



Nachhaltige Mobilität fördern:

**Wir machen intermodales
Reisen attraktiver und
performanter**

Einsatz von QIOS/Digital Annealing – eine
Brückentechnologie zum Quantencomputing
– und Künstlicher Intelligenz

In Zusammenarbeit mit:



Inhalt

Vorwort	3
Die Herausforderung	4
Value Proposition - vom „egoistischen“ zum kollaborativen Routing	7
IT am Limit - neue Lösungswege	8
Vorteile für Nutzer*innen und Mobilitätsanbieter	8
So funktioniert kollaboratives Routing	10
Ausblick: Intermodale Logistik	14
Fazit	14
Über die Autor*innen	15
Das Konsortium	16
Kontakt	17



Vorwort

Die Anforderungen an die Mobilität steigen: nachhaltiger, flexibler und leistungsfähiger soll sie sein. Bürger*innen haben individuelle Bedarfe, wie z. B. Barrierefreiheit, möglichst wenig Umstiege oder sichere „Tür-zu-Tür“-Mobilität. Nur wenn diese befriedigt sind, wird akzeptiert und überhaupt möglich, das eigene Auto stehen zu lassen. Dazu kommt der Bedarf nach einer möglichst gleichmäßigen Auslastung der öffentlichen Verkehrsmittel – nicht nur während einer Pandemie. Auch das Deutschlandticket wird vermutlich für

noch mehr Komplexität in öffentlichen Verkehrsnetzen und bei Routing-Anfragen sorgen, da regionale Waben- und Netzstrukturen für die Menschen an Bedeutung verlieren und vermehrt überregional geplant und gereist wird. In diesem Whitepaper skizzieren wir Herangehensweisen und Lösungen, um diesen Herausforderungen zu begegnen und nachhaltige Mobilität noch attraktiver zu machen. Das hier vorgestellte Konzept lässt sich auch auf Transportketten in der intermodalen Logistik anwenden.

Die Herausforderung

Der Klimawandel erfordert eine Verkehrswende hin zu einer ganzheitlichen, nachhaltigen Mobilität. Dazu gehört natürlich auch die Frage nach Alternativen für individuelle PKW, der nur mit einem flexiblen, bedürfnisorientierten und intermodalen Mobilitätsangebot begegnet werden kann.

Zeitgleich sorgen die weltweit wachsende Bevölkerung und die zunehmende Urbanisierung kontinuierlich für einen steigenden Mobilitätsbedarf und eine Vernetzung des urbanen mit dem ländlichen Raum. Dabei kommt die vorhandene Infrastruktur vielerorts immer mehr an ihre Grenzen – eine gleichmäßigere Gesamt-Auslastung soll dringend angestrebt werden. Und auch die individuellen Bedarfe der Bürger*innen in ihren unterschiedlichen Lebensphasen sollten Berücksichtigung finden.

Individualisierbar und intermodal – nur so kann der Anteil des **Umweltverbunds**, dazu gehören Fußgänger*innen, Fahrräder, ÖPNV und Sharing-Angebote, am **Modal Split** (Verkehrsmittelmix)

signifikant steigen. Denn neben dem Wunsch nach einer einfachen, nachhaltigeren Gestaltung des Alltags in der Bevölkerung sollten der ÖPNV und Sharing-Angebote sowie On-Demand-Verkehre flexibel reagieren können, zur aktuellen Situation der Menschen passen und auch gesundheitliche Aspekte berücksichtigen. Daher denken wir die nachhaltige Mobilität der Zukunft verkehrsmittelübergreifend, bequem, barrierefrei und nahtlos.

In Bezug auf das potenziell intermodale Mobilitätsangebot in einer Stadt oder Region liegen diverse Datenquellen verschiedener Stakeholder vor – viele davon in Silos: Beispielsweise Daten zu den verschiedenen Mobilitätsangeboten, Verkehrsmitteln, deren Status und Auslastung, Informationen über die Nutzer*innen und auch über das Stauaufkommen, Unfälle und die Wetterlage. Zu den beteiligten, sektorübergreifenden Stakeholdern gehören zum Beispiel Städte, Kommunen, (kommunale) Unternehmen

und private Mobilitätsanbieter. Die Herausforderung besteht nun darin, diese Daten und die individuellen Bedarfe der Bürger*innen zusammen zu bringen, ganzheitlich zu betrachten und gute Routenplanungen zur Verfügung zu stellen.

Der beispielsweise beim Unternehmen raumobil aus Karlsruhe eingesetzte Routing-Algorithmus schlägt zwar allen Nutzer*innen auf die persönlichen Präferenzen abgestimmte Routen vor, kann aber nicht die Auslastung der Strecke oder Linie zu dem jeweiligen Zeitpunkt X berücksichtigen. Außerdem wird jeder Routing-Vorschlag „egoistisch“ geplant und alleinstehend betrachtet – ohne also parallele bzw. zeitlich sehr nahe Anfragen mit einzubeziehen. Würde also eine hohe Auslastung nur isoliert berücksichtigt, bestünde die Gefahr, dass die alternativen Routenvorschläge zu einer Überlastung einer weiteren Strecke oder Linie führen würden. Hinzu kommen die unterschiedlichen Bedarfe der Fahrgäste, die aktuell aus technischen Gründen nur eingeschränkt Berücksichtigung finden. Mathematisch betrachtet steigt mit jeder neu zu berücksichtigenden Präferenz und jedem neuen Modal (zusätzlich zu berücksichtigendes Verkehrsmittel) die Komplexität und dadurch exponentiell die Laufzeit der Routenberechnung: Der von raumobil eingesetzte Routing-Algorithmus sucht die optimale Route durch einen Graphen, dessen Komplexität mit jedem neuen Modal bzw. jeder weiteren Präferenz steigt. Die Berechnung einer hinreichend guten Route mit herkömmlichen Technologien ist dann nicht mehr in einer für die Nutzer*innen akzeptablen Zeit – also innerhalb weniger Sekunden – durchführbar, sondern würde mehrere Minuten in Anspruch nehmen.

„Für mich ist intermodale Mobilität ein zentraler Schlüssel für eine gelingende Verkehrswende. Allerdings nur, wenn sie tatsächlich benutzerfreundlich, bequem, nahtlos, zuverlässig, vernetzt und auf die individuellen Bedarfe der Menschen angepasst ist. Sei es Barrierefreiheit, sicheres Tür-zu-Tür reisen oder der Wunsch nach geringer Auslastung im Verkehrsmittel. Auch Menschen im ländlichen Raum sollen daran partizipieren können – z. B. durch die Integration von On-Demand-Verkehren und Shared-Mobility-Angeboten. Genau an diesen Punkten setzen wir mit unserem gemeinsamen Konzept an!“



Intermodale Mobilität

Intermodale Mobilität bedeutet, während einer Reise (Wegekette) die Möglichkeit zu haben, über Umsteigepunkte zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln zu wechseln. Diese Punkte können Bus- oder Bahnstationen sein oder auch sogenannten Mobilitätsstationen bzw. Mobility-Hubs, an denen auch Shared-Bikes, e-Roller, Lastenräder, Car-Sharing- sowie Park-and-Ride-Bereiche zur Verfügung stehen.

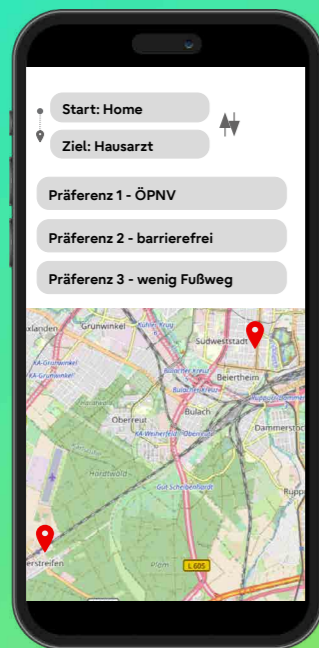
Eine wichtige Rolle spielen auch Free-Floating-Angebote wie stationsungebundene Fahrräder und Leihautos sowie emissionsarme On-Demand-Verkehre wie z. B. Rufbusse und Shuttles. Das Ziel ist es, den motorisierten Individualverkehr (MIV) innerhalb des Modal Split (Aufteilung der Verkehrsnachfrage auf verschiedene Verkehrsmittel, etwa ÖPNV, MIV, Fahrrad, zu Fuß etc.) zu reduzieren. Der Verkehr in Städten wird dadurch entlastet und nachhaltige Mobilität attraktiver.

Der ländliche Raum soll in sich und mit den urbanen Zentren besser vernetzt werden. Zugrunde liegt das Mobility-as-a-Service-Prinzip: Ein auf den individuellen Kundenbedarf abgestimmtes, vernetztes, nahtloses & flexibles Mobilitäts-Angebot, das bequem ist.





- Reinhard
- 75 Jahre
- Rentner
- wohnt im Umland
- mit eingeschränkter Mobilität
- möchte zur Routinekontrolle beim Hausarzt ins Stadtzentrum



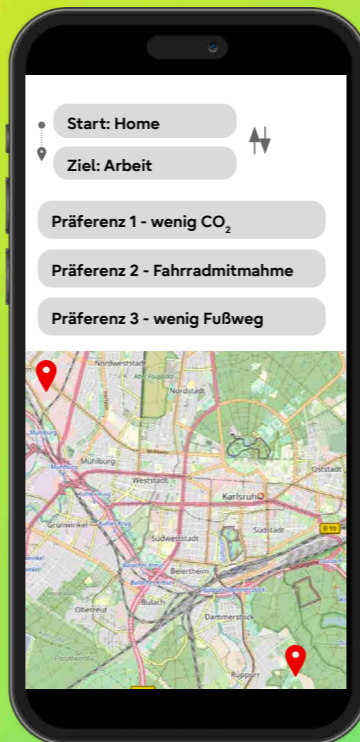
Drei beispielhafte Routenanfragen am Montagmorgen, dem 25.04. um 7:20:03 Uhr



- Sandra
- 32 Jahre
- Reisekauffrau, arbeitet auch mobil
- wohnt in der Stadt
- möchte eine sichere Tür-zu-Tür-Mobilität
- unternehmungslustig
- steht oft unter Zeitdruck



- Thomas
- 37 Jahre
- Mediengestalter
- wohnt am einen Ende der Stadt, arbeitet am anderen
- umweltbewusst
- bringt morgens auf dem Weg zur Arbeit seine Tochter in die Kita



Präferenzen von Reisenden

- Barrierefreiheit, z. B. Fahrstuhl, Rampe für Rollstuhl, Platz für Kinderwagen
- möglichst emissionsarm reisen
- körperlich aktiver sein
- eine sichere Tür-zu-Tür-Route
- volle Verkehrsmittel meiden
- möglichst wenig umsteigen und bequem von A nach B kommen
- besonders günstig reisen
- ...



„Die Mobilität der Menschen wird zunehmend differenzierter. Das liegt auch daran, dass immer mehr verschiedene maßgeschneiderte Verkehrsangebote zur Verfügung stehen. Viele verschiedene, attraktive und öffentlich zugängliche Verkehrsmittelooptionen sind notwendig, um nachhaltige Mobilität zu fördern. Mobilitätswende kann dann gelingen, wenn die Menschen über alle ihnen zur Verfügung stehenden Verkehrsmittelalternativen Bescheid wissen und eine nachhaltige Verkehrsmittelwahl treffen. Eine maßgeschneiderte und funktionierende inter- und multimodale Verkehrsinformation für alle Verkehrsmittel und deren Kombination ist dafür unerlässlich.“

PD Dr.-Ing. Martin Kagerbauer, Mitglied der Institutsleitung, KIT-Institut für Verkehrswesen

Value Proposition - vom „egoistischen“ zum kollaborativen Routing

Mit einer Brückentechnologie zum Quantencomputing – den Quantum-Inspired Optimization Services QIOS und dem Digital Annealer – und durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz wird eine hoch performante Erweiterung für die bestehenden Routing-Algorithmen und zum Beispiel die regiomove-App möglich.

Wir schaffen damit ein kollaboratives Routing, von welchem das gesamte System und die Reisenden profitieren. Die skizzierte Lösung versetzt alle Akteure in einer Stadt oder Region in die Lage, eine Betrachtung des Gesamtsystems „intermodaler Verkehr“ vorzunehmen und steuernd einzugreifen: Mit dieser Erweiterung machen wir es möglich, den Reisenden des öffentlichen (Nah-)Verkehrs zu jedem Zeitpunkt ganzheitliche Informationen und umfassende Wahlmöglichkeiten bereitzustellen und eine gleichmäßigere Auslastung der öffentlichen Verkehrsmittel und von Sharing-Angeboten anzustreben.

Möglich wird dies über eine Analyse zur Auslastung des gesamten Verkehrssystems mit Hilfe von Echtzeitinformationen. Dazu zählen z. B. die aktuelle Auslastung, Störungen, Umleitungen durch ungeplante Events, Wetterdaten etc. ebenso wie historische Daten und der von Nutzer*innen abgefragten Verkehrsverbindungen aus beispielsweise der regiomove-App. Auch wenn bereits viele Daten vorliegen und sich zusammengeführt lassen, gibt es dennoch „blinde Flecken“. Um diese zu füllen, unterstützen das Karlsruher Institut für Technologie und das Forschungszentrum für Informatik mit Studiendaten, Befragungen von Nutzer*innen und Simulationen.

Schlußendlich werden dann die eingehenden Routenanfragen so beantwortet, dass eine gleichmäßige Verteilung der Fahrgäste basierend auf dem aktuellen und prognostizierten Stand der Auslastung angestrebt wird.

Quanten-Inspirierter Optimierungsservice (QIOS) und Digital Annealing

Der Quanten-Inspirierte Optimierungsservice ermöglicht es schon heute, Vorteile zukünftiger Quantencomputer zu nutzen. Denn auch wenn insbesondere die Quanten Gate Computer noch einiger Entwicklungszeit bedürfen, bevor auf ihnen reale und relevante Problemgrößen berechnet werden können, so ermöglichen die Quanten Annealer schon etwas mehr. Davon inspiriert ist der Digital Annealer, der ohne die komplexe Umgebung, die Quantencomputer (bzw. das Digital Annealing) heute benötigen, auskommt und dennoch kombinatorische Optimierungsaufgaben in extrem kurzer Zeit sehr gut lösen kann. Eine solche kombinatorische Optimierungsaufgabe ist die globale Optimierung der intermodalen Mobilität in einer Stadt oder einer Region.

Mehr Informationen zu QIOS und dem Digital Annealing finden Sie hier.



IT am Limit – Unsere Lösung eröffnet neue Horizonte

Diese gesamtheitliche Betrachtung des **intermodalen Verkehrsystems** in einer Stadt oder Region und der Routing-Anfragen zu einem bestimmten Zeitpunkt, ebenso wie die Einbeziehung von mehreren Präferenzen und Verkehrsmitteln, ist eine Aufgabe, die sehr viel Rechenkapazität in Anspruch nimmt. Bei dieser Aufgabe kommen herkömmliche IT-Verfahren an ihre Grenzen und benötigen sehr viel Zeit für die entsprechenden Berechnungen. Damit wäre kein Echtzeit-Routing möglich. Unser Ansatz ist eine dynamische Lösung, die sich am Ist-Zustand des Verkehrsnetzes orientiert, mit zunehmender Nutzung ihre Wirkung erhöht und mit Hilfe von QIOS/Digital Annealing in Echtzeit berechnet werden kann. Wir überwinden so das herkömmliche, jeweils auf eine Person bezogene Routing und führen ein kollaboratives Routing ein, von welchem das Gesamtsystem in einer Stadt oder Region profitiert.

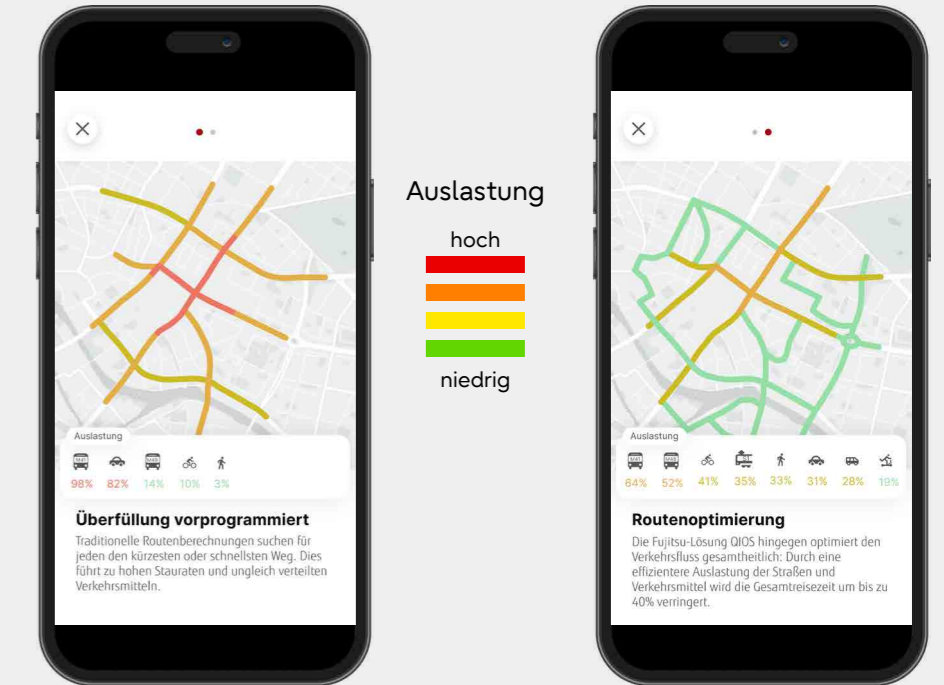
Vorteile für die Nutzer*innen und Mobilitätsanbieter

Die Nutzer*innen sind durch ein sicheres und bedarfsgerechtes Routing-Angebot in der jeweiligen App, wie der regionmove-App des Karlsruher Verkehrsverbunds KVV, incentiviert – ihnen ist es möglich, Routen ganz genau gemäß ihrer Präferenzen zu planen: Sei es eine barrierefreie Route, eine besonders umweltfreundliche oder eine sichere Tür-zu-Tür-Route.

Dabei wird darauf geachtet – in einem bestimmten Rahmen – Routen mit besonders niedriger Auslastung anzubieten, um die Reisenden besser im System zu verteilen. Dies erhöht deutlich

den Reisekomfort und die Verlässlichkeit, führt zu einem höheren Sicherheitsgefühl und sorgt für weniger Überlastung der einzelnen Verkehrsmittel. Die Akteure im Mix bekommen ein Steuerungselement für einen Teil der Nutzer*innen und damit für die Auslastung der Verkehrsmittel an die Hand.

Außerdem wird es möglich sein, intermodale Mobilitätsangebote wie Shared-Bikes „seamless“ und bequem in das Routing zu integrieren. Die Nutzenden verfügen am Ende über eine bedarfsgerechte App, die in Echtzeit immer wieder auf ihre Bedarfe abgestimmt wird und die auch bei kurzfristigen Störungen wie Staus, Unfällen, Wetteraufkommen oder Betriebsausfällen sofort reagiert und aktualisierte Routen vorschlägt.



Links: Auslastung ohne globale Optimierung; **rechts:** Auslastung mit globaler Optimierung. Das Gesamtsystem profitiert vom kollaborativen Routing in Form einer gleichmäßigeren Auslastung.



„Durch den Einsatz des Quanten-Inspirierten Optimierungsservices (QIOS) in unserem gemeinsamen Projekt haben wir zum ersten Mal die realistische Chance, bisherige technische Grenzen zu überwinden. Wir werden in der Lage sein, unser bestehendes intermodales Routing in Echtzeit mit komplexen Nutzerpräferenzen zu erweitern. Die Technologie kann direkt in unseren Apps erprobt werden und dadurch einen weiteren Baustein zur Verkehrswende beitragen.“

Bastian Leferink, CTO – Leiter Entwicklung, und Tanja Klopper, Produktmanagerin Forschung & Analyse, raumobil GmbH



Globale Optimierung

Die globale Optimierung von Verkehr – unabhängig davon, ob wir über Individualverkehr, öffentlichen Nahverkehr, Sharing-Angebote oder Transportketten in der Logistik sprechen – hat stets zum Ziel, die vorhandenen Verkehrsmittel und die Infrastruktur optimal auszulasten. Optimal meint dabei oft eine gleichmäßige Auslastung: Statt den Verkehr über eine Hauptstraße oder eine Buslinie zu führen, wird er breiter verteilt, beispielsweise über zwei Hauptstraßen und drei Nebenstraßen oder mehrere Buslinien. Dabei sparen in Summe alle Verkehrsteilnehmer*innen Zeit und Nerven, da sie weniger im Stau stehen oder sich nicht in überfüllte Verkehrsmittel drängeln müssen, auch wenn einzelne Nutzer*in vielleicht wenige Minuten länger an ihr Ziel benötigen. Voraussetzung dafür ist natürlich, dass genügend Alternativen in Form von ÖPNV-Angeboten, anderen Fahrwegen etc. zur Verfügung stehen. Dies lässt sich gut an einem kurzen Beispiel veranschaulichen: Wenn Sie mit Ihrem Auto auf einen Verkehrsstau zufahren, erhalten Sie von Ihrer Routen-Software oftmals eine Warnung und einen alternativen Routenvorschlag. Allerdings erhalten die Fahrer*innen vor und hinter Ihnen genau dieselbe alternative Route. Der nächste Stau auf dieser Ausweichstrecke ist vorprogrammiert. Die globale Optimierung löst dieses Problem, indem den Fahrer*innen – abhängig von Ihrem tatsächlichen Fahrziel und der Verfügbarkeit und Auslastung von anderen Strecken – unterschiedliche alternative Routen angeboten werden. So verteilt sich der Verkehr gleichmäßiger und alle Verkehrsteilnehmer*innen kommen zügiger ans Ziel.

So funktioniert kollaboratives Routing technisch

Damit kollaboratives Routing möglich wird, müssen zunächst zwei große Gruppen von Nutzer*innen unterschieden werden: App-Nutzer*innen, die individuelle Routenabfragen erstellen und ihnen folgen, und Reisende, die nie oder nur selten eine App nutzen. Zu der zweiten Gruppe gehören u. a. Pendler*innen, aber beispielsweise auch ältere Mitbürger*innen ohne Smartphone oder Touristen.

Insbesondere die zweite Gruppe stellt das kollaborative Routing vor Herausforderungen: Wie kann abgeschätzt werden, welche Routen diese Personen zu welcher Zeit nutzen? Um diese Frage seriös beantworten zu können, ist es wichtig, dass dem Konsortium genügend Daten in Bezug auf die Auslastungen verschiedener Strecken und Verkehrsmittel vorliegen, die z. B. der Verkehrsverbund in der Vergangenheit erfasst hat, von anderen Mobilitätsanbietern zur Verfügung gestellt bekommt oder sogar die Stadt oder Region in Umfragen erhoben hat. Die Kombination dieser historischen Daten ermöglicht das grundlegende Training einer Künstlichen Intelligenz (KI), welche die Auslastung prognostiziert. Idealerweise können die Daten dieser Personengruppe noch mit anonymisierten Live-Daten aus beispielsweise Zählwerken an den Ein- und Ausgängen von Verkehrsmitteln ergänzt werden. Außerdem wird die KI durch die aus der Verkehrs-App nutzbaren Daten stetig angereichert. Ein weiterer Schritt ist die Einbindung von Ereignissen. Als Ereignisse wird alles bezeichnet, was den regulären Verkehrsfluss verändert. Baustellen, Unfälle und Störungen gehören genauso dazu, wie beispielsweise eine große Veranstaltung in Form eines Fußballspiels, eines Marathons, einer Demonstration oder eines Konzertes. Die dadurch indizierten Veränderungen müssen bei der Erstellung von Routen berücksichtigt werden. Das kann durch weiträumigere Umfahrungen, aber auch eine breitere Nutzung alternativer Modale geschehen.

Auslastung des Verkehrssystems prognostizieren

Live-Daten

- Aktuelle Auslastung von Verkehrsmitteln, die mit Hilfe von Buchungsdaten, Sensoren, Mobilfunkdaten uvm. erfasst werden
- Aktuelle Ereignisse wie z. B. Störungen, Unfälle, Baustellen, Großveranstaltungen, Unwetter, Naturkatastrophen etc.

Historische Daten

- Auslastungsdaten, Umfragen, Anfrage- und Präferenzdaten aus ÖPNV-Apps

App-Daten

- Anfragedaten, Präferenzmodell, Routenvorschläge, Feedback von Nutzer*innen



QIOS: Aus allen Möglichkeiten die passendsten Routen aussuchen

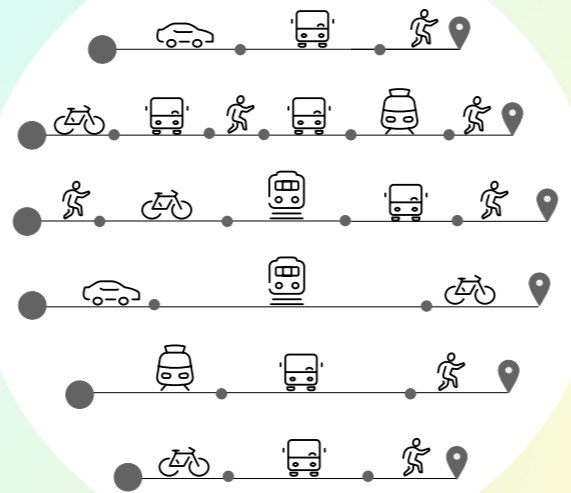


Künstliche Intelligenz

Digital Annealer

kombiniert alle Möglichkeiten aus Routen, aktuellen und gelernten wahrscheinlichen Auslastungen sowie Präferenzen in kürzester Zeit. Der Digital Annealer wendet dabei das Optimierungsziel "bestmögliche Auslastung des Gesamtsystems" an und führt so eine globale Optimierung durch.

X-Kombinationen



QIOS und Digital Annealing optimieren Gesamtsystem

Anhand der letzten Endes vorhandenen Abschätzung der Auslastung des Verkehrsnetzes können nun alternative Routen vorgeschlagen werden, die den Präferenzen der Nutzer*innen entsprechen und dennoch die Auslastung im Verkehrsnetz besser verteilen.

Dazu werden aus dem KI-Netz zwei wichtige Informationen über den aktuellen Zeitpunkt extrahiert: die Auslastung und die zu erwartenden Nutzer*innen-Abfragen. Die Bewertung und Auswahl der alternativen Routen hat bisher den Engpass in den Berechnungsmöglichkeiten dargestellt: Im Unterschied zu einer regulären Routenabfrage geht es nämlich genau nicht darum, den kürzesten Weg zwischen zwei Punkten zu finden, sondern Alternativen in einem gewissen Rahmen zu erstellen und auszuwählen. Dazu werden zunächst viel mehr Kombinationen von Verkehrsmitteln betrachtet, diese zu den unterschiedlichsten Wegketten zusammengestellt und anschließend im Gesamtkontext aller Routenabfragen zu diesem Zeitpunkt betrachtet. Das ergibt eine extrem hohe Anzahl an möglichen Kombinationen, die mit heutiger Rechenleistung nicht in Echtzeit zu lösen sind. Der **Quanten-Inspirierte Optimierungsservice**, der dem Konsortium zur Verfügung steht, ermöglicht als fortschrittliche Technologie die Lösung genau solcher kombinatorischen Optimierungsprobleme.

Übrigens kann das Optimierungsziel nicht nur eine möglichst gleichmäßige Auslastung des Verkehrsnetzes sein. Auch die Nutzung eines speziellen Verkehrsmittels, die Umfahrung verkehrsberuhigter Zonen oder ähnliches kann als Ziel für die Optimierung durch den Digital Annealer priorisiert werden.



*„Neue Technologien bieten uns bisher unerreichbare Möglichkeiten, um unsere Welt nachhaltiger, menschenzentrierter, gesünder und auch effizienter zu gestalten. Aber es kommt stets darauf an, ihren Einsatz reflektiert zu betrachten: Sparen wir unterm Strich tatsächlich Energie oder verschieben wir das Problem nur? Ist dem Datenschutz genüge getan oder bestehen unnötige Risiken für die Nutzer*innen? Ist die KI gut trainiert oder haben wir einen Bias vorliegen? Wenn wir uns mit diesen und anderen Fragen ehrlich beschäftigen, dann können Künstliche Intelligenz, Quantencomputing und viele andere Technologien uns einen bedeutenden Schritt weiter in Richtung einer lebenswerten und enkel*innengerechten Zukunft bringen.“*

Anne-Marie Tumescheit, Enablement Lead Quantum Computing, Digital Incubation Central Europe, Fujitsu



„Neue Sharing- und On-Demand-Angebote erhöhen die Kombinationsmöglichkeiten im Bereich der intermodalen Mobilität deutlich und machen die zielgerichtete Auswahl einer Route für Nutzer*innen unnötig komplex. Mittels robusten Routeninformationen und unter Berücksichtigung individueller Präferenzen ermitteln Mobilitäts-Apps für Nutzer*innen die jeweils beste Route und Verkehrsmittelkombination. So entsteht ein attraktives und konkurrenzfähiges ÖV-basiertes Mobilitätsangebot, das eine echte Alternative zum MIV darstellt und somit zur Mobilitätswende beiträgt.“

Christoph Becker, Vice Division Manager Software Engineering, FZI Forschungszentrum Informatik

Ausblick: Intermodale Logistik

Auch in der Logistik ist das hier vorgestellte Konzept für nahtlose und effiziente Transportketten überaus relevant. Die Menge der in Deutschland durch LKW transportierten Güter ist seit Jahren konstant hoch – aktuell beträgt ihr Anteil rund 70 Prozent am gesamten Gütertransport. Um Umwelt und Infrastruktur zu schonen, entstehen auch hier immer mehr intermodale Konzepte. Beispielsweise für einen optimierten und möglichst nahtlosen Transport von Gütern zwischen Straße, Bahn, See- und Binnenschiffen, Häfen und den verschiedensten Ziel- und Startpunkten.

Fazit

Der Klimawandel ist Realität und wir alle sind gefragt, an einer Lösung mitzuwirken. Dabei sind die Verkehrswende und intermodale Mobilitätskonzepte mit ihren Shared- und On-Demand-Angeboten eine erfolgsversprechende Stellschraube. Wir haben in diesem Paper gezeigt, wie wir umweltfreundliche Mobilität mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz und QIOS/Digital Annealing – einer Brückentechnologie zum Quantencomputing – effizienter, flexibler, verlässlicher, bequemer und somit für die Menschen attraktiver machen können. Die Komplexität von öffentlichen Verkehrsnetzen steigt nicht nur durch ein Mehr an Mobilitätsangeboten und der wachsenden Erwartung in der Bevölkerung an Flexibilität und Individualität. Auch Maßnahmen wie das Deutschlandticket brechen regionale Netz- und Wabensysteme auf und eröffnen den Bedarf für Routing-Betrachtungen, die deutlich überregionaler und komplexer sind als bisher. Dies bietet auch die Chance, Menschen im ländlichen Raum noch mehr an neuer Mobilität partizipieren zu lassen – und zwar gemäß ihrer Bedarfe. Wenn wir dies alles schaffen wollen, ist eins klar: Das gelingt nur gemeinsam in sektorübergreifenden Ökosystemen, so wie wir mit unserem Konsortium hier eines geschaffen haben. Es ist die Stunde der Kollaboration, nicht der Einzelkämpfer*innen.

Über die Autor*innen



Christoph Becker
Vice Division Manager Software Engineering
FZI Forschungszentrum Informatik



Tanja Klopper
Produktmanagerin Forschung & Analyse
raumobil GmbH



Stefanie Horn
Business Development Manager New Technologies
Fujitsu



Bastian Leferink
CTO – Leiter Entwicklung
raumobil GmbH



PD Dr.-Ing. Martin Kagerbauer
Mitglied der Institutsleitung
KIT-Institut für Verkehrswesen



Anne-Marie Tumescheit
Enablement Lead Quantum Computing
Digital Incubation Central Europe
Fujitsu

Das Konsortium

Über Fujitsu

Mit unseren cross-verticalen Smart City Services vernetzen wir Städte, Kommunen, kommunale Ver- und Entsorger, Verkehrsbetriebe, Mobilitätsdienstleister, Unternehmen, Gebäude und viele weitere Akteure mit Einwohner*innen, Tourist*innen, Kunden und Geschäftsleuten zu einem integrierten, nachhaltigen und optimierten Gesamtsystem. Das Ergebnis: Basierend auf datenbasierten Entscheidungen und durchgängigen digitalen Services und Dienstleistungen profitieren Stadtverwaltung, Unternehmen, Bürger*innen und Besucher*innen von einer höheren Lebensqualität durch nachhaltige Mobilität, einer bessere Luftqualität und einer effektiveren Auslastung von Straßen und Wegen.

Über das FZI Forschungszentrum Informatik

Das FZI Forschungszentrum Informatik ist eine gemeinnützige Einrichtung für Informatik-Anwendungsforschung und Technologietransfer. Die Forschungsgruppen entwickeln interdisziplinär für Unternehmen und öffentliche Institutionen passende (Mobilitäts-)Konzepte, Software-, Hardware- und Systemlösungen und setzen gefundene Lösungen prototypisch um. Das FZI untersucht in diesem Zusammenhang die Integration von Präferenzen in neuartige Mobilitätslösungen, um zuverlässige Alternativen zum MIV zu realisieren.

Über das KIT-Institut für Verkehrswesen

Das Institut für Verkehrswesen (IfV) ist in die Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) eingegliedert und ordnet sich dem KIT-Zentrum Mobilitätssysteme zu. Das IfV befasst sich mit allen Fragen im Mobilitätsbereich, die von gesamtgesellschaftlich begründeten Planungskonzepten bis hin zu technischen Entwicklungen des Verkehrs reichen. Mit einem interdisziplinär angelegten Konzept verfolgt das IfV das Ziel, den Verkehr effizient und nachhaltig zu organisieren, die Wirkungen neuer Mobilitätssysteme auf die Nutzenden zu erforschen und eine Systemintegration von Verkehrsangeboten wie Verkehrsmittel und Mobilitätsdienstleistungen (z. B. mit Information) zu gewährleisten.

Über die raumobil GmbH

Die raumobil GmbH beschäftigt sich mit nachhaltigen, digitalen Internetlösungen im Sharing- und Mobilitätsbereich. Die App regiomove ist aus einem eigens von raumobil entwickelten Baukastensystem (Mappkit) für Mobilitätsanwendungen entstanden. Charakteristisch für die Produkte ist, dass sie über ein offenes modulares System verfügen, wodurch neue Schnittstellen und Informationen neuer Dienstleister jederzeit eingebunden werden können.



Kontakt

00800 37210000

cic@ts.fujitsu.com

www.fujitsu.com

FUJITSU-PUBLIC

© Fujitsu 2023. Alle Rechte vorbehalten. Fujitsu und das Fujitsu Logo sind eingetragene Warenzeichen von Fujitsu Limited und sind weltweit in vielen Ländern registriert. Andere, in diesem Dokument erwähnte Produkt-, Service- und Firmennamen, können Marken von Fujitsu oder anderen Unternehmen sein. Dieses Dokument ist zum Zeitpunkt der Veröffentlichung aktuell und kann von Fujitsu ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Dieses Material dient ausschließlich zu Informationszwecken; Fujitsu übernimmt keine Haftung in Zusammenhang mit der Verwendung der darin enthaltenen Informationen. Wir behalten uns das Recht vor, Lieferoptionen zu ändern oder technische Anpassungen vorzunehmen