



Die Ultrahochleistungsfahrbahn im ersten Stock

The ultra-high performance roadway on the first floor

Geht es nach der Vision des TU Graz-Projekts QUICKWAY, so werden wir in Zukunft in zentral gesteuerten, autonom fahrenden E-Bussen, E-Taxis und E-Privatautos in einem geschlossenen Fahrbahnsystem aus ultrahochfestem Beton befördert werden. Ein Blick in die Zukunft der nachhaltigen Mobilität.

Ultrahochfester Beton (Ultra High Performance Concrete – UHPC) ist mit einer erwarteten Haltbarkeit von über 200 Jahren das Baumaterial der Zukunft. Der Baustoff wird seit 17 Jahren an der TU Graz maßgeblich mit- und weiterentwickelt, einhergehend mit der steten Suche nach neuen Anwendungsmethoden. Nach dem erfolgreichen Bau einer Autobrücke im Kärntner Völkermarkt mit UHPC wandte sich der heute emeritierte Professor Lutz Sparowitz vom Institut für Betonbau mit einer Idee an das Institut für Straßen- und Verkehrswesen der TU Graz: Er hatte die Vision eines neuen Mobilitätskonzepts, das eine wirkliche Alternative zum heute gängigen U-Bahn-Verkehr darstellen sollte. Die Idee war ein schlanker, aus UHPC gebauter Fahrweg ein bis zwei Levels über der Erde, auf dem sich ausschließlich zentral gesteuerte, autonome Fahrzeuge bewegen sollten. Im August 2013 wurde

If the vision of the TU Graz project QUICKWAY becomes reality, we will eventually travel in centrally controlled autonomous e-buses, e-taxis and private e-cars in a closed-loop roadway system built from ultrahigh performance concrete. So let's have a look at the future of sustainable mobility.

Ultrahigh performance concrete, UHPC for short, has a durability of more than 200 years and is already recognised as THE construction material of the future. As a significant contributor to the development of this construction material for the last 17 years, TU Graz has also been constantly searching for new application methods. Following the successful construction of a UHPC road bridge in Völkermarkt, Carinthia, Professor Lutz Sparowitz from the Institute of Structural Concrete, now retired, took this idea to the Institute of Highway Engineering and Transport Planning at TU Graz. His vision was to develop a new mobility concept, one that could be positioned as a genuine alternative for today's solution of choice, the underground. The idea was to build a slim UHPC roadway one to two levels above the ground on which only centrally controlled autonomous vehicles would travel.



© QUICKWAY – TU Graz

aus der Idee ein FFG-gefördertes Projekt namens QUICKWAY, an dem sich nunmehr das Institut für Betonbau (Viet Tue Nguyen), das Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft (Christian Hofstadler) und das Labor für Konstruktiven Ingenieurbau (Bernhard Freytag) der TU Graz beteiligen. Nach drei Jahren Projektlaufzeit hält man heute ein umfassendes, zukunftsweisendes Mobilitätskonzept für sogenannte Megacities in Händen. Städte also, die zehn Millionen oder mehr Menschen beheimaten. Stimmen nämlich die aktuellen Prognosen für die Bevölkerungsentwicklung und hält der Trend zur Urbanisierung ungebrochen an, werden alleine bis zum Jahr 2050 zumindest 250 neue Megacities entstehen und anspruchsvolle Verkehrslösungen werden dringend nötig.

QUICKWAY TRAFFIC SYSTEM

An diesem Punkt setzt der Plan von Sparowitz und seinem Forschungsteam an. Das QUICKNET ist ein Netz einspuriger Hochfahrwege, das dank Verwendung von UHPC eine äußerst schlanke Struktur aufweist. „Wir benötigen einen Abstand von rund 30 Metern zwischen zwei Gebäuden, um unsere Fahrwege bauen zu können“, erklärt er. Die Hauptfahrbahn läuft auf Level 1 und 2, also im ersten und zweiten Stock über der Erde. Auf ihr soll der Fließverkehr mit Geschwindigkeiten zwischen 30 und 80 Kilometern pro Stunde geführt werden. „Damit können wir mit der Effizienz eines U-Bahn-Systems mithalten“, erklärt Martin Fellendorf, der sich im Subprojekt AVESTRA mit dem autonom fahrenden Verkehr und dessen Steuerung beschäftigt hat. Die Haltestellen werden auf Level 0 errichtet. Zu ihnen fahren aber jeweils nur die einzelnen Fahrzeuge, deren Passagiere auch wirklich an diesem Stopp aussteigen wollen. Pro Fahrzeug können, so die Vision, insgesamt zehn Personen transportiert werden, die zu maximal drei >

In August 2013, the idea had become an FFG (Austrian Research Promotion Agency) sponsored project under the name of QUICKWAY in which the Institute of Structural Concrete (Viet Tue Nguyen), the Institute of Construction Management and Economics (Christian Hofstadler) and the Laboratory for Structural Engineering (Bernhard Freytag) at TU Graz were participating. At the end of the three-year term of the project, they had come up with a comprehensive, future-oriented mobility concept for so-called megacities, i.e. cities with a population of 10 million or more. If the current demographic development forecasts are true and the trend towards urbanisation continues at the current rate, we will see at least 250 new megacities by the year 2050 that will urgently require complex transport solutions.

QUICKWAY TRAFFIC SYSTEM

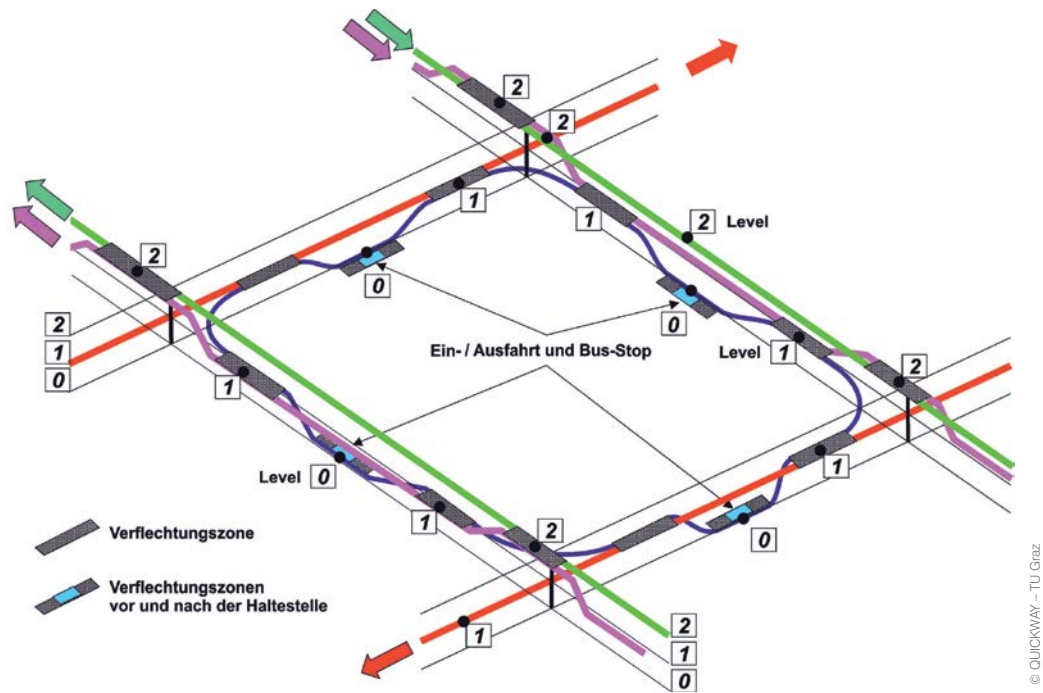
This is where the plan of Sparowitz and his team of researchers comes in. Built from UHPC, QUICKNET is a network of very slim elevated single traffic roadways. “We need a distance of approximately 30m between two buildings to be able to build our roadways,” says Sparowitz. The main roadway is on levels 1 and 2, that is on the first and second floor above ground. These roadways are intended for traffic that flows at a speed of 30 to 80 kilometres per hour. “This means that we are able to rival the efficiency of an underground train system,” explains Martin Fellendorf who studied the possibilities of autonomously driving vehicles and their control in the AVESTRA subproject. The stops will be built on level 0. But only selected vehicles with passengers who really want to get off at this particular stop will go there. According to the vision, 10 people wishing to travel to a maximum of three different stops will be in each vehicle. “The passengers will call their buses to the stop in advance by app, indicating their final destination. >

Abbildung 1:
Die Stadt der Zukunft? Energie soll über die Fahrbahnüberdachung aus Solarpaneelen gewonnen werden.

Figure 1:
City of the future? Electricity could come from solar panels installed above the roadway.

Abbildung 2:
Die Fahrbahn ist auf Level 1 und 2
angelegt, auf Level 0 wird es lediglich
Bushaltestellen geben.

Figure 2:
The main roadway is on levels 1 and 2;
bus stops are built on level 0.



unterschiedlichen Haltestellen wollen. „Die Passagiere bestellen ihre Busse vorab per App an die Haltestelle, geben dabei auch schon ihr Ziel an und können so einfach und effizient auf die einzelnen Fahrzeuge aufgeteilt werden“, erklärt Sparowitz. Aber auch an den Haltestellen werden die Fahrzeuge nicht vollständig zum Stillstand gebracht, sondern ähnlich wie heutige Gondelbahnen lediglich auf Schrittgeschwindigkeit gebremst, um das Ein- und Aussteigen möglich zu machen. So fallen auch die vielen öffentlichen Parkflächen auf Level 0 weg und können anderweitig genutzt werden. Der Zutrieb ist auf der rechten, der Ausstieg auf der linken Fahrzeugseite möglich, was Personenstaus verhindern soll. Hat das Fahrzeug das Ende des Bahnsteiges erreicht, beschleunigt es selbstständig wieder, fährt auf Level 1 und gliedert sich zurück in die Kolonne ein. Gesteuert wird der Verkehr zentral. „Diese zentrale Steuerung berechnet unter Berücksichtigung des Gesamtsystems für jedes Fahrzeug den optimalen Weg ans Ziel. Wir verhindern so Staus und optimieren die Fließgeschwindigkeit auf den Fahrwegen“, erklärt Fellendorf.

Momentan wird hier vor allem noch an der Maschendichte des Fahrbahnnetzes gearbeitet und optimiert. „Wir haben bereits Abstände von unter 400 Metern zur nächsten Haltestelle geschafft“, sagt Martin Fellendorf über den momentanen Stand der Forschung. Der große Vorteil des neuen Verkehrskonzepts: Aktuelle U-Bahn-Systeme erreichen solche und ähnliche Maschendichten zwar ebenfalls, aber fast ausschließlich in den Stadtzentren, je weiter es vom Stadtkern in Richtung Stadtrand geht, desto weiter sind die Wege bis zur nächsten Halte-

This will allow them to be assigned simply and efficiently to specific vehicles,” adds Sparowitz. But even at the stop the vehicles will not come to a complete standstill. Like today’s cableways they will only slow down to walking speed so that the passengers can get on and off. As passengers enter the vehicle on the right but exit it on the left, collisions between people are avoided. Once the vehicle has reached the end of the platform, it accelerates again by itself, drives up to level 1 and squeezes into the line of cars. The whole transport system is controlled centrally. “Central control calculates the best route to the destination for each vehicle in the system, taking into consideration the overall situation. This helps us avoid congestion and optimise the flow speed on the roadways,” explains Fellendorf.

The current main focus of optimization is the loop density of the roadway network. “We can already achieve distances of less than max. 400 metres to the next stop,” says Martin Fellendorf about the progress of the research project. This is a big advantage of the new transport concept. Although current underground systems reach the same and similar loop densities, they do so almost exclusively in the town centres. The further away you get from the centre and the more you approach the outskirts, the longer the distance to the nearest public transport stop will become. By contrast, QUICKWAY can be extended simply and quickly and is therefore also very suitable for the periphery.

On top of passenger transport, light goods transport (vehicle and payload less than seven tons) can also be carried out by means of QUICKWAY.

stelle des öffentlichen Verkehrs. QUICKWAY aber ist einfach und schnell erweiterbar und daher auch in der Peripherie gut ein- und umsetzbar.

Neben dem Personenverkehr soll über den QUICKWAY auch der leichte Gütertransport (Fahrzeug und Nutzlast gemeinsam leichter als sieben Tonnen) abgewickelt werden.

Baukastensystem

„Wir wollen pro Tag einen bis zwei Kilometer neue Strecke bauen“, erklärt Lutz Sparowitz das äußerst engagierte Vorhaben. Das Fahrbahnsystem besteht aus insgesamt rund 50 standardisierten Bauteilen, aus denen Straßenlayouts für so gut wie alle nur denkbaren Stadtformen zusammengesetzt werden können. Diese Bauteile werden in einer Art Baukastensystem aneinandergesteckt und können auch einfach wieder ab- und an einer anderen Stelle aufgebaut werden. „Es ist wie Legospielen“, sagt Fellendorf. Für die einzelnen Teile existiert je ein Musterstück, von dem ebenfalls aus Beton beliebig viele Schalungen abgeformt werden können. „Wir haben dann zum Beispiel 100 Betonschalungen, in denen parallel die Bauteile gegossen werden können, und können so unsere Baugeschwindigkeit immens erhöhen“, erklärt Sparowitz.

Ein Vorhaben, das natürlich auch von bauphysikalischer Seite her simuliert und geplant wurde: „Wir halten es für absolut möglich, diese Baugeschwindigkeit erreichen zu können.“ >

Modular system

According to Sparowitz, the ambitious plan is to build one or two kilometres of new roadways every day. The roadway system consists of a total of 50 standardised building blocks which can be combined to make road layouts for almost any conceivable urban configuration. These building blocks plug into each other like a modular system. Therefore they can also be taken out and put up elsewhere very easily. “It is like playing Lego,” says Fellendorf. There is one basic formwork for each component, which in turn can be used to cast many different derived formwork elements. “Thus we end up with say 100 concrete formwork elements in which we can cast the components simultaneously. Therefore we are able to increase the speed of construction immensely,” explains Sparowitz. “Of course we have simulated and planned the construction logistics of this approach, so we should realistically be able to achieve a very high construction speed.”

Individual transport from door to door

Apart from its use for public transport, QUICKWAY will also be able to accommodate individual transport with autonomously driving taxis or privately owned vehicles. These also travel in the autonomous system on the QUICKWAY roadways, but can leave the closed-loop system via special entry and exit ramps to enter the “normal” traffic system. Upon request, these vehicles can therefore take passengers from door to door. “This system caters for those who want to drive in their own privately owned car, but above all it caters for persons whose compromised mobility does not allow them to use public transport,” explains Fellendorf. “Such vehicles for mixed transport applications are developed worldwide by various manufacturers, for example the Google car or similar.” >

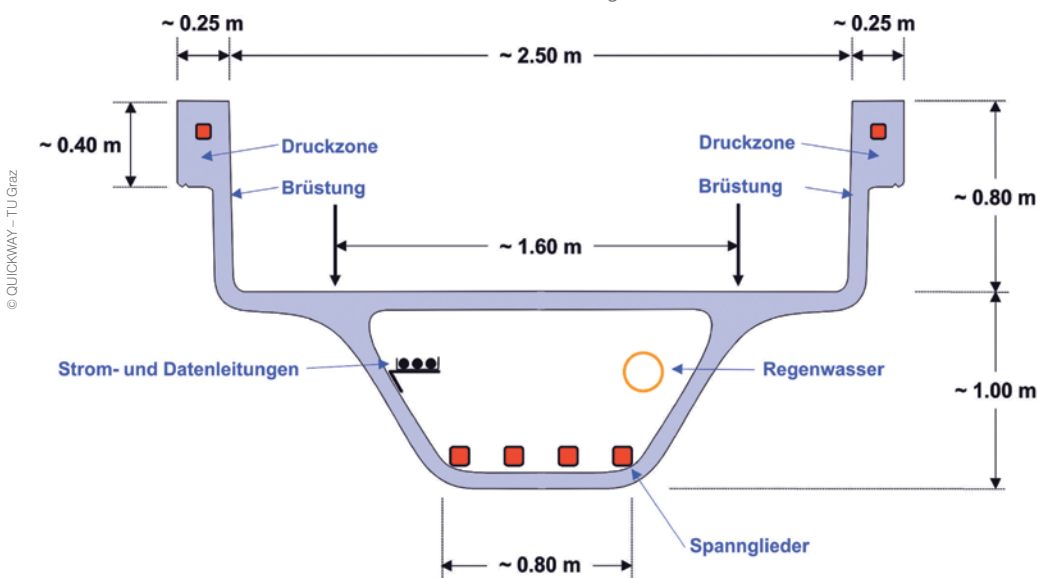


Abbildung 3:
 Die Verwendung von UHPC ermöglicht äußerst schlanke Strukturen.
 Figure 3:
 The use of UHPC enables very lean structures to be made.

On the Top

> INFORMATION,
COMMUNICATION &
COMPUTING





© QUICKWAY – TU Graz

Abbildung 4:
Das Musterstück für die
Betonchalungen für den Bau der
einzelnen Straßenelemente.

Figure 4:
Sample piece for concrete formwork,
which in turn can be used to cast
different formwork elements.

Individueller Verkehr von Haustür zu Haustür

Neben dem öffentlichen Verkehr soll es auf QUICKWAY auch Platz für individuellen Verkehr mit autonom fahrenden Taxis oder Privatwagen geben. Diese fahren ebenfalls im autonomen System auf den Fahrwegen von QUICKWAY, haben aber die Möglichkeit, über spezielle Auf- und Abfahrrampen das geschlossene System zu verlassen und sich in den „normalen“ Verkehr einzuordnen. So können diese Fahrzeuge Passagiere auf Wunsch von Haustür zu Haustür bringen. „Dieses System ist einerseits natürlich für Menschen gedacht, die in eigenen Fahrzeugen alleine fahren wollen, vor allem aber für Personen, die in ihrer Mobilität eingeschränkt sind und so den öffentlichen Verkehr nicht nutzen können“, erklärt Fellendorf. „Diese Fahrzeuge für den Mischverkehr werden gerade weltweit von verschiedenen Herstellern entwickelt. Zum Beispiel in Form des Google Car oder ähnlichem.“

Zukunftsvision

„Was den Bau der Fahrwege und die Steuerung der autonomen Fahrzeuge auf diesen geschlossenen Wegesystemen angeht, ist die TU Graz ganz vorne mit dabei“, ist Martin Fellendorf überzeugt. Aber die Vision der Grazer Forschenden geht noch darüber hinaus. Das Mobilitätskonzept soll nicht nur in seiner Bauweise nachhaltig sein, sondern auch umweltschonende E-Fahrzeuge nutzen. „Wir können uns vorstellen, dass der dafür nötige Strom zum Beispiel teilweise aus einer Überdachung der Fahrbahn mit transparenten Solarpaneelen erzeugt wird“, blickt Lutz Sparowitz in die Zukunft. Zusätzlich will man auf Level 0 von der Fahrbahn überdachte Verkehrswege für den individuellen Zweiradverkehr mit Fahrrädern oder E-Motorrädern schaffen.

Morgen umsetzbar

Das Konzept ist schlüssig, in der Umsetzung gibt es allerdings große Herausforderungen, wie Martin Fellendorf erklärt: „Bei unserem System hat es keinen Sinn, eine kurze Teststrecke zu bauen, weil so weder das System noch die Akzeptanz in der Bevölkerung getestet werden können.“ Nötig wird also ein wirklicher Systemscheid eines wachsenden urbanen Raums sein, so wie er vor Jahrzehnten für das heute gängige U-Bahn-System gefallen ist. Deshalb versuchen die Forschenden momentan in Kontakt zu Regierungen zu treten, die diesem Projekt eine Chance geben möchten. Simuliert wurde das Projekt übrigens an der Großstadt Singapur, von der unter anderem auch überaus detaillierte Daten zu Bevölkerung und Mobilität zur Verfügung stehen. „Wenn morgen die Entscheidung fallen würde, das Projekt zu realisieren, dann bräuchten wir nur etwa fünf Jahre, bis auf QUICKWAY die ersten Passagiere befördert werden können.“

Text: Birgit Baustädter ■

Vision for the future

“TU Graz is one of the pioneers in the construction of the roadways and the control of autonomous vehicles on these closed-loop roadway systems,” announces Martin Fellendorf with complete conviction. But the vision of the researchers in Graz goes beyond this. The mobility concept should not only be based on sustainable infrastructure but also on environmentally friendly electric vehicles. “The required electricity might come partly from transparent solar panels installed above the roadway,” Lutz Sparowitz suggests. Furthermore, there are plans to build roof-covered roadways for individual two-wheeler transport with bicycles and e-motorbikes on level 0 of the roadway.

Implementation could start tomorrow

The concept is coherent, but its implementation presents many challenges. According to Martin Fellendorf, building a short test roadway does not make sense with this system – this would neither test the system itself nor its acceptance by people. This is why a genuine system decision in a growing urban environment will be necessary – just like decades ago when the underground systems were first introduced. This has led the researchers to contact governments willing to give this project a chance. Singapore was the city chosen to simulate the project; there are very detailed population and mobility data available. “If it was decided tomorrow, it would take us only five years until we could transport the first passengers on QUICKWAY.”

Text: Birgit Baustädter ■



© QUICKWAY – TU Graz

Abbildung 5:
Simulation einer Steuerungs-
variante für ein Teilnetz
von Singapur.

Figure 5:
Simulation of traffic control in a
pseudo-network of Singapore.