

Traffic IQ

Pilotprojekt Informationsqualität im Verkehrswesen

Partnerspezifischer Schlussbericht

Beitrag des Technischen Universität München
Zuwendungsempfänger: Lehrstuhl für Verkehrstechnik
Arcisstraße 21
80333 München

Verfasser: Sebastian Gabloner

Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

16. August. 2013

INHALT

1	Einführung	3
1.1	Aufgabenstellung.....	3
1.2	Projektstruktur.....	4
1.2.1	Projektvoraussetzungen.....	4
1.2.2	Projektplanung und Ablauf.....	5
1.2.3	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	6
2	Wissenschaftlicher und technischer Stand	9
3	Erzielte Ergebnisse	10
3.1	Ausgangslage und Zielsetzung.....	10
3.2	Dokumentation der Prüfverfahren (AP 2.5).....	11
3.3	Gerätemonitor.....	11
3.4	Datenmonitor.....	18
3.5	Plausibilitätsmonitor.....	23
3.6	Systementwicklung und Inbetriebnahme (AP 3.5 und AP 3.10).....	27
3.7	Praktische Erfahrungen aus dem Probebetrieb (AP 4).....	29
4	Voraussichtlicher Nutzen, Verwertungsplan	30
5	Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	31
6	Veröffentlichungen von Projektergebnissen	32
7	Abbildungsverzeichnis	33

1 Einführung

1.1 Aufgabenstellung

Daten im Verkehrswesen – gemessene und generierte – sind Grundlage für verschiedenste Verfahren und Prozesse. Gemessene Daten sind bspw. Zählwerte aus Detektionsquellen verschiedener Art wie z.B. Induktivschleifen, Radarsensoren, etc. oder – wie im vorliegenden Fall – Fahrzeugerkennungen durch Kennzeichenerfassungssysteme (automatic number plate recognition, Abk. ANPR). Gemessene Daten lassen sich weiterverarbeiten, wodurch Kennwerte generiert werden können. So kann anhand lokal gemessener Daten z.B. der Verkehrszustand durch aggregierte Größen wie Verkehrsstärke, mittlere lokale Geschwindigkeit und Belegungsgrad abgebildet und der aktuelle Level of Service (LOS) errechnet werden. Ein anderes wichtiges Kriterium für die Qualität des Verkehrsflusses ist die Reisezeit auf einer Route. Hier ist das betrachtete Verfahren der Kennzeichenerfassung (ANPR) zur Messung der aktuellen Reisezeit prädestiniert.

Es ist eine allgemeine Tatsache, dass bei jeder Art von Messung – egal welche Technik verwendet wird oder was gemessen wird – Fehler auftreten. Das Wort Fehler ist hier im Sinne von Ungenauigkeit bzw. im schwerwiegenderen Fall von Fehlfunktion der Messtechnik zu verstehen. Da sich Messfehler auf die Qualität von errechneten Kenngrößen (bspw. Reisezeit, Verkehrsstärke) auswirken und damit im Weiteren auch direkt auf Entscheidungen und Maßnahmen (bspw. Steuerverfahren in der Verkehrstechnik) ist es von Vorteil, ein qualitatives Bild der Funktionalität einer Messeinheit zu haben. Zu diesem Zweck wurden in Traffic IQ Verfahren entwickelt, die ein Benchmarkingsystem für Fehleranfälligkeit implementieren, indem Qualitätskriterien für Messwerte errechnet werden. In der vorliegenden Systemsäule – Videodetektion Fernstraßen – wurde dies für folgende Qualitätskriterien durchgeführt:

- Verfügbarkeit
- Vollständigkeit
- Aktualität
- Korrektheit
- Plausibilität

Die Verfahren wurden sowohl für Messwerte (Rohdaten von ANPR-Kameras) implementiert, was im Wesentlichen die Funktionalität von Einzelgeräten adressiert, als auch ergänzend auf die durch Messwerte ermittelten Kennwerte (Reisezeiten).

Die Qualitätskontrolle von Geräten und Teilsystemen hat Vorteile vor allem für Infrastrukturbetreiber und Dienstanbieter, die die gewonnenen Daten für Steuerung und Services nutzen.

1.2 Projektstruktur

1.2.1 Projektvoraussetzungen

Die Grundlagen für die Umsetzung der Prüfverfahren in der Systemsäule „Videodetektion Fernstraßen“ in Traffic IQ waren das bereits bestehende ANPR Testfeld in und um München (siehe Abbildung 2, Abbildung 21), sowie eine breite Datensammlung der Detektionen der Einzelgeräte dieses Testfelds.

Der Aufbau des Testfelds startete 2006 und wurde im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte weitergeführt. Finanziert wurde dies durch die BMW AG, die Autobahndirektion Südbayern (ABDS) und das BMWi. Das Testfeld umfasst 22 Messquerschnitte mit fahstreifenfeiner ANPR-Detektion. An jedem Messquerschnitt befindet sich ein lokaler Auswerterechner, der aus den aufgenommenen Bildern der Kameras mittels eines Bilderkennungsalgorithmus die Fahrzeugkennzeichen erfasst und den Detektionszeitpunkt mit einem Zeitstempel festhält. Die Kennzeichen selber werden nicht direkt gespeichert, sondern lediglich der Hashcode (MD5) der Zeichenfolge und separat das Ortskennzeichen. Über einen Zeitraum von fünf Minuten werden die Detektionen lokal aggregiert und dann gesammelt in CSV Dateien an einen zentralen Auswerterechner gesendet. Dieser zentrale Server wurde bis zum Frühjahr 2012 am Lehrstuhl für Verkehrstechnik der TU München betrieben und wurde dann in die Verkehrsrechnerzentrale (VRZ) der ABDS umgezogen.

Die auf dem Server eingehenden Daten wurden zum Aufbau einer Wissensbasis verwendet, auf der die späteren Prüfverfahren getestet wurden. Die Datensammlung wurde Anfang 2011 begonnen und bis Frühjahr 2012 fortgeführt. Bei den eingehenden Daten handelt es sich auf der einen Seite um die eigentlichen ANPR Daten, d.h. lokale Fahrzeugerkennung mit Zeitstempel, auf der anderen Seite um daraus errechnete Reisezeitdaten für ausgewählte Haupt- und Alternativrouten. Die Tools mit denen die Reisezeiten ermittelt wurden, wurden bereits in vorangegangenen Forschungsprojekten erstellt und in Traffic IQ weiterverwendet.

1.2.2 Projektplanung und Ablauf

Die Gesamtplanung ist folgender Abbildung 1 zu entnehmen.

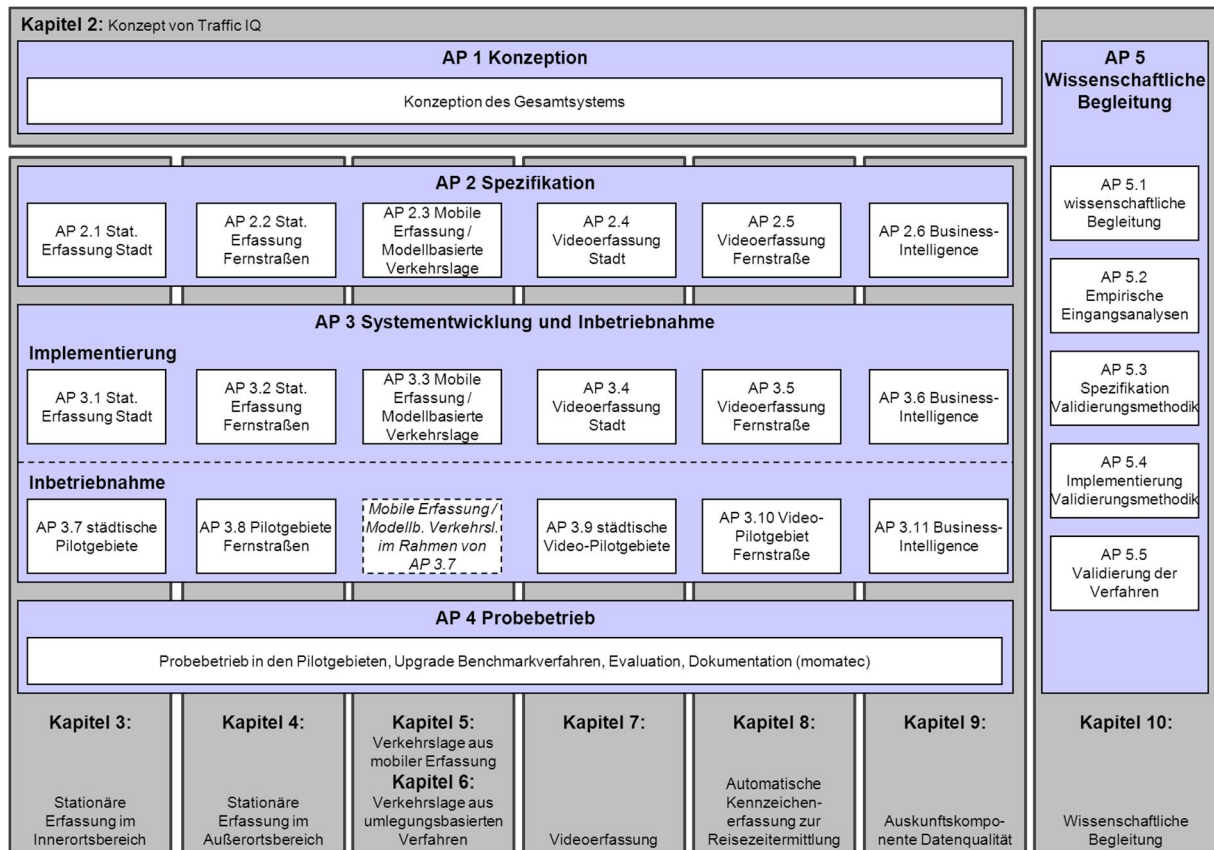


Abbildung 1 – Projektstruktur

AP 1 – Konzeption Gesamtsystem:

- Zusammenspiel der einzelnen Systemsäulen
 - Vertikale Projektstruktur über AP 2, AP 3, AP 4
 - Stationäre Erfassung Stadt
 - Stationäre Erfassung Fernstraßen
 - Mobile Erfassung / Modellbasierte Verkehrslage
 - Videoerfassung Stadt
 - Videoerfassung Fernstraße
 - Business Intelligence Komponente (Data Warehouse)
- Definition der Qualitätsmerkmale
- Definition Benchmarkingsystem
- Wertschöpfungskette

AP 2 – Spezifikation

- Partnerspezifische Spezifikation der Prüfverfahren
- Anbindung an Data Warehouse (Schnittstelle)

AP 3 – Systementwicklung und Inbetriebnahme

- Umsetzung der Partnerspezifischen Spezifikationen
 - Bei der Implementierung in der Säule Videoerfassung Fernstraße wurde die bestehende Spezifikation verfeinert
- Inbetriebnahme
 - In der Säule Videoerfassung Fernstraße wurde die entwickelte Software an das ANPR Testfeld bzw. den zentralen Auswerteserver angebunden

AP 4 – Probetrieb

- Nach einer ersten Testphase wurden die Prüfverfahren examiniert und nochmals angepasst (Upgrade Benchmarkverfahren)

AP 5 – wissenschaftliche Begleitung

- Über alle Systemsäulen und Arbeitsschritte hinweg

AP 6 – Projektmanagement und Gesamtprojektkoordination

1.2.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Insgesamt waren elf Partner mit den folgenden Aufgabenfeldern direkt am Projekt beteiligt.

momatec GmbH:

- Spezifikation und Implementierung von Prüfverfahren zur Datenqualität aus stationärer Erfassung auf Fernstraßen
- Gesamtverantwortung für die Testfelder zur stationären Erfassung auf Fernstraßen (Autobahndirektion Nordbayern, Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg)
- Gesamtprojektkoordination

GEVAS Software Systementwicklung und Verkehrsinformatik GmbH:

- Spezifikation und Implementierung von Prüfverfahren zur Datenqualität aus stationärer Erfassung in städtischen Bereichen

- Gesamtverantwortung für die Testfelder zur stationären Erfassung städtisch (Düsseldorf, Leipzig, Frankfurt/M)

PTV Planung Transport Verkehr AG:

- Spezifikation und Implementierung von Prüfverfahren zur Datenqualität aus mobiler Erfassung

RWTH Aachen, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Operations Research:

- Spezifikation und Implementierung der Business Intelligence Komponente

Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme:

- Spezifikation und Implementierung von Prüfverfahren zur Datenqualität aus Videoerfassung (stationär, innerstädtisch)
- Gesamtverantwortung für die Testfelder zur Videodatenerfassung städtisch (Dresden, Nürnberg)

Technische Universität München, Lehrstuhl für Verkehrstechnik:

- Spezifikation und Implementierung von Prüfverfahren zur Datenqualität aus Videoerfassung (streckenbezogen, Fernstraße)
- Gesamtverantwortung für das Testfeld zur streckenbezogenen Videodatenerfassung (BAB München)

Universität Kassel, Fachgebiet Verkehrstechnik und Transportlogistik:

- Wissenschaftliche Begleitung

Autobahndirektion Nordbayern:

- Unterstützung des Probebetriebs im Fernstraßen-Testfeld Nordbayern (stationäre Erfassung)

Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen:

- Unterstützung des Probebetriebs im Fernstraßen-Testfeld Nordrhein-Westfalen (stationäre Erfassung)

Landeshauptstadt Düsseldorf:

- Unterstützung des Probebetriebs im städtischen Testfeld Düsseldorf (stationäre Erfassung, mobile Erfassung)

Stadt Leipzig:

- Unterstützung des Probebetriebs im städtischen Testfeld Leipzig (stationäre Erfassung)

2 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Ein vorausgegangenes Forschungsprojekt, das inhaltlich eine ähnliche Thematik behandelt wie Traffic IQ, war das Projekt „Benchmarking für Verkehrsbeeinflussungsanlagen“ (FE 03.363/2003/IGB). Darin wurden Verfahren analysiert und bewertet, die die Qualitätssicherung aller Komponenten zur Verkehrsbeeinflussung, von der Verkehrs- und Umweltdetektion über die Technik an Anzeigequerschnitten bis hin zur Akzeptanz und letztendlich der Wirkung der Beeinflussung, sicherstellen sollen. In einer frühen Projektphase wurden Experteninterviews mit Infrastrukturbetreibern durchgeführt um mögliche Schwachstellen am Informationsfluss in Strecken- und Netzbeeinflussungsanlagen zu identifizieren und die Prüfung wichtiger Elemente zu priorisieren. In der konkreten Umsetzung der Prüfverfahren wurden hauptsächlich Plausibilitätschecks durchgeführt deren Ergebnis eine boolesche Variable (true / false) wahr, die Aufschluss über die Richtigkeit von Messwerten oder über die Funktionstüchtigkeit von Geräten geben sollte. Die Verfahren wurden dementsprechend in vier sogenannte Monitore aufgeteilt:

- Gerätemonitor
- Datenmonitor
- Verfahrensmonitor
- Wirkungsmonitor

Ein Monitor setzt sich zusammen aus mehreren Prüfungsmodulen, in denen wiederum Verfahren zur Plausibilisierung von Werten (bspw. Detektorwerte) gewichtet fusioniert werden. Diese Geräte- und Datenprüfungen übersteigen deutlich den Umfang und die Wertigkeit der im MARZ (Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen) definierten Plausibilitätschecks, jedoch findet eine differenzierte Betrachtung der Einzelnen Teilaspekte des Begriffs Qualität noch nicht statt.

Der Idee des „Fehlerbenchmark“, der die gestörte Funktionalität einer Komponente zeitlich (Dauer, Häufigkeit) beschreibt wurde in Traffic IQ durch die Qualitätswerte Verfügbarkeit, Korrektheit und Plausibilität praktisch fortgesetzt. Darüber hinaus ermöglichen die differenzierten Qualitätsbetrachtungen, die Gegenstand von Traffic IQ waren, ein umfassenderes Monitoring des gesamten Bestandes an Infrastrukturkomponenten durch ex post Analysen in Form von Informationsprodukten der Business Intelligence Komponente (Data Warehouse).

3 Erzielte Ergebnisse

3.1 Ausgangslage und Zielsetzung

In der Systemsäule „Videodetektion Fernstraßen“ wurden die TrafficIQ-Qualitätsmonitore für das ANPR-Testfeld in München spezifiziert und umgesetzt. Das Testfeld setzt sich zusammen aus insgesamt 22 Messquerschnitten mit größtenteils fahstreifenfeiner ANPR-Detektion, die sich hauptsächlich auf Fernstraßen in und um München befinden. Ein Messquerschnitt setzt sich zusammen aus einer oder mehreren Kameras und deren Auswerterechnern, auf denen Detektionen gespeichert werden und in regelmäßigen Intervallen an einen zentralen Server übertragen werden. In Abbildung 2 sind die einzelnen Messquerschnitte mit ihren Kameras und deren Detektionsrichtungen dargestellt.

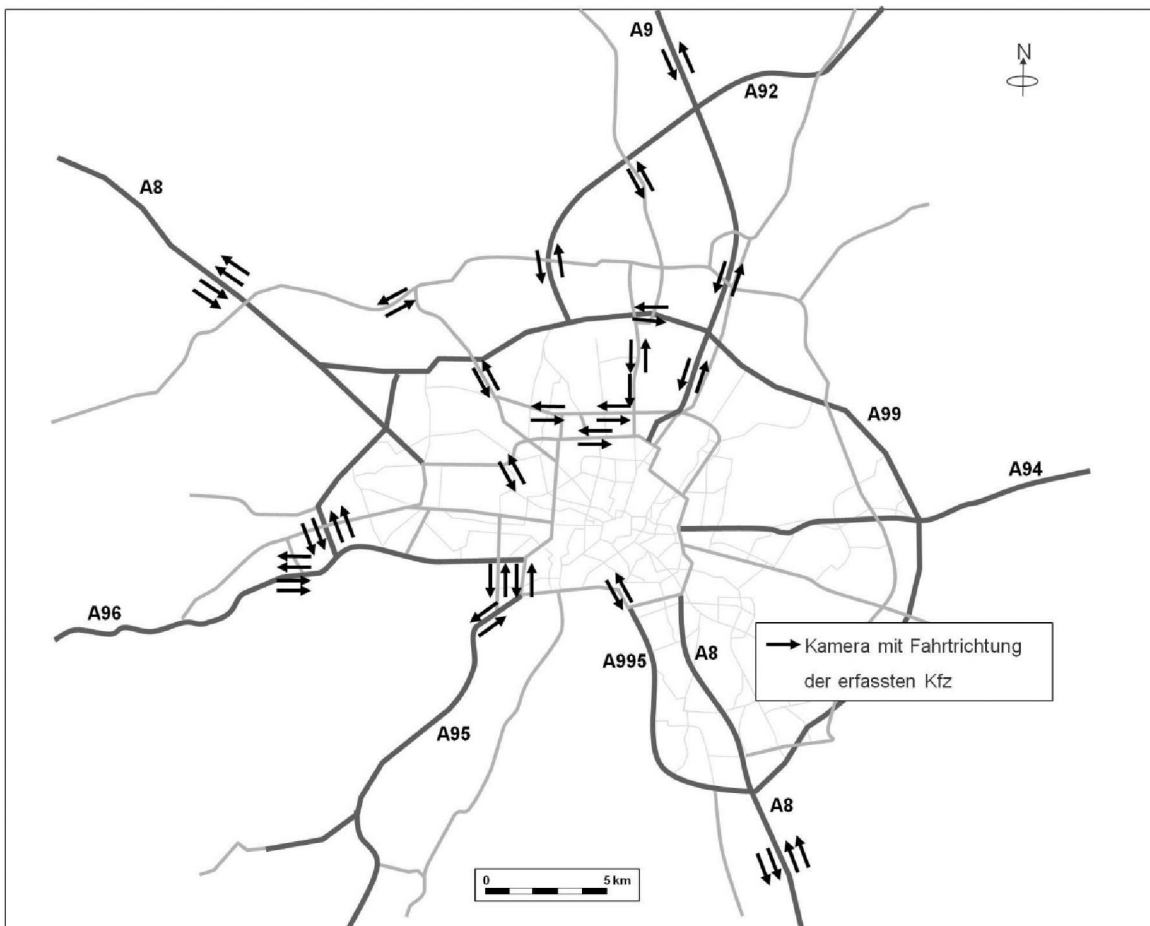


Abbildung 2 - Kameras im ANPR-Testfeld München

Über einen Zeitraum von rund eineinhalb Jahren wurden die von der Autobahndirektion Südbayern bereitgestellten Detektionsdaten gesammelt und in einer Datenbank vorgehalten, die die Grundlage für alle Prüfverfahren und Kennzahlenermittlungen ist. Auf dieser

Datenbasis ist es möglich Aussagen bzgl. der Funktionalität des Gesamtsystems und seiner Komponenten zu treffen, die für den Infrastrukturbetreiber von hohem Interesse sind. Darüber hinaus können die ermittelten Qualitätskennwerte als Entscheidungsgrundlage im Rahmen des Verkehrsmanagements herangezogen werden.

3.2 Dokumentation der Prüfverfahren (AP 2.5)

Mit Hilfe der implementierten Prüfverfahren sollen zum einen gestörte Detektoren identifiziert (Gerätemonitor) und zum anderen die Verkehrsdaten mit Qualitätskennwerten (Datenmonitor) versehen werden. Außerdem wird im Nachgang die Plausibilität der ANPR-Daten überprüft (Plausibilitätsmonitor) und ebenfalls durch eine Kennzahl bewertet. Die Qualitätsmonitore wenden Prüfverfahren an, die sich auf folgende Kriterien beziehen:

- Verfügbarkeit
- Vollständigkeit
- Aktualität
- Korrektheit
- Plausibilität

Es wurden zwei unterschiedliche Arten der Qualitätsprüfung implementiert. Auf der einen Seite das Onlineverfahren zum Monitoring des aktuellen Zustands der Systemkomponenten und der gelieferten Daten, auf der anderen Seite das Offlineverfahren zur nachträglichen Auswertung größerer Zeitintervalle. Für eine genauere Beschreibung der beiden Modi wird auf die Spezifikation (AP 2) verwiesen.

Eine grundsätzliche Problematik in dieser Systemsäule war, dass die ANPR-Kameras nicht einsehbare Blackboxes sind, und deshalb von den gelieferten Daten auf den Gerätezustand geschlossen werden musste, was vor allem die Verfahren des Gerätemonitors betrifft.

In vorangegangenen Projekten wurden mit dem betrachteten Kennzeichenerfassungssystem Reisezeiten zur Verkehrszustandsanalyse berechnet. Die im Folgenden beschriebenen Verfahren der Qualitätsprüfung wurden deshalb nicht nur auf die vom System gelieferten Rohdaten, also die einzelnen Detektionen der Kameras angewendet, sondern ergänzend auch auf die generierten Reisezeiten, wobei der Fokus jedoch stets auf ersteren lag.

3.3 Gerätemonitor

Im Gerätemonitor werden Kenngrößen der am Gesamtsystem beteiligten Einzelgeräte, also der Messquerschnitte und insbesondere auf noch genauerer Ebene der einzelnen Kameras ermittelt. Die adressierten Qualitätskennzahlen sind:

- Verfügbarkeit
- Vollständigkeit

Das Ziel der Verfahren im Gerätemonitor sind die Offenlegung der Schwachstellen im Gesamtsystem, also die Häufigkeit und Dauer von Ausfällen einzelner ANPR-Kameras und daraus zusammengesetzter Messquerschnitte. Hauptfehlerquellen können z.B. sein:

- Technische Störung einer Kamera
- Fehlerhafte oder unterbrochene Datenverbindung zwischen einem Messquerschnitt und dem zentralen Dateneingangsserver

Voraussetzung für das Prüfverfahren im Offlinemodus ist eine Datenbasis, die einen größeren zeitlichen Umfang besitzt. Der Umfang wird dadurch bestimmt, welche Zeiträume ausgewertet werden sollen. Das kleinste zeitliche Intervall für eine Offlineauswertung ist (gemäß der Definition des Data Warehouse Betreibers) eine Stunde.

Im Onlinemodus liegt der Fokus auf der frühzeitigen, praktisch sofortigen Erkennung solcher Ausfälle. Das Verfahren kann prinzipiell immer angewendet werden.

Eingehende Daten:

Als Eingangsdaten dienen die von den Rechnern der ANPR-Kameras generierten CSV-Dateien, die an den zentralen Datenserver gesendet werden. Der Inhalt dieser Textdateien kann Abbildung 3 entnommen werden.

```
0,26,0,0,2010,7,25,14,35,40,0,99,M,d7a032dd2cb41446672cda2bf8b788bf
<x>,<Querschnitts-ID>,<Kamera-ID>,<x>,<Jahr>,<Monat>,<Tag>,<Stunde>,
<Minute>,<Sekunde>,<Geschwindigkeit>,<Fahrzeugklasse>, <Ortskennzeichen>,<verschlüsselte
Erkennungsnummer>
```

Abbildung 3 - ANPR-Rohdaten mit Beschreibung

Die Werte für Geschwindigkeit und Fahrzeugklasse werden nur versorgt, wenn ein Radardetektor an die ANPR-Kamera angeschlossen ist. Zur Ermittlung der Qualitätskennzahlen werden diese Größen jedoch nicht herangezogen. Diese Rohdaten werden in eine Datenbanktabelle (Abbildung 4) importiert, auf der anschließend die Auswertetools arbeiten. Die Einzeldatensätze werden von den Kamerarechnern nicht aggregiert, d.h. jedes detektierte Fahrzeug wird in eine neue Zeile der CSV-Datei geschrieben. Entscheidend für die Ergebnisse der Berechnung ist das Datenübertragungsintervall der Rechner zum Server. Dieses wird vom Infrastrukturbetreiber eingestellt und muss in der Programmkonfiguration der Auswertungstools berücksichtigt werden, da die Prüfverfahren für Verfügbarkeit und Aktualität auf Zeitstempelvergleichen basieren.

CROSSSECTION_ID	CAM_ID	TSTAMP_DATA	SPEED	VEHICLECLASS	TSTAMP_SYSTEM	CAM_INTERVAL	SCAN_INTERVAL	TSTAMP_FILE	DAY_TYPE
11	2	2011-03-15 17:38:18	0	99	2011-03-15 17:44:40	120	12	2011-03-15 17:38:05	2
11	2	2011-03-15 17:38:21	0	99	2011-03-15 17:44:40	120	12	2011-03-15 17:38:05	2
11	2	2011-03-15 17:38:23	0	99	2011-03-15 17:44:40	120	12	2011-03-15 17:38:05	2
11	2	2011-03-15 17:38:25	0	99	2011-03-15 17:44:40	120	12	2011-03-15 17:38:05	2
11	2	2011-03-15 17:38:28	0	99	2011-03-15 17:44:40	120	12	2011-03-15 17:38:05	2
11	2	2011-03-15 17:38:29	0	99	2011-03-15 17:44:40	120	12	2011-03-15 17:38:05	2

Abbildung 4 - ANPR-Datenbank

Erläuterungen zu Abbildung 4:

- CROSSSECTION_ID: ID des Messquerschnitts

- CAM_ID: ID der Kamera am Messquerschnitt
- TSTAMP_DATA: Zeitpunkt der Erfassung eines Fahrzeugs
- TSTAMP_SYSTEM: Zeitpunkt an dem mehrere Datensätze gesammelt in die Datenbank geschrieben werden
- CAM_INTERVAL: Übertragungsintervall von den Kamerarechnern zum Server in Sekunden
- SCAN_INTERVAL: Intervall zum Durchscannen der eingehenden Rohdaten auf dem Server (nur wichtig für die Befüllung der Datenbank)
- TSTAMP_FILE: Zeitpunkt der Erstellung der CSV-Datei am Kamerarechner
- DAY_TYPE: Tagestyp zur Clusterung und Referenzganglinienbildung

Neben den Rohdaten wurden ebenfalls generierte Daten (Reisezeiten) betrachtet. Die Reisezeiten werden aus identischen Kennzeichen an zwei verschiedenen Messquerschnitten ermittelt (Kennzeichenpärchen aus sog. Matching). Im Anschluss wird ein Fahrzeugfolgefilter angewendet um unplausible oder verfälschte Reisezeiten (durch etwaige Zwischenstopps) nicht mit einzubeziehen. Die letztendlichen Reisezeiten wurden zur Verwendung in TrafficIQ ebenfalls in ein Datenbankschema importiert (Auszug siehe Abbildung 5).

FILE_ID	TSTAMP	TRAVELTIME	QUALITY	DAY_TYPE
99FMEN	2010-12-28 17:05:00	0	0	2
FRAHAN	2010-12-28 17:05:00	10	50	2
A9UA9G	2010-12-28 17:05:00	7	83	2
SCHPET	2010-12-28 17:05:00	10	50	2
LUDA92	2010-12-28 17:05:00	5	50	2

Abbildung 5 - Reisezeiten Datenbank

Erläuterungen zu Abbildung 5:

- FILE_ID: IDs der beiden Querschnitte (jeweils die ersten und letzten drei Buchstaben), die den Bereich für die Reisezeit bilden
- TSTAMP: Zeitpunkt der Reisezeit
- TRAVELTIME: Reisezeit in Sekunden
- QUALITY: Qualitätsindex, ist für die Reisezeiten gleichbedeutend mit dem Kriterium ‚Aktualität‘
- DAY_TYPE: Tagestyp zur Clusterung und Referenzganglinienbildung

Der Qualitätsindex (‚QUALITY‘ in Abbildung 5) gibt an, ob genügend aktuelle Reisezeitmessungen vorhanden sind oder ob es notwendig ist zur Wertbildung auf vergangene Zeitintervalle zurückzugreifen. Die verwendete Definition ist in folgender Tabelle 1 dargestellt:

Erstellungsdatum: 16.08.2013	TIQ_Schlussbericht_TUM-VT.docx – partnerspezifischer Schlussbericht – TU München	13 von 33
---------------------------------	---	--------------

<i>Qualitätsindex</i>	<i>Beschreibung</i>
100	Mindestens 6 gültige Reisezeiten in den letzten 5 Minuten
83	Mittelwertberechnung nur durch Reisezeiten der letzten 10 Minuten möglich
75	Mittelwertberechnung nur durch Reisezeiten der letzten 15 Minuten möglich
70	Mittelwertberechnung nur durch Reisezeiten der letzten 20 Minuten möglich
67	Mittelwertberechnung nur durch Reisezeiten der letzten 25 Minuten möglich
64	Mittelwertberechnung nur durch Reisezeiten der letzten 30 Minuten möglich
50	Reisezeit nur aus der Historie ermittelbar
0	Keine Reisezeiten verfügbar

Tabelle 1 - Qualitätsindex für Reisezeiten

Des Weiteren muss in den Auswertetools eine Systemkonfiguration initialisiert werden. In dieser Konfiguration im XML-Format sind alle Messquerschnitte und deren Kameras hinterlegt (siehe Abbildung 6), sowie die Routen zwischen zwei Messquerschnitten, auf die sich die gemessenen Reisezeiten beziehen (Abbildung 7). XML (Extensible Markup Language) ist eine Auszeichnungssprache (wie HTML) die zum Datenaustausch zwischen verschiedenen Systemen sehr gut geeignet ist, da alle Daten und Objekte in reiner Textform dokumentiert werden. Im Verkehrswesen findet sie breite Anwendung. Objekte einer Programmiersprache lassen sich hiermit in hierarchischer Form serialisieren. Die Hierarchie ist im Falle der Systemkonfiguration (vgl. Abbildung 6):

- Systemkonfiguration (sysco)
 - Messquerschnitte (mqqs, Liste aller Messquerschnitte)

- Messquerschnitt (mq), Attribute: Name, monitor (wird überwacht ja/nein), plausi (hier kann eine Plausibilitätsprüfung erfolgen (siehe 3.5), da auch Induktivschleifen vorhanden sind), ID
 - Kamera, Attribute: monitor (wird überwacht ja/nein), plausi (hier kann eine Plausibilitätsprüfung erfolgen (siehe 3.5), da auch Induktivschleifen vorhanden sind), ID

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<sysco>
  <mq>
    <mq name="B471/Größenrieder Str." monitor="true" plausi="false" id="471">
      <Kamera monitor="true" plausi="false" id="5_0" />
      <Kamera monitor="true" plausi="false" id="5_2" />
    </mq>
    <mq name="B13/Schwarzhauptstr." monitor="true" plausi="false" id="SCH">
      <Kamera monitor="true" plausi="false" id="6_0" />
    </mq>
    <mq name="A99 Neuherberg" monitor="true" plausi="true" id="99N">
      <Kamera monitor="true" plausi="true" id="7_0" />
      <Kamera monitor="true" plausi="true" id="7_2" />
    </mq>
    <mq name="A9 Fröttmaning" monitor="true" plausi="true" id="A9F">
      <Kamera monitor="true" plausi="true" id="8_0" />
      <Kamera monitor="true" plausi="true" id="8_2" />
    </mq>
  </mq>
</sysco>
```

Abbildung 6 - Ausschnitt aus der Systemkonfiguration der Kameras

```
<routes>
  <route startId="2A8" monitor="true" endId="A9F" />
  <route startId="471" monitor="true" endId="A8A" />
  <route startId="471" monitor="true" endId="A92" />
  <route startId="471" monitor="true" endId="A9U" />
  <route startId="471" monitor="true" endId="LOH" />
  <route startId="471" monitor="true" endId="LUD" />
  <route startId="99F" monitor="true" endId="99N" />
  <route startId="99F" monitor="true" endId="A8A" />
</routes>
```

Abbildung 7 - Ausschnitt aus der Systemkonfiguration der Routen

Zu versorgende Parameter:

In die Ermittlung der Kennzahlen Verfügbarkeit und Vollständigkeit der Rohdaten geht das Übertragungsintervall der Kamerarechner ein, welches vom Infrastrukturbetreiber festgesetzt wird und in der Konfiguration der Auswertetools parametrisiert werden kann. Im vorliegenden Fall betrug das Übertragungsintervall zwei Minuten.

Für die Reisezeiten ist das Aggregationsintervall entscheidend, welches fünf Minuten betrug. Bei einer Anpassung dieses Intervalls während der Generierung der Reisezeiten, kann es in den Auswertetools ebenfalls angepasst werden.

Verfahrensbeschreibung / Rechenalgorithmus:

Verfügbarkeit

In Abbildung 4 ist ein Ausschnitt aus der den Berechnungen zugrunde liegenden Datenbank abgebildet. Soll z.B. die Verfügbarkeit eines Geräts über den Zeitraum von einem Tag ermittelt werden, so sieht die Ermittlung der Kennzahl wie folgt aus:

- Unterteilung des Tages von 00:00:00 Uhr bis 23:59:59 Uhr in Übertragungsintervalle (2 min), also 00:02:00, 00:04:00, 00:06:00, usw.
- Prüfung, ob in den einzelnen Intervallen mindestens ein Datensatz vorliegt
 - Ja → Kamera im betrachteten Intervall verfügbar
 - Nein → Kamera im betrachteten Intervall nicht verfügbar

Abbildung 8 verdeutlicht dies.

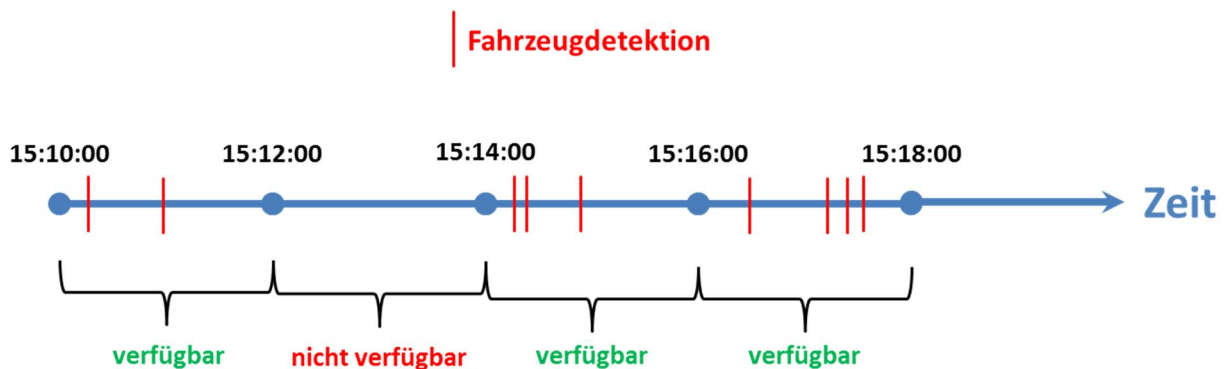


Abbildung 8 - Detail Verfügbarkeitsberechnung

Bei der hier beschriebenen Herangehensweise zeigt sich der Nachteil der oben angesprochenen Blackbox-Problematik: Wenn in einem Betrachtungsintervall kein Fahrzeug durch den Detektionsbereich fährt, muss die Kamera als nicht verfügbar betrachtet werden, obwohl die Technik womöglich funktioniert und nur kein Fahrzeug durchgefahren ist. Nur durch vorliegende Messdaten kann ein Gerät sicher als verfügbar eingestuft werden.

Die Zeitpunkte der Fahrzeugdetektionen (vgl. Abbildung 8) sind in den Eingangsdaten in der Spalte TSTAMP_DATA hinterlegt.

Für die Reisezeiten erfolgt die Ermittlung der Verfügbarkeit analog, wobei in jedem Intervall (in diesem Fall 5 Minuten) geprüft wird, ob eine Reisezeit mit Qualitätsindex > 0 ermittelt wurde. Zum Begriff des Qualitätsindex siehe Tabelle 1.

Vollständigkeit

Das Qualitätskriterium Vollständigkeit ist in dieser Systemsäule als räumliches Aggregat der Verfügbarkeit einzelner Geräte zu verstehen. Die Vollständigkeit drückt aus, wie viel Prozent der Geräte im Gesamtsystem in einem Übertragungsintervall Daten geliefert haben, also verfügbar waren. Die Größe Vollständigkeit kann dann im zeitlichen Verlauf dargestellt werden.

$$V_{Gesamtsys.,Kameras} = \frac{n_{Kameras,verfuegbar}}{n_{Kameras\ im\ System}} * 100 [\%]$$

Die Werte für die Vollständigkeit werden für jedes Intervall nach oben stehender Formel berechnet.

Die Vollständigkeit der Reisezeiten ist ein räumliches Aggregat der verfügbaren Routenreisezeiten im Verhältnis zu allen definierten Routen.

Ausgehende Daten:

Die berechneten Werte für Verfügbarkeit werden in einer XML-Datei gemäß des vom Data Warehouse-Betreiber geforderten Schemas dargestellt, vgl. „availability_timeout_count“ in dem Auszug einer „quality_data_transmission“ in Abbildung 9, welcher sich auf das Intervall von 02:00:00 bis 03:00:00 am 20.09.2011 bezieht. Das Aggregationsintervall der Qualitätszahlen ist variabel, jedoch auf ein Minimum von einer Stunde nach unten begrenzt. Da sich die Berechnung auf das Übertragungsintervall der Kamerarechner stützt (s.o.), welches nur zwei Minuten beträgt, müssen die Einzelwerte der Verfügbarkeit für das größere Aggregationsfenster aufbereitet werden. In Abbildung 9 bedeutet der Wert von 0.7586..., dass in 75.86% der Übertragungsintervalle in der Stunde von ‚2011-09-20 02:00:00‘ bis ‚2011-09-20 03:00:00‘ die Kamera 5_0 („device_id“) Werte geliefert hat, also verfügbar war.

```
<tns:quality_data_set>
<tns:device_id>5_0</tns:device_id>
  <tns:data_set>
    <tns:begin_time>2011-09-20T02:00:00.0</tns:begin_time>
    <tns:time_interval>1H</tns:time_interval>
    <tns:traffic_information_type>QKFZ</tns:traffic_information_type>
    <tns:error_value>-1.0</tns:error_value>
    <tns:availability>
      <tns:availability_timeout_count>0.7586206896551724</tns:availability_timeout_count>
      <tns:availability_timeout>120000.0</tns:availability_timeout>
      <tns:availability_check_location>E</tns:availability_check_location>
    </tns:availability>
    <tns:currentness>
      <tns:currentness_aggregation_time>60.0</tns:currentness_aggregation_time>
      <tns:currentness_system_time>148.23484848484847</tns:currentness_system_time>
    </tns:currentness>
    <tns:completeness>0.5165652467883705</tns:completeness>
    <tns:correctness>0.4166666666666667</tns:correctness>
  </tns:data_set>
</tns:quality_data_set>
```

Abbildung 9 - Auszug aus „Quality Data Transmission“

Das Qualitätskriterium Vollständigkeit („completeness“ in Abbildung 9) bezieht sich wie bereits beschrieben immer auf das Gesamtsystem. Die Kennzahl wird für die Datenübermittlung an das Data Warehouse für jedes einzelne Gerät übernommen, wie in Abbildung 9 z.B. für die Kamera 5_0. Die Vollständigkeit des Gesamtsystems), ist im zeitlichen Verlauf für einen Tag beispielhaft in Abbildung 10 dargestellt.

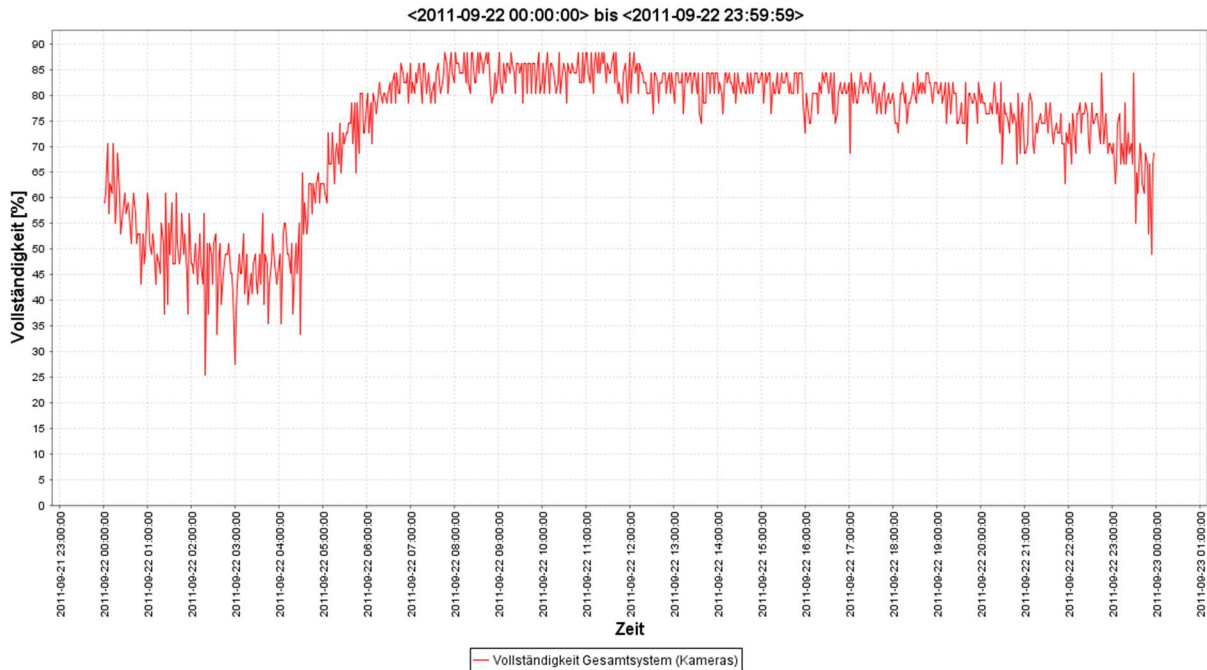


Abbildung 10 - Vollständigkeit Gesamtsystem

Fazit:

Wie bereits angesprochen können aufgrund der Blackbox-Problematik die Vorgänge im Gerät nicht direkt beobachtet werden. Aus diesem Grund ist es notwendig durch Betrachtung der registrierten Fahrzeugdetektionen, also der generierten Dateien, Rückschlüsse auf die Funktionsfähigkeit (im Sinne der Verfügbarkeit) des Gerätes zu schließen. Die explizite Schwierigkeit besteht hierbei darin, dass die Kamerarechner nur Daten senden, wenn im Übertragungsintervall Fahrzeuge detektiert wurden. Der zentrale Dateneingangsserver wird in einem Intervall ohne Detektion auch nicht vom Kamerarechner angesprochen (Ping). Das heißt es ist prinzipiell denkbar, dass eine Kamera voll funktionsfähig ist und auch der Verbindungsweg zum Server nicht abgebrochen ist, und das Gerät trotzdem aufgrund nicht vorhandener Messdaten als nicht verfügbar angezeigt wird. Da die Kameras jedoch größtenteils auf vielbefahrenen Schnell- und Fernstraßen detektieren, kommt dies eher selten vor. Außerdem kann die tatsächliche Verkehrsstärke mit dem später beschriebenen Plausibilitätsmonitor überprüft werden. Damit ist die Berechnung der Verfügbarkeit und Vollständigkeit des Gesamtsystems trotz der angesprochenen Problematik brauchbar. Es hat sich gezeigt, dass bei negativen Witterungsbedingungen für die ANPR-Kameras (z.B. Schneefall) die Verfügbarkeit praktisch ohne Zeitverzögerung abbricht. Es kann davon ausgegangen werden, dass das Verfahren deshalb auch im Falle anderer Störungen vor allem im Onlinemodus zum Monitoring geeignet ist.

3.4 Datenmonitor

Während im Gerätemonitor das Monitoring der Funktionsfähigkeit der Systemkomponenten im Vordergrund steht, liegt im Datenmonitor der Fokus auf der Qualitätsbeurteilung der gelieferten Daten. Die untersuchten Qualitätskennzahlen im Datenmonitor sind:

- Verfügbarkeit
- Vollständigkeit
- Aktualität
- Korrektheit

Aufgrund der oben angesprochenen Nichteinsehbarkeit der Geräte und der impliziten Kopplung der Prüfverfahren an die von den Geräten gesendeten Daten, implementiert der Datenmonitor für die Kennzahlen Verfügbarkeit und Vollständigkeit dieselben Verfahren wie der Gerätemonitor (Abschnitt 3.3). Aus diesem Grund wird auf diese beiden Größen hier nicht weiter eingegangen. Die Kennzahlen Aktualität und Korrektheit sind prozentuale Werte. Mit der Aktualität eines Datums können Verzögerungen entlang der Datenübertragungskette quantitativ bewertet werden. Die Korrektheit ist ein Vergleichsmaß. Es werden hierbei aktuell gemessene Daten mit einer historischen Referenz verglichen, um Aussagen über die Richtigkeit der Datenerhebung machen zu können. Eine stark von der Historie abweichende aktuelle Messung könnte z.B. darauf hindeuten, dass die Detektionsrate aufgrund von Störungen gesunken ist oder eingehende Dateien vom Kamerarechner fehlerhaft sind.

Eingehende Daten:

Für die Ermittlung der Aktualität werden die CSV-Dateien der Kamerarechner und die berechneten Reisezeitdaten verwendet. Für eine Beschreibung dieser Daten und die genau verwendeten Felder wird auf Abschnitt 3.33.3 verwiesen. Für die Korrektheitsprüfung müssen die Daten aufbereitet werden, da das Verfahren auf einem Ganglinienvergleich der Verkehrsstärke, bzw. der Reisezeit beruht. Die Erstellung der Referenzganglinien stützt sich jedoch ebenfalls auf die CSV-Dateien, bzw. Reisezeiten.

Zu versorgende Parameter:

Zur Berechnung der Aktualität muss das Übertragungsintervall der Kameras bekannt sein. Ebenso geht ein frei konfigurierbarer Schwellwert in das Verfahren mit ein. Die Intervallgröße der Referenzganglinien der Verkehrsstärke ist auf fünf Minuten festgesetzt, ebenso bei den Reisezeiten.

Verfahrensbeschreibung / Rechenalgorithmus:

In der Definition des Data Warehouse Schemas für das Qualitätskriterium Aktualität werden Verlustzeitanteile aufgrund von Datenaggregation und -verarbeitung aufgeführt. Zur Erfüllung dieses Schemas werden diese Anteile durch Zeitstempelvergleiche ermittelt. Die Aktualität wird in zwei Untergrößen unterteilt:

- „currentness_aggregation_time“: Verzögerung infolge des Aggregationsintervalls
- „currentness_system_time“: Verzögerung aufgrund des Versendens / der Bearbeitung von Daten

Als Wert für „currentness_aggregation_time“ wird hier für die Data Warehouse Komponente der mittlere Zeitverlust durch die Aggregation der Daten, d.h. die Hälfte des Übertragungsintervalls, also 60 Sekunden verwendet. Die Größe „currentness_system_time“ wird durch einen Zeitstempelvergleich ermittelt. Hierbei wird die Differenz in Sekunden

zwischen der Aufzeichnung des Datums und dem Vorliegen des Datums in der zentralen Auswertedatenbank gebildet, also TSTAMP_SYSTEM – TSTAMP_DATA (vgl. Abbildung 4).

Zur Darstellung einer Qualitätszahl im zeitlichen Verlauf eignet sich jedoch ein prozentualer Wert besser, da er ein absolutes Maß darstellt. Für die graphische Abbildung der Aktualität der ANPR-Rohdaten wurde daher die Annahme getroffen, dass sie im Falle der Verfügbarkeit eines Datums, d.h. wenn ein Datum im betrachteten Übertragungsintervall verfügbar ist, einen Wert von 100% annimmt. Folgt im folgenden Intervall kein aktuelleres Datum nach, so nimmt die Aktualität des vorhandenen Datums im Folgeintervall linear von 100% auf 0% ab (Abbildung 11). Die Größe dieses Folgeintervalls ist frei parametrierbar.

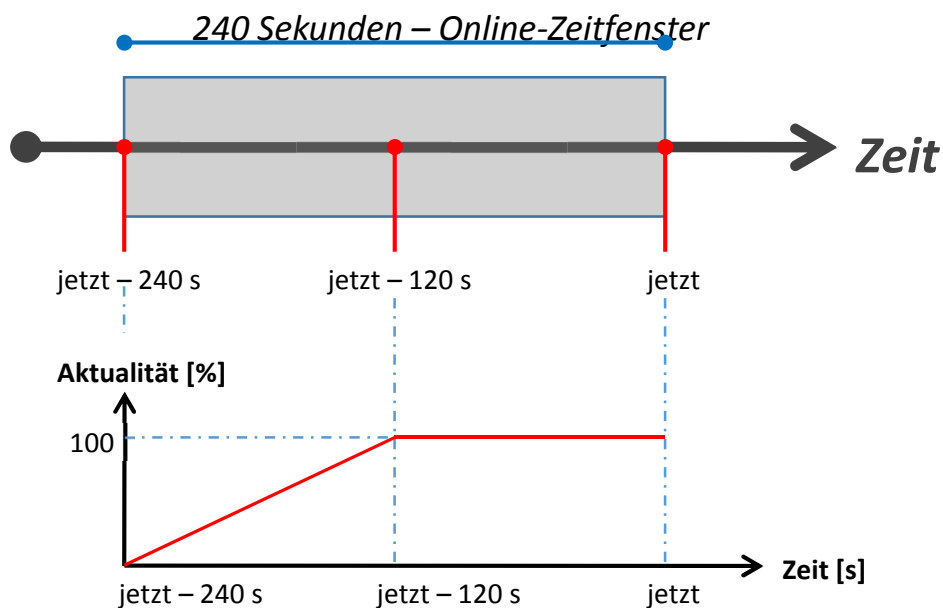


Abbildung 11 - Berechnung der Aktualität für graphische Darstellung

Für die Reisezeiten wird der Qualitätsindex (QUALITY in Abbildung 5, siehe Abschnitt 3.3) als Verfügbarkeit verwendet, da er ein Maß dafür ist, wie weit bei der Ermittlung der Reisezeit in die Vergangenheit gegriffen werden muss.

Die Qualitätskennzahl Korrektheit wird über einen Vergleich mit einer historischen Datenbasis ermittelt. Konkret wird eine aktuelle Tagesganglinie der Verkehrsstärke (analog bei den Reisezeiten) mit einer Referenzganglinie verglichen. Zur Ermittlung der Referenzganglinie wurden die über längere Zeit gesammelten Daten der ANPR-Detektion nach Tagestypen geclustert. Die Einteilung zeigt Abbildung 12:

ID	TYPE
1	MONDAY
2	WEEKDAY
3	FRIDAY
4	SATURDAY
5	SCHOOL_HOLIDAY
6	SCHOOL_HOLIDAY_START
7	SCHOOL_HOLIDAY_END
8	BANK_HOLIDAY
9	BRIDGE_DAY
10	UNDEFINED

Abbildung 12 - Tagestypen für Gangliniencluster

Anschließend wurde für jeden Tagestyp eine Ganglinie durch Mittelwertbildung der Anzahl an Fahrzeugen pro Zeiteinheit berechnet. Als Intervallgröße der Ganglinien wurden fünf Minuten gewählt. Außer dem Mittelwert, der die eigentliche Ganglinie bildet, wurden die Standardabweichungen pro Intervall verwendet um einen Korridor um den Mittelwert herum zu bilden und somit eine realistische Schwankungsbreite der Verkehrsstärke berücksichtigen zu können.

Zur Ermittlung der Korrektheitszahl wird für jedes 5-Minutenintervall geprüft ob die aktuell gemessene Verkehrsstärke im Bereich der Standardabweichung vom Mittelwert der historischen Referenz liegt, vgl. Abbildung 13, Abbildung 14.

Das Vorgehen bei den Reisezeitdaten gestaltet sich hierzu analog.

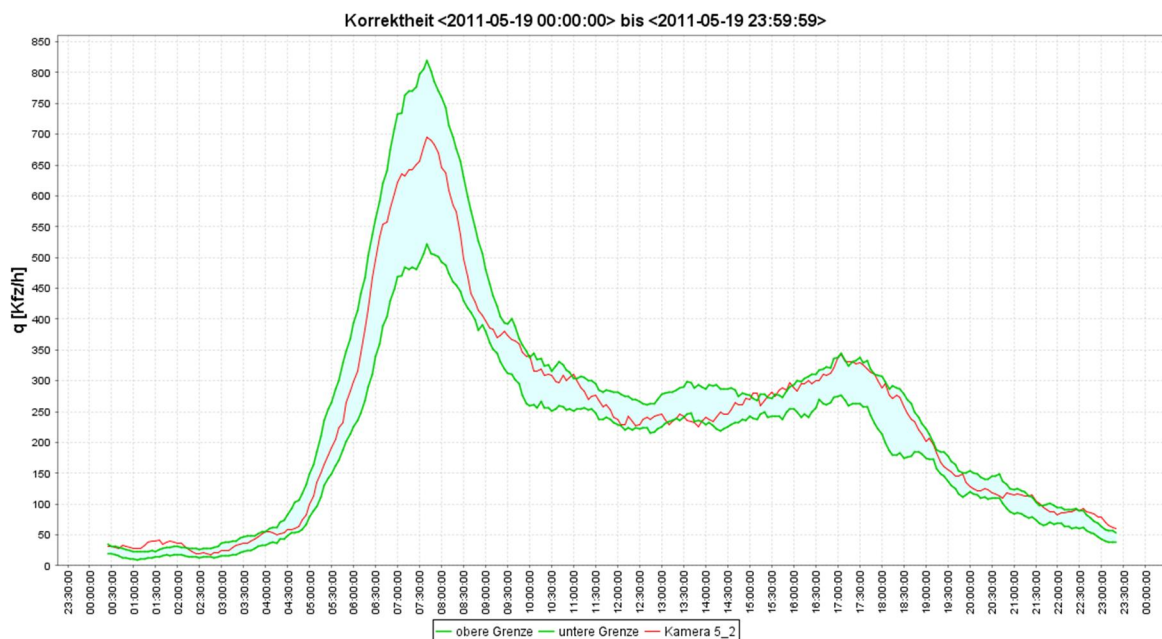


Abbildung 13 - Ganglinienvergleich mit Varianzkorridor

- Korrektheit = 6/9

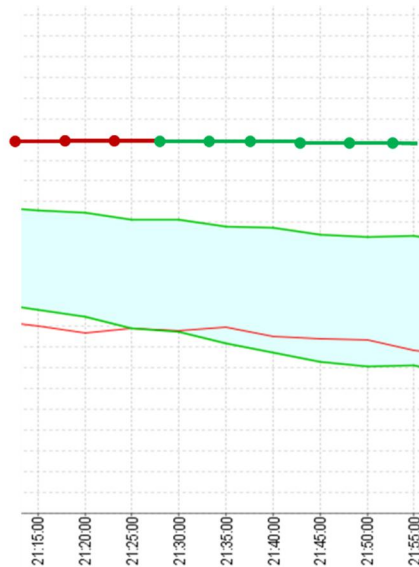


Abbildung 14 - Detail der Korrektheitermittlung

Ausgehende Daten:

Der berechnete Wert der Aktualität und der Korrektheit werden unter dem Tupel „currentness“ und dem Wert „correctness“ (Abbildung 15) in die XML-Datei für das Data Warehouse übernommen.

```
<tns:quality_data_set>
<tns:device_id>5_0</tns:device_id>
  <tns:data_set>
    <tns:begin_time>2011-09-20T02:00:00.0</tns:begin_time>
    <tns:time_interval>1H</tns:time_interval>
    <tns:traffic_information_type>QKFZ</tns:traffic_information_type>
    <tns:error_value>-1.0</tns:error_value>
    <tns:availability>
      <tns:availability_timeout_count>0.7586206896551724</tns:availability_timeout_count>
      <tns:availability_timeout>120000.0</tns:availability_timeout>
      <tns:availability_check_location>E</tns:availability_check_location>
    </tns:availability>
    <tns:currentness>
      <tns:currentness_aggregation_time>60.0</tns:currentness_aggregation_time>
      <tns:currentness_system_time>148.23484848484847</tns:currentness_system_time>
    </tns:currentness>
    <tns:completeness>0.5165652467883705</tns:completeness>
    <tns:correctness>0.4166666666666667</tns:correctness>
  </tns:data_set>
</tns:quality_data_set>
```

Abbildung 15 - Auszug aus „Quality Data Transmission“

Fazit:

Das Verfahren zur Berechnung der Aktualität kann als Erweiterung bzw. Verfeinerung des Kriteriums Verfügbarkeit betrachtet werden, da nicht nur allein das Vorhandensein von Daten überprüft wird, sondern auch eventuelle Verzögerungen entlang der Datenübertragungskette

identifiziert werden. Da es ebenfalls auf Zeitstempelvergleichen basiert, hält sich der Implementierungsaufwand auch hier in Grenzen. Mehr Vorsicht ist bei der Korrektheitsprüfung geboten. Entscheidend für die Richtigkeit des Verfahrens ist eine umfangreiche und aktuelle Datengrundlage zur Referenzgangliniengenerierung. Hier wäre es evtl. denkbar die in Abbildung 12 dargestellte Clusterung um umfeldbezogene Gruppen (Wetterereignisse) zu erweitern, da die Kennzeichenerkennung der Kameras hiervon beeinflusst wird. Infrastrukturelle Veränderungen und Änderungen der Verkehrsnachfrage müssen ebenfalls Berücksichtigung finden. Deshalb sollte die Referenzganglinie für einen Querschnitt oder Fahrstreifen kontinuierlich fortgeschrieben werden und die eingehenden Daten sollten nicht zu weit in die Vergangenheit zurückreichen.

3.5 Plausibilitätsmonitor

Die Plausibilitätsprüfung ist in der Kette der Datenbewertung ein nachgeschaltetes Verfahren und ist der Korrektheitsprüfung sehr ähnlich, jedoch werden die ANPR-Messungen nicht mit der eigenen historischen Referenz verglichen sondern mit aktuellen Messwerten anderer Detektionsverfahren, in diesem Fall Induktivschleifendaten. Das Ziel ist in diesem Fall nicht primär das Aufdecken von Messfehlern oder Ausfällen von Systemkomponenten, sondern vielmehr eine Validierung der vorhergehenden Verfahren zur Qualitätskennzahlenermittlung. Die Plausibilitätsprüfung wird nur auf die ANPR-Rohdaten angewendet, nicht auf die Reisezeiten, da hierfür die Ermittlung der Reisezeiten aus anderen Detektionsarten nötig wäre. Entsprechende Daten lagen nicht vor.

Eingehende Daten:

Auf der einen Seite gehen die bereits beschriebenen CSV-Daten aus dem ANPR-System in das Verfahren mit ein. Zum Abgleich werden Daten der lokalen Induktivschleifendetektion verwendet, deren Rohformat ebenfalls eine (in eine XML-Datei gebettete) CSV-Datei ist. Die Verwendeten Felder sind im Folgenden aufgeführt:

- DataTimestampLOCAL: Intervallstart der Messung (Intervallgröße ist 1 min)
- C_q_Kfz_wert: Kfz-Verkehrsstärke (Anzahl/min)
- C_q_Kfz_status: Gültigkeit der gemessenen/berechneten Größe (Kfz-Verkehrsstärke)

Zu versorgende Parameter:

Der einzige Parameter bei der Plausibilitätsprüfung ist die Intervallgröße für die Aggregation der Detektionen zur Verkehrsstärke. Hier wurden immer fünf Minuten verwendet. Es sind jedoch auch andere Intervallspannen möglich, da man nicht auf eine historische Referenz und deren Intervallgröße angewiesen ist.

Verfahrensbeschreibung / Rechenalgorithmus:

Da die ANPR-Detektionen und die Schleifendetektionen jeweils fahrstreifenfein durchgeführt werden, ist zunächst ein Matching der Schleifen auf die Kameras notwendig. Die Verortungen der Geräte wurden von der Autobahndirektion Südbayern zur Verfügung gestellt. Abbildung 16 zeigt einen Ausschnitt der Zuordnung.

loop_name	cam_name	lane_num
MQ_99_0730_Sbg	29_2	3
MQ_99_0730_Sbg	29_3	2
MQ_99_0924_Lin	29_0	2
MQ_99_0924_Lin	29_1	3
MQ99-070-Sbg_H	7_2	3
MQ99-811-Stg_H	7_0	3
MQ24b-H	28_0	3
MQ24b-H	28_1	2
MQ24G-H	28_2	1
MQ24G-H	28_3	2

Abbildung 16 - Zuordnungen Schleife-Kamera-Fahrstreifen

Aus den Daten der lokalen Induktivschleifendetektion wird – analog zu den Kameradaten – eine Tagesganglinie gebildet, die in 5 Minuten-Intervalle eingeteilt ist. Hierzu wird für jedes Intervall die Anzahl an detektierten Fahrzeugen aggregiert. Die so ermittelten Ganglinien aus ANPR- und Schleifendaten müssen nun mit einem Fehlermaß versehen werden. Als Unähnlichkeitsmaß wurde hier der euklidische Abstand verwendet, der sich für p Punkte der Messreihen i und j nach Abbildung 17 berechnet.

$$\sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

Abbildung 17 - euklidischer Abstand

Die Ganglinien können auch visuell auf Plausibilität überprüft werden. Abbildung 18 und Abbildung 19 geben einen Eindruck von positiver sowie negativer Plausibilitätsprüfung. In beiden Fällen handelt es sich um jeweils einen Fahrstreifen, also um den direkten Vergleich eines gematchten Kamera-Schleifen Paares.

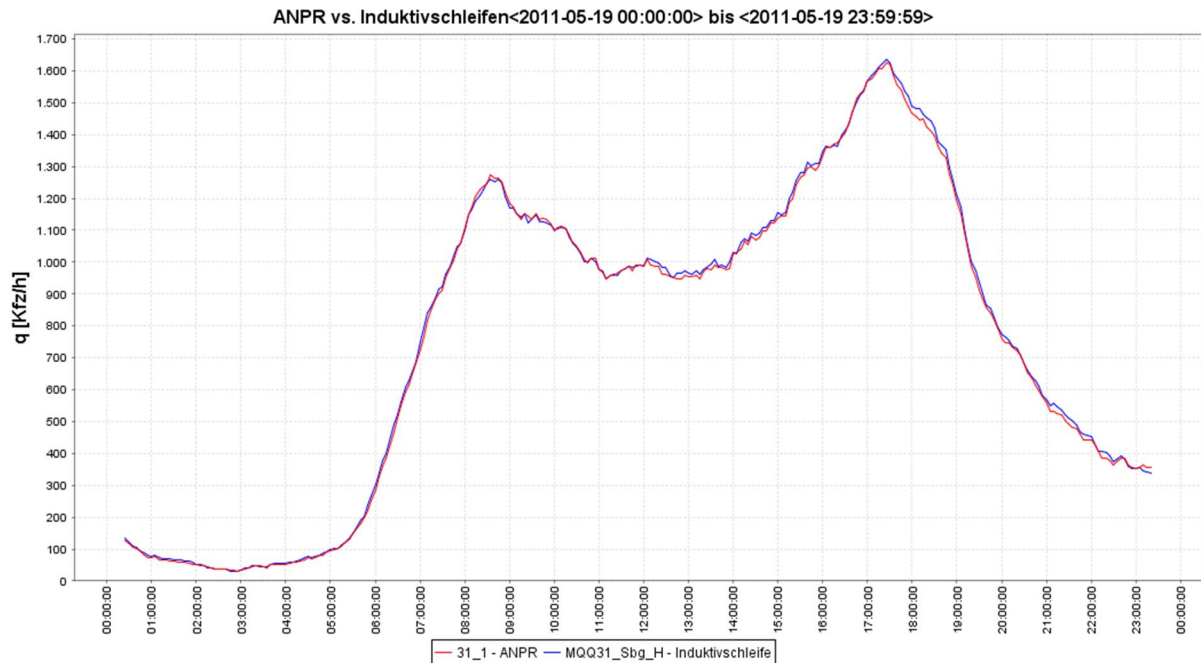


Abbildung 18 - Plausibilitätsprüfung (positiv)

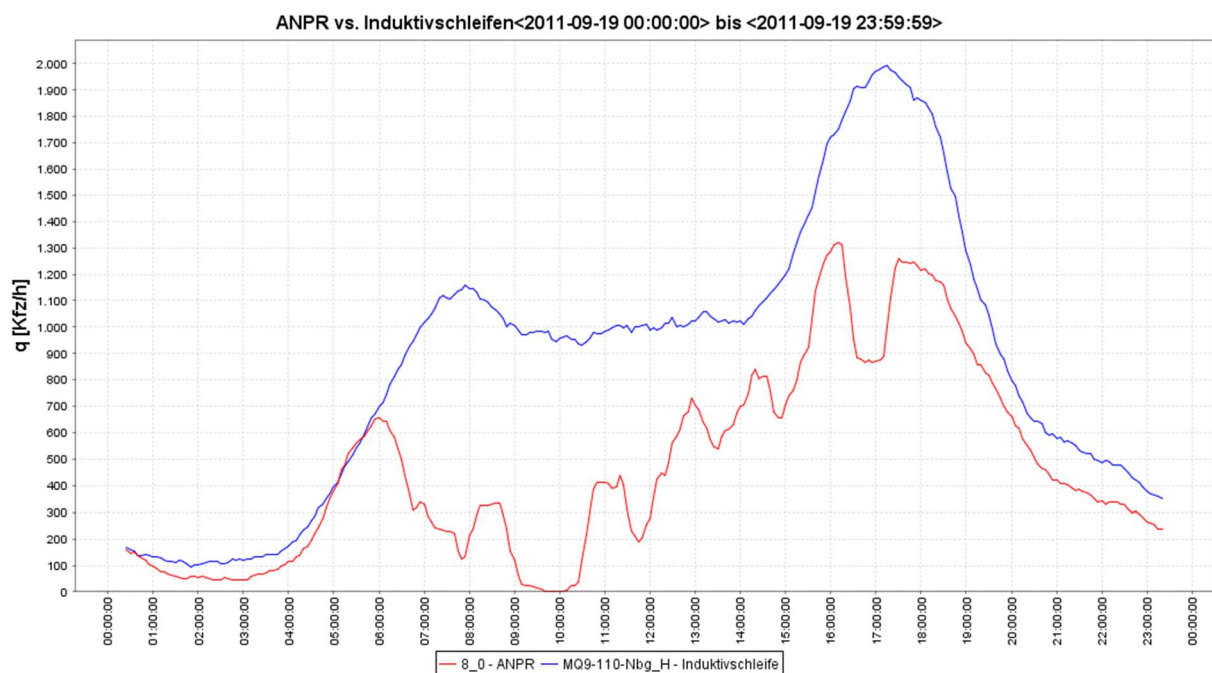


Abbildung 19 - Plausibilitätsprüfung (negativ)

Ausgehende Daten:

Ergebnis der Plausibilitätsprüfung sind Grafiken, die zur subjektiven Interpretation der Plausibilität der ANPR-Daten herangezogen werden können, sowie die Unähnlichkeitsmaße zweier Ganmlinien.

Fazit:

Das vorgestellte Verfahren dient in erster Linie der Plausibilisierung der ANPR-Daten im Hinblick auf deren Verwendung zur Generierung der TIQ-Qualitätskennzahlen. Es kann jedoch darüber hinaus auch zu anderen Zwecken verwendet werden. So ist es z.B. möglich durch Mittelung über große Zeitbereiche die Detektionsrate des betrachteten ANPR-Systems oder einzelner Komponenten zu bestimmen. Außerdem kann der Einfluss der Witterung und Umweltbedingungen auf die Detektionsrate des ANPR-Systems quantitativ erfasst werden. Da die Detektionsrate eines ANPR-Systems im Allgemeinen unter der einer Induktivschleife liegt (im Mittel 85% - 95% der Schleifendetektionen), kann auf eventuelle Systemfehler (bzgl. der Fahrzeugerkennung) in der Kamera oder ungenaue Justierung des Detektionsbereichs geschlossen werden, wenn die Kamera eine höhere Anzahl an Fahrzeugen detektiert. In Abbildung 20 ist ein entsprechender Fall dargestellt.

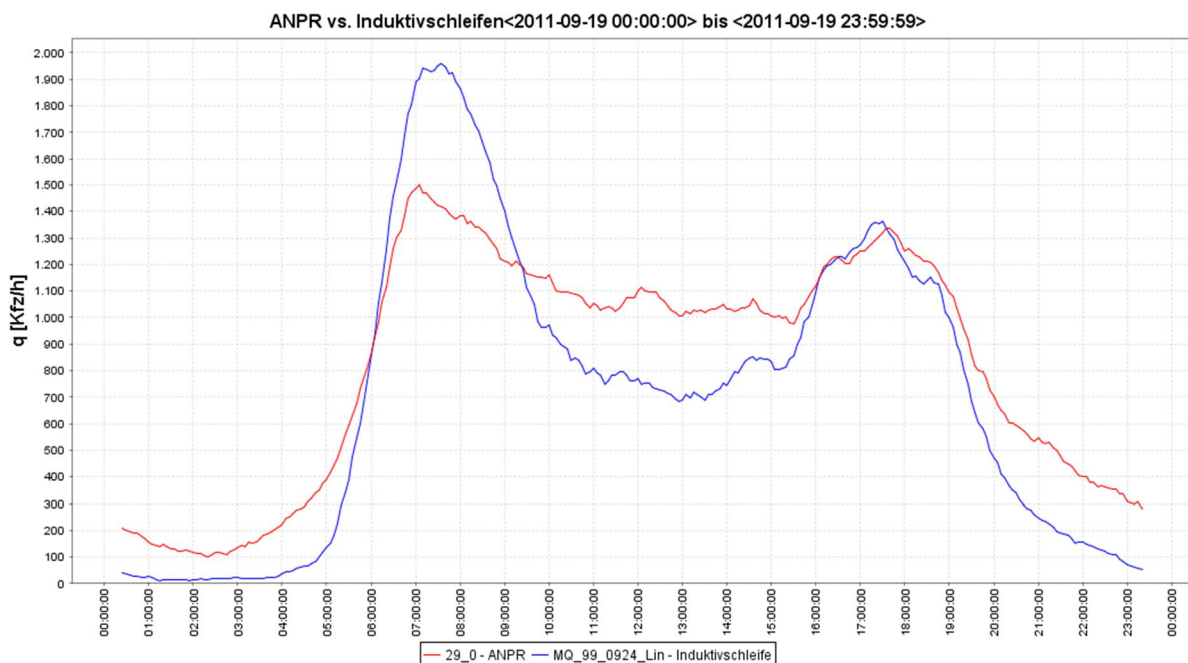


Abbildung 20 – Zeitweilig stark erhöhte Detektionsrate der Kamera

Aufgrund der Robustheit der Schleifendetektion und der teilweise beobachteten sehr genauen Übereinstimmung mit ANPR-Messungen ist davon auszugehen, dass sich das Verfahren in der Praxis bewähren wird.

Der Aufwand der Implementierung ist gering, da nach vollständigem Einpflegen der Datenquellen in die Datenbank eine Ganglinie schnell erstellt werden kann.

Probleme ergeben sich im Verfahren, wenn das Matching von Kameras auf Schleifen nicht korrekt durchgeführt wurde. Außerdem kann ein örtlicher Versatz von Kamera und Schleife dazu führen, dass die Differenzen der Detektionszahlen steigen, obwohl beide Geräte denselben Fahrstreifen detektieren. Dieser Effekt ist auf Fahrstreifenwechsellvorgänge zurückzuführen. Das Problem besteht nicht wenn eine Messung durch Addition der Detektionen mehrerer Geräte am gesamten Querschnitt erfolgt. In diesem Fall können Schleifen und Kameras in weitem Abstand auseinander liegen. Es ist dann jedoch darauf zu

achten, dass zwischen den Detektionsorten keine Zu- oder Abflussmöglichkeiten bestehen, die einen Vergleich bei nicht genau bekannten Verkehrsbeziehungen erheblich erschweren oder unbrauchbar machen würden.

3.6 Systementwicklung und Inbetriebnahme (AP 3.5 und AP 3.10)

Das Testfeld München wurde im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte seit 2006 aufgebaut, finanziert durch die BMW Group, Autobahndirektion Südbayern (ABDS) und das BMWi. 2012 erfolgten die Übernahme und der Umbau durch die ABDS.

In Abbildung 21 ist das ANPR-Netz mit den einzelnen Kamerastandorten abgebildet, wie es in TrafficIQ verwendet wurde. Das Netz besteht aus 22 Messquerschnitten mit jeweils zwei bis vier Infrarotkameras. Die Nutzung des Systems sowie die Datenverarbeitungs- / Verwendungskette zeigt Abbildung 22. Mit Hilfe des ANPR-Kennzeichenerfassungssystemen können Reisezeiten sowohl auf dem Hauptstraßennetz als auch auf den Alternativrouten ermittelt werden. Die Grundlage für die automatisierte Reisezeitmessung entlang einer Route bilden Kennzeichenerfassungsgeräte, die an zwei Messquerschnitten installiert sind. Ein Kennzeichenerfassungsgerät besteht im Wesentlichen aus einer Kamera und einem Rechner, der mit einer speziellen Software und einem GPRS-Kommunikationsmodul ausgestattet ist. Über die GPRS-Verbindung werden die verschlüsselten Daten der erfassten Kennzeichen im in Abschnitt 3.33.3 beschriebenen Format an einen zentralen Datenserver gesendet. Sie bilden die Grundlage für die in den Abschnitten 3.33.3, 3.43.4 und 3.53.5 beschriebenen Verfahren für die ANPR-Rohdaten. In der direkten Weiterverarbeitung der Rohdaten wird auf dem Server überprüft, ob ein Kennzeichen an zwei Messquerschnitten detektiert wurde und ggf. aus den Zeitstempeln die Reisezeit ermittelt. Zusätzlich werden unplausible Datensätze mit einem Fahrzeugfolgefilter ausgefiltert. Anschließend werden die Reisezeiten in fünf-Minuten-Intervallen aggregiert und gehen in dieser Form in die vorgestellten Prüfungsverfahren für Reisezeiten ein.

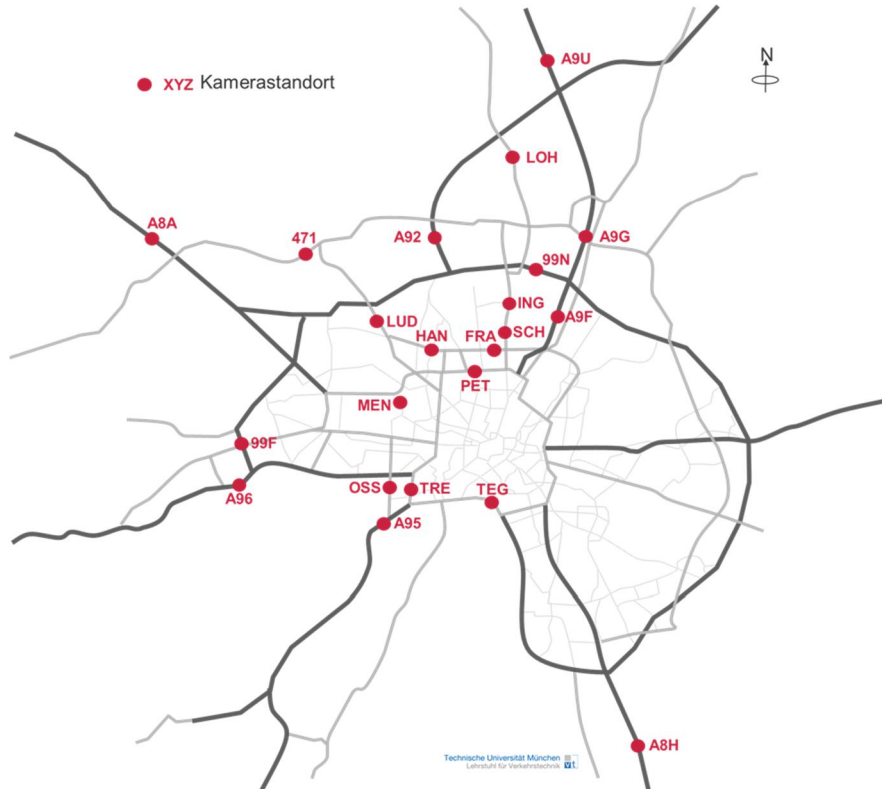


Abbildung 21 - ANPR Testfeld München

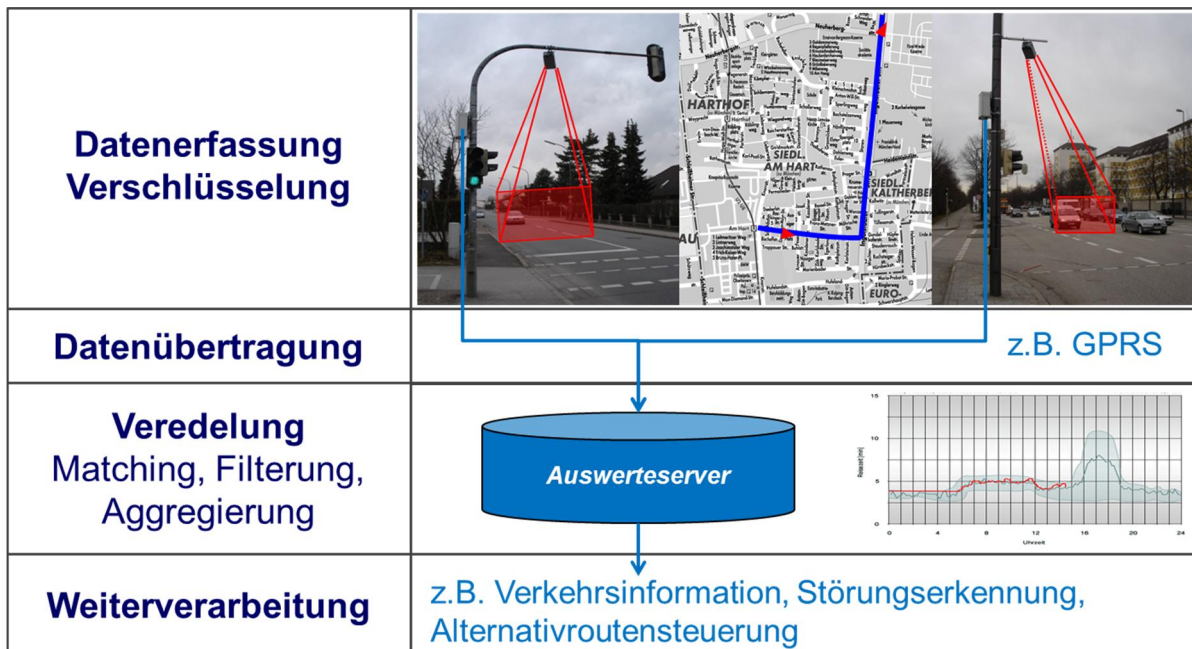


Abbildung 22 - ANPR-Messung und Datenverarbeitung (Bild aus Abschlussbericht „Wiki“)

3.7 Praktische Erfahrungen aus dem Probetrieb (AP 4)

Das ANPR-System war bisher ein reines Forschungssystem. Deshalb wurde der Probetrieb der entwickelten Verfahren bisher nur am Lehrstuhl für Verkehrstechnik der TU München durchgeführt, da der zentrale Datenserver, an den die Detektionsdaten der Kameras gesendet wurden und der zur Berechnung der Routenreisezeiten diente ebenfalls dort betrieben wurde. Erst gegen Ende der Projektlaufzeit erfolgte der Umzug des Servers zum Verkehrsrechenzentrum der Autobahndirektion Südbayern. Bisher konnten dort noch keine umfassenden Praxiserfahrungen gemacht werden. Aufgrund der Erfahrungen mit dem System an der TU München ließen sich jedoch einige Grundaussagen treffen.

Die entwickelte Software zur Generierung der Qualitätskennzahlen läuft stabil und ist in der Lage, die erzeugten Daten gemäß der definierten Schnittstelle an das Data Warehouse zu liefern. Dies gilt sowohl für die ANPR-Detektionsdaten, die die Verkehrskenngröße „Verkehrsstärke“ adressieren, als auch für die berechneten Reisezeiten. Es ist jedoch festzustellen, dass die ANPR-Rohdaten (Detektionen) in wesentlich größerem Umfang vorliegen als die Reisezeiten und somit als Grundlage für die TrafficIQ-Prüfverfahren eine höhere Güte aufweisen. Die schlechtere Qualität der Reisezeiten in Bezug auf die Prüfverfahren macht sich dadurch bemerkbar, dass viele Routen über große Zeitbereiche den Qualitätsindex „0“ oder „50“ haben, was bedeutet dass kein Reisezeitwert vorliegt oder der vorhandene Wert ausschließlich auf historischen Werten basiert. Bezüglich der ANPR-Rohdaten lieferten alle Monitore (Geräte, Daten, Plausibilität) sinnvolle Werte zurück. Vor allem das Monitoring der Geräte im Onlinemodus hat sich als sehr nützlich erwiesen. Auch der Ganglinienvergleich in der Korrektheitsprüfung ließ darauf schließen, dass mit der Clusterung nach Tagestypen, wie sie in Abbildung 12 dargestellt ist, eine gute Grundannahme getroffen wurde. Bei der Plausibilitätsprüfung machte es sich positiv bemerkbar, wenn die Detektionsbereiche von Kamera und Induktivschleife sehr nah beieinander lagen.

Die Übernahme der entwickelten Software in den Regelbetrieb sollte problemlos möglich sein, wobei zur Bedienungsfreundlichkeit evtl. noch Anpassungen erfolgen müssen. Dies betrifft jedoch nur die graphischen Benutzeroberflächen der Auswertungstools und nicht die Hilfsprogramme, welche die automatisch eintreffenden Rohdaten behandeln und in die Datenbank schreiben. Diese Tools laufen bereits auf dem ANPR-Server des Infrastrukturpartners Autobahndirektion Südbayern.

Alle implementierten Verfahren beschränken sich nicht nur auf ANPR sondern können – mit leichten Anpassungen – auf vergleichbare Detektionsarten zur Fahrzeugwiedererkennung (z.B. aus Bluetooth-Daten) angewendet werden.

4 Voraussichtlicher Nutzen, Verwertungsplan

Das wesentliche innovative Element von Traffic IQ ist die durchgängige, detaillierte Prüfung erhobener Verkehrsdaten. Wie bei der Aufgabenstellung bereits beschrieben, hängt der operative und wirtschaftliche Nutzen von Verkehrsmessungen direkt von der Qualität bzw. Richtigkeit der Daten ab. Prüfverfahren wurden auf diese Daten bisher auch angewendet, jedoch waren diese nur rudimentärer Natur. Erst durch das komplexe und datenartübergreifende Benchmarkingverfahren in Traffic IQ – realisiert durch die mehrstufigen Qualitätsmonitore - wird es möglich fundierte Analysen auf Grundlage der Data Warehouse Informationsprodukte durchzuführen. Dieser Mehrwert betrifft drei Hauptgruppen von Beteiligten:

Infrastrukturbetreiber werden in der Lage sein, die Funktionalität der infrastruktureitig installierten Messtechnik zeitlich variabel und qualitativ wesentlich genauer als bisher zu überprüfen. Dieses verbesserte Monitoring adressiert vor allem Investitionsentscheidungen wie bspw. die gezielte Wartung einzelner Komponenten.

Serviceprovider profitieren von der Qualitätssicherung der erhobenen Daten, da sie an unterster Stelle der Wertschöpfungskette hin zu Informationen, d.h. ihren Diensten, stehen, und damit die Qualität dieser Endprodukte wesentlich beeinflussen. Eine versprochene Mindestqualität ist für Serviceanbieter essentieller Bestandteil eines Kundenvertrags und kann mit einer geprüften Datengrundlage besser garantiert werden.

Verkehrsteilnehmer befinden sich am Ende des Informationsflusses und sind damit die Konsumenten der Information, die von Infrastrukturbetreibern und Serviceanbietern geliefert wird. Als Teilnehmer im gesteuerten und geleiteten Verkehr und Kunden von bspw. Pre-Trip und On-Trip Informationen profitieren sie ebenfalls von der Güte der Datengrundlage, was sich durch kürzere Reisezeiten und verminderten Kraftstoffverbrauch bemerkbar machen könnte.

5 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Während der Projektlaufzeit wurden keine Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen bekannt.

6 Veröffentlichungen von Projektergebnissen

Die Ergebnisse der TU München und des gesamten Projekts wurden einem geladenen Fachpublikum im Rahmen der Traffic IQ-Abschlussveranstaltung (21. Februar 2013, Straßen NRW) dargestellt.

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Projektstruktur	5
Abbildung 2 - Kameras im ANPR-Testfeld München.....	10
Abbildung 3 - ANPR-Rohdaten mit Beschreibung	12
Abbildung 4 - ANPR-Datenbank	12
Abbildung 5 - Reisezeiten Datenbank	13
Abbildung 6 - Ausschnitt aus der Systemkonfiguration der Kameras.....	15
Abbildung 7 - Ausschnitt aus der Systemkonfiguration der Routen	15
Abbildung 8 - Detail Verfügbarkeitsberechnung.....	16
Abbildung 9 - Auszug aus „Quality Data Transmission“	17
Abbildung 10 - Vollständigkeit Gesamtsystem.....	18
Abbildung 11 - Berechnung der Aktualität für graphische Darstellung	20
Abbildung 12 - Tagestypen für Gangliniencluster	21
Abbildung 13 - Ganglinienvergleich mit Varianzkorridor	21
Abbildung 14 - Detail der Korrektheitsermittlung.....	22
Abbildung 15 - Auszug aus „Quality Data Transmission“	22
Abbildung 16 - Zuordnungen Schleife-Kamera-Fahstreifen	24
Abbildung 17 - euklidischer Abstand.....	24
Abbildung 18 - Plausibilitätsprüfung (positiv)	25
Abbildung 19 - Plausibilitätsprüfung (negativ).....	25
Abbildung 20 – Zeitweilig stark erhöhte Detektionsrate der Kamera	26
Abbildung 21 - ANPR Testfeld München.....	28
Abbildung 22 - ANPR-Messung und Datenverarbeitung (Bild aus Abschlussbericht „Wiki“)	28