambda_i = 1 \\ \frac{\text{dist}(x_{\tau(i)} - x_{\tau(i-1)})}{v_{agent}}, & \text{if } \lambda_i = 0 \end{cases}$



# Optimierungsansatz

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

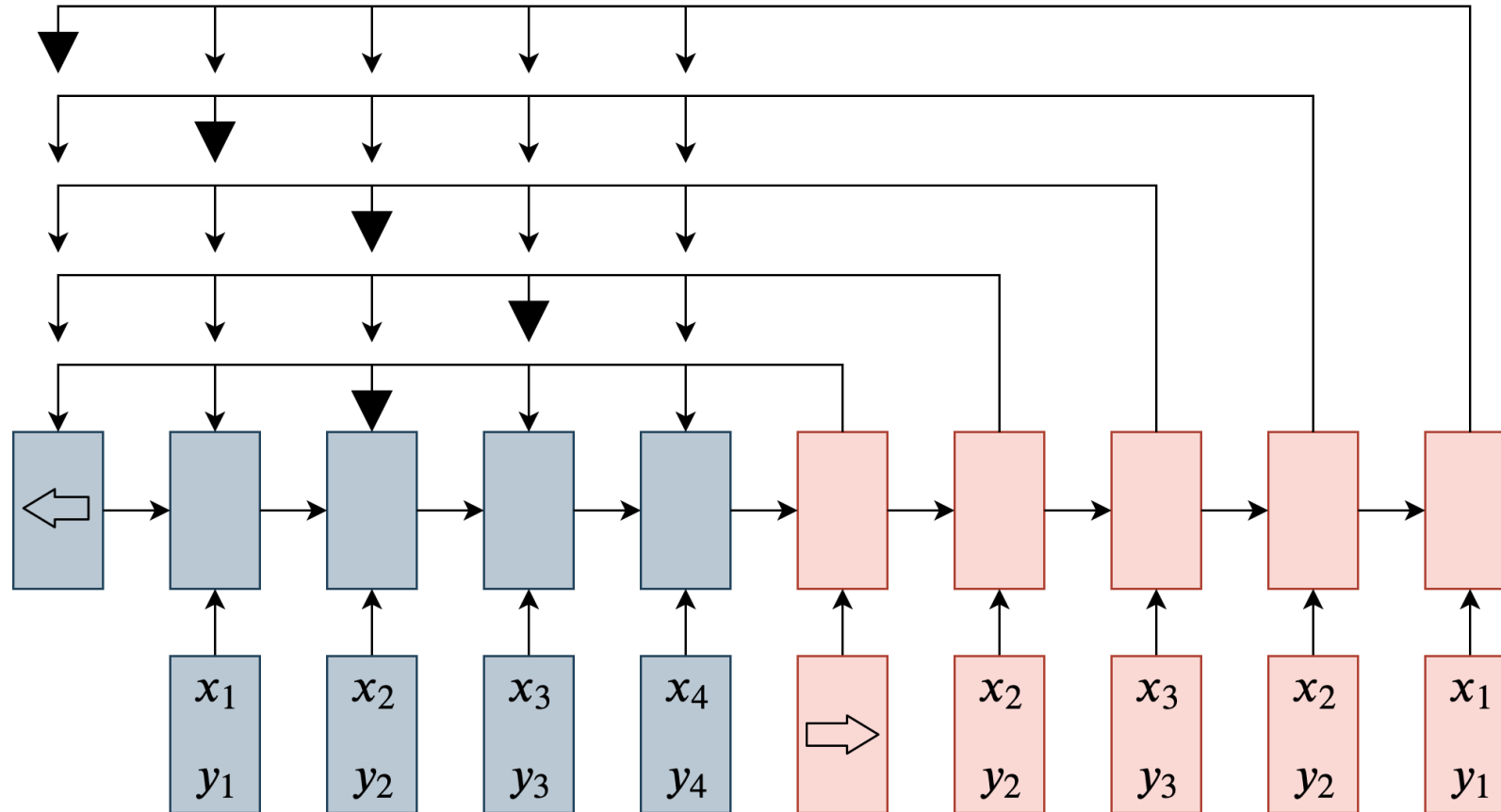
# Optimierungsansatz - Überblick

- Im Projekt wurden zwei heuristische Lösungsansätze für das zuvor definierte Optimierungsproblem untersucht
- Beide Ansätze kombinieren ein sogenanntes „Pointer-Netzwerk“ (PN) und ein Rekurrentens Netzwerkmodell (RNN)

# Pointer-Netzwerke

- Pointer-Netzwerke sind eine spezielle Form von sogenannten Sequenz-zu-Sequenz Modellen
- Im Gegensatz zu den meisten anderen Sequenz-zu-Sequenz Modell entspricht die Ausgabe von Pointer-Netzwerken Verweisen auf einzelne Eingabeelemente des Modells
- Pointer-Netzwerke wurden bereits erfolgreich zum Lösen des Problem des Handlungsreisenden (TSP) verwendet [1]

# Pointer-Netzwerke

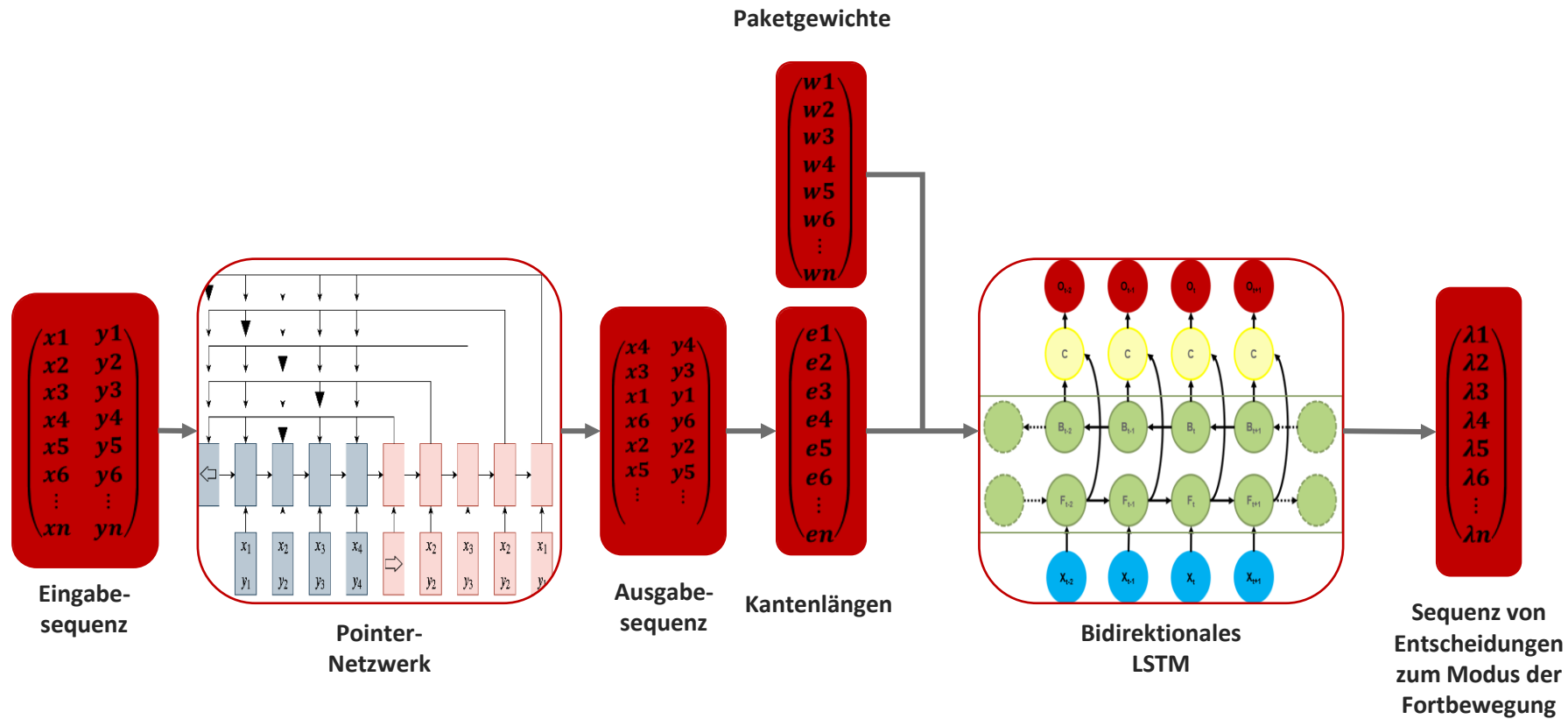




# Optimierungsansatz 1

- Der erste untersuchte Optimierungsansatz betrachtet beide Teile des Optimierungsproblems (Lösen des TSP und festlegen der Entscheidungen über Laufen oder Fahren) getrennt
- Zuerst wird ein PN darauf trainiert ein TSP zu lösen...
- ... danach wird ein bidirektionales LSTM Modell darauf trainiert die Entscheidung über Laufen oder Fahren für jeden Zustellpunkt zu treffen

# Optimierungsansatz 1



# Optimierungsansatz 2

- Der zweite untersuchte Optimierungsansatz versucht beide Teile des Optimierungsproblems gleichzeitig zu lösen
- Dadurch hat die Entscheidung ob die letzte Position durch Laufen oder Fahren erreicht wurde mehr Einfluss auf die Entscheidung welche Position als nächstes besucht werden soll

# Optimierungsansatz 2

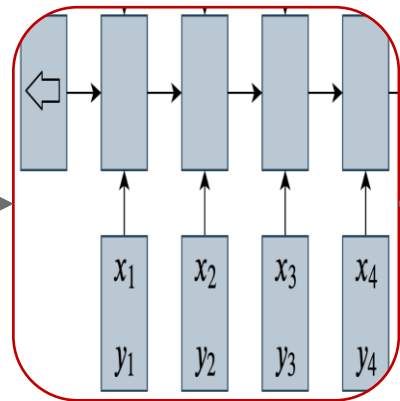


Paketgewichte

$$\begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \\ w_5 \\ w_6 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ x_3 & y_3 \\ x_4 & y_4 \\ x_5 & y_5 \\ x_6 & y_6 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & y_n \end{pmatrix}$$

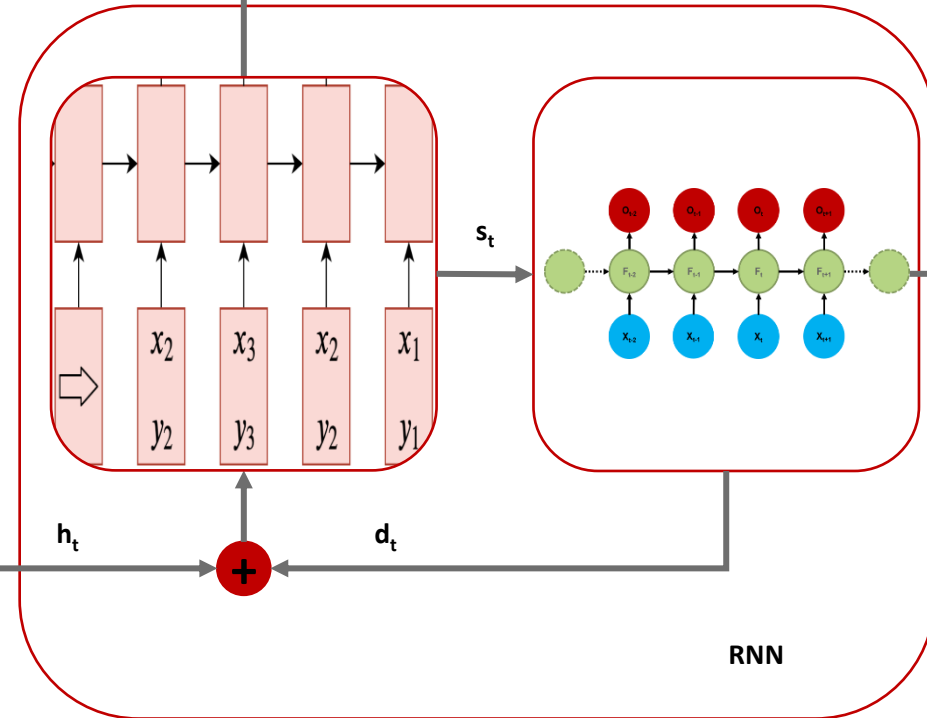
Eingabe-  
sequenz



PN  
Kodierer

$$\begin{pmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \\ h_5 \\ h_6 \\ \vdots \\ h_n \end{pmatrix}$$

Ausgabe-  
sequenz

$$\begin{pmatrix} x_4 & y_4 \\ x_3 & y_3 \\ x_1 & y_1 \\ x_6 & y_6 \\ x_2 & y_2 \\ x_5 & y_5 \\ \vdots & \vdots \end{pmatrix}$$


Sequenz von  
Entscheidungen  
zum Modus der  
Fortbewegung

$$\begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ \lambda_6 \\ \vdots \\ \lambda_n \end{pmatrix}$$

# Evaluation



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Evaluation - Aufbau

- Die Performanz der beiden Optimierungsansätze wurde empirisch anhand von zufällig generierten Zustell Touren mit jeweils 50 Zustellpositionen evaluiert und mit zwei Baseline Ansätzen verglichen
- Als Baseline Ansätze wurden die folgenden zwei Ansätze verwendet:
  - Eine „Zufall-Baseline“, welche, gegeben einer Abfolge von Zustellpositionen, zufällig entscheidet ob die nächste Zustellposition zu Fuß oder mit dem Fahrzeug erreicht werden soll
  - Eine „Fahren-Baseline“, welche sich an jeder Zustellposition dafür entscheidet die nächste Position mit dem Fahrzeug zu erreichen

# Evaluation - Ergebnisse

- Die Ergebnisse zeigen, dass beide Ansätze besser sind als beide Baselines
- Außerdem zeigen die Ergebnisse, dass eine Zustellung im Rendezvous-Modus die Effizienz einer Zustelltour bezogen auf die benötigte Zeit um bis zu 30% verbessern kann

Ansatz	Benötigte Zeit für Tour [min]
Zufalls-Baseline	93,577
Fahren-Baseline	116,204
Optimierungsansatz 1	79,451
Optimierungsansatz 2	92,361

# Ende



## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



# Referenzen



VanAssist

- [1] Vinyals, O., Fortunato, M., & Jaitly, N. (2015). Pointer networks. arXiv preprint arXiv:1506.03134.

# Motivation

- Als Reaktion auf die stetig steigenden Paketvolumen, wurden viele Teile der Paketlogistik bereits stark automatisiert
- Dieser Trend zur Automatisierung zeigt sich bisher allerdings noch nicht auf der sogenannten „letzten Meile“
- Dies hat explizit in stark urbanisierten Gebieten starke negative Auswirkungen unter anderem auf die Verkehrsdichte und die Luft- sowie Lärmbelastung



VanAssist

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages