



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr

Basic technologies for detecting intermodal traveling passengers

Les technologies de base pour l'enregistrement automatique des usagers de moyens de transports

Amstein + Walthert Progress AG
Stephen Lingwood, Dipl. El. Ing. ETH
David Stokar, MSc. Computer Science ETH
Lars Mellert, MSc. Geographie UZH

Thomann Consulting
Hans-Rudolf Thomann

Forschungsauftrag VSS 2009/903 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen beauftragten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que l' (les) auteur(s) mandaté(s) par l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 "Clôture du projet", qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

Il contenuto di questo rapporto impegna solamente l' (gli) autore(i) designato(i) dall'Ufficio federale delle strade. Ciò non vale per il modulo 3 «conclusione del progetto» che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e pertanto impegna soltanto questa.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) commissioned by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr

Basic technologies for detecting intermodal traveling passengers

Les technologies de base pour l'enregistrement automatique des usagers de moyens de transports

Amstein + Walthert Progress AG
Stephen Lingwood, Dipl. El. Ing. ETH
David Stokar, MSc. Computer Science ETH
Lars Mellert, MSc. Geographie UZH

Thomann Consulting
Hans-Rudolf Thomann

Forschungsauftrag VSS 2009/903 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Stephen Lingwood, Amstein + Walthert Progress AG

Mitglieder

Hans-Rudolf Thomann, Thomann Consulting
David Stokar, Amstein + Walthert Progress AG
Lars Mellert, Amstein + Walthert Progress AG

Federführende Fachkommission

Fachkommission 9: Strassenverkehrstelematik

Begleitkommission

Präsident

Hansueli Gamper, Trapeze ITS Switzerland GmbH

Mitglieder

Hans-Kaspar Schiesser, Verband öffentlicher Verkehr
Jean-Michel Ritzenthaler, Steria Schweiz AG
Rolf Aichele, BERNMOBIL
Fredy Zaugg, Ernst Basler+Partner
Roger Emmenegger, AWK Group AG
Patrick Almy, Weisskopf Engineering AG

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://partnershop.vss.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	4
	Zusammenfassung	7
	Résumé	8
	Summary	11
1	Einleitung	13
1.1	Aufbau der Arbeit	13
1.2	Abgrenzung	14
2	Nutzungserfassung	16
2.1	Ziele.....	16
2.2	Nutzen, Anforderungen und Schwierigkeiten	18
2.2.1	Nutzen	18
2.2.2	Anforderungen	22
2.2.3	Herausforderungen	24
3	Erfassungskonzepte	28
3.1	Gängige Erfassungskonzepte.....	28
3.1.1	Check-In Check-Out (CICO).....	28
3.1.2	Walk-In Walk-Out (WIWO)	29
3.1.3	Be-In Be-Out (BIBO)	30
3.1.4	Kombinationen.....	30
3.2	Unterscheidungsmerkmale.....	31
3.2.1	Auslösung der Erfassung	31
3.2.2	Räumliche Dimensionierung der Erfassung	32
3.2.3	Anzahl Erfassungspunkte.....	33
3.2.4	Erfassungszeitpunkte	34
3.2.5	Granularität.....	35
3.2.6	Authentisierungsverfahren.....	35
3.2.7	Ort der Datenhaltung.....	37
3.2.8	Sicherheit.....	37
4	Basistechnologien	40
4.1	Technische Unterscheidungsmerkmale	40
4.1.1	Interaktion RG/EP	41
4.1.2	Aktivierung.....	41
4.1.3	Arbeitsdistanz	41
4.1.4	Einweg- und Zweiwegkommunikation.....	42
4.1.5	Trägerfrequenz	42
4.1.6	Datenübertragungsrate	42
4.1.7	Speisung.....	43
4.1.8	Mensch-Maschine-Schnittstelle	43
4.1.9	Transaktionsdauer und -Varianz.....	43
4.1.10	Mehrfachzugriff	44
4.1.11	Robustheit.....	44
4.1.12	Zuverlässigkeit.....	45
4.1.13	Integrität.....	45
4.1.14	Verfügbarkeit	47
4.1.15	Kommunikationsanbindung	47
4.1.16	Aktualisierung	48
4.1.17	Nachhaltigkeit	48
4.1.18	Kosten	49
4.2	Technologieübersicht	49
4.2.1	WTO-Anforderungen	50
4.2.2	RFID	50
4.2.3	Contactless Cards.....	51
4.2.4	NFC	52
4.2.5	WLAN, WPAN und WBAN.....	53
4.2.6	Mobiltelefonie.....	54
4.2.7	Internettechnologie.....	55
4.2.8	Satellitennavigationssysteme	56

4.2.9	Biometrie.....	56
4.2.10	Erkennungstechnologien	57
4.2.11	Technologiematrix	57
4.2.12	Eignung für CICO	59
4.2.13	Eignung für WIWO	59
4.2.14	Eignung für BIBO	60
5	Anwendungen und Beispiele.....	62
5.1	LSVA – Tripon.....	62
5.1.1	Ziel der Nutzungserfassung	62
5.1.2	Erfassungskonzept.....	64
5.1.3	Basistechnologie	67
5.2	ALLFA-Ticket Chipkarte	69
5.2.1	Ziel der Nutzungserfassung	70
5.2.2	Erfassungskonzept.....	72
5.2.3	Basistechnologie	74
5.3	E-Ticketing Graubünden.....	76
5.3.1	Ziel der Nutzungserfassung	77
5.3.2	Erfassungskonzept.....	79
5.3.3	Basistechnologie	80
5.4	ÖV in Japan	81
5.4.1	Ziel der Nutzungserfassung	83
5.4.2	Erfassungskonzept.....	85
5.4.3	Basistechnologie	86
5.5	Congestion Charge in London	88
5.5.1	Ziel der Nutzungserfassung	89
5.5.2	Erfassungskonzept.....	91
5.5.3	Basistechnologie	93
6	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	95
6.1	Feststellungen.....	95
6.2	Vorschläge für zukünftige Entwicklungen.....	96
6.2.1	Technische Machbarkeit.....	96
6.2.2	Intermodaler Ansatz	97
6.3	Allgemeine Empfehlungen.....	97
6.3.1	Technische Architektur.....	97
6.3.2	Beurteilung des intermodalen Ansatzes.....	98
6.3.3	Übergreifende Zusammenarbeit	98
6.3.4	Sorgfältige Technologiewahl.....	98
6.3.5	Pragmatismus	98
6.3.6	Grenzüberschreitender Blick	98
6.3.7	Internationale Standardisierung	98
6.4	GA-Komfort für Alle im ÖV Schweiz.....	99
6.4.1	Ziel, Qualität und Umfang der Nutzungserfassung	99
6.4.2	Nutzen und Kosten der Nutzungserfassung.....	99
6.4.3	Erfassungsmethoden, Technologien.....	100
6.4.4	Grenzüberschreitende Nutzung	100
6.4.5	Spezifische Risiken	100
	Glossar	103
	Referenzen.....	107
	Projektabschluss.....	111
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	114

Zusammenfassung

Die Nutzungserfassung im intermodalen Personenverkehr bezweckt primär die Förderung des intermodalen Personenverkehrs in der Schweiz und damit eine Effizienzsteigerung des gesamten Verkehrssystems. Ziele sind ein nahtloses, effizientes Transportsystem und ein nachhaltiger Personenverkehr zum Nutzen von Reisenden und Betreibern. Die Nutzungserfassung ermöglicht eine bessere Verkehrsplanung und -steuerung, neue Gebührenmodelle und Bonusprogramme, bessere Verkehrsinformation etc. Den Nutzenpotentialen stehen aber auch Herausforderungen politischer, rechtlicher, finanzieller, organisatorischer, architektonischer und nicht zuletzt technischer Art gegenüber. Letztere bilden den Schwerpunkt dieses Berichtes.

Für die Nutzungserfassung gibt es drei bekannte Erfassungskonzepte: Check-In-Check-Out (CICO), Walk-In-Walk-Out (WIWO) und Be-In-Be-Out (BIBO). Für die Klassifikation von Erfassungssystemen definieren wir 8 Hauptmerkmale, an Hand derer wir verschiedene Erfassungslösungen vergleichen.

Die Basistechnologien, denen das Hauptaugenmerk dieses Projektes gilt, genügen den Anforderungen an Funktionsweise, Leistungsfähigkeit, Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Kosten, Nachhaltigkeit und Bequemlichkeit der Nutzungserfassung in unterschiedlichem Masse. Dies beruht auf ihren technischen Merkmalen, von denen wir deren 18 unterscheiden und ihre Relevanz für die Anforderungserfüllung darlegen. Die Vielfalt von Basistechnologien teilen wir in 9 Kategorien ein und zeigen Stand, Trends und Eignung für die Nutzungserfassung auf. Ferner listet die Technologiematrix 31 Technologien mit ihren Merkmalen auf.

Die grundlegenden Erfassungskonzepte stellen spezifische Anforderungen an die Basistechnologie. Vorhandene Technologien haben sich in CICO-Anwendungen seit über 10 Jahren im grossen Massstab und seit vielen Jahren auch in WIWO-Anwendungen bewährt. Jedoch ist Eignung von BIBO für die Nutzungserfassung mit Gebührenerhebung bislang nicht praktisch erwiesen.

Praktische Anwendungen, deren 5 wir in den zuvor definierten Rastern einordnen, sind von grosser Vielfalt. Erfolgreiche Lösungen zeichnen sich durch kluge Technologiewahl und pragmatische Gestaltung aus.

Die Technologiewahl ist für den Erfolg und die Wirtschaftlichkeit eines Nutzungserfassungssystems absolut kritisch und erfordert sorgfältige Abklärungen. Unser Bericht gibt zahlreiche Hinweise auf wichtige Aspekte und mündet in folgende Empfehlungen:

- Nachweis der technischen Machbarkeit eines umfassenden, intermodalen Nutzungserfassungssystems. Ein solches existiert derzeit zwar noch nicht, ist aber mit einer geeigneten Kombination mehrerer Technologien denkbar.
- Ermittlung der Vor- und Nachteile der intermodalen Nutzungserfassung (gemeinsam für Schiene und Strasse) gegenüber der monomodalen (in separaten Systemen).
- Zusammenarbeit von ASTRA, VöV und SBB beim Thema Nutzungserfassung, unter Einbezug unserer Ergebnisse und Expertise.
- Intensivierte Beobachtung ausländischer Entwicklungen und gezielte Beteiligung an internationalen Aktivitäten, insbesondere im Bereiche der Standardisierung.
- Das Spektrum der möglichen Ziele der Nutzungserfassung und die entsprechenden Anforderungen an deren Qualität und Umfang sollen bewertet und ein optimales Ziel erfasst werden.
- Abhängigkeiten von einzelnen Herstellern sollen vermieden und längerfristig die grenzüberschreitende Nutzung ermöglicht werden.
- Im Projekt ETIK-BIBO soll der Megatrend hin zum Handy nicht verpasst und nicht nur Postpayment sondern auch Prepayment vorgesehen werden.

Résumé

L'enregistrement automatique des usagers de moyens de transports a pour but premier d'encourager le transport intermodal de personnes en Suisse, et de là, d'augmenter l'efficacité des transports dans leur entier. On cherche à obtenir ainsi un système de transports sans transition (du point de vue des titres de transport) et efficace, ainsi qu'un transport de personnes plus durable, profitant aux voyageurs et aux exploitants. L'enregistrement automatique des usagers permet de réaliser une meilleure planification et gestion du trafic, de créer des nouveaux modèles de tarification ou programmes de fidélisation, de créer des informations trafic plus pertinentes etc. Les avantages potentiels se heurtent cependant à des défis d'ordre politiques, juridiques, financiers, organisationnels, architectoniques, et enfin techniques. Les défis techniques et architectoniques constituent le thème central de ce rapport.

Il existe trois concepts principaux pour l'enregistrement automatique des usagers: Check-In-Check-Out (CICO), Walk-In-Walk-Out (WIWO) et Be-In-Be-Out (BIBO). Pour la classification de ces systèmes d'enregistrement, nous définissons 8 caractéristiques principales qui nous servent à les comparer.

Les technologies de base, sujet principal de ce projet, répondent de manière variable aux exigences fonctionnelles, de performance, de précision, de fiabilité, de sûreté, de coûts, de durabilité et de confort posées par l'enregistrement automatique des usagers. Leurs caractères techniques inhérents en sont la cause. Une liste de 18 caractères, ainsi que leur pertinence quant à leur capacité de remplir les exigences, est présentée. Nous distinguons les technologies de base en 9 catégories et en montrons l'état, l'évolution et l'aptitude à l'enregistrement automatique des usagers. En outre, la matrice de technologies liste 31 technologies est présentée, avec leurs caractéristiques.

Les concepts principaux (CICO, WIWO, BIBO) posent des exigences spécifiques aux technologies de base. Les technologies actuellement disponibles se sont établies depuis plus de 10 ans à grande échelle avec des applications CICO, et depuis de nombreuses années également avec des applications WIWO. En revanche, le concept BIBO à des fins d'enregistrement automatique des usagers avec recouvrement de taxe n'a pas fait ses preuves dans la pratique.

Les applications pratiques sont très diverses; 5 d'entre elles sont évaluées grâce au crible défini auparavant. Les solutions couronnées de succès se distinguent par un choix technologique judicieux et une conception pragmatique.

Le choix des technologies d'un système d'enregistrement automatique des usagers est le point critique pour son succès et sa rentabilité. Notre rapport donne de nombreuses indications sur des aspects importants et débouche sur les recommandations suivantes:

- Mise en évidence de la faisabilité technique d'un système d'enregistrement automatique de personnes intermodal. Un tel système n'existe pas encore, il est cependant envisageable grâce la combinaison de plusieurs technologies.
- Evaluation des avantages et inconvénients de l'enregistrement automatique intermodal (unifié route et rail) par rapport à un enregistrement monomodal (dans des systèmes séparés).
- Collaboration de l'OFROU, de l'Union des Transports Publics (UTP/VöV) et des CFF sur le thème de l'enregistrement automatique des usagers, en prenant en compte nos résultats et notre expertise.
- Observation plus intense des développements à l'étranger, et participation ciblée à des activités internationales, en particulier dans le domaine de la standardisation.
- Les cibles possibles et les exigences de qualité de l'enregistrement automatique des usagers doivent être évalués.
- Dépendances des fabricants spécifiques ne devraient pas survenir de sorte que l'utilisation transfrontalière peut être rendue possible.

- Dans le projet ETIK-BIBO c'est important que la tendance ne soit pas manquée et que non seulement postpayment, mais sera également mise en œuvre de prepayment.

Summary

The promotion of the intermodal passenger transportation is the primary goal of a dedicated system for the detection of the use of the means of intermodal transport conveying persons in Switzerland and thus an increase in the efficiency of the transport system. Such as a seamless and efficient transportation system, that supports the needs of passengers and operators sustainably. The detection of the use of the means of transport conveying persons enables the improvement of the planning and the control of the intermodal traffic, the application of contemporary pricing and incentive schemes enabling improvements towards cost transparency, the optimization of the traffic information, etc. The realization of the potential benefits requires obviously the mastery of various challenges in the field of politics, law, financing, organization, architecture and not least technology. This work focuses on the architectural and technological challenges.

For systems for the detection of the use of the means of intermodal transport conveying persons three architectural concepts are well known: Check-In Check-Out (CICO), Walk-In Walk-Out (WIWO) and Be-In-Be-Out (BIBO). For the comparison of such architectural concepts we propose a classification scheme based on eight collectively exhaustive and mutually exclusive architectural criteria.

The analysis of the underlying stack of specific properties of different basic technologies is a main research milestone of the project. The stack consists of those 31 basic technologies that could potentially be used in systems for the detection of the use of the means of intermodal transport conveying persons. The different basic technologies meet the functional, performance, accuracy, reliability, safety, cost, durability and ease of use requirements of such a system of detection in varying degrees. The varying degrees of the fulfillment of the requirements are measured based on a scheme composed of 18 proposed criteria. The stack of the different basic technologies is further divided into nine categories. For each category a statement is given indicating the status of, the trend in and the suitability for the application in systems for the detection of the use of the means of intermodal transport conveying persons. Further a technology matrix provides a quick overview of the characteristics of the analyzed 31 basic technologies.

Each basic architectural concept seems to imply a specific set of additional side conditions. For a realization this set has to be met by the choice of the basic technology. The capabilities to fulfill the requirements and side conditions of the architectural concept of CICO with existing basic technologies exist for more than ten years and for WIWO for a couple of years. However, the realization of the architectural concept BIBO for a system for the detection of the use of the means of intermodal transport conveying persons in order to collect revenues remains with the presented stack of basic technologies a challenge.

The existing realizations of systems for the detection of the use of the means of intermodal transport conveying persons are highly various. We describe and compare five samples by applying the proposed properties classification scheme. We derive, that successful realizations can be characterized by a smart and pragmatic choice of multiple basic technologies and architectural concepts.

The better the choice of the technology the larger is the degree of the success and of the benefits of the system for the detection of the use of the means of intermodal transport conveying persons. Therefore a careful investigation is required upfront.

Our report provides numerous references to important findings and leads to the following recommendations:

- Evidence for the technical feasibility of a unified system for the detection of the use of the means of intermodal transport conveying persons. This exists not yet, but seems possible with an appropriate combination of several technologies.

- Analyze the benefits and the disadvantages of a system for the detection of the use of the means of intermodal transport conveying persons (unified system for rail and road) in comparison to a monomodal system (multiple heterogeneous systems).
- Cooperation of the Swiss Federal Roads Department, the Swiss Association of Public Transport and the Swiss Federal Railways in the area of the detection of the use of the means of intermodal transport conveying persons with the incorporation and expertise of our results.
- Intensify the monitoring of foreign developments and a targeted participation in international activities, particularly in the area of standardization.
- The possible goals of passenger detection as well as its quality requirements need to be assessed.
- In order to guarantee the use of technologies across national boundaries, dependencies on specific producers have to be avoided.
- As for the project ETIK-BIBO, the trend towards mobile phones should not be missed; prepayment as well as postpayment need to be taken into consideration.

1 Einleitung

Die elektronische, intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr ist ein hochaktuelles Thema mit vielen Facetten. Auf der Strasse mit dem Road Pricing oder der LSVA, auf der Schiene, im Wasser und in der Luft mit dem e-Ticketing verspricht sie Vorteile bezüglich Komfort, Sicherheit, Kosten, Steuerung und Planung.

Lösungen unterschiedlichster Art sind heute schon Realität. Japan hat mit Erfolg e-Ticketing im Öffentlichen Verkehr mit Kontaktloskarten und Mobiltelefonen eingeführt und bereits auf weite Landesteile ausgedehnt. Auch in der Schweiz und einigen EU-Staaten sind regional schon ähnliche Lösungen in Betrieb. In anderen Ländern (z.B. USA, Frankreich, UK, Schweden) wird die Nutzung der Strasseninfrastruktur mit RFID-Transpondern erfasst. Die Schweiz hat ein elektronisches System für die LSVA mit grossem Erfolg eingeführt, und Fluggesellschaften haben unter der Führung der IATA eine andere Art von e-Tickets, sogenannte Online-Tickets, entwickelt, welche die bisherigen Wertzeichen vollständig ersetzen. Für die intermodale Nutzungserfassung existiert somit eine breite Palette von Technologien, wie z.B. Kontaktloskarten, Near Field Communication, RFID-Transponder, WiFi, GPS usw. Neue Technologien kommen laufend dazu und verdrängen ihre Vorgänger, wobei sich dieser Kreislauf ständig beschleunigt.

Innovative Technologien werden in der Zukunft noch bequemere und effizientere Lösungen ermöglichen. Vor allem in der Drahtloskommunikation tauchen Neuerungen fast täglich auf, verschwinden meistens allerdings ebenso schnell. Technologien und Lösungen für die Nutzungserfassung im Personenverkehr sollten sich jedoch auf Dauer bewähren, grenzüberschreitend zusammenspielen, mit internationalen Standards konform sein und regulatorischen Anforderungen genügen.

Die Planung, Konzipierung und Entwicklung sowie auch die Beurteilung von Lösungen erfordern eine profunde Kenntnis der heute und in absehbarer Zukunft verfügbaren Technologien sowie der Anforderungen von Reisenden und Betreibern. Nur durch das Erkennen von Synergien lassen sich Chancen und Risiken abschätzen und kostspielige Fehlentscheidungen vermeiden. Die Erfassung der Nutzung von Verkehrsmitteln und der Verkehrsinfrastruktur durch den Verkehrsteilnehmer muss in Zukunft effizient und automatisch erfolgen. Dabei müssen Bequemlichkeit, Vollständigkeit, Sicherheit und Effizienz gewährleistet sein.

1.1 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Studie beleuchtet zu Beginn in Kapitel 2, die verschiedenen Sichtweisen von Reisenden und Betreibern bezüglich einer intermodalen Nutzungserfassung. Eine optimale Technologie muss fähig sein, diese Interessenskonflikte zu überbrücken und sie in einem umfassenden System zusammenzubringen. Akzeptanz und Erfolg eines intermodalen Nutzungserfassungskonzeptes werden von diesen Faktoren abhängen.

Des Weiteren liefert die Studie in Kapitel 3 eine Wissensbasis, für eine einheitliche und kriterienorientierte Ausarbeitung von Nutzungserfassungssystemen. Die vorherrschenden Erfassungskonzepte werden dabei kurz vorgestellt und anhand von Unterscheidungsmerkmalen genauer betrachtet.

Kapitel 4 dient einer genauen Ermittlung von geeigneten Basistechnologien für eine intermodale Nutzungserfassung. So werden relevante Technologien und innovative Lösungsansätze und deren technische und ökonomische Charakteristiken diskutiert.

Nach den theoretischen Überlegungen werden in Kapitel 5, bestehende Anwendungen und Beispiele anhand der vorgängig definierten Unterscheidungsmerkmale miteinander verglichen. Bei dieser vertieften Untersuchung, wurden die Informationen über beispielhafte Nutzungserfassungssysteme anhand von spezifisch geführten Interviews mit relevanten Wissensträgern zusammengetragen.

Auf Basis der ermittelten Ergebnisse soll aufgezeigt werden, wie diese unterschiedlichen Systeme und Lösungen zu einem einheitlichen, kompatiblen intermodalen Lösungsansatz zusammengeführt werden können. Der Bericht beschreibt Technologien und Trends, zeigt verborgene Gesetzmässigkeiten und Abhängigkeiten auf, weist auf Risiken hin und gibt konkrete Empfehlungen für die Umsetzung.

Um die erwähnten Nutzen und Anforderungen an eine intermodale Nutzungserfassung überprüfen zu können, wurden im Rahmen des Forschungsauftrages Interviews mit ausgewählten Betreibern sowohl im öffentlichen wie auch im privaten Personenverkehr geführt. Die Ergebnisse dieser strukturierten Gespräche bildeten die Grundlage für die Darstellungen in Kapitel 5.

In Kapitel 6 werden die wesentlichen Schlussfolgerungen der Forschungsarbeit zusammengetragen und noch einmal in knapper Form erläutert, wobei in Kapitel 6.1 allgemeine Erkenntnisse beleuchtet werden. Kapitel 6.2 gibt einen Überblick über mögliche zukünftige Entwicklungen und macht Vorschläge, wie die technischen Herausforderungen angegangen werden können. Zum Schluss sollen in Kapitel 6.3 Empfehlungen bezüglich des Aufbaus eines Nutzungserfassungssystems gemacht werden.

1.2 Abgrenzung

Inkassostelle / Betreiber des e-Ticketing-Service

Der Betrieb eines e-Ticketing-Service ist eine anspruchsvolle und komplexe Aufgabe, die schon aus ökonomischen Gründen in grössere Einheiten konzentriert werden muss. Es stellen sich Fragen nach der Trägerschaft, den Besitzverhältnissen, den Verantwortlichkeiten, der Finanzierung, der Vertragsbeziehungen zwischen der Service-Einheit, den Betreibern und den Nutzern, der Zuständigkeit für das Inkasso, der Sicherheit und Vertrauenswürdigkeit.

Vorbilder für ähnliche Dienstleistungs-Einheiten sind die Kreditkartenorganisationen der Banken. Diese betreiben das Geschäft mit hoher Professionalität und ausgefeiltem Qualitätsmanagement. Sie befinden sich im Besitz von Banken oder sind in deren Auftrag tätig. Untereinander, mit den Banken, den Händlern und den Kunden haben sie Vertragsbeziehungen, welche die Rollen eines jeden Akteurs genau definieren und seine Rechte und Pflichten regeln. Sie finanzieren sich durch geringfügige Gebühren, die sie von Händlern und Kunden erheben. Die Zahlungsmittel sind wohlbekannt und die Sicherheit jahrzehntelang erprobt und ständig dem neuesten Stand angepasst.

Ein e-Ticketing-Service könnte manche Konzepte kopieren und anpassen, und für den eigentlichen Zahlungsservice sich auf spezialisierte Dienstleister stützen. Detaillierte Antworten müssen einer künftigen Forschungsarbeit vorbehalten bleiben.

Eignung von Technologien für geldwerte Erfassung

Für geldwerte Erfassungen muss eine Basistechnologie die Zweiwegkommunikation erlauben und bedarf einer gewissen minimalen Zuverlässigkeit, da sonst Zahlungstransaktionen allzu häufig fehlschlagen. Der Aspekt der Zuverlässigkeit ist im Kapitel 4 ausführlich behandelt. Von den betrachteten Technologien mit Zweiwegkommunikation erfüllen alle diese Anforderungen. Sogar die Internettechnologie mit ihrer niedrigen QoS wird bekanntlich ohne Probleme für Zahlungen verwendet. Die erforderliche Transaktionskonsistenz wird durch Transaktionsprotokolle (Commitment, Rollback) und die nötige Sicherheit durch kryptographische Mechanismen auf Applikationsebene erbracht und liegt ausserhalb des Themas dieses Forschungsprojektes.

Diese allgemeinen Überlegungen gelten jedoch nicht generell für die geldwerte Nutzungserfassung, da bei dieser Anwendung weitere Anforderungen z.B. an die Transaktionsdauer bestehen. In 4.2.12 bis 4.2.14 wird die Eignung in Abhängigkeit des Erfassungskonzeptes diskutiert. In der Praxis hat sich geldwerte Nutzungserfassung bislang nur in CICO- und WIWO-Anwendungen im Verbund mit Vereinzelung bewährt.

Wirtschaftlichkeit

Es ist klar, dass sich ein Nutzungserfassungssystem für die Betreiber von sowohl öffentlichen als auch privaten Verkehrsleistungen nur lohnt, wenn es einen quantifizierbaren Nutzen abwirft. In der vorliegenden Forschungsarbeit, die hauptsächlich eine Grundlagenarbeit zum Ziel hat, werden keine quantitativen Aussagen über die verschiedenen Erfassungskonzepte und Basistechnologien gemacht. Es geht primär darum, die qualitativen Verbesserungen zu erörtern, welche von den Reisenden und den Betreibern gefordert werden.

Akzeptanz Handy / Karten

Ein wichtiges Kriterium das schlussendlich verantwortlich für die Durchsetzung eines bestimmten Erfassungssystems sein wird, ist die menschliche Akzeptanz von neuen Technologien. Die Frage nach dieser Empfänglichkeit gegenüber technischen Neuerungen sowie dem nötigen Vertrauen lässt sich nicht pauschal beantworten. Weltweit sind bekanntlich über 3 Milliarden Zahlkarten im Gebrauch. In der Schweiz sind es über 10 Millionen Karten die jährlich über eine Milliarde Zahlungstransaktionen generieren. Daraus darf aber nicht ohne weiteres gefolgert werden, dass Zahlkarten und andere bargeldlose Zahlungsformen (Bsp. E-Ticketing über das Mobiltelefon) bedenkenlos von jeder Person akzeptiert würde. Mehrere hochkomplexe Faktoren wie gesellschaftsspezifische Gewohnheiten, die Bevölkerungsgruppe oder Alterskategorie beeinflussen die notwendige Akzeptanz sehr. Eine differenzierte Aussage diesbezüglich würde den Rahmen dieser Forschungsarbeit deshalb überschreiten und könnte in einem weiterführenden Projekt zum Ziel gesetzt werden.

2 Nutzungserfassung

Beim europäischen Güterverkehr spielt die Kombination verschiedener Verkehrsmittel schon länger eine wichtige Rolle. Weil dabei eine bessere und rationellere Nutzung der verschiedenen Verkehrsträger im Vordergrund steht, werden von der EU immer wieder neue Vorschläge für ein nachhaltiges Verkehrssystem erarbeitetⁱ. Ziel ist es, dem stetig wachsenden Verkehrsaufkommen und den damit verbundenen externen Kosten entgegenzutreten und Rahmenbedingungen zu schaffen, welche eine optimale und reibungslose Integration verschiedener Verkehrsträger erlauben.

Dem intermodalen Personenverkehr wurde dabei weitaus weniger Beachtung geschenkt. Doch auch dort wird die Forderung nach einem ökonomischen und ökologischen Verkehrssystem immer stärker. Probleme wie zum Beispiel Reisezeitverlust oder weniger Komfort durch ineffizientes Umsteigen behindern eine nachhaltige, intermodale Lösung. Als Konsequenz werden beispielsweise in Deutschland immer noch 60% der Langstreckenreisen (>100 km) monomodal getätigt, wobei wiederum 75% allein auf den privaten Autoverkehr fallenⁱⁱ. Obschon die restlichen 40% der Langstreckenreisen durch eine Kombination von zwei oder mehr Verkehrsträgern erfolgen, hat dieser Markt noch immer ein Ausbaupotential das genutzt und gestärkt werden muss.

In der Schweiz erschwert eine sowohl quantitative als auch qualitativ schwache Datengrundlage die fundierte Aussage über das intermodale Reiseverhalten der Bevölkerung. Die Schaffung einer optimalen Koexistenz verschiedener Verkehrsträger bildet jedoch ein aktuelles verkehrspolitisches Thema in der Schweizⁱⁱⁱ. Der Bund rechnet bis 2030 im Vergleich zum Jahr 2005 mit einer Zunahme des Personenverkehrs von rund 21% auf der Strasse und 48% beim öffentlichen Verkehr^{iv}. Eine verlässliche Nutzungserfassung der verschiedenen Verkehrsmittel und benötigten Infrastrukturen ist ein wesentlicher Kernpunkt bei der Schaffung idealer Rahmenbedingungen für einen intermodalen Personenverkehr.

Bevor also in späteren Kapiteln spezifische Erfassungskonzepte und Basistechnologien vorgestellt werden, soll in diesem Kapitel die eigentliche Motivation für eine Nutzungserfassung erörtert werden. Die Ziele einer intermodalen Nutzungserfassung und die unterschiedlichen Nutzen und Anforderungen werden genauso beleuchtet wie dabei auftretende Herausforderungen.

2.1 Ziele

Damit im intermodalen Verkehrssystem eine optimale Auslastung der einzelnen Verkehrsträger erreicht werden kann, ist es wichtig, deren eigentliche Nutzung durch die Reisenden zu erfassen. Es reicht nicht aus, wenn Betreiber eines bestimmten Verkehrsträgers Nutzungsdaten nur für ihren speziellen Bereich erheben. Die Daten über den Gebrauch der Verkehrsmittel und der Infrastruktur sollten im Kontext der ganzen Verkehrskette erfasst und ausgewertet werden können.

Ein wesentliches Ziel der Nutzungserfassung ist die Förderung des intermodalen Personenverkehrs in der Schweiz und damit eine Effizienzsteigerung des gesamten Verkehrssystems. Gerade im Hinblick auf den ökonomischen und ökologischen Anspruch spielt die Nutzungserfassung über die einzelnen Verkehrsträger hinaus eine wesentliche Rolle. Sie ermöglicht zum Beispiel einen räumlichen Überblick, in welchen Regionen welche Verkehrsträger mehrheitlich genutzt werden und welche eine untergeordnete Funktion ausführen. Sie bietet ausserdem die Möglichkeit festzustellen, an welchen Knoten sich ein Ausbau und eine stärkere Anbindung zweier Verkehrsträger lohnen würden. Die Kenntnis über das intermodale Nutzungsverhalten erlaubt also eine gezielte Förderung und bessere Auslastung der einzelnen Verkehrsträger und der benötigten Infrastruktur. Somit wird auch bei der Frage nach einem gerichteten Einsatz der finanziellen Mittel Klarheit geschaffen, weil sich die bisher wenig unterstützten aber notwendigen Träger im Verkehrssystem offenbaren.

Die Erfassung der Nutzung von Verkehrsmitteln und der benötigten Infrastruktur muss in Zukunft effizient und automatisch erfolgen und darf für den Verkehrsteilnehmer keinen zusätzlichen Mehraufwand zur Folge haben. Bei dem eigentlichen Ziel der Nutzungserfassung stellt sich aber neben dem Anspruch nach Einfachheit und Komfort auch die Frage nach dem eigentlichen "wozu?". Inwiefern können die gesammelten Daten weiterverwendet und wieder in das Verkehrssystem integriert werden, sodass sich letzteres einem gewünschten Zustand nähert? Hierbei lassen sich einige verschiedene Zielvorstellungen herauskristallisieren.

Wie bereits oben erwähnt, dient der Wunsch nach einem einfacheren Reisen als wesentlicher Beweggrund für eine verkehrsträgerübergreifende Nutzungserfassung. Der angestrebte Soll-Zustand ist eine optimale Ausnutzung sowie Kombination der einzelnen Verkehrsmittel. Das schweizerische Transportsystem soll mithilfe neuer Technologien ganzheitlicher erfasst werden und aufgrund der gesammelten Nutzungsdaten effizienter, nahtloser und komfortabler gestaltet werden können. Das zukünftige intermodale Reisen wird sich dadurch vereinfachen.

Sind die verkehrsmittelübergreifenden Nutzungsdaten erfasst, können Vergleiche zwischen der aktuellen und einer von den Reisenden erwünschten Angebotssituation gemacht werden. Bisherige Kapazitätsprobleme oder etwaige Überangebote lassen sich durch qualitativ bessere Möglichkeiten ausbessern. Gerade wenn ungenutzte Möglichkeiten bestehen, bietet die Analyse intermodaler Nutzungsdaten die Chance, die Ursachen zu verdeutlichen und durch Massnahmen zu beheben.

Während die Nutzungsdaten (Verkehrsaufkommen, Belastung der verschiedenen Verkehrsträger, etc.) laufend erfasst werden, können sie mittels moderner Technologie (siehe Kapitel 4) umgehend den Reisenden wieder zur Verfügung gestellt werden. Für Verkehrsteilnehmer entsteht hiermit eine neue Methode der Reiseplanung, da sie sich sofort über Staus auf den Strassen oder Kapazitätsproblemen auf den Schienen informieren können. Davon ausgehend, können die Nutzer auf alternative Verkehrsträger ausweichen und Engpässe in der Reisekette umgehen. Verkehrsmittelübergreifende "Tür-zu-Tür-Information" in Echtzeit ist eine attraktive Anwendung für den intermodalen Personenverkehr, die einfach und direkt aus den erfassten Daten abgeleitet werden kann.ⁱⁱ

Weitere persönliche Nutzerdaten wie zum Beispiel Alter oder Geschlecht erlauben eine spezifischere Erörterung der Zielgruppen. Für die Betreiber wird es somit möglich, den relevanten Markt zu segmentieren und das intermodale Nutzerverhalten anzukurbeln und zu steuern. Eine verfeinerte Segmentierung des Absatzmarktes aufgrund genauer Nutzungsdaten kann schlussendlich für eine verursachergerechte Gebührenerhebung genutzt werden.

Für die Verkehrsmittelbetreiber ist neben einer genauen Marktsegmentierung auch eine gerechte Verteilung des finanziellen Aufwands und Ertrags wichtig. Eine qualitativ verlässliche und verkehrsmittelübergreifende Nutzungserfassung liefert eine fundierte Datenbasis um dieses Ziel erreichen zu können. Für Betreiber von öffentlichen und privaten Verkehrsträgern ist insbesondere entscheidend, dass die Nutzungserfassung eine transparente Zuschreibung der Einnahmen aus dem intermodalen Personenverkehr erlaubt. Heutzutage ist diese nutzungsabhängige Verteilung der Einnahmen mehrheitlich nur pauschal möglich. Bei Reisenden mit einem Generalabonnement ist zum Beispiel nicht bekannt, welcher Passagier wann, wohin und mit welchem Verkehrsmittel gereist ist; es wird in diesen Fällen auch oft von "blinden Passagieren" gesprochen. Als Folge davon können auch die Einnahmen der GA-Verkäufe nicht exakt den verschiedenen Verkehrsmittelbetreibern zugeschrieben werden.

Können die tatsächlich bezogenen Verkehrsleistungen einmal erfasst werden, dann wird auch ein verursachergerechtes Pricing bei den Tickets möglich. Erst die genaue Erfassung der wirklichen Leistungsbezüge ermöglicht eine verursachergerechte Preisgestaltung.

Bei all diesen Zielvorstellungen steht eine stärkere Integration von sich ergänzenden Verkehrsmitteln im Vordergrund. Um jedoch ein nachhaltiges, intermodales Verkehrssystem

tem schaffen zu können, ist ein angemessenes Verhältnis zwischen natürlichem Wettbewerb und Kooperation der verschiedenen Betreiber nötig.^v

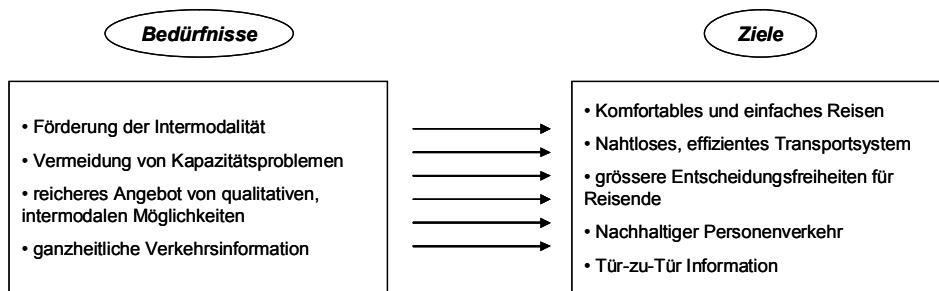


Abbildung 1 Ziele einer intermodalen Nutzungserfassung (eigene Darstellung)

2.2 Nutzen, Anforderungen und Schwierigkeiten

Der vorläufige Schlussbericht des Projektes LINK^{vi} über den intermodalen Personenverkehr in Europa betont, dass die Nutzen und Anforderungen für die einzelnen Akteure noch vertiefter betrachtet werden müssen. Dafür sind jedoch genaue Nutzungsdaten notwendig. Erst dadurch wird es möglich sein, die genauen Anteile der verschiedenen Verkehrsträger am intermodalen Verkehr zu definieren und das Marktpotential zu bestimmen.

Die intermodale Nutzungserfassung bildet somit eine wesentliche Grundvoraussetzung um die allgemeinen Anforderungen und Nutzen des intermodalen Personenverkehrs überhaupt sichtbar zu machen. Die zentrale Rolle einer vollumfänglichen und automatischen Nutzungserfassung bleibt aber bestehen auch wenn ein intermodales Verkehrssystem einmal aufgebaut ist. Erst die Erfassung der sämtlichen Reisetätigkeit erlaubt eine optimale Gebührenerhebung, eine aktuelle Reiseinformation sowie eine abgestimmte Verkehrslenkung.

In diesem Kapitel sollen verschiedene Nutzen sowie Anforderungen und Schwierigkeiten einer Nutzungserfassung aufgezeigt werden. Um eine bessere Verständlichkeit zu erreichen, wird der Fokus einerseits auf die Reisenden, andererseits auf die Betreiber gerichtet.

2.2.1 Nutzen

Reisende

Die erfassten Daten über das intermodale Verkehrsverhalten haben vielerlei Nutzenpotentiale für Reisende im öffentlichen Verkehr. In erster Linie führt die Information zu einer Komfortsteigerung, da Sitzplatzverfügbarkeiten oder Einrichtungen an allfälligen Knotenpunkten verbessert werden können. Geringere Umsteigezeiten und schnellere Verbindungen aufgrund eines stärker ausgebauten Verkehrsnetzes sind direkte Folgen.

Aktuelle, intermodale Informationen über Staus auf den Strassen, Verspätungen im Flugverkehr oder Engpässe im Zugverkehr, lassen eine verkehrslagenabhängige Reiseplanung zu. Will sich der Reisende kurzfristig über die Verkehrsmittelwahl informieren, dann kann so die momentane Verfügbarkeit der einzelnen Verkehrsmittel abgeschätzt werden. Dies hat nicht nur einen erhöhten Komfort zur Folge, sondern kann auch zu einer kurzzeitigen Entlastung der betroffenen Verkehrsträger führen. Dies bedingt jedoch Basistechnologien welche es schaffen, die Informationen in Echtzeit den Verkehrsteilnehmern zukommen zu lassen.

Während zurzeit nur statistische Daten geringer Granularität erhoben werden können, ist für eine hochwertigere Nutzungserfassung die Zuordenbarkeit der Daten zum Reisenden absolut unentbehrlich. Dies erfordert eine Nutzungserfassung mit einem Identifikationsinstrument (z.B. Chipkarte oder Handy), welches eine Identifikation (z.B. eine Nummer) enthält, unter welcher die erhobenen Daten zusammengefasst werden können.

Dabei wird nicht eigentlich der Reisende selber, sondern vielmehr sein Identifikationsinstrument identifiziert. Dieses kann unpersönlich oder persönlich sein. Z.B. kann jedermann in London eine unpersönliche Travelcard lösen, die ihm für eine gewisse Periode die unbegrenzte Benützung von Bus und Underground erlaubt. Londoner Einwohner haben zudem die Wahl einer persönlichen Karte, die ihnen das Reisen auf Monatsrechnung und die Teilnahme an persönlichen Bonusprogrammen ermöglicht.

Persönliche wie unpersönliche Identifikationsinstrumente haben ein Spiegelbild in einem Nutzerkonto auf der Nutzungsdatenbank, in welchem alle Stamm- und Bewegungsdaten zusammengefasst werden. Diese geben Aufschluss über die Reisetätigkeit. Sie enthalten bei persönlichen Identifikationsinstrumenten (und nur bei diesen) persönliche Daten. Dazu kommt bei Prepaid- und Postpaid-Instrumenten der Saldo, welcher bei ersteren stets positiv sein muss.

Im persönlichen wie auch im unpersönlichen Fall kann dem Reisenden Zugriff zum Nutzerkonto gewährt werden, z.B. über das Internet oder an Automaten, wobei wiederum das Identifikationsinstrument als Zugriffsschlüssel dient. Ebenfalls in beiden Fällen liefern sie die Grundlage für individualisierte Rabatte und Boni. Ein weiterer Vorteil von eindeutig identifizierten und laufend aktualisierten Nutzerkonten, ist die einfachere Verrechnung der bezogenen Leistungen. Sofern verlässliche Basistechnologien für eine genaue Nutzungserfassung zur Verfügung stehen, können neue Zahlungskonditionen wie komfortable Prepaid-Instrumente sowie Postpayment (für Kunden mit guter Bonität und persönlicher Identifikation) angeboten werden. Letzteres, also die Bezahlung der bezogenen Verkehrsleistung nach Beendigung der Reise, wird so zur Möglichkeit¹.

Wenn die räumliche Auswertung der Nutzungserfassung ergibt, dass gewisse Peripherien stärker in das intermodale Verkehrsnetz eingebunden werden können, so kann das regionale Antriebseffekte zur Folge haben. Diese sind durchaus von wirtschaftlichem Interesse. Eine Studie des Bundesamts für Raumentwicklung (ARE) verdeutlicht zudem, wie die Wahl der Verkehrsmittel die regionale Erreichbarkeit beeinflusst^{vii}. Die graphische Darstellung durch 60-Minuten-Isochronen (Flächen, die Gebiete einschliessen welche innerhalb 60 Minuten erreichbar sind) zeigt, dass sich der öffentliche Verkehr (ÖV) (vgl. Abbildung 2) und der motorisierte Individualverkehr (MIV) (vgl. Abbildung 3) bezüglich der Erreichbarkeit stark unterscheiden. Ausgehend von Schweizer Grossstädten, können mit dem MIV Strecken in entlegene Gebiete zurückgelegt werden, welche mit dem ÖV in gleicher Zeit nicht zu bewältigen sind. Ohne vertiefter auf diese Thematik einzugehen, soll hier festgehalten werden, dass aus einer effizienten Kombination der verschiedenen Verkehrsmittel, Syntheseeffekte abgeleitet werden können. Die Auswertung der Nutzungserfassung weist somit unter anderem auch auf regionale Unterschiede hin und zeigt mögliche Ausbau- und Verknüpfungspotentiale des intermodalen Verkehrsnetzes auf. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass aus raumplanerischen Sicht, einer weiteren Zersiedelung der Schweiz Einhalt geboten werden muss. Weil ein Ausbau des öffentlichen Verkehrsnetzes neue Siedlungen zur Folge hat, welche wiederum effizientere Verkehrswege benötigen, ist das Wachstum vor allem auf die Zentren und auf die Verbindungen zwischen den Zentren zu konzentrieren^{viii}.

¹ Tatsächlich ist dies Bestandteil mehrerer existierender Systeme, siehe Kapitel 5

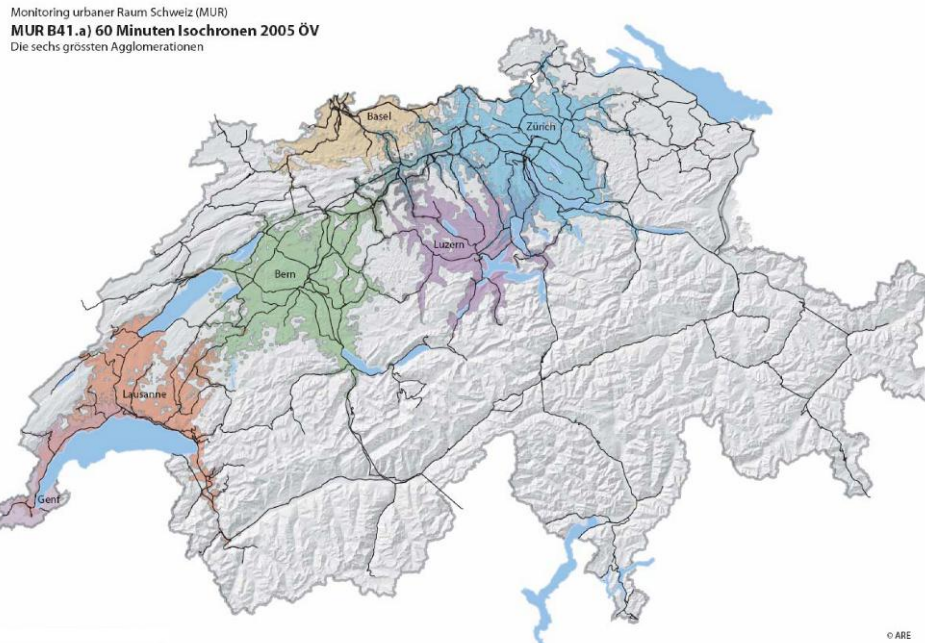


Abbildung 2 Erreichbarkeit mit ÖV (Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), 2008)

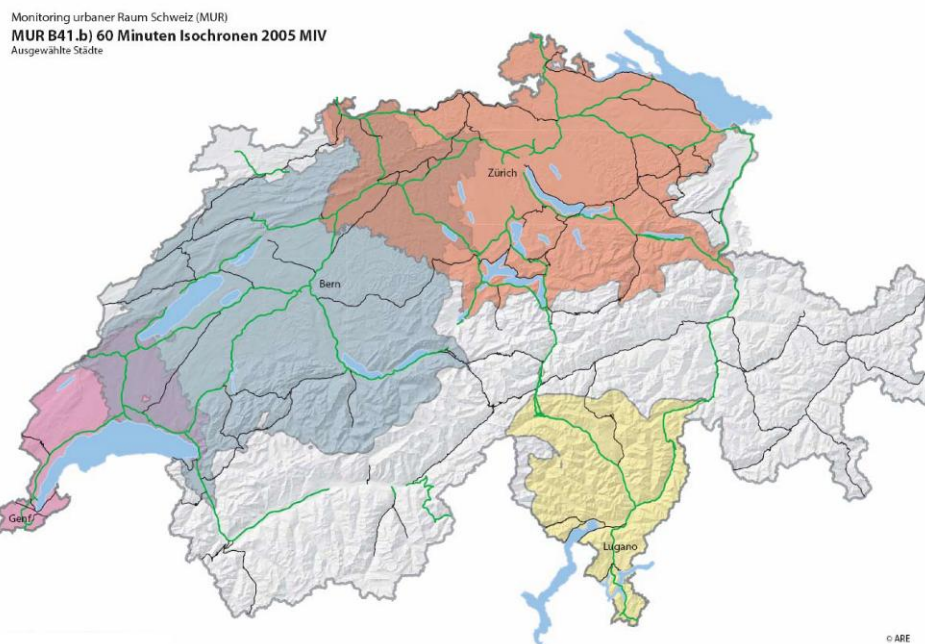


Abbildung 3 Erreichbarkeit mit MIV (Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), 2008)

Gerade im Bereich des MIV entfalten sich durch eine abgestimmte Nutzungserfassung weitere Nutzen für Reisende. Ein effizientes System von Car Sharing kann nur funktionieren wenn genau bekannt ist, wie gross die Nachfrage und die momentane Auslastung der Kapazitäten ist. Ausserdem ist gerade in diesem Sektor, wo die räumliche Verfügbarkeit starken Schwankungen unterliegen kann, das Wissen über die momentane räumliche Verteilung sehr entscheidend. Eine hochaufgelöste Nutzungserfassung bietet den Nutzern somit eine verlässlichere Übersicht der nächsten Möglichkeiten für einen Fahrzeugbezug.

Nutzer des MIV können zudem von einem intermodalen Nutzungserfassungssystem profitieren, indem sie sich mit aktuellen Verkehrsinformationen und Parkleitsystemen durch Städte zu ihrem Zielort führen lassen können.

Ein weiterer nicht vernachlässigbarer Nutzeneffekt für die Nutzer des MIV betrifft die Sicherheit im Strassenverkehr. Das Bundesamt für Strasse (ASTRA) führte im Jahr 2010 verschiedene Versuche mit einer neuen Form von Tempokontrollen (im weiteren Sinne auch eine Nutzungserfassung), sogenannte Section Controls, auf Autobahnen durch^{ix}. Dabei werden nicht wie üblich punktuelle, sondern Tempokontrollen über einen genau definierten Streckenabschnitt durchgeführt. Beim Ein- und Ausfahren in die Kontrollabschnitte werden die Kennschilder automatisch erfasst und die Zeit gemessen, die für die Bewältigung der Strecke benötigt wurde. Berechnet sich für ein bestimmtes Fahrzeug eine Durchschnittsgeschwindigkeit, die über der erlaubten Limite liegt, werden die Fahrzeugdaten direkt an die Polizei weitergeleitet. Die Daten der Fahrzeuge, deren Durchschnittsgeschwindigkeit unter der Toleranzgrenze liegt, werden gelöscht bzw. in anonymisierter Weise für statistische Zwecke weiterverwendet.

Österreichische Untersuchungen^x haben gezeigt, dass flächendeckende Geschwindigkeitskontrollen eine allgemeine Geschwindigkeitsreduktion zur Folge haben und damit zu einer Verringerung der Unfallhäufigkeit einerseits und Unfallschwere andererseits führen. Die Reduzierung der Unfallrate wird in der Untersuchung mit 29% angegeben. Es muss hierbei jedoch angefügt werden, dass die Section Control nur dann eine durchschnittliche Temporeduktion zur Folge haben kann, wenn den Automobilisten auch bekannt ist, dass auf den definierten Streckenabschnitten Tempokontrollen dieser Art durchgeführt werden.

Betreiber

Aus Sicht der Betreiber ergeben sich aus dem Aufbau einer intermodalen Nutzungserfassung grosse Vorteile. Die übergreifende Verkehrserfassung erschliesst den verschiedenen Betreibern ein riesiges Datenangebot. Da ihnen neu auch verlässliche Informationen über die Auslastung anderer Verkehrsträger zur Verfügung stehen, ist es ihnen möglich, sich flexibler den aktuellen Marktanforderungen anzupassen. Dadurch wird sich das Kosten-Nutzen-Verhältnis zugunsten der Betreiber optimieren.

Durch neue Erfassungskonzepte (Bsp. Präsenzerfassung) können auch Verkehrsteilnehmer sichtbar gemacht werden, welche bis anhin "blind" gereist sind. Dieses Problem tritt zum Beispiel beim Kauf eines GA auf, womit sich Zugsreisende das Recht für einen Leistungsbezug auf dem gesamten Streckennetz des ÖV erwerben und dieses auch uneingeschränkt nutzen können. Dabei ist nicht bekannt, welche Streckenabschnitte am häufigsten frequentiert werden. Mit dem Einsatz von Basistechnologien zur Nutzererfassung kann jeder Reisende beim Bezug einer Verkehrsleistung registriert werden. Zudem lassen sich die gereisten Strecken bestimmen, was zu einem hohen statistischen Mehrwert führt.

Die höhere Transparenz bezüglich der bezogenen Leistungen – welche ein wesentliches verkehrspolitisches Ziel darstellt^{xi} –, ermöglicht den Betreibern von Verkehrsträgern, wie zum Beispiel der SBB oder dem ASTRA, eine Rechtfertigung ihrer Gebührenpolitik. Gegenüber den Nutzern kann Klarheit geschaffen werden, weshalb und vor allem wofür Preiserhöhungen nötig sind.^{xii} Gleichzeitig vermögen die Nutzer die angefallenen Reisekosten besser nachzuvollziehen und hilft bei der Akzeptanz von Nutzungsgebühren. Die verfügbaren Daten können als Grundlage für moderne Preismodelle dienen, welche neue Kundensegmente ansprechen und die Attraktivität des intermodalen Personenverkehrs zu steigern vermögen. Generell bietet die intermodale Nutzungserfassung durch moderne Mobile- und Telematiklösungen eine Basis, die Nachfrage besser über den Preis steuern zu können sowie eine verursachergerechte Gebührenerhebung einzuführen.^{xv}

Die umfängliche Nutzungserfassung im Personenverkehr unterstützt die Betreiber bei der Planung von neuen Anschlüssen und Verbindungspunkten. Die optimale Abstimmung von sich ergänzenden Verkehrsmitteln ist ein wesentlicher Faktor bei der Schaffung eines effizienten intermodalen Verkehrssystems.

Ein Nebeneffekt der Nutzungserfassung durch neue Basistechnologien, kann die Einführung von neuen Zahlungsfunktionen sein. Die Bezahlung der tatsächlich bezogenen Verkehrsleistung ("pay per use") könnte so gegen Vorauszahlung mit unpersönlicher oder auf Monatsrechnung mit persönlicher Identifikation realisiert werden. Weil Reisende dadurch vermehrt über persönliche Nutzerkonten verfügen, kann zudem eine stärkere und

längere Kundenbindung geschaffen werden. Für Betreiber wird es einfacher gezielte Anreize zu setzen und sie auf die Kundenbedürfnisse abzustimmen. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass auch anonyme Prepaid-Instrumente für die Anreizgestaltung genutzt werden können, da auch sie Auskunft über die Reisetätigkeit liefern können. Für gelegentliche und seltene Nutzer des Verkehrssystems verringern sich ausserdem der Aufwand sowie die Kosten für den Ticketkauf. Weil dadurch weniger Vorkenntnisse und Erfahrung vorausgesetzt werden, haben einfachere Zahlungsmethoden das Potential die Hemmschwelle für das Reisen zu senken.

Nicht zuletzt dient eine gezielt ausgerichtete Fahrgastinformation auch der Gewinnung neuer Kunden. Wenn die erfassten Nutzungsdaten den Reisenden in einfacher Weise als Informationsquelle wieder zur Verfügung gestellt werden, dann werden auch gelegentliche Nutzer auf die Vorteile des intermodalen Verkehrsnetzes aufmerksam. Die intermodale Nutzungserfassung wird dadurch noch stärker mit dem Marketing der Betreiber verknüpft.

2.2.2 Anforderungen

Reisende

Aus Sicht der eigentlichen Nutzer eines intermodalen Verkehrssystems, sind verschiedene Anforderungen an eine ganzheitliche Erfassung vorstellbar. Wichtige Aspekte sind die Einfachheit des Reisens und der Komfort der Erfassung. Für Reisende darf die Erfassung ihrer Reisetätigkeit keinen Mehraufwand bedeuten, da sich sonst die Attraktivität des intermodalen Personenverkehrs schmälert. Damit die Akzeptanz der Anwender gegeben ist, muss das Nutzerverhalten also automatisch und möglichst ohne Zutun der Reisenden erfolgen. Sollten passive Erfassungssysteme (ohne aktive Bestätigung des Nutzers) zum Einsatz kommen, dann haben diese verlässlich zu funktionieren. Gerade wenn die eigentliche Erfassung zusätzlich noch mit einer Bezahlungsfunktion verknüpft ist, dürfen nur Reisende erfasst werden, die auch tatsächlich Verkehrsleistungen beziehen.

Aus obiger Forderung nach Komfort erwächst eine weitere: die Nutzungserfassung muss sicher ablaufen und die Persönlichkeit schützen. Für eine qualitative intermodale Nutzungserfassung ist das Aufnehmen von persönlichen Daten notwendig, wobei diese jedoch ausschliesslich von den Betreibern für die bestimmten Zwecke verwendet werden dürfen. Die Privatsphäre der Verkehrsteilnehmer muss garantiert werden können.

Eine zentrale Anforderung an das Erfassungssystem betrifft die Information der Reisenden selbst. Es ist sinnvoll und nötig, dass die gesammelten Daten in personalisierter oder allgemein ausgewerteter Form in die Verkehrsinformationen einfließen. Ein verkehrsmittelübergreifender Informationsfluss über die aktuelle Verkehrslage, wenn möglich in Echtzeit, allenfalls unter Berücksichtigung der persönlichen Relevanz, erhöht die Attraktivität des intermodalen Personenverkehrs. Die optimale Verkehrsinformation bedingt jedoch, dass die Ist-Zustände des motorisierten Individualverkehrs und des öffentlichen Verkehrs dynamisch erfasst und wiedergegeben werden können.

Die zur Verfügung gestellte Information soll einfach und transparent sein und eine Grundlage für die Verkehrsmittelwahl liefern. Testversuche mit intermodalen Informationssystemen haben gezeigt, dass, obschon 20% der Nutzer ihr Reiseverhalten aufgrund der Information verändern, sie nicht gewillt sind, die vollen Kosten für solche Angebote zu tragenⁱⁱ,^{xiii}. Die wesentlichen Grundfunktionen sollten demnach kostenlos zur Verfügung gestellt werden können, wobei zusätzliche Dienstleistungen gegen einen Aufpreis erhältlich sind.

Während einer Reise mit mehreren Verkehrsträgern, muss die Interoperabilität der verschiedenen Erfassungssysteme gewährleistet sein. Auch wenn die Zukunftsvorstellung eines einzigen Erfassungssystems für den gesamten intermodalen Personenverkehr utopisch ist, sollte sich die Entwicklung von Erfassungskonzepten doch in diese Richtung konzentrieren. Die Akzeptanz der Verkehrsteilnehmer für eine ganzheitliche Nutzungserfassung sinkt mit der zunehmenden Anzahl an verschiedenen (nicht interoperablen) Erfassungskonzepten und -systemen.

Den Reisenden ist die Preisgerechtigkeit ein grosses Anliegen. Je nach dem welche Strecke auf welchem Verkehrsträger zurückgelegt wird, berechnet sich ein anderer Preis: wer teure Tunnels oder Hochgeschwindigkeitsstrecken benützt und in den Stosszeiten reist, zahlt einen entsprechend höheren Preis^{xv}. Eine laufende Nutzungserfassung bietet hier eine ideale Gelegenheit, die bezogenen Verkehrsleistungen präzise zu verrechnen. Diese Forderung wird besonders dann relevant, wenn der Vorwurf auftaucht, dass zum Beispiel wie beim Schweizer Generalabonnement (GA) der bezahlte Preis nicht den tatsächlich bezogenen Leistungen entspricht.^{xv}

Bei häufigen Nutzern des intermodalen Personenverkehrs kann zudem die Forderung nach einem integrierten Bonussystem mit Preisvorteilen aufkommen, ähnlich dem Miles & More Vielfliegerprogramm der Lufthansa^{xvi}. Analog zur Luftfahrt, wo durch Check-in Prozesse die genaue Strecke eines Passagiers ermittelbar ist, sollen im gesamten intermodalen Personenverkehr die tatsächlich bezogenen Leistungen abgebucht werden. Über ein Nutzerkonto können die gesammelten Streckenpunkte laufend überprüft und für weitere Leistungen wieder eingelöst werden. Ein übergreifendes Erfassungssystem soll diese automatische Verbuchung ermöglichen.

Betreiber

Für Betreiber von Verkehrsmitteln und Infrastrukturen ist es essentiell, dass die gewählten Erfassungssysteme verlässlich funktionieren. Besonders wenn die gesammelten Daten für weitere Zwecke wiederverwendet werden, muss eine hohe Informationsqualität gewährleistet sein. Eine starke Verlässlichkeit der eingesetzten Erfassungstechnologien ist deshalb eine Bedingung, dass Zusatzfunktionen wie neue Zahlungsmethoden oder Bonussysteme überhaupt aufgebaut werden können.

Sobald verschiedene Anbieter miteinander kooperieren müssen, treffen unweigerlich unterschiedliche Anforderungen aufeinander. Bei einer ganzheitlichen Nutzungserfassung des Personenverkehrs kann dieser Umstand zu Schwierigkeiten führen. Im intermodalen Verkehrssystem, wo öffentliche und private Anbieter aneinander gebunden sind, ist ein automatischer Datenaustausch nicht immer selbstverständlichⁱⁱ. Eine verkehrsmittelübergreifende Nutzungserfassung muss aus diesem Grund zentral so gesteuert sein, dass die Information sämtlichen involvierten Verkehrsanbietern in jeweils angemessener Güte zur Verfügung steht. Es dürfen keine Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Betreibern entstehen.

Eine weitere Anforderung die aus der schwierigen Natur des intermodalen Verkehrs erwächst, betrifft die Kostenverteilung unter den Betreibern. Die Anschaffungskosten sowie die folgenden Betriebskosten der Erfassungssysteme sind in einem angemessenen Rahmen zu gestalten und möglichst gerecht unter den Anbietern zu verteilen. Eine Überwälzung der Kosten auf die Verkehrsteilnehmer, welche direkten Nutzen aus der Verkehrserfassung ziehen, ist sicherlich zu überprüfen. Im Allgemeinen sollen sich Aufwand und Ertrag einer intermodalen Nutzungserfassung in einem langfristigen Gleichgewicht befinden. Eine kontinuierliche Aufrechterhaltung der Verkehrserfassung muss für alle Beteiligten profitabel sein. Die möglichen Nutzenpotentiale für jeden Betreiber sollten schnell sichtbar werden, sonst ist die Attraktivität einer intermodalen Verkehrserfassung nicht vorausgesetzt.

Wenn die Daten in Form von intermodalen Verkehrsinformationen den Nutzern in Echtzeit wieder zur Verfügung gestellt werden, dann sind diese Zusatzdienste auf kurze Sicht nicht selbstfinanzierendⁱⁱ. Aufgrund des vorherrschenden Wettbewerbes wird von den einzelnen Betreibern kaum der Wille aufkommen, ein ganzheitliches, intermodales Informationssystem zu finanzieren. Eine Alleinfinanzierung durch den öffentlichen Sektor, ist wiederum bei der betroffenen Bevölkerung nicht zu rechtfertigen. Es sind deshalb geeignete Geschäftsmodelle zur Finanzierung einer integrierten Nutzungserfassung zu erarbeiten und den betroffenen Leistungsanbietern vorzustellen. Obschon ein dynamischer Wettbewerb unter den Betreibern Preiseffekte zur Folge hat^{xvii}, ist ein grosses Mass an Kooperation zwischen dem öffentlichen und dem privaten Sektor notwendig, damit ein reibungsloses intermodales Erfassungssystem bestehen kann. Allgemein gesagt, dient der Wettbewerb auf dem freien Markt dem Kunden, doch erst die Kooperation unter den Anbietern ermöglicht einen intermodalen Personenverkehr ("cooperative competition" →

"Coopetition").

Aus Sicht der Betreiber wird neben der gerechten Kostenaufteilung auch die Einnahmenverteilung zwischen den Betreibern ein wichtiger Streitpunkt werden. Diese Diskussion läuft bereits heute zwischen den verschiedenen Betreibern des schweizerischen ÖV, wobei insbesondere die Einnahmen aus dem Verkauf von Generalabonnements immer wieder zum Kernpunkt werden. Bei der Auslegung eines intermodalen Verkehrssystem wird sich die ähnliche Frage stellen: welcher Betreiber ist zu welchem Anteil an den Einnahmen berechtigt?

Ein plötzlicher und vollumfänglicher Aufbau eines Erfassungssystems ist nicht realisierbar und auch nicht finanzierbar. Deshalb sind die Konzepte einfach, skalierbar und weitsichtig zu gestalten, so dass ein Ausbau schrittweise durchführbar ist und eventuelle Planungsänderungen nicht verunmöglicht werden. Die Basistechnologie zur Erfassung muss gleichzeitig robust gegenüber Systemveränderungen und flexibel einsetzbar sein. Damit ein ganzheitliches System für eine intermodale Nutzungserfassung nachhaltig betrieben werden kann, muss es korrekturfähig sein und sich den dynamischen Umständen des dynamischen Personenverkehrs anpassen können.

Aus der obigen Forderung nach Datenschutz auf Seiten der Reisenden, erwächst automatisch eine weitere Anforderung auf Seiten der Betreiber. Damit nämlich das Bedürfnis nach Wahrung der Privatsphäre erfüllt werden kann, müssen die Erfassungssysteme sicher funktionieren und eine geschützte Verarbeitung der gesammelten Daten gewährleisten. Um die rechtlichen Grundlagen des Datenschutzgesetzes nicht zu verletzen, wird das Interesse der Betreiber an sicheren Erfassungssystemen dementsprechend gross sein. Da sich hier die Anforderungen der Reisenden mit jenen der Betreiber decken, werden jedoch kaum Probleme bei der Realisierung auftauchen. Den Betreibern ist das Thema Datenschutz ebenso wichtig wie den erfassten Reisenden.

Bei sämtlichen Nutzen stellt sich für die Betreiber die Frage nach der Wirtschaftlichkeit, was eine entscheidende Anforderung an ein Nutzungserfassungssystem ist. Es gilt sowohl qualitative Verbesserungen als auch direkt quantifizierbare Nutzen zu erzielen. Direkte quantitative Aussagen bezüglich des Nutzen lassen sich im Rahmen dieses Forschungsberichtes nicht machen und wären daher ein Forschungsziel eines fortführenden Projektes.

2.2.3 Herausforderungen

Ein erfolgreicher Aufbau eines intermodalen Erfassungssystems hängt von verschiedenen Faktoren ab, die nicht leicht zu überwinden sind. Eine von der Europäischen Kommission vorangetriebene Studieⁱⁱ über die Entwicklung des intermodalen Personenverkehrs identifiziert folgende allgemeinen Herausforderungen, die aber durchaus auch beim Aufbau eines umfangreichen Nutzungserfassungssystems auftreten:

- Politische Unterstützung
- Planung und Design
- Koordination –vs.– Wettbewerb
- Rechtsfragen
- Finanzierung
- Technische Umsetzung

Das schwierige Gleichgewicht zwischen Koordination und Wettbewerb, sowie die Finanzierung eines Nutzungserfassungssystems, wurden schon unter den verschiedenen Anforderungen der Betreiber kurz erläutert. Sie sollen an dieser Stelle nicht noch einmal aufgegriffen werden. Planerische Schwierigkeiten und mögliche technische Umsetzungen werden in späteren Kapiteln genauer beleuchtet.

An dieser Stelle soll deshalb spezifisch auf rechtliche Probleme, insbesondere des Datenschutzes, und die damit einhergehende politische Unterstützung, eingegangen wer-

den. Zusätzlich werden allgemeine organisatorische Schwierigkeiten zwischen den Mitgliedern einer allfälligen Trägerschaft, sowie die notwendige gesellschaftliche Akzeptanz diskutiert.

Organisatorische Aspekte

Es ist im Vorhinein nicht klar, welche Betreiber überhaupt gewillt sind, sich einem intermodalen Nutzungserfassungssystem anzuschliessen. Zum Beispiel bei Billig-Fluggesellschaften dürfte das Interesse an all zu starker Intermodalität aufgrund der anfallenden Kosten oder der sinkenden Wettbewerbsfähigkeit, eher klein sein. Im heutigen Verkehrssystem ist es selten, dass sich die stark expandierenden Billig-Fluggesellschaften den kombinierten Ticketoptionen zwischen Bahn- und Flugverkehr, wie zum Beispiel Fly-Rail beteiligenⁱⁱ. Eine reibungslose Entwicklung des intermodalen Personenverkehrs kann deshalb nicht ohne Weiteres garantiert werden. Absprachen über Organisation und Beteiligungen können an diametral verschiedenen Vorstellungen scheitern. Wenn die Intermodalität des Verkehrssystems nicht gewährleistet werden kann, dann steht auch die intermodale Nutzungserfassung auf unsicherem Boden.

Weitere Interessenskonflikte zwischen den verschiedenen öffentlichen und privaten Betreibern im Personenverkehr, führen zu einem Mangel an frei verfügbaren Marktdaten. Während die erfassten Daten von öffentlichen Betreibern oftmals als öffentliches Gut betrachtet werden, kann dies bei Betreibern aus dem privaten Sektor nicht behauptet werden. In der Realität aber sehen sich die Betreiber von Verkehrsträgern sowohl aus dem privaten wie auch dem öffentlichen Sektor als Eigentümer über die von ihnen gesammelten Daten. Dadurch wird die Verfügbarkeit von vorhandenen Marktdaten stark eingeschränkt. Dies führt zum Umstand, dass die Betreiber über unterschiedliche Daten verfügen. Eine fundierte, und vor allem quantitative Diskussion über die Vor- und Nachteile des intermodalen Personenverkehrs ist dadurch nicht immer möglich.

Wenn also die Daten nicht uneingeschränkt zwischen den beteiligten Betreibern umher gereicht werden, dann kann auch kein konsistenter Nutzen aus den erfassten Daten gewonnen werden. Damit die Qualität der erfassten Daten nicht unter diesen Schwierigkeiten leidet, müssen klare vertragliche Abmachungen den freien Datenaustausch zwischen den Betreibern regeln.ⁱⁱ

Damit ein nachhaltiges Erhebungssystem aufgebaut werden kann, ist das Zusammenwirken verschiedener Faktoren nötig. Die Nutzungserfassung zwischen den sich ergänzenden Verkehrsträgern, bedingt nicht nur eine technische, sondern auch eine betriebliche und eine vertragliche Interoperabilität^{xviii}. Obschon die EU eine Richtlinie über die elektronische Interoperabilität von Gebührenerfassungssystemen^{xx} herausgegeben hat, bleiben Unklarheiten bestehen. Die unterschiedliche Natur der verschiedenen Verkehrsträger sowie deren unterschiedlicher Betrieb und Nutzung erschweren eine Anpassung.

Rechtsfragen – Schutz der Privatsphäre

Je nachdem wie die persönliche Nutzungserfassung abläuft, ist das Vorgehen genau auf die rechtlichen Anforderungen des Datenschutzes abzustimmen^{xx}, ^{xxi}. Der Schutz der Privatsphäre sieht sich zunehmend schwierigeren Herausforderungen gegenübergestellt. Gerade im Rahmen einer umfänglichen und vor allem persönlichen Erfassung der Reistätigkeit, ist eine datenschutzfreundliche Gestaltung der Technik und des Systems nötig. Im Synthesebericht^{xviii} des Bundesamts für Strassen über ein mögliches Mobility Pricing in der Schweiz wird das Thema Datenschutz im Verkehrswesen beleuchtet. Dort wird festgehalten, dass lediglich Daten über den persönlichen Leistungsbezug erfasst werden dürfen und sämtliche Informationen die nicht direkt mit der Nutzung und der Kontrolle verknüpft sind, geschützt werden sollen. Gemäss Art. 7 des Bundesgesetzes über den Datenschutz^{xxii} sind Personendaten angemessen durch technische und organisatorische Massnahmen zu schützen. Kritisch wird die Nutzungserfassung dann, wenn die erhobenen Daten genutzt werden, um ein Persönlichkeitsprofil aus der Reisetätigkeit abzuleiten. Diese Umstände öffnen ein neues Spannungsfeld, denn eine intermodale Nutzungserfassung wird besonders dann interessant, wenn die erhobenen Daten einen örtlichen und zeitlichen Bezug haben und einer eindeutigen (persönlichen oder anonymen) Identität zugeteilt werden können. Erst dadurch kann ein vollständiges Bewegungsprofil erstellt werden. Bei solch detaillierten und dynamisch aufgebauten Erfassungssystemen ist ganz

besonders auf die Einhaltung des Datenschutzes zu achten, insbesondere aber nicht nur im Falle persönlicher Identitäten. Der Inhaber der Datensammlung (wahrscheinlich der Betreiber der Nutzungserfassung) muss in diesem Fall den betroffenen Reisenden über den Zweck der Bearbeitung informieren (Art. 7a, Abs.2). Gerade weil die Angst vor dem "gläsernen Bürger" die gesellschaftliche Akzeptanz behindern kann, ist die politische Unterstützung bei einer Lösungsfindung sehr wichtig. Der Forschungsbericht des ASTRA über Mobility Pricing in der Schweiz^{xviii} weist jedoch darauf hin, dass trotz der grossen Medienpräsenz, datenschutzrechtliche Fragen einen eher geringen Einfluss auf die gesellschaftliche Akzeptanz von umfangreichen Erfassungsmethoden haben.

Die Verwendung unpersönlicher Identifikationsinstrumente ermöglicht den Reisenden die Wahrung ihrer Privatsphäre. Die Verknüpfung der erfassten Daten mit dem jeweiligen Persönlichkeitsprofil des Reisenden lässt sich dadurch nach Einwilligung des Reisenden herstellen, kann aber bei Bedarf auch wieder gelöscht werden. Wenn jedoch eine Verknüpfung von Daten zu einer bestimmten Person mit Sicherheit oder hoher Wahrscheinlichkeit² möglich ist, dann sind Zugriffskontrollen so anzulegen, dass nur Berechtigte zu ihnen Zugriff haben. Weil die Fähigkeit, personenbezogene Daten zu anonymisieren, bei der Auswahl der Erfassungskonzepte entscheidend sein kann, wird sie in Kapitel 3.2.6 als Unterscheidungsmerkmal eingeführt und genauer besprochen.

Politischen und rechtlichen Bedenken gegen eine einzige, universelle, elektronisch erfassbare Identität könnte durch kryptographische Sicherheitsmassnahmen Rechnung getragen werden. Z.B. könnte der Reisende in verschiedenen Applikationen (z.B. ÖV, Parking, Mobility, ...) unabhängige Identitäten tragen, welche so verschlüsselt wären, dass eine Datenzusammenführung nur mit aktiver Mitwirkung des Reisenden möglich wäre.

Gemäss dem schweizerischen Forschungsbericht über die Möglichkeit des Mobility Pricing^{xviii} in der Schweiz, lassen sich Erfassungssysteme aufgrund ihrer unterschiedlich erhobenen Daten in 3 Klassen einteilen:

1. Keine Daten mit örtlichem und zeitlichem Bezug
2. Gewisse Daten mit örtlichem und zeitlichen Bezug
3. Detaillierte Daten mit örtlichem und zeitlichem Bezug

Bei der ersten Klasse lassen sich keine persönlichen Bewegungsprofile der Reisenden erstellen, weil die Daten weder einen örtlichen noch einen zeitlichen Bezug erlauben (Bsp. Vignette). Da bei Erfassungssystemen der zweiten Klasse ein Teil der Daten an spezifischen Orten oder zu einem bestimmten Zeitpunkt erhoben wird, lassen sich daraus ungefähre Bewegungsprofile ableiten (Bsp. LSVÄ). Aus Sicht des Datenschutzes sind diese beiden ersten Klassen deshalb nicht besonders problematisch, beziehungsweise mit strengen Zugriffskontrollen zu sichern.

Statistisch von besonderem Interesse sind detaillierte Daten die durch Erfassungssysteme der dritten Klasse erhoben werden. Sie werden laufend sowohl mit einem örtlichen als auch mit einem zeitlichen Bezug gespeichert. Wenn deren Rohdaten eine Rekonstruktion der Bewegungsprofile ermöglichen, hat der Datenschutz bei Erfassungssystemen dieser Klasse, höchste Priorität.

Gesellschaftliche Akzeptanz

Neben den eher offensichtlicheren organisatorischen Schwierigkeiten existiert schlussendlich auch noch der Faktor Mensch. Unklarheiten bezüglich der gesellschaftlichen Akzeptanz einer vollumfänglichen Erfassung der Reisetätigkeit behindern deren reibungslose Einführung.

Da der Begriff der "gesellschaftlichen Akzeptanz" sehr allgemein formuliert ist und viel Freiraum für Interpretation lässt, bietet sich eine Unterscheidung an^{xviii}:

² Auch anonyme Daten erlauben es, den Personenkreis, auf den sie zutreffen, einzuschränken, allenfalls bis hin zu einer bestimmten Person.

- Individuelle Akzeptanz der Benutzer
- Akzeptanz der verschiedenen Bevölkerungsgruppen
- Politische Akzeptanz (Bund, Kanton, Gemeinde)
- Internationale Akzeptanz und Einbettung

Die Realisierung eines Erfassungssystems wird dann schwierig, wenn die Nutzer des intermodalen Verkehrs nicht vollständig überwacht werden wollen. Ob dieses Unbehagen gegenüber "Big-Brother-Szenarien" gerechtfertigt ist, muss nicht diskutiert werden. Vielmehr sollte die allgemeine Akzeptanz in den Fokus gerückt werden. Fest steht nämlich, dass die vollumfängliche Nutzungserfassung nur funktionieren kann, wenn sie von den Reisenden gesellschaftlich auch angenommen wird. Des Weiteren gilt es abzuklären, inwiefern potentielle oder auch gelegentliche Nutzer des intermodalen Verkehrssystems einer kompletten (persönlichen oder anonymen) Erfassung ihrer Reisetätigkeit gegenüberstehen. So ist noch nicht geklärt, ob und wie sich potentielle und regelmässige Reisende in ihrer Einstellung gegenüber einer Nutzungserfassung unterscheiden. Solche fundamentalen Unklarheiten müssen mit sozialwissenschaftlichen Methoden ergründet werden. Spezifische Fragebögen und Interviews aber auch Erfahrungswerte aus anderen Ländern sind die gängigsten Werkzeuge und können Antworten liefern.

Neben der Abneigung gegen Überwachung, kann auch ein allfälliger Stellenabbau im öffentlichen Verkehr zu einem Diskussionsthema werden. Die Angst, dass Zugbegleiter und Kontrolleure aufgrund der automatischen Erfassung nicht mehr gebraucht werden ist verständlich, aber eher unbegründet. Auch wenn ein Nutzungserfassungssystem vollautomatisch abläuft, so sind immer noch Kontrollen nötig.

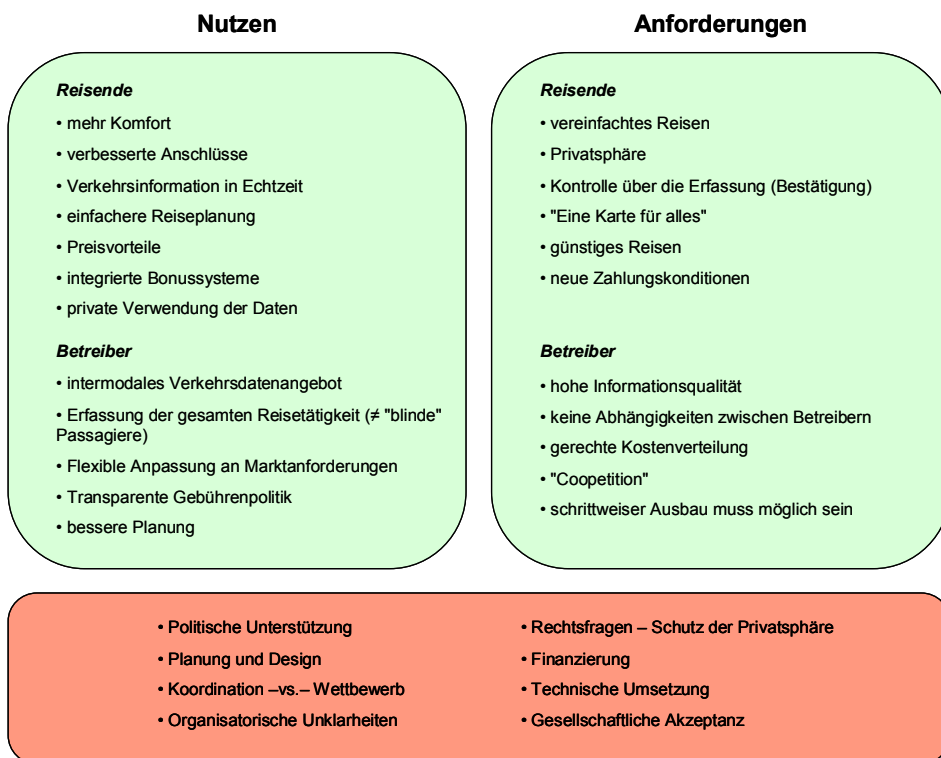


Abbildung 4 Nutzen, Anforderungen und Schwierigkeiten einer intermodalen Nutzungserfassung (eigene Darstellung)

3 Erfassungskonzepte

Eine Erfassung kann auf viele verschiedene Arten durchgeführt werden. Ein Erfassungskonzept muss den Anforderungen sowohl der Betreiber als auch der Reisenden genügen, wobei die Kriterien unterschiedlich gewichtet werden können. Es folgt eine beispielhafte Auflistung von Fragen, welche die Kompromisse während der Spezifikationsphase eines solchen Systems verdeutlichen sollen.

Reicht eine einfache Erfassung der Fahrzeuge oder müssen die darin Reisenden ebenfalls registriert werden? Sollen nur die Durchfahrten an einer bestimmten Streckenstelle gezählt werden, oder ist die genau zurückgelegte Strecke auch aufzuzeichnen?

In diesem Kapitel werden wichtige Unterscheidungsmerkmale der verschiedenen Erfassungskonzepte eingeführt, bevor im Rahmen des Kapitels 5 auf unterschiedliche Praxisbeispiele eingegangen wird. Die Gemeinsamkeiten und die auftretenden Unterschiede werden dabei genauso hervorgehoben wie die Vor- und Nachteile der beschriebenen Konzepte.

Unser Verständnis von bekannten Erfassungskonzepten wie "Be-In Be-Out" (BIBO), "Check-In Check-Out" (CICO), "Walk-In Walk-Out" (WIWO) sowie deren Kombinationen wird in einem ersten Teil dokumentiert. Dieser bildet die Grundlage um Unterscheidungsmerkmale zu identifizieren und zu erläutern.

3.1 Gängige Erfassungskonzepte

Die dokumentierten Erfassungskonzepte sind BIBO, CICO, WIWO sowie deren Kombinationen. Zum Verständnis wird das Prinzip anhand des abstrakten Modells einer Fahrzeugbrücke aufgezeigt. Ein Ziel der Nutzungserfassung auf der Brücke besteht darin, alle 10 Sekunden die Anzahl Fahrzeuge welche sich auf der Brücke befinden, festzustellen. Die unterschiedlichen Erfassungskonzepte entsprechen jeweils einer eigenen Lösungsstrategie für diese Aufgabe.

3.1.1 Check-In Check-Out (CICO)

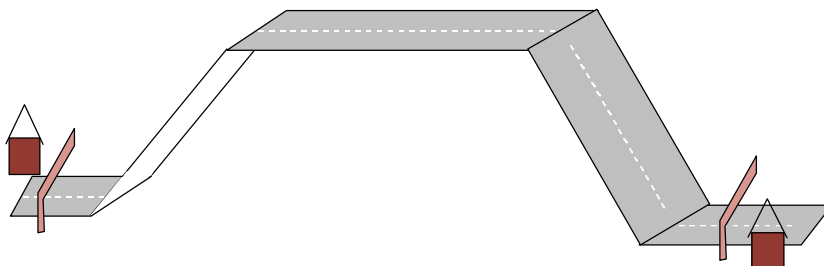


Abbildung 5 Check-In Check-Out für einen Brückenzoll mit Barriere und Zollhaus

Check-In Check-Out beschreibt ein Erfassungskonzept, wobei das zu erfassende Objekt, z.B. das Fahrzeug, an zwei sequentiellen Durchgängen erfasst wird. Der Erste befindet sich am Start und der Zweite am Ende der Reise.

In der obigen Darstellung wird der Fahrzeugführer zuerst vor dem Befahren und später beim Verlassen der Brücke erfasst. Die beiden Barrieren sowie die Zollhäuser stellen diese Tatsache symbolisch dar.

Der "Check-In" ist der erste Teil der Nutzungserfassung. Er findet beim ersten Zollhaus vor dem Befahren der Brücke statt. An diesem Durchgangspunkt wird das Fahrzeug durch die geschlossene Barriere gestoppt. Der Fahrzeugführer weist sich gegenüber dem Zöllner aus und bezahlt eine Überfahrtstaxe. Als "Check" wird im Zusammenhang mit Erfassungssystem gesprochen, wenn das Subjekt, hier der Fahrzeughalterführer, etwas aktiv tun muss, damit es erfasst wird. In diesem Szenario entspricht die Aktivität dem Aus-

händigen der Papiere.

Der zweite sequentielle Schritt des CICO der "Check-Out" findet beim zweiten Durchgangspunkt statt. Dieser befindet sich am Ende der Brücke. Wieder findet ein "Check" statt und der Fahrzeughalter muss sich nochmals aktiv ausweisen sowie den Überfahrtschein abgeben.

"Check-In-Check-Out"-Verfahren finden zusammenfassend vor sowie beim Verlassen des beschränkten Bereichs statt, hier die Brücke. Bei jedem "Check" muss das zu erfassende Subjekt, hier der Fahrzeugführer, etwas aktiv tun, damit die Erfassung ausgelöst oder durchgeführt werden kann. Ansonsten darf er das System, hier die Brücke, nicht betreten bzw. verlassen.

3.1.2 Walk-In Walk-Out (WIWO)

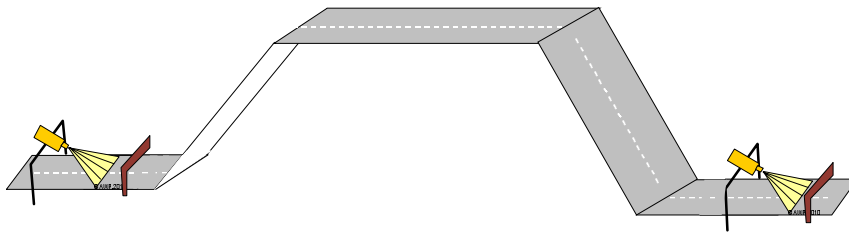


Abbildung 6 Walk-In Walk-Out für einen Brückenzoll mit Auslesen der Fahrzeugnummer vor der Barriere

Walk-In Walk-Out beschreibt ein weiteres Konzept der Nutzungserfassung. Dabei wird das zu erfassende Objekt, z.B. das Fahrzeug, an zwei sequentiellen Durchgängen erfasst. Der Erste befindet sich am Start und der Zweite am Ende der Reise. Im Unterschied zum CICO findet an den Erfassungspunkten eine passive Erfassung ohne aktive Beteiligung des Reisenden statt.

Der "Walk-In" ist der erste Teil der Erfassung. Er findet in der obigen Darstellung beim ersten Erfassungspunkt vor der Brücke statt. Eine Kamera liest das Kontrollschild des Fahrzeugs während der Durchfahrt aus. Wenn dies gelingt, dann öffnet sich für das Fahrzeug die Zugangsbarriere zur Brücke. Es ist kein aktives Zutun durch den Fahrzeugführer nötig im Gegensatz zum CICO. Die Erfassung geschieht vollautomatisch.

Der "Walk-Out" findet beim zweiten Erfassungspunkt beim Verlassen der Brücke statt. Wiederum liest hier eine Kamera das Fahrzeug-Kontrollschild aus. Wenn die Erfassung des Kontrollschildes und die Identifikation des Fahrzeughalters gelingen, dann öffnet sich die Ausgangsbarriere. Der Fahrzeugführer muss wiederum nichts für die Erfassung beitragen.

"Walk-In-Walk-Out"-Verfahren finden zusammenfassend vor sowie beim Verlassen des beschränkten Bereichs, hier die Brücke, statt. Bei jedem "Walk" wird das zu erfassende Subjekt, hier der Fahrzeughalter, ohne aktives Zutun aufgezeichnet.

3.1.3 Be-In Be-Out (BIBO)

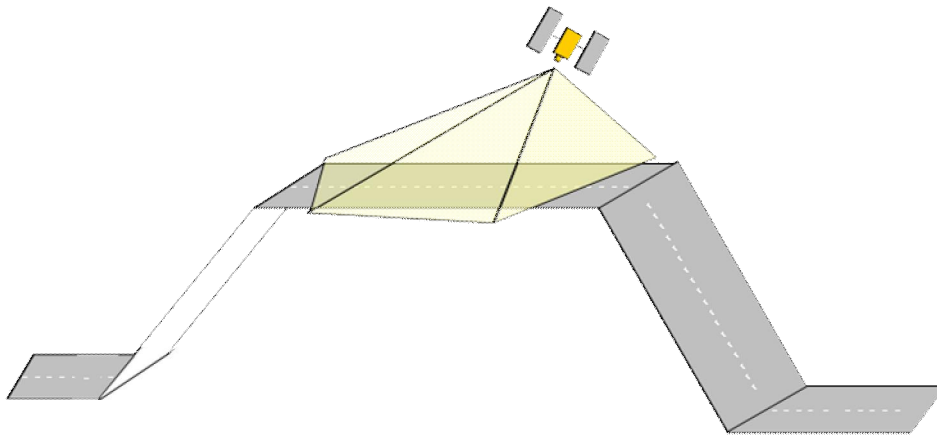


Abbildung 7 Be-In Be-Out für eine Zählung der Fahrzeuge auf einer Brücke

Das Be-In Be-Out Erfassungsprinzip bedingt keine Schranken vor oder nach der Brücke. Es ist ein offenes System. Die Erfassung findet erst nach dem Betreten und vor dem Verlassen statt.

Das Be-In in der obigen Darstellung entspricht dem Befahren der Brücke ohne vorangehenden Check an einer Schranke. Das Erfassungsgerät schießt jede Sekunde ein Live-Bild der Fahrzeuge auf der Fahrbahn der Brücke. Mit Hilfe einer Bildanalyse werden die Fahrzeuge identifiziert und mit vorangegangenen Bildern abgeglichen. Wenn ein Fahrzeug schon auf den vorherigen Bildern war, dann wird es als noch auf der Brücke markiert. Wenn aber ein Fahrzeug das erste Mal auf dem aktuellen Live-Bild erfasst wird, dann wird die Anzahl erfasster Fahrzeuge auf der Brücke um eines erhöht.

Das Be-Out entspricht dem Verlassen der Brücke ohne Check an einer Barriere. Erst bei der Analyse des nächsten Live-Bildes der Fahrzeuge auf der Brückenfahrbahn wird festgestellt, welche Fahrzeuge in der Zwischenzeit die Brücke verlassen haben.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein Be-In Be-Out-System keiner Durchgangs- sondern einer Präsenzerfassung in einem abgeschlossenen Bereich entspricht. Diese Präsenzerfassung findet gleich wie bei einem Walk-in Walk-out ohne aktives Zutun des zu Erfassenden statt.

3.1.4 Kombinationen

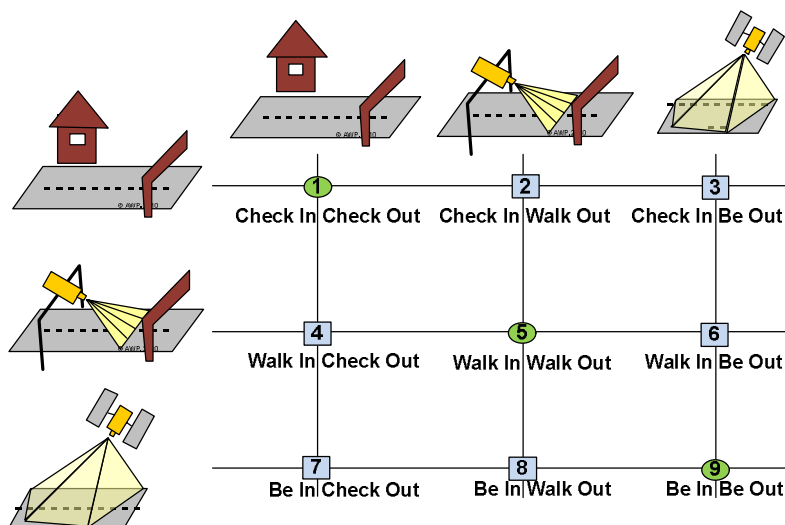


Abbildung 8 Mögliche Kombinationen der Erfassungsprinzipien

Die beschriebenen Erfassungskonzepte können beliebig kombiniert werden. Dies ist aus der obigen Darstellung ersichtlich.

Eine Kombination ist das Walk-In Check-Out. Es beschreibt ein Erfassungskonzept bei welchem eine Erfassung sowohl vor dem Betreten als auch beim Verlassen stattfindet. Vor dem Betreten wird z.B. das Nummernschild des Fahrzeuges erfasst um den Fahrzeughalter zu identifizieren. Beim Verlassen des Bereiches wird das Kontrollschild nochmals ausgelesen. Damit kann eine Nutzungsgebühr bezogen auf die Verweildauer im System berechnet und beim Check-Out einkassiert werden.

Eine weitere denkbare Kombination ist das Check-In Be-Out (CIBO), welches eine aktive Benutzerhandlung beim Einsteigen mit dem automatischen Erkennen des Aussteigens aus einem Fahrzeug verknüpft. Damit wird ein häufig auftretendes Problem bei der Anwendung von CICO in offenen (schrankenlosen) Verkehrssystemen gelöst, nämlich der vergessene Check-Out. So sollen im offenen Bereich (Overground) des Londoner Oyster Systems im Durchschnitt ca. 6% der Passagiere den Check-Out vergessen.

Eine bloße Eingangskontrolle (Check-in, Walk-in oder Be-in) ermöglicht die Zutrittskontrolle, die Entwertung von Tickets, die Erfassung der Häufigkeit und des Zeitpunktes der Nutzung u.a.m.. Ein interessantes Beispiel ist 5.3.

3.2 Unterscheidungsmerkmale

Die Unterscheidungsmerkmale helfen konkrete Erfassungssysteme zu klassifizieren und mit aus unserer Sicht objektiven Kriterien unter einander zu vergleichen.

Viele dieser Kriterien sind aus der Betrachtung von bekannten Erfassungsprinzipien wie Be-In Be-Out sowie von konkreten Beispielen aus der Praxis entstanden

3.2.1 Auslösung der Erfassung

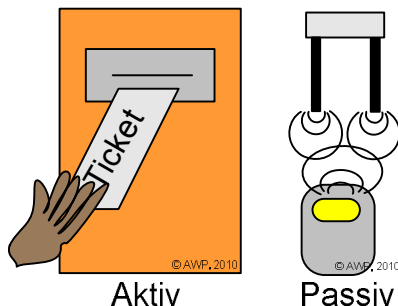


Abbildung 9 Auslösung der Erfassung durch aktiven oder passiven Impuls des zu Erfassenden

Muss der Reisende einen aktiven Impuls geben um die Erfassung auszulösen? Die Antwort zu dieser Frage ist eine einfache Möglichkeit verschiedene Konzepte zu unterscheiden. Zur Beantwortung wird untersucht, inwiefern eine Person die Erfassung willentlich auslöst, oder ob diese passiv, ohne weiteres Zutun zu Stande kommt. Dieses Unterscheidungsmerkmal wird in den folgenden Abschnitten anhand von Szenarien für beide Ausprägungen verdeutlicht.

Vereinfacht betrachtet, besteht ein Parkhaus aus einem mit Parkmöglichkeiten versehenen Raum, der durch Barrieren an den Ein- und Ausfahrten von der Umwelt abgeschottet ist. Vor der Eingangsbarriere ist der Fahrzeugführer aufgefordert, aktiv einen Einlassknopf zu betätigen um die Abschränkung zu öffnen. Im Parkhaus selber kann sich das Fahrzeug ohne weitere Erfassung beliebig bewegen. Um später das Parkhaus mit dem Fahrzeug wieder verlassen zu können, muss der Reisende erneut aktiv die Ausgangsbarriere betätigen. In den meisten Fällen bedingt die Freigabe der Ausfahrt das Einführen eines Tickets. Zusammenfassend wird in diesem Szenario vom Reisenden sowohl bei der Einfahrt als auch bei der Ausfahrt eine aktive, willentliche Betätigung des Erfas-

sungssystems verlangt.

In diesem beispielhaften Parkhaus werden die Fahrzeuge der Stammkunden mit einem Funkchip ausgerüstet. Die Erfassung der Parkhausnutzung durch solche Fahrzeuge erfolgt passiv, d.h. ohne aktive Beteiligung des Fahrzeuginsassen. Wenn sich das Fahrzeug eines Stammkunden mit angepasster Geschwindigkeit der geschlossenen Eingangsbarriere nähert, dann nimmt ein Sensor automatischen Kontakt mit dem im Auto angebrachten Funkchip auf. Gelingt die Identifikation des Stammkunden, dann öffnet sich die Schranke und die Einfahrt wird gewährt. Bei der späteren Ausfahrt erfolgt eine weitere, passive Identifikation über den Funkkontakt. Eine bewusste Betätigung des Erfassungssystems durch die Stammkunden erübrigt sich.

Bei der Auslösung der Erfassung unterscheiden wir zusammenfassend zwischen einem aktiven oder passiven Impuls durch den Reisenden.

3.2.2 Räumliche Dimensionierung der Erfassung

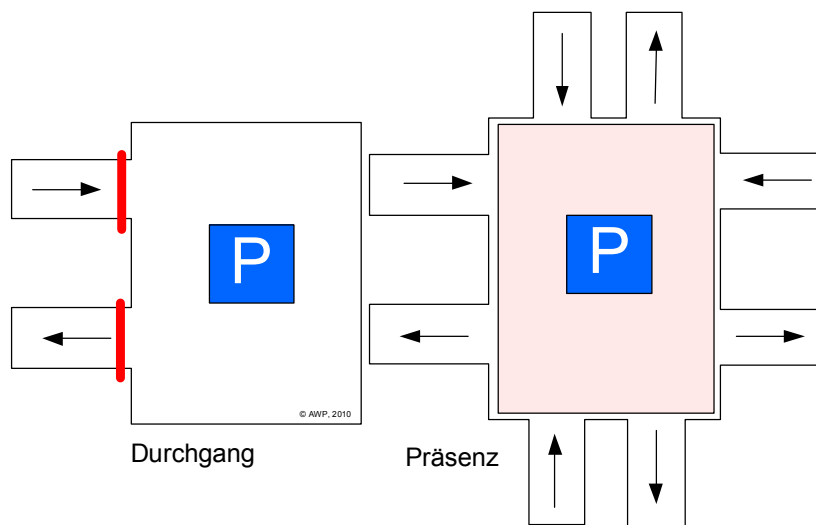


Abbildung 10 Räumliche Dimensionierung der Erfassung. Durchgangserfassung mit Barrieren und Präsenzerfassung auf einem Parkfeld

Die Interaktion des Reisenden mit dem Erfassungssystem kann grundsätzlich an einem Punkt bzw. Linie oder in einem räumlich begrenzten Bereich stattfinden.

Im Parkhaus-Szenario aus Abschnitt 3.2.1 findet eine Erfassung an einem bestimmten Durchgangspunkt statt, nämlich vor der Barriere. Alternativ könnte ein Parkhaus auch ohne Schranken funktionieren. Die Präsenz von parkierten Fahrzeugen mit einem eingebauten Funkchip würde im gesamten Parkbereich durch entsprechende Sensoren erfasst, sobald dieses sich für paar Minuten nicht bewegt.

Im Rahmen dieser Arbeit unterscheiden wir zwischen Durchgangs- und Präsenzerfassung. Die Durchgangserfassung bedingt ein Konzept um Nutzer durch einen bestimmten Durchgang zu schleusen, wo die Interaktion mit dem Erfassungssystem stattfindet. Das Gegenteil bezeichnen wir als Präsenzerfassung. Dabei findet die Erfassung in einem räumlich begrenzten Bereich statt. Diese Unterscheidung wird in den folgenden Szenarien verdeutlicht.

Ein weiteres Szenario ist die Erfassung der Arbeitszeit sowie des Arbeitsortes von Ausendienstmitarbeitern. Wenn der Mitarbeiter nach der Mittagspause mit der Arbeit beginnt, dann drückt er auf einen Knopf eines Tastenmoduls in seinem Fahrzeug. Dies aktiviert die Erfassung durch eine Ortung des Fahrzeuges mittels GPS im zugewiesenen Arbeitsgebiet des Mitarbeiters^{xxiii}. Weil seine Präsenz im vordefinierten Bereich ermittelbar ist, beschreibt auch dieses Beispiel eine Präsenzerfassung.

In diesem Zusammenhang wird in der Literatur auch von "offenen" vs. "geschlossene" Systeme gesprochen. Ein geschlossenes System entspricht einer Durchgangserfassung in Kombination mit einer präventiven Betrugsbekämpfungsmassnahme z.B. gegen blinde Passagiere. Es hindert diese am Antritt der Reise, in dem sie bei einer negativen Erfassung physisch beim Durchgang aufgehalten werden. Bei einem "offenen" System findet eine Erfassung später statt. Erst nach dem Betreten des Verkehrsmittels können blinde Passagiere durch andere manuelle Kontrollen der Fahrscheine detektiert werden. Sie können dann durch korrigierende Massnahmen aus dem Verkehrsmittel entfernt oder finanziell mittels Busse belangt werden.

3.2.3 Anzahl Erfassungspunkte

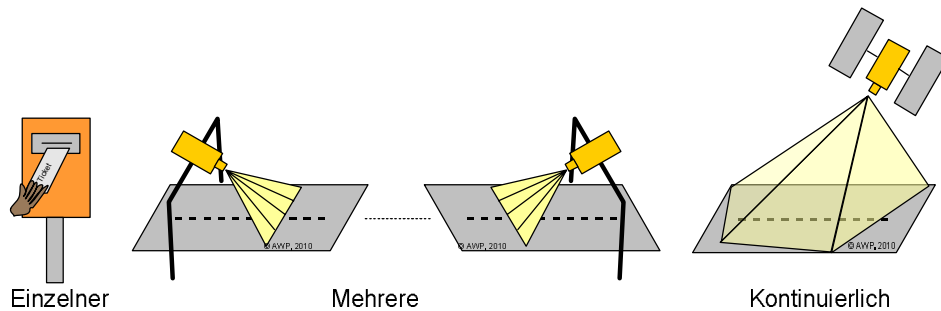


Abbildung 11 Anzahl Erfassungspunkte: Einzelner, Mehrere und Kontinuierlich

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal für Erfassungskonzepte beschreibt die Anzahl der Erfassungspunkte. Hierbei kann aus unserer Sicht zwischen Systemen mit nur einem, mit mehreren und mit kontinuierlichen Erfassungspunkten unterschieden werden. Eine Nutzungserfassung ohne Erfassungspunkt ist gemäss unserer Definition eben dieser nicht möglich. Anhand der folgenden Szenarien werden diese Begriffe verdeutlicht.

Im ersten Szenario wird dargestellt, warum es mindestens einen Erfassungspunkt braucht. So kann ein Autolenker ohne Erfassung in eine kleine Quartierstrasse abbiegen, auf ihr fahren und sie anschliessend auch ohne Erfassung wieder verlassen. Es ist nicht feststellbar, für welche Dauer und an welchen Stellen die Quartierstrasse benutzt wurde. Wird dies verlangt, dann muss zum Beispiel temporär eine manuelle Erfassung durch eine Verkehrszählung vorgenommen werden.

Die Nutzungserfassung mit nur einem Erfassungspunkt ist häufig, wobei sich als Szenario das U-Bahnsystem der Stadt New York anbietet. Dieses ist mit Eingangs- und Ausgangsschleusen versehen um zum Bahnsteig zu gelangen, respektive diesen wieder zu verlassen. Die Eingangsschleuse öffnet sich nur, wenn ein gültiger Fahrschein eingeführt wird. Dadurch ist es dem Betreiber des Erfassungssystems möglich, unter anderem Daten über den zeitlichen und räumlichen Beginn der U-Bahn Nutzung durch den Reisenden zu erheben. An jeder Station kann der Reisende das U-Bahnsystem durch eine identische Ausgangsschleuse ohne Überprüfung des Fahrscheins wieder verlassen. Diese Vorgehensweise erlaubt es deshalb nicht, die wirklich genutzte Strecke sowie die Enddestination eines U-Bahn Reisenden zu rekonstruieren.

Weit verbreitet ist die Nutzungserfassung durch mehrere und fixe Erfassungspunkte. Fix bedeutet für uns, dass sie unveränderlich am gleichen Ort angebracht sind und sich nicht mit dem Reisenden oder dem Verkehrsmittel mitbewegen. Ein Szenario ist das European Train Control System (ETCS). Es verwendet zur Ermittlung der Position eines fahrenden Zuges in die Geleise eingelassene elektronische Kilometersteine (Eurobalisen). Passiert ein Zug einen solchen Erfassungspunkt, dann wird über eine Frequenzumtastung der momentane Streckenkilometer und somit die aktuelle Position des Zuges einer zentralen Leitstelle übermittelt. Weil der Zug zwingend sämtliche Erfassungspunkte auf der vorgegebenen Strecke abfährt, ist seine zeitliche und räumliche Position stets ungefähr bestimmbar.

Eine kontinuierliche Nutzungserfassung hat keine vordefinierten räumlichen Erfassungspunkte. Dazu kann das Erfassungsgerät direkt im Verkehrsmittel angebracht werden. Ein

solches Verfahren wird im heutigen Erfassungssystem der leistungsabhängigen Schweizer Verkehrsabgabe der Schweiz eingesetzt. Das im Fahrzeug installierte Gerät bewegt sich mit diesem mit, sodass die Erfassung der Nutzung der Strasse durch das Fahrzeug auf dem gesamten Perimeter der Schweiz erfasst wird^{xxiv}.

3.2.4 Erfassungszeitpunkte

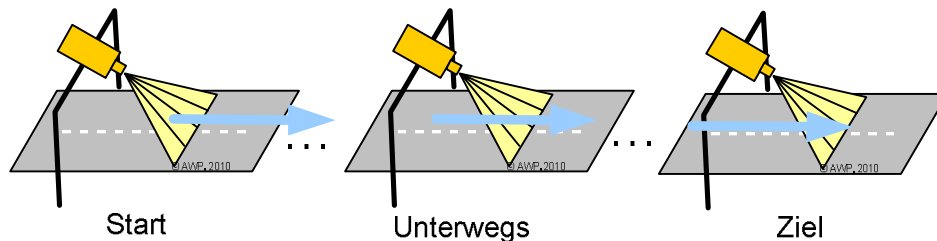


Abbildung 12 Erfassungszeitpunkt vor der Reise am Start, unterwegs oder am Ziel

Der Zeitpunkt der Erfassung kann vor dem Start, während der Reise oder bei Erreichung des Ziels erfolgen.

Der eigentliche Zeitpunkt der Erfassung kann als Unterscheidungsmerkmal von verschiedenen Erfassungskonzepten hinzugezogen werden. In der Praxis werden Erfassungskonzepte oftmals so aufgebaut, dass sie den Betreibern eine Kombination verschiedener Erfassungszeitpunkte erlauben. Es folgen Szenarien an Hand derer die Thematik verdeutlicht wird.

Bei einer Taxifahrt wird oftmals vor dem Fahrtbeginn ein Preis für eine vorgegebene Strecke zwischen dem Reisenden und dem Fahrzeugführer ausgehandelt. Dies entspricht einer Nutzungserfassung vor der eigentlichen Nutzung des Verkehrsmittels. Ähnlich verhält es sich mit dem klassischen Papier-Ticket im Bahnverkehr. Der Abfahrts- und Zielort sowie die Klasse werden analog zum vorigen Szenario vor dem Antritt der Reise erfasst.

Eine Erfassung während der Nutzung erfolgt nach dem Start der Reise und vor deren Abschluss. So kann z.B. ein Reisender in einen InterCity Zug einsteigen ohne vorher einen Fahrschein zu erwerben. Während der Reise kann der Reisende dies beim Schaffner nachholen.

Eine Erfassung nach Erreichung des Ziels ist ein weiterer alternativer Erfassungszeitpunkt. Oftmals wird diese mit einer Erfassung am Startzeitpunkt kombiniert. Ein Szenario ist die Erfassung der Autobahn-Maut auf der Autostrada dei Laghi zwischen Varese und Mailand in Italien. Der Erfassungszeitpunkt ist das Verlassen der Strecke. Dies ist möglich, da das Gebührenmodell einen Pauschalpreis für die Nutzung vorsieht. Somit wird eine Identifikation des Startzeitpunkts nicht benötigt^{xxv}. Dies ist ein Spezialfall für die Mauterhebung in Italien.

3.2.5 Granularität

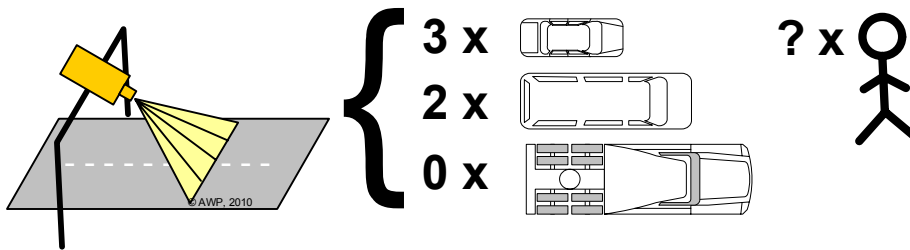


Abbildung 13 Granularität für dieses Erfassungssystem sind die Anzahl Fahrzeuge nach Typen, die Anzahl Passagiere kann nicht erfasst werden.

Die Auflösung des Erfassungssystems wird durch die Granularität der Rohdaten bestimmt.

Ein möglicher Grad der Granularität ist z.B. die erfasste Anzahl der Durchfahrten von Fahrzeugen durch ein Verkehrszählungssystem. Dies erlaubt nur die Erfassung der Anzahl Durchfahrten nicht aber die Fahrzeugtypen. Eine feinere Granularität ermöglicht zusätzlich zur Anzahl noch die Bestimmung der Fahrzeug-Typen. Je nach dem was erfasst werden soll, bietet sich eine andere Architektur des Erfassungssystems an. Mit den folgenden Szenarien wird der Begriff verdeutlicht.

Die Granularität der Schlaufenzähler auf den Schweizer Nationalstrassen ist eine getrennte Erfassung von Personenwagen mit/ohne Anhänger, Lastwagen mit/ohne Anhänger etc. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die ursprünglichen Anforderungen an dieses Erfassungssystem z.B. die Feststellung der Anzahl Passagiere in den Fahrzeugen nicht beinhalteten.

Die feinste Messgrösse kann zu einem kritischen Entscheidungsfaktor werden, wenn für die Nutzungserfassung Personen identifiziert werden müssen. Das Parkhaus-Szenario aus Kapitel 3.2.1 mit Funkchips für Stammkunden illustriert diese Problematik. Leih der Stammkunde nämlich sein Fahrzeug einem Bekannten aus, dann wird das von der Erfassungsstation im Parkhaus nicht erkannt. Bei der Einfahrt in das Parkhaus wird lediglich die Berechtigung des Fahrzeugs geprüft. Da der Fahrzeuglenker nicht erfasst wird, werden die Kosten dem Fahrzeughalter verrechnet. Für diesen erfolgt eine Aufforderung zur Zahlung einer nicht persönlich genutzten Leistung.

3.2.6 Authentisierungsverfahren



Abbildung 14 Authentisierungsverfahren anhand etwas das man hat, weiss oder ist.

Die Erfassungskonzepte sind in verschiedenem Masse darauf angewiesen die Identität der Nutzer festzustellen. Dies ist aber nicht immer der Fall, da oftmals die Identifikation eines Gegenstandes (z.B. Parkschein) ausreicht. Der Vorgang zur Feststellung der Identität durch ein Erfassungssystem wird Authentisierungsverfahren genannt. Die Thematik soll hier kurz anhand eines fiktiven Szenarios verdeutlicht werden.

Gegeben sei ein Erfassungssystem im Strassenbereich für Road Pricing. Es stellt die Nutzung für eine bestimmte Strasse fest und erstellt für jede Durchfahrt dem Fahrzeughalter eine entsprechende Rechnung. Das System erfasst die Nummernschilder der passierenden Fahrzeuge. Mittels eines Verzeichnisdiensts erfolgt die Feststellung des Fahrzeughalters. Das Fahrzeug kann auf eine juristische Person oder eine natürliche Person zugelassen sein. Eine natürliche Person wird mit Hilfe des Verzeichnisdienstes identifiziert und verliert die Anonymität im System. Bei einer juristischen Person wird diese mittels Verzeichnisdienst identifiziert nicht aber der allfällige Fahrzeuglenker. Dieses Erfassungskonzept identifiziert somit lebende natürliche oder juristische Personen.

Die verschiedenen Authentisierungsverfahren werden unterschieden anhand der Art der Verwendung von etwas das

- man hat (z.B. ein Schlüssel),
- man weiss (z.B. Passwort) oder
- man ist (z.B. Fingerabdruck)

Nachfolgend werden die verschiedenen Authentisierungsverfahren kurz vorgestellt.

Ein Beispiel für die Authentisierung auf Basis von etwas "das man hat" ist das Bahnbillett ohne Fahrpreisreduktion. Bei einem solchen Bahnbillett leistet der Kunde eine Vorauszahlung. Der Besitz des gültigen Tickets autorisiert den Reisenden für die Nutzung der Bahn. Der Schaffner authentisiert den Reisenden mittels des Tickets. Dabei wahrt der Reisende seine Anonymität.

Ein Beispiel für die Kombination der Authentisierung an Hand von etwas das "man hat" mit etwas das "man ist", ist die Fahrt mit einer persönlichen Fahrgeldermässigung. Sobald der Reisende im vorigen Beispiel eine persönliche Vergünstigung (z.B. Halbtax) auf dem Fahrgeld geltend macht, bedingt dies den Nachweis im Besitz der Vergünstigung zu sein. Die Kontrolle durch den Schaffner verifiziert den Besitz eines gültigen personalisierten Ausweises (z.B. Halbtax). Sie validiert die Identität des Reisenden durch einen Abgleich zwischen dem Foto des Ausweises und der Physis des Reisenden.

Die Authentisierung mittels etwas das "man ist" ist die Gesichtserkennung durch eine Webcam für Windows 7^{xxvi}. Um sich am System anzumelden wird das Gesicht durch die Webcam aufgenommen und mit gespeicherten biometrischen Merkmalen abgeglichen. Stimmen die Merkmale überein, wird der Benutzer authentisiert.

Bedingt ein System die Identifikation von natürlichen Personen reicht es oftmals, wenn eine dritte Organisation für diese bürgt. Anstatt dass sich die natürliche Person im System identifiziert, geschieht dies gegenüber dem Dritten. Dieser teilt dem System mit, dass es sich tatsächlich um die richtige Person handelt. Der Dritte wird als notarieller Intermediär bezeichnet. Die persönlichen Informationen verbleiben bei diesem wie z.B. Adresse, Namen, Alter, Passwörter oder Fingerabdrücke.

Die natürliche Person entscheidet sich für einen vertrauenswürdigen Intermediär. Diese bürgt für die Identität der Person gegenüber Dritten ohne dabei persönliche Informationen weiterzugeben.

3.2.7 Ort der Datenhaltung

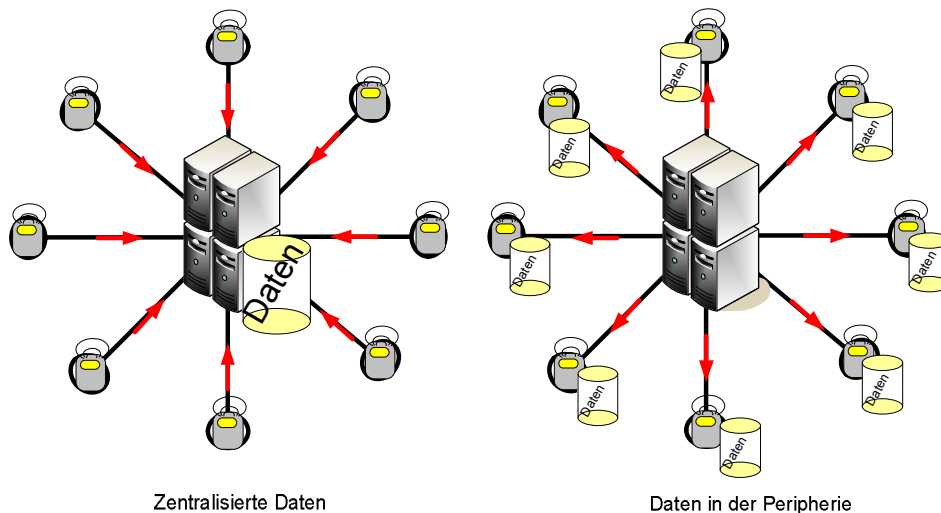


Abbildung 15 Ort der Datenhaltung

Je nach dem wo die erfassten Daten effektiv gespeichert werden, ergeben sich ganz unterschiedliche Konzepte. Die Daten können entweder zentralisiert an einer Stelle erfasst, manipuliert und ausgewertet werden oder individuell beim jeweilig zu erfassenden. Natürlich sind alle möglichen Kombinationen zwischen diesen Extremen möglich.

Einerseits besteht die Möglichkeit, dass die Nutzung durch den Betreiber selber erfasst, und die Daten deshalb auch dort gespeichert und gehalten werden. Ein Szenario ist die London Congestion Charge. Diese kontrolliert Halter der Fahrzeuge, welche in die Innenstadt von London fahren und diese wieder verlassen. Der Betreiber des Kontrollsystems überprüft anhand der Detektionszeit die SelbstdeklARATION für die Benützung der Strassen der Innenstadt. Durch angebrachte Überwachungskameras werden die Nummernschilder ausgelesen und durch den Abgleich mit dem Fahrzeugregister der zugehörige Fahrzeughalter ermittelt. In dieser Vorgehensweise bleiben alle Daten beim Betreiber.

Andererseits kann ein Erfassungsgerät durch den Betreiber an den Fahrzeughalter abgegeben werden. Die eigentliche Nutzungserfassung erfolgt dabei auf vergleichbare Weise, nur werden die Daten nicht direkt, sondern zum Beispiel einmal monatlich an den Betreiber weitergeleitet. Eine weitere Option hierbei wäre, wenn nicht sämtliche Informationen (Orte, Zeiten, Häufigkeiten etc.), sondern lediglich die monatlich angehäuften Kosten übermittelt werden. Die Daten werden also beim Nutzer gehalten. Der Ort der Datenhaltung kann einen entscheidenden Einfluss auf die allgemeine Akzeptanz des Erfassungskonzeptes haben^{xxvii}. Gerade aus Gründen der Privatsphäre wissen die Nutzer ihre Daten lieber physisch in ihrem eigenen Besitz als an einer unbekanntem Stelle beim Betreiber.

3.2.8 Sicherheit

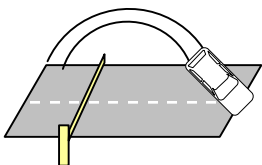


Abbildung 16 Fahrzeug umfährt die Barriere. Erfassungssystem wird umgangen.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal eines Erfassungskonzeptes ist die Art und Weise des Versagens. Jedes Erfassungskonzept trägt ein inhärentes Risiko und kann in einer bestimmten Konfiguration und mit entsprechendem Aufwand umgangen oder manipuliert werden. Dieses Betrugsrisiko kann durch präventive, detektive oder korrigierende Massnahmen reduziert werden. Wird bei einem Erfassungssystem bekannt, dass betrogen wird, kann die Akzeptanz sinken.

Bei der Planung und dem Betrieb eines Erfassungssystems sind daher spezifische Massnahmen zu treffen, um die Verfügbarkeit und Integrität der Erfassung sowie die Vertraulichkeit der Daten zu schützen.

Ein konkretes Beispiel ist die Verwendung von kopierten, gestohlenen oder bewusst verschmutzten Nummernschildern bei der London Congestion Charge. Das Kontrollsystem liest an bestimmten Punkten das Nummernschild des Fahrzeugs, wenn es sich in der Innenstadt befindet. Ein teilweise automatisiertes Informationssystem ordnet das Nummernschild dem Fahrzeughalter zu. Heute werden manipulierte Nummernschilder verwendet um in die Innenstadt zu gelangen. Das Erfassungssystem verrechnet die Busse für nicht deklariertes Fahren in der Zone fälschlicherweise dem unglücklichen Besitzer.

Eine mögliche korrigierende Massnahme ist ein Foto des Fahrzeugs, des Nummernschildes und des Fahrers bei der Erfassung als zusätzliche Kontrolle zu erstellen. Nur unter dem Verdacht auf Betrug darf dieses z.B. von der Polizei verwendet werden. Eine solche Massnahme würde dem z.B. dem betrogenen Besitzer helfen seine Unschuld zu beweisen und die Kriminellen zu identifizieren^{xxviii}.

Das genannte Szenario verdeutlicht aus unserer Sicht die Betrachtungsweise eines integrierten Kontrollsystems von Sicherheitsmassnahmen als ein Qualitätsmerkmal eines Erfassungssystems. Eine Grundlage erscheint dabei die Verwendung von Risikoanalysen während der Designphase des Erfassungssystems. Dies erlaubt gezielt durch entsprechende Massnahmen das Risiko auf ein für alle Beteiligten längerfristig akzeptables Niveau zu reduzieren.

Erfassungskonzepte

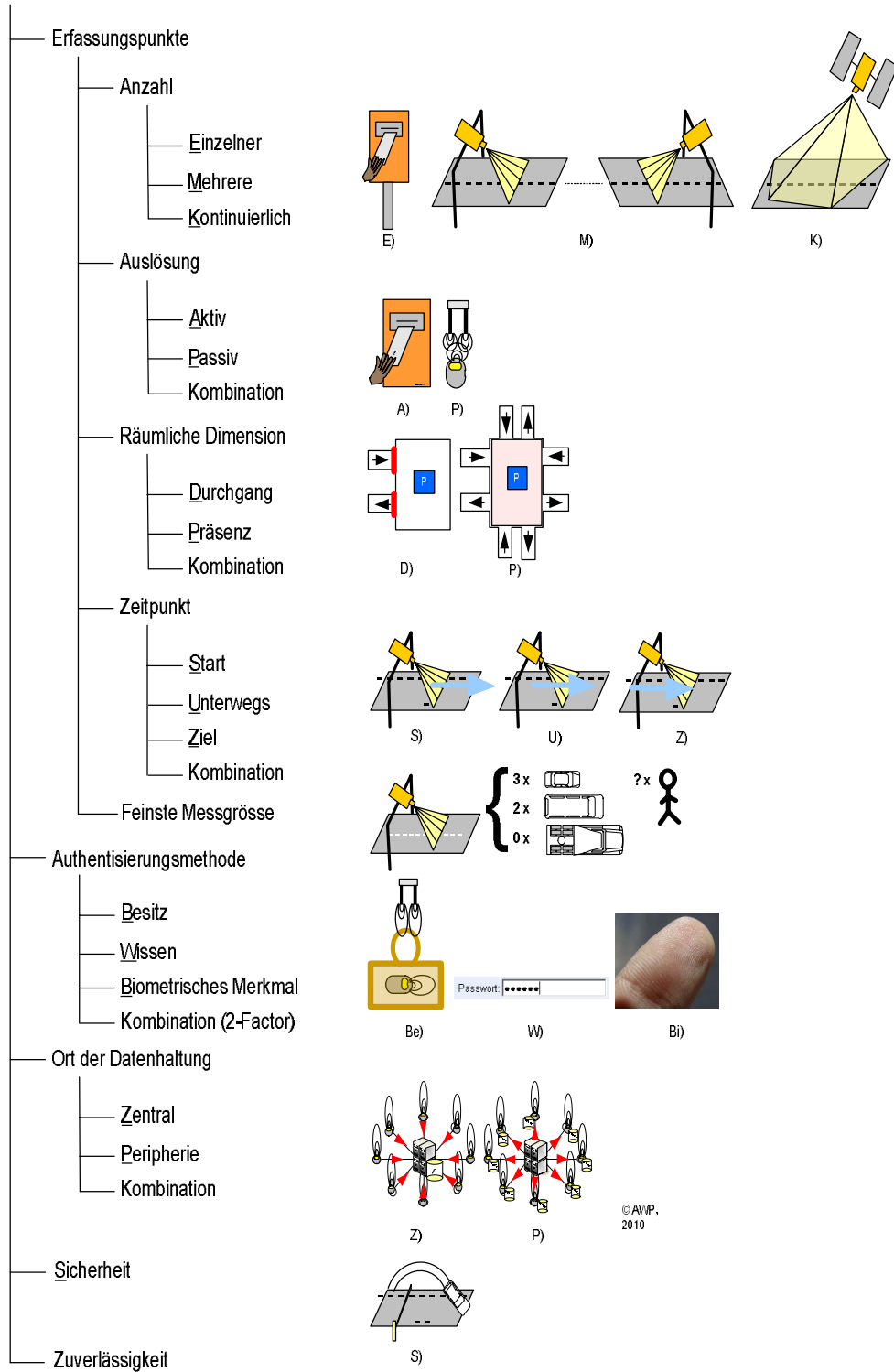


Abbildung 17 Unterscheidungsmerkmale von Erfassungskonzepten

4 Basistechnologien

Reisende und Betreiber stellen hohe Anforderungen an die Funktionsweise, Leistungsfähigkeit, Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Kosten, Nachhaltigkeit und Bequemlichkeit der Nutzungserfassung, welche wiederum Anforderungen an die Nutzungserfassungssysteme, die Nutzungserfassungsgeräte und die von diesen verwendeten Basistechnologien implizieren. Nicht zu vergessen sind ferner die regulatorischen Anforderungen.

Jede Basistechnologie erfüllt diese Anforderungen in unterschiedlichem Masse und unterliegt spezifischen regulatorischen Anforderungen. Die Beziehung zwischen Anforderungen und Basistechnologien ist das Thema dieses Kapitels.

Im ersten Unterkapitel präsentieren wir eine Systematik der Unterscheidungsmerkmale von Basistechnologien, welche für die Anforderungserfüllung relevant sind. Dabei führen wir aus, worin diese Relevanz besteht, und geben Beispiele bestehender Technologien und Hinweise auf Entwicklungstrends.

Im zweiten Unterkapitel geben wir eine Übersicht über bekannte und absehbare Technologien und deren Charakteristika, als Beurteilungsgrundlage für deren Eignung für bestimmte Anwendungen.

4.1 Technische Unterscheidungsmerkmale

Im Folgenden stützen wir uns auf ein einfaches Modell, welches jedem Reisenden ein Reisengerät (RG) für die Abwicklung von Erfassungstransaktionen an den Erfassungspunkten (EP) zuordnet. Hierbei ist das RG grundsätzlich als äusserst generelle Abstraktion für Kennzeichen zu verstehen, welche vom LSVA-Transponder über das Generalabonnement und die Chipkarte bis hin zur Autonummer und der Fingerkuppe reichen:

- Das RG kann individuell für einen Reisenden (z.B. Chipkarte, Generalabonnement, Fingerkuppe) sein oder gemeinsam von mehreren dasselbe Fahrzeug benützenden Reisenden (z.B. LSVA-Transponder, Autonummer) genutzt werden.
- Das RG kann aktive Funktionalität und Speicherfähigkeit haben (z.B. LSVA-Transponder, Chipkarte) oder passiv am EP lesbar sein (Autonummer, Generalabonnement, Fingerkuppe).
- Das RG kann auf Dauer verwendbar (z.B. Generalabonnement, Autobahnvignette) oder nur für eine einzige Reise (Einzelbillet) gültig sein.

Erfassungspunkte wiederum können von grosser Diversität sein:

- Passiv, durch das RG lesbar (GPS-Satellit, RFID-Chip als Markierungspunkt).
- Read only, mit der Fähigkeit das RG zu erkennen (z.B. Kamera, Fingerabdruck-Leser).
- Read/write, fähig zur Datenkommunikation mit dem RG (z.B. Chipkartenleser).

Erfassungspunkte können verteilt (z.B. SBB-Billettautomaten, LSVA-Checkpoints) oder zentralisiert (z.B. GPS-Satellit, Zentrale Server) und stationär oder mobil (z.B. im Eisenbahnwagen montiert) sein.

Wesentlich bei der Planung von Erfassungssystemen zu berücksichtigen ist auch die übrige technische Ausstattung der RG und EP mit autarker Speisung, Speicher- und Verarbeitungskapazitäten sowie Ein- und Ausgabeschnittstellen.

Es folgt nun die Systematik der Unterscheidungsmerkmale.

4.1.1 Interaktion RG/EP

Die Interaktion zwischen RG und EP kann auf verschiedenen Prinzipien beruhen:

- Mechanische Betätigung (z.B. Schranke, Drehkreuz, Türe, Schlauch, Schwelle, Schalter, ...)
- Optische Lesung (Barcode-Leser, Autonummern-Erkennung, Gesichts-Erkennung, Retinascan, ...)
- Elektromagnetische Datenkommunikation. Sie steht im Zentrum dieses Kapitels und ist äusserst vielfältig, sowohl was die zugrundeliegenden physikalischen Effekte (elektromagnetische Strahlung, galvanische Koppelung, kapazitive Koppelung, induktive Koppelung, Magnetfeldbereich) verwendeten Frequenzbänder als auch die rasante Entwicklung immer besserer Modulationsmethoden und Kommunikationsprotokolle betrifft.
- Spintronische Datenkommunikation: Modulation des Elektronenspins. Diese Technik erwähnen wir nur der Vollständigkeit halber. Sie wird voraussichtlich erst in 30-50 Jahren verfügbar sein und hier daher nicht weiter verfolgt.
- Chemische Erkennung (z.B. DNA-Erkennung).

Die Art der Interaktion determiniert wesentlich andere Unterscheidungsmerkmale. Z.B. ermöglichen mechanische Betätigung, optische Lesung und chemische Erkennung nur passive RG (durch das EP lesbar aber nicht schreibbar). Optische Lesung kann über grosse, kapazitive Koppelung nur über sehr kleine Distanzen erfolgen. Auch Leistungsfähigkeit, Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Funktionsweise und letztlich die Eignung für bestimmte Anwendungstypen werden hierdurch stark beeinflusst.

Insbesondere gehört die Zukunft zweifellos den berührungslosen Systemen. Schon heute werden in allen nennenswert grossen e-Ticketing-Systemen kontaktlose Chipkarten und Mobiltelefone eingesetzt, mit denen man am Eingang zum Bahnsteig oder ins Fahrzeug kurz einen Leser antippt. Gegenüber dem Einstecken einer kontaktierten Chipkarte ist dies viel schneller (typisch 100-250ms) und gegen Verschmutzung unempfindlich, und die Reisenden fühlen sich sicher, weil die Karte immer in ihrer Hand bleibt.

4.1.2 Aktivierung

Zu Beginn einer Erfassungstransaktion werden das RG und das EP aktiviert. Die Aktivierung erfolgt entweder mechanisch oder durch Änderung der Feldstärke, Impedanz, Kapazität, Dielektrizität, etc. Diese Änderung kann ausgelöst werden durch Annäherung bzw. Berührung von RG und EP oder durch einen Eingriff des Betreibers des RG oder EP.

Die Aktivierung ist

- automatisch, wenn sie ohne Zutun der Betreiber und Reisenden erfolgt (z.B. hands-free Zutritt zum Skilift, Überschreiten einer Schwelle, Überfahren einer Schlaufe, Fotografie des Autokennzeichens),
- manuell, wenn sie willentlich durch den Betreiber des EP oder des RG erfolgt (z.B. Check-in, Knopfdruck auf den Autoschlüssel, Mobiltelefon einschalten, ...)

Gewisse Basistechnologien sind für manuelle, andere für automatische Aktivierung geeignet und darauf zugeschnitten. Eine wesentliche Determinante ist insbesondere die Arbeitsdistanz, die für automatische Aktivierung nicht zu klein sein darf, für manuelle jedoch klein genug sein muss. Anwendungen für beide Aktivierungsarten sind im vorangehenden Kapitel ausführlich behandelt.

4.1.3 Arbeitsdistanz

Dies ist die Distanz zwischen RG und EP während einer Erfassungstransaktion. Während sie bei mechanischer, galvanischer (z.B. Chipkarte mit Kontakten) und kapazitiver Interaktion naturgemäss klein ist, ist sie bei anderen Interaktionen ein Designparameter. So

sind NFC^{xxix} und kontaktlose Chipkarten nach Proximity Standard^{xxx} auf manuelle Aktivierung zugeschnitten und daher bewusst auf Distanzen unter 10cm beschränkt, um einer unbeabsichtigten und allenfalls unbemerkten Aktivierung vorzubeugen, währenddessen kontaktlose Chipkarten nach Vicinity Standard^{xxxi} für die hands-free-Anwendung gedacht sind und daher auf mehrere Dezimeter Distanz arbeiten.

Technologien mit grosser Arbeitsdistanz werden aber durchaus auch für Anwendungen mit manueller Aktivierung eingesetzt (z.B. Autoschlüssel).

4.1.4 Einweg- und Zweiwegkommunikation

Der Datenaustausch zwischen RG und EP kann

- nur vom RG zum EP (z.B. Erkennung von Autokennzeichen, Lesen von Webtickets)
- nur vom EP zum RG (z.B. GPS-Signale)
- in beide Richtungen (z.B. Chipkarten im E-Ticketing)

verlaufen.

Einwegkommunikation ermöglicht einfache Anwendungen, schränkt aber die Gestaltung der Erfassungstransaktionen ein und limitiert die erreichbare Robustheit, Zuverlässigkeit und Sicherheit.

4.1.5 Trägerfrequenz

Bei Interaktion über elektromagnetische Strahlung ist die Frequenz dieser Strahlung. Frequenzbänder der elektromagnetischen Strahlung sind insbesondere

- RFID-Bänder (Radio Frequency Identification), von unter 135KHz bis zu 2.4GHz, zur Nutzung für das Item Management gemäss ISO/IEC 18000^{xxxi}.
- ISM-Bänder (Industrial, Scientific and Medical), von 6.765MHz bis 2.44GHz.
- IR-Bänder (Infrared), von 1260-1675nm Wellenlänge.
- VS-Band (sichtbares Licht), von ca. 390-750nm Wellenlänge.

Zum Beispiel arbeiten RFID-Chips für die Diebstahlssicherung, wie sie in Ladengeschäften verwendet werden, typischerweise unter 135KHz, NFC und kontaktlose Chipkarten bei 13.56MHz, Mobiltelefone je nach Standard (GSM, UMTS) und Land im Bereich von 450MHz bis 2.1GHz, Bluetooth und WLAN bei 2.4GHz.

Die Frequenzbänder unterliegen internationaler und nationaler Regulation.

Die Trägerfrequenz limitiert die Datenübertragungsrate und bestimmt die Ausbreitungseigenschaften der elektromagnetischen Strahlung, welche sich bei höherer Frequenz stärker bündeln lässt aber durch Hindernisse aufgehalten wird. Je nach Anwendung kann daher eine höhere oder niedrigere Trägerfrequenz von Vorteil sein.

4.1.6 Datenübertragungsrate

Die Datenübertragungsrate ist die pro Sekunde übertragbare Datenmenge. Sie ist ein Begrenzungsfaktor der Transaktionskomplexität. Unter letzterem Begriff fassen wir folgendes zusammen:

- Während einer Erfassungstransaktion übertragene Datenmenge.
- Anzahl Meldungsrunden (Request/Response) zwischen RG und EP (im read/write-Falle).

Dies ist für die realisierbaren Anwendungen und kryptographischen Sicherheitsmechanismen entscheidend wichtig:

- Der weltweit gebräuchliche Standard für Chipkartenzahlungen^{xxxiii} benötigt mindestens 10, typisch jedoch 20 Meldungsrunden zwischen Zahlkarte und Zahlterminal, und maximal sind es noch mehr.
- Sicherheitsstandards für Schlüsselaustausch^{xxxiv,xxxv}, Authentisierung^{xxxvi} und Sicherheitsprotokolle^{xxxvii} erfordern zwei bis drei Meldungsrunden, bevor der Austausch von Transaktionsdaten beginnen kann.
- Digitalsignaturen^{xxxviii,xxxix} verlängern jede Meldung um mindestens 1-2 Kbit, jede Meldungsrunde somit um 2-4 Kbit.

Sowohl Applikations- als auch Sicherheitsanforderungen erhöhen somit die Transaktionskomplexität. Je höher diese und je kleiner die akzeptable Transaktionszeit desto grösser muss die Datenübertragungsrate sein.

Die derzeit verbreitetsten kontaktlosen Chipkarten haben Datenübertragungsraten von 106 bzw. 212 Kbps, und die sowohl die betreffenden Chipkartenstandards^{xxx,xxxii} als auch der NFC-Standard^{xxix} erlauben Datenübertragungsraten bis 848 Kbps. Bei Bluetooth und WLANs sind sie um eine bis mehrere Grössenordnungen grösser. Nur die billigsten (und daher derzeit am weitesten verbreiteten) RFID-Transponder haben niedrige Datenübertragungsraten.

Der Entwicklungstrend geht eindeutig hin zu immer höheren Datenübertragungsraten. Beispiele sind MSIP-1^{xl} mit 10Mbps, SDVLC^{xli} mit 120 Mbps und UWB^{xlii} mit bis zu 480 Mbps.

4.1.7 Speisung

Gemäss Chipkarten^{xxx,xxxii} und RFID-Transponder-Standards^{xxxii} bedürfen kontaktlose Chipkarten- und RFID-Chips keiner eigenen Stromversorgung sondern werden aus dem elektromagnetischen Feld des Lesegerätes gespeist. Die Mehrheit der Standards, insbesondere auch NFC^{xxix}, erlauben jedoch keine solche Energieübertragung.

Eine eigene Stromversorgung hat den Vorteil, dass das Gerät autark betrieben werden kann, ist jedoch mit Kosten verbunden und birgt ein Ausfallrisiko. Z.B. eignen sich RFID-Chips gut zur Markierung von EPs, welche dem RG Standortinformation übermitteln. Umgekehrt stellen kontaktlose Chipkarten in allen grösseren e-Ticketing-Anwendungen die überwiegende Mehrheit der RGs, obwohl auch Mobiltelefone mit integrierten NFC- oder Chipkartenchips vermehrt zum Einsatz kommen, in Japan etwa im Verhältnis 2:1.

4.1.8 Mensch-Maschine-Schnittstelle

Eine Mensch-Maschine-Schnittstelle am RG ist für manche Applikationen wertvoll. Voraussetzung dafür ist eine eigene Stromversorgung.

4.1.9 Transaktionsdauer und -Varianz

Je nach Anwendung darf sie höchstens wenige Zehntels- oder sogar wenige Hundertstelsekunden betragen. Sie ist die Summe der Dauer von

- Aktivierung
- Datenaustausch zwischen EP und RG
- Datenverarbeitung im EP
- Datenverarbeitung im RG

Die Dauer der Aktivierung und des Austausches einer gegebenen Datenmenge sind je nach Technologie sehr verschieden. Tendenziell sind neuere Technologien in beidem schneller.

Datenaustausch- und Verarbeitung werden insgesamt bestimmt durch die ausgetauschte Datenmenge, die Zahl der Meldungsrunden zwischen EP und RG sowie die Komplexität

der internen Verarbeitung im EP und RG. Obwohl auch diese Zeitkomponenten mit dem technischen Fortschritt abnehmen, werden sie dennoch auch künftig die Transaktionsdauer dominieren, insbesondere dann, wenn während der Erfassungstransaktion eine Online-Kommunikation mit Back-End-Systemen des Betreibers stattfindet oder gar weitere Systeme (z.B. Zahlungssysteme) involviert sind. Eine solche Online-Kommunikation ist auch eine wesentliche Quelle der Varianz.

Die Transaktionsdauer muss mit den Mitteln der Warteschlangentheorie beurteilt werden. Das Erfassungssystem als Ganzes agiert in diesem Modell als Server mit zahlreichen parallelen Warteschlangen. Die Transaktionsdauer und ihre Varianz bestimmen die Grenzkapazität bei gegebener Warteschlangenlänge. Insbesondere starke Fluktuationen reduzieren die Grenzkapazität erheblich.

Pro Anwendung sind daher (unabhängig von der Technologie) Toleranzgrenzen für die mittlere und maximale Transaktionsdauer festzulegen und Kapazitätsvorgaben zu machen.

4.1.10 Mehrfachzugriff

Mehrfachzugriff (Multiple Access und Multiplexing) ermöglicht mehrere parallele Kommunikationen über ein und dasselbe Kommunikationsmedium. Dies ist insbesondere essentiell in der drahtlosen Kommunikation, z.B. beim WLAN und in der Mobiltelefonie.

Die Verfahren für den Mehrfachzugriff werden in drei Kategorien eingeteilt:

- Frequency-division multiple access (FDMA) verwendet verschiedene Frequenzkanäle.
- Time-division multiple access (TDMA) ordnet jedem Kommunikationskanal in regelmäßigen Abständen (synchrones TDMA) oder bei Bedarf (asynchrones TDMA) Zeitschlitz zu.
- Code-division multiple access (CDMA) bildet parallele Kanäle durch unterschiedliche Codierung.

Die Entwicklung in diesem Bereich ist sehr intensiv. Die Konvergenz von Telekommunikation und Informationstechnologie (ICT) bringt ständig neue, raffiniertere und leistungsfähigere Verfahren hervor.

Optimiert werden insbesondere die folgenden Charakteristiken:

- Anzahl Kanäle
- Übertragungsrate
- Qualität/Trennschärfe/Fehlerrate
- Erforderliche Sendeleistung
- Stromverbrauch

Mehrfachzugriff ist für viele Anwendungen unerlässlich. Z.B. erfordert BIBO laufende Präsenzerfassung aller ca. 100 Fahrgäste in einem Bahnwagen erfordern. WIWO erfordert Parallelität beim Ein- und Aussteigen, sofern keine Vereinzelung stattfindet.

Aufgrund ihrer Komplexität erfordern hochentwickelte Mehrfachzugriffsverfahren leistungsfähige Elektronik, die wiederum einer eigenen Speisung bedarf (siehe 4.1.7). Daher sind RFID-Chips und kontaktlose Chipkarten in dieser Beziehung weniger stark als Mobiltelefone, Laptops und andere elektronische Geräte. Z.B. dürfte ein WIWO mit RFID-Chips oder Chipkarten nach Vicinity-Standard^{xxxix} wohl nur in Kombination mit Vereinzelung realisierbar sein.

4.1.11 Robustheit

Erfassungstransaktionen finden in einer mobilen Umgebung statt, die vom technischen Standpunkt aus alles andere als ideal ist und daher hohe Anforderungen an die Robust-

heit der Basistechnologie stellt.

Die Robustheit von Basistechnologien kann durch Redundanz, Fehlererkennung und Fehlerkorrektur erhöht werden. Dies ist bei Technologien für den mobilen Einsatz eher der Fall als bei solchen für stationäre Bedingungen.

Ein wachsendes Problem ist die Enge der Frequenzbänder. Die Zahl der Verfahren und der Geräte, welche dieselben Frequenzen benützen, nimmt stetig zu. Z.B. DECT-Telefone, WLAN, Bluetooth etc. stören sich oft gegenseitig. Dringend nötig sind daher Verfahren, welche gegenüber Störungen immun sind. Beispiele dafür sind Ultra-Wide Band (UWBⁱⁱⁱ), welches Information durch Korrelation schwacher, über ein breites Spektrum verteilter Signale überträgt, und SDVLC, welches sichtbares Licht nutzt.

Die Robustheit ist eine wesentliche Voraussetzung für die Zuverlässigkeit.

4.1.12 Zuverlässigkeit

Die Erfassung muss möglichst zuverlässig funktionieren und Erfassungstransaktionen möglichst korrekt und fehlerfrei abgewickelt werden, d.h.

- Keine Kapazitätsengpässe, welche die Erfassung verlangsamen oder gar verunmöglichen.
- Keine Störungen, welche ein Zustandekommen des Datenaustausches verhindern.
- Keine Unterbrüche während der Erfassungstransaktion.
- Fehlerfreie Datenübertragung.
- Vollständige Abwicklung auch komplexer Transaktionen.

Diese Eigenschaft ist für jede Anwendung wichtig, wobei die Fehlertoleranzen von Anwendung zu Anwendung verschieden sind. Wenn die Gebührenerhebung von der Nutzungserfassung abhängt sind die Anforderungen besonders hoch: Wenn ein falscher Betrag abgebucht wird, oder gar die falsche Person belastet wird, dann reagiert die betroffene Person sehr empfindlich.

Fehler vernichten Systemkapazität, untergraben das Vertrauen der Reisenden und der Betreiber in die Nutzungserfassungsanwendung und damit deren Akzeptanz und können hohe Nachbearbeitungskosten verursachen. Ein die ganze Schweiz umfassendes Nutzungserfassungssystem wickelt pro Jahr Milliarden von Erfassungstransaktionen ab. Wenn auch nur bei einem Millionstel Nachbearbeitung erforderlich wird, so sind dies doch Tausende von Fällen mit entsprechendem Personalaufwand und Kosten. Die Qualitätsanforderungen sind daher sehr hoch.

Die Zuverlässigkeit hängt von der Leistungsfähigkeit, Robustheit und allenfalls den Mehrfachzugriffseigenschaften der verwendeten Basistechnologie ab, jedoch auch von externen Faktoren. Z.B. gibt es grosse Fortschritte bei der Erkennung von Autokennzeichen, doch bei zu starker Verschmutzung versagt letztlich auch die beste Technik.

Ein Vorteil bei jeder Anwendung ist eine möglichst kleine Transaktionsdauer: Je kürzer die Transaktion, desto geringer die Wahrscheinlichkeit einer Störung. Dies sieht man deutlich beim E-Ticketing. Bei der Londoner Oyster-Karte dauern die Transaktionen deutlich länger als bei der Japanischen Suica- oder Pasma-Karte. Daher kommt es in London spürbar häufiger vor, dass die Transaktion misslingt und man die Karte ein zweites Mal an den Leser halten muss.

4.1.13 Integrität

Die Erfassung unterliegt nicht nur Störungseinflüssen der Umgebung, sondern kann auch absichtlich und böswillig gestört und manipuliert werden. Resistenz gegen solche Eingriffe nennen wir Integrität.

Mögliche Täter sind Reisende, Betreiber oder Dritte. Als Zweck der Manipulation stehen

Bereicherung (z.B. Manipulation von Reiseberechtigungen und Reiseguthaben), Spionage und Sabotage im Vordergrund.

Basistechnologien sind entweder präventiv, d.h. sie erschweren oder verhindern Manipulation, oder detektiv, d.h. sie machen Manipulation erkennbar und damit Gegenmassnahmen möglich.

Sabotage ist oft mit sehr einfachen Mitteln möglich und schwer zu verhindern. So können z.B. Autokennzeichen leicht gefälscht oder die drahtlose Datenkommunikation durch Störsender gestört werden. Kontaktloskarten zum Beispiel für das WIWO können mit Aluminiumfolie einfach abgeschirmt oder ganz einfach zu Hause gelassen und Mobiltelefone ausgeschaltet werden. Auch Spionage ist bei ungeschützter Kommunikation nur eine Frage der geeigneten Gerätschaften, die sich meist leicht bei der Servicetechnik finden. Ohne ausgefeilte Sicherheitsmechanismen sind auch Manipulationen zum eigenen finanziellen Nutzen oder zum Schaden anderer oft verblüffend einfach.

Schutzmassnahmen gegen die meisten Angriffe sind bekannt. Grundsätzlich bleibt ein Restrisiko in jedem Fall bestehen. Eine angemessene Anzahl Schutzmassnahmen erhöhen bzw. verteuern aber den nötigen Aufwand für den Angreifer und gewährleisten eine akzeptable Chance der Detektion:

- Fälschung physischer Kennzeichen kann durch physische Fälschungsmerkmale erkennbar gemacht werden. Jedoch sind solche Merkmale kaum während der kurzen Dauer einer Erfassungstransaktion lesbar und daher für unsere Zwecke wenig geeignet.
- Daten können durch kryptographische Merkmale (Digitalsignaturen^{xxxviii,xxxix}) geschützt und allfällige Veränderungen detektiert werden.
- Daten können mit kryptographischen Transformationen verschlüsselt^{xliii} und damit vor unbefugtem Einblick geschützt werden.
- Die Echtheit eines RG oder EP kann mit kryptographischen Protokollen (Entity Authentication^{xxxvi}) geschützt und damit Maskerade erkannt werden.
- Die Sequenz von Erfassungstransaktionen kann mit kryptographischen Verfahren geschützt und damit Replay, Entfernung, Vertauschung sowie Einfügung von Meldungen erkannt werden.
- Mehrrundige Erfassungstransaktionen können mit Kombinationen kryptographischer Verfahren geschützt und Manipulationen erkannt werden.

Während bei den ersten drei Fällen Einwegkommunikation zwischen RG und EP ausreicht, erfordern die letzten drei Fälle Zweiwegkommunikation. Kryptographie verlängert die Meldungen, erhöht die Anzahl Meldungsrunden, benötigt viel Rechenleistung und verlängert die Transaktionszeit.

Zweiwegkommunikation, eigene Stromversorgung und hohe Übertragungsraten sind daher von Vorteil, wenn nicht gar erforderlich.

Während in der Vergangenheit der Integritätsschutz ganz der Anwendungsentwicklung überlassen wurde, ist heute ein Trend hin zu integriertem Integritätsschutz zu beobachten (z.B. NFC-SEC^{xliiv}). Ob solche Massnahmen den Anwendungsanforderungen genügen, ist im Einzelfall durch Spezialisten zu beurteilen. In der Technologieübersicht geben wir nur an, ob überhaupt ein gewisser Schutz vorgesehen ist.

Man muss sich im klaren sein, dass

- ohne raffinierte Sicherheitsmassnahmen Manipulation und Betrug ein intolerales Mass annehmen,
- technische Mittel Manipulationen nur entdecken können, ihr Erfolg jedoch durch nicht-technische Mittel (Verweigerung/Abbruch der Transaktion, Entzug von Berechtigungen, Bussen, ...) verhindert werden kann,

- simple Manipulationen existieren, die technisch nicht erkennbar sind und nur durch manuelle Kontrollen erfasst werden können, wie die obigen Beispiele für das WIWO zeigen.

4.1.14 Verfügbarkeit

Eine hohe Verfügbarkeit von RG und EP ist ein MUSS in allen Applikationen. Sie wird durch technologische und externe Faktoren bestimmt.

- Batteriespeisung von RG und EP versagt unvermeidlich in einigen Prozent der Fälle. Passive Speisung von Chipkarten- und RFID-Chips oder nicht-elektronische Technologien (z.B. Autokennzeichen) sind diesbezüglich vorteilhaft.
- Anbindung an das Stromnetz oder an Kommunikationsnetze birgt stets ein gewisses Risiko grossflächiger Ausfälle.
- Die Defektrate von RG und EP kann durch moderne Fertigungsmethoden niedrig gehalten werden. Bei Consumer Electronics wirken die Marktkräfte aber nicht unbedingt auf hohe Qualität hin. So liegt die jährliche Defektrate bei Mobiltelefonen über 10%. Ungünstig wirkt sich bei RGs auch unsachgemässe Handhabung aus (z.B. Chipkarte in der Waschmaschine).
- Mehrere Prozent jährlich beträgt die Verlustrate bei Mobiltelefonen und Kreditkarten.
- Bei zugriffsgeschützten RGs können PINs und Passwörter vergessen werden. Kartenverlust und PIN-Verlust betragen bei der Maestro-Karte in der Schweiz zusammen ca. 15% jährlich.

Ausfall des RGs verursacht Umtriebe und Kosten für die Reisenden, aber auch für die Betreiber. Besonders hoch ist der Schaden, wenn das RG kritische Daten speichert, welche bei dessen Ausfall verloren gehen oder beschädigt werden.

Aufgrund der hohen Ausfallraten von RGs darf sich die Nutzungserfassung nicht ausschliesslich auf deren absolute Verfügbarkeit verlassen:

- Back-up-Lösungen (z.B. unpersönliche Chipkarten) müssen vorgesehen werden.
- Defekte RGs müssen so rasch wie möglich ersetzt werden können.
- Auf den RGs dürfen nur Daten gespeichert werden, die entweder aus einer zentralen Ablage jederzeit wiederhergestellt werden können, oder deren Verlust verschmerzt werden kann. Als Beispiel für letzteres kommen die Erfassungstransaktionen der letzten Stunde in Frage. Wenn es jedoch um Werte geht (z.B. Pre-Paid-Beträge, Mehrfahrtenkarten), dann ist bei technischen Defekten der Ruf nach Entschädigung zu erwarten.

Man muss sich aber im Klaren sein, dass auch mit der allerbesten Technik 100% Verfügbarkeit nicht realisierbar ist und man bei persönlich getragenen RGs (Chipkarten, Mobiltelefone) die unvermeidlich hohen Verlustraten z.B. durch Verlieren im Lösungskonzept und der Betriebsorganisation berücksichtigen muss.

Ausfälle der EP sind ebenfalls unangenehm, können aber von den Betreibern eher unter Kontrolle gehalten werden. Aufgrund der grossen Zahl von EPs sind nennenswerte laufende Kosten jedoch unvermeidlich. Augenmerk verdienen ferner grossflächige Ausfälle durch Störungen in den Strom- und Kommunikationsnetzen, obwohl dieses Risiko heutzutage auf ein tolerables Mass reduziert werden kann.

4.1.15 Kommunikationsanbindung

Die Anbindung an Datenkommunikationsnetze ermöglicht den Datenaustausch von RGs mit zentralen EPs und von EPs mit zurückgelagerten Systemen. Die Anbindung kann beim EP (z.B. SBB-Billettautomat) oder beim RG oder bei beiden vorhanden sein und entweder permanent oder temporär (Übermittlung von LSVA-Daten an die Zentrale) bestehen. Ein solcher Datenaustausch ist in vielen Anwendungen erforderlich oder nützlich, z.B. für

- Übermittlung aktueller Nutzungsdaten an die Verkehrsleitstelle.
- Online-Erfassungstransaktionen mit zentraler Datenhaltung und Datenverarbeitung.
- Aktualisierung von Konfigurationsdaten, welche im RG (z.B. Software) oder EP gespeichert sind (z.B. Fahrpläne, Software)

Die Entwicklung im Bereich der Kommunikationsnetze ist rasant. Optimiert werden insbesondere

- Übertragungskapazität
- Qualität
- Mobilität (d.h. unterbruchsfreier Betrieb mobiler Endgeräte)

Permanente Kommunikationsanbindung stationärer und mobiler EPs darf im Planungshorizont dieses Berichtes vorausgesetzt werden.

Mit Blick auf das flächendeckende e-Ticketing in Japan, wo bereits heute über 40 Millionen Mobiltelefone eingesetzt werden, darf man wohl davon ausgehen, dass dies auch für RGs eine Option sein dürfte. Mit Online-Anbindung kann die Funktionalität eines RG auf eine reine Identifikationsfunktion (persönlich oder anonymisiert) eingeschränkt werden, während die Daten (Stamm- und Bewegungsdaten, z.B. Reiseguthaben) zentral gehalten werden können, wo sie vor Manipulation durch die Reisenden zuverlässig schützbar sind.

4.1.16 Aktualisierung

Die Abwicklung von Erfassungstransaktionen erfordert elektronische Intelligenz die ganz im EP (z.B. Erfassung von Autokennzeichen), auf RG und EP verteilt oder theoretisch auch rein im RG (Markierung des EP mit Strichcode, welcher durch das RG gelesen wird) angesiedelt sein kann.

Die Verteilung der Intelligenz hat grosse Auswirkungen auf die Applikation und ihren Betrieb.

Auf die Risiken der Speicherung kritischer Daten im RG wurde bereits in 4.1.14 hingewiesen.

Für die Nachhaltigkeit entscheidend ist die Fähigkeit, das Nutzungserfassungssystem weiterzuentwickeln und periodisch an neue Anforderungen und Gegebenheiten anzupassen. Dabei müssen auch EPs und RGs erneuert und ihr Dateninhalt aktualisiert werden.

- Erneuerung der Hardware von EPs und RGs ist aus logistischen und finanziellen Gründen nur über einen mehrjährigen Zeitraum hinweg möglich. Koexistenz verschiedener Versionen muss daher gewährleistet sein.
- Aktualisierung der Konfigurationsdaten ist bei permanenter Kommunikationsanbindung per Stichtag möglich.
- Bei temporärer Anbindung von RGs kann es sehr lange dauern, bis die Konfigurationsdaten der ganzen Population aktualisiert sind. Koexistenz verschiedener Versionen muss daher vorgesehen werden.

4.1.17 Nachhaltigkeit

Nachhaltigkeit der Nutzungserfassung, das heisst die Garantie, dass die Systemlösung nahtlos fortgesetzt, flexibel weiterentwickelt und laufend neuen Anforderungen angepasst werden kann, ist unabdingbar. Nachhaltigkeit setzt Vorkehrungen für die Erweiterbarkeit in der Systemarchitektur und bei der Technologiewahl voraus.

Einfach und doch immer wieder missachtet ist eine konsequente Versionierung wesentlicher Architekturelemente, ohne die ein geordneter Übergang zu Neuerungen nicht möglich ist. Anspruchsvoller sind Mechanismen für die Aktualisierung von RGs und EPs.

Bei der Technologiewahl sind zu beachten:

- Die Aktualisierbarkeit von RG und EP (siehe 4.1.16) ist von Vorteil.
- Generell muss die Technologie internationalen Standards gemäss WTO-Kriterien, d.h. ISO-, IEC- und ITU-Standards entsprechen. Denn dies ist eine Voraussetzung dafür, dass sie nicht proprietär ist, sondern von vielen Herstellern weltweit implementiert wird, dass keine absolute Abhängigkeit von einem einzigen Hersteller besteht und dass Gewähr für einen nahtlosen Übergang zu Folgetechnologien geboten ist.
- Ausnahmen siehe 4.2.1.
- Der Markterfolg der Technologie muss bewiesen oder absehbar sein. Denn sonst kann sie sehr rasch von der Bildfläche verschwinden.

Selbstverständlich müssen zudem die regulatorischen Anforderungen erfüllt werden.

4.1.18 Kosten

Die Kosten von RG und EP können durch die Reisenden oder die Betreiber getragen werden. Da Zahl der RG die der EP um eine bis zwei Grössenordnungen übersteigt, fallen die Kosten ersterer stärker ins Gewicht. Sie hängen stark von der technischen Ausstattung aber auch von der Marktsituation ab.

Tendenziell sind einfache RG (z.B. Chipkarten, RFID-Chips, Strichcodes, etc.) billiger als komfortablere (z.B. Mobiltelefone).

Entscheidend für die Kosten sind jedoch die Systemarchitektur und die Technologiewahl.

- Die Systemlösung muss nachhaltig sein. Denn sonst besteht die Gefahr, dass sie irgendwann mit hohen Kosten und teuren Nebenfolgen gänzlich ersetzt werden muss.
- Generell muss die Technologie einem internationalen Standard (ISO-Standard) entsprechen und das System darf keine Insellösung sein. Denn dies ist eine Voraussetzung dafür, dass die Technologie von vielen Herstellern implementiert wird, dass verschiedene Anbieter miteinander konkurrieren, dass andere Betreiber eine kompatible Wahl treffen und durch Interoperabilität weiterer Zusatznutzen entsteht.
- Ausnahmen siehe 4.2.1.
- Der Markterfolg der Technologie muss bewiesen oder absehbar sein. Denn sonst können keine günstigen Preise erwartet werden.

4.2 Technologieübersicht

Dieses Unterkapitel vermittelt eine Übersicht über Basistechnologien und ihre Unterscheidungsmerkmale, die im vorangehenden Unterkapitel eingeführt wurden. Die Technologien werden gruppenweise besprochen und zum Schluss in einer Matrix aufgelistet.

Entsprechend den Schlussfolgerungen in 4.1.17 und 4.1.18 konzentrieren wir uns auf Technologien, für welche bereits internationale Standards von ISO, ITU und IEC verfügbar sind oder die Standardisierung im Gange ist, beziehen jedoch auch Europäische Standards von ETSI, CEN und CENELEC sowie IEEE, Ecma und weiteren Organisationen ein, deren Technologien mit den WTO-Anforderungen (siehe 4.2.1) verträglich sind. Denn neue Standards werden oft in spezialisierten Standardisierungsorganisationen entwickelt und erst dann in die internationale Standardisierung eingespeist.

Standardisierung ist eine gute Basis für die Technologieprognose, da sie heutzutage für die globale Verbreitung von grosser Bedeutung ist: Erstens wegen der WTO-Regeln (siehe 4.2.1), zweitens weil sie die Technologie weltweit bekannt macht und drittens weil sie Interoperabilität und Austauschbarkeit von Produkten verschiedener Hersteller ermöglicht. Dabei muss man sich stets bewusst sein, dass laufend konkurrierende Technologien entstehen, von denen sich die einen durchsetzen und die anderen wieder verschwinden.

Die Technologieübersicht ist nur als grobe Leitlinie zu verstehen und muss in Verbindung mit den Applikationsanforderungen und ergänzender aktueller Produkt- und Marktinformation verwendet werden. Alle Technologiemerkmale müssen im konkreten Fall beurteilt werden.

Die Technologieübersicht berücksichtigt nur berührungslose Technologien (siehe 4.1.1), nicht aber die wenig zukunftsweisenden mit mechanischer Interaktion oder galvanischem Kontakt.

4.2.1 WTO-Anforderungen

Grundsätzlich müssen nationale und in nationales Recht übernommene Europäische und internationale Anforderungen bei der Technologiewahl erfüllt werden. Dazu gehören insbesondere die WTO-Anforderungen, welche im TBT Agreement niedergelegt sind.

Das TBT-Agreement setzt Priorität auf Internationale Standards, d.h. Standards von ISO, ITU und IEC, vor regionalen Standards, d.h. in unserem Falle Europäische Normen von CEN, CENELEC und ETSI, und vor nationalen Standards (Schweizer Normen von SNV, SEV, ASUT, VSS etc.

Zwar nicht de jure, wohl aber de facto haben jedoch auch Standards anderer Organisationen Weltrang, werden von der Industrie weltweit adoptiert und entsprechen dem Stand der Technik. Sie zu wählen ist daher Best Practice und ein Gebot der Vernunft.

In diese Kategorie fallen insbesondere die zentralen Pfeiler der Internet-Technologie (siehe 4.2.7), nämlich IP, TCP, HTTP, FTP, SMTP und weitere Protokolle, welche durch die IETF in sog. RFC-Spezifikationen (Request for Comment) niedergelegt sind.

Nicht ins schwarz/weiss-Schema passt auch die Mobiltelefonie (siehe 4.2.6), welche ausserhalb der ITU durch die 3GPP und die 3GPP2 entwickelt und standardisiert wird. Als 3GPP-Mitglied macht ETSI einen Teil der 3GPP-Produktion zu Europäischen Normen, aber andere Teile von UMTS sind nur in 3GPP-Dokumenten spezifiziert. Dennoch darf Mobiltelefonie unbesorgt auch in Projekten der Öffentlichen Hand genutzt werden.

Während IEEE (siehe 4.2.5) und Ecma den grössten Teil ihrer Produktion in die ISO-Standardisierung einfliessen lassen, verbleiben einzelne Standards, welche, sofern sie weltweit erfolgreich sind (d.h. von der Industrie adoptiert werden), ebenfalls in Betracht gezogen werden können oder sogar sollten. Ein Beispiel ist Bluetooth, welches dem IEEE 802.15.1 entspricht und (anders als andere Teile von 802.15) nicht bei ISO eingereicht wurde.

Ein Spezialfall ist GPS (siehe 4.2.8), welches vom National Executive Committee for Space-Based Positioning, Navigation and Timing verwaltet wird und dessen Spezifikation sich in der Hand einer US-Bundesbehörde, des GPS Joint Programme Office, befindet. Ähnlich wird das künftige GALILEO sich unter Kontrolle Europäischer Behörden stehen, und eine Publikation der Spezifikationen als Standards scheint nicht vorgesehen zu sein.

Noch mehr Pragmatismus erfordern andere Fälle, so z.B. die CD- und DVD-Technologie (Leser und Medien), welche auf rein proprietären Spezifikationen von Konsortien interessierter Weltfirmen (z.B. Blue-ray disc) beruhen. Magnetband-Kassetten, die bis Ende der 90-er-Jahre durch Ecma standardisiert wurden, werden heutzutage von IBM eigenständig weiterentwickelt. In beiden Fällen sind Spezifikationen nur Lizenznehmern zugänglich.

4.2.2 RFID

RFID (Radio frequency identification) ist eine Technik für die Warenkennzeichnung, Warenkontrolle und Warensicherung, welche im 7-teiligen ISO/IEC 18000^{xxxii} spezifiziert ist.

Teil 1 definiert die Referenzarchitektur und grundlegenden Begriffe. Kernelemente sind der RFID-Tag (typischerweise ein Chip, welcher an ein Kleidungsstück geheftet wird) und der Interrogator (ein Lesegerät, mit welchem Daten aus dem Chip gelesen und, falls der

Chip dies erlaubt, in ihm gespeichert werden können). Diese Tags sind für die automatische Datenerfassung konzipiert und werden somit automatisch aktiviert.

Jeder der übrigen Teile spezifiziert Verfahren in verschiedenen Frequenzbereichen mit ganz unterschiedlichen Merkmalen und Anwendungsbereichen.

- 125KHz und 134.2 KHz. Dies sind die einfachsten, billigsten und demgemäss am meisten verbreiteten Chips, die meistens nur den Lesezugriff erlauben (read only). Sie werden durch den Interrogator gespeist, die Arbeitsdistanz beträgt einige Dezimeter, kein oder beschränkter Mehrfachzugriff und geringe Datenübertragungsrate.
- 13.56MHz. Zwei inkompatible Typen sind definiert, mit inkompatiblen Protokollen und Datenübertragungsraten von 6.6-26.7Kbps. Der eine Typ ist von ISO/IEC 15693 abgeleitet. Die Arbeitsdistanz beträgt einige Dezimeter, der Mehrfachzugriff ist auf niedrigem Niveau gewährleistet, die Speisung erfolgt durch den Interrogator.
- 2.45GHz. Die Datenübertragungsrate beträgt bloss 76.8-384Kbps, aber die Arbeitsdistanz kann mehrere Meter betragen. Dabei benötigen die Tags eigene Speisung.
- 860-930MHz. Dieses System hat Mehrfachzugriffseigenschaften ähnlich wie WLANs und eine Arbeitsdistanz von mehreren Metern.
- 433 MHz. Auch hier ist die Arbeitsdistanz hoch.

Die Innovation in diesem Bericht konzentriert sich seit einigen Jahren auf die Entwicklung von Sensor-Netzwerken, in welchen RFID-Chips in Netzwerke eingebunden werden. Die Basistechnologie der RFID-Chips hat sich jedoch nicht verändert.

4.2.3 Contactless Cards

Kontaktlose Karten sind Chipkarten und ähnliche Geräte (Schlüsselanhänger, Armbanduhren, etc.), die berührungslos gelesen werden können.

Proximity Cards sind Chipkarten gemäss ISO/IEC 14443^{xxx}. Sie sind für eine Arbeitsdistanz von <10cm, Speisung durch das Lesegerät und manuelle Aktivierung ausgelegt. Dieser Standard ist weit verbreitet: Für elektronische Pässe und kontaktlose Kreditkarten ist er Vorschrift, im e-Ticketing zunehmend verbreitet, lediglich übertroffen durch FeliCa, ein Produkt gemäss Japanischem Standard JIS X 6319-4, welcher im Öffentlichen Verkehr in Japan flächendeckend in Stückzahlen über 100 Millionen eingesetzt wird, jedoch bisher nicht bei ISO eingereicht wurde.

ISO/IEC 14443 definiert zwei Typen, A und B. Kartenchips entsprechen dem einen oder anderen Typ, währenddem Leser beide Typen unterstützen müssen. Damit ist gewährleistet, dass Karten unabhängig von ihrem Typ überall gelesen werden können.

Der Standard definiert die FeliCa Datenübertragung bei einer Trägerfrequenz von 13.56 MHz und bei Datenübertragungsraten von 106-848Kbps. Der Verbindungsaufbau erfolgt allerdings immer bei 10Kbps, und nur die wenigsten Karten unterstützen die höheren Geschwindigkeiten.

Mehrfachzugriff ist in geringem Masse möglich. Er könnte trotz geringer Arbeitsdistanz z.B. dann erforderlich sein, wenn jemand seine Brieftasche mit mehreren Karten an den Leser hält.

Sicherheit ist in dieses Verfahren keine eingebaut. Üblicherweise implementieren kontaktlose Chipkarten jedoch (ungeachtet des auf Kontaktkarten Bezug nehmenden Titels von ISO/IEC 7816^{xiv}), den Teil 4 welcher Kommandos und Meldungen definiert, die auch die Verwendung des Teiles 8 ermöglichen. Letzterer spezifiziert Sicherheitsmechanismen auf Applikationsebene.

Vicinity Cards sind Chipkarten gemäss ISO/IEC 15693^{xxxi}. Sie sind für eine Arbeitsdistanz von typisch <50cm, Speisung durch das Lesegerät und automatische Aktivierung ausgelegt. Diese Technologie ist für den Hands-Free-Zutritt weit verbreitet. Mehrfachzugriff wird in geringem Masse unterstützt. Die Datenübertragungsrate beträgt 1.66 oder 26.48Kbps.

Kaum verbreitet sind sog. Close Coupling Cards gemäss ISO/IEC 10536, die hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden.

Ausser einer Steigerung der Übertragungsgeschwindigkeit und Präzisierung der Konformitätsbedingungen war in diesem Bereich in den letzten 10 Jahren keine technologische Innovation zu beobachten.

Eine interessante Technologie, die vor allem für Ausweise angewandt wird, sind optische Speicherkarten mit linearer (ISO/IEC 11694) und holographischer (ISO/IEC 11695) Speicherung. Die Speicherdichte letzterer beträgt ca. 1 Megapixel pro Quadratmillimeter, was zwar ganz respektabel ist, aber durch Flash Memories mit derzeit bis zu 20 GByte pro Quadratmillimeter um Grössenordnungen übertroffen wird. Die Lesung erfolgt auf wenige Zentimeter Distanz. Eine Technologie für Lesung auf grosse Distanzen, die für die Nutzungserfassung interessant sein könnte, wird wohl kaum entwickelt, da die entsprechenden RFID-Techniken überlegen sind.

4.2.4 NFC

NFC^{xxix} (Near Field Communication) ist eine Technik mit Arbeitsdistanz <10cm, eigener Speisung und manueller Aktivierung. Sie ist für den Einsatz in Consumer Equipment wie z.B. Mobiltelefonen ausgelegt und komplementiert die Proximity Cards. Während letzteren ein asymmetrisches Modell mit Karte und Kartenleser zu Grunde liegt, sieht NFC nur einen einzigen Gerätetyp vor, den NFC Device, der in einer Kommunikation entweder die Rolle des sog. Initiators oder des sog. Targets spielt. Jedes Gerät muss beide Rollen beherrschen, und je nach Anwendung die eine oder die andere übernehmen.

Genauer gesagt trifft dies auf das NFCIP-1 genannte Protokoll zu. Die Übertragungsraten sind 106kbps, 212kbps, 424 kbps und 848 kbps. NFCIP-1 definiert zwei Arbeitsmodi, den passiven und den aktiven. Wiederum muss jedes Gerät beide Modi beherrschen.

Ein passives Target verhält sich bei der Verbindungsherstellung bei 106Kbps wie eine Proximity Card, bei 212Kbps wie eine FeliCa-Karte, verwendet allerdings für den Datenaustausch andere Protokolle. Mit geeigneter Zusatzsoftware kann ein NFC Device daher mit Lesegeräten für Proximity Cards oder FeliCa Karten kommunizieren.

Der aktive Modus (peer-to-peer) arbeitet schneller und robuster. Wenn zwei NFC-Geräte zusammentreffen, dann verwenden sie vorzüglich den Peer-to-Peer Modus.

NFCIP-1 ist der erste NFC-Standard in einer ganzen Suite, die noch immer erweitert wird:

- NFCIP-2^{xlvi} spezifiziert die Verfahren, mit denen Geräte, welche NFCIP-1 (Initiator und Target), Proximity Cards (Karte und Leser) und Vicinity Cards (Leser) implementieren, mit anderen Geräten, welche eine oder mehrere dieser Fähigkeiten haben, Verbindung aufnehmen können. NFCIP-2-Geräte sind quasi Dolmetscher, welche mit der NFC-, Proximity- und Vicinity-Welt kommunizieren können und die bislang bestehenden Barrieren beseitigen, auch diejenige zwischen ISO/IEC 14443 und FeliCa.
- Als erstes Handy basiert Google Android auf NFCIP-2. Es wird erwartet, dass NFCIP-2 sich als Standard für NFC-Handys etablieren wird. Auch ortsfeste Terminals und Automaten werden vermehrt mit NFCIP-2-Chips ausgerüstet. Damit entsteht ein Ökosystem ortsfester und mobiler Service Access Points für Handys und Contactless Cards.
- NFCIP-2 wirkt dergestalt als Katalysator für neue Anwendungen.
- Sowohl Terminals als auch Mobiltelefone werden nun mit NFCIP-2-Schnittstellen ausgerüstet. Dies ermöglicht Anwendungen wie das Japanische e-Ticketing, wo sowohl Karten als auch Mobiltelefone benutzt werden.
- NFC-SEC^{xxxvii} definiert ein Sicherheitssystem für NFCIP-1-Geräte, welches die Datenübertragung zwischen zwei Geräten schützt. Der erste Teil dieses Standards definiert allgemeine Verfahren, während der zweite und künftige weitere Teile kryptographische Mechanismen spezifizieren, welche mit den Verfahren des ersten Teiles quasi als Plug-Ins kombiniert ein vollständiges Sicherheitssystem bilden. Mit dem zweiten

- Teil erhält man Schutz vor Abhören und Manipulation auf höchstem Sicherheitsniveau. Künftige weitere Teile können dem Authentisierung hinzufügen.
- NFC-WI^{xlvii} spezifiziert eine Schnittstelle zu NFCIP-1 Chips. Diese erlaubt eine standardisierte Integration in Consumer Geräte wie Telephone.
 - NFC-FEC^{xlviii} spezifiziert die Befehle mit welchen der Chip NFCIP-1 über eine NFC-WI Schnittstelle konfiguriert werden kann.
 - MSIP-1^{xl} erlaubt den Datenaustausch mit Chips ohne eigene Speisung mit 10Mbps auf wenige cm Distanz Sicherheit ist integriert.
 - CCCC basiert auf kapazitiver Ankoppelung unter 10cm Distanz und ermöglicht Übertragungsraten von 3-40Mbps.
 - SDVLC erreicht mit sichtbarem Licht eine Übertragungsrate von 120Mbps über 10cm Distanz. Diese Technik ist sehr robust, darüber hinaus gesundheitlich absolut unkritisch und frei von Interferenzen mit anderen Kommunikationsmitteln.
 - Close Proximity Electric Induction Wireless Communications, ein bei Ecma in Standardisierung begriffenes Verfahren, beruht nicht auf elektromagnetischer Strahlung, sondern auf dem magnetischen Wechselfeld in der Nähe eines elektrischen Dipols. Bei 2.5-5.98GHz ist die Reichweite ca. 5cm. Dies macht es sehr robust gegen Umwelteinflüsse, frei von Interferenzen mit anderen Kommunikationsmitteln und gesundheitlich unbedenklich. Ausserdem ist es mit 560 Mbps sehr schnell. Sicherheit ist integriert.

Die Entwicklung dieser Standards findet in der Ecma/Tc47 "Near Field Communication" statt³. NFCIP1, NFCIP2, NFC-SEC, NFC-WI und NFC-FEC sind in das ISO/IEC \ JTC1 \ Sc6 "Telecommunication and exchange between systems" eingespeist worden, wo nun auch die Weiterentwicklung und Wartung stattfindet.

Die Innovation in diesem Bereich ist sehr intensiv und wird weitergehen. Man muss sich allerdings bewusst sein, dass bei weitem nicht jede Neuerung überzeugenden Markterfolg hat. Dieser ist aber unabdingbar für die Nachhaltigkeit.

4.2.5 WLAN, WPAN und WBAN

WLAN, WPAN und WBAN sind Drahtlosnetzwerke (W steht für Wireless):

- WLAN: Lokale Netzwerke, wie man sie heute in jedem Haus, jedem Hotel und an vielen weiteren Orten findet.
- WPAN: Personal Area Networks, die z.B. am eigenen Arbeitsplatz Computer, Drucker, Speicher, Telefon, Radio, Fernseher, Klimaanlage, Lichtschalter, Rollos, Steuergeräte etc. vernetzen.
- WBAN: Body Area Networks, welche Geräte, die wir mit uns herumtragen, miteinander verbinden: Mobiltelefon, Mikrofon, Kopfhörer, Armbanduhr, Kamera, medizinisches Gerät etc.

Führend in der Standardisierung dieser Technologien ist IEEE, insbesondere die Arbeitsgruppe 802.11 für WLAN und 802.15 für WPAN und WBAN.

IEEE 802.11 ist auch die Nummer der Serie von WLAN-Standards, derzeit von 802.11a bis 802.11u. Eine überarbeitete und erweiterte Version des Standards soll Ende 2011 publiziert werden. Der Stand von 2004 ist im ISO/IEC 8802-11:2005 enthalten. Der nächste Release dürfte 2012 ein ISO-Standard werden.

IEEE 802.15 ist ein mehrteiliger Standard:

- 802.15.1, besser bekannt als Bluetooth, erzielt im 2.4GHz-Band Übertragungsraten von 1-24Mbps auf Distanzen von 1-100m.

³ Das bei weitem bekanntere NFC-Forum entwickelt keine Technologiestandards, sondern bezweckt die Förderung und Standardisierung von NFC-Anwendungen.

- 802.15.3 bietet Datenübertragungsraten bis 12Gbps auf einer Trägerfrequenz von 57-64Ghz.
- 802.15.4, bekannt als ZigBee, welches speziell für die Hausautomatisierung und Medizinaltechnik ausgerichtet ist, arbeitet im ISM-Band zwischen 868MHz und 2.4GHz mit Übertragungsraten von 40-250Kbps auf Distanzen von 10-75m.

IEEE erfährt aber auch starke Konkurrenz in der ISO und Ecma.

In die ISO/IEC \ JTC1 \ Sc6 "Telecommunication and exchange between systems" bringen vor allem Südkorea, China und Japan vermehrt Vorschläge ein.

- Pico-Cast^{xix} ist eine WPAN-Technologie, die sich durch Robustheit, hohen Mehrfachzugriff und integrierte Sicherheit auszeichnet. Sie überträgt 1 Mbps bei 2.4GHz Trägerfrequenz.
- MFAN (Magnetic Field Area Network)^l verwendet (wie die Close Proximity Electric Induction Wireless Communications, siehe 4.2.4) das magnetische Induktionsfeld in der näheren Umgebung einer Antenne. Es operiert jedoch bei einer Trägerfrequenz von nur 300KHz, weshalb zwar die Datenrate nur 1-8Kbps, dafür aber die Reichweite dieses Feldes ca. 150 Meter beträgt⁴. Dieses Verfahren ist extrem robust, funktioniert bestens unter Wasser und im Erdboden und wird auch durch Metall nicht gestört. Es eignet sich daher bestens als WLAN im Untergrund.
- WAPI^{li} sichert den WLAN-Zugriff mit Public Key Certificates (PKI)

Ecma hat in den letzten Jahren bedeutende Standards entwickelt und erfolgreich bei ISO eingereicht:

- UWB (Ultra-Wideband)^{lii,liii} (oft auch wireless USB genannt) ist eine Technik, welche schwache Signale über einen grossen Frequenzbereich (bis zu 500MHz) verteilt, so dass sie von anderen Geräten bloss als Rauschen wahrgenommen und diese nicht stören. UWB arbeitet im Bereich von 3.1-10.6GHz und erreicht Datenübertragungsraten bis 400Mbps. UWB ist äusserst robust und gesundheitlich unbedenklich, hat integrierte Sicherheitsmechanismen und erlaubt einen sehr hohen Mehrfachzugriff. Dies ist ein aussichtsreicher Kandidat für die nächste Generation der WPANs.
- Ecma-368^{liv} ermöglicht die Punkt-zu-Punkt-Datenübertragung im 60GHz-Band mit einer Übertragungsrate von 1.7Gbps und integrierter Sicherheit. Diese Technik ist vor allem für Multimedia gedacht.
- TV White Spaces^{lv} erzielt über ungenutzte Kapazitäten in den Fernseh-Frequenzbändern (54-60 MHz) Übertragungsraten von 5.5-27.7Mbps. Dies ergibt ein kostengünstiges WLAN mit integrierter Sicherheit.

Weit verbreitet und hochleistungsfähig ist ferner die Infrarot-Übertragung, welche von der IrDA (Infrared Data Association) standardisiert wird. Die Übertragungsraten reichen von 2.4Kbps bis zu 1Gbps bei Distanzen im Meter- bzw. Dezimeterbereich.

Die Innovation in diesem Bereich ist äusserst hoch und wird noch viel Erstaunliches hervorbringen. Man muss sich allerdings bewusst sein, dass bei weitem nicht jede Neuerung überzeugenden Markterfolg hat. Dieser ist aber unabdingbar für die Nachhaltigkeit.

4.2.6 Mobiltelefonie

In der Mobiltelefonie erfolgt die Standardisierung derzeit weitgehend ausserhalb der ITU. Die "Küchen" sind 3GPP⁵ und 3GPP2⁶, Projektgruppen ohne rechtliche Körperschaft, in

⁴ Maximal die Wellenlänge geteilt durch zwei Pi.

⁵ 3rd Generation Partnership Project, siehe <http://www.3gpp.org/Legal-matters->, eine Projektgruppe einiger nationaler und regionaler Standardisierungsorganisationen, welche Weltstandards für die Mobiltelefonie entwickelt.

⁶ Eine Projektgruppe einiger 3GPP-Partnerorganisationen

denen nationale (bzw. im Falle von ETSI regionale) Standardisierungsorganisationen der Telekommunikationsindustrie aus den USA, Japan, Korea, China und Europa in verschiedenen Zusammensetzungen freiwillig zusammenarbeiten.

Diese Zusammenarbeit hat den GSM-Standard und den Nachfolgestandard UMTS hervorgebracht, welche weltweit führend sind: 86% der weltweit 5.3⁷ Milliarden Mobiltelefone, ganz Westeuropa, China, Japan und Südkorea verwenden diese Standards, die auch mehr und mehr in den USA das dort verbreitete CDMA2000 verdrängen.

Während die technischen Spezifikationen von den 3GPP- und 3GPP2-Mitgliedorganisationen publiziert werden, koordinieren sich diese sehr wohl mit der ITU, welche die Frequenzpläne verwaltet. Sowohl die verwendeten Frequenzen als auch die genauen technischen Spezifikationen sind in Europa, den USA, China und Japan verschieden. Daher braucht der Weltreisende ein Quadband-Telefon.

Die Mobiltelefonie hat als Trägerfrequenzen 850MHz, 1900MHz und 2.1GHz und erreicht in Picozellen von maximal 60m Durchmesser Datenübertragungsraten bis zu 2Mbps, in Mikrozellen von max. 1km Durchmesser 384Kbps. Der Mehrfachzugriff ist hoch, die Robustheit gut und eine beschränkte Sicherheit integriert.

Während die Technologie der dritten Generation (3G) sich verbreitet, arbeitet die Industrie bereits an 4G. Mehrfachzugriff und Leistung sollen weiter zunehmen, WANs, WPANs und WBANs integriert werden, sodass die heute separaten Netze und Technologien miteinander verschmelzen.

Die Mobiltelefonie hat, nach sehr bescheidenen Anfängen in den 1980-ern, in den 1990-ern zu explosionsartigem Wachstum gefunden und in knapp 20 Jahren die Welt erobert. Seit dem Jahr 2000 hat sich die Zahl der Mobiltelefone versiebenfacht. Diese unglaubliche Erfolgsgeschichte, die unser aller Leben verändert hat, geht weiter, indem sich die Geräte wandeln und neue Gerätetypen mit einbezogen werden.

Dennoch muss man sich auch bewusst sein, dass selbst in diesem hochdynamischen Umfeld die Prognosen meist überoptimistisch sind. So erwarteten die Schweizerischen Telekommunikationsunternehmen um das Jahr 2000 die Ablösung von GSM durch UMTS bis zum Jahre 2005. Jedoch waren gemäss Telekommunikationsstatistik des BAKOM Ende 2009 erst knapp 33% der 9.3 Millionen Schweizer Mobiltelefone UMTS-fähig, und auch heute noch werden mehrheitlich GSM-Telefone gekauft.

Dies muss uns lehren, dass alte Versionen mit neuen stets über lange Zeit hinweg koexistieren und eine Migration zu neuer Technik nicht per Stichtag realisierbar ist. Auch Nutzungserfassungssysteme müssen so konzipiert werden, dass sie dies verkraften. Bei der Technologiewahl darf man die Trägheit des Marktes nicht unterschätzen und sich nicht bloss auf Prognosen verlassen.

4.2.7 Internettechnologie

W3C und IETF sind die Orte, wo das Internet definiert und seine Technologie weiterentwickelt wird. Von W3C kommen die formalen Sprachen, mit denen Webseiten codiert werden, also HTML, XML, CSS, etc. Viele (wenn nicht alle) W3C-Standards wurden in das JTC1/Sc34 eingebracht und sind heute ISO-Standards.

IETF spezifiziert die Kommunikationsprotokolle im Internet: IP, TCP, FTP, SMTP, usw. in sogenannten RFCs (Request For Comment). Ungleich W3C speist es sie jedoch nicht in die Internationale Standardisierung ein, weder bei der ISO noch bei der ITU.

Diese Situation ist nicht zu aller Zufriedenheit. Die Telekommunikationsindustrie wünscht mehr Kontrolle über die Weiterentwicklung dieser Protokolle, welche für ihren Netzbetrieb essentiell sind. In der ITU und der ISO sowie den vorgelagerten Telekommunikations-Standardisierungsgruppen wird intensiv an der Definition und Spezifikation der Next Ge-

⁷ Stand 2010 gemäss ITU-Statistik

neration Networks (NGN) gearbeitet. Diese sollen auf IP mit gewissen Ergänzungen basieren. Die IETF steht unter Druck, enger mit ITU zusammenzuarbeiten. Wer letztendlich die Zukunft des Internets bestimmt, ist jedoch derzeit unabsehbar.

IP und andere IETF-Standards definieren jedoch keine physischen Kommunikationsmethoden wie die vorangehend betrachteten Technologien, sondern den Datentransport bei bestehenden Verbindungen. Sie sind daher keine Alternativen zu diesen Technologien, sondern setzen sie voraus. Demzufolge finden sie in die Technologieübersicht keinen Eingang.

4.2.8 Satellitennavigationssysteme

Das jedermann bekannte GPS wurde von den USA um 1995 fertig gestellt und im Jahre 2000 für die zivile Nutzung uneingeschränkt und unentgeltlich zur Verfügung gestellt. Das Russische GLONASS, das Chinesische COMPASS und das Europäische GALILEO werden schon bald dazukommen. Sie sollen interoperabel sein und eine noch genauere Ortsbestimmung ermöglichen.

Diese Systeme basieren auf Satelliten, welche permanent ihre aktuelle Position und die genaue Uhrzeit aussenden. GPS-Empfänger bestimmen ihren Standort durch Triangulation mit mindestens vier Satelliten. GPS arbeitet bei mit Frequenzen von 1.1 bis 1.5GHz.

Seinen Durchbruch in der Mobiltelefonie verdankt das GPS jedoch einer Kombination mit den Mobilfunknetzen, dem sog. A-GPS. Das ist es, was Mobiltelefone und Navigationsgeräte heutzutage nutzen. A-GPS kann über das Mobilnetz den Almanach aktualisieren und Positionsdaten an Server übermitteln. Erst das ermöglicht die beliebten Location-Based Services.

A-GPS wird uns auch in Zukunft zur Verfügung stehen und kann in Nutzungserfassungssysteme mit einbezogen werden.

4.2.9 Biometrie

Die Biometrie befasst sich mit der Messung von Körpermerkmalen. Ihre Anwendung für die Identifikation von Personen auf Grund von Körpermerkmalen hat im Zuge der Terrorismusbekämpfung starke Förderung erfahren. In der ISO wurde 2004 das ISO/IEC JTC1/Sc37 gegründet, welches Standards für die Anwendung biometrischer Verfahren erarbeitet. Nicht standardisiert werden bislang die biometrischen Algorithmen. Sie werden durch die Industrie entwickelt und bleiben in den Details in der Regel geheim. Hingegen sind die Prüfverfahren für Bestimmung der Qualität und Effektivität dieser Verfahren standardisiert.

Die von biometrischen Verfahren herangezogenen Körpermerkmale sind zahlreich. Der ISO/IEC 19794 berücksichtigt derzeit deren zehn:

- Finger minutiae data
- Finger pattern spectral data
- Finger image data
- Face image data
- Iris image data
- Signature/sign time series data
- Finger pattern skeletal data
- Vascular image data
- Hand geometry silhouette data
- Signature/sign processed dynamic data

Mit Ausnahme des letzten sind dies alles statische Merkmale. Bei diesen besteht natürlich stets das Risiko, dass sie kopiert würden, wie das schon mit Fingerabdrücken demonstriert worden ist.

4.2.10 Erkennungstechnologien

Optische und akustische Erkennung sicht- und hörbarer Pattern. Diese Technologien wurden in den vergangenen Jahrzehnten laufend verbessert. Einige von ihnen sind vollständig ausgereift und etabliert.

Auf dem obersten Platz stehen zweifellos die für die Warenkennzeichnung und Warenkontrolle unentbehrlichen Strichcodes. Die gebräuchlichen eindimensionalen (Code 128, EAN, UPC, ...) und zweidimensionalen (QR, Data Matrix, MaxiCode) Codes sind international standardisiert.

Seit langem standardisiert sind die OCR-A und OCR-B-Schriften (ISO 1073). Nicht standardisiert aber weit fortgeschritten und für die Dokumentverarbeitung unentbehrlich sind die Scanning-Techniken, welche nicht nur OCR-Schriften, sondern auch normale Schriften bis hin zur Handschrift mit hoher Zuverlässigkeit erkennen können.

Auch die Bilderkennung hat respektable Erfolge vorzuweisen und wird laufend weiter perfektioniert.

Nicht Gegenstand von Standards ist bislang die Spracherkennung, die jedoch von der Industrie vehement vorangetrieben wird. Anwendungen sind die Texteingabe und die Steuerung. Beides ist heute schon auf einem respektablen Stand, aber noch nicht zum Durchbruch bereit. Es ist aber durchaus denkbar, dass sich dies innert 10 Jahren ändert. Spracherkennung könnte ein nützliches Ingrediens auch in der Nutzungserfassung sein.

Hochinteressant ist auch die Entwicklung von Systemen, welche mit Gesten und Körperbewegungen gesteuert werden. Derzeit sind dies Spiele, aber wer weiss wohin das innert 10 Jahren führen wird.

4.2.11 Technologiematrix

Die Technologiematrix enthält nur diejenigen Merkmale, für welche globale Aussagen möglich sind. Es fehlen Mensch/Maschine-Schnittstelle, Kommunikationsanbindung und Aktualisierung sowie Transaktionsdauer, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Nachhaltigkeit und Kosten. Die einen hängen von der Geräteausstattung ab, die anderen sind komplex und nur im konkreten Fall beurteilbar.

Der Inhalt der Spalten der Technologiematrix ist aus nachstehender Tabelle ersichtlich.

Tabelle 4.1 Beschreibung der Technologiematrix

Spalte No.	Titel	Inhalt	Siehe
1	No.	Fortlaufende Nummer	
2	Technologie	Kurzbezeichnung	
3	Referenz	Referenz zu Unterkapitel	
4	Automatisch aktiviert	<u>ja</u> / <u>nein</u>	4.1.2
5	Arbeitsdistanz	Obergrenze oder Bereich	4.1.3
6	Zweiwegkommunikation	<u>ja</u> / <u>nein</u>	4.1.4
7	Trägerfrequenz	Frequenz oder Bereich	4.1.5
8	Datenübertragungsrate	Anzahl bps	4.1.6
9	Speisung nötig	<u>ja</u> / <u>nein</u>	4.1.7
10	Mehrfachzugriff	<u>hoch</u> / <u>mittel</u> / <u>niedrig</u> / <u>keiner</u>	4.1.10
11	Robustheit	<u>hoch</u> / <u>normal</u>	4.1.11
12	Integritätsschutz	<u>ja</u> / <u>nein</u>	4.1.13

Die in der Spalte "Inhalt" unterstrichenen Buchstaben werden in der Technologiematrix als Abkürzungen verwendet. Felder werden leer gelassen, wenn das Kriterium nicht anwendbar ist oder eine pauschale Angabe nicht möglich ist.

Tabelle 4.2 Beschreibung der Technologiematrix

No.	Technologie	Referenz	Automatisch aktiviert	Arbeitsdistanz	Zweiwegkommunikation	Trägerfrequenz	Datenübertragungsrate	Speisung nötig	Mehrfachzugriff	Robustheit	Integritätsschutz
1	RFID 125/130	4.2.1	j	<1m	n	<130KHz	1-8Kbps	n	n	n	n
2	RFID 13.56	4.2.1	j	<0.5m	j	13.56MHz	6-27Kbps	n	n	n	n
3	RFID 2.45	4.2.1	j	<10m	j	2.45GHz	77-384Kbps	j	n	n	n
4	RFID 800	4.2.1	j	<10m	j	860/930MHz	40-640Kbps	j	m	n	n
5	RFID 433	4.2.1	j	<10m	j	433MHz	27Kbps	j	n	n	n
6	Proximity cards	4.2.3	n	<10cm	j	13.56MHz	106-848Kbps	n	n	n	n
7	Vicinity cards	4.2.3	j	<50cm	j	13.56MHz	1.7-26.5Kbps	n	n	n	n
8	Close Coupling Cards	4.2.3	n	<1cm	j		9.6Kbps	j	k	h	n
9	Optical Memory Cards	4.2.3	n	<1cm	n		typ. <100Kbps	n	k	h	n
10	Near Field Communication (NFC)	4.2.4	n	<5cm	j	13.56MHz	106-848Kbps	j	n	n	j
11	Close Capacitive Coupling (CCCC)	4.2.4	n	<10cm	j		3-40Mbps	j	k	h	j
12	SDVLC	4.2.4	n	<10cm	j		120Mbps	j	k	h	j
13	Close Proximity Electric Induction	4.2.4	n	<5cm	j	2.5-6GHz	560Mbps	j	k	h	j
14	WLAN	4.2.5	j	<20m	j	2.4GHz	10-50Mbps	j	m	n	j
15	Bluetooth	4.2.5	j	<100m	j	2.4KHz	1-24Mbps	j	n	n	j
16	815.3	4.2.5	n	<10m	j	57-64GHz	2Gbps	j	k	h	j
17	ZigBee	4.2.5	j	<75m	j	0.8-2.4GHz	40-250Mbps	j	m	n	j
18	PicoCast	4.2.5	j	<50m	j	2.4GHz	1Mbps	j	h	h	j
19	MFAN	4.2.5	j	<150m	j	300KHz	1-8Kbps	j	m	h	n
20	UWB	4.2.5	j	<10m	j	3.1-10GHz	400Mbps	j	h	h	n
21	Ecma 368	4.2.5	n	<10m	j	60GHz	1.7Gbps	j	k	h	j
22	TV White Spaces	4.2.5	j	<50m	j	54-60MHz	5.5-28Mbps	j	m	n	j
23	IrDA	4.2.5	n	<5m	j	Infrarot	2.4K-1Gbps	j	k	h	n
24	Mobiltelefonie (Picozelle)	4.2.6	j	<60m	j	0.85-2.1GHz	2Mbps	j	h	n	j
25	Mobiltelefonie (Mikrozelle)	4.2.6	j	<1km	j	0.85-2.1Ghz	384Kbps	j	h	n	j
26	Satellitennavigation (A-GPS)	4.2.8	j		j				h	n	
27	Biometrie (Fingerprint, Iris, ...)	4.2.9	n	<5cm	n					n	
28	Biometrie (Gesichtserkennung)	4.2.9	j	<5m	n					n	
29	Barcodes	4.2.10	n	<50cm	n					n	
30	Schrifterkennung (OCR, ...)	4.2.10	n	<5cm	n					n	
31	Bildererkennung	4.2.10	j	<100m	n						

4.2.12 Eignung für CICO

Für CICO charakteristisch ist die manuelle Aktivierung durch den Reisenden. Sie lässt sich grundsätzlich auf zwei Arten erreichen:

- a) Der Reisende das RG an das EP (z.B. seine Chipkarte an das Lesegerät) heran, wobei die Technologie eine kurze Arbeitsdistanz (typisch <10cm) haben muss, um ungewollte Aktivierungen auszuschliessen.
- b) Der Reisende aktiviert das RG z.B. mittels eines Druckknopfs, worauf dieses die Transaktion mit dem EP durchführt. Eine elegante und sichere Lösung wäre z.B. ein Handy oder eine Chipkarte mit integriertem Fingerabdruck-Sensor. Wenn der Inhaber seinen Finger auf diesen Sensor legte, erfolgte die Aktivierung nach positiver Prüfung des Fingerabdruckes.

In beiden Fällen muss die Transaktionsdauer kurz sein, im ersten Fall <150ms (die Zeit, in welcher man mit einer Karte einen Kontaktlosleser antippt), im zweiten ebenfalls in wenigen Hundert Millisekunden. Die Technologie muss somit schnell genug sein, und zuverlässig funktionieren, da Fehler und Fehlversuche die Akzeptanz und Performanz beeinträchtigen würden. CICO wird oft mit mechanischen Zutrittssystemen kombiniert (Drehkreuze, Türen). Eine Erfolgskontrolle ist jedoch auch akustisch oder optisch möglich.

Auf Anwendungen der ersten Art zugeschnitten und in existierenden Systemen verbreitet sind die Technologien für Kontaktloskarten und NFC. Grundsätzlich geeignet ist auch das Close Capacitive Coupling und andere Technologien mit kurzer Arbeitsdistanz.

Für Anwendungen der zweiten Art eignen sich grundsätzlich Systeme mit mittlerer Arbeitsdistanz, ausreichender Geschwindigkeit und allenfalls Mehrfachzugriffsfähigkeit. Existierende Lösungen grösseren Massstabes sind uns nicht bekannt. Standards für die Integration von Fingerabdrucksensoren in Chipkarten und Handys sind jedoch in Arbeit. Künftige tragbare Geräte werden auch Stimmerkennungsfähigkeiten haben. Dies und weitere Neuerungen bei den Mensch-Maschine-Schnittstellen können in der Zukunft zu komfortablen, sicheren Lösungen führen.

CICO ist seit vielen Jahren im grossen Massstab erfolgreich im Betrieb und erwiesenermassen für geldwerte Transaktionen problemlos tauglich.

4.2.13 Eignung für WIWO

Für WIWO muss die Technologie eine Interaktion im Eingangsbereich ermöglichen, jedoch hands-free ohne Zutun des Reisenden. Die Technologie muss daher eine mittlere Arbeitsdistanz haben (typisch 0.5-1m) und Transaktionen in 2-400ms abwickeln. Zudem muss sie auf den Eingangsbereich beschränkt sein, um ungewollte Aktivierungen im Äusseren oder Inneren zu vermeiden. Die Aktivierung und Transaktionsabwicklung muss entweder äusserst zuverlässig sein oder dann wiederum mit einem Erfolgskontrollsystem kombiniert sein.

Existierende Lösungen (z.B. am Skilift oder der Mautstation) arbeiten mit Antennen im Zutrittsbereich. Erfahrungsgemäss braucht es oftmals einen zweiten Versuch, bevor sich die Türe öffnet, da die gebräuchlichen Technologien nicht zuverlässig arbeiten, wenn die Antenne des RG ungünstig orientiert (z.B. Karte in der Brusttasche) oder durch Dielektrika oder Leiter (z.B. Aluminiumfolie im Skianzug) abgeschirmt ist. Probleme treten auch auf, wenn (z.B. beim Zutritt zu Veranstaltungen) anders als am Skilift und der Mautstation keine Vereinzelung stattfindet, da der Mehrfachzugriff oft überfordert ist.

Ein besonderes Problem stellt sich auch, wenn der Reisende mehrere RG (z.B. sein eigenes und diejenigen seiner Kinder) auf sich trägt. Ungewollte Aktivierungen (z.B. wenn die Kinder gar nicht dabei sind) lassen sich dann kaum vermeiden, beziehungsweise nur mit einem manuellen Eingriff des Reisenden, was wiederum dem WIWO-Konzept zuwider

läuft.

Gebräuchlich und auf WIWO zugeschnitten sind RFID und Vicinity Cards (ISO/IEC 15693), allerdings mit den vorangehenden Einschränkungen bezüglich Zuverlässigkeit. Denkbar wären jedoch auch andere Verfahren, sofern entweder ihre Arbeitsdistanz bzw. ihr Wirkungsbereich räumlich begrenzen lässt.

Ebenfalls für WIWO verwendbar wäre grundsätzlich die optische Gesichtserkennung. In diesem Bereich wird viel Entwicklungsarbeit geleistet. Eine zuverlässige Erkennung der Passagiere beim Einstieg in die Wagen, unabhängig von Wetter und Kleidung, ist derzeit aber schwer vorstellbar.

Im LSVA sowie in Mautsystemen, welche mit RFID-Transpondern arbeiten, ist geldwerte Erfassung bestens bewährt. Bei den erfolgreichen Anwendungen (z.B. LSVA, Mautstationen, Skilift) ist die Vereinzelung stets gewährleistet, sodass die Vorbehalte betr. Mehrfachzugriffs entfallen.

4.2.14 Eignung für BIBO

Für BIBO muss die Technologie eine Reichweite haben, welche z.B. die Präsenz aller Passagiere in einem Wageninneren abdeckt. Dies setzt den zuverlässigen Umgang mit massiven Mehrfachzugriffen z.B. in einem vollen Wagen voraus.

Die Erkennung der An- oder Abwesenheit eines Passagiers erfolgt auf Applikationsebene während der Fahrt: Die RGs werden durch den EP periodisch abgefragt und als mitreisend erkannt, wenn sie wiederholt angesprochen werden können.

Da sich der EP (mit dem Wagen) bewegt, schliesst dieses Verfahren mit hoher Wahrscheinlichkeit aus, dass ausserhalb des Wagens befindliche RGs irrtümlich als mitreisend angesehen werden. Es ist daher nicht erforderlich, dass sich der Arbeitsbereich des EP strikt auf das Wageninnere beschränkt.

Auf diese oder ähnliche Art ist eine Präsenzerfassung von Abonnements gut machbar und eine Vollständigkeit der Nutzungserfassung von ca. 99% erreichbar.

Wird die Nutzungserfassung mit der Gebührenerhebung verknüpft (pay-per-use), dann muss die Fehlerrate sehr gering sein, da fehlerhafte Nutzungserfassungen hohen Vertrauensschaden und (angesichts der hohen Passagierevolumina) erhebliche Umtriebe verursachen können. Für BIBO stellt dies unter Feldbedingungen (volle Wagen, RGs irgendwo verstaubt, hohe Luftfeuchtigkeit) besonders hohe Anforderungen. Da die auf dem BIBO-Verfahren basierende Gebührenerhebung im Grossbusstab bislang unerprobt ist, ist die praktisch erreichbare Zuverlässigkeitsrate derzeit noch nicht bekannt.

Bei BIBO könnte des weiteren ein Problem sein, dass der Reisende womöglich nicht bemerkt, wenn die Aktivierung unabsichtlich unterbleibt, weil z.B. die Batterie seines RG leer ist. Dies wurde in den bisherigen Piloten gelöst, indem eine zyklische Batterieüberwachung erfolgte und der Versand einer neuen Karte ausgelöst wurde, sobald eine bestimmte Limite unterschritten wurde. Die Gefahr eines leeren Akkus ist auch einer der Gründe, welche den Einsatz von Mobiltelefon fragwürdig machen. Eine weitere Möglichkeit dem Problem entgegenzuwirken wäre eine Aktivierungs-/Erfassungsanzeige (Ton, Vibration) auf dem RG.

Grundsätzlich geeignet für BIBO wären HF-Kommunikationsprotokolle wie WLAN-, WPAN- und Mobiltelefonie-Techniken. Allerdings erfüllen erstere die Mehrfachzugriffsanforderungen derzeit nicht, während die G4-Telefonie zwar hohe Gerätedichten bewältigen könnte, sich aber das Problem einer Einstiegsweckung/Fahrzeugzuordnung stellt.

Für die reine Präsenzerfassung von Abonnements ausreichend wären einfache RFID-Verfahren. Die Praktische Erfahrung mit RFID-basiertem BIBO (5.2) zeigt, dass die für geldwerte Transaktionen erforderliche Zuverlässigkeit hohe Anforderungen an jede Nutzungserfassungs-Technologie stellt. Bisher hat sich gezeigt, dass diese Zuverlässigkeit

nur mit proprietären Verfahren erreichbar ist.

Im MIV interessant könnte zudem die Gesichtserkennung sein.

Die naheliegendste Technologie sind RFID-basierte Verfahren. Häufig diskutiert wird als Lösungsansatz der Einsatz von Mobiltelefonen als RG, weil sich das Mobiltelefon immer mehr verbreitet und die Technologie ständig besser und die Zellengröße kleiner wird. Dabei müsste man sich auf die Primärschnittstelle (Netzschnittstelle) konzentrieren, da die Sekundärschnittstellen (z.B. Bluetooth) wie auch andere Geräte-Features kurzen Technologie- und Produktzyklen unterworfen sind.

Ferner darf man nicht davon ausgehen, dass jedermann ein Mobiltelefon benützt, auch nicht in näherer Zukunft, genauso wie selbst 60 Jahre nach Einführung der Kreditkarte von Bargeldersatz noch keine Rede sein kann.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass nicht jedermann eine vollautomatische Aktivierung akzeptiert. Aus diesem Grund und aus Gründen einer durch den Datenschutz geforderten anonymen Lösung wird es wohl immer eine Alternative zu einer automatischen Nutzungserfassung brauchen. Eine weitere einfache Möglichkeit der Forderung nach einer nicht vollautomatischen Lösung Rechnung zu tragen, wäre die Ermöglichung einer Ein/Ausschalt- oder (eleganter) eine Anklopf-Option.

Da Reisende die Aktivierung absichtlich verhindern können (z.B. Abschirmen des RG), sind bei BIBO genau wie bei jedem anderen System ausreichend häufige Kontrollen und klar formulierte Nutzungsbedingungen nötig.

5 Anwendungen und Beispiele

In den vorangegangenen Kapiteln sind verschiedene Unterscheidungsmerkmale von Erfassungskonzepten und Systemen dokumentiert und beleuchtet worden. In diesem Teil des Kapitels sind für sechs reale Beispiele die entsprechenden Unterscheidungsmerkmale beschrieben.

Tabelle 5.3 Untersuchte Erfassungssysteme und ihre Anwendungsbereiche

Erfassungssystem	ÖV	MIV	Intermodal
LSVA Tripon		X	
ALLFA Ticket Dresden	X	X	X
E-Ticketing Graubünden	X		X
"ÖV" in Japan	X		X
Congestion Charge London		X	

5.1 LSVA – Tripon

Das Tripon Erfassungssystem der Oberzolldirektion (OZD) der Schweiz ist das erste Erhebungs- und Enforcementsystem für die Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA).

Das Erfassungssystem erfasst die gefahrene Distanz, das maximal zugelassene Gewicht der Ladung sowie die Aufbauten (z.B. Kran) für jedes inländische Fahrzeug des Schwerverkehrs individuell auf dem Gebiet der Schweiz. Für einen inländischen Lastwagen mit der Kapazität für 40 Tonnen Ladung der ca. 160h im Monat mit einer mittleren Geschwindigkeit von 60 km/h unterwegs ist, wird so eine monatliche Abgabe an die Oberzolldirektion von ca. 8000 SFr. überwiesen. Gerade weil dieser Betrag relativ zu den Personal- bzw. Sachmittelkosten für den Schwerverkehr wettbewerbsrelevant ist, gilt der Richtigkeit und Vollständigkeit der Erfassung sowie der Betrugsbekämpfung aus Sicht OZD die höchste Priorität. Ein weiterer Stakeholder, die Vereinigung der Spediteure der Schweiz, forderte zusätzlich als korrigierende Massnahme einen angemessenen und effektiven Sanktionskatalog für betrügerische Fahrzeughalter.

Eine weitere Herausforderung mit grosser Auswirkung auf die möglichen Lösungsansätze für das Erfassungssystem ist der Anspruch, alle Fahrzeuge unabhängig des Alters gleichermassen zu erfassen. D.h. das On-Board-Unit muss sowohl in einem Lastwagen der neuesten als auch der ältesten sich im Betrieb befindenden Generation einwandfrei funktionieren. Somit kommen Lösungen z.B. mit einem Zugriff auf den modernen Controller Area Network (CAN-Bus) von Fahrzeugen nicht in Frage.

Die Gesamtabgabe betrug im Jahre 2009 ca. 1.5 Mia. SFr..

Die in diesem Kapitel gemachten Angaben basieren auf Gesprächen mit dem Lieferanten der OBU⁸ sowie der OZD als Betreiber⁹.

5.1.1 Ziel der Nutzungserfassung

Reisender – Verkehrsinformation

Die erfassten Informationen werden bisher nicht für die Ermittlung von Verkehrsinformation verwendet. Dies war zum Zeitpunkt der Spezifikation des Erfassungssystems denn auch keine Anforderung. Die mögliche Drittnutzung der erfassten Online-Daten z.B. der 21 verteilten Kontrollstationen in der Schweiz wird im Rahmen von anderen Forschungs-

⁸ Interview mit T. Kallweit, Fela AG, 2010

⁹ Interview mit H. Häusler, OZD, 2010

projekten im VSS untersucht¹⁰.

Im Erfassungssystem der LSVA ist der Reisende aus unserer Sicht der Fahrer des Lastfahrzeuges. Auch diese Person erhält keine zusätzlichen Informationen über die Verkehrssituation durch das On Board Unit.

Reisender – Neue Zahlungskonditionen

Die verschiedenen Zahlungskonditionen sind abhängig vom Ort der Zulassung des Fahrzeuges. Die Pauschalabgabe für Transitfahrten durch die Schweiz durch ausländische Fahrzeuge kann am Zoll via Tankkarte, Überweisung, Kreditkarte oder Barzahlung am Schalter erfolgen. Die Fahrzeughalter von inländischen Fahrzeugen mit einem On-Board-Unit Erfassungsgerät (CH-OBU-1) erhalten monatlich eine aufsummierte Rechnung mit einer Fälligkeitsfrist von 60 Tagen.

Reisender – Bonussystem

Das Gebührenmodell der LSVA ist statisch und wird nicht dynamisch, z.B. mit dem Ziel eines Lenkungseffektes auf die aktuelle Verkehrssituation, verändert. Die effektiven Tarife werden auf einer jährlichen Basis festgelegt und angepasst. Ein Bonussystem mit „Kilometer-Rabatt“ gibt es so gesehen nicht und ist auch nicht im Design des Systems vorgesehen.

Die Tarife sind nach Schadstoffemissionskategorie gestaffelt. Dies ist jedoch ein statischer Rabatt. Ein Beispiel für einen dynamischen wäre die Anpassung des Kilometerpreises je sicherer oder ökologischer die tatsächliche Fahrweise ist („Pay-as-you-Speed“, „Pay-as-you-Risk“)^{vi}.

Reisender – Privatsphäre

Jedes OBU, jedes Fahrzeug sowie jeder Anhänger werden durch das Erfassungssystem identifiziert. Der Halter des Fahrzeugs oder Anhängers wird mittels Auslesen des OBU oder via Abgleich des Kontrollschildes des Fahrzeuges erfasst.

Gemäss Abschnitt 3 der zugrunde liegenden gesetzlichen Verordnung^{lvii} der LSVA gilt es, dem Datenschutz im Umgang mit diesen personenrelevanten Informationen Rechnung zu tragen.

Im Grundsatz sind alle erfassten Daten im Besitz der OZD, ohne Recht auf Weitergabe an Dritte durch diese sowie einer Aufbewahrungsfrist von 5 Jahren unterstellt. Der Fahrzeughalter hat im Prinzip das Recht auf Zugriff auf alle Daten mit einem Bezug zu seiner Person. Deshalb sieht das LSVA-Gesetz eine explizite Ausnahme davon für geheime und nur zur Betrugsbekämpfung erfassten Daten vor.

Betreiber – Abhängigkeit unter den Betreiber

Als Betreiber können aus unserer Sicht die OZD, die kantonalen Zollämter, die OBU Vertrauens-Garagen, die Lieferantin des CH-OBU-1 sowie der Leistungserbringer des zugrunde liegenden Kommunikationsnetzwerks betrachtet werden.

Per Gesetz ist die OZD als übergeordnete Organisationseinheit verantwortlich für die Erhebung der LSVA. Die operationelle Verantwortung für den Betrieb der zentralisierten Applikation sowie der Datenhaltung wurde grösstenteils an ein internes Kompetenzzentrum mittels Service Level Agreement ausgelagert. Die kantonalen Zollämter übermitteln die nötigen Informationen in das zentralisierte System via MMI, d.h. durch manuelle Eingabe. Die OBU-Service Garagen sind dafür zuständig, die Installation sowie den Ersatz von OBU für die einzelnen Fahrzeuge durchzuführen. Die Lieferantin des CH-OBU-1 stellte mehrmals neuere Versionen der Software für das CH-OBU-1 her. Diese optimieren z.B. das MMI des CH-OBU-1 und werden von den Vertrauens-Garagen auf das CH-OBU-1 via Infrarotsender aufgespielt. Die OZD verlässt sich auf die Betrugsresistenz des CH-OBU-1 und erlaubt die Akzeptanz von internen Garagen von Logistikfirmen als Service-Stellen für das CH-OBU-1. Obschon diese zwecks Vorteil im Wettbewerb das grösste In-

¹⁰ Forschungsprojekt VSS 2007/903: Verkehrsprognosen mit Online-Daten

teresse von Manipulationen am CH-OBU-1 hätten.

Die Abhängigkeiten unter den Betreibern kann durch den gesetzlichen Auftrag zur Datenhaltung an die OZD, die gleichbleibende proprietäre Hardware-Konfiguration des CH-OBU-1 für eine Lebensdauer von ca. 10 Jahren sowie der Baken aus unserer Sicht als hoch bezeichnet werden.

Betreiber – Informationsqualität / Zuverlässigkeit

Absolut zentral für die Akzeptanz des Systems durch die Halter von Schwerverkehrsfahrzeugen ist die Richtigkeit sowie Vollständigkeit der erhobenen Abgabe sowohl für die eigenen Fahrzeuge als auch für alle Fahrzeuge der Konkurrenz.

Das Design des Erfassungssystems für die gefahrenen Kilometer, den Fahrzeugtyp sowie das höchstzulässige Gesamtgewicht besteht aus einer Defense-in-Depth Betrugsbekämpfungsstrategie sowie der Redundanz aller Daten an verschiedenen Orten.

Die Erfahrungen aus dem bisherigen Betrieb zeigen, dass die Verfälschung der Erfassung durch Manipulation am CH-OBU-1 gemäss Angaben der OZD bisher nicht erfolgreich war. Ein möglicher Grund wird in den während der Entwicklung mehrmals durchgeführten Verletzlichkeitsanalysen sowie Penetrationstests des CH-OBU-1 durch Sicherheitsspezialisten gesehen. Als Verteidigungsmassnahme gegen den gezielten Unterbruch der Stromzufuhr kann die durch einen internen Akku gespeiste Erfassung der Erschütterung die zurückgelegte Distanz grob berechnen. Bei einer allfälligen Manipulation am restlichen Erfassungssystem wird bei einer Überschreitung von Schwellenwerten ein für den Fahrer sichtbarer Alarm ausgelöst sowie der OZD gemeldet.

Die Erfassung und Übermittlung der Daten an den 21 Kontrollstationen ist angemessen zuverlässig. So soll die Übermittlung der Daten vom CH-OBU-1 zur Bake in mehr als 93% der Fälle funktionieren. Der Abgleich der visuell erfassten Kontrollschilder sowohl des Fahrzeuges als auch des Anhängers mit den Angaben in den Stammdaten der zentralen Applikation gelingt in mehr als 80% der Fälle.

Betreiber – Transparente Gebührenpolitik

Die Gebühren werden pro Fahrzeug individuell erhoben. Sie berechnen sich aus dem Produkt der Anzahl gefahrenen Kilometer, dem massgebenden Gewicht sowie der Abgabekategorie (Tarifstufe).

Das massgebende Gewicht entspricht im Normalfall dem höchsten zulässigen Gewicht des Fahrzeuges sowie eines allfälligen Anhängers.

Die Abgabekategorie ist abhängig von der Emissionskategorie des Fahrzeuges.

Die Berechnung der gefahrenen Kilometer, des massgebenden Gewichts sowie der Abgabekategorie ist für alle Fahrzeuge identisch. Somit ist die Gebührenpolitik sowohl für die Betreiber als auch für die Reisenden transparent und akzeptiert.

Betreiber - Erfassung der gesamten Reisetätigkeit

Die Erfassung des Fahrers, der Fracht, der Routenwahl, der Geschwindigkeit, etc. erfolgt durch das CH-OBU-1 nicht. Es werden nur die für die Gebühren massgebenden Faktoren aufgezeichnet.

5.1.2 Erfassungskonzept

Das LSVA-System verwendet Elemente des CICO-, des WIWO- und des BIBO-Erfassungskonzept.

Auslösung der Erfassung

Die Erfassung geschieht für Fahrzeuge mit einer On-Board-Unit automatisch. Es bedingt keinen aktiven Impuls durch den Fahrer. Mit dem Starten des Motors gelangt das CH-OBU-1 in den Erfassungsmodus. Eine Durchfahrt im Einzugsgebiet der Baken löst die Datenübermittlung aus. Das Ausschalten des Motors beendet den Erfassungsmodus des

OBU.

Wenn das CH-OBU-1 z.B. das Anhängen bzw. Abhängen eines Anhängers detektiert, dann verlangt es die Eingabe der benötigten Angaben für das höchstzulässige Gewicht des Anhängers durch den Fahrzeugführer. Die Angabe ist eine Voraussetzung für die korrekte und vollständige Berechnung der Gebühr. Eine unvollständige Konfiguration wird dem Fahrer sowie Polizeistreifen visuell sowie akustisch angezeigt sowie bei der nächsten Überwachungsstation an die OZD gemeldet

Für ausländische Fahrzeuge ohne OBU erfolgt die Ermittlung der Fahrdistanz mit Hilfe eines Check-in Check-Out Verfahrens. Der Fahrer erhält am Zoll eine sogenannte ID-Card. Er gibt die Fahrzeugkonfiguration ein und den aktuellen Kilometerstand an einem Terminal beim Zoll ein. Anschliessend darf das Fahrzeug die Schweiz durchfahren. Beim Austritt aus der Schweiz führt er die Karte wieder in das Terminal beim Zoll ein. Dieses berechnet die Distanz vom Ankunftsort sowie die zu entrichtende Gebühr.

Räumliche Dimensionierung der Erfassung

Die Erfassung des Fahrzeuges mit der On-Board-Unit erfolgt zwecks Betrugsbekämpfung sowie Übermittlung der Daten an den 21 Bakenstationen. Eine Bakenstation ist auf einem bestimmten Abschnitt der Nationalstrasse positioniert. Alle passierenden Fahrzeuge werden in diesem Durchgang erfasst, ähnlich der Barriere im Parkhaus-Szenario aus Kapitel 0.

Nach unserer Klassifizierung entspricht dies einer Durchgangserfassung.

Anzahl Erfassungspunkte

Die Erfassung der zurückgelegten Kilometer für Fahrzeuge mit einer On-Board-Unit ist stetig und erfolgt auf dem gesamten Perimeter der Schweiz. Dies begründet die Klassifizierung als System mit kontinuierlichen Erfassungspunkten.

Die Anzahl Erfassungsstationen zur Betrugsbekämpfung ist mit 21 zahlenmässig sowie physisch auf fixe Durchgangspunkte beschränkt. Dies bezeichnen wir mit „mehreren“ Erfassungspunkten.

Granularität

Die feinsten Messgrössen sind

- die Detektion des Perimeter Schweiz bzw. Ausland,
- die Anzahl zurückgelegter Kilometer,
- die Anwesenheit eines Anhängers (wenn korrekt angehängt),
- die Fotos des vorderen und hinteren Nummernschildes bei den Betrugsbekämpfungsstationen,
- der Zeitpunkt des Anschalten bzw. Abschalten des Motors,
- der Zeitpunkt des Durchgangs bei einer Kontrollstation,
- die Seriennummer des CH-OBU-1,
- die Geschwindigkeit bei der Kontrollstation sowie
- der Fahrzeughalter anhand der ihm zugewiesenen OBU oder Nummernschild

Authentisierungsverfahren

Die eindeutigen Merkmale sind die Seriennummer des CH-OBU-1 sowie die Kontrollschilder der Fahrzeuge und Anhänger. Sie sind jeweils genau auf einen Halter zugelassen.

Bei der LSVA-Kontrollstation gilt ein Halter als erfolgreich authentisiert, wenn der aus den Fahrzeugschildern abgeleitete Halter mit dem Halter des OBU übereinstimmt. Nach unserer Klassifikation muss der Halter also „im Besitz“ vom richtigen OBU sowie den richtigen Kontrollschilder sein.

Im Zeitalter des Leasings ist es aber nicht zwingend der Fall, dass der Fahrzeughalter auch der Fahrzeugeigner ist. Beim Leasing gehört das Fahrzeug einer Leasing-Firma. Diese „vermietet“ das Fahrzeug permanent an eine natürliche oder juristische Person. Diese wiederum wird dann zur Fahrzeughalterin.

Wenn ein Fahrzeughalter die Rechnungen der OZD nicht bezahlt, kann diese z.B. an der Grenze oder durch Patrouillen das Fahrzeug als Pfand für die offenen Forderungen beschlagnahmen. Im Falle eines Leasingvertrages traf dies früher nicht den Fahrzeughalter, da er nicht der Besitzer ist. Heute wurden gesetzliche Bestimmungen in Kraft gesetzt, welche diesen Missstand beheben.

Ort der Datenhaltung

Die Datenhaltung ist redundant ausgelegt. So sind alle Daten, sofern eine Synchronisierung stattgefunden hat, sowohl im zentralen System als auch in der Peripherie auf dem OBU gespeichert. Weiter werden alle Daten für 5 Jahre in einem zentralen Archiv für all-fällige juristische Belangung hinterlegt. Die neuen Daten der aktuellen Fahrten für die Erhebung der Gebühren werden im OBU erfasst. Normalerweise ist daher dieser aktuellste Teil des Datenstandes nicht redundant in der zentralen Applikation gespeichert. Erleidet das OBU einen vollständigen Datenverlust sind diese Daten verloren.

Nach unserer Klassifizierung entspricht die Datenhaltungsarchitektur einem Hybrid der beiden Ansätze „Peripherie“ und „Zentralisierung“. In unserem Schema wird dies als „Kombination“ bezeichnet.

Sicherheit

Was sind die Umgehungsmethoden, welche für die Reisenden bzw. Betreiber offensichtlich sind? Es sind Manipulationen an den Parameter des Gebührenmodells auf der einen und der Zahlungsverweigerung auf der anderen.

Zwecks Betrugsbekämpfung an den Parameter des Gebührenmodells durch die Reisenden werden diese durch ein internes Kontrollsystem im OBU plausibilisiert. Beispiele von Sicherheitsmassnahmen sind der erwähnte von der externen Stromversorgung unabhängige Erschütterungssensor für die grobe Erfassung der Fahrdistanz oder die statistischen Analysen der bisherigen Parameter zur Erkennung von unerwarteten Änderungen (z.B. Verdächtige Abweichung der aktuellen Werte vom Durchschnitt und der Varianz der bisherigen gefahrenen Kilometer pro Monat).

Die 21 Bakenstationen der Enforcement-Anlagen prüfen primär den Betrug durch falsche Angaben des massgebenden Gewichtes oder der Emissionskategorie. Fährt ein Fahrzeug z.B. in der günstigsten Kategorie anstelle der teuersten, entspricht dies einer Reduktion von absolut 0.81 Rappen pro Kilometer oder einer Reduktion um 25%. Die Enforcement-Anlagen erfassen daher das Nummernschild des Fahrzeuges und prüfen es auf Übereinstimmung mit den Angaben des OBU. Dabei greift das Erfassungssystem auf die Stammdaten des Fahrzeugregisters der Schweiz zurück. Darin findet sich z.B. die zu prüfende Emissionskategorie. Für die Kontrolle des massgebenden Gewichtes ist ein möglicher Anhänger entscheidend. Auch dieser ist in den Stammdaten des Fahrzeugregisters mit eindeutigem Nummernschild und den nötigen Angaben erfasst. Daher erfassen die Baken das Nummernschild sowohl des Fahrzeuges als auch des Anhängers. Eine Möglichkeit diese Kontrolle zu umgehen, ist bei den Baken das „Tailgating“ einer Art des „Piggybacking“ d.h. sehr dicht zu einem vorderen Fahrzeug aufzuschliessen. Dann ist das Nummernschild verdeckt und die visuelle Erfassung durch die Kameras misslingt.

Dokumentiert sind Fälle des versuchten Betrugs durch eine falsche Angabe des Massgebenden Gewichtes von Anhängern. Diese Angabe kann durch das OBU des Fahrzeuges nicht plausibilisiert werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung von Wechselnummernschildern für die Anhänger. Wird dies durch eine Stichprobenkontrolle detektiert, kann die OZD mittels gezielter Auswertung nach visuellen Merkmalen des Anhängers die Daten der letzten fünf Jahre sichten. Zeigt sich dabei das Bild eines systematischen Betrugs, wird entsprechend interveniert.

Einem möglichen Betrug durch die Betreiber z.B. durch Verrechnung von zu vielen gefah-

renen Kilometer beugt das Erfassungssystem durch einfache detektive Massnahmen vor. So kann sich der Fahrer jederzeit die Anzahl erfasster Kilometer, das massgebende Gewicht sowie die Emissionskategorie auf dem Display des OBU anzeigen lassen und z.B. mit dem Tacho seines Fahrzeuges vergleichen.

Als zahlungsrelevantes System untersteht das Erfassungssystem der Finanz- und Informatik-Revision der OZD.

Die Verluste durch nicht bezahlte Rechnungen lag im Jahre 2009 im Promillebereich der Bruttoeinnahmen.

5.1.3 Basistechnologie

Der folgende Teil bezieht sich auf die eingesetzte Technologie im Bereich der Interaktion des CH-OBU-1 mit den Multi-Line Baken der Enforcement-Anlagen.

Die Multi-Line Baken sind dabei auf einem Bereich von ca. 20 m gestaffelt über der Fahrspur angebracht. Ein Schwerverkehrsfahrzeug mit einer angenommenen Geschwindigkeit von 80km / h befindet sich während ca. 900ms im Bereich der Baken.

Interaktion RG/EP

Die Kommunikation zwischen dem Reisendengerät (RG), dem CH-OBU-1, und dem Erfassungspunkt (EP), den Baken, geschieht drahtlos mittels elektromagnetischer Datenübertragung.

Arbeitsdistanz

Die Arbeitsdistanz zwischen dem EP und dem RG ist auf die 20m Länge der Baken eingeschränkt.

Einweg- und Zweiwegkommunikation

Die Kommunikation erfolgt in beide Richtungen. Sie wird durch die erste Bake initiiert. Diese weist mittels Broadcast und anschliessendem Handshake dem OBU ein Zeitfenster für die Kommunikation zu. Im späteren Bereich der Bake findet anhand der Zeitfenster eine sequentielle sowie exklusive Kommunikation mit den verschiedenen OBU statt.

Trägerfrequenz

Die Trägerfrequenz liegt im Bereich der Dedicated Short Range Communication (DSRC) und beträgt 5.8 GHz.

Datenübertragungsrates

Die Datenübertragung erfolgt in beide Richtungen. Der Uplink bietet maximal 240 Kbps an. Der Downlink ist stärker und bietet 500 Kbps.

Speisung

Das CH-OBU-1 ist an die elektrische Versorgung des Fahrzeuges angeschlossen. Weiter enthält es einen Not-Akku, welcher stetig geladen wird und das Gerät für ca. 6 Monate ohne externe Anbindung versorgen könnte.

Das CH-OBU-1 hat somit eine eigene Stromversorgung.

Transaktionsdauer und -Varianz

Die Transaktion im Betrieb dauert im Normalfall etwa 50ms. Die Varianz wird als unproblematisch beurteilt.

Mehrfachzugriff

Das Erfassungskonzept ist auf Mehrfachzugriff ausgelegt. Jedes CH-OBU-1 erhält ein Zeitfenster für die exklusive Kommunikation. Sollte es bei der Zuweisung eines Zeitfensters zu einer Kollision kommen, versuchen die OBUs nach einem zufälligen Timeout noch einmal ein solches zu reservieren.

Dieses Vorgehen kann als TDMA bezeichnet werden.

Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit der Erfassung wird von den Betreibern als sehr zufriedenstellend beurteilt. Es gelingen via DSRC weit über 99% aller Erfassungen. Bei der Erfassung der Kontrollschilder der Fahrzeuge ist diese Quote nicht genau eruiert, sollte aber nach Aussagen der OZD bei über 80% liegen.

Die Gefahr von Kapazitätsengpässen z.B. bei stockendem Verkehr oder Stau ist dadurch gemeistert, dass OBU nach erfolgreicher Kommunikation das DSRC Modul für ca. 3 Minuten ausschalten. Dies hat sich in der Praxis bewährt, so dass bisher keine Kapazitätsengpässe festgestellt wurden.

Unterbrüche, unvollständige oder fehlerhafte Übertragungen werden durch das Kommunikationsprotokoll bis auf ein akzeptables inhärentes Risiko verhindert, detektiert oder korrigiert.

Integrität

Die Integrität der übermittelten Informationen wird gegen Veränderung durch Dritte mittels kryptographischer Signaturen geschützt. In jedem ausgelieferten CH-OBU-1 sind die öffentlichen Schlüssel aller 21 verschiedenen Enforcement Baken Teil der Stammdaten. Für die Überprüfung der Integrität verschlüsselt das CH-OBU-1 eine MAC der Nachricht mit diesem Schlüssel. Dies erlaubt ausschliesslich der Bake die Prüfung der Integrität mit Hilfe seines privaten Schlüssels durchzuführen. Umgekehrt kennt jede Bake den öffentlichen Schlüssel eines jeden CH-OBU-1. Bei einer Übermittlung in diese Richtung wird die Integrität wiederum mit Hilfe eines verschlüsselten MAC erreicht.

Die eingesetzten Verschlüsselungsalgorithmen sind CardMe^{lviii}, 3DES sowie ein Nonce-Generator.

Kommunikationsanbindung

Die Kommunikationsanbindung des OBU an die zentrale Applikation ist nur temporär z.B. via die Baken möglich. Nach unserer Klassifizierungsschema kann das OBU weiter als vorgelagerter Erfassungspunkt bezeichnet werden.

Die Baken können in der Funktion als Erfassungspunkt der Durchfahrtszeiten als online bezeichnet werden. Die Anbindung an die zentrale Applikation ist permanent.

Aktualisierung

Die Aktualisierung des CH-OBU-1 erfolgt nicht an den Baken. Das Einspielen von neuen Softwareimages wird jährlich in einer Vertrauensgarage via Infrarot Schnittstelle auf das CH-OBU-1 durchgeführt.

Nachhaltigkeit

Die Aktualisierung des CH-OBU-1 ist via Software-Einspielen möglich. Der Markterfolg gibt dem Erfassungssystem recht. Gerade weil der finanzielle Aufwand für die Spediteure wirtschaftlich absolut bedeutend ist, würde ein unzuverlässiges System schnell das Vertrauen verlieren.

Das Zurückgreifen auf Standards erfolgte z.B. in der Wahl von CardMe als Protokoll und von DSRC als Übermittlungstechnologie.

Kosten

Der Aufwand für den Betrieb sowie die Abschreibungen auf die zentrale Software beläuft sich auf 5-10% der Bruttoeinnahmen jährlich.

Im Jahre 2009 konnte aus der LSVA von 1'596 Mio. SFr. Einnahmen 1'415 Mio. SFr. an die Kantone sowie an Eisenbahnprojekte abgeschöpft werden. Dies entspricht ca. 89% der Einnahmen.

5.2 ALLFA-Ticket Chipkarte



Abbildung 18 ALLFA-Ticket als aktive Chipkarte bzw. ALLFA-Handy aus dem Jahre 2005
(c) GWT-TUD, 2006

Unter dem Namen ALLFA-Ticket wurde im Jahr 2005 durch den Verkehrsverbund Oberelbe, die Dresdner Verkehrsbetriebe (DVB), die DB Regio, die Regionalverkehr Dresden (RVD) und die Verkehrsgesellschaft Sächsische Schweiz (VSS) das erste Deutsche auf dem BIBO-Prinzip basierte Erfassungssystem Deutschlands pilotiert.

Während einer Dauer von ca. sechs Monaten wurde mit fast 2000 Testnutzern die Praxistauglichkeit der Erfassung mit einem BIBO-System und die Tarifergiebigkeit einer auf dieser Erfassung basierenden Berechnung eines elektronischen Tarifes erprobt. Die Erfassungsgeräte wurden in 54 Fahrzeugen unterschiedlichster Typen eingebaut. Das Testnetz umfasste eine S-Bahn Linie, diverse Strassenbahn- und Regionalbuslinien, städtische Buslinien und einen Park&Ride Parkplatz. Als Nutzermedien kamen rund 2000 Chipkarten, sowie 500 mit der BIBO-Technologie ausgerüstete Mobilfunk-Telefone zur Anwendung.

Die durch das Erfassungssystem pro Fahrtabschnitt erzeugten Transaktionen umfassten jeweils die Position des Fahrzeuges, das Verkehrsmittel, die Tarifparameter (1. Klasse, 2. Klasse, Mitnahme Fahrrad, Hund, etc.), die Zeit, sowie den Kartenhalter.

Das ALLFA-Ticket war eine Weiterentwicklung, welche auf den Ergebnissen des Projektes EasyRide der SBB basierte. Im Projekt EasyRide hatten die Schweizerischen Bundesbahnen im Jahr 2001 die ersten BIBO-basierten Erfassungssysteme in den Städten Basel und Genf in Feldversuchen auf ihre praktische Einsetzbarkeit als Nutzungserfassungssysteme geprüft. Basierend auf den Erfassungen erhielten die Testfahrgäste Ende des Monats eine Zusammenstellung ihrer Fahrten, welche durch eine sogenannte Reisebildungs-Software aus den BIBO-Transaktionen gebildet wurde. Getestet wurden damals die BIBO-Erfassungssysteme zweier unterschiedlicher Lieferanten: Siemens TTS und EM Marin. Die Tests wurden aus technischer Sicht als grosser Erfolg gewertet. Aus Kostengründen und auch Aufgrund eines fehlenden politischen Konsens im ÖV-Schweiz kam es jedoch nicht zu einem Umsetzungsprojekt.

Im Rahmen des ALLFA Piloten wurden als wesentliche Verbesserungen die Grösse und auch die Kosten des Tickets durch eine wesentlich höhere Integration der Komponenten

reduziert und mit der Implementation der VDV Kernapplikation wurde zusätzlich der Aspekt der Datensicherheit/Security eingebracht.

Die drei Hauptziele des Pilotprojektes waren die Realisierung und der Test einer automatischen Präsenzerfassung, die Anwendung eines elektronischen Tarifs, sowie die erstmalige Verwendung des deutschen Standards für elektronisches Ticketing (VDV Kernapplikation) in einem Ticketing-Projekt.

Nebst den bereits eingangs erwähnten Verkehrsunternehmen waren im Alfa-Piloten die Gesellschaft für Wissens- und Technologietransfer der TU Dresden (GWT), das Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI, und die Siemens VDO Automotive, als Projektpartner beteiligt.

Die hier gemachten Angaben wurden ermöglicht durch Gespräche mit dem Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI vertreten durch Herr Dr. T. Gründel und durch die Mitarbeit des ehemaligen Alfa-Projektleiters auf der Industrieseite Patrick Almy.



Abbildung 19 Automatische BIBO Präsenzerfassung im Fahrzeug (c) DVB AG, 2006

5.2.1 Ziel der Nutzungserfassung

Reisender – Verkehrsinformation

Die erfassten Informationen wurden nicht für die Ermittlung von Verkehrsinformation verwendet. Die intermodale Nutzung der erfassten Informationen war im Rahmen des Forschungsprojektes keine Anforderung. Das mögliche Potential der Nutzung der erfassten "Live-Daten" gilt es bei Bedarf gezielt abzuklären, z.B. für die Berechnung des Belegungsgrades eines Verkehrsmittels.

Die Reisenden konnten sich nachträglich von eigenen PC aus oder von dafür zur Verfügung gestellten Terminals über Internet ihre eigenen Reiserouten anzeigen lassen.

Reisender – Neue Zahlungskonditionen

Die folgenden Zahlungsmöglichkeiten wurden im Rahmen des Pilotprojektes spezifiziert: Bezahlung mittels Rechnung, an Bezahlstationen oder via Pre-Paid Karten. Der Pilotbetrieb wurde jedoch auf Wunsch der Geschäftsführer der Verkehrsunternehmen vorerst auf eine reine Nutzungserfassung ohne effektiv kostenwirksame Verrechnung beschränkt.

Reisender – Bonussystem

Das ALLFA-Ticket beruhte auf einer Gebührenerhebung auf der Basis einer exakten Nutzungserfassung. Der effektiv berechnete Tarif musste immer der für den Reisenden günstigste Tarif für eine zurückgelegte Strecke sein. Bei der Berechnung galt es mögliche Spezial-Preise, Aktionen usw. zu prüfen, um das aus Sicht des Reisenden günstigste Angebot zu identifizieren. Im Rahmen des Piloten wurden die Reisenden je nach Reiseverhalten verschiedenen Tarif-Gruppen zugewiesen, wie "Seltenernutzer", "regelmässiger Nutzer" sowie "Vielnutzer" unterschieden.

Die Gestaltung und der Umgang mit dynamischen Fahrgeldmodellen ist ein aktives Forschungsthema. Ein Einstieg bietet [119].

Das Gebührenmodell berücksichtigte vorgängig definierte und kurz vor der Reise modifizierte Parameter des Reisenden. So erhielt z.B. ein Kind oder ein Hund einen günstigeren Tarif als ein Erwachsener (vordefinierte Parameter). Ein Fahrgast konnte jedoch auch über die Bedienoberfläche des Tickets einen Klassenwechsel oder die Mitnahme eines weiteren Fahrgastes oder eines Fahrrads definieren.

Reisender – Privatsphäre

Das ALLFA-Ticket wurde durch das Erfassungssystem mit Hilfe einer Seriennummer wiedererkannt. Der Besitzer des Tickets war durch den Abgleich der Seriennummer des Tickets mit der Kartenverwaltung des zentralen Hintergrundsystems feststellbar.

Im Bezug auf den Umgang mit personenbezogenen Informationen wurde eng mit den zuständigen Datenschutzbeauftragten zusammengearbeitet, gemeinsam Massnahmen definiert und umgesetzt^{ix}. Zusätzlich zum Schutz der persönlichen Daten gibt das Datenschutzgesetz jedem Reisenden das Recht auf Einsichtsnahme in über ihn gespeicherte personenbezogene Daten.

Das ALLFA-Ticket wurde als gemeinsames Ticket in einem multimodalen Zusammenschluss unterschiedlicher Verkehrsbetriebe getestet. Grundsätzlich waren die erfassten Daten im Besitz der jeweiligen Betreiberin des verwendeten Verkehrsmittels. In der Umsetzung in einem Produktivsystem hätte diese Forderung die Realisierung eines mandantenfähigen Systems bedeutet und den Betrieb des Systems durch einen Partner dem alle Parteien vertrauen.

Betreiber – Abhängigkeit unter den Betreiber

Während der Pilotphase wurde das System gemeinsam durch die Projektpartner (VVO, DVB, RVD, VSS, Fraunhofer IVI, Siemens VDO und GWT-TUD) betrieben. In einem produktiven System hätte der Betrieb entweder durch den Verkehrsverbund VVO oder durch eine Betreibergesellschaft übernommen werden müssen.

Mit der VDV Kernapplikation wurde durch die Industriepartner „card.etc“, Cubic, Deutsche Bank, ERG, Fraunhofer-Gesellschaft, infineon, Philips, Siemens, und T-Systems, sowie Verkehrsunternehmen und Verbundorganisationen aus Berlin, Bonn, Bremen, Dresden, Hannover, Hamburg, Köln, München, Nürnberg, Rhein-Main und Rhein-Ruhr ein einheitlicher Standard für eTicketing in Deutschland geschaffen. Die VDV-Kernapplikation normiert eine Vielzahl von Schnittstellen in einem eTicketing System und regelt die zentrale Verwaltung von Daten für den interoperablen Betrieb, wie z.B. ein gemeinsames Sperrlistenhandling. Durch einen gemeinsamen Dienst unterhält nicht jedes Unternehmen seine eigene Sperrliste, sondern alle Verkehrsbetriebe können auf die gleiche Art und Weise auf eine zentrale Sperrliste zugreifen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass über die VDV-Kernapplikation die Interoperabilität innerhalb der Verkehrsbetriebe aber auch über die Verbundgrenzen hinaus gewährleistet ist^{ixi}.

Betreiber – Informationsqualität / Zuverlässigkeit

Absolut zentral für die Akzeptanz des Systems durch die Betreiber und Reisenden ist die vollständige und richtige Erfassung der individuellen Fahrten. Rund 60% einer Testgruppe des Pilotversuches erachteten die erfassten Fahrten als zu über 98% vollständig. Im Rahmen der Abschlussbefragung waren ca. 85% der befragten Passagiere zufrieden mit der Nachvollziehbarkeit der Fahrtenübersicht. Ca. 20% der befragten Gäste waren generell unzufrieden mit den Informationen auf dem ALLFA-Ticket. Dies könnte jedoch auf gewissen Unregelmäßigkeiten in der Aufbauphase der 6 monatigen Pilotphase beruhen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Anforderungen von rund 80% der befragten Passagiere an die Informationsqualität, die Zuverlässigkeit der Aufzeichnung der Route sowie der zur Verfügung gestellten Informationen erfüllt worden sind.

Betreiber – Transparente Gebührenpolitik

Die Gebühren wurden berechnet aus den gewählten Routen, Zeitpunkten, Verkehrsmitteln sowie vorgängig definierten und nachträglich modifizierten personenbezogenen Parametern.

Die vorgängig definierten persönlichen Parameter wie Erwachsener, Kind, Rentner, 1. Klasse, 2. Klasse wurden fix beim Anlegen der Nutzungsberechtigung des Fahrgastes definiert. Die nachträglich modifizierten personenbezogenen Parameter entsprachen Zusatzangaben zu den Reisenden, welche nicht automatisch durch das Erfassungssystem erkannt werden konnten, z.B. Klassenwechsel, Mitnahme einer Begleitperson, eines Hundes oder eines Fahrrads. Diese Angaben flossen in die Preisberechnung mit ein.

Die Erfassung der gewählten Route, der Zeitpunkt sowie das Verkehrsmittel erfolgte vollautomatisch und ohne Zutun durch die Reisenden. Die personenbezogenen Parameter konnten durch die Reisenden kurz vor Reisebeginn optional in das ALLFA-Ticket eingegeben werden.

Das Tarifsystem des ALLFA-Tickets hatte folgende Ziele:

- Hoher Komfort, da kein Ticket erforderlich.
- Keine als ungerecht empfundene Preissprünge bei Kurzstrecken über eine Zonen-grenze. Im ALLFA-Ticket braucht es keine Zonen mehr.
- Möglichkeit einer aktiven Feinsteuerung der Tarife im Tagesgeschäft ohne aufwändige Anpassungen z.B. an Geräten

Die Frage nach der Bedeutung, dem Bedürfnis und den Möglichkeiten von transparenten, individualisierten dynamischen Tarifsystemen im öffentlichen intermodalen Verkehr ist ein aktives Forschungsgebiet.

Betreiber - Erfassung der gesamten Reisetätigkeit

Die Erfassung der Route erfolgte durch das Erfassungssystem. Es wurden nur die für die automatische Nutzungserfassung und die nachträgliche Preisberechnung massgebenden Faktoren aufgezeichnet.

5.2.2 Erfassungskonzept

Das ALLFA-Ticket war eine beispielhafte Umsetzung des BIBO-Erfassungskonzeptes.

Auslösung der Erfassung

Die Auslösung der Erfassung geschah für Reisende mit einem ALLFA-Ticket vollautomatisch. Die Erfassung bedurfte keiner aktiven Handlung des Reisenden. Folgend sind die Hauptschritte kurz mit Hilfe der Abbildung 19 erläutert:

- Beim Betreten des Türbereiches des Verkehrsmittels durch die Reisenden gelangt das Ticket in die Arbeitsdistanz der fahrzeugseitigen Weckantenne und wird dabei aus einem energiesparenden Zustand „geweckt“. Die Weckantenne schreibt in einer Einweg-Kommunikation nur während des Ein- und Aussteigens an einer Haltestelle eine

eindeutige Identifikationsnummer des Verkehrsmittels sowie Ort und Zeit auf das ALLFA-Ticket („Stempeln“).

- Während der Fahrt zwischen zwei Haltestellen kommuniziert der "on-board" Erfassungspunkt, die Erfassungsantenne, mit allen ALLFA-Tickets, welche die richtige Identifikationsnummer des Verkehrsmittels "aufgestempelt" haben.
- Dabei werden für jedes anwesende ALLFA-Ticket in einem mehrstufigen und kryptologisch gesicherten Kommunikationsverfahren die relevanten Informationen ausgetauscht. Später wird die Transaktionen durch den Erfassungspunkt an das zentrale Hintergrundsystem übermittelt.
- Beim Verlassen des Verkehrsmittels erfolgt keine aktive Kommunikation. Mit der Präsenzerfassung auf dem nächsten Routensegment wird festgestellt, welche ALLFA-Tickets nicht mehr anwesend sind. Dies wird bei der Reisebildung im zentralen Hintergrundsystem als Routenende erkannt.

Räumliche Dimensionierung der Erfassung

Die räumliche Dimensionierung der Erfassung entspricht dem Arbeitsbereich der Erfassungsantennen des Verkehrsmittels. Dieser Bereich deckt normalerweise das gesamte Verkehrsmittel ab. Sowohl bei EasyRide als auch bei intermobil wurde jedoch die Karte durch den (räumlich eng auf den Türbereich begrenzten) Weckprozess einem Fahrzeug zugeordnet. Eine Karte, welche einem Fahrzeug nicht zugeordnet war (weil sie z.B. durch ein anderes Fahrzeug geweckt wurde), wurde also nicht erfasst, auch wenn sie auf einem Fahrzeug parallel zum Bus fuhr.

Nach unserer Klassifizierung entspricht dies einer Präsenzerfassung.

Anzahl Erfassungspunkte

Die Erfassung der zurückgelegten Reiseroute für Reisende mit einem ALLFA-Ticket war stetig und erfolgte auf der gesamten Fahrt durch den "on-board" Erfassungspunkt des Verkehrsmittels. Dies begründet die Klassifizierung als System mit kontinuierlichen Erfassungspunkten.

Granularität

Die feinsten Messgrößen sind

- die letzte Haltestelle,
- die Zeit,
- die Identifikationsnummer des Verkehrsmittels,
- die Identifikationsnummer des Reisenden,
- die vordefinierten personenbezogenen Parameter wie Kind, Rentner, Erwachsener
- die nachträglich modifizierten persönlichen Parameter Mitnahme Fahrrad, Mitnahme Gepäck, Mitnahme Personen oder Mitnahme Hund

Authentisierungsverfahren

Die eindeutigen Merkmale sind die Seriennummer des ALLFA-Tickets sowie der darauf registrierte Fahrgast.

Bei der Kommunikation des ALLFA-Tickets mit dem "on-board" Erfassungspunkt gelten Reisende als erfolgreich authentifiziert, wenn in der vom Hintergrundsystem zyklisch an die Fahrzeuge zu übertragenden Black List kein Eintrag vorliegt. Nach unserer Klassifikation muss der Reisende also „im Besitz“ von einer gültigen Fahrberechtigung (ALLFA-Ticket) sein.

Mit dieser Ein-Faktor Authentifizierung mittels dem "Besitz" einer Karte kann z.B. nicht geprüft werden, ob die erfasste Karte dem Reisenden gehört. Die Umsetzung eines Zwei-Faktor-Verfahrens oder eines biometrischen Verfahrens hätte zusätzliche Anforderungen an die Implementierung der ALLFA-Karte gestellt.

Ort der Datenhaltung

Die Datenhaltung ist zentralisiert. Alle Daten waren im zentralen Hintergrundsystem ge-

speichert und nicht in der Peripherie auf den ALLFA-Tickets. In einem produktiven Betrieb müssten alle Rohdaten, für eine zu bestimmende Zeitperiode in einem zentralen Archiv, für mögliche juristische Belangung hinterlegt werden.

Bei einer intermodalen Nutzungserfassung kann jeder Verkehrsbetrieb ein eigenes Hintergrundsystem betreiben. Bei einer produktiven Umsetzung des ALLFA-Tickets wäre die VDV-Kernapplikation unter anderem dazu verwendet worden, um den Informationsaustausch unter den verschiedenen Hintergrundsystemen zu regeln, also um einen interoperablen und Verbundsgrenzen-freien Betrieb zu ermöglichen.

Nach unserer Klassifizierung (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) entspricht die Datenhaltungsarchitektur einer „Zentralisierung“.

Sicherheit

Was sind die Umgehungsmethoden, welche für die Reisenden bzw. Betreiber offensichtlich sind? Es sind Manipulationen an den Parametern des Gebührenmodells auf der einen und der Zahlungsverweigerung auf der anderen Seite.

Zwecks Bekämpfung möglicher Manipulationen an erfassten Transaktionen durch die Reisenden oder durch Verkehrsunternehmen, werden die Transaktionen durch verschiedene Sicherheitsmassnahmen geschützt. Beispiele solcher Sicherheitsmassnahmen sind die verschlüsselte Kommunikation zwischen dem ALLFA-Ticket und dem Erfassungspunkt und die vor Vandalismus geschützte Installation der Systemkomponenten in den Verkehrsmitteln.

Im Stichproben-basierten Einsatz manueller Kontrollen durch Schaffner erfolgt die Überprüfung, ob ein Fahrgast nicht durch gegen die Nutzungsvorschriften verstossende Massnahmen die Erfassung verhindert hat und ob die angegebenen personenbezogenen Parameter korrekt sind.

Regelverletzungen werden mit Bussen geahndet.

Die Dokumentation von Fällen und Arten von Betrugsversuchen war kein Ziel des Pilotversuches.

Als zahlungsrelevantes System unterteilt das Erfassungssystem der Finanz- und Informatik-Revision der Betreiberin.

Die Bezahlung erfolgte jedoch nicht auf Grund der Abrechnungen. Vielmehr mussten die Versuchsteilnehmer zusätzlich herkömmliche Fahrausweise lösen.

5.2.3 Basistechnologie

Der folgende Teil bezieht sich auf die eingesetzte Technologie im Bereich der Interaktion des ALLFA-Tickets mit den Weck- und Erfassungsantennen in den Verkehrsmitteln (siehe Abbildung 19).

Interaktion RG/EP

Die Kommunikation zwischen dem Reisendengerät (RG), dem ALLFA-Ticket, und dem "on-board" Erfassungspunkt (EP), den Erfassungsantennen, geschieht drahtlos mittels elektromagnetischer Datenübertragung.

Arbeitsdistanz

Die Arbeitsdistanz zwischen dem EP und dem RG ist auf ca. 2.5m für die Weck-Antenne beschränkt. Die Antennengeometrie wurde so gewählt, dass der Arbeitsbereich nur wenige Zentimeter über das Verkehrsmittel im Türenbereich hinaus ragt.

Als Arbeitsdistanz zwischen dem EP und dem RG für die Präsenzerfassung kann von einem Umfang von ca. 20-25 m pro Antenne ausgegangen werden. Die tatsächlichen Werte hängen stark von den tatsächlichen Gegebenheiten in einem Fahrzeug (Materialien, Geometrie) ab.

Einweg- und Zweiwegkommunikation

Die Kommunikation des EP mit der Weck-Antenne erfolgt nur in eine Richtung. Sie wird durch die Weck-Antenne initiiert. Diese übermittelt den ALLFA-Tickets mittels Broadcast die Identifikationsnummer und den aktuellen Ort des Verkehrsmittels sowie die Zeit. Die Tickets speichern diese Informationen lokal ab.

Die Kommunikation für die Präsenzerfassung erfolgt in beide Richtungen. Sie wird vom "on board" Erfassungspunkt initiiert. Dieser weist per Broadcast den ALLFA-Tickets ein Zeitfenster für die bidirektionale Kommunikation zu. Mit Hilfe dieser Zeitfenster findet sequentiell eine exklusive Kommunikation mit den verschiedenen Tickets statt.

Trägerfrequenz

Die Trägerfrequenzen liegen im Hochfrequenz-Bereich. Die Weck-Antenne arbeitet mit 6.78 MHz. Der "on-board" Erfassungspunkt arbeitet mit 868 MHz.

Datenübertragungsrate

Die Datenübertragungsrate betrug maximal 64Kbps.Speisung

Das ALLFA-Ticket war eine aktive Chipkarte mit einer eigenen Stromversorgung. Die Stromversorgung bestand im Pilotbetrieb aus einer Batterie.

Transaktionsdauer und -varianz

Anforderung war die Erfassung von ca. 200 Karten in unter 15 Sekunden.

Mehrfachzugriff

Das Erfassungskonzept ist auf Mehrfachzugriff ausgelegt. Jedes ALLFA-Ticket erhält ein Zeitfenster für die exklusive Kommunikation.

Dieses Vorgehen kann als TDMA bezeichnet werden.

Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit der Erfassung wurde durch die Betreiber als zufriedenstellend beurteilt. Die Erfassungswahrscheinlichkeit war hoch genug, dass man aus Betreibersicht die Machbarkeit eines Produktivbetriebs mit der BIBO-Technologie für erwiesen hielt.

Eine Herausforderung liegt in der Abschirmung des ALLFA-Tickets durch Metall (z.B. Alufolie). Ein so verdecktes Ticket kann nicht mehr vom Funkfeld der Erfassungsantenne angesprochen werden und die Präsenzerfassung misslingt. Die Abschirmung mit Alufolie stellt allerdings einen Verstoß gegen die Nutzungsvorschriften (AGB) dar und würde bei mehrfacher Wiederholung zum Ausschluss eines Fahrgastes aus dem System führen.

Eine aktive Kontrolle der Funktion des Tickets durch den Reisenden war zwar über das Display des ALLFA-Tickets möglich aber nicht gefordert. Dadurch musste das System eine hohe Erfassungswahrscheinlichkeit haben, da der Kunde eine fehlende Erfassung in der Regel nicht bemerkt hätte.

Unterbrüche, unvollständige oder fehlerhafte Übertragungen werden durch das Kommunikationsprotokoll bis auf ein akzeptables Risiko verhindert, detektiert oder korrigiert.

Integrität

Die Integrität der übermittelten Informationen wird gegen Veränderung durch Dritte mittels kryptographischer Signaturen geschützt. Für die Überprüfung der Integrität wird jeder, zwischen dem Erfassungspunkt und dem ALLFA-Ticket, übermittelte Datensatz mit einem MAC versehen.

Kommunikationsanbindung

Die Kommunikationsanbindung des ALLFA-Tickets an das zentrale Hintergrundsystem wurde nur zyklisch hergestellt, sie erfolgte über die Erfassungspunkte in den Verkehrsmitteln mittels GPRS.

Der "on-board" Erfassungspunkt kann als online bezeichnet werden, da er jederzeit mit dem zentralen Hintergrundsystem kommunizieren kann.

Aktualisierung

Eine Aktualisierung der Software auf dem ALLFA-Ticket war im Rahmen des Pilotbetriebes nicht möglich.

Nachhaltigkeit

Das ALLFA-Ticket greift unter anderem auf folgende Standards zurück:

- VDV-Kernapplikation
- Kontakt-Karten ISO/IEC 7816 (interne Schnittstelle)

Kosten

Der Aufwand für den Betrieb sowie die Abschreibungen sind nicht repräsentativ. Das ALLFA-Ticket wurde für den Pilotbetrieb in einer kleinen Serie hergestellt und beschafft. Bei einer grossflächigen Einführung kann durch eine höhere Stückzahl und eine effizientere Fertigung von tieferen Kosten ausgegangen werden.

5.3 E-Ticketing Graubünden

Die Fela Management AG entwickelte ein "Easy Drive" genanntes RFID-basiertes e-Ticketing-System und führte es ab 2009 erfolgreich in Davos, im Engadin, in Chur sowie bei der RHB ein. Ein entsprechendes Projekt im Kanton Tessin ist im Gange.

Dabei lieferte Fela die Verkaufsgeräte, die das Aufladen der Karte sowie deren Entwertung ermöglichen. Alle Autobusse sind mit solchen Geräten ausgerüstet, welche sehr einfach und kostengünstig sind, da sie weder Bargeld akzeptieren noch Belege ausdrucken müssen. Für Leser und Karten werden RFID-Chips der Legic Identsystems AG verwendet.

Die Karten können an Verkaufsstellen, an ortsfesten Automaten sowie teilweise auch direkt beim Chauffeur im Bus bezogen werden. Touristen können eine RFID-Chipkarte für die gewünschte Aufenthaltsdauer an verschiedenen Hotel-Rezeptionen gegen Vorauszahlung beziehen.



Abbildung 20 Aufladestation für Easy Drive (Quelle: <http://www.easydrive.ch/de/bus-und-tram/ticketing/elektronisches-ticketing/cash-terminal/> Zugriff: 11.3.2011)

Die RFID-Karte dient als Bezahlmedium, um an den Schaltern und den ortsfesten und mobilen Biletautomaten Abonnement oder Einzeltickets zu erwerben und auf der RFID-Karte abzuspeichern.

Aufgeladen werden die Karten an ortsfesten Automaten gegen Bargeld oder eine der gängigen Kreditkarten, oder auch im Bus gegen Banknoten, hier ausschliesslich in runden Beträgen.

Sämtliche Ticketautomaten in der Region sind mit Contact-less-Schnittstellen ausgerüstet, mit denen die Daten auf der Karte gelesen und geschrieben werden können. Die unterliegende MIFARE-Technologie ist so ausgelegt, dass die Bearbeitungszeit der Transaktionen 500 ms nicht überschreitet und von den Reisenden nicht als zu lang empfunden wird.

Für die Ticketkontrollen verwenden die Kontrolleure tragbare Geräte mit RFID-Schnittstellen. Bei der RHB sind dies ZGB II¹¹ mit RFID-Leser und entsprechender Software. Das Gerät liest die Karte und zeigt sogleich die Gültigkeit des Tickets oder Abonnements in Grün oder Rot an.

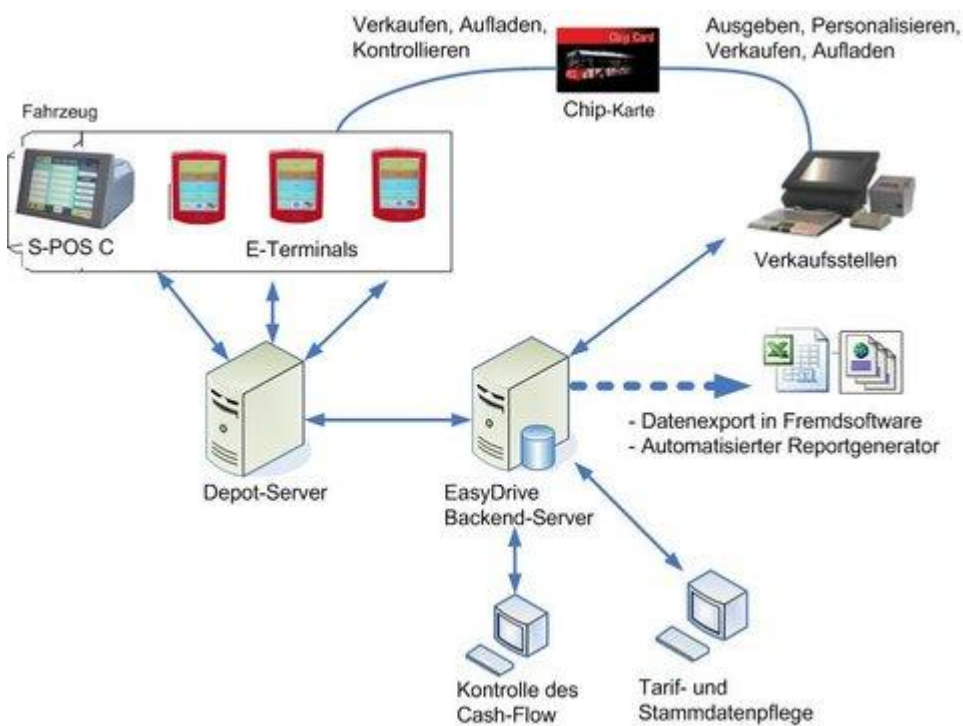


Abbildung 21 Systemüberblick Easy Ride (Quelle: <http://www.easydrive.ch/de/bus-und-tram/ticketing/elektronisches-ticketing/systemueberblick/> Zugriff: 11.3.2011)

5.3.1 Ziel der Nutzungserfassung

Reisender – Verkehrsinformation

Die Verkehrsdaten werden von den Betreibern von Easy Drive zurzeit nicht aufbereitet und den Reisenden zur Verfügung gestellt. Die Tür-zu-Tür-Information über Engpässe und Störungen im ÖV-Netz wird bei Easy Drive im Moment nur zum Teil ausgewertet.

Reisender – Neue Zahlungskonditionen

Obschon die Easy Drive-Karten üblicherweise unpersönlich und anonym sind, können sich Reisende auf Wunsch registrieren lassen. Dadurch wird für diese Fahrgäste, neben der Prepaid-Methode auch die nachträgliche Abrechnung der bezogenen Fahrtleistungen

¹¹ Zugbegleitergerät II, bei den SBB ohne RFID, in Genf mit.

oder verschiedene neue Preismodelle (Bsp. "Best Price") ermöglicht.

Pre- und Postpayment ermöglichen dem Reisenden die Benützung der Transportmittel ohne Bargeldhandling. Maximal bequem wird das Lösen des Tickets im Verbund mit der Favoritenfunktion (s.u.).

Abonnementsinhaber vergessen leicht, ihr Abonnement zu erneuern. Easy-Drive erlaubt ihnen daher, ein neues Abonnement im Voraus zu beziehen und auf den RFID-Chip zu laden. Es wird automatisch aktiviert, wenn das vorangehende abgelaufen ist.

ENGADIN BUS
Stadibus Chur AG
Poststrasse 37
7000 Chur
Tel. 081 834 91 00
Fax. 081 834 91 01
www.engadinbus.ch
info@engadinbus.ch

Chur, 04.06.2004

Herr
Alfred Muster
Steinhaldenring 8
7500 St. Moritz

Rechnung 999-0310-001
Kunden-Nr. 999

01.04.04	Letzte Abrechnung					80.00
28.04.04	Ihre Zahlung					-80.00
01.05.04	Saldo					0.00

Datum	Text	Kategorie	Zone	Anzahl	EP	Totalpreis
Karten-Nr. ABC998890						
10.05.04	Monatsabonnement	Erwachsene	3	1	80.00	80.00
20.05.04	Gästepersonenabonnement	Erwachsene	7 Tage	1	74.00	74.00
	Einzelfahrten	ermässigt	5	10	5.10	51.00
31.05.04	Total Karte					205.00
Karten-Nr. DEF223344						
02.05.04	Zonentageskarte	ermässigt	6	1	16.20	16.20
	Nachangebot			5	3.00	15.00
31.05.04	Total Karte					31.20
31.05.04	Gesamttotal					236.20
	davon MwSt.				7.6%	16.70

Die Rechnung ist innert 30 Tagen mittels beigelegtem Einzahlungsschein zahlbar.

Empfangsschein / Récepissé / Ricevuta | Einzahlung Giro | Versament Virement | Versamento Girata

Abbildung 22 Beispiel einer Abrechnung der bezogenen Fahrleistungen bei Easy Drive (Quelle: <http://www.easydrive.ch/de/bus-und-tram/ticketing/elektronisches-ticketing/ride-pay/> Zugriff: 11.3.2011)

Reisender – Bonussystem

Den Reisenden wird durch Easy-Drive ein Rabatt gewährt. Dadurch ergibt sich ein ähnlicher Vorteil wie bei der Nutzung einer Mehrfahrtenkarte, jedoch ohne deren Nachteil, an bestimmte Zonen gebunden und deshalb nicht frei einsetzbar zu sein.

Reisender – Privatsphäre

Die RFID-basierte Easy-Drive-Karte ist unpersönlich und anonym, kann aber, sofern erwünscht, an eine bestimmte Person gebunden werden.

Betreiber – Abhängigkeit unter den Betreiber

Die Easy-Drive-Technik ist zwar in allen Regionen dieselbe. Dennoch ist der direkte Verkehr zurzeit noch nicht gewährleistet. Ein Clearing oder besser ein Netting¹² wäre zwar einfach realisierbar, da vollständige Daten über die Nutzung der Karten in elektronischer Form von den Terminals akquiriert werden. Jedoch fehlen zurzeit noch die kommerziellen Vereinbarungen zwischen den Verkehrsbetrieben.

¹² Netting= Bilaterale Konsolidierung ohne Clearingzentrale.

Betreiber – Informationsqualität

Easy Drive basiert auf streckengebundenen Einzeltickets und Abonnementen. Diese werden an elektronischen Verkaufsterminals erworben. Somit sind vollständige Daten über die bezahlten Transportleistungen vorhanden. Sofern die Tickets im Bus gekauft werden, kommen noch Daten über den Antritt der Reise hinzu. Über die Nutzung von Abonnementen liegen jedoch nur Stichproben aus den Billettkontrollen vor, diese allerdings ebenfalls in elektronischer Form.

Betreiber – Transparente Gebührenpolitik

Aus den akquirierten Daten ist die Nutzung einer jeden Karte ersichtlich. Dies ermöglicht grundsätzlich eine transparente Gebührenpolitik und ein dynamisches und tageszeitlich variierendes Pricing. Zurzeit werden diese Möglichkeiten jedoch nicht vollumfänglich genutzt.

Betreiber - Erfassung der gesamten Reisetätigkeit

Easy Drive liefert für jede Karte vollständige Daten über ihre Nutzung. Diese ergeben bei den Einzeltickets ein recht präzises Bild über die Reisetätigkeit, weniger jedoch bei den Abonnementen. Die tatsächlich getätigten Reisen können allerdings nicht rekonstruiert werden, da es immer möglich ist, dass die Reisenden vor ihrem eigentlichen Reiseziel das Verkehrsmittel verlassen und dabei nicht registriert werden.

5.3.2 Erfassungskonzept

Dieses System verwendet keines der in Kapitel 3 genannten Erfassungskonzepte. Es besteht aus einem Check-In beim Antritt der Reise, sieht aber keine Präsenzerfassung oder Erfassung am Ende der Reise (Check-out) vor. Es strebt vielmehr den Ersatz von Papiertickets durch ein elektronisches Medium an. Es erfordert einzig die Installation von Erfassungsterminals in den Bussen oder an Stationen und kommt ohne Gates oder andere bauliche Massnahmen aus.

Auslösung der Erfassung

Die Nutzungserfassung wird durch die Reisenden aktiv ausgelöst sobald sie die RFID-Karte an ein entsprechendes Lesegerät halten. Die Nutzungserfassung zeichnet jedoch nur im Bus Ort und Zeit des Reiseantrittes auf.

Räumliche Dimensionierung der Erfassung

Die räumliche Dimensionierung der Nutzungserfassung beschränkt sich auf Standorte der Lesegeräte, wo die Reisenden Einzeltickets und Abonnementen erwerben. Wann und wo die Reisenden das Verkehrsmittel verlassen, wird nicht erfasst.

Anzahl Erfassungspunkte

Erfassungspunkte hat es an grösseren Stationen sowie in den Busfahrzeugen.

Granularität

Bei der Nutzungserfassung wird die Easy Drive-Karte erfasst. Bei unpersönlichen Karten erlaubt dies keine Rückschlüsse auf die Person.

Ferner ermöglicht die Favoritenfunktion dem Reisenden den von ihm am häufigsten benutzen Typ Einzelbillett auf seiner Karte zu speichern (Route, Klasse, Taxstufe), sodass er beim Einsteigen in den Bus bloss kurz den Leser antippen muss.

Authentisierungsverfahren

Die unterliegende MIFARE-Technologie beinhaltet Authentisierung und Chiffrierung des Datenaustausches zwischen Leser und Karte.

Ort der Datenhaltung

Das finanzielle Guthaben, die Stammdaten (bei registrierten Reisenden) sowie die getätigten Transaktionen werden auf einem zentralen Server des Produkthanbieters gespeichert.

Sicherheit

Die RFID-Chips in den Easy Drive-Karten sind schwierig zu manipulieren und bieten deshalb für die Betreiber eine wesentlich höhere Sicherheit bezüglich der Fälschung von Abonnements und Einzeltickets als bei gewöhnlichen Papiertickets.

Bei Defekt, Verlust oder Diebstahl kann die Karte gesperrt werden. Bei Prepaid-Karten kann der Restsaldo aus den vorhandenen Daten rekonstruiert und auf eine neue Karte übertragen werden.

5.3.3 Basistechnologie

Sämtliche Chipkarten die für elektronische Bezahlungssysteme im Easy Drive-System genutzt werden, verwenden die Kommunikationsprotokolle des Typs A gemäss Internationalem Standard ISO/IEC 14443 (Teil 1-4), sowie im Engadin gemäss ISO/IEC 15693. Die Leser unterstützen beide Standards und sind auf Arbeitsdistanzen von <10cm eingestellt.

Interaktion RG/EP

Die Interaktion zwischen dem Reisengerät (Chipkarte) und dem Lesegerät erfolgt drahtlos durch eine elektromagnetische Übertragung.

Aktivierung

Die Auslösung der Erfassung erfolgt manuell. Der Reisende startet sie aktiv in dem er die RFID-Chipkarte über das Lesegerät streift.

Arbeitsdistanz

Damit die Erfassung einwandfrei funktioniert, muss die RFID-Chipkarte weniger als 10 cm an das Lesegerät gehalten werden. Diese relativ kurze Arbeitsdistanz verhindert eine irrtümliche Erfassung von Reisenden welche sich in der Nähe der Lesegeräte befinden.

Einweg- und Zweiwegkommunikation

Die Interaktion zwischen der Easy Drive-Chipkarte und dem Lesegerät erfolgt über Zweiwegkommunikation und dauert weniger ungefähr 500 ms.

Trägerfrequenz

Bei der MIFARE-Chipkarte handelt es sich um einen passiven Träger, der auf 13.56 MHz Frequenz arbeitet.

Datenübertragungsrate

Die Daten werden mit 106 kbps übertragen.

Speisung

Der RFID-Chip in der Easy Drive-Karte verfügt über keine eigene Energiequelle, sondern wird über das Lesegerät gespeist.

Mensch-Maschine-Schnittstelle

Die Karte hat keine Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine.

Transaktionsdauer und –Varianz

Der Datenaustausch der Easy Drive-Karten dauert typisch 500 ms. Es wird darauf geachtet, dass die Bearbeitungszeit 700 ms nicht übersteigt, da sonst das "Touch-and-Go-Gefühl" für die Reisenden nicht mehr gewährleistet ist, was damit zu einer Komforteinbusse führt.

Mehrfachzugriff

Durch die kurze Arbeitsdistanz von weniger als 10 cm sind Mehrfachzugriffe unnötig und unerwünscht. Für den Fall, dass mehrere Easy Drive-Karten gleichzeitig in das Lesefeld geraten, sind jedoch Antikollisionsmassnahmen in der unterliegenden MIFARE-Technologie eingebaut.

Robustheit

Die Robustheit der MIFARE-Technologie wird durch die kurze Arbeitsdistanz zwischen

dem Lesegerät und der Chipkarte stark erhöht. Die auf RFID basierenden Karten sind zudem gegenüber Umwelteinflüssen sehr robust.

Zuverlässigkeit

Da die unterliegende Technologie sehr robust ist, arbeiten die Chipkarten zuverlässig und müssen selten zweimal an ein Lesegerät gehalten werden, weil eine Transaktion gescheitert ist.

Integrität

Die Integrität des Datenaustausches wird durch das Protokoll gemäss ISO/IEC 14443 Typ A in hohem Masse gewährleistet.

Verfügbarkeit

Die RFID-Chipkarten verfügen über keine eigene Energiequelle, sondern werden durch das elektromagnetische Feld der Lesegeräte gespeist. Da die Transaktionen im Bus offline abgewickelt werden und kein Online-Datenaustausch mit externen Servern stattfindet, bestehen keine starken Abhängigkeiten zu weiteren Systemen.

Kommunikationsanbindung

Die mobilen und stationären Automaten sind mit zentralen Servern vernetzt. Diesen übermitteln sie periodisch die bei Offline-Transaktionen angefallenen Daten und empfangen Aktualisierungen von Konfigurationsdaten und Sperrlisten. Mit Ausnahme von Kreditkartenzahlungen an stationären Automaten erfolgen jedoch alle Transaktionen offline.

Aktualisierung

Die Zähler in den Chipkarten werden bei jeder Nutzung an einem Lesegerät aktualisiert. Die Software des Chips kann durch den Nutzer der Easy Drive-Karte aber nicht aktualisiert werden.

Nachhaltigkeit

Die Technologie gemäss ISO/IEC 14443 ist ein Weltstandard und MIFARE das weltweit marktführende Produkt. Die Nachhaltigkeit ist daher soweit überhaupt möglich gegeben.

Kosten

Aufgrund seiner grossen Verbreitung ist das MIFARE-Produkt auch unter dem Kostenaspekt grundsätzlich eine gute Wahl. Die Konditionen im konkreten Fall sind uns jedoch nicht bekannt.

Die in den Bussen eingesetzten Terminals sind sehr einfach und daher äusserst kostengünstig.

5.4 ÖV in Japan

Für das öffentliche Verkehrsnetz in Japan wird seit zehn Jahren ein kontaktloses, chipkartenbasiertes elektronisches Fahrkartensystem eingesetzt, das sich bis heute bewährt hat. Suica wurde im Jahre 2001 von der East Japan Railway (JR East) für das Fahrgebiet um Tokio eingeführt und später auch auf Busgesellschaften ausgedehnt, sodass heute 26 Bahn- und 75 Busgesellschaften mit dieser Technologie genutzt werden können. Seit 2004 kann die Chipkarte auch zum elektronischen Bezahlen genutzt werden, zum Beispiel in speziell ausgewiesenen (Merkmal: Pinguin) Einkaufsmöglichkeiten oder um Schliessfächer zu beziehen.



Abbildung 23 Suica-Karte

Die Erfassung der Reisenden funktioniert so, dass die Chipkarte bei jedem Betreten sowie jedem Verlassen des ÖV-Bereichs, vom Nutzer an ein Lesegerät gehalten werden muss. Dabei dienen die Checkin- und Checkout-Schranken als Vereinzelungsanlagen und sind normalerweise offen, damit sie von den Reisenden ungestört passiert werden können. Wird eine ungültige Karte identifiziert, so schliessen sich die Schranken automatisch und hindern den Nutzer beim Betreten bzw. Verlassen des ÖV-Bereichs. Im letzteren Falle wendet sich der Reisende an den Schalterbeamten neben der Schranke.

Die Chipkarten können über das Internet oder an spezifischen Stationen aufgeladen werden. Bei jeder aktiven Nutzung am Lesegerät wird der entsprechende Geldbetrag abgebucht. Kurz nach der Einführung wurde für japanische Staatsangehörige zusätzlich die Option für Postpayment geschaffen. Dadurch können die bezogenen Fahrleistungen zentral gespeichert und monatlich per Rechnung beglichen werden.

Seit der Zusammenarbeit von JR-East mit dem grössten japanischen Mobiltelefonprovider DoCoMo sind heute auch Mobiltelefone mit integrierter Suica-Funktion auf dem Markt im Angebot. Dadurch wird nicht nur der Aufladungsvorgang erleichtert, sondern auch eine praktische Möglichkeit geboten, die Kartenaktivität sowie den Kontostand auf einfache und schnelle Art zu überprüfen. 5% aller Suica-Chipkarten werden heute auf Mobiltelefonen genutzt. Durch das einfache Geschäftsmodell mit DoCoMo, geht der Reisende durch die Benützung der Suica-Karte lediglich eine vertragliche Beziehung mit JR-East ein.

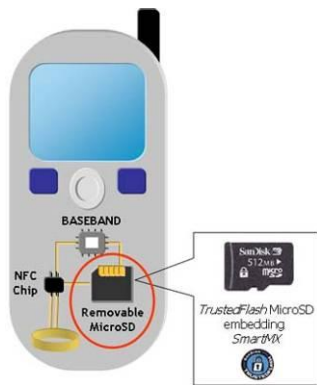


Abbildung 24 Mobiltelefon mit integrierter Smartcard

Eine Suica-Chipkarte verzeichnet heute im Durchschnitt 7 Transaktionen pro Monat. Im Jahr 2009 waren bereits 28 Millionen Suica-Karten im Einsatz, wobei die Technologie in Japan noch nicht flächendeckend genutzt wird. Für weitere Fahrgebiete in Japan wurden andere elektronische Fahrkartensysteme eingeführt, so zum Beispiel die ICOCA-Karte für das westliche Japan (Ende 2004: 4.5 Mio. Karten) oder die TOICA-Karte für Zentraljapan (Ende 2009: 1.5 Mio. Karten). Diese unterschiedlichen Karten sind mit den anderen gängigen elektronischen Fahrkartensystemen interoperabel und erleichtern dadurch für die Reisenden den Umgang mit e-Tickets.



Abbildung 25 ICOCA

Die unterliegende kontaktlose Technologie wurde von Sony unter dem Namen FeliCa entwickelt und weist eine sehr hohe Transaktionsgeschwindigkeit auf die so ausgelegt ist, dass die Reisenden die Schranken im Laufschrift passieren können. Dieselbe Technologie wird unter anderem auch in Hongkong (Octopus-Karte), in Singapur (ez-Link) und in Indien (New Delhi Subway) eingesetzt.



Abbildung 26 FeliCa

5.4.1 Ziel der Nutzungserfassung

In den folgenden Abschnitten wird das Beispiel anhand der in den vorangegangenen Kapitel definierten Unterscheidungsmerkmale besprochen. Da für die Ziele der Nutzungserfassung kein eigentlicher Kriterienkatalog geschaffen wurde, sollen die wesentlichen Punkte aus Kapitel 2 aufgegriffen werden.

Reisender – Verkehrsinformation

Die durch die Nutzungserfassung gesammelten Rohdaten stehen dem Reisenden insofern zur Verfügung, als dass er jederzeit sein eigenes Reiseprotokoll beziehen und überprüfen kann; entweder an den Ladestationen oder im Falle von Mobile Suica auf dem Mobiltelefon.

Tür-zu-Tür-Information über Engpässe und Störungen im ÖV-Netz wird aus der Belastung der Ein- und Austritts-Schranken aufbereitet, auf Anzeigetafeln angezeigt und über Radio, Fernsehen und Internet verbreitet. Individuelle Verkehrsdaten werden von den Betreibern jedoch zurzeit nicht aufbereitet und den Reisenden zur Verfügung gestellt.

Reisender – Neue Zahlungskonditionen

Die Reisenden bezahlen die Fahrleistungen meistens im Voraus indem sie die Chipkarten entweder an speziell ausgewiesenen Stationen oder über das Internet mit einem Geldbetrag aufladen.

In Ergänzung zu diesem Prepayment wurde für japanische Staatsangehörige zudem kurz nach Einführung des Suica-Kartensystems, die Möglichkeit für ein Postpayment eingerichtet. Dieses erlaubt ihnen ein monatliches Bezahlen der tatsächlich bezogenen Leistungen gegen Rechnung.



Abbildung 27 Aufladestation für Suica-Karten

Reisender – Bonussystem

Ein direkt vergleichbares Bonussystem wie das Miles & More Vielfliegerprogramm der Lufthansa wird bei dieser Anwendung nicht angeboten. Vergünstigungen werden jedoch im Rahmen der üblichen Abonnemente ermöglicht.

Reisender – Privatsphäre

Der Anforderung nach Privatsphäre wird mit der Suica-Chipkarte im üblichen Rahmen des Datenschutzes nachgekommen. Die zentrale Datenhaltung beim Betreiber sowie aktive Sicherheitsmassnahmen der zugrunde liegenden Technologie FeliCa, garantieren einen sicheren Umgang der persönlichen Daten.

Betreiber – Abhängigkeit unter den Betreibern

Werden mit einer bestimmten elektronischen Fahrkarte (Bsp. ICOCA) Leistungen in einem unterschiedlichen Bereich Japans (Bsp. JR East) bezogen, so wird klar, dass es Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Betreibern gibt. Weil die Systeme aber interoperabel funktionieren, ist die Einnahmenezuschreibungen leicht möglich weil gut ersichtlich ist, welche Leistungen mit welcher Karte bei jedem Betreiber bezogen wurden.

Betreiber – Informationsqualität

Das angewandte Erfassungssystem im japanischen ÖV bietet durch das CICO eine sehr hohe Informationsqualität. Durch das aktive An- und Abmelden wird für die Betreiber genau ersichtlich, welcher Reisende welche Strecke wann abgefahren ist. Qualitätseinbussen treten dann auf, wenn das Verkehrsmittel innerhalb des Erfassungsbereiches gewechselt wird (Bsp. Umsteigen in der U-Bahn). In diesen Fällen ist nicht nachvollziehbar, ob ein Passagier direkt umgestiegen ist, oder ob er zwischendurch die Zeit mit Einkäufen in Geschäften verbracht hat.

Betreiber – Transparente Gebührenpolitik

Die Karte bietet für die Reisenden die Möglichkeit, die getätigten Einkäufe sowie die bezogenen ÖV-Leistungen als Übersicht auszudrucken. Diese Nachvollziehbarkeit sowie ein einheitlicher Kilometertarif ermöglichen der JR East eine einfache und vor allem transparente Gebührenpolitik gegenüber der Reisenden.

Momentan wird bei allen Verkehrsmitteln (Bus, S-Bahn, Bahn) in der Umgebung Tokio ein einheitlicher Kilometertarif angewandt.

Betreiber - Erfassung der gesamten Reisetätigkeit

Dank CICO sind Fahrten eines jeden Reisenden vollständig ersichtlich. Sobald sich der Reisende für den Wechsel des Verkehrsmittels von einem Erfassungsbereich in einen anderen begeben muss (Bsp. Buswechsel), wird auch dies im Erfassungssystem ersicht-

lich. Einzig ein Umsteigeprozess innerhalb des gleichen ÖV-Bereichs wird nicht erfasst, da sich der Reisende nicht durch die CICO-Schranken begeben muss.

5.4.2 Erfassungskonzept

Dieses System ist eine beispielhafte Umsetzung des CICO-Erfassungskonzeptes.

Auslösung der Erfassung

Die Nutzungserfassung wird durch die Reisenden aktiv ausgelöst sobald sie die Schranken passieren und die Suica-Karte über das Lesegerät streifen.

Räumliche Dimensionierung der Erfassung

Die räumliche Dimensionierung der Nutzungserfassung beschränkt sich auf die Schranken, wo die Reisenden den ÖV-Bereich betreten bzw. verlassen. Es handelt sich deshalb um eine Durchgangserfassung.

Anzahl Erfassungspunkte

Um die gesamte Reisetätigkeit eines Passagiers erfassen zu können, benötigt es mindestens 2 Erfassungspunkte welche den Anfang sowie das Ende der Reise kennzeichnen. Umfasst die ganze Reise jedoch noch weitere Verkehrsmittel oder Umsteigungen, dann steigt die Anzahl Erfassungspunkte aufgrund der mehreren CICO-Prozesse an.

Granularität

Bei der Nutzungserfassung wird die Suica-Karte am Anfang und am Ende der Reise erfasst. Die Nutzungserfassung über die Suica-Chipkarte erlaubt somit Aussagen über die Reisetätigkeit einer jeden Karte. Im Falle persönlicher Karten können diese Informationen dem Inhaber zugeordnet werden.

Authentisierungsverfahren

Die Technologie FeliCa verfügt über eine hohe kryptographische Sicherheit. Eine sichere Authentisierung der Karte ist dadurch gewährleistet.

Ort der Datenhaltung

Die Stammdaten sowie das finanzielle Guthaben und die Anzahl getätigter Transaktionen werden auf einem zentralen Server des Produkthanbieters gespeichert. Nach dem Einchecken wird die Chipkarte gelesen und eine offene Transaktion getätigt, die nach dem Auschecken geschlossen und an den zentralen Server übermittelt wird. Dies bedeutet, dass auf der eigentlichen Chipkarte nur wenig relevante, transiente Daten gespeichert sind. Sie werden nach der Reise zu den Stammdaten des Reisenden hinzugefügt. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass der CICO-Prozess beschleunigt wird.

Sicherheit

Sollte die Suica-Karte mit Prepaid-Funktion gestohlen, verloren oder beschädigt werden, dann kann der Nutzer die Karte sperren lassen. Aufgrund der zentralen Datenhaltung ist das bereits bezahlte Guthaben für den Inhaber immer noch verfügbar. Sollten Karten manipuliert werden, dann erkennt dies das System beim CICO-Prozess und sperrt die Chipkarte automatisch. Die Sicherheit gegenüber Verlust, Diebstahl und Manipulation ist somit im Rahmen der Möglichkeiten gewährleistet.

Parallel zur automatischen Erfassung des CICO-Prozesses hat es neben einer Vereinzelungsanlage jeweils einen bemannten Schalter zur Überwachung und Unterstützung der Reisenden.



Abbildung 28 Lesegerät für Suica-Smartchips

5.4.3 Basistechnologie

Sämtliche Chipkarten die für elektronische Bezahlungssysteme in Japan genutzt werden, basieren auf der FeliCa-Technologie welche vom japanischen Elektronikkonzern Sony entwickelt wurde. Die Technologie gründet auf dem japanischen Industriestandard JIS X 6319-4, welcher verwandt ist mit dem Internationalen Standard ISO IEC 14443. Beide spezifizieren die kontaktlose Datenkommunikation zwischen Karte und Leser. Weil die Technologie FeliCa jedoch nicht Teil des Internationalen Standards ist, kann sie sich nicht ohne Weiteres auf dem globalen Markt durchsetzen.

Interaktion RG/EP

Die Interaktion zwischen dem Reisengerät (Chipkarte) und den Erfassungspunkten (Lesegerät an den Durchgangsschranken) erfolgt drahtlos durch eine elektromagnetische Übertragung.

Aktivierung

Die Übertragung der Stammdaten und die Auslösung der Erfassung erfolgt manuell. Sie wird aktiv durch den Reisenden gestartet, sobald er die Chipkarte über das Lesegerät streift.

Arbeitsdistanz

Für eine einwandfreie Erfassung muss die Chipkarte weniger als 10cm an den Erfassungspunkt gehalten werden. Diese kurze Arbeitsdistanz sowie die zusätzlichen Vereinzelungsanlagen verhindern eine irrtümliche Erfassung von Passagieren welche sich in der Nähe der Lesegeräte befinden.



Abbildung 29 Vereinzelungsanlagen und Schranken in der U-Bahn von Tokio

Einweg- und Zweiwegkommunikation

Die Interaktion zwischen der Suica-Chipkarte und dem Lesegerät erfolgt über Zweiweg-

kommunikation und dauert weniger als 0.1 Sekunden.

Trägerfrequenz

Bei der Suica-Chipkarte handelt es sich um einen passiven Träger der auf 13.56 MHz Frequenz arbeitet.

Datenübertragungsrate

Die Daten werden mit 212 kbps übertragen.

Speisung

Wie schon weiter oben erwähnt, verfügt die Suica-Chipkarte über keine eigene Energiequelle, sondern wird über das Lesegerät gespeist.

Mensch-Maschine-Schnittstelle

Bei der besprochenen Technologie existiert keine Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine.

Transaktionsdauer und –Varianz

Der Datenaustausch der FeliCa-Technologie dauert in der Regel weniger als 0.1 Sekunden. Durch diese kurze Transaktionszeit zwischen der Chipkarte und dem Lesegerät wird ein ungehindertes Passieren der Schranken ermöglicht.

Mehrfachzugriff

Durch die kurze Arbeitsdistanz von weniger als 10 cm sind Mehrfachzugriffe nicht nötig. Für den Fall, dass mehrere Suica-Karten gleichzeitig in das Lesefeld geraten, sind jedoch Antikollisionsmassnahmen in der FeliCa-Technologie eingebaut.

Robustheit

Die kurze Arbeitsdistanz zwischen dem Lesegerät und der Chipkarte erhöht die Robustheit der Technologie stark. Das kontaktlose System durch RFID ist sehr robust gegenüber Umwelteinflüssen und führt dazu, dass die Suica-Karte in den wenigsten Fällen zweimal an das Lesegerät gehalten werden muss weil eine Transaktion gescheitert ist.

Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit kann aus den oben genannten Gründen als sehr hoch eingeschätzt werden.

Integrität

Wie bereits erwähnt, verfügt die FeliCa-Technologie über eine sehr hohe kryptographische Sicherheit. Dies gewährleistet unter anderem ein sicheres Authentisierungsverfahren, aber auch eine sehr hohe Integrität.

Verfügbarkeit

Die Suica-Karten verfügen wie bereits erwähnt, über keine eigene Energiequelle sondern werden über das elektromagnetische Feld des Lesegerätes gespeist. Zusätzlich läuft der Datenaustausch offline ab, wobei die bezogene Fahrleistung eines Reisenden erst nach dem Abschluss des Checkouts an den zentralen Server übermittelt wird. Weil die transienten Daten erst nach der Reise zentral gespeichert werden, hat eine Lahmlegung des Servers demzufolge keinen direkten Einfluss auf den Reiseverlauf. Die Passagiere können immer noch ungehindert die Schranken passieren und den öffentlichen Verkehr nutzen. Die Verfügbarkeit der Technologie kann aus diesen Gründen als sehr hoch eingeschätzt werden.

Kommunikationsanbindung

Die Eingangs- und Ausgangsschranken sind mit dem zentralen Server vernetzt und übermitteln die getätigten Transaktionen laufend. Ein aktuelles Sperrlistenmanagement führt zu einer Sperrung von als gestohlen gemeldeten Suica-Karten.

Aktualisierung

Die Zähler in den Chipkarten werden bei jeder Nutzung an einem Lesegerät aktualisiert.

Die Software des Chips kann durch den Nutzer der FeliCa-Technologie aber nicht aktualisiert werden.

Nachhaltigkeit

Zurzeit ist Sony der einzige Hersteller der FeliCa-Technologie weltweit. Die Nachhaltigkeit von Suica im Osten Japans, aber auch jene der anderen elektronischen Fahrkartensysteme weiterer Fahrgebiete Japans, ist sehr stark abhängig vom Hersteller der Basistechnologie FeliCa.

Kosten

Die Preise des FeliCa-Chips sowie die Kosten für das entsprechende Lesegerät sind sehr hoch und schmälern deshalb ihre Konkurrenzfähigkeit auf anderen globalen Märkten, insbesondere Europa.

5.5 Congestion Charge in London

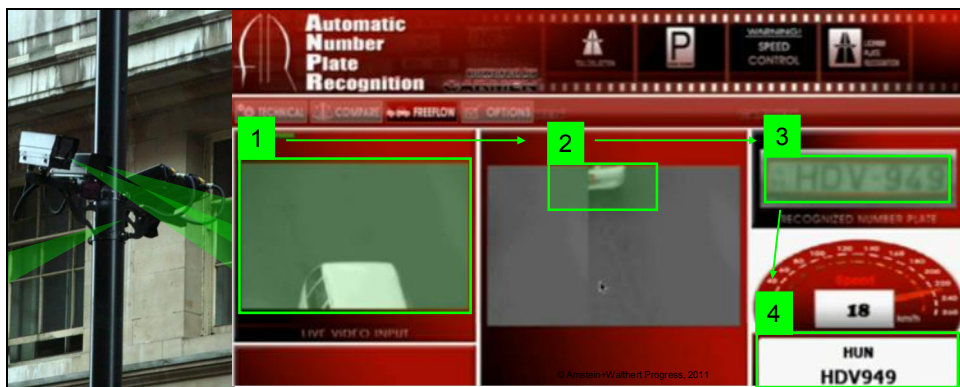


Abbildung 30 London Congestion Charge basierend auf Automatic Number Plate Recognition. 1) Fahrzeug wird auf Video identifiziert. 2) Kontrollschild des Fahrzeugs wird identifiziert. 3) Kontrollschild des Fahrzeugs wird fokussiert. 4) Kontrollschildnummer wird ausgelesen.

Das Congestion Charge Erfassungssystem der Transport for London (TfL) in England ist ein Road Pricing für die Innenstadt (engl. Area Licensing) von London für den motorisierten Individualverkehr. Das System ist seit 2003 in Betrieb.

Das Befahren der Innenstadt ist kostenpflichtig. Es gilt das Prinzip der Selbstdeklaration. D.h. der Fahrer ist verpflichtet für die Zeit innerhalb der Zone ein Recht für das verwendete Fahrzeug an Hand des Nummernschildes bei der TfL zu erwerben.

Das Erfassungssystem ist daher ein reines Kontrollinstrument der Selbstdeklaration. Es erhebt keine Gebühr für die Befahrung der Innenstadt sondern überwacht mit Hilfe der Kontrollschilder der Fahrzeuge die Erfüllung der Pflicht zur Selbstdeklaration.

Das Überwachungssystem verwendet ca. 230^{bxi} stationäre Stationen in der Innenstadt. Pro Tag werden zwischen 150'000 und 250'000 Fahrzeuge erfasst. Dazu werden ca. 1 Million Bilder verarbeitet. Der Betrieb des gesamten Erfassungssystems kostet ca. 50 Mio. Pfund (88 Mio. Pfund im 2006) per anno. Die Einnahmen belaufen sich im Rahmen von ca. 200 Mio. Pfund (ca. 300 Mio. CHF).

Die drei Hauptziele der London Congestion Charge sind eine Verlagerung auf den öffentlichen Verkehr, auf ökologischere und von der Gebühr befreiten Fahrzeuge oder Langsamverkehr, sowie die Reduktion der Anzahl und Intensität von Stau innerhalb der Innenstadt.

Die an der London Congestion Charge beteiligten Gruppierungen sind: Capita, Mastek, Transport for London, Initial Electronic Security Systems, COLT Telecommunications, BT RedCARE Vision sowie TOWER Technology.

Die hier beschriebene Variante entspricht dem Stand im Jahr 2007. Dabei wurde die eingesetzte Technologie durch die Betreiber seit der Inbetriebnahme stark verbessert. Als Beispiel wurden zu Beginn reguläre VTV-Bilder an eine zentrale Stelle übermittelt und erst dort zum grössten Teil manuell ausgewertet. Dies bedeutete eine sehr hohe Belastung des Breitbandkommunikationsnetzwerkes. Seither wurden aber viele ausschliesslich für das Kontrollsystem verwendeten Kameras mit integrierten ANPR in Betrieb genommen. Diese werten die Bilder vor ort aus und übermitteln bei geglückter Auslesung nur die Daten des Nummernschildes sowie mehrere Kontrollbilder an die Zentrale.

Der Zuschlag der öffentlichen Ausschreibung des Betriebs der Erweiterung der Zone ging im Jahr 2007 an die Firma Siemens. Dieses System ist hier nicht beschrieben.

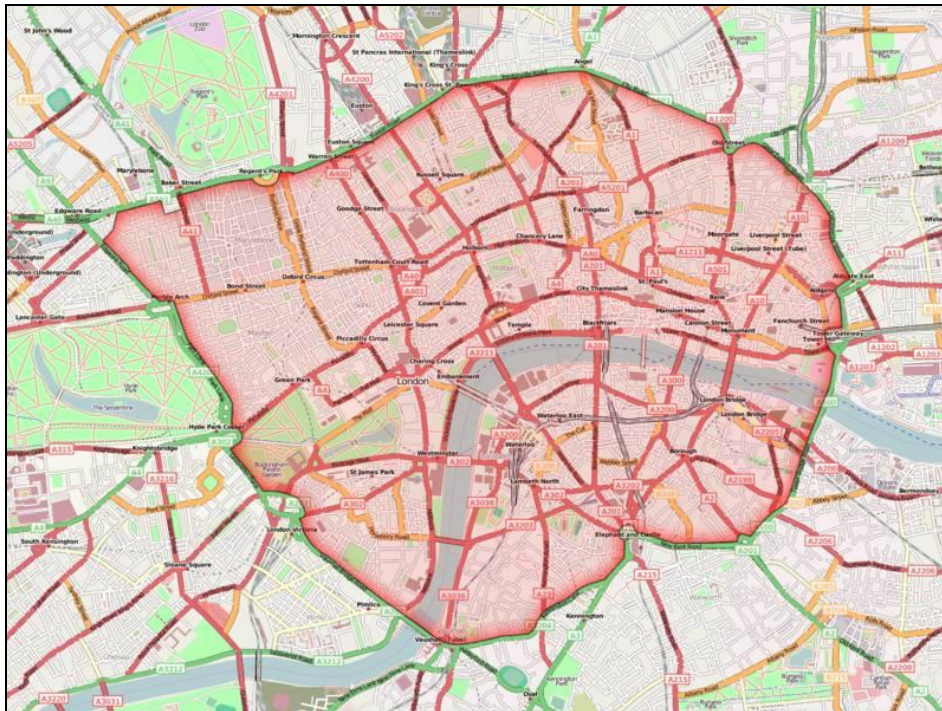


Abbildung 31 Einzugsbereich London Congestion Charge (c) Creative Commons

5.5.1 Ziel der Nutzungserfassung

Reisender – Verkehrsinformation

Die erfassten Informationen wurden bisher nicht für die Ermittlung von Verkehrsinformationen verwendet. Dies war zum Zeitpunkt der Spezifikation des Erfassungssystems auch keine Anforderung. Das mögliche Potential der Nutzung der erfassten "Live-Daten" gilt es bei Bedarf gezielt abzuklären.

Die Reisenden können sich postum mittels des Mediums Internet anzeigen lassen, wo sie durch das Kontrollsystem detektiert wurden.

Reisender – Neue Zahlungskonditionen

Die verschiedenen Zahlungsmöglichkeiten bestehen aus der Bezahlung im Internet, an Zahlstellen, via SMS oder via Call-Center.

Reisender – Bonussystem

Das Gebührenmodell der London Congestion Charge ist statisch. Das heisst der Tarif ist nicht abhängig von dynamischen Faktoren wie z.B. der Anzahl von Fahrzeugen in der Innenstadt. Der effektiv berechnete Tarif hängt aber von der Art des Fahrzeuges ab. So müssen Fahrzeuge mit einem grösseren Ausstoss von Schadstoffen eine erhöhte Gebühr bezahlen. Die Fahrzeuge mit einem sehr geringen Ausstoss oder mit einem alternativen Antrieb wie Gas, Strom, Brennstoffzelle oder gewisse Hybride erhalten eine volle oder teilweise Reduktion des Tarifs.

Ein Bonussystem im Sinne eines "Miles and More" existiert für die Anwohner der Innenstadt. Diese bezahlen nur 10% der Gebühr. Dennoch müssen sie täglich die Gebühr entrichten, sofern sich das Fahrzeug auf der Fahrbahn in der Zone befindet z.B. auch nur parkiert im äquivalent zu unserer blauen Zone.

Reisender – Privatsphäre

Der Fahrzeughalter wird durch das Kontrollsystem mit Hilfe des Kontrollschildes des Fahrzeugs identifiziert. Der Besitzer wird durch einen Abgleich mit dem Personenverzeichnis des zentralisierten Hintergrundsystems festgestellt. Dieses hat Zugriff auf die nationalen Fahrzeugregister, welche in England in keiner optimalen Qualität vorhanden sind.

Die Auswertung der Bilder erfolgt teilweise automatisch aber auch teilweise manuell.

Zwecks Betrugsbekämpfung werden alle Kamerabilder für eine bestimmte Zeitdauer aufbewahrt. Weiter wurde bekannt, dass der Polizei für bestimmte Zwecke die Live-Bilder der Kameras zur Verfügung gestellt werden^{lxiii}.

Die involvierte Firma Capita gewann den "Big Brother Award" im Jahre 2003 als "schlechtes Beispiel" für den Umgang mit der Privatsphäre^{lxiv}.

Ein Diskussionspunkt ist immer wieder, dass ein Grossteil der Auswertungen des Erfassungssystems nicht in England selber sondern bei den Betreibern in Drittstaaten erfolgt. Der Umgang mit den personenrelevanten Daten ist somit nicht in der gesamten Verarbeitungskette hoheitlich englischem Recht bzw. Datenschutzstandards unterstellt. So findet ein Teil der Auswertung z.B. bei einer Firma in Indien statt.

Betreiber – Abhängigkeit unter den Betreibern

Als Betreiber des Kontrollsystems der Innenstadt können die Outsourcing Firma Capita, die IT- Outsourcing Firma Mastek, als Kommunikationsnetzbetreiberin die Firma colt, als Betreiberin der Kameras die Britische Telekom Redcare sowie die Betreiberin der Speicherung der Videobilder TOWER Technology bezeichnet werden.

Das ganze System ist proprietär. Über die Art der Integration oder Schnittstellen kann wenig gesagt werden. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Abhängigkeit unter den Betreibern daher hoch ist.

Betreiber – Informationsqualität / Zuverlässigkeit

Das Kontrollsystem dient der Detektion und der Korrektur von Übertretungen der Pflicht zur Selbstdeklaration. Daher ist für die Akzeptanz des Systems durch die Halter von Fahrzeugen die Richtigkeit einer detektierten Übertretung zentral nicht aber die Vollständigkeit der Kontrollen.

Gemäss einer Umfrage der Transport for London erhöhte sich die Zufriedenheit durch die Fahrzeughalter mit der Informationsqualität bzw. der Zuverlässigkeit des Systems von 79%^{lxv} im Jahr zuvor auf 82%^{lxvi} im 2007.

Von den gebührenpflichtigen und kontrollierten Fahrzeugen bezahlen im Jahr 2007 rund 96 % die Abgabe. Im Jahr zuvor war dieser Anteil noch 17% tiefer, d.h. ca. bei 82%. Rund 14% der verhängten Bussen wurden im Jahre 2006 sowie im 2007 angefochten. Ein möglicher Grund für die höhere Quote ist die weitere Verbesserung der eingesetzten Technologien.

Nach den Jahresberichten der Transport for London hat die Hauptbetreiberin Capita Business Services in allen Jahren gute Leistungen vollbracht und alle ihre Hauptaufgaben erfolgreich umgesetzt, sowie die Dienstleistung im Sinne der Kunden weiter verbessert.

Die Zuverlässigkeit des Kontrollsystems untersteht zu einem gewissen Teil natürlich den Gesetzen der Optik. So nimmt die Rate der erfolgreichen Auslesung von Nummernschildern markant ab z.B. bei Schnee auf der Fahrbahn oder bei tiefem Sonnenstand.

Betreiber – Transparente Gebührenpolitik

Die Gebühren werden pro Fahrzeughalter individuell erhoben. Sie berechnen sich aus der Fahrzeugkategorie bezüglich Schadstoffausstosses, eines Anwohnerabattes sowie einer Reduktion für Fahrzeuge mit mehr als neun Plätzen.

Die personenbezogenen Informationen sind zentral gespeichert und entsprechen Zusatzangaben zu den Fahrzeugkontrollschildern, welche nicht durch das Erfassungssystem automatisch erkannt werden können, z.B. Behindertentransport oder Anwohner. Diese Angaben fließen in die Preisberechnung mit ein.

Die Gebührenpolitik der London Congestion Charge ist somit transparent und für alle gleich.

Betreiber - Erfassung der gesamten Reisetätigkeit

Die Erfassung der Route erfolgt nicht durch das Erfassungssystem. Es werden nur die Kontrollpunkte aufgezeichnet. Dennoch können im Rahmen von Polizeilichen Verwertungen bestimmte Fahrzeuge durch Nummernschilderkennung auf den mehreren 1000 Kameras in London identifiziert werden. Mit Hilfe der Standorte der Kameras, der Fahrtrichtung sowie der Durchgangszeit kann so die Route teilweise rekonstruiert werden.

5.5.2 Erfassungskonzept**Auslösung der Erfassung**

Die Auslösung der Erfassung geschieht für die Fahrzeuge mit der Befahrung einer Kontrollstation automatisch. Es bedingt keines aktiven Impulses durch den Fahrzeugführer. Folgend sind die Hauptschritte kurz mit Hilfe der Abbildung 30 erläutert:

- Vor dem Befahren der Innenstadt muss ein Einfahrtsrecht für das Fahrzeugkontrollschild erworben werden. Dies geschieht z.B. via die Webseite der Transport for London.
- Mit dem Befahren eines Kontrollpunktes der Innenstadt durch das Fahrzeug gelangt das Kontrollschild in die Arbeitsdistanz der stationären Erfassungsstation.
- Schritt 1 in Abbildung 30: Die Erfassungsstation detektiert ein unbekanntes Fahrzeug im Überwachungsbereich. Teilweise geschieht dies durch einen Verkehrszähler der Strasse.
- Schritt 2 & 3 in Abbildung 30: Der Ort des Kontrollschildes wird automatisch herausgefiltert. Darauf werden sodann zwei spezielle Schwarz-Weiss Kameras fokussiert die das Bild vergrößern. Gelingt die Detektion des Nummernschildes nicht, wird das Bild der manuellen Auswertung zugeführt.
- Schritt 4 in Abbildung 30: Das Kontrollschild wird mittels Schriftenerkennungssystem in der Kamera ausgelesen.
- Manuelle Auswertung: Kann das Kontrollschild nicht automatisch detektiert und ausgelesen werden, dann kommt das Bild in die manuelle Auswertung. Dabei wird für eine Stichprobe dieser Bilder das Nummernschild durch manuelle Auswertung bezüglich der Einhaltung der Selbstdeklaration geprüft.

Räumliche Dimensionierung der Erfassung

Die räumliche Dimensionierung der Erfassung entspricht dem Arbeitsbereich der stationären Erfassungsstationen bestehend aus speziellen Video-Kameras. Dieser Bereich deckt normalerweise einen Querschnitt einer Einfahrt bzw. Ausfahrt aus der Innenstadt ab.

Nach unserer Klassifizierung entspricht dies einer Durchgangserfassung.

Anzahl Erfassungspunkte

Die Erfassung der zurückgelegten Reiseroute für Fahrzeuge innerhalb der Innenstadt erfolgt im Normalfall ca. 3-5 Mal pro Fahrzeug und Tag. Dies begründet die Klassifizierung als System mit mehreren aber nicht kontinuierlichen Erfassungspunkten.

Granularität

Die feinsten Messgrößen sind gemäss unserem Wissen

- der Ort der Erfassungsstation
- die Zeit
- die gesamten Videoaufnahmen der Durchfahrt
- ev. die Kontrollnummer des Fahrzeugs

Die Auflösung der Aufnahmen an den Erfassungsstationen ist uns unbekannt. Entscheidend für die Auflösung ist die Angabe der Anzahl Pixel pro Messquerschnitt.

Authentisierungsverfahren

Die eindeutigen Merkmale sind die Kontrollnummer des Fahrzeugs sowie die darauf registrierten Fahrzeugführer.

Bei der Durchfahrt des Fahrzeugs an einem Erfassungspunkt gelten die Reisenden als erfolgreich authentifiziert, wenn das Auslesen des Kontrollschildes automatisch oder manuell gelingt sowie der Abgleich mit dem Hintergrundsystem erfolgreich ist. Nach unserer Klassifikation muss der Fahrzeugführer „im Besitz“ eines zulässigen und registrierten Kontrollschildes sein.

Die Zuverlässigkeit dieses Authentisierungsverfahrens ist aus mehreren Gründen kritisch zu hinterfragen. Ein Punkt ist die ungenügende Qualität der Fahrzeugregister in England. So kann es vor kommen, dass ein Nummernschild auf verschiedene Fahrzeuge gleichzeitig zugelassen ist, da nicht alle Mutationen vollständig nachgeführt werden. Ein weiterer Punkt ist unter Umständen das Auslesen von Nummernschildern. So ist es bei einer tiefen Auflösung gut möglich, dass anstelle einer "1" z.B. ein "l" gelesen wird.

Generell gilt, dass mit dieser Ein-Faktor-Authentifizierung mittels dem "Besitz" eines Kontrollschildes z.B. nicht geprüft werden kann, ob das erfasste Kennzeichen zum Fahrzeug bzw. zum aktuellen Fahrzeugführer gehört. Die Grenzen dieser vollautomatischen Durchgangserfassung sind somit dort erreicht, wo aus Sicherheitsgründen ein Zwei-Faktor- oder ein biometrisches Verfahren benötigt werden.

Ort der Datenhaltung

Die Datenhaltung ist zentralisiert. Alle Daten sind im zentralen Hintergrundsystem gespeichert aber nicht in der Peripherie z.B. in einem im Fahrzeug angebrachten Chip oder einer Bezahlkarte.

Nach unserer Klassifizierung entspricht die Datenhaltungsarchitektur einer „Zentralisierung“.

Sicherheit

Was sind die Umgehungsmethoden, welche für die Reisenden bzw. die Betreiber offensichtlich sind? Es sind Manipulationen an den Parametern des Gebührenmodells auf der einen und der Zahlungsverweigerung auf der anderen Seite.

Das Kontrollsystem dient als detektierende und korrigierende Massnahme der Selbstdeklaration.

Eine detektierende Kontrolle ist der Einsatz der Kameras sowie von Patrouillen in der Zone, welche die Nummernschilder prüfen.

Die kompensierende Kontrolle im Falle einer detektierten Verletzung der Regeln ist ein Bussensystem.

Mögliche Betrugsarten durch z.B. ein Verfälschen von Nummernschildern sind im vorangegangenen Kapitel Sicherheit beschrieben.

Die Dokumentation von Fällen und Arten von Betrugsversuchen war kein Ziel des Pilotversuches. So fand insbesondere z.B. kein Penetration-Testing statt.

5.5.3 Basistechnologie

Der folgende Teil bezieht sich auf die eingesetzte Technologie im Bereich der Kontrollstationen der Innenstadt (siehe Abbildung 30).

Interaktion RG/EP

Die Kommunikation zwischen dem Reisendengerät (RG), dem Fahrzeug-Kontrollschild, dem Erfassungspunkt (EP) und der Kamera geschieht drahtlos mittels optischer Erfassung.

Arbeitsdistanz

Die Arbeitsdistanz zwischen dem EP und dem RG ist abhängig von den optischen Geräten und kann bis zu 50 Meter betragen.

Die Sichtgeometrie gilt es so zu wählen, dass einerseits die Anzahl Pixel pro mm des Messquerschnittes möglichst hoch sind und andererseits der Einfallswinkel möglichst flach ist. Sind die Anzahl Pixel / mm zu klein, können die Buchstaben nicht mehr unterschieden werden.

Als Beispiel sei eine Kamera mit 1000 Pixeln für 3m gegeben. Das heisst, dass pro 3 mm des Messquerschnittes ein Pixel zur Verfügung steht. Bei einem Nummernschild wird es so schwierig ein "l" von einer "1" zu unterscheiden.

Idealerweise platziert man die Kamera über der Fahrbahn. In London wurde aber aus Gründen des Stadtbildes darauf verzichtet. Als Alternative werden senkrechte Pfosten verwendet. Die Kameras sind somit schräg auf die Strasse ausgerichtet (siehe Abbildung 30).

Einweg- und Zweiwegkommunikation

Die Kommunikation des RG mit der Kamera erfolgt nur in eine Richtung. Die Kamera erfasst optisch das Fahrzeug-Kontrollschild. Für den Autofahrer gibt es während der Durchfahrt somit keine Möglichkeit festzustellen, ob die Erfassung gelungen ist.

Trägerfrequenz

Die Erfassung erfolgt optisch.

Datenübertragungsrate

In diesem Kontext ist die Angabe der Datenübertragungsrate nicht relevant.

Speisung

Das Kontrollschild als RG braucht keine Speisung z.B. für die Beleuchtung.

Transaktionsdauer und –Varianz

Das Kontrollsystem muss nicht in Echtzeit alle Fahrzeuge erfassen. Es ist völlig in Ordnung, wenn die Kontrolle nur eine Stichprobe der Fahrzeuge umfasst.

Die Transaktionsdauer und –Varianz sind somit nicht kritische Faktoren wie z.B. bei einem Erfassungssystem zwecks Gebührenerhebung. Dennoch kann generell gesagt werden, dass bei einer ANPR die Dauer der Ablichtung durch die Kameras unter einer Sekunde liegt. Gelingt die ANPR aber nicht und braucht es eine manuelle Auswertung, dann kann die Transaktionsdauer natürlich bedeutend länger werden.

Mehrfachzugriff

Das Erfassungskonzept ist auf einfachen Zugriff ausgelegt. Jedes Fahrzeug wird einzeln, sequentiell und exklusiv erfasst.

Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit des Kontrollsystems wird von den Betreibern als zufriedenstellend

beurteilt. Es bietet eine angemessene Kontrolle der Selbstdeklaration.

Integrität

Die Integrität der übermittelten Informationen von den Kameras zum zentralen Hintergrundsystem wird gegen Veränderung durch Dritte mittels kryptographischen Signaturen geschützt.

Kommunikationsanbindung

Die Kommunikationsanbindung der Erfassungsstation an das zentrale Hintergrundsystem geschieht via Breitbandkommunikationsnetzwerk.

Aktualisierung

Über die Aktualisierung des Systems ist uns nichts bekannt.

Nachhaltigkeit

Der gesamte Prozess von der Registrierung der Fahrzeuge über die Erfassung bis zum Bussensystem ist an einen privaten Auftragnehmer ausgelagert. Dieser kann den Dienst nach seinem Gutdünken im Rahmen der Gesetze und Verträge umsetzen.

Der Einsatz von offenen Standards ist uns nicht bekannt.

Kosten

Die Investitionskosten für das Erfassungssystem betragen 162 Mio. Pfund. Dies entsprach ca. 407 Mio. CHF zu diesem Zeitpunkt. Die Betriebskosten werden mit 88 Mio. Pfund im Jahr 2006 angegeben.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

6.1 Feststellungen

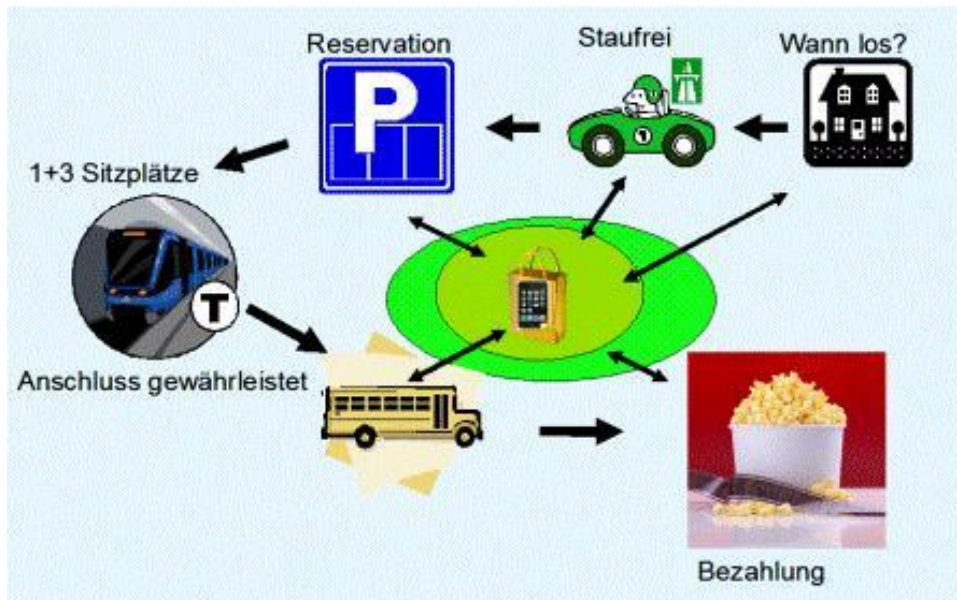


Abbildung 32 Intermodalität als Herausforderung

Die Haupteckdaten sind zuerst: Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr sind einzig und allein ein Mittel zum Zweck. Denn im Kapitel 4.2 heisst es, "Technologie ist nur als grobe Leitlinie zu verstehen und muss in Verbindung mit den Applikationsanforderungen und ergänzenden Produkt- und Marktinformationen verwendet werden. Alle Technologiemerkmale müssen im konkreten Fall beurteilt werden". Zusammenfassend gilt also: Zuerst muss der Zweck bzw. der Anwendungsfall bestimmt werden, erst danach gilt es die geeignete Basistechnologie zu bestimmen.

Der praktische Anwendungsfall wurde anhand von Beispielen aus dem Bereich ÖV, MIV sowie Intermodalität genauer betrachtet. Dabei wurde festgestellt, dass die bekannten Erfassungskonzepte wie BIBO, CICO sowie WIWO ausser im ALLFA-Ticket Pilotprojekt (Kap. 5.2.2) meist im Baukastenprinzip zu einem übergeordneten Erfassungskonzept kombiniert wurden. So besteht z.B. das LSVA Erfassungskonzept unter anderem aus Elementen von CICO, WIWO sowie BIBO, welche jeweils für die Behandlung eines Spezialfalles eingesetzt werden.

Bezüglich des Nachweises der Praxistauglichkeit von CICO, WIWO und BIBO lassen sich folgende Erkenntnisse festhalten: CICO ist einsatzbereit und praxiserprobt, wie Erfassungssysteme wie dasjenige des ÖV in Japan (Kap. 5.4), in Hong Kong und in London tagtäglich seit über 10 Jahren beweisen. Die Einsatzbereitschaft von WIWO ist heute bereits partiell gegeben. Die passive Durchgangserfassung muss aber noch durch eine Vereinzelnung unterstützt werden. Die Machbarkeit des BIBO-Verfahrens wurde bisher erst in Pilotinstallationen demonstriert, der Nachweis in einem Produktivsystem steht noch aus. Dabei muss sich die für kritische Transaktionen (geldwerte Transaktionen, lückenlose Erfassung des Reiseweges, etc.) erforderliche hohe Zuverlässigkeit auch unter Feldbedingungen erweisen.

Aufgrund der Feststellung, dass es zurzeit scheinbar kein universelles Erfassungskonzept für alle konkreten Fälle gibt, erscheint es auch fraglich, ob eine universelle Technologie existiert. Hingegen erscheint uns die geschickte Kombination der existierenden Erfassungskonzepte und der dazu am besten geeigneten Basistechnologien kurzfristig bereit, die unterschiedlichen Anforderungen der Nutzungserfassung im intermodalen Per-

sonenverkehr einheitlich zu erfüllen.

Der Investitionsschutz bei der konkreten Wahl von Basistechnologien scheint am ehesten gewährleistet durch internationale Standards und Normen. Die erstellte Dokumentation der Trends und Fakten aus der Normierung und Standardisierung lassen folgende weiteren allgemeinen Erkenntnisse zu:

- Elektromagnetische Datenkommunikation wird das künftige Mittel für Erfassungssysteme sein. Sprache oder optische Gesichtserkennung als Erkennungsmerkmal bzw. MMI in Erfassungssystemen wird mittelfristig kein Thema sein. Es fehlt die Standardisierung. In 10 Jahren aber kann sich dies ändern (Kap. 4.2.10 bzw. 4.2.13).
- WLAN (Wireless LAN), WPAN (Wireless Personal Area Network) und G4 Mobiletelefonie-Techniken erscheinen für die hohen Anforderungen an den Mehrfachzugriff für die Präsenzerfassung eines BIBO am ehesten geeignet. Frühere Mobiltelefon-Techniken können die hohe Gerätedichte nicht bewältigen und sind ungeeignet (Kap. 4.2.14).
- Contact-less Cards und NFC sind auf CICO zugeschnitten und geeignet.
- RFID ist ein offensichtlicher Kandidat für WIWO und BIBO. Mobiltelefone erscheinen als Reisendengerät für alle Erfassungskonzepte attraktiv. Obschon sie sich immer mehr verbreiten, kann man aber nicht davon ausgehen, dass in naher Zukunft jedermann ein Mobiltelefon benützt. (Kap. 4.2.14). Als Basis muss hierbei jedoch die Primärschnittstelle dienen, da die Sekundärschnittstellen (z.B. Bluetooth) kurzen Technologie- und Produktzyklen unterliegen. Erfolgversprechend erscheint daher das duale Reisendengerätkonzept, zum Beispiel bestehend aus einer Karte mit Chip einerseits und Mobiltelefonen andererseits.
- Ablösezyklen und Marktdurchdringung von Technologien sind schwer zu prognostizieren und im Normalfall sehr langsam. Nutzungserfassungssysteme müssen daher so konzipiert werden, dass sie auch auf Nutzer ohne spezifisches Reisendenendgerät ausgerichtet sind und komfortabel nutzbar bleiben (Kap. 4.2.6).
- Die Granularität der Erfassung des Personenverkehrs unterscheidet sich in den Beispielen sehr stark. Im praktischen Anwendungsfall muss festgelegt sein, ob z.B. ein einheitlicher oder ein nach Tarifgruppe, Verkehrsmittel, Zeitpunkt oder Route dynamischer Kilometertarif erfasst werden soll (z.B. Kap. 5.2.1)
- Die Erfolgskontrolle muss gewährleistet sein. Sowohl in aktiven aber auch in passiven Erfassungssystemen muss der Benutzer z.B. akustisch oder optisch auf eine erfolglose / fehlende Erfassung aufmerksam gemacht werden. Wer sein EG z.B. in einer Sporttasche mitführt und die passive Präsenzerfassung via Funk misslingt, möchte auf Kulanz zählen können. A-GPS wird bleiben und neuen Erfassungssystemen zur Verfügung stehen. Es entspricht der Kombination des GPS-Signals mit dem Mobilnetz und ermöglicht die beliebten Location-Based Services (Kap. 4.2.8).
- Verkehrsinformation war kein Designkriterium für die untersuchten Konfigurationen von Erfassungssystemen. Ein Potential ist aber sicherlich vorhanden, so gelingt z.B. in Japan die Auswertung der Live-Daten um über Engpässe sowie Störungen im ÖV-Netz zu informieren (Kap. 5.4.1)

6.2 Vorschläge für zukünftige Entwicklungen

6.2.1 Technische Machbarkeit

Während wir im vorangehenden Kapitel feststellten, dass eine universelle, für alle Anwendungen geeignete Basistechnologie (gegenwärtig und wohl auch künftig) nicht existiert, ergibt sich ebenso klar, dass mit einer Kombination bestehender, erprobter Technologien und entsprechenden Massnahmen auf Systemebene sehr wohl schon heute ein umfassendes, intermodales Nutzungserfassungssystem technisch realisierbar ist.

Als Identifikationsinstrumente bieten sich primär Kontaktlos-Karten gemäss ISO/IEC 14443 an. Diese können an Erfassungspunkten im CICO-Verfahren verwendet werden, welches in der ÖV-Infrastruktur ohne irgendwelche baulichen Massnahmen (Gates) kostengünstig implementierbar ist, wie das Beispiel des e-Ticketing im Kanton Graubünden

beweist (5.3). Eine weitere - aus Kundensicht attraktive Erfassungsvariante - ist die Anwendung eines BIBO-Ansatzes mit dem auch für Abonnements-Benutzer keine zusätzlichen Bedienhandlungen notwendig (Check In, bzw. Check Out) sind.

Im MIV hingegen sind in den Fahrzeugen RFID-Transponder vorzusehen, in welche der Fahrer beim Einsteigen seine Karte einsteckt, wonach Erfassungstransaktionen auf 10-20m Distanz im WIVO-Verfahren erfolgen.

Als Komplementärlösung sind NFC-Handys gemäss ISO/IEC 21481 attraktiv. Neue Smartphones werden vermehrt diese Technologie implementieren. Wenn CICO-Terminals und Transponder auf diesem Standard basieren, dann sind Kontaktloskarten und Handys in derselben Infrastruktur nutzbar. Die Transponder werden in diesem Fall optimalerweise mit der Freisprecheinrichtung kombiniert.

Denkbar sind auch Kombinationen von BIBO und CICO, z.B. mit NFC-Handys, wobei NFC für CICO und Ticket-Kontrollen, G4 für BIBO verwendet würde. Die SBB betrachten derzeit unterschiedliche RFID-basierte Lösungen mit einem elektronischen Token (unter anderem mit 2.45-GHz-RFID) und mit einer Proximity-Schnittstelle für die Kontrollfunktion.

Ähnlich dem Google Wallet für die Bezahlung wäre ein "eTicket Wallet" für das Handy vorstellbar, oder auch eine eTicket-Applikation in der USIM, analog dem Mobile FeliCa in Japan (siehe 5.4). Reisenden ohne geeignetes Handy könnte ein Reisengerät mit G4-Chip abgegeben werden. Dieser Ansatz würde zu einer hohen Qualität der Netzanbindung in den Zügen und erheblichem Zusatznutzen führen.

Es erscheint lohnenswert, diese erfolversprechenden technischen Ansätze in einem nächsten Schritt zu konkretisieren und zu analysieren, Lösungsvarianten auszuarbeiten und zu bewerten, den Nachweis für Realisierbarkeit und Tauglichkeit zu erbringen, und die technische Architektur eines Gesamtsystems für die Nutzungserfassung im MIV und im ÖV und Szenarien für eine etappenweise, skalierte Realisierung auszuarbeiten.

6.2.2 Intermodaler Ansatz

Die technische Machbarkeit eines intermodalen Nutzungserfassungssystems allein garantiert allerdings keineswegs dessen ökonomische und politische Umsetzbarkeit. Der intermodale Ansatz selber hat zwar vielversprechende Potentiale, insbesondere auch im Bahnumfeld (Parking, Mobility), wirft aber auch Fragen auf, welche in unserem Bericht angesprochen sind, jedoch weiterer Vertiefung bedürfen:

- Wie gross ist das Synergiepotential zwischen Schiene und Strasse?
- Wie müsste man vorgehen, um sie auszuschöpfen?
- Welche Vorteile haben intermodale Lösungen gegenüber monomodalen?
- Mit welchen zeitlichen, örtlichen und funktionellen Prioritäten sind Lösungen wünschbar und erforderlich?
- Könnte man mit einer monomodalen Lösung beginnen und diese schrittweise zu einer intermodalen erweitern?

Diese und weitere organisatorische, finanzielle, rechtliche und politische Fragen einschliesslich der in diesem Bericht abgegrenzten Aspekte (siehe 1.2) sollten Gegenstand einer weiteren Analyse sein.

6.3 Allgemeine Empfehlungen

6.3.1 Technische Architektur

Unsere Studie zeigt Potentiale eines Gesamtsystems für die Nutzungserfassung im intermodalen Personenverkehr und Lösungsansätze mit bewährter Technik auf. Wir empfehlen, den nächsten Konkretisierungsschritt zu tun und technische Architektur eines solchen Gesamtsystems auszuarbeiten, insbesondere

- Konzepte und technische Anforderungen an Reisendengeräte (RG, siehe 4.1), Erfassungspunkte (EP, siehe 4.1) und das Erfassungssystem definieren,
- Lösungsvarianten ausarbeiten und bezüglich zu definierender Kriterien zu bewerten,
- Realisierungsvarianten für eine etappenweise, skalierbare Einführung ausarbeiten,
- die Machbarkeit nachweisen.

6.3.2 Beurteilung des intermodalen Ansatzes

Offenbar wird jedoch auch, dass selbst bei erwiesener technischer Machbarkeit der intermodale Ansatz bezüglich seiner nicht-technischen Aspekte kritisch hinterfragt und gerechtfertigt werden muss. Wir empfehlen daher parallel zur technischen Machbarkeitsstudie eine nicht-technische. Ausgehend von der Annahme der technischen Machbarkeit, soll diese

- Die Synergiepotentiale zwischen Schiene und Strasse im intermodalen Personenverkehr konkretisieren,
- Abklären, inwieweit und auf welche Weise diese Potentiale ausgeschöpft werden können,
- Zeitliche (wann?), örtliche (wo, in welchem Umfang?) und funktionelle (was, wozu?) Prioritäten bestimmen,
- Intermodale und monomodale Nutzungserfassungssysteme bezüglich zu definierender Kriterien bewerten,
- Szenarien ausarbeiten und bewerten, bei denen ein monomodaler Ansatz schrittweise zu einem intermodalen System ausgebaut wird,
- Empfehlungen für die künftige Ausgestaltung der Nutzungserfassung abgeben.

6.3.3 Übergreifende Zusammenarbeit

Auf dem Weg zu einem allfälligen umfassenden Nutzungserfassungssystem ist eine Zusammenarbeit der verschiedenen Organisationen, insbesondere SBB, VöV und ASTRA absolut unentbehrlich. Diese müssen in beide vorgeschlagenen Nachfolgeprojekte eingebunden werden und zu ihnen beitragen.

6.3.4 Sorgfältige Technologiewahl

Für monomodale und intermodale Nutzungserfassungssysteme ist die Technologiewahl absolut kritisch. Sie muss unter Berücksichtigung der Möglichkeiten und Kenntnis existierender Technologien und der Entwicklungstrends erfolgen. Unsere Studie liefert aktuellen Projekten dazu eine Beurteilungsgrundlage, muss aber im konkreten Fall durch verfeinerte Betrachtungen ergänzt werden, zu denen wir jederzeit bereitwillig unsere Expertise beitragen.

6.3.5 Pragmatismus

Die Nutzungserfassung muss undogmatisch und pragmatisch angegangen werden. Nicht Maximallösungen, sondern Machbarkeit und unmittelbarer Nutzen sind anzustreben.

6.3.6 Grenzüberschreitender Blick

Von hoher Relevanz für die Schweiz sind auch die Entwicklungen in den Nachbarländern und auf internationaler Ebene, zumal der Verkehr an der Grenze nicht halt macht. Beispiele sind Car-to-Infrastructure Communication (C2I), elektronische Vignette und das elektronische Nummernschild. Konkrete Versuche, Forschungsprojekte, EU-Rahmenprogramme und nicht zuletzt die Standardisierung spüren künftige Lösungen vor. Die Schweiz muss dies beobachten, aber sich auch gezielt beteiligen. Denn nur so kann sie die künftigen Bedingungen mitgestalten und beeinflussen und die Interoperabilität sicherstellen.

6.3.7 Internationale Standardisierung

Gerade im CEN/TC278 und dem ISO/TC204 ist die Entwicklung neuer Standards in re-

gem Gange. Diese Standards fixieren nicht etwa Bestehendes, sondern definieren die übergreifenden Anforderungen und Konzepte für künftige Systeme, Lösungen und Produkte. Das Schweizer Engagement im Rahmen des VSS bedarf dringend der Intensivierung.

6.4 GA-Komfort für Alle im ÖV Schweiz

"GA-Komfort für Alle" ist eine vielversprechende, erstrebenswerte Vision. Wie immer, wenn man sich auf Neuland begibt, ist eine gewisse Umsicht geboten, um Risiken auszuweichen. Aus unserer Studie ergeben sich die nachstehenden Empfehlungen für die Realisierung dieser Vision im ÖV Schweiz und speziell auch im SBB-Projekt ETIK-BIBO. Sollten die von uns empfohlenen Abklärungen teilweise mit bereits im Rahmen des Projektes EasyRide erfolgten überschneiden, so ist dies darauf zurückzuführen, dass uns letztere nicht im Detail zur Verfügung gestanden sind.

6.4.1 Ziel, Qualität und Umfang der Nutzungserfassung

Das Ziel der Nutzungserfassung impliziert Anforderungen an deren Qualität und Umfang. Viele verschiedene Ziele sind denkbar, insbesondere:

- Gebührenerhebung (pay-per-use)
- Ermittlung der Gebührenkategorie, je nach Tages-, Wochen- und Jahreszeit sowie nach Häufigkeit der Nutzung (verursachergerechtes Pricing)
- Bekämpfung des Grau- und Schwarzfahrens
- Einnahmenverteilung unter den Betreibern
- Verkehrssteuerung
- Verkehrsinformation
- Verkehrsstatistik

Für die Gebührenerhebung muss die Fahrstrecke mit grosser Genauigkeit und Vollständigkeit erfasst werden, da jede Ungenauigkeit und jeder Fehler zu Reklamationen und Umtrieben führt und das Vertrauen der Reisenden untergräbt. Für die Ermittlung der Gebührenkategorie, die Einnahmenverteilung unter den Betreibern und die Bekämpfung des Grau- und Schwarzfahrens ist die Fehlertoleranz etwas grösser. Die geringsten Anforderungen an die Nutzungserfassung stellen die Verkehrssteuerung und Verkehrsstatistik.

Das Spektrum der möglichen Ziele sollte ausgelotet und die entsprechenden Anforderungen an die Nutzungserfassung quantifiziert werden.

6.4.2 Nutzen und Kosten der Nutzungserfassung

Qualität und Umfang der Nutzungserfassung präjudizieren deren Nutzen und Kosten. Das Ertragsoptimum liegt nicht notwendigerweise bei Extremvarianten, sondern möglicherweise bei einem mittleren, pragmatischen Ansatz.

"GA-Komfort für Alle" ist ein wichtiger aber keineswegs der einzige Nutzenaspekt. Er kann auf unterschiedliche Arten definiert und in unterschiedlichem Masse approximativ realisiert werden.

- Ein Nutzen- und Kostenkatalog sollte ausgearbeitet werden.
- Die Zieldefinition sollte derart erfolgen, dass das Optimum erreicht wird. Es sollten mehrere Lösungsvarianten entsprechend einem Spektrum möglicher Ziele untersucht, bezüglich Nutzen und Kosten bewertet und einander gegenübergestellt werden, wobei auch bestehende Lösungen wie z.B. die in 5.3 beschriebene miteinzubeziehen wären.

6.4.3 Erfassungsmethoden, Technologien

Jeder Erfassungsmethode entsprechen passende Technologien und diesen mögliche Lieferanten. Dies wiederum präjudiziert in hohem Masse die Nutzen-, Kosten-, Chancen- und Risikocharakteristiken der Lösungen und Projekte. Unsere Studienergebnisse lassen vermuten, dass das Optimum nicht mit einer einzigen Erfassungsmethode oder Technologie erreicht wird. Eine geschickte Kombination verschiedener Technologien kann sowohl Abhängigkeiten von einzelnen Lieferanten reduzieren, Risiken reduzieren und auch Interoperabilität vereinfachen.

Die Wahl der Erfassungsmethode sollte derart erfolgen, dass das Optimum erreicht wird und Abhängigkeiten von einem Lieferanten vermieden werden. Hierbei sollten auch Varianten mit Kombinationen von Erfassungsmethoden und/oder Technologien evaluiert werden.

6.4.4 Grenzüberschreitende Nutzung

Während in einer ersten Etappe eine inländische Lösung ausreicht, dürfte längerfristig die interoperable Nutzung im grenzüberschreitenden Verkehr wünschbar oder erforderlich sein. Dafür wird insbesondere das Zusammenspiel von Reisengeräten (RG) und Erfassungspunkten (EP) notwendig sein. Dies bedingt jedoch die Verwendung derselben Erfassungsmethode(n), Technologie(n), Meldungstypen und Datenformate.

Eine internationale Interoperabilität erfordert die Anwendung von Standards nicht nur für die eigentliche Basistechnologie sondern auch für den applikatorischen Meldungs-austausch zwischen RG und EP. Während für CICO und WIWO der bestehende Standard-korpus als ausreichend erscheint, sind die Interaktionen zwischen RF und EP für die Präsenzerfassung noch im Entwicklungsstadium und bisher nur sehr rudimentär normiert.

- Methoden für die Präsenzerfassung sollten durch CEN / TC 278 standardisiert werden. Die Schweiz sollte einen entsprechenden Vorschlag einbringen.
- Für eine Europaweite Interoperabilität ist eine grenzüberschreitende Abstimmung der zu verwendenden Lösungselemente (Erfassungsmethoden, Technologien, etc.) auf EU-Ebene notwendig.
- Bevor diese Voraussetzungen geschaffen sind, können grössere oder kleiner Anpassungen nicht ausgeschlossen werden. Auch können Elemente einer guten Lösung pro-aktiv in die Standardisierung eingebracht werden.

6.4.5 Spezifische Risiken

Wie jedes Projekt beinhaltet auch die Realisierung der Vision "GA-Komfort für Alle" Projektrisiken, die bedacht und im Auge behalten werden müssen. Spezifisch für das Projekt "ETIK-BIBO" erscheinen uns folgende:

- Die Verfahren für die vorgesehene Präsenzerfassung sollen offenbar massgeblich durch die Hersteller entwickelt werden. Dies könnte zu unerwünschter Abhängigkeit von einem einzigen Hersteller führen. Diese könnten durch die Offenlegung von Schnittstellen und die Implementation von Standards minimiert werden (siehe auch 6.4.4).
- Eine auf einem BIBO-Verfahren basierende Gebührenerhebung ist im Grossmassstab bisher unerprobt. Die Qualität der Nutzungserfassung sollte daher in einer ersten Phase intensiv geprüft werden, bevor man in einer zweiten Phase darauf allenfalls eine Gebührenerhebung aufsetzt. Idealerweise sollte sich der Business Case bereits mit einer reinen Nutzungserfassung rechnen und nicht mit der Gebührenerhebung stehen oder fallen. Dabei sollte nicht nur die reine Gebührenerhebung im Vordergrund stehen, sondern eine flexible Mischung aller Möglichkeiten (siehe 6.4.1).
- Der Megatrend hin zum Handy sollte nicht verpasst werden. Ungeachtet der Ergebnisse früherer Projekte sollte die Mobiltelefonie, die sich von der G3-Technologie hin zu G5 bewegt, nicht ohne internationale Abstimmung zu Gunsten der vorgesehenen 2.45GHz-RFID-Technik ausgeschlossen werden. Eine künftige Umrüstung wäre kost-

spiegel.

- Postpayment ist nicht für jedermann geeignet, sei es aus Gründen der Bonität oder der Privatsphäre, Daher muss auch Prepayment möglich sein.

Glossar

Begriff	Bedeutung
3GPP	Internationale Telekommunikations-SDO
ALLFA-Ticket	BIBO-System (siehe 5.2)
ASTRA	Bundesamt für Strasse
ASUT	Schweizerischer Verband der Telekommunikation
Authentisierung	Identitätsprüfung
BAKOM	Bundesamt für Kommunikation
Betreiber	Betreiber eines Verkehrsmittels
BIBO	Be-In Be-Out (siehe 3.1.3)
Bluetooth	WPAN-Technologie (4.2.11)
CAN	Controller Area Network (5.1)
CCCC	Close Capacitive Couplin Communication (4.2.11)
CDMA	Mehrfachzugriffstechnologie (4.1.10)
CEN	Comité Européen pour la Normalisation
CENELEC	CEN-Schwesterorganisation für die Elektrotechnik
CICO	Check-in Check-out (siehe 3.1.1)
COMPASS	Chinesisches Satellitennavigationssystem
Coopetition	Cooperative competition, Zusammenarbeit konkurrierender Anbieter
CSS	Cascaded Style Sheets
DECT	Drahtlostelefonie
DNA	Erbsubstanz
DoCoMo	Japanisches Mobiltelefonie-Unternehmen
EAN	European Article Number
Ecma	Internationale Industrie-SDO
EP	Erfassungspunkt (siehe 4.1)
ETCS	European Train Control System
ETSI	European Telecommunication Standardization Institute
FDMA	Mehrfachzugriffstechnologie (4.1.10)
FeliCa	Proximity-Technologie gem. JIS X 6319-4 (5.4)

Begriff	Bedeutung
FTP	File Transfer Protocol
GALILEO	Europäisches Satelliten-Navigationssystem
GLONASS	Russisches Satellitennavigationssystem
GPS	Global Positioning System
GSM	Mobiltelefonie der ersten und zweiten Generation (G1, G2)
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transport Protocol
IBM	International Business Machines
ICT	Information and Communication Technology
Identifikationsinstrument	persönliches oder unpersönliches Instrument (z.B. Chipkarte, Handy) zur Zuordnung von Nutzungs (s.S.19)
IEC	International Electrotechnical Committee
IEEE	Amerikanische Industrie-SDO
IETF	Internet-SDO
intermodal	Strasse und Schiene umfassend
IP	Internet Protocol
IR	Infrarot
ISM-Band	Radiofrequenzband für Industrie, Wissenschaft und Medizin
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnologie
ITU	International Telecommunication Union
JIS	Japanese Information Standard
Kontaktlos-Karten	Chipkarten mit RF-Schnittstelle (4.2.3)
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (5.1)
MFAN	Magnetic Field Area Network (4.2.5)
Mifare	Proximity-Technologie gem. ISO/IEC 14443 Typ A
MIV	Motorisierter Individualverkehr, primär Strassenverkehr
MSIP	NFC-Technologie (4.2.11)
NFC	Near Field Communication (siehe 4.2.4)
NGN	Next Generation Networks

Begriff	Bedeutung
Nutzungserfassung	Erfassung von Daten über die Nutzung (von Strasse und Schiene)
OBU	On-board unit (5.1)
OCR	Optical Character Recognition
ÖV	Öffentlicher Verkehr, primär Bahnverkehr
OZD	Oberzolldirektion
PKI	Public Key Infrastructure (http://de.wikipedia.org/wiki/Public-Key-Infrastruktur)
Postpayment	Reisen gegen (Monats-) Rechnung. Dies erfordert ein persönliches Identifikationsinstrument.
Prepayment	Reisen gegen Vorauszahlung, z.B. mit einem Abonnement, einer Mehrfahrtenkarte, einer mit einem Betrag aufladbaren Chipkarte.
Proximity	Kontaktlos-Technologie mit Arbeitsdistanz <10cm
QR-Code	Zweidimensionaler Strichcode (Quick Response Code)
Reisender	Benützer eines Verkehrsmittels
RFC	Request for Comment
RFID	Radio Frequency Identification (siehe 4.2.2)
RG	Reisengerät)siehe 4.1)
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SDO	Standards Defining Organization
SDVLC	Proximity-Technologie (4.2.11)
SEV	Schweizerischer Elektrotechnische Vereinigung
SMTP	Simple Message Transport Protocol
SNV	Schweizerische Normenvereinigung
Suica	e-Ticketsystem der Japan Rail
TCP	Transport Control Protocol
TDMA	Mehrfachzugriffstechnologie (4.1.10)
UMTS	Mobiltelefonie der dritten Generation (G3)
UPC	Universal Product Code
UWB	WPAN-Technologie (4.2.11)
VDV	Deutscher e-Ticket-Standard (5.2)
Vicinity	Kontaktlos-Technologie mit Arbeitsdistanz y 50cm
VS	sichtbares Licht

Begriff	Bedeutung
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
W3C	Internet-SDO
WAPI	PKI-Sicherheit für WLANs
WBAN	Wireless Body Area Network (4.2.5)
WWO	Walk-in Walk-out (siehe 3.1.2)
WLAN	Wireless Local Area Network (4.2.5)
WPA2	Symmetrische Sicherheit für WLANs
WPAN	Wireless Personal Area Network (4.2.5)
WTO	World Trade Union
XML	Extensible Markup Language

Referenzen


i.	KOM(97) 243: Intermodalität und intermodaler Güterverkehr in der Europäischen Union. Ein Systemansatz für den Güterverkehr. Strategien und Aktionen zur Verbesserung der Effizienz, der Dienste und Nachhaltigkeit.
ii.	European Commission DG Energy and Transport, Unit G 3, Motorways of the sea and Intermodality (2004): Towards passenger intermodality in the EU. Analysis of the key issues for passenger intermodality.
iii.	NZZ Online vom 26. August 2010: Schweizer Städte verfolgen gemeinsame Verkehrspolitik. Corinne Mauch spricht von Meilenstein. http://www.nzz.ch/nachrichten/zuerich/taedtetag_verkehr_mauch_1.7340668.html?printview=true Zugriff: 26.8.2010.
iv.	Teuscher, F. (2010): ÖV – Fit für die Zukunft. Strassenverkehr Schweiz 2011, 3, 18-21.
v.	The European forum on intermodal passenger travel. http://www.linkforum.eu/ Zugriff: 23. August 2010.
vi.	Patrick Hoenninger (2010): The European forum on intermodal passenger travel. Final Report. 6th Framework Programme (FP6), Call FP 6-2005-TREN-4
vii.	Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) (2008): Monitoring urbaner Raum Schweiz, Themen-kreis B4: Verkehr im Schweizer Städtesystem, Version 01.08
viii.	Bieniok, A. (2010): Welche Bahn macht im Jahr 2030 Sinn? In: Verband öffentlicher Verkehr VÖV (2010): Mobilitätsszenarien für die Schweiz 2030. Visionen, Chancen, Finanzierung, 9-18.
ix.	NZZ Online vom 12. Februar 2009: Neue Tempomessung auf Schweizer Autobahnen. Streckenkontrollen sollen Verkehrsfluss erhöhen. http://www.nzz.ch/nachrichten/politik/schweiz/tempomessanlagen_auf_schweizer_autobahnen_1.1980043.html Zugriff: 3. Januar 2011.
x.	Stefan, C. (2006): Section control automatic speed enforcement in the Kaisermühlentunnel, KfV.
xi.	Maibach, M., Keller, M. (2010): Gesamtverkehr 2030: Entwicklung und Finanzierung. In: Verband öffentlicher Verkehr VÖV (2010): Mobilitätsszenarien für die Schweiz 2030. Visionen, Chancen, Finanzierung, 47-58.
xii.	NZZ Online vom 23. Mai 2010: "Die Schweiz ist zu klein für Schnellbahnen". Max Friedli, der abtretende Direktor des Bundesamtes für Verkehr (BAV), will höhere Kapazitäten statt schnellere Züge. http://www.nzz.ch/hintergrund/dossiers/oeffentlicher_verkehr_dossier/oeffentlicher_verkehr_bahnen_schweiz/die_schweiz_ist_zu_klein_fuer_schnellbahnen_1.5781115.html Zugriff: 30. August 2010.
xiii.	FGSV (2009): Hinweise zur Fahrgastinformation im öffentlichen Verkehr. Arbeitsgruppe Verkehrsplanung, W1, Köln.
xiv.	NZZ Online vom 13. August 2010: Mobility-Pricing zur Finanzierung von Schiene und Strasse. Ein Schritt zu einer verursachergerechten Verrechnung der Infrastrukturkosten im Personenverkehr. http://www.nzz.ch/hintergrund/dossiers/oeffentlicher_verkehr_dossier/herausforderungen_fuer_den_oeffentlichen_verkehr_der_zukunft/m_obility-pricing_zur_finanzierung_von_schiene_und_strasse_1.7193776.html Zugriff: 13. August 2010.
xv.	Schmassmann, N. (2010): Langfristige Finanzierung des öffentlichen Verkehrs. Gedanken eines in der öV-Branche tätigen Ökonomen. In: Verband öffentlicher Verkehr VÖV (2010): Mobilitätsszenarien für die Schweiz 2030. Visionen, Chancen, Finanzierung, 59-66.
xvi.	http://www.miles-and-more.com/online/portal/mam_com/de/homepage
xvii.	Eichenberger, R. (2010): Eine ökonomische Zukunftsperspektive. In: Verband öffentlicher Verkehr VÖV (2010): Mobilitätsszenarien für die Schweiz 2030. Visionen, Chancen, Finanzierung, 75-84.
xviii.	Rapp, M., Oehry, B., Egeler, C. (2007): Mobility Pricing. Synthesebericht. Forschungsauftrag VSS 2005/910 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS). Bundesamt für Strassen (ASTRA).
xix.	Richtlinie 2004/52/EG: Interoperabilität elektronischer Mautsysteme in der Gemeinschaft, vom 29. April 2004.
xx.	Datenschutzbeauftragter Kanton Zürich (DSB) (2010): Leitfaden. Videoüberwachung durch öffentliche Organe (ohne Strafverfolgungsbehörden).
xxi.	Baeriswyl, B. (2009): Der "nummerierte" Bürger wird vernetzt. Digma, 9(2), 64-67.

xxii.	Bundesgesetz über den Datenschutz (DSG), 235.1, vom 19. Juni 1992 (Stand am 1. Januar 2008).
xxiii.	Website der Firma INIBIT: Fahrzeugortung - Mobile Arbeitszeiterfassung. http://fahrtenbuch-pergps.de/twinboxx_Fahrzeugortung_TravelControl.html Zugriff: 12. November 2010
xxiv.	Eidgenössische Zollverwaltung, "LSVA-Kurzübersicht – V02d", 2008
xxv.	Website der Firma Autostrade per l'italia AG: Collegamento Fiera die Milano, http://www.autostrade.it/opere/collegamento_milaghi_fiera.html Zugriff: 12. November 2010
xxvi.	Website der Firma Rohos: Rohos Face Logon, http://www.rohos.com/products/rohos-face-logon Zugriff: 4. Juli 2011
xxvii.	Ippisch, T., Thiesse, F. (2007): PAYD-Konzept in der Versicherungswirtschaft. In: Institute of Technology Management: M-Lab Arbeitsbericht 34
xxviii.	Shet, Niraj. 2007. "London's Congestion Fee Begets Pinched Plates." The Wall Street Journal. November 7.
xxix.	ISO/IEC 18092, Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Near Field Communication – Interface and Protocol (NFCIP-1),
xxx.	ISO/IEC 14443 Identification cards – Contactless integrated circuit cards – Proximity cards, Part 1-4
xxxi.	ISO/IEC 15693 Identification cards – Contactless integrated circuit cards – Vicinity cards, Part 1-3
xxxii.	ISO/IEC 18000 "Information technology – Radio frequency identification for item management", Part 1-7
xxxiii.	EMV Integrated Circuit Card Specifications for Payments Systems, Book 1-4
xxxiv.	ISO/IEC 11770 Information technology – Security techniques – Key management, Part 1-4,
xxxv.	ISO/IEC 15946-3 Information technology – Security techniques – Cryptographic techniques based on elliptic curves – Part 3: Key establishment
xxxvi.	ISO/IEC 9798 Information technology –Entity authentication Part 1-6
xxxvii.	ISO/IEC 13157-1 Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – NFC Security – Part 1: NFC-SEC NFCIP-1 Security Services and Protocol
xxxviii.	ISO/IEC 14888 Information technology – Security techniques – Digital signatures with appendix Part 1-3
xxxix.	ISO/IEC 15946-2 Information technology – Security techniques – Cryptographic techniques based on elliptic curves – Part 2: Digital signatures
xl.	ECMA-391 Memory-Spot Interface and Protocol (MSIP-1)
xli.	ECMA, TC 47 (2009): LumiLink White Paper, http://www.ecma-international.org/activities/Communications/tc47-2009-011.pdf Zugriff: 4. Juli 2011
xlii.	ISO/IEC 26907 Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – High Rate Ultra Wideband PHY and MAC Standard
xliii.	ISO/IEC 18033 Information technology – Security techniques – Encryption algorithms, Part 1-4
xliv.	ISO/IEC 13157 Information technology –Telecommunications and information exchange between systems – NFC Security
xlv.	ISO/IEC 7816 Identification cards – Integrated circuit cards with contacts, Teil 1-15
xlvi.	ISO/IEC 21481 Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Near Field Communication Interface and Protocol 2 (NFCIP-2)
xlvii.	ISO/IEC 28361 Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Near Field Communication Wired Interface (NFC-WI)
xlviii.	ISO/IEC 16353 Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Front-end configuration commands for NFC-WI (NFC-FEC)
xliv.	ISO/IEC 29157 Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – PHY/MAC specifications for short-range wireless low-rate applications in ISM band
I.	ISO/IEC 15149 Information Technology – Telecommunications and information exchange between systems – Magnetic Field Area Network (MFAN)
li.	ISO/IEC 20011 Information Technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Alternative security mechanism for use with ISO/IEC 8802-11
lii.	ISO/IEC 26907 Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – High Rate Ultra Wideband PHY and MAC Standard
liii.	ISO/IEC 26908 Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – MAC-PHY Interface for ISO/IEC 26907
liiv.	ISO/IEC 13156 Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – High rate 60 Ghz PHY, MAC and HDMI PAL

iv.	ISO/IEC 16504 Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – MAC and PHY for operation in TV white space
lvi.	Agerholm, N. et al (2008): Preliminary results from the Danish Intelligent Speed Adaptation project Pay as you Speed, In: Institution of Engineering and Technology: Journal Intelligent Transport Systems (2008), Ausgabe 2, 143 - 153
lvii.	Schweizer Bundesrat (2000): Verordnung über eine leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (SVAV) http://www.admin.ch/ch/d/as/2000/2535.pdf Zugriff: 4. Juli 2011
lviii.	Fifth Framework Programme of the European Union (2002): Cardme-4 Project IST-1999-29053
lix.	Gründel, T. (2005): Dissertation - Ein Beitrag zur automatisierten Berechnung von Leistungsparametern des ÖPNV mittels Daten aus elektronischen Fahrgeldmanagementsystemen In: TUDPress Verlag der Wissenschaften Dresden (2006), 194 Seiten
lx.	64. Konferenz der Datenschutzbeauftragten des Bundes und der Länder (2002): Datenschutzrechtliche Grundanforderungen zum Elektronischen Fahrgeldmanagement
lxi.	Lorenz, H. (2006): Automatische Fahrtenbildung und Fahrpreisberechnung In: Interomobil Region Dresden, Schlussbericht (2006)
lxii.	Website von Roadtraffic Technology: Central London Congestion Charging, United Kingdom http://roadtraffic-technology.com/projects/congestion/ Zugriff: 12. November 2010
lxiii.	Website von BBC News (2007): Met given real time c-charge data http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/politics/6902543.stm Zugriff: 12. November 2010
lxiv.	Website von Privacy International: 5 th UK Big Brother Awards http://www.privacyinternational.org/article/bigbrother/uk2003 Zugriff 12. November 2010
lxv.	Mayor of London (2007): Impacts monitoring Fifth Annual Report In: Transport for London, Fifth Annual Report (2007)
lxvi.	Mayor of London (2008): Impacts monitoring Sixth Annual Report In: Transport for London, Sixth Annual Report (2008)

Projektabschluss

Formular 3 ARAMIS SBT als PDF

 <p>Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra</p>	<p>Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK Bundesamt für Strassen ASTRA</p>
<p>FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK ARAMIS SBT</p> <p>Formular Nr. 3: Projektabschluss</p>	
erstellt / geändert am:	15. Juli 2011
Grunddaten	
Projekt-Nr.:	VSS 2009/903
Projektitel:	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr
Enddatum:	
Texte:	
Zusammenfassung der Projektergebnisse:	<p>Nutzungserfassung generell und im Speziellen im Personenverkehr sind hochaktuelle Themen mit vielen Facetten. Auf der Strasse (Bsp: Road Pricing, P+R, LSVA), der Schiene (Bsp: ETIK-BIBO), im Wasser und in der Luft versprechen sie Vorteile bezüglich Komfort, Sicherheit, Kosten, Steuerung und Planung.</p> <p>Im Rahmen des Projekts entstand zuerst unter anderem eine bemerkenswerte und mit Experten validierte Wissensbasis. Teile davon sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eine Übersicht über Ziele, Anforderungen und Herausforderungen der Nutzungserfassung • Eine Definition von Unterscheidungsmerkmalen und deren Anwendung zur differenzierten Betrachtung und zum Vergleich von verschiedenen Erfassungskonzepten • Eine Definition von Unterscheidungsmerkmalen und deren Anwendung zur differenzierten Betrachtung und zum Vergleich von verschiedenen Basistechnologien <p>Später wurden daraus die Folgerungen und die Empfehlungen abgeleitet. Diese können einen Beitrag leisten, die heutigen unterschiedlichen Systeme und Lösungen zu einheitlicheren, kompatibleren und intermodalen Lösungsansätzen (z.B. gemeinsam für Schiene und Strasse) zu führen.</p>
Zielerreichung:	Die im Projektbeschrieb formulierten wichtigen Ziele der Forschungsarbeit wurden erreicht. Dies sind
<p>ARAMIS SBT: Formular_3 neu.doc Seite 1 / 3</p>	



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

- die Eruiierung der Anforderungen von Nutzern, Betreibern und Systemlieferanten
- die systematische Darstellung der möglichen Ausprägungen der Nutzungserfassung
- die Identifikation von möglichen Technologien und Lösungsansätzen sowie
- die Abschätzung von Einflussfaktoren (Standardisierung, Regulation, etc.)

Der Projektbericht erlaubt Entscheidungsträger im privaten und öffentlichen Verkehr einen Überblick über verschiedene Aspekte der komplexen Thematik. Der Bericht kann weiter als eine Grundlage für Diskussionen und Planungen von heutigen und künftigen Projekte der Nutzungserfassung dienen.

**Folgerungen und
Empfehlungen:**

Zwei wesentliche Erkenntnisse der Forschungsarbeit sind, dass der Nachweis der technischen Machbarkeit eines umfassenden, intermodalen Nutzungserfassungssystems heute noch nicht existiert aber durch eine geeignete Kombination mehrerer Technologien denkbar erscheint.

Es wird vorgeschlagen, mit der Ermittlung der Vor- und Nachteile der intermodalen Nutzungserfassung (gemeinsam für Schiene und Strasse) gegenüber der monomodalen (in separaten Systemen) kurzfristig zu beginnen. Für dieses Vorhaben wird die Zusammenarbeit von ASTRA, VöV und SBB sowie die Verwendung der in diesem Projekt erarbeiteten Expertise und Projektergebnisse (z.B. die definierten Unterscheidungsmerkmale) empfohlen.

Publikationen:

Forschungsbericht: VSS 2009 / 903 Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr

Präsentation: VSS 2009 / 903 Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr, 8. Its-ch Plattform, Ittigen, 29. April 2010



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Beurteilung der Begleitkommission:

Diese Beurteilung der Begleitkommission ersetzt die bisherige separate fachliche Auswertung.

Beurteilung:	Die Forschungsarbeit untersucht verschiedenste Basistechnologien für die Nutzungserfassung anhand der im Forschungsauftrag gewählten technischen Kriterien. Es wird dabei aufgezeigt, wie nutzbar die einzelnen Basistechnologien im Zusammenhang mit den grundsätzlichen Erfassungskonzepten sind. Dabei sind die für die Nutzungserfassung im Personenverkehr wirklich relevanten Basistechnologien klar herausgearbeitet worden. Die relevanten Basistechnologien wurden aufgrund der gewählten technischen Kriterien anhand von realisierten Projekten beurteilt. Die Forschungsarbeit liefert einen wertvollen Beitrag zur Beurteilung von Basistechnologien zur Nutzungserfassung im Personenverkehr.
Umsetzung:	Vor einer konkreten Umsetzung einer intermodalen Nutzungserfassung ist weiterer Forschungsbedarf notwendig. Insbesondere ist eine Gesamtarchitektur zu entwickeln die jedoch eine individuelle Abstimmung auf die einzelnen Anwendungen sowie eine Zusammenarbeit zwischen ASTRA, VÖV und SBB absolut unentbehrlich. Für eine erfolgreiche Umsetzung sind pragmatische Lösungen Maximalösungen vorzuziehen.
weitergehender Forschungsbedarf:	Weitergehender Forschungsbedarf ergibt sich aus der Tatsache, dass heute kein intermodales Nutzungserfassungssystem im produktiven Betrieb ist. Der Forschungsbedarf richtet sich neben technischen Architekturfragen dabei mehr an organisatorischen, finanziellen, rechtlichen und politischen Fragen.
Einfluss auf Normenwerk:	Diese Forschungsarbeit hat keinen Einfluss auf das Normenwerk.

Präsident Begleitkommission:

Name:	Gamper	Vorname:	Hans Ulrich
Amt, Firma, Institut:	Trapeze ITS Switzerland GmbH		
Strasse, Nr.:	Industrieplatz 3		
PLZ:	8212	Email:	hans-ulrich.gamper@trapezeits.com
Ort:	Neuhausen	Telefon:	058 911 16 02
Kanton, Land:	Schaffhausen, Schweiz	Fax:	058 911 17 17

Unterschrift Präsident Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
642	AGB 2002/006	Verbund von Spanngliedern <i>Comportement d'adhérence des unités de précontrainte à torons</i> <i>Bond behaviour of strand tendons for post-tensioning</i>	2009
644	AGB 2005/004	Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton <i>Béton filtré ultra-performant pour augmenter l'efficacité de la maintenance des ouvrages d'art en béton armé</i> <i>Ultra-High Performance Fiber Reinforced Concrete for increasing efficiency of the maintenance of reinforced concrete road structures</i>	2010
1292	ASTRA 2006/004	Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle <i>Développement d'une centrale de cogénération à base d'huile végétale avec propre moulin à huile</i> <i>Development of a vegetable oil block heat and power plant with own oil mill</i>	2010
1296	ASTRA 2007/008	Swis contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP) <i>Schweizer-Beitrag zum Russpartikel-Messprogramm für schwere Motorwagen (HD-PMP)</i> <i>Contribution de la Suisse au Programme de Mesure des Particules pour voitures automobiles lourdes (HD-PMP)</i>	2010
1302	VSS 1999/131	Zusammenhang zwischen Bindemittleigenschaften und Schadensbildern des Belages? -(Performance-orientierte Methoden) <i>Relation between binder properties and damage characteristics of pavements ?</i> <i>(Performance orientated methods)</i>	2010
1304	VSS 2004/716	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen Schadensprozesse und Zustandsverläufe <i>Processus de dégradation et lois d'évolution</i> <i>Pavement damage processes and performance curves</i>	2008
1305	VSS 2000/457	Verkehrserzeugung durch Parkieranlagen <i>Génération de trafic par des installations de stationnement</i> <i>Traffic generation of parking facilities</i>	2009
1306	ASTRA 2008/002	Strassenglätte-Prognosesysteme (SGPS) <i>Système de prévision de chaussées glissantes</i> <i>Forecasting Expert System for Road Slipperiness</i>	2010

1308	VSS 2008/201	Hindernisfreier Verkehrsraum- Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung <i>Espace de rues sans obstacles- Exigences des personnes avec handicap Obstacle free traffic areas- Demands of people with disabilities</i>	2010
1309	VSS 2008/303	Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen <i>Modernisation des feux de signalisation Modernisation of traffic control systems</i>	2010
1310	ASTRA 2007/002	Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall <i>Influence du courant d'air longitudinal dans les tunnels routiers en cas d'incendie Influencing the longitudinal airflow in road tunnels in case of fire</i>	2010
643	AGB 2005/014	Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim Abbruch <i>Surveillance acoustique d'un pont de béton précontraint et évaluation de l'état pendant sa démolition Acoustic monitoring of a prestressed concrete bridge</i>	2010
621	AGB 2005/105	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstabauten Szenarien der Gefahrenentwicklung <i>Scénarios de l'évolution des dangers Scenarios of hazard development</i>	2009
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht <i>Influence of In-Vehicle Information Systems on Driver Behaviour and Road Safety Report part of traffic psychology Influence des systèmes d'information embarqués sur le comportement de conduite et la sécurité routière Rapport partiel de la psychologie de circulation</i>	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers <i>Entwurf und Gestaltung von Unter- und Überführungen für Fussgänger und leichte Zweiräder Conception and disposition of lower and upper crossings for pedestrians and cyclists</i>	2008
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt <i>Développement des mélanges bitumineux optimaux et sélection des liants appropriés; D-A-CH - projet initial Development of Optimal Bituminous Mixtures and Selection of Appropriate Binders; D-A-CH - Initiation Project</i>	2008