

# Standardisierung der Schnittstellen von Lichtsignalanlagen

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 116

**bast**

# Standardisierung der Schnittstellen von Lichtsignalanlagen

hier:

**Zentralrechner/Knotenpunktgerät  
und  
Zentralrechner/Ingenieurarbeitsplatz**

von

Axel Kroen  
Michael Klod  
Uwe Sorgenfrei

SSP Consult — Beratende Ingenieure GmbH  
Bergisch Gladbach

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 116

**bast**

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

- A - Allgemeines
- B - Brücken- und Ingenieurbau
- F - Fahrzeugtechnik
- M- Mensch und Sicherheit
- S - Straßenbau
- V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BAST-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

## **Impressum**

**Bericht zum Forschungsprojekt 77.437/1999:** Standardisierung der Schnittstellen von Lichtsignalanlagen, insbesondere Zentralrechner/Knotenpunktgerät und Zentralrechner/Ingenieurarbeitsplatz -

### **Projektbetreuung**

Fritz Bolte  
Ralf Meschede

### **Herausgeber**

Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 04) 43 - 0  
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

### **Redaktion**

Referat Öffentlichkeitsarbeit

### **Druck und Verlag**

Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven  
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0  
Telefax: (04 71) 9 45 44 77  
Email: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

ISSN 0943-9331  
ISBN 3-86509-166-0

Bergisch Gladbach, Oktober 2004

## Kurzfassung – Abstract

### **Standardisierung der Schnittstellen von Lichtsignalanlagen**

Systeme und Geräte der Straßenverkehrstechnik, insbesondere zur städtischen LSA-Steuerung, haben bisher keine offen gelegten Schnittstellen, die einen bundesweit standardisierten Aufbau von herstellergemischten Lichtsignalsteuerungssystemen erlauben. Als Reaktion auf die Forderung vieler LSA-Betreiber nach einem funktionellen Zusammenwirken der uneinheitlichen Systeme entwickeln und spezifizieren die ODG, der OCA e. V., die OTEC und der VIV e. V. offene Schnittstellen für Systeme und Komponenten der Straßenverkehrstechnik (Open Communication Interface for Traffic Control Systems – OCIT). Für die von diesen Interessengruppen initiierte und begonnene Erarbeitung von Schnittstellenstandards hat die BAST im Auftrag des BMVBW die Gesamtmoderation übernommen. Sie wird hierbei durch die Forschungsarbeiten im FE-Projekt 77.437/1999 unterstützt, dessen Ziele hauptsächlich in der neutralen Moderation (Konsensschaffung), der Organisation und Dokumentation der erreichten Standardisierungsstufen, der Zusammenstellung der erarbeiteten Schnittstellendefinitionen und der fachlichen Begleitung von Labortests liegen. Im Ergebnis liegen die ersten offen gestalteten Schnittstellen, OCIT-Outstations zur Vernetzung von Zentralen und Feldgeräten und die OCIT-Instations zur Ankopplung der verkehrstechnischen Basisversorgung via Verkehrsingenieurarbeitsplatz vor. Analysen an diesen Schnittstellenspezifikationen ergaben keine signifikanten Auffälligkeiten, die auf eine Verhinderung der angestoßenen Standardisierungsentfaltung schließen lassen. Die Erkenntnisse aus den Labortests verdeutlichen, dass der erste Schritt zur Realisierung von OCIT-Geräten erfolgreich absolviert wurde. Neben den Schnittstellendefinitionen wurden des Weiteren ergänzende Hinweise und Textvorschläge für OCIT-Ausschreibungen erarbeitet. Der Schlussbericht zum FE 77.437/1999 enthält ein Vademekum (Leitfaden), um den Einstieg in die Thematik von OCIT primär für Anlagenbetreiber zu erleichtern.

Der Originalbericht enthält als Anlagen eine u. a. Dokumentationen der Schnittstellen (D: OCIT-Outstations, E: OCIT-Instations, F: OCIT-Ausschreibung). Auf den Abdruck dieser sehr umfangreichen

Anlagen wurde in der vorliegenden Veröffentlichung verzichtet. Sie liegen bei der Bundesanstalt für Straßenwesen auf CD vor und können kostenlos angefordert werden.

### **Standardisation of interfaces for light-signal systems**

Traffic systems and devices, in particular those designed for controlling urban light-signal systems (Lichtsignalanlagen – LSA), have hitherto not had open interfaces which would enable the development of nationally standardised light-signal control systems from different manufacturers. In response to the call by many LSA operators for non-standardised systems to function in combination, ODG, OCA e. V., OTEC and VIV e. V. are developing, and drawing up specifications for open interfaces for traffic systems and components (Open Communication Interface for Traffic Control Systems – OCIT). Under commission to the Federal Ministry of Transport, Building and Housing (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen – BMVBW), the BAST has assumed overall coordination of the drawing up of interface standards, which had originally been initiated and begun by the above interest-groups. The BAST is supported in this by the research work carried out in FE project 77.437/1999, the aims of which are mainly concerned with neutral coordination (creating consensus), organisation and documentation of the levels of standardisation attained, the bringing together of the interface definitions which have been drawn up, and the technical support of laboratory tests. The work has resulted in the first open interfaces, OCIT outstations to network control centres and field devices and OCIT in-stations to link up the basic supply of traffic technology via the traffic engineer's workplace. Analyses of these interface specifications did not show any significant conspicuous developments which could have hindered the development of standardisation which has been initiated. The results from the laboratory tests showed that the first step towards implementing OCIT devices had been successful. As well as the interface definitions, supplementary information and text proposals were drawn up for

OCIT invitations to tender. The final report on FE 77.437/1999 contains a vade mecum (guide) in order to make it easier to become acquainted with the subject of OCIT, primarily for system operators.

The appendices to the original report contain inter alia documentation of the interfaces (D: OCIT-Outstations, E: OCIT-Instations, F: OCIT invitation to tender). These very extensive appendices have been omitted from this publication. They are contained on CD at the Federal Highway Research Institute (Bundesanstalt für Straßenwesen) and may be ordered there free of charge.

## Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	13	4.5.1	Gruppierungen .....	42
<b>1 Einleitung</b> .....	13	4.5.2	Tätigkeitsfelder der OCIT-Gruppen im Standardisierungsprozess .....	43
<b>2 Ausgangssituation und Aufgabenstellung der Forschungsarbeit</b> .....	14	4.5.3	Modus der Kooperation .....	45
<b>3 Inhalt, Gliederung und Ziel- setzung des Schlussberichtes</b> .....	14	<b>5 Bericht zu (funktionalen) Schnitt- stellentests im Laboraufbau</b> .....		48
<b>4 Ergebnisstand September 2002 der Standardisierung offener Schnitt- stellen der Straßenverkehrstechnik im Bereich von Lichtsignalanlagen (Vademekum)</b> .....	17	5.1	Zielsetzung der Labortests .....	48
4.1 Entwicklungsanforderungen an eine offene Schnittstelle für Lichtsignalanlagen .....	17	5.2	Erarbeitung eines Testprocederes .....	48
4.1.1 Allgemein gültige Anforderungen an offene Schnittstellen .....	17	5.3	Laboraufbau zur Testdurchführung .....	49
4.1.2 Allgemeine (funktionale) Anforde- rungen an offene Schnittstellen für Geräte der Straßenverkehrs- technik im Bereich von Licht- signalanlagen .....	17	5.4	Erkenntnisse aus den Labortests .....	50
4.1.3 Schnittstellenrelevante Richtlinien, Merkblätter und Forschungs- projekte .....	20	<b>6 Fachliche Einordnung und Aus- blick der Standardisierung</b> .....		51
4.1.4 Beispiele schnittstellenrelevanter Entwicklungen in der Kommunika- tions- und Verkehrstechnik .....	21	6.1	Konkludenz zu technologisch innovativen Entwicklungs- prozessen .....	51
4.2 Hinweise zur Standardisierung einer offenen Schnittstelle der Verkehrstechnik, insbesondere für Lichtsignalanlagen .....	25	6.2	Stringenz im Entwicklungsprozess einer offenen Schnittstelle in der Straßenverkehrstechnik .....	54
4.2.1 OCIT-Systemkonzeption .....	25	6.3	Konsens zum Standardisierungsprozess .....	55
4.2.2 Externe Systemzugänge .....	26	6.3.1	Realisierungsstrategie .....	55
4.2.3 Aufbau und Anwendungsbereiche der OCIT-Schnittstellen .....	26	6.3.2	Abgestimmte Realisierungs- schritte der Standardi- sierungsgruppe .....	56
4.2.4 Datenbeschreibungssprache XML .....	27	6.4	Potenziale (Perspektiven) der OCIT- Schnittstellen bei Einsatz von Daten- und Prozessmodellen .....	57
4.3 Aktueller Ergebnisstand der OCIT- Entwicklungstätigkeiten .....	28	6.4.1	Abwägung von objektorientierter contra prozeduraler Programmierung .....	57
4.3.1 OCIT-Outstations .....	28	6.4.2	Anwendungsfall OCIT- Innovationsprozess .....	59
4.3.2 OCIT-Instations .....	37	<b>7 Zusammenfassung</b> .....		60
4.4 Rechtliche Aspekte .....	41	<b>Danksagung</b> .....		61
4.5 Organisationsformen .....	42	<b>Literatur- und Dokumentenverweise</b> .....		62

Dem Originalbericht liegen folgende Dokumente bei:

#### **Bislang unveröffentlichte Dokumente**

- Übersicht zu allen begleiteten Sitzungen/Veranstaltungen
- Protokolle der OCIT-Gruppen-Meetings
- Protokolle zu den internen OCIT-Arbeitskreis-Sitzungen
- Protokolle zu den Arbeitskreissitzungen „Aus-schreibung
- Protokolle zu den Sitzungen der Betreuungsgruppe bei der BAST
- ODG: Protokoll „Vorbereitung Demo der Konformitätstests“, am 05.07.2002
- Protokolle zu den Labortests am 22.08.02 in Köln und München
- ODG: „Wie testet die ODG?“, PowerPointpräsentation vom 22.08.02
- ODG: OCIT-Outstations-Lichtsignalsteuergeräte-V1.0-Konformitätsprüfung Version 1.3
- Testsuite zum Labortest am 22.08.02 in Köln zwischen STOYE-Zentrale und Siemens-Steuergerät
- Testsuiten zum Labortest am 22.08.02 in München zwischen Siemens-Zentrale und Siemens-, Signalbau-Huber, STOYE- und Stührenberg-Steuergeräten
- OTEC: OCIT instation VI für Lichtsignalsteuerung, VT-Basisversorgungsdaten Version 1, 15.11.2001 – Lizenzvereinbarungen und Nennung des Interessenzwecks
- OCA e. V.: Protokoll zum Workshop OCIT-AP3 am 07.05.02 in Frankfurt
- Präsentationsfolie von SSP Consult Beratende Ingenieure GmbH zur Informationsveranstaltung in Graz

#### **Dokumente, die frei über das Internet zugänglich sind**

Anmerkung: Zitiert wird die bei Erstellung des Originalberichts verfügbare Version. Auf den nachfolgend beschriebenen Webseiten können aktuellere Fassungen angeboten werden.

#### **OCIT-round-table-Webseite (<http://www.ocit.org/roundtable/>):**

- Memorandum of Understanding
- Alle aktuellen Protokolle zu den OCIT-Plenums und OCIT-Steuergrremiumssitzungen initiiert durch das Forschungsprojekt 77.0466/2002 „Vereinheitlichung und praktische Erprobung offener Schnittstellen für Geräte der Straßenverkehrstechnik“ als offizieller Nachfolger des Forschungsprojektes 77.437/1999

#### **ODG-Webseite (<http://www.ocit.org/>):**

- ODG: OCIT-Outstations – Einführung in das System OCIT-O System V1.0
- ODG: OCIT-Outstations-Protokoll V1.0 – Regeln und Protokolle
- ODG: OCIT-Outstations-Basis V1.0 – Basisdefinitionen für Feldgeräte
- ODG: OCIT-Outstations-Lstg V1.0 – Lichtsignalsteuergeräte
- ODG: OCIT-Outstations-Profil 1 V1.0 – Profil 1 Übertragungsprofil für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen auf festgeschalteten Übertragungswegen
- ODG: Nutzungsvereinbarung „OCIT-Outstations für Lichtsignalsteuergeräte Version 1“

#### **OTEC-Konsortium-Webseite (<http://www.otec-konsortium.de/>):**

- OTEC: OCIT instation VI für Lichtsignalsteuerung, VT-Basisversorgungsdaten Version 1, 15.11.2001 – Beschreibung der Schnittstelle

#### **VIV-Webseite (<http://www.viv-ev.de/>):**

- Publikation von OCIT-AK-Ausschreibung: OCIT-Ausschreibung (Teil 1 und Teil 2), Version 1.2 vom 10.05.02

## Verzeichnis der Abkürzungen

Kürzel	Langtext	Herkunft	Kürzel	Langtext	Herkunft
ASCII	American Standard Code for Information Interchange		LV	Leistungsverzeichnis	
BEFA-15	Schnittstelle zum Verkehrsrechner	Siemens	MAN	Metropolitan Area Network	
bps	bits per second (= bit/s)		MNP4	Fehlersicherungsprotokoll	ITU-T
BTPPL	Basis Transport Paket Protokoll Layer	OCIT-Outstati-	MNP5	Datenkompressionsprotokoll	ITU-T
ons			NTCIP	National Transportation Communications for ITS Protocol	
CRC	Cyclic Redundancy Check, zyklische Blockprüfung		OCIT	Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems	ODG
CWA	europäische Fachvereinbarungen (GEN Workshop Agreement)		OSI	Open Systems Interconnect	ITU-T
DCF77	Langwellensender der dt. Telekom AG		PAS	Publicly Available Specification (öffentlich verfügbare Spezifikation)	
DN	Domain Name		PPP	Point to Point Protocol	Internet
DNS	Domain Name Service		RFC	Request for Comment (= Arbeitspapiere, Protokoll-Spezifikationen od. Kommentare zu Netzwerk-Themen)	Internet
FE	Forschungs- und Entwicklungsvorhaben		RIPID	Ringpuffer ID	OCIT-Outstati-
FTP	File Transfer Protocol		ons		
HDLC	High Level Data Link Protocol	ISO	SHA-1	Secure Hash Algorithm	Internet
http	Hypertext Transfer Protocol		TCP	Transmission Control Protocol	RFC 793 (Internet)
IP	Internet Protocol	RFC 791 (Internet)	TELIS		
IPCP	Internet Protocol Control Protocol	Internet	TLS	Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen	
ISO	International Organization for Standardization		UDP	User Datagram Protocol – low end transport service	Internet
ITS	Intelligent Transportation Systems		V.xx	Standards der ITU-T (International Telecommunications Union), früher CCITT	
ITU-T	International Telecommunications Union (früher CCITT)		VSR	Verkehrsrechner oder -Zentrale	
LAN	Local Area Network				
LB	Leistungsbeschreibung				
LCP	Link Control Protocol	Internet			



Kürzel	Langtext	Herkunft
W3C		World Wide Web Consortium
WAN	Wide Area Network	
WWW	World Wide Web	
XDR	External Data Representation	
XOR	Exclusive OR, exclusive ODER-Verknüpfung	
XML	herstellerunabhängige Auszeichnungssprache, mit der u. a. eine Schnittstellenbeschreibung verteilter Applikationen realisiert werden kann (spezifiziert durch W3C, ⇒HTML)	Internet

## Glossar

### Analysedaten

Ausgewählte Daten des -> Lichtsignalsteuergerätes, die zur Analyse des Verkehrsgeschehens dienen. Analysedaten werden in der Zentrale je nach Analysezweck unterschiedlich behandelt, z. B. gespeichert und offline analysiert oder einer Quasi-online-Analyse unterzogen (in kurzen Zeitabständen).

Analysedaten sind z. B.: Phasenübergänge, Messwerte, Variable, Signalgruppenzustände.

### Archive

In Archiven werden vorgegebene Daten des -> Lichtsignalsteuergerätes, die zur Dokumentation von -> Betriebszuständen bzw. zur allgemeinen Zwischenspeicherung von -> dynamischen Werten dienen, gesammelt. Das Speicherformat (Bereitstellungsformat) kann vom Format der einzelnen Daten abweichen, um damit eine Datenkomprimierung zu erreichen.

Archive werden sowohl in der Zentrale als auch in den Geräten geführt. In den Geräten geführte Archive können von der Zentrale gelesen werden.

Die Anzahl der Archive ist gerätespezifisch. Bestimmte Archive sind für OCIT-Outstations obligatorisch.

Für Archive können Einschränkungen definiert sein, die festlegen, welche Typen von dynamischen Werten abgelegt werden können.

Archive: Betriebstagebücher für Betriebszustände, Signalsicherung, Störungen, ÖPNV-Archiv, Messwertarchive u. a.

### Dynamische Werte

Überbegriff für ausgewählte interne Variablen des Lichtsignalsteuergerätes, wie Betriebszustände, Messwerte, Variablen, Phasenübergänge, Signalgruppenzustände usw.

### Befehle

Befehle gehen von der Zentrale aus und veranlassen das -> Lichtsignalsteuergerät zu bestimmten Aktionen. Auch Abfragen und Änderungen von Daten sind Befehle.

Kann ein Befehl nicht ausgeführt werden, weil er nicht prior ist oder ein anderer Grund vorliegt, wird eine entsprechende -> Fehlermeldung für die Zentrale generiert.

### Befehlsquellen

Befehlsquellen sind unterschiedliche Verursacher der Befehle für die Wahl des -> Signalprogramms oder der -> Betriebsart.

### Betriebsart

Eine Bezeichnung für bestimmte Arten der Steuerung (z. B. lokal, zentral) oder eines Zustandes, wie z. B. Ein, Aus, Störung.

### Betriebszustand

Eine Bezeichnung für einen Zustand, wie z. B. Ein, Aus, Störung. Oft auch als -> Betriebsart bezeichnet.

### Container

Ein Container ist ein OCIT-Basisobjekt, mit dessen Hilfe Dateien mit in OCIT nicht festgelegtem Inhalt transportiert werden, wie z. B. herstellereigene Versorgungsdaten. Die Containergröße ist abhängig vom eingesetzten Protokoll (TCP oder UDP).

### dezentrale Architektur

hier: Der Aufbau der Feldgeräte ist für einen autarken Betrieb (ohne regelmäßig eingreifende Steuerung durch die Zentrale) ausgelegt.

### Ein/Ausschaltbilder

Eine Signalisierungsfolge, über die ein Gerät von Aus nach Ein in das gewünschte Signalprogramm wechselt oder von Ein nach Aus wechselt, wobei der Signalisierungszustand Aus durch ein Bild der Signalisierungsfolge bestimmt wird.

### Fehlermeldung

Im Gegensatz zu Störungen (-> Störungsmeldung) sind Fehler nicht durch einen technischen Defekt bedingt, sondern Fehler in der Versorgung oder Bedienung des Feldgerätes.

Versorgungsfehler: Verletzung einer Zwischenzeit. Derartige werden bei modernen Geräten automatisch erkannt; führt aber zu einer Fehlermeldung.

Bedienungsfehler: nicht ausführbarer Befehl. Eine entsprechende Meldung erscheint als Rückgabewert des Befehles. Im Rückgabewert ist zusätzlich abgelegt, aus welchem Grund der Befehl nicht ausführbar ist.

### Feldgerät

Ein auf der Straße (im Feld) installiertes Gerät, das Aufgaben der Verkehrsüberwachung oder -steuerung

ausführt und das über eine Kommunikationseinrichtung mit einer -> Zentrale verbunden ist. Feldgeräte beinhalten als Obergruppe die -> Lichtsignalsteuergeräte.

### Intelligentes (LSA-)Steuergerät

Intelligente Geräte mit leistungsfähigen Prozessoren, die komplexe Verkehrsabhängigkeiten lokal beherrschen und zudem Messwerte in geeigneter Weise aggregieren (Aufarbeiten der rohen Detektorwerte).

### Knotenpunkt

auch: Kreuzung, Knoten

Sammelbegriff für die unterschiedlichsten Formen von Straßenkreuzungen, d. h. auch Kreisverkehre.

Ein Lichtsignalsteuergerät kann mehrere Knotenpunkte steuern. Es ist auch möglich, dass mehrere Lichtsignalsteuergeräte einen Knotenpunkt steuern.

### Lichtsignalanlage

auch: Lichtzeichenanlage (RiLSA), Anlage, Signalanlage, LSA. Sie gehören laut StVO zu Verkehrseinrichtungen und haben die Aufgabe der Regelung des Verkehrs mittels Lichtzeichen an -> Knotenpunkten. Ihre Lichtzeichen geben Vorrangregeln, Verkehrsschilder und Markierungen vor.

Zu einer LSA gehören alle Teile die im Kreuzungsbereich installiert werden, also Lichtsignalsteuergeräte, Maste, Signalgeber, Verkehrserfassungseinrichtungen sowie die gesamte elektrische Installation.

### Lichtsignalsteuergerät

-> Feldgerät zur Steuerung von Lichtsignalen

### Meldungen

Meldungen sind Ereignisse, die vom -> Feldgerät an die Zentrale gemeldet werden und abhängig von der Art des Ereignisses dieses genauer spezifizieren. Nur konfigurierte Ereignisse generieren eine Meldung.

### Messwerte

Messwerte sind von der Sensorik gelieferte Daten, die als Originalwert oder vorverarbeitet eine Aussage über das Verkehrsgeschehen darstellen. Messwerte werden von Schleifen, Infrarot- und anderen Detektoren sowie Tastern geliefert.

### OCIT-Systemzugang

OCIT-konforme Schnittstelle in der Zentrale, an der Werkzeuge für Versorgung oder Service angeschlossen werden können, die darüber Zugang zu den Feldgeräten erhalten.

### ÖPNV-Archiv

In das ÖPNV-Archiv werden die -> ÖPNV-Telegramme, ergänzt mit Werten aus dem Steuergerät, archiviert. Es enthält die -> ÖPNV-Telegramme, ergänzt um Umlaufsekunde, Signalplan-Nr., Phase/Phasenübergang, Fahrzeit, Rot- u. Grünende.

### ÖPNV-Telegramm

auch: ÖV-Telegramm

Standard-Telegramm nach R09-xx Aufbau.

Ein ÖPNV-Telegramm besteht aus folgenden Einträgen:

- Datum, Uhrzeit, Melde-, Linien-, Kurs- und Routennummer, Priorität, Zuglänge, Richtung, Fahrplanabweichung.

### Parser

Der Parser stellt einer Anwendung ein Dokument aufbereitet und zur Weiterverarbeitung zur Verfügung

### Peer-to-Peer-Technik

Durch die Peer-to-Peer-Technik können Internet-Nutzer direkt auf die Datenbanken bzw. freigegebenen Ressourcen anderer Nutzer bzw. ihrer Rechner zugreifen. P2P beruht auf dem Prinzip der Dezentralisierung von Information. Die Dateien werden nicht auf zentralen Rechnern gespeichert, sondern liegen nur auf den Computern der Nutzer.

### Phasen

Eine Phase ist ein Teil eines -> Signalzeitenplanes, in dem ein bestimmter -> Signalisierungszustand unverändert bleibt. Dabei kann es vorkommen, dass Übergangszustände noch während des Beginns einer Phase automatisch ablaufen.

Die Versorgungsdaten für Phasen gliedern sich in Phasen und Phasenübergänge auf. Sie sind ein Teil der Geräteversorgungsdaten für eine verkehrsunabhängige Logik. Bei Phasen handelt es sich um eine Zuordnung von Schaltzuständen zu Signalgruppen, bei Phasenübergängen um eine Auflistung von Schaltzuständen und Schaltzeiten der Signalgruppen.

### Router

Ein Router hat die Funktion, zwei räumlich getrennte Netzwerke über eine Telekommunikations-Leitung miteinander zu verbinden.

### Routing

Mit Routing bezeichnet man den Weg von Datenpaketen zwischen den Netzen. Das Internet kennt keine Direktverbindungen zwischen Rechnern; stattdessen erfolgt der Versand von Daten grundsätzlich in kleinen Paketen und nach Bedarf über verschiedene Zwischensysteme – nach Möglichkeit natürlich auf dem zum Zeitpunkt günstigsten Weg (dynamisches Routing). Diese Form des Datenverkehrs ermöglicht die hohe Flexibilität und Ausfallsicherheit des Internet.

### Tagesplan

Liste von Schaltaktionen für einen Tag.

### Signalgruppe

Eine Signalgruppe umfasst all jene Lichtsignale an einem -> Knotenpunkt, die zu jedem Zeitpunkt in ihrem -> Signalisierungszustand übereinstimmen.

### Signalgruppenfernsteuerung

Alle Schaltbefehle für die LSA sowie die Auswertungen der Detektoren erfolgen durch den VSR, weil in der Regel das Steuergerät vor Ort über keine nennenswerte Intelligenz verfügt.

### Signalgruppenversorgung

Signalgruppenversorgung ist ein Teil der Geräteversorgungsdaten. Es handelt sich um die Versorgung der Signalgruppentypen, Farbkombinationen, Zwischenzeit-Matrix, Ein/Ausschaltbilder etc. Sicherheitsrelevante Daten dürfen von der Zentrale aus während des normalen Betriebes nicht verändert werden.

### Signalprogrammfernversorgung

Der -> Signalzeitenplan wird unmittelbar vor der Umschaltung des Signalprogramms an das Steuergerät geschickt.

### Signalisierungszustand

auch: Signalisierung, Signalzustand, Signalbild

Die an den Signalgebern geschalteten Lichtsignale, die einen bestimmten Zustand an einer -> Signalgruppe ergeben, z. B. Grün, Gelb, Rot, Dunkel, Blinken usw.

### Signalplan

Er enthält die Dauer von Signalzeiten und die Zuordnung zu bestimmten Signalgruppen (Signalisierungszustände). Dazu kommen Daten für Synchronisierung und Signalprogrammwechsel. Signalpläne sind ein Teil der Geräteversorgungsdaten für Festzeit- und/oder verkehrsabhängige Steuerverfahren.

Nicht aktiv laufende Signalpläne können während des Normalbetriebes von der Zentrale geändert werden. Sondersignalpläne wie z. B. Feuerwehrpläne sind ebenfalls Signalpläne.

### Signalprogramme

Signalprogramme sind Anweisungen für den Steuerungsablauf. Sie bestimmen die zeitliche Folge der -> Signalisierungszustände auf der Grundlage von Signalplänen und/oder den Logiktyp (Festzeit, Phasen, Verkehrsabhängig).

Jedem -> Signalprogramm sind -> Ein/Ausschaltbilder zugeordnet.

Der Betriebszustand „Aus“ ist kein Signalprogramm.

### Signalzeitenplan

Der Signalzeitenplan ist die grafische Darstellung des Signalplans im Zeitmaßstab.

### Sondereingriff

Auswahl eines nur temporär gültigen Signalprogramms, z. B. eines Feuerwehrplanes. Nach Ende des Sondereingriffes kehrt das Gerät in den ursprünglichen Zustand/Signalprogramm zurück.

### Stadtfahrplan

Liste von Schaltaktionen mit variabler Anfangszeit, die für verschiedene Situationen bereitgestellt wird.

Beispiel: Verlängerung eines Fußballspieles verlangt spezielle Schaltaktionen bei Ende.

### Status

Der Status gibt den aktuellen Zustand des Gerätes an (Betriebszustand). Er enthält die aktive Betriebsart (auch Ein/Auszustand, Signalprogramm) und eine Sammelstörungsinformation.

### Störungsmeldungen

Störungsmeldungen melden das Auftreten einer durch einen technischen Defekt verursachten Störung einer Systemkomponente.

Störungen können innerhalb des Lichtsignalsteuergerätes unterschiedliche Verursacher haben, z. B. Steuerung oder Signalsicherung und auch unterschiedliche Auswirkungen. Störungsmeldungen beinhalten den Verursacher mit möglichst genauer Lokalisierung des Störungsortes und die Art der Störung.

Sie gliedern sich in:

- Abschaltrelevante Meldungen (RiLSA/VDE)
- Betriebsrelevante Meldungen (Service)
- Herstellerrelevante Meldungen in Form eines OCIT-Basisobjektes, das einen Datensatz transportiert, dessen Semantik in OCIT nicht herstellerübergreifend festgelegt ist. Darüber hinaus sind dafür spezifische Objekte verwendbar

(Unterscheidung: -> Fehlermeldungen)

### Synchronisation

Die Synchronisierung in grünen Wellen basiert auf gleichlaufenden Uhren. Das dazu notwendige Rückrechenverfahren ist projektspezifisch festzulegen, da das Rückrechenverfahren im System (Bestand + OCIT) gleich sein muss.

### Synchronitätsüberwachung

Die Synchronitätsüberwachung überwacht die Funktion von grünen Wellen. Sie kann auf verschiedenen Arten erfolgen, z. B. durch zeitliche Kontrolle des Grünbeginns an allen beteiligten Knoten.

### Teilknoten

Aufteilung der Schaltzustände in Signalisierungsbereiche, die zueinander nicht feindlich sind. Teilknoten können von der Zentrale ein- und ausgeschaltet werden.

### Update

Übertragung der Lizenz auf Software/Hardware neuerer Versionen.

### Upgrade

Erweiterung der Lizenz in Hinsicht auf Funktionalität.

### Verkehrstechnische Parameter

Verkehrstechnische Parameter sind ein Teil der -> Versorgungsdaten. Sie können (von Fachleuten) im laufenden Betrieb geändert werden. Es sind keine umfangreichen Datensätze, sondern eher einzelne Werte.

## Versorgungsdaten

Versorgungsdaten sind alle veränderbaren Daten, die das Gerät zur Erfüllung seiner bestimmungsgemäßen Funktion benötigt. Das Gerät kann nur in Betrieb gehen, wenn alle Versorgungsdaten komplett und fehlerfrei im Gerät vorliegen.

Die Versorgungsdaten haben eine unterschiedliche Granularität:

- -> Verkehrstechnische Parameter
- Teilversorgung  
(z. B. alle Daten eines Signalplanes)
- Vollversorgung  
(SISI-Daten nur vor Ort schreibbar)

## Visualisierungsdaten

Es handelt sich um Daten, die zur Anzeige von sekundlichen Abläufen an der LSA auf dem Bildschirm der Zentrale dienen. Diese Daten können auch für Analysezwecke benutzt werden. Um die Belastung der Übertragungsstrecke zu minimieren, sollen diese Daten gesammelt und in Abständen von mehreren Sekunden übertragen werden. Für die Anzeige am Bildschirm der Zentrale werden die Daten zeitlich entzerrt.

## Zentrale

auch: VSR, Verkehrsrechner

Definition OCIT: Eine aus einer oder mehreren Komponenten bestehende Einrichtung, welche die Arbeitsweise der Feldgeräte vorgibt und überwacht. Die Komponenten der Zentrale können sich an verschiedenen Orten befinden.

## Vorwort

Die Durchführung des Forschungsprojekts 77.437/1999 zur „Standardisierung von Lichtsignalanlagen“ erfolgte im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW). Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) wurde hierfür mit der Gesamtmoderation beauftragt. Über das Forschungsprogramm Stadtverkehr (FOPS) wird diese Aufgabe durch den Forschungsauftrag unterstützt.

Mitglieder der forschungsbegleitenden Betreuungsgruppe waren:

BDir Dipl.-Ing. Rohloff  
BMVBW

BDir Dr. Bolte  
BASt

Dipl.-Ing. Kühnelt  
BASt

OAR Dipl.-Ing. Stüben  
Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand,  
Energie und Verkehr

Dipl.-Ing. Meschede  
BASt

Dipl.-Ing. Reich  
OTEC/FGSV/PTV AG

Dipl.-Ing. Wenter  
ODG/Siemens AG

Dipl.-Ing. Schöttler  
OCA e. V./FGSV/Stadt Frankfurt

Dipl.-Ing. (FH) Doll  
VIV e. V./GEVAS Ingenieurgesellschaft mbH

Die Projektdurchführung erfolgte auftragsgemäß in enger und aktiver Zusammenarbeit mit folgenden Institutionen:

- OCIT Developer Group (ODG)
- Open Communication for Traffic Engineering Components (OTEC)
- Open Traffic Systems City Association e. V. (OCA)
- Verband der Ingenieurbüros für Verkehrstechnik e. V. (VIV)

## 1 Einleitung

Systeme und Geräte der Straßenverkehrstechnik, insbesondere zur städtischen Lichtsignalsteuerung wie zentraler Verkehrsrechner, Bereichsrechner, Knotenpunkt-Steuergeräte, Mess- und Ausgabereinrichtungen sowie Verkehrsingenieur-Arbeitsplätze, haben bisher keine offen gelegten Schnittstellen, die einen bundesweit standardisierten Aufbau von herstellergemischten Lichtsignalsteuersystemen erlaubt. Dies führt zu einer einseitigen Abhängigkeit der Betreiber und Nutzer solcher Systeme von ihrem jeweiligen Systemlieferanten. Nicht nur das Bestreben der Nutzer, herstellerunabhängig Komponenten von Verkehrssteuerungs- und Informationssystemen zusammenzustellen, sondern ganz wesentlich auch der Wunsch, die Wirtschaftlichkeit bei Beschaffung und Betrieb zu verbessern und neueste Technologie einzusetzen, gibt Anlass für eine Neuausrichtung der Technik.

Auch vor dem Hintergrund, dass künftige Verkehrsmanagementaufgaben nicht nur auf einige wenige Großstädte beschränkt bleiben, ist die unproblematische Vernetzung der Verkehrstechnikkomponenten ein wichtiger Teil der Investitions- und Zukunftssicherung für die Systeme der Straßenverkehrstechnik. Die herstellerübergreifende Standardisierung liegt deshalb auch im Interesse der Hersteller derartiger Systeme oder Komponenten.

Als Reaktion auf die Forderung vieler Betreiber von Verkehrssteuerungseinrichtungen und Lichtsignalanlagen nach einem funktionellen Zusammenwirken der Systeme und Geräte verschiedener Hersteller arbeiten derzeit (Stand September 2002) folgende Interessengruppen aktiv an offenen Schnittstellen für Systeme und Komponenten der Straßenverkehrstechnik:

- OCIT Developer Group (ODG),
- Open Communication for Traffic Engineering Components (OTEC),
- Open Traffic Systems City Association e. V. (OCA),
- Verband der Ingenieurbüros für Verkehrstechnik e. V. (VIV).

Für die von diesen Interessengruppen initiierte und begonnene Erarbeitung von Schnittstellenstandards hat die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) die Ge-

samtmoderation übernommen. Sie wird hierbei durch die Forschungsarbeiten im FE-Projekt 77.437/1999 „Standardisierung der Schnittstellen von Lichtsignalanlagen“ unterstützt.

## 2 Ausgangssituation und Aufgabenstellung der Forschungsarbeit

Die Dimension des erforderlichen Schnittstelleninnovationsprozesses zur Schaffung einer offenen Schnittstelle für die Straßenverkehrstechnik (Open Communication Interface for Traffic Control Systems = OCIT) per se und die Vielfalt der daran zu beteiligenden Hersteller und Betreiber manifestierten bereits vor Beginn des Forschungsprojektes den hohen wie anspruchsvollen Bedarf und, ambivalent hierzu, die damit einhergehenden Entwicklungsrisiken aller Akteure dieses Vorhabens [1, 2, 3].

Aufgrund des vordringlichen Bedarfs einer Standardisierung von Schnittstellen im Bereich von Lichtsignalanlagen, insbesondere einer Erarbeitung von Schnittstellenstandards zur Vereinheitlichung der Informationsübertragung zwischen Zentralrechner(einheiten) und Knotenpunktgeräten sowie zum Informationsaustausch mit Verkehrsingenieur-Arbeitsplätzen [3], konzentriert sich der Forschungsauftrag auf diesen OCIT-Anwendungsbereich. Dieser Anwendungsbereich bildet als Kernstück der Lichtsignalsteuerung ein relevantes Teilsystem und Instrument zum städtischen und stadtpipheren Verkehrsmanagement, insbesondere in verkehrlichen Ballungsräumen [4].

Die Anwendbarkeit respektive Übertragbarkeit eines für Lichtsignalsteuerungssysteme geeigneten implementierbaren OCIT auf inner- und außerstädtische Nachbarsysteme der Verkehrstechnik, wie z. B. Parkleitsysteme, Verkehrsbeeinflussungsanlagen auf Bundesautobahnen etc. zum system- oder gar trägerübergreifenden Verkehrsmanagementaufbau, bedarf weitergehender (Grand-design-)Überlegungen in der (Straßen-)Verkehrstechnik, die zum Anlass und Gegenstand künftiger Forschung werden kann.

Die Aufgabenschwerpunkte im Forschungsprojekt 77.437 zur Standardisierung der Schnittstellen von Lichtsignalanlagen sind thematisch eng verknüpft und korrespondieren mit der von der BAST im Auftrag des BMVBW hierfür übernommenen Gesamtmoderation. Der Forschungsbeginn erfolgte am

01.08.2000 zu einem Zeitpunkt und im Stadium eines von mehreren Interessengruppen gemeinsam initiierten, jedoch zeitlich und inhaltlich unterschiedlich begonnenen und damit betreiberherstellerübergreifend unabgestimmten Entwicklungsprozesses.

Die Forschungsaufgabe konzentrierte sich daher auf

- Zusammenführung der Arbeiten der einzelnen Interessengruppen OCA, ODG, OTEC und VIV, um unabgestimmte Einzelentwicklungen zu vermeiden,
- Herbeiführung eines Entwicklungskonsens bei kontroversen Vorstellungen auf Hersteller- und/oder Betreiberseite einschließlich hierzu erforderlichem Projektmanagement und
- Organisationsaufbau,
- fortlaufende Dokumentation der erreichten Standardisierungsstufen,
- Zusammenstellung der erarbeiteten Schnittstellendefinitionen zu einem Gesamtdokument,
- fachliche Begleitung und Beurteilung von Schnittstellentests im Laboraufbau.

Ziel des mit vorliegendem Schlussbericht abgeschlossenen Forschungsprojektes war – zum Abgleich unterschiedlicher Hersteller- und Betreiberinteressen auf neutralem Moderationswege – die Entwicklung einer herstellerübergreifenden, offenen und zukunftsorientierten Schnittstelle von Lichtsignalanlagen, insbesondere zwischen Zentralrechner und Knotenpunktgerät sowie zwischen Zentralrechner und Ingenieurarbeitsplatz, im vorgenannten Aufgabenspektrum fachlich zu begleiten und zu beurteilen.

Mit der Erreichung einer bundeseinheitlich anerkannten und standardisiert einfühbaren offenen Schnittstelle als übergeordnetem Ziel soll der freie Wettbewerb, auch im Interesse der Straßenbauverwaltung, bei der Beschaffung einzelner Komponenten gesichert werden.

## 3 Inhalt, Gliederung und Zielsetzung des Schlussberichtes

Die im Forschungszeitraum vom 01.08.2000 bis 31.10.2002 abgeschlossenen Ausarbeitungen zur Beschreibung erster so genannter OCIT-Schnitt-

stellen im Bereich der Straßenverkehrstechnik erfolgten gemäß dem Forschungsauftrag in enger und aktiver Zusammenarbeit und unter Mitarbeit aller vorgenannten Interessengruppen sowie der von der BAST eingesetzten forschungsbegleitenden Betreuungsgruppe.

Der hierzu erforderliche, aufwändige Interessenabgleich zur Auffindung eines Entwicklungskonsens zur Definition auch für die Weiterentwicklung geeigneter OCIT-Basisschnittstellen ist im Anhang des vorliegenden Schlussberichtes umfassend dokumentiert. Für Interessierte, die diese Stationen der Fachdiskussion auf dem bisherigen Entwicklungsweg rekapitulieren wollen, sind die Sitzungsprotokolle dem vorliegenden Schlussbericht dort zusätzlich zu den ebenfalls umfangreichen, fachspezifisch erstellten Schnittstellendokumenten beigelegt. Zwischenresumees zur Schnittstellenentwicklung enthalten der 1. und 2. Zwischenbericht der Forschungsarbeit.

Insgesamt erfolgten im Forschungszeitraum 38 mit Experten der Hersteller- und Anwenderseite durchgeführte Abstimmungssitzungen, davon etwa die Hälfte in Zusammensetzung von Betreibern und Herstellern am so genannten „runden Tisch“, dem mittlerweile von und zu der Standardisierungsbeziehung etabliertem (Streit-)Forum aller Interessengruppen.

Hervorzuheben ist das hohe Schnittstellenengagement aller Akteure, das beträchtliche finanzielle Investitionen bereits in die konzeptionelle Entwicklung von OCIT-Schnittstellen auf der Herstellerseite ebenso wie zeitliche Aufwendungen zur bedarfsgerechten Anforderungsprofilierung dieser Schnittstellen auf der Betreiberseite abverlangt. Ohne Berücksichtigung der für die Gerätereueentwicklung/-anpassung entstehenden Folgekosten lässt sich bei Monetarisierung des Gesamtaufwandes mit konservativer Schätzung bis dato ein Betrag oberhalb 1 Million Euro belegen.

Mit weltweiter Publikation via Internet der im Gemeinschaftswerk von Herstellern und Betreibern erarbeiteten Version 1 – Dokumentationen eines so genannten OCIT (= Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems) als offene Schnittstelle für die Straßenverkehrstechnik zum September 2002 ergeben sich im Verbund mit der im Bereich der Datenverarbeitung und der Telekommunikation in den vergangenen Jahre schnell fortgeschrittenen Entwicklung neue Perspektiven

für die Verkehrssteuerung, insbesondere in lichtsignalgeregelten Straßennetzen.

Aus Sicht der Betreiber solcher Systeme, die Lichtsignalsteuerungssysteme in ein städtisches oder regionales Verkehrsmanagement zu integrieren beabsichtigen, resultier(t)en mit dem Markteintritt eines OCIT – nach EU-kartellrechtlicher Genehmigung zum 01.04.2001 – Fragen im Hinblick auf eine den Verkehrsproblemen adäquaten wie zukunftsstabilen technischen Ausstattung des Verkehrsbetriebes. Da mit der Fertigstellung und Publikation der OCIT-Schnittstellenbeschreibung, deren Praxiseinführung nunmehr unmittelbar ansteht, sich die Festlegung von Schnittstellenstandards zunächst grundsätzlich in den Widerspruch einer aktiven technischen Weiterentwicklung begibt, die vorhersehbar im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien weiterhin rasant fortschreiten wird, ist bei der Festlegung auf einen Schnittstellenstandard besondere Weitsicht geboten. Dies gilt für den Bereich von Lichtsignalanlagen in besonderem Maße, da aufgrund begrenzter Finanzressourcen die Lebenszyklen der zur Lichtsignalsteuerung erforderlichen Gerätschaften überwiegend im dekadischen Jahrrhythmus ablaufen.

Unstrittig besteht jedoch gerade in der Standardisierung einer offenen Schnittstelle die Voraussetzung zur Öffnung eines freien Wettbewerbes der System- und Komponentenhersteller. Mittels geeigneter Herstellerproduktmischung, und damit kompositionellen Verfahren, ergeben sich hieraus nicht nur mehr Auswahlmöglichkeiten, die räumlich-zeitlich wie in ihrer Ausprägung unterschiedlich auftretenden Verkehrsproblematiken mit effizienterem finanziellen Mitteleinsatz zu lösen, sondern auch mit gleichzeitig höherem Gesamtnutzen. Zumindest ergeben sich Optionen, nutzenadditiv Ziel- und Performanzkomponenten bedarfsvariabler zu gestalten.

Hinsichtlich der Entwicklung geeigneter Beschaffungsstrategien war daher beginnend mit der Ankündigung des OCIT-Markteintrittes, nicht zuletzt auch aufgrund der Mittelknappheit der Kommunen, zunehmend zu beobachten, dass die Betreiber von städtischen Verkehrssteuerungen und Verkehrsmanagementeinrichtungen hierfür – nach einer eingehenden verkehrlichen und verkehrstechnischen Analyse der Bestands- und Planungsgegebenheiten – konkreter katalogisieren, welche Systemeigenschaften und welche Ausprägungen der Schnittstelle für eine nachhaltige Ausstattung



zum Betrieb ihres stadtspezifischen Lichtsignalsteuerungssystems respektive Verkehrsmanagements relevant sind.

Für deren Auswahl war und ist grundsätzlich zu beachten, dass sie, insofern sich das Potenzial einer offenen Schnittstelle im Bereich der Verkehrstechnik standardisiert entfalten soll,

- verkehrproblemrelevant sind,
- die Systemeigenschaften vom Betreiber beeinflussbar sowie
- untereinander unabhängig sind,
- die Eigenschaftsausprägungen realisierbar und
- in einer kompensatorischen Beziehung zueinander stehen,
- keine Ausschlusskriterien (K.O.-Kriterien) binden und
- die Anzahl der Systemeigenschaften/Ausprägungen überschaubar bleibt.

Sieht man die Systemeigenschaften/Ausprägungen einer offenen Schnittstelle als Zielstimuli zur Lösung der aktuellen wie künftig vorrangigen Verkehrsprobleme aufgrund staubedingter Störfälle, Verkehrsüberbelastungen, Unfälle und Baustellen-situationen, besteht bei Durchführung eines Abstimmungsprozesses unter Beteiligung von Betreibern und Herstellern die Möglichkeit, eine Teilmenge von Systemeigenschaften zu finden, die ein vollständiges Design einer Basisschnittstelle im Bereich von Lichtsignalanlagen nicht ausschließt und – z. B. im Selbstverständnis eines funktionalen Daten-bottom-up aus der Feldebene – auch künftige Standards im Bereich des Verkehrsmanagements repräsentiert ergänzt.

Hierbei besteht betreiber- und herstellerindividuell wie im (bundesweit) standardisierenden Modus, und somit abhängig von den weiteren Standardisierungszielen, grundsätzlich die Möglichkeit, den Designprozess iterativ durch entwicklungsinkrementell unterschiedliche (z. B. mittels auf der Zeitachse variiertes Komposition der verkehrsrelevanten Teilnutzen, die sich für die relevanten Schnittstelleneigenschaften in Relation zur Ziel- und Performanzebene ergeben) und – unter Einbeziehung der Experten (Hersteller und Betreiber) – vereinheitlichte Folgeversionen der standardisierten Basisschnittstelle fortzusetzen. Die betreiber-herstellerübergreifende Konsensfindung zur Schnittstellen-

definition differenziert nach Bereichen, Realisierungsstufen und hierzu geeignetem basic framework für den originär forschungsgegenständlichen Anwendungsbereich von Lichtsignalanlagen auf dem Hintergrund von Verkehrsmanagement-Anforderungen erfolgte entsprechend diskussionsintensiv.

Ziel des vorliegenden Schlussberichtes ist es, dem künftigen Betreiber und Nutzer von OCIT-fähigen Komponenten und Netzwerken, vor allem dem Betreiber von Lichtsignalanlagen, die wesentlichen Merkmale und Eigenschaften erster, im Gemeinschaftswerk von OCA, ODG, OTEC und VIV entstandenen und während des Forschungsprojekts im Auftrag des BMVBW von der BAST als Gesamtmoderator, unterstützt durch den Forschungsnehmer, begleiteten OCIT-Schnittstellen aufzuzeigen. Dies mit der mit diesen Schnittstellen verbundenen und zugrunde liegenden Organisation und Struktur geordnet nach relevanten technischen, rechtlichen und organisatorischen Aspekten. Berichtet wird zudem über die im Rahmen des Forschungsprojektes mit Herstellerfirmen durchgeführten Labortests der Schnittstellen.

Die Schlussberichtsfassung abstrahiert bewusst die detailliert dargestellten Schnittstellenbeschreibungen, um Tautologien zu vermeiden. Vielmehr ist das Anliegen des Schlussberichtes, auch dem Nicht-Datenübertragungsexperten in verständlicher Ausdrucksweise als Wegweiser und Leitfaden (Vademekum) durch diese komplexe Schnittstellen-Gesamtdokumentation zu dienen.

Die in dem vorliegenden Schlussbericht eingebrachten Hinweise zur Standardisierung von Lichtsignalanlagen mit OCIT-Schnittstellen können und sollen somit dem Betreiber und Nutzer solcher Schnittstellen den Entscheid der Beschaffung nicht abnehmen, sondern ausschließlich zur Verbesserung seiner Entscheidungsgrundlagen dienen. Ebenso kann die im weiteren Standardisierungsprozess noch zu erwartende anwachsende Zahl von OCIT-Dokumenten weder abgelöst noch ersetzt werden. Im Ausblick des Schlussberichtes wird dies mit der über das Forschungsprojekt hinausgehend geplanten Weiterentwicklung der Schnittstellen verdeutlicht. Dieser Ausblick setzt auf der fachlichen Einordnung der bisherigen Standardisierungsergebnisse auf.

Das vorliegende Gesamtdokument liefert damit in Zusammenfassung der bisherigen Schnittstellenergebnisse mit Stand September 2002 einen Einstieg

in die Thematik von OCIT. Sie ist primär gedacht für Anlagenbetreiber, die künftig offene Schnittstellen im Bereich von Lichtsignalanlagen implementieren, z. B. im Zuge von

- Neu- und Ersatzerrichtungsmaßnahmen,
- Aufrüstungsmaßnahmen zur Beseitigung von Geräte- und Übertragungseingängen zur Verkehrsdatenerfassung,
- Maßnahmen zur Erweiterung der Kommunikationswege mit neuen Übertragungsmedien wie Funk, städtische Glasfasernetze etc.

## **4 Ergebnisstand September 2002 der Standardisierung offener Schnittstellen der Straßenverkehrstechnik im Bereich von Lichtsignalanlagen (Vademekum)**

### **4.1 Entwicklungsanforderungen an eine offene Schnittstelle für Lichtsignalanlagen**

Vor den organisatorischen Grundlagen des Standardisierungsprozesses werden im Folgenden die technischen Anforderungen an eine offene Schnittstelle erläutert. Zum besseren Verständnis der aktuellen Entwicklungen – hierzu bewusst, ohne dem Leser spezifisches Fachwissen abzuverlangen – werden wichtige verkehrs- und nachrichtentechnische Grundlagen allgemein zusammengefasst. Zur weiteren Erleichterung des Lesestoffes befindet sich im Glossar eine ergänzende Nomenklatur relevanter Fachtermini. Ein Verzeichnis erläutert die verwendeten Abkürzungen.

#### **4.1.1 Allgemein gültige Anforderungen an offene Schnittstellen**

Schnittstellen werden generell nach DIN 44300 als „(...) Übergang an der Grenze zwischen zwei gleichartigen Einheiten mit vereinbarten Regeln für die Übergabe von Daten oder Signalen“ definiert. „Solche – auch nicht gleichartigen – Einheiten, zwischen denen ein Informationsaustausch stattfindet, können

- Hardware-Komponenten,
- Datenübertragungseinrichtungen,

- Programmbausteine und
- im weiteren Sinne die Benutzeroberfläche sein.“

Die in der Schnittstellendefinition erwähnten „vereinbarten Regeln“ könnten auch durch den Begriff „Standard“ ersetzt werden. Standardisierungsaktivitäten werden u. a. von Organisationen wie International Standard Organization (ISO) oder Deutsches Institut für Normung (DIN) durchgeführt.

Ziel der Standardisierungsbemühungen bei Schnittstellen sind „Open Systems Interconnection“ (OSI), d. h. offene Kommunikationssysteme. Sie sollen eine Kommunikation zwischen verschiedenen Rechnern, Betriebssystemen und Netzwerkmodellen ermöglichen. Hierbei bedeutet der Begriff „offen“, dass die einzelnen Kommunikationspartner durch die Nutzung gemeinsamer Standards (Schnittstellendefinitionen) in der Lage sind, Informationen miteinander auszutauschen, d. h., die Systeme sind für diese Art der Kommunikation offen. Dies ist nicht mit offener Kommunikation gleichzusetzen. Offene „verstehbare“ Information bedingt daher in Syntax und Semantik der Informationsdarstellung vereinbarte und definierte Regeln (Standards).

Folglich muss jeder Hersteller einer offenen Schnittstelle hinsichtlich Hard- und Software verbindliche Festlegungen einhalten für

- Systemarchitektur und Designregeln,
- Kommunikationsmedien und Protokolle,
- Gerätefunktionen, Betriebs- und Versorgungsdaten.

#### **4.1.2 Allgemeine (funktionale) Anforderungen an offene Schnittstellen für Geräte der Straßenverkehrstechnik im Bereich von Lichtsignalanlagen**

Für die Entwicklung einer offenen Schnittstelle von Lichtsignalanlagen ist zunächst erforderlich, den relevanten Bedarf an derzeitigen und zukünftig zu erwartenden Informationen zu untersuchen. Die Datenvernetzung von Lichtsignalanlagen an (funktional) übergeordnete Zentralsteuerungssysteme (z. B. Verkehrsrechner mit integriertem oder angeschlossenen Verkehrsingenieurarbeitsplatz) dient zur Fernsteuerung und Fernüberwachung von Lichtsignalanlagen, der Fernversorgung der Lichtsignalanlage sowie zur Erfassung von Daten zur

Verkehrssteuerung und Verkehrsüberwachung. Der Bedarf an Informationsübertragung für die offene Schnittstelle kann demgemäß beispielsweise wie folgt untergliedert werden:

- Übertragung von Daten für die Betriebsführung,
- Übertragung von Verkehrssteuerungsdaten,
- Übertragung von Daten zur verkehrstechnischen Analyse,
- Übertragung von Daten für Fernversorgung und Parametrierung,

- Übertragung von Daten zur ÖPNV-Erfassung und -diagnose,
- zusätzliche Informationen.

Zum Übertragungsaustausch von Befehlen, Meldungen und Daten mit zentralen Kommunikationsstellen lassen sich für den Bereich der

- Steuergeräte und
- Verkehrsingenieurarbeitsplätze

<b>Übergeordnete Funktionalitäten</b> Zeitdienst Verwaltung Vorgangskennung Verbindungsüberwachung OCIT-Nachricht versenden Systemzugang	<b>Messen, Archivieren, Online-Übertragen</b> <b>Messen</b> Detektor/Taste Messquerschnitt Serielle ÖV-Erfassung <b>Zwischenspeichern</b> Messwerte roh Messwerte vorverarbeitet ÖV-Archiv <b>Online-Übertragung</b> Tx Signalgruppenzustand Phasen Detektoranmeldungen Verkehrsabhängige Variable ÖV-Telegramme
<b>Bedienen</b> <b>Schalten</b> Lichtsignalanlage Sofortaus Lichtsignalanlage Zentralenbetrieb/ Ortsprogramm Lichtsignalanlage schalten Teilknotenpunkt ein/aus Verkehrsabhängigkeit ein/aus Signalprogrammwahl <b>Synchronisieren</b> <b>Sondereingriffe</b> Messwernerfassung ein/aus Echzeitprotokollierung ein/aus Betriebstagebuch übertragen	<b>Fernzugriff</b> <b>Fernparametrierung</b> Geräteüberwachung Datenübertragung Messwernerfassung <b>Fernversorgung</b> Grundversorgung Wochenautomatik (lokal) Signalprogramm Phasenübergänge Verkehrsabhängigkeit Logik Verkehrsabhängigkeit Parameter OCIT-Container <b>Ferntest</b>
<b>Überwachen</b> <b>Betriebsmeldungen</b> Betriebsstatus Betriebsart Betriebsmodus Programmwechsel Steuerungsart Sonstige <b>Störungsmeldungen</b> Netzausfall Notaus Wartungseingriff Polizeieingriff Kommunikationsstörung Adernbruch Synchronisationsstörung Rotlampenausfall Ansprache der Signalsicherung Zwischenzeitunterschreitung Mindestzeitunterschreitung Detektorstörung <b>Betriebstagebuch bilden</b>	<b>Datenaustausch zwischen Steuergeräten</b> <b>Detektorinformationen</b> <b>Freigabeinformationen</b> <b>Datenübertragung</b> <b>Übertragungsmedium</b> Draht Funk LWL Internet <b>Übertragungsart</b> Standleitung Partyline Wählverbindung

**Bild 1:** Funktionalitäten eines Steuergerätes (exemplarisch); Quelle: OCIT-Gruppe

<b>Übergeordnete Funktionalität</b> Projektverwaltung Benutzerverwaltung OCIT-Nachricht versenden
<b>Versorgungsdatenbank</b> Versorgungsdaten Lagepläne Steuerungsdaten Verkehrsdaten
<b>CAD-Bearbeitung</b> Erstellen von Lageplänen
<b>Zählungen</b> Import von Zählgeräten Tabellarische und grafische Auswertung von Verkehrszählungen aller Art
<b>Bearbeitung nicht signalisierter Knotenpunkte</b> Berechnung des Signalisierungsbedarfs Leistungsfähigkeitsberechnung von Kreisverkehrsplätzen
<b>Planung</b> Grundversorgung Zwischenzeiten Automatische Ermittlung von Räum- und Einfahrtwegen Automatische Zwischenzeitermittlung Zwischenzeitenmatrix Signalprogramme Automatische Ermittlung und Prüfung von Signalprogrammen Bearbeitung und Prüfung von Signalprogrammen Bewertung von Signalprogrammen Koordinierungen Berechnung und Optimierung von Koordinierungen Interaktive Bearbeitung von Koordinierungen und Einbeziehung des ÖPMV Bewertung von Koordinierungen Phasen, Phasenübergänge Phasenbildung und Bearbeitung Berechnung, Bearbeitung und Prüfung von Phasenübergängen Bildung von Signalprogrammen aus Phasenübergängen
<b>Projektierung der verkehrsabhängigen Steuerung</b> Erstellen einer Lokik Erstellen der Parameterversorgung Test Simulation
<b>Import/Export</b> Zähldaten Versorgungsdaten

**Bild 2:** Funktionalitäten eines Verkehrsingenieur-Arbeitsplatzes (exemplarisch); Quelle: OCIT-Gruppe

Forderungen an die Funktionalitäten profilieren. Solche Anforderungen an die Funktionalitäten eines Steuergerätes zeigt abstrahiert und exemplarisch Bild 1.

Einen entsprechenden Funktionenspiegel in ebenfalls stark vereinfachter, exemplarischer Darstellungsweise für einen Verkehrsingenieur-Arbeitsplatz zeigt Bild 2.

Eine Strukturierung der Informationsübertragung in Funktionsebenen kann nach unterschiedlichen Kriterien (z. B. physikalisch, logisch oder Steuerung) erfolgen. Bild 3 zeigt ein Beispiel für den hierarchi-

schon Aufbau eines Verkehrssteuerungssystems nach strategischen, operativen und taktischen Kriterien.

Aus historischen Gründen benutzen bestehende Systeme für jede Übertragungsebene bislang spezielle Übertragungstechniken und Protokolle sowie angepasste Nutzdaten.

Ansätze zur Öffnung derartiger Systeme wurden bereits 1993 durch den von der US-amerikanischen Federal Highway Administration 1993 initiierten Versuch unternommen, eine nationale Architektur für intelligente Transportsysteme (ITS) zu

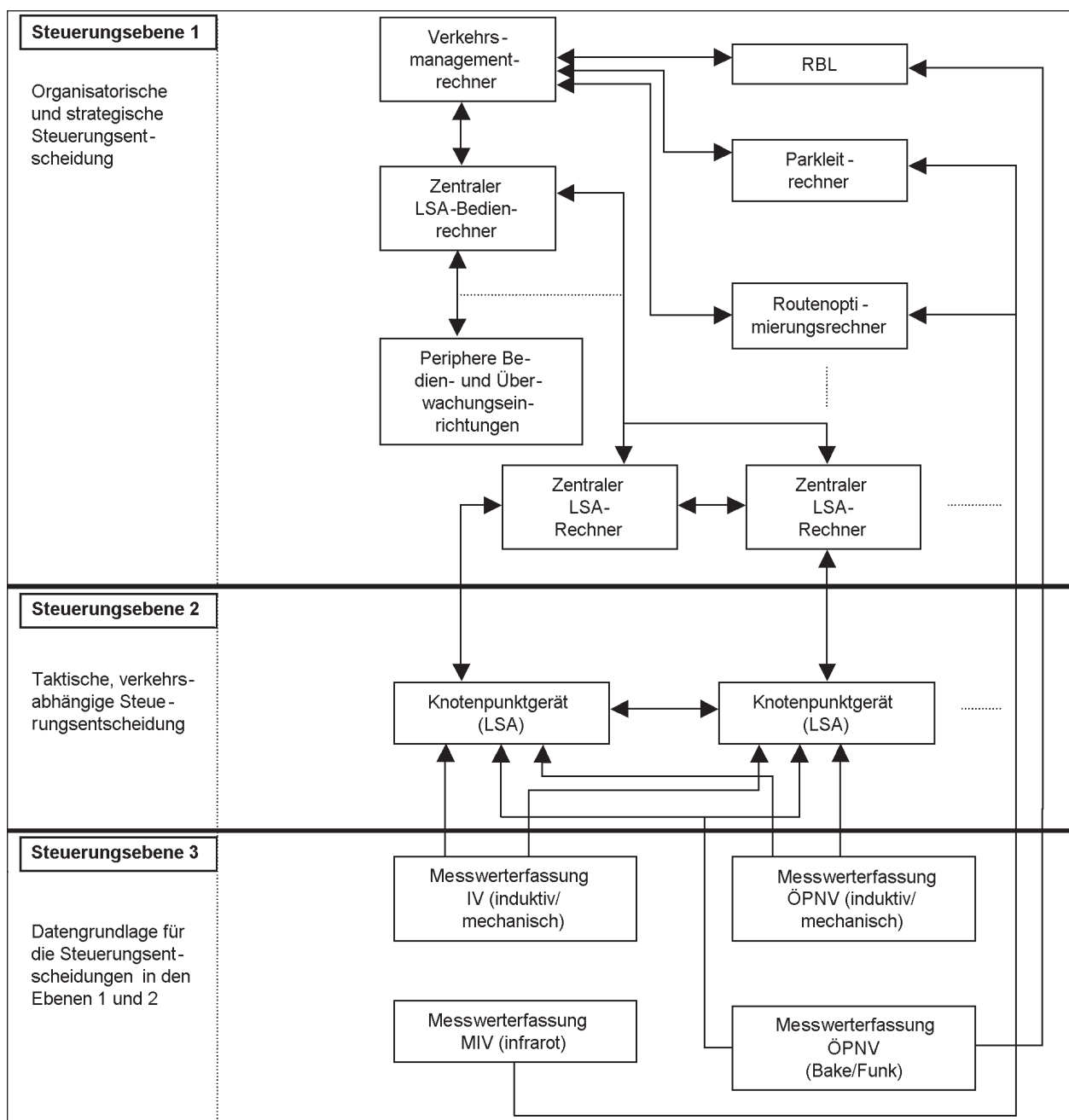


Bild 3: Hierarchischer Aufbau und Datenkommunikation eines Verkehrssteuerungssystems; Quelle: BAST

entwickeln. 1995 wurden diese ITS-Standards veröffentlicht und vehement kritisiert. Wesentliche Kritik an der (unter wesentlicher Beteiligung von im militärischen Bereich tätigen Firmen) entwickelten ITS-Architektur war, dass sie nur bei streng hierarchischen Entscheidungsstrukturen möglich sei, wie sie außerhalb des militärischen Bereiches in der Regel nicht gegeben sind. Gefordert wurde stattdessen eine offene Architektur, die folgende Forderungen erfüllt [5]:

- Berücksichtigung der Anforderungen der Gebietskörperschaften,
- Wiederverwendung bestehender Infrastruktur,
- Beibehaltung bereits bestehender räumlich begrenzter Standards,
- gute Bedienbarkeit in Abhängigkeit von den vorhandenen personellen Ressourcen und
- Anpassung an die verfügbaren Haushaltsmittel.

Die einzig notwendige Standardisierung soll danach im Bereich der Datenprotokolle erfolgen, um einen reibungslosen Informationsaustausch zu gewährleisten. Dabei gilt der Grundsatz, dass die Nutzung bestehender, anwendungsunabhängiger Standards der Schaffung von neuen, anwendungsbezogenen Standards vorzuziehen ist.

Auf derartige schnittstellenrelevante Entwicklungen in der Verkehrs- und Kommunikationstechnik wird im Folgenden kurz eingegangen.

#### 4.1.3 Schnittstellenrelevante Richtlinien, Merkblätter und Forschungsprojekte

In Deutschland sind Herausgeber technischer Hinweise, Merkblätter und Richtlinien für den Verkehrsbereich überwiegend „Der Bundesminister für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW)“, die „Bundesanstalt für Straßenwesen“ (BASt) und die „Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen“. Ergänzt werden diese durch DIN-Normen für technische Ausrüstung und deren Instandhaltung.

Die „Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) [6] sind die wichtigste Unterlage für die Einrichtung und den Betrieb von Lichtsignalanlagen. Sie enthalten wesentliche Angaben für die Konzeption einer Lichtsignalanlage, die Steuerungsverfahren und die Berechnung von Signalprogrammen. Detaillierte Angaben über die Kommunikation zwischen verkehrstechnischen Komponenten (in-

tern/extern) bzw. die Gestaltung von Schnittstellen sind in den RiLSA nicht enthalten. Stattdessen wird hinsichtlich der Anforderungen an die elektrotechnische Ausführung der Anlagenteile, insbesondere der Signalsicherung, sowie der Anforderungen an die Instandhaltung auf die DIN VDE 0832 [7] verwiesen. Bei den Steuerungstechniken, Geräteearten, Steuerzentralen und Übertragungseinrichtungen wird auf das „Merkblatt über Schalt- und Steuergeräte für Lichtsignalanlagen“ [8], das „Merkblatt über Verkehrsrechner“ [9] bzw. das „Merkblatt zur Übertragung von Daten, Befehlen und Meldungen bei Verkehrsrechnern und Lichtsignalanlagen“ [10] verwiesen. Mittlerweile ersetzen die „Hinweise zu Verkehrsrechnern als Bestandteil der innerörtlichen Lichtsignalsteuerung, Ausgabe 2001“ [11] das „Merkblatt über Verkehrsrechner“, Ausgabe 1981 [9] sowie das „Merkblatt über Steuerungssysteme für Lichtsignalanlagen in innerörtlichen Straßennetzen, Ausgabe 1978“ [12].

Weit gehend eindeutige technische Vorgaben für Schnittstellen auf einem relativ aktuellen Niveau liegen dagegen für die Ausrüstung des Bundesfernstraßennetzes mit Verkehrs- und Umfelddatenerfassungseinrichtungen vor. Sie wurden bereits mit dem Ziel entwickelt, Geräte unterschiedlicher Hersteller vom Leistungsumfang her weitgehend identisch und damit auch im Wettbewerb miteinander vergleichbar zu erhalten.

Das „Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen (MARZ)“ [13] enthält hierzu alle notwendigen Festlegungen wie Aufgaben der Zentralen, Beschreibung der verkehrstechnischen Anforderungen, Anforderungen an Hard- und Software, Art der Datenübertragung zwischen den Zentralen. Ergänzt wird es durch die „Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS)“, die aktuell mit einer Ausgabe im Oktober 2000 [14] fortgeschrieben wurden.

1995 war von der BASt das Forschungsprojekt „Einsatzmöglichkeiten und -grenzen herstellergemischter Steuerungssysteme und Erarbeitung eines ersten Anforderungsprofils an einen Schnittstellenstandard“ [3] vergeben worden. Der größte Handlungsbedarf für eine Standardisierung der Schnittstelle wurde danach zwischen Zentralrechner und Knotenpunktgerät sowie zwischen Zentralrechner und Verkehrsingenieurarbeitsplatz gesehen. Darüber hinaus sei eine Fortschreibung der VÖV/VDV-Richtlinien dringend erforderlich.

Im Anschluss daran wurde von der BAST das Projekt „Standardisierung und Modularisierung verkehrstechnischer Grundprobleme in der Lichtsignalsteuerung“ [1] beauftragt. Hauptziel des Projektes war die Entwicklung von Anforderungen an die Festlegung der Funktionalität und die Beschreibung der Handhabung von universell einsetzbaren Software-Modulen für die verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerung. Hiermit sollte die Basis für eine weitestgehend planer- und herstellerunabhängige sowie einheitliche Behandlung verkehrstechnischer Problemstellungen bei der Entwicklung von Lichtsignalsteuerprogrammen geschaffen werden. Ergebnis des Projektes waren Vorschläge für eine Modulspezifikation, die zukünftig dem Standard für eine Steuerlogik zugrunde gelegt werden können.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass für die innerstädtische Verkehrstechnik hinsichtlich interner und externer Schnittstellen keine eindeutigen und verbindlichen technischen Vorgaben vorliegen. Zudem sind die teilweise über 15 Jahre alten Unterlagen nicht auf dem neuesten technischen Stand. Für den Bereich der Bundesfernstraßen konnten bereits Standardisierungsvorgaben für Schnittstellen erfolgreich entwickelt und durchgesetzt werden. Basierend auf diesen Erfolgen und den Ergebnissen von Forschungsprojekten ist abzuleiten, dass die größte Dringlichkeit für die Standardisierung von Schnittstellen zwischen Peripherie und der Ebene von Zentralrechnern besteht.

#### **4.1.4 Beispiele schnittstellenrelevanter Entwicklungen in der Kommunikations- und Verkehrstechnik**

##### **4.1.4.1 Datenaustauschformate**

Syntax und Semantik von Daten werden bei der Datenübertragung durch das Datenaustauschformat definiert. Ein aktueller internationaler Standard ist die Extensible Markup Language (XML) des World-Wide-Web-Konsortiums. XML hat gegenüber der herkömmlichen HTML-Kodierung den Vorteil, dass diese erweiterte Beschreibungssprache die Struktur der darzustellenden Daten von deren Gestaltung trennt. Der Standard XML

- stellt ein syntaktisches Grundgerüst für die Beschreibung von Informationen zur Verfügung,
- ist unabhängig von Art, Hierarchie und Inhalt der Daten und
- ermöglicht das Lesen und Validieren von Daten mit verschiedenen Parsern.

(Anmerkung: Die OCIT-Schnittstellen setzen auf XML auf. Die XML-Basierung wird im Kapitel 4.2.4 ausführlich behandelt).

##### **4.1.4.2 Datenübertragungsstandards**

Für die Datenübertragung hat sich mit dem so genannten ISO-OSI-Schichtenmodell eine herstellerneutrale Kommunikationsstruktur, die zur Integration mehrerer Netzprotokolle, heterogener Systemwelten und Anwendungen erforderlich ist, am Markt etabliert.

Dieses Kommunikationsmodell hat die ISO 1983 in Kooperation mit anderen internationalen Standardisierungsgremien als Basisreferenzsystem mit dem Titel „Basic Reference Modell for Open Systems Interconnection (OSI)“ entwickelt. Dieses Modell ist in der DIN/ISO-Norm 749 definiert.

Ein Kommunikationssystem stellt aus ISO-Sicht demnach die Verbindung zwischen dem Kommunikationsmedium und den Anwendungen dar. Die grundlegende Anforderung ist, dass beim Datenaustausch zwischen zwei Kommunikationspartnern beide die Informationen verstehen und gleich interpretieren. Deshalb wird der Datenaustausch formal definiert. Sollen Komponenten eines Kommunikationspartners getrennt realisiert und Komponenten verschiedener Hersteller miteinander zu einem Kommunikationssystem gekoppelt werden, ist diese formale Definition der Schnittstellen notwendig. Das interne Verhalten der Kommunikationspartner braucht i. d. R. nicht beschrieben zu werden.

Zur Gliederung des Kommunikationssystems und dessen Funktionalitäten verfolgt ISO ein Schichtenkonzept. Jede Schicht nutzt die Dienste der tieferen Schicht, um ihrerseits mit Hilfe von Protokollen neue, höherwertige Dienste für die ihr übergeordnete Schicht bzw. die Anwendungen zu realisieren. Die unterste Schicht nutzt direkt das Übertragungsmedium. Die Schichten tauschen hierzu Protokolldateneinheiten (PDU) mit ihren Partnerinstanzen aus. Die Protokollabläufe sind für den Dienstnutzer nicht sichtbar, die Nutzung erfolgt „transparent“. Hierdurch wird es Anwendungen möglich, ohne Kenntnis der Realisierung der Kommunikation Daten auszutauschen. Ebenso wird es möglich, für Anwendungen identische Dienste auf unterschiedlichen Kommunikationsmedien und -plattformen zu realisieren.

Die Schichten 1 bis 4 im ISO-OSI-Schichtenmodell sind für die Datenübertragung zwischen den Endgeräten zuständig (Übertragungsschichten), die Schichten 5 bis 7 koordinieren bei der Datenübertragung das Zusammenwirken mit dem Anwenderprogramm und dem Betriebssystem des verwendeten Rechners (Anwendungsschichten). (Anmerkung: Die Anwendung des ISO-OSI-Schichtenmodells zum Aufbau von OCIT-Schnittstellen wird im Kapitel 4.3.1.4 erläutert.)

Seit 1971 wurde für den herstellernerneutralen Datenaustausch in heterogenen Netzen das „Transmission Control Protocol (TCP)“ im Zusammenhang mit einer speziellen Ausführung der „Internet suite of protocols (IP)“, abgekürzt TCP/IP, als allgemein anerkannter Standard entwickelt. Dieses aus einer Auftragsentwicklung des amerikanischen Verteidigungsministeriums entstandene TCP/IP-Protokoll ist sowohl in lokalen Netzen zur Kommunikation verschiedenartiger Rechner untereinander als auch für den Zugang von Local Area Networks (LAN) zu Wide Area Networks (WAN) einsetzbar [15].

Betrachtet man das TCP/IP-Protokoll in der Denkweise des OSI-Modells, so umfasst es im weiteren Sinne vier logische Schichten: Die oberste Schicht enthält die jeweils gewünschte Anwendung, zum Beispiel File Transfer (FT) oder Virtual Terminal (VT), während die darunter liegende Schicht Dienste klassifiziert, die das Transport Control Protocol (TCP) den verschiedenen Kommunikationsanwendungen zur Verfügung stellt. Das sich darunter befindende Transport Protocol benutzt seinerseits zur Übertragung zwischen den verschiedenen Knoten eines Netzes das Internet Protocol (IP), das einen Dienst zur Übertragung von Datenpaketen zwischen Sender und Empfänger über das Internet realisiert. Die letzte Schicht ist schließlich für die Anpassung des Internet Protocols an das darunter liegende Netz zuständig [16]. (Anmerkung: Die TCP/IP-Protokollanwendung zu OCIT-Schnittstellen wird im Kapitel 4.3.1.5 ausführlich behandelt).

#### 4.1.4.3 Netzwerktopologie

Werden mehrere Teile eines Verkehrssteuersystems miteinander verknüpft, entsteht ein Netzwerk. Unter dem Begriff Netzwerktopologie sind hierbei zum einen die logische Anordnung der Teilnehmer (unabhängig von der Geometrie) und zum anderen die geometrische Anordnung der Teilnehmer im Netzwerk zu verstehen.

Geometrische Anordnungsmöglichkeiten bestehen in

- Zweipunktverbindungen,
- Busstruktur (Linienstruktur),
- Baumsstruktur,
- Ringstruktur und
- Sternstruktur.

Die einfachste Möglichkeit, Daten auszutauschen, besteht darin, zwei Kommunikationspartner über eine Leitung zu verbinden, wie z. B. bei einem Modem oder der Verbindung zwischen PC und Drucker. Die notwendige Steuerung eines Kommunikationsprozesses in Zweipunktverbindung ist im so genannten Handshake-Betrieb über Steuer-, Melde- und Taktleitung realisierbar.

Werden mehrere Teilnehmer mit Zweipunktverbindungen verknüpft, entsteht ein vermaschtes Netz. Bei dieser Topologie besteht dann zwischen zwei kommunizierenden Teilnehmern eine Zweipunktverbindung. Dabei werden  $(n-1)$  Schnittstellen pro Teilnehmer und  $\binom{n}{2}$  Verbindungsleitungen benötigt. Daraus resultiert ein entsprechend hoher Kostenproporz. Im Falle eines Fehlers würde theoretisch jedoch entweder nur ein Teilnehmer oder nur ein Kommunikationskanal ausfallen, und die Fehlerdiagnose wäre relativ einfach.

Sollen Zweipunktverbindungen Kosten sparend von mehr als zwei Teilnehmern benutzt werden, müssen Maßnahmen getroffen werden, die eine gegenseitige Signalbeeinflussung und damit Zerstörung der Signale verhindern. Möglichkeiten, die dies verhindern, bestehen im Zeitmultiplex-Verfahren und Frequenzmultiplex-Verfahren. Wird das Zeitmultiplexverfahren angewendet, handelt es sich i. d. R. um eine Basisbandübertragung, da hier das unmodulierte Signal im Frequenzband von 0 Hz bis zur Grenzfrequenz des Trägermediums zur Verfügung steht. Bei Verwendung des Frequenzmultiplex-Verfahrens wird dagegen ein moduliertes Signal mit einer definierten Bandbreite übertragen. Erfolgt die Nachrichtenübertragung im Zeitmultiplexverfahren ausschließlich in eine Richtung, bezeichnet man das allgemein als Simplexbetrieb. Erfolgt die Informationsübertragung nacheinander in beide Richtungen, handelt es sich i. d. R. um einen so genannten Halbduplexbetrieb. So genannte Vollduplexübertragung ermöglicht das Frequenzmultiplex-Verfahren, wenn der Übertragungskanal

in voneinander unabhängige Frequenzbänder mit definierter Bandbreite eingeteilt wird.

Als Modulationsarten eignen sich grundsätzlich Amplituden-, Frequenz- und Phasenmodulation, wobei der Vorteil in der optimalen Nutzung des Übertragungsmediums liegt. Da die zur Modulation benötigten Baugruppen relativ teuer sind, findet diese Breitbandübertragung ihre Anwendung hauptsächlich in so genannten Weitverkehrsnetzen (Wide Area Networks, WAN).

Bei der Bus-Struktur, auch Linienstruktur genannt, kommunizieren alle Teilnehmer über eine gemeinsame Leitung. Die Anbindung der Teilnehmer an das Buskabel geschieht über kurze Stichleitungen, so genannte Dropkabel. Dadurch wird der Kabelaufwand, verglichen mit dem vermaschten Netz, erheblich reduziert. Jeder Teilnehmer benötigt hier nur noch eine Schnittstelle, um mit einem beliebigen, an den Bus angeschlossenen Teilnehmer kommunizieren zu können. Hier entsteht allerdings das Problem, dass immer nur ein Teilnehmer zu einem bestimmten Zeitpunkt senden darf. Somit werden Regeln notwendig, die das Zugriffsrecht auf den Bus festlegen, so genannte Buszugriffsverfahren. Bei Verbindung der Busstruktur treten zudem folgende grundsätzlich Probleme auf:

- Da ein beliebiger Datenverkehr gefordert ist, müssen alle Teilnehmer jede Informationssendung „mithören“. Dadurch wird bei steigender Teilnehmerzahl der Sender immer stärker belastet.
- Die Übertragungstrecken für Feldbussysteme liegen häufig in einem Bereich von wenigen hundert Metern. Damit ist die Leitungslänge nicht mehr vernachlässigbar klein gegenüber der zu übertragenden Wellenlänge. Deshalb muss die Busleitung an beiden Enden mit ihrem Wellenwiderstand abgeschlossen werden, um Reflexionen auf die Leitung zu vermeiden, welche die Signalqualität erheblich beeinflussen könnten. Dieser Abschlusswiderstand belastet ebenfalls den Sender.
- Damit der Empfänger eine Änderung des logischen Zustandes akzeptiert, muss bei der Übertragung ein so genannter nicht definierter (i. d. R. erzeugt durch Spannungssprünge der Sender zum Informationsübertragungsbeginn) Bereich komplett durchlaufen werden. Dazu wird eine Zeit  $t$  benötigt, die von Kabelkennwerten (u. a. Induktivitäts- und Leitwertbelag) ab-

hängig ist. Wird die Leitung verlängert, steigen Widerstands- und Kapazitätswert der Leitung, was zur Folge hat, dass auch  $t$  anwächst.

In der Praxis hat dies zur Konsequenz, dass die maximale Übertragungsrate und die maximale Leitungslänge miteinander verknüpft sind. Hohe Übertragungsraten und Leitungslänge sind bei Verwendung von Lichtwellenleitern (LWL) erreichbar. Jedoch ist in diesem Fall die Ankopplung der Teilnehmer an eine Busleitung kompliziert und teuer.

Bei der Baumstruktur handelt es sich um eine Weiterentwicklung der Linienstruktur. Mit dieser Topologie sind größere Flächen als bei der Bustopologie vernetzbar. Die Ausführungen bzgl. der maximalen Leitungslänge, der maximalen Teilnehmerzahl und der maximalen Übertragungsrate gelten wie bei der Busstruktur. Diese Werte können mit so genannten Repeatern vergrößert werden. Bei diesen Elementen handelt es sich um Verstärkerelemente, die innerhalb der Baumstruktur i. d. R. zur Bildung eines neuen Übertragungszweiges verwendet werden.

Ringstrukturen werden i. d. R. durch mehrere Zweipunktverbindungen aufgebaut, die einen physikalischen Ring bilden. Dabei wird die übertragende Information von Teilnehmer zu Teilnehmer weitergeleitet. Auch hier muss ein entsprechendes Buszugriffsverfahren sichergestellt sein, was die vorbeschriebenen Nachteile mit sich zieht. Dadurch, dass die Ringstruktur aus Zweipunktverbindungen aufgebaut ist und jeder Teilnehmer als Repeater wirken kann, sind relativ große Entfernungen überbrückbar. Diese liegen zwischen zwei Teilnehmern bei Verwendung von Lichtwellenleiter im (bis ca. 100-)Kilometerbereich, bei gleichzeitig sehr hohen Datenraten. Problematisch ist diese Topologie bei Ausfall eines Teilnehmers, Kabelbruch oder sonstigen die Ringkommunikation störenden Ausfällen. Ausfallsicherheit wird daher i. d. R. durch redundante Ringauslegung hergestellt.

Bei der Sternstruktur ist die Zentralstation mittels Zweipunktverbindung mit jedem anderen Teilnehmer verbunden. Grundsätzlich bestehen bei dieser Topologie die Möglichkeiten, mit einem so genannten Sternkoppler (Hub) oder durch Intelligenzimplementierung in der Zentralstation zu realisieren. Aufgabe eines Hubs ist es, die Informationssignale ausschließlich vom Sender zum richtigen Empfänger weiterzuleiten. Dabei kann der Hub sowohl passiv sein als auch aktiv, d. h., die empfangenen Informationssignale werden vor der Weiterleitung noch aufbereitet. Ist die Intelligenz in der Zentral-



station implementiert, hat dies den Vorteil, dass diese Station den gesamten Kommunikationsprozess übernehmen kann, der bei einem Hub-Aufbau hierzu im Gegensatz von allen anderen Teilnehmern vorgenommen werden müsste. Prinzipiell jedoch findet die Kommunikation bei Aufbau einer Sternstruktur zwischen zwei Teilnehmern über die Zentralstation statt, die insofern auch einen Engpass darstellt. Ein Ausfall dieser Station hat bei Aufbau einer Ringstruktur zur Folge, dass die gesamte angeschlossene Kommunikation ausfällt.

#### 4.1.4.4 Ableitung von (kompatiblen) Anforderungen im Schnittstellenbereich von Lichtsignalanlagen

Basierend auf den zuvor erläuterten Anforderungen benötigen offene Schnittstellen von Lichtsignalanlagen Festlegungen zu(r)

- Systemarchitektur,
- Kommunikation (Protokolle, Übertragungseinrichtungen),
- den Gerätefunktionen, die über die Schnittstelle beeinflusst werden, und
- den Schnittstellenfunktionen.

Die Kommunikation muss hierbei im Zusammenhang mit den Gerätefunktionen betrachtet werden. Als Kommunikationsmedien können einfache Erdkabel aus Kupfer in Frage kommen, aber auch Lichtwellenleiter, Funkverbindungen oder neue Me-

dien wie beispielsweise GSM. Eine universell einsetzbare offene Schnittstelle muss hierbei unabhängig vom Kommunikationsmedium sein. Für eine flexible Anpassung an neue Anforderungen sollte eine funktionale Erweiterungsmöglichkeit gewährleistet sein.

Aus der jeweiligen Informationsübertragung ergeben sich, abhängig vom jeweils vorhandenen oder zukünftig eingesetzten physikalischen Medium, für die Datenübertragung im Volumen und der Datenübertragungsgeschwindigkeit unterschiedliche Kapazitäten. Um hinsichtlich einer offenen Schnittstelle unabhängig vom Übertragungsmedium zu werden, darf die Übertragungsstrecke nicht mit zeitkritischen Daten belastet werden, sondern die zukünftige Überlastung ist bereits vom Ansatz her vorausschauend zu vermeiden.

Diese Forderung kann durch ein dezentrales, aber auch teilzentrales System erfüllt werden, bei dem die zeitkritischen Steuerungsaufgaben in den Geräten vor Ort wahrgenommen und nicht zwischen Zentrale und Gerät über die Schnittstelle abgewickelt werden.

Um die Unabhängigkeit von der Netzwerktopologie zu gewährleisten, d. h. beispielsweise die Möglichkeit eines offenen Netzwerkes gemäß Bild 4, müssen die Schnittstellenbereiche mit jeder Hardware (d. h. Kommunikationsmedium) realisiert werden können.

Hierfür müssen standardisierte Kommunikationsmodelle verwendet werden. Nach dem aktuellen

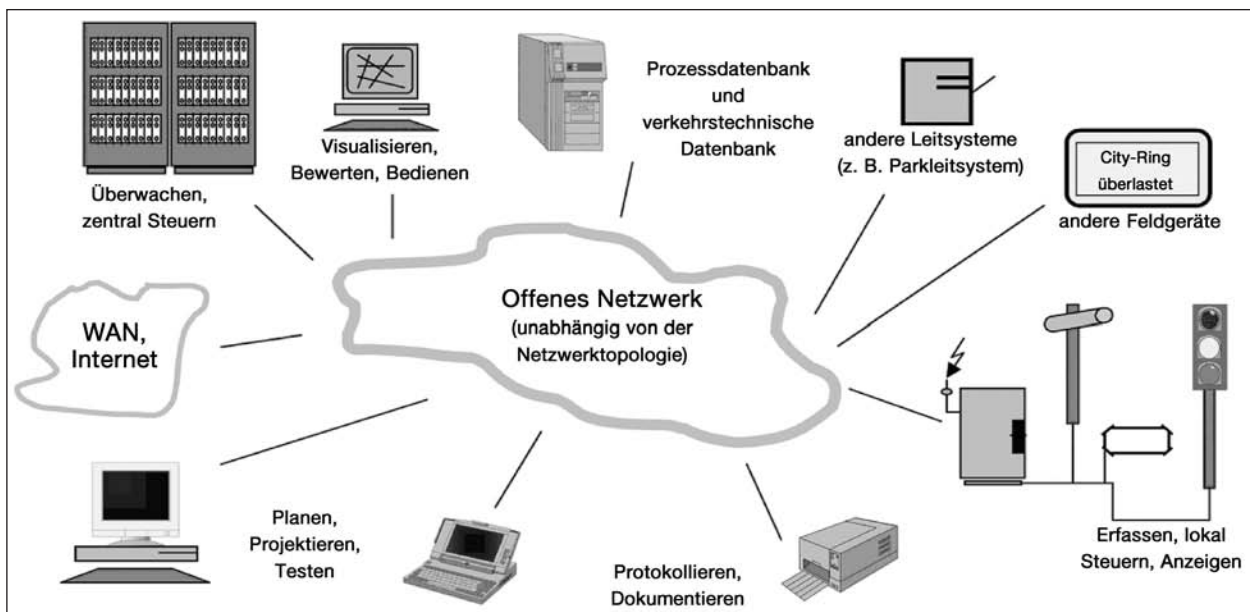


Bild 4: Beispiel einer offenen Netzwerkarchitektur; Quelle: OCA

Stand der Technik eignen sich hierfür insbesondere

- als Datenaustauschformate XML-Strukturen,
- das ISO-OSI-Schichtenmodell für die Datenübertragung sowie
- Ethernet, LAN-, MAN- oder WAN-Verbindungen für die Nutzung aller üblichen Medien und Telekommunikationsdienste für die Datenübertragung.

## 4.2 Hinweise zur Standardisierung einer offenen Schnittstelle der Verkehrstechnik, insbesondere für Lichtsignalanlagen

### 4.2.1 OCIT-Systemkonzeption

#### 4.2.1.1 Gültigkeitsbereich und Einsatzgrenzen von OCIT

Das Akronym OCIT steht für Open Communication Interface for Traffic Control Systems (= Offene Schnittstelle der Straßenverkehrstechnik). OCIT-Schnittstellen bilden die Basis einer offenen Systemarchitektur, die sich hauptsächlich an den Anforderungen der städtischen Straßenverkehrstechnik orientiert. Der Standardisierungsprozess schließt neben den Kommunikationsprotokollen die über die OCIT-Schnittstellen bedienten Funktionen mit ein. Damit wird der Umfang der Standardisierung eindeutig beschrieben. Aufgabengebiete wie Datenbankarchitekturen, Methoden der Softwareeinbindung, Bedienoberflächen, Applikationen etc. gehören somit nicht zum Prozess. Den Schwerpunkt bilden die standardisierten Verbindungen zwischen verteilten zentralen und dezentralen Komponenten, wie Teilsystemen, Werkzeugen und Feldgeräten. Mit Nutzung der Internettechnologie ermöglichen sie den Aufbau von Verkehrsmanagementsystemen und systemweiter Netzwerke, die Feldgeräte und Zentralen umfassen.

Die Standardisierungsarbeiten an OCIT basieren auf den technischen Systemarchitekturen und vorliegenden Regelwerken zur Straßenverkehrstechnik in der Bundesrepublik Deutschland. Daraus ergibt sich eine Abgrenzung des Einsatzbereiches auf jene Länder, die ähnliche Systemlandschaften wie Deutschland aufweisen. Daneben gibt es international noch die großen Systemlandschaften UK und US (z. B. NTCIP) sowie regionale Ausprägungen. Eine internationale Normung unter Einbeziehung dieser Systemlandschaften ist nicht vorgesehen.

#### 4.2.1.2 Eigenschaften der OCIT-Schnittstellen

OCIT-Schnittstellen sind grundsätzlich als „offene Schnittstellen“ konzipiert und ausgelegt. Der Begriff „offen“ bedeutet, dass die einzelnen Kommunikationspartner durch die Nutzung gemeinsamer Standards (Schnittstellendefinitionen) in der Lage sind, Informationen miteinander auszutauschen, d. h., die Systeme sind für diese Art der Kommunikation offen.

Aus diesem Grund wurde bereits in einer frühen Entwicklungsphase damit begonnen, folgende Punkte eindeutig festzuschreiben [17]:

- Systemarchitektur und Regeln,
- Protokolle der Anwendung,
- Gerätefunktionen und Daten,
- Kommunikation/Übertragungsprotokolle.

#### 4.2.1.3 Systemkomponentenaufbau

Ein so genanntes OCIT-System [17] mit offenen Schnittstellen für den Bereich von Lichtsignalanlagen besteht aus einer oder mehreren OCIT-Zentralen und OCIT-Feldgeräten. Zentralen und Feldgeräte werden über die OCIT-Schnittstellen entsprechend angeschlossen. Die Feldgeräte müssen zur vollen projektbezogenen Funktionstüchtigkeit nicht den gesamten Funktionsumfang von OCIT-Objekten/Funktionen implementiert haben. Zu beachten ist, dass auf der Zentralenseite die funktionalen Vorgaben der Feldgeräteversorgung vollständig erfüllt sein müssen, damit alle angeschlossenen OCIT-Feldgeräte, im weiteren als OCIT-Outstations benannt, einwandfrei (kommunikativ und funktional) betrieben werden können.

Die physikalische Datenübertragung gehört nicht zum Standardisierungsprozess und ist deshalb grundsätzlich unabhängig von der Schnittstelle zu betrachten. Für Ethernet, LAN-, MAN- oder WAN-Verbindungen existieren bislang für die OCIT-Outstations keine Übertragungsprofile (siehe 4.3.1.16).

#### 4.2.1.4 Zentralen

Die Zentralen können aus mehreren Bereichen, wie z. B. Bedienplätze, davon abgesetzte Gebietsrechner, Subsysteme und anderen zentralen Teilen, bestehen. Ihre Hauptaufgaben sind die Betriebssteuerung und Überwachung der angeschlossenen Feldgeräte.

Die Schnittstellen, welche die physikalischen zentralen Bereiche (Hardwarekomponenten) untereinander verbinden, sind über OCIT bislang nicht festgelegt. Beispielsweise können jedoch Subsysteme am LAN der Bedienplätze und die Feldgeräte am Gebietsrechner angeschlossen werden.

#### 4.2.1.5 Feldgeräte

Feldgeräte definieren die Obermenge aller Steuerungssysteme, die vor Ort verkehrstechnische Messungen und Schaltungen vornehmen können, ohne unbedingt mit einer Zentrale in Verbindung zu stehen. Zeitkritische Steuerungsaufgaben sind bei Einsatz von OCIT in den Geräten vor Ort zu absolvieren und dürfen gemäß der Spezifikation von OCIT (kalkulierbares Zeitverhalten im Sekunden-takt durch das deterministische IP-Protokoll nicht gegeben) nicht zwischen Zentrale und Gerät über die Schnittstelle abgewickelt werden. Für den OCIT-Einsatz können deshalb nur teil-/dezentrale Systeme, d. h., die eingesetzten Feldgeräte verfügen über geeignete Prozessoren, die komplexe Abläufe lokal beherrschen und entsprechende Verarbeitungen durchführen können, zur Anwendung kommen.

Ein Beispiel derartiger Feldgeräte sind Lichtsignalsteuergeräte für dezentral aufgebaute Systeme, die komplexe Verkehrsabhängigkeiten lokal beherrschen und Verkehrsmesswerte erfassen und verarbeiten („intelligente Steuergeräte“). Für den Datentransfer wird vorausgesetzt, dass für eine in OCIT definierte Funktion des Lichtsignalsteuergerätes auch eine entsprechende Funktion in der Zentrale vorhanden ist und umgekehrt.

Das Steuerverfahren „Signalgruppenfernsteuerung“ wird deshalb durch OCIT in der jetzigen Fassung nicht unterstützt, weil die vorhandenen Netzressourcen und das IP-Protokoll eine zeitgerechte Weiterleitung grundsätzlich nicht garantieren können.

Der Einsatz von intelligenten Feldgeräten bedarf hauptsächlich einer modernen Hard- und Softwarearchitektur. Feldgeräte älteren Datums (Altgeräte), die bisweilen ausschließlich über die Zentrale verkehrsunabhängig schalten können und ansonsten reine Festzeitprogramme abarbeiten, werden in den meisten Fällen aus wirtschaftlichen Gründen nicht mit einer OCIT-Schnittstelle ausgerüstet werden können. Die neue Schnittstelle stellt durch die universelle Netzwerkfähigkeit in der Regel höhere Anforderungen an die bestehende

Leistungsfähigkeit der Gerätehardware. Zudem schränken fehlende Anschlussmöglichkeiten, starre Programmgebilde oder der Einsatz veralteter Programmiersprachen die Chance eines OCIT-Updates bzw. -Upgrades durch den Gerätehersteller zusätzlich ein.

Die prinzipielle Erweiterung bestehender Anlagen funktioniert über eine, als OCIT-Vorschaltbaugruppe oder als Gerätevorsatz bezeichnete, Baugruppe, die je nach Altgerät einen Komponentenaustausch, -umbau oder -anbau erfordert. Die neu zu entwickelnden OCIT-Feldgeräte setzen in der Regel konsequent auf der innerhalb der Informationstechnologie (IT) etablierten Netzwerktechnik TCP/IP auf und erfordern somit geringere Aufwände im individuellen Hardwaredesign.

### 4.2.2 Externe Systemzugänge

#### 4.2.2.1 Lokaler Systemzugang

Insbesondere für Wartungszwecke ist im Steuergerät eine Anschlussmöglichkeit/physikalische Schnittstelle für Servicetools vorgesehen, welche im Gegensatz zu den üblichen Diagnosewerkzeugen nicht direkt auf die Speicherinhalte zugreifen, sondern mittels BTPPL-Protokoll mit dem Steuergerät Daten austauschen. Dazu wird das Servicetool analog zur Vorgehensweise bei Zentralen und Feldgeräten mit einer in der Regel temporären IP-Adresse ausgestattet, über welche es Daten versenden und empfangen kann.

#### 4.2.2.2 Zentraler Systemzugang

Analog zu dem lokalen Systemzugang ermöglicht eine externe Schnittstelle an der Zentrale den Anschluss optionaler Geräte, mit denen per BTPPL Verbindungen zum Feldgerätebestand und der Zentrale hergestellt werden können, um z. B. die herstellereigenspezifische Versorgung der LSA-Steuergeräte durchzuführen, solange diese Funktionalitäten nicht explizit im Verkehrsrechner (VSR) implementiert sind. Die Anbindung erfolgt in der Regel über das LAN.

### 4.2.3 Aufbau und Anwendungsbereiche der OCIT-Schnittstellen

Geräte und Software-Komponenten der Straßenverkehrstechnik werden innerhalb eines OCIT-Systems über drei grundsätzliche Schnittstellen untereinander angebonden (siehe Bild 5), der so genannten

- OCIT-Control,
- OCIT-Instations (OCIT-I),
- OCIT-Outstations (OCIT-O).

Innerhalb des Feldgeräts ist die Schnittstelle OCIT-Control als Gegenstand künftiger Standardisierung geplant. Sie wird unter funktionaler Betrachtung zwischen Gerätetechnik und zentraler Verkehrstechnik anzuordnen sein. Der Sinn und Zweck dieser Schnittstelle werden evident, wenn die gegenwärtige Versorgung von standardisierten, externen Steuerungsverfahren begutachtet wird: Im Regelfall muss jeder Steuergerätehersteller für die in Frage kommenden Steuergeräte gerätespezifische Anschlussmöglichkeiten soft- und hardwaretechnischer Natur festlegen, um die Implementierung zu ermöglichen. Jedes Steuerungsverfahren kann unter ungünstigen Umständen einen eigenen Anschlussplan vorsehen. Ergeben sich durch Upgrades/Updates des Steuerungsverfahrens neue Ausgangsbedingungen, die nicht mehr konform mit der vorherigen Anbindung sind, muss der Hersteller dies unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit entsprechend für jede involvierte Gerätefamilie anpassen. Der Betreiber schränkt sich zurzeit durch die Wahl eines bestimmten Steuerungsverfahrens

bei seinen Geräten meist selbstständig ein, weil für einen eventuellen Umstieg auf ein anderes Verfahren die gesamte verkehrstechnische Steuerung im Extremfall ersetzt werden müsste. Die konzeptionellen Überlegungen ergaben daher, künftig eine standardisierte Geräteschnittstelle einzurichten, über die die Implementierung von Steuerungsverfahren und Anwendungssoftware beliebiger Hersteller über Application-Sockets<sup>1</sup> vollzogen werden kann.

OCIT-Instations sind standardisierte Schnittstellen zwischen zentralen Komponenten und Systemen. Wesentliches Merkmal der OCIT-Architektur ist es, dass all diese Schnittstellen am „Rand“ der Zentrale, die als Einheit gesehen wird, angesiedelt sind. Es ist im Realisierungskonzept daher nicht vorgesehen, alle denkbaren Schnittstellen, die zwischen den Komponenten innerhalb der Zentrale vorhanden sind, zu erfassen (siehe hierzu auch Kapitel 4.3.2).

OCIT-Outstations sind standardisierte Schnittstellen mit dem Anwendungsbereich zwischen Zentrale und Feldgeräten sowie als zentrale und lokale Systemzugänge für Servicetools. Anmerkung: Ausführliche Informationen zur technischen Spezifikation befinden sich im Kapitel 4.3.1.

<sup>1</sup> auf eine Anwendung/Programm zugeschnittene Programmierschnittstelle

#### 4.2.4 Datenbeschreibungssprache XML

XML (eXtensible Markup Language) ist eine Metasprache, mit deren Hilfe sich eigene neue Spra-

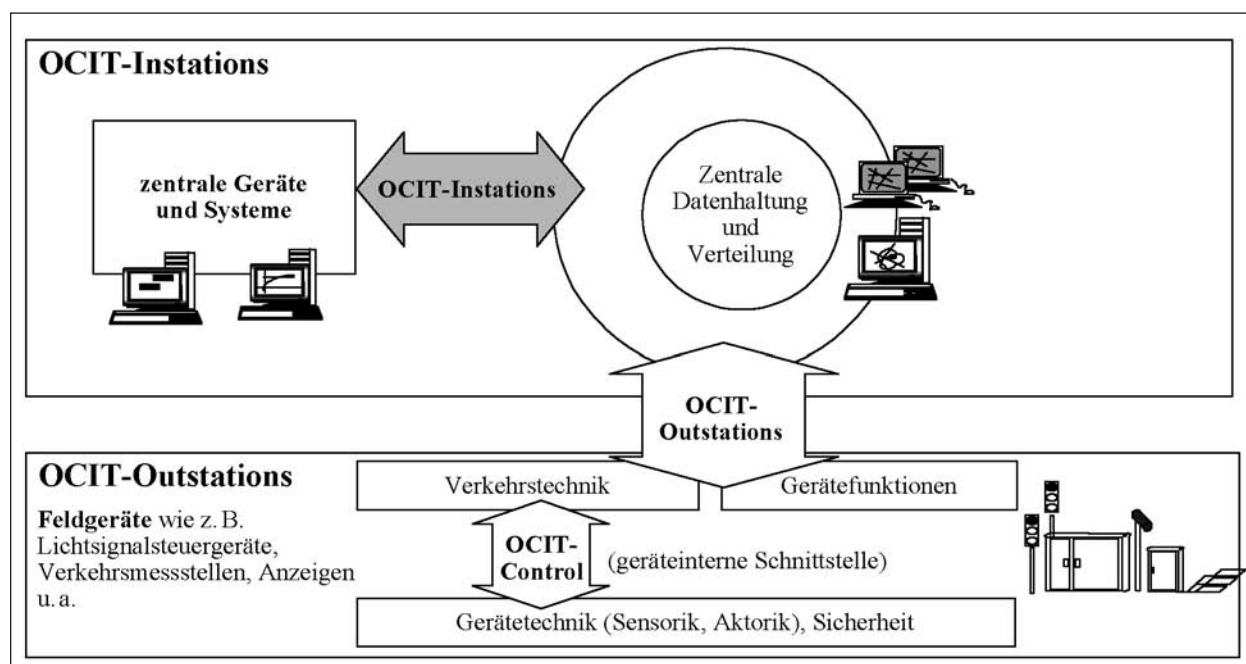


Bild 5: Schnittstellenbereiche und Systemarchitektur von OCIT; Quelle: OCA/ODG

chen zur Gliederung von Daten definieren lassen. Über vorher festgelegte projektbezogene Auszeichnungen (engl. Markups) sind inhaltliche Strukturierungen von Informationen in Dokumenten durchführbar. Dokumentenstrukturen sind damit in ihrer Komplexität an die erforderlichen Informationen anpassungsfähig.

Auf die wesentlichen Stärken von XML beschränkt, ergeben sich folgende prägnante Vorzüge:

- flexible Datenstruktur,
- Plattformunabhängigkeit,
- Textorientiertheit (ASCII).

Die projektspezifischen Grundregeln für die Struktur eines Dokuments werden intern (im Dokument selbst) oder extern (als eigenständige Datei) in einer DTD (Document Type Definition) einmalig festgelegt. Darauf aufsetzende XML-Dokumente lassen sich jederzeit anhand ihrer DTD bezüglich ihrer „Gültigkeit“ durch einen validierenden Parser oder eine Applikation überprüfen. Nicht validierende Parser prüfen nur die Wohlgeformtheit des Dokuments.

Ein Dokument besitzt Gültigkeit, wenn folgende Forderungen erfüllt werden:

- Dokument ist „wohlgeformt“,
- eine interne/externe DTD existiert,
- Dokument ist in Bezug auf die in der DTD aufgestellten Regeln gültig.

Die Wohlgeformtheit eines Dokuments besagt, dass sich das vorliegende Konstrukt vollständig an die offiziellen Regeln des W3C zur Erstellung von XML-Dokumenten hält:

- Das Dokument besteht aus einem Prolog und mindestens einem umschließenden Wurzelement.
- Alle Wohlgeformtheitsbeschränkungen der Spezifikation treffen zu.
- Eingesetzte Elemente sind korrekt ineinander verschachtelt.

Mit der XML-Schema-Sprache [18], die selbst in XML 1.0 dargestellt ist und deren Namensräume verwendet, werden die Ausdrucksmöglichkeiten der XML 1.0 DTD durch ein abstraktes Datenmodell beträchtlich erweitert. Der Zweck eines Schemas zeigt sich in der Definition und Beschreibung

einer Klasse von XML-Dokumenten durch Verwendung von Schemakomponenten. Diese Schemakomponenten schränken die Bedeutung, den Gebrauch und die Beziehungen der Bestandteile – Datentypen, Elemente und ihr Inhalt, Attribute und ihre Werte – der Schema-(XML-)Dokumente ein und dokumentieren diese. Schemata können auch die Spezifikation zusätzlicher Dokumentinformationen, wie beispielsweise Normalisierung und die Vorgabe von Attribut- und Elementwerten, bieten. Jede Anwendung, die wohlgeformtes XML verarbeitet, kann den Formalismus von XML-Schema-Strukturen verwenden, um syntaktische, strukturelle und Wertebereich-Beschränkungen auszudrücken, die auf ihre Dokumentinstanzen anwendbar sind. Der Formalismus von XML-Schema-Strukturen ermöglicht das Beschreiben und Implementieren von Beschränkungsprüfungen für ein breites Spektrum von XML-Anwendungen.

### 4.3 Aktueller Ergebnisstand der OCIT-Entwicklungstätigkeiten

#### 4.3.1 OCIT-Outstations

Die nachfolgenden Aussagen beziehen sich ausschließlich auf die Ende September 2002 publizierte OCIT-Outstations Version 1. Es gilt zu beachten, dass im Rahmen von OCIT standardisierte Schnittstellen definiert wurden und nicht der spezielle Funktionsumfang eines einzelnen Gerätes. Im Klartext bedeutet dies, dass in OCIT-Outstations-konformen Geräten eine Mindest- und Basisfunktionalität von OCIT vorauszusetzen sind, der restliche Ausbau der Systemeigenschaften und -fähigkeiten hingegen von den aktuellen Projektanforderung abhängt.

##### 4.3.1.1 Begriffsdefinitionen

Die technischen Dokumente zur OCIT-O nutzen bzw. verwenden naturgemäß vielfach Fachtermini, die besonders aus der objektorientierten Programmierung oder allgemein aus der IT-Branche entstammen. Neben verkehrstechnischen Termini (siehe hierzu auch Nomenklatur im Glossar) werden vielfach Begriffe wie „Methoden“, „Objekte“ etc. benutzt, die nachfolgend kurz erläutert werden.

##### Objekt

Als Objekt wird eine Kombination aus Funktionen (Programmcode) und Daten bezeichnet, die bei der

Entwicklung oder in einer Anwendung als Einheit gesehen wird. Jedes Objekt wird über eine Klasse definiert. Der Bezug zur Klasse wird durch den Objekttyp ausgedrückt. Damit ein Objekt eindeutig identifiziert werden kann, verfügt es über eine Objekt-Identitätsnummer (ID).

#### Klasse

Eine Klasse ist die formale Definition eines Objekttyps, d. h., sie dient als Vorlage für Objekte (Instanzen der Klasse), die aus ihr abgeleitet (instanziiert) werden. Anstelle von Objekten kann eine Klasse zudem die Basis für weitere Klassen darstellen. Diesen Vorgang bezeichnet man als Vererbung. Die Klasse definiert hauptsächlich die Eigenschaften des Objekts und die Methoden zur Steuerung des Objektverhaltens.

#### Methode

Eine Methode ist ein objektbezogener Befehl.

#### Vererbung

In objektorientierten, höheren Programmiersprachen erzielt man durch den Vorgang der Vererbung einen schlanken und aufeinander aufbauenden Programmcode, indem aus einem untergeordneten Basisobjekt weitere Folgeobjekte entstehen. Es werden sozusagen die gewünschten Grundfunktionalitäten über Verweise/Verknüpfungen in das neue Objekt eingebracht.

#### 4.3.1.2 Eigenschaften

OCIT-Outstations in der Version 1 besitzt folgende grundlegende Eigenschaften:

- Es setzt auf bewährte Internet-Netzwerktechnologie auf.
- Es definiert Funktionen zur Bedienung, Überwachung, Archivierung und Messwertbearbeitung für Feldgeräte, insbesondere Lichtsignalsteuergeräte und Zentralen. Die Gerätefernversorgung ist allerdings nicht inkludiert und erfolgt projektspezifisch entweder durch Hersteller-Objekte oder allgemein durch einen OCIT-Container.
- Es besteht auf der Feldgeräte- und Zentralenseite die Möglichkeit, über einen externen Systemzugang sich an das OCIT-Outstations-Netzwerk zu Service-/Fernversorgungszwecken anzuschließen.

- Detektor-Originalmesswerte sind mit einer Auflösung bis zu 10 ms erfassbar und übertragbar.
- Die Datenübertragung erfolgt z. T. mit dem SHA-1-Algorithmus verschlüsselt und wird durch die Profilnutzung an vorhandene Kommunikationshardware anpassbar. Bestandteil der Version 1 ist das Profil 1 (= Übertragungsprofil für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen auf festgeschalteten Übertragungswegen) mit V.34-Modems mit bis zu 28.800 bps und 15 km Reichweite.

#### 4.3.1.3 Anwendungsfälle

Auf der Basis der Internettechnologie ermöglichen OCIT-Outstations-Schnittstellen ein systemweites, strategisches Netzwerk, das Feldgeräte (insbesondere Steuergeräte für LSA) und Zentralen umfasst. Dadurch sind sie relativ unabhängig vom verwendeten Übertragungsmedium und erlauben, dass sie sich schrittweise weiterentwickeln und an künftige Aufgaben anpassen lassen.

Für den Kommunikationsaustausch ergeben sich folgende Konstellationen:

- Feldgerät – Feldgerät  
Geplant (voraussichtlich mit der OCIT-O-Version 2).
- Zentrale – Feldgeräte  
Steuerung, Überwachung und Datensammlung. Die Feldgeräte sind in der Version 1 Single-Master-Geräte; daher ist ihre Gegenstelle logisch betrachtet immer die Zentrale bzw. die entsprechenden Servicetools der Zentrale.
- Zentrale – Zentrale  
In der OCIT-Outstations bzw. OCIT-Instations bislang nicht behandelt.
- Zentrale – Servicetools (zentraler Systemzugang)  
Erlaubt den Anschluss von Servicetools an die Zentrale und ermöglicht darüber den Zugang zu den Feldgeräten.
- Feldgerät – Servicetools (lokaler Systemzugang)  
Erlaubt den Anschluss von Servicetools an das Steuergerät und ermöglicht darüber den Zugang zu der Zentrale und anderen Feldgeräten (lokaler Systemzugang erst ab Version 2).

#### 4.3.1.4 Kommunikationsmodell

Das Kommunikationsmodell von OCIT orientiert sich am nach ISO standardisierten, OSI-Schichtenmodell (siehe Tabelle 1), um sicherzustellen, dass das Kommunikationssystem für zukünftige Aufgaben offen und erweiterbar bleibt. Zugleich hebt es durch funktionale Gliederung und Trennung der einzelnen Schichten die Beschränkung auf, auf bestimmte Übertragungstechniken und -wege angewiesen bzw. beschränkt zu sein. Die Verwaltung der Datenübertragung in Netzwerken erfolgt insgesamt über 7 Schichten, wobei (von oben nach unten) davon drei Schichten anwendungsorientiert, zwei transportorientiert sowie die letzten zwei hardwareorientiert ausgerichtet sind.

Im Protokollaufbau der publizierten Version 1 der OCIT-O definiert die Hardwareschnittstelle (Schicht 1) die physikalische Anbindung zweier Geräte. Diese Ebene ist durch den Einsatz von Übertragungsprofilen variabel ausgelegt, d. h., durch Austausch des Profils besteht prinzipiell die Möglichkeit, jegliches Kommunikationsmedium zur Verbindung von OCIT-Geräten einzusetzen, unter der Prämisse, dass ein Profil grundsätzlich hergestellt werden kann. Die Version 1 der OCIT-O inkludiert das definierte Übertragungsprofil für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen. Dieses Profil (siehe Kapitel 4.3.1.17) sieht eine Verbindung zweier Geräte über analoge Modems mittels Zweidrahtleitung vor, wie

OSI-Layer			OCIT-Outstations-Schichten
Nr.	Schicht	Aufgabe	
7	Anwendungsschicht (Application Layer)	Informationsübertragung zwischen Programmen	BTPPL
6	Darstellungsschicht (Presentation Layer)	Textformatierung und Codeumwandlung	BTPPL
5	Kommunikationssteuerungsschicht (Session Layer)	Herstellen, Steuern und Aufrechterhalten der Verbindung	BTPPL
4	Transportschicht (Transport Layer)	Fehlerfreie Übertragung, Dienstqualität	TPC oder UDP
3	Vermittlungsschicht (Network Layer)	Übermittlungswege, Übertragung und Verwaltung von Nachrichten	IP
2	Sicherungsschicht (Link Layer)	Codierung, Adressierung und Datenübertragung	PPP
1	Bitübertragungsschicht (Physical Layer)	Hardwareverbindungen	Hardwareschnittstelle

Tab. 1: Aufbau der Kommunikationsebenen nach OSI mit OCIT-Aufbau

sie vielfach in den innerstädtischen LSA-Netzen vorzufinden ist. Um die vorhandene Leistungskapazität nicht vollständig auszuschöpfen bzw. um für zukünftige Aufgaben genügend freie Kapazitäten bereitzuhalten, besteht seit der Entwicklung der OCIT-O grundsätzlich die Forderung, die Übertragungstrecke nicht mit zeitkritischen Daten zu belasten und eine zukünftige Überlastung vom Ansatz her auszuschließen. Diese Forderung setzt zwingend den Einsatz von dezentralen Systemen (Feldgeräte) voraus, die auf lokaler Ebene ohne den Rückgriff auf die Zentrale auf komplexe Abläufe kurzfristig reagieren können, d. h. intelligente Steuergeräte.

Die Kommunikationsebenen 2-4 setzen ausschließlich auf Standardprotokolle auf. Die darüber liegenden Anwenderschichten benutzen das speziell für OCIT-O entwickelte bandbreitenoptimierte „Basis Transport Paket Protokoll Layer“- (BTPPL-) Protokoll. Die Vorzüge im Vergleich zu anderen Anwenderprotokollen wie z. B. HTTP sind [17]:

- kleiner Datenoverhead,
- relativ geringe Anforderungen an die Kommunikationshardware,
- hohe Übertragungssicherheit durch interne Verschlüsselung.

Das BTPPL-Protokoll und die Einbindung der OCIT-Outstations-Funktionen in die Software der OCIT-Geräte formen zusammen die OCIT-Outstations-Schnittstelle.

#### 4.3.1.5 Protokolleigenschaften

##### 4.3.1.5.1 Zeitverhalten

Der Einsatz des IP- (Schicht 3) und TCP-Protokolls (Schicht 4) eröffnet dem Systemhersteller und dem Systembetreiber die Möglichkeit, erprobte Netzwerktechnik in den Lichtsignalanlagen Sektor einzubringen und das Netz für zukünftige Szenarien generell erweiterungs- und anpassungsfähig zu halten, da im optimalen Fall mehrere Geräte miteinander und gleichzeitig über eine Leitung kommunizieren und die Bandbreite des Netzes damit optimal ausnutzen können. Konventionelle Übertragungsverfahren nehmen in der Regel während des Kommunikationsaustausches die physikalische Leitung für sich ein und verwenden nur jene Übertragungsraten, die gerätetechnisch maximal möglich ist, aber unter Umständen die Leitung nicht vollständig ausnutzen.

Der mit den Internetprotokollen (TCP/IP) verbundene Nachteil, dass die Zeitdauer beim Versenden von Datenpaketen nicht kalkulierbar ist, wird unter der Annahme entsprechend intelligenter Steuergeräte fast vollständig kompensiert.

Die Ursachen für die Laufzeit der Daten sind vielfältig, aber im Zusammenhang zu betrachten:

- Die Leitung verfügt nur über eine eingeschränkte Bandbreite/Kapazität.
- Ein Datensatz wird immer in einheitliche Datenpakete gesplittet (aufgeteilt). Die einzeln verschickten Pakete können über mehrere Wege zum Ziel gelangen (Grundsatz des Internets). Beim Empfänger werden sie dann wieder zusammengefügt. Je nach Auslastung der Leitungswege erfahren die Datenpakete unterschiedliche Laufzeiten (z. B. kann das letzte Datenpaket über Umwege vor dem ersten Datenpaket beim Empfänger eintreffen). Erst wenn alle Datenpakete eingegangen sind, kann der Datensatz weitergeleitet werden.
- Es werden z. B. nicht unbedingt Daten auf dem längeren Weg mit der höchsten Übertragungsgeschwindigkeit versendet, sondern über kürzere, aber zugleich langsamere Verbindungen.

Auf der Zentralenseite begegnet man dieser dynamischen Zustellzeit, indem bei einer Online-Datenauswertung die Datensätze zeitnah, d. h. mit einem geringen zeitlichen Versatz, visualisiert werden. Ob die Daten gleichmäßig im Sekundentakt aus einem Puffer ausgelesen werden oder je nach Eingang direkt weitergeleitet werden, ist projektspezifisch zu klären und nicht in OCIT festgelegt.

#### 4.3.1.5.2 Datensicherheit

Das Transportprotokoll (TCP oder UDP) sorgt auf der Transportebene 4 für die 1:1-genaue Übermittlung der Daten an den Empfänger. Wird ein Datensatz aufgrund einer Leitungsstörung nicht ordnungsgemäß übertragen, fordert der Empfänger dieses Paket automatisch neu an. Bleibt das Paket weiterhin aus, wird ein Fehler gemeldet.

Einen Schutz vor Hackern bietet je nach Übertragungsprofil die Sicherungsschicht (Ebene 2) durch Zugriffsbeschränkungen. Für den Fall, dass der Hacker sich bereits im Netz aufhält und administrative Rechte besitzt, greifen die Schutzmaßnahmen des BTPPL-Protokolls. Hier wird die Kontrolle über die Feldgeräte zweistufig gesichert [19].

- Nicht sicherheitsrelevante Kommunikation, wie z. B. die Übertragung von Visualisierungsdaten, die den weit überwiegenden Teil der Kommunikation ausmacht (je nach Projekt teilweise mehr als 95 % des Datenvolumens), wird nur gegen unbeabsichtigte, zufällige Übertragungsfehler und fehlgeleitete UDP-Pakete gesichert. Eine solche Sicherung erfordert nur einen geringen Overhead an Daten (Fletcher-Algorithmus).
- Die sicherheitsrelevante Kommunikation, wie z. B. neue Grundversorgungen oder Betriebsmeldungen, wird zusätzlich auch gegen beabsichtigte Zugriffe gesichert (SHA-1-Algorithmus). SHA-1 ist ein sicheres Prüfsummenverfahren, das jede unberechtigte Übertragung erkennt und verwirft. SHA-1 wird in anderem Zusammenhang auch zur Bildung digitaler Unterschriften eingesetzt und ist weltweit als sicher anerkannt. Für die Übertragungssicherung ist ein eigenes Passwort notwendig (OCIT-Passwort), das in den Feldgeräten selbst geprüft wird. Die Anwendung dieses Verfahrens hat unter anderem den Vorteil, dass der Systemzugang nicht zwingend über eine Firewall gesichert werden muss. Der Aufwand für dieses Verfahren hält sich, bezogen auf die Gesamtlaufzeit, in engen Grenzen, weil nur ein sehr kleiner Teil der Kommunikation auf diese Weise gesichert wird.

#### 4.3.1.6 Funktionen und Objekte

Alle über die OCIT-Schnittstelle ausführbaren Funktionen müssen von OCIT-konformen Geräten in gleicher Art und Weise ausgeführt werden, um eine einheitliche Systemfunktion zu gewährleisten. Dabei gilt es, zwischen zwei Funktionsfamilien zu unterscheiden:

- Funktionen der Geräte, die über die OCIT-Schnittstelle aufgerufen werden können,
- Funktionen oder auch Methoden der OCIT-Schnittstellenobjekte, die dazu dienen, jene Gerätefunktionen aufzurufen.

Ein Objekt beinhaltet eine oder mehrere Funktion(en) und weitere Daten/Parameter. Die Beschreibung der Funktionen respektive Objekte erfolgt in der OCIT-O-Schnittstellenbeschreibung meist an einer Stelle, d. h., die verbale Objektbeschreibung enthält auch eine kurze Beschreibung der damit verbundenen Gerätefunktion.



Die genaue Spezifikation der Objekte erfolgt im Anhang der OCIT-O-Schnittstellenbeschreibung [19], [20], [21] entweder verbal und/oder mit Hilfe der Datenbeschreibungssprache XML (Extensible Markup Language). Die XML-Dateien bilden die Grundlage für eine OCIT-konforme Implementierung der Objekte in den Geräten.

#### 4.3.1.7 Objekte

In OCIT-O werden unterschieden:

- OCIT-Outstations-Objekte  
Diese Basisobjekte sind für OCIT vordefiniert und in Syntax und Semantik festgelegt. Die Funktionen OCIT-konformer Geräte beruhen auf diesen Festlegungen. Alle OCIT-konformen Geräte führen die mit den Basisobjekten verbundenen Funktionen in genau gleicher Weise aus.
- Hersteller-Objekte  
Mit dem Basissatz von OCIT-Outstations-Objekten lassen sich nicht alle projektspezifischen Anforderungen abdecken. Deshalb besteht die Möglichkeit, eigene Objekte zu definieren und einzusetzen. Über die Memberrnummer (s. u.) grenzen sich die Hersteller-Objekte von den OCIT-Outstations-Objekten ab.

#### 4.3.1.8 Objektelemente

Zum Verständnis der Objektbeschreibungen in den ODG-Dokumenten der OCIT-O ist es wichtig, den generellen Aufbau eines Objektes in der OCIT-O-Welt zu verstehen:

- Member  
Der Eigentümer eines Objekts wird durch die so genannte Memberrnummer gekennzeichnet. Member 0/1 bezeichnet systemweit gültige Objekte (OCIT-Outstations-Objekte). Die Verwaltung dieser Memberrnummern obliegt der ODG. Sie führt eine Liste, in der alle autorisierten Mitglieder (Nutzer von OCIT-O) verzeichnet sind. Die Regelung zur Führung dieser Liste erfolgt zusammen mit der Regelung der Nutzungsrechte.
- OType  
OType beinhaltet den reinen Objekttyp. Durch eine Kennnummer im Bereich von 0 bis 65535 ist jedes Objekt eindeutig klassifiziert.
- Objekttyp  
Damit herstellereigene OTypes bei gleicher Nummerierung nicht verwechselt werden, sorgt

der Zusatz mit der Memberrnummer für einen eindeutig in der OCIT-O definierten Objekttyp.

- Objekt ID  
Die meisten Objekttypen werden mehrfach eingesetzt. Dies gilt z. B. für Kreuzungsgeräte, Signalpläne, Detektoren, Betriebsmeldungsarchive usw.. Um die so genannten Instanzen dieser Objekte zweifelsfrei unterscheiden zu können, erhält jedes Objekt parametrisiert im Objekttypen eine ID zugewiesen, die Zentralen-übergreifend eindeutig festgelegt ist.

#### 4.3.1.9 Meldungs- und Messwertverarbeitung

Unter Messwerten werden Messergebnisse, Schaltzustände und sonstige vom Gerät erfasste Daten verstanden. Meldungen geben protokollierte Betriebsstörungen, -vorgänge oder -zustände wieder. In Archiven werden ausgewählte Betriebsdaten der Feldgeräte gesammelt [21]. OCIT vereinigt die bisher üblicherweise getrennten Messwert- und Meldungsarchive unter einem gemeinsamen Funktionsschema, in dem die Datenstrukturen und die für die Archive bereitstehenden Funktionen strukturell gleich sind.

Die Verwaltung der Betriebsdaten erfolgt zentral durch die Archivschnittstelle, die folgende generelle Vorteile besitzt:

- Meldungen, Messwerte und Archive sind erweiterungsfähig (Umfang),
- geringer Datenoverhead und
- Daten werden gepuffert.

Es stehen neben den Standardarchiven

- Betriebszustandarchiv,
- Standard-Meldearchiv und
- Syslog-Archiv (allgemeines Archiv für projektspezifische Informationen),

in der Regel bei einem LSA-Steuergerät optional die Archive

- Service-Systemzugang,
- Signalisierung,
- ÖPNV,
- Messwert für aggregierte Detektorwerte und
- Online für Rohwerte

zur Verfügung. Herstellerabhängig lassen sich darüber hinaus weitere Archive definieren.

#### 4.3.1.10 Aufbau und Eigenschaften der Archivschnittstelle

Eine detaillierte Darstellung zu dem Aufbau und den Eigenschaften der Archivschnittstelle liefert die OCIT-O-Dokumentation zu den Basisfunktionen [21]. Es folgt eine knappe Funktionsbeschreibung, damit die nachfolgenden Erläuterungen besser nachvollziehbar sind:

Die Rückmeldung von Meldungen und Messwerten an die Zentrale erfolgt generell über Listen. Im Feldgerät existieren zwecks einer funktional ausgerichteten Struktur mehrere Listen, die sich jeweils aus einem statischen zur Auftragsverwaltung und in einem dynamischen Teil für die Datenpufferung zusammensetzen (Bild 6). Im statischen Abschnitt befinden sich die Aufträge, die sich jeweils aus keinem (bei speziellen Strukturen – z. B. R09-Telegramm), einem oder mehreren Auftrags-element(en) zusammensetzen. In jedem Auftrags-element wird eine Meldung oder ein Messwert definiert. Abgelegt wird eine Meldung oder ein Messwert im dynamischen Abschnitt der Liste, dem Ringpuffer. Der Ringpuffer besitzt eine durch die Liste fest vorgegebene Größe. Alte Datensätze werden automatisch überschrieben, wenn der Ringpuffer vollständig mit neuen Daten gefüllt wurde. Bei bestimmten Füllständen/Annahmen kann ein „Event“ ausgelöst werden, der die Zentrale über den Ringpufferzustand informiert. Wenn nun ein Messwert von dem

Feldgerät gelesen oder eine Meldung generiert wird, legt die Archivschnittstelle diesen Datensatz zusammen mit den durch den Auftrag vorgeschriebenen anderen Auftrags-elementen in einem Auftragsframe ab. Alle zur gleichen Zeit erfolgten Auftragsframes werden mit der aktuellen Zeit (UTC-Zeitstempel) in einem Sekundenframe im Ringpuffer gespeichert. Dadurch lassen sich später in der Zentrale die Daten wieder chronologisch genau zuordnen. Beim Download der Daten aus den Ringpuffern in die Zentrale bleiben diese erhalten und stehen bis zum Überschreiben des Ringpuffers anderen Diensten zur Verfügung.

#### 4.3.1.11 Eventgesteuerter Datenversand

Die im Ringpuffer eingetragenen Daten werden nicht automatisch zur Zentrale geschickt, sondern nur auf Anfrage von der Zentrale oder bei definierten Ereignissen (Events) übertragen. Die eigentlichen Daten werden in keinem Fall ungefragt vom Feldgerät in die Zentrale übertragen. Die Events enthalten deshalb keine Sachdaten, sondern nur den Absender.

Es gibt drei verschiedene Typen von Events, die von Listen im Feldgerät zur Zentrale geschickt werden, um die Zentrale vom Vorliegen eines Ereignisses zu informieren:

- bei Erreichen des parametrierbaren Füllgrads der Liste,
- bei der Änderung des Zieles für den Event (z. B. Wechsel der Zentrale) und

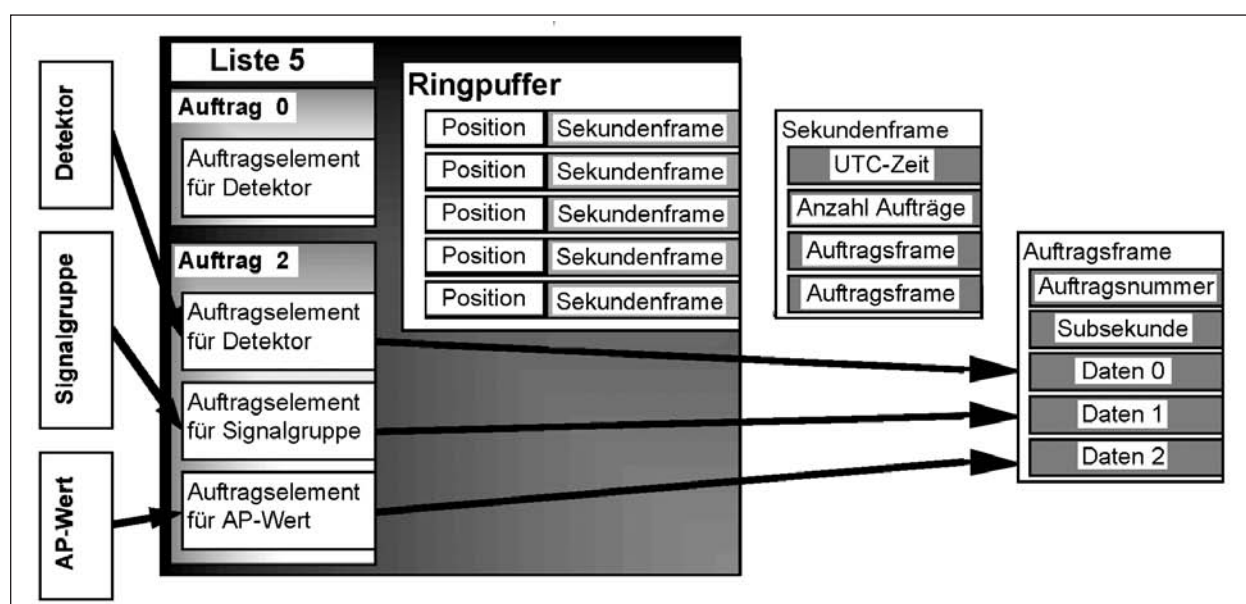


Bild 6: Aufbau des Archivsystems; Quelle: ODG

- beim Eintragen bestimmter dynamischer Werte (z. B. Rotlampenfehler).

Welches Event durch welches Ereignis ausgelöst wird, legt der zugehörige Auftrag fest. Der Normalfall bei der Kommunikation zwischen Zentrale und Feldgerät ist das eventgesteuerte Anfordern von Daten. Daneben ist ein spontanes Abholen möglich, z. B. durch das Wartungsterminal. Dieses spontane Abholen kann parallel zu den Abholvorgängen der Zentrale erfolgen.

#### 4.3.1.12 Meldungen

Meldungen können aus mehreren Meldungsteilen bestehen, dem Hauptmeldungsteil und weiteren Zusatzmeldungsteilen. Dadurch werden hersteller-spezifische Erweiterungen ermöglicht. Die herstellere-spezifischen Zusatzmeldungsteile werden in der XML-Beschreibung (TYPE-Datei – siehe Kapitel 4.3.1.14) definiert und je nach Bedarf mit eigenen Formattexten versehen. In der auf den TYPE-Dateien basierenden XML-Datenbasis der Zentrale liegen die notwendigen Informationen bereit, die Rückschlüsse auf die Bedeutung der Meldungen im System zulassen.

Jedem Meldungsauftrag ist ein Schweregrad (MeldungsDegree) zugeordnet, der von der Zentrale zu jeder Zeit geändert werden kann. Der Schweregrad definiert die Relevanz einzelner Meldungen nach folgenden Stufen:

- Information (keine negativen Auswirkungen auf den Verkehr),
- Warnung,
- Fehler und
- schwerer Fehler (wesentliche Auswirkungen auf den Verkehr).

Informelle Meldungen brauchen im Gegensatz zu schweren Fehlern nicht sofort an die Zentrale übergeben werden. Dadurch lässt sich die Ausnutzung der Leitungsbandbreite besser vorausschauend koordinieren. Zusätzlich grenzt die folgende Klassifizierung nach der Kategorie der Meldung den Funktionsbereich, aus dem eine Meldung hervorgeht, wie folgt grob ein:

- keine der Nachfolgenden,
- Geräte-Hardware,
- Sollbildfehler, Istbildfehler,
- Anwenderprogramm,

- Übertragungssystem,
- Betriebssystem,
- Firmware,
- Anwender-Software, Versorgung,
- Uhr,
- Detektoren,
- Betriebszustand.

#### 4.3.1.13 Messwerte

Die Messwertverarbeitung hängt aufgrund der unterschiedlichen Einsatzzwecke grundsätzlich von dem eingesetzten Feldgerätetyp ab. Die Handhabung der Messwerte im Archivsystem unterscheidet sich dabei nicht grundlegend von der o. g. Meldungsbearbeitung. Um eine ausreichende Variabilität zu unterschiedlichen Anwendungsfällen zu garantieren, sind Auftragsstypen definiert, welche die speziellen Eigenschaften der Messwerte für die Archivierung optimal berücksichtigen. Mit der OCIT-O-Version 1 liegen folgende generelle Auftragsstypen vor:

- Einzelschleifen-Erfassung (ggfs. komprimiert und/oder aggregiert),
- R09-Telegramm,
- erweitertes R09-Telegramm (optional),
- Signalbild.

#### 4.3.1.14 Datendefinitionen

Die in der OCIT-O-Dokumentation verbal „verklausulierten“ Objekttypen werden strukturiert durch das XML-Format elektronisch wie folgt abgelegt:

- OCIT-O-DTD-Vx.x.dtd  
Die DTD der Objekttypen beschreibt die Struktur aller im Definitionsbereich von OCIT-Outstations verwendeter TYPE-Dateien.

```
<!ELEMENT NAME (#PCDATA)>
<!ELEMENT DESCRIPTION (#PCDATA)>
<!ELEMENT MIN (#PCDATA)>
<!ELEMENT MAX (#PCDATA)>
<!ELEMENT VALUE (#PCDATA)>
<!ELEMENT MEMBER (#PCDATA)>
<!ELEMENT OTYPE (#PCDATA)>
<!ELEMENT NO_TCP (#PCDATA)>
<!ELEMENT BASETYPE (NAME (#PCDATA))>
<!ELEMENT DOMAIN (NAME, DESCRIPTION, MEMBER, OTYPE)>
<!ELEMENT CLASSATTRIBUTE (NAME, DESCRIPTION, VALUE)>
<!ELEMENT REFERENCE (MEMBER, NAME)>
<!ELEMENT BASEDOMAIN (MEMBER, NAME)>
<!ELEMENT MINCOUNT (#PCDATA)>
<!ELEMENT MAXCOUNT (#PCDATA)>
<!ELEMENT REFPATH (#PCDATA)>
```

**Bild 7:** Ausschnitt aus der OCIT-O-DTD; Quelle: ODG

- OCIT-O-Basis-TYPE-Vx.x.xml  
Die Datei enthält die Basisdefinitionen der OCIT-Outstations-Objekte.
- OCIT-O-Feldgeräte-TYPE-Vx.x.xml  
Diese Datei enthält die Definitionen für bestimmte Arten von Feldgeräten.

```

<OBJTYPE>
<NAME>ZSignalProgramm</NAME>
<DESCRIPTION>von der Zentrale eingestellter
Signalprogrammschaltwunsch</DESCRIPTION>
<MEMBER>0</MEMBER>
<OTYPE>222</OTYPE>
<DECL>
<NAME>Aktuell</NAME>
<DESCRIPTION>aktueller oder zuletzt eingestellter
Zentralenschaltwunsch</DESCRIPTION>
<REFERENCE>
<MEMBER>0</MEMBER>
<NAME>ZSO_SIGNALPROGRAMM</NAME>
</REFERENCE>
</DECL>
<DECL>
<NAME>Next</NAME>
<DESCRIPTION>zeitlich nächster
Zentralenschaltwunsch</DESCRIPTION>
<REFERENCE>
<MEMBER>0</MEMBER>
<NAME>ZSO_SIGNALPROGRAMM</NAME>
</REFERENCE>
    
```

Bild 8: Ausschnitt aus einer fiktiven TYPE-Datei; Quelle: ODG

### 4.3.1.15 Abdeckung des Funktionenspiegels „Steuergerät“ unter OCIT-Outstations

Im Kapitel 4.1.2 werden wichtige Funktionalitäten eines Steuergeräts über einen Funktionenspiegel ausgedrückt. Die aktuelle Version 1 der OCIT-O-Schnittstelle deckt davon bereits wie Kapitel 4.3.1.2 und Tabelle 2 aufzeigt einen großen Teil ab. Die fehlenden Funktionen sind sukzessive für Folgeversionen, insbesondere Implementierung in die Version 2, vorgesehen.

### 4.3.1.16 Übertragungsprofile

Lichtsignalsteuergeräte älterer Bauart besitzen nur eingeschränkte Möglichkeiten, ihre Kommunikationshardware an neue Übertragungstechniken anzupassen. Vielfach sind die Hardware-typischen Eigenschaften direkt mit der Software im Gerät verknüpft. Änderungen an einer Stelle führen zwangsläufig zu weiteren vorzunehmenden Anpassungen an der Gesamtanlage mit den Risiken, dass die Fehlerträchtigkeit des Systems dadurch erheblich ansteigt. Im Endergebnis ergeben sich unter ungünstigen Umständen speziell auf den Anwendungsfall fixierte LSA-Anlagen, die für spätere Erweiterungen bzw. Updates nicht mehr über die notwendige Flexibilität verfügen.

Funktion	in OCIT-O Version 1	Funktion	in OCIT-O Version 1
<b>Übergeordnete Funktionalitäten</b>		<b>Messen, Archivieren, Online-Übertragen</b>	
Zeitdienst	ja	<b>Messen</b>	
Vorgangskennung	ja (SysJobID)	Detektor/Taste	ja
Verbindungsüberwachung	Nur mit Kontrolltelegrammen möglich. Eine Trägerüberwachung ist nicht vorgesehen	Messquerschnitt	ja
OCIT-Nachricht versenden	ja	Serielle ÖV-Erfassung	nur R09-Telegramme
Systemzugang	Version 1: Zentrale Version 2: lokaler Zugang am Feldgerät	<b>Zwischenspeichern</b>	
<b>Bedienen</b>		Messwerte roh	ja
Lichtsignalanlage (LSA) Sofortaus	ja	Messwerte vorverarbeitet	ja
LSA Zentralenbetrieb/Ortsprogramm	ja	ÖV-Archiv	ja
LSA schalten	nur Programme	<b>Online-Übertragung</b>	
Teilknoten ein/aus	ja	Tx	ja, AP-Werte
Verkehrsabhängigkeit ein/aus	ja	Signalgruppenzustand	ja
Signalprogrammwahl	ja	Phasen	ja, AP-Werte
Messwerterfassung ein/aus	ja (Aufträge) Listen ab Version 2	Detektormeldungen	ja
Echtzeitprotokollierung ein/aus	Alle Archivdaten werden mit einem Zeitstempel versehen	verkehrsabhängige Variablen	ja, AP-Werte
Betriebstagebuch übertragen	ja	ÖV-Telegramme	
<b>Überwachen</b>		<b>Fernzugriff</b>	
<b>Betriebsmeldungen</b>		<b>Fernparametrierung</b>	
Betriebsstatus	ja	Geräteüberwachung	ständig
Betriebsart	ja	Datenübertragung	ja (Listensteuerung)
Betriebsmodus	ja	Messwert-erfassung	ja (Listensteuerung)
Programmwechsel	ja	<b>Fernversorgung</b>	
Steuerungsart	prinzipiell ja	Grundversorgung	
Sonstige	Ja-Meldungen können über die Herstellererweiterung näher beschrieben werden	Wochenautomatik (lokal)	projektspezifisch über OCIT-Container
<b>Störungsmeldungen</b>		Signalprogramm	
Netzausfall	ja, nach Wiedereinschaltung	Phasenübergänge	
Notaus	ja	Verkehrsabhängigkeit Logik	
Wartungseingriff	ja	Verkehrsabhängigkeit Parameter	
Polizeieingriff	ja, Sondereingriff	OCIT-Container	ja
Kommunikationsstörung	ja	<b>Datenübertragung</b>	
Adernbruch	nein	<b>Übertragungsmedium</b>	
Synchronisationsstörung	k. A.	Draht	ja
Rotlampenausfall	ja, primär und sekundär unterschiedlich	Funk	nein
Ansprechen der Signalsicherung	ja	LWL	nein
Zwischenzeitunterschreitung	ja (Zwischenzeitkorrektur)	Internet	nein
Mindestzeitunterschreitung	ja	<b>Übertragungsart</b>	
Detektorstörung	ja	Standleitung	ja
		Partyline	ab Version 2 können Feldgeräte peer-to-peer über die Zentrale als Router miteinander kommunizieren
		Wählverbindung	nein, erst ab Version 2

Tab. 2: Umgesetzte Funktionen der OCIT-O-Version 1 im Funktionenspiegel

Um diesen Missstand grundsätzlich auszuschließen, verfolgt die OCIT-O den von Grund auf erkennbaren und konsequenten Weg der Modularisierung. Die Art und Weise der Datenübertragung sind kein expliziter Bestandteil des OCIT-Protokolls. Der Anschluss an das Kommunikationsnetz erfolgt immer mit Hilfe eines Übertragungsprofils, das inhaltlich unterschiedlich, aber nach „oben“ (zu den höheren Kommunikationsebenen) genau definiert ist. In diesem wird festgelegt, wie

- der Übertragungsweg,
- das Übertragungsprotokoll und
- das Übertragungsgerät

aufzubauen sind. In einem Kommunikationsnetz können mehrere unterschiedliche Profile zur Anwendung gelangen. Bislang ist das unter Kapitel 4.3.1.17 beschriebene Profil spezifiziert.

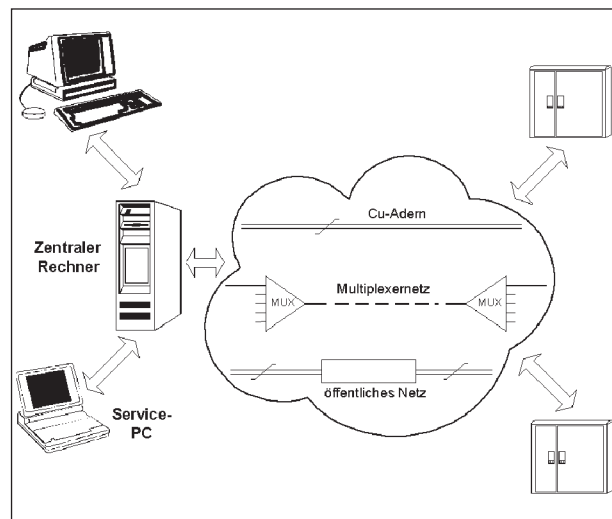
Hieraus resultiert folgender Gedanke hinsichtlich der künftigen Standardisierung: Setzt ein Systembetreiber eine Kommunikationshardware zwingend voraus, für die noch kein Übertragungsprofil existiert, kann der beauftragte Signalbauerhersteller ein projektbezogenes Profil (Variante) entwickeln, welches die Betreiberanforderungen erfüllt. Diese Variante darf jedoch nicht als Bestandteil der OCIT-O vertrieben werden.

Es wäre daher sinnvoll, solche Varianten für die weitere Standardisierung zur Verfügung zu stellen, damit sie in OCIT-O-Folgeversionen in ein Standardprofil überführt werden können. Die Vorteile resultieren in der Standardisierung, der besseren Fehlerfreiheit und der höheren Funktionalität durch den größeren Anwenderkreis.

#### 4.3.1.17 Profil 1: Punkt-zu-Punkt-Verbindungen auf festgeschalteten Übertragungswegen

Das Profil findet Verwendung bei konventionellen Zweidrahtleitungen. Es stellt somit die einfachste Variante einer Kommunikationsleitung zur Datenübertragung dar und ist entsprechend weit verbreitet. Basierend auf diesem Referenzprofil werden weitere Profile zukünftig aufsetzen (Bild 9).

Als Übertragungsgerät wird ein Modem nach CCITT V.34 verwendet. Nach einem Verbindungsaufbau erhält das Feldgerät von der Zentrale über



**Bild 9:** Beispiel zum Übertragungsweg VSR – Lichtsignalsteuerung; Quelle: ODG

das IP Control Protocol (IPCP) das IP-Adressenpaar (IP-Adresse des Steuergeräts und der Zentrale) zugeteilt, damit für den Datenaustausch die Geräte eindeutig identifiziert werden können. Während der Übertragung tauschen beide Geräte regelmäßig per Link Control-Protocol-(LCP-)Daten aus, um zwischen einer Nichtaktivität der Gegenstelle und einer unterbrochenen Leitung differenzieren zu können.

Weitere Informationen, insbesondere zum referenzierten Modem und dessen Parametrierung, gehen detailliert aus der Schnittstellenbeschreibung [22] hervor.

#### 4.3.1.18 Zukünftige Profile

Die Entwicklung von Profil 1 definiert den Anfang der Profilentwicklungen der OCIT-O. Hervorgegangen aus dem typischen Laborumfeld wird es trotz seiner geringen Anforderungen an die bestehende Netztopologie nicht alle Anwendungsfälle abdecken können, weshalb projektspezifisch bereits Entwicklungstätigkeiten bei

- Wählverbindungen (ISDN, analog),
- Mehrpunktverbindungen,
- Ethernet,
- GSM

eingesetzt haben, die voraussichtlich in die Version 2 der OCIT-O Eingang finden werden.

Gültigkeit	Dokumente	Titel	XML-Dateien
Generell	OCIT-O-System V1.0	Einführung in das System	
	OCIT-O-Protokoll V1.0	Regeln und Protokolle	OCIT-O-DTD-V1.0.dtd
	OCIT-O-Basis V1.0	Basisdefinitionen für Feldgeräte	OCIT-O-Basis-TYPE-V1.0.xml
Speziell	OCIT-O-Lstg V1.0	Lichtsignalsteuergeräte	OCIT-O-Lstg-TYPE-V1.0.xml
Optional	OCIT-O-Profil V1.0	Profil 1 – Übertragungsprofil für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen auf festgeschalteten Übertragungswegen	

**Tab. 3:** Übersicht zu den verfügbaren OCIT-Outstations-V1-Dokumenten

#### 4.3.1.19 Dokumentationsunterlagen zur OCIT-O

Neben Informationsbroschüren zur OCIT-O-Version 1 (-> [www.ocit.org](http://www.ocit.org)) hat die ODG nach Konsensfindung mit OCA, OTEC und VIV fünf Dokumente als public releases erarbeitet, die die Inhalte und den Aufbau der OCIT-Outstations-Version 1 umfassend beschreiben (Tabelle 3).

Die Dokumente beschreiben das grundsätzliche Systemkonzept von OCIT und erlauben detaillierte Einblicke in die Funktionsweise des Datenaustausches. Die XML-Dateien geben im Detail die Objekte, ihre Strukturen und die Dateninhalte wieder. Zur Durchsicht empfiehlt sich ein XML-Viewer, der die Inhalte in geeigneter (lesbarer) Form darstellt. Ersatzweise, falls kein XML-Viewer verfügbar ist, reicht ein normaler Editor aus, weil die Daten als „plain text“ in den XML-Dateien abgelegt werden. Die XML-Dateien besitzen nicht den Status public, sondern erfordern eine einmalige Nutzungsberechtigung von der ODG!

Es gibt zwei Arten von XML-Dateien:

- DTD: Date-Type-Definition, legt die Struktur der XML-TYPE-Dateien fest.
- TYPE: Dateien mit den OCIT-Outstations-Definitionen.

Weitere Informationen zu XML befinden sich im Kapitel 4.2.4.

Die Dokumente und Datendefinitionen unterscheiden sich inhaltlich (Spalte: Gültigkeit) in

- generelle Definitionen: Für alle typischen Feldgeräte gültige Funktionen.
- Spezielle Definitionen: Funktionen, die über Basisaufgaben hinausgehen (z. B. speziell für LSA-Steuergeräte ausgelegt).

- Optionale Festlegungen: Übertragungsprofile, in Abhängigkeit zum eingesetzten Kommunikationsmedium.

### 4.3.2 OCIT-Instations

#### 4.3.2.1 Schnittstellenübersicht

Der Ausdruck OCIT-Instations umfasst die zentralseitigen Schnittstellen, die sich im Bereich der Lichtsignalsteuerung generell für die Übernahme und Weitergabe von Datensätzen (Archivdaten, archivierte Messwerte, Versorgungsdaten etc.) auf der Zentralebene und deren in der Regel zeitlich entkoppelte Weiterverarbeitung verantwortlich zeigen. Eine grobe, funktional ausgerichtete Gliederung der OCIT-Instations durch die OCIT-Gruppe zeigt deren Arbeitsgruppen bzw. Themenbereiche. Es ist verständlich, dass eine strikte Trennung zum einen nicht gewünscht und zugleich stellenweise aufgrund der funktionalen Zusammenhänge/Überschneidungen nicht machbar bzw. sinnvoll wäre:

- Verkehrsingenieur-Arbeitsplatz (VI) (Schnittstelle zu Verkehrsingenieurarbeitsplätzen),
- Verkehrsmanagement (VM) (Schnittstelle zu übergeordneten Systemen),
- Funktions- und Qualitätsanalyse (QA) (Schnittstelle zu Funktions- und Qualitätsanalyssystemen),
- adaptive Netzsteuerung (AN) (Schnittstelle zu übergeordneten Einheiten für die strategische Steuerung),
- Vernetzung Zentralen (VZ) (Schnittstelle zu anderen Zentralen),
- Control (CT) (OCIT-Control – siehe Kapitel 4.3.3).

Im Vergleich zur Feldebene (OCIT-Outstations), bei der der Kommunikationsaustausch mit der OCIT-O-Version 1 prinzipiell im Vordergrund steht, liegt der Schwerpunkt bei der Entwicklung der OCIT-Instations bis dato hauptsächlich in der Definition der Dateninhalte, -strukturen und -verteilungen, weil neben dem in der Version 1 abgeschlossenen Arbeitspaket des gleich lautenden Themengebiets – Verkehrsingenieurarbeitsplatz – bislang nur erste Ansätze zur Funktions- und Qualitätsanalyse vorliegen bzw. erarbeitet werden konnten.

Analog zur OCIT-Outstations besteht innerhalb der Standardisierungsbewegung der Konsens, auf standardisierte Verfahren der Informationstechnologie bei der Umsetzung der oben aufgeführten Themengebiete zurückzugreifen. Demzufolge ergeben sich mit unterschiedlicher Ausprägung je nach Anwendungsfall folgende Orientierungen:

- Datenübertragung orientiert sich am ISO-OSI-Schichtenmodell,
- Verwendung von XML und
- Datenübertragung soll alle üblichen Medien und Telekommunikationsdienste, insbesondere LAN, MAN und WAN über Ethernet, nutzen können.

#### 4.3.2.2 Definition von Arbeitspaketen

In der Frühphase von OCIT (Anfang 2000) wurden seitens der OTEC zehn Aufgabenpakete (AP) definiert, um aktiv mit eigenständigen Schnittstellen in den OCIT-Prozess einsteigen zu können:

Arbeitspakete:

1. Versorgungsdaten LSA
2. Versorgungscontainer LSA
3. Zustandsdaten LSA
4. Zustandscontainer
5. Meta-Telegramme
6. Archivdaten
7. Funktionswerte-Container
8. Datenreferenz/Versionsmanagement
9. Georeferenzierung
10. Steuerungsverfahrenschnittstelle „logisches Steuergerät“

Zur Zeit findet eine Neuausrichtung der Aufgabenfelder (nicht der Inhalte) aufgrund einer vollzogenen Reorganisation der OTEC statt. Mit Abschluss des OTEC-Konsortialvertrages ist nunmehr geplant, die oben aufgeführten Arbeitspakete einzelnen aktiven Arbeitsgruppen zuzuordnen.

Umgesetzt mit einer Dokumentversion 1.0.10 ist bis dato das bislang als „Arbeitspaket 1“ bezeichnete Aufgabenfeld. Die Schnittstellenbeschreibung hat am 15.11.01 mit Zustimmung von OCA, ODG und VIV den Dokumentenstatus „public – öffentlich“ erhalten. Ihr Titel lautet in der aktuellen Fas-

sung: „OCIT-Instations VI für Lichtsignalsteuerung, VT-Basisversorgungsdaten Version 1“. Die Abkürzung VT weist auf die verkehrstechnische Basisversorgung hin. Die wesentlichen Inhalte werden im folgenden Kapitel zusammengefasst.

Aktuell im Entwicklungsstadium befindet sich bislang noch das als AP3 (Zustands(roh)daten aus LSA) bezeichnete Arbeitspaket.

#### 4.3.2.3 VT-Basisversorgungsdaten OCIT-Instations VI

Vor der OCIT-Initiative bestand grundsätzlich keine Möglichkeit, Planungen aus einem fremden Verkehrsingenieur-Arbeitsplatz (VI) in das eigene Format zu überführen. Unerwartete Schwierigkeiten stellten sich zudem bei neueren Programmversionen ein, die teilweise ältere Versionen nicht mehr vollständig unterstützen. Die zumeist binär codierten Projektdateien konnten nur mit speziell darauf zugeschnittenen Importfiltern von den aktuellen VI gelesen werden. An dieser Stelle wird deutlich, dass ein Standardisierungspotenzial nicht nur im Bereich der Ausführung und Umsetzung (vor allem bei der OCIT-O) bestand und teilweise immer noch besteht, sondern auch im Planungsbereich Defizite schnell auszumachen waren.

Daher beschloss die OTEC, das AP1 als vordringliche OCIT-Standardisierungsaufgabe zu behandeln. Innerhalb dieser Gruppierung liegen in diesem Bereich bereits durch die herkömmlichen VI-Tools umfangreiche Entwicklungserfahrungen bezüglich der relevanten Schnittstelleninhalte vor. Die als VT-Basisversorgungsdaten [23] bezeichnete Schnittstellenbeschreibung enthält in der Auflösung eines signalisierten Knotenpunktes allgemein verwendete Daten, die auf Grundlage der Vorschriften und Richtlinien der Bundesrepublik Deutschland, der Republik Österreich und der Schweiz bei der verkehrstechnischen Projektierung von LSA-Steuerungen in der Regel herstellerübergreifend verwendet werden können.

Als Quellsystem für die Schnittstellendaten werden die Verkehrsingenieur-Arbeitsplätze beschrieben. Für die Zielsysteme der Schnittstellendaten kommen hauptsächlich

- LSA-Steuergeräte zur kontinuierlichen Ausführung der Steuerungen vor Ort,
- LSA-Knotenpunktkarten, welche die Ausführung der Steuerungen an zentraler Stelle über-

nehmen und die Schaltbefehle an die Schaltgeräte übertragen,

- proprietäre Versorgungsprogramme für Steuergeräte einzelner Hersteller,
- verkehrsrechner/Basissysteme von Verkehrssteuerungssystemen z. B. für die Fern-Direktversorgung von Datencontainer oder zur Überwachung der Datenversionierung,
- verkehrsadaptive Netzsteuerungen als eigenständige Komponenten des Steuerungssystems,
- qualitätssichernde Systeme (Funktions-Analysesysteme) im Gesamtsystem für IV und ÖPNV,
- Verkehrsmanagementsysteme und Verkehrszustandsvisualisierung,
- Simulationsprogramme und strategische Leitstände und
- Verkehrsingenieur-Arbeitsplätze an anderem Anwendungsort und/oder von anderem Hersteller

in Betracht. Die Schnittstelle in der ersten Fassung beinhaltet nicht

- herstellerspezifische Daten zur Programmierung von Steuergeräten oder anderen Rechnersystemen,
- Steuerungslogiken (Flussdiagramm, Ablaufdiagramm, logischer Ablauf),
- Methoden zur verkehrsabhängigen oder verkehrsadaptiven Steuerung wie z. B. verkehrliche Bedingungen,
- Verfahrensdaten standardisierter Programmier-techniken.

Ein Lösungsvorschlag für die nicht integrierten, oben dargestellten Eigenschaften zeichnet sich basierend auf der Weiterentwicklung eines so genannten OLI – Open Traffic Lights Interface, das der OCIT-Gruppe bereits vorgestellt wurde, zwar ab, befindet sich derzeit jedoch noch in der fachlichen Erarbeitung und Innendiskussion der OTEC, die es abzuwarten gilt. Dies gilt analog für die aus einem laufenden „AP1“-Pilotprojekt in Graz resultierenden Ergebnisse.

Die projektspezifischen Versorgungsdaten werden in einer XML-Datei mit den nachfolgenden Eigenschaften in einem festgelegten Format abgelegt. Die Gliederung und der Aufbau der Daten werden

mit den Regeln der XML-Schema-Datei beschrieben.

#### Hauptelemente

- Eingesetztes Steuergerät,
- Zentralenschnittstelle,
- LSA-Signatur (Kenndaten der LSA),
- statische Daten (Basisversorgungsdaten der LSA).

Die statischen Daten sind wie folgt gegliedert:

- Signatur (Bearbeiter, Dokumentenverwaltung etc.),
- Grunddaten (eingesetzte Richtlinien, Knotenkoordinaten, Teilknoten-zugehörigkeit etc.),
- Schaltbefehle (Definition der projektspezifischen, signalgruppenunabhängigen Schaltanweisungen (Start-/Zielfarbbilder, Übergangsfarbbilder, Übergangszeiten)),
- Befehlslisten (Zusammenfassung der verwendbaren Schaltbefehle in einem Signalprogramm),
- Signalgruppen (Definition der zugehörigen Signalgeber je Signalgruppe, Signalgruppentyp, Signalgruppenausgänge, Hauptrichtungsoption, Signalfarbbilder etc.),
- Überwachungen (Lampenüberwachungsstring auf ungewolltes Ein-/Ausschalten),
- Info-Ausgänge (Verknüpfung Infoausgänge mit Signalgruppen),
- Mindestfreigaben (Listen mit Mindestfreigabezeiten der Signalgruppen),
- Mindestsperrzeiten (Listen mit Mindestsperrzeiten der Signalgruppen),
- Zwischenzeiten (Listen mit Zwischenzeitenmatrixen),
- Versatzzeiten (Listen mit Versatzzeitenmatrixen),
- Programme (Listen mit Signalprogrammen),
- Signalprogramm (Programmname, Umlaufdauer).

#### Zuordnung der Listen

- signalgruppenbezogene Schaltbefehle,
- programmabhängige Parameter,



- Mindestfreigabezeiten,
- Mindestsperrzeiten,
- Zwischenzeiten,
- Befehle des Programms,
- Versatzzeiten,
- Ein-/Aus-/Umschaltzeitpunkt, Steuerungsart, referenzierte Ein-/Ausschaltprogramme, Synchronisationszeitpunkte etc.)

sowie

- Phasen (Liste mit Phasendefinitionen),
- Phasenübergänge (Liste mit Phasenübergängen),
- Phasenübergang (Name, Quellphase, Zielphase, Dauer, Schaltbefehle etc.) ,
- Parameterdaten (herstellerspezifische Parameterdefinitionen),
- Detektoren (Nummer, Name und Detektortyp) und
- Schaltzeitenlisten (Liste von Schaltzeiten – Wochentagsplan).

#### 4.3.2.4 Implementierungsstand der OCIT-I VI zum Funktionspiegel

Im Kapitel 4.1.2 wurden wichtige Funktionalitäten eines Verkehrsingenieur-Arbeitsplatzes über einen Funktionspiegel exemplarisch zusammengefasst aufgeführt. Die Version 1 der VT-Basisversorgungsdaten OCIT-Instations VI deckt die im Abschnitt Planung anfallenden Daten grundsätzlich ab. Bezüglich des Imports von Messwerten (siehe nachfolgendes Kapitel 0) und insbesondere der Versorgung verkehrsabhängiger Logiken liegen bis dato keine publizierfähigen Aussagen vor. Die Versorgung muss in der OCIT-O-Version 1 generell projektspezifisch festgelegt werden und erfolgt derzeit nicht standardisiert – im Interim im Konsens der OCIT-Gruppe – bis dahin über die Nutzung von OCIT-Containern. Bei der Schnittstellen-Weiterentwicklung ist hinsichtlich der LSA-Versorgung außerdem nach drei Bereichen, aus denen die Daten für Steuergeräte generiert werden, zu differenzieren:

- verkehrstechnische Basisversorgungsdaten,
- gerätetechnische Basisversorgungsdaten, wie z. B. Kanalnummern,

- zentrale Basisversorgung, wie z. B. Grüne-Welle-Versorgung.

#### 4.3.2.5 Zustandsdaten LSA

Es ist evident, dass für eine funktionierende Funktions- und Qualitätsanalyse des Verkehrsmanagements die Rückmeldung des Verkehrsablaufs auf den Straßen erforderlich wird. Dieses Feedback erfolgt mit Hilfe der Zustandsdaten der LSA. Hierunter fallen Rohmesswerte als auch aggregierte Messwerte. Eine endgültige Festlegung wurde diesbezüglich bis dato noch nicht vorgenommen.

Neben den Messwerten sollten Signalgruppenzustände und Softwaredaten, die den Zustand der Steuerung in standardisierter Form repräsentieren, wenn möglich, mit übertragen werden. Diese Daten stellen relevante Eingangsgrößen für Anwendungsfälle der Qualitäts- und Funktionsanalysesysteme, Simulationssysteme, Verkehrszustandsbeobachter und taktische sowie strategische makroskopische Steuerverfahren her [24].

Die OTEC-Arbeit zum AP3 konzentriert sich genuin auf die Datenstrukturen. Zur Festlegung der informationstechnischen Zugriffsverfahren wird die Zusammenarbeit mit der ODG erforderlich, die mit der OCIT-O-Version 1 die Messwertbearbeitung und Übertragung an die Zentrale bereits definiert hat. Erste Gespräche haben im Rahmen eines OCIT-AP3-Workshops stattgefunden. Die Konfiguration der Datenausgabe befindet sich zur Zeit in Bearbeitung und soll in einem bereits anberaumten, weiteren Workshop festgeschrieben werden.

Die LSA-Zustandsdaten werden (vorläufiger Arbeitsstand) in einer XML-Datei mit nachfolgender Gliederungsstruktur (Stand Version 1.2) abgelegt. Die Reihenfolge und Quantität der Daten sind unter Einhaltung der DTD bzw. des zugrunde liegenden Schemas willkürlich:

- LSA-Signatur (allg. Informationen, zeitliche Telegrammzuordnung etc.)

Listen mit folgenden Ereignissen

- Zeit (Anpassung des Zeitzählers auf makros-/mikroskopischer Ebene),
- Umlauf (Änderung des Umlaufzeitzählers),
- Betriebszustand (Zustandsänderungen):
  - Anlage: Ein, Aus,
  - Programm: neues Programm,

- Programmwunsch: neuer Programmwunsch,
- Synchronisierung: Ein, Aus,
- Festzeit/VA: Festzeit, VA,
- Koordinierung: Ein, Aus,
- Versatz: Zeitangabe in 10 Millisekunden,
- Betriebsart: (für proprietäre Daten),
- Signalgruppen (Farbbildwechsel der Signalgruppen),
- Detektor (Belegungszustand und komplexere Messwerte je Detektor),
- Meldepunkt (Meldepunktswerte nach R09-Telegramm),
  - Meldepunktswerte nach R09-Telegramm (Meldepunkt, Linie, Route, Kurs etc.),
- Schaltbefehl (Schaltbefehlsendungen der Logik an das OCIT-Steuergerät),
- Phasenübergang (Zeitgeber des Phasenübergangs),
- VS-PLUS®-Variablen (Name, Code, VS-Plus-Typ etc.),
- verkehrsabhängige Variablen (Name, Typ, Wert etc.).

Die Ergebnisse des ersten AP3-Workshops [25] sind sehr global ausgerichtet und haben insgesamt keine relevanten neuen Informationen zur oben aufgeführten Gliederungsstruktur ergeben. An dieser Stelle wird deshalb auf eine weitere Zusammenfassung der vorläufigen Ergebnisse verzichtet.

#### 4.3.2.6 Dokumentationsunterlagen zur OCIT-I

Publiziert mit Zustimmung der OCA, ODG und VIV zur Dokumentversion 1.0.10 vom 15.11.2001 sind folgende Dokumente bzw. Dateien:

- OCIT-Instation VI für Lichtsignalsteuerung „Beschreibung der Schnittstelle“,
- OCIT-Instation VI für Lichtsignalsteuerung „Lizenzvereinbarungen & Nennung des Interesses“,
- OTEC\_VI\_1\_0.XSD (XML-Schemadatei),
- OTEC\_VI\_1\_0.HTML (HTML-Dokumentation),
- OTEC VI 1.0 Beispiel 1 (XML),
- OTEC VI 1.0 Beispiel 2 (XML).

## 4.4 Rechtliche Aspekte

Mit der Einführung der OCIT-O und der OCIT-I wird grundsätzlich die Standardisierung auf technischer Ebene im Lichtsignalanlagenbereich betont. Ein an den Schnittstellen offen gelegtes System bietet aber zugleich die Möglichkeit, die als „Black Box“, d. h. Systeme mit bekannten Ein- und Ausgängen, aber ohne dabei Einblick in die Systemverarbeitung zu erhalten, agierenden Systembausteine einheitlich nach außen hin funktional festzulegen. Dieser, durch besonderes Engagement des VIV am „Runden Tisch“ eingebrachten, Erkenntnis kam die OCIT-Gruppe mit dem Arbeitskreis Ausschreibung (siehe Kapitel 4.5.3.3) nach.

Das vorliegende Ergebnis liegt mit den „Ausschreibungsunterlagen OCIT“ [27] gegliedert in:

- Teil 1: Outstations-Version 1 für Lichtsignalsteuergeräte,
- Teil 2: VT-Basisversorgungsdaten für Lichtsignalanlagen

mit Hinweisen und Textvorschlägen für Leistungsbeschreibungen und Leistungsverzeichnisse nach inhaltlicher Abstimmung und Konsensfindung mit OCA, ODG und OTEC in einer Erstausgabe vor. Wesentliche Inhalte der Ausarbeitung sind Hinweise, wie man im zeitlich kurzfristigen Beschaffungsszenario OCIT verbindlich ausschreiben kann. Die Ausarbeitung zielt explizit nicht auf ein mittelfristiges Beschaffungsszenario (5-7 Jahre).

Durch die Betonung auf „Hinweise und Textvorschläge“ wird der Anwender nicht aus seinem ihm obliegenden Verantwortungsbereich entlassen, sondern ist zum verantwortlichen Umgang mit den erarbeiteten Hinweisen und Textvorschlägen aufgerufen. Dies gilt auch für die Auswahl des Ausschreibungs- und Vergabeverfahrens selbst und die damit zu beachtenden Rahmenseetzungen (siehe z. B. VOB/A § 20). Der OCIT-Arbeitskreis versteht sich ergo nicht als Bewerter von Verhaltenstaktiken im realen Marktgeschehen.

Der Schwerpunkt der Ausschreibungsunterlagen liegt generell auf einer übersichtlichen Gliederung der auszuschreibenden Komponenten in der Leistungsbeschreibung und einer eindeutigen Zuordnung zu den einzelnen Positionen im Leistungsverzeichnis. Auf Wiederholungen von funktionalen Anforderungen oder sonstigen Beschreibungen, die in OCIT-Dokumenten bereits formuliert sind, wird verzichtet. Falls in den OCIT-Dokumenten zu einzel-

nen Komponenten noch keine allgemein gültigen Festlegungen definiert sind, wird ein Hinweis auf eine projektspezifisch erforderliche Vereinbarung gegeben.

Textvorschläge zu allgemein gültigen Vertragsbedingungen können erst dann formuliert werden, wenn Erfahrungen bei der Beschaffung von OCIT-Produkten vorliegen. Sie sind deshalb in der aktuellen (Version-1-)Fassung der „Ausschreibungsunterlagen OCIT“ noch nicht enthalten. Diese Erstausgabe ist mit der Dokumentenversionsnummer 1.2 und Stand 10.05.2002 gekennzeichnet.

## 4.5 Organisationsformen

Der Standardisierungsprozess von OCIT unterliegt einer großen Zahl von Akteuren aller Interessenrichtungen, die nicht einzeln auftreten und/oder agieren, sondern innerhalb einer Gruppe ihre Wünsche und Anforderungen definieren, postulieren und letztendlich gemeinsam im Konsens vollziehen. Mit fortschreitender Entwicklung von OCIT hat sich dieser Kreis von Akteuren ständig vergrößert und stellt somit immer höhere Anforderungen an die zugrunde liegende, ebenfalls im Fortschreitungsprozess befindliche Organisationsstruktur. Somit läuft der „Schnittstelleninnovationsprozess“ nicht nur auf funktionaler Ebene ab, sondern formiert und festigt zugleich die organisatorischen Belange und Erfordernisse.

### 4.5.1 Gruppierungen

Im Jahre 1999 initiierte die ODG (Zusammenschluss von fünf deutschen Signalbaufirmen) die Entwicklung der OCIT-Outstations. Mittlerweile arbeiten vier Gruppen, begleitet durch das Forschungsprogramm des BMVBW in Vertretung durch die BAST aktiv am Standardisierungsprozess. Fachlich fundierte Diskussionen erfolgten entweder in kleinen, z. T. funktionsbezogenen Gruppen oder am so genannten „Runden Tisch“, der sich als idealer Kommunikationsort etabliert hat. Als neutrale Instanz fungiert und moderiert das im Rahmen des FE-Vorhabens 77.437 vom BMVBW beauftragte Ingenieurbüro als Erfüllungsgelhilfe der BAST (Gesamtmoderator). Neben der Moderatorenrolle unterliegt dem Büro, besonders die Kontinuität des gruppenübergreifenden Informationsflusses aufrechtzuerhalten und in gleicher Weise fortzuführen.

Am „Runden Tisch“ versammeln sich in regelmäßigen Sitzungen somit:

- das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) als Initiator des FE-Vorhabens, die Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) als die vom BMVBW beauftragte ausführende Instanz, der Open Traffic Systems City Association e. V. (OCA e. V.), vormals OCIT City Association, der sich aus Vertretern des deutschen Städtetages zusammensetzt und dessen Hauptziel die Vertretung der Belange und Forderungen der späteren Nutzer (insbesondere Städte und Gemeinden) darstellt,
- die OCIT Developer Group (ODG), eine Arbeitsgemeinschaft, die sich aus Vertretern der Signalbaufirmen Dambach Werke GmbH, Siemens AG, Signalbau Huber Verkehrstechnik GmbH, Gebrüder STOYE GmbH und der Stührenberg GmbH zusammensetzt und Urheber der OCIT-Outstations ist,
- das Open-Communication-for-Traffic-Engineering-Components- (OTEC-)Konsortium, vormals OCIT Traffic Engineering Components, eine Arbeitsgemeinschaft von Herstellern von Werkzeugen für Planung, Test, Simulation und Analyse im Bereich der Verkehrssteuerungssysteme und des Verkehrsmanagements, die sich auf den Bereich der Standardisierung von OCIT-Instations konzentriert, mit den Gründungsmitgliedern: GEVAS software GmbH, PTV AG, Schlothauer und Partner GbR, Siemens AG, Transver GmbH und Verkehrs Systeme PLUS AG,
- Verband der Ingenieurbüros für Verkehrstechnik (VIV) mit der Zielsetzung der Erarbeitung von Empfehlungen für städtische Betreiber im Zusammenhang mit OCIT.

Die Ergebnisse der OCIT-Treffen wurden in größeren zeitlichen Abständen der BAST-Betreuungsgruppe vorgelegt und diskutiert.

Die freiwillige Bereitschaft zur aktiven Entwicklungstätigkeit auf der Arbeitsebene ist bei allen Gruppen gegeben; unterschiedlich ausgeprägt präsentieren sich hingegen die verfolgten Ziele. Ebenfalls unterschiedlicher Ausprägung sind die zugrunde liegenden Organisationsformen und Zusammensetzungen der einzelnen Interessengruppen, die nachfolgend mit Verweis auf die Internet-Eingangspräsentation der jeweiligen Gruppierungen kurz zusammengefasst wird.

## 4.5.2 Tätigkeitsfelder der OCIT-Gruppen im Standardisierungsprozess

### 4.5.2.1 BMVBW/BASt

Im Rahmen der Verkehrssteuerungstechnik besitzt das BMVBW aus zahlreichen anderen FE-Vorhaben umfangreiche, themaauffine Vorerfahrungen. Speziell für den Standardisierungsprozess sind die

- TLS – Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen und
- MARZ – Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen

besonders hervorzuheben. Die intensive Grundlagenforschung des BMVBW setzte unter dem Aspekt der Standardisierung in der innerörtlichen Verkehrsleittechnik mit dem Forschungsprojekt (FOPS) „Einsatzmöglichkeiten und -grenzen herstellergemischter Steuerungssysteme und Erarbeitung eines ersten Anforderungsprofils an einen Schnittstellenstandard“ [3] ein. Unter der Projektleitung der Bundesanstalt für Straßenwesen schloss dieses FE-Vorhaben 1996 mit dem grundsätzlichen Ergebnis ab, dass generell ein hoher Bedarf an vereinheitlichten und offen gelegten Schnittstellen im Bereich der Lichtsignalanlagen besteht. Das Ergebnis resultiert aus der damals durchgeführten Bedarfsanalyse, die auf

eine gezielte Befragung der den deutschem Städtetag angeschlossenen Lichtsignalanlagenbetreiber abgestützt ist. Darüber hinaus wurde der Bedarf einer Fortschreibung der VÖV/VDV-Richtlinien ermittelt.

Im Anschlussprojekt wurde von der BASt das Projekt „Standardisierung und Modularisierung verkehrstechnischer Grundprobleme in der Lichtsignalsteuerung“ [1] beauftragt. Hauptziel des Projektes war die Entwicklung von Anforderungen an die Festlegung der Funktionalität und die Beschreibung der Handhabung von universell einsetzbaren Software-Modulen für die verkehrsunabhängige Lichtsignalsteuerung. Hiermit sollte die Basis für eine weitestgehend planer- und herstellerunabhängige sowie einheitliche Behandlung verkehrstechnischer Problemstellungen bei der Entwicklung von Lichtsignalsteuerprogrammen geschaffen werden. Ergebnis des Projektes waren Vorschläge für eine Modulspezifikation, die zukünftig dem Standard für eine Steuerlogik zugrunde gelegt werden können.

Seitdem der OCIT-Standardisierungsprozess von mehreren Gruppierungen vorangetrieben wird, hat die BASt im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen die Gesamtmoderation im Rahmen des Forschungsprogrammes Stadtverkehr (FOPS) beginnend mit der FE-Projektvergabe FE 77.437/1999 übernommen.

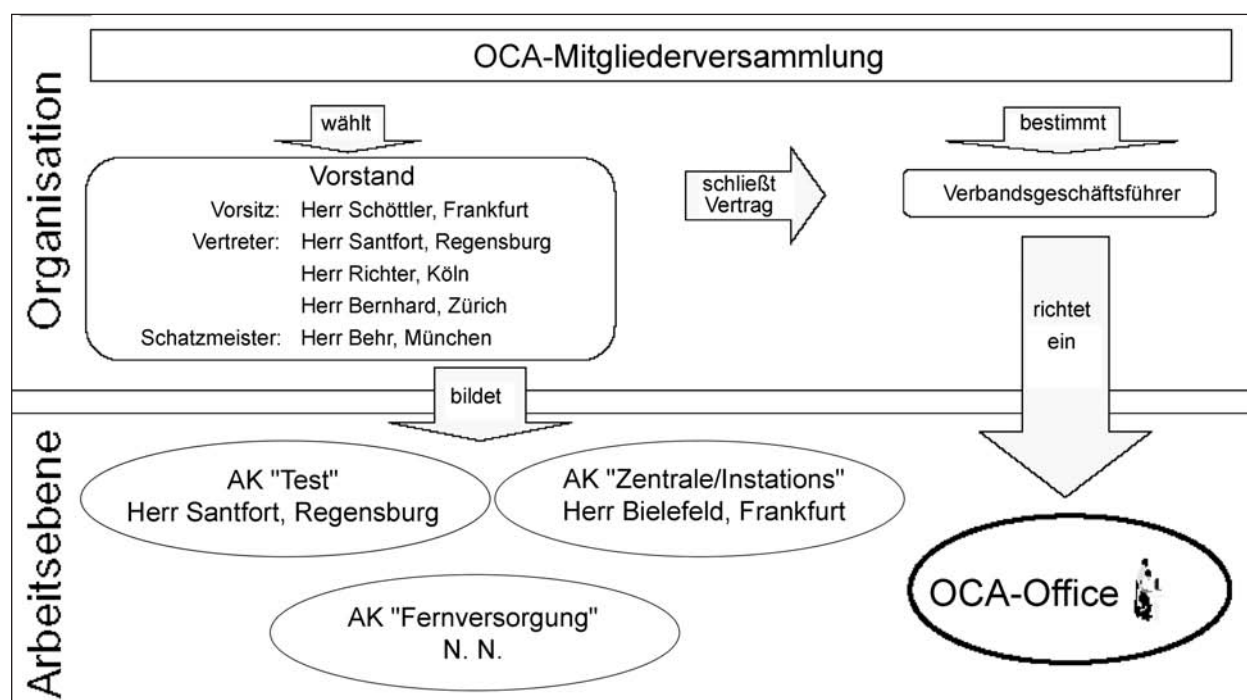


Bild 10: Dachorganigramm des OCA e. V.; Quelle: OCA e. V.

#### 4.5.2.2 OCA e. V.

Die Überführung der OCA in einen Verein erfolgte am 28.02.02 in Frankfurt. Dem Verein haben sich von deutscher Seite u. a. die Städte [26] Frankfurt a. M., Hamburg, Köln, München, Nürnberg, Regensburg, Wuppertal, Bremen, Düsseldorf, Essen, Kassel, Krefeld, Leverkusen, Stuttgart und aus der Schweiz die Städte Basel, Lausanne, Zürich sowie der Kanton Luzern angeschlossen. Mittlerweile ist die Mitgliedszahl auf 21 angewachsen, wobei hervorzuheben ist, dass der Deutsche Städtetag Mitglied wurde und 2 weitere Städte unmittelbar vor dem Beitritt stehen, u. a. die Stadt Graz.

Das Leistungsspektrum des OCA umfasst behördenübergreifende Beratung in allgemeinen Fragen zur innerstädtischen Verkehrssteuerung unter OCIT-Einsatz. Das Beratungsspektrum wird bewusst „schmal“ gehalten, damit keine wettbewerbsverzerrende Beratungskonkurrenz zum freien Markt, insbesondere jedoch nicht zu den innerhalb der OCIT-Initiative ehrenamtlich aktiven Inputlieferanten aus den angeschlossenen Ingenieurbüros des VIV, entstehen kann.

Die Betreibersicht im Standardisierungsprozess vertritt der OCA e. V., u. a. in mit Fachexperten besetzten Arbeitskreisen (z. B. „Test“, „Fernversorgung“ und „Zentrale/Instations“). Zugleich beteiligt er sich intensiv bei den Gruppensitzungen und an internen OCIT-Arbeitskreis-Sitzungen (siehe Kapitel 4.5.3.2). Vergrößert wird das mögliche Einzugsgebiet von OCIT auch durch eigene Informationsveranstaltungen in den Ländern Österreich und Schweiz sowie ein Symposium zum Thema „Offene Schnittstellen und Standardisierung im Verkehr“ vom 24. bis 25. Februar 2003 in Frankfurt.

Alle Mitglieder wählen zusammen den Vorstand und bestimmen zugleich den Verbandsgeschäftsführer, der sich für die Einrichtung eines OCA-Office verantwortlich zeigt. Im OCA-Office können Mitglieder beraten werden, ebenso weitere Städte sich dem Verein anschließen. Um weitere Informationen über den OCA e. V. abrufen zu können, steht die Homepage [www.oca-office.org](http://www.oca-office.org) offen.

#### 4.5.2.3 ODG

Ausgehend von den Bedarfsanalysen in der Studie „Einsatzmöglichkeiten und -grenzen herstellergemischter Lichtsignalsteuerungssysteme“ (BAST, Februar 1996) wurde durch eine Arbeitsgemein-

schaft mit den Signalbaufirmen Dambach, Siemens, Signalbau Huber, STOYE und Stührenberg im April 1999 mit der Entwicklung einer offenen Schnittstelle für den Schnittstellenbereich Verkehrsrechner/Lichtsignalsteuergeräte begonnen.

Primäre Zielsetzung dieser Entwicklungsgruppe ist die Erarbeitung und Bereitstellung der OCIT-Grundlagen und -Verfahren sowie die Dokumentenpflege und Verwaltung der OCIT-Outstations.

Es ist geplant, das Aufgabengebiet demnächst um vereinzelte Themenbereiche der OCIT-Instations auszuweiten. Aktuelle Informationen und Publikationen können online unter [www.ocit.org](http://www.ocit.org) nachgelesen werden.

#### 4.5.2.4 OTEC

Das OTEC-Konsortium (im Folgenden als OTEC bezeichnet) versteht sich als eine Interessenvertretung der Hersteller von Komponenten für Verkehrssteuerungs- und Managementsystemen. Ihr gehören zurzeit insgesamt sechs Fachfirmen an, deren hauptsächliche Tätigkeitsfelder bislang folgende Arbeitsbereiche abdecken:

- Detektionsverfahren,
- lokale Steuerungsverfahren (mikroskopisch),
- taktische Steuerungsverfahren und strategische Steuerung (makroskopisch),
- Netzmonitoring und
- Verkehrszustandvisualisierung, Analysesysteme/Qualitätssicherung, Versorgung, Test, Simulation und Planung/Projektierung.

Nach mittlerweile erfolgter Reorganisation ist der Gegenstand der Zusammenarbeit im Konsortium die Spezifikation von Schnittstellen, Objekt- und Datenmodellen und sonstiger für die offen gelegte Kommunikation von Verkehrssteuerungs- und Verkehrsmanagementsysteme notwendiger Abstimmungen sowie die Pflege und Weiterentwicklung der Spezifikationen.

Das erklärte Ziel der OTEC ist es, eine komplette Daten- und Objektdefinition für die o. g. Komponenten in einem zukunftsweisenden und umfassenden Verkehrssteuerungs- und Managementsystem zu erstellen. Die ersten Ergebnisse liegen mit der Ausarbeitung des AP1: VT-Basisversorgungsdaten (siehe Kapitel 4.3.2.3) vor. Neben den intensiven Arbeiten an den OCIT-Instations-Schnittstel-

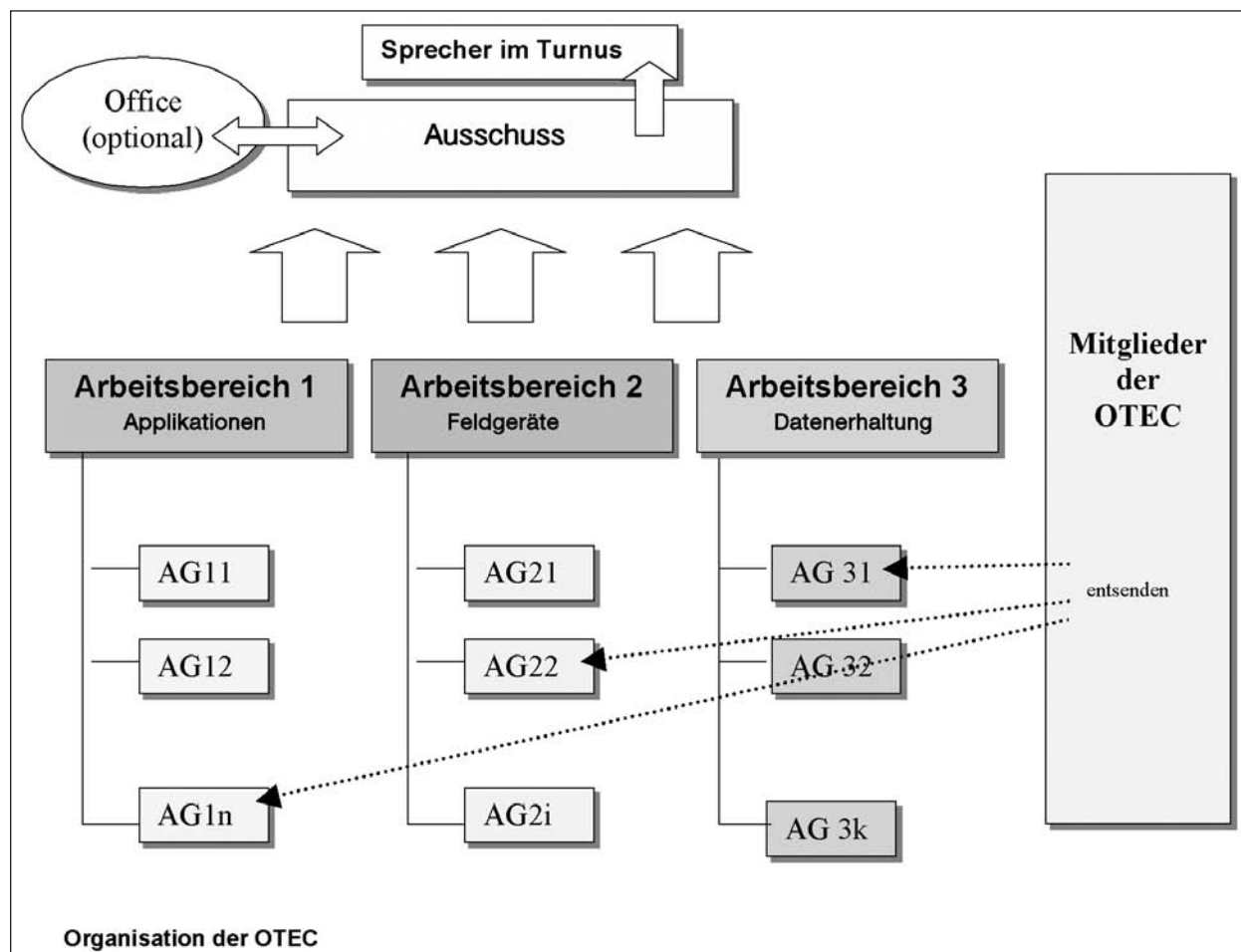


Bild 11: Dachorganigramm der OTEC; Quelle: OTEC

len plant die OTEC, im so genannten Bereich von OCIT-Control die Entwicklung ebenfalls zu initiieren. Die OTEC finanziert sich selbst; sie leistet keine Arbeit, die über die Belange der Traffic Engineering Components hinausgeht. Hinsichtlich der Konsortiumsgründung bestehen für Mitgliedschaften Zugangsberechtigungen für Komponentenhersteller. Die OTEC sieht in der eigenverantwortlichen Bearbeitung von Themenbereichen, die am „runden Tisch“ abgestimmt werden, und Abstimmung den zielführenden Weg.

Die OTEC beabsichtigt einen eigenen Webauftritt unter [www.otec-konsortium.de](http://www.otec-konsortium.de).

#### 4.5.2.5 VIV e. V.

Der Verband der Ingenieurbüros für Verkehrstechnik mit Zentralsitz in Berlin zeigt sein Engagement an der OCIT-Entwicklung in der Erarbeitung von Empfehlungen für städtische Betreiber. Mittlerweile abgeschlossen sind die Arbeiten an den standardisierten Ausschreibungsunterlagen mit Leistungsbeschreibung/Leistungsverzeichnis für öffentli-

che Ausschreibungen (siehe Kapitel 4.4). Die Sprecherfunktion des VIV im Rahmen des OCIT-Entwicklungsprojektes nimmt der Vorstand wahr.

Der VIV ist im Internet unter [www.viv-ev.de](http://www.viv-ev.de) zu erreichen.

#### 4.5.3 Modus der Kooperation

Für die Hersteller und Betreiber setzen die gemeinsame Ausarbeitung und Entwicklung von OCIT-Schnittstellenstandards, um einen kontinuierlichen und erfolgreichen Entwicklungsprozess zu garantieren, den regelmäßigen Austausch von Informationen zwingend voraus. Aufgrund der umfangreichen Themenvielfalt haben sich im Laufe der Entwicklungsphase neben den wichtigsten Arbeitskreisen „OCIT intern“ und „OCIT-Meeting“ entsprechend dem Bedarf fachspezifische Arbeitskreise herausgebildet, die sich auf ein abgegrenztes Arbeitsgebiet beschränken. Besteht ein Arbeitskreis aus mehr als einer OCIT-Gruppe, wird der Entwicklungsstand bei jedem OCIT-Meeting regelmäßig bekannt gegeben.

#### 4.5.3.1 Arbeitskreis OCIT-Meeting

Die Besetzung dieses Forums, der so genannten OCIT-Gruppe, variiert in der Anzahl der Teilnehmer. Die OCIT-Gruppe wird aber immer mit den Sprechern und mehreren Mitgliedern aller Interessengruppierungen zusammengerufen. Als Themenvorbereiter und fachlicher Beirat der OCIT-Gruppe fungiert eine OCIT-Kerngruppe, der so genannte OCIT-intern-Arbeitskreis (siehe nachfolgendes Unterkapitel), in dem die Sprecher der OCA, ODG, OTEC und VIV zusammenwirken. Beide Foren, die OCIT-Gruppe und der OCIT-intern-Arbeitskreis, tagen in ca. 3-monatigem Turnus, der OCIT-intern-Arbeitskreis i. d. R. mit zeitlichem Vorlauf zur Gruppensitzung.

Mittlerweile ist diese als „OCIT-Meeting“ titulierte Sitzung fester Bestandteil des OCIT-Gedankens. Sie spiegelt deutlich den wichtigen und gegenseitigen Informationsaustausch am „runden Tisch“ wider. Das Adjektiv „rund“ betont dabei die ausgeglichene Berücksichtigung aller OCIT-Mitglieder während der Diskussionsrunde. Damit ist und bleibt der Interessenausgleich hinsichtlich der Anforderungen und Wünsche seitens der Betreiber und Planungsbüros und den wirtschaftlichen Zwängen auf der Seite der Hersteller garantiert. Zu betonen ist, dass die Mitglieder der OCIT-Gruppe ihre Handlungsprogramme nur indirekt aufeinander abstimmen können, da sie vertraglich nicht fest aneinander gebunden sind. Bei der Mitarbeit handelt es sich um Koordinationsleistungen auf Basis „freiwilliger Vereinbarungen“.

Getroffene Verabredungen im Sinne von „Standards“ sollen hierbei folgenden Spezifikationen gerecht werden:

1. Sie werden nicht von einem exklusiven Kreis von Akteuren erarbeitet, der seine Mitglieder selbst und einschließlich nach eigenem Gutdünken auswählt.



Bild 12: Versammlung am „runden Tisch“; Quelle: ODG

2. Das Verfahren ist wenig formellen und damit festgelegten Regeln unterworfen. Es besitzt jedoch verbindlichen Charakter.
3. Die Ergebnisse der Sitzungen werden in Niederschriften festgehalten und innerhalb der OCIT-Gruppe genehmigt.
4. Der Dokumentenaustausch erfolgt mit vereinbarter Schutzkennung, entsprechend der eine Verteilung nur innerhalb der OCIT-Gruppe, eines Arbeitskreises oder eine Publizierung in der breiteren Öffentlichkeit möglich ist.

#### 4.5.3.2 OCIT-interne Sitzungen

Dieser Arbeitskreis (AK) stellt die „kleine Runde“ zum großen „OCIT-Meeting“-Arbeitskreis dar. Er wurde Anfang Mai 2000 ins Leben gerufen. Im AK nimmt in der Regel jeweils immer nur ein fester Vertreter je OCIT-Gruppe teil, um den finanziellen und organisatorischen Aufwand in Grenzen zu halten. Der AK sieht seine wesentlichen Aufgaben in der Bearbeitung von Detailarbeiten, die sich aus dem Standardisierungsvorgang ergeben und für alle Gruppen von großer Relevanz sind. Insbesondere werden die Sitzungen der OCIT-Gruppenmeetings inhaltlich vorbereitet bzw. ggf. nachträglich ausgewertet.

Wichtige Gesprächsthemen ergänzend zur Abstimmung des Standardisierungsprozess seit der Gründung waren:

- einheitliche Begriffsbestimmungen,
- Formalien der Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Gruppierungen,
- Behandlung des Themas Urheberrecht/Schutzrecht,
- Organisationsformen der OCIT-Gruppierungen,
- Dokumentationskennung und -verteilung.

Die Öffentlichkeitsarbeit zur OCIT-Schnittstelle wird innerhalb der OCIT-Kerngruppe abgestimmt.

#### 4.5.3.3 Arbeitskreis „Ausschreibung“

Im Rahmen des „OCIT-Meeting“ am 08.03.01 wurde der OCIT-Gruppe der erste Entwurf der Empfehlungen des VIV e. V. für standardisierte Ausschreibungsunterlagen zu der OCIT-Outstations-Version 1 vorgestellt. Es bestand in der Gruppe einheitlicher Konsens, zur Klärung weiterführender Fragen und für die weitere Ausarbeitung den AK

„OCIT-Ausschreibung“ zu gründen. Das erste Ergebnis dieses AK ist die verabschiedete Erstfassung von Hinweisen zu standardisierten Ausschreibungsunterlagen [27] in der Version 1.2. Als nächste (weitere) Arbeitskreis-Aktivität ist im Herbst 02 ein inhaltliches Review auf die erarbeiteten Ausschreibungsunterlagen geplant. Wichtige Themenpunkte sind dann, unter Vorbehalt umfassenderer Informationen und Anwendererfahrungen eine gründliche Revision durchzuführen und u. a. noch zu erarbeitende Textvorschläge zu OCIT-Vertragskonditionen mit aufzunehmen.

#### 4.5.3.4 Arbeitskreis „ODG“

Der ODG-Arbeitskreis stellt den ersten gebildeten AK im OCIT-Standardisierungsprozess dar. Initiiert wurde er durch die Bereitschaft der ODG-Mitglieder, regelmäßig an einem Ort sich einzufinden, um Anregungen, Wünsche und Kritiken zu diskutieren, die den Standardisierungsprozess explizit tangieren. Zur Förderung eines sachlichen Diskussionsablaufs sollte von Beginn an die Moderation nicht durch die Mitglieder wahrgenommen werden, sondern ein extern zu beauftragendes Ingenieurbüro diese Arbeit übernehmen. Alle Arbeitskreismitglieder gehören zur so genannten Arbeitsgruppe 0 (AG0). Die am Tisch erzielten Ergebnisse werden durch die anwesenden Mitglieder anschließend via der AG5 an die OCIT-Entwickler der einzelnen Fir-

men weitergereicht. Die AG5 ist für den technischen Abgleich der OCIT-Funktionalität und deren Randbedingungen gegründet worden. Die AG5 rekrutiert sich aus den Leitern der OCIT-Entwicklungsabteilungen, um die Schnittstellenfunktionen in Bezug auf die technische Realisierbarkeit zu prüfen und anschließend auf Quellcodebasis festzulegen.

#### 4.5.3.5 Arbeitskreis „Test“

Die ODG prüft die Einhaltung der OCIT-Outstations-Version-1-Spezifikation bei OCIT-Geräten mittels einer Konformitätsprüfung im Kreuzverbund, die ODG-intern zwischen den jeweiligen Herstellern durchgeführt wird. Dabei wird der Konformitätsnachweis von der ODG nicht zwingend vorgeschrieben. Alle ODG-Mitglieder haben sich trotzdem im Konsens auf freiwillige Testabläufe geeinigt.

Die Ergebnisse der Testvorgänge werden über die via Internet publizierte Konformitätsmatrix im Endergebnis grob aufgezeigt.

Zur Wahrung der Interessen des OCA e. V. hinsichtlich einer aktiven Testbegleitung bei Konformitätsprüfungen und um anwendungsorientierte Testfälle zu erarbeiten, wurde am 16.05.01 der Arbeitskreis „Test“ von dem OCA e. V. gegründet, dessen Hauptaufgabe in der „Erarbeitung eines Leitfadens für betrieblich orientierte Tests von OCIT-Schnittstellen und OCIT-fähigen Systemen, Geräten und Komponenten“ besteht. Die Inhalte des Leitfadens definieren sich über

- die Vorgabe einer formalisierten Vorgehensweise,
- Test der Offenheit, der Funktionalität und Leistungsfähigkeit,
- Identität der Reaktion der Geräte und Komponenten verschiedener Hersteller,
- Hinweise für die Testumgebung und
- Testszenarien, Testprozeduren einschließlich sinnvoller Testkombinationen.

Zur Wahrnehmung der Verantwortung für die Betriebssicherheit in Lichtsignalsteuerungssystemen ist zudem ein handhabbares Testtool erforderlich, insbesondere, wenn OCIT-Produkte neuer Bieter zukünftig in den Markt eintreten.

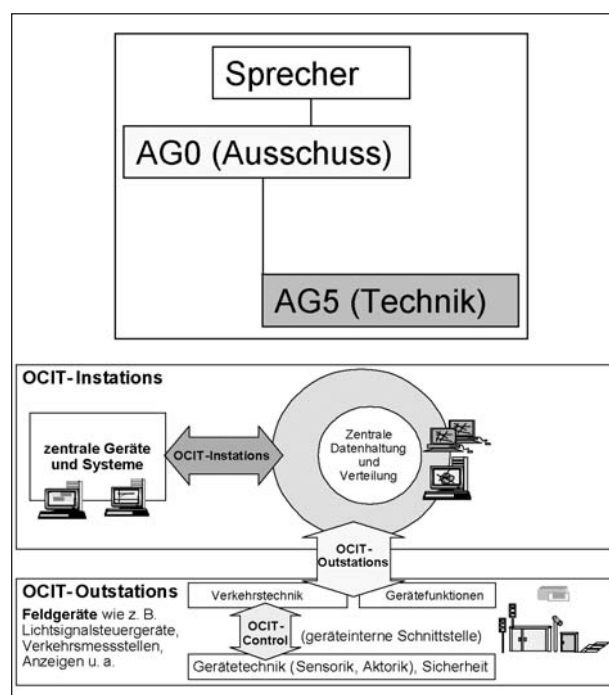


Bild 13: Dachorganigramm der ODG; Quelle: ODG



#### 4.5.3.6 OCA-Arbeitskreis „Instations“

Am 12.09.2002 fand in Frankfurt die erste konstituierende Sitzung des „OCA-Arbeitskreises Instations“ statt. Mitglieder dieses Arbeitskreises sind bisher die Städte Basel, Dortmund (als Gast), Düsseldorf, Essen, Frankfurt, Köln und Wuppertal. Definierte Inhalte liegen bislang nicht vor. Hauptthema, das ausführlich diskutiert wurde, ist die OCIT-I, für die ein Arbeitsprogramm für die Arbeit des Arbeitskreises entwickelt wurde.

## 5 Bericht zu (funktionalen) Schnittstellentests im Laboraufbau

### 5.1 Zielsetzung der Labortests

Eine Teilaufgabe des Forschungsvorhabens bestand in der Mitwirkung bei der Konzeption und Begleitung eines Demonstrators im Laboraufbau zur Verifizierung der generellen Leistungsmerkmale und Funktionalitäten der OCIT-Outstations-Schnittstelle in der Version 1.

Bereits im frühen Stadium des FE-Vorhabens zeigte sich, dass die in der ODG vertretenen Hersteller durch ihre Entwicklungstätigkeit an der Schnittstelle ihr Ressourcenkontingent weit gehend ausgeschöpft hatten, weshalb die kostenintensive Entwicklung eines gemeinsam konstituierten, neutralen Referenzequipments zu Testzwecken nicht mehr weiter verfolgt wurde. Als alternativen Lösungsvorschlag offerierte die ODG deshalb frühzeitig allen am OCIT-Prozess Beteiligten das Angebot, den Labortest nach der erfolgreichen Durchführung der herstellereigenen Konformitätstests an OCIT-Seriengeräten (Vorserie) vorzunehmen.

Am 22.08.02 konnten interessierte Fachexperten der einzelnen Interessengruppierungen an neutral und gemeinschaftlich durchgeführten Laborversuchen in München und in Köln zeitversetzt teilnehmen, um die Leistungsmerkmale und Funktionalitäten der Schnittstelle an Prototypen in Werkstattumgebung zu beobachten respektive verifizieren. Parallel hierzu erläuterte die ODG den konkreten Entwicklungsstand bei der OCIT-Outstations-Version 1 und zeigte die allgemeine Vorgehensweise bei den herstellerübergreifenden Konformitätstests auf.

Die durchgeführten – funktional ausgerichteten – Labortests decken die Überprüfung der generellen

Konformität der OCIT-Implementierung in den Steuergeräten und Zentralen ab. Sie erheben aber zu keinem Zeitpunkt den Anspruch, die Konformitätsprüfungen der ODG zu ersetzen.

### 5.2 Erarbeitung eines Testprocedures

Obwohl für die Untersuchung lediglich die generelle Konformität der OCIT-Implementierung im Vordergrund der Testdurchführungen stand, wurde verfeinernd ein allgemein gültiger Testablauf erstellt, der für die praxisrelevanten Konstellationen zwischen Zentrale X und Steuergerät Y Basis sein kann. Die einzelnen Geräte an den Testergebnissen entziehen sich partiell einer objektiven Bewertung, weil in einigen Fällen unterschiedliche Werkstattbedingungen trotz einheitlicher Vorgaben vorherrschten. In diesem Kontext sei erwähnt, dass auch die via Internet publizierte Konformitätsmatrix laut und zielgemäß ODG nur einen groben Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand der mit der Schnittstelle erreichten Herstellermischung, nicht der Hersteller selbst, vermittelt sollen und ungerechtfertigte Wettbewerbsnachteile für einen einzelnen Hersteller nicht beabsichtigt sind. Direkte Rückschlüsse von der Konformitätsmatrix auf die realen Entwicklungsgeschwindigkeiten respektive Entwicklungsstände sind ergo spekulativ, führen zu Diskriminierungen und Irritationen und sind daher im Hinblick auf Ausschlussverfahren unzulässig. Das Ziel der Schnittstelle ist, im Gegensatz hierzu, den bestmöglichen Herstellermischungsgrad zu erreichen.

Die funktional ausgerichteten Tests basierten grundsätzlich auf den offen gelegten ODG-Konformitätsprüfungsunterlagen, weil diese funktional betrachtet alle Bereiche der Schnittstellenfunktionen abdecken.

Die im Rahmen des Forschungsprojekts ausgearbeitete und mit einer von der OCA eingesetzten Testgruppe abgestimmte Testsuite unterscheidet sich von den ODG-Konformitätsprüfungsunterlagen hauptsächlich in folgenden Punkten:

- eine funktional stärkere Ausrichtung,
- mehr auf das Fachpublikum zugeschnittene Inhalte und
- durch die zeitlich eingeschränkten Rahmenbedingungen ein prinzipiell geringerer Umfang bei den Testinhalten.

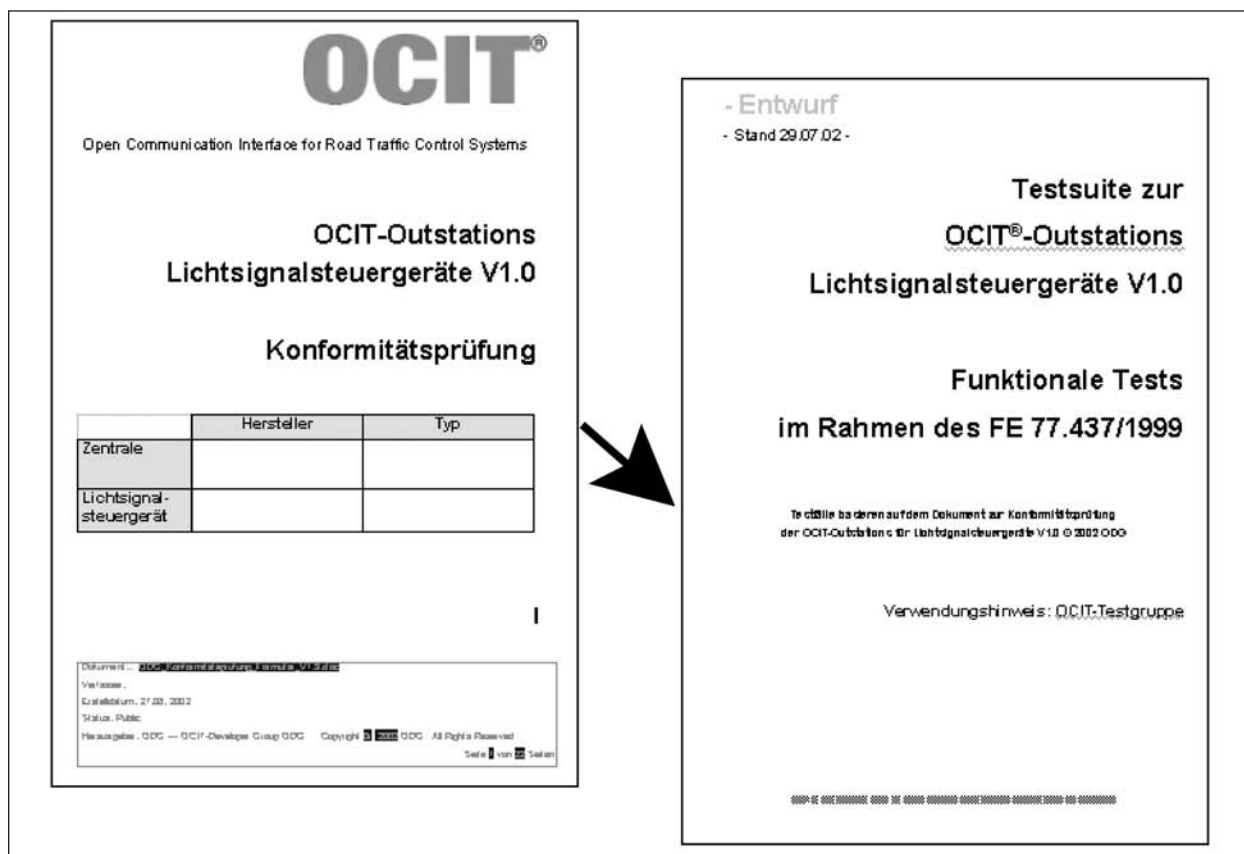


Bild 14: Ausgangsgrundlage für die Testsuite

Inhalte	ODG-Konformitätstest	Labortest im FE 77.437
Allgemeine Funktionen	X	X
AP-Wert	X	-
Archiv	X	X
Detektor	X	-
Signalgruppe	X	-
Teilkreuzung	X	-

Tab. 4: Vergleich Labortest mit Konformitätstest

Besonders der letzte Punkt grenzte das Testprocedere zeitlich stark ein, wenn man gegenüberstellt, dass die Konformitätsprüfungen der Herstellerfirmen sich in der Regel über mehrere Tage erstrecken. Die inhaltliche Ausrichtung des Testprocedere gibt Tabelle 4 wieder.

Abgedeckt mit diesen somit als Stichprobe zu sehenden Tests werden:

- Zentralenschaltwunsch-Funktionen,
- erweiterte Betriebszustands-Funktionen,
- Störungs-Funktionen,
- Datum und Uhrzeit,
- Meldungsbearbeitung und
- Geräte-ID.

### 5.3 Laboraufbau zur Testdurchführung

Die Labortests in München wurden im Hause der Siemens AG und in Köln bei der Firma STOYE vollzogen. Die ODG-firmenübergreifenden Konformitätstests mit der Firma Dambach waren zum Labortag noch nicht abgeschlossen, sodass aufgrund der Terminnähe zum Forschungsprojektabschluss einvernehmlich beschlossen wurde, den Test im Laborambiente von 4 Herstellerfirmen durchzuführen. Die Auswahl der teilnehmenden Signalbaufirmen zur Ist-Aufnahme des Konformitätsstandes der Schnittstelle garantierte somit zwar reduziert, jedoch ausreichend grundsätzliche Feststellbarkeit, ob die Kommunikation zweier herstellerunterschiedlicher Systeme nach Abschluss umfangreicher Tests untereinander funktioniert und präsentierbar wird. Ein Rückschluss auf den Fortschrittsgrad der OCIT-Implementierung einzelner Firmen vorzunehmen, wie erwähnt, war nicht Ziel, da die funktionale Betrachtung der Schnittstelle im Vordergrund der Labortests stand. Auch zum Testprocedere selbst sollten Erfahrungen im Hinblick auf spätere betriebliche Tests gesammelt werden.

Am Standort München (siehe Bild 15) bediente eine Siemens-Zentrale die Steuergeräte

- Siemens (München),
- Signalbau Huber (Unterensingen/Ungarn),
- STOYE (Köln) und
- Stührenberg (Detmold).

Das Testfeld am Standort Köln ist in Bild 16 dargestellt. Die STOYE-Zentrale bediente die Steuergeräte

- Siemens (München) und
- STOYE (Köln).

Alle Geräte wurden bei Bedarf mittels einer manuellen Wählerverbindung direkt über das Profil „Punkt-zu-Punkt-Verbindungen“ auf festgeschalteten Übertragungswegen miteinander verbunden.

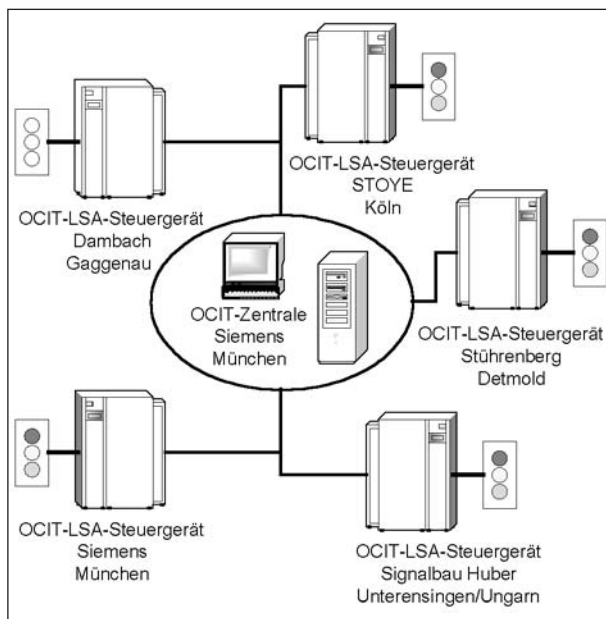


Bild 15: Systemaufbau in München zum Labortest

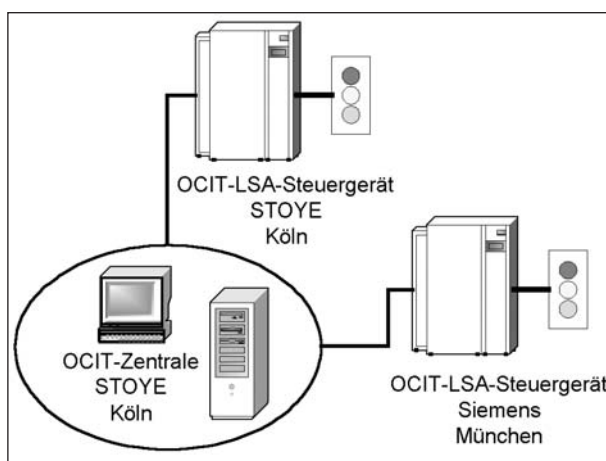


Bild 16: Systemaufbau in Köln zum Labortest

Die Auswertung der Testfälle erfolgte

- im Regelfall über die visualisierte Zustandsauswertung der Zentrale bzw. direkt am Steuergerät,
- in einigen Fällen mit Hilfe des „TypeTool“ (ODG-Testsoftware zur Kommunikationsinterpretation/-überwachung) und
- zur Fehleraufspürung im Debug-Modus (Protokollauswertung).

Im Debug-Modus besteht für den Entwickler aktuell die Möglichkeit, auf unterster Ebene, d. h. direkt über die Protokollmitschnitte der Kommunikationselemente, den Datenaustausch nachzuvollziehen, wenn z. B. die Zentrale oder das Steuergerät keine oder vermeintlich keine ordentlichen Meldungen generieren konnten.

Ein referenziertes (externes) Testequipment steht derzeit generell für die Schnittstelle OCIT-Outstations noch nicht zur Verfügung.

Im Rahmen der Forschungsarbeiten wurde im Hinblick auf betriebliche Tests und diesbezüglich bestehenden Handlungsbedarf zum Projektende ein gemeinsamer Workshop von OCA e. V. und ODG initiiert und terminiert. Erklärtes Ziel dieses Workshops ist, die aus der betrieblichen Sicht von OCA entwickelten Anforderungen mit dem auf Herstellerseite vorhandenen Expertenwissen zur Entwicklung eines geeigneten OCIT-Testwerkzeuges zu (re)kombinieren. Der Forschungsnehmer wurde gebeten diesen Workshop zu organisieren und zu moderieren. Beteiligt daran werden sollen auch ausgewählte Experten von OTEC und VIV.

## 5.4 Erkenntnisse aus den Labortests

Alle Teilnehmer sowohl in Köln als auch in München zeigten sich positiv beeindruckt von dem derzeitigen Entwicklungsstand der OCIT-Realisation. Die grundsätzliche Funktionalität der OCIT-Outstations-Version 1 ist aus Laborsicht zum größten Teil von den teilnehmenden Firmen korrekt implementiert worden. Verbesserungsbedarf besteht generell in der Verifizierung des Aufbaus der Meldungsobjekte, die z. T. noch herstellereigene Eigenheiten beinhalteten. Die Ursachen hierfür sind vielfältiger Natur. So lassen sich einzelne Fehlerquellen auch auf die zur Qualitätssicherung kontinuierliche Aktualisierung und Anpassung der OCIT-Dokumente zurückführen, die erfahrungsgemäß – im und durch den Standardisierungsprozess sowie die

Schnittstelleninnovation verstärkt – nicht immer synchron mit der Softwareimplementierung und -anpassung verläuft.

Zu beachten ist deshalb, dass die Labortests zu einem Zeitpunkt vor Fertigstellung der endredaktionellen Bearbeitung der Ende September 2002 weltweit via Internet publizierten Schnittstellen erfolgte.

In der Summe betrachtet demonstrierte die ODG den Forschungsnehmern und den anwesenden Vertretern von OCA, OTEC und VIV, dass der erste Schritt zur Realisierung von OCIT-Geräten aus den mitunter auch Schnittstellen-theoretischen Vorgaben erfolgreich absolviert werden konnte und nun neben der betrieblichen Bewährung die Weiterentwicklung von OCIT wie auch deren Systempflege einen ähnlich hohen Stellenwert zugewiesen bekommt.

Eine detaillierte Zusammenfassung der Laborveranstaltungen kann den Protokollen und den Testsuites im Anhang entnommen werden.

## 6 Fachliche Einordnung und Ausblick der Standardisierung

### 6.1 Konkludenz zu technologisch innovativen Entwicklungsprozessen

Das Vorhaben, eine offene, herstellerübergreifende und zukunftsorientierte Schnittstelle für Geräte der Straßentechnik einzuführen, zielt auf die Verbesserung von verkehrstechnisch benötigten Produkten und Prozessen. Es handelt sich damit genuin nicht um eine radikale Innovation, in der etwas gänzlich

Neues präsentiert wird, sondern eine Neuerung, mit der die bestehende heterogene Schnittstellenlandschaft bestehender und künftiger Verkehrstechniksysteme durch Vereinheitlichung (Standardisierung) verbessert werden soll.

Erklärtes Ziel der Entwickler ist, eine hierfür offene Basisinnovation mit einer so genannten OCIT-Schnittstelle für Feldgeräte (OCIT-Outstations) zu schaffen, die inkrementale Innovationen dieser Schnittstelle selbst sowie weiterer Schnittstellen zu Geräten der Straßenverkehrstechnik (OCIT-Instations) zulässt. Die OCIT-Schnittstellenevolution soll hierbei durch den Einsatz moderner Datenübertragungstechniken unterstützt werden.

Weltweit liegen aus Untersuchungen und Erforschungen zu technisch innovativen Entwicklungsprozessen umfangreiche Erfahrungen vor, unter anderen Technologiezweigen auch zum Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik, die durch kurze Innovationszyklen gekennzeichnet ist.

Technologiezweigübergreifend verbindet diese Innovationsprozesse, dass sie in der Regel in einem 4-Phasenmodell durchlaufen werden, das sehr deutlich affin auch bei der bisherigen OCIT-Entwicklung zu beobachten ist [28]. Das Phasenmodell bezieht seine Berechtigung u. a. aus dem Fakt, dass seit den 20er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts geniale singuläre Innovationen praktisch vollkommen gruppenspezifisch bewegten Innovationsprozessen gewichen sind. Das Phasenmodell ist in Bild 17 schematisch dargestellt.

Die Entstehungsphase, die den Ursprung von Innovationen generell bildet, ist im Hinblick auf eine Schnittstellenlösung für Lichtsignalsteuerungssysteme in der BRD vor allem durch industrielle For-

	Entstehungsphase	Stabilisierungsphase	Durchsetzungsphase	Phase inkrementeller Verbesserungen
Akteure	F&E-Organisationen, visionäre Außenseiter	Hersteller, F&E-Organisationen	Hersteller, Anwender	Hersteller, Anwender
Zielsetzung der Koordination	Fixierung eines sozio-technischen Kerns	Einigung auf gemeinsame technische Option	Konsituierung und Stabilisierung von Märkten	Beschreibung des Stands der Technik
Gegenstand der Koordination	(Re-)Kombination verschiedener Wissensbestände	Integration verschiedener Systemkomponenten	Verdeutlichung der Leistungsmerkmale	kleinschrittige Verbesserungen
Modus	Versuch und Irrtum	strategische Aushandlungsprozesse	strategische Aushandlungsprozesse	strategische Aushandlungsprozesse
Bezug zu anderen Techniken	geringer Bezug	Anschluss an komplementäre Techniken	Abgrenzung zu alternativen Techniken	geringer Bezug, da konkurrierende Techniken von untergeordneter Bedeutung sind

**Bild 17:** Merkmale der verschiedenen Phasen von Innovationsprozessen; Quelle: Akademie für Technologiefolgenabschätzung Baden-Württemberg

schungs- und Entwicklungsarbeiten sowie von visionären Außenseitern geprägt; ebenso durch in der Quantität überschaubare Grundlagenforschung seitens öffentlicher und universitärer Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen. Betreiber von Lichtsignalanlagen waren so gezwungen, wollten sie nicht auf die am Markt angebotenen Schnittstellenprodukte zugreifen, ohne oder nur mit geringer Rücksicht auf professionelle Regeln von Problemdefinitionen sowie Hintanstellung von Nachfragestrukturen selbsttätig etwas Neues zu entwickeln und propagieren. Dies lässt sich an der heterogenen Schnittstellenvielfalt und damit auch Uneinheitlichkeit von Schnittstellenlösungen innerhalb der Lichtsignalsteuerungssysteme in Deutschland deutlich erkennen.

Der erste herstellerübergreifende Zusammenschluss von marktführenden Herstellern in der BRD im Jahr 1999 ist vor allem als wichtiger Schritt zur Einleitung eines Schnittstellen-Innovationsprozesses zusehen.

Die durchgeführte Literaturrecherche zeigt, dass Innovationen vielfach das Ergebnis einer Rekombination bzw. Integration vorhandener Wissensbestände sind. Die Leistung der Akteure in dieser Entstehungsphase besteht darin, um die neue Idee bzw. Vision herum einen sozio-technischen Kern zu generieren, der eine technisch-instrumentelle Konfiguration in Form eines allgemeinen Konstruktionsprinzips und eine soziale Konfiguration in Form eines antizipierten Arrangements der beteiligten Akteure umfasst.

In der Stabilisierungsphase treten innerhalb innovativer Entwicklungsprozesse in der Regel verstärkt Akteure auf, die Verhandlungs- und Verpflichtungsfähigkeit besitzen und damit auch dauerhafte, kooperative soziale Beziehungen eingehen können. Die in der Entstehungsphase noch undeutliche Vision wird innerhalb der Stabilisierungsphase reflektiert, die getroffene Entscheidung und die damit verbundenen Risiken realisiert. Dies beinhaltet, dass die Akteure den sozio-technischen Kern in zweifacher Hinsicht neu konturieren:

Zum einen wählen die beteiligten Akteure aus der Menge technischer Optionen eine Erfolg versprechende aus, auf die sich die weiteren Entwicklungsarbeiten konzentrieren. Zum anderen formiert sich die diffuse Akteurkonstellation zu einem abgegrenzten Kreis, was sowohl das Ausscheiden als auch die Hinzunahme neuer Akteure beinhalten kann.

Eine solche Einigung ist kein Zufallsprodukt mehr, sondern Ergebnis sozialer Aushandlungsprozesse, in denen die Akteure strategisch handelnd ihre Interessen durchsetzen wollen, dabei jedoch den Gesamterfolg des Innovationsprozesses im Auge behalten müssen. So geht es unter anderem darum, die Entwicklung der einzelnen Komponenten des technischen Systems aufeinander abzustimmen, um dessen Gesamtentwicklung abzusichern.

In der Stabilisierungsphase wird die Technik bis zur Marktreife vorangetrieben. Kommt der Innovationsprozess jedoch nicht darüber hinaus, so bleibt das Innovationsvorhaben unvollständig und kann sogar scheitern.

Erst in der Durchsetzungsphase entscheidet sich, ob eine Innovation am Markt nachgefragt wird und zu einem ökonomischen Erfolg wird. In dieser Phase wird der Kreis der Akteure noch einmal im Hinblick auf die Anforderungen im Diffusionsprozess neu konstituiert. Es geht nun vor allem darum, Verwendungszusammenhänge zu finden. In dieser Phase kommt es typischerweise zu engen Kontakten zwischen Herstellern und Anwendern von Technik. Ziel ist nunmehr, Unsicherheiten auf Seiten der potenziellen Nutzer zu bewältigen, die für die Technikentwickler selbst Risiken bei der Markteinführung bergen. So ist es wichtig, dass die Leistungsmerkmale bzw. Vorteile der neuen Technik im Sinne einer Manifestierung transparent gemacht werden.

Während die Entstehungs-, Stabilisierungs- und Durchsetzungsphase sich vor allem auf das Hervorbringen und Durchsetzen einer neuen technischen Lösung konzentrieren, bezieht die Phase der inkrementellen Verbesserungen den Blick für die langfristige Entwicklung von neuen Technologien mit ein. In dieser Phase verläuft der Innovationsprozess in der Regel in den engeren Bahnen einer fortlaufenden Kompetenzerweiterung, bis die nächste technische Variation den etablierten Stand der Technik in Frage stellt. Bei einer erfolgreich verlaufenden Innovationseinführung kommt es zur breiten Diffusion und zur Bewährung der (Labor-)Erprobung in der Praxis sowie – bei einem erfolgreichen Innovationsabschluss – zur Festigung der Position des dominanten Designs.

Damit sind vielfältige Koordinierungsprobleme aufgeworfen, zumal die Koordination zwischen den Beteiligten in der Regel nicht nur bilateral, sondern multilateral erfolgen muss. Die Komplexität des mit

der Einführung offener herstellerübergreifender und zukunftsorientierter Schnittstellen der Straßenverkehrstechnik initiierten Innovationsprozesses kann daher nur erfolgreich absolviert werden, wenn von allen beteiligten Akteuren Bereitschaft zu innovations(ziel)orientierten Koordinationsleistungen erbracht werden.

Von Bedeutung sind hierbei vor allem

1. Die Integration von Wissensständen: Die Schnittstellenentwicklung ist hierbei insofern komplex, als sie aus der Kombination von Erkenntnissen insbesondere aus den Wissens- und Wissenschaftsgebieten der Informations-, Kommunikations- und Verkehrstechnik entsteht, auf deren Gesamtheit innerhalb eines singulären (betrieblichen) Kontextes nicht zurückgegriffen werden kann.
2. Die Integration verschiedener Systemkomponenten, die sich auch im konkreten Vorhaben – der Entwicklung von Schnittstellen für Geräte der Straßenverkehrstechnik – nicht mehr auf ein einzelnes, eng abgegrenztes Produkt, sondern auf Systemtechnologien bezieht.

Ein wichtiges Stichwort ist in diesem Zusammenhang die Gewährleistung von Netzwerkexternalitäten. Für Systemtechniken im Bereich der Lichtsignalsteuerungssysteme sowie deren Integrationsfähigkeit in übergeordnete Verkehrsmanagementsysteme gilt, dass der volle Systemnutzen erst dann entfaltet werden kann, wenn eine ausreichende Anzahl von Systemnutzern vorhanden ist. Hierzu ist nicht zwangsläufig erforderlich, dass alle bestehenden Komponenten zwischen den verschiedenen Systemen austauschbar sind. Gerade bei der Einbringung von Informations- und Kommunikationstechnologien zeigte sich in der Vergangenheit, dass es sich als entscheidend erweisen kann, ob die nebeneinander bestehenden Systeme insofern für einen möglichen Austausch von Daten kompatibel sind. Mit Absprache zwischen den Akteuren lassen sich dann über mehrere Systeme und Systemebenen hinweg jene Netzwerkexternalitäten nutzen, die verschiedenen Anbietern zunächst einmal einen Zugang zum Markt gewähren, auch wenn sich letztlich eine einzelne Lösung als dominantes Design durchsetzt.

3. Besonderes Augenmerk ist auf die Transparenz der Leistungsmerkmale zu legen. Der Erfolg einer technischen Innovation hängt nicht allein davon ab, dass die Entwickler die technische

Funktionalität sicherstellen können. Wichtig ist darüber hinaus, dass die Leistungsmerkmale im Vergleich zu alternativen Angeboten deutlich gemacht werden können. In Zusammenhang steht vor allem die Komplexität von Entscheidungsprozessen auf Seiten der erhofften Nutzer und Käufer, auf die sich die Technikentwickler einstellen müssen. Neue technische Lösungen oder Angebote werden nicht ohne weiteres am Markt nachgefragt. Die Komplexität von Systemtechnologien bewirkt hierbei, dass auch die potentiellen Betreiber (Käufer) mit dem Entscheidungsdruck konfrontiert sind, aus einem Angebot verschiedener Optionen für das eigene Problem die adäquate Lösung zu finden. Vielfach lassen sich bei neuen technischen Lösungen, die sich in der Praxis noch nicht bewähren können, weder Erfahrungen noch eindeutige Beurteilungskriterien heranziehen, die eine als solide erachtete Entscheidung ermöglichen.

Zielsetzungen von Koordinationsbestrebungen zwischen den an der Entwicklung einer offenen Schnittstelle der Straßenverkehrstechnik beteiligten Akteuren müssen deshalb einen Innen- und Außenbezug enthalten.

Der Innenbezug richtet sich hierbei auf die Wertschöpfungskette. Die einzelnen Akteure, Hersteller wie Nutzer, müssen in den Innovationsprozess – soweit sie von ihm betroffen sind – eingebunden werden, um das Innovationsvorhaben in einem ersten Schritt überhaupt in den Markt bringen zu können.

Der Außenbezug der Koordination berücksichtigt die Konkurrenz der bereits bestehenden technischen Lösungen und aufkommenden alternativen Innovationsvorhaben. Es bedarf der Positionierung der Innovation auch innerhalb internationaler Konkurrenz, sodass bei Marktbetrachtung langfristig potenzielle Kunden auch global gebunden werden können, um mit einem Produkt eine Marktposition zu erlangen, die langfristig das Amortisieren der entstanden Kosten ermöglicht. Zu beachten ist, dass das Gesamtprojekt der Entwicklung offener Schnittstellen für Geräte der Straßenverkehrstechnik in der Bundesrepublik in Konkurrenz zu amerikanischen, japanischen und europäischen VT-Schnittstellenentwicklungen steht.

Insgesamt zeichnen die zu innovativen Entwicklungsprozessen in umfangreichen Untersuchungen erfolgten Auswertungen ein Bild technischer Entwicklung und Anwendung weg von einzelner Tech-

nik hin zu Systemtechnik. Ebenso wird aufgezeigt, dass solche technischen Innovationen durchsetzbar sind. Der Erfolg von Netztechniken hängt häufig allerdings davon ab, ob es gelingt, relativ schnell eine kritische Masse an Nutzern zu gewinnen. Ohne klare Strukturen am Markt dagegen sind technische Innovationen nicht durchsetzbar, insbesondere dann, wenn die neuen Techniken in enger Verbindung zu Forschungs- und Entwicklungsprozessen in verschiedenen Wissensbereichen stehen.

Zu verzeichnen ist auch ein Trend, dass Innovationsprozesse sich immer häufiger auf technische Systeme beziehen, die bereits in frühen Phasen Abstimmungen zwischen Akteuren erfordern.

Abschließend zu erwähnen ist, dass diese Gesamtentwicklung im Technologiesektor auch in den Normungen der DIN ihren Niederschlag gefunden haben. Dort werden seit 1998 Instrumente angeboten, die Funktionen im Innovationsprozess erfüllen und die entwicklungsbegleitend ansetzende, zügige Erarbeitung freiwilliger Vereinbarungen erleichtern sollen. Solche Angebote zur „Standardisierung“ der für die Entwicklung von Schnittstellen für Geräte der Verkehrstechnik relevanten Koordinationsleistungen sind die PAS – Publicity Available Specification („öffentlich verfügbare Spezifikation“) oder die europäischen Fachvereinbarungen (CWA – CEN Workshop Agreement).

## 6.2 Stringenz im Entwicklungsprozess einer offenen Schnittstellen in der Straßenverkehrstechnik

Das Phänomen zur Bereitschaft einer die Unternehmensgrenzen überschreitenden Zusammenarbeit marktführender Herstellerfirmen in der BRD zur Entwicklung einer offenen Schnittstelle für die Straßenverkehrstechnik deutet bereits die Spannweite des benötigten und zu integrierenden Wissens aus dem Informations- und Kommunikationsbereich in den Bereich der Lichtsignalsteuersysteme an. Die Vielzahl sich beteiligender Akteure aus unterschiedlichen Herstellerfirmen mit teilweise sehr unterschiedlichen Produkt-Portfolios unterstreicht die Vielfalt zu entwickelnder Komponenten.

Zur Risikobegrenzung der Entwicklung besteht daher sowohl aus ökonomischen wie technischen Gründen eine Interdependenz nicht nur zwischen den Akteuren auf der Herstellerseite, sondern auch

zu den Nutzern und deren Anforderungen an die Schnittstellen.

Aufgrund des anhaltenden Trends zunehmender Mobilitätsbedürfnisse und damit verbundener Verkehrsprobleme resultieren sich verkürzende Zeiträume, in denen offene Schnittstellen für Geräte der Straßenverkehrstechnik technisch entwickelt und am Markt platziert werden müssen.

Hieraus besteht die Notwendigkeit, den Entwicklungsprozess der offenen Schnittstellen arbeitsteilig zu organisieren und die in den verschiedenen unabhängigen Organisationen vorhandenen Einzelkompetenzen zusammenzuführen.

Dies erfordert, dass (Teil-)Arbeiten der kollektiven wie individuellen Akteure, die sich am Entwicklungsprozess technisch beteiligen respektive einzubinden sind, möglichst frühzeitig zueinander koordiniert werden müssen.

Zur Klärung der Möglichkeit einer interessengruppenübergreifenden Zusammenarbeit wurden die Vertreter der Interessengruppen zum Forschungsbeginn und -ende eingeladen, ihre Vorstellungen zur Schnittstellenentwicklung vorzutragen.

Aus der Diskussion der Zielvorstellungen ergeben sich folgende Erkenntnisse:

1. Begreift man die Entwicklung offener, herstellerübergreifender und zukunftssicherer Schnittstellen als Ablösung der etablierten Technik, den begonnenen Entwicklungsprozess dahin als Innovation, sind für ein (erfolgreiches) Zustandekommen der offenen Schnittstellen nach Möglichkeit alle direkt und indirekt betroffenen Interessengruppen zu beteiligen, vor allem jedoch die Hauptakteure wie Komponentenzulieferer, die Innovatoren und ihre Kunden sowie Akteure, die komplementäre Innovationen beisteuern.
2. Die Idee eines Innovators muss, soll sie am Markt erfolgreich sein, in die Wertschöpfungskette eingebettet, dort akzeptiert und von den anderen Akteuren entgegengenommen werden. Technische Innovationen entstehen nicht im „technikfreien Raum“ und damit aus dem Nichts. Die Einbettung neuer Schnittstellentechnik ist Aufgabe der an der Entwicklung beteiligten Akteure. Der Umfang diesbezüglicher Anforderungen ist abhängig von dem einer neuen Technik zugeschriebenen Ausmaß an Kompetenzerstörung und Entwertung der bereits investierten

Ressourcen der tangierten Akteure (Zulieferer, Mitbewerber und potenzielle Kunden).

3. Der Entwicklungsprozess von Schnittstellen für Geräte der Straßenverkehrstechnik birgt nicht unerhebliche Investitionsrisiken. Der Innovationsprozess per se, dessen Auswirkungen nicht allein auf die Technikentwickler beschränkt sind, kann an jedem Glied der Wertschöpfungskette abreißen und damit, im „worst case“, scheitern.
4. Unsicherheiten und damit Risiken des Entwicklungsprozesses können resultieren aus den technischen Anforderungen des Projektes selbst.
5. Um die Projektrisiken der Entwicklung und ihre Auswirkung abzufangen, müssen die beteiligten Akteure (Hersteller und Betreiber) gemeinsame Strategien entwickeln, sich hierzu gegenseitig einbinden.

Der aus diesem Grundverständnis aller Akteure etablierte und zum Interessenabgleich moderierte „Runde Tisch“ bildet den sozio-technischen Kern zur bisherigen Kooperation und – da von allen Interessengruppen für probat befunden – gleichermaßen den Stabilisator und Motor zur Weiterführung des Standardisierungsprozesses.

Die Stringenz der Partner kann durch

- Offizialisierung des Kooperationswillens, z. B. mit Signatur,
- Professionalisierung der Regeln zum „Runden Tisch“, z. B. mit Erhöhung der Verbindlichkeiten,

zum Ausdruck gebracht und weiter optimiert werden. Dies stellt a priori keinen Widerspruch zur Freiwilligkeit der Zusammenarbeit dar, wie sich z. B. anhand von PAS und CWA einfach belegen lässt. Das heißt, entsprechende Verfahren sind im Rahmen von Standardisierungsvorhaben praxisüblich.

Ein entsprechendes so genanntes Memorandum of Understanding wurde auf Wunsch aller Standardisierungspartner vom Forschungsnehmer im Entwurf ausgearbeitet und liegt dem Schlussbericht als zusätzliche Anlage bei.

Das hierin innewohnende Arbeitsmodell enthält folgende Eckpunkte:

- Jedes Standardisierungsvorhaben wird auf Antrag von der OCT-Gruppe gemeinsam geprüft, abgestimmt und beschlossen.

- Jedes Standardisierungsvorhaben startet mit Workshops unter Beteiligung aller Gruppen.
- Ergebnisziele von Workshops sind Lastenheft, Bildung von geeigneten, auch interessengruppenübergreifenden Arbeitsgruppen, welche die Definitionen gemäß Lastenheftvergabe erarbeiten.
- Fortschrittskontrollen und Ergebnisvorlagen erfolgen im Forum der gesamten Standardisierungsgruppe.
- Standardprädikat ist die erfolgte und abschließend erklärte Akzeptanz der Standardisierungsgesamtgruppe zum jeweils vorgelegten Schnittstellenartefakt vor dessen Publikation.

Der Memorandum-Entwurf ist tolerant gestaltet, d. h., Publikationen in Analogie zu ITA (Industrial Technical Agreements) werden somit grundsätzlich nicht kategorisch, was auch in der rechtlichen Praxis schwierig auszugestalten wäre, ausgeschlossen. Der Entwurf befindet sich im Stadium der Innenprüfung der einzelnen Interessengruppen.

## 6.3 Konsens zum Standardisierungsprozess

### 6.3.1 Realisierungsstrategie

Konsens aller an der Entwicklung offener Schnittstellen für Geräte der Straßenverkehrstechnik beteiligten Interessengruppen und Akteure von OCA, ODG, OTEC und VIV ist

- marktgerechte (d. h. schrittweise) Entwicklungsprozesse durch arbeitsteilige Organisation,
- Risikobegrenzung der Entwicklung durch frühzeitige Abstimmung zwischen Herstellern und Nutzern,
- frühzeitige Koordination der Akteure durch Nutzung der gebildeten Organisationsstruktur.

Um diese Struktur weiter zu stärken, ist eine inhaltliche Konzentration auf konkrete – und mit den verfügbaren Entwicklungsressourcen erreichbare – Standardisierungsziele erforderlich.

Die Entwicklung der ersten Versionen offener Schnittstellen von Lichtsignalanlagen zur standardisierten Datenübertragung zwischen

- Zentralrechner und Feldgeräten, die OCIT-Outstations,



- Zentralrechner und Verkehrsingenieur-arbeitsplatz, die OCIT-Instations,

dient als Basis für den weiteren Betreiber-Hersteller-Konsens innerhalb eines umfassenden Gesamtprozesses zur Schnittstellenstandardisierung für künftige Verkehrssteuerungssysteme und Verkehrsmanagementaufbauten.

Konsens zwischen Anwendern und Herstellern besteht darin, diesen weiteren Prozess in „bottom up“-Stufen hinsichtlich

- der Realisierungszeithorizonte,
- der wirtschaftlichen Folgenabschätzung,
- der resultierenden organisatorischen Aufgaben,

abgestützt auf dem (jeweils) momentan beurteilbaren Stand, schrittweise fortzuführen.

Ziel dieser Realisierungsstrategie ist und bleibt die fortschreitende Verfügbarkeit und Vergrößerung der Funktionen offener Schnittstellen für die Straßenverkehrstechnik.

Dies heißt im Klartext, dass die Realisierungsstrategie auch auf Perspektiven aufbaut.

Perspektivisches Fundament hinsichtlich der Erweiterung der derzeit entwickelten offenen Schnittstellen von Lichtsignalanlagen für die Einbindung in komplexe Verkehrsmanagementsysteme sind die Kernforderungen der OCA:

- eine offene, zukunftssichere Systemarchitektur unabhängig von Netzphysik und -betreiber,
- die Realisierung offener Schnittstellen auch innerhalb zentraler Komponenten,
- die Gewährleistung einer hohen Leistungsfähigkeit auch als Komponente moderner Verkehrsmanagementsysteme und
- Migrationkonzepte zur Integration der Bestandsinfrastruktur (Verkehrsrechner und Steuergeräte) in die neue Schnittstellentechnik sowie künftige Systemarchitekturen.

Somit ist der Entwicklungsbogen einer offenen Schnittstelle der Straßenverkehrstechnik vom Feldgerätebereich von Lichtsignalanlagen bis zu den Verkehrsmanagementsystemen für die Schnittstellenentfaltung weit gespannt. Zur Innovation mit dieser perspektivischen Ausrichtung steht die Realisierung offener Schnittstellen in der gewählten inkrementellen Vorgehensweise nicht im Wider-

spruch, sondern ist zusätzlich zur Zielebene auch mit der Performanzebene verknüpft.

Strategisch zielt die Standardisierung somit auf

- Nahziele mit möglichst hohen (Teil-)Nutzenwerten, um
- Fernziele mit bestmöglichem Gesamtnutzen

additiv zu lösen. In diesem Sinne gruppendynamisch bewegt werden entsprechend Nah- und Fernziele inhaltlich rückgekoppelt, sodass neben aktuell benötigter Realisierungssicherheit auch im Hinblick auf die Erreichung eines zukunftsstabilen Standardisierungsgesamtnutzens Präferenzurteile qualitativ zuverlässiger gebildet werden können.

### 6.3.2 Abgestimmte Realisierungsschritte der Standardisierungsgruppe

Die bislang erarbeiteten Schnittstellendokumente korrespondieren inhaltlich mit dem in Bild 5 abstrahiert dargestellten Architekturmodell.

Die ausführliche inhaltliche Beschreibung der hierzu bislang abgestimmten und fertig gestellten Schnittstellenbeschreibungen jeweils Version 1 – Dokumenten (Erstausgaben) zur

- OCIT-Outstations (OCIT O),
- OCIT-Instations (OCIT I)

sowie den

- Hinweisen zu OCIT-Ausschreibungen

ist im Vademekum des Schlussberichtes enthalten.

Erweitert man das Architekturmodell ebenfalls abstrakt, ergibt sich für die geplante Weiterentwicklung die in Bild 18 dargestellte Schnittstellenübersicht, die ausschließlich zur besseren Verdeutlichung der weiteren Realisierungsschritte dienen soll.

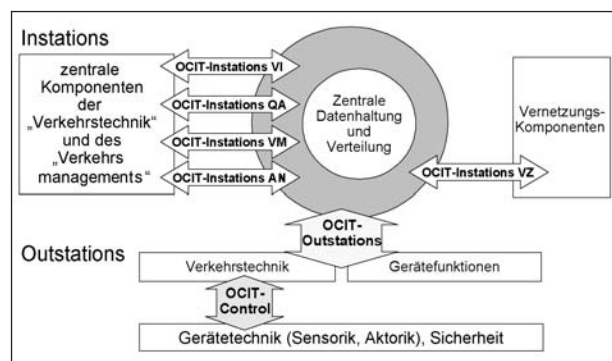


Bild 18: OCIT-Schnittstellen; Quelle: ODG-OCA

Die in Bild 18 dargestellten Kürzel sind im Vademecum bereits erläutert und lediglich als Arbeitstermini zu verstehen, die innerhalb der bisherigen Schnittstellenentwicklung auch so verwendet wurden. Sie symbolisieren aus bisheriger Sicht zusätzlich relevante Standardisierungsbereiche, die bislang jedoch – mit Ausnahme von OCIT-Outstations V1 und OCIT-Instations VI – noch nicht exakt oder nur sehr rudimentär spezifiziert sind. Vorüberlegungen zu diesen Schnittstellenbereichen sind allerdings erfolgt, intensiv zu OCIT-Instations QA, und wurden diskutiert, um ihre Weiterentwicklung durch die Basisschnittstellen von OCIT-O bzw. OCIT-I nicht zu blockieren und dadurch umgekehrt die Basisschnittstellen nicht zu isolieren.

Bezug nehmend auf dieses Architektur-Schaubild besteht Konsens der Standardisierungsgruppe hinsichtlich der Weiterentwicklung der Schnittstellen. Schnittstellenrelevanz für Lichtsignalsteuerungen besitzen die in Tabelle 5 aufgeführten Schritte.

Bezüglich der in Tabelle 5 angekündigten Workshops laufen derzeit die Vorbereitungen in abgestimmten Verfahren.

Schnittstellen für Lichtsignalsteuerung	Stand	Realisierungshorizont
OCIT-Instations (I)	Brainstorming-Workshop erfolgte 06/2001 in Aachen	s. www.oca-office.org
OCIT-I VI	Version 1 zu VT-Basisversorgungsdaten abgeschlossen; Piloteinsatz in Graz läuft	vor. Jahreswechsel 02/03
OCIT-I QA	Workshop erfolgt am 11.12.2002 in Frankfurt	vor. Jahreswechsel 02/03
OCIT-I AN	Keine abgestimmten Aktivitäten	s. www.oca-office.org
OCIT-I VZ	Konzeptionelle Phase zur Anforderungsprofilierung	s. www.oca-office.org
OCIT-Outstations (O)	Kickoff-Workshop zu Testequipment erfolgt am 16.01.03 in Köln	s. www.oca-office.org
OCIT-O, Version 1	Im ODG-Herstellerteilmix im Einsatz; im ODG-Herstellervollmix zum Pilot 2003 in Frankfurt vorgesehen	Abgeschlossen; betriebliche Praxiserfahrung beginnt
OCIT-O, Version 2	Kickoff-Workshop zur Version 2 erfolgt am 29.11.02 in Köln	1-2 Jahre, abhängig von Anforderungen
OCIT-Control	Keine abgestimmte Aktivitäten	siehe: www.oca-office.org www.ocit.org www.viv-ev.de www.otec-konsortium.de

**Tab. 5:** Übersicht zu den erfolgten und nächsten schnittstellenrelevanten Realisierungsschritten aus Sicht der Lichtsignalsteuerung

Im Hinblick auf den für 29.01.2003 in Köln anberaumten Kickoff-Workshop ist für die Version 2 der OCIT-O bislang folgendes Themenfeld vorreflektiert:

- Standardisierung der statischen verkehrstechnischen Basisversorgungsdaten (Signalplan, Phasen, lokale Programmautomatik ...) auf Basis der Definition „OCIT-Instations VI für Lichtsignalsteuerung, VT-Basisversorgungsdaten Version 1“. Damit soll eine durchgängige Versorgung vom Planungsplatz zu den OCIT-Lichtsignalsteuergeräten ermöglicht werden.
- Standardisierter OCIT-Container zur Fernversorgung von Daten der VA-Logiken.
- Standardisierung von Funktionen für Wählverbindungen. Auf der Grundlage von Wählverbindungen lassen sich Standard-Telekommunikationsdienste nutzen (GSM-Datenfunk über GSM-Modul, Telefon über Wählmodem, ISDN über Karte).
- OCIT-Systemzugang am Lichtsignalsteuergerät (lokaler Systemzugang). Damit entsteht die Möglichkeit, vom Steuergerät aus Verbindungen zur Zentrale und zu anderen Geräten herzustellen.
- Nachrichtenübermittlung von Lichtsignalsteuergerät zu Lichtsignalsteuergerät (Peer-to-Peer-Kommunikation über die Zentrale geroutet). Standardisiert werden sollen die dazu notwendigen OCIT-Objekte. Die Möglichkeit zur Festlegung von bestimmten Anwendungsfällen ist zu diskutieren.

## 6.4 Potenziale (Perspektiven) der OCIT-Schnittstellen bei Einsatz von Daten- und Prozessmodellen

### 6.4.1 Abwägung von objektorientierter contra prozeduraler Programmierung

Das Hauptmotiv für eine Objektorientierung in der Software-Programmierung ist seit jeher die Wiederverwendbarkeit [29] von Funktionsbausteinen. Eine einmal gefundene allgemeine Problemlösung definiert die Ausgangsbasis, an der ähnlich geartete Aufgabenstellungen anknüpfen können. Im Gegensatz zur prozeduralen Programmierung entfällt daher die ständige Neuimplementierung der gesamten Funktionseinheit, wenn sich die Randbedingungen nur geringfügig geändert haben. Wo

sich Vorteile ergeben, können zugleich Nachteile mit einhergehen. Denn in der objektorientierten Praxis stößt die Wiederverwendung von Programmcode umso schneller an Grenzen, je allgemeiner ein Problem angegangen wird. Zudem besteht die Gefahr, durch die übermäßige Generalisierung von Abläufen und Instanzen einen nicht mehr überschaubaren und in der Ausführung langsamen Code zu entwickeln. Es wäre deshalb erwägenswert, die Konzeption auf einer Metaebene mit einem wesentlich höheren Abstraktionsgrad, als ihn der reine Quellcode liefern kann, formal zu beschreiben. An dieser Stelle bietet sich der Einsatz der **Unified Modelling Language (UML)** an, die prinzipiell eine wesentlich abstraktere Darstellung von Konzepten erlaubt. Dabei ist UML „nur“ eine Notation, die kein bestimmtes Vorgehensmodell festlegt. Im Vergleich zu den für die prozedurale und modulare Programmieretechnik entwickelten, recht verbreiteten Notationen im Umfeld der Funktionsstruktur-(SA), Kommunikations- und Informationsstruktur-Analyse (ER) trennt UML das zugrunde liegende Datenmodell nicht strikt von dem Funktionenmodell ab. Es setzt aber auf altbewährte Verfahren und Hilfsmittel (als Beispiel seien die Entity-Relationship-Modelle und die Ablaufdiagramme zu nennen) mit einer Neuausrichtung für die objektorientierte Softwareentwicklung.

#### 6.4.1.1 Roundtrip-Engineering

Eine Notation wie die hier betrachtete UML alleine schreibt noch kein Programm. Sie definiert „lediglich“ einen umfangreichen Satz von Analyse- und Designdiagrammen. Für die Pflege der Diagramme kann je nachdem ein einfaches Malprogramm oder ein speziell darauf ausgelegtes Tool eingesetzt werden, welches zusätzlich mit weiteren Werkzeugen wie vernünftig konfigurierbare Code- und Dokumentations-(Repository-)Generatoren sowie einem flexiblen Quellcode-Parser ausgestattet sein kann. Diesen optimalen Ausbaustand bezeichnet man als „Roundtrip-Engineering“, d. h., in jeder Projektphase steht den Entwicklern eine gute EDV-gestützte Ausstattung zur Seite.

#### 6.4.1.2 Verfahren im Entwicklungsprozess

Zur erfolgreichen Durchführung eines Projektes gehört primär ein Vorgehensmodell beziehungsweise ein Entwicklungsprozess. Für dessen Realisierung steht diesem mit der Notation UML ein geeignetes mächtiges Werkzeug zur Seite. Der eigentliche Prozess der Softwareentwicklung unter

dem Einsatz der Objekttechnologie wird durch ein Prozessmodell [30] wiedergegeben. In diesem werden die verschiedenen Aktivitäten der Bereiche Projektmanagement, Anforderungsmanagement, Qualitätssicherung, Konfigurations- und Änderungsmanagement, Architektur, Risikomanagement und Werkzeugunterstützung und der iterative und inkrementelle Entwicklungsprozess erläutert. Die Vorzüge zu den konventionell eingesetzten „Wasserfallmodellen“, die sequenziell hintereinander die abgeschlossene Bearbeitung der einzelnen Entwicklungsstufen Analyse, Entwurf, Konstruktion, Integration, Test und letztendlich die der Auslieferung vorsehen, liegen deshalb im Prozessmodell vor allem bei der inkrementellen Erstellung. Hauptsächlich die Konstruktion, die Integration und der Test werden hiervon tangiert, indem bei jedem Durchlauf, aufbauend auf den vorherigen, nur jeweils eine begrenzte Menge der geforderten Funktionalitäten hinzugefügt werden. Änderungen am Entwurf können dadurch flexibler einfließen. Dadurch verbessert sich das zu erstellende Produkt mit jedem Durchlauf iterativ.

Den groben Ablauf im Prozessmodell veranschaulicht Bild 19.

Es lässt sich neben den vier einzelnen Phasen – Einstieg, Ausarbeitung, Konstruktion und Überleitung – die oben bereits erläuterte Wiederholung der Durchläufe deutlich erkennen. Den Phasen kommen dabei folgende grundsätzliche Aufgaben zu:

Der Einstieg ist die am wenigsten formelle Phase des ganzen Projektes, die zur Klärung des Aufwands, der Kosten und der Nutzen in Anspruch genommen wird.

Die Ausarbeitung spezifiziert den Systemaufbau und berücksichtigt Anforderungsrisiken. Die mit

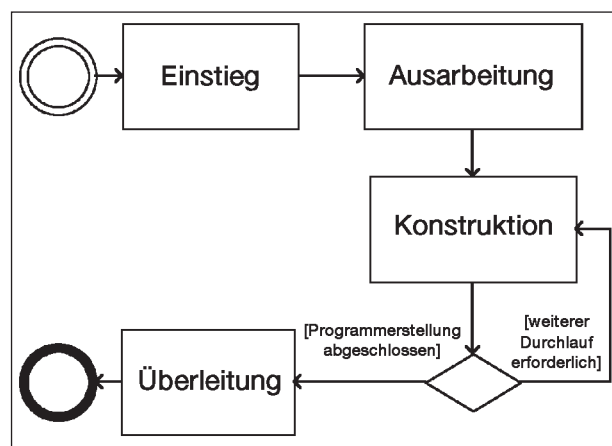


Bild 19: Handlungsablauf im Prozessmodell

den Anforderungen einhergehenden Wechselwirkungen und Prioritäten müssen jetzt sorgfältig betrachtet werden.

Die Konstruktion läuft an, wenn eine Liste der zu implementierenden Anwendungsfälle und ein Klassenmodell des Problembereiches definiert wurden. Dann beginnt die inkrementelle Umsetzung, die neben den oben aufgezeigten hauptsächlichen Entwicklungsstufen weiterhin alle anderen Phasen des „klassischen Wasserfallmodells“ mit berücksichtigt. Durch die iterative Vorgehensweise wird in jedem Durchlauf zwangsläufig mit der Testphase geendet, womit eine ständige Qualitätskontrolle garantiert werden kann. Gleichwohl sollte nach jeder Iteration eine Phase der Umstrukturierung (Refactoring) des Quellcodes erfolgen, um die neu hinzugekommenen Funktionalitäten an das bestehende Programmkonzept optimal anzupassen. Wichtig ist, dass dabei keine neue Funktion hinzugefügt, sondern nur die interne Struktur insgesamt verbessert wird.

Die Überleitung an den Auftraggeber erfolgt meist durch eine Beta-Version. Ab dieser Phase bleibt der Funktionsumfang unangetastet. Einziger Zweck liegt in der endgültigen Fehlerbereinigung.

#### 6.4.1.3 Entwicklungsabläufe mit der UML

Zu Beginn eines Projekts kommt insbesondere der Erstellung eines Fachlexikons eine hohe Priorität zu, damit die Bedeutung aller während Analyse und Design benötigten Begriffe für alle beteiligten Anwender und Entwickler eindeutig ist [29]. Nachdem eine gemeinsame Nomenklatur überhaupt erst einen konstruktiven Dialog ermöglicht, können anschließende Workshops und Arbeitskreis-/Gruppensitzungen zu Protokollen führen, aus denen der

Diagrammtyp	häufige Einsatzfälle
Aktivitätsdiagramme	- oberflächliche Illustration von Anwendungsfällen in der Analysephase - detaillierte Darstellung von Algorithmen
Sequenzdiagramme	- Darstellung der zeitlich orientierten Kommunikationsabfolge
Kollaborationsdiagramme	- Darstellung der Kommunikation mit starker Betonung der Verantwortlichkeit der beteiligten Objekte
Verteilungs- und Einsatzdiagramme	- Illustration der zu installierenden Komponenten auf mehreren Subsystemen

Tab. 6: Häufig eingesetzte Diagrammtypen der UML

ungefähre Leistungsumfang der gewünschten Software zu erkennen ist. Ab diesem Zeitpunkt kann UML bereits die nächste Projektphase, die Analyse von Anwendungsfällen (use cases), unterstützen. In diesen wird neben den eigentlichen Funktionen auch das gesamte organisatorische Umfeld beschrieben. Ein Anwendungsfall, als Ellipse dargestellt, besteht mindestens aus einem Akteur, einer Tätigkeit und dem Fall als solchen. In einem Anwendungsfalldiagramm werden die Fälle (generelle Funktionen der zu entwickelnden Anwendung) zusammengefasst grob dargestellt.

Darauf setzt im nächsten Schritt das Klassenstrukturdiagramm auf, welches auch als statische Analyse bezeichnet wird. Hier erfolgt der wichtigste, schwierigste und folgenschwerste Abschnitt in der Objektmodellierung. Die zuvor definierten Anwendungsfälle werden in voneinander abhängige und untereinander assoziierende Klassen überführt. An dieser Stelle hebt sich UML besonders deutlich von den ER-Modellen ab. Deren Konzentration bei der Überführung in einen Logikaufbau liegt besonders stark bei den Daten (data driven design) und weniger bei den Aktivitäten (event driven design). Für ein objektorientiertes Design steht aber die Einbringung der Aktivitäten, der ausführenden Operationen einer Klasse, eindeutig im Vordergrund. UML erleichtert die Erstellung des Klassenaufbaus und der Zusammenhänge mit seinenr darauf abgestimmten Sprachelementen. Als Beispiel sei der Diskriminator erwähnt, welcher den Entwickler bei der Vermeidung ungeschickter Spezialisierungen unterstützt, in dem er diesen dazu zwingt, über Unterscheidungsmerkmale zur Oberklasse bei seiner Klassenspezifikation nachzudenken. UML setzt dem Entwickler indirekt gewollte, virtuelle Restriktionen oder Barrieren, die bei der reinen Programmierung nicht vorhanden wären.

Klassenstrukturdiagramme dienen der statischen Objektmodellierung, eignen sich deshalb kaum zur Darstellung des dynamischen Verhaltens einer Anwendung oder eines Objekts. UML stellt aber eine Reihe (siehe Tabelle 6) von Verhaltensdiagrammen für diesen Zweck zur Auswahl.

#### 6.4.2 Anwendungsfall OCIT-Innovationsprozess

Nach [29] wird es jedem Projektverantwortlichen nahe gelegt, sich eingehend mit UML zu beschäftigen, denn auf lange Sicht wird kein Softwareprojekt ohne objektorientierte Techniken auskommen, weil moderne Betriebssysteme und verteilte An-

wendungen zunehmend darauf aufbauen. Wegen der stark expandierenden und fortschreitenden PC-Technologie setzt mittlerweile die verkehrstechnische Industrie, zu der auch die Mitglieder der ODG und der OTEC zählen, zusehends auf allgemeine, am Markt verfügbare PC-Lösungen als auf teure Eigenentwicklungen. Dies betrifft den Verkehrsrechnerbereich als auch die Steuergeräte. Die erste Generation der OCIT-Steuergeräte baut zu einem großen Teil auf den vorhandenen Geräteparks der Hersteller auf (siehe auch Kapitel 5) und die Inhalte der OCIT-O in der Version 1 decken bislang die Grundfunktionalitäten eines Steuergeräts unter kommunikativen Gesichtspunkten ab. Mit zunehmender Funktionalität der OCIT-Schnittstelle und dem weiteren Einbezug von PC-Komponenten (Soft- und Hardware) wird besonders unter dem vorhandenen Aspekt der herstellergemischten Entwicklung deutlich, dass ein Daten- und Funktionsmodell unumgänglich sein wird, um die Gewährleistung einer gemeinsamen Entwicklung, die mit geringen Personal- und Zeitkosten einhergehen sollte, zu garantieren. Diese Erkenntnis lässt sich auch auf die Entwicklungstätigkeit der OTEC, insbesondere der aktuellen AP3-Entwicklung, überführen. Zudem ermöglicht der von einer Programmiersprache losgelöste Ansatz der UML auch Projektbeteiligten ohne entsprechende EDV-Kenntnisse, einen Einblick in den aktuellen Prozessablauf vorzunehmen.

## 7 Zusammenfassung

Die Modernisierungsvorhaben einer offenen Schnittstelle für Systemtechnologien im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik haben sich in den letzten zwei Jahrzehnten rasant entwickelt und werden sich weiter entwickeln. Für die sich an der Standardisierung von Lichtsignalanlagen bereits beteiligenden Akteure – Nutzer wie Hersteller – eröffnet dies zunächst die Chance einer zukunfts technologischen Ausrichtung auf diesem Wege. Allerdings ist eine im Zuge einer Schnittstellenstandardisierung eingeführte Innovation kein risikoloses Vorhaben. Sie bedeutet, dass langfristige Entscheidungen getroffen und hierfür in nicht unbeträchtlichem Umfang Finanzmittel reserviert werden müssen.

Dies gilt in besonderem Maße für den Einsatz von Zukunftstechnologien im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik, die sich vielfach dadurch auszeichnen, dass sie nicht aus einem einzelnen abgegrenzten Produkt bestehen. Gerade an

diesen boomenden Systemtechnologien lässt sich erkennen, dass die Komplexität der Technikentwicklung ein Maß annimmt, das nur noch mittels überbetrieblicher Absprachen bewältigt werden kann.

Die Dimension des erforderlichen Schnittstelleninnovationsprozesses zur Schaffung einer offenen Schnittstelle für die Straßenverkehrstechnik (Open Communication Interface for Traffic Control Systems = OCIT) per se und die Vielfalt der daran zu beteiligenden Hersteller und Betreiber manifestierten entsprechend bereits vor Beginn des Forschungsprojektes den hohen wie anspruchsvollen Bedarf und, ambivalent hierzu, die damit einhergehenden Entwicklungsrisiken aller Akteure dieses Vorhabens.

Die betreiber-/herstellerübergreifende Konsensfindung zur Schnittstellendefinition für den originär forschungsgegenständlichen Anwendungsbereich von Lichtsignalanlagen auf dem Hintergrund von Verkehrsmanagement-Anforderungen erfolgte ebenso diskussionsintensiv.

Im Abstimmungsprozess unter Beteiligung von Betreibern und Herstellern wurde eine Teilmenge von Systemeigenschaften identifiziert, die ein vollständiges Design einer Basisschnittstelle im Bereich von Lichtsignalanlagen nicht ausschließt und – z. B. im Selbstverständnis eines funktionalen Daten-bottom-up aus der Feldebene – auch künftige Standards im Bereich des Verkehrsmanagements repräsentativ ergänzt.

Der Abstimmungsprozess wurde im weitestgehenden Sinne in einer entwicklungs begleitenden Standardisierung durch Verfeinerung eines kooperativen Arbeitsmodells, das sich als „runder Tisch“ beschreiben lässt, durchgeführt und etabliert. Wesentlich für die Schnittstellenabstimmung waren die

- Integration von Wissensständen (Betreiber und Hersteller),
- Integration verschiedener Systemkomponenten,
- Transparenz der Leistungsmerkmale und insbesondere die
- Offenheit der Schnittstellen-Basisinnovation für Folgeinnovationen.

Im Gemeinschaftswerk von OCA e. V., ODG, OTEC und VIV e. V. konnten auch im Interesse der Stra-

Benbauverwaltungen Basis-Schnittstellen erreicht werden mit der

- OCIT-Outstations-Version 1  
zur Vernetzung von Zentralen und Feldgeräten,
- OCIT-Instations-Version 1  
zur Ankopplung der verkehrstechnischen Basisversorgung via Verkehrsingenieurarbeitsplatz.

Mit diesen offen gestalteten und mittlerweile weltweit im Internet offen gelegten ersten Schnittstellen der Straßenverkehrstechnik wird somit der weitere Entwicklungsbogen vom Feldgerätebereich von Lichtsignalanlagen (u. a. Lichtsignalsteuergeräte) zu den Verkehrsmanagementsystemen weit aufgespannt. Aufgesetzt wird hierbei auf weltweit anerkannte Datenübertragungsstandards der ISO (OSI-Schichtenmodell) sowie u. a. auf das TCP/IP-Protokoll.

Im Laborbefund der Schnittstellenfunktion sowie in der Analyse der Schnittstellenspezifikationen ergeben sich keine signifikanten Auffälligkeiten, die auf eine Verhinderung der Standardisierungsentfaltung schließen lassen.

Die Anwendbarkeit respektive Übertragbarkeit eines für Lichtsignalsteuerungssysteme geeignet implementierbaren OCIT auf inner- und außerstädtische Nachbarsysteme der Verkehrstechnik, wie z. B. Parkleitsysteme, Verkehrsbeeinflussungsanlagen auf Bundesautobahnen etc. zum system- oder gar trägerübergreifenden Verkehrsmanagementaufbau, bedarf weiter gehender (Grand-design-) Überlegungen in der (Straßen-)Verkehrstechnik, die zum Anlass und Gegenstand künftiger Forschung werden können.

Mit den vorliegenden Schnittstellenergebnissen erarbeitet sind ergänzende Hinweise und Textvorschläge zu OCIT-Ausschreibungen.

Eine vorausschauende Bewertung von Verhaltenstaktiken im realen Marktgeschehen während der OCIT-Durchsetzungsphase wäre spekulativ und nicht forschungsgegenständlich.

Die weiteren (nächstgelegenen) Realisierungsschritte sehen nach Vereinbarung mit den hierzu ebenfalls beteiligten vorgenannten Standardisierungsgruppen folgende Themenfelder vor:

- Fortführung der Arbeiten an den Schnittstellen,
- stärkere Zuwendung zu den OCIT-Instations Aufgabengebieten und
- Praxistests unter betrieblichen Bedingungen.

Der Schlussbericht des Forschungsprojekts „Standardisierung der Schnittstellen von Lichtsignalanlagen“ (FE77.437/1999) enthält einen Wegweiser als Leitfaden (Vademekum) durch die komplex erarbeitete Schnittstellen-Gesamtdokumentation.

## Danksagung

Stellvertretend und in ihrer Funktion für die engagierte Mitwirkung vorgenannter Standardisierungsgruppen werden genannt:

Hanfried Albrecht  
Geschäftsführer des OCA e. V./Albrecht Consult

Ulrich Schöttler  
Vorstand des OCA e. V./Stadt Frankfurt

Alfred Santfort  
stellvertretender Vorstand des OCA e. V./Stadt Regensburg

Hans Richter  
stellvertretender Vorstand des OCA e. V./Stadt Köln

Joos C. Bernhard  
stellvertretender Vorstand des OCA e. V./Stadt Zürich

Erwin Behr  
OCA e. V./Schatzmeister der Stadt München

Joachim Bielefeld  
OCA e. V./Stadt Frankfurt

Gerhard Schäfer  
OCA e. V./Stadt Frankfurt

Bernd Pabst  
OCA e. V./Stadt Leverkusen

Bernhard Noll  
OCA e. V./Stadt Kassel

Stephan Mros  
OCA e. V./Stadt München

Rüdiger Rau  
OCA e. V./Stadt München

Heribert Stadler  
OCA e. V./Stadt München

Klaus Harzendorf  
OCA e. V./Stadt Köln

Martin Weibel  
OCA e. V./Stadt Basel

Jacques Burnand  
OCA e. V./Ingenieur ETS-SVI, Stadt Lausanne

Martin Krieg  
Stadt Dortmund

Dr. Winfried Höpfl  
Organisationspartner des OCA e. V. in  
Österreich/Stadt Graz

Konstantin Wardakas  
Stadt Berlin

Peter Wenter  
Sprecher der ODG/Siemens AG, München

Manfred Fuhg  
ODG/Siemens AG, München

Andreas Batzer  
ODG/Siemens AG, Frankfurt

Norbert Körner  
ODG/Dambach Werke GmbH

Jacques Nougouier  
ODG/Dambach Werke GmbH

Michael Lobendank  
ODG/Signalbau Huber AG, Unterensingen

Dr. Hans-Peter Schwarz  
ODG/Signalbau Huber AG, Unterensingen

Uwe Jakobi  
ODG/Gebrüder STOYE GmbH

Dietrich Kindermann ODG/Gebrüder STOYE  
GmbH

Uwe-Jens Rühlmann  
ODG/Gebrüder STOYE GmbH

Heinz Stührenberg  
ODG/Stührenberg GmbH

Frank Messal  
ODG/Stührenberg GmbH

Bernd Reich  
Sprecher der OTEC/PTV AG

Dr. Martin Fellendorf  
OTEC/PTV AG

Herwig Wulffius  
OTEC/GEVAS Software

Wolfram Schlothauer  
OTEC/Schlothauer & Wauer Software-Entwick-  
lung, Berlin

Hermann Kaul  
OTEC/Verkehrs-Systeme AG

Thomas Riedel  
OTEC/Verkehrs-Systeme AG

Christoph Doll  
Sprecher des VIV e. V./GEVAS Ingenieurgesell-  
schaft mbH

Dank gilt im Besonderen auch den zahlreichen un-  
genannten Mitwirkenden des OCA e. V., ODG,  
OTEC und VIV e. V. sowie – aus verkehrlicher Sicht  
allgemein – den nationalen und internationalen För-  
derungen zur Standardisierung von offenen  
Schnittstellen in der (Straßen)Verkehrstechnik.

## Literatur- und Dokumentenverweise

- [1] Bundesanstalt für Straßenwesen [BASt] (1998):  
Standardisierung und Modularisierung ver-  
kehrstechnischer Grundprobleme in der Licht-  
signalsteuerung (FE-Nummer 03.296 G96D), Dr.  
Brenner + Münnich Ingenieurgesellschaft mbH,  
Berlin
- [2] Bundesministerium für Verkehr [BMV] (Mai  
1997): Aufgaben von Verkehrsrechnerzentralen  
und Aufgabenverteilung zwischen öffentlicher  
Verwaltung und Privatwirtschaft (FE-Nr. 03.292  
R961), Steierwald Schönharting und Partner  
GmbH, Beratende Ingenieure, Stuttgart
- [3] Bundesanstalt für Straßenwesen [BASt] (1996):  
Einsatzmöglichkeiten und -grenzen hersteller-  
gemischter Steuerungssysteme und Erarbei-  
tung eines ersten Anforderungsprofils an einen  
Schnittstellenstandard (FE-Nummer 77388/95),  
D. BRENNER/H. GEN/S. KRAUSE
- [4] Leitprojekte „Mobilität in Ballungsräumen“ in  
München, Frankfurt a. M., Dresden, Stuttgart  
und Köln; gefördert vom Bundesministerium für  
Bildung und Forschung; div. Publikationen seit  
1997, beginnend mit der Ausschreibung eines  
Ideenwettbewerbes
- [5] ABEMETHY, GUNN, KIMLEY-HORN: A different  
perspektive on National Architecture. In: Traffic  
Technology International Feb/Mar 1996
- [6] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Ver-  
kehrswesen [FGSV] (1992): Richtlinien für Licht-  
signalanlagen RiLSA, – Lichtzeitanlagen für  
den Straßenverkehr –, Köln

- 
- [7] DIN VDE 0832 – Straßenverkehrs-Signalanlagen (SV), Berlin, Beuth
- [8] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen [FGSV] (1988): Merkblatt über Schalt- und Steuergeräte für Lichtsignalanlagen, Köln
- [9] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen [FGSV] (1981): Merkblatt über Verkehrsrechner, Köln
- [10] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen [FGSV] (1984): Merkblatt zur Übertragung von Daten, Befehlen und Meldungen bei Verkehrsrechnern und Lichtsignalanlagen, Köln
- [11] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen [FGSV] (2001): Hinweise zu Verkehrsrechnern als Bestandteil der innerörtlichen Lichtsignalsteuerung, Köln
- [12] Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen (1978): Merkblatt über Steuerungssysteme für Lichtsignalanlagen in innerörtlichen Straßennetzen, Köln
- [13] Bundesanstalt für Straßenwesen [BAST] (1999): Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen (MARZ), Ausgabe 199
- [14] Bundesanstalt für Straßenwesen [BAST] (2000): Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS), Ausgabe Oktober 2000, Bergisch Gladbach
- [15] SCHNELL, G.: Bussysteme in der Automatisierungstechnik, Wiesbaden-Vieweg, 1994
- [16] Computerwoche Nr. 49, 12/1993: aus „<http://195.30.246.70/info.point/heftarchiv>“
- [17] ODG: OCIT-Outstations-System V1.0: Einführung in das System OCIT-O-System V1.0
- [18] W3C-Empfehlung 2. Mai 2001: XML Schema, Teil 1: Strukturen
- [19] ODG: OCIT-Outstations-Protokoll V1.0: Regeln und Protokolle
- [20] ODG: OCIT-Outstations-Lstg V1.0: Lichtsignalsteuergeräte
- [21] ODG: OCIT-Outstations-Basis V1.0: Basisdefinitionen für Feldgeräte
- [22] ODG: OCIT-Outstations-Profil 1 V1.0: Profil 1, Untertitel: Übertragungsprofil für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen auf festgeschalteten Übertragungswegen
- [23] OTEC: OCIT-instation VI für Lichtsignalsteuerung, VT-Basisversorgungsdaten Version 1, 15.11.2001 – Beschreibung der Schnittstelle
- [24] MAHLER, M.: PowerPoint-Präsentation zum AP3-Workshop 7.5.2002, Verkehrssysteme AG
- [25] OCA e. V.: Workshop OCIT-AP3 am 07.05.02 in Frankfurt, Zusammenfassung
- [26] OCA e. V.: Foliensatz zum OCIT-Meeting am 14.05.2002
- [27] OCIT-AK-Ausschreibung: Ausschreibungsunterlagen OCIT, Teil 1 und Teil 2, Untertitel: Hinweise und Textvorschläge für Leistungsbeschreibung und Leistungsverzeichnis, 10.05.2002
- [28] BARTHEL, J., STEFFENSEN, B. (2000): Koordination im Innovationsprozess, Baden-Baden
- [29] ZERBE, K.: Bauplan für Objekte, c't 1999, Heft 21, Heise Verlag
- [30] HEUSER, M.: Bauplan für Objekte, c't 1999, Heft 21, Heise Verlag



## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Verkehrstechnik“

### 1998

- V 52: Innenstadtverkehr und Einzelhandel  
Baier, Schäfer, Müller-Hagedorn, Schuckel, Ziehe € 13,00
- V 53: Video-Technik im Straßenwesen  
Heck, Nehren, Neumann, Schaaf, Schönharting, Windhorst € 15,50
- V 54: Wirkungen von Maßnahmen zur Unfallstellenbeseitigung im innerörtlichen Straßennetz  
Brilon, Weinert € 16,00
- V 55: Standstreifen und Verkehrssicherheit auf BAB  
Heidemann, Bäumer, Hamacher, Hautzinger € 12,50
- V 56: Bewertung der Attraktivität von Radverkehrsanlagen  
Alrutz, Bohle, Willhaus € 16,00
- V 57: Auswirkungen von Haltestellen auf Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität innerstädtischer Hauptverkehrsstraßen  
Köhler, Strauß, Wichmann € 11,50
- V 58: Park + Ride versus flächendeckende ÖPNV-Bedienung  
Baier, Demny, Schäfer, Dobeschinsky, Krause € 12,50
- V 59: Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik für die Durchführung von Straßenverkehrszählungen (SVZ 2000)  
Laffont, Regniet, Schmidt, Thomas € 16,00
- V 60: Straßenseitige Belastungen des Grundwassers  
Tegethof € 11,00

### 1999

- V 61: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 1997 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
Nierhoff, Palm, Regniet, Schmidt € 19,00
- V 62: Führung von Nahverkehrsfahrzeugen in Hauptverkehrsstraßen  
Schnüll, Johannsmeier, Albers, Etzold, Kloppe, Sporbeck, Wilms € 20,50
- V 63: Gestaltungskriterien von Landstraßenkurven  
Weise, Steyer € 15,00
- V 64: Querschnittsbreiten einbahniger Außerortsstraßen und Verkehrssicherheit und Sonderuntersuchung zum Querschnittstyp b2+1  
Palm, Schmidt € 14,50
- V 65: Auswirkungen unterschiedlicher zulässiger Höchstgeschwindigkeiten auf städtischen Straßen  
Retzko, Korda € 14,50
- V 66: Umweltauswirkungen abstumpfender Streustoffe im Winterdienst – Literaturanalyse  
Moritz € 14,50
- V 67: Sicherheitseigenschaften außerörtlicher Knotenpunkte  
Kölle, Schnüll € 17,50
- V 68: Städtischer Wirtschaftsverkehr und logistische Knoten  
Sonntag, Meimbresse, Eckstein, Lattner € 17,00
- V 69: Stadtverträgliche Bedien- und Parkkonzepte für Reisebusse in der Stadttouristik  
Kube € 16,00

- V 70: Entwurf und Bewertung von Verkehrsinformations- und -leitsystemen unter Nutzung neuer Technologien  
Zackor, Lindenbach, Keller, Tsavachidis, Bogenberger € 11,00

- V 71: Flächenansprüche von Fußgängern  
Alrutz, Bohle, Gugel, Kiegeland, Niemeyer, Schmidt, Vohl € 15,50

- V 72: Rechtsabbiegen bei Rot mit Grünpfeil  
Albrecht, Brühning, Frenzel, Krause, Meewes, Schnabel, Topp € 10,50

- V 73: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 1998 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
Laffont, Nierhoff, Regniet, Schmidt € 18,50

### 2000

- V 74: Einsatzbereiche von Angebotsstreifen  
Hupfer, Böer, Huwer, Jacob, Nagel € 13,50

- V 75: Gesamtwirkungsanalyse zur Parkraumbewirtschaftung  
Baier, Hebel, Peter, Schäfer € 15,00

- V 76: Radverkehrsführung an Haltestellen  
Angenendt, Blase, Bräuer, Draeger, Klöckner, Wilken € 14,00

- V 77: Folgerungen aus europäischen F+E-Telematikprogrammen für Verkehrsleitsysteme in Deutschland  
Philipps, Dies, Richter, Zackor, Listl, Möller € 18,50

- V 78: Kennlinien der Parkraumnachfrage  
Gerlach, Dohmen, Blochwitz, Engels, Funke, Harman, Schmidt, Zimmermann € 15,50

### 2001

- V 79: Bedarf für Fahrradabstellplätze bei unterschiedlichen Grundstücksnutzungen  
Alrutz, Bohle, Borstelmann, Krawczyk, Mader, Müller, Vohl € 15,50

- V 80: Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Bundesautobahnen und Europastraßen 1998  
Lensing € 13,50

- V 81: Emissionen beim Erhitzen von Fahrbahnmarkierungsmaterialien  
Michalski, Spyra € 11,50

- V 82: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 1999 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
Laffont, Nierhoff, Schmidt € 19,50

- V 83: Verkehrssicherheit in Einbahnstraßen mit gegengerichtetem Radverkehr  
Alrutz, Gündel, Stellmacher-Hein, Lerner, Mättig, Meyhöfer, Angenendt, Draeger, Falkenberg, Klöckner, Abu-Salah, Blase, Rühle, Wilken € 17,00

- V 84: Vereinfachtes Hochrechnungsverfahren für Außerorts-Straßenverkehrszählungen  
Lensing, Mavridis, Täubner € 16,00

- V 85: Erstellung einer einheitlichen Logik für die Zielführung (Wegweisung) in Städten  
Siegener, Träger € 14,50

- V 86: Neue Gütekriterien für die Beleuchtung von Straßen mit gemischtem Verkehr und hohem Fußgängeranteil  
Carraro, Eckert, Jordanova, Kschischenk € 13,00

- V 87: Verkehrssicherheit von Steigungsstrecken – Kriterien für Zusatzfahrstreifen  
Brilon, Breßler € 18,50

---

## 2002

- V 88: Tägliches Fernpendeln und sekundär induzierter Verkehr  
Vogt, Lenz, Kalter, Dobeschinsky, Breuer € 17,50
- V 89: Verkehrsqualität auf Busspuren bei Mitnutzung durch andere Verkehre  
Baier, Kathmann, Schuckließ, Trapp, Baier, Schäfer € 13,50
- V 90: Anprallversuche mit Motorrädern an passiven Schutzeinrichtungen  
Bürkle, Berg € 16,50
- V 91: Auswirkungen der Umnutzung von BAB-Standstreifen  
Mattheis € 15,50
- V 92: Nahverkehrsbevorrechtigung an Lichtsignalanlagen unter besonderer Berücksichtigung des nichtmotorisierten Verkehrs  
Friedrich, Fischer € 14,00
- V 93: Nothaltemöglichkeiten an stark belasteten Bundesfernstraßen  
Brilon, Bäumer € 17,00
- V 94: Freigabe von Seitenstreifen an Bundesautobahnen  
Lemke, Moritz € 17,00
- V 95: Führung des ÖPNV in kleinen Kreisverkehren  
Topp, Lagemann, Derstroff, Klink, Lentze, Lübke, Ohlschmid, Pires-Pinto, Thömmes € 14,00
- V 96: Mittellage-Haltestellen mit Fahrbahnanhebung  
Angenendt, Bräuer, Klöckner, Cossé, Roeterink, Sprung, Wilken € 16,00
- V 97: Linksparken in städtischen Straßen  
Topp, Riel, Albert, Bugiel, Elgun, Roßmark, Stahl € 13,50
- V 98: Sicherheitsaudit für Straßen (SAS) in Deutschland  
Baier, Bark, Brühning, Krumm, Meewes, Nikolaus, Räder-Großmann, Rohloff, Schweinhuber € 15,00
- V 99: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2000 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
Laffont, Nierhoff, Schmidt € 21,00

## 2003

- V 100: Verkehrsqualität unterschiedlicher Verkehrsteilnehmerarten an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage  
Brilon, Miltner € 17,00
- V 101: Straßenverkehrszählung 2000 – Ergebnisse  
Lensing € 13,50
- V 102: Vernetzung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen  
Kniß € 12,50
- V 103: Bemessung von Radverkehrsanlagen unter verkehrstechnischen Gesichtspunkten  
Falkenberg, Blase, Bonfranchi, Cossé, Draeger, Kautzsch, Stapf, Zimmermann € 11,00
- V 104: Standortentwicklung an Verkehrsknotenpunkten – Randbedingungen und Wirkungen  
Beckmann, Wulfhorst, Eckers, Klönne, Wehmeier, Baier, Peter, Warnecke € 17,00
- V 105: Sicherheitsaudits für Straßen international  
Brühning, Löhe € 12,00
- V 106: Eignung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen gemäß den Anforderungen nach DIN EN 1317  
Ellmers, Balzer-Hebborn, Fleisch, Friedrich, Keppler, Lukas, Schulte, Seliger € 15,50
- V 107: Auswirkungen von Standstreifenumnutzungen auf den Straßenbetriebsdienst  
Moritz, Wirtz € 12,50
- V 108: Verkehrsqualität auf Streckenabschnitten von Hauptverkehrsstraßen  
Baier, Kathmann, Baier, Schäfer € 14,00

- V 109: Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf auf b2+1-Strecken mit allgemeinem Verkehr  
Weber, Löhe € 13,00

## 2004

- V 110: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2001 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
Laffont, Nierhoff, Schmidt, Kathmann € 22,00
- V 111: Autobahnverzeichnis 2004  
Kühnen in Vorbereitung
- V 112: Einsatzkriterien für Betonschutzwände  
Steinauer, Kathmann, Mayer, Becher € 16,50
- V 113: Car-Sharing in kleinen und mittleren Gemeinden  
Schweig, Keuchel, Kleine-Wiskott, Hermes, van Hacken € 15,00
- V 114: Bestandsaufnahme und Möglichkeiten der Weiterentwicklung von Car-Sharing  
Loose, Mohr, Nobis, Holm, Bake € 20,00
- V 115: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2002 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
Kathmann, Laffont, Nierhoff € 24,50
- V 116: Standardisierung der Schnittstellen von Lichtsignalanlagen – Zentralrechner/Knotenpunktgerät und Zentralrechner/Ingenieurarbeitsplatz  
Kroen, Klod, Sorgenfrei € 15,00

---

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10  
D-27511 Bremerhaven  
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0  
Telefax: (04 71) 9 45 44 77  
Email: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.