



MCube
Munich Cluster for the Future of
Mobility in Metropolitan Regions

MCube Innovationsempfehlung 03

Die Kreuzung der Zukunft

Warum wir Technologie für Gleichberechtigung im Verkehr brauchen

Für nachhaltige und sozial inklusive Mobilität brauchen wir fundierte und verantwortungsbewusste politische Entscheidungen. Der Münchner Cluster für die Zukunft der Mobilität (MCube) liefert mit anwendungsorientierter Forschung Entscheidungsgrundlagen für die Mobilität der Zukunft. Mit der Reihe MCube Innovationsempfehlungen kommunizieren wir Forschungsergebnisse und Handlungsempfehlungen an Policy-Maker und alle Interessierten.

Der Kontext

Wir kennen es alle: Wir sind mit dem Fahrrad oder zu Fuß unterwegs und stehen ewig an einer Kreuzung, bevor wir Grün bekommen und endlich weiter können. Aber wie funktioniert eine Kreuzung eigentlich? Warum kommt es zu Wartezeiten, obwohl ich die einzige Person an der Kreuzung bin?

Wie kann uns Technologie dabei unterstützen, Kreuzungen intelligenter und für alle Verkehrsteilnehmenden sicherer zu gestalten?

In dieser Innovationsempfehlung erklären wir, wie der Verkehr in Städten gesteuert wird, welche Technologien sich dahinter verbergen und wie Innovationen in der Verkehrstechnik erprobt werden. Vor diesem Hintergrund zeigen wir auf, **welche Bestrebungen es braucht**, um städtische Verkehrssysteme künftig mehr auf die Bedürfnisse aller Verkehrsteilnehmenden auszurichten.

Wie funktioniert eine Kreuzung?

Kreuzungen sind kritische Punkte in städtischen Verkehrsnetzen, an denen verschiedene Verkehrsteilnehmende wie Fahrzeuge, Fußgänger*innen und Radfahrende aufeinander treffen.

Komplexe Kreuzungen werden dabei durch sogenannte Lichtsignalanlagen organisiert, die verschiedene technische Komponenten miteinander verbinden.

- ① Ampel
- ② Verkehrssteuergerät
- ③ Verkehrsdetektor
- ④ Road Side Unit



Ampeln



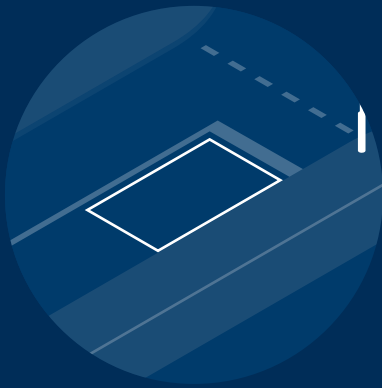
Ampeln haben den Zweck, allen Verkehrsteilnehmenden anzuzeigen, ob sie die Kreuzung sicher überqueren können oder warten müssen, damit andere Verkehrsteilnehmende die Kreuzung passieren können. Wenn eine bestimmte Gruppe von Verkehrsteilnehmenden sich gesammelt über die Kreuzung bewegt, wird das in der Fachsprache ein Verkehrsstrom genannt. Ziel ist, an Kreuzungen immer einen sicheren Verkehrsfluss zu gewährleisten und Unfälle zu vermeiden, indem konkurrierende Verkehrsströme nicht gleichzeitig freigegeben werden.

Verkehrssteuergeräte



An einer Kreuzung sind alle Ampeln über ein Verkehrssteuergerät miteinander verbunden. Dieses Gerät garantiert, dass alle Ampeln aufeinander abgestimmt umschalten. Über Verkehrssteuergeräte können Verkehrsingenieur*innen so die Logik der Kreuzung festlegen – also wie lang bestimmte Verkehrsströme Grün bekommen, welche Verkehrsströme gemeinsam freigegeben werden oder auch welche Ampelphasen nacheinander geschaltet werden sollen. Wenn neben der Ampel und dem Verkehrssteuergerät keine weitere Technik an der Lichtsignalanlage verbaut ist, wird diese festgelegte Steuerungslogik oft über einen längeren Zeitraum nach demselben Muster wiederholt.

Verkehrsdetektoren



Durch Verkehrsdetektoren können Live-Informationen über den Verkehr an das Verkehrssteuergerät übermittelt werden.

Das Verkehrssteuergerät kann dies dann in der Steuerungslogik berücksichtigen. Dadurch kann beispielsweise eine Grünzeit vorzeitig beendet werden, wenn keine Fahrzeuge mehr an der entsprechenden Ampel stehen. Ähnlich können Verkehrsströme früher freigegeben werden, wenn Fahrzeuge an einer Ampel warten. Wird eine Kreuzung nicht nach festen Mustern, sondern flexibel durch Live-Informationen aus Verkehrsdetektoren gesteuert, spricht man von einer verkehrsabhängigen Steuerung.

Road Side Units



Road Side Units sind moderne Funkmodule, die mit dem Verkehrssteuergerät einer Kreuzung verbunden sind. Sie ermöglichen die Kommunikation zwischen der Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeugen, die über ein ähnliches Funkmodul verfügen. Als Gegenstück zur Road Side Unit haben moderne Fahrzeuge eine sogenannte On Board Unit verbaut, welche Daten mit der Road Side Unit austauscht. Dadurch wird die Informationslage der einzelnen Systeme verbessert. Beispielsweise können Informationen über die Ampelschaltung an vernetzte Fahrzeuge geschickt werden, um Fahrer*innen mitzuteilen, wann die Ampel vor ihnen auf Grün schalten wird.

Besonders in Anbetracht der fortschreitenden Automatisierung des motorisierten Straßenverkehrs werden Road Side Units eine zentrale Rolle in zukunftsfähigen verkehrstechnischen Systemen übernehmen. Wenn die Verkehrsinfrastruktur Daten direkt an automatisierte Fahrzeuge übermitteln kann, hilft das ihnen dabei, sicher durch komplexe Kreuzungen zu navigieren.

Umgekehrt können automatisierte Fahrzeuge Informationen (z.B. ihre Position oder Geschwindigkeit) an das Verkehrssteuergerät senden und damit deren Informationslage verbessern. Diese kann das Verkehrssteuergerät zur Steuerung der Kreuzung nutzen und damit fehlende Verkehrsdetektoren ausgleichen.

Von autogerechter zu menschengerechter Planung



Seit den 1950er Jahren liegt der Fokus in der Verkehrsplanung und -technik auf der autogerechten Planung. Heute ist ein Großteil des Straßenraums dem motorisierten Straßenverkehr, also fahrenden und parkenden Autos, zugeteilt. In diesem Sinne wurden Kreuzungen in Städten mit Verkehrsdetektoren ausgestattet, die den motorisierten Straßenverkehr erfassen. Dadurch haben Städte heute in der Regel eine vergleichsweise gute Informationslage über das Verkehrsgeschehen des motorisierten Straßenverkehrs innerhalb ihres Einflussbereichs. Neben der Steuerung von Kreuzungen werden diese Informationen genutzt, um den Verkehr zu überwachen, also Unfälle oder Staus zu erkennen, und Bürger*innen darüber zu informieren.

In Städten sind aber nicht nur motorisierte Verkehrsteilnehmende unterwegs: Wir sehen in den letzten Jahren immer weiter steigende Zahlen im Rad- und Fußverkehr. Städte und Gemeinden setzen in ihrer Stadt- und Verkehrsplanung verstärkt auf diese Verkehrsträger, um dem wachsenden Bedarf gerecht zu werden. Deswegen werden städtische Radverkehrsnetze in den letzten Jahren massiv ausgebaut und Gehwege heute deutlich breiter geplant als vor einigen Jahrzehnten.

Mit der verkehrstechnischen Ausstattung hinkt die Politik aber hinterher.

Heutzutage sind Kreuzungen meist (noch) nicht mit der notwendigen Technologie ausgestattet, um die Bedürfnisse von Fußgänger*innen und Radfahrenden zu berücksichtigen.

So sind Verkehrsdetektoren in Städten oft ausschließlich in der Lage, den motorisierten Straßenverkehr zu erfassen. Häufig fehlt also eine Live-Datengrundlage zum Rad- und Fußverkehr an städtischen Kreuzungen. Würde diese vorliegen, könnten verkehrstechnische Systeme stärker auf die Bedürfnisse dieser Verkehrsteilnehmenden ausgerichtet werden.



Das Ungleichgewicht zwischen motorisierten und nicht-motorisierten Verkehrsteilnehmenden kann durch ein einfaches Beispiel illustriert werden: An vielen Kreuzungen ist es heute technisch möglich, die Grünzeit für einen motorisierten Verkehrsstrom zu verlängern.

So kommen ein paar Autos oder auch der Bus oder die Tram noch schnell über die Kreuzung und müssen nicht auf die nächste Grünzeit warten. Wenn hingegen eine ältere oder gehbehinderte Person länger braucht, um eine Kreuzung zu queren, wird dies an der Kreuzung meist nicht detektiert und die Grünzeit der Ampel wird nicht entsprechend verlängert.

Wie wird Verkehrstechnik erprobt?



Was macht eigentlich die Verkehrstechnik?

*Die Fachdisziplin Verkehrstechnik beschäftigt sich mit Methoden und Technologien, um das Verkehrsgeschehen zu erfassen, zu beschreiben und gegebenenfalls zu beeinflussen. In urbanen Gebieten liegt dabei ein Hauptaugenmerk darauf, alle Verkehrsteilnehmenden gleichberechtigt zu berücksichtigen – vor allem vulnerable Verkehrsteilnehmende, wie Fußgänger*innen und Radfahrende.*

Vom Modell bis auf die Straße

Die oberste Priorität in der Entwicklung von verkehrstechnischen Anwendungen ist stets die Verkehrssicherheit aller Verkehrsteilnehmenden. Besonders in urbanen Gebieten, wo eine Vielzahl unterschiedlicher Verkehrsteilnehmender aufeinandertreffen, entstehen komplexe Situationen, die verkehrstechnische Systeme bewältigen müssen. Um diesen hohen Sicherheitsanforderungen im Straßenverkehr gerecht zu werden, durchlaufen verkehrstechnische Innovationen in der Regel einen mehrstufigen Entwicklungsprozess.



1. Datenanalyse

Relevante Daten über den Verkehrsfluss, Unfälle und andere Bereiche der Verkehrstechnik werden analysiert. Mit den Daten können Modelle entwickelt werden, die helfen den Verkehr besser zu verstehen.



2. Simulation

In Simulationen werden reale Verkehrsszenarien digital nachgestellt. Dadurch kann der Effekt von verkehrstechnischen Entwicklungen auf Verkehrsaufkommen, -fluss und -sicherheit analysiert werden.



3. Kontrollierte Experimente

Prototypen verkehrstechnischer Entwicklungen werden außerhalb des regulären Straßenverkehrs erprobt. In der Regel findet das auf Testfeldern statt, die eine kontrollierte Umgebung ohne Gefahr für die Öffentlichkeit bieten. Gleichzeitig können Erkenntnisse aus den Simulationen unter realitätsnahen Bedingungen erprobt und validiert werden.



4. Reallabore

Verkehrstechnische Entwicklungen werden in (räumlich & zeitlich begrenzten) Reallaboren untersucht. Dies ermöglicht es, Technologien und Konzepte in echten Verkehrsumgebungen zu testen. Insbesondere werden hier die Nutzenden durch Feedback oder direkte Interaktion mit neuen Technologien aktiv einbezogen.

Die MCube Testkreuzung für automatisiertes und vernetztes Fahren

Im Rahmen des MCube-Projekts „Testkreuzung für automatisiertes und vernetztes Fahren“ hat der TUM Lehrstuhl für Verkehrstechnik gemeinsam mit dem Freistaat Bayern und der Industrieanlagen Betriebsgesellschaft mbH (IABG) ein Testfeld für die Erprobung komplexer urbaner Verkehrsszenarien eingerichtet. Dieses Testfeld befindet sich auf dem Firmengelände der IABG in Ottobrunn, wodurch ein vom realen Straßenverkehr separierter und nicht StVO-gebundener Raum für kontrollierte Experimente zur Verfügung steht.

Das Testfeld umfasst eine Asphaltfläche, auf der sich durch variable Verkehrsflächen und Fahrbahnmarkierungen nahezu alle städtischen Kreuzungslayouts nachbilden lassen. Es ist mit modernster Verkehrstechnik ausgestattet, darunter Verkehrssteuergeräte, innovative Verkehrsdetektoren, Road Side Units sowie bewegliche Ampeln und Ampelmasten. Dadurch bietet das Testfeld einen einzigartigen Erprobungsraum, in dem verschiedene Versuche mit automatisierten Fahrzeugen durchgeführt werden können. Insbesondere sollen sich die Experimente auf die Interaktion mit

anderen Verkehrsteilnehmenden wie Radfahrenden und Fußgänger*innen fokussieren. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Erprobung neuartiger Detektionstechnologien, um Live-Informationen über den Rad- und Fußverkehr in die urbane Verkehrssteuerung einzubinden und stärker auf die Bedürfnisse dieser Verkehrsteilnehmenden einzugehen.

Mit dem Testfeld lassen sich Versuchsreihen zuverlässig und reproduzierbar aufbauen. Dies ermöglicht, in kontrollierten Experimenten einzelne Parameter anzupassen, während die restliche Testumgebung konstante Bedingungen liefert. Diese Vergleichbarkeit ist in vielen Bereichen der Verkehrs- und Mobilitätsforschung unerlässlich und erlaubt eine präzise Untersuchung verschiedener Einflussfaktoren, beispielsweise auf das subjektive Sicherheitsempfinden von Radfahrenden und Fußgänger*innen.

Im Vergleich zu anderen Testfeldern zeichnet sich das MCube Testfeld durch seine klare Ausrichtung auf urbane Mobilität und komplexe Verkehrsszenarien mit verschiedensten Verkehrsteilnehmenden aus.

Innovationsempfehlungen

Obwohl Technologien vorhanden sind, um mehr Gleichberechtigung im urbanen Verkehr zu schaffen, mangelt es häufig noch an der praktischen Umsetzung in Städten. Wir haben daher aus den Erkenntnissen des MCube Testkreuzungs-Projekts drei konkrete Innovationsempfehlungen für politische Entscheidungsträger*innen erarbeitet, um menschengerechten Verkehr in Städten zu fördern.

1. **Urbane Szenarien erproben**
2. **In Technologien für menschengerechten Verkehr investieren**
3. **Daten über alle Verkehrsteilnehmenden nutzbar machen**

1. Urbane Szenarien erproben



Die Erprobung urbaner Verkehrsszenarien ist entscheidend für die Entwicklung zukunftsfähiger Verkehrstechnologien. Urbane Szenarien zeichnen sich durch ihre Komplexität aus, da häufig viele verschiedene Verkehrsteilnehmende aufeinandertreffen, deren Verhalten teils zufällig ist. Da Rad- und Fußverkehr oft nicht an Fahrspuren gebunden ist und die Geschwindigkeit der Teilnehmenden stark variiert, sind Verhaltensmuster hier oft besonders unvorhersehbar. Daraus ergeben sich hohe Anforderungen und schwierige Herausforderungen für moderne urbane Verkehrssysteme.

Neue verkehrstechnische Lösungen sind eine Möglichkeit, diesen Herausforderungen zu begegnen. Im Sinne der Verkehrswende sind sie ein wichtiges Werkzeug um die Bedürfnisse und Perspektiven von Radfahrenden und Fußgänger*innen sowie von besonders vulnerablen Verkehrsteilnehmenden wie Rollstuhlfahrenden oder Kindern zu berücksichtigen. Heutzutage werden Szenarien mit Verkehrsteilnehmenden dieser Gruppen bei der Entwicklung und Erprobung von Verkehrstechnik häufig vernachlässigt.

Wir empfehlen daher, Testfelder vermehrt für die Erprobung urbaner Szenarien einzusetzen und dabei insbesondere auf die inklusive Repräsentation aller Verkehrsteilnehmenden zu achten.

In Städten fehlt häufig die Live-Datenlage zum Rad- und Fußverkehr, weshalb verkehrstechnische Anwendungen in Städten nicht präzise auf die Bedürfnisse dieser Verkehrsteilnehmenden eingehen können.

Um eine gleichberechtigte Teilhabe aller Verkehrsteilnehmenden im urbanen Raum zu gewährleisten, ist der Einsatz entsprechender Technologien in der Verkehrstechnik unerlässlich.

Ein entscheidender Aspekt zur Förderung der Gleichberechtigung im Verkehr ist die entsprechende Hardware an den Kreuzungen. Das umfasst Verkehrssteuergeräte, innovative Verkehrsdetektoren und Road Side Units, die in der Lage sind, umfassende Live-Daten zu allen Verkehrsteilnehmenden zu erfassen und in verkehrstechnischen Anwendungen zu berücksichtigen.

Die notwendigen Investitionen dafür müssen politisch bereitgestellt werden, um die technischen Voraussetzungen im städtischen Verkehr zu schaffen. Dafür braucht es einen Paradigmenwechsel und politischen Willen für menschengerechten Verkehr.

3. Daten über alle Verkehrsteilnehmenden nutzbar machen



Zusätzlich zu den Daten, die direkt an Kreuzungen durch stationäre Verkehrsdetektoren gesammelt werden, sollten Verkehrsdaten, die von Verkehrsteilnehmenden selbst erfasst werden, nutzbar gemacht werden. Moderne Fahrzeuge sind mit zahlreichen Sensoren ausgestattet, die das umliegende Verkehrsgeschehen erfassen und so Fahrer*innen beim Fahren unterstützen können.

Besonders automatisierte Fahrzeuge verfügen über eine Vielzahl solcher Sensoren und sammeln große Datenmengen, da das Fahrzeug ohne menschliche Hilfe in der Lage sein muss, durch komplexe Verkehrsszenarien zu navigieren. Diese Daten werden bisher aber nur im Fahrzeug selbst genutzt und nicht an die städtische Verkehrsinfrastruktur weitergegeben. Ein anderes Beispiel sind Verkehrsdaten, die Radfahrende und Fußgänger*innen selbst erzeugen, z.B. durch Smartphones oder Smart-Watches, die die Position und Geschwindigkeit ihrer Nutzenden erfassen können.

Die Integration neuer Datenquellen in städtische Verkehrssysteme kann dabei helfen, die fehlende Live-Datenlage zum Rad- und Fußverkehr bereitzustellen.

Das macht den Verkehr effizienter und erhöht die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmenden.

Häufig fehlt es jedoch an einem rechtlichen Rahmen, der den Bezug und die Nutzbarmachung neuer Verkehrsdatenquellen regelt. Die Umsetzung solcher Maßnahmen erfordert also aktiven politischen Willen und Engagement. Dies bedeutet, dass politische Entscheidungsträger*innen die notwendigen Gesetze und Verordnungen verabschieden und die erforderlichen finanziellen Mittel bereitstellen müssen. Nur so kann eine umfassende und gleichberechtigte Verkehrssteuerung realisiert werden, die den Bedürfnissen aller Verkehrsteilnehmenden gerecht wird.



Wenn ihr mehr über das MCube-Forschungsprojekt Testkreuzung erfahren wollt, besucht die [Website](#) und abonniert den [MCube-Newsletter](#).

Als nächster großer Meilenstein steht die offizielle Eröffnung des Testfelds inklusive Pressetermin im September 2024 an.



Text

Mario Ilic | MCube
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
und Doktorand
Lehrstuhl für Verkehrstechnik
@Technische Universität München

Konzept

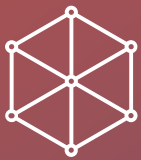
Annika Schott, Alina Weiss | MCube
Lehrstuhl für Klima- und Umweltpolitik
@Technische Universität München

Gestaltung

loop design consulting

www.mcube-cluster.de

Juni 2024



MCube
Munich Cluster for the Future of
Mobility in Metropolitan Regions



**CLUSTERS
4 FUTURE**
Innovationsnetzwerke
für unsere Zukunft

Die vorgestellten Ergebnisse und Handlungsempfehlungen stammen aus der Arbeit des MCube-Projekts „Testkreuzung für automatisiertes und vernetztes Fahren“. Diese Ergebnisse werden in Zusammenarbeit mit dem MCube-Integrationsprojekt „Responsible Mobility Innovation & Governance (ReMGo)“ für ein breites Publikum veröffentlicht.

MCube - der Münchner Cluster für die Zukunft der Mobilität in Metropolregionen - nutzt die einzigartige Agglomeration von Akteuren im Bereich der Mobilitätsinnovation, um München zu einer Vorreiterin für nachhaltige und transformative Mobilitätsinnovationen zu machen. Ziel des Clusters ist es, Sprunginnovationen im Mobilitätssektor zu erproben und zu erforschen und skalierbare Lösungen mit Modellcharakter für Deutschland und weltweit zu entwickeln.