

*Band
58*

Matthias Klumpp / Torsten Marner / Thomas Hanke (Hrsg.)

*Serious Games in der Logistik:
Das Beispiel Routenplanung*

~
Thomas Neukirchen / Markus Kleffmann / Wilhelm Koop /
Arne Gels / Stefanie Jäger / Matthias Klumpp

ild Schriftenreihe

FOM
Hochschule

ild

Institut für Logistik- &
Dienstleistungsmanagement
der FOM University of Applied Sciences

**Thomas Neukirchen / Markus Kleffmann / Wilhelm Koop /
Arne Gels / Stefanie Jäger / Matthias Klumpp**

*Serious Games in der Logistik:
Das Beispiel Routenplanung*

ild Schriftenreihe der FOM, Band 58

Essen 2018

ISSN 1866-0304

Dieses Werk wird herausgegeben vom ild Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement der FOM Hochschule für Oekonomie & Management gGmbH

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2018 by



**MA Akademie
Verlags- und Druck-
Gesellschaft mbH**

MA Akademie Verlags-
und Druck-Gesellschaft mbH
Leimkugelstraße 6, 45141 Essen
info@mav-verlag.de

Das Werk einschließlich seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urhebergesetzes ist ohne Zustimmung der MA Akademie Verlags- und Druck-Gesellschaft mbH unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen. Oft handelt es sich um gesetzlich geschützte eingetragene Warenzeichen, auch wenn sie nicht als solche gekennzeichnet sind.

Thomas Neukirchen / Markus Kleffmann / Wilhelm Koop / Arne
Gels / Stefanie Jäger / Matthias Klumpp

Serious Games in der Logistik: Das Beispiel Routenplanung

Matthias Klumpp / Torsten Marnier / Thomas Hanke (Hrsg.)

Die vorliegende Publikation erscheint im Kontext des Projektes „MARTINA - CreateMedia in Mobility and Logistics – Innovative Weiterentwicklung der Logistik-Aus- und Weiterbildung in Nordrhein-Westfalen“. Die Förderung erfolgt im Rahmen der EFRE-Förderung NRW (2014-2020), Leitmarktwettbewerb CreateMedia.NRW. Die Projektbeteiligten sind das Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement (ild) der FOM Hochschule, paluno – The Ruhr Institute for Software Technology der Universität Duisburg-Essen, die T.W.O. Agentur, die Folkwang Universität der Künste sowie die TÜV Rheinland Akademie.



EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Ministerium für Wirtschaft, Energie,
Industrie, Mittelstand und Handwerk
des Landes Nordrhein-Westfalen



Abstract

This research paper addresses the long-standing question of how to train logistics employees in complex tasks like method-based routing. In former times, an in-depth formal qualification – usually academic – has been applied in order to qualify employees for this field of decision management in logistics operations. But increasingly as also presented here, smaller training-on-the-job and gamification approaches are taking hold. In order to highlight this, the paper is outlining the concept and gamification approach within the research and development project “MARTINA”, directed at providing a commonplace available smartphone app for training such logistics tasks as routing. A reflection and evaluation of the applied methods as well as encountered technical restrictions is included to allow for future transfer of these results into other areas of training and logistics.

Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	II
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
1 Einleitung	1
2 Hintergrund.....	2
2.1 Überblick und Motivation: Graphentheorie.....	2
2.1.1 Gerichtete und ungerichtete Graphen	5
2.1.2 Eulerscher Zyklus und das Königsberger Brückenproblem	7
2.1.3 Problem des Handlungsreisenden und Optimierte Odyssee	10
3 Praxis	14
3.1 Routenoptimierung	16
3.2 Dynamische Routenplanung mit Frontend-Backend Direktverbindung	21
3.3 Zum Begriff 'Real Time'	23
4 Minispiel-Konzept zur Routenplanung.....	24
4.1 Prototyp des Routenplanungsspiels	24
4.2 Verortung im Gesamtkonzept	26
5 Zusammenfassung und Ausblick.....	30
Literaturverzeichnis	35

Abkürzungsverzeichnis

ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route
DIN	Deutsche Industrienorm
DNA	deoxyribonucleic acid
DNS	Desoxyribonukleinsäure
FOM	Fachhochschule für Oekonomie und Management
ild	Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement
KEP	Kurier-Express-Paket(-Dienst)
LKW	Lastkraftwagen
MARTINA	CreateMedia in Mobility and Logistics – Innovative Weiterentwicklung der Logistik-Aus- und Weiterbildung in Nordrhein-Westfalen
NF	Normalform
NP	nichtdeterministisch polynomielle Zeit (Komplexitätstheorie)
s.o.	siehe oben
SDK	Software Development Kit
TSP	Travelling Salesman Problem
VRP	Vehicle Routing Problem
VRPTW	VRP mit Zeitfenstern (time <u>w</u> indows)
XML	Extensible Markup Language
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Spielbaum eines Signaling-Games.	3
Abbildung 2: Analoge NF- und Extensivformdarstellung.....	4
Abbildung 3: Zwei Graphen.	4
Abbildung 4: Gerichteter Graph.....	5
Abbildung 5: 44 Varianten eines Eulerzyklus mit identischem Startpunkt.	7
Abbildung 6: Originaldarstellung des Brückenproblems.	9
Abbildung 7: Optimierte Odyssee.....	11
Abbildung 8: Koordinaten der Odyssee.....	12
Abbildung 9: Distanzen (Ausschnitt).	13
Abbildung 10: 3 Routen mit gemeinsamem Depot als Ausgangspunkt.	17
Abbildung 11: Streckenänderung KEP-Dienst bei direkter Verbindung zu Online Kundenanforderung.	21
Abbildung 12: Prototyp des Routenplanungsspiels.....	24
Abbildung 13: Prototyp des Routenplanungsspiels.....	25
Abbildung 14: MARTINA-Textauszug mit übersetzten Logistiktipp.....	31
Abbildung 15: Lokalisierungshürde ‘Text in Grafik’.	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Routenplanung 14

1 Einleitung

Das vorliegende sechste Arbeitspapier im Rahmen des Forschungsprojektes MARTINA (CreateMedia in Mobility and Logistics – Innovative Weiterentwicklung der Logistik-Aus- und Weiterbildung in Nordrhein-Westfalen) beschäftigt sich mit Neuerungen der MARTINA-App nach der Releaseversion 0.3. Zuvor wurden bereits ausführliche Ausarbeitungen der Themen für das Feld „Sicherheit und Compliance in der Logistikqualifikation“ vorgelegt, zusammen mit Ausführungen zum rahmengebenden Spielkonzept und Spieldesign¹ dreier „Minispiele“, die den Kern der frühen Iterationen der MARTINA-App darstellten. „Iteratives Design“ bezeichnet den Ansatz effizienter und praxisnaher Entwicklungsarbeit² im Cross-Cluster-Projekt MARTINA. Elemente aus agilen Softwareentwicklungs-Modellen³ werden im Projekt übernommen, mit der Maßgabe, durch das Herausgeben aktualisierter Softwareversionen in kurzen (Größenordnung vier bis acht Wochen) Zeitabständen immer wieder Prototypen mit Vertretern aus der Logistikpraxis zu testen und so, durch kontinuierliches Feedback, verschwendungsarm arbeiten zu können. Dies wurde im Rahmen der Beschreibung der technischen Umsetzung in Band 54 dieser Reihe vorgestellt. Das vorliegende Arbeitspapier stellt die Entwicklungen bis zur Prototypversion 32 dar, deren Fokus auf den Themen Routenplanung, Lokalisierung und weiteren Minispielentwürfen liegt. Entsprechend werden neben der Dokumentation der Projektentwicklungen hier die theoretischen und logistikpraktischen Hintergründe dargestellt.

¹ Vgl. Brathwaite, B., Schreiber, I. (2009).

² Vgl. Fullerton, T. (2008), Schell, J. (2014).

³ Vgl. Wirdemann, R. (2011).

2 Hintergrund

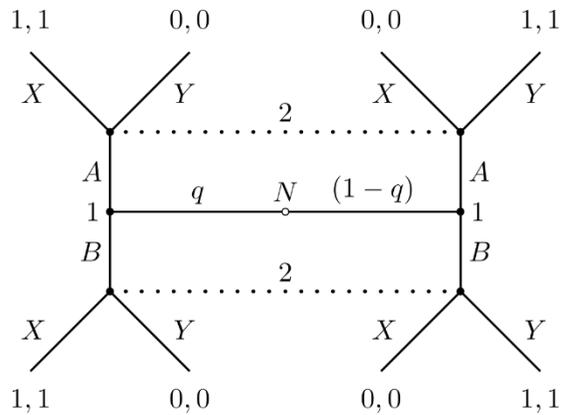
Ein weiteres Minispiel als Teil der MARTINA-App befasst sich mit dem Thema Routenplanung, als dessen theoretischer Hintergrund die Graphentheorie als Teilgebiet der Mathematik betrachtet werden kann. Zu beiden Themen im Folgenden ein Überblick.

2.1 Überblick und Motivation: Graphentheorie

Das Minispiel zum Themengebiet ‚Routenplanung‘ ist angelehnt an die sogenannte ‚optimierte Odyssee‘, ein Problem aus der Graphentheorie.⁴ Deshalb geht der konkreten Spielbeschreibung, sowie ebendiesem Optimierungsproblem eine kurze Einführung in die grundlegendsten Begrifflichkeiten der Graphentheorie voraus. Verschiedenste Modelle sind als Beispiele für Graphen vorstellbar bzw. aus dem Alltag bekannt. So ist Aushangfahrplänen der U-Bahn, Schaltplänen oder Flussdiagrammen gemein, dass diese elementar aus Knoten, Kanten und ggf. diesen zugeordneten Zahlen oder anderen Elementen bestehen. Knoten können dabei in der Realität Verzweigungen oder Kreuzungen entsprechen, Kanten die Verbindungswege dazwischen, also Schienen, Straßen, Kabel etc. Im Minispiel der MARTINA-App erfahren einzelne Kanten auch Bewertungen nach einem Kostenprinzip. Diese entsprechen in der Interpretation dann beispielsweise Benzinverbrauch oder zusätzlich durch Geländeunterschiede zurückzulegender Entfernungen/verursachter Kosten. Ein anderes, durch Graphen darstellbares Beispiel sind (Brett-)Spiele, die so auch in der ökonomischen Analyse⁵ behandelt werden (vgl. Abbildungen 1 und 2).

⁴ Vgl. Diestel, R. (2017).

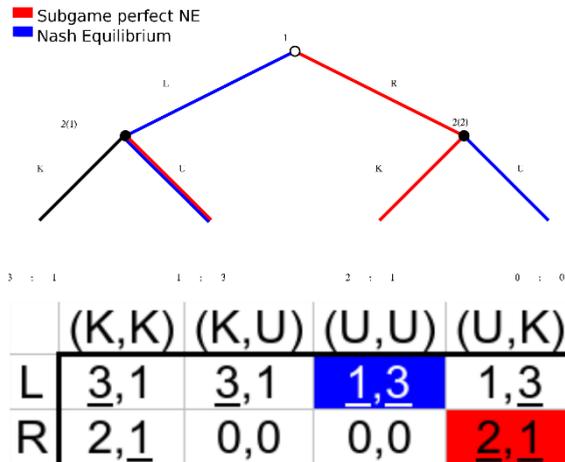
⁵ Vgl. u.a. Bütler, M., Birchler, U. (2007), Berninghaus, S., Ehrhart, K. M., Güth, W. (2010).

Abbildung 1: Spielbaum eines Signaling-Games.**Quelle: Eigene Darstellung.**

Analoge Darstellungen finden sich so auch in der Spieltheorie⁶, beispielsweise, sobald in einer Normalform darstellbaren Spielen eine Zeitdimension hinzugefügt wird.

⁶ Vgl. Binmore, K. (2007).

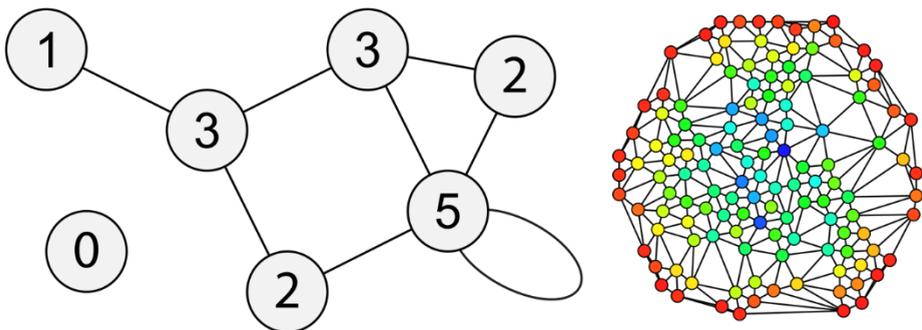
Abbildung 2: Analoge NF- und Extensivformdarstellung.



Quelle: Eigene Darstellung.

Bestandteile von Graphen (G) sind Knoten (vertex (Sg.), vertices, folgend bezeichnet mit V) und Kanten (edges, E). Graphen sind entweder gerichtet oder ungerichtet, letztere haben als Pfeile/Vektoren gekennzeichnete Kanten. Weiteres Einteilungsmerkmal ist das Vorhandensein von Zyklen.

Abbildung 3: Zwei Graphen.



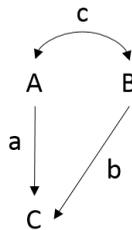
Quelle: Eigene Darstellung.

2.1.1 Gerichtete und ungerichtete Graphen⁷

Im Folgenden ist der leere Graph $\emptyset=(\emptyset, \emptyset)$ ausgeschlossen, es gilt also grundsätzlich $V \neq \emptyset$. Ein Graph $G=(V, E)$ heißt *ungerichtet*, wenn folgendes gilt: V ist eine endliche Menge, E ist eine Menge von Teilmengen von V mit je entweder einem oder zwei Elementen. Einelementige Kanten $\{e\} \in E$, also solche Kanten, die Ursprung und 'Ende' im selben Knoten haben, nennt man auch Schlingen (loop). Die Schreibweise $(e, f) = (f, e)$ entspricht hier $\{e, f\}$, ebenso wie $\{e\}$ als (e, e) geschrieben werden kann. Knoten heißen benachbart oder adjazent, genau dann, wenn $\{e, f\} \in E \vee (e=f \wedge \{e\} \in E)$. Ein Graph $G=(V, E)$ heißt *gerichtet*, wenn folgendes gilt:

- $V \neq \emptyset$ ist endliche Menge von Knoten
- $E \subseteq V \times V$ heißt Kantenmenge. Elemente von E werden Kanten genannt.

Abbildung 4: Gerichteter Graph.



Quelle: Eigene Darstellung.

Weiterhin sind Kantenfolgen und -züge zu definieren: Mit der o.g. Definition des ungerichteten Graphen ist $k=(v_0, \dots, v_n) \in V^{n+1}$ als Folge von $n+1$ Knoten eine *Kantenfolge*, wenn gilt: $(v_i, v_{i+1}) \in E$ für alle $i \in \{0, \dots, n-1\}$. Mit $v_0=v_n$ ist eine solche

⁷ Vgl. Gruhn, V. (2016).

Kantenfolge zusätzlich geschlossen. Wenn k Kantenfolge der Länge n von v_0 nach v_n ist und für alle $i, j \in \{0, \dots, n-1\}$ mit $i \neq j$ gilt, dass $(v_i, v_{i+1}) \neq (v_j, v_{j+1})$, also keine Kante mehrfach vorkommt, so nennt man diese spezielle Kantenfolge *Kantenzug der Länge n* .

Mit diesen Begriffen ist es nun möglich, Wege und Zyklen zu beschreiben und zu unterscheiden: In einem Weg kommt kein Knoten mehrfach vor. K heißt Zyklus oder Kreis der Länge n , wenn k geschlossene Kantenfolge (Länge n) von v_0 nach v_n ist, und wenn $k'=(v_0, \dots, v_{n-1})$ ein Weg ist. Gegenstück ist somit ein azyklischer Graph. Der Graph in Abbildung 2 ist ein Beispiel eines azyklischen Graphen, ebenso jener in Abbildung 4 (vgl. Definition).

Es ist zudem zweckmäßig, eine (optionale) Unterscheidung kanten- und knotenmarkierter Graphen zu erfassen, die darin besteht, dass ggf. entweder eine Abbildung der Knoten- oder eine Abbildung der Kantenmenge (oder beides) auf eine (Zahlen-) Menge (vgl. Abbildung 1) zum Graphen gehört. Abbildung 2 bringt die beiden letzten Definitionen zusammen: Der Graph ist azyklisch und besitzt einen Knoten derart, dass für alle anderen Knoten genau ein Weg zu diesem existiert – daher auch als Baum bezeichnet.

Drei bekannte Anwendungen führen auf das Spielprinzip zur Umsetzung in der MARTINA-App. Dies sind der Eulersche Zyklus, das sogenannte Königsberger Brückenproblem, sowie die optimierte Odyssee als spezielles Problem des Handlungsreisenden.

2.1.2 Eulerscher Zyklus und das Königsberger Brückenproblem

Zu einer gewissen Popularität sind Varianten der Fragestellung gelangt, zu entscheiden, ob ein gegebener Graph G einen Eulerschen Zyklus besitzt, also einen geschlossenen Kantenzug, der jede Kante genau einmal durchläuft.

Abbildung 5: 44 Varianten eines Eulerzyklus mit identischem Startpunkt.



Quelle: Public Domain.

“Die Sieben Brücken von Königsberg“ ist ein historisch bedeutendes Problem⁸ in der Mathematik. Seine negative Auflösung durch Leonhard Euler im Jahre 1736 legte den Grundstein für die Graphentheorie und bildete eine Grundlage für die Idee der Topologie.

Die Stadt Königsberg in Preußen (heute Kaliningrad, Russland) befand sich auf beiden Seiten des Pregel und erstreckte sich über zwei große Inseln, die durch sieben Brücken miteinander oder mit den beiden Festlandteilen der Stadt verbunden waren. Das Problem bestand darin, einen Spaziergang durch die Stadt zu machen, der jede dieser Brücken einmal und nur einmal überqueren würde. Lösungen, die entweder das Erreichen des Festlandes ohne Nutzung der Brücken oder Betreten einer Brücke ohne vollständiges Überqueren beinhalten, sind per definitionem ausdrücklich nicht akzeptabel.

⁸ Vgl. Sachs, H. et al. (1988).

Euler hat bewiesen, dass das Problem keine Lösung hat. Die Schwierigkeit, mit der er konfrontiert war, war die Entwicklung einer geeigneten Analysetechnik und nachfolgender Tests, die diese Behauptung mit mathematischer Strenge begründeten.

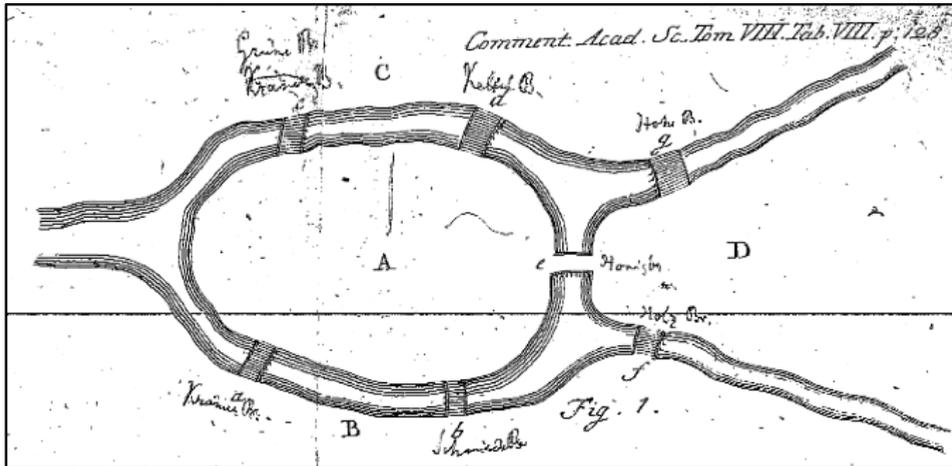
Beginnend mit dem Hinweis, dass die Wahl der Route innerhalb jeder Landmasse irrelevant und das einzige wichtige Merkmal einer Route die Reihenfolge der überquerten Brücken sei, war es Euler möglich, das Problem in abstrakten Begriffen neu zu formulieren (die Grundlagen der Graphentheorie zu legen) und von allen unwesentlichen Merkmalen zu abstrahieren, mit Ausnahme der Liste der Landmassen und der Brücken, die sie verbinden. In modernen Begriffen ersetzt man jede Landmasse durch einen Knoten und jede Brücke durch eine Kante, welche nur dazu dient, zu erfassen, welches Knotenpaar (Landmassen) durch diese Brücke verbunden ist. Die resultierende mathematische Struktur wird als Graph bezeichnet (vgl. 2.1.1).

Da nur die Verbindungsinformation relevant ist, kann die Form von bildlichen Darstellungen eines Graphen auf beliebige Weise verzerrt sein, ohne den Graphen selbst zu verändern. Nur die Existenz (oder Abwesenheit) einer Kante zwischen jedem Knotenpaar ist in diesem Zusammenhang von Bedeutung. Z. B. ist es egal, ob die gezeichneten Kanten gerade oder gekrümmt sind oder ob ein Knoten links oder rechts von einem anderen liegt (vgl. Definitionen von Graphen in 2.1).

Ferner für den Lösungsansatz bedeutsam ist die trivial anmutende Feststellung, dass während eines Durchlaufs in dem Graphen ein nicht-terminaler Knoten genauso oft betreten wie verlassen wird. Wenn nun jede Brücke genau einmal überquert worden ist, folgt, dass für jede Landmasse (mit Ausnahme der für den Anfang und das Ende gewählten) die Anzahl der Brücken, die diese Landmasse berühren, gerade sein muss. Allerdings sind alle vier Landmassen im ursprünglichen Problem an eine ungerade Anzahl von Brücken angebunden. Da höchstens zwei Landmassen als Endpunkte eines Spaziergangs dienen können, führt der

Vorschlag einer Wanderung, die jede Brücke einmal überquert, zu einem Widerspruch.

Abbildung 6: Originaldarstellung des Brückenproblems.



Quelle: Euler, L. (1741).

Zeitgemäß, und in graphentheoretischen Termini beschrieben, zeigt Euler, dass die Existenz eines Durchlaufs durch einen Graphen, der jede Kante genau einmal beinhaltet, von den Graden der Knoten abhängt. Der Grad eines Knotens ist die Anzahl der Kanten, die ihn berühren. Es wurde gezeigt, dass notwendige Bedingung für den Spaziergang der gewünschten Form ist, dass der Graph geschlossen ist und genau null oder zwei Knoten von ungeradem Grad hat. Dies erweist sich auch als hinreichend.

Eulers Arbeit wurde am 26. August 1735 der St. Petersburger Akademie vorgestellt und 1741 in der Zeitschrift *Commentarii academiae scientiarum Petropolitanae* als *Solutio problematis ad geometria situs* veröffentlicht.

2.1.3 Problem des Handlungsreisenden und Optimierte Odyssee

Beim "Travelling Salesman Problem" (TSP)⁹ ist die Reihenfolge des Besuchs mehrerer Orte (geographisch verteilter Kundenstandorte) so zu wählen, dass die gesamte Reisedistanz des (Handlungs-)reisenden minimiert wird und erste und letzte Station identisch sind. Es ist ein NP-schweres Problem in der kombinatorischen Optimierung. Das Vehicle-Routing-Problem ist ein Beispiel für eine Verallgemeinerung des TSP.

In der Theorie der Rechenkomplexität gehört die *Entscheidungsversion des TSP* (wobei bei gegebener Länge L zu entscheiden ist, ob der Graph irgendeine Tour kürzer als L ermöglicht) zu der Klasse von NP-vollständigen Problemen¹⁰. Somit ist es möglich, dass die Worst-Case-Laufzeit für irgendeinen Algorithmus für den TSP superpolynomial (aber nicht mehr als exponentiell) mit der Anzahl von Orten bzw. Kundenstandorten zunimmt.

Das TSP wurde erstmals 1930 formuliert und ist eines der am intensivsten untersuchten Probleme in der Optimierung. Es wird als Benchmark für viele Optimierungsmethoden verwendet. Obwohl das Problem rechnerisch schwierig ist, ist eine große Anzahl von Heuristiken und exakten Algorithmen bekannt, so dass einige Fälle mit Zehntausenden von Städten vollständig gelöst werden können und sogar Probleme mit Millionen von Städten innerhalb eines kleinen Bruchteils von 1% approximiert werden können.

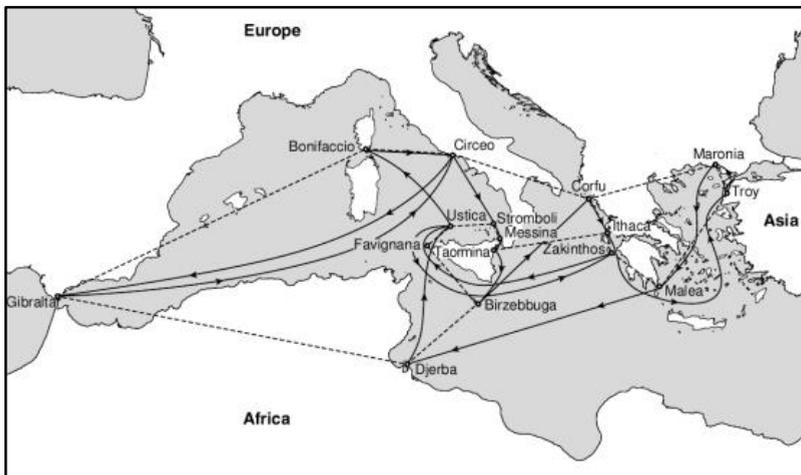
Das TSP hat zahlreiche Anwendungen, leicht modifiziert erscheint es beispielsweise auch als Teilproblem in Bereichen wie der DNA-Sequenzierung oder der Astronomie: Bei der sequentiellen Beobachtung hinreichend vieler Objekte

⁹ Vgl. Cook, W. (2011).

¹⁰ Vgl. Wegener, I. (2003).

lohnt es sich, die Zeit, die für das zwischenzeitliche Bewegen des Teleskops benötigt wird, zu optimieren. In vielen Anwendungen können zusätzliche Einschränkungen wie begrenzte Ressourcen oder Zeitfenster auferlegt werden. Der Legende nach hatte sich Ulysses (Odysseus) mehr oder weniger hoffnungslos im Mittelmeer (praktisch zweidimensional, daher gut als einfacheres TSP-Beispiel geeignet) verirrt und wählte alles andere als den kürzesten Weg nach Hause. Üblicherweise werden die 16 in der Abbildung angegebenen Orte verwendet, wenn das Optimierungsproblem der optimierten Odyssee¹¹ (TSP-Variante) behandelt wird. Hier sind tatsächlicher (durchgehend) und optimaler Weg (gestrichelte Linie) eingezeichnet.

Abbildung 7: Optimierte Odyssee.



Quelle: Chiarandini, M. (2009), S. 2.

¹¹ Vgl. Groetschel, M., Padberg, M. W. (2001).

Eine Darstellung (Abbildung 8, Ausschnitt) des Problems wie die Folgende¹² erlaubt es, aus der Kompakten Koordinatennotation eine Distanzmatrix aufzustellen, eine symmetrische Matrix, die abseits der Hauptdiagonalen die Distanzen zwischen allen 16 Punkten auf der Karte enthält.

Abbildung 8: Koordinaten der Odyssee.

```
NAME: ulysses16.tsp
TYPE: TSP
COMMENT: Odyssey of Ulysses (Groetschel/Padberg)
DIMENSION: 16
EDGE_WEIGHT_TYPE: GEO
DISPLAY_DATA_TYPE: COORD_DISPLAY
NODE_COORD_SECTION
  1 38.24 20.42
  2 39.57 26.15
  3 40.56 25.32
  4 36.26 23.12
    . . .
 14 37.51 15.17
 15 35.49 14.32
 16 39.36 19.56
EOF
```

Quelle: <http://elib.zib.de/pub/mp-testdata/tsp/tsplib/tsp/ulysses16.tsp>.

¹² <http://elib.zib.de/pub/mp-testdata/tsp/tsplib/tsp/ulysses16.tsp>

Abbildung 9: Distanzen (Ausschnitt).

1	509	501	312	1019	...
509	1	126	474	1526	
501	126	1	541	1516	
312	474	541	1	1157	
1019	1526	1516	1157	1	
...					...

Quelle: <https://www.iwr.uni-heidelberg.de/groups/comopt/software/TSPLIB95/>.

Lösung des TSP ist jeweils eine Tour. Diese kann als eine Permutation der Orte $0, 1, 2, \dots, n-1, n$ dargestellt werden. Diese Permutation repräsentiert die Abfolge in der die Orte (Knoten) kostenoptimal zu besuchen sind.

3 Praxis

Die folgenden Praxisbeispiele lassen sich zum Themenfeld Routenplanung und urbanes Liefermanagement in der Logistik aufzeigen. Diese sind in der folgenden Tabelle übersichtsartig dargestellt.

Tabelle 1: Routenplanung

Autoren	Jahr	Titel	Thema/Aussage
Fiegiel/ Straube	2017	Transportmanagement der schnelldrehenden Konsumgüterindustrie	<ul style="list-style-type: none"> • Transparenzlücke • Liefermanagement • Geo- und Verkehrsdaten
Groß/ Kick	2017	Integriertes Transportmanagement	<ul style="list-style-type: none"> • Digitale Transformation • Kosteneinsparungen • Digitalisierung
Vastag/ Kraft/ Flocke	2016	Smart Transportation Logistics	<ul style="list-style-type: none"> • Autonomes Fahren • Transparenz • Flexibilität
Jin/ Guenther/ Kim	2016	Dynamics in Logistics	<ul style="list-style-type: none"> • Routenplanung • Containerterminal • Transporter
Schopka/ Kopfer	2016	Dynamics in Logistics	<ul style="list-style-type: none"> • Kollaboratives Transportplanungsproblem • Austausch anfordern • Vorauswahl des Anfragepools
Ziebuhr/ Kopfer	2016	Dynamics in Logistics	<ul style="list-style-type: none"> • Transportplanung • Obligatorische Anfragen • Unterbeauftragung

Autoren	Jahr	Titel	• Thema/Aussage
Bäumler/ Kotzab	2016	Dynamics in Logistics	<ul style="list-style-type: none"> • Telematik • Intelligente Transportsysteme • Straßengüterverkehr
Noll	2016	Branchenspezifisches LVS schafft Lieferqualität auf neuem Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • Lagerverwaltungssystem • Transparenz • Effizienz
Jansen/ Vu- kovic	2015	Strategien für einen nachhaltigen Güterverkehr im urbanen Logistikumfeld	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Auslastungsschwankungen • Intelligente Verknüpfung von Logistikprozessen • Informations- und Kommunikationstechnologien
Vastag/ Klu- kas/ Wieden- bruch	2014	Effizientere Nutzung der Potenziale der Verkehrsträger mittels neuer IT-Technologien	<ul style="list-style-type: none"> • Globalisierung • Neue Logistikkonzepte • Kombiniertes Verkehr
Jansen/ Vu- kovic	2014	Nutzen einer interoperablen IT-Plattform zur Effizienzsteigerung im Transportwesen	<ul style="list-style-type: none"> • Telematiksysteme • Flexibilität • Transparenz
Gelau/ Zesch/ Groß/ Wolff	2013	Integriertes Transportmanagement als Software as a Service	<ul style="list-style-type: none"> • Effiziente Wertschöpfungsnetzwerke • Nachhaltige Kostensenkung und Leistungssteigerung

Quelle: Eigene Darstellung.

3.1 Routenoptimierung

Das Vehicle Routing Problem (VRP) ist ein kombinatorisches Optimierungsproblem mit der grundlegenden Fragestellung: "Was ist der optimale Satz von Routen für eine Fahrzeugflotte, um zu einer bestimmten Kundengruppe zu gelangen?". Es verallgemeinert das bekannte Traveling-Salesman-Problem (TSP). Es erschien zuerst in einer Abhandlung von GEORGE DANTZIG und JOHN RAMSER im Jahre 1959¹³, in der der erste algorithmische Ansatz beschrieben wurde und auf Benzinlieferungen angewendet wurde. Häufig besteht der Kontext darin, Waren, die sich in einem zentralen Depot befinden, an Kunden/Besteller zu liefern. Das Ziel des VRP ist es, die gesamten Kosten der Route zu minimieren. Im Jahr 1964 verbesserten CLARKE UND WRIGHT den Ansatz von DANTZIG UND RAMSER mit dem savings algorithm¹⁴.

Das VRP betrifft den Service einer Lieferantenfirma:

„Wie werden Güter von einem oder mehreren Depots geliefert, die über einen bestimmten Satz von Fahrzeugen verfügen und von einer Gruppe von Fahrern betrieben werden, die sich auf einem festgelegten Straßennetz zu einer Gruppe von Kunden bewegen können?“

¹³ Vgl. Dantzig, G., Ramser, J. (1959).

¹⁴ Vgl. Clarke, G., Wright, J. (1964).

Abbildung 10: 3 Routen mit gemeinsamem Depot als Ausgangspunkt.

Quelle: Eigene Darstellung/Public Domain.

Eine Festlegung einer Reihe von Routen S ist gefordert (eine Route für jedes Fahrzeug, die in ihrem eigenen Depot starten und enden muss), so dass alle Anforderungen und betrieblichen Restriktionen der Kunden erfüllt und die globalen Transportkosten minimiert werden. Diese Kosten können monetär, Entfernung oder anderweitig sein. Das Straßennetz kann unter Verwendung eines Graphen beschrieben werden, bei dem die Kanten Straßen sind und Knoten Verbindungen zwischen ihnen. Die Kanten können gerichtet oder ungerichtet sein,

bspw. aufgrund möglicherweise gegebener Einbahnstraßen oder richtungsabhängiger Kostenunterschiede. Jeder Kante sind Kosten zugeordnet, die im Allgemeinen ihrer Länge oder fahrzeugspezifischer Reisezeit proportional sind.

Manchmal ist es unmöglich, alle Anforderungen eines Kunden zu erfüllen. In solchen Fällen können Solver die Anforderungen einiger Kunden verringern oder entscheiden, einige Kunden nicht zu beliefern. Um mit diesen Situationen umzugehen, kann eine Prioritätsvariable für jeden Kunden eingeführt werden oder entsprechende Strafen für den teilweisen oder fehlenden Service für jeden gegebenen Kunden. Die Zielfunktion eines VRP kann je nach Anwendungsbezug des Ergebnisses sehr unterschiedlich sein, aber einige der häufigeren Ziele sind:

- Minimierung der globalen Transportkosten auf der Grundlage der insgesamt zurückgelegten Entfernung sowie der Fixkosten für eingesetzte Fahrzeuge und Fahrer
- Minimierung der Anzahl der Fahrzeuge, die benötigt werden, um alle Kunden zu bedienen
- Geringste Variation in Reisezeit und Fahrzeugauslastung
- Minimierung der 'Strafen' für Erfüllung mit niedriger Qualität

Hier sei eine Lösungsvariante (vehicle flow formulation)¹⁵ dargestellt, die auch im Minispiel zur Routenplanung Anwendung findet. Ganzzahlige Variable werden genutzt um die Anzahl der Überquerungen jeder Kante des Graphen durch ein Lieferfahrzeug zu zählen (entspricht Weg zu einem Kunden/zwischen Kunden/vom Depot weg oder zum Depot zurück). Für Problemstellungen, deren Kosten als Summe der Kosten für das Befahren von Verbindungsstrecken (Kanten) dargestellt werden können, eignet sich dieses Vorgehen.

¹⁵ Vgl. Munari, P. et al. (2017).

Eine Kostenfunktion

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{ij} x_{ij}$$

ist unter den nachfolgenden Bedingungen zu minimieren:

$$(1) \sum_{i \in V} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in V \setminus \{0\}$$

$$(2) \sum_{j \in V} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\}$$

$$(3) \sum_{i \in V} x_{i0} = K$$

$$(4) \sum_{j \in V} x_{0j} = K$$

$$(5) \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \geq r(S), \quad \forall S \subseteq V \setminus \{0\}, S \neq \emptyset$$

$$(6) x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in V$$

Dabei bedeuten die Bedingungen (1) und (2), dass genau eine Kante zu einem Knoten (jeweils einem Kunden zugeordnet) führt und diesen auch genau eine Kante wieder verlässt. (3) und (4) geben an, dass die Anzahl der Fahrzeuge, die das Depot verlassen, der Gesamtzahl ("Kapazität") an Fahrzeugen entspricht. (5) ist eine Kapazitätsbeschränkung, die vorschreibt, dass die Routen verbunden sein müssen und dass die Nachfrage auf jeder Route die Fahrzeugkapazität nicht übersteigt, (6) schreibt vor, dass jedes x entweder den Wert 1 oder 0 annimmt.

Beispielhaft ist das Vehicle Routing Problem mit Zeitfenstern (VRPTW) ein spezieller Fall des bekannten Vehicle Routing Problems (VRP) von Dantzig und Ramser. Im VRPTW führt speziell die Existenz eines Zeitfensters, innerhalb dessen eine Menge zu besuchender Kunden anzutreffen ist, zu einer zusätzlichen Komplexität des Problems. Ein jedem Kunden zugeordnetes Zeitfenster

legt eine Zeitspanne fest, in dem ein Fahrzeug starten und den Service für diesen Kunden beenden haben muss. Das VRPTW ist ein kombinatorisches Optimierungsproblem, das zur Klasse von NP-harten Problemen gehört, was bedeutet, dass die Verwendung von exakten Algorithmen für seine Lösung nur in wenigen bestimmten Fällen möglich ist¹⁶. Mit wachsender Komplexität der zu lösenden Probleme werden Heuristiken und Meta-Heuristiken verwendet, um suboptimale Lösungen zu finden, die zwei Anforderungen gerecht werden: Effektivität und Machbarkeit (!), um in nicht-polynomieller Zeit bestimmt zu werden.

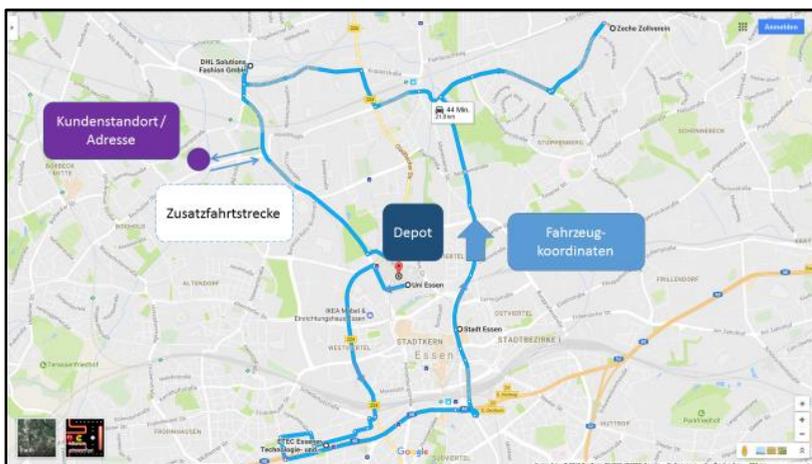
Technische und organisatorische Möglichkeiten der IT bieten also die Chance, eine weiterführende Integration der Prozesse im Rahmen der Transportlogistik wie bspw. für das Routing von Auslieferungsfahrzeugen (z.B. KEP-Dienste, Retail- und Last-Mile-Distribution) zu realisieren. Dabei werden potenziell die derzeit in der Regel *getrennten* Bereiche Frontend (Kundenkommunikation z.B. per Online-Portal oder Smartphone-App) und Backend (Fahrzeugrouting, Fahreranweisungen und Dynamic Routing z.B. in Stausituationen) in „real time“ *verbunden*, indem Kundenvorgaben direkt in die Fahrplananweisungen eines Fahrzeugs (z.B. über Smartphone, Tablet oder mit Datenbrille) eingebunden und eingeblendet werden

¹⁶ Vgl. Garey, M. R., Johnson, D. S. (1990), Lenstra, J. K., Rinnooy, A. H. G. (1981).

3.2 Dynamische Routenplanung mit Frontend-Backend-Direktverbindung

In einer Beispielbeschreibung wird dargestellt, wie die hier beschriebene Real-time-Verbindung von Online-Frontend und Real-World-Backend in der Logistik konkret aussehen könnte. Dazu wird der Fall eines Auslieferfahrzeuges (Paketdienst oder andere Last-Mile-Verkehre) mit dem Auslieferfahrer in einem Regionalgebiet genutzt.

Abbildung 11: Streckenänderung KEP-Dienst bei direkter Verbindung zu Online-Kundenanforderung.



Quelle: Eigene Darstellung.

Ein beliebiges Regionalfahrzeug befindet sich ausgehend von einem Depot wie in der oben abgebildeten Routendarstellung auf einer „Delivery-or-Pick-up“-Tour, bei der Sendungen ausgeliefert oder aufgenommen werden. Die ursprünglich bei Fahrtantritt geplante Strecke ist blau hinterlegt und dauert für den Fahrer ca. 44 Minuten; das Fahrzeug befindet sich an der blauen Markierung etwa auf der

Hälfte der zurückgelegten Routenstrecke. Wenn nun ein Kunde die Möglichkeit hat, beispielsweise via Smartphone / App eine Abholung einer Sendung (z.B. Retoure einer Anlieferung vom Vortag) zu registrieren und diese Information *real time* in die Planungs- und Steuerungssysteme der Logistikplanung übermittelt werden kann, so bestünde die Möglichkeit, dass das Regionalfahrzeug schon ca. 20 Minuten später bei der Adresse des Kunden durch einen kleineren Umweg (hier ca. 500 Meter zusätzlicher Fahrweg) ankommt und die Sendung bereits mitnimmt. Dies würde neben der *schnellen Reaktion* auf die Kundenanfrage (Qualitäts- und Serviceleistung, welche zu Kundenzufriedenheit beitragen kann) weitere mögliche Vorteile generieren:

- Das Risiko den beauftragenden Kunden für die Sendungsrücknahme nicht anzutreffen sinkt signifikant, da bei einer vergleichsweise schnellen Reaktionszeit < 30 Minuten davon ausgegangen werden kann, dass der Kunde auf den Fahrer wartet und noch angetroffen wird (u.a. durch direkte Rückmeldung der App wann der Fahrer eintreffen wird, sozusagen ein „Rückkanal“ der Tourenplanung in die Frontend-App des Kunden).
- Damit sinken auch die durchschnittlichen Kosten aus vergeblichen Anfahrten, bei denen Kunden nicht angetroffen werden.
- Je nach vorliegenden weiteren Ausliefer- und Übernahmestandorten am Folgetag ist die hier dargestellte Zusatztour (plus ca. 500 Meter) eine deutliche Verkürzung der für die Anfahrt dieses Kundenpunktes zurückzulegenden Strecke und stellt damit eine Reduktion der Fahrtkosten des Auslieferfahrzeuges dar.
- Gleichzeitig werden auch die Fahrzeit des Fahrers und damit die Personalkosten reduziert.

Voraussetzung ist jedoch die zeitkritische und möglichst permanent aktualisierte Realisierung einer Datenverbindung zwischen typischen Frontendsystemen (hier

die Retouren-App auf dem Smartphone des Kunden) und Backendsystemen (hier die Fahrzeug- und Routenplanung des Regionalfahrzeugs). Diese Verbindung umfasst zudem mehr als nur eine reine Datenübergabe, sondern muss auch verschiedene Entscheidungs- und Verarbeitungsroutinen umfassen (beispielsweise ob im Beispielfall durch die Hinzunahme eines Abholauftrages wie abgebildet spätere Liefertermine auf der Tour gefährdet sein könnten).

3.3 Zum Begriff ‘Real Time‘

Mit Verweis schon auf KRISHNA und SHIN sei bemerkt, dass „any system where a timely response by the computer to external stimuli is vital is a real-time system”,¹⁷ dass es also hier nicht um eine quasi-instantane Antwort oder einen paradoxen Gleichzeitigkeitsbegriff geht. Vielmehr geht es um Rechtzeitigkeit, definiert über Deadlines, was jeweils nichts anderes ist als der späteste Zeitpunkt zur Vollendung einer Aufgabe. Insbesondere ist „real-time“ im Allgemeinen nicht äquivalent zu kurzen Antwortzeiten. Ein Echtzeitsystem liegt vor, wenn das angefragte System garantiert, innerhalb einer definierten Zeitspanne zu reagieren. Gerade in mobilen Netzen hängt die Zeitspanne zum Erhalt einer Antwort entscheidend davon ab, ob und wie schnell Daten übertragen werden können¹⁸.

Das häufige Missverständnis des Themas „real-time“ kann exemplarisch für die Probleme bei der Definition von Anforderungen gesehen werden, wenn z.B. zwischen Kundenwünschen und funktionaler Spezifikation “übersetzt“ werden muss. Generell wirft die digitale Transformation komplexe Fragestellungen auf und ohne durchdachte Lösungen, die die involvierten Partner mit einer “gemeinsamen Sprache“ ausstatten, können Digitalisierungspotentiale nicht zureichend eingeschätzt werden¹⁹.

¹⁷ Krishna, C. M., Shin, K. G., (1997), S. 71.

¹⁸ Vgl. Zimmerling et al. (2017).

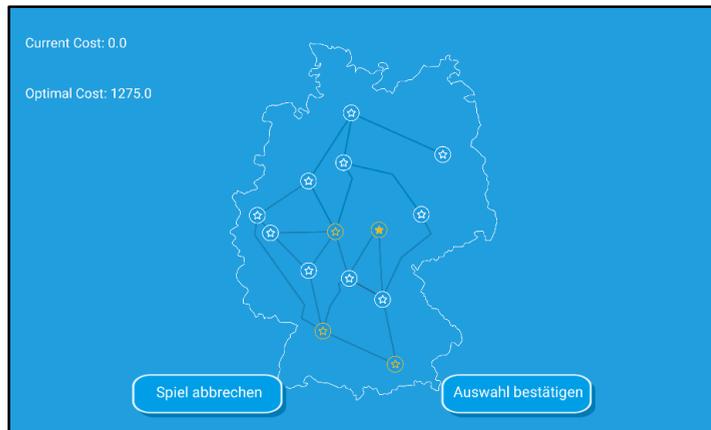
¹⁹ Vgl. Book, M. et al. (2016).

4 Minispiel-Konzept zur Routenplanung

4.1 Prototyp des Routenplanungsspiels

Ziel dieses Spiels ist es, den Nutzer für förderliche Aspekte einer unternehmerorientierten Routenplanung zu sensibilisieren. Das Thema wird auf einer eher abstrakten Ebene behandelt, wird für intuitive Bedienung und Vereinfachung möglichst ohne Text oder Zahlen auskommen. Dieses Vorgehen dient der Heranführung an das Thema ohne eine zu hohe Komplexität und Überfrachtung²⁰.

Abbildung 12: Prototyp des Routenplanungsspiels.



Quelle: Eigene Darstellung.

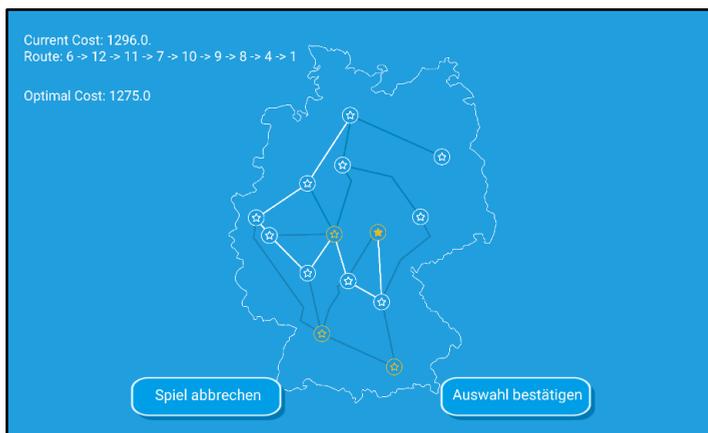
Grundlage ist eine Analogie zur „optimierten Odyssee“. Diese Problemstellung aus der Graphen-Theorie behandelt thematisch die Verbindung unterschiedlicher Knotenpunkte über eine möglichst kurze Strecke. Das Setting basiert auf folgender Aufgabenstellung: Der Nutzer sieht vor sich eine Deutschlandkarte, welche eine bestimmte Anzahl an Knotenpunkten enthält. Diese sind durch ein

²⁰ Vgl. Klumpp M. et al. (2016).

Straßennetz verbunden. Sobald die Spielrunde beginnt, werden 7 unterschiedliche Punkte aus dem Netzwerk ausgewählt, welche der Nutzer miteinander über die kürzeste Wegstrecke verbinden muss.

Der jeweilige Startpunkt ist hierbei fix vorgegeben, die restlichen Punkte können, nur durch das Straßennetz begrenzt, frei eingeplant werden. Straßen können hierbei auch doppelt belegt werden. Sobald der Nutzer einen weiteren Punkt berührt, färbt sich die entsprechende Strecke ein. Zusätzlich wird die gesetzte Verbindung mit einer Animation eines „rollenden“ LKW-Reifens unterlegt.

Abbildung 13: Prototyp des Routenplanungsspiels.



Quelle: Eigene Darstellung.

Jede Straße beinhaltet einen festgelegten Wert für die Streckenparameter. Über eine Anzeige, kann der Nutzer somit jederzeit die Gesamtlänge seiner gewählten Strecke einsehen. Gleichzeitig kann er sich so in Eigenauswertung die Länge der einzelnen Strecken für seine optimierte Planung erschließen. Mittels eines „Löschen“-Button, kann die jeweils letzte gewählte Strecke wieder gelöscht werden. Sobald der Spieler seine Wunschstrecke markiert hat, kann er

seine Auswahl bestätigen. Der Wert der Strecke wird von einem fest vorgegeben Wert der im System festgehaltenen kürzesten Verbindung der Knotenpunkte abgezogen. Die verbleibende Summe wird auf den Punktestand des Nutzers addiert. Zusätzlich wird dem Nutzer die ideale Strecke angezeigt, sollte er diese nicht gewählt haben.

4.2 Verortung im Gesamtkonzept

Der Nutzer startet auf der untersten Ebene. Sie wird als seine Heimatstadt gekennzeichnet und symbolisiert so auch in späteren Ebenen und Erweiterungen den klaren Fortschritt vom Ausgangspunkt. Auf jeder Ebene befinden sich drei Knotenpunkte: Z.B. das „Zuhause“ des Nutzers, das „Büro“ eines Auftraggebers sowie das „Lager“ seines Auftraggebers auf Ebene 1.

Zum Einstieg ist es Aufgabe des Nutzers, verschiedene Aufgaben im Auftragsprozess zu erfüllen, die an den einzelnen Knotenpunkten zu absolvieren sind. Diese Aufgaben sind eingebettet in den übergeordneten Story-Rahmen:

Du bist selbstständiger Einzelunternehmer und übernimmst Aufträge von anderen Dienstleistern und Logistik-Unternehmen, die vermehrt auf „Freelancer“ setzen, um in Spitzenzeiten agil zu bleiben. Heute beginnt eine Tour für Dich. Du hast schon ein paar Aufträge im östlichen und südöstlichen Raum, es ist aber noch Platz auf Deinem LKW. Besser wäre es, wenn dieser von Anfang an voll wäre, dann würde sich die geplante Tour deutlich mehr rentieren. Schließlich möchtest Du Dich bald vergrößern. Da klingelt Dein Telefon:

„Hallo Herr XXX, Schmidt hier von Schmidt&Koch Logistik. Ich habe da wieder mal einen außerplanmäßigen dringenden Auftrag. Mir ist ein Fahrzeug ausgefallen. Es muss aber heute noch Ware nach XXX liefern. 4 Paletten insgesamt. Haben Sie noch Kapazitäten, das zu übernehmen?“

„Hallo Herr Schmidt, schön von Ihnen zu hören. Ich habe diese Woche schon eine Tour geplant im deutschen Raum. Ich habe aber beim Start noch Platz auf dem LKW, die Tour kann ich übernehmen. Ich plane dann später meine Route so, dass ich Ihren Auftrag bedienen kann. Sie können sich wie immer auf mich verlassen“

„Super, danke Herr XXX, wir wissen Ihre Flexibilität und Unterstützung zu schätzen. Fahren Sie zum Büro, da bekommen Sie die Details. Die Konditionen kennen Sie ja“

Um sich als Fahrer beim Unternehmen für den Auftrag zu registrieren, muss er zunächst beim Büro vorbeischauen. Danach gilt es, im Lager die Ladung abzuholen.

Jede Ebene ist mit einem klar definierten Startpunkt versehen. Auf der ersten Ebene bildet das Haus des Nutzers den Startpunkt der Ebenen-Mission. Markiert der Nutzer nun einen der anderen Punkte gemäß der einleitend beschriebenen gesetzten Aufgabe auf der Karte, wird die Fahrt durch eine sich nach und nach verstärkende Linie visualisiert von seinem Haus zu dem gewählten Punkt und zeigt den zurückgelegten Weg an. Bei ausgewählten Streckenverläufen erscheinen auf der visualisierten Strecke, für den Nutzer überraschend, Events in Form von Zusatzmissionen, die der Nutzer annehmen kann. Bei erfolgreicher Absolvierung eines solchen Events generiert er Zusatzpunkte und hat zudem Inhalte und Informationen vertiefend aufgenommen. Zusatzmissionen können auch zu späteren Zeitpunkten und wiederholend aufgerufen werden, so dass eine Verbesserung des bisher in der Mission erzielten Ergebnisses sowie auch ein späterer erneuter Themenreview möglich ist. Eine Addition der Ergebnisse erfolgt bei mehrmaligem Aufruf nicht, das beste erzielte Ergebnis fließt in die Bewertung ein.

Auf der zweiten Ebene liegen Verknüpfungen zu den Spielen Gefahrgut und Routenplanung, letzteres ist wie folgt in die User Journey integriert:

Du kannst Deine Tour starten. Durch die Zeitverzögerung aufgrund des Unfalls und seiner Folgen sowie der nachzuholenden Ladungssicherung solltest Du noch einmal Deine Routenplanung überarbeiten. Schließlich musst Du schnell beim Kunden des Auftraggebers sein und auch Deine anderen Aufträge warten auf Erfüllung. Und die Verkehrssituation hat sich ja aufgrund des späteren Zeitpunktes auch verändert.

Ziel dieses Spiels ist es, den Nutzer auf förderliche Aspekte einer unternehmensorientierten Routenplanung zu sensibilisieren. Das Thema wird auf einer eher abstrakten Ebene behandelt und für die Intuitivität und Vereinfachung möglichst ohne Text oder Zahlen auskommen. Dieses Vorgehen dient der Heranführung an das Thema, ohne eine zu hohe Komplexität und Überfrachtung zu erzeugen.

Das Setting basiert auf folgender Aufgabenstellung:

Plane Deine Route anhand Deiner Auslieferungsziele. Beachte dabei, dass Du die Lieferung für Herrn Nagel möglichst als erstes Abliefern musst. Ansonsten achte darauf, dass Du möglichst Kilometer- und Zeitsensitiv planst.

Der Nutzer sieht vor sich eine Deutschlandkarte, welche eine bestimmte Anzahl an Knotenpunkten enthält. Diese sind durch ein Straßennetz verbunden. Sobald die Spielrunde beginnt, werden 7 unterschiedliche Punkte aus dem Netzwerk ausgewählt, welche der Nutzer miteinander über die kürzeste Wegstrecke verbinden muss.

Der jeweilige Startpunkt ist hierbei fix vorgegeben, die restlichen Punkte können, nur durch das Straßennetz begrenzt, frei eingeplant werden. Straßen können hierbei auch doppelt belegt werden. Sobald der Nutzer einen weiteren

Punkt berührt, färbt sich die entsprechende Strecke ein. Zusätzlich wird die gesetzte Verbindung mit einer Animation eines „rollenden“ LKW-Reifens unterlegt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Künftige Iterationen der MARTINA-App werden (zusätzlich zur technischen wie inhaltlichen Optimierung der bereits vorhandenen Bestandteile) unter Berücksichtigung der Ergebnisse und Rückmeldungen aus den Praxistests das Themenfeld Logistik und Nachhaltigkeit behandeln, sowie abschließend in kompakter Form über einige Zukunftsthemen²¹ und deren mögliche Auswirkungen auf Berufsbilder informieren.

Zudem wird der Transferaspekt auch vom Thema Lokalisation berührt, das, wie folgend beschrieben, nicht vollkommen trivial ist. Android sieht es leider von Hause aus nicht vor, dass Apps eine andere Sprache anzeigen als die im System eingestellte, vielmehr rät Google selbst explizit von einer manuellen Umstellung der Sprache zur Laufzeit ab.²² Dies wird auch vom SDK nicht direkt unterstützt und ist deshalb nur mit verhältnismäßig großem Aufwand und recht fehleranfällig umzusetzen. Auch nach eigenen Erkenntnissen ist davon abzuraten, die Sprach-Auswahl derart zu implementieren.

Stattdessen wird folgendes Vorgehen als sinnvoll und praktikabel erachtet: Android-Apps erkennen automatisch zur Laufzeit die im System eingestellte Sprache und laden dann die Texte aus der korrekten XML-Datei (sofern diese existiert). Wenn es für die aktuelle Sprache keine passende XML gibt, so wird einfach eine Default-XML geladen, die vor Auslieferung voreingestellt werden kann.

Das bedeutet, dass für jede Sprache, die unterstützt werden soll, eine entsprechend übersetzte XML-Datei erstellt und diese mit ausgeliefert werden kann.

²¹ Vgl. Zijm, H., Klumpp, M. (2017).

²² <https://developer.android.com/guide/topics/resources/multilingual-support.html#design>.

Martina wird dann automatisch zur Laufzeit die richtige Sprache wählen, basierend auf den Spracheinstellungen des Android-Systems. Dies ist auch der Standard-Weg, den die meisten Android-Apps gehen.

Für die meisten User sollte dies den mit dem geringsten Aufwand verbundenen Weg darstellen, denn in der Regel installiert man die Apps in der Sprache, in der man auch sein System einstellt.

Abbildung 14: MARTINA-Textauszug mit übersetzten Logistiktipps.

```

<string name="GameOutro_Mail_Sender">Team MARTINA</string>
<string name="GameOutro_Mail_Recipient">Player</string>
<string name="GameOutro_Mail_Subject">Your own enterprise</string>
<string name="GameOutro_Mail_Content">Dear Player,\n\ncongratulations for having founded your o
luck.\n\nAll the best\nTeam MARTINA</string>
<string name="Map_TutorialActivation">Would you like to activate the tutorial function to get a heads
<string name="LogisticTip">Logistics-Tip</string>
<string name="LogisticTip01">Always make sure that cargo and truck bed are firmly connected!</string>
<string name="LogisticTip02">Securing devices must be flawless!</string>
<string name="LogisticTip03">Flawless means: Legible labels and lashing straps w/o any cracks.</string>
<string name="LogisticTip04">Make sure that the wrapping is correctly applied and w/o cracks or hole
<string name="LogisticTip05">Ensure good visibility of all dangerous goods placards!</string>
<string name="LogisticTip06">Maximize stiction: Keep the truck bed free of dirt - contaminations may
<string name="LogisticTip07">If the truck bed is not swept clean, make sure it will be before the next t
<string name="LogisticTip08">Make sure that vehicle bodies are checked for damage and functionality
<string name="LogisticTip09">Are there gaps in the cargo? If possible, ensure form-fit loading!</string>
<string name="LogisticTip10">With form-fit loading: Ensure stability of the goods!</string>
<string name="LogisticTip11">Do you have safety vest and warning triangle on board?</string>
<string name="LogisticTip12">Mind the 'rest' in rest periods!</string>
<string name="LogisticTip13">Make sure that pallets are not overbuilt!</string>
<string name="LogisticTip14">If the driver is involved in loading, loading and securing method must be
<string name="LogisticTip15">If loading happens in the absence of the driver, the shipper is responsib
<string name="LogisticTip16">When form-fit loading, make sure that goods in front are sufficiently sta
<string name="LogisticTip17">No form-fit possible? Use lashing straps, anti-slip mats and crossbars!<
<string name="LogisticTip18">If form-fit securing to the sides is possible, fill empty gaps with upholst
<string name="LogisticTip19">If the truck has a tarpaulin structure without 12642XL certificate, you ha
<string name="LogisticTip20">Even if the truck has a tarpaulin structure certified with 12642XL, your l
<string name="LogisticTip21">Even if you receive an already loaded truck, you still have to check load
<string name="FirstAid_Intro_Button_StartGame">Start</string>
<string name="FirstAid_Outro_Button_Proceed">Proceed</string>
<string name="FirstAid_Outro_Text">Congratulations! Your score: %d !</string>
<string name="FirstAid_Level1_Button_Confirm">Confirm</string>
<string name="FirstAid_Level1_Button_AbortGame">Abort</string>
<string name="FirstAid_Level1_Button_Proceed">Proceed</string>
<string name="FirstAid_Level1_Button_Retry">Retry</string>
<string name="FirstAid_Level1_Toast_TimeOut">Time is up! Would you like to try again?</string>
<string name="FirstAid_Level1_Toast_EverythingCorrect">Everything's correct, perfect!</string>

```

Quelle: Eigene Darstellung.

Darüber hinaus erfordert dieses Vorgehen allerdings konzeptionell an einigen Stellen Nachbessern in überschaubarem Rahmen, weil sich die Sprache durch mehr Aspekte jenseits reinen Textes zieht: In vielen Grafiken sind Texte eingebaut, beispielsweise die Locations auf der Übersichtslandkarte sowie die Buttons zur Spielauswahl:

Abbildung 15: Lokalisierungshürde ‘Text in Grafik’.



Quelle: Eigene Darstellung.

Für diese Grafiken müsste entweder eine Sprach-spezifische Version erstellt oder aber die Grafiken in der Art zu modifiziert werden, dass sie sprachunabhängig werden. Für die zweite Vorgehensweise spricht (Texte aus den Grafiken entfernen), dass für zukünftige Versionen - wenn weitere neue Sprachen hinzukommen sollen - immer wieder die entsprechenden Grafiken überarbeitet werden müssten, was aufwändig und extrem fehleranfällig ist.

Darüber hinaus werden in den Spiel-Konfigurationen weitere Texte hinterlegt. Dies trifft beispielsweise auf die Intro-Texte für die Mini-Games, aber auch z. B. auf die Fragen für das erste Hilfe Spiel etc. zu. Diese Texte stehen nicht in der strings.xml sondern in den Spiel-spezifischen Konfigurationen für jedes Mini-Game.

Aktuell erscheinen aus projektorganisatorischen Gründen strenggenommen keine "Release Candidates" mehr, sondern regelmäßig neue Builds der Alpha-Version, entsprechend wird zur Zeit mit anderen Versionsnummern verfahren. Die Bezeichnung "Release Candidate" und entsprechende Versionsnummern sind damit den Veröffentlichungen (0.3, 0.4, ...) vorbehalten.

Alle internen Alpha-Versionen erhalten jetzt einfach eine fortlaufende Build-Nummer, die mit der internen Google-Version der App im PlayStore übereinstimmt.

Beispielhaft sei folgend kurz dargestellt, welche Änderungen/Neuerungen auf dem Weg zu einem weiteren Inkrement des Prototyps vorgenommen werden.

Im Ladungssicherungs-Spiel gibt es nun in der rechten unteren Ecke einen Button mit einem "?". Wenn man diesen Button drückt, dann erscheint eine Animation, die den nächsten noch nicht entdeckten Fehler temporär markiert. Zweckmäßige Länge und Größe der Animation sind noch zu erproben, ebenso die Anzahl der Punkte, die für das Drücken abgezogen werden. Im Moment gibt es für jedes Mal drücken 20 Minuspunkte am Ende des Spiels (wobei der Punktestand natürlich nicht unter null fallen kann).

Die Position des Spielers auf der Karte wird nun durch ein drehendes Rad angezeigt.

Das gleiche Rad gibt es auch beim Routenplaner-Spiel. Auch hier zeigt es die aktuelle Position an, so dass man weiß, welches Streckenstück man als nächstes verlegen kann.

Außerdem wurden die Buttons im Routenplaner-Spiel weiter an den Rand geschoben, damit diese nun nicht mehr die Landkarte verdecken.

www.martina.fom.de

Literaturverzeichnis

- Binmore, K. (2007): *Playing for Real. A Text on Game Theory*. Oxford University Press.
- Book, M., Gruhn, V., Striemer, R. (2016): *Erfolgreiche agile Projekte: Pragmatische Kooperation und faires Contracting*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Büttler, M., Birchler, U. (2007): *Information Economics*. Routledge Advanced Texts in Economics and Finance, Oxon, United Kingdom.
- Brathwaite, B., Schreiber, I. (2009): *Challenges for Game Designers*, Boston 2009.
- Chiarandini, M. (2009): *Introduction to Computer Science*. Lecture Notes, Department of Mathematics and Computer Science, University of Southern Denmark, Odense.
- Clarke, G., Wright, J. (1964): *Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points*. *Operations Research* 12(4), S. 568-581.
- Cook, W. J. (2011): *In Pursuit of the Traveling Salesman: Mathematics at the Limits of Computation*. Princeton University Press.
- Dantzig, G., Ramser, J. (1959): *The Truck Dispatching Problem*. *Management Science* 6(1), S. 80-91.
- Diestel, R. (2017): *Graph Theory*. Springer Nature, Heidelberg.
- Euler, L. (1741): *Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis*. *Opera Omnia* 1(7), S. 1-10.
- Fullerton, T. (2008): *Game Design Workshop: A Playcentric Approach to Creating Innovative Games*, Burlington 2008.
- Garey, M. R., Johnson, D. S. (1990): *Computers and Intractability; A Guide to the Theory of NP-Completeness*. W. H. Freeman & Co. New York, NY, USA.
- Groetschel, M., Padberg, M. W. (2001): *Le Stanze del TSP*. *AIROnews* 6(3), S. 6-9.
- Gruhn, V. (2016): *Modelle der Informatik, Vorlesung im WS 2016/2017, Kapitel 3: Bäume, Graphen und Netzwerke*. Paluno, The Ruhr Institute for Software Technology, Essen.

- Klumpp, M., Neukirchen, T., Jäger, S. (2016) Logistikqualifikation und Gamification- Der wissenschaftliche und fachpraktische Ansatz des Projektes MARTINA, in: Klumpp, M., Marner, T., Sandhaus, G. (Hrsg.): ild Schriften-reihe Logistikforschung Band 51., Essen 2016.
- Koch, S. (2015): Einführung in das Management von Geschäftsprozessen, Zweite Auflage, Heidelberg 2015.
- Krishna, C. M., Shin, K. G., (1997), Real-Time Systems, McGraw-Hill, New York.
- Lenstra, J. K., Rinnoy Kan, A. H. G. (1981): Complexity of vehicle routing and scheduling problems. *Networks* 11(2), S. 221-227.
- Munari, P., Dollevoet, T., Spliet, R. (2017): A generalized formulation for vehicle routing problems. Working Paper. <https://arxiv.org/pdf/1606.01935.pdf>, Abgerufen am 15.12.2017.
- Sachs, H., Stiebitz, M., Wilson, R. J. (1988): An historical note: Euler's Königsberg letters. *Journal of Graph Theory* 12(1), S. 133-139.
- Schell, J. (2014): *The Art of Game Design: A Book of Lenses*, London 2014.
- Wegener, I. (2003): *Komplexitätstheorie. Grenzen der Effizienz von Algorithmen*. Springer, Berlin.
- Wirdemann, R. (2011): *Scrum mit User Stories*, München.
- Zijm, H., Klumpp, M. (2017): Future Logistics: What to expect, how to adapt. Proceedings of the 5th International Conference LDIC, 2016, Bremen, S. 365-379.
- Zimmerling, M., Mottola, L., Kumar, P., Ferrari, F., Thiele, L., (2017): Adaptive Real-Time Communication for Wireless Cyber-Physical Systems. *ACM Transactions on Cyber-Physical Systems* 1(2), Article 8.

Die Publikationsreihe

Schriftenreihe Logistikforschung / Research Paperseries Logistics

In der Schriftenreihe Logistikforschung des Institutes für Logistik- & Dienstleistungsmanagement (ild) der FOM werden fortlaufend aktuelle Fragestellungen rund um die Entwicklung der Logistikbranche aufgegriffen. Sowohl aus der Perspektive der Logistikdienstleister als auch der verladenden Wirtschaft aus Industrie und Handel werden innovative Konzepte und praxisbezogene Instrumente des Logistikmanagements vorgestellt.

The series research paper logistics by the Institute for Logistics and Service Management at FOM University of Applied Sciences addresses management topics within the logistics industry. The research perspectives include logistics service providers as well as industry and commerce concerned with logistics research questions. The research documents support an open discussion about logistics concepts and benchmarks.

- | | |
|--------|--|
| Band 1 | Klumpp, M., Bovie, F.: Personalmanagement in der Logistikwirtschaft |
| Band 2 | Jasper, A., Klumpp, M.: Handelslogistik und E-Commerce |
| Band 3 | Klumpp, M.: Logistikanforderungen globaler Wertschöpfungsketten |
| Band 4 | Matheus, D., Klumpp, M.: Radio Frequency Identification (RFID) in der Logistik |
| Band 5 | Bioly, S., Klumpp, M.: RFID und Dokumentenlogistik |
| Band 6 | Klumpp, M.: Logistiktrends und Logistikausbildung 2020 |
| Band 7 | Klumpp, M., Koppers, C.: Integrated Business Development |
| Band 8 | Gusik, V., Westphal, C.: GPS in Beschaffungs- und Handelslogistik |
| Band 9 | Koppers, L., Klumpp, M.: Kooperationskonzepte in der Logistik |

- Band 10 Koppers, L.: Preisdifferenzierung im Supply Chain Management
- Band 11 Klumpp, M.: Logistiktrends 2010
- Band 12 Keuschen, T., Klumpp, M.: Logistikstudienangebote und Logistiktrends
- Band 13 Bioly, S., Klumpp, M.: Modulare Qualifizierungskonzeption RFID in der Logistik
- Band 14 Klumpp, M.: Qualitätsmanagement der Hochschullehre Logistik
- Band 15 Klumpp, M., Krol, B.: Das Untersuchungskonzept Berufswertigkeit in der Logistikbranche
- Band 16 Keuschen, T., Klumpp, M.: Green Logistics Qualifikation in der Logistikpraxis
- Band 17 Kandel, C., Klumpp, M.: E-Learning in der Logistik
- Band 18 Abidi, H., Zinnert, S., Klumpp, M.: Humanitäre Logistik – Status quo und wissenschaftliche Systematisierung
- Band 19 Backhaus, O., Döther, H., Heupel, T.: Elektroauto – Milliardengrab oder Erfolgsstory?
- Band 20 Hesen, M.-A., Klumpp, M.: Zukunftstrends in der Chemielogistik
- Band 21 Große-Brockhoff, M., Klumpp, M., Krome, D.: Logistics capacity management – A theoretical review and applications to outbound logistics
- Band 22 Helmold, M., Klumpp, M.: Schlanke Prinzipien im Lieferantenmanagement
- Band 23 Gusik, V., Klumpp, M., Westphal, C.: International Comparison of Dangerous Goods Transport and Training Schemes
- Band 24 Bioly, S., Kuchshaus, V., Klumpp, M.: Elektromobilität und Ladesäulenstandortbestimmung – Eine exemplarische Analyse mit dem Beispiel der Stadt Duisburg
- Band 25 Sain, S., Keuschen, T., Klumpp, M.: Demographic Change and its Effect on Urban Transportation Systems: A View from India

- Band 26 Abidi, H., Klumpp, M.: Konzepte der Beschaffungslogistik in Katastrophenhilfe und humanitärer Logistik
- Band 27 Froelian, E., Sandhaus, G.: Conception of Implementing a Service Oriented Architecture (SOA) in a Legacy Environment
- Band 28 Albrecht, L., Klumpp, M., Keuschen, T.: DEA-Effizienzvergleich Deutscher Verkehrsflughäfen in den Bereichen Passage/Fracht
- Band 29 Meyer, A., Witte, C., Klumpp, M.: Arbeitgeberwahl und Mitarbeitermotivation in der Logistikbranche
- Band 30 Keuschen, T., Klumpp, M.: Einsatz von Wikis in der Logistikpraxis
- Band 31 Abidi, H., Klumpp, M.: Industrie-Qualifikationsrahmen in der Logistik
- Band 32 Kaiser, S., Abidi, H., Klumpp, M.: Gemeinnützige Kontraktlogistik in der humanitären Hilfe
- Band 33 Abidi, H., Klumpp, M., Bölsche, D.: Kompetenzen in der humanitären Logistik
- Band 34 Just, J., Klumpp, M., Bioly, S.: Mitarbeitermotivation bei Berufskraftfahrern – Eine empirische Erhebung auf der Basis der AHP-Methode
- Band 35 Keinhörster, M., Sandhaus, G.: Maschinelles Lernen zur Erkennung von SMS-Spam
- Band 36 Kutlu, C., Bioly, S., Klumpp, M.: Demographic change in the CEP sector
- Band 37 Witte, C., Klumpp, M.: Betriebliche Änderungsanforderungen für den Einsatz von Elektronutzfahrzeugen – eine AHP-Expertenbefragung
- Band 38 Keuschen, T., Klumpp, M.: Lebenslanges Lernen in der Logistikbranche – Einsatz von ergänzenden Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen
- Band 39 Bioly, S., Klumpp, M.: Statusanalyse der Rahmenbedingungen für Fahrberufe in Logistik und Verkehr.
- Band 40 Abidi, H., Klumpp, M.: Demografischer Wandel und Industrie-Qualifikationsrahmen Logistik

- Band 41 Bayer, F., Bioly, S.: Supply Chain Risk Management in der Industrie – am Beispiel der Metall- und Elektroindustrie
- Band 42 Bioly, S., Sandhaus, G., Klumpp, M.: Wertorientierte Maßnahmen für eine Gestaltung des demografischen Wandels in Logistik und Verkehr
- Band 43 Steltemeier, B., Bioly, S.: Real-time Tracking and Tracing bei Übersee-transporten – technische Realisierung und wirtschaftliche Auswirkungen der Implementierung
- Band 44 Keuschen, T., Marner, T., Bioly, S.: Nachhaltige Mobilitätskonzepte in der Pharmalogistik
- Band 45 Abidi, H., Marner, T., Schwarz, D.: Last Mile-Distribution im Großhandel
- Band 46 Witte, C., Marner, T., Klumpp, M.: Elektronutzfahrzeuge in der Entsorgungslogistik
- Band 47 Berg, A., Abidi, H.: Humanitäre Logistiknetzwerke
- Band 48 Richter, N., Keuschen, T.: Merkmale und Umsetzungsmöglichkeiten nachhaltiger Logistik unter den Aspekten Erwartungshaltung und Zahlungsbereitschaft der Konsumenten
- Band 49 Dorten, E., Marner, T.: Ausschreibung versus Direktvergabe von ÖPNV-Leistungen
- Band 50 Marner, T., Zelewski, S., Gries, S., Münchow-Küster, A., Klumpp, M.: Elektromobilität in der Logistikzukunft - Analysen zur Wirtschaftlichkeit und zu möglichen Einsatzfeldern
- Band 51 Klumpp, M., Neukirchen, T., Jäger, S.: Logistikqualifikation und Gamification – Der wissenschaftliche und fachpraktische Ansatz des Projektes MARTINA
- Band 52 Neukirchen, T., Jäger, S., Paulus, J., Klumpp, M.: Sicherheit und Compliance in der Logistikqualifikation - Konzepte für Gamification-Anwendungen
- Band 53 Peretzke, J., Sandhaus, G.: Einsatzpotentiale von Cognitive Computing zur Unterstützung der Entscheidungsfindung im Supply Chain Management

- Band 54 Meier, C., Mönnig, M., Koop, W., Kleffmann, M., Neukirchen, T., Jäger, S., Klumpp, M.: Logistikqualifikation und Gamification – Softwareentwicklung und Pilotierung der MARTINA-App
- Band 55 Metzlauff, P., Jäger, S., Neukirchen, T.: Praxistests der MARTINA-App
- Band 56 Neukirchen, T., Kleffmann, M., Koop, W., Jäger, S., Klumpp, M.: Evaluation von mobilen Trainingsanwendungen in der Logistik: Nutzerfeedback der MARTINA-App
- Band 57 Loske, D.: Hält Fairtrade was es verspricht? Eine wertschöpfungsorientierte Analyse der Fairtrade Kaffee Supply Chain
- Band 58 Neukirchen, T., Kleffmann, M., Koop, W., Gels, A., Jäger, S., Klumpp, M.: Serious Games in der Logistik: Das Beispiel Routenplanung



**Die Hochschule.
Für Berufstätige.**



**Institut für Logistik- &
Dienstleistungsmanagement**
der FOM University of Applied Sciences

FOM Hochschule

FOM. Die Hochschule. Für Berufstätige.

Die mit bundesweit über 46.000 Studierenden größte private Hochschule Deutschlands führt seit 1993 Studiengänge für Berufstätige durch, die einen staatlich und international anerkannten Hochschulabschluss (Bachelor/Master) erlangen wollen.

Die FOM ist der anwendungsorientierten Forschung verpflichtet und verfolgt das Ziel, adaptionsfähige Lösungen für betriebliche bzw. wirtschaftsnahe oder gesellschaftliche Problemstellungen zu generieren. Dabei spielt die Verzahnung von Forschung und Lehre eine große Rolle: Kongruent zu den Masterprogrammen sind Institute und KompetenzCentren gegründet worden. Sie geben der Hochschule ein fachliches Profil und eröffnen sowohl Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern als auch engagierten Studierenden die Gelegenheit, sich aktiv in den Forschungsdiskurs einzubringen.

Weitere Informationen finden Sie unter fom.de

ild

Das Ziel des ild Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement ist der konstruktive Austausch zwischen anwendungsorientierter Forschung und Betriebspraxis. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts untersuchen nachhaltige und innovative Logistik- und Dienstleistungskonzepte unterschiedlicher Bereiche, initiieren fachbezogene Managementdiskurse und sorgen zudem für einen anwendungs- und wirtschaftsorientierten Transfer ihrer Forschungsergebnisse in die Unternehmen. So werden die wesentlichen Erkenntnisse der verschiedenen Projekte und Forschungen unter anderem in dieser Schriftenreihe Logistikforschung herausgegeben.

Darüber hinaus erfolgen weitergehende Veröffentlichungen bei nationalen und internationalen Fachkonferenzen sowie in Fachpublikationen.

Weitere Informationen finden Sie unter fom-ild.de



Unter dem Titel »FOM forscht« gewähren Hochschullehrende der FOM Einblick in ihre Projekte. Besuchen Sie den Blog unter fom-blog.de