

i_city, ein Projekt der HFT Stuttgart im Themenkomplex Smart Cities

Paul Rawiel und Volker Coors

Zusammenfassung

Städte stehen ebenso wie Unternehmen und andere Organisationen vor der digitalen Transformation. Dieser Transformationsprozess wird durch das Konzept der »Smart Cities« sichtbar. Smart Cities nutzen Informations- und Kommunikationstechnologien für eine nachhaltige, soziale und ökologische Gestaltung des öffentlichen Raums. Urbane Daten sind zu einer Ressource geworden, die für eine Vielzahl von Anwendungsfällen von hohem Interesse ist. Beispielhaft hierfür sind urbane Mobilität, Umwelt- und Klimaschutz, Abfallmanagement, Ressourcen schonende Nutzung von Energie sowie die Bereitstellung von Dienstleistungen der städtischen Verwaltung. Smart Services, Smart Data, digitale Vernetzung, interaktives Lastmanagement und 3D-Stadtmodellierung sind hierbei Begriffe, die für die Zukunftsaufgaben für eine digitale Wirtschaft und Gesellschaft stehen. Werden noch Hightech-Strategiefelder wie »innovative Arbeitswelt« und »zivile Sicherheit« in den Prozess der Smart Cities integriert, entsteht eine enorme Bandbreite von Spezialgebieten, die eine enge Zusammenarbeit und Verzahnung verschiedener Fachbereiche erfordert wie auch die Einbeziehung wichtiger Akteure aus Wirtschaft, Verwaltung und Planung. Um dieser Bandbreite Rechnung zu tragen wurde an der HFT Stuttgart ein Projekt ins Leben gerufen, das die in diesem Zusammenhang zu bewältigenden Herausforderungen in sechs Handlungsfeldern angeht. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die verschiedenen Handlungsfelder und fokussiert dann auf den Beitrag der Vermessung und Geoinformatik im Handlungsfeld nachhaltige Mobilität.

Summary

Cities as well as business companies and other organizations are facing digital transformation. This transformation process becomes visible through the concept of »smart cities«. Smart cities use information and communication technologies for a sustainable, social and ecological design of public space. Urban data has become a resource of high interest for a multitude of applications. Examples therefore are urban mobility, environmental and climate protection, waste management, resource-saving use of energy and the provision of city administration services. Smart services, smart data, digital networking, interactive load management and 3D city modelling are terms that stand for the future tasks of a digital economy and society. If high-tech strategy fields such as »innovative working environment« and »civil security« are integrated into the Smart Cities process, an enormous range of areas of expertise will emerge that require close cooperation and interlinking of various specialist fields, as well as the involvement of important players from business, administration and planning. In order to take this bandwidth into account,

a project was launched at the HFT Stuttgart which addresses the challenges in this context in six fields of activity. This article provides an overview of the various fields of activity and then focuses on the contribution of surveying and geoinformatics in the field of sustainable mobility.

Schlüsselwörter: Smart City, Mobilitätskonzepte, Positionierung, intelligente Navigation, Energieeffizienz

1 Einleitung

Von Bitkom ist in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IESE und anderen Kooperationspartnern im März 2019 ein Smart City Atlas herausgegeben worden (Hess et al. 2019). Hess schreibt, dass der Begriff Smart City nicht eindeutig definiert ist und viel Interpretationsspielraum zulässt. Grundsätzlich steht das Konzept der Smart City für die intelligente Vernetzung aller Lebens- und Wirtschaftsbereiche in den Kommunen. Durch den Einsatz neuer Technologien sollen vernetzte Infrastrukturen entstehen, um urbanen Herausforderungen wie der Energie- und Verkehrswende zu begegnen. Durch digitale und an den Bedürfnissen der Bürger ausgerichtete Dienstleistungen soll die Lebens- und Standortqualität vor Ort gesteigert werden, so steht es in der Studie zu lesen.

Im Juni 2017 erschien die Smart City Charta (BMUB 2017), herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) zusammen mit dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Die Charta soll die Umsetzung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie und die Verwirklichung der globalen Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030 der Vereinten Nationen (Sustainable Development Goals) unterstützen.

Die Notwendigkeit, sich den Herausforderungen der digitalen Transformation aller Lebens- und Wirtschaftsbereiche zu stellen, ist mittlerweile insbesondere für Metropolen und Großstädte erkannt worden und es wird mit der Umsetzung einer digitalen Agenda begonnen (Hess et al. 2019).

Das Projekt i_city der HFT Stuttgart soll hierzu in verschiedenen Bereichen, die für die Entwicklung von Smart City von Bedeutung sind, innovative Konzepte erarbeiten und prototypisch umsetzen.

Insbesondere in den Bereichen der für die Energiewende notwendigen urbanen Simulation und der nachhaltigen Mobilität kommt hierbei der Vermessung und Geoinformatik eine herausragende Bedeutung zu.

2 Die Handlungsfelder des i_city-Projekts

Die Bandbreite der Herausforderungen für die Entwicklung von Smart Cities ist enorm, sodass hier viele Disziplinen zusammen arbeiten müssen, gleichzeitig aber die Notwendigkeit besteht, einzelne Bereiche und Aktivitäten zu bündeln, um insgesamt innovative Konzepte zu entwickeln, die miteinander verzahnt und aufeinander

teresse, die die Datenbasis für stärker anwendungsorientierte Handlungsfelder bilden. Hierzu wird eine urbane Datenplattform konzipiert und prototypisch implementiert, auf deren Basis u. a. 3D-Stadtmodellierungs-Tools weiterentwickelt werden, welche die Planung von erneuerbaren und netzgebundenen Versorgungsstrukturen verbessern, dabei Monitoringdaten integrieren und somit eine kontinuierliche Analyse und Weiterentwick-



Abb. 1:
Handlungsfelder der
i_city-Forschungs-
partnerschaft

abgestimmt sind. Hierzu wurden im Projekt i_city an der HFT Stuttgart die in Abb. 1 dargestellten sechs Handlungsfelder identifiziert, die sich mit Teilaspekten von Smart Cities befassen.

Diese Handlungsfelder werden durch die gesellschaftlichen Herausforderungen von Klimawandel, digitaler Transformation bis hin zu demografischem Wandel definiert. Innerhalb der Handlungsfelder ergeben sich weitere Teilprojekte, in denen hoch innovative, anwendungsorientierte Lösungen in Zusammenarbeit mit Partnern aus der Wirtschaft erarbeitet werden (siehe Abb. 2).

Aus Sicht der Vermessung und Geoinformatik sind die technologischen Handlungsfelder von besonderem In-

teresse. Zukunfts-fähige Mobilitätskonzepte werden in die IT-Lösungen integriert und dienen gleichzeitig der gemeinsamen Nutzung der Infrastruktur von Speichern und Energieträgern. Durch die transdisziplinäre Zusammenarbeit aller HFT-Kompetenzzentren mit ihren Forschungsschwerpunkten in Bauwesen, Stadtplanung, Wirtschaft, Wirtschaftspsychologie und Geoinformatik können für die Unternehmen und kommunalen Partner der Metropolregion Stuttgart innovative Services entwickelt werden, die einen weit-hin sichtbaren Beitrag zur digitalen Transformation leisten.

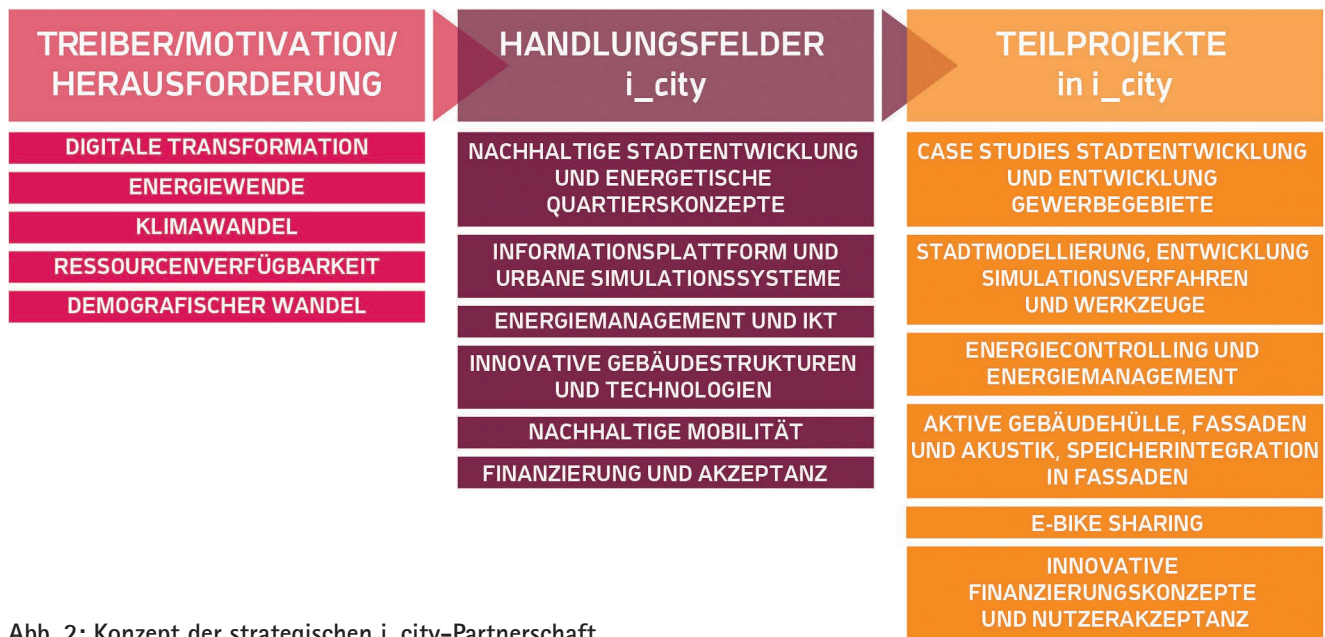


Abb. 2: Konzept der strategischen i_city-Partnerschaft

Konkret geht es im Handlungsfeld 1 um Methoden für eine integrierte innerstädtische Quartiersentwicklung, die mit Klima- und Mobilitätskonzepten verzahnt wird.

Im Handlungsfeld 2 werden Informations- und Simulationswerkzeuge für die Konzeption und den Betrieb einer intelligenten Stadt entwickelt. Eine zentrale Rolle spielen hier 3D-Stadtmodelle, die unter konsequenter Verwendung des CityGML-Datenmodells mit Simulationsanwendungen aus den Bereichen urbaner Energie-, Gebäude- und Verkehrssysteme gekoppelt werden sollen. Einflussfaktoren auf das urbane Mikroklima und urbane Akustik sollen untersucht und bewertet werden können. Hierfür wird auch eine BIM-konforme Gebäudeerfassung untersucht. In diesem Zusammenhang soll auch auf Seuß et al. (2019) hingewiesen werden; hier wird BIM als zentrales Beispiel für die digitale Transformation adressiert.

Im Handlungsfeld 3 stehen intelligente Energiemanagementsysteme für smarte Einzelgebäude und gewerbliche Standorte im Mittelpunkt. Die 3D-Planungsmodelle aus dem Handlungsfeld 2 sollen hier für Standortentwicklungssimulationen genutzt werden.

Das Handlungsfeld 4 beschäftigt sich mit innovativen Gebäudestrukturen und Technologien, die als vordringlich für eine nachhaltige Stadtentwicklung betrachtet werden und ein großes Potenzial für eine Weiterentwicklung des Stands der Technik aufweisen. Dabei stehen hochwärmedämmende Gebäudehüllen, natürliche Lüftung und Akustik von energetisch optimierten Fassaden im Vordergrund.

Im Handlungsfeld 5 wird das Thema »nachhaltige Mobilität« bearbeitet. Die Aktivitäten dieses Handlungsfeldes werden im folgenden Abschnitt näher beschrieben.

Handlungsfeld 6 untersucht, wie die Umsetzung der technologischen Konzepte in einem realen gesellschaftlichen Umfeld unterstützt werden kann. Hauptsächlich geht es dabei darum, die Akzeptanz für die entwickel-

ten technischen Innovationen und Systemlösungen zu erhöhen. Es sollen Bewertungskriterien bereitgestellt werden, um Entscheidungsprozesse zu unterstützen, bei denen Weichenstellungen im Bereich technischer Innovationen vorgenommen werden, über die BürgerInnen, (Wohn)Eigentümergeinschaften oder Wähler abstimmen müssen.

3 Das Handlungsfeld nachhaltige Mobilität

Über mehrere Jahrzehnte erfolgte die Verkehrsplanung als stetige Anpassung der Infrastruktur an eine steigende Verkehrsnachfrage. Dies beeinflusste die entstandenen Siedlungsmuster in hohem Maß. Ziel der künftigen Verkehrsplanungen muss es sein, Mobilität nachhaltig zu gestalten. Das Ministerium für Verkehr in Baden-Württemberg hat im März 2015 eine Broschüre veröffentlicht mit dem Titel: Die Strategie »Nachhaltige Mobilität – für Alle«. Dort ist das Ziel formuliert, dass Mobilität für alle Menschen gewährleistet werden soll. Soll diese Mobilität nachhaltig sein, also Klima und Ressourcen schonen, müssen neue, innovative Mobilitätskonzepte entwickelt werden. In der Broschüre des Verkehrsministeriums steht zu lesen, dass die Nutzung umweltfreundlicher Verkehrsmittel im Trend zunimmt. Carsharing-Systeme entlasten zunehmend die Straßen großer Städte.

Verschiedene Mobilitätsangebote beeinflussen sich jedoch gegenseitig. Zu den Verkehrsarten mit positiver Umweltbilanz zählen der öffentliche Verkehr, der Radverkehr und der Fußgängerverkehr. Diese Verkehrsarten intelligent zu verknüpfen und deren Komfort zu erhöhen ist ein Ziel, um Menschen vom motorisierten Individualverkehr weg, hin zu umweltverträglicheren Transportmitteln zu bewegen. Sharing-Mobilitätsangebote, deren

Antriebsarten mit regenerativen Energien betrieben werden und die zudem den Platzbedarf an urbanen Raum für den ruhenden Verkehr reduzieren, können einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Mobilität leisten.

Das Ziel des Handlungsfelds 5 ist es, ein e-Bike-Sharing-System zu konzipieren und modellhaft zu entwickeln. Dieses System soll als Schnittstelle zum öffentlichen Nahverkehr und zum Carsharing-System car2go, das in Stuttgart ausschließlich mit Elektrofahrzeugen betrieben wird, fungieren. Die Ziele, die hierbei verfolgt werden, sind:

- Stärkere Vermeidung des konventionellen Individualverkehrs und dadurch signifikante Reduktion der Schadstoff- und Feinstaubbelastung
- Wirtschaftlich tragbares, intuitiv nutzbares, attraktives und ansprechendes e-Bike-Sharing-Konzept mit optimierter Platzierung der e-Bike-Stationen im Stadtraum
- Attraktive e-Bike-Stationen mit Photovoltaik und Batteriespeichern zur Eigenstromversorgung und Pufferung von Ladelastspitzen sowie einer intelligenten bidirektionalen Anbindung an das Stromnetz
- Informationssystem mit einfachem App-Zugang und 3D-Guidesystem für ein optimales Routing und automatisierter e-Bike-Auswahl mit passendem Ladezustand
- Gestalterische und planerische Integration der e-Bike-Stationen in den Stadtraum und das städtebauliche Umfeld

Als Industriepartner ist in diesem Handlungsfeld die Daimler TSS beteiligt, die auch für das Car-Sharing-System car2go sowohl die Hardware für die Kommunikation der Fahrzeuge mit dem Back-End-System als auch die Software entwickelt hat. Die Entwicklung des e-Bike-Sharing-Systems erfolgt an der HFT Stuttgart in einem interdisziplinären Team aus Verkehrsplanern, Stadtplanern, Architekten, Energieexperten, Geoinformatikern, Informatikern, Wirtschaftsingenieuren und Psychologen. In diesem Kontext werden im Folgenden zwei Aspekte herausgegriffen, die die Rolle der Vermessung und Geoinformatik exemplarisch aufzeigen.

3.1 Positionierung der e-Bikes

Bei einem e-Bike-Sharing-System, bei welchem die e-Bikes nicht nur an festen Stationen, sondern frei innerhalb eines fest umgrenzten Geschäftsgebiets abgestellt werden können, stellt die genaue Positionsbestimmung eines der wichtigsten Qualitätsmerkmale dar. Denn bei fehlendem Zwang, die Miete an vorgegebenen Stationen zu beginnen und zu beenden, muss die Position eines e-Bikes bei Beendigung der Miete so genau ermittelt werden, dass es von einem nachfolgenden Nutzer oder von einem Service-Mitarbeiter mit der Positionsangabe, die per App auf einem Smartphone visualisiert wird, problemlos gefunden werden kann. Beruht die Positionsbestimmung ausschließlich auf GNSS, so können Abweichungen der von GNSS bestimmten Position zur wahren Position von 100 bis 300 m vorkommen.

Dies zeigt die Erfahrung mit dem car2go-Projekt, bei dem es immer wieder vorkommt, dass eine Positionsangabe für ein freies Fahrzeug mit einem Verweis »Umkreis 300 m« versehen ist. Ursache hierfür sind gerade in urbanen Umgebungen vorkommende Probleme durch Mehrwegeeffekte und Abschattungen der GNSS-Signale durch hohe Gebäude. Das ist mit negativen Auswirkungen auf die Positionsgenauigkeit verbunden, die das Auffinden des in der App angezeigten e-Bikes für den Nutzer schwierig macht. Die Möglichkeiten, sich mit einem e-Bike in der Stadt zu bewegen oder das e-Bike abzustellen, sind zudem sehr viel vielfältiger als z.B. bei einem Auto, das an Straßen und Parkplätze gebunden ist, während ein e-Bike auch durch enge Gassen oder auf überdachten Wegen bewegt werden kann.

Hieraus ergeben sich zusätzliche Herausforderungen für die Positionsbestimmung und die Navigation. Eine Möglichkeit, die Positionsbestimmung zu verbessern und Ausfälle der GNSS-Signale zumindest für eine begrenzte Zeit zu überbrücken, besteht in der Nutzung einer inertialen Messeinheit. Diese besteht aus Beschleunigungs- und Drehratensensoren (Gyroskop). Diese Sensoren können mit dem GNSS zu einem Multisensorsystem aufgebaut werden, dessen verschiedene Messwerte z.B. in einem Kalmanfilter zusammengeführt werden. Abb. 3 zeigt die Telekommunikationseinheit (TCU), die am Lenker der e-Bikes angebracht ist. Diese TCU wurde

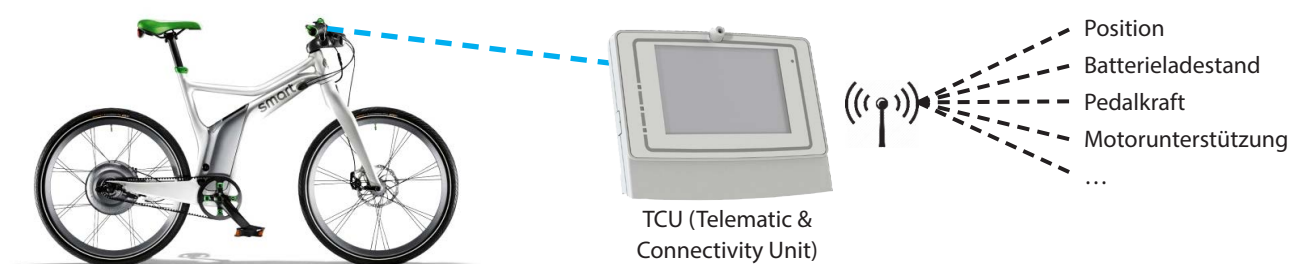


Abb. 3: TCU der e-Bikes

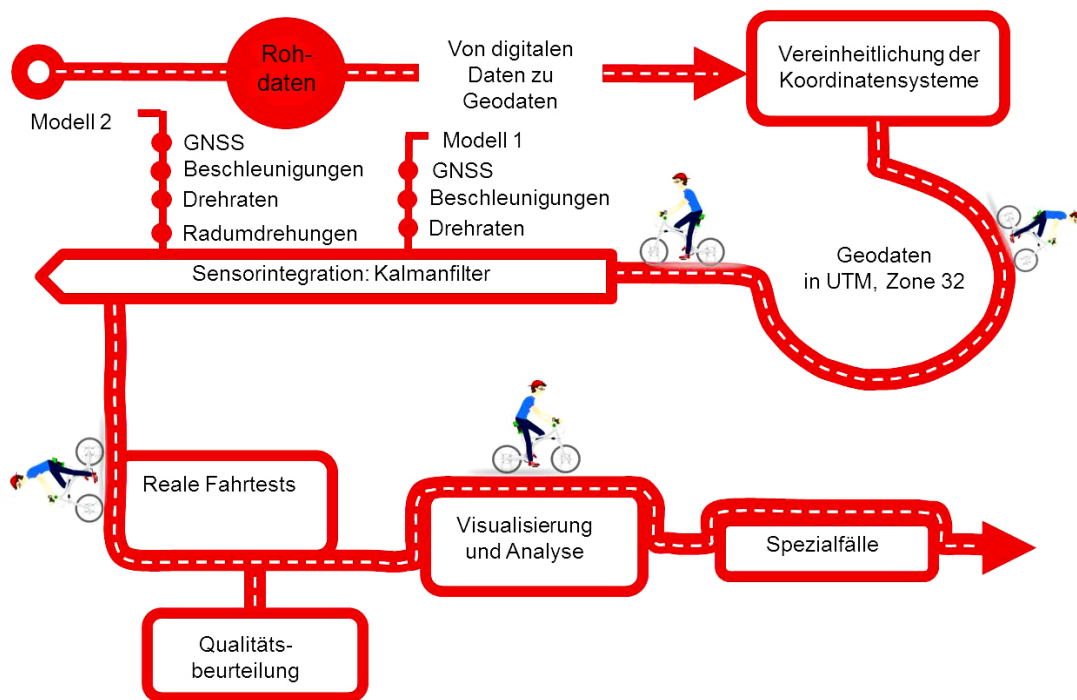


Abb. 4:
Ablauf Positions-
bestimmung

(In Anlehnung an Vallejo 2015)

von der Daimler TSS entwickelt. Sie enthält außer einem GSM-Modul für die Verbindung zum zentralen Server, der das System verwaltet, einen GNSS-Empfänger sowie Beschleunigungs- und Drehratensensoren. Außerdem können Merkmale des e-Bikes wie der Batterieladestand, die eingesetzte Pedalkraft des Nutzers sowie der Grad der Unterstützung durch den Elektromotor gemessen und übertragen werden. Hieraus ergeben sich bei zusätzlicher Nutzung von Vitaldaten des Nutzers, gemessen z.B. mit einer Smartwatch vielfältige weitere Möglichkeiten für eine individualisierte, intelligente Routenführung. Hierzu mehr in Abschnitt 3.2.

Für die Integration der verschiedenen Sensoren ist zunächst zu beachten, dass mehrere Koordinatensysteme involviert sind. Der Beschleunigungssensor misst Beschleunigungen entlang dreier senkrecht zueinander stehenden Achsen, die entsprechend der Verbauung des Sensors in der TCU ausgerichtet sind. Dasselbe gilt für das Gyroskop. Der GNSS-Empfänger liefert 3D-Koordinaten im WGS 84. Für die Trägheitsnavigation wichtig ist ein Fahrrad-Koordinatensystem, dessen eine Achse in Fahrtrichtung, die andere quer zur Fahrtrichtung zeigt. Die dritte Achse in diesem System ist senkrecht zu den beiden ersten. Angezeigt werden sollen die Positionen jedoch in 2D in einer digitalen Karte in einer UTM-Projektion. Die Daten der Sensoren müssen daher zunächst in das gemeinsame Zielkoordinatensystem überführt werden. Daraufhin werden die Daten in einem Kalmanfilter integriert und es wird eine Position für das e-Bike bestimmt. Durch Testfahrten in verschiedenen Szenarios soll die Qualität der Positionsbestimmung evaluiert werden. Die Ergebnisse sollen im 3D-Stadtmodell visualisiert und weiter analysiert werden. Zum Schluss, sollen Konzepte entwickelt werden, wie mit bestimmten Spezialfällen umgegangen werden kann. Hierzu gehört zum Bei-

spiel die Einfahrt in einen Bereich, in dem GNSS-Signale abgeschattet sind, nachdem das e-Bike zuvor gestanden hat oder sich mit geringer Geschwindigkeit bewegt hat. In diesem Fall ist die Bestimmung der Bewegungsrichtung durch GNSS sehr unsicher bzw. nicht möglich. Zu diesem Ablauf siehe Abb. 4.

In einer früheren Studie an der HFT Stuttgart (Vallejo 2015) wurden in diesem Bereich bereits Erfahrungen mit dem Einsatz von Trägheitsnavigation für Autos gemacht. Ein Fahrrad hat jedoch mehr Freiheitsgrade, was die Bewegung angeht. Die Schräglage des e-Bikes in Kurvenfahrten resultiert in Änderungen der Drehraten und Beschleunigungen an verschiedenen Achsen, was die Bestimmung der Fahrtrichtung erschwert. In einem Auto können die Sensoren innerhalb des Fahrzeugs an einem stabilen Ort verbaut werden. Für die Fahrradnavigation ist die Platzierung der Sensoren am Lenker eher ungünstig. Eine Platzierung in der Nähe des Tretlagers wäre besser. Studien und Untersuchungen sollen Rückschlüsse zulassen, wo die Sensoren am e-Bike optimal angebracht werden, um bestmögliche Positionen zu liefern. Außerdem soll untersucht werden, bis zu welcher Dauer ein Ausfall der GNSS-Signale durch Trägheitsnavigation kompensiert werden kann.

Der in Abb. 4 beschriebene Ablauf stützt sich in einem ersten Modell (Modell 1) nur auf die Daten des GNSS-Sensors, der Beschleunigungssensoren und des Gyroskops, die in einem Kalmanfilter integriert werden.

Für Trägheitsnavigation im Auto haben sich auch die Radumdrehungssensoren als sehr hilfreich erwiesen, da hierdurch gefahrenen Entfernungen sehr genau ermittelt werden können (siehe Vallejo 2015). Das e-Bike hat ebenfalls einen Sensor, der Radumdrehungen misst, allerdings nur am Hinterrad, während ein Auto die Umdrehungen aller vier Räder misst, was auch Rückschlüsse auf

gefährdete Kurvenradien zulässt. In einem erweiterten Modell 2 (siehe Abb. 4) soll untersucht werden, inwiefern der Radumdrehungssensor des e-Bikes einen Beitrag zur Positionsbestimmung leisten kann. Außerdem soll untersucht werden, welche zusätzlichen Sensoren sinnvoll wären. Hierzu zählt mit Sicherheit ein Kompass, um die Bewegungsrichtung zu bestimmen. Zu beachten ist jedoch immer auch, dass die Positionierung mit low-cost-Sensoren erfolgen muss, um die Wirtschaftlichkeit des e-Bike-Sharing-Systems nicht zu gefährden. Bei der Integration der verschiedenen Sensordaten in einem Kalmanfilter gilt es, einige Details zu berücksichtigen, wie z.B. die Synchronisation der verschiedenen Sensoren oder die Temperaturabhängigkeit derselben. Ein Problem stellt auch die Erdbeschleunigung dar, die von den Beschleunigungssensoren immer mit gemessen wird und für die Trägheitsnavigation herausgerechnet werden muss. Auf diese Details soll hier jedoch nicht weiter eingegangen werden, sondern es wird an dieser Stelle auf Groves (2013), Grewal et al. (2007) sowie Grewal und Andrews (2001) verwiesen.

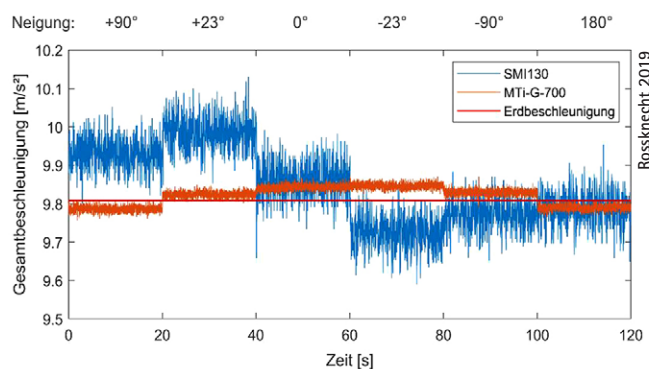


Abb. 5: Beschleunigungsmessung in verschiedenen Lagen

Das Ziel erster Untersuchungen ist im Wesentlichen, herauszufinden, was von lowcost-Trägheitssensoren zu erwarten ist, in Bezug auf eine Verbesserung der Positionsbestimmung. Erste Versuche haben z.B. gezeigt, dass gemessene Beschleunigungen von der Lage des Beschleunigungssensors im Raum abhängen (Rosknecht 2019). Die Abb. 5 zeigt die Summe der in die drei Achsrichtungen gemessenen Beschleunigungen in verschiedenen Lagen. Bei unbewegtem Sensor muss diese Summe der Erdbeschleunigung entsprechen. Diese Linie ist in der Abbildung als rote Linie eingezeichnet. Zum Vergleich sind die Messungen einer IMU der Firma XSense (XSens MTi-G-700) in orange eingezeichnet. Diese IMU misst zwar insgesamt genauer als die in der TCU verbauten Messeinheit, ihre Messwerte sind jedoch ebenfalls von der Lage des Sensors im Raum abhängig. In blau eingezeichnet sind die Messungen des in der TCU eingebauten Beschleunigungssensors, der Sensoreinheit SMI130 von Bosch.

Solche und andere Eigenheiten der Sensoren müssen untersucht werden, damit sie in entsprechenden Algo-

rithmen für eine verbesserte Positionsbestimmung berücksichtigt werden können.

Erste Testfahrten und Auswertungen haben gezeigt, dass in dieser Hinsicht noch einiges zu tun ist. Ein simulierter Ausfall der GNSS-Signale für die Dauer von 20 Sekunden führte zu einer durch die IMU-Daten bestimmten Position, die mehr als 100 m von der wahren Position abgewichen ist. Die Abweichung liegt in Fahrtrichtung, was den Schluss zulässt, dass das Problem im Beschleunigungssensor liegt, da durch zweimaliges Integrieren der Beschleunigungen eine gefahrene Strecke ermittelt wird. Die Größe der Abweichung legt allerdings nahe, den Algorithmus zur Positionsbestimmung und die Daten selbst nochmals zu überprüfen, denn solche große Abweichungen sind durch Messfehler der Beschleunigungssensoren schwer zu erklären. Hier ist durch die Hinzunahme des Radumdrehungssensors eine Verbesserung der Positionsbestimmung zu erwarten. Eine weitere Prüfung der Beschleunigungsmessungen und der Algorithmen, mit denen diese verarbeitet werden, erscheint dennoch sinnvoll.

3.2 Urbane Plattform

Die durch die o.g. Sensorik erfassten Daten stehen in Echtzeit über proprietäre Schnittstellen online zur Verfügung. Ziel der prototypisch implementierten urbanen Plattform ist es, diese georeferenzierten Sensordatenströme mit einem 3D-Stadtmodell zu verknüpfen und nach raum- und zeitbezogenen Kriterien zu analysieren. Dies soll soweit möglich auf offenen Standards erfolgen. DIN91357:2017-12 definiert ein Referenzarchitekturmodell für eine offene urbane Plattform (OUP) für Smart Cities.

Diese OUP definiert fünf Ebenen. Die unteren beiden Ebenen definieren Sensoren und Rohdaten als Datenströme. Diese werden in der zentralen Ebene »OUP core services« mit Geo- und Fachdaten vernetzt und prozessiert. Die oberen beiden Ebenen stellen einen anwendungsspezifischen Zugriff auf die veredelten Daten (Smart Data) bzw. darauf aufsetzenden Diensten (Smart Services) bereit. Dieses Konzept wird auch im i_city-Projekt genutzt. Die Implementierung basiert hier auf den OGC-Standards Sensor Things Service (Liang et al. 2016), 3D Portrayal und CityGML. Sensor Things bildet dabei die Schnittstelle zu den Sensoren und Sensordatenströmen, während CityGML als urbanes Informationsmodell für die Vernetzung von Sensor- und Geodaten sorgt. Zur web-basierten Visualisierung kommt der 3D-Portrayal Service zum Einsatz, der die Schnittstelle der OUP zum Anwender bildet.

Abb. 6 zeigt die Systemarchitektur für die Integration von Sensordaten und 3D-Stadtmodell im Überblick. Die Daten der e-Bikes werden über eine onboard-Unit (e-Bike TCUs Server) in Echtzeit online zur Verfügung gestellt und können über ein proprietäres Protokoll abonniert

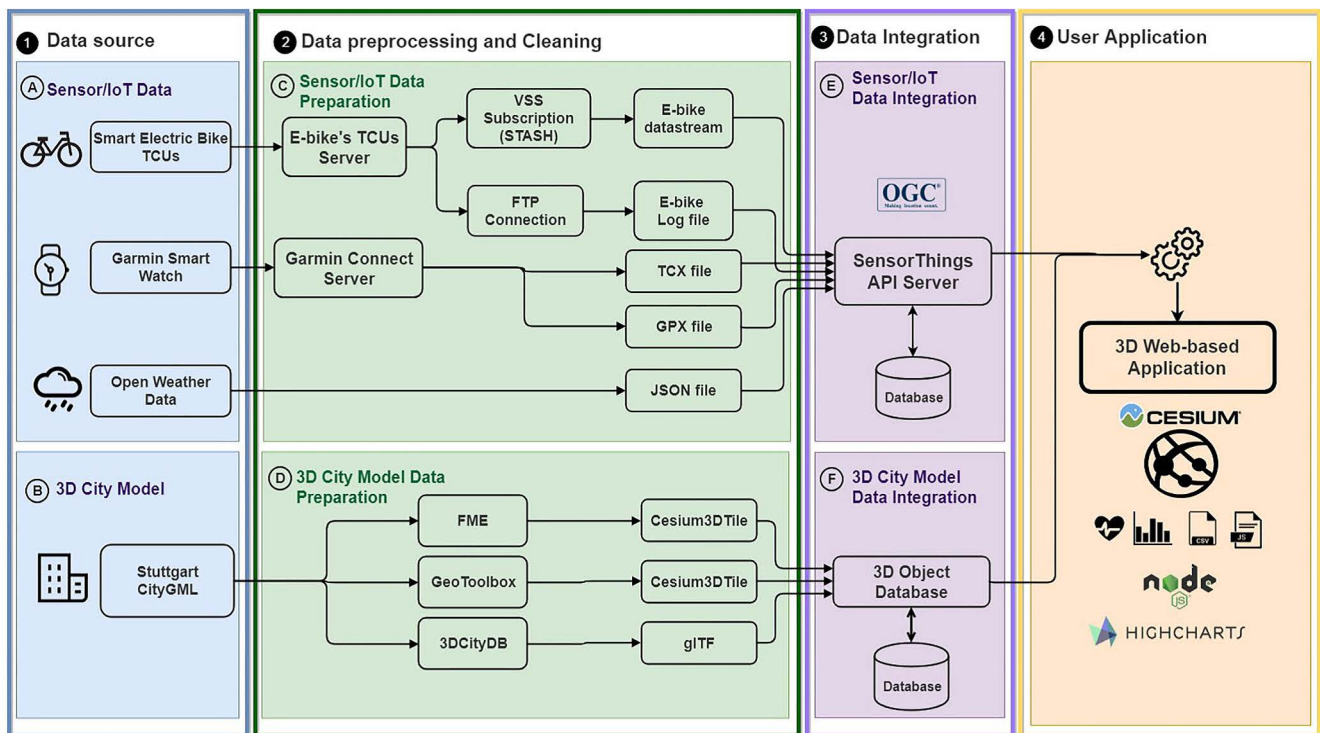


Abb. 6: Systemarchitektur basierend auf offenen Standards

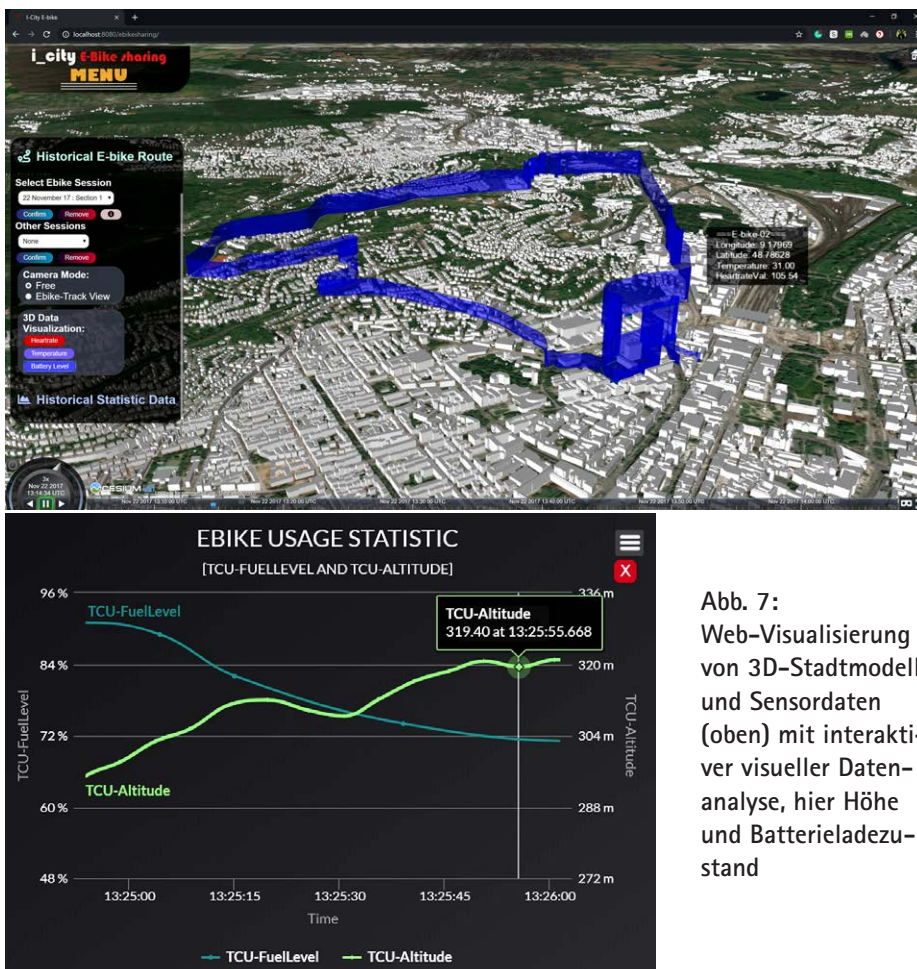


Abb. 7: Web-Visualisierung von 3D-Stadtmodell und Sensordaten (oben) mit interaktiver visueller Datenanalyse, hier Höhe und Batterieladezustand

werden (VSS subscription). Zusätzlich werden die Fahrraddaten geloggt und können in einem Batch-Prozess z.B. täglich gebündelt vom Server abgerufen werden. Der Zugriff auf Wetterdaten erfolgt online über einen externen Wetterdienst. Die Daten, die bei Usability Tests von den Probanden mit einer Smart Watch erfasst werden, stehen nicht online zur Verfügung, können aber zu Auswertungszwecken integriert werden. Die Integration all dieser Sensordaten erfolgt über einen Sensor Things Server. Dies hat den Vorteil, dass zur Datenintegration, Visualisierung und Analyse eine einheitliche Schnittstelle genutzt werden kann. Das 3D-Stadtmodell liegt als Datenquelle in CityGML vor. Zur web-basierten Visualisierung wird das Modell unter Beibehaltung der Objektstruktur in den OGC Community Standard 3D Tiles konvertiert. Die Integration von Sensordaten und 3D-Stadtmodell erfolgt ohne eine Modifikation des CityGML-Modells

durch Verlinkung der Sensordaten mit Objekten aus dem 3D-Stadtmodell anhand einer eindeutigen Objekt-ID, die für jeden Sensordatenstrom als Metadatum im Sensor Things Server gespeichert wird. Die Analyse der Daten erfolgt in diesem Fall clientseitig im Web-Browser. So kann beispielsweise die Korrelation von Batterieladezustand eines e-Bikes und der Geländetopographie analysiert und visualisiert werden (siehe Abb. 7). Eine detaillierte Beschreibung der Systemarchitektur und der Integration der SensorThings API und CityGML findet sich in Santhanavanich et al. (2018) und Santhanavanich und Coors (2019).

4 Fazit und Ausblick

Dieser Artikel soll einen Überblick über das Gesamtkonzept des i_city-Projekts der HFT liefern. Dabei soll klar herausgestellt werden, dass eine Zusammenarbeit von vielen Fachdisziplinen unabdingbar ist, um der Komplexität auf dem Weg zu intelligenten Städten Rechnung zu tragen. Es ist sehr schwer abzuschätzen, welche technologischen Fortschritte die Zukunft bringen wird und was damit dann im Bereich Smart Cities alles möglich sein wird. Der Vermessung und Geoinformatik kommt in diesem Themenbereich jedoch mit Sicherheit eine Schlüsselrolle zu, vergleiche hierzu auch Seuß et al. (2019). Zum einen liefert sie mit einem 3D-Stadtmodell wichtige Planungsgrundlagen für alle anderen Bereiche, zum anderen ist sie an anderer Stelle ein zentral wichtiger Teil eines funktionierenden Systems. Für ein Sharing-System, unabhängig ob Car- oder e-Bike-Sharing mit nicht stationsgebundenen Fahrzeugen, ist eine möglichst genaue Positionierung von entscheidender Bedeutung für die Akzeptanz der Nutzer. Um ein e-Bike-Sharing für die Nutzer akzeptabel zu machen, muss das System einen gewissen Komfort bieten, der die Nutzer vom Individualverkehr zu einem Sharing-System bewegt. Das bedeutet, es muss zum einen einfach zu nutzen sein, zum anderen ist eine möglichst hohe Individualisierung hier von Vorteil. Dies kann, wie in Abschnitt 3.2. dargestellt, durch das Erfassen von zusätzlichen nutzerspezifischen Daten und deren Analyse geschehen, anhand derer individuelle, speziell für den jeweiligen Nutzer optimierte Routen berechnet werden können, die aber außerdem noch den Energieeffizienzaspekt berücksichtigen. Mit Sicherheit finden durch zunehmende Digitalisierung und Automatisierung in einer Smart City gesellschaftliche Veränderungen mit Auswirkungen auf das gesellschaftliche Leben statt. Daher ist die Akzeptanz der entwickelten Konzepte in der Bevölkerung ein entscheidender Erfolgsfaktor.

Dank

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben i_city wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03FH9I01IA gefördert. Das Teilprojekt Mobilität erfolgt in Zusammenarbeit mit der Daimler TSS GmbH. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Literatur

- BMUB, BBSR (2017): Smart City Charta. Rautenberg Verlag, Troisdorf, Bonn.
- DIN 91357:2017-12: Referenzarchitekturmodell Offene Urbane Plattform (OUP), Beuth-Verlag, 2017.
- Grewal, G., Andrews, A. (2001): Kalman filtering: theory and practice using MATLAB. 2. ed. New York, NY: John Wiley & Sons Ltd.
- Grewal, G., Weill, L., Andrews, A. (2007): Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration, 2nd Edition. John Wiley & Sons Ltd.
- Groves, P. (2013): GNSS, Inertial and Multisensor Integrated Navigation Systems (2 ed.). Boston, London: Artech House.
- Hess, S., Swarat, G., Koch, M. (2019): Smart City Atlas. Bitkom e.V., Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V., Berlin.
- Liang, S.H.L., Huang, C.-Y., Khalafbeigi, T. (2016): OGC SensorThings API Part I: Sensing. <http://docs.openeospatial.org/is/15-078r6/15-078r6.html>, letzter Zugriff 3/2018.
- Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (2015): Die Strategie »Nachhaltige Mobilität – für Alle«. Stuttgart.
- Rosknecht, M. (2019): Integration von GNSS und INS zur Positionsbestimmung von e-Bikes. Bachelor-Thesis, HFT Stuttgart. Unveröffentlicht.
- Santhanavanich, T., Coors, V. (2019): Citythings: A concept to integrate DYNAMIC Sensor data in a CITYGML 3D City Model using OGC Sensorthings API, 2nd International conference on Urban Informatics (ICUI), HongKong. Accepted.
- Santhanavanich, T., Schneider, S., Rodrigues, P., Coors, V. (2018): Integration and visualization of heterogeneous sensor data and geospatial information. In: ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci. IV-4/W7, 115–122. DOI: 10.5194/isprs-annals-IV-4-W7-115-2018.
- Seuß, R., Blankenbach, J., Clemen, C., Gruber, U., Hasch, B., Heß, D., Kany, C., Przybilla, M., Richter, A., Riecken, J., Scheu, M., Schmidt, U., Schön, B., Seifert, M., Stollenwerk, H. (2019): DiGEOtalisierung – ein Strategiepapier der DVW-Projektgruppe Digitalisierung. zfv 3/2019, 138–146. DOI: 10.12902/zfv-0261-2019.
- Vallejo Ortiz, M. (2015): Integration and Synchronization of different sensors for the positioning of moving vehicles. Master-Thesis, HFT-Stuttgart. Unveröffentlicht.

Kontakt

Prof. Dr. Paul Rawiel | Prof. Dr. Volker Coors
Hochschule für Technik Stuttgart
Schellingstraße 24, 70174 Stuttgart
paul.rawiel@hft-stuttgart.de | volker.coors@hft-stuttgart.de

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter www.geodaesie.info.