



WHITEPAPER

ZUKUNFTSSICHERES VERKEHRSMANAGEMENT MITHILFE SMARTER SENSORIK



Contents

Worum geht es in diesem Whitepaper?.....	3
Aktuelle Markttrends: Digitalisierung und IoT	3
Vernetzte Geräte.....	4
Zusammenfassung	8
Passende Sensorlösungen.....	8
Straßenwetteranwendungen und Lösungs-Abwägungen.....	10
Winterdienst und Straßenwartung	10
Vernetzte Fahrzeuge mit Autopilot.....	12
In laufenden Test überprüfen Daimler, Bosch und Porsche inwieweit sich die aktuell verfügbare Sensorik für solche Anwendungen eignet und um welche Features sie ergänzt werden muss. In Zukunft werden Straßenwettersensoren wie der MARWIS hilfreiche sowie sicherheitsrelevante Daten für die autonome Fahrzeugsteuerung sowie deren Navigationssysteme bereitstellen.....	12
Wechselverkehrszeichen und öffentliche Info-Screens.....	13
Weitere Verkehrsmanagement-Referenzen.....	14
Fazit – Warum die Digitalisierung des Verkehrsmanagements Sinn macht.....	15

Worum geht es in diesem Whitepaper?

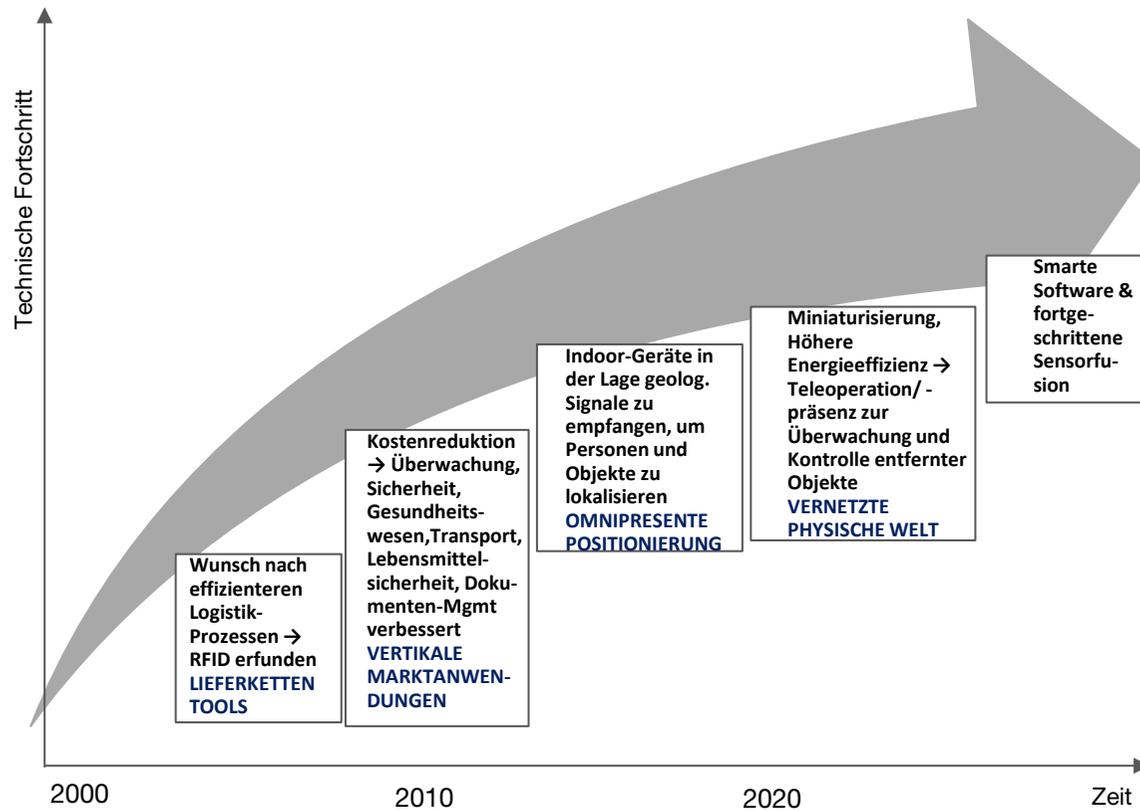


Abb. 1: Internet der Dinge: Entwicklungs-Roadmap

Im Folgenden geht der Autor auf die Trends im Verkehrsmanagement ein, erläutert, welche Monitoring-Lösungen aktuell auf dem Markt verfügbar sind und welche Anforderungen diese erfüllen. Darüber hinaus werden einige Anwendungsbeispiele angeführt eine über zukünftige Verkehrsmanagement-Entwicklungen spekuliert.

Aktuelle Markttrends: Digitalisierung und IoT¹

Digitalisierung ist definiert als der Wechsel von physikalischen zu digitalen Prozessen mithilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie.

¹ Internet of things

Bereits im Jahr 2007 waren rund 94% der weltweiten technologischen Informationskapazitäten digital. Im Jahre 1993 entsprach dieser Anteil lediglich 3%. Seit etwa 2002 wurden mehr Informationen digital als analog gespeichert. Dies stellt den Beginn des "**digitalen Zeitalters**" dar. Abb. 1 stellt die IoT Roadmap seit 2000 dar.

Vernetzte Geräte²

Immer mehr Produkte/Geräte sind mit dem Internet oder miteinander verbunden und besitzen künstliche Intelligenz. Beispiele sind Sensoren und Aktoren, die Zustände erfassen und Aktionen ausführen können. Die Einbindung künstlich intelligenter Sensoren und Aktoren in digitale Betriebsabläufe kommt uns in fast allen Teilen unseres Lebens zur Hilfe:

Pädagogik

Wirtschaft in Form neuer Geschäftsmodelle & Investitionen

Kulturell

Politik

Alltag

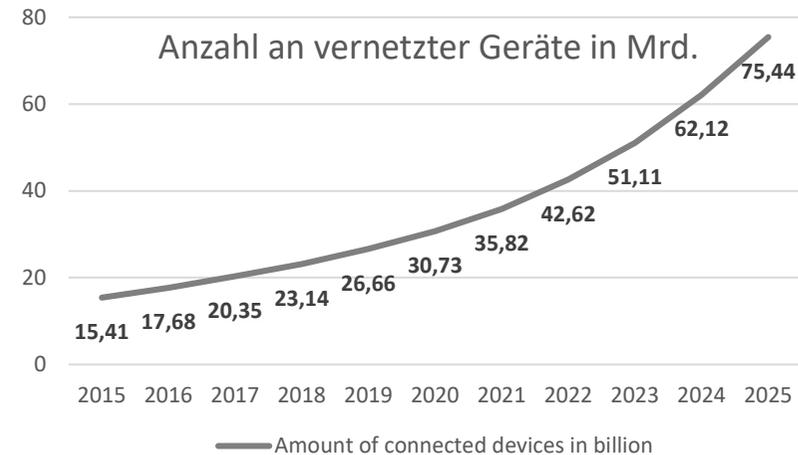


Abb. 2: Prognose der Entwicklung vernetzter Geräte (© IHS 2016)

Sensoren sind daher ein wesentlicher Bestandteil digitalisierter Netzwerke. Sie sind quasi die Sinnesorgane unserer Infrastruktur und bilden die Basis für bidirektionale Systeme. Diese tragen zu einer einfacheren Entscheidungsfindung, da ihre Interaktion intelligente neue Anwendungen und Dienstleistungen schafft, wie z.B. vernetzte Geräte. Abb. 2 bildet die generelle Entwicklung vernetzter Geräte seit 2015 ab.

² Smartphones, Navigationssysteme, Flottenmanagement, Smart Grids, Telematik-Systeme, Messgeräte, Sensoren, Fitness-Tracker, etc.

Konsequenzen für das Verkehrsmanagement in Städten und auf Autobahnen

Auf der Grundlage dieser Entwicklung streben es auch Autobahndirektionen und Stadtverwaltungen, ihr Management durch die systematische Nutzung neuer Informations- und Kommunikationstechnologien zu digitalisieren mit der Absicht sich in vielerlei Hinsicht zu verbessern:

Übergang zu einer postfossilen Gesellschaft

Einsparung von Ressourcen

Verbesserung der Qualität von städtischen Dienstleistungen

Verbesserung der Lebensqualität

Nachhaltige Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit der ansässigen Wirtschaft

Verbesserung der Zukunftsfähigkeit von Städten

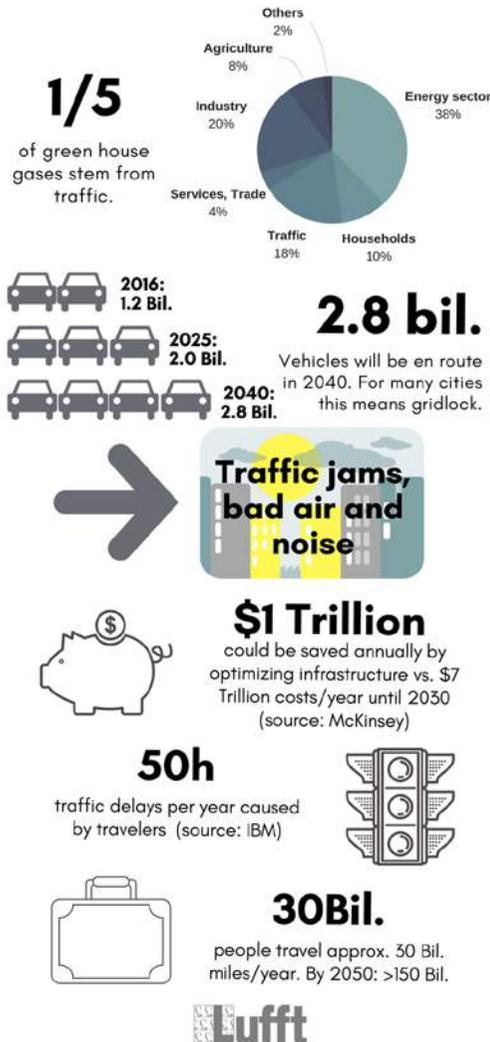
Dieses Bestreben betrifft u.a. die Bereiche Energieversorgung, Mobilität, Infrastruktur-Planung und institutionelle Steuerung betroffen. Das Grundmerkmal einer **Smart City** ist die Integration und Vernetzung dieser Bereiche, um die damit ökologischen und sozialen Verbesserungspotentiale zu nutzen. Eine umfassende Integration sozialer Aspekte der Stadtgesellschaft sowie ein partizipativer Ansatz ist unerlässlich.

Attraktivität der Städte wesentlich sind, zeigt sich am Beispiel Manilas – eine Stadt, die aufgrund von täglichen Staus etwa 4% ihrer Wirtschaftsleistung einbüßt. Weitere Gründe und Statistiken finden sich in Abb. 3.

Warum vor allem **Verkehrsflussoptimierungen** für die

Abb. 3: Fakten und Zahlen zum Transportmanagement

Why is Change in Traffic Management so Important?



Mögliche Lösungsansätze sind:

- » Intelligente Stadtplanung (Gutes Bsp.: Curitiba, Brasilien -clevere Einplanung von Verkehrsflüssen seit 1960)
- » Verbesserung des öffentlichen Personennahverkehrs (PKW stoßen rund 4 Mal mehr CO2 pro Personenkilometer als Busse oder der Schienenverkehr aus)
- » Anreize schaffen auf Hybrid-Autos, Elektro-Fahrzeuge, Fahrräder umzusteigen oder zu Fuß zu gehen wie z.B. durch die Erweiterung von Ladestationen für Elektrofahrzeuge
- » Subventionierung fossiler Brennstoffe stoppen und damit falsche Anreize aus der Welt schaffen
- » Diesel- und Benzinfahrzeuge einschränken, z.B. mithilfe von Umweltplaketten, hohe Parkgebühren oder einer Stadtmaut
- » Besteuerung externer Kosten, die z.B. bei der Luftverschmutzung, bei Lärmbelästigung oder Treibhausgas-Ausstoß entstehen
- » Mix aus verschiedenen Transportarten schaffen, um das System zu stabilisieren und es kostengünstiger
- » Zugang zu Mobilität für alle Bevölkerungsschichten und Einkommenslevel

Die Infografik (Abb. 3) verdeutlicht, wie es um unser Verkehrssystem steht und warum ein Wandel so wichtig ist.

Effizientes Verkehrsmanagement stützt sich auf Sensordaten, deren Informationen von Software von Steuerungssystemen oder den Akteuren selbst verarbeitet wird. Dazu sind sie auf Datenverarbeitungshardware angewiesen. Die Anforderungen an diese Hardware sind: hohe Zuverlässigkeit, Wartungsfreundlichkeit oder gar -freiheit, da die Wiederinstandsetzung nach Ausfällen in vernetzten

Systemen mit enorm hohem Aufwand verbunden sein kann. Jedes vernetzte Gerät kann die Fehlerursache sein. Zudem diese häufig räumlich getrennt oder schwer zu erreichen. Darüber hinaus sollte der Energieverbrauch der Hardware möglichst gering sein oder auf erneuerbaren Ressourcen basieren, da sie in der Regel rund um die Uhr in Betrieb sind. Ebenso sollten die Anschaffungskosten so gering wie möglich sein, um so maximal viele physische Entitäten möglich auszustatten – mit dem Ziel einen vollständigen Überblick zu erhalten. In Abb. 4 sind die fürs Verkehrsmanagement wichtigsten Geräte & Systeme aufgezählt.

Abb. 4: Smart Cities und smartes Verkehrsmanagement beinhalten (Auszug):

Vernetzte und autonome Fahrzeuge
Gegenseitige Warnung vor Staus oder widrigen Straßenbedingungen mithilfe vernetzter Fahrzeuge sind derzeit ein heißes Thema. Geplant ist, dass ab dem Jahr 2030 komplette, durchgehende Fahrten ohne jegliche Eingriffe durch den Fahrer möglich sein sollen.
Intelligente Navigationssysteme
Navigationssysteme, in denen Wetter- und Stauwarnungen integriert sind, tragen zur hochgenauen Reisezeitberechnung bei
Effizienter und umweltfreundlicher Winterservice
Mithilfe von zuverlässigen Wetter-Prognosen und -Messungen wird die genaue Menge an benötigtem Enteisungsmittel bestimmt. Im besten Fall können Sensoren die Controller der Streufahrzeuge regeln und die Menge regulieren. Die Reduzierung der gestreuten Enteisung wirkt sich positiv auf die Umwelt aus und senkt Winterdienst-Ausgaben.
Wechselverkehrszeichen
Digitale Verkehrszeichen regulieren den Verkehr flexibel und intelligent z.B. bei glatter Straße und geringer Sichtweite
Öffentliche Info-Screens
Zugang zu Prognose- und Echtzeitdaten über Luftqualität, Verkehrslage & Wetter für alle zugänglich

Zusammenfassung

Smartes Stadt- und Straßen-Management hängt von Sensoren und Analysesystemen, wie z.B. Straßenwittersensoren, ab. Diese liefern umfassende Daten, die Dienstleistungen digitalisieren und zukunftsfähig machen. Sie erleichtern allen Beteiligten die Arbeit und sorgen dafür, dass der Verkehr sicherer und umweltfreundlicher wird.

Aber welche Sensoren passen zu diesen Anforderungen?

Passende Sensorlösungen

Road / Runway Conditions					
					
	IRS31 pro	ARS31 pro	NIRS31	StaRWIS	MARWIS
Mobile					■
Stationary	■	■	■	■	
Installed in asphalt	■	■			
Non-contact measurement			■	■	■
Freezing temperature	■	■	■	■	
Surface temperature	■	■	■	■	■
Depth temperature sensor(s)	■				
Condition	■		■	■	■
Water film	■		■	■	■
Friction	■		■	■	■
Air temperature / humidity				■	■

Abb. 5: Lufft Straßen- und Runway-Sensoren in einer Matrix

Integrierte Lösungen, wie Ein-Chip-Systeme, können diese Herausforderungen bewältigen. Abb. 5 stellt die verfügbaren Multi-parameter-Sensoren von Lufft mit ihren Kernmerkmalen dar: Der passive IRS- und der aktive ARS31Pro sind im Straßenbelag eingebettet und basieren auf Kontaktmessungen. Beim NIRS31, StaRWIS und MARWIS handelt es sich um spektroskopische Sensoren, die aus einer Entfernung von mehreren Metern über der Fahrbahn auf die Straße „blicken“. MARWIS ist seit Herbst 2014 verfügbar und war ist der erste komplett mobile Lufft Sensor. Er kann an verschiedenen Fahrzeugen befestigt werden und während der Fahrt Messungen erheben. Der intelligente Sensor liefert Daten zu Umgebungs- und Straßenoberflächen-Tempera-

tur und Wasserfilmhöhen. Er unterscheidet verschiedene Straßenzustände und -beschichtungen in Form von Trockenheit, Feuchte, Wasserfilmen, Schneematsch, Schnee & Eis und informiert über kritische oder chemische Nässe (Taumittel-Rückstände) und berechnet Eisprozentsätze, Taupunkte sowie die wetterbedingte Reibung. Das stationäre MARWIS-Pendant StaRWIS hat die gleichen Eigenschaften und bietet eine günstigere Alternative zum NIRS31 - mit einigen Einschränkungen hinsichtlich der Einbauhöhe.

Mobile Sensorik sammeln lückenlose Wetterdaten und übertragen diese drahtlos und in Echtzeit an Leitzentralen. So können Anwender wie z.B. Winterdienste schnelle Entscheidungen treffen und Einsatz-Protokolle automatisch aus dem System generieren.

MARWIS und StaRWIS übertragen die Daten per Bluetooth, RS458 und, auf Anfrage, per Can-Bus. Sie geben die Daten im offenen [UMB³](#) Format aus. Daher gestaltet sich die Sensorintegration in Messnetzwerke recht einfach.

Die Kombination aus stationären, an kritischen Punkten installierten, und mobile SWIS⁴ sorgen für eine lückenlose Wetterkarte. Solche „Big Data“ sind wertvoll für eine Vielzahl an Anwendungen, die im Folgenden erläutert werden.



Abb. 6: Mobile sensor MARWIS

³ Universal Measurement Bus

⁴ Straßenwetterinformationssysteme

Straßenwetteranwendungen und Lösungs-Abwägungen

Winterdienst und Straßenwartung

Einer der MARWIS-Erstanwender ist eine kleine Stadt in Süddeutschland namens Waiblingen. Der sich hier befindliche Betriebshof ist u.a. für den Winterdienst verantwortlich. Einsatzleiter Achim Wieler entschied sich für das mobile Sensorsystem MARWIS in Kombination mit der ViewMondo Monitoring-Software mit dem Ziel, die Winterdienst-Aufgaben seines Teams effizienter zu gestalten. Insbesondere sind hierfür die Informationen zu Fahrbahntemperatur, Wasserfilmhöhe und Reibung wichtig. Die Messwerte ermöglichen es ihm, den Tagesablauf so effizient wie möglich zu gestalten

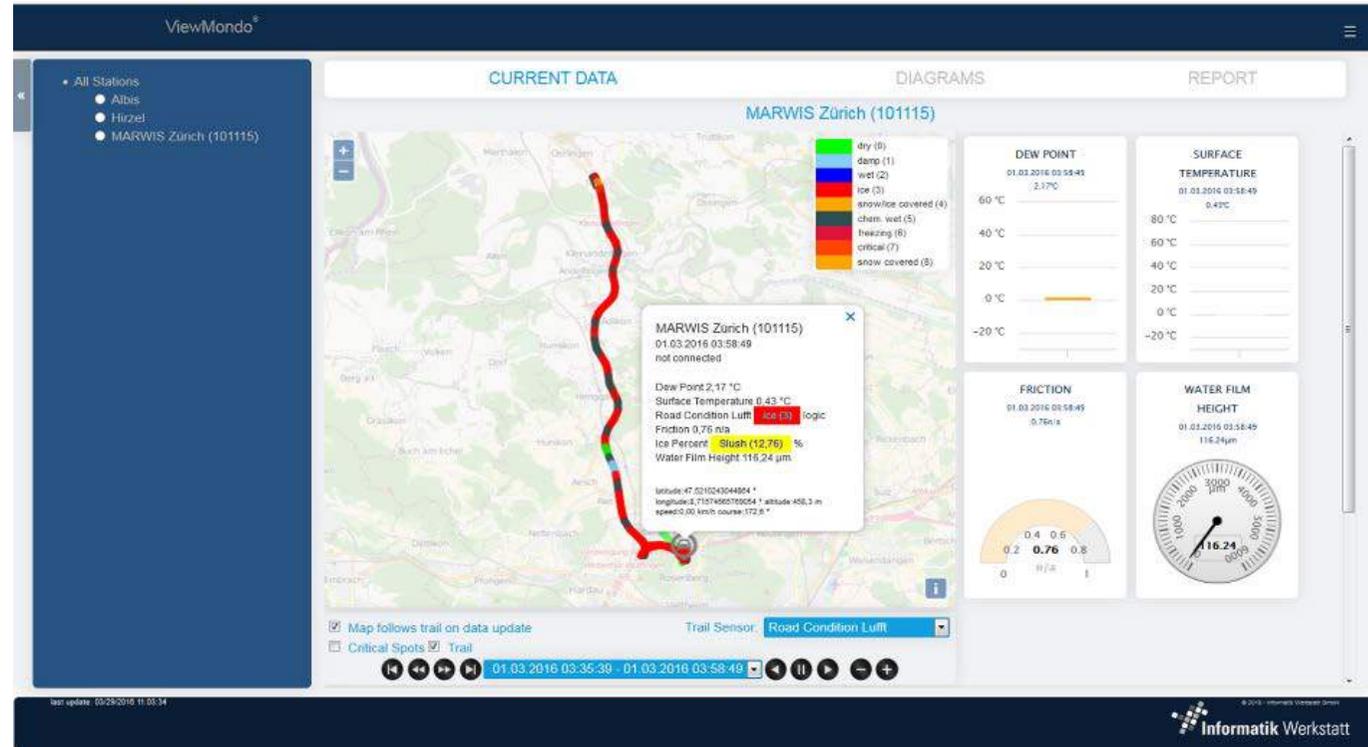


Abb. 7: ViewMondo-Dashboard der Stadt Zürich, die einen MARWIS und zwei SWIS betreibt

(Dienstplan). Die vom Sensor ausgegebenen Fahrbahndaten zeigen genau auf, ob und wie viel Taumittel notwendig ist und wie lange der Enteisungs-Effekt anhält. Zudem identifiziert er kritische Punkte (Mikroklimata), die besonders gefährlich sein können.

In Waiblingen ist ein Kontrollfahrzeug, das mit dem mobilen Straßenwetter-Sensor auf Tour geht. Die Messwerte werden direkt an die Zentrale übertragen und liefern die nötigen Hinweise auf die aktuelle Straßenwetterlage. Er hilft dem Einsatzleiter bei der Entscheidung, ob eine Winterdienst-Flotte folgen muss, um die Straßen zu räumen.

„Wir versuchen durch präventive Einsätze den tatsächlich recht aufwendigen Kompletteneinsatz effizienter zu gestalten. [...] ich denke, dass wir bisher schon 15 – 20 % der Kosten eingespart haben“ erklärt Einsatzleiter Achim Wieler.

*“...schon 15 – 20 % der
Kosten eingespart...”*

“Unser erster Fahrer am Tag ist dafür zuständig die Straßenbedingungen zu überprüfen. Nun hat er mithilfe des MARWIS die Chance, sehr schnell herauszufinden, ob die Ausbringung von Taumittel notwendig ist oder nicht. Dadurch können wir um einiges schneller reagieren als zuvor und unsere Streufahrzeuge genau dahin schicken, wo sie am nötigsten sind.”

Der Betriebshof in Offenburg, konnte mithilfe der neuen Sensortechnologie sich sogar von einer Strafverfolgung entziehen: Die aufgezeichneten Daten zeigten, dass das Team seiner Winterdienst-Pflicht nachkam.

„...MARWIS ist eine nützliche Entscheidungshilfe: Er liefert Echtzeitwetterdaten an mich in der Einsatzzentrale, mithilfe derer ich schnell die Entscheidung treffen kann, ob wir Straßensalz streuen müssen oder nicht...“

“Wir setzen MARWIS auf unserer 60 km langen Winterdienststrecke ein, zu welcher Bundesstraßen, Autobahnzubringer, Wohn- und Stadtgebiete zählen. Hierbei stellen insbesondere Brücken wichtige Messpunkte dar. Auf der Fahrt funktioniert MARWIS wie eine Ampel [...]. Auf der teilweise hügeligen Einsatzstrecke begegnen wir verschiedenen Wetterbedingungen und teils starken Temperaturschwankungen. In tief gelegenen Gebieten kommt es häufig zu Nebel; in höheren zu Schnee. MARWIS ist hierbei eine nützliche Entscheidungshilfe

und ermöglicht es mir von der Leitzentrale aus komfortabel mit Echtzeitdaten versorgt zu werden. Mithilfe der Daten treffe ich dann schnell die Entscheidung, ob wir Taumittel streuen oder nicht.

Wenn man bedenkt, dass Winterdienst-Fahrer zuvor mitten auf der Straße anhalten und die Straßen-Haftung mithilfe der Schuhsohle testen mussten, wird einem bewusst, welch enorme Arbeits-Erleichterung mit dem MARWIS einhergeht. Wir planen daher unseren Fuhrpark mit weiteren Geräten auszustatten, die dann u.a. auf Rad- und Fußwegen eingesetzt werden sollen. Der MARWIS wird dann dabei helfen, Fahrrad- und Fußgänger-Unfälle zu verhindern“, erklärt Einsatzleiter Raphael Lehmann.

Vernetzte Fahrzeuge mit Autopilot

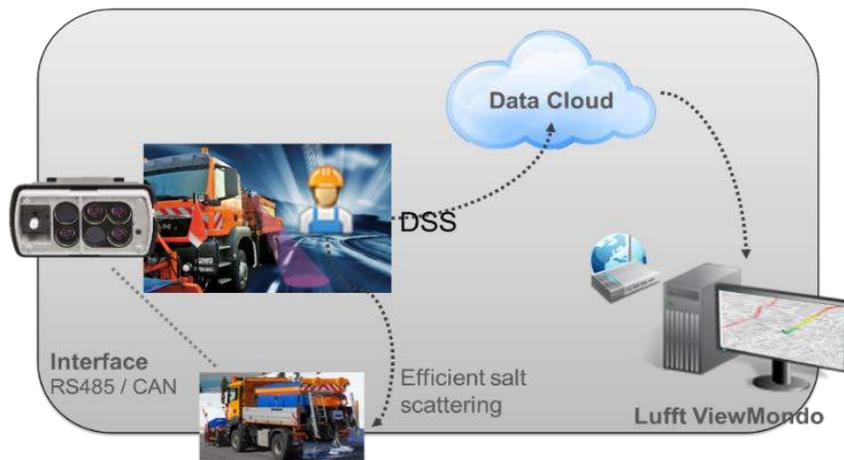


Abb. 8: Typischer Winterservice-Workflow – von der Datenerfassung bis zur -auswertung

Mobile Sensoren liefern wichtige Messwerte für autonome und vernetzte Fahrzeuge z.B. Straßenwetterdaten für die Berechnung von Bremswegen und Lenkverhalten. Wasserfilmhöhen weisen auf die Gefahr von Aquaplaning hin, Eisanteile warnen vor Rutschgefahr.

In laufenden Test überprüfen **Daimler, Bosch und Porsche** inwieweit sich die aktuell verfügbare Sensorik für solche Anwendungen eignet und um welche Features sie ergänzt werden muss. In Zukunft werden Straßenwettersensoren wie der MARWIS hilfreiche sowie sicherheitsrelevante Daten für die autonome Fahrzeugsteuerung sowie deren Navigationssysteme bereitstellen.

Wechselverkehrszeichen und öffentliche Info-Screens

Wetterinformationen aus Messnetzwerken bestehend aus stationären und mobilen Wettersensoren sowie Kameras können in Wettervorhersagemodellen und Echtzeit-Monitoring-Dashboards eingebunden werden. Beispiele für diese Anwendungen sind die Autobahndirektion Nordbayern und die Stadt Zürich: Beide setzen mit Lufft-Technik ausgestattete SWIS ein, die ihre Echtzeit-Daten an die Leitzentrale übertragen. Von dort aus überwachen die Verkehrsmanager die Straßen-Bedingungen und können in riskanten Situationen eingreifen, indem sie über Wechselverkehrszeichen davor warnen und Notdienste benachrichtigen.

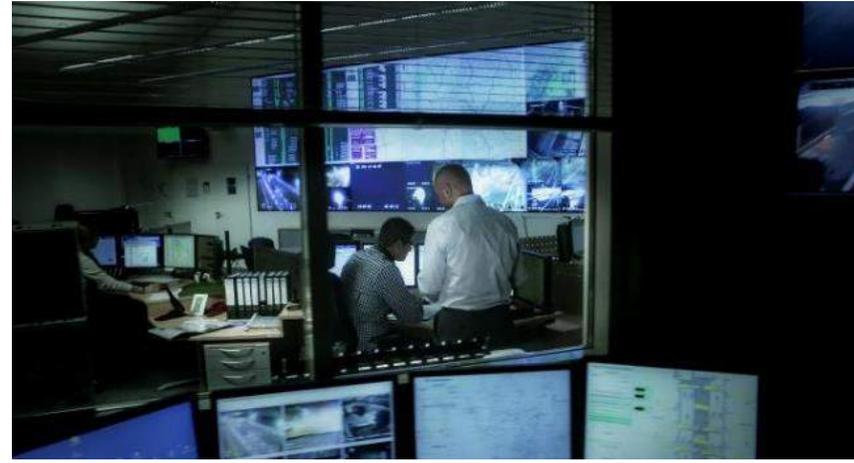


Abb. 9: Kontrollzentrum der Autobahndirektion Nordbayern

Weitere Verkehrsmanagement-Referenzen



Abb. 10: Die Busse der Forsyth County Schools in Winston-Salem sind sicherer dank MARWIS



Abb. 11: Betriebshof in Tuttlingen setzt MARWIS zur Verbesserung des Winterdiensts ein



Abb. 12: Das DOT¹ in Indiana, USA setzt MARWIS im Winterdienst ein



Abb. 13: Auch bei der DIR Nord Oest in Frankreich ist MARWIS beim Winterdienst dabei



Abb. 14: Die [Expressway Corporation in Seoul](#) setzt den Sensor aus Sicherheitsgründen ein



Abb. 15: Autovie Venete, Italien: Auch hier dient MARWIS dem Winterdienst

¹Department of Transportation

Fazit – Warum die Digitalisierung des Verkehrsmanagements Sinn macht

Zu guter Letzt sind die Vor- und Nachteile von mobilen Sensorgeräten, die in Verkehrsmanagementaufgaben wie dem Winterdienst eingesetzt werden, zu berücksichtigen (siehe Abb. 16).

Hierbei wird deutlich, dass die Vorteile größer sind als die negativen Aspekte. Letzteres muss vor allem durch Transparenz und faires Mitarbeitermanagement überwunden werden.

Die Integration von intelligenten Sensoren in den Workflow entlasten nicht nur Entscheidungsträger, sondern optimiert Prozesse auch mithilfe von Digitalisierung. Es wird deutlich, dass dies ein notwendiger nächster Schritt auf dem Weg zur umweltfreundlichen, effizienten und hoch-technologisierten Bewältigung des zukünftigen Transportaufkommens ist.

- ✓ **Kostengünstig (mobiler Sensor ist günstiger als fixer)**
- ✓ **Einsparung von Taumittel und somit auch Budget**
- ✓ **Einfachere und schnellere Entscheidungsfindung**
- ✓ **Drahtlose Datenübertragung**
- ✓ **Lückenlose Wetterdaten**
- ✓ **Schnelle Messungen**
- ✓ **Umweltschutz**
- ✓ **Flexibel**

Abb. 16: Vorteile von mobilen Messgeräten



G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH

Gutenbergstr. 20

70736 Fellbach

E-Mail: info@lufft.com

Tel: +49 711 51822 0

Fax: +49 711 51822 41

Für weitere Details besuchen Sie die MARWIS Produktseite:

www.lufft-marwis.com

Oder kontaktieren Sie uns unter www.lufft.com/kontakt/

 **Lufft**