



Mobilität der Zukunft

## Sind unsere Infrastrukturen bereit?

Unsere Mobilität verändert sich rasant. Mit dem Aufkommen neuer Technologien und der zunehmenden Tendenz den Strassenverkehr in unterirdische Infrastrukturen zu verlagern, stellen sich unweigerlich Fragen zur Sicherheit. Dabei können zwei wesentliche Treiber festgestellt werden: der Verkehr mit seiner kontinuierlichen Elektrifizierung und Automatisierung einerseits sowie die Infrastruktur mit ihrer steigenden Digitalisierung andererseits. Die «Mobilität der Zukunft» wird Infrastrukturen hervorbringen, welche die heutigen Betreiber und Planer vor grosse Herausforderungen stellen und das Verkehrssystem nachhaltig beeinflussen werden.

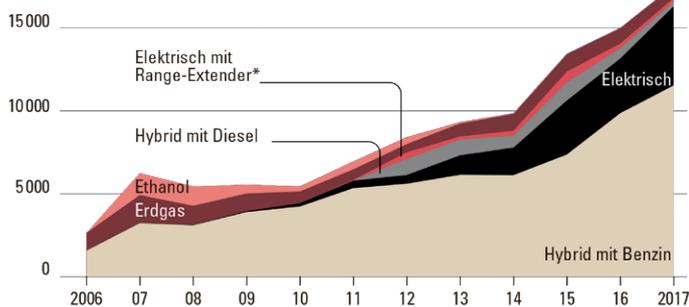
**Was bedeutet es für Betreiber von Strasseninfrastrukturen, wenn ein Elektrofahrzeug in einem geschlossenen Raum abgebrannt ist? Wie müssen sie auf die fortlaufende Automatisierung der Fahrzeuge reagieren? Und wie ist mit dem Spannungsfeld umzugehen, das sich durch die unaufhaltbare Digitalisierung und den steigenden Anspruch an Verfügbarkeit und Resilienz ergibt? Wir versuchen die Herausforderungen der Mobilität der Zukunft anhand dreier zugespitzter Fragestellungen zu ergründen.**

## Elektrifizierung – werden Tunnel und Garagen gefährlicher?

Die Energiespeicherung bei Elektrofahrzeugen erfolgt typischerweise in Form von Lithium-Ionen-Batterien, die als Schlüsseltechnologie der Elektromobilität mittelfristig von unseren Strassen nicht mehr wegzudenken sind. Neben grossem Potential birgt diese Form der elektrochemischen Energiespeicherung aber auch neue Gefahren – insbesondere für unterirdische Infrastrukturen.

Verkäufe von Autos mit Elektroantrieb nehmen zu

Neu zugelassene Personenwagen mit Alternativantrieb, pro Jahr



\* Mit Benzinmotor zur Reichweitenverlängerung.

QUELLE: AUTO-SCHWEIZ BILD: BLOOMBERG

NZZ-Infografik/jok.

**Bild 1: Zuwachs von Fahrzeugen mit integrierten Lithium-Ionen-Batterien (Quelle: [www.nzz.ch](http://www.nzz.ch))**

## Veränderte chemische Gefährdungen

Mit einem innovativen Experiment konnten wir im letzten Jahr nachweisen, dass brennende Elektrofahrzeugbatterien die Risikosituation in unterirdischen Verkehrsinfrastrukturen verändern. Unsere Schadstoffanalysen deuteten insbesondere auf kritische Konzentrationen der Schwermetalle Kobalt, Mangan und Nickel hin, die bei konventionellen Fahrzeugbränden nicht auftreten. Die internationale Studie kam zum Schluss, dass bei ungünstigen Lüftungssituationen Elektrofahrzeugbrände zu neuen und potentiell stärkeren chemischen Gefährdungen führen. Weil davon ausgegangen werden kann, dass die bestehende Betriebs- und Sicherheitsausrüstung in Strassentunneln für die Bekämpfung dieser neuen Gefährdungen ausreichend sind, wurden für diese grossen Bauwerke aus Risikoüberlegungen keine technischen Anpassungen empfohlen. Eine Empfehlung, die aber nicht auf Parkhäuser oder Garagen übertragen werden kann.

## Unklare Folgewirkungen in unterirdischen Verkehrsinfrastrukturen

Die gemessenen Schwermetallstäube sind kanzerogen und können aufgrund ihrer Persistenz zu grossräumigen Kontaminationen führen. Über mögliche Auswirkungen und Spätfolgen dieser Brandemissionen in unterirdischen Verkehrsinfrastrukturen konnten wir bislang noch keine abschliessenden Antworten geben. Es muss aber davon ausgegangen werden, dass die neuartigen Schadstoffe in Tiefgaragen oder Einstellhallen mit kleineren Raumvolumen zu nachhaltigen Beeinträchtigungen des Betriebs (z.B. durch Sperrungen wegen Dekontamination), der Infrastruktursicherheit (aufgrund Ablagerung und Verschleppung via Lüftungskanäle) oder auch der Umwelt (durch unkontrolliertes Abfließen von kontaminiertem Löschwasser) führen können.



**Bild 2: Thermische Brandeffekte eines Lithium-Ionen-Batteriemoduls (1/8 einer ganzen Batterie)**

## Versuchsreihe wird mit der Empa fortgeführt

Um diese Wissenslücke zu schliessen, hat A+W ein weiteres Forschungsprojekt initiiert. Gemeinsam mit der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) und dem Versuchsstollen Hagerbach werden wir mögliche Schadstoffkontaminationen durch Elektrofahrzeugbrände mit wissenschaftlichen Batteriebrandversuchen analysieren und die Folgewirkungen in Infrastrukturen beschreiben. Mit dem Ziel, angemessene technische und organisatorische Massnahmen zur Risikominimierung in unterirdischen Infrastrukturen empfehlen zu können.

## Nicht nur ein Problem «mobiler» Batteriespeicher

Die Resultate der neuen Versuche werden dazu beitragen, die Mobilität der Zukunft sicherer zu gestalten. Sie werden aber auch eine Wirkung entfalten, die über den mobilen Anwendungsbereich von Lithium-Ionen-Batterien hinaus geht: in vielen Untergeschossen von modernen Gebäuden wird die überschüssige Energie der Photovoltaik-Anlage auf dem Dach nämlich mit der gleichen Technologie gespeichert – mit Lithium-Ionen-Batterien, die einfach stationär sind.

## Automatisierung – sind Infrastrukturbetreiber im Zugzwang?

Über rechnete 2016 damit, im Jahre 2019 bereits 75 000 autonome Fahrzeuge betreiben zu können. Die Anfangsjahre der Diskussion um das automatisierte Fahren waren geprägt von Visionären wie Elon Musk, die medienwirksam ihre Zukunft der Mobilität zeichneten.

### Unklare technische, finanzielle und juristische Folgen

Dabei blendeten sie technische Probleme, juristische Fragen und Finanzierung wohlweislich aus. Beflügelt wurden diese Visionen durch den Wunsch der Autofahrer, sich nicht mehr um den nervenaufreibenden Fahrprozess zu kümmern, sondern die Zeit durch sinnvollere Aktivitäten wie Telefonieren, Kurznachrichten und E-Mail bearbeiten zu nutzen. In der Zwischenzeit wird dieses Thema wieder etwas nüchterner betrachtet, sodass technische Lösungen präsentiert werden können, die keine revolutionäre aber dennoch eine schrittweise Automatisierung ermöglichen.

### Auch der grösste Verkehrsinfrastrukturbetreiber ist abhängig

Bei der Klärung zentraler Aspekte des automatisierten Fahrens ist die Schweiz von den internationalen Entwicklungen abhängig. Sie muss das Geschehen sorgfältig beobachten und rechtzeitig die nötigen Vorkehrungen treffen, um die damit verbundenen Möglichkeiten zu nutzen. Das federführende Bundesamt für Strassen (ASTRA) sowie andere Bundesstellen haben dazu bereits verschiedene Aufgaben in die Hand genommen, u.a. die Forschung, Pilotversuche, die Anpassung des Strassenverkehrsrechtes und auch die Mitarbeit in internationalen Gremien. Ein wichtiger Meilenstein ist zudem die Umsetzung des Projektes Systemarchitektur Schweiz (SA-CH), mit dem die Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen auf den Nationalstrassen harmonisiert und standardisiert werde. Erst dadurch wird eine zentrale technische Voraussetzung für das automatisierte Fahren geschaffen.

## Digitalisierung – werden Verkehrsinfrastrukturen verletzlicher?

Die Gewährleistung einer ausreichenden Sicherheit ist eine zentrale Herausforderung für alle Betreiber von Verkehrsinfrastrukturen, ob gross oder klein. Das ASTRA räumt dieser Thematik einen sehr grossen Stellenwert ein und hat beispielsweise das Thema Tunnelsicherheit in den letzten Jahren gründlich aufgearbeitet und verschiedene Sicherheitsmassnahmen formuliert.

### Sicherheitsbedürfnis als Treiber der Digitalisierung

Auf dieser Grundlage wurde die technische Ausrüstung der schweizerischen Strassentunnel in den letzten Jahren vor allem unter dem Aspekt «Sicherheit» geplant, während immer mehr auch digitalisierte Lösungen eingesetzt wurden (Bsp. Video- und Kommunikationstechnologie). So werden heutzutage praktisch alle technischen Anlagen auf Autobahnen in übergeordnete Leitsysteme eingebunden, worüber sich dann unzählige Verkehrssteuerungs- und Überwachungsaufgaben umsetzen lassen.

Was als Antwort auf ein ernstzunehmendes Sicherheitsbedürfnis gedacht war, hat mittlerweile aber zu einer starken Zunahme der Systemkomplexität geführt und wirft immer wieder neue Fragen auf. Beobachtungen und Erfahrungen zeigen, dass die technischen Anforderungen an Verkehrssysteme und deren Digitalisierung selten hinterfragt werden und dadurch einen erhöhten Aufwand in der Projektierung aber auch im späteren Betrieb und Unterhalt verursachen. Hinzu kommen die ständig kürzer werdenden Lebenszyklen der digitalen Systeme, sodass Erneuerungszyklen häufiger anfallen und vermehrt Wechselwirkungen zu anderen Systemen hervorrufen. Beispiele dafür sind Steuerungen und ihre Umssysteme.

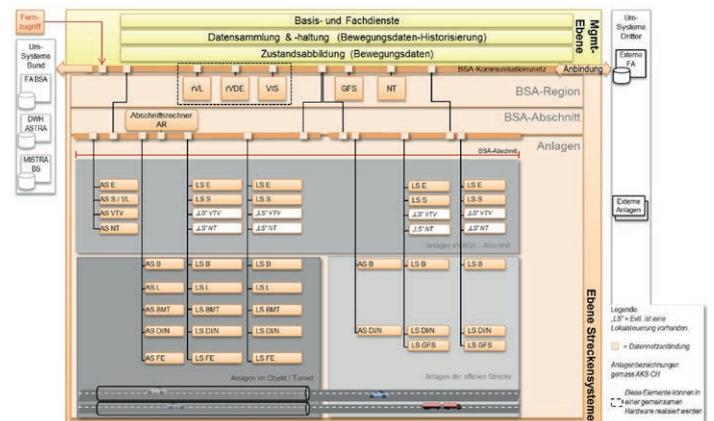


Bild 3: Komplexe Steuerungs- und Streckensysteme auf Hochleistungsstrassen (Quelle: [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch))

### Komplexität als Treiber der Verletzlichkeit

Das aktuell rund 72 000 km lange schweizerische Strassennetz hat eine zentrale gesellschaftliche Bedeutung, da es ausserordentlich starke Interdependenzen mit anderen Lebensbereichen bildet. Ausfälle technischer Systeme aufgrund disruptiver Ereignisse können somit zu gravierenden Schäden für Staat, Gesellschaft und Wirtschaft führen. Damit nun im Falle von IT-Risiken ein ausreichender Schutz dieser kritischen Infrastruktur gewährleistet werden kann, müssen besonders verletzliche Elemente wie Tunnelleitsysteme oder Verkehrsmanagementzentralen gegenüber ursächlicher Ereignisse ausreichend geschützt und widerstandsfähiger werden.

### Verschlangungskur aufgrund fundierter Anlagenkenntnis

A+W vertritt die Meinung, dass Betreiber von komplexen und zunehmend digitalisierten Verkehrsinfrastrukturen ihre Systeme in periodischen Abständen hinterfragen und hinsichtlich eines Verschlangungspotenzials untersuchen sollten. Eine allfällige Reduktion oder Vereinfachung von Anlagen muss jedoch immer unter Beachtung der vorgegebenen Schutzziele erfolgen, im Idealfall mittels einer spezifischen Risikoanalyse. Das Ziel sollte dabei immer sein, besonders komplexitätstreibende und aufwändige technische Anlagen, die gleichzeitig einen nur unwesentlichen Beitrag zur Risikominderung leisten, zu identifizieren.

## Referenzen

- Diverse sicherheitsspezifische Beratungs- und Forschungsprojekte

## Dienstleistungen

- Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen für Strassentunnel
- Verkehrstelematik, Kommunikations- und Informationstechnologien
- Risk Management
- Angewandte Forschung

## Ihr Ansprechpartner



### **Marco Zbinden**

Dipl. Ing. FH / MAS ZFH in Business Administration (MAS BA) / Partner, Geschäftsleitung  
marco.zbinden@amstein-walthert.ch

Amstein + Walthert AG  
Andreasstrasse 5  
8050 Zürich