

---

# IMOTRIS – NUTZUNG DES OPENSTREETMAP-ANSATZES IM RAHMEN EINES INTERMODALEN TRANSPORT ROUTING INFORMATION-SYSTEMS

---



Thomas Ruth  
Fraunhofer-Institut für Graphische  
Datenverarbeitung IGD  
Joachim-Jungius-Straße 11  
18059 Rostock

Tel +49 381 4024 – 156 | –199  
Thomas.ruth@igd-r.fraunhofer.de  
[www.igd-r.fraunhofer.de](http://www.igd-r.fraunhofer.de)

---

# Gliederung

---

- IMOTRIS - Projekt
- Routing- und Optimierungs-Services
- Intermodales Routing mit OpenStreetMap-Daten
- Herausforderungen des intermodalen Routings
- Weitere OSM-Routing-Ansätze
- Ausblick

# IMOTRIS - Projekt



Intermodales Transport Routing Informationssystem

■ BMWI-Projekt (ISETEC II-Initiative), Laufzeit 01/2009 – 09/2011

## ■ Ziele

- Intermodales Transport Routing Informationssystem
- Effiziente Gestaltung der Seehafenhinterlandanbindungen
- Ausrichtung auf die Nord-Süd-Verkehre über deutsche Ostseehäfen
- Bündelung der Verkehrsträger Wasser-Schiene-Straße
- Potentiale der heimischen Seehäfen stärken
- Erschließung neuer Märkte (Logistikdienstleister und Versender)



# IMOTRIS - Projekt



Intermodales Transport Routing Informationssystem

## ■ Praxispartner

- Seehafen Wismar,
- Seehafen Stralsund,
- Rostocker Fracht- und Fischereihafen,
- Binnenhafen Magdeburg,
- Magdeburger Flitzer

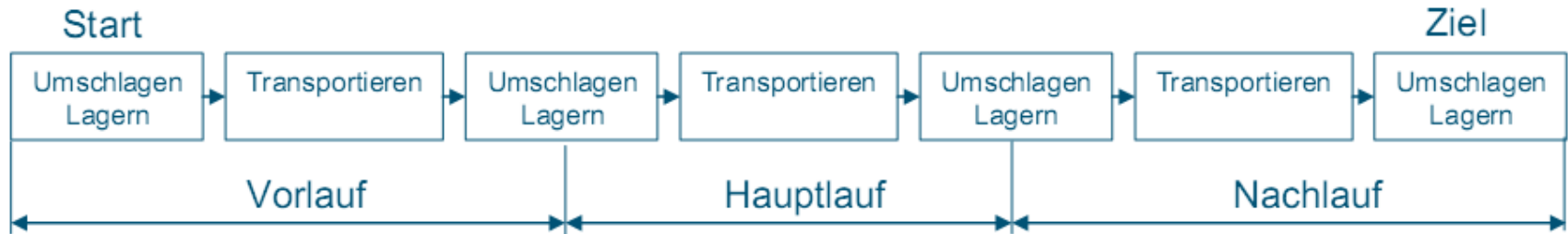


## ■ Entwicklungspartner

- Scheller Systemtechnik GmbH
- Fraunhofer IFF Magdeburg,
- Fraunhofer IGD Rostock,
- Technische Universität Hamburg-Harburg, MLS



# Intermodale Transportkette



- Kombination mehrerer Verkehrsträger
  - Vorlauf und Nachlauf: Straße
  - Hauptlauf: Schiene, Binnenwasserstraße, Seeweg
- Entscheidend für Hauptlauf ist Break-Even-Distanz

# Ausgewählte Anwendungsszenarien

- RFH: Kühl- und Frischelogistik – Rohfisch von Riga nach Schwaan
- SHS: Stahlschrott von Lauchhammer nach Tornio / Finnland
- SHW: Coils (Stahlblechrollen) von Kaliningrad nach Wolfsburg
- MHG: Maschinenbauteile von Magdeburg nach Hamburg
- MFF: AdHoc-Transport von Ersatzteilen von Magdeburg nach Hamburg



# Szenario „Kühl- und Frischelogistik“

- Transportweg:
  - 1 → Seetransport Ostsee
  - 2 → Zwischenlagerung im Hafen / Kühlhaus
  - 3 → LKW-Transport zum Endproduzenten

+ Dienstleistungen (Monitoring & Zustandsüberwachung (Qualitätssicherung))



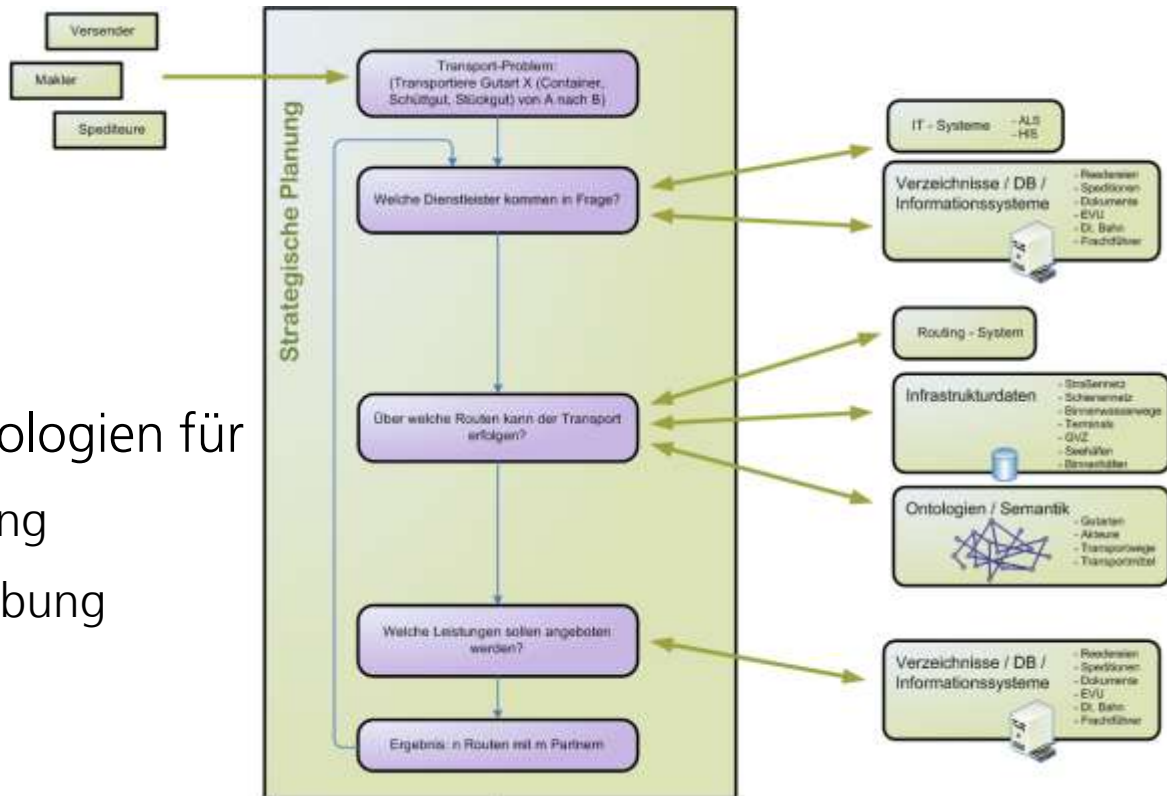
- Transportmodi: Seeschiff, LKW
- Abschätzung nach: Kosten, Zeit
- Mögliche Dienstleister: Spediteure  
RFH Rostock  
Seereedereien



# Routing- und Optimierungs-Services

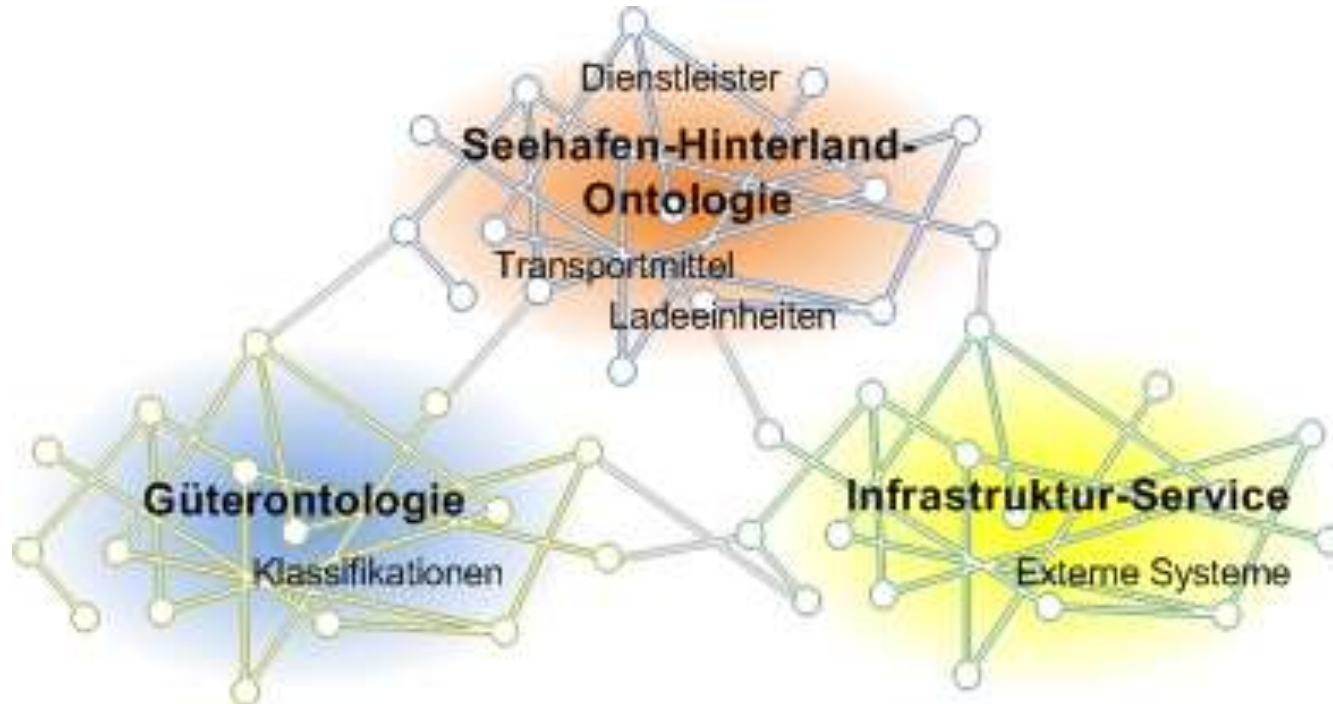
## ■ Projektschwerpunkte des Fraunhofer IGD Rostock

- Routing und Optimierung
  - Strategische Planung
- Semantic Web – Technologien für
  - Dienstleisterbeschreibung
  - Dienstleistungsbeschreibung nach DIN-SPEC 1001
  - Güterklassifikationen

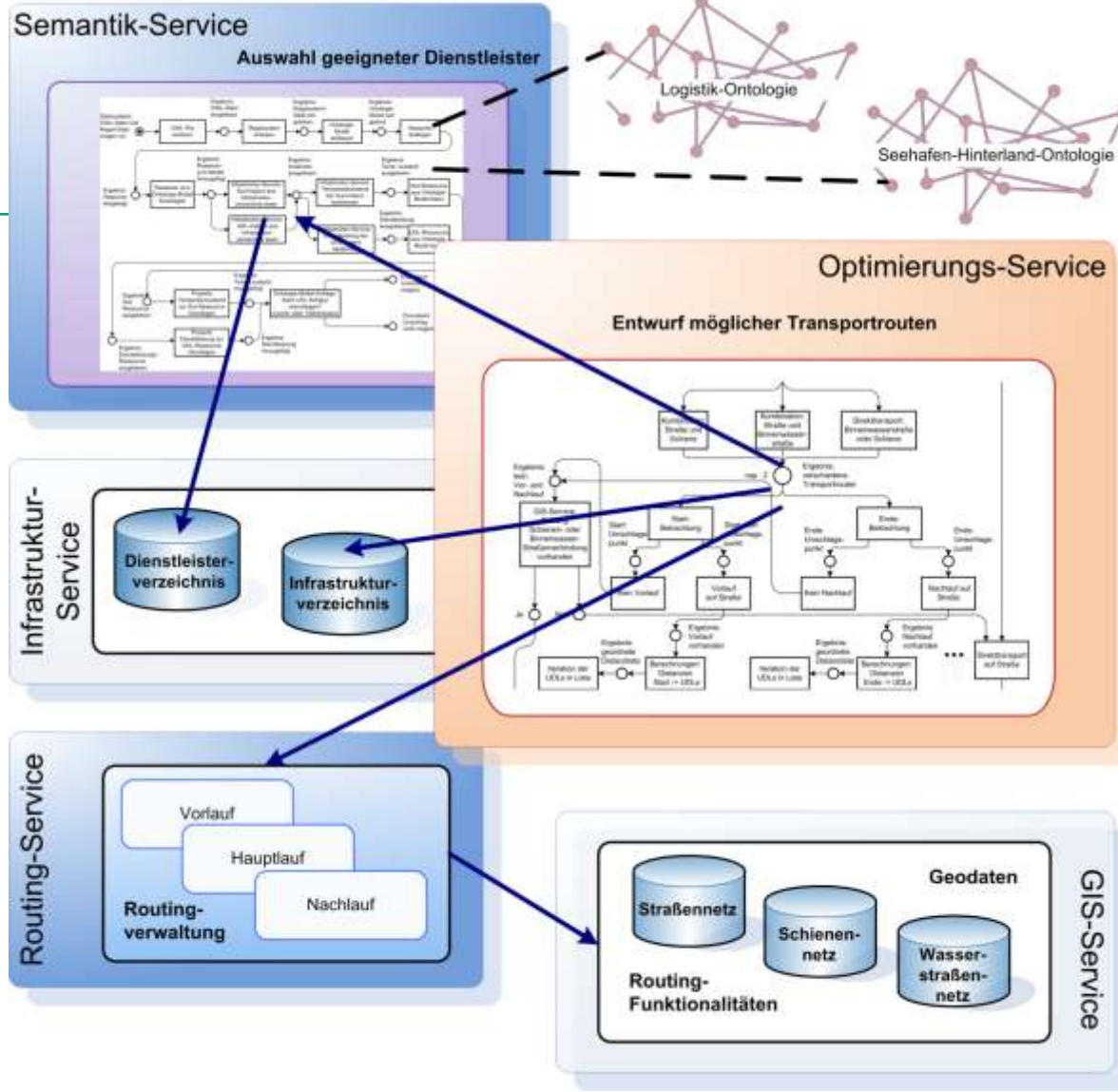




# Ontologische Strukturen

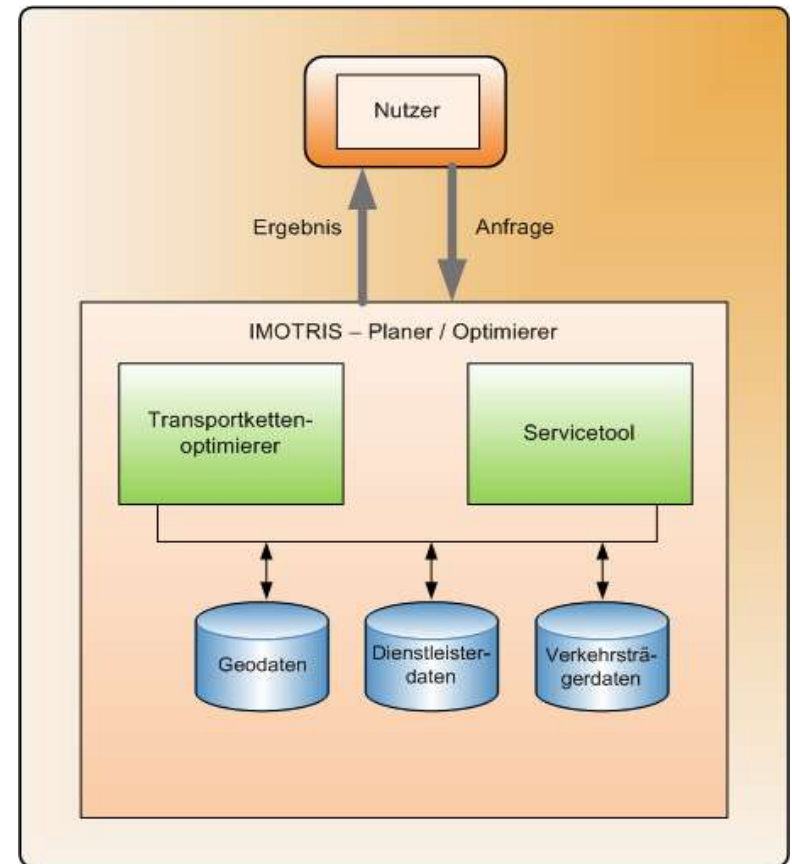


- Verbindung der bestehenden Güterontologie mit der Seehafenhinterland-Ontologie
- externe Systeme liefern Daten für Infrastruktur und Dienstleister (Prozesssteuerung)

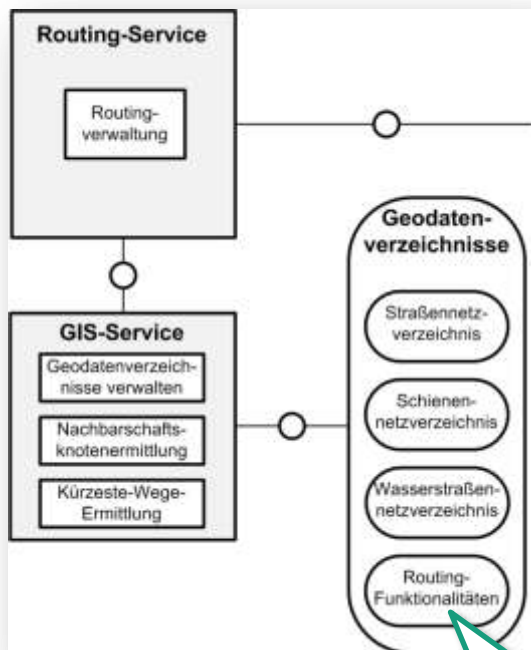


# Intermodales Routing mit OSM-Daten

- Zusammenstellung intermodaler Transportketten
  - Zielfunktionen: Distanz, Zeit, Kosten, Öko-Bilanz
  - Parametrisierung mit Mittelwerten (PLANCO-Studie 2008)
- Routing und Optimierung
  - Sep. Streckennetze (Straße, Schiene, Binnerwasserwege, Seewege)
  - **pgRouting** (PostgreSQL / PostGIS )

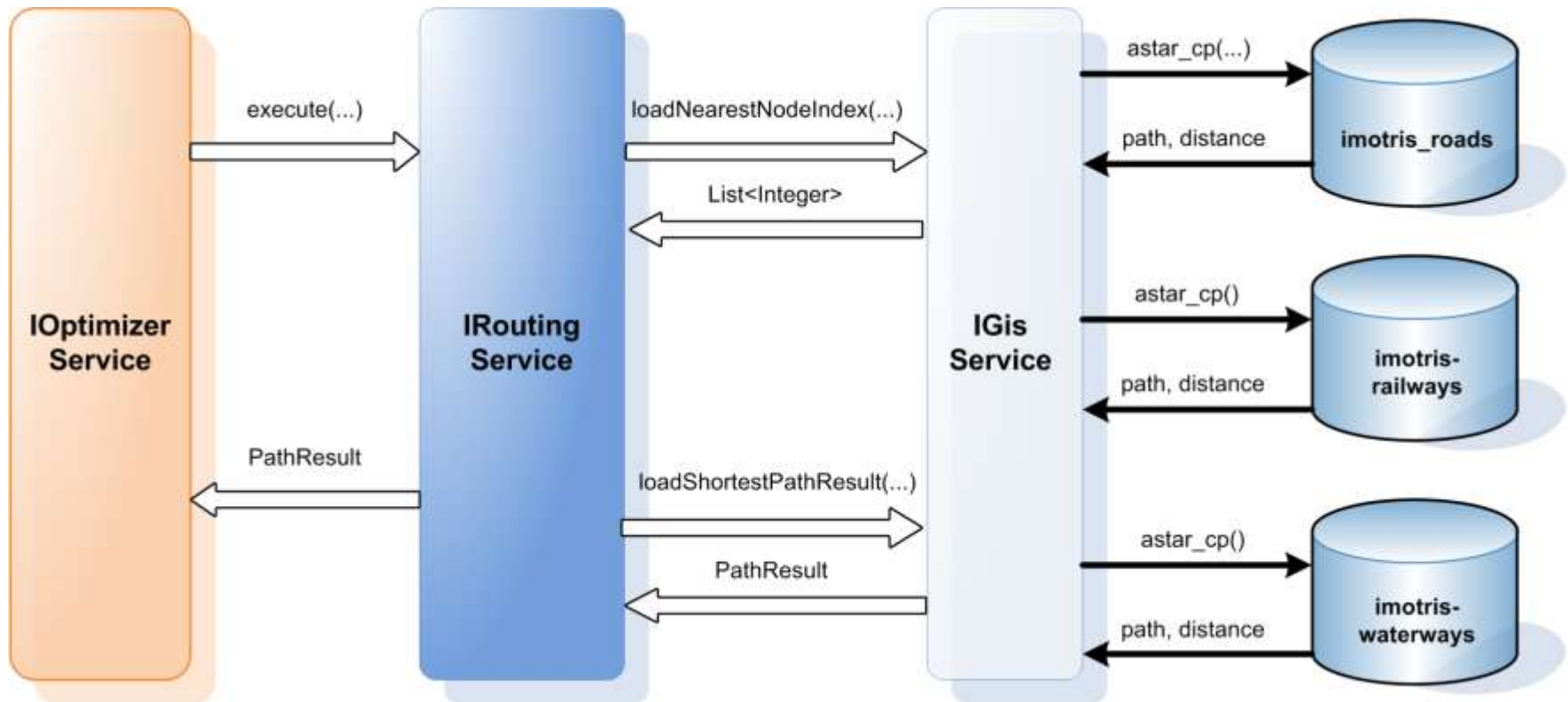


# Routing mit pgRouting



- Open Source – Bibliothek
- Verschiedene Routing-Algorithmen
- Datenbankbasiertes Routing
  - Mehrbenutzerfähig (JDBC, SQL)
  - Nutzung der Geo-Datenformate von PostGIS (OGC WKT und WKB)
  - Datenänderungen
    - Viele Systeme (qGIS, uDig) möglich
    - sofort für Routing-Engine nutzbar
  - Kostenfunktionen dynamisch per SQL formulierbar

# Kommunikation Routing- und GIS-Service



# Transportproblem & Algorithmen

■ Problem: Optimaler (Zeit, Kosten, ...) Transport eines Gutes von A nach B

■ Graphentheoretischer Lösungsansatz

■ Lösung mit Shortest path – Algorithmen

■ Dijkstra - Algorithmus

■ Ford / Moore – Algorithmus

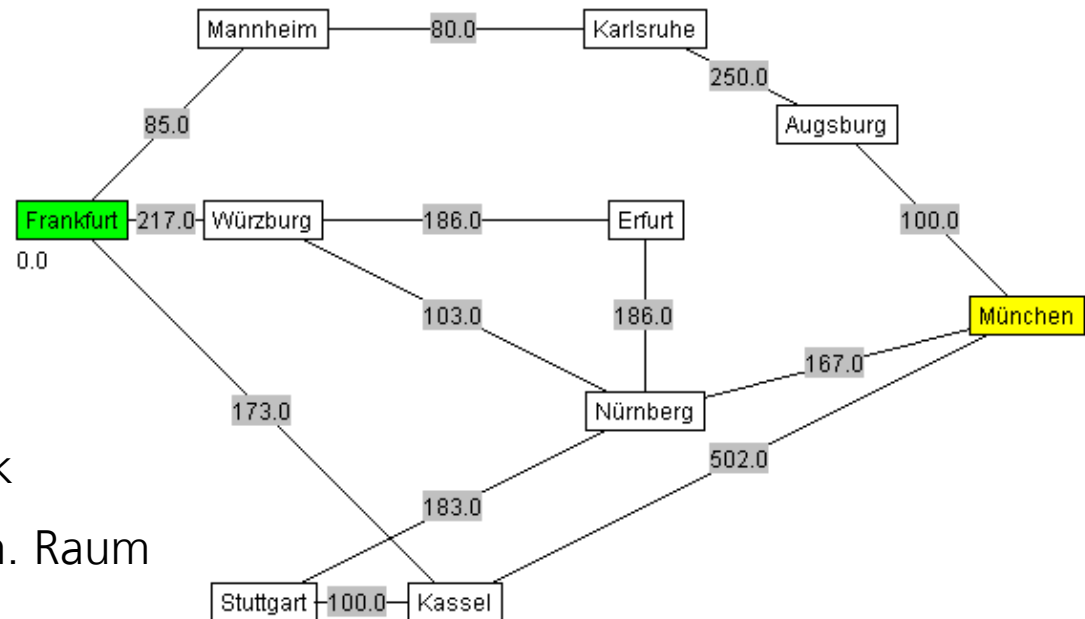
■ Floyd / Warshall – Verfahren

■ A\* – Algorithmus

■ Graph ist Euklidisches Netzwerk

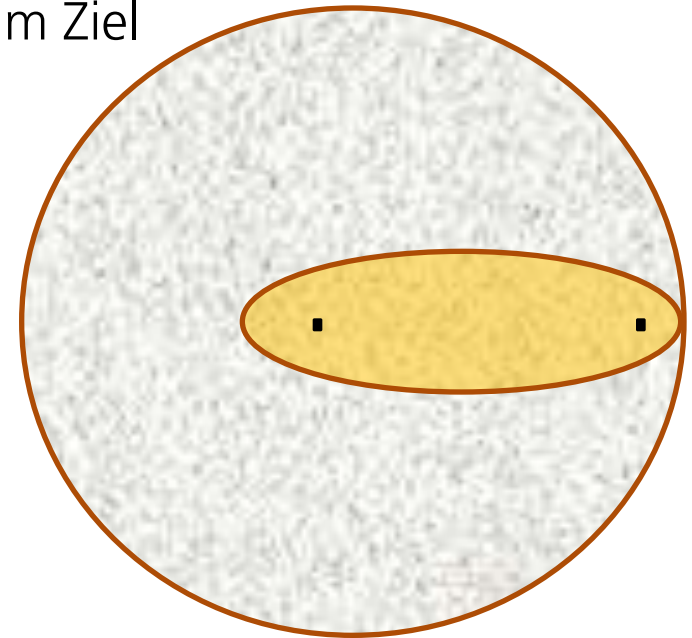
■ Knoten sind Punkte im geom. Raum

■ Kanten haben Länge

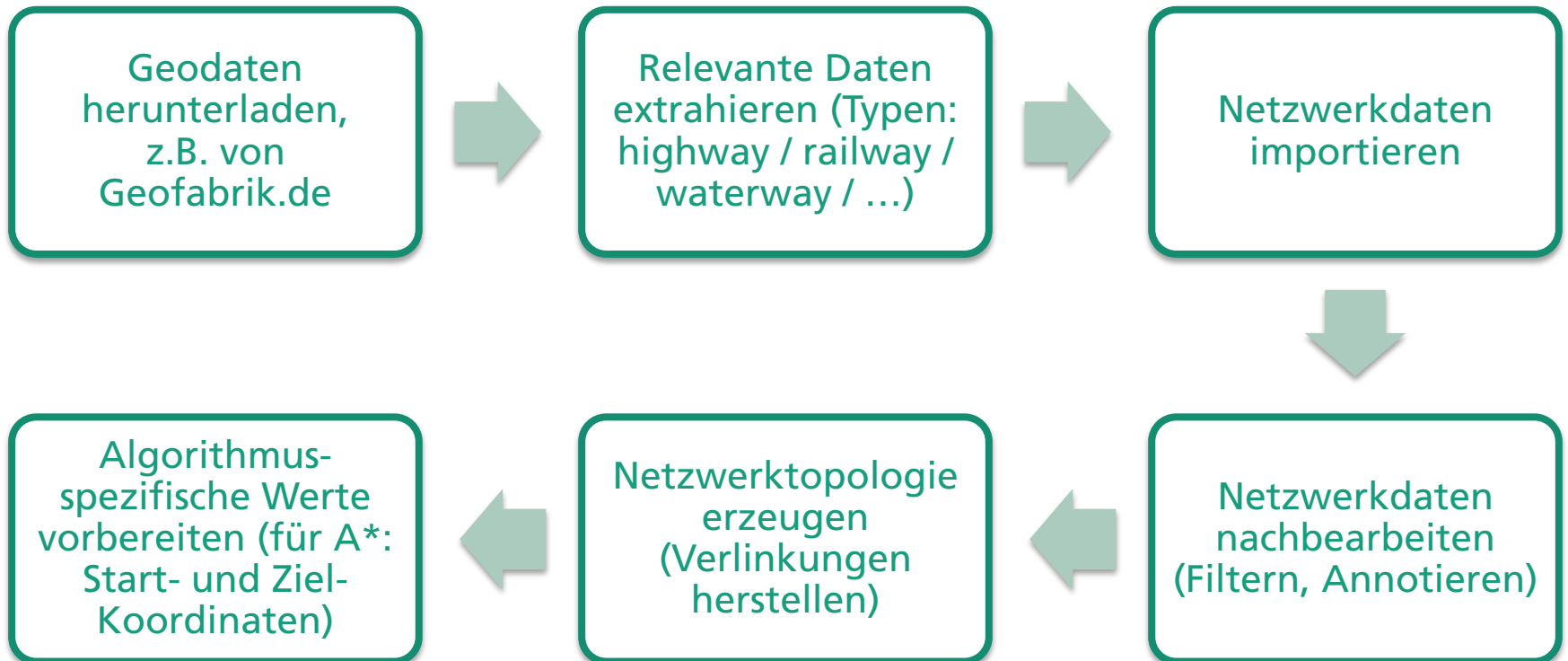


# A\*-Algorithmus

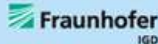

- Informierter Suchalgorithmus
- Verwendet Heuristik (Schätzfunktion) zum zielgerichteten Suchen
  - Untersucht nur kleinen Teil der Knotenmenge
  - Schätzung des verbleibenden Abstandes zum Ziel
  - Best-First-Search-Verfahren
- Findet eine optimale Lösung, falls vorhanden („vollständig“ und „optimal“)
- Häufig verwendete Heuristiken
  - Euklidischer Abstand / Luftlinie
  - **Manhattan-Heuristik**



# OpenStreetMap – Workflow Vorbereitung





**Routing**

Seehafen 
Gutart 
Optimierungsmodus

Binnenhafen 
Menge  Tonne(n)

 LKW  
 Bahn  
 Seeschiff  
 Binnenschiff

Distanz  
 Zeit  
 Kosten  
Ökobilanz



Routing-Geodaten © [OpenStreetMap](#) (und) [Mapbox](#) (CC-BY-SA)

**Umschlagsadressen**

<b>Vorlauf</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Scheimann Transport GmbH: Wilhelm-Maybach-Str. 11-12, 19061 Schwerin
<b>Hauptlauf</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Ostseeland Verkehr GmbH: Ludwigsuster Chaussee 72, 19061 Schwerin
<b>Nachlauf</b>	<input checked="" type="checkbox"/> CAT GmbH: Verkehrshof 6, 14478 Potsdam
<b>Umschlag (Vorlauf -&gt; Hauptlauf)</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Rostock Seehafen Nord, 18147 Rostock
<b>Umschlag (Hauptlauf -&gt; Nachlauf)</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Am Hauptbahnhof 9, 14776 Brandenburg

**Daten**

<b>Distanz in km</b>	269.096	317.927
<b>Kosten in Euro</b>	667	1467
<b>Zeit</b>	4h 44min 57sek	6h 50min 10sek
<b>Ökobilanz (CO2) in kg</b>	193.749	101.242
<b>Ökobilanz (NOx) in kg</b>	1.488	0.526
<b>Ökobilanz (SO2) in kg</b>	0.242	0.224
<b>Ökobilanz (NMHC) in kg</b>	0.145	0.053
<b>Ökobilanz (Partikel) in kg</b>	0.043	0.023

---

# Herausforderungen des intermodalen Routings

---

## ■ Intermodalität

- Umschlag optimieren

## ■ Performance-Optimierungen

- Flexible Algorithmen
- Bounding Boxes
- Eingrenzung des Streckennetzes
- Hardware: SSD-Festplatten

## ■ Qualität

- Streckennetz / Datenumfang (insbesondere Schienen- und Wasserwege)
- Parametrisierung der Zielfunktion

# Herausforderung: Umfang Straßennetz

OSM-Tag	Klasse	Einträge
motorway	1	37.790
trunk	2	16.498
primary	3	138.964
secondary	4	371.240
unclassified	5	309.057
tertiary	5	312.269
road	6	39.713
motorway_link	7	24.516
trunk_link	8	10.462
primary_link	9	10.734
secondary_link	9	1.322
tertiary_link	9	24
ford	9	236
mini_roundabout	9	15
minor	9	29
incline	9	36
incline_steep	9	40
service	10	450.564
services	10	0
residential	11	2.059.414
pedestrian	12	0
living_street	12	89.487

## ■ OSM-Import Deutschland (Stand 23.02.2010)

Kennzahl	Umfang
OSM-Dateigröße (Bytes)	771.325.187
Zwischenschritt Compress: Nodes	38.213.120
Zwischenschritt Compress: Ways	2.050.878
DB-Tabellenzeilen	<b>3.872.410</b>
Tabellengröße (Megabytes)	1832
Tabellen-Indexgröße (Megabytes)	521

## ■ Tags „highway“ und „junction“ („services“ und „pedestrian“ schon bei Import übersprungen)

# Herausforderung: Performance

## ■ Test: Kürzester Weg Rostock - München

Variante	Länge	Segmente	Dauer in ms
<b>Volles Deutschlandnetz, 3.872.410 Straßensegmente</b>	715	1491	<b>482.500</b>
mit BoundingBox-Delta 0.2	715	1491	8.133
mit BoundingBox-Delta 0.5	715	1491	18.110
<b>Eingeschränktes Deutschlandnetz, 864.109 Straßensegm.</b>	744	777	26.129
mit BoundingBox-Delta 0.2	744	852	1.094
mit BoundingBox-Delta 0.5	744	777	2.663
<b>Stark eingeschränktes Deutschlandnetz, 162.789 Straßensegm.,</b> BoundingBox-Delta 0.2	788	807	142
mit BoundingBox-Delta 0.5	756	578	361

# Weitere OSM- Routing-Ansätze

## ■ Offline- und Web-basierte Services

- YOURS
- OpenRouteService
- Gosmore
- ...

Functionality (hover for description)	OpenRoute Service	YOURS	CycleStreets	Cloudmade	Routino	BBBike @ World
URL	<a href="http://OpenRouteService.org">OpenRouteService.org</a>	<a href="http://YourNavigation.org">YourNavigation.org</a>	<a href="http://cyclestreets.net">cyclestreets.net</a>	<a href="http://maps.cloudmade.com">maps.cloudmade.com</a>	<a href="http://Routino">Routino</a>	<a href="http://bbbike.org">bbbike.org</a>
Coverage	Europe only	Global	UK only	Global	UK only	Global
<b>Modes of transportation</b>						
Car routing (fastest)	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No
Car routing (shortest)	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No
Bicycle routing (shortest)	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes
Bicycle routing (fastest)	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Bicycle routing (quietest)	No	Partial <sup>T</sup>	Yes	No	No	Yes
Pedestrian routing	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No
Pedestrian routing (safest crossings)		No	No		No	No
Wheelchair routing	Yes (with road ID)	No	No	No	Yes	No
Blind person routing	No	No <sup>T</sup>	No	No <sup>T</sup>	No	No
<b>Advanced routing options</b>						
Turn restrictions	No <sup>T</sup>	Partial	No	Partial	No	Yes
Weight limits	No	No	N/A	No	Yes	N/A
Height limits	No	No	N/A	No	Yes	N/A
Width limits		No			Yes	Yes
Via-points	Yes	Yes	No	Yes	up to 9 online, 99 in software	Yes
Intermediate destinations		No	Partial	No	Yes	Yes
Avoid areas	Yes	No	No	No	No	No
Avoid crossing borders		No			No	N/A
Avoid bridges or tunnels		No			Yes	No
Avoid roads to avoid		No			Yes	Yes
Preferential routing		No			Yes	Yes
Preferential routing (avoid tolls)		No			Yes	Yes
Preferential routing (avoid tolls and ferries)		No			Yes	Yes
Preferential routing (avoid tolls, ferries and bridges)		No			Yes	Yes
Preferential routing (avoid tolls, ferries, bridges and tunnels)		No			Yes	Yes
Preferential routing (avoid tolls, ferries, bridges, tunnels and roads to avoid)		No			Yes	Yes

## ■ Übersichten unter

<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Routing>

- Viele Routing-Tools
- Hinweise für Routing-geeignete Geodaten-Erfassung (Tagging)

---

# Ausblick – Weitere Arbeiten

---

- Unterstützung Aktionsradien für Transportdienstleister
- Ranking der gefundenen Dienstleister (Qualitätsmerkmale, Regionalität,...)
- Verbesserte Routing-Zielfunktionen
- Adressauflösung (GeoCoder / ReverseGeoCoder)
- Datenumfang (Abdeckung Europa)
- Anbindung externer Systeme
  
- Bei OSM mittlerweile viele zusätzliche, Routing-relevante Eigenschaften erfasst
  - Schnelle Verbesserung des Umfangs und der Qualität
  
- Verbesserung von Netzwerk-Routing-Algorithmen aktuelles Thema der Forschung

---

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

---



Intermodales Transport Routing Informationssystem

Thomas Ruth  
Fraunhofer-Institut für Graphische  
Datenverarbeitung IGD  
Joachim-Jungius-Straße 11  
18059 Rostock

Tel +49 381 4024 – 156 | –199  
thomas.ruth@igd-r.fraunhofer.de  
www.igd-r.fraunhofer.de