



SIGNOS

**Standardisierte Interfaces, Geräte und Netzwerke zur Steuerung von
Lichtsignalanlagen auf der Basis von OCIT-Schnittstellen**

- Schlussbericht zum Teilvorhaben

OTS-Control -

14. Dezember 2007

Gefördert durch:

Bundesministerium für
Wirtschaft und Technologie
Förderkennzeichen: 16 IN 0293

Zuwendungsempfänger:

Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau (ivh)
Leibniz Universität Hannover
Appelstraße 9A
D-30167 Hannover

Autor:

Dipl.-Ing. Tobias Pohlmann

Inhalt

1	Einführung	5
1.1	Hinweis zu den Inhalten und Arbeiten.....	5
1.2	Aufgabenstellung und Ziel	6
1.3	Stand der Wissenschaft und Technik zu Projektbeginn (Ausgangslage)	7
2	Anforderungen	8
2.1	Anpassung des ursprünglichen Konzepts	8
2.2	Schnittstelle OTS-Control	10
2.2.1	Allgemeines zu den Analysen	10
2.2.2	TRENDS	11
2.2.3	VS-PLUS.....	13
2.2.4	Synthese der Analysen	16
2.2.5	Zusätzliche Hinweise gemäß OCIT-Standardisierung.....	20
2.3	Schnittstelle zum Schaltgerät.....	23
3	Umsetzung	23
3.1	Allgemeines	23
3.2	Gesamtsystem.....	23
3.3	Softwarearchitektur	25
3.4	Versorgung	27
3.5	Funktionsspiegel.....	29
3.6	Beschreibung der Dienste.....	30
3.6.1	Messwertaufbereitung.....	30
3.6.2	Signalbildschaltung	30
3.6.3	ÖV-Telegrammdienst	32
3.7	Beschreibung von Abläufen	33
3.7.1	Allgemeines.....	33
3.7.2	Initialisierung	33
3.7.3	Normaler Durchlauf	33

3.7.4	Einlesen einer neuen Versorgung im laufenden Betrieb	35
3.7.5	Verfahrensinterne Programmwechsel	36
3.7.6	Nicht verfahrensinterne Programmwechsel	36
3.7.7	Einschalten von Teilknoten	37
3.7.8	Ausschalten von Teilknoten	38
3.7.9	Einbindung herstellerspezifischer Dienste	38
3.7.10	Betriebsarten.....	39
3.7.11	Uhrzeitsynchronisation.....	40
3.7.12	Koordinierung.....	40
3.7.13	Umlaufkontrolle	40
3.7.14	Unzulässigkeit der verkehrsabhängigen Steuerung	41
3.8	Beschreibung der Schnittstellen	41
3.8.1	Allgemeines.....	41
3.8.2	Schnittstelle OTS-Control.....	42
3.8.3	Schnittstelle OTS-Data.....	50
3.8.4	Schnittstelle OTS-Service	65
3.8.5	Schnittstelle zum Schaltgerät.....	65
4	Ergebnisse.....	70
4.1	Umsetzung und Test des Prototyps.....	70
4.2	Erreichte Ziele und Markteinführung.....	73
4.3	Verbreitung der Ergebnisse	74
5	Quellen	74

1 Einführung

1.1 Hinweis zu den Inhalten und Arbeiten

Dieser Schlussbericht beschreibt die Arbeiten und insbesondere die Ergebnisse des Arbeitspakets 200 – OTS-Control – des Projektes SIGNOS. In diesem Arbeitspaket wurden bestehende, steuergeräteinterne Schnittstellen zu zwei existierenden Steuerverfahren analysiert und darauf aufbauend eine allgemeingültige, für eine Standardisierung vorgesehene OTS-Control-Schnittstelle, bestehend aus drei Teilschnittstellen, entwickelt und prototypisch umgesetzt. Zudem wurde eine eigene Hardware entwickelt, auf der eine eigene Signos-Software läuft, welche die neu entwickelten Schnittstellen beinhaltet. Die Hardware soll in herkömmliche Steuergeräte integriert werden, was im Rahmen des Projektes ebenfalls prototypisch erfolgt ist. Hierzu wurde eine weitere Schnittstelle zwischen Steuergerät und Signos-Hardware entworfen.

An den Arbeiten dieses Arbeitspaketes waren sowohl die beiden Institute ifak und ivh als auch die KMU beteiligt. Der Schwerpunkt bei den Analysen der bestehenden Schnittstellen sowie bei der Entwicklung eines Vorschlags für die OTS-Control-Schnittstellen lag beim ivh. Die Vorschläge wurden den Projektpartnern unterbreitet, auf diversen Arbeitssitzungen und Entwickler-Workshops diskutiert und die Ergebnisse daraus vom ivh kontinuierlich eingearbeitet. Die Diskussion der Vorschläge wurde auch durch mehrere Vertreter des LSA-Betreiberzusammenschlusses OCA e.V. (Open Traffic Systems City Association) begleitet und unterstützt.

Die Programmierung der auf der Schnittstellenentwicklung aufbauenden Signos-Software erfolgte federführend durch das ifak, in Teilbereichen unterstützt durch das ivh. Die programmiertechnische Anpassung der bestehenden Steuerverfahren an die neue Schnittstelle erfolgte durch die jeweiligen KMU.

Die Signos-Hardware wurde vom ifak in Zusammenarbeit mit der Firma EAI entwickelt und prototypisch umgesetzt. Da es hier Überschneidungen mit dem Arbeitspaket 300 – Netzwerktechnologien für OCIT-Outstations – gibt, erfolgt die Beschreibung der Hardware nicht hier sondern im Schlussbericht zu besagtem Teilvorhaben. Die schmale Schnittstelle zwischen Steuergerät und Signos-Hardware wurde unter Berücksichtigung der Ergebnisse zu den OTS-Control-Schnittstellen

vom ifak in Rücksprache mit dem ivh definiert. Für die Anpassung eines realen Steuergerätes an diese Schnittstelle wurde die schweizerische Firma Bergauer beauftragt.

Für allgemeine Erläuterungen zu den Rahmenbedingungen des Projektes, der Zusammenarbeit der Projektpartner und der Verwertbarkeit der Ergebnisse wird auf den Verbundbericht verwiesen.

1.2 Aufgabenstellung und Ziel

In Deutschland sind derzeit ca. 75.000 Lichtsignalanlagen (LSA) zur Steuerung von Verkehrsströmen an Knotenpunkten installiert. Man geht von Lebenszyklen zwischen 15 und 20 Jahren aus. Eine LSA besteht im Wesentlichen aus den Komponenten Steuergerät, Signalgeber, Detektoren und Kommunikationseinrichtungen zur übergeordneten Steuerungsebene (Verkehrsrechner).

Die Signalisierung wird durch Steuerungsverfahren realisiert. Diese reichen von der sogenannten Festzeitsteuerung (zyklisch wiederkehrende Freigaben) über verkehrsabhängige Verfahren (z. B. logikbasierte Verfahren wie TRELAN/TRENDS oder parametrisierbare Standardverfahren wie VS-PLUS) bis hin zu verkehrsadaptiven Steuerungsverfahren.

Seit 1999 streben verschiedene in der Standardisierungsbewegung OCIT (Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems) engagierte Gruppierungen eine herstellerübergreifende Vereinheitlichung der Schnittstellen und Datenstrukturen in Verkehrssteuerungs- und -managementsystemen an.

Die Schnittstellenstandardisierung in der Straßenverkehrstechnik wird insbesondere von den Betreibern als eine wichtige Aufgabe angesehen, da hierdurch eine Entlastung der kommunalen Haushalte hinsichtlich zukünftiger Investitionen und Kosten im Lebenszyklus der Anlagen absehbar ist. Für KMU bedeutet die Standardisierung eine Stärkung im Wettbewerb, da neue Produkte und Dienstleistungen im Verkehrstechnikmarkt platziert werden können.

Einige der ursprünglich geplanten OCIT-Schnittstellen, darunter OCIT-Control, wurden von den an der Standardisierung beteiligten Unternehmen jedoch zurückgestellt bzw. wieder verworfen. Die OCA hat jedoch weiterhin Interesse an einer Standardisierung dieser Schnittstellen, so dass es Bemühungen um eine Definition unter dem Label OTS-Schnittstellen (Open Traffic Systems) gibt. Dies

beinhaltet auch die Control-Schnittstelle, die daher im Folgenden abweichend vom Projektantrag mit OTS-Control bezeichnet wird. Dies geschieht in Zustimmung mit der OCA, die das Projekt SIGNOS in seinen Zielen unterstützt. Zudem hat das OCIT-Konsortium darauf hingewiesen, die Control-Schnittstelle aus markenschutzrechtlichen Gründen nicht mit dem Label OCIT zu versehen.

Ziel des SIGNOS-Teilvorhabens OTS-Control ist es, im Kontext der weiteren Standardisierung besagte OTS-Control-Schnittstelle zu spezifizieren und softwaretechnisch prototypisch umzusetzen und zu testen. Den Betreibern soll es hierdurch ermöglicht werden, ihre LSA flexibler und herstellerunabhängiger nutzen und anpassen zu können. Eine standardisierte OTS-Control-Schnittstelle versetzt sie in die Lage, die auf den Geräten integrierten Steuerverfahren gemäß den eigenen Anforderungen einzusetzen und auszutauschen, ohne dass es hierzu kostenintensiver Anpassungen der Gerätesoftware bedarf. Den beteiligten KMU wird zudem für die von ihnen entwickelten und am Markt durchaus nachgefragten Steuerungsverfahren ein verstärkter und freier Zugang in bestehende Verkehrssteuerungssysteme ermöglicht.

1.3 Stand der Wissenschaft und Technik zu Projektbeginn (Ausgangslage)

Die OTS-Control-Schnittstelle soll gewährleisten, dass verschiedene lokale Steuerungsverfahren in den LSA-Steuergeräten möglichst aller Hersteller ablaufen können. Derzeit werden lokalen Steuerungsverfahren auf Steuergeräten mehrerer Hersteller eingesetzt und müssen für diese jeweils angepasst werden. Gängige Steuerungsverfahren sind dabei:

- TRENDS (Logikbasiertes Verfahren zur verkehrsabhängigen Lichtsignalsteuerung mit durchgängiger Versorgungskette, phasen- und signalgruppenorientiert, von GEVAS software, umgesetzt auf Geräten von Bergauer, Dambach, GESIG, Signalbau Huber, SILA, STM, Stoye, Stührenberg)
- VS-PLUS (Standardisiertes Verfahren auf Verkehrsströmen basierend, Anpassung über Parametereinstellungen, von Verkehrs-Systeme AG (Schweiz) bzw. s.a.d. in Deutschland, umgesetzt auf Geräten von AVT, Bergauer, Dambach, Siemens, Signalbau Huber, Stoye, Stührenberg)

- TL / PDM (Logikbasiertes Verfahren zur verkehrsabhängigen Lichtsignalsteuerung, phasen- und signalgruppenorientiert, von Siemens AG, umgesetzt auf Geräten von Dambach, Siemens)

Eine Reihe deutscher Städte hat sich im Laufe der letzten zehn Jahre dazu entschieden, ausschließlich eines der aufgeführten Steuerungsverfahren einzusetzen und damit den Wettbewerb bei der Anschaffung neuer LSA zuzulassen. Die Unabhängigkeit des Verfahrens und damit der gesamten Planungs- und Projektierungskette brachte eine große Kostenersparnis und eine ebenso große Flexibilität mit sich.

Die Verfahrensimplementierung erforderte bisher, dass entweder der Gerätehersteller die Software-Schnittstelle des Verfahrensherstellers bedienen musste oder umgekehrt. In beiden Fällen sind bilaterale Entwicklungsarbeiten erforderlich, die zu unflexiblen Update-Zyklen und zu unnötig hohen Umstiegskosten führen. Deshalb fordern die Betreiber von Lichtsignalanlagen die Bereitstellung einer OTS-Control-Schnittstelle, mit der lokale Steuerungsverfahren ohne besonderen Aufwand auf das Betriebssystem eines beliebigen Lichtsignalsteuergerätes aufgesetzt werden können.

2 Anforderungen

2.1 Anpassung des ursprünglichen Konzepts

Während zunächst im Rahmen des Projektes eine reine Softwarelösung für die OTS-Control-Schnittstelle vorgesehen war, die in herkömmliche Steuergeräte integriert werden sollte, so zeigten sich in den ersten Sitzungen gewisse Nachteile einer solchen Lösung. Hierzu gehören neben notwendigen, umfangreichen Anpassungen zahlreicher Steuergeräte an einen möglichen neuen Schnittstellenstandard auch die teilweise erheblichen Abweichungen bei den Funktionalitäten der Geräte, die sich aus unterschiedlichen Philosophien der Signalbaufirmen ergeben. Eine Entwicklung einer einheitlichen Schnittstelle, die auf allen gängigen Geräten umgesetzt werden kann, ist daher unrealistisch. Zudem legt man sich mit der Verwendung bestehender Steuergerätetechnik oftmals unnötige Beschränkungen bezüglich der Rechenleistung auf, da die Geräte oftmals mit älteren Mikroprozessoren ausgestattet sind und weiteren hardwaretechnischen Einschränkungen unterliegen.

Aus den genannten Gründen wurde von einem Vertreter der OCA die Entwicklung eines eigenen Signos-Bauteils angeregt, das mit einem leistungsfähigen Prozessor und diversen Hardwareschnittstellen ausgestattet ist, die im Bereich der LSA-Steuerung neue, bisher nicht nutzbare Möglichkeiten wie den Anschluss weiterer Detektoren außer Induktionsschleifen ermöglichen. Zudem bietet eine solche neue Hardware eine Plattform zur Integration weiterer leistungsfähiger Softwarekomponenten, die in bisherigen Steuergeräten keine Anwendung finden können. Die Signos-Komponente soll zahlreiche Funktionen der LSA-Steuerung übernehmen, die bisher in den Steuergeräten angesiedelt waren, bis hin zur Kommunikation mit der Zentrale. Für den Anschluss der Signalgeber und der Induktionsdetektoren sowie zur sicherheitsrelevanten Überprüfung von Zwischenzeiten und Signalgeberausfällen nach VDE 0832 wird jedoch weiterhin ein Steuergerät benötigt, unter anderem auch, weil die Signos-Komponente ansonsten auch einer Zertifizierung nach VDE 0832 unterliegen würde. Da das Steuergerät, das in diesem Konzept nun als reines Schaltgerät agiert, jedoch im Wesentlichen nur Detektorrohdaten liefern, Schaltbefehle entgegennehmen und Rückmeldungen beim sicherheitsrelevanten Ausschalten der Anlage oder seiner Teilknoten geben muss, ist die Schnittstelle zwischen Steuergerät und Signos-Komponente recht schmal, so dass eine Anpassung bestehender Steuergeräte in diesem Fall als praxistauglicher eingeschätzt werden kann. Das Konzept der Verwendung einer eigenen Hardware kommt somit der Anforderung nach größtmöglicher Flexibilität sowie einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Markteinführung entgegen, da die Städte somit Steuergeräte ausschreiben können, die nur eine sehr einfache Schnittstelle integrieren müssen.

Die Signos-Hardware wurde am ifak entwickelt. Ihre detaillierte Beschreibung findet sich im Schlussbericht zum Teilvorhaben „Netzwerktechnologien für OCIT-Outstations“.

Die Signos-Komponente benötigt eine eigene Software, die wesentliche Funktionalitäten eines herkömmlichen Steuergerätes abdeckt. Als Betriebssystem wird ein Linux-Derivat verwendet. Die ursprünglich als reine Softwarelösung angedachte OTS-Control-Schnittstelle ist innerhalb dieses modifizierten Konzepts Bestandteil der SIGNOS-Software und somit auf der Signos-Komponente integriert. Über diese Schnittstelle ist die Austauschbarkeit der Verfahren auch auf der

SIGNOS-Komponente gegeben, sofern das gewünschte Steuerverfahren die Schnittstelle bedient.

2.2 Schnittstelle OTS-Control

2.2.1 Allgemeines zu den Analysen

Um eine umfassende, alle relevanten Aspekte der Lichtsignalsteuerung beinhaltende OTS-Control-Schnittstelle zu entwickeln, ist eine möglichst umfangreiche Analyse bestehender Schnittstellen zwischen Steuerverfahren und Steuergeräten notwendig, um die relevanten und wesentlichen Inhalte abzudecken und die Schnittstelle für zahlreiche Verfahren universell einsetzbar zu machen.

Im Rahmen des Projektes SIGNOS konnten die bestehenden Schnittstellen der Verfahren TRENDS von Gevas und VS-PLUS von der VS-AG bzw. s.a.d. eingehend analysiert werden. Es fanden zudem Bemühungen statt, auch Informationen zur Schnittstelle von PDM der Firma Siemens in die Analysen mit einzuschließen. Jedoch konnten seitens der Firma Siemens unter Wahrung der Vertraulichkeit firmeninterner Informationen Hinweise zu ihrer Schnittstelle nur in einem Umfang zur Verfügung gestellt werden, der für eine eingehende Analyse nicht ausreichend ist. Auch Schnittstellenbeschreibungen anderer Verfahren standen für die Analysen nicht zur Verfügung, so dass die detaillierten Analysen ausschließlich die Verfahren TRENDS und VS-PLUS umfassen. Jedoch deckt die schließlich entwickelte Schnittstelle einen großen Umfang an Funktionalitäten ab, die über die gegenwärtigen Anforderungen von TRENDS und VS-PLUS hinaus auch solche Aspekte abdecken, die sich aus den OCIT-Standardisierungen ableiten. Ein weiterer Aspekt ist das Konzept der herstellerspezifischen Dienste, die in standardisierter Form auf der SIGNOS-Komponente umgesetzt werden können und deren Datenaustausch geregelt wird, ohne die Inhalte der Daten festzulegen. Aufgrund dieser Umstände kann davon ausgegangen werden, dass die entwickelte Schnittstelle auch den Anforderungen anderer Verfahren als TRENDS und VS-PLUS genügt.

Im Folgenden werden die Analysen der untersuchten Schnittstellen sowie der relevanten OCIT-Spezifikationen vorgestellt, aus denen sich die Anforderungen an die zu entwickelnde Schnittstelle ableiten. Letztere sind im Anschluss dargestellt.

2.2.2 TRENDS

TRELAN/TRENDS ist ein Verfahren der Firma GEVAS Software GmbH, das es in einem ersten Schritt ermöglicht, Ablaufdiagramme gemäß RiLSA für LSA-Steuerungslogiken grafisch am PC oder über die eigens entwickelte Sprache TRELAN direkt als ASCII-Textdatei zu erstellen. Wird für einen bestimmten Knotenpunkt eine Steuerungslogik erstellt, so muss diese auf der entsprechenden Grundversorgung der dortigen LSA basieren, sprich auf dem aktuellen Ausbauzustand mit den tatsächlich vorhandenen Detektoren und Signalgruppen sowie auf weiteren Informationen wie den Zwischenzeitematrizen, sicherheitstechnischen Mindestzeiten (Mindestfreigabe- und -sperrzeiten) u. ä.

Ist die Logik erstellt, kann sie in einem zweiten Schritt unter direkter Einbindung der Grundversorgung sowohl in eine am PC ausführbare vxe-Datei compiliert werden, die für Test- und Analysezwecke verwendet werden kann, als auch in eine binäre so genannte vxb-Datei, die als Direktversorgungsdatei auf das Steuergerät übertragen und dort vom TRENDS-Kern interpretiert und abgearbeitet werden kann. Der TRENDS-Kern selbst ist eine programmtechnische, in ANSI-C erstellte Zusammenfassung einer Reihe von Funktionen, welche es ermöglichen, die Steuerungslogik auf dem Steuergerät ablaufen zu lassen.

I. d. R. werden in einer vxb-Datei mehrere Programme für unterschiedliche Tageszeiten oder verkehrliche Situationen abgelegt, zwischen denen der TRENDS-Kern auf interne oder externe Anforderung hin wechseln kann. Es können sowohl verkehrsabhängige Steuerungen als auch Festzeitprogramme erstellt werden. Zudem werden in der vxb-Datei das Ein- und Ausschaltprogramm sowie die Phasenübergänge abgelegt. Optional sind auch Handstopp- und Sonderprogramme sowie ein Standprogramm möglich.

Die Grundversorgung der LSA erfolgt über die so genannte stg-Datei, eine Textdatei mit vorgegebenem Schema, in der der gerätetechnische Ausbaustand der jeweiligen Anlage dargestellt ist und Angaben zur Verschränkung mit der Hardware (reelle Eingänge von den Detektoren, reelle Ausgänge zu den Signalgebern etc.) gemacht werden. Somit ist bei jeder hardwareseitigen Änderung der Anlage eine neue Grundversorgung nötig. Die Umsetzung der Verschränkung liegt in der Verantwortung des Geräteherstellers.

Neben der gerätetechnischen Beschreibung der Anlage enthält die stg-Datei darüber hinaus weitere fixe, verkehrstechnische Angaben, so z. B. zu den Kopfdaten der möglichen Signalprogramme (Programmnummer, Umlaufzeit und Programmtyp), zum Ein- und Ausschaltprogramm etc. Es folgt ein weiterer Teil mit veränderbaren, verkehrstechnischen Angaben wie einer Beschreibung der LSA, den Telegramminhalten für ein Funktionsüberwachungs- und Analysesystem (FAS), aber auch zu Verwaltungsdaten wie Bearbeiternamen, Versionsdaten der Erstellungssoftware u. ä.

Sowohl über den fixen Teil als auch über den variablen Teil der stg-Datei werden Checksummen gebildet. Hat der Gerätehersteller das Gerät gemäß den Angaben in der stg-Datei eingerichtet, so wird dies durch die Speicherung der Checksumme des fixen Teils im Gerät „unterschrieben“. Bei der Direktversorgung der Anlage mit neuen Signalprogrammen und darin enthaltenen Logiken, die in der vxb-Datei gespeichert und in dieser an die Anlage übertragen werden, ist unbedingt sicherzustellen, dass sie konform sind mit dem hardwareseitigen Ausbauzustand und der aktuellen Konfiguration der Anlage. Auch anhand der vxb-Datei, in der die Grundversorgung, auf der sie basiert, wiederholt wird, kann eine Checksumme gebildet werden, die mit der im Gerät hinterlegten Checksumme der stg-Datei verglichen wird. Nur im Fall einer Übereinstimmung wird die neue Direktversorgung vom TRENDS-Kern akzeptiert. Andernfalls wird mit der bisherigen Versorgung weitergearbeitet. Es muss also im Gerät ausreichend Speicherplatz für zwei vxb-Dateien vorhanden sein.

Die Checksumme des variablen Teils der Versorgungsdatei wird in dieser selbst abgelegt. Sie kann dazu verwendet werden, den Versorgungsstand der Anlage zu dokumentieren, dient aber auch zur Kontrolle der korrekten Dateiübertragung an das Gerät.

Sofern sich bei der Erstellung der Logiken an die Grundversorgung gehalten wurde, kann die vxb-Datei ohne weiteren programmiertechnischen Aufwand im laufenden Betrieb auf das Steuergerät gespielt und ab dem nächsten Programmwechsel verwendet werden.

Der in TRENDS verwendete Logikfixpunkt (LFP) ist eine Verallgemeinerung des in den RiLSA beschriebenen Umschaltzeitpunktes (UZP). Der UZP definiert eine feste Umlaufsekunde mit einem fest definierten Signalbild aller Signalgruppen innerhalb eines Umlaufs eines Signalprogramms. Nur während dieser vordefinierten Umlaufsekunde ist es möglich, einen Programmwechsel in ein anderes Programm

vorzunehmen. Bei nicht koordinierten Anlagen kann bei Erreichen des UZP direkt in das neue Programm gewechselt werden, während bei koordinierten Anlagen („Grüne Welle“) ggf. eine gewisse Standzeit eingehalten werden muss, während der sich das Signalbild nicht ändert. Der Start des neuen Programms wird somit verzögert, um eine Synchronisierung des Programms mit denen der Nachbaranlagen zu erreichen, die alle dieselben Umlaufzeiten oder ein Vielfaches davon haben müssen. In TRENDS wird das Konzept des UZP verallgemeinert, indem der LFP nicht an eine bestimmte Umlaufsekunde gebunden ist, sondern zu unterschiedlichen Zeitpunkten innerhalb eines Umlaufs erreicht werden kann. Zudem hat er eine Dauer zwischen 0 und 2 Sekunden, die zur Korrektur kleinerer Zeitabweichungen zwischen Gerät und Zentrale genutzt werden kann.

2.2.3 VS-PLUS

VS-PLUS ist ein Verfahren der schweizerischen Verkehrs-Systeme AG, das in Deutschland durch die Firma s.a.d. vertrieben wird. Es stellt einen einheitlichen Steuerungsablauf für unterschiedliche Knotenpunkte zur Verfügung. Somit ist auch der in ANSI-C erstellte Programmcode von VS-PLUS in allen Steuergeräten gleich. Die Anpassung der Steuerung an die jeweiligen Knotenpunkte erfolgt über eine Reihe von Parametern, die in mehreren Parametergruppen zusammengefasst sind. Auch der Aufbau der Parametertabellen ist für alle Knotenpunkte gleich.

In VS-PLUS stellen die einzelnen Verkehrsströme (MIV/ÖV/Sonderfahrzeuge, Linksabbieger/Rechtsabbieger/Geradeausfahrer) das zu regelnde Element dar. Jedem definierten Verkehrsstrom sind im Normalfall mindestens ein Detektor und eine Signalgruppe zugeordnet (wobei auch Verkehrsströme ohne Detektoren oder Signalgruppen zulässig sind), sowie ein Rahmensignal, über das diverse Zeitbereiche innerhalb eines Umlaufs definiert werden können. In diesen Bereichen kann ein Verkehrsstrom beispielsweise eine Freigabe anfordern oder diese verlängern oder auf jeden Fall eine Freigabe erhalten (geschütztes Grünband). Ob und welche dieser Bereiche im Rahmensignal definiert werden, hängt von der gewünschten Steuerung ab.

Je nach Größe des Knotenpunktes wird die Steuerungslogik ein- bis viermal pro Sekunde durchlaufen, wobei pro Durchlauf mehrere Stufen abgearbeitet werden. Auf der ersten Stufe erfolgt die Auswertung der Detektoren. VS-PLUS wertet hierbei keine Rohdaten aus, sondern erwartet eine Vorverarbeitung durch das Steuergerät.

Die nächste Stufe umfasst die Auswertung der Verkehrsströme, die auf der Detektorauswertung basiert. Es wird geprüft, ob eine Anmeldung eines Verkehrsstroms erfolgen soll, falls dieser gesperrt ist, oder ob eine aktuelle Freigabe verlängert werden soll. Dies ist zum einen abhängig vom jeweiligen Rahmensignal des Stroms, zum anderen von seiner Wartezeit seit der ersten Detektoranmeldung bzw. den Belegungsgraden oder Zeitlücken der ihm zugeordneten Detektoren.

Im nächsten Schritt erfolgt die Bildzusammenstellung. Hierzu erfolgt eine Zuordnung der angemeldeten Ströme zu diversen Prioritätselementen. Dies geschieht i. d. R. je nach Verkehrsart und Wartezeit der Ströme. Für jedes Prioritätselement werden dann die darin enthaltenen Ströme entsprechend einer über Parameter definierten Hauptreihenfolge abgearbeitet und in ein Wunschbild eingetragen, sofern die dafür notwendigen Bedingungen erfüllt sind. Danach können zu diesem so erhaltenen Wunschbild nicht feindliche Ströme gemäß einer über weitere Parameter definierten Nebenreihenfolge ebenfalls berücksichtigt werden. Aufgrund der beschriebenen Vorgehensweise kennt VS-PLUS also keine Phasen sondern stellt die zu schaltenden Bilder gemäß den jeweiligen Anforderungen immer wieder neu zusammen. Liegen keine weiteren Anmeldungen vor, so kann in ein definiertes Ruhebild geschaltet werden.

Anschließend erfolgt das Schalten des Wunschbildes, wobei hier auch weitere nicht angemeldete, nicht feindliche Ströme hinzugefügt werden können. Am Schluss dieses Schrittes werden die Verkehrsstromschaltbefehle in Signalgruppenschaltbefehle umgewandelt, wobei anhand der versorgten Zwischen- und Versatzzeitenmatrix der für den Übergang vom aktuellen zum neuen Wunschbild notwendige „Phasen“-Übergang erstellt wird. Für das Schalten werden auch minimale Freigabe- und Sperrzeiten berücksichtigt.

Auf der letzten Stufe werden die Schaltbefehle über das Interface an das Steuergerät übermittelt, und zwar für jede Signalgruppe genau dann, wenn der Übergang von gesperrt nach frei bzw. umgekehrt erfolgen soll. Für die Schaltung der Übergangzeiten mit den entsprechenden Übergangsbildern ist das Steuergerät verantwortlich.

Für die Berücksichtigung des ÖPNV gibt es in VS-PLUS ein eigenständiges ÖV-Modul. Fahrzeuge des ÖPNV können über normale Detektoren, die als Meldepunkte einer Meldestrecke zusammengefasst werden, an- und abgemeldet werden

(parallele Anmeldung). Ferner kann das ÖV-Modul auch nacheinander eintreffende Funktelegramme berücksichtigen, die vom Steuergerät empfangen wurden (serielle Auswertung). Letzteres ist für die Auswertung des Telegramms und die Übergabe des Inhalts an das ÖV-Modul verantwortlich. Anhand verschiedener Tests zur Beeinflussungsart und zur Priorisierung angemeldeter ÖPNV-Fahrzeuge bestimmt das ÖV-Modul die ÖV-Verkehrsströme, die anschließend bei der aktuellen Bildzusammenstellung zu berücksichtigen sind.

Allgemein gilt, dass VS-PLUS nur im Bereich der verkehrsabhängigen Steuerung arbeitet. Einschalt-, Ausschalt- und Festzeitprogramme werden vom Steuergerät ausgeführt. Dieses sorgt auch für die Synchronisation der Steuerung im Rahmen von Grünen Wellen und ist ferner verantwortlich für den hardwareseitigen Betrieb der Anlage (Schalten der Signalgeber, Auswerten der Detektoren, Empfang der Funktelegramme, ...) und insbesondere für die sicherheitstechnische Überwachung. Überwacht werden zudem Mindestzeiten der Sperrung und Freigabe sowie die Zwischenzeiten. Das Steuergerät behält immer die Kontrolle über VS-PLUS und dessen Betriebsart (neu initialisieren, neu einschalten, normaler Betrieb, außer Betrieb sowie Umschalt- und Ausschaltwunsch).

Die Grundversorgung der Anlage ist nicht Teil von VS-PLUS, sondern liegt in der Verantwortlichkeit des Geräteherstellers. Dieser sorgt somit auch für die Verschränkung der Detektor- und Signalgruppenkanalnummern mit der Hardware. Da VS-PLUS aber über eine softwaretechnische Schnittstelle auf die Daten einzelner Detektoren zugreift sowie letztendlich Schaltbefehle für die einzelnen Signalgruppen abgibt, müssen ihm die Kanalnummern bekannt sein. Darüber hinaus müssen weitere Angaben aus der Grundversorgung bei der Erstellung der Parametersätze bekannt sein. Deshalb werden bei der Parametrisierung der Steuerung am Ingenieurarbeitsplatz diverse Steuergerätedaten berücksichtigt, die dort in einem Register anzugeben sind. Hierzu zählen neben den Kanalnummern unter anderem auch die Feindlichkeits-, Versatzzeit- und Zwischenzeitmatrizen.

Die eigentliche Anpassung der immer gleichen VS-PLUS-Steuerung an den jeweiligen Knotenpunkt erfolgt über eine Vielzahl an Parametern, die in Parameterblöcken zusammengefasst werden wie z. B. Detektorparameter, Verkehrsstromparameter, Bildparameter usw. Nach Erstellung und Test der Parametrisierung wird hieraus am PC eine binäre vcb-Datei erstellt, mit der das

Gerät im laufenden Betrieb direkt versorgt werden kann. Unterschiedliche Programme werden dabei in der vcb-Datei über unterschiedliche Parametersätze in verschiedenen VS-PLUS-Parameterbereichen (z. B. Detektorparameter, Verkehrsstromparameter etc.) realisiert, wobei ein Parametersatz eines Bereichs in verschiedenen Programmen verwendet werden kann.

Das Einlesen einer auf das Gerät gespielten vcb-Datei erfolgt über Schnittstellenfunktionen. Bevor eine neue Versorgung verwendet werden kann, wird sie auf ihren Typ, ihre Lesbarkeit und ihre Konsistenz mit dem Ausbauzustand der Anlage geprüft, also ob die verwendeten Detektor- und Signalgruppenkanäle existieren und ob die Versions- und Knotenpunktnummern übereinstimmen. Ist dies der Fall, kann die Versorgung verwendet werden.

2.2.4 Synthese der Analysen

2.2.4.1 Allgemeines

Im Rahmen dieses Schlussberichts können die Schnittstellen von VS-PLUS und TRENDS nicht im Detail dargestellt werden. Von Interesse ist hier dagegen die Synthese der Analysen der beiden Schnittstellen zu konkreten Anforderungen, die die Verfahren stellen. Teilweise betreffen die Anforderungen nur eines der beiden Verfahren, jedoch wurde in der weiteren Umsetzung darauf geachtet, ein einheitliches Konzept einer Schnittstelle zu entwickeln, das beide und weitere Verfahren gleichartig bedient, ohne auf Sonderlösungen für einzelne Verfahren zurückgreifen zu müssen.

2.2.4.2 Aufruf des Verfahrenskerns

Jeder Rechendurchlauf der Verfahren muss explizit ein- oder mehrmals pro Sekunde gestartet werden. Hierbei kann zwischen verschiedenen Funktionsarten unterschieden werden, wozu z. B. das Booten, Initialisieren und Einlesen von Verfahrensversorgungen, Erst- und Folgedurchläufe oder das Einlesen neuer Versorgungsungen im laufenden Betrieb zählen. Teilweise müssen dabei auch Zusatzinformationen, Umschaltbilder, Teilknotenzuständigkeiten oder Betriebsmodi mitgeteilt werden, die für den nächsten Rechenschritt bzw. die nächsten Rechenschritte relevant sind.

2.2.4.3 Versorgung

Zum Einlesevorgang einer neuen Versorgung dienen Funktionen zur Initialisierung der Datenhaltung, zum Prüfen der Versorgung, zum Einlesen, zur Aktivierung und zur Freigabe nicht mehr benötigten Speicherplatzes. Das Einlesen kann vor dem Start des Verfahrens oder parallel zu einer laufenden Steuerung durch das Verfahren passieren. Für das Einlesen muss den Verfahren ein Verweis auf den in einen Speicherbereich kopierten, binären Inhalt der Versorgungsdatei übergeben werden.

2.2.4.4 Zeitangaben

Die Verfahren benötigen unterschiedliche Zeitangaben. Hierzu zählen der Zeitpunkt des aktuellen Aufrufs bzw. die vergangene Zeitspanne seit dem vorherigen Aufruf. Teilweise wird auch die Bereitstellung diverser Zähler gefordert, die über die Schnittstelle abgerufen und zurückgesetzt werden können. Zudem benötigen die Verfahren die aktuelle Umlaufsekunde bzw. die Anzahl ganzer Sekundenschritte seit dem letzten Aufruf. Hinzu kommen Angaben zu Datum, Uhrzeit und Wochentag sowie zu den Eingangszeiten aktueller ÖV-Telegramme.

2.2.4.5 Programmwechsel

Den Verfahren müssen Programmwechselbefehle bzw. Programmwünsche übergeben werden. Teilweise muss zu Synchronisationszwecken mit Nachbar-LSA zuvor eine gewisse Standzeit angefordert werden, in der sich die Signalbilder nicht ändern.

2.2.4.6 Teilknoten

Den Verfahren muss mitgeteilt werden, welche Teilknoten des Gesamtknotenpunktes sie zu steuern haben und für welche sie nicht verantwortlich sind.

2.2.4.7 Detektorwerte

An die Übergabe von Detektorwerten stellen die Verfahren unterschiedliche Anforderungen. Während es in einem Fall ausreicht, dem Verfahren nur Rohdaten in Form von Detektorflanken sowie hardwareseitige Detektorstörungen mitzuteilen, werden im anderen Fall aggregierte Detektorwerte vorausgesetzt. Hierzu zählen die Summen unterschiedlicher Flankentypen, die Belegungen, Belegungsdauern und Belegungsgrade, sowie Netto- und Bruttozeitlücken. Auch die vergebenen Detektorkanalnummern müssen abrufbar sein.

2.2.4.8 ÖV-Anmeldungen

Neben der Abdeckung von ÖV-Anmeldungen über gewöhnliche Induktionsdetektoren ist es notwendig, dass die Verfahren auch die Inhalte kompletter im Gerät eingetrossener und relevanter ÖV-Telegramme erhalten. Hierüber sind zusätzliche Angaben zu Meldepunktnummer, Linie, Route, Kurs, Fahrplanabweichungen und Ähnlichem möglich.

2.2.4.9 Variable Informationen zu den Signalgruppen

Bezüglich der geschalteten Signalbilder erfordert zumindest eines der beiden Verfahren eine jeweils aktuelle Angabe des gegenwärtigen Zustands (frei/gesperrt) sowie der Dauer dieses Zustands und ob Mindestfreigabe- und -gesperrzeiten überschritten sind. Zudem wird abgefragt, ob gegenwärtig Übergänge zwischen den Zuständen geschaltet sind. Eine separate Abfrage erfolgt für Blinklichter. Auch wird abgefragt, ob das Verfahren eine bestimmte Signalgruppe überhaupt steuern soll.

2.2.4.10 Digitale Ausgänge

Der Zustand digitaler Ausgänge (ein/aus) muss abgefragt werden können.

2.2.4.11 Fixe Informationen zu den Signalgruppen

Hier ist, wiederum für eines der Verfahren, relevant, bestimmte nicht variable Informationen zu den Signalgruppen abrufen zu können. Dies sind die vergebenen Kanalnummern, die Zwischenzeiten feindlicher Signalgruppen, minimale Freigabe- und Gesperrzeiten und die Dauer der Übergänge (Gelb bzw. Rot-Gelb).

2.2.4.12 OCIT-Befehle

Bezüglich möglicher OCIT-Befehle, die aus der Jahresautomatik oder der Zentrale kommen, berücksichtigt eines der Verfahren bereits die Möglichkeit, die Einbeziehung des Individualverkehrs und/oder des ÖPNV in die verkehrsabhängige Steuerung mitgeteilt zu bekommen. Hierdurch soll eine der beiden Verkehrsarten jeweils auf Anforderung gezielt unberücksichtigt bei der variablen Anpassung der Steuerung bleiben.

2.2.4.13 Eingänge und Importvariablen

Eines der Verfahren bietet die Möglichkeit, für eine Anlage individuelle Werte sich ändernder Merker und Variablen in die Steuerung einzubringen. Dies können

aktuelle Werte von Nachbar-LSA, weitere projektspezifische Werte u. a. sein. Entweder können diese Werte über reservierte Eingänge einzeln in die Steuerung gebracht werden, oder in Form eines Telegramms, das mehrere Importvariablen enthält.

2.2.4.14 Programmablauf und Steuerung

Bei geforderten Programmwechseln können die Verfahren die entsprechende Programmnummer als Kontrolle zurückmelden bzw. ob ein solcher Wechsel aktuell möglich ist. Es kann dem Gerät mitgeteilt werden, von welchem Typ ein Programm ist, sofern diese Information im Gerät selbst nicht vorliegt. Zusätzlich können auch die Verfahren Programmwünsche mitteilen, deren Berücksichtigung jedoch nicht garantiert ist. TRENDS teilt mit, wann es den Logikfixpunkt erreicht hat. Das Verfahren kann zudem seinen aktuellen Status rückmelden, also ob es fehlerfrei läuft oder nicht. VS-PLUS kann zudem einen Wunschmodus für das Verfahren oder die Anlage vorschlagen. Zur Umlaufkontrolle meldet es außerdem aktuelle Wartezeiten eines festgelegten Verkehrsstroms. Darüber hinaus können Eingriffe von Sonderströmen mitgeteilt werden.

2.2.4.15 Detektorinformationen und -befehle

Teilweise können die Verfahren intern erkannte Detektorstörungen melden. Intern verwendete, aggregierte Detektormesswerte können ebenfalls zu Kontrollzwecken übermittelt werden. Wird die Bereitstellung von Flankenzählern seitens des Betriebssystems erwartet, so kann das Verfahren diese jederzeit zurücksetzen und dazu einen entsprechenden Befehl mitteilen.

2.2.4.16 Schalten von Signalgruppen

Wesentliches Ergebnis eines jeden Durchlaufs sind die geforderten Schaltzustände der Signalgruppen. Während ein Verfahren diese Angaben unter Bezugnahme auf für die Signalgruppen definierte und erlaubte Signalbilder und ihre Varianten für jedes Signalbild sekundengenau übergibt, befiehlt das andere Verfahren lediglich den gewünschten Zustand frei oder gesperrt, ohne die entsprechenden Übergänge zu schalten, für die das Steuergerät verantwortlich ist.

2.2.4.17 Schalten von digitalen Ausgängen

Für digitale Ausgänge können die Verfahren mitteilen, ob sie im Zustand „ein“ oder „aus“ sein sollen.

2.2.4.18 Ausgänge und Exportvariablen

Entsprechend der Erläuterungen zu den Eingängen und Importvariablen, kann eines der Verfahren auch selbst gewisse Werte für eine weitere Verwendung durch andere Komponenten liefern. Auch hier stehen die Übertragung von Einzelwerten über Ausgänge und die Übertragung von gruppierten Exportvariablen in Telegrammen zur Verfügung.

2.2.4.19 Mitschrift in Archiven

Für die Mitschrift sogenannter Prozessdaten, die im laufenden Betrieb der Steuerung entstehen, stehen Schnittstellenfunktionen zur Verfügung, mit denen die Verfahren diese internen Daten liefern können, wenngleich sie die übertragenen Daten in ihren Inhalten unterscheiden.

2.2.4.20 Fehlermeldungen

Zwar mit unterschiedlichen Formaten, aber dennoch in beiden Fällen können die Verfahren Fehlermeldungen absetzen, die den intern aufgetretenen Fehler beschreiben und auf die das Steuergerät bei entsprechender Schwere reagieren muss.

2.2.5 Zusätzliche Hinweise gemäß OCIT-Standardisierung

2.2.5.1 Allgemeines

Wichtig für die Praxistauglichkeit der Schnittstellen und des Signos-Systems ist die Orientierung an bestehenden Standardisierungsbemühungen im Rahmen von OCIT. Als relevant haben sich hierbei neben OCIT-Outstations die Dokumente OCIT-I VD-DM-LSA (OCIT-Instations Versorgungsdaten Datenmodelle und Objekte Lichtsignalanlagen) und OCIT-I PD-DM-LSA (OCIT-Instations Prozessdaten Datenmodelle und Objekte Lichtsignalanlagen) herausgestellt.

2.2.5.2 OCIT-Outstations

In OCIT-Outstations ist die Kommunikation zwischen Feldgerät und Zentrale festgelegt. Im Rahmen des Projektes SIGNOS wird OCIT-O jedoch noch nicht auf

der Signos-Komponente umgesetzt, sondern die vorhandene OCIT-O-Schnittstelle des eingesetzten Schaltgerätes von Bergauer verwendet. In Zukunft soll OCIT-O jedoch direkt in die Signos-Software integriert werden.

2.2.5.3 OCIT-Instations Versorgungsdaten

OCIT-I VD-DM-LSA beschreibt die Struktur einer XML-Datei, die die Versorgungsdaten einer LSA enthält. Sie kann in SIGNOS ebenfalls als Versorgungsdatei für die Signos-Komponente und die Steuerverfahren verwendet werden.

Wesentliche Inhalte der XML-Datei, die teilweise auch in SIGNOS von Bedeutung sind, sind

- Kopfdaten der Anlage (Identifizierung des Knotens, Knoten-Versionsstand, ...)
- Nummern der digitalen Ausgänge
- Eingänge für Sensoren und sonstige Eingänge (inklusive Art der Detektoren und bereitgestellter Messwerte)
- Verhalten der Anlage nach Netzausfall
- ÖV-Meldestrecken (inklusive detaillierter Angaben zu allen Meldepunkten)
- Phasenliste, Phasenfolgeliste, Phasenübergangliste (mit detaillierten Angaben zu den möglichen Phasen der Steuerung)
- Rahmenprogramme für die verkehrsabhängigen Signalprogramme
- Signalgruppenliste (mit detaillierten Angaben zu allen Signalgruppen)
- Signalprogrammliste (beschreibt alle Festzeitprogramm inklusive Kopfdaten)
- Einschaltprogramm
- Ausschaltprogramm
- Unverträglichkeitsmatrix
- Versatzzeitmatrixliste
- Zwischenzeitmatrixliste

Neben diesen standardisierten Daten enthält die XML-Datei in einem Container auch noch die verschlüsselte, binäre Versorgung des jeweiligen Steuerverfahrens, welche

entschlüsselt und in binärer Form an das Steuerverfahren durchgereicht werden kann, wo die Daten dann eingelesen und interpretiert werden.

2.2.5.4 OCIT-Instations Prozessdaten

Prozessdaten sind solche Daten, die im laufenden Betrieb einer LSA anfallen und für Auswertungszwecke mitprotokolliert werden können. Im Dokument OCIT-I PD-DM-LSA werden zahlreiche Daten spezifiziert, die hiervon betroffen sind. Beispiele sind Informationen zum Betriebszustand des Gerätes, zu den Betriebsmitteln sowie solche Daten, die direkt im Verfahren anfallen. Auf die genauen Daten wird hier nicht im Einzelnen eingegangen. Von Bedeutung für die OTS-Control-Schnittstelle ist dagegen, wie die Mitschrift von Prozessdaten bestellt werden kann und wie sie erfolgt.

Prozessdaten haben einen bestimmten Typ (Objektyp = Art des Messwertes bzw. Datums). Bestimmte Datentypen können im Gerät mehrere Datenpunkte (verschiedene Messwerte einer Messwertart) haben. Die einzelnen Datenpunkte haben eine eindeutige Nummer (Objektnummer).

Sollen Prozessdaten abgefragt werden, so müssen diese über die so genannte OITD-Nummer und ggf. die Objekt-Nummer angefordert werden. Bei komplexen Objekt-Typen, die aus mehreren unterschiedlichen Einträgen bestehen, kann nur der gesamte Datenpunkt abgefragt werden, nicht jedoch einzelne Elemente daraus. Die Mitschrift der Prozessdaten erfolgt in Form eines Primärschlüssel eines Wertes, bestehend aus Zeitpunkt und Wert.

Die Übertragung der Prozessdaten geschieht in Form von zeitlich lückenlos aneinander anschließenden Telegrammen festgelegter Zeitintervalle, in denen die Daten nach Objekttyp und anschließend nach dem Zeitstempel sortiert sind. Als ereignisorientiertes Datenformat werden nur Änderungen von Messwerten, nicht jedoch gleich bleibende Messwerte in aufeinanderfolgenden Telegrammen übertragen. Nur zur Initialisierung werden alle Daten übertragen. Die jeweils zu übertragenden Daten werden über Telegramm beim Steuergerät unter Angabe einer Übertragungsrate angefordert, wobei die Maximallänge eines Telegramms eine Minute beträgt.

Sofern eine Bestellung aktiviert wurde, werden die Daten in regelmäßigen Telegrammen übertragen, wobei ein Start- und Endzeitpunkt sowie eine

Übertragungsfrequenz angegeben werden können. Eine Bestellung kann auch wieder abbestellt werden, wobei dann die Übertragung der Daten beendet wird.

2.3 Schnittstelle zum Schaltgerät

Für die Schnittstelle zwischen Schaltgerät und SIGNOS-Komponente waren keine eigenständigen vertieften Analysen notwendig. Die notwendigen Inhalte der Schnittstelle ergeben sich direkt aus dem angestrebten Funktionsumfang der SIGNOS-Komponente und den hierzu benötigten Daten, die sie dazu vom Schaltgerät benötigt, bzw. der Schaltanweisungen, die die Signos-Komponente erteilt und die das Schaltgerät umsetzen muss.

3 Umsetzung

3.1 Allgemeines

Basierend auf den Analysen wurde ein Vorschlag für die geplante OTS-Control-Schnittstelle erarbeitet. In zahlreichen Projektsitzungen und anhand weiterer Abstimmungen zwischen den Projektpartnern wurde darauf aufbauend der Vorschlag modifiziert und erweitert und ein Gesamtkonzept entwickelt, dessen im Projekt erreichter Stand im Folgenden dargestellt wird.

3.2 Gesamtsystem

Im Rahmen des Projektes SIGNOS wird eine Hardwarekomponente in Form eines PC104-Bauteils genutzt und in ein herkömmliches LSA-Steuergerät integriert (SIGNOS-Komponente). Auf der SIGNOS-Komponente läuft das Betriebssystem Linux sowie die in Java programmierte SIGNOS-Software, im Folgenden auch als SignosOS bezeichnet. Auch das Steuerverfahren selbst, das aufgrund von Detektormesswerten und seiner internen Logik in jedem Durchlauf die Schaltbefehle errechnet, ist Bestandteil der Software auf der SIGNOS-Komponente. Die VA-Verfahren sind dabei, wie in bisherigen Steuergeräten üblich, in der Programmiersprache C geschrieben.

Die SIGNOS-Komponente übernimmt die meisten Funktionen eines herkömmlichen Steuergerätes. Das Steuergerät wird in SIGNOS als reines Schaltgerät genutzt, das Detektorrohdaten in Form von Detektorbelegungen liefert und die Schaltbefehle umsetzt, die es von der SIGNOS-Komponente erhält. Zudem findet eine Kontrolle zur

Einhaltung der sicherheitsrelevanten Zwischenzeiten direkt im Schaltgerät statt (zusätzlich zur Kontrolle von verkehrstechnischen Zwischenzeiten durch das SignosOS). Im Falle einer im Schaltgerät festgestellten Verletzung der sicherheitsrelevanten Zwischenzeiten schaltet das Schaltgerät die Anlage ab.

Die Kommunikation zwischen SIGNOS-Komponente und Schaltgerät erfolgt über eine Schnittstelle, die über das TCP/IP-Protokoll abgewickelt wird.

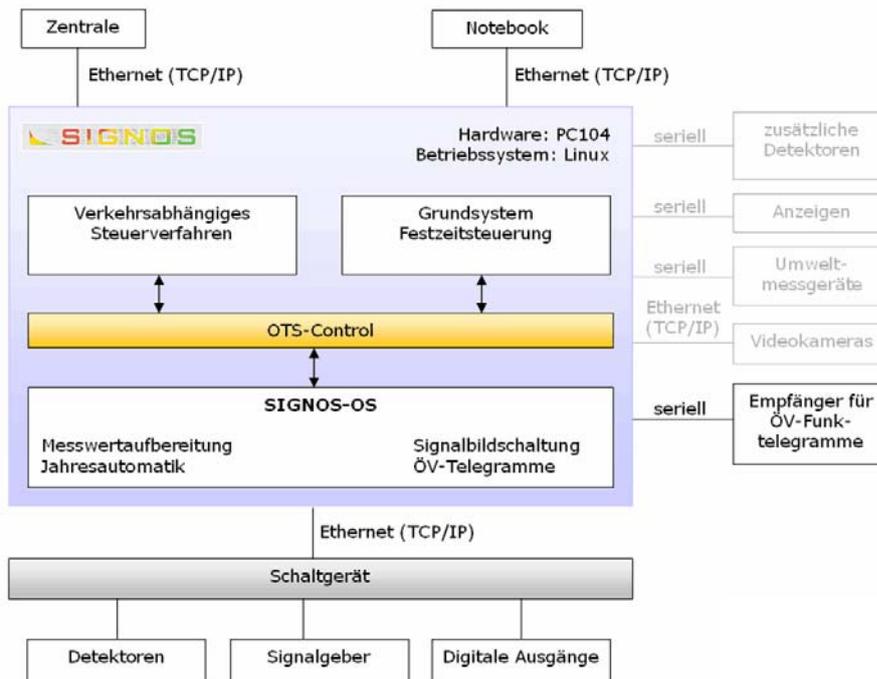


Bild 1: Das SIGNOS-Gesamtsystem

Bild 1 zeigt neben den geschilderten Sachverhalten weitere Gegebenheiten des Gesamtsystems. Die Signos-Komponente verfügt neben der Schnittstelle zum Schaltgerät über weitere Ethernet- und serielle Schnittstellen. Die Anschlussmöglichkeit eines Notebooks dient als lokaler Systemzugang, über den die Komponente über einen Web-Browser gewartet werden kann. Neben den Induktionsdetektoren, die direkt ans Schaltgerät angeschlossen werden, besteht die Möglichkeit, weitere Detektoren und Sensoren anderer Bauart direkt an die Signos-Komponente anzuschließen. Hierzu zählt auch ein Empfänger für Funktelegramme von Fahrzeugen des ÖPNV.

Die Kommunikation mit der Zentrale, die ebenfalls über Ethernet erfolgen soll, ist derzeit noch nicht in der dargestellten Form umgesetzt. Vielmehr wird die im verwendeten Bergauer-Schaltgerät bereits vorhandene (OCIT-O-)Schnittstelle genutzt, so dass Befehle von und Rückmeldungen an die Zentrale derzeit noch über

die Schnittstelle zum Schaltgerät laufen. Dies ist jedoch nur eine provisorische Lösung im Rahmen der Umsetzung des Signos-Prototyps.

3.3 Softwarearchitektur

Das auf der SIGNOS-Komponente angesiedelte SignosOS gliedert sich in einzelne Module. Zentrales Modul ist der SignosMaster, der die einzelnen Module bzw. Prozesse innerhalb des SignosOS steuert und koordiniert. Hierzu stehen ihm die Funktionen der Schnittstelle OTS-Control zur Steuerung von Verfahren und OTS-Service zur Steuerung von Diensten zur Verfügung.

Ein Verfahren bzw. Steuerverfahren ist dadurch charakterisiert, dass es die Schaltbefehle für die einzelnen Signalgruppen berechnet und weitergibt. Das Festzeitmodul ist in SIGNOS ebenfalls ein Verfahren, das standardmäßig immer vorhanden sein muss. Es ist verantwortlich für die Abarbeitung von Festzeit-, Ein- und Ausschalt- sowie von Umschaltprogrammen, sofern vorhanden. Auf einer SIGNOS-Komponente ist in der Regel nur ein verkehrsabhängiges (VA) Verfahren integriert, die Möglichkeit zur gleichzeitigen Integration weiterer Verfahren ist jedoch gegeben.

Dienste sind Module innerhalb des SignosOS, die einzelne, allgemeingültige Aufgaben übernehmen, welche von den Verfahren genutzt werden können. Auf der SIGNOS-Komponente sind standardmäßig die Dienste „Messwertaufbereitung“, „Signalbildschaltung“, „ÖV-Telegrammdienst“ und „Jahresautomatik“ zur automatischen Programmwahl vorhanden. Ein Dienst zur Archivierung verschiedenster Prozessdaten ist in Form eines ersten, rudimentären Ansatzes zu Testzwecken umgesetzt. Weitere Dienste, die während des laufenden Betriebs hilfreich sein können, sind für die Zukunft vorgesehen. Zudem gibt es die Möglichkeit, herstellereigene Dienste zu entwickeln und als Module in die Architektur zu integrieren.

Sowohl die Verfahren als auch die Dienste werden nach dem Start der Anlage zunächst einmalig über einen entsprechenden Funktionsaufruf initialisiert und dann gemäß ihren Anforderungen in einem regelmäßigen Rhythmus ein- oder mehrmals pro Sekunde aufgerufen und durchlaufen. Die Befehle vom SignosMaster an die Verfahren läuft dabei über die Schnittstelle OTS-Control. Befehle an die Dienste laufen über OTS-Service, einer Teilmenge aus OTS-Control. Somit erfolgt für die

ursprünglich geplante OTS-Control-Schnittstelle eine Aufteilung in weitere (insgesamt drei) Einzelschnittstellen.

Die Kommunikation zwischen den einzelnen Modulen erfolgt über den DataProvider, der zentralen Datenhaltung innerhalb des SignosOS. Über die dritte und letzte Schnittstelle, die OTS-Data-Schnittstelle, können die Inhalte des DataProviders kontrolliert gelesen und geschrieben werden. Jedes Verfahren und jeder Dienst kann jederzeit die gewünschten Daten aus dem DataProvider abfragen bzw. dort ablegen. Bei einer Abfrage bestimmter Daten werden vom DataProvider immer die aktuellsten vorhandenen Werte zurückgeliefert, also diejenigen, die als letztes von einem Dienst oder Verfahren oder dem SignosMaster in den DataProvider geschrieben worden sind. Die Standardeinheit von Zeitangaben in SIGNOS ist die Zehntelsekunde.

Einen Überblick über die bis hierhin in ihren Grundzügen beschriebene Softwarearchitektur gibt Bild 2.

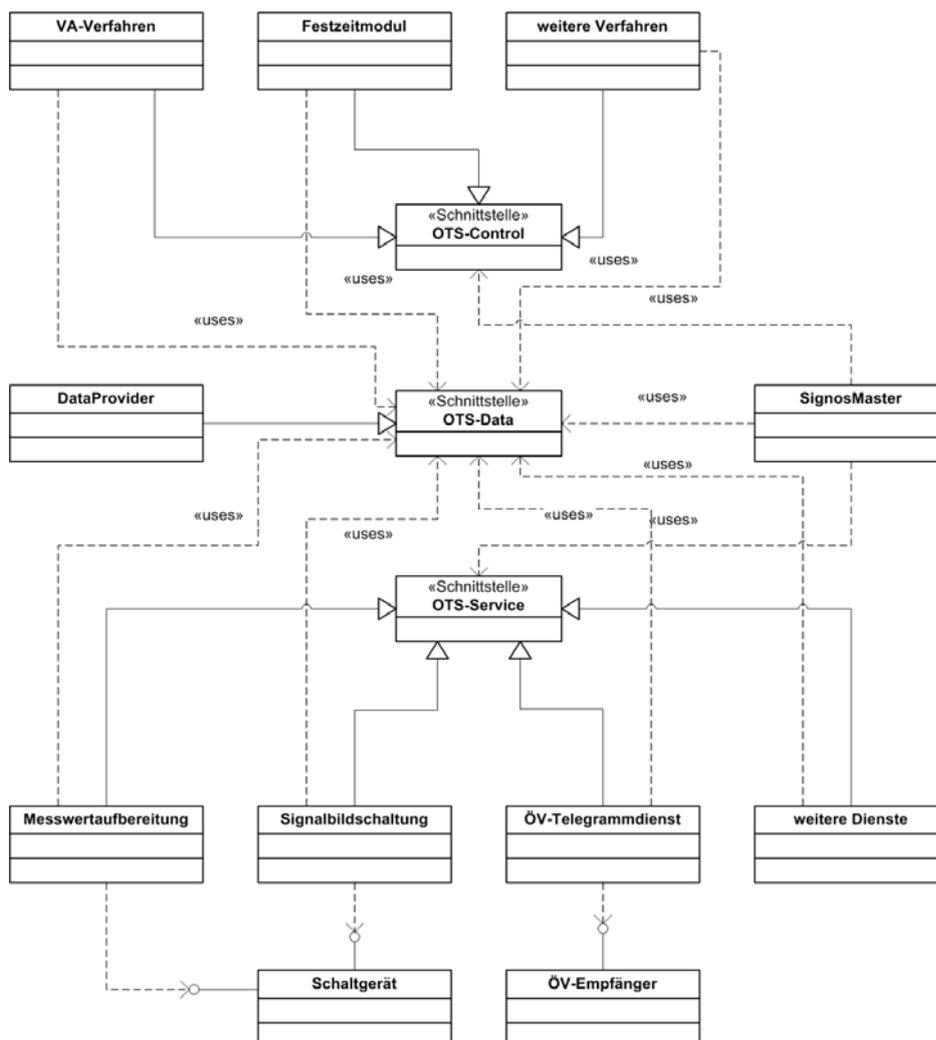


Bild 2: Übersicht über die Software-Architektur in SIGNOS

Wie bereits erwähnt wurde die SIGNOS-Software in Java erstellt, was programmiertechnische Vorteile mit sich bringt und dennoch alle Anforderungen an die Einhaltung zeitkritischer Abläufe erfüllt. Die Steuerverfahren TRENDS und VS-PLUS, die als eigenständige Module in die Softwarearchitektur integriert werden sollen, sind jedoch historisch bedingt in der Programmiersprache C geschrieben. Aus diesem Grund wird die Möglichkeit genutzt, in Java über ein „Java Native Interface“ Programmcode aus anderen Programmiersprachen integrieren zu können. Java-Programme können so beispielsweise Funktionen einer Windows-Library (.dll) oder eines „shared objects“ unter Linux (.so), die in C programmiert sind, aufrufen. Der C-Programmcode muss dazu unter Einbindung einer von dem Tool javah automatisch erstellen C-Headerdatei (.h) in eine .so-Datei kompiliert werden. Die Header-Datei enthält die Funktionsprototypen aller Funktionen, die im Java-Code als „native“-Funktionen gekennzeichnet sind. Umgekehrt können die C-Programmmodule bereitgestellte Funktionen aus dem Java-Programmcode aufrufen.

Durch diese Vorgehensweise ist ein einfacher Austausch verschiedener Verfahren auf der SIGNOS-Komponente gewährleistet, da (neben der Anpassung bestimmter Aufrufparameter der Verfahren) lediglich die .so-Datei ausgetauscht werden muss.

3.4 Versorgung

Die SIGNOS-Komponente sowie das darauf integrierten Steuerverfahren benötigen eine (Grund-)Versorgung, um entsprechend dem Ausbaustand der jeweiligen Anlage und der vorhandenen Signalprogramme die LSA ordnungsgemäß steuern zu können. In SIGNOS wird die bereits beschriebene Darstellung der Versorgungsdaten einer LSA gemäß OCIT-I VD-DM-LSA als XML-Schema verwendet. Trifft eine solche, neue Versorgung in Form einer XML-Datei im SignosOS ein, so muss sie vom SignosMaster zunächst auf Konsistenz mit der Anlage bezüglich der fixen Angaben zum Ausbaustand der Anlage und zu sicherheitsrelevanten Zwischenzeiten geprüft werden, bevor sie verwendet werden darf.

Darüber hinaus enthält eine solche Versorgungsdatei Base64-codierte Binärteile, die die Versorgung des VA-Verfahrens darstellen. Diese stellt der SignosMaster dem VA-Verfahren entpackt über den DataProvider zur Verfügung, sofern die Überprüfung der gesamten XML-Datei positiv war. Neu- bzw. geänderte Versorgungsdaten einzelner Blöcke der XML-Datei waren im Rahmen des Projektes SIGNOS zunächst nicht vorgesehen. Die XML-Versorgungsdatei wird immer

komplett als Ganzes eingespielt. Sie enthält auch zunächst immer nur einen einzigen Binärdatenblock für das jeweils auf der SIGNOS-Komponente implementierte Verfahren.

Weiterhin bietet die OCIT-konforme XML-Versorgungsdatei die Möglichkeit, weitere, nicht standardisierte XML-Tags, so genannten Nocit-Tags, zu verwenden. Hiervon wird in SIGNOS Gebrauch gemacht, um bestimmte Informationen für die standardmäßig vorhandenen Dienste zu übermitteln. Die Spezifikation findet sich in der XML-Schema-Datei SIGNOS NOCIT. Hierzu zählen Parameter für den Dienst zur Messwertaufbereitung sowie für die Aufbewahrung von ÖV-Telegrammen im DataProvider. Folgende Informationen werden über SIGNOS-XML-Tags übermittelt:

- für den Dienst „Messwertaufbereitung“:
 - Erhebungsintervall für den Belegungsgrad
 - Glättungsparameter für den Belegungsgrad bei steigender Belegung (für jeden Detektor einzeln)
 - Glättungsparameter für den Belegungsgrad bei fallender Belegung (für jeden Detektor einzeln)
 - Zeitintervall zur Aufbewahrung von Detektorflanken in Zehntelsekunden
- für den ÖV-Telegrammdienst die Aufbewahrungsdauer eingetroffener ÖV-Telegramme

Zusätzlich hat das SignosOS Zugriff auf eine im Betrieb unveränderliche Konfigurationsdatei, die diverse Angaben enthält, darunter solche zum korrekten Aufruf von Verfahren und Diensten durch den SignosMaster. In dieser Datei werden folgende Festlegungen getroffen:

- IP-Adresse und Port des Schaltgerätes
- Name der XML-Versorgungsdatei
- Nummer des Rückrechenverfahrens für den koordinierten Aufruf von Signalprogrammen
- das Aufrufschema für das verkehrsabhängige Steuerverfahren sowie die Zeitüberschreitungsgrenze für einen Durchlauf
- das Aufrufschema für jeden herstellerepezifischen Dienst
- die Mindestausschaltdauer der Anlage, bevor sie nach einem unerwarteten Geräte- oder Stromausfall wieder eingeschaltet werden darf
- für die Umlaufkontrolle:
 - die überwachte Signalgruppe
 - der maximale Zählerstand

- Reaktionen bei auftretenden Fehlern: Zwischenzeitenverletzung, Zeitüberschreitung des verkehrsabhängigen Steuerverfahrens, Meldung der Umlaufkontrolle
- Informationen zu herstellereigenen Diensten

Über das Aufrufschema für das verkehrsabhängige Steuerverfahren und die Dienste wird ein Takt vorgegeben, in dem die Verfahren regelmäßig aufgerufen werden.

3.5 Funktionsspiegel

In den folgenden Abschnitten wird das SIGNOS-System in seinen Einzelheiten beschrieben. Insgesamt werden durch die einzelnen Module sowie die zur Verfügung stehenden Schnittstellenfunktionen diverse Funktionalitäten der SIGNOS-Komponente ermöglicht, die in folgender Auflistung zusammenfassend dargestellt sind, ohne den spezifischen Details vorzugreifen.

Die SIGNOS-Komponente ermöglicht folgende Funktionalitäten:

- Einschalten der Anlage über eins von drei möglichen Einschaltprogrammen
- Ausschalten der Anlage über eins von drei möglichen Ausschaltprogrammen
- Abarbeiten von Festzeitprogrammen aus der XML-Versorgung
- Abarbeiten von VA-Programmen aus der binären Versorgung der Verfahren (wahlweise können die VA-Programme an ein Festzeitprogramm aus der XML-Versorgung gekoppelt sein oder eigenständig existieren)
- per Referenzzeit synchronisierte sowie nicht synchronisierte Programmwechsel zwischen Festzeit-Festzeit, Festzeit-VA, VA-VA und VA-Festzeit
- Hinzuschalten von Teilknoten
- Abschalten von Teilknoten
- verkehrstechnische Zwischenzeitenkontrolle (kann bei Bedarf für einzelne Signalgruppen vom Verfahren unterdrückt werden, wobei das Verfahren dann für die Schaltung korrekter Bildfolgen und die Einhaltung von Zwischenzeiten selbst verantwortlich ist)
- Umlaufkontrolle
- Messwertaufbereitung von Detektorwerten zur Nutzung durch die Verfahren
- Berücksichtigung von ÖV-Telegrammen in der Steuerung
- Abfrage von OCIT-Prozessdaten direkt aus den Verfahren
- Übergabe von OCIT-Befehlen zur Ein- und Ausschaltung der ÖV- und IV-VA an die Verfahren
- Versorgung im laufenden Betrieb
- Rückversorgung durch die Verfahren
- Korrekturen der Systemzeit über Programmwechsel
- Betrieb der Verfahren im aktiven und passiven Modus
- Reaktion auf Fehlermeldungen und Fehler der Verfahren sowie Empfang einer Wunschreaktion der Verfahren bei verfahrensinternen Störungen

- Integration herstellerspezifischer Dienste für Teilaufgaben in die SIGNOS-Architektur

Bezüglich OCIT-Outstations-Befehlen werden folgende Funktionalitäten zur Verfügung gestellt:

- Gesamtknoten ein-/ausschalten
- Signalprogramm wechseln
- Verkehrsabhängigkeit ein-/ausschalten (allgemein, IV, ÖV)

3.6 Beschreibung der Dienste

In SIGNOS sind standardmäßig mehrere Dienste vorhanden. Zu den in der ersten Version umgesetzten Standarddiensten gehören die Messwertaufbereitung, die Signalbildschaltung und der ÖV-Telegrammdienst.

3.6.1 Messwertaufbereitung

Der Dienst „Messwertaufbereitung“ wird nach seiner ersten Initialisierung nach Gerätestart alle 100 ms durchlaufen. Seine Aufgabe ist es, die Flanken der Detektoren auszuwerten und daraus verarbeitete Messwerte zu generieren, die von den Verfahren genutzt werden können. Dazu fragt der Dienst in jedem Durchlauf den aktuellen Belegungszustand jedes Detektors direkt beim Schaltgerät ab. Hierüber werden dienstinterne Zähler in Zehntelsekundenschritten hochgezählt. Auf diese Weise können neben den einzelnen aufgetretenen Flanken auch die aktuelle Brutto- und Nettozeitlücke, die Belegungsdauer sowie der aktuelle und geglättete Belegungsgrad für jeden Detektor bestimmt werden. Diese werden vom Dienst zehntelsekundlich in den DataProvider geschrieben, von wo aus sie von den Verfahren und anderen Diensten über definierte Funktionen der OTS-Data-Schnittstelle abgefragt werden können.

3.6.2 Signalbildschaltung

Der Dienst „Signalbildschaltung“ hat drei Aufgaben: erstens übernimmt er die Schaltung der Übergangssignalbilder von Signalgruppen, nachdem die Verfahren einen Signalbildwechsel befohlen haben, zweitens überprüft er die Schaltbefehle der Verfahren auf Einhaltung der für das jeweils laufende Programm gültigen verkehrstechnischen Zwischenzeitmatrix, und drittens liefert er den Verfahren den jeweiligen Zustand einer Signalgruppe und die bereits vergangene Dauer dieses Zustands über den DataProvider zurück. Ist einem Programm keine

verkehrstechnische Zwischenzeitmatrix zugeordnet, so prüft der Dienst auf Einhaltung der Standardzwischenzeitmatrix, die der sicherheitsrelevanten Zwischenzeitmatrix entspricht. Letztere wird auch noch einmal direkt im Schaltgerät überprüft.

In einem OCIT-konformen Gerät können für einzelne Signalgruppen unterschiedliche Übergänge definiert werden, also Schaltfolgen aus null, einem oder auch mehreren Signalbildern, die jeweils über eine bestimmte Zeitspanne angezeigt werden, bevor der Übergang abgeschlossen ist und der gewünschte Signalisierungszustand „frei“ oder „gesperrt“ ansteht. Diese Übergänge sind in der XML-Versorgungsdatei definiert und sind somit dem Dienst bekannt. Die Verfahren geben in SIGNOS i. d. R. lediglich den Zustand vor, in den eine Signalgruppe geschaltet werden soll, also ob diese „frei“ oder „gesperrt“ anzeigen soll. Einen solchen Befehl schreiben sie in den DataProvider, von wo aus ihn der Dienst einliest.

Der Dienst wird zum Hochzählen der Zähler zehnmal pro Sekunde durchlaufen, jedoch werden Schaltbefehle immer nur am Ende einer Umlaufsekunde, also nur in jedem zehnten Durchlauf, aus dem DataProvider eingelesen und umgesetzt. Für jede Signalgruppe mit Schaltbefehl wird durch den Dienst der jeweilige Übergang gestartet und in den folgenden Sekunden abgearbeitet, sofern dabei keine Mindest- oder Zwischenzeiten verletzt werden. Ein einmal gestarteter Übergang wird komplett abgearbeitet, bevor für die Signalgruppe vom Dienst weitere Befehle umgesetzt werden.

Für das ordentliche Funktionieren des Dienstes ist es unbedingt erforderlich, dass in der Versorgungsdatei nach OCIT-I VD-DM für alle erlaubten Signalbilder jeder Signalgruppe (auch für die Signalbilder im Übergang) eine Zuordnung zu den beiden verkehrstechnischen Zuständen „frei“ oder „gesperrt“ erfolgt. Ansonsten wird die Versorgungsdatei als fehlerhaft abgewiesen.

Stellt der Dienst fest, dass eine Zwischenzeit verletzt wird, sofern ein aktueller Befehl umgesetzt wird, so wird dieser Befehl im aktuellen Durchlauf ignoriert. Er wird erst am Ende der nächsten Umlaufsekunde erneut geprüft, sofern ihn das Verfahren bis dahin nicht wieder durch Überschreiben im DataProvider zurückgenommen hat. Für Sonderfälle ist es den Verfahren zudem möglich, die Zwischenzeitkontrolle für einzelne Signalgruppen abzuschalten und die zu schaltenden Bildfolgen zeitrichtig selbst vorzugeben. Hierbei liegt die Verantwortung für korrekte Bildfolgen und die

Einhaltung von Zwischenzeiten für die betroffene(n) Signalgruppe(n) ausschließlich bei den Verfahren.

Der Dienst „Signalbildschaltung“ verfügt für seine dritte Aufgabe über interne Zähler, mit denen er die Dauer des aktuellen Zustands (frei, gesperrt, Übergang zu frei, Übergang zu gesperrt) und des aktuellen Signalbildes einer Signalgruppe in jedem Durchlauf, also jede Zehntelsekunde hochzählt. Diese und weitere Angaben legt er im Provider ab, von wo aus sie von den Verfahren jederzeit abgerufen werden können.

Wie bereits erwähnt, werden die sicherheitsrelevanten Zwischenzeiten sowie die Mindestfreigabe- und -gesperrtzeiten zusätzlich auch noch einmal im Schaltgerät kontrolliert. Erkannte Fehler werden dem SignosMaster mitgeteilt, der entsprechende Meldungen in den DataProvider schreibt. Auf im Gerät erkannte Mindestzeitverletzungen erfolgt im Gegensatz zu vom SIGNOS-Dienst erkannten Verletzungen neben einer Meldung keine Reaktion. Bei vom Gerät erkannten Zwischenzeitverletzungen erfolgt neben einer Meldung auch die Abschaltung der betroffenen Teilknoten.

3.6.3 ÖV-Telegrammdienst

In SIGNOS soll ein ÖV-Empfänger direkt mit der SIGNOS-Komponente verbunden werden, d.h. der Empfang von ÖV-Telegrammen läuft nicht über das Schaltgerät. Empfangene ÖV-Telegramme werden vom ÖV-Empfänger über einen Bytestream direkt an die SIGNOS-Komponente übertragen. Jedoch sind nicht alle eintreffenden Telegramme für die jeweilige LSA von Belang, so dass die Telegramme gefiltert werden müssen. Diese Aufgabe übernimmt der „ÖV-Telegrammdienst“, der einmal pro Sekunde durchlaufen wird. Der Dienst wertet den Bytestream aus, entschlüsselt die eingetroffenen Telegramme und filtert diejenigen Telegramme heraus, deren Meldepunktnummern nicht von einem auf der SIGNOS-Komponente bekannten Meldepunkt stammen bzw. deren Angaben zur Route und/oder Linie des jeweiligen ÖV-Fahrzeugs nicht mit einem in der XML-Versorgung angegebenen, zulässigen Linien-Route-Paar übereinstimmen. Zudem werden doppelt eingetroffene, identische Telegramme entprellt, d.h. jedes Telegramm wird nur ein einziges Mal weitergeleitet. Die gefilterten Telegramme werden dann im DataProvider abgelegt, von wo aus sie den Verfahren über eine entsprechende Abfrage für ihre weitere Verwendung zur Verfügung stehen.

3.7 Beschreibung von Abläufen

3.7.1 Allgemeines

Innerhalb des SignosOS gibt es diverse Standardabläufe für diverse Aufgaben und Befehle, die im Folgenden beschrieben werden. Während dieser Abläufe erfolgen diverse Schnittstellenaufrufe aller beteiligten Module. Die entsprechenden Schnittstellenfunktionen werden später genauer vorgestellt.

3.7.2 Initialisierung

Zu Beginn des Lebenszyklus eines Verfahrens- oder Dienstprozesses bekommen diese vom SignosMaster eine Prozess-ID zugeordnet, unter der sie der SignosMaster kennt. Dies ist für einige Funktionalitäten im Zusammenhang mit der gleichzeitigen Nutzung des DataProviders durch alle auf der SIGNOS-Komponente vorhandenen Module notwendig. Im Anschluss wird das Verfahren bzw. der Dienst angewiesen, sich selbst zu initialisieren und seine aktuelle, binäre Versorgung einzulesen. Erst wenn dies erfolgreich abgeschlossen wurde, kann das Verfahren oder der Dienst im normalen Betrieb verwendet werden.

3.7.3 Normaler Durchlauf

Ein Verfahren bzw. ein Dienst wird vom SignosMaster je nach Anforderung ein- oder mehrmals pro Sekunde aufgerufen. Die Aufrufhäufigkeiten aller Verfahren und Dienste müssen als Versorgungsparameter für den SignosMaster in der XML-Versorgungsdatei als SIGNOS-XML-Tag eingetragen werden.

Der Start eines Durchlaufs erfolgt durch Aufruf einer entsprechenden Funktion. Für das verkehrsabhängige Steuerverfahren startet der SignosMaster intern einen eigenständigen Thread, aus dem heraus er die Funktion zum Start eines Durchlaufs aufruft. Nach Aufruf der Funktion wartet der Thread solange, bis die Funktion beendet ist und zurückkehrt. Wird dabei eine Zeitspanne, die für jedes Verfahren ebenfalls in der XML-Versorgungsdatei als SIGNOS-XML-Tag abgelegt sein muss, überschritten, so geht der SignosMaster von einem Timeout aus und beendet den nicht zurückgekehrten Prozess. Das Verfahren muss dann neu gestartet und initialisiert werden.

Das Festzeitmodul sowie die Basisdienste „Signalbildschaltung“, „Messwertaufbereitung“ und „ÖV-Telegramme“ werden innerhalb des Signos-

Prozesses (d. h. nicht in einem eigenen Thread) abgearbeitet, da sie keine zeitaufwändigen Berechnungen durchführen. Der Aufruf der entsprechenden Funktion zum Start eines Durchlaufs der genannten Module erfolgt synchron.

Fällt das Verfahren im laufenden Betrieb komplett aus, so kann die Steuerung der Anlage nicht fortgesetzt werden. Sie muss dann über den sofortigen Zustand „aus“ oder „gelb blinken“ und das anschließend vom Festzeitmodul abgearbeitete Einschaltprogramm wieder in einen verkehrstechnisch sicheren Zustand gebracht werden.

Während eines Durchlaufs stehen den Verfahren und Diensten die Schnittstellenfunktionen des DataProviders zur Verfügung, über die sie alle benötigten Werte und Angaben abfragen und ihre eigenen Ergebnisse mitteilen können. Darüber hinaus werden für die Dienste für einen Durchlauf keine weiteren Funktionsaufrufe benötigt. Im Gegensatz dazu ist es bei den Verfahren möglich, dass vor dem jeweiligen Durchlauf über die Schnittstelle OTS-Control vom SignosMaster ein oder mehrere Befehle übergeben werden, die im folgenden Durchlauf umzusetzen oder zu initiieren sind. Einige dieser Funktionen haben einen Rückgabetyt, so dass das Verfahren direkt rückmelden kann, ob es diesen Befehl umsetzen kann oder nicht. Treten im Verfahren interne Fehler auf, so muss vom Verfahren zudem eine Fehlermeldung in den DataProvider geschrieben werden. Diese Fehlermeldungen dienen zum einen der Dokumentation der aufgetretenen Fehler, werden darüber hinaus aber auch vom SignosMaster einmal pro Sekunde gelesen und dienen ihm zur Einleitung einer angemessenen Reaktion auf nicht reguläre Situationen.

Nach einem erfolgten Durchlauf werden in der Regel keine weiteren OTS-Control-Funktionen vom SignosMaster aufgerufen mit Ausnahme der Abfrage, ob ein zuvor angefordertes Umschaltbild im vorangegangenen Durchlauf erreicht worden ist. Diese Abfrage erfolgt jedoch nur dann, wenn das Umschaltbild auch tatsächlich zuvor angefordert worden ist. Zudem können jederzeit gewisse Zustände bzw. Einstellungen des Verfahrens abgefragt werden.

Da die Funktion zum Start eines Durchlaufs für jedes Verfahren vom SignosMaster aus einem parallelen Thread heraus aufgerufen wird, ist es in SIGNOS möglich, dass ein VA-Verfahren auch dann durchlaufen wird, wenn es die LSA nicht aktiv steuert, sondern sich im passiven Modus befindet. Sämtliche Verfahren und Dienste werden

also immer parallel aufgerufen, jedoch darf lediglich das aktiv steuernde Verfahren Schaltbefehle in den DataProvider schreiben.

3.7.4 Einlesen einer neuen Versorgung im laufenden Betrieb

Das SIGNOS-Konzept ermöglicht es, dass ein Verfahren oder Dienst neu eingetroffene binäre Versorgungen nicht nur direkt nach Einschalten des Gerätes, sondern auch im laufenden Betrieb einlesen kann. Hierzu wird in SIGNOS ein paralleler Einlesevorgang realisiert. Der SignosMaster ruft aus einem parallelen Thread heraus die Einlesefunktion der OTS-Control- bzw. OTS-Service-Schnittstelle unter Angabe eines Zeigers auf den entpackten Inhalt der Verfahrens- oder Dienstversorgung auf, die in binärer Form in der XML-Versorgungsdatei enthalten ist. Diese Funktion kehrt erst zurück, nachdem der Einlesevorgang erfolgreich abgeschlossen bzw. nicht erfolgreich abgebrochen worden ist. Während dieses Einlesevorgangs kann das Verfahren oder der Dienst notwendige Informationen zur Überprüfung der Versorgung beim DataProvider abfragen. Jedoch wird ein Einlesevorgang vom SignosMaster nur dann gestartet, wenn er selbst zuvor die Grundversorgung der zugehörigen, neu eingetroffenen XML-Versorgungsdatei auf Konformität mit der LSA überprüft hat. Evtl. während des Einlesens auftretende Fehler muss das Verfahren bzw. der Dienst mit einer Fehlermeldung im DataProvider protokollieren. Auch das erfolgreiche Einlesen der Versorgung ist dort zu dokumentieren.

Während des Einlesevorgangs wird die Funktion zum Start eines Durchlaufs regelmäßig vom SignosMaster aufgerufen. Das Verfahren arbeitet also während des Einlesens regulär weiter.

Ist die Versorgung erfolgreich eingelesen worden, darf sie dennoch nicht sofort vom Verfahren oder Dienst aktiviert werden. Dies geschieht erst auf explizite Anforderung durch den SignosMaster. Das Verfahren oder der Dienst muss dann intern selbständig dafür Sorge tragen, dass die neue Versorgung aktiviert wird. Dies kann, sofern notwendig, auch mit einer gewissen Verzögerung geschehen. Sobald die Versorgung aktiviert ist, muss eine entsprechende Meldung in den DataProvider geschrieben werden.

3.7.5 Verfahreninterne Programmwechsel

Der Ablauf verfahrensinterner Programmwechsel, also solcher Programmwechsel, bei denen das alte und neue Programm vom selben Verfahren ausgeführt werden, wird von den Verfahren prinzipiell selbständig durchgeführt. Sie erhalten lediglich vom SignosMaster einen entsprechenden Befehl. Das Verfahren teilt dann über den Rückgabewert mit, ob es einen solchen Programmwechsel im folgenden Durchlauf umsetzen kann oder nicht. Der Befehl wird vom SignosMaster vor jedem Durchlauf so lange wiederholt, bis das Verfahren ihn positiv quittiert. Hierüber ist sichergestellt, dass das Verfahren den Programmwechsel erst dann umsetzen muss, wenn es dazu auch wirklich intern bereit ist.

Ab dem Moment, ab dem das Verfahren seine Bereitschaft meldet, gibt eine Abfrage der aktuellen Umlaufsekunde beim DataProvider die Umlaufsekunde gemäß der Referenzzeit des neuen und nicht mehr des alten Programms zurück.

Ein erfolgter Programmwechsel muss vom Verfahren als Meldung im DataProvider abgelegt werden. Wird beim Verfahren eine Programmnummer angefordert, für die im Verfahren keine Versorgung existiert, so teilt es dies über den Rückgabewert mit und schreibt zusätzlich eine Fehlermeldung in den DataProvider. Der Programmwechselbefehl wird dann vom SignosMaster vor den folgenden Durchläufen nicht mehr wiederholt. Das aktuelle Programm läuft dann weiter, sofern nicht ein Ersatzprogramm gestartet werden soll. Selbiges ist der Fall, wenn der Programmwechsel aus anderen Gründen vom Verfahren nicht akzeptiert werden kann, beispielsweise weil das Umschaltbild des alten Programms nicht mit dem des neuen Programms übereinstimmt.

3.7.6 Nicht verfahrensinterne Programmwechsel

Im Gegensatz zu verfahrensinternen Programmwechseln müssen Wechsel zwischen Programmen verschiedener Verfahren (also zwischen dem Festzeitmodul und dem VA-Verfahren oder umgekehrt), unter aktiver Mitwirkung des SignosMasters erfolgen. Dieser fordert das bisher aktiv steuernde Verfahren über eine OTS-Control-Funktion auf, in den folgenden Durchläufen das Umschaltbild anzusteuern. Dieses kann sich das Verfahren im nächsten Durchlauf beim DataProvider abrufen. Kann das Verfahren das gewünschte Umschaltbild nicht ansteuern, z.B. weil es nicht mit dem Umschaltbild des aktuellen Programms übereinstimmt, muss es eine Fehlermeldung in den DataProvider schreiben.

Erfolgt keine Fehlermeldung, was bei korrekter Versorgung der Fall sein muss, fragt der SignosMaster nach jedem nun folgenden Durchlauf beim Verfahren an, ob das Umschaltbild unter Einhaltung aller Mindestzeiten und sonstiger verfahrensinterner Bedingungen für die ordentliche Beendigung des aktuellen Programms erreicht ist. Erst wenn dieser Funktionsaufruf positiv quittiert wird, wird der Umschaltvorgang fortgesetzt.

Ist das Umschaltbild erreicht, wird das bisher steuernde Verfahren in den passiven Modus versetzt. Im nächsten Schritt bekommt das bisher passiv aufgerufene Verfahren, das nun die Steuerung übernehmen soll, den Befehl übergeben, in den aktiven Modus zu wechseln. Dieser Befehl wird vom SignosMaster nur dann erteilt, wenn das Umschaltbild ansteht und direkt im Anschluss, also noch vor dem nächsten Durchlauf, auch die neue Programmnummer übergeben wird. Den Befehl muss das Verfahren über den Rückgabewert der Funktion quittieren. Wird der Befehl abgewiesen, so hat der SignosMaster die Möglichkeit, über dieselbe Funktion eine Ersatzprogrammnummer zu übergeben, kann aber auch den aktiven Modus wieder an das alte Verfahren zurückgeben und dort das bisherige Programm erneut starten.

Der Wechsel in den aktiven Modus und der Start des neuen Programms erfolgen immer zwingend gleichzeitig. Jedoch kann es sein, dass nach dem Erreichen des Umschaltbildes im synchronisierten Betrieb noch eine Wartezeit überbrückt werden muss, bevor das neue Programm synchronisiert mit Nachbar-LSA gestartet werden darf. Während einer solchen Wartezeit werden beide Verfahren in den folgenden Durchläufen im passiven Modus aufgerufen, bis gleichzeitig der Moduswechsel und der Programmstart initiiert werden.

3.7.7 Einschalten von Teilknoten

Parallel zur Steuerung des Knotenpunktes durch ein Verfahren können Teilknoten ein- und ausgeschaltet werden. Hierzu wird ein Modul vorgehalten, das auf dem Festzeitmodul basiert und die Abarbeitung der Ein- bzw. Ausschaltprogramme für einzelne Teilknoten durchführt.

Soll ein Teilknoten eingeschaltet werden, so wird zunächst parallel zum aktiv steuernden VA-Verfahren das Teilknotenmodul angewiesen, für den oder die einzuschaltenden Teilknoten das Einschaltprogramm zu starten und abzuarbeiten.

Hierbei darf es zwischen dem steuernden Verfahren und dem Teilknotenmodul zu keinen Überschneidungen bei der Zuständigkeit für einzelne Teilknoten kommen.

In den folgenden Schritten werden jeweils das steuernde Verfahren und das Teilknotenmodul gleichzeitig durchlaufen. Ist das Einschaltprogramm für die hinzuzuschaltenden Teilknoten beendet, wird direkt im Anschluss beim aktiv steuernden Verfahren das Umschaltbild angefordert. Ist das Umschaltbild erreicht, wird dem Verfahren der eingeschaltete Teilknoten übergeben. Kann das Verfahren den Teilknoten nicht übernehmen, z. B. weil das Signalbild des Teilknotens wider Erwarten nicht mit dem Umschaltbild übereinstimmt, lehnt es die Übernahme ab und schreibt eine Fehlermeldung in den DataProvider. In einem solchen Fall veranlasst der SignosMaster das Teilknotenmodul dazu, den Teilknoten wieder auszuschalten. Wird die Übergabe akzeptiert, so steuert das Verfahren den übergebenen Teilknoten ab diesem Zeitpunkt mit.

3.7.8 Ausschalten von Teilknoten

Das Ausschalten von Teilknoten erfolgt analog zum Einschalten, jedoch in umgekehrter Reihenfolge. Beim steuernden Verfahren wird das Umschaltbild angefordert und gewartet, bis dieses erreicht ist. Direkt im Anschluss bekommt das Verfahren den abzuschaltenden Teilknoten entzogen und steuert in den Folgedurchläufen nur noch die verbliebenen Teilknoten weiter. Gleichzeitig erhält nun das Teilknotenmodul die Anweisung, für den oder die auszuschaltenden Teilknoten das Ausschaltprogramm abzuarbeiten.

3.7.9 Einbindung herstellerspezifischer Dienste

Ein herstellerspezifischer Dienst muss sämtliche Funktionen der OTS-Service-Schnittstelle implementieren. Zum Austausch von Daten mit den Steuerverfahren stehen allgemeine Funktionen des DataProviders bzw. der OTS-Data-Schnittstelle zur Verfügung. Eine andere Verbindung zu den Steuerverfahren gibt es nicht. Reichen diese Funktionen nicht aus, müssen der DataProvider und die OTS-Data-Schnittstelle erweitert werden.

Der SignosMaster muss wissen, zu welchen Zeitpunkten er den Dienst aufrufen soll. Dies kann über ein SIGNOS-XML-Tag in der Versorgungsdatei mitgeteilt werden.

Wie ein Dienst in das SignosOS eingebunden wird, hängt maßgeblich von den Eigenschaften und Aufgaben des Dienstes ab. Hierbei sind die folgenden beiden Varianten möglich.

Beim **direkten Einbinden** wird der Dienst – wie zum Beispiel die Basisdienste auch – als Teil der SignosOS-Software implementiert und übersetzt. Dies ist die einfachste und auch effektivste Methode. Benötigt der Dienst spezifische Versorgungsdaten, so kommen die entsprechenden Einlesefunktionen zum Einsatz. Genügen dem Dienst allerdings die Grundversorgungsdaten, so ist es besser, ihm direkt eine Referenz auf das Objekt zu übergeben, welches die Grundversorgungsdaten enthält.

Bei der **Umsetzung als eigener Prozess** wird der Dienst als eigenständig ausführbarer Prozess implementiert. Er muss dann vor dem SignosOS gestartet werden. Auf der Seite des SignosOS wird zusätzlich ein Stellvertreterdienst benötigt, der die Kommunikation mit dem Dienstprozess regelt. Bei dieser Variante geht durch den zusätzlichen Kommunikationsaufwand im Gegensatz zum direkten Einbinden eines Dienstes Rechenzeit verloren. Zudem ist die Übertragung von sehr großen Datenmengen unter Umständen nicht mehr innerhalb einer Sekunde möglich.

Der Aufruf eines Dienstdurchlaufs erfolgt immer synchron, d. h., der SignosMaster unterbricht seine Abarbeitung, bis die Funktion zurückkehrt. Der SignosMaster erwartet, dass der Durchlauf innerhalb weniger Millisekunden abgeschlossen ist. Benötigt ein Dienst für seine Aufgabe mehr Zeit, so muss er die Bearbeitung in einem separaten Thread vornehmen.

3.7.10 Betriebsarten

Der SignosMaster kennt die Betriebsarten Handbetrieb und Automatikbetrieb. Befindet sich der SignosMaster im Handbetrieb, so werden die Befehle der Schaltuhr und OCIT-Outstations-Befehle zurückgehalten. Wenn der Handbetrieb ausgeschaltet wird, werden die Befehle der Schaltuhr und die OCIT-Outstations-Befehle wieder berücksichtigt.

Signalprogramm Wünschen, Ein-/Ausschaltungen von (Teil-)Knoten und der Verkehrsabhängigkeit haben die folgende Prioritätenreihenfolge: Handbetrieb vor OCIT-Outstations vor Schaltuhr.

3.7.11 Uhrzeitsynchronisation

Die Uhrzeitsynchronisation wird einmal pro Stunde ausgeführt. Es wird im Anschluss eine Meldung in den DataProvider geschrieben. Wird eine Zeitdifferenz zwischen Zentrale und Signos-Komponente festgestellt, erfolgt im koordinierten Betrieb ein Signalprogrammwechsel auf das aktuelle Programm. Bei der Festzeitsteuerung wird dabei nach Erreichen des Umschaltbildes eine entsprechend notwendige Zeitdauer gewartet, bevor das Programm erneut gemäß der korrigierten Referenzzeit koordiniert gestartet werden kann. Bei der verkehrsabhängigen Steuerung wird wie bei verfahrensinternen Programmwechseln vorgegangen, d.h., das Verfahren gibt nach Eingang des Programmwechselbefehls (auf dasselbe Programm) selbst an, ab wann es die korrigierte Umlaufsekunde anstelle der nicht korrigierten entgegennehmen kann.

3.7.12 Koordinierung

Es sind die Rückrechenverfahren (1) 1.1. aktuelles Jahr ohne Sommerzeit, (2) 1.1.1980 0:00 mit Sommerzeit und (3) 0:00 des aktuellen Tages ohne Sommerzeit implementiert. Für das Rückrechnen wird die Lokalzeit verwendet. Es wird davon ausgegangen, dass Datum und Uhrzeit des SIGNOS-OS die Sommerzeit berücksichtigen, da die Signos-Komponente seine Zeit von der Zentrale vorgegeben bekommt. Bei Verfahren ohne Berücksichtigung der Sommerzeit wird die aktuelle Umlaufsekunde aufgrund der zugehörigen Winterzeit bestimmt. Schaltzeiten von Programmen sind hiervon nicht betroffen, so dass die Programme gemäß ggf. gültiger Sommerzeit geschaltet werden.

3.7.13 Umlaufkontrolle

Meldet die Umlaufkontrolle einen Fehler, so werden alle aktiven Teilknoten zunächst ausgeschaltet (Zustand dunkel). Nach einer festgelegten Wartezeit werden die Teilknoten anschließend über das Einschaltprogramm wieder neu gestartet. Die Verkehrsabhängigkeit kann jetzt erst wieder nach einem richtigen Neustart des SIGNOS-OS durch einen Bediener eingeschaltet werden. Für den maximalen Zählerstand der Umlaufkontrolle ist ein ausreichend hoher Wert zu wählen. Dadurch, dass im koordinierten Betrieb bei Programmwechseln im ungünstigsten für eine Zeitdauer der aktuellen Umlaufzeit minus eine Sekunde gewartet wird und der Zustand der überwachten Signalgruppe auch vor und nach dem Warten noch einige

Zeit bestehen kann, kann leicht ein Wert über 100 Sekunden ohne Signalbildwechsel an einem Signalgeber erreicht werden.

3.7.14 Unzulässigkeit der verkehrsabhängigen Steuerung

Die verkehrsabhängige Steuerung wird nicht mehr zugelassen, wenn:

- die Zwischenzeitenkontrolle des Schaltgerätes einen Fehler meldet,
- das verkehrsabhängige Steuerverfahren einen Abschaltwunsch mitteilt,
- die Umlaufkontrolle einen Fehler meldet oder
- eine Zeitüberschreitung (Timeout) des verkehrsabhängigen Steuerverfahrens auftritt.

Erst ein Neustart des SIGNOS-OS durch einen Bediener kann das Problem beheben. Es wird davon ausgegangen, dass mit Ausnahme des Abschaltwunsches des verkehrsabhängigen Steuerverfahrens ein geordneter Signalprogrammwechsel in ein Festzeitsignalprogramm über das Umschaltbild nicht mehr möglich ist und daher die entsprechenden Teilknoten unmittelbar auf Dunkel geschaltet werden müssen. Ein anderes Signalbild außer Dunkel ist denkbar, allerdings ist darauf zu achten, den Bitcode in der Versorgungsdatei zu hinterlegen.

3.8 Beschreibung der Schnittstellen

3.8.1 Allgemeines

Für die Steuerverfahren sind gemäß der SIGNOS-Architektur zwei Schnittstellen von Bedeutung, die Schnittstelle OTS-Control sowie die Schnittstelle OTS-Data. Die Dienste nutzen ebenfalls die Schnittstelle OTS-Data, werden aber vom SignosMaster nicht über OTS-Control sondern über OTS-Service angesprochen, das aber über dieselben Funktionen wie OTS-Control verfügt, jedoch reduziert um solche Funktionen, die für den Aufruf der Dienste nicht benötigt werden.

Die Schnittstelle OTS-Control ist eine Sammlung von Funktionen, die vom SignosMaster aufgerufen werden, um den auf der SIGNOS-Komponente implementierten Verfahren Anweisungen zu geben bzw. um direkt Reaktionen auf diese Anweisungen abfragen zu können. Die Inhalte der in OTS-Control vorhandenen Schnittstellenfunktionen sind somit von den Verfahren umzusetzen.

Die Schnittstelle OTS-Data ermöglicht Lese- und Schreibzugriffe auf den DataProvider, der zentralen Datenhaltung in SIGNOS, die relevante statische und variable Informationen zur Anlage und der aktuellen Steuerung bereithält. Hierüber

können die Verfahren jederzeit die für sie während eines Durchlaufs oder anderer Aktionen notwendigen Informationen abfragen bzw. darin ihre Ergebnisse und Mitteilungen an den SignosMaster oder die Dienste ablegen. Dementsprechend sind die Inhalte der Schnittstellenfunktionen in OTS-Data vom DataProvider auszufüllen.

Steuerverfahren und Dienste stellen auf der SIGNOS-Komponente jeweils eigene Prozesse dar, die über die genannten Schnittstellen Anweisungen und Informationen erhalten. Innerhalb eines solchen Prozesses sind wiederum eigene Threads möglich. Auf Seite der Steuerverfahren muss von den Herstellern sichergestellt werden, dass ihre ursprüngliche Schnittstelle zum Steuergerät weiterhin in der bisherigen Form bedient wird, sofern keine umfassenden Änderungen am eigentlichen Softwarekern der Steuerverfahren gewünscht sind. Es muss ein Schnittstellenadapter geschaffen werden, der Befehle und Funktionen der SIGNOS-Schnittstellen in für den eigentlichen Kern verständliche Aufrufe und Funktionen umwandelt, die innerhalb des Verfahrensprozesses aufgerufen werden. Die beiden SIGNOS-Schnittstellen sind hiervon nicht berührt. Sie sind jedoch so konzipiert, dass die Funktionalitäten der Verfahren erhalten bleiben und bedient werden können.

3.8.2 Schnittstelle OTS-Control

3.8.2.1 Allgemeines

Die OTS-Control-Schnittstelle dient dazu, den Steuerverfahren Anweisungen zu geben und Zustände der Verfahren abzufragen. Hierbei wird unterschieden zwischen solchen Befehlen, mit denen der SignosMaster die ordnungsgemäße Funktionsweise der Verfahren regelt, und solchen Befehlen, mit denen die Steuerung des Knotenpunktes durch die Verfahren vom SignosMaster beeinflusst wird. Für den nächsten Durchlauf relevante Anweisungen werden vor dem eigentlichen Beginn des Durchlaufs über die entsprechenden OTS-Control-Funktionsaufrufe erteilt, jedoch nur vor dem Durchlauf, ab dem die Anweisungen Gültigkeit haben. Ausnahme ist eine Funktion zur Abfrage, ob ein Verfahren ein zuvor angefordertes Umschaltbild erreicht hat. Diese Funktion wird nach einem Durchlauf aufgerufen. Selbiges gilt für einige weitere Funktionen, die es dem SignosMaster erlauben, bestimmte Zustände der Verfahren abzufragen.

Die einzelnen Funktionen der Schnittstelle, die für die zuvor beschriebenen Abläufe nötig sind, werden im Folgenden vorgestellt. Es wird zudem angegeben, welche

Schritte die Verfahren bei der Abarbeitung der Funktionen in welcher Reihenfolge zu erledigen haben. Jedoch wird jeweils nur eine allgemeine Beschreibung ohne Angabe der genauen Funktions- und Parameterbezeichnungen und der Datentypen gegeben. Zum aktuellen Zeitpunkt sind letztere Angaben im nicht öffentlichen Anhang 1 aufgelistet. Es ist vorgesehen, die Schnittstellen in Zusammenarbeit mit der OCA weiter zu entwickeln und sie im Anschluss zu gegebenem Zeitpunkt für eine Standardisierung vorzuschlagen und zu veröffentlichen.

3.8.2.2 Identifikation von Verfahren

In einigen wenigen Fällen greifen verschiedene Verfahren und Dienste auf solche Funktionen des DataProviders zu, für die eine Unterscheidung der jeweils aufrufenden Verfahren und Dienste wichtig ist. Daher muss der DataProvider bei manchen Aufrufen seiner Schnittstellenfunktionen wissen, welches Verfahren (bzw. welcher Dienst) der Urheber ist. Hierzu wird jedem Verfahren (und Dienst) direkt nach dem erstmaligen Start des jeweiligen Prozesses eine eindeutige Prozess-ID übergeben, wofür eine Schnittstellenfunktion zur Verfügung steht. Diese Prozess-ID kann im folgenden Betriebsablauf bei Funktionsaufrufen, für die eine Unterscheidung nach aufrufendem Prozess relevant ist, vom Verfahren als Aufrufparameter verwendet werden.

3.8.2.3 Verfahrensinitialisierung

Nachdem der Prozess eines Verfahrens gestartet und ihm eine ID übergeben wurde, wird das Verfahren als nächstes über eine entsprechende Funktion veranlasst, sich intern selbst zu initialisieren, Speicher anzufordern, die aktuelle Versorgungsdatei einzulesen, u. ä. Hierzu wird mit der Funktion ein Verweis auf die in den Speicher kopierte, binäre Verfahrensversorgung übergeben. Während der Abarbeitung dieser Funktion können die Verfahren beim DataProvider zudem Grundversorgungsdaten für eine nachfolgende Kontrolle der verfahrenseigenen Versorgung abrufen.

Eine Neuinitialisierung kann auch im laufenden Betrieb erfolgen, wenn das Verfahren einen schweren internen Fehler gemeldet hat, der ein Weiterarbeiten unmöglich macht, jedoch bei einem Verfahrensdurchlauf keinen Timeout verursacht. Das Verfahren wird somit in einen Zustand gebracht, in dem es wieder ordnungsgemäß arbeiten kann, wobei auch die aktuelle Versorgung neu eingelesen wird und das aktuelle Programm neu gestartet werden muss. Ist ein aufgetretener Fehler so

gravierend, dass er einen Timeout verursacht, so muss der entsprechende Prozess beendet und neu gestartet werden.

3.8.2.4 Einlesen der Verfahrensversorgung

Die Versorgung der Verfahren ist in der Gesamtversorgung des Gerätes nach OCIT-VD-DM als Binärblock enthalten. Bevor das Verfahren diesen Binärblock einliest, muss er vom SignosMaster gemäß Base64 entpackt und in einen Speicherbereich kopiert werden. Das Verfahren bekommt dann einen Zeiger auf diesen Bereich übergeben und ist für den weiteren Einlesevorgang der Datei selbst verantwortlich. Nach der so erfolgten Übergabe der Datei darf diese vom SignosMaster nicht mehr aus dem Speicher gelöscht werden, bis sie erfolgreich aktiviert worden ist. Schlägt der Einlesevorgang fehl, darf sie gelöscht werden.

Das Einlesen der aktuell vorliegenden Versorgungsdatei während einer (Neu-)Initialisierung des Verfahrens geschieht während der Durchführung der Neuinitialisierung (s. o.). Soll eine neu eingetroffene Versorgung parallel zum laufenden Betrieb eingelesen werden, so wird eine spezielle Einlesefunktion verwendet. Diese Funktion wird vom SignosMaster aus einem parallelen Thread heraus aufgerufen. Das Einlesen kann somit parallel zu weiteren Verfahrensdurchläufen ablaufen.

Eine Übergabe der binären Versorgung an das Verfahren erfolgt nur, wenn der SignosMaster die zugehörige XML-Versorgungsdatei, die die binäre Versorgung beinhaltet, bereits selbst auf Konsistenz mit der Grundversorgung der LSA überprüft hat. Dies kann in einer späteren Version über die Verwendung von Checksummen geschehen. Die hierfür notwendigen Spezifikationen der OTEC sind jedoch noch nicht abgeschlossen, so dass in SIGNOS zunächst nur eine Buildnummer der XML-Datei zur Versionskontrolle verwendet wird.

Wurde die Datei vom Verfahren erfolgreich eingelesen und akzeptiert, so muss hierüber eine Meldung abgegeben werden. Dies geschieht auch im Falle eines Fehlers. Zudem kann eine erfolgreich eingelesene Verfahrensversorgung zur Rückversorgung, also zur Dokumentation des aktuellen Versorgungsstands des Verfahrens, von diesem über eine entsprechende Funktion als Kopie im DataProvider abgelegt werden.

Trat ein Fehler auf, so muss weiterhin die alte Versorgung verwendet werden, sofern es sich um einen parallelen Einlesevorgang handelt. Auch bei erfolgreichem Einlesen darf das Verfahren die neue Versorgung nicht eigenständig starten, sondern muss diese zunächst in einer parallelen Datenhaltung belassen.

Sofern im Verfahren bekannten Kopfdaten der Programme aus der binären Versorgung bekannt sind, muss es diese im DataProvider ablegen. Der SignosMaster benötigt die Kopfdaten aller Programme zur Koordinierung der Verfahren und zur Synchronisierung der Anlage.

Die neue Versorgung darf von den Verfahren erst dann verwendet werden, wenn sie vom SignosMaster über eine entsprechende Funktion aktiviert wird. Danach soll die neue Versorgung so bald wie möglich anstelle der alten verwendet werden. Die Rückmeldung, dass die Versorgung aktiviert wurde, erfolgt über eine entsprechende Meldung.

Die Versorgung des Festzeitmoduls ist nicht binär, sondern als XML-String in der Grundversorgungsdatei abgelegt. Der Einlesevorgang ist daher separat im SignosOS geregelt.

3.8.2.5 Start eines Durchlaufs

Ein Verfahrensdurchlauf, der sämtliche verfahrensseitigen Rechenschritte zur Steuerung der Anlage für den aktuellen Zeitschritt beinhaltet, wird über eine entsprechende Funktion der OTS-Control-Schnittstelle durch den SignosMaster gestartet, nachdem zuvor alle für diesen Durchlauf relevanten Befehle erteilt worden sind. Unter Berücksichtigung der benötigten verfahrensseitigen Zeitdauer für einen Durchlauf kann ein Verfahren ein- oder mehrmals pro Sekunde aufgerufen werden. Die Anzahl der gewünschten und auch möglichen Durchläufe pro Sekunde ist für jedes Verfahren in der Versorgung des SignosMasters, die über SIGNOS-XML-Tags in der XML-Versorgung enthalten ist, fix festgelegt.

Der SignosMaster startet die Durchläufe für jedes Verfahren aus einem eigenen Thread heraus, welcher auf die Rückkehr der Funktion nach Beendigung aller Berechnungen im Durchlauf wartet. Es wird keine spezielle Funktion benötigt, um das Ende eines Durchlaufs abzufragen. Jedoch ist für jedes Verfahren in der Versorgung des SignosMaster festzulegen, nach welcher Zeitspanne dieser von einem Timeout ausgeht und dem Verfahren die Steuerung entzieht. In einem solchen

Fall können beispielsweise alle Signalgeber auf Gelbblinken gesetzt werden, wonach die Anlage über ein versorgtes Einschaltprogramm in ein Festzeitprogramm geschaltet werden kann. Fehler, die verfahrensseitig auftreten können, jedoch keinen Timeout verursachen, führen zu einer Fehlermeldung, die das Verfahren im DataProvider ablegen kann.

Der erste Durchlauf eines Verfahrens erfolgt erst, nachdem das Einschaltprogramm durch das Festzeitmodul abgearbeitet worden ist. Auch der entsprechende Modus, in dem das Verfahren arbeiten soll, wird vor dem ersten Aufruf gesetzt.

3.8.2.6 Beendigung des Verfahrens

Vor dem Ausschalten des Gerätes wird vom SignosMaster eine Funktion aufgerufen, die vom Verfahren optional genutzt werden kann, um seine interne Datenhaltung zu löschen und Speicher freizugeben. Wird eine solche Funktion vom Verfahren nicht benötigt, so muss sie verfahrensintern keine weiteren Aktionen auslösen.

3.8.2.7 Moduswechsel

Verfahren können aktiv, d.h. steuernd aufgerufen werden, oder passiv, wobei sie dann nur noch Detektordaten abrufen und auswerten, jedoch nicht mehr die Signalgeber steuern. Ein Verfahren im passiven Modus darf somit keine Steuerbefehle im DataProvider ablegen. Der Wechsel des Modus wird vom SignosMaster beim Verfahren über eine entsprechende OTS-Control-Funktion befohlen und muss vom Verfahren im direkt darauf folgenden Verfahrensdurchlauf umgesetzt werden.

Ein Moduswechsel darf nur im Zusammenhang von Programmwechseln zwischen verschiedenen Verfahren, also zwischen dem VA-Verfahren und dem Festzeitmodul erfolgen, wenn das Umschaltbild ansteht.

3.8.2.8 Anforderung des Umschaltbildes

Soll ein Signalprogrammwechsel zwischen verschiedenen Verfahren, also zwischen VA-Verfahren und Festzeitmodul bzw. umgekehrt erfolgen, so ist zunächst die Ansteuerung eines Umschaltbildes erforderlich. Der Übergang in ein Umschaltbild wird dem Verfahren über eine OTS-Control-Funktion befohlen. Hierdurch wird das Verfahren veranlasst, im folgenden Durchlauf das gewünschte Umschaltbild beim

DataProvider abzufragen und es in den weiteren Durchläufen so schnell wie möglich anzusteuern.

Ist der Befehl erteilt, fragt der SignosMaster nach jedem Durchlauf ab, ob das Verfahren das Umschaltbild unter Einhaltung aller Mindestfreigabe- und -sperrzeiten erreicht hat. Diese Abfrage ist notwendig, da neben einem mit dem Umschaltbild übereinstimmenden Signalisierungszustand ggf. weitere, verfahrensinterne Bedingungen erfüllt sein müssen, die der SignosMaster von außerhalb nicht überprüfen kann.

Ist das Umschaltbild erreicht, wird das Verfahren in den passiven Modus versetzt. Die aktive Steuerung wird dann einem anderen Verfahren übergeben.

3.8.2.9 Programmstart bei einem Programmwechsel zwischen Verfahren

Soll ein Verfahren bei einem Programmwechsel zwischen verschiedenen Verfahren das neue Programm starten, so wird ihm die neue Programmnummer zum Zeitpunkt des gewünschten Programmstarts über eine entsprechende Funktion übergeben. Da sich das Verfahren bei einem Programmwechsel zwischen Verfahren zuvor im passiven Modus befunden hat, ist zusammen mit dem Programmstartbefehl auch der Befehl zum Wechsel in den aktiven Modus zu erteilen. Ist aufgrund einer Synchronisation mit Nachbaranlagen eine Wartezeit zu überbrücken, so werden beide Befehle entsprechend lang vom SignosMaster verzögert. Das Verfahren bleibt bis dahin in jedem folgenden Durchlauf im passiven Modus.

Das Verfahren teilt über den Rückgabewert der Funktion mit, ob es das gewünschte Programm im folgenden Durchlauf starten kann. Ist dies nicht möglich, z.B. weil das Programm im Verfahren nicht versorgt ist oder das aktuelle Signalbild nicht mit dem Umschaltbild des gewünschten Programms übereinstimmt, so wird dies ebenfalls zurückgemeldet und zusätzlich eine detaillierte Fehlermeldung abgesetzt.

Zusätzlich zur Übergabe der neuen Programmnummer beim Startbefehl kann die aktuelle Programmnummer jederzeit, auch von passiven Verfahren, über die Schnittstelle OTS-Data abgefragt werden. Der SignosMaster hat außerdem die Möglichkeit, über eine weitere OTS-Control-Schnittstellenfunktion direkt beim Verfahren abzufragen, welches Programm es aktuell steuert.

3.8.2.10 Verfahreninterne Programmwechsel

Verfahreninterne Programmwechsel von einem VA-Programm zum nächsten (bzw. zwischen verschiedenen Festzeitprogrammen) müssen in SIGNOS vom Steuerverfahren nach Erhalt des Programmwechselbefehls eigenständig umgesetzt werden. Der SignosMaster übergibt lediglich die neue gewünschte Programmnummer und der DataProvider, sobald das Verfahren den Programmwechsel erlaubt, bei entsprechender Abfrage die angepasste aktuelle Umlaufsekunde.

Ein verfahreninterner Programmwechselwunsch wird dem Verfahren über eine weitere OTS-Control Funktion mitgeteilt. Das Verfahren meldet die Bereitschaft für einen solchen Programmwechsel zurück. Der DataProvider übergibt dann bereits für den folgenden Durchlauf die angepasste Umlaufsekunde für das neue Programm gemäß der neuen Referenzzeit. Diese Umlaufsekunde muss nicht zwingend mit dem Umschaltzeitpunkt des neuen Programms übereinstimmen, was zum Beispiel im synchronisierten Betrieb der Anlage der Fall sein kann.

Ist das Verfahren noch nicht bereit für den verfahreninternen Programmwechsel, so meldet es dies ebenfalls zurück. Der Befehl zum verfahreninternen Programmwechsel wird dann vom SignosMaster vor allen folgenden Durchläufen so lange wiederholt, bis das Verfahren seine diesbezügliche Bereitschaft meldet.

Wird dem Verfahren eine Programmnummer übergeben, für die es keine Versorgung hat, so meldet es dies zurück und setzt zusätzlich eine Fehlermeldung ab. Der Programmwechselbefehl wird dann vom SignosMaster in den folgenden Durchläufen nicht wiederholt.

3.8.2.11 Steuerung von Teilknoten

Soll ein Verfahren nicht alle, sondern nur einige der am Knotenpunkt vorhandenen Teilknoten steuern, so wird ihm eine Änderung seiner Verantwortlichkeit für Teilknoten über eine entsprechende Funktion mitgeteilt. Die Parameter der Funktion geben die Zuständigkeit des Verfahrens für jeden der vier nach OCIT-I möglichen Teilknoten an. Für einen Teilknoten, den ein Verfahren nicht steuert, dürfen vom Verfahren keine Schaltbefehle in den DataProvider geschrieben werden.

Eine Entziehung der Zuständigkeit für einen Teilknoten darf dem Verfahren vom SignosMaster nur dann mitgeteilt werden, wenn zuvor die Ansteuerung des Umschaltbildes angeordnet wurde und dieses erreicht ist. In diesem Fall kann dem

Verfahren der auszuschaltende Teilknoten entzogen und nur noch die Steuerung der restlichen Teilknoten überlassen werden. Für den auszuschaltenden Teilknoten wird dann parallel das Ausschaltprogramm durch das Teilknotenmodul abgearbeitet.

Die Übergabe der Zuständigkeit für einen Teilknoten darf ebenfalls nur erfolgen, wenn zuvor das Umschaltbild befohlen und erreicht worden ist. Auch hierbei wurde das Einschaltprogramm für den Teilknoten vorher parallel vom Teilknotenmodul ausgeführt.

Das Verfahren teilt über den Rückgabewert der Funktion mit, dass es die übergebene Änderung seiner Teilknoten Zuständigkeit umsetzt. Ist dies nicht möglich, z.B. weil sich das aktuelle Signalbild am Teilknoten nicht in einem Zustand befindet, in dem dieser übernommen werden kann, so wird dies zurückgemeldet und zusätzlich eine detaillierte Fehlermeldung abgesetzt.

Während der parallelen Abarbeitung von Ein- und Ausschaltprogrammen steuern sowohl das VA-Verfahren als auch das Teilknotenmodul einzelne Teilknoten der Anlage. Es ist Aufgabe des SignosMasters, dafür Sorge zu tragen, dass sich in diesem Fall die Verantwortlichkeit für einzelne Teilknoten nicht überschneidet. Die Koordination der Teilknoten Zuständigkeiten übernimmt folglich allein der SignosMaster.

Zu Kontrollzwecken kann der SignosMaster beim Verfahren jederzeit abfragen, welche Teilknoten es aktuell steuert, und somit, ob der zuvor erteilte Befehl richtig umgesetzt worden ist.

3.8.2.12 Abfrage neuer Bestellungen von OCIT-Prozessdaten

Bei den Verfahren kann die sekundliche Übermittlung ausgewählter OCIT-Prozessdaten angefordert werden. Da sich die Liste der bestellten Prozessdaten nicht in jedem Durchlauf ändert, muss das Verfahren die aktuellen Bestellungen nicht jede Sekunde neu abfragen. Während der Initialisierung des Verfahrens muss die verfahrensseitige Abfrage der Bestellungen einmalig erfolgen, ansonsten nur noch nach Aufruf einer entsprechenden OTS-Control-Funktion durch den SignosMaster. In diesem Fall hat das Verfahren die neue Bestellung beim DataProvider abzurufen.

3.8.2.13 OCIT-Befehle zur Verkehrsabhängigkeit

Von der Zentrale eintreffende Befehle bezüglich der VA-Steuerung der Anlage werden direkt an die Verfahren weitergeben. Es gibt zwei OTS-Control-Funktionen

Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau, Leibniz Universität Hannover

zur Weitergabe des Ein-/Ausschaltbefehls der VA für den IV und für den ÖV. Von der Zentrale eintreffende Befehle bezüglich der VA werden vom SignosMaster lediglich an die Verfahren weitergereicht. Ob und wie die Verfahren auf einen solchen Befehl reagieren, liegt in ihrem eigenen Verantwortungsbereich. Eine entsprechende Quittierung erfolgt über eine Meldung.

Zudem kann der SignosMaster direkt beim Verfahren abfragen, ob die Verkehrsabhängigkeit für den IV und ÖV verfahrensintern ein- oder ausgeschaltet ist.

3.8.3 Schnittstelle OTS-Data

3.8.3.1 Allgemeines

Die Übermittlung von Daten zu und von bzw. zwischen den Verfahren und Diensten erfolgt hauptsächlich über den DataProvider. Der Lese- und Schreibzugriff erfolgt über die Schnittstelle OTS-Data, die vom DataProvider bereitgestellt wird. Diese Funktionen können von den Verfahren oder Diensten jederzeit nach Bedarf aufgerufen werden (Pull-Variante). Um eine Inkonsistenz von Daten zu vermeiden, kann auf ein bestimmtes Datum im DataProvider nur zugegriffen werden, wenn dieses nicht gerade parallel geschrieben wird. Ist dies der Fall so werden Lesezugriffe auf dieses Datum erst zugelassen, wenn der Schreibvorgang beendet ist. Paralleles Lesen, auch desselben Datums, ist dagegen genauso erlaubt wie paralleles Schreiben verschiedener Daten.

3.8.3.2 Abfrage von Grundversorgungsdaten

Nach einem Geräte- bzw. Verfahrensneustart und ggf. auch während der Durchläufe müssen die Dienste und Verfahren diverse Informationen zur Grundversorgung des Gerätes abfragen können. Zum einen werden diese Informationen für verfahrensinterne Konformitätstests zur Überprüfung neuer Verfahrensversorgungen und zum anderen für Steuerungszwecke benötigt. Die Gerätegrundversorgung erfolgt in SIGNOS anhand der mit OCIT-I VD-DM konformen XML-Datei. Der Inhalt der Datei wird im DataProvider abgelegt und kann von dort durch die Verfahren und Dienste über die nachfolgend beschriebenen Funktionen abgefragt werden. Zur Identifizierung einzelner Objekte desselben Typs in der Grundversorgung wird die so genannte OCIT-Outstation-Nummer verwendet.

Identifizierung der Anlage

Verfahren und Dienste können die genaue Kennung des Steuergerätes abfragen. Die zurückgegebene Struktur enthält die OCIT-O-Kennung mit Zentralennummer, Feldgerätenummer und Nummer des relativen Knotens (in SIGNOS zunächst nur einer), sowie die OCIT-I-Kennung mit Systemnummer, Subsystemnummer und Unitnummer.

Belegte Ausgangskanäle

Nach OCIT gibt es insgesamt 255 Ausgänge, wobei es sich dabei sowohl um Signalgruppen als auch um digitale Ausgänge handelt. Es kann ein Array mit 255 Einträgen abgefragt werden, in dem für alle Kanalnummern angegeben wird, ob es sich um einen digitalen Ausgang, ein Signalgruppe oder einen nicht verwendeten Kanal handelt. Über eine weitere Funktion kann jeder Ausgang auch noch einmal einzeln abgefragt werden.

Belegte Eingänge

Genau wie die belegten Ausgangskanäle können auch die belegten Eingangskanäle abgefragt werden. Das über einen Verweis zurückgegebene Array mit 255 Einträgen enthält für jeden Kanal die Angabe, ob es sich um einen digitalen Eingang, einen Sensor oder einen nicht verwendeten Kanal handelt. Auch hier kann jeder Eingang zudem einzeln abgefragt werden. Hierbei wird für jeden Detektor eine Struktur zurückgegeben, die beinhaltet, ob der Detektor ein ÖV-Meldepunkt ist und ob er Flanken, Verkehrsstärken, Belegungsgrade, Geschwindigkeiten, Fahrzeugarten und Fahrzeuglängen liefert. Diese Angaben entsprechen den Angaben in der Grundversorgung nach OCIT-I VD-DM, wenngleich die in der ersten SIGNOS-Version verwendeten Detektoren keine Verkehrsstärken, Geschwindigkeiten oder Fahrzeugarten und -längen liefern.

Vorhandene Meldepunkte

Zur Abfrage der an der Anlage vorhandenen Meldepunkte, wobei hier nur solche Meldepunkte angegeben werden, die Funktelegramme liefern, dient eine Funktion die ebenfalls eine Struktur zurückliefert. Sie enthält die Anzahl der im Gerät bekannten Meldepunkte und einen Zeiger auf ein weiteres Array mit einer entsprechenden Anzahl an Elementen, das für jeden vorhandenen Meldepunkt mit Anmeldung über ÖV-Telegrammen die Meldepunktnummer enthält.

Dem Modul zur Filterung der ÖV-Telegramme muss bekannt sein, welche empfangenen Telegramme in den DataProvider geschrieben werden sollen und welche nicht. Die zulässigen Linien-Routen-Paare kann es unter Angabe der entsprechenden Meldepunktnummer abfragen. Die zurückgegebene Struktur enthält zum einen die Anzahl der angegebenen Paare sowie den Verweis auf ein Array, das die entsprechenden Linien-Routen-Paare enthält. Diese wiederum enthalten einen Eintrag für Route und Linie. Ist einer der beiden Einträge mit dem Wert 0 belegt, so werden Telegramme aller Linien bzw. Routen akzeptiert. Werden sämtliche Telegramme eines Meldpunktes akzeptierte, so wird bereits bei der ersten Abfrage eine Anzahl von null eingetragenen Linien-Routen-Paaren zurückgeliefert.

Angaben zu den Signalgruppen

Nachdem die Kanalnummern der einzelnen, vorhandenen Signalgruppen bekannt sind, können die Verfahren einige statische Informationen zu jeder Signalgruppe abfragen. Bei Aufruf der entsprechenden Funktion unter Angabe der interessierenden Signalgruppe wird eine Struktur zurückgeliefert mit Angaben zur Teilknotenzugehörigkeit (Teilknoten 1 bis 4), zur Mindestfreigabe- und -gesperrzeit, zum Signalbild für die Standardfreigabe und -sperrung als Bitcode (das Verfahren kann lediglich die Befehle zur Freigabe und zur Sperrung geben, ohne jedoch verschiedene Zustände auswählen zu können, kann aber über diese Angabe normale Signalgeber von Blinklichtern unterscheiden) und zur Gesamtdauer der jeweiligen Übergänge zur Freigabe und Sperrung.

Abfrage der Zwischenzeitenmatrizen

Über eine entsprechende OTS-Data-Funktion kann vom Verfahren die für ein bestimmtes Programm gültige Zwischenzeitmatrix abgefragt werden. Ist für das gewünschte Programm keine spezielle Zwischenzeitmatrix vorhanden, so wird die Standardzwischenzeitmatrix geliefert. Die Matrix wird als Struktur zurückgegeben. Darin enthalten ist die Anzahl der Einträge in der Matrix und ein Verweis auf ein Array entsprechender Länge, das die einzelnen Einträge der Matrix, ebenfalls in Form einer Struktur enthält. Darin beinhaltet sind die Nummer der räumenden Signalgruppe, der einfahrenden Signalgruppe sowie die Dauer der Zwischenzeit. Einzelne Einträge der Zwischenzeitmatrix können auch separat abgerufen werden, wozu eine weitere Funktion bereitgestellt wird.

Abfrage der Versatzzeitmatrizen

Die Abfrage der verschiedenen Versatzzeitmatrizen erfolgt in analoger Weise. Jedoch muss dabei noch der Typ der gewünschten Versatzzeitmatrix (Beginn-Beginn, Ende-Ende, Beginn-Ende) angegeben werden. Die Matrix wird auch hier als Struktur zurückgeben, die zusätzlich zu den einzelnen Einträgen der Matrix zur Bestätigung auch noch einmal den gelieferten Matrixtyp enthält. Für jeden Eintrag der Matrix wird über die Basissignalgruppe, die abhängigen Signalgruppe und die Dauer der Versatzzeit hinaus auch noch der jeweils relevante Vergleichsoperator (kleiner-gleich, gleich, größer-gleich) angegeben. Auch hier können die einzelnen Einträge zusätzlich separat abgerufen werden.

3.8.3.3 Verfahrensname und -version

Während der Abarbeitung der OTS-Control-Funktion zur Zuweisung einer Prozess-ID sollen die Verfahren und Dienste unter Angabe dieser ID ihren Namen und ihre Versionsnummer im Dataprovider ablegen. Hierzu steht eine entsprechende OTS-Data-Funktion zur Verfügung.

3.8.3.4 Programmkopfdaten aus den Verfahren

In SIGNOS werden zwei unterschiedliche Konzepte unterstützt, was die Kopfdaten von Programmen angeht. Einerseits können die Programme eines VA-Verfahrens unabhängig von im Festzeitmodul versorgten Festzeitprogrammen sein, d. h., die VA-Programme haben ihre eigenen Kopfdaten. In diesem Fall sind diese Kopfdaten dem SignosMaster nicht bekannt und müssen nach erfolgreichem Einlesen einer neuen, binären VA-Versorgung von den VA-Verfahren an den DataProvider mitgeteilt werden, von wo aus sie vom SignosMaster abgefragt werden können. Dieser verwendet diese Informationen dann zur ordnungsgemäßen Steuerung und Koordinierung der Verfahren und zur Synchronisierung der Anlage.

Andererseits können VA-Programme jeweils an ein bestimmtes Festzeitprogramm gekoppelt sein. Im Falle eines Ausfalls des VA-Verfahrens dient das jeweilige Festzeitprogramm dann ggf. als Rückfallebene. In einem solchen Fall sind dem VA-Verfahren seine Kopfdaten nicht selbst bekannt, so dass es diese beim DataProvider gemäß der Angaben zu den entsprechenden Festzeitprogrammen abfragen können muss.

In beiden geschilderten Fällen müssen die Verfahren für jedes ihrer Programme, das in ihrer Versorgung enthalten ist, nach dem Einlesen der Versorgung unter Angabe ihrer Prozess-ID eine entsprechende OTS-Data-Funktion aufrufen und dabei eine Struktur übergeben. Diese beinhaltet Einträge zur Programmnummer, der Umlaufzeit sowie zum Einschalt-, Ausschalt-, Umschalt- und Synchronisationszeitpunkt. Werte, für die im Verfahren keine Angaben vorliegen, werden entsprechend gekennzeichnet.

Angaben zur Prozess-ID und zur Programmnummer müssen in jedem Fall gemacht werden, damit dem SignosMaster bekannt ist, welche Programme im Verfahren tatsächlich versorgt sind. Sofern das jeweilige Verfahren auf dem Konzept unabhängiger VA- und Festzeitprogramme aufbaut, müssen darüber hinaus noch mindestens die Angaben zur Umlaufzeit sowie zum Umschaltzeitpunkt gemacht werden. In diesem Fall dürfen die für VA-Verfahren verwendeten Programmnummern zudem nicht gleichzeitig als Programmnummern für in der XML-Grundversorgungsdatei definierte Festzeitprogramme verwendet werden. Wird für ein Programm keine Umlaufzeit und/oder kein Umschaltzeitpunkt angegeben, so kann es nicht verwendet werden. Werden beide Werte korrekt übergeben, so kann das Programm trotzdem nicht verwendet werden, wenn die übergebene Programmnummer mit der Nummer eines bereits versorgten Festzeitprogramms übereinstimmt.

Wird das alternative Konzept mit zugehörigen Festzeitprogrammen als Rückfallebene verwendet, so darf das Verfahren zusätzlich zur Prozess-ID und den Programmnummern keine weiteren Angaben zu den Kopfdaten machen. In diesem Fall müssen die übergebenen Programmnummern zwingend mit der Programmnummer eines Festzeitprogramms aus der XML-Versorgung übereinstimmen, da das jeweilige Programm ansonsten nicht verwendet werden kann. Zudem müssen dem VA-Verfahren bei diesem Konzept die Kopfdaten der jeweils zugeordneten Festzeitprogramme mitgeteilt werden. Hierzu kann das Verfahren eine OTS-Data-Schnittstellenfunktion aufrufen, die eine Struktur von oben vorgestelltem Typ mit sämtlichen vorhandenen Angaben zu den gewünschten Kopfdaten für das abgefragte Programm zurückliefert.

3.8.3.5 Schreiben einer Rückversorgung

Ein Verfahren soll die Möglichkeit haben, seine eigene binäre Versorgung für eine mögliche Rückversorgung an die Zentrale zu Dokumentationszwecken als Kopie im DataProvider ablegen zu können. Dies geschieht bei Bedarf nach dem erfolgreichen Einlesen einer neuen Versorgung. Hierzu ruft das Verfahren unter Angabe seiner Prozess-ID eine OTS-Data-Funktion auf, über die es einen Zeiger auf einen ausreichend Speicherbereich übergibt, in den es zuvor seine binäre Versorgung kopiert hat.

3.8.3.6 Zeitangaben

Umlaufsekunde

Die aktuelle Umlaufsekunde, die vom SignosMaster gemäß Rückrechenverfahren vorgegeben wird, kann von den Verfahren in der Einheit Zehntelsekunden abgefragt werden. Die Zählung der Umlaufsekunde beginnt gemäß OCIT-O und OCIT-I bei null.

Notwendige Zeitkorrekturen bei einer Systemzeitkorrektur werden in SIGNOS erst bei regulären oder ggf. eigens durchgeführten Programmwechseln durchgeführt, so dass während einer Programmabarbeitung keine Sprünge der Umlaufsekunde auftreten.

Zeitzähler

Für diverse Aufgaben benötigen die Verfahren interne Zeitzähler. Da hierbei von den Verfahren ganz unterschiedliche Anforderungen gestellt werden, ist die Verwaltung der Zeitzähler interne Aufgabe der Verfahren. Jedoch benötigen sie hierzu eine Zeitbasis zur Inkrementbildung für das Hochzählen ihrer Zeitzähler. Hierfür kann jederzeit eine entsprechende Funktion aufgerufen werden. Sie liefert die vergangenen Millisekunden seit dem Start des Zählers zurück. Mögliche Korrekturen der Systemzeit im laufenden Betrieb haben keine Auswirkung auf die Kontinuität des Zählers. Über einen Vergleich des aktuellen Millisekunden-Zählerstandes mit dem Stand bei der letzten Abfrage können sich die Verfahren die Inkremente für ihre Zeitzähler individuell gemäß ihren eigenen Anforderungen bilden.

Datum und Uhrzeit

Das aktuelle Datum wird bei entsprechender Abfrage über eine zurückgegebene Struktur mitgeteilt. Diese enthält zusätzlich zum Datum auch eine Angabe des Wochentags.

Die aktuelle Uhrzeit unter Angabe von Stunde, Minute und Sekunde wird über eine weitere Funktion geliefert.

3.8.3.7 Steuerungsinformationen

Umschaltbild

Wurde einem Verfahren über die OTS-Control-Schnittstelle der Befehl zur Ansteuerung eines Umschaltbildes erteilt, so muss es das gewünschte Umschaltbild beim DataProvider erfragen. Hierzu wird eine Funktion aufgerufen, deren Rückgabewert ein Verweis auf ein Array mit 255 Einträgen ist. Somit können die gewünschten Zustände für maximal 255 Signalgruppen übermittelt werden, was der nach OCIT-I definierten, maximalen Anzahl von Ausgängen inklusive Signalgruppen entspricht. Für jede vorhandene Signalgruppe wird darin mitgeteilt, ob sie im Umschaltbild im Zustand „gesperrt“ oder im Zustand „frei“ sein soll.

Laufendes Programm

Das aktuell laufende Programm kann von allen Verfahren und Diensten zu Informationszwecken jederzeit abgefragt werden. Sind während der Wartezeit vor dem synchronisierten Start eines Programms alle Verfahren im passiven Modus, so wird keine gültige Programmnummer geliefert.

3.8.3.8 Eingangsdaten für die Steuerung

Detektorwerte

Im Folgenden wird die Abfrage von Detektordaten beschrieben, die aus solchen Detektoren stammen, die direkt an das Schaltgerät angeschlossen sind und deren Rohwerte vom SIGNOS-Dienst zur Messwertaufbereitung weiterverarbeitet werden. Die Auswertung von anderen Detektortypen und -arten, insbesondere auch der Videodetektion, welche in späteren Versionen direkt an die SIGNOS-Komponente angeschlossen und von eigenen Diensten ausgewertet werden sollen, wird hier nicht berücksichtigt. Die folgenden Abfragefunktionen decken somit nur solche Detektoren ab, deren Daten auf der Auswertung reiner Flanken basieren.

Detektorrohdaten (Flanken)

Den Verfahren soll es neben der Nutzung von verarbeiteten Detektordaten gleichfalls möglich sein, Rohdaten zu nutzen, sprich, die einzelnen Flanken eines Detektors abzufragen. Da diese Rohdaten ggf. von mehreren Verfahren/Diensten gleichzeitig genutzt werden, ist es nicht sinnvoll, einen allgemeinen Flankenzähler für jeden Detektor anzubieten, da ein solcher Zähler von den Verfahren zu ganz unterschiedlichen Zeiten zurücksetzbar sein muss. Somit müssen die Verfahren bei den Detektorflanken ihre eigenen Zähler selbständig verwalten, inkrementieren und bei Bedarf zurücksetzen. Dafür müssen ihnen die Flanken in einer Form zur Verfügung gestellt werden, die ihnen den Abruf unabhängig von den Abfragen anderer Verfahren und Dienste ermöglicht. Um dies zu gewährleisten werden drei Funktionen zur Verfügung gestellt. Mit der ersten Funktion können alle steigenden und mit der zweiten Funktion alle fallenden Flanken eines Detektors abgefragt werden, die nach einem als Aufrufparameter übergebenen Zeitpunkt stattgefunden haben. Die dritte Funktion liefert die aktuelle Summe aller steigenden *und* fallenden Flanken nach dem Zeitpunkt. Der übergebene Zeitpunkt entspricht einer Zeitangabe gemäß dem von Systemzeitkorrekturen unabhängigen Millisekundenzähler, womit sichergestellt wird, dass bei Zeitkorrekturen während Programmwechseln keine Flanken verloren gehen.

Alle drei Funktionen liefern als Rückgabewert eine Struktur mit Angaben zu den gewünschten Flanken. Mitgeteilt werden die Anzahl der Flanken des jeweiligen Typs (steigend, fallend, alle), die nach dem beim Aufruf übergebenen Zeitpunkt aufgetreten sind. Entsprechend dieser Anzahl enthalten die ersten Elemente eines Arrays, auf das ein ebenfalls in der Struktur übergebener Zeiger verweist, die jeweiligen Zeitpunkte des Auftretens der einzelnen Flanken, angegeben als entsprechender Wert des Millisekundenzählers, wobei die jüngsten Flanken in den Elementen mit den niedrigen Indizes abgelegt sind. Somit wird dem Verfahren durch Aufruf einer dieser drei Funktionen bekannt gemacht, wie viele Flanken seit einem gewissen Zeitpunkt aufgetreten sind und wann dies jeweils geschehen ist.

Eine Flanke, die exakt zu dem beim Funktionsaufruf angegebenen Zeitpunkt aufgetreten ist, wird nicht in der zurückgegebenen Struktur aufgeführt. Somit ist es möglich, für die Abfrage aller neuen Flanken seit einem vergangenen Funktionsaufruf

den Zeitpunkt der letzten, bereits im Verfahren berücksichtigten Flanke als Parameter anzugeben.

Es werden nur die Flanken gespeichert, die in einer bestimmten, über ein SIGNOS-XML-Tag in der XML-Datei parametrisierbare Zeitdauer angefallen sind. Alle Flanken, die länger als diese Zeitdauer zurückliegen, werden aus der Liste der Flanken entfernt.

Zeitlücken

Die zu jedem Zeitpunkt aktuell vorliegende Zeitlücke eines Detektors kann über zwei Funktionen abgefragt werden, wobei die erste Funktion die Brutto- und die zweite die Nettozeitlücke liefert.

Belegung

Zur Abfrage der aktuellen Belegungsdauer eines Detektors dient eine weitere Funktion. Zudem kann der geglättete Belegungsgrad eines Detektors abgefragt werden, der aus dem tatsächlichen Belegungsgrad des letzten vollständigen Erhebungsintervalls sowie dem geglätteten Belegungsgrad des vorangegangenen Erhebungsintervalls berechnet wird. Die jeweiligen Glättungsparameter sowie das zugehörige Erhebungsintervall müssen in der XML-Versorgung als SIGNOS-XML-Tags festgelegt werden.

Der aktuelle, nicht geglättete Belegungsgrad des letzten vollständigen Erhebungsintervalls kann ebenfalls abgefragt werden, genauso wie der aktuelle Belegungszustand eines Detektors.

Detektorstörungen

Wird eine der genannten Funktionen zur Abfrage von Detektormesswerten für einen hardwareseitig gestörten Detektor aufgerufen oder ist ein angefragter Wert grundsätzlich nicht lieferbar, so wird anstelle eines gültigen Wertes ein entsprechender Fehlerwert zurückgegeben. Eine bestehende Detektorstörung kann explizit auch noch einmal über eine entsprechende Funktion unter Angabe der Detektorkanalnummer abgefragt werden.

ÖPNV-Telegramme

ÖV-Telegramme, die im Gerät eintreffen, werden zunächst vom ÖV-Telegrammdienst entsprechend der XML-Versorgung gefiltert, d.h., nur für das Gerät

bzw. die Steuerverfahren relevante Telegramme werden auch tatsächlich im DataProvider abgelegt und zum Abruf durch die Verfahren zur Verfügung gestellt. Inhaltlich identische und somit kurz hintereinander doppelt eingetroffene Telegramme werden lediglich einmal an die Verfahren weitergereicht (Entprellung). Um sicherzustellen, dass die Verfahren sich aktuell vorliegende Telegramme gemäß ihren eigenen Anforderungen abrufen können, wird eine Funktion zur Verfügung gestellt, die eine Struktur zurückgibt.

Die Struktur enthält alle Einträge des übermittelten ÖV-Telegramms (Meldepunkt, Linie, Kurs, Route, Priorität, Zuglänge, Richtung von Hand und Fahrplanabweichung). Zusätzlich wird der Zeitpunkt des Eintreffens des Telegramms im Gerät gemäß des Zählerstands des Millisekundenzählers abgelegt.

Die Funktion verlangt als Parameter eine Zeitangabe und liefert das *nach* dem übergebenen Zeitpunkt als nächstes eingetroffene Telegramm. Liegt kein weiteres Telegramm vor, so wird dies in der zurückgegebenen Struktur entsprechend gekennzeichnet.

Wie bei den Detektorrohdaten, so ist es auch hier aufgrund der Übergabe eines Zeitpunktes möglich, dass jedes Verfahren oder jeder Dienst sich die vorliegenden Telegramme gemäß seiner eigenen Anforderungen individuell und unabhängig abrufen kann. Die Abruffunktion sollte pro Umlauf mindestens einmal aufgerufen werden. Dies geschieht unter Übergabe desjenigen Zeitpunktes, zu dem das letzte bereits verfahrensintern ausgewertete Telegramm eingetroffen ist. Die Funktion liefert dann immer das nächste Telegramm, sofern ein weiteres vorliegt. Nach dessen Auswertung wird die Funktion erneut mit dem Zeitpunkt dieses zuletzt eingelesenen Telegramms aufgerufen usw., bis kein weiteres Telegramm vorliegt. Aufgrund dieser Vorgehensweise ist es jedem Verfahren auch möglich, einige Telegramme ggf. erst im nächsten Durchlauf aufzurufen, sofern verfahrensinterne Ressourcen im aktuellen Durchlauf für andere Aufgaben gebraucht werden. Der ÖV-Telegrammdienst stellt sicher, dass keine zwei Telegramme denselben Zeitstempel haben. Bei exakt gleichzeitig eingetroffenen Telegrammen wird der Zeitstempel eines der Telegramme künstlich um eine Millisekunde erhöht.

Für dieses Konzept ist anzugeben, welche Anzahl von ÖV-Telegrammen der DataProvider vorhalten soll. Hierzu erfolgt eine Parametrisierung einer bestimmten Zeitdauer über die XML-Datei.

Zustände von Signalgruppen

Die Steuerverfahren geben die Zustände der Signalgruppen vor. Da die Steuerbefehle bei Verletzungen von Mindest- oder Zwischenzeiten vom Dienst zur Signalbildschaltung geschoben bzw. ignoriert werden, muss der tatsächliche Zustand der Signalgruppen nicht unbedingt mit dem vom Verfahren gewünschten Zustand übereinstimmen. Die Verfahren können deshalb den aktuellen Zustand der Signalgruppen unter Angabe der Signalgruppe erfragen. Die zurückgegebene Struktur enthält den aktuellen Zustand des Signalgebers (gesperrt, frei, Übergang von gesperrt nach frei, Übergang von frei nach gesperrt, dunkel/aus, nicht definiert/unbekannt), die aktuelle Dauer dieses Zustands, eine Angabe, ob die Mindestfreigabe- oder -sperrzeit bereits erreicht ist, das aktuelle Signalbild gemäß OCIT-Bitcode und die Zeitdauer, seit der dieses Signalbild ansteht.

Zustände von digitalen Ausgängen

Schaltbefehle für digitale Ausgänge werden ohne Kontrolle umgesetzt. Insofern stimmt der tatsächliche Zustand eines digitalen Ausganges i. d. R. immer mit dem vom Verfahren befohlenen Zustand überein. Um dennoch den aktuellen Zustand eines digitalen Ausganges abfragen zu können, wird eine entsprechende Funktion angeboten, die nur die Zustände „ein“ und „aus“ zurückliefert, bzw. eine Störung des Ausganges mitteilt.

3.8.3.9 Ausgangsdaten der Steuerung

Signalgruppenschaltbefehle

In SIGNOS sind die Verfahren im Regelfall nicht für die Schaltung der Übergänge verantwortlich, d.h. sie bestimmen nur, ob und wann ein Signalgeber seinen Grundzustand (frei oder gesperrt) ändert. Hierzu kann mit einer Funktion der entsprechende Schaltbefehl zu dem Zeitpunkt in den DataProvider geschrieben werden, zu dem der Signalbildwechsel erfolgen soll. Dabei muss sich das Verfahren über seine Prozess-ID identifizieren. Dies ist notwendig, da zwar nur das jeweils aktive Verfahren Schaltbefehle abgeben soll und darf, dies aber ohne eine Mitteilung der jeweiligen Prozess-ID des aufrufenden Verfahren vom DataProvider nicht kontrolliert werden kann. Nichtsdestotrotz sollen passive Verfahren im Idealfall überhaupt keine Schaltbefehle abgeben. Tun sie dies dennoch, so können ihre

Befehle über die Identifizierung des Verfahrens über seine Prozess-ID verworfen werden.

Bei Aufruf der Funktion muss die Signalgruppe angegeben werden, für die der Befehl gilt. Zudem wird der gewünschte Zustand (gesperrt oder frei) übergeben. Welches Signalbild dem Zustand „frei“ und „gesperrt“ entspricht, ist in der Grundversorgung gemäß OCIT-I VD-DM enthalten und somit dem Dienst zur Umsetzung der Schaltbefehle bekannt, ohne dass sich das Verfahren darum kümmern muss. Auch die Übergänge zwischen den jeweiligen Zuständen, sofern überhaupt vorhanden, sind dem Dienst bekannt und werden von diesem zeitlich richtig ans Steuergerät übertragen, beginnend ab dem Ende der Umlaufsekunde, in der der Schaltbefehl vom Verfahren erteilt wurde, sofern der Befehl aufgrund von Mindest- oder Zwischenzeitverletzungen nicht geschoben werden muss. Eine Rückmeldung, ob der Befehl ausgeführt werden konnte, erhält das Verfahren über die entsprechenden Funktionen zur Abfrage der aktuellen Zustände der Signalgruppen. Muss der Befehl aufgrund von Zwischenzeitverletzungen verworfen werden, so wird er vom Dienst im nächsten Durchlauf erneut eingelesen, sofern ihn das Verfahren bis dahin nicht wieder überschrieben und somit zurückgenommen hat.

In OCIT-I ist ein Blinklicht ein einfeldriger Signalgeber. Insofern muss es in der Grundversorgung als gewöhnliche Signalgruppe abgebildet werden, wobei die Standardfreigabe- und -gesperrtbilder den Zuständen „Blinklicht an“ und „Blinklicht aus“ entsprechen müssen. Übergänge werden für ein Blinklicht nicht versorgt. Daher kann es von den Verfahren über obige Funktion wie eine normale Signalgruppe ein- und ausgeschaltet werden.

Zusätzlich zum beschriebenen, regulären Schaltbefehl ist es den Verfahren für Sonderfälle über eine weitere Funktion auch möglich, unabhängig von versorgten Übergängen jeweils direkt die Signalbilder vorzugeben, die geschaltet werden sollen. Im Unterschied zur regulären Funktion für Schaltbefehle wird hier vom Verfahren ein beliebiges Signalbild in Form eines OCIT-I-Bitcodes übergeben, das dann vom Dienst zur Signalbildschaltung ungeprüft an das Schaltgerät weitergegeben wird. Allerdings werden solche direkten Schaltbefehle vom Dienst nur akzeptiert, wenn das Verfahren für die betroffene Signalgruppe zuvor die Zwischenzeitkontrolle über eine weitere Funktion explizit ausgeschaltet hat. Ab diesem Zeitpunkt ist das Verfahren allein verantwortlich dafür, dass keine Zwischenzeitverletzungen für diese

Signalgruppe auftreten. Reguläre Schaltbefehle werden vom Dienst zur Signalbildschaltung für diese Signalgruppe nicht mehr umgesetzt, es werden also keine Übergänge mehr automatisch vorgeschaltet. Das Verfahren ist für die korrekte Folge der entsprechenden Signalbilder selbst verantwortlich und muss diese zeitrichtig übergeben. Erst nach Rücknahme der Ausschaltung der Zwischenzeitkontrolle für eine Signalgruppe wird sie wieder in die Zwischenzeitkontrolle integriert und Übergänge bei regulären Schaltbefehlen automatisch umgesetzt. Die direkte Übergabe von Signalbildern ist dann nicht mehr erlaubt und wird ggf. ignoriert.

Schaltbefehle für digitale Ausgänge

Schaltbefehle für digitale Ausgänge können ebenfalls mitgeteilt werden. Es können die Zustände „ein“ und „aus“ angefordert werden. Ein Schaltbefehl für einen digitalen Ausgang wird ohne Kontrolle sofort umgesetzt.

(Fehler-)Meldungen

Sofern ein Verfahren interne Fehler bei der Ausführung entdeckt oder andere Hinweise und Informationen absetzen möchte, muss es eine entsprechende Meldung im DataProvider ablegen. Solche Meldungen müssen vom SignosMaster mindestens einmal pro Sekunde abgerufen und ausgewertet werden. Eine Meldung kann vom Verfahren über eine Fehlermeldefunktion in den DataProvider geschrieben werden. Hierbei orientiert sich der Aufbau der übergebenen Struktur an den in OCIT definierten Fehlermeldungen, enthält darüber hinaus aber auch weitere Informationen. Es können eine Meldeklasse (Information, Warnung, Fehler, schwerer Fehler), eine Meldungskategorie (verfahrensseitig relevant sind nur die Kategorien Sonstige, Verkehrstechnische Meldung in Anwenderprogramm, und Versorgung), eine vom Verfahren vergebene Fehlernummer sowie ggf. eine beschreibende Textzeile für die Dokumentation übergeben werden. Die Reaktion des SignosMasters auf eine Fehlermeldung hängt dabei standardmäßig von der Meldeklasse ab, sofern in der Fehlermeldung keine weiteren Angaben zur gewünschten Reaktion gemacht werden. Auf die Meldeklassen 1 und 2 muss keine Reaktion erfolgen, auf die Meldeklassen 3 und 4 dagegen schon.

Kann ein Verfahren keine Meldung mehr absetzen, weil es nicht mehr ordnungsgemäß läuft, so erkennt der SignosMaster die Fehlfunktion über einen Timeout des Funktionsaufrufs für einen Verfahrensdurchlauf und kann ebenfalls

entsprechend reagieren, z.B. durch einen Neustart des Verfahrens und zwischenzeitlicher Anzeige des Signalbildes Gelbblinken oder Dunkel.

Neben der Standardreaktion auf eine Meldeklasse ist es den Verfahren aber auch möglich, eine gewünschte Reaktion des SignosMaster auf den Fehler anzufordern, wobei diese Anweisung nicht zwingend vom SignosMaster befolgt werden muss. Es handelt sich vielmehr um einen verfahrensseitigen Vorschlag. Sofern ein solcher Reaktionsvorschlag eine weitere Angabe benötigt, kann diese ebenfalls mitgeteilt werden. Dabei kann es sich um eine gewünschte Programmnummer, eine Angabe des betroffenen Teilknotens oder eine beliebige andere Information handeln.

Da der SignosMaster die (Fehler-)Meldungen den einzelnen Verfahren und Diensten zuordnen muss, muss zudem die Prozess-ID des meldenden Verfahrens angegeben werden. Zusätzlich wird der Zeitpunkt der Meldung gemäß des Millisekundenzählers eingetragen.

Prozessdaten

Die in einem Steuergerät anfallenden Prozessdaten müssen bei entsprechender Bestellung durch die Zentrale über einen Verkehrsrechner an selbige weitergeleitet werden. In der aktuellen SIGNOS-Version ist bereits ein rudimentärer Dienst vorhanden, der im Gerät anfallende Prozessdaten entsprechend der Bestellungen sammelt. Einige der von einem solchen Dienst zusammenzutragenden Daten müssen direkt bei den Steuerverfahren abgefragt werden können. Hierzu werden Schnittstellenfunktionen bereitgestellt, die einen Austausch von Prozessdaten über den DataProvider ermöglichen.

Das Verfahren muss wissen, welche Prozessdaten es in den DataProvider schreiben soll. Hierzu kann es einen entsprechenden Auftrag beim DataProvider unter Angabe seiner Prozess-ID abrufen. Ein solcher Abruf muss nicht bei jedem Durchlauf erfolgen, sondern nur bei Initialisierung des Verfahrens bzw. dann, wenn sich die Bestellung ändert. Den Befehl, eine geänderte Bestellung beim DataProvider abzufragen, erhält das Verfahren über eine entsprechende OTS-Control-Funktion. Die bei der Bestellungsabfrage zurückgegebene Struktur enthält die beim Verfahren bestellten Prozessdaten in Form einer Struktur. Darin enthalten ist die Anzahl der bestellten Prozessdaten und der Zeiger auf das erste Element eines Arrays mit jeweils einem Eintrag pro bestelltem Prozessdatum. Ein solcher Eintrag umfasst die

OITD-Nummer, die Anzahl der bestellten „Objekte“ für diese OITD-Nummer und ein Array, das die einzelnen „Objekte“, für die die Werte geliefert werden sollen, auflistet. Über ihre OITD-Nummern und Instanzen beim Verfahren bestellte Prozessdaten müssen vom Verfahren kontinuierlich in den DataProvider geschrieben werden, von wo aus sie vom entsprechenden Dienst zur Zusammenstellung als XML-Snippets und Weiterleitung über eine entsprechende get-Funktion abgerufen werden. Der Dienst ist dafür verantwortlich, nur Änderungen von Prozessdaten zu protokollieren und unveränderte Prozessdaten zu verwerfen. Es wird eine Schnittstellenfunktion zur Verfügung gestellt, mit der die bestellten Werte einzeln in den DataProvider geschrieben werden können. Hierbei dient die übergebene Prozess-ID erneut zur Identifizierung des Verfahrens, das das Prozessdatum liefert. Das Prozessdatum selbst wird in Form einer Struktur übergeben, die den Zeitpunkt des übergebenen Prozessdatums gemäß Millisekundenzähler, die OITD-Nummer und die Objektnummer des gelieferten Wertes, sowie den Wert des Prozessdatums selbst enthält.

Später eintreffende Bestellungen ersetzen zuvor erfolgte Bestellungen, d.h., die Bestellungen sind nicht additiv. Um das Abfragen von Prozessdaten zu beenden, muss eine leere Bestellung aufgegeben werden.

3.8.3.10 Austausch von Daten zwischen Verfahren und herstellerepezifischen Diensten

Mit den hier beschriebenen Funktionen ist es herstellerepezifischen Diensten möglich, herstellerepezifische, nicht standardisierte Daten mit dem verkehrsabhängigen Steuerverfahren in beiden Richtungen auszutauschen. Dabei wird jeweils ein Schlüssel zur Identifikation des Wertes angegeben. Mit der ersten Funktion kann der Wert eines Datums, das über einen eindeutigen Schlüssel identifiziert wird, in den DataProvider geschrieben werden. Von dort ist das Datum über eine weitere Funktion abrufbar, wobei als Parameter derselbe Schlüssel übergeben werden muss. Sollen keine Einzelwerte, sondern Datenblöcke übergeben werden, so können zwei weitere Funktionen genutzt werden, wobei für die Übergabe des Datums eine Struktur unter Angabe von Größe und Inhalt eines Datenarrays genutzt wird.

3.8.3.11 Umlaufkontrolle

Ein weiteres Modul führt eine Umlaufkontrolle durch, wobei die Dauer des gleich bleibenden Zustandes einer in der Modulversorgung festgelegten Signalgruppe überprüft wird. Erfolgt über einen definierten Zeitraum keine Änderung des Signalbildes, so wird das Verfahren ausgeschaltet und neu gestartet. Da jedoch gleich bleibende Signalbilder über mehrere Durchläufe gewollt sein können, muss das Verfahren die Möglichkeit haben, einen entsprechenden Zähler zurücksetzen zu können. Zu diesem Zweck wird eine Funktion zur Verfügung gestellt, wobei das Verfahren sich über die ihm zugewiesene Prozess-ID identifizieren muss zur Überprüfung, ob auch tatsächlich das aktuell aktiv steuernde Verfahren den Zähler zurücksetzt.

3.8.4 Schnittstelle OTS-Service

Die Steuerung der Standarddienste „Messdatenaufbereitung“, „Signalbildschaltung“ und „ÖV-Telegramme“ sowie aller weiteren Dienste erfolgt durch den SignosMaster über die Schnittstelle OTS-Service. Sie ist eine Teilmenge von OTS-Control und beinhaltet die Zuweisung einer eindeutigen Prozess-ID, die Initialisierung des Dienstes inklusive Einlesen der Versorgung, das Einlesen neu eingetroffener Versorgungen parallel zum laufenden Betrieb und ihre Aktivierung, den Start eines Durchlaufs und die optionale Bereinigung der dienstinternen Datenhaltung und Freigabe von Speicher.

3.8.5 Schnittstelle zum Schaltgerät

3.8.5.1 Allgemeines

Die SIGNOS-Komponente und das Schaltgerät tauschen über eine Schnittstelle Daten aus. Das Schaltgerät hat dabei die folgenden Aufgaben:

- Schalten von Signalbildern und digitalen Ausgängen. Alle Schaltbefehle werden am Ende einer Sekunde ausgeführt.
- Rückgabe der Zustände von Detektoren und digitalen Eingängen im Takt von 100 ms.
- Kontrolle der sicherheitsrelevanten Zwischenzeiten und ggf. Abschalten der Anlage oder des entsprechenden Teilknotens, falls die Zwischenzeiten verletzt werden.

- Kontrolle der Mindestrotzeiten und der Mindestgrünzeiten.
- Das Schaltgerät besitzt eine OCIT-Outstations-Schnittstelle zur Zentrale, etwa um Signalprogramm Wünsche entgegenzunehmen oder die Verkehrsabhängigkeit ein- oder auszuschalten.

Folgende Aufgaben übernimmt das Schaltgerät nicht:

- Das Schaltgerät führt von sich aus keine Ein- oder Ausschaltprogramme aus.
- Es schaltet die Signalgeber nicht selbstständig, wenn es dazu keinen Befehl von der SIGNOS-Komponente erhalten hat. Die einzige Ausnahme stellt das Abschalten eines Teilknotens oder der gesamten Anlage dar, wenn ein Schaltbefehl der SIGNOS-Komponente die sicherheitsrelevanten Zwischenzeiten verletzt hat. Hierbei werden alle Signalgeber des betroffenen Teilknotens in einen benutzerdefinierten Zustand, wie beispielsweise gelb blinken oder dunkel, gebracht.
- Das Schaltgerät überwacht nicht die zulässigen Signalbilder (Bitcode nach OCIT) einer Signalgruppe und auch nicht die korrekte Farbfolge.
- Das Schaltgerät überwacht keine Mindestgelbzeiten, keine Rot/Gelb-Zeiten und auch keine Versatzzeiten.

3.8.5.2 Physikalische Verbindung

Die physikalische Verbindung zwischen den beiden Komponenten bildet ein Standard-Ethernetkabel mit zwei RJ-45 Steckern.

3.8.5.3 Kommunikationsprotokoll

Die Kommunikation basiert auf dem Netzwerkprotokoll TCP/IP und erfolgt über Sockets. Das Schaltgerät erzeugt und verwaltet einen Server-Socket und die SIGNOS-Komponente einen Client-Socket jeweils an Port 2000. Im Folgenden werden die Inhalte der Telegramme beschrieben, die die eigentlichen Anwendungsdaten enthalten. Die Telegramme selbst sind derzeit noch nicht für eine Veröffentlichung vorgesehen, sondern werden zunächst im nicht öffentlichen Anhang 2 dargestellt.

Kontrolle der Versorgungsdaten

Nach dem Herstellen der Verbindung zwischen SIGNOS-Komponente und Schaltgerät ist zunächst zu prüfen, ob in beiden Geräten dieselben Versorgungsdaten vorliegen. Die SIGNOS-Komponente fragt hierzu die Knotenpunktbezeichnung, z. B. BS339, vom Schaltgerät ab und überprüft diese auf Übereinstimmung. Als Antwort sendet das Schaltgerät die Knotenpunktbezeichnung an die SIGNOS-Komponente.

Eingänge

Die SIGNOS-Komponente fragt regelmäßig im 100 ms Takt die aktuellen Belegungen der Eingänge vom Schaltgerät ab. Die Abfrage der aktuellen Belegungen erfolgt jeweils zu Beginn eines 100 ms Intervalls. Es besteht die theoretische Möglichkeit, dass beispielsweise Anforderungen an einem Fußgängertaster verloren gehen, weil der Impuls innerhalb eines 100 ms Intervalls liegt. Um diese Möglichkeit auszuschließen, sind die Taster mit einer Mindesthaltedauer von 100 ms zu konfigurieren. Auf die Abfrage sendet das Schaltgerät als Antwort die aktuellen Belegungen der Eingänge.

Signalbildschaltung

Nach der Berechnung der neuen Signalbilder durch das Steuerverfahren, sendet die SIGNOS-Komponente die errechneten Signalbilder an das Schaltgerät. Das Telegramm enthält dabei stets alle Signalgruppen, also auch die, deren Signalbild nicht geändert werden soll.

Das Schaltgerät prüft nach Empfang des Telegramms, ob eine sicherheitsrelevante Zwischenzeit oder eine Mindestzeit verletzt wurde und antwortet entsprechend. Wurde eine Zwischenzeit verletzt, wird die gesamte Anlage bzw. der entsprechende Teilknoten abgeschaltet. Alle folgenden Anweisungen der SIGNOS-Komponente, die die abgeschalteten Teilknoten betreffen, müssen vom Schaltgerät ignoriert werden. Die Verletzung einer Mindestzeit führt nicht zum Abschalten eines Teilknotens.

Für die Teilknoten, bei denen keine Zwischenzeit verletzt wurde, werden die Signalbilder am Ende der Sekunde geschaltet. Das Schaltgerät sendet danach den kompletten Ist-Zustand der Signalgruppen an die SIGNOS-Komponente.

Digitale Ausgänge

Die zu schaltenden Zustände aller digitalen Ausgänge sendet die SIGNOS-Komponente ebenso wie die Signalbilder nach der Berechnung durch das Steuerverfahren an das Schaltgerät. Nach der Schaltung sendet das Schaltgerät den Ist-Zustand der digitalen Ausgänge an die SIGNOS-Komponente.

Uhrzeitsynchronisation

Zur Einhaltung der Sicherheitsvorgaben benötigt das Schaltgerät eine zuverlässige Zeitquelle. Dies ist in der Regel die Zentrale. Im Rahmen des Projektes SIGNOS wird die Systemzeit des Steuergerätes genutzt, die beispielsweise über eine Funkuhr versorgt werden kann. Die SIGNOS-Komponente muss sich regelmäßig auf die Zeit des Schaltgerätes synchronisieren. Die SIGNOS-Komponente fragt das aktuelle Datum und die aktuelle Uhrzeit mit einer Genauigkeit im Sekundenbereich über ein entsprechendes Telegramm ab. Das Schaltgerät sendet als Antwort das aktuelle Datum und die aktuelle Uhrzeit zurück.

Die Synchronisation im Millisekundenbereich erfolgt implizit über die Telegramme, in denen das Schaltgerät den Ist-Zustand der Signalgruppen und digitalen Ausgänge nach dem Schaltvorgang meldet.

Aufrufzeitpunkte

Die Belegungen der Eingänge werden stets am Anfang eines 100 ms-Intervalls abgerufen. Die Übertragung der errechneten Signalbilder und Zustände der digitalen Eingänge erfolgt erst am Ende der Sekunde, also im Regelfall nicht direkt im Anschluss an die Berechnungen des Steuerverfahrens.

3.8.5.4 Zentrale

Eine Zentrale kann über die OCIT-Outstations-Schnittstelle Befehle an das Schaltgerät senden. Das Schaltgerät leitet diese Befehle der Zentrale an die SIGNOS-Komponente weiter. Die Antwort der SIGNOS-Komponente teilt das Schaltgerät der Zentrale mit. Dabei ist nicht die vollständige OCIT-Outstations-Schnittstelle abgedeckt, sondern nur ein kleiner Teil davon. Für weiterführende Informationen sei auf das Dokument „OCIT-O Lstg“, Abschnitt „Zentrale Schaltwünsche“, verwiesen.

In einer zukünftigen Version von SIGNOS soll die Kommunikation mit der Zentrale über OCIT-O direkt durch die SIGNOS-Komponente laufen ohne Verwendung etwaiger diesbezüglicher Funktionalitäten des Schaltgerätes.

Knoten

Einen entsprechenden Befehl der Zentrale zum gewünschten Zustand des Gesamtknotens leitet das Schaltgerät an die SIGNOS-Komponente weiter. Die SIGNOS-Komponente sendet sofort eine Rückantwort an das Schaltgerät.

Signalprogrammwechsel

Einen entsprechenden Befehl der Zentrale zum Signalprogrammwechsel leitet das Schaltgerät an die SIGNOS-Komponente weiter. Die SIGNOS-Komponente sendet sofort eine Rückantwort an das Schaltgerät.

Verkehrsabhängigkeit

Einen entsprechenden Befehl der Zentrale zur gewünschten Verkehrsabhängigkeit (ein/aus) leitet das Schaltgerät an die SIGNOS-Komponente weiter. Die SIGNOS-Komponente sendet sofort eine Rückantwort an das Schaltgerät.

Verkehrsabhängigkeit Individualverkehr

Einen entsprechenden Befehl der Zentrale zur gewünschten Verkehrsabhängigkeit des IV (ein/aus) leitet das Schaltgerät an die SIGNOS-Komponente weiter. Die SIGNOS-Komponente sendet sofort eine Rückantwort an das Schaltgerät.

Verkehrsabhängigkeit ÖPNV

Einen entsprechenden Befehl der Zentrale zur gewünschten Verkehrsabhängigkeit des ÖV (ein/aus) leitet das Schaltgerät an die SIGNOS-Komponente weiter. Die SIGNOS-Komponente sendet sofort eine Rückantwort an das Schaltgerät.

Status

Um den Status der SIGNOS-Komponente abzufragen (Knoten ein/aus, Signalprogramm, VA gesamt/IV/ÖV ein/aus), sendet das Schaltgerät ein entsprechendes Telegramm an die SIGNOS-Komponente. Die SIGNOS-Komponente sendet daraufhin ihren aktuellen Zustand an das Schaltgerät.

4 Ergebnisse

4.1 Umsetzung und Test des Prototyps

Das zuvor beschriebene System, bestehend aus der Signos-Hardware und den OTS-Control-Schnittstellen sowie einer Schnittstelle zwischen Hardware und Steuergerät wurde im Rahmen des Projektes prototypisch umgesetzt und getestet. In diese Arbeiten waren alle Projektpartner eingebunden.

Die Signos-Hardware wurde vom ifak in Zusammenarbeit mit der Firma E.A.I. konzipiert und beispielhaft umgesetzt. Sie ist im Schlussbericht des Projektpartners ifak beschrieben. Auf dem Gerät läuft als Basisbetriebssystem ein Linux-Derivat, auf dem die eigens in der Programmiersprache Java geschriebene Signos-Software installiert ist und lauffähig ist. In der Software wurde die Architektur wie in Kapitel 3 beschrieben umgesetzt. Während das ifak bei der Programmierung des Systems federführend war, lag der Schwerpunkt des ivh bei der Umsetzung der verkehrstechnisch relevanten Dienste zur Messwertaufbereitung und zur Signalbildschaltung, die ebenfalls in Kapitel 3 beschrieben worden sind.

Die Anpassung der beiden im Projekt berücksichtigten Steuerverfahren TRENDS und VS-PLUS der beteiligten Firmen GEVAS Software und VS-AG erfolgte direkt durch die beiden Firmen. Hierbei wurde der ursprüngliche, in der Programmiersprache C geschriebene Programmkern der beiden Verfahren beibehalten und in einen ebenfalls in C geschriebenen Schnittstellenadapter verpackt. Dieser Schnittstellenadapter hat die Aufgabe, die Befehle, die über die im Projekt entwickelten OTS-Control-Schnittstellen zu den Verfahren gelangen, in eine für den ursprünglichen Verfahrenskern verständliche Form umzuwandeln und an diesen weiterzuleiten. Umgekehrt werden Rückmeldungen aus den Verfahren in die von den OTS-Control-Schnittstellen erwartete Form umgewandelt, bevor sie weitergegeben werden. Für die Signos-Software ist diese Aufteilung jedoch nicht sichtbar. Schnittstellenadapter und Steuerungskern stellen für das Signos-System ein einziges, auf dem Gerät implementiertes Steuerungsverfahren dar, das über die OTS-Control-Schnittstellen in standardisierter Form angesprochen werden kann. Werden in Zukunft andere Steuerungsverfahren angepasst oder neu entwickelt, so sind diese, wenn sie die entsprechenden OTS-Control-Schnittstellen implementieren, auf der SIGNOS-Komponente ausführbar, unabhängig davon, ob sie über einen

Teilknotenpunkten unabhängig vom Hauptknotenpunkt testen zu können, wurde in einer Zufahrt des Knotenpunkts eine Fußgängerschutzanlage hinzugefügt, die gemeinsam mit dem Hauptknotenpunkt gesteuert, jedoch auch separat abgeschaltet werden kann. Zudem arbeitet der reale Knotenpunkt mit einer ÖPNV-Anmeldung über gewöhnliche Detektoren. Um die Auswertung von ÖPNV-Funktelegrammen testen zu können, wurde daher eine ÖPNV-Meldestrecke mit Meldepunkten zum Versenden von ÖPNV-Telegrammen integriert.

Um die Signos-Hardware im Rahmen des Projektes prototypisch in einem echten Steuergerät anwenden und testen zu können, musste ein solches an die ebenfalls in Kapitel 3 beschriebene, sehr schmale Schnittstelle basierend auf dem TCP/IP-Protokoll angepasst werden. Auch mussten im Gerät die physikalischen Anschlüsse für die Signos-Hardware eingerichtet werden. Für diese Anpassungen eines realen Steuergerätes konnte die Firma Bergauer aus der Schweiz gewonnen werden. Modifiziert wurde ein Steuergerät mit einem Steuermodul der NC04-CPU Baugruppe in einer Gerätekabine mit 19"-Schwenkrahmen und 15" Touchscreen Synoptik-Display (s. Bild 4). Aufgrund der erfolgten Anpassungen des Gerätes an die im Projekt definierte Schnittstelle zum Schaltgerät kann die prototypische Signos-Hardware in das Gerät integriert werden.

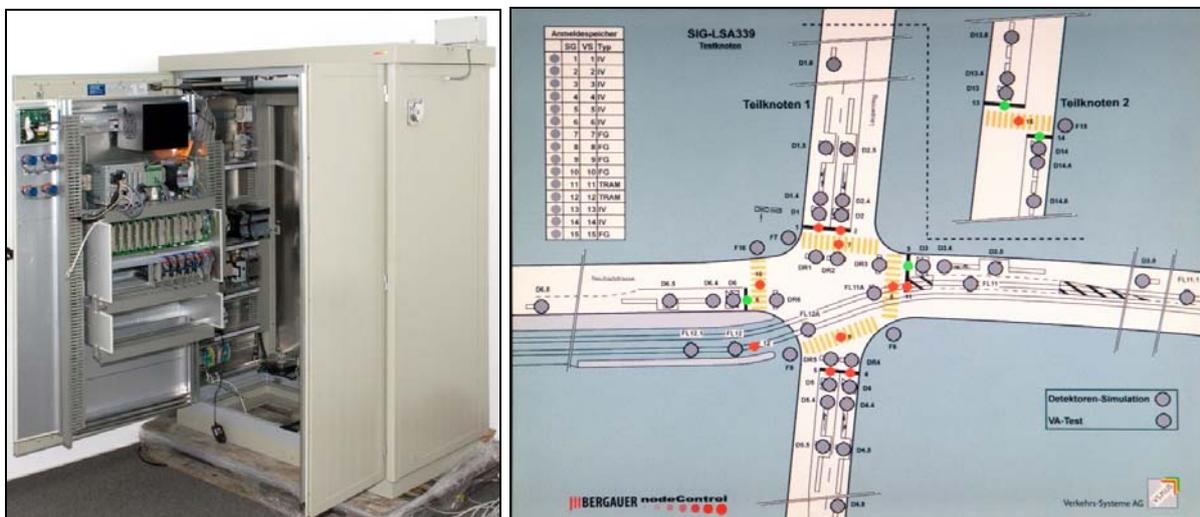


Bild 4: Modifiziertes Steuergerät und Display mit Anzeige des Testknotenpunkts

Im Anschluss an diese Entwicklung konnten schließlich auch die beiden an die neue Schnittstelle angepassten Steuerverfahren TRENDS und VS-PLUS auf die im Steuergerät integrierte Signos-Komponente eingebracht und dort erfolgreich ausgeführt werden.

4.2 Erreichte Ziele und Markteinführung

Die in SIGNOS gesteckten Ziele wurden erreicht. Es steht nun eine Schnittstelle zur Verfügung, die von den KMU umgesetzt wurde und allgemein gehalten ist, so dass auch jeder andere Anbieter von LSA-Steuerverfahren sein Verfahren an diese Schnittstelle anpassen oder ein neues Verfahren für diese Schnittstelle entwickeln kann. Dank der standardisierten Schnittstelle sind die daran angepassten Verfahren dann auf jedem Steuergerät lauffähig, das mit einer Signos-Komponente ausgestattet ist. Dies bietet den Anbietern verbesserte Möglichkeiten, ihr Produkt bei Betreibern anzubieten, sofern sich die Signos-Komponente auf dem Markt durchsetzen kann. Zwei Aspekte sind hierbei von Vorteil. Zum einen wurde die Komponente in Abstimmung mit der OCA entwickelt, die einen bedeutenden Anteil der städtischen LSA-Betreiber repräsentiert. Somit sind deren Bedürfnisse und Anforderungen aus der Praxis berücksichtigt. Zum anderen ist die Schnittstelle zwischen Steuergerät und Signos-Hardware sehr schmal und einfach, so dass Steuergerätehersteller ihre Geräte leicht anpassen können. Von Seiten der OCA wird hier ein gewisser Widerstand der Signalbaufirmen erwartet, jedoch können die OCA-Mitglieder bei zukünftigen Ausschreibungen von Steuergeräten eine integrierte SIGNOS-Schnittstelle als Anforderung aufnehmen und bei gemeinsam abgestimmten Auftreten wahrscheinlich auch entsprechend durchsetzen. Da die Hauptfunktionalitäten des Steuergerätes in die Signos-Komponente verlagert und somit ebenfalls vereinheitlicht und standardisiert worden sind, ist es nun auch neuen Anbietern aus dem Bereich der Elektrotechnik möglich, unter Verwendung von SIGNOS mit relativ einfachen Mitteln günstige Schaltgeräte anbieten zu können. Dies ist auch von Vorteil für die Betreiber von LSA, da somit der Wettbewerb im Bereich der Schaltgeräte gefördert wird.

Bei der Markteinführung ist zu berücksichtigen, dass diese vermutlich nur bei einer weiteren Zusammenarbeit zwischen dem SIGNOS-Konsortium und der OCA erfolgversprechend ist. Auch was die Weiterentwicklung des im Projekt entstandenen Prototyps betrifft, so sollte eine weitere Zusammenarbeit erfolgen. Seitens der OCA und der Projektpartner wurde hierzu sowohl Bereitschaft als auch Interesse bekundet.

4.3 Verbreitung der Ergebnisse

Die Ergebnisse des Projektes wurden aufgrund der bisher schwierigen Marktsituation und unter Rücksichtnahme auf die Interessen der KMU derzeit noch nicht veröffentlicht. Mit Abschluss des Projektes sind jedoch geeignete Veröffentlichungen vorgesehen. Insbesondere wird ein entsprechender Artikel in der Zeitschrift „Straßenverkehrstechnik“ angestrebt, der das interessierte Fachpublikum erreicht und somit genau auf die Zielgruppe ausgerichtet ist. Auch auf Kongressen sollen die Projektergebnisse präsentiert werden. Entsprechende Anträge auf Aufnahme eines Beitrags sind in Bearbeitung.

5 Quellen

GEVAS software GmbH: openTRELAN Version 4.0 – Benutzerhandbuch.
München, 2005

GEVAS software GmbH: TRENDS Version 4.2 / 5.0 – Benutzerhandbuch.
München, 2005

GEVAS software GmbH: Einbau des TRENDS-Kern Version 4.2 – Handbuch.
München, 2005

Verkehrs-Systeme AG: VS-PLUS Version 6.2.x – Definition der Schnittstelle zum
Gerät. Muttenz, 2005

Verkehrs-Systeme AG: Implementation VS-PLUS – Anforderungen an das
Steuergerät (Entwurf). Muttenz, 2003

Verkehrs-Systeme AG: VS-PLUS V6.1 – Handbuch. Muttenz, 2001

Verkehrs-Systeme AG: Anforderungen an ein Steuergerät für die Implementation von
VS-PLUS. Muttenz, 2001

Verkehrs-Systeme AG: VS-PLUS V5.0 – Kurzbeschreibung. Muttenz, 2000

OTEC: OCIT-Instations – Datenmodelle und Objekte – Prozessdaten
(OCIT-I DM-PD Version 02.00.05). OTEC, 2006

OTEC: OCIT-Instations – Schnittstellen und Protokolle – Versorgungsdaten
(OCIT-I SP-VD Version 01.03.13). OTEC, 2006

OTEC: OCIT-Instations – Schnittstellen und Protokolle – Prozessdaten
(OCIT-I SP-PD Version 02.00.05). OTEC, 2006

-
- OTEC: OCIT-Instations – Prozessdaten – Datenmodelle und Objekte
Lichtsignalanlagen (OCIT-I PD-DM-LSA Version 02.00.55). OTEC, 2006
- OTEC: OCIT-Instations – Prozessdaten – Schnittstellen und Protokolle
(OCIT-I PD-SP Version 02.00.56). OTEC, 2006
- OTEC: OCIT-Instations – Datenmodelle und Objekte Versorgungsdaten
Lichtsignalanlagen (OCIT-I DM-VD-LSA Version 01.01.10). OTEC, 2006
- OTEC: OTEC-Schnittstellen und Protokolle für Versorgungsdaten
(OCIT-I DM-VD-LSA Version 01.01.07). OTEC, 2005
- OCIT Developer Group: OCIT-Outstations – Einführung in das System. ODG, 2004
- OCIT Developer Group: OCIT-Outstations – Regel und Protokolle
(OCIT-O-Protokoll_V1.1_A01). ODG, 2004
- OCIT Developer Group: OCIT-Outstations – Basisfunktionen für Feldgeräte
(OCIT-O-Basis_V1.1_A02). ODG, 2004
- OCIT Developer Group: OCIT-Outstations – Lichtsignalsteuergeräte
(OCIT-O-Lstg_V1.1_A02). ODG, 2004
- OCIT Developer Group: OCIT-Outstations – Lichtsignalsteuergeräte Version 1.1 –
Funktionsspiegel. ODG, 2004