



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Forschungspaket Nutzensteigerung für die Anwender des SIS: EP1: Zeitaspekte und Historisierung

**Paquet de recherche augmentation des bénéfices SIR: EP1:
Aspects temporels et historisation**

**Research package higher benefit of RIS: EP1: Temporal
aspects and historization**

Rosenthaler + Partner AG
Christoph Rosenthaler, Dipl. Bau-Ing. ETH
Rainer Koch, Dipl. Kultur-Ing. ETH

IMC GmbH
Rade Hajdin, Dr. sc. techn. ETHZ
Matthias Botzen, Dipl. Informatiker

**Forschungsprojekt VSS 2011/711 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Juni 2015

1516

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

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

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

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

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

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

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

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



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Forschungspaket Nutzensteigerung für die Anwender des SIS: EP1: Zeitaspekte und Historisierung

**Paquet de recherche augmentation des bénéfices SIR: EP1:
Aspects temporels et historisation**

**Research package higher benefit of RIS: EP1:Temporal
aspects and historization**

Rosenthaler + Partner AG
Christoph Rosenthaler, Dipl. Bau-Ing. ETH
Rainer Koch, Dipl. Kultur-Ing. ETH

IMC GmbH
Rade Hajdin, Dr. sc. techn. ETHZ
Matthias Botzen, Dipl. Informatiker

**Forschungsprojekt VSS 2011/711 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Rainer Koch

Mitglieder

Christoph Rosenthaler

Rade Hajdin

Matthias Bozen

Federführende Fachkommission

Fachkommission 7: Erhaltungsmanagement

Begleitkommission

Präsident

Christoph Käser, ASTRA

Mitglieder

Jürg Steiner, ASTRA

Yan Cerf, ASTRA

Martin Surka, ASTRA

Emanuel Schmassmann, Swisstopo

François Golay, EPFL

Emile Bernard, BISconsult GmbH

Antragsteller

Schweizerische Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	4
	Zusammenfassung	9
	Résumé	12
	Summary	15
1	Einleitung	19
1.1	Gegenstand	19
1.2	Zweck	19
1.3	Geltungsbereich	19
2	Situationsanalyse.....	21
2.1	Ausgangslage.....	21
2.2	Stand Forschung	23
2.3	Stand Normen und Standards.....	24
2.4	Stand der Anwendungen und Projekte	25
2.5	Synthese	26
3	Ziele, Umfeld und Rahmenbedingungen	27
3.1	Systemziele	27
3.2	Erwartete Resultate und Nutzenaspekte	27
3.2.1	Erwartete Resultate	27
3.2.2	Nutzen für den Anwender	28
3.2.3	Nutzen für die Fachprozesse	28
3.2.4	Nutzen für die Projekte.....	28
3.3	Umfeld	28
3.4	Rahmenbedingungen	29
4	Vorgehen	31
4.1	Forschungsmethodik	31
4.2	Arbeitspakete	31
4.2.1	AP1: Situationsanalyse und Ziele	31
4.2.2	AP2: Konzept	32
4.2.3	AP3: Prototypen	33
4.2.4	AP4: Umsetzungsempfehlungen.....	33
4.2.5	AP5 und 6: Schlussbericht und Normentwurf	34
5	Anforderungen	35
5.1	Ausgangslage aus Fachsicht	35
5.2	Zielfunktionen von Strassendatenbanken.....	37
5.2.1	Strassenkataster, insbesondere für Planungsprozesse	37
5.2.2	Entscheidungsunterstützung	37
5.2.3	Wissenserhaltung (Wissensmanagement)	38
5.2.4	Datenbasis für Fachapplikationen.....	38
5.2.5	Datenaustausch	38
5.2.6	Archivierung	39
5.3	Schlussfolgerungen.....	39
5.4	Beispiele	41
6	Konzepte für Zeitaspekte	43
6.1	Zeitformen und Zeitgranularität	43
6.1.1	Zeitpunkt.....	43

6.1.2	Zeitraum	43
6.1.3	Zeitreihe	44
6.2	Zeitaspekte und Zeittypen.....	44
6.2.1	Objektversionen	44
6.2.2	Attribute der zeitlichen Gültigkeit (Existenz)	44
6.2.3	Zeittyp (Typen der zeitlichen Gültigkeit)	45
6.2.4	Wissenszeitpunkt im Fachprozess (Erhebungszeitpunkt)	48
6.2.5	Wissenszeitpunkt des Systems (Speicherzeitpunkt, Erfassungszeitpunkt)	49
6.2.6	Weitere Wissenszeitpunkte.....	49
6.3	Der bitemporale Raum.....	50
6.4	Das Darstellen von Zeitaspekten und Zeittypen im bitemporalen Raum	52
6.4.1	Darstellen von Zeitpunkt-Ereignissen	53
6.5	Temporale Beziehungen zwischen Objekten	56
6.5.1	Die Rolle von "Master-Detail-Beziehungen"	56
6.5.2	Konzeptionelle Fragen	58
6.5.3	Beispiele für Master-Detail-Beziehungen	62
6.5.4	Konzeptionelle Lösungsansätze	64
6.5.5	Spezielle Modellierungsfragen der temporalen Beziehung	68
7	Lösungskonzepte für die "Objektgeschichte" und die "Raumbezugsgeschichte"	71
7.1	Übersicht über die zur Verfügung stehenden Konzepte der "Objektgeschichte"	71
	oder der "Raumgeschichte" (ohne Überlagerung).....	71
7.1.1	Zeitliche Entwicklung	71
7.1.2	Explizite und Implizite Geschichtsschreibung.....	73
7.1.3	Kombination von zeitlicher Entwicklung und Geschichtsschreibung	75
7.2	Überlagerung der zeitlichen Entwicklung von Objekteigenschaften in einer	76
	Master-Detail-Beziehung, im Besonderen in einer Objekt-Raum-Beziehung	76
7.2.1	Objektgeschichte nicht relevant, Master resp. Raum konstant	76
7.2.2	Objektgeschichte nicht relevant, Master- resp. Raumgeschichte stetig	76
7.2.3	Objektgeschichte nicht relevant, Master- resp. Raumgeschichte nicht stetig	77
7.2.4	Objektgeschichte stetig, Master resp. Raum konstant	77
7.2.5	Objektgeschichte stetig, Master- resp. Raumgeschichte stetig	77
7.2.6	Objektgeschichte stetig, Master- resp. Raumgeschichte nicht stetig	77
7.2.7	Objektgeschichte nicht stetig, Master resp. Raum konstant.....	78
7.2.8	Objektgeschichte nicht stetig, Master- resp. Raumgeschichte stetig	78
7.2.9	Objektgeschichte nicht stetig, Master- resp. Raumgeschichte nicht stetig	78
7.3	Nutzung der Konzepte der Zeitaspekte für die Geschichtsschreibung (Regeln).....	79
7.3.1	Abläufe	79
8	Konzeptionelle und logische Umsetzungsfragen	81
8.1	Niveaus der Umsetzung: mögliche konzeptionelle Vereinfachungen	81
8.1.1	Keine Wissenszeitpunkte, weder "fachlich" noch "Speicherung"	84
8.1.2	Kein fachlicher Wissenszeitpunkt (aber Speicherzeitpunkt vorhanden).....	85
8.1.3	Keine Wissenszeitpunkte für Beenden, weder "fachlich" noch "Speicherung"	86
8.1.4	Keine Wissenszeitpunkte für Löschung, weder "fachlich" noch "Speicherung"	87
8.1.5	Nur eine "Ereignis"-Zeitform" ("Zeitraum-Ereignis")	88
8.1.6	Keine Statusversionen ("Status" wird mit "Zeitraum-Ereignis" ersetzt)	89
8.1.7	Nur eine Planung (keine Planungsgeschichte).....	90
8.1.8	Keine Korrekturversionen	91
8.2	Umsetzungsfragen und Lösungsansätze für die logische Ebene.....	92
8.2.1	Aufbauen von temporalen Beziehungen mit Assoziationsklassen	92
8.2.2	Führen der Endgültigkeit für alle Statusversionen	95
8.2.3	Betrachten eines Zeitpunkt-Ereignisses als Intervall-Ereignis.....	95
8.3	Objekt und Versionsidentifikation	96
8.3.1	Historisierung von Makro-Objekten	96

9	Konzeptbausteine	97
9.1	Klassenmodell	97
9.2	Erhalten der zeitlichen Konsistenz	103
9.2.1	Konsistenzbedingungen der Zeitaspekte einer Objektklasse	103
9.2.2	Konsistenzbedingungen der Assoziationen	104
9.2.3	Methoden für die Verwaltung der Zeitaspekte	104
9.2.4	Methoden für die zeitliche Auswertung	105
10	Realisierung Prototyp	109
10.1	Zeitliche Aspekte	109
10.1.1	Zeitattribute	109
10.1.2	Zeitformen	110
10.1.3	Zeittypen	110
10.1.4	Zeitgranularität	110
10.2	Planung	110
10.3	Daten	111
10.3.1	Gebiet	111
10.3.2	Kunstabauten	112
10.3.3	Tunnel	113
10.3.4	BSA	114
10.3.5	Strassen	115
10.3.6	Massnahmendauer	117
10.4	Layout/Design	117
10.4.1	Layer	118
10.4.2	Fusszeile	119
10.5	Funktionalität	119
10.5.1	Wahl des Existenz- und Wissenszeitpunkt	120
10.5.2	Details des Aufbaus	121
10.5.3	Auswertung Infrastruktur	124
10.6	Anwendungsbeispiel	125
10.7	Mögliche Vereinfachungen	125
10.7.1	Kein Wissenszeitpunkt	126
10.7.2	Kein fachlicher Wissenszeitpunkt	126
10.7.3	Kein Wissenszeitpunkt für Löschen/Beenden	126
10.7.4	Weniger verwendete Zeitformen	126
10.7.5	Keine Planungsgeschichte	126
10.7.6	Keine Korrekturversionen	126
10.8	Schlussfolgerungen	127
11	Empfehlungen	129
11.1	Anwendung der konzeptuellen Grundlagen	129
11.2	Konzeptbausteine und Notation zur Anwendung in Fachmodellen	129
11.3	Empfehlungen für die Normierung / Normentwurf	130
11.4	Empfehlungen für die Datenerfassung	130
11.5	Empfehlungen zur Software	130
	Anhänge	133
	Glossar	185
	Literaturverzeichnis	189
	Projektabschluss	191
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	195

Zusammenfassung

Ausgangslage und Zweck

Die meisten der für das Strassenmanagement relevanten Informationen beziehen sich auf mindestens einen Zeitpunkt oder einen Zeitraum. Die Zeitaspekte von Strassendaten spielen darum eine wichtige Rolle im Aufbau und in der Nutzung des Strasseninformationssystems.

Zu den Attributen für den Zeitbezug gehören beispielsweise Gültigkeitszeitpunkte und -intervalle, Wissenszeitpunkt, Speicherzeitpunkt. Der Forschungsbericht hält die für die Beschreibung aller temporalen Aspekte nötigen Eigenschaften von Strassendaten in Strasseninformationssystemen fest. Er schafft dadurch eine Grundvoraussetzung für das Erheben, Erfassen, Nutzen und Austauschen solcher Daten.

Das Strasseninformationssystem (SIS) muss zudem kombinierte Fragestellungen über die Aspekte "Was (Sache)", "Wo (Raum)" und "Wann (Zeit)" beantworten können. Fachprozesse, die das SIS nutzen, benötigen in der Regel dazu aktuelle und historische Daten, wie z.B. Verhaltensmodelle für das Erhaltungsmanagement, Prognosen von Verkehrszuständen. Sowohl Forschung und Normierung als auch laufende Projekte stellen heute keine fertigen Lösungen des dargestellten Problems zur Verfügung.

Ziele und Rahmenbedingungen, Anforderungen

Oberstes Ziel des Forschungsprojektes ist die Verbesserung des Nutzens aus bestehenden Strasseninformationssystemen. In diesem Sinn soll dieses Projekt dazu beitragen, die Anforderungen an die Datenstrukturen und an die Funktionen für die Referenzierung auf der Zeitachse und für die Abbildung der zeitlichen Veränderung zu definieren. Ziel ist ein konsistentes und durch Prototyping erhärtetes Gesamtkonzept, das die heutigen Konzepte und Regeln übernimmt und vervollständigt. Das Gesamtkonzept soll Planung, Bau und Betrieb der Infrastruktur unterstützen. Ein weiterer Aspekt ist die konsistente Archivierung von Informationen.

Vorgehen

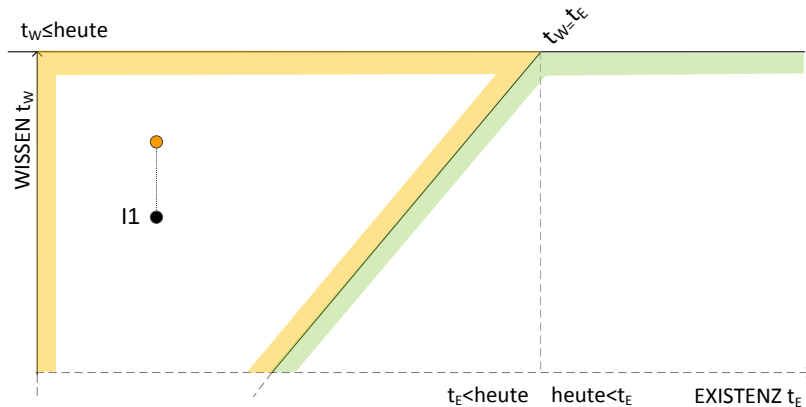
Basierend auf einer Situationsanalyse und der Zielfestlegung werden zuerst die fachliche und die konzeptuelle Modellierung der Zeitaspekte und die Regeln für die Historisierung erarbeitet. Mit einer Prototypisierung wird schliesslich die Umsetzbarkeit dieser Konzepte überprüft.

Konzepte für Zeitaspekte

Die drei Zeitformen "Zeitpunkt", "Zeitraum (Zeitintervall oder Zeitdauer)" und "Zeitreihe" bilden eine Basis für die zu erarbeitenden Konzepte, wobei immer auch die Granularität der Zeitangaben zu berücksichtigen ist. Bei einer Granularität mit der Zeiteinheit "Tag" ist ein Tag ein Zeitpunkt. Bei einer Granularität mit der Zeiteinheit "Stunde" ist ein Tag ein Zeitraum (von Stunde 1 bis Stunde 24).

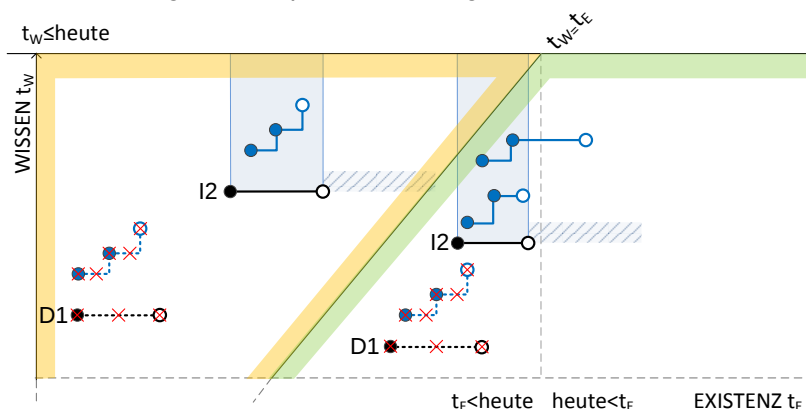
Jede Fachklasse kann einem Zeittyp zugeordnet werden: "Ereignis"-Objekte, bzw. deren Versionen (Korrekturen oder Planungen), besitzen eine Gültigkeit zu einem Zeitpunkt oder während einem Zeitraum; "Status"-Objekte besitzen Zustandsversionen, die sich auf Grund von Ereignissen verändern und jeweils eine Gültigkeit während einem Zeitraum haben. Ein spezieller Zeitaspekt ist der Wissenszeitpunkt. Dieser kann entweder das Wissen des Systems (z.B. Speicherzeitpunkt) oder das Wissen des Fachverantwortlichen darstellen, der für die Korrektheit und Aktualität dieser Information verantwortlich ist. Der Wissenszeitpunkt ist insbesondere bei Auswertungen und beim Datenaustausch relevant.

Die konzeptionellen Betrachtungen im Forschungsprojekt nutzen den so genannten "bitemporalen Raum" mit seinen beiden Achsen der Metrik der zeitlichen Gültigkeit (Abszisse) und der Metrik des fachlichen oder technischen Wissens (Ordinate). Typisch für diesen bitemporalen Raum ist, dass alle Punkte (Kombinationen von Existenz und Wissen) oberhalb der Linie " t (Wissen) = t (Existenz)" den effektiven Zeitraum, und die Punkte unterhalb dieser Linie den geplanten Zeitraum darstellen.



Der Bericht zeigt alle denkbaren Fälle im effektiven und im geplanten Zeitraum bezüglich dem "Einfügen", dem "Löschen" und dem "Beenden" einer Objektversion mit den drei unterschiedlichen Zeittypen.

Der Forschungsbericht zeigt auf, dass eine vollständige Diskussion der temporalen Beziehung in einer so genannten Master-Detail-Beziehung ausreicht, um die Thematik konzeptionell zu behandeln. Sowohl der Master als auch das Detail können von den drei Zeittypen "Ereignis (Zeitpunkt)", "Ereignis (Zeitraum)" und "Status" sein. Dies führt zu 9 unterschiedlichen Master-Detail-Kombinationen, die bezüglich ihrer zeitlichen Beziehungen analysiert und beschrieben werden müssen. Der Bericht zeigt alle Fälle auf. Dabei wird die Existenz der in Beziehung stehenden Objekte für die Fälle der Gleichzeitigkeit, der zeitlichen Überlappung sowie der zeitlichen Abfolge betrachtet. Um dies zu tun, werden zeitliche Bedingungen zwischen Beginn- und Endgültigkeit des Details in Bezug zur Beginn- und zur Endgültigkeit des Masters formuliert und mit Beispielen dokumentiert. Auch für die Darstellung dieser temporalen Abhängigkeiten wird die Darstellung im bitemporalen Raum genutzt.



Zwei konzeptionelle Lösungsansätze sind dabei bemerkenswert. Im ersten Lösungsansatz wird vorgeschlagen, die temporale Beziehung in jedem Falle auf den Objektversionen zu formulieren. Es ist dann Sache der Auswertungsfunktionen zu entscheiden, ob Versionsbeziehungen oder Objektbeziehungen ausgewertet werden sollen. Zusätzlich wird im zweiten Lösungsansatz aufgezeigt, was zu geschehen hat, wenn durch eine Veränderung der Zeitaspekte des Masters oder des Details die zeitliche Konsistenz verletzt wird.

Lösungskonzepte für die "Objektgeschichte"

Die Übersicht über die zur Verfügung stehenden Konzepte zeigt einerseits die zwei unterschiedlichen zeitlichen Entwicklung: stetig (z.B. Fahrbahnzustand) oder nicht-stetig (z.B. ein Knotentyp). Andererseits werden die Anforderungen der expliziten und der impliziten Geschichtsschreibung aufgezeigt. Aus der Kombination dieser Konzepte können alle Fälle abgeleitet werden. Der Bericht zeigt die Fälle auf und gibt Hinweise für deren Nutzung in einem Strasseninformationssystem SIS.

Konzeptionelle und logische Umsetzungsfragen

Das Forschungsprojekt zeigt einerseits die konzeptionellen Aspekte der zu Grunde liegenden Fragestellungen vollständig auf, soll aber andererseits auch mögliche Vereinfachungen und deren Konsequenzen diskutieren. Die folgenden Vereinfachungen werden identifiziert und mit ihren Konsequenzen dokumentiert, z.B.:

- Nur Existenzzeitpunkte (keine fachlicher Wissenszeitpunkt, kein Speicherzeitpunkt): Das SIS stellt (monotemporal) nur die aktuell gültige Existenz-Zeit zur Verfügung.
- Nur Speicherzeitpunkt (kein fachlicher Wissenszeitpunkt): Zeitdifferenzen zwischen dem Fachwissen und dem Speichern sind nicht auswertbar.
- Keine "Korrektur"-Versionen: Die Korrekturgeschichte fehlt.

Im Hinblick auf Lösungsansätze für die logische Ebene (der Umsetzung) werden die folgenden Aspekte diskutiert: Aufbauen von temporalen Beziehungen mit Hilfe von Assoziationsklassen, Führen der Endgültigkeit für alle Statusversionen sowie Betrachten von Zeitpunkt-Ereignissen als Intervall-Ereignisse. Zudem werden versionen-zusammenfassende, nicht-temporale Objekte und die Vererbung der Historisierung über Master-Detail-Beziehungen hinweg diskutiert.

Konzeptbausteine

Um ein Klassenmodell unter Berücksichtigung der dargestellten Konzepte und temporalen Aspekte zu entwerfen, bedarf es zusätzlicher Elemente. Dazu werden im Bericht erweiternde UML-"Stereotypes" vorgeschlagen und deren Nutzung im Klassenmodell aufgezeigt. Zudem wird gezeigt, wie die Erhaltung der zeitlichen Konsistenzbedingungen von Objektklassen und von Assoziationen mit OCL (Object Constraint Language) geregelt werden kann. Es werden auch Methoden für die Verwaltung und Auswertung der Zeitaspekte diskutiert und im bitemporalen Raum dargestellt.

Realisierung Prototyp

Die Realisierung des Prototypen hat gezeigt, dass auch eine umfassende temporale Modellierung umsetzbar ist. Die vorgeschlagenen Vereinfachungen der temporalen Modellierung (z.B. Verzicht auf den fachlichen Wissenszeitpunkt) verringern den Realisierungsaufwand einer Software (Daten und Verwaltungsfunktionen) nur minimal. Die eigentliche Herausforderung besteht in folgenden Punkten:

- Intuitive Darstellung und Auswertung der temporalen Aspekte für den Benutzer: wie sollen zum Beispiel dem Benutzer unterschiedliche Planungsvarianten einer Planung dargestellt werden? Die Realisierung intuitiver Benutzeroberflächen und Auswertungen unter der Berücksichtigung temporaler Aspekte ist aufwändig.
- Der Aufwand für die Pflege und Nachführung von Zeitaspekten, welche nicht automatisch erfolgen ist hoch.

Empfehlungen

Der Bericht liefert eine systematische und umfassende Beschreibung der Zeitaspekte und Historisierung als Grundlage für die Modellierung von Informationssystemen. Die Machbarkeit und Nutzbarkeit sind durch die Realisierung eines Prototyps nachgewiesen. Es wird empfohlen, die wesentlichen Ergebnisse als Norm zu publizieren und anzuwenden.

Résumé

Situation et objet du projet

La plupart des informations importantes pour la gestion des routes se réfère au moins à un instant donné ou à un intervalle de temps. De ce fait les aspects temporels jouent un rôle important dans la mise en œuvre et l'exploitation du système d'information de la route.

Aux attributs de la référence temporelle on associe par exemple les validités ponctuelles et les intervalles de validité, la date de connaissance, la date de saisie. Le rapport de recherche définit les propriétés nécessaires à la description des aspects temporels des données routières dans les systèmes d'informations de la route. Le rapport constitue en ce sens un prérequis pour le levé, la saisie, l'exploitation et l'échange de telles données.

Le système d'information de la route (SIR) doit également pouvoir répondre aux questions combinées sur les aspects du "quoi (chose)", "où (espace)" et "quand (temps)". Les processus métiers qui utilisent le SIR ont généralement besoin pour cela de données actuelles et historiques comme par exemple de modèles de comportement pour la gestion de la maintenance ou de pronostics d'états du trafic. Ni la recherche et la normalisation, ni les projets en cours n'offrent de solutions clés en main à ce problème.

Objectifs et conditions cadre, exigences

L'objectif principal du paquet de recherche est l'amélioration de l'utilité des systèmes d'informations de la route. En ce sens le projet doit contribuer à la définition des exigences pour les structures de données et les fonctions nécessaires au référencement temporel et à la description des évolutions dans le temps. L'objectif du projet est un concept général cohérent, validé par un prototype, reprenant les concepts et les règles existants en les complétant. Le concept général doit supporter la planification, la réalisation et l'exploitation de l'infrastructure. Un autre aspect concerne l'archivage cohérent des informations.

Démarche

En partant d'une analyse de la situation et de l'objectif à atteindre on effectue en premier la modélisation métier et la modélisation conceptuelle des aspects temporels et des règles pour l'historisation. La mise en œuvre pratique de ces concepts est ensuite validée à l'aide d'un prototype.

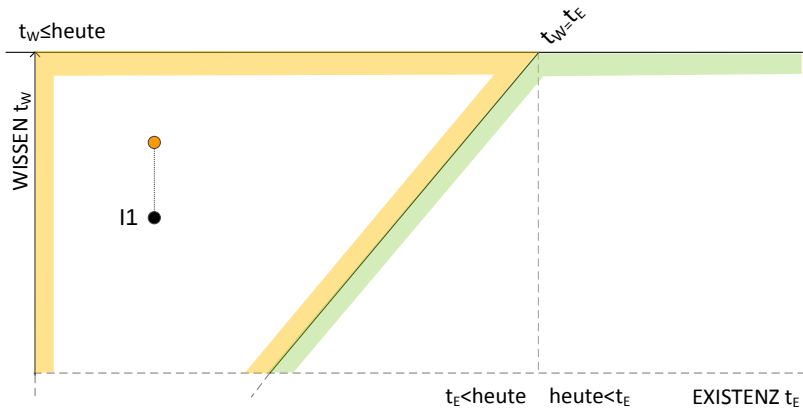
Concepts pour aspects temporels

Les trois formes de temps "ponctuel", "intervalle" (intervalle de temps ou durée) et "série temporelle" constituent la base sur laquelle vont être développés les concepts. Il faut cependant toujours tenir compte de la granularité de l'unité temporelle. Avec une granularité d'unité temporelle "jour", le jour est de forme "ponctuelle". Avec une granularité d'unité temporelle "heure" le jour est de forme "intervalle" (depuis l'heure 1 jusqu'à l'heure 24).

A chaque classe métier peut être associée un type temporel: les objets de type "événements" respectivement leurs versions (corrections ou planifications) possèdent une validité à un instant donné ou sur un intervalle de temps; les objets de type "état" possèdent des versions d'état qui se modifient en fonction d'événements et ont une validité sur un intervalle de temps.

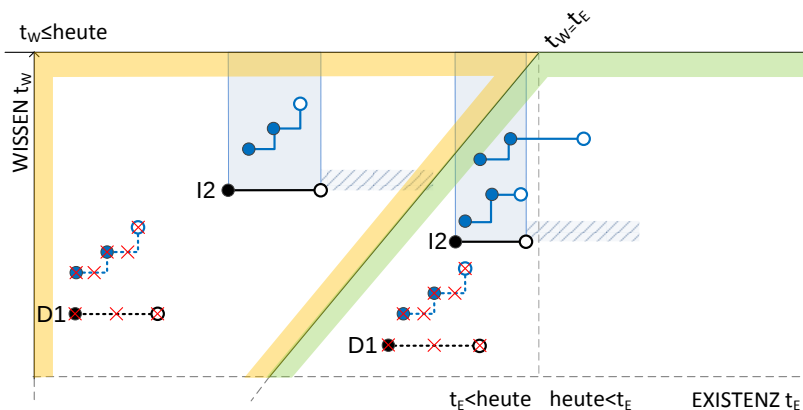
La date de connaissance est un aspect temporel particulier. Il peut représenter soit la connaissance du système (date de saisie) ou la connaissance du responsable métier qui est responsable de la justesse et l'actualité de l'information. La date de connaissance est utile en particulier lors de traitements ou lors de l'échange de données.

Les concepts du projet de recherche utilisent "l'espace bi-temporel" avec en abscisse la validité temporelle et en ordonnée la connaissance métier ou technique. Cet "espace bi-temporel" se distingue par le fait que tous les points (combinaison entre existence et connaissance) situés au-dessus de la droite " $t(\text{connaissance}) = t(\text{existence})$ " représentent l'espace temporel effectif tandis que tous les points au-dessous de la droite représentent l'espace temporel planifié.



Le rapport présente dans l'espace temporel effectif et planifié l'ensemble des cas imaginables pour "insérer", "effacer" ou "terminer" une version d'un objet pour les trois types temporels.

Le rapport de recherche démontre qu'il est suffisant de traiter complètement les relations temporelles sur une liaison de type "maître-détail" pour couvrir la thématique au niveau conceptuel. Le "maître" et le "détail" peuvent être des trois types temporels "événement (ponctuel)", "événement (intervalle)" et "état". Il en résulte 9 combinaisons différentes de relations "maître-détail" qui doivent être analysées et décrites par rapport à leur relation temporelle. Le rapport décrit tous les cas d'existence des objets mis en relation en considérant la simultanéité, le recouvrement temporel ainsi que de la séquence temporelle. Pour traiter les cas on définit des contraintes temporelles entre les débuts et fin de validité du "détail" et les débuts et fin de validité du "maître". Celles-ci sont documentées à l'aide d'exemples. On utilise également l'espace bi-temporel pour représenter ces relations temporelles.



Deux solutions conceptuelles sont particulièrement remarquables. La première solution propose de définir dans tous les cas la relation temporelle sur les versions des objets. Le choix d'utiliser les relations entre les versions des objets ou entre les objets est alors délégué aux fonctions de traitements. La deuxième solution propose les actions à entreprendre lorsque par une modification des aspects temporels du "maître" ou du "détail" des règles de cohérences sont violées.

Solutions conceptuelles pour l'historique d'un objet

L'aperçu des concepts disponibles montre d'une part les deux différentes évolutions temporelles: continue (par ex. l'état de la chaussée) ou discontinue (par. ex. type de nœud) et d'autre part les exigences de l'historisation explicite et implicite. En combinant

ces deux concepts il est possible d'en déduire l'ensemble des cas. Le rapport décrit les cas et donne des indications pour l'utilisation au sein d'un système d'information de la route.

Questions conceptuelles et logiques pour la mise en œuvre

Le projet de recherche présente d'une part les aspects conceptuels liés aux questions fondamentales de manière exhaustive et traite d'autre part les simplifications possibles ainsi que leurs conséquences. Le projet a identifié les simplifications suivantes et documenté leurs conséquences:

- Uniquement date d'existence (pas de date de connaissance métier, pas de date de saisie): Le SIR (mono temporel) met à disposition uniquement la date d'existence actuelle validée.
- Uniquement date de saisie (pas de date de connaissance métier): il n'est pas possible de traiter les différences temporelles entre la date de connaissance métier et la saisie.
- Pas de version "correction": l'historique des corrections n'est pas disponible.

Dans l'optique de solutions au niveau logique (réalisation) les aspects suivants sont discutés: mettre en œuvre les relations temporelles à l'aide de classes associatives, gérer la fin de validité pour toutes les versions "état" et traiter les événements ponctuels comme des événements intervalles. Des solutions prenant en compte des objets non historisés regroupant les versions et la propagation de l'historisation sur plusieurs niveaux de relations "maîtres-détails" sont également discutées.

Eléments conceptuels

Des éléments supplémentaires sont nécessaires pour créer un modèle de classe tenant compte des concepts et des aspects temporels. Le rapport propose pour cela des extensions sous forme de stéréotypes UML et en montre l'utilisation dans le modèle de classe. Le rapport montre également comment à l'aide d'OCL (Object Constraint Language), il est possible de garantir l'intégrité temporelle des classes d'objets et des relations. Des méthodes pour la gestion et le traitement des aspects temporels sont aussi discutées et illustrées dans l'espace bi-temporel.

Réalisation du prototype

Le prototype a démontré qu'il est possible de réaliser une modélisation temporelle exhaustive. Les simplifications proposées dans la modélisation temporelle n'apporte (par exemple le fait de renoncer à la date de connaissance métier) ne réduisent que faiblement l'effort nécessaire à la réalisation d'un logiciel (données et fonctions de gestion). Les vrais challenges résident dans les points suivants:

- Représentation traitement des aspects temporels de façon intuitive pour l'utilisateur: Comment doivent être représentés à l'utilisateur différentes versions planifiées d'une même planification? La réalisation d'interfaces utilisateur intuitives et de traitements en tenant compte des aspects temporels demande beaucoup d'effort.
- L'effort pour la gestion et la mise à jour des aspects temporels qui ne peuvent pas être automatisés est grand.

Recommandations

Le rapport livre une description systématique et exhaustive des aspects temporels et d'historisation comme base pour une modélisation de systèmes d'information. La faisabilité et l'utilité ont été démontrées par le prototype. Il est recommandé de publier une norme avec les résultats majeurs et de les appliquer.

Summary

Background and Scope

The relevant information for the road management pertains, for the most part to a single time point or to a time interval. The temporal aspects of road data play therefore an essential role in the development and utilization of road information systems.

The temporal attributes comprise time points or intervals in which the information is valid, the assertion time and the transaction time. The research report addresses the essential temporal aspects of data in road information systems and furnishes a basis for collecting, recording, using and exchanging such data.

The road information system has to be able to provide answers to combined "what (object)", "where (space)" and "when (time)" inquiries. In general, the information system aided processes in the road management require both current and historical data, such as maintenance management models and traffic conditions forecasts. Today, neither standards nor research projects provide ready-to-use solutions for the described problem.

Goals, Conditions and Requirements

The primary goal of this research project is to increase benefits of existing road information systems. In this context, the requirements both for data structures and functions are documented, which allow for temporal referencing and for the visualisation of changes over time. This implies a consistent overall concept, which adopts and enhances existing concepts and rules. The proof of this overall concept is provided by a prototype, which is developed in course of this project. The developed concept has to support the infrastructure planning, constructing and operational objectives, as well as the consistent archiving of information.

Approach

Firstly, based on as-is analysis and above objectives, the semantic and conceptual modelling of temporal aspects and the historization rules are developed. The prototype is then developed to verify the feasibility of these concepts.

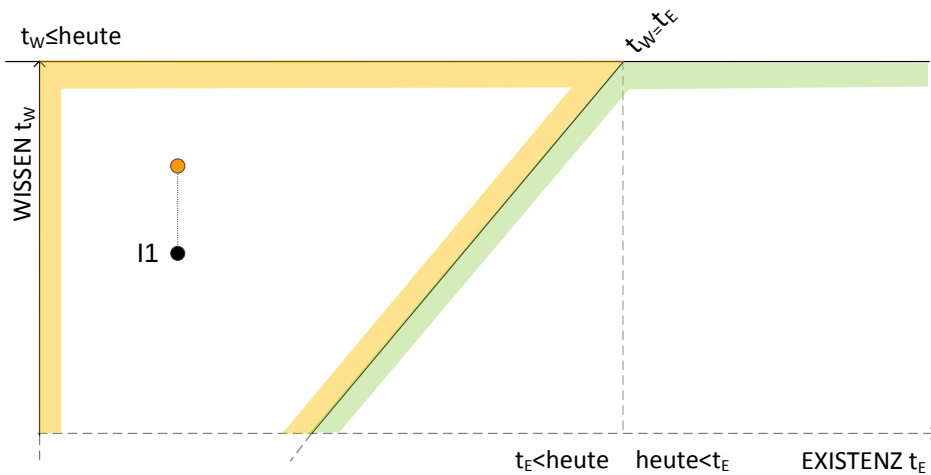
Concept of Temporal Aspects

The three types of time: "time point", "time interval" and "time series" provide a basis for the concepts to be developed, taking into account the granularity of the time information. The granularity refers to the smallest time unit. The day is a time point for the granularity with the time unit "day" and a time interval for the granularity with the time unit "hour".

One of the above-mentioned types of time can be assigned to each object class: An "event"-object, including its various versions (corrections or planning), are valid at a specified time point within a time interval; A "state" objects or rather their versions, which are modified by events are valid during a given time interval.

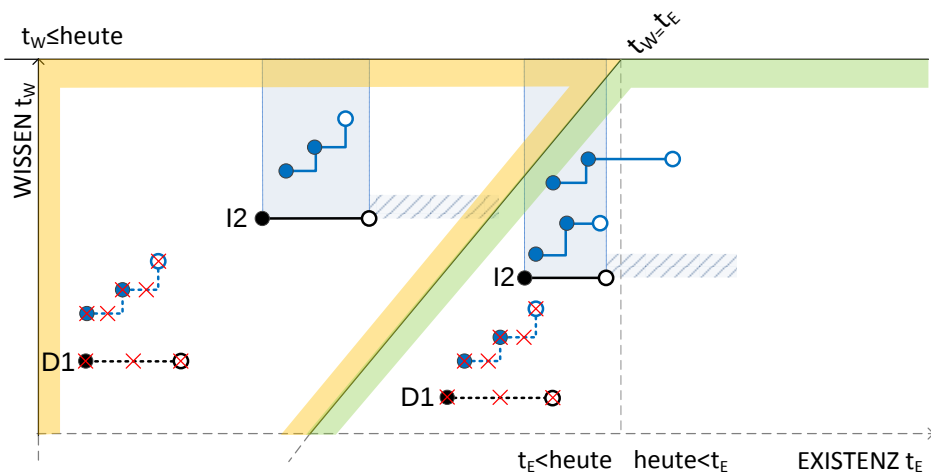
A specific temporal aspect is the assertion time. It specifies either the information availability in the system (storage) or to the actors responsible for its correctness and timeliness. The assertion time is especially relevant for the reporting purposes and data exchange.

The conceptual approach in this research project make use of so-called "bi-temporal space" with its two axes: temporal validity (abscissa) and actor-specific or technical knowledge (ordinate). In this "bi-temporal space" all points (combination of existence and knowledge) located above the line where " t (knowledge) = t (existence)" represent effective time half space, while points below the line represent planning time half space.



The report describes all possible cases of effective and planning time with reference to “inserting”, “deleting” and “ending” an object-version for the three different types of time.

The research report shows that a so-called master-detail-relationship is sufficient to handle temporal relations conceptually. Both the “master” and the “detail” can be of any of the three types of time: “Event (time point)”, “Event (time interval)” or “State”. This gives nine combinations that are described and analysed in terms of their temporal relations. The report illustrates all nine cases and considers simultaneity, overlapping and succession in time between the “master” and “detail”. To do this, the temporal conditions between beginning and end of the validity of the “detail” are put into relation to the beginning and end of the validity of the “master” and documented with examples. The illustration of the temporal dependencies is presented below in bi-temporal space.



Two conceptual approaches are worth mentioning. In the first approach, the temporal relationship should be formulated among the object versions. It is up to the query function to decide whether the relationships between the versions or those between the objects should be evaluated. In second approach the first approach is enhanced with, the procedure to remedy temporal inconsistency due to the change of the temporal aspects of either “master” or “detail”.

Approaches for “Object History”

An overview of the available concepts shows two different developments in time: continuous (for example, the condition of a road surface) or discontinuous (for example, the type of node). On the other hand, the overview shows the requirements of both explicit and implicit historization. All possible cases can be derived from the combination

of these concepts. The report illustrates these concepts and gives recommendation for their use in a road information system.

Conceptual and Logical Considerations Related to Implementation

The research project aims show the conceptual aspects of the underlying problems as well as to discuss possible simplifications and their consequences. The following simplifications were found and documented accordingly.

For example:

- No assertion time: the road information system only provides (mono-temporally) the current valid existence time.
- No actor assertion time (only transaction time): time difference between assertion time and the transaction time.
- No "correction" versions: the time trace of the corrections is missing.

The following aspects are discussed with reference to the implementation logic: building temporal relationships with association classes, including the end of validity of all state versions and considering events' time points as interval. In addition, the version-overlapping, non-temporal objects, and the inheritance of historization beyond master/detail are discussed.

Conceptual Building Blocks

It takes additional elements to design a class model that includes the concepts and temporal aspects presented above. Hence the report suggests extended UML stereotypes and shows how they can be used in the class model. In addition, the report shows how to manage the consistency requirements of object classes and associations using OCL (Object Constraint Language). The report also discusses methods for managing and exploiting temporal aspects and illustrates them in bi-temporal space.

Prototype Implementation

The proof-of-concept prototype shows that a comprehensive temporal modelling can be implemented. Technically, temporal concepts can be implemented without restriction. It is shown that the implementation effort cannot be significantly reduced by the temporal model simplification. The real challenges are the following:

- The intuitive representation and reporting of the temporal aspects for the user: For example, how should temporally different planning options be represented? The implementation of intuitive user interface and reporting considering temporal aspects proved to be time intensive.
- The maintenance and updating of temporal aspects that cannot be automatically executed requires considerable effort.

Recommendations

The report gives a systematic and comprehensive explanation of temporal aspects and of historization as a basis for modelling of information systems. Feasibility and usability have been proven by a prototype. Therefore, it is recommended that the essential results of the research should be published as a standard and applied as such.

1 Einleitung

1.1 Gegenstand

Die meisten der für das Strassenmanagement relevanten Informationen beziehen sich auf mindestens einen Zeitpunkt oder einen Zeitraum unserer Zeitrechnung. Sowohl der Zeitbezug als auch andere Zeitaspekte der den Strassendaten zu Grunde liegenden Informationen spielen darum eine wichtige Rolle im Aufbau und in der Nutzung des Strasseninformationssystems.

Die Zeitaspekte von Strassendaten werden im Strasseninformationssystem umgesetzt in:

- Attribute für Aspekte des Zeitbezugs
- Datenstrukturen und Regeln für die Geschichtsschreibung

Die gemeinsamen Anforderungen an die Zeitaspekte, d.h. Zeitattribute und Geschichtsschreibung, werden in Kapitel "5 Anforderungen" dargestellt.

Zu den Attributen für den Zeitbezug gehören beispielsweise: Gültigkeitszeitpunkte resp. -intervalle, Wissenszeitpunkt, Speicherzeitpunkt usw. Die Lösungskonzepte für diese Attribute werden in "6 Konzepte für Zeitaspekte" erläutert.

Die Lösungen und deren Umsetzung für die Geschichtsschreibung werden in "7 Lösungskonzepte für die "Objektgeschichte"" erläutert.

1.2 Zweck

Der Forschungsbericht legt alle erforderlichen Elemente für Zeitaspekte von Strassendaten in Strasseninformationssystemen fest. Er schafft dadurch eine Grundvoraussetzung für das Erheben, Erfassen, Nutzen und Austauschen solcher Daten.

Der Forschungsbericht soll den Beteiligten und Betroffenen im Bereich des Strasseninformationssystems die Grundlagen liefern für

- das Erarbeiten von Konzepten für Strassendatenbanken, als Fundament des Informationssystems für das Strassenmanagement im Allgemeinen und für das Erhaltungsmanagement im Besonderen,
- das Erarbeiten allgemeiner konzeptueller Grundlagen, z.B. für die Erhebung von Strassendaten,
- die Kommunikation betreffend zeitlichen Aspekten von Strassendaten mit Benutzern und Entscheidungsträgern
- und die Erarbeitung der entsprechenden Norm SN 640'910-2

1.3 Geltungsbereich

Die Ergebnisse in diesem Bericht gelten für alle Strassen, deren Daten in Strasseninformationssystemen gemäss der Normenreihe «Strasseninformationssystem» mit den Normen SN 640'910 ff. zu verwalten sind.

2 Situationsanalyse

2.1 Ausgangslage

Ein Strasseninformationssystem SIS muss in der Lage sein, auf Grund der gespeicherten Daten eine Vielzahl von Fragestellungen zu beantworten. Ein sehr grosser Teil dieser Fragestellungen sind zeitbezogen. Die nachfolgend beschriebenen Aspekte spielen in diesem Zusammenhang eine massgebende Rolle.

Daten des SIS weisen in der Regel mehrere Bezüge auf der Zeitachse auf (Zeitaspekte), die für den Benutzer von hoher Relevanz und damit Nutzen sind:

- **Die zeitliche Gültigkeit der fachlichen Aussage**
Der Nutzen dieses Zeitaspekts ist klar: Damit wird die Existenz der Information zugrunde liegenden effektiven oder geplanten Fakts dokumentiert (wann war der Fakt in der Realität zu erkennen oder wann wird er zu erkennen sein?).
- **Der Wissenszeitpunkt des Prozesses**, d.h. seit wann ist die Information (sind die Daten) dem Prozess bekannt, der für die Korrektheit und Aktualität dieser Information verantwortlich ist.
Dies ist darum wichtig zu wissen, weil erst ab diesem Zeitpunkt die Entscheide im Strassenmanagement unter Berücksichtigung der Informationen, resp. Daten dieses Objekts getroffen wurden. Dieses Datum ist, unabhängig vom Speicherdatum des Datensatzes in der Strassendatenbank, also dem Wissenszeitpunkt des Systems, das insbesondere bei Erst- oder Nacherfassungen in der Regel erst viel später ist.
Der Nutzen dieser Information ergibt sich aus den Funktionen "Entscheidungsunterstützung" und "Erhaltungsplanung" eines SIS: Vor diesem Zeitpunkt wurden die Entscheidungen ohne dieses Wissen gefällt, nachher wurden sie mit diesem Wissen gefällt. Zudem muss diese Information nutzbar sein, um eine vollständige Historisierung durchführen zu können.
- **Der Wissenszeitpunkt des Systems** (Speicherzeitpunkt resp. Änderungszeitpunkt), d.h. ab wann konnten Auswertungen inklusive dieser Information erzeugt werden?
Der Nutzen zeigt sich, wenn Auswertungen aus dem SIS gemacht werden: Erst nach dem Speicherdatum erfolgen Auswertungen aus dem SIS unter Berücksichtigung dieser Information.
- Von Bedeutung kann auch der **Zeitpunkt der Prüfung der Qualität der Information** sein: Dabei geht es im Wesentlichen um das Wissen der fachlichen Korrektheit der gespeicherten Information gegenüber der Realität.
Der Nutzen ist sehr gross, da auf Grund falscher Information auch falsche Schlüsse gezogen resp. falsche Massnahmen geplant und damit auch falsche Investitionen getätigt werden.

Das SIS muss kombinierte Fragestellungen über die Aspekte "Was (Sache)", "Wo (Raum)" und "Wann (Zeit)" beantworten können. Fachprozesse, die das SIS nutzen, benötigen in der Regel dazu aktuelle und historische Daten, wie z.B. Verhaltensmodelle für das Erhaltungsmanagement, Prognosen von Verkehrszuständen.

Für viele Daten muss dem SIS sowohl die Grösse als auch die Art der zeitlichen Veränderung bekannt sein => Geschichtsschreibung der Information.

Zeitbezüge und Historisierung müssen einheitlich geregelt werden (Normung), damit Daten in Auswertungen fachlich korrekt kombiniert werden können.

Gegenstand der Forschung ist die ergänzende Vervollständigung eines Gesamtkonzepts, d.h. die Definition der Anforderungen an die Datenstrukturen und an die Funktionen für die Referenzierung auf der Zeitachse, für die Abbildung der zeitlichen Veränderung sowie die spätere Auswertung.

Auch Ansätze für Teilhistorisierungen (z.B. ohne Wissenszeitpunkt) sind Gegenstand der Forschung. Dazu gehören qualitative und quantitative Beschreibungen mit Vor-/Nachteilen sowie eine Empfehlung, wann was sinnvoll ist unter Berücksichtigung der Kosten/Nutzen in Realisierung und Betrieb.

Weiterhin werden Aussagen erwartet zur Frage "Welche Informationsobjekte, resp. Gruppen von Informationsobjekten wenden welche Historisierungskonzepte an?".

Die Positionierung des Forschungsthemas in der Gesamtarchitektur zeigt die nachstehende Figur.

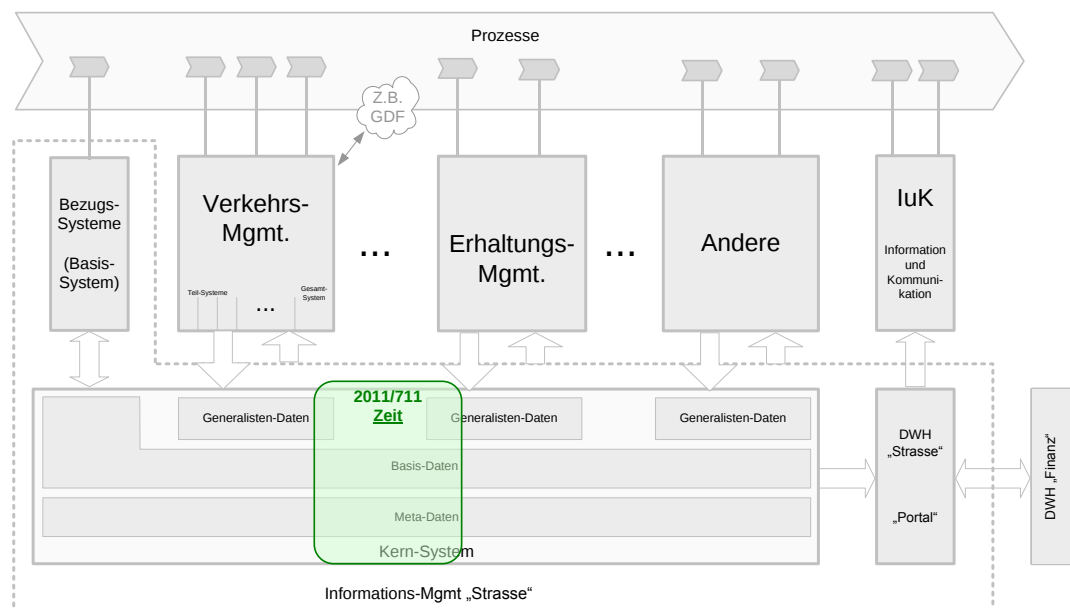


Abb.1 Gesamtarchitektur Strasseninformationssysteme

Der vorliegende Forschungsbericht ist das Teilergebnis eines Forschungspakets. Es tauscht Ergebnisse mit zwei anderen Forschungsprojekten des Forschungspakets aus.

Aus der Situationsanalyse des Forschungsprojekts "VSS 2001/716 - Schnittstellen Auswertungen" werden Anforderungen an die Zeitaspekte geliefert. Insbesondere gilt es, in Abhängigkeit des Auswertungsziels (aktuelle Situation, zeitliche Entwicklung usw.), die entsprechenden Eigenschaften der Zeitaspekte und der Historisierung auf der Schnittstelle zur Verfügung zu stellen. Diese Anforderungen werden im vorliegenden Forschungsprojekt im Arbeitspaket "Situationsanalyse und Ziele" berücksichtigt.

Für das Forschungsprojekt "VSS 2011/713 Transformationskonzepte" liefert der vorliegende Forschungsbericht die Grundlagen für die Behandlung der Zeitaspekte und Historisierung. Diese Grundlagen sollen bei der Erarbeitung von Transformationskonzepten berücksichtigt werden.

Im Arbeitspaket "Konzept" sind die Arbeiten mit dem zu erarbeitenden Regelwerk im Forschungsprojekt "VSS 2011/714- Bedingungen für die Semantik erhaltende Transformation" zu koordinieren. Dabei gilt es insbesondere die Einflüsse der Zeitaspekte und der Historisierung auf die Transformationsregeln zu beurteilen und abzustimmen. (Hinweis: Da dieses Forschungsprojekt noch nicht initialisiert worden ist, fällt diese Abstimmung dahin.)

2.2 Stand Forschung

An der grundsätzlichen Fragestellung wird weltweit geforscht. Erwähnenswert an dieser Stelle sind die Projekte im Rahmen der europäischen INSPIRE-Initiative, welche zu einer europäischen Geodaten-Basis mit integrierten raumbezogenen Informationsdiensten führen soll. Die entsprechende Richtlinie 2007/2/EG zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft ist eine wichtige Grundlage für dieses Projekt. Des Weiteren bieten die Arbeiten von Snodgrass ([32] und [33]), Worboys ([42]), Peuquet ([46]) zur raum-zeitlichen Datenhaltung, insbesondere zu vektorbasierten raum-zeitlichen Modellen, eine gute Grundlage zur Weiterentwicklung.

In der Forschung werden temporale Beschreibungselemente gesucht, um die zeitliche Entwicklung eines Fakts zu beschreiben. Es wird allgemein in eine diskrete und kontinuierliche Beschreibung der Veränderung unterschieden. Die kontinuierliche Beschreibung findet Anwendung in der Simulation von Vorgängen (in Echtzeit). Diese sind aber in einem Strasseninformationssystem kaum oder nicht von Bedeutung. Ein Strasseninformationssystem stützt sich viel mehr auf Beobachtungen zu diskreten Zeitpunkten (Ereignis). Der Zeitraum zwischen zwei Beobachtungen wird entweder als konstant angenommen (→ Status) oder mit einer Funktion interpoliert (oder extrapoliert). In mehreren Grundlagen wird deshalb auch der Vorschlag gemacht, für die Beschreibung der Inhalte "Ereignisse und Status" anzuwenden.

Auch in verschiedenen Forschungsberichten wird unterschieden zwischen der Gültigkeit eines Fakts und der Transaktionszeit (z.B. Snodgrass). Die Gültigkeit beschreibt die Existenz der Information (z.B. Beginn Gültigkeit einer Baustelle und Endgültigkeit einer Baustelle), die Transaktionszeit die Verfügbarkeit in einem Informationssystem (von Speicherdatum bis Löschedatum). Für die Notation solcher temporalen Klassen wird aufbauend auf nicht temporalen Klassen eine Spezialisierung eingeführt.

Weniger beachtet wird in der aktuellen Forschung die Beziehung zwischen temporalen Klassen. Oft wird zwar eine entsprechende Notation eingeführt, diese vielleicht auch noch mit zeitlichen Attributen versehen. Es werden jedoch kaum allgemein gültige Regeln für die zeitliche Konsistenz zweier temporal in Abhängigkeit stehender Klassen formuliert. Gerade dieser Aspekt ist aber bei Strasseninformationssystemen von zentraler Bedeutung.

In der Forschung im Geodatenbereich wird oft ein anderer Ansatz von Historisierung verwendet. Über die Zeit werden Daten gesammelt und in einen zeitlich-räumlichen Kontext gebracht. Durch Vergleich von zwei oder mehr Zeitständen werden temporale Auswertungen (an einem Ort) möglich (z.B. wie hat sich die bebaute Fläche einer Gemeinde entwickelt). Weniger im Vordergrund steht hier die Geschichtsschreibung eines einzelnen Objekts (z.B. Gebäude).

Die Forschungsergebnisse für die Modellierung von temporalen Klassen finden bis heute kaum Eingang in die Basissoftware der Systemlieferanten (ESRI, ORACLE, IBM und andere). Sie werden allenfalls bei Entwicklungen berücksichtigt, dann aber jeweils proprietär umgesetzt. Ein Grund dafür ist sicher die Komplexität bei einer umfassenden Betrachtung der Zeitaspekte und Historisierung. Für eine Fragestellung wird jeweils versucht, die Komplexität zu entfernen, indem nur der konkrete Fall behandelt wird.

Etwas anders sieht es bei der "Snapshot"-Historisierung aus. Hier wird anstelle einer lückenlosen Beschreibung des zeitlichen Zustands und der Veränderungen nur ein aktueller Datenstand gepflegt. Dieser wird jedoch in regelmässigen Abständen (jährlich, monatlich, täglich, bei jeder Änderung) gesichert. Die Veränderungen können dann durch Vergleich der jeweiligen Stände ermittelt werden. Im Geodatenbereich hat sich diese Art von Historisierung durchgesetzt, da sie sehr einfach umsetzbar ist. Eine echte Historisierung von Infrastrukturobjekten ist mit dieser Lösung aber nur mit viel Aufwand umsetzbar.

2.3 Stand Normen und Standards

Im Bereich der Normung von SIS verweisen wir insbesondere auf:

- SN 640'909 SDB Grundlagen, enthält sehr grobe Aussagen zum Zeitbezug (August 1990)
- SN 640'940 SDB Datenkataloge, Grundnorm, enthält Grundsätze (November 1993)

Die in den Normen erarbeiteten Grundsätze werden in den Anwendungen STRADA und MISTRA angewendet. Typische Merkmale sind

- die Unterscheidung in Ereignis, Aktivität, Zustand resp. Status,
- die Beschreibung des Gültigkeitsintervalls mit Beginn- und Endgültigkeit,
- die Möglichkeit der Versionierung von Zuständen,
- die Einführung des Wissenszeitpunkts für die Dokumentation des Wissensstands,
- die Unterscheidung in einen effektiven und einen geplanten Zeitraum (Prognose).

Basierend auf diesen Grundlagen wurden die Fachdatenkataloge aufgebaut. In der Zwischenzeit wurden durch verschiedene Forschungsarbeiten weitere Erkenntnisse im Bereich der Zeitaspekte und der Historisierung gewonnen, welche diverse Teilgebiete abdecken. Sie sind aber noch nicht in ein konsistentes Gesamtkonzept überführt worden.

In Deutschland wird für die Strasseninfrastruktur die Anweisung Strassendatenbank (ASB) als Grundlage angewendet. Sie beschreibt die Fachregeln zur Definition der Infrastrukturobjekte. Für den Datenaustausch zwischen Strasseninformationssystemen ist der Objektkatalog Strasse (OKSTRA) massgebend. Konzeptionell werden die Objekte inklusive ihren temporalen Eigenschaften gemäss ASB ähnlich beschrieben wie es auch in den SN zu finden ist. Interessant ist die Erweiterung "Historisierung" im Austauschschema gemäss OKSTRA. Gemäss diesem Austauschschema werden nicht einfach veränderte Objekte ausgetauscht, sondern die Veränderungen sind an ein Ereignis geknüpft. Dank dieser Erweiterung kann eine Veränderung vom empfangenden System oft einfacher interpretiert werden.

Für die Modellierung auf der konzeptionellen und auf der logischen Ebene werden heute die Sprachen UML und SQL weit verbreitet eingesetzt.

Für beide Sprachen finden sich in der Literatur Vorschläge für die Beschreibung von temporalen Klassen, Beziehungen und Transaktionen. So wurde bereits in den 90er Jahren ein Vorschlag TSQL2 gemacht. Dieser Vorschlag wurde aber aus verschiedenen Gründen nie von der ISO SQL aufgenommen. Erst mit SQL:2011 wurden temporale Aspekte in SQL integriert. SQL:2011 berücksichtigt sowohl die Anforderungen für die Abbildung von der fachlichen Gültigkeit (wird bei SQL:2011 "application-time" genannt) als auch den Wissensstand des Systems (system-time). SQL:2011 setzt voraus, dass der Wissensstand des Systems auf den Transaktionszeitpunkten basiert und ausschliesslich durch das System automatisch gepflegt wird. Für die Beschreibung sowohl der fachlichen Gültigkeit als auch der Systemgültigkeit wird immer ein Zeitintervall (Von – Bis) verwendet. Die Anwendung kann unitemporal oder auch bitemporal erfolgen. Für die Konsistenzprüfung (zum Beispiel zeitliche Überlappung) und die zeitlichen Abfragen stellt SQL:2011 eine entsprechende Syntax zur Verfügung. Die temporalen Erweiterungen von SQL:2011 kommen ohne die Definition von zusätzlichen Datentypen aus, sie sind über Metadaten der Tabellen umgesetzt. Es wurde darauf geachtet, dass die temporalen Aspekte ohne neue Syntax abgebildet werden kann. Damit erhofft man sich, dass sich diese Erweiterung kostengünstig implementieren lassen. Konkrete Umsetzungen von diesen Möglichkeiten sind aber immer noch kaum zu finden.

2.4 Stand der Anwendungen und Projekte

Der Einsatz von existierenden Normen und Industrie-Standards hilft heute schon, näher an das Ziel der optimalen Zeitaspekte und der fachlich korrekten Historisierung zu gelangen. Im Besonderen können die folgenden Fakten erwähnt werden:

- Heutige Konzepte des Zeitbezugs (Gültigkeit und Wissenszeitpunkt) und heutige Typen "Ereignis (und Aktivitäten)" und "Zustand" werden in den SIS genutzt.
- Daten der SIS in CH und im Ausland besitzen zeitliche Referenzierung (Zeitbezug).
- In CH und im Ausland sind auch Auswertungen über historisierte Daten möglich.
- Für die konkrete Umsetzung können aber immer nur die Lösungskonzepte der verschiedenen Lieferanten von Basissoftware direkt für die Abbildung der Zeitkonzepte für SIS verwendet werden. Es müssen in der Regel die konzeptuellen Vorgaben spezifisch implementiert werden. Im Idealfall können Bausteine der Basissoftware genutzt werden; dies ist jedoch eher selten der Fall.

In der Schweiz ist das vom ASTRA bereitgestellte System MISTRA (respektive einzelne Fachapplikationen davon) weit verbreitet. Das Historisierungskonzept von MISTRA berücksichtigt eine bitemporale Datenhaltung. Die Zeitachsen sind:

- Fachliche Gültigkeit (Existenz) der Information
- Wissensstand: Prozess (als Zeitpunkt des Wissens über die fachliche Existenz) und System (Transaktionszeitpunkte)

Das Historisierungskonzept von MISTRA weist folgende Merkmale auf:

- Bei der fachlichen Gültigkeit unterscheidet MISTRA zwischen zeitlich punktuellen Ereignissen, Informationen mit einer zeitlichen Ausdehnung und Informationen, welche über die Zeit versioniert werden.
- Bei der Nachführung von Informationen wird in der Regel versioniert (Korrekturversionen und fachliche Versionen).
- Referenzielle Beziehungen werden über Objektversionen aufgebaut.
- Bei der Prüfung der referenziellen Integrität wird immer genau ein Stichtag für die fachliche Gültigkeit und dem Wissensstand System angewendet. Dies führt dazu, dass auch Korrekturversionen von "Master-Objekten" sich auf "Detail-Objekten" auswirken.
- Teilweise wird in den MISTRA-Fachapplikationen vom allgemeinen Historisierungskonzept abgewichen oder es wurden Vereinfachungen eingeführt (z.B. verwendet Trasse das Wissensdatum nicht mehr).

2.5 Synthese

Eine systematische Erarbeitung der Anforderungen und Lösungen auf semantischer und konzeptioneller Ebene, welche die Zeitaspekte und die Historisierung für Strasseninformationen umfassend behandelt, ist in der vorhandenen Literatur, der Normierung und in den Produkten nicht zu finden. Jedoch sind viele Ansätze und für spezifische Fragestellungen auch konkrete Lösungen vorhanden. Diese müssen aber nun in der Gesamtbetrachtung SIS verifiziert und allenfalls angepasst werden.

Folgende Bedürfnisse bezüglich Zeitaspekten und der Historisierung ergeben sich aus der heutigen Situation im Bereich der Strasseninformationssysteme:

- Weiterführende Konzepte wie z.B. die Modellierung und den Umgang mit Zeitreihen.
- Eine einheitliche Modellierung und Terminologie der Zeitaspekte in SIS und Fachapplikationen.
- Eine einheitliche Modellierung der Historisierung in SIS und Fachapplikationen: Historisierung, Speicherung bestimmter Zeitstände, Objekte mit Versionen und Attribute.
- Eine konzeptuelle Beschreibung der Verfahren für die Erhebung, Erfassung, Verwaltung und Auswertung der Zeitaspekte und der Historisierung mit Kosten/Nutzen.
- Auswertungsverfahren mit konsequenter Nutzung der zeitlichen Gültigkeit. Neben der Auswertung zu einem beliebigen Stichtag sind insbesondere die Vergleiche von Daten zu zwei verschiedenen Stichtagen von Bedeutung.
(Heute werden meistens nur aktuell gültige Daten ausgewertet. Vorhandenes Potential wird nicht genutzt.)
- Die Nutzung von historischen Daten in Auswertungen ist sehr heterogen geregelt: Grosse Schwierigkeiten ergeben sich, wenn Daten kombiniert werden müssen (z.B. Nutzen historischer Verkehrszählungen mit aktuellen Kennwerten für die Ermittlung von Prognosen).
- Konsistente Auswertungen über verschiedene Systeme
- Kombination von Daten mit Historisierung unter Berücksichtigung der zeitlichen Abhängigkeit
- Kombination von Daten mit Historisierung aber unterschiedlichem Zeitaspekt: z.B. Verfahren für die zeitliche Aggregation von Zeitpunkten in Kombination mit Zeitreihen oder Kombination von objektorientierter, mit attributorientierter Historisierung.
- Kombination von Daten mit Historisierung, aber unterschiedlicher Zeitgranularität: z.B. Kombination von Daten mit Zeitgranularität "Tag", mit solchen der Granularität "Sekunde".
- Die Konzepte zu den Zeitaspekten und zur Historisierung müssen nachvollziehbar, konsistent und klar aufgebaut werden, damit der interessierte Leser sich gut zurechtfindet.

3 Ziele, Umfeld und Rahmenbedingungen

3.1 Systemziele

Oberstes Ziel des Forschungsprojektes ist die Verbesserung des Nutzens aus bestehenden Strasseninformationssystemen. In diesem Sinn soll dieses Projekt dazu beitragen, die Anforderungen an die Datenstrukturen und an die Funktionen für die Referenzierung auf der Zeitachse und für die Abbildung der zeitlichen Veränderung zu definieren.

Das zu erreichende Systemziel ist ein konsistentes und durch Prototyping erhärtetes Gesamtkonzept für Zeitaspekte und die Historisierung von Strassendaten, das die heutigen Konzepte und Regeln übernimmt und vervollständigt.

Die Auswirkungen von Teilhistorisierungen sind qualitativ und quantitativ zu beschreiben mit Vor-/Nachteilen, sowie einer Empfehlung, wann was unter Berücksichtigung der Kosten/Nutzen in Realisierung und Betrieb sinnvoll ist.

3.2 Erwartete Resultate und Nutzenaspekte

3.2.1 Erwartete Resultate

Das Gesamtkonzept und die Umsetzungsempfehlungen umfassen sowohl die semantische Ebene (Fachebene) als auch die konzeptuelle Ebene (konzeptuelles Modell). Bei den Umsetzungsempfehlungen wird - soweit fallweise zweckdienlich – auch die logische (technische) Entwurfsebene, d.h. auch die Kosten und Performance unterschiedlicher Umsetzungen auf der logischen Ebene angesprochen.

Die Erarbeitung der Ergebnisse trägt den für Strassendaten charakteristischen drei Aspekten "Sache/Raum/Zeit" und ihren Kombinationen sowohl fachlich als auch konzeptuell Rechnung.

Für alle Aspekte und ihren Kombinationen werden sowohl die Informationsorientierung, d.h. Prozessobjekte resp. Informationsobjekt-Typen, als auch die Prozessorientierung, d.h. Prozesse und massgebende Anwendungsfälle, bearbeitet und beschrieben.

Auf der logischen Ebene werden auch Umsetzungs-Arbeitspakete und dazu erforderliche Leistungen entworfen und beschrieben.

Die Machbarkeit der Konzepte und der Modellierungen werden durch lauffähige Prototypen exemplarisch nachgewiesen. Die Prototypen umfassen auf der logischen Ebene die elementaren IT-Funktionen (Skripte, Prozeduren, usw.) für die Abbildung der Konzepte. Im Fall von Modellierungsvarianten werden Aussagen zur Performance gemacht. Im Fall von Abhängigkeiten zu Prototypen aus anderen Einzelprojekten des Pakets werden diese untereinander abgestimmt.

3.2.2 Nutzen für den Anwender

Der Anwender kann bei der Erhebung der mit Zeitattributen versehenen Strassen- und Verkehrsdaten zeitlich korrekte, zum Ziel führende und fachlich sinnvolle Tatbestände speichern und auswerten. In den Auswertungen werden neue Analysemöglichkeiten geschaffen, die es ihm erlauben, das Verhalten von Strasseneigenschaften über die Zeit mit geringem Aufwand und einfach nachvollziehbar darstellen zu können. Der Anwender weiss zudem, welcher Historisierungsaufwand nötig ist, um welchen Nutzen zu erzeugen.

3.2.3 Nutzen für die Fachprozesse

Die folgenden Fachprozesse werden durch die Ergebnisse des Einzelprojekts unterstützt:

- Strasseninformationssystem: Netznachführung, Erhaltungsmanagement
- Verkehrsmanagement: Verkehrszustände, Verkehrslage (inkl. Datenerfassung)

3.2.4 Nutzen für die Projekte

Die folgenden Projekte können die Ergebnisse des Einzelprojekts unmittelbar nutzen:

- MISTRA-Basissystem, MISTRA-Trasse, ASTRA-DWH, MISTRA EMNS
- VM-CH: Integrierte Applikationen (INA)
- Kantonale Projekte im Bereich von Strasseninformationssystemen
- VSS-Normung

3.3 Umfeld

Das heutige Umfeld der Zeitaspekte und der Historisierung kann konkret durch die folgenden Stichworte beschrieben werden. Sie liefern wertvolle Inhalte für die Forschung:

- Zeitaspekte und Historisierungskonzepte von STRADA
- MISTRA mit seinen Fachsystemen und dem DWH
- Kantone mit eigenen Kern- und Fachsystemen
- VM-CH mit all seinen Teilsystemen
- Externe Partner, wie Ingenieurbüros, Navidaten (z.B. VM-Daten) usw.
- ARE, z.B. Verkehrskennzahlen
- Internationaler Datenaustausch mit den umliegenden Ländern:
Bundesinformationssystem Strasse BISStra (D), Informationsmanagement Strasse (NRW), Datenabgabe auf dem TERN, Datenaustausch gemäss DATEX, usw.

Drei weitere Faktoren aus dem Umfeld sind ebenfalls zu berücksichtigen:

- Bestehende und zukünftige Methoden der Datenerhebung und der Datenerfassung erlauben den einfachen Aufbau von umfangreichen Datensammlungen, wie z.B. Messverfahren Strassenzustand, fixe und mobile Verfahren der Ermittlung des Verkehrszustands.
- Es werden immer mehr Datenquellen öffentlicher und privater Anbieter zur Verfügung stehen, die zur Aufbereitung von Informationen im SIS genutzt werden.
- SIS müssen zwingend über die Zeit konsistente Auswertungsergebnisse liefern, und dies bei verteilten Systemen/Daten mit unterschiedlichen Nachführungszyklen.

3.4 Rahmenbedingungen

Die folgenden Rahmenbedingungen sind zu beachten:

- Heutige Normen und deren Anwendung.
- Heutige Datenlage und Möglichkeit der Entwicklung.
- Berücksichtigung existierende EU-Normenwerke.
- Berücksichtigung von ASTRA DWH, MISTRA-Basisssystem und -Fachapplikationen: Bestehende Modelle und geplante Umsetzungen im Bereich Zeitaspekte und Historisierung.
- Die MISTRA-Lösung Achsbewirtschaftung.
- Berücksichtigung Umfeld VM-CH insbesondere die Anforderungen aus INA- und SA-CH.
- Nutzung der Resultate als Grundlagen für die Einzelprojekte
"Transformationskonzepte zwischen Bezugssystemen gemäss SN640'911" und
"Schnittstellen aus den Auswertungssystemen des SIS (SIS-DWH)"
- Umgang mit Prognosen in VM-UVEK

4 Vorgehen

4.1 Forschungsmethodik

Die Forschungsmethodik stützt sich ab auf zwei Hauptpfeiler:

- Die semantische (fachliche) und die konzeptuelle Modellierung der Zeitaspekte und der Vorkehrung für die Historisierung, um die in Kapitel 1 genannten Zielsetzungen und Anforderungen zu erfüllen.
- Die Prototypisierung dieser Konzepte, um die Umsetzungsfreundlichkeit von Konzeptvarianten untersuchen und daraus Handlungsempfehlungen ableiten zu können.

Auf der fachlichen und konzeptuellen Ebene sind schwergewichtig zwei Resultate zu erarbeiten:

- Die statischen Klassenmodelle, die es erlauben, alle Objekte und deren Attribute zur Pflege der Zeitaspekte und zur Ermöglichung der optimalen Umsetzung der Historisierung zu dokumentieren. Dabei wird auch die Einbettung dieser Modelle in bekannte Fachmodelle gezeigt.
- Die Modellierung der erforderlichen Methoden zur Erhaltung der inhaltlichen und der strukturellen Konsistenz der beschriebenen Klassenmodelle und deren Einbettung in die Fachmodelle.

Im Prototyping müssen die wesentlichen, auf konzeptueller Ebene entworfenen, Modelle und Modellvarianten prototypisch umgesetzt und unter zwei Aspekten bewertet werden:

- bezüglich der eigentlichen Machbarkeit,
- bezüglich der Performance, die aus der Umsetzung der konzeptuellen Ansätzen resultieren.

Zudem müssen die Konsequenzen aus den Beurteilungen des Prototyping in die fachliche und konzeptuelle Ebene zurückgespiegelt werden. Dieser Prozess ist iterativ und kann die formulierten Ziele modifizieren.

Die vorgeschlagene Forschungsmethodik garantiert also gleichzeitig die konzeptuelle "Sauberkeit" und die Umsetzbarkeit der vorgeschlagenen Modelle.

4.2 Arbeitspakete

4.2.1 AP1: Situationsanalyse und Ziele

Die Grundlagen zum Thema Zeitaspekte und Historisierung werden aus der vorhandenen Literatur zusammengetragen und gesichtet. Dabei werden die Resultate auf semantischer, konzeptueller und logischer Ebene aus nationalen und internationalen Normen, Projekten und Produkten berücksichtigt. Auf nationaler Ebene werden insbesondere die Projekte STRADA, MISTRA und VM-CH betrachtet.

Weiterhin werden in diesem Arbeitspaket der Stand der Forschung sowohl national als auch international aufbereitet und die wesentlichen Forschungsergebnisse identifiziert.

Eine Synthese der relevanten Ergebnisse schliesst die Situationsanalyse ab.

Parallel zur Situationsanalyse wird ein Zielkatalog entwickelt. Dieser strukturiert die im Forschungsprojekt zu erreichenden Ziele in Systemziele und Vorgehensziele.

4.2.2 AP2: Konzept

Ausgehend von der Situationsanalyse werden die für Zeitaspekte und die Historisierung relevanten Themen semantisch beschrieben. Ziel der semantischen Ebene ist es, die Thematik aus Sicht des Fachspezialisten möglichst abschliessend zu beschreiben, um ein gemeinsames Verständnis des Sachverhalts zu erreichen. Mit der semantischen Ebene werden unter anderem:

- die Begriffe definiert,
- ein Datenkatalog erstellt,
- ein Regelwerk für die Anwendung der Zeitaspekte erstellt,
- die Anwendung anhand von Beispielen erläutert.

Die semantische Beschreibung bildet die Ausgangslage für die konzeptuelle Beschreibung. Die konzeptuelle Beschreibung ergänzt die semantische Beschreibung durch eine strukturierte Beschreibung. Als Sprache für die strukturierte Beschreibung wird UML verwendet. Konkret werden in der konzeptuellen Ebene folgende Resultate erarbeitet:

- ein Klassenmodell der Zeitaspekte als Basis für die Verwendung in der Modellierung von Objekten mit Zeitbezug,
- die Methoden für die Verwaltung der Zeitaspekte in Abhängigkeit der verschiedenen Zeittypen, "Ereignisse (und Aktivität)" und "Zustände" für effektive und prognostizierte Informationen.

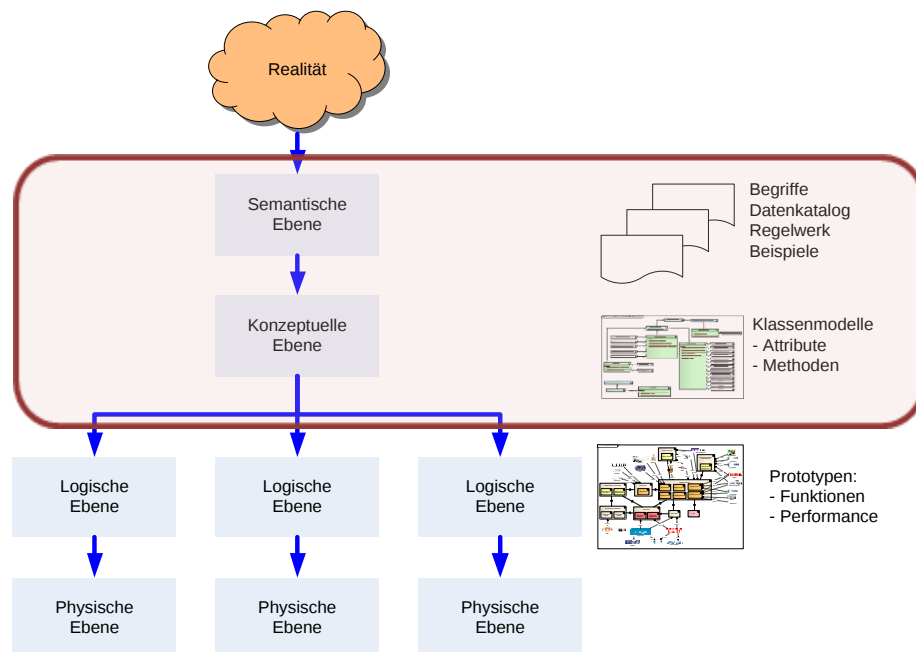


Abb.2 Modellierungsebenen

4.2.3 AP3: Prototypen

In den Prototypen sollen die beschriebenen Lösungskonzepte umgesetzt und der Einfluss der Überlagerungen diverser Ausprägungen der zeitlichen Entwicklung getestet werden. Im Weiteren sollen die Prototypen die kombinierte Abfrage über Objekte mit den unterschiedlichen Zeitaspekten bzw. Attributen erlauben. Die Erfahrungen können gewisse kritische Fragen in Bezug auf den Lösungsansatz beantworten.

Die Basis für die Prototypenentwicklung sind die konzeptuellen Klassenmodelle, welche im AP2 erarbeitet werden. Diese Klassenmodelle definieren bereits für jeden Objekttyp den Historisierungstyp und auf welche Ebene (Objekt, Attribut) historisiert wird. Hierzu werden die Daten aus Fachapplikationen gewählt und in eine Datenbank erfasst. Die Datenmenge wird so definiert, dass schlüssige Aussagen zur Umsetzung gewonnen werden können, aber gleichzeitig der Realisierungsaufwand verhältnismässig bleibt. Die bestehenden Mechanismen der herkömmlichen RDBMS's (Oracle, MSSQL) werden dabei benutzt, sofern sie mit dem Konzept in Einklang stehen. Objektorientierte Datenbanken werden nicht eingesetzt.

Es ist vorgesehen, dass die Prototypen über eine einfache Benutzerschnittstelle verfügen, um SQL- (oder eine Metasprache-) Abfragen absetzen zu können. Die Umsetzung erfolgt in einer Microsoft-Umgebung mit den für MISTRA üblichen Werkzeugen (Visual Studio, .NET). Je nach Ergebnissen des AP 2 ist eine Umsetzung der Prototypen als Web-Applikation denkbar.

Der Prototyp wird die kombinierte Abfrage über Objekte aller Historisierungstypen ermöglichen, welche auf unterschiedlichen Ebenen historisiert werden.

Die Erfahrungen mit den Prototypen, insbesondere in Bezug auf die Performance, werden zur Verfeinerung des Konzeptes verwendet. Im Schwerpunkt liegt dabei die Eignung der Konzepte und weniger die allfälligen technischen Massnahme zur Performancesteigerung (Denormalisierung, Caching, Indexing usw.)

4.2.4 AP4: Umsetzungsempfehlungen

Aus dem AP1 gehen die Ziele hervor. AP2 liefert die konzeptuellen Grundlagen für die Erreichung dieser Ziele. Mit AP3 werden diese konzeptuellen Grundlagen anhand einzelner Softwareelemente für den Anwender sichtbar gemacht.

Das Arbeitspaket 4 "Umsetzungsempfehlungen" liefert für die zukünftige Erarbeitung von Konzepten folgende Resultate:

- Empfehlung für die Anwendung der in diesem Forschungsauftrag erarbeiteten konzeptuellen Grundlagen in der Modellierung von Fachdaten mit Zeitbezug.
- Die für die Modellierung von weiteren Fachmodellen nötigen Konzeptbausteine (Klassen und Methoden).
- Einen Lösungsvorschlag, wie diese Konzeptbausteine mit UML in das Fachmodell integriert werden können (Notationsvorschriften).

Als Grundlage für zukünftige Umsetzungen werden in diesem Arbeitspaket konkrete Realisierungsempfehlungen für diverse Objekte erarbeitet.

Diese Umsetzungsempfehlungen werden sich auf realitätsnahe fachliche Situationen beziehen und erlauben eine effizientere Erstellung von tragfähigen Fach- und IT-Konzepten künftigen Fachapplikationen. Dies gilt typisch für die Fachapplikation EMNS, welche mit unterschiedlichen Fachapplikationen und diversen Historisierungskonzepten umgehen können muss.

4.2.5 AP5 und 6: Schlussbericht und Normentwurf

Die Resultate aus den verschiedenen Arbeitspaketen des Forschungsprojekts fliessen laufend in einen Forschungsbericht ein. Dieser wird an definierten Meilensteinen der Begleitkommission zum Review vorgelegt.

Aus den Resultaten werden weiterhin Bausteine für die mögliche Verwendung in bestehende oder neue Normen identifiziert und Struktur und Inhalt einer entsprechenden Norm vorgeschlagen.

5 Anforderungen

5.1 Ausgangslage aus Fachsicht

Die Ausgangslage wird aus der Sicht eines fiktiven Strasseneigentümers beschrieben. Dabei werden exemplarische Aspekte gezeigt, die im Hinblick auf die Fragestellungen bezüglich der Zeitaspekte und der Historisierung von Interesse sind. Es wird bewusst keine Vollständigkeit gesucht.

Der Strasseneigentümer hat vor 10 Jahren begonnen, ein Strasseninformationssystem zu betreiben und die entsprechende Strassendatenbank zu bewirtschaften.

Er hat heute die folgenden Fachdatenbereiche aktuell geführt:

- Basisdaten seines Strassennetzes, mit dem Räumlichen Basis-Bezugssystem RBBS und unterschiedlichen dazugehörigen Geometrien der Achssegmente, mit mehreren Fachnetzen (z.B. administrative Strukturen, Strassenklassen, Netzfunktion usw.) usw.
- Fahrbahnsubstanz, mit den Profilen und ihrer Nutzung, mit dem Fahrbahnaufbau, mit den Nebenstreifen usw.
- Geschehen auf der Fahrbahn, mit Verkehrsdaten, mit Unfalldaten usw.
- Zustand der Fahrbahn, mit unterschiedlichen Zustandsgrössen und Bewertungsregeln
- Projekte, mit ihren Kosten, Terminen usw.
- Geplante und durchgeführte Erhaltungsmassnahmen, mit ihren Wirkungen, Kosten, Terminen usw.

Die Strasseninfrastruktur verändert sich stetig. Sie wird gebaut, ausgebaut, erhalten, erneuert und in seltenen Fällen auch zurück gebaut. Sie ist der Witterung ausgesetzt, sie wird durch die Verkehrsteilnehmer genutzt, sie altert. Dadurch verändert sich der Zustand der Infrastruktur. Auf der Strasse passieren Ereignisse (z.B. Unfälle).

Zur Strasseninfrastruktur werden darum laufend Informationen gesammelt (z.B. automatische Verkehrszählung) oder gezielt Überprüfungen vorgenommen (zum Beispiel visuelle Zustandskontrollen). Der aktuelle Zustand der Infrastruktur wird interpretiert, allenfalls in die Zukunft extrapoliert und mit den Zielvorgaben verglichen. Können die Zielvorgaben nicht mehr erfüllt werden, so werden zukünftige Massnahmen geplant und durchgeführte Massnahmen dokumentiert.

Für alle Fachdatenklassen dieser Bereiche existieren also sowohl Daten der Ersterfassung als auch spätere Aktualisierungen (bei Status-Beobachtungen) oder es existieren Daten aus unterschiedlichen Erhebungen während der vergangenen 10 Jahre (bei Ereignissen resp. Aktivitäten).

Für alle Klassen mit planbaren Fachobjekten existieren zudem nicht nur effektiv beobachtete Objekte sondern auch geplante Objekte. Beispiele sind geplante und durchgeführte Projekte und Erhaltungsmassnahmen, geplante und heutige Fachnetze, prognostizierte und beobachtete Verkehrswerte usw.

Das nachfolgende Bild zeigt einen kleinen (exemplarischen) Ausschnitt aus der Datensituation des Strasseneigentümers.

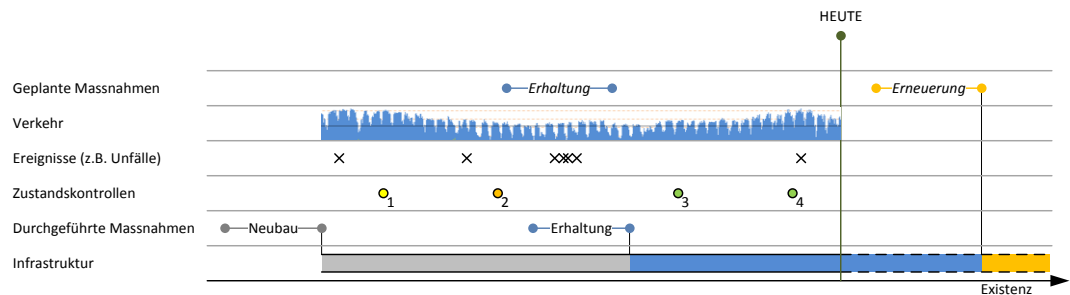


Abb.3 Darstellung von Fachinformationen auf der Zeitachse

Generell kann festgestellt werden, dass viele Beobachtungen und ihre Geschichte nicht unabhängig voneinander sind. So ist zum Beispiel aus der Abbildung ersichtlich,

- dass während der Durchführung einer Erhaltungsmassnahme häufiger das Ereignis Unfall eintritt als sonst. Da die Häufung der Unfälle während der Massnahmendurchführung stattfindet, kann vermutet werden, dass die Baustelle ein Grund für die Unfallhäufigkeit ist;
- dass die Zustandserhebung sich auf die zu diesem Zeitpunkt vorhandene Infrastruktur beziehen;
- dass es unter Umständen nicht klar ist, ob zum Zeitpunkt der Planung der Erhaltungsmassnahme die Information der Zustandserhebung schon bekannt war oder nicht, da die Planung wahrscheinlich vor der Durchführung der Massnahme stattgefunden hat (der Planungszeitpunkt ist in der Abbildung nicht dargestellt).

Der für die Strasseninfrastruktur Verantwortliche verlangt nun von seinen Mitarbeitenden Antworten auf die folgenden Fragestellungen, da er das Strassenbudget im Hinblick auf technische und politische Aspekte sowie die Finanzierung vertreten muss:

- Wie hat die Entwicklung des Netzes in den letzten 5 Jahren ausgesehen?
- Wie sieht die Entwicklung der Längensstatistiken der letzten 10 Jahre bezogen auf Strassenklassen und Funktionen aus?
- Wie sieht die Entwicklung der Nutzungstreifenflächen der letzten 5 Jahre aus?
- Wie sieht die Entwicklung der verschiedenen Grössen des Fahrbahnzustands in den letzten 10 Jahren aus?
- Wie sieht die Entwicklung des Unfallgeschehens in den letzten 10 Jahren auf bestimmten Strassenabschnitten aus?
- Welche Erhaltungsmassnahmen sind in den letzten 5 Jahren ausgeführt worden?
- Welche Erhaltungsmassnahmen sind in den nächsten 10 Jahren geplant? Welches ist die Wirkung auf den Fahrbahnzustand und die Nutzung?
- Auf Grund welcher Informationen können anstehende Entscheide getroffen werden?
- Haben wir genügend Informationen in entsprechender Qualität, um die Mehrjahresplanung korrekt und nachvollziehbar durchführen zu können?
- Hat eine durchgeführte Massnahme den gewünschten Effekt, zum Beispiel auf die Unfallhäufigkeit in einem Knoten?

Der vorliegende Bericht beschreibt die Ziele und Anforderungen an das Strasseninformationssystem und die daraus abgeleiteten Konzepte und Umsetzungsaspekte zur Beantwortung solcher Fragen in strukturierter und systematischer Form.

5.2 Zielfunktionen von Strassendatenbanken

Die Strassendatenbank dient als Fundament für Informationssysteme für das Strassenmanagement. Mit dieser Zielsetzung können verschiedene Funktionen der Strassendatenbank identifiziert werden, die auf die Abbildung der Zeitaspekte und der Historisierung angewiesen sind:

- **Strassenkataster:** Die Beschreibung des Lebenszyklus der Objekte der Strassenverkehrsanlage und ihrer Eigenschaften ist ohne Historisierung unmöglich.
- **Entscheidungsunterstützung:** Das Strassenmanagement verlangt wiederkehrendes Beurteilen und Entscheiden.
- **Wissenserhaltung** (Wissensmanagement): Das Wissen und die Erfahrung der beteiligten Fachleute müssen dem Strassenmanagement dauerhaft zur Verfügung stehen.
- **Datenbasis** für Fachapplikationen: Fachapplikationen benötigen oder produzieren Strassendaten während dem Lebenszyklus der Objekte des Fachbereichs.

Zu diesen Hauptzielfunktionen kommen aus technischer Sicht noch weitere Zielfunktionen hinzu, damit eine breite Anwendung der Informationssysteme ermöglicht wird:

- **Datenaustausch:** Da das allumfassende ideale System real nicht existiert, muss es ermöglicht werden, dass Daten zwischen verschiedenen Datenbanken ausgetauscht werden können. Aus Sicht Zeitaspekten und Historisierung ist hier relevant, dass der Austausch gezielt erfolgen kann (z.B. Übermittlung von Veränderungen seit dem letzten Austausch) und dass auch die zeitliche Konsistenz bezüglich der fachlichen Gültigkeit erhalten bleibt.
- **Archivierung:** Der Umgang mit zeitlich beendeten Objekten und die Abgrenzung zur fachlichen Gültigkeit müssen über klar definierte Regeln gesteuert werden.

5.2.1 Strassenkataster, insbesondere für Planungsprozesse

Die Katasterfunktion der Strassendatenbank ermöglicht es, die Objekte der Strassenverkehrsanlage beschreiben zu können. Dies gilt primär für die Gegenwart. Insbesondere die Planungsprozesse benötigen aber auch die Vergangenheit, und fallweise auch die planbare Zukunft.

Die Beschreibung der Gegenwart dient vor allem den operativen Prozessen im Strassenmanagement. Für die Entscheidungsunterstützung im strategischen oder taktischen Bereich und für das Wissensmanagement ist dies aber ungenügend (siehe 5.2.2 und 5.2.3).

Die Katasterfunktion ist vergleichbar mit der Funktion eines Grundbuchs oder eines Handelsregisters, wo Wissen sowohl aktuell als auch mit seiner Geschichte vorgehalten wird. (Fallweise können auch zukünftige Modifikationen "vorgemerkt" werden.)

5.2.2 Entscheidungsunterstützung

Strassenmanagement bedeutet "Konzipieren und Beherrschen" von Prozessen und deren Aktivitäten. Dazu müssen wiederkehrend Entscheide gefällt werden. Entscheide werden auf Grund von Situationsanalysen (objektive Ausgangslage, Probleme) und von Zielen und Randbedingungen gefällt.

Entscheide müssen auf Grund von objektiven und nachvollziehbaren "Fakten" gefällt werden können. Nur so können optimale Resultate erzielt und die Anforderungen an die technische und ökonomische Begründbarkeit befriedigt werden.

In gewissen Fällen reicht eine einzige Information, um einen Entscheid fällen zu können. Meist ist die Situation komplexer: Es sind einerseits mehrere Informationen erforderlich. Andererseits sind je Information sowohl Fakten aus der Vergangenheit als auch Kenntnisse über Trends in die Zukunft notwendig. Die Strassendatenbank muss dem Benutzer des Strasseninformationssystems diese Daten zur Verfügung stellen.

In der Regel stehen der Strassendatenbank erst nach einer gewissen Nutzungszeit Daten aus einem grösseren Zeitraum zur Verfügung, ausser es würden (aufwendige) Nacherfassungen durchgeführt.

5.2.3 Wissenserhaltung (Wissensmanagement)

Das Wissen und die Erfahrung von Strassenfachpersonen stellt eine wichtige Ressource für das Strassenmanagement dar. Jeder Weggang einer Fachperson aus einer Strassenverwaltung stellt einen grossen Verlust dar.

Das Wissen – nicht jedoch die Erfahrung – besteht zum Teil aus aktuellen Fakten, die den "heutigen Zustand" beschreiben. Ein wesentlicher Teil besteht jedoch aus Fakten aus der Vergangenheit, die der Fachmann täglich in seine Betrachtungen und Aktivitäten einbezieht.

Der Wissensverlust beim Weggang eines Wissensträgers kann dadurch kompensiert werden, dass wesentliche Wissens durch Informationen, resp. Daten in einer Strassendatenbank gesichert wird. Der Gewinnung dieses Wissens, und auch der konsistenten langfristigen Speicherung dieses Wissens, sowie der damit zusammen hängenden Erfahrungskomponenten, sind grosses Gewicht beizumessen. Nur so können die zeit- und kostenintensiven Investitionen in die Datenerhebung begründet werden.

5.2.4 Datenbasis für Fachapplikationen

Allen Teilsystemen des Strasseninformationssystems und vielen Fachapplikationen im Strassenmanagement müssen Strassendaten zur Verfügung gestellt werden. Zudem werden Resultate dieser Teilsysteme und Fachapplikationen mit Vorteil wieder in Strassendatenbanken abgespeichert, wenn sie auch anderen Fachbereichen zur Verfügung gestellt werden sollen ("Generalistendaten").

Beispielsweise benötigt eine Applikation für das Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen eine grosse Menge sowohl aktueller als auch die Vergangenheit betreffender Strassendaten, um daraus eine Mehrjahresplanung ableiten zu können.

Sowohl für die Fachapplikation als auch für die Strassendatenbank ist es äusserst wichtig zu wissen, welchen zeitlichen Stand die Daten, und im Besonderen auch ihr Raumbezug, aufweisen.

5.2.5 Datenaustausch

Strasseninformationssysteme nutzen Daten aus anderen Fachbereichen und stellen diese auch wieder zur Verfügung. Teilsysteme der Strasseninformationssysteme tauschen untereinander ebenfalls Daten aus. Auch wenn heute oft auf Dienste basierende Architekturen umgesetzt werden, so ist der physische Datenaustausch von Daten auch mittelfristig immer noch nötig. Insbesondere werden auch Daten ausgetauscht, wenn im Zielsystem bewirtschaftete Daten einen referenziellen Bezug zu Daten aus einem Quellsystem erhalten sollen.

Die Herausforderung beim Datenaustausch ist die Erhaltung der Integrität bei Veränderungen von Daten im Quellsystem und deren Weiterverwendung im Zielsystem. Um zu wissen, welche Daten ausgetauscht werden müssen, spielt der Wissenszeitpunkt eine zentrale Rolle (beim Datenaustausch in der Regel das Änderungsdatum eines Objekts).

5.2.6 Archivierung

Gemäss dem Projekt "Ellipse" handelt es sich bei der Archivierung um eine Tätigkeit, die Aufzeichnungen aus der Verwaltungsarbeit zu Archivgut zu machen. Mit der Archivierung sollen insbesondere die Voraussetzungen für die historische und sozialwissenschaftliche Forschung geschaffen werden. Ziel ist es die unbeschränkte Aufbewahrung von ausgewählten Unterlagen.

In Informationssystemen für das Strassenmanagement werden viele Daten nicht unbeschränkt, aber in der Regel doch über einen sehr langen Zeitraum aufbewahrt. Grund dafür ist, dass so lange ein Infrastrukturobjekt besteht, es keinen Anlass gibt, Informationen zu diesem Infrastrukturobjekt in ein Archiv zu verschieben. Weiter kommt es sehr selten vor, dass ein Infrastrukturobjekt tatsächlich zurück gebaut wird, so dass Informationen dazu keine Verwendung mehr haben.

Es gibt Daten, die nach relativ kurzer Zeit die fachliche Bedeutung verlieren (z.B. Zustandsdaten der Fahrbahnoberfläche). Hier, wie auch bei allen anderen Informationsobjekten, gilt es zu prüfen, ob diese Daten überhaupt archivwürdig sind. Archivwürdig sind gemäss Ellipse Daten, welche von juristischer oder administrativer Bedeutung sind oder einen grossen Informationswert haben.

Um klare Regelungen betreffend Archivierung zu erstellen, können die Zeitaspekte genutzt werden, um Aussagen über die Verwendbarkeit der Informationen zu erhalten. Zeitaspekte dienen allenfalls auch als Markierung von Daten, welche effektiv auch physisch in ein Archiv verschoben werden können.

Konzeptionell gelöst werden muss in diesem Forschungsauftrag, was es bedeutet, wenn Datenauszüge von einem Produktionssystem in ein Archivsystem verschoben werden. Bleibt der Datenbestand im Produktionssystem in sich konsistent? Wie kann eine Konsistenz der Archivdaten erreicht werden?

5.3 Schlussfolgerungen

Für die Zielfunktionen von Strassendatenbanken sind Daten über Fakten der Gegenwart, der Vergangenheit und teilweise auch der Zukunft erforderlich. Es sind darum sowohl Attribute für Aspekte des Zeitbezugs als auch Möglichkeiten der Geschichtsschreibung notwendig.

Die Geschichtsschreibung geschieht dabei über Beschreibung eines Fakts zu einem bestimmten Zeitpunkt oder Zeitraum (zeitliche Existenz der Objekts oder einer Objektversion) oder über die Beschreibung einer Veränderung eines Fakts zu einem bestimmten Zeitpunkt (ab welchem Zeitpunkt ist ein Zustand gültig, bis er wieder verändert wird).

Die Geschichtsschreibung einzelner Objekte darf dabei nicht nur isoliert betrachtet werden, sondern muss auch die Abhängigkeit zur Existenz von anderen Objekten berücksichtigen. So darf zum Beispiel eine Erhaltungsmassnahme nur auf einem Infrastrukturobjekt geplant werden, welches zum geplanten Zeitpunkt auch effektiv existiert.

Zur Beschreibung der Existenz wird also eine Zeitachse "Existenz" benötigt. Auf dieser Zeitachse können die Zeitpunkte und Zeiträume der Existenz eines Objekts abgebildet werden. Die Zeitachse "Existenz" hat keinen Anfang und kein Ende, reicht also unendlich weit in die Vergangenheit und in die Zukunft. Zeitliche Auswertungen auf der Zeitachse "Existenz" ermöglicht auch die Historisierung, also die Darstellung der Entwicklung über die Zeit. Je nach Methode können über die zeitliche Auswertung Entlang der Zeitachse "Existenz" unterschiedliche Aussagen gemacht werden:

- Welche Informationen sind zu einem bestimmten Zeitpunkt t (Stichtag) gültig?
- Welche Informationen existieren in einem bestimmten Zeitraum?
- Wie viele Ereignisse haben in einem bestimmten Zeitraum stattgefunden?
- Wie hat sich eine Information zwischen zwei Zeitpunkten verändert?

Für einige der Zielfunktionen von Strassendatenbanken ist entscheidend, seit wann Kenntnis über eine bestimmte Information bestand oder zu welchem Zeitpunkt eine Entscheidung getroffen wurde. Wird zum Beispiel zum Zeitpunkt t ein Erhaltungsplan mit Massnahmen in der Zukunft erarbeitet, so beeinflussen alle zum Zeitpunkt t bekannten Informationen die Massnahmenwahl.

Bis zu einer Überarbeitung des Erhaltungsplans oder auch bis zur effektiven Durchführung der Massnahme, werden sich die Informationen, welche zur Massnahmenwahl geführt haben, verändern.

Die technische Zielfunktion des Datenaustauschs benötigt ebenfalls einen Wissensstand, damit beim Austausch von Daten einfach identifiziert werden kann, welche Daten neu, verändert oder gelöscht wurden. Sobald auch Löschinformationen ausgetauscht werden sollen, muss auf der Wissensachse dargestellt werden, wann das Objekt gelöscht (oder in ein Archiv verschoben) wurde.

Bei der technischen Zielfunktion des Datenaustauschs entspricht der Wissenszeitpunkt in der Regel dem Änderungsdatum (oder Speicherdatum, Löschdatum). Bei den fachlichen Zielfunktionen der Strassendatenbank kann der Wissenszeitpunkt auch ein vom Benutzer definierter Zeitpunkt sein.

Für die zeitlichen Aspekte des Wissens wird also ebenfalls eine Zeitachse benötigt. Da Wissen und Existenz voneinander unabhängig sind, steht die Zeitachse "Wissen" orthogonal zur Zeitachse "Existenz".

Je nach Methode können über die zeitliche Auswertung entlang der Zeitachse "Wissen" unterschiedliche Aussagen gemacht werden:

- Welche Inhalte der Datenbank wurden zwischen zwei Zeitpunkten verändert?
- Welche Inhalte der Datenbank sind heute nicht mehr anwendbar?
- Welche Fakten waren zu einem bestimmten Zeitpunkt bekannt?

Durch die Kombination der Zeitachse "Existenz" und "Wissen" können weitere Fragestellungen beantwortet werden:

- Welche Informationen waren zum Zeitpunkt der Durchführung eines Prozesses gültig?
- Wie veränderte sich die zeitliche Gültigkeit eines Fakts zwischen zwei Zeitpunkten?
- Welche Informationen existierten bereits zum Wissenszeitpunkt und sind somit reale, effektive Gültigkeiten?
- Welche Informationen liegen aus Sicht des Wissenszeitpunkts in der Zukunft und sind somit geplante Zustände?

5.4 Beispiele

In der folgenden Tabelle soll anhand einiger Aufgabenstellungen von Benutzern von Strasseninformationssystemen beispielhaft gezeigt werden, welche Daten, insbesondere auch aus der Vergangenheit, benötigt werden.

Tab. 1 Beispiele für Aufgabenstellung, Geschichte und Zielfunktion

Aufgabenstellung	Daten – "Geschichte"	Zielfunktion SDB
Rasche, kostengünstige Aussage über den Fahrbahnaufbau (Serie von Querprofilen)	Belagsschichten (Einbau)	Wissen Entscheiden
Aktueller Fahrbahnzustand als wesentliche Basis für die Massnahmenplanung	Zustandserhebungen vergangener Jahre	Wissen Entscheiden
Mehrjahresplanung, rollend (Validierung und Vergleich mit "bisher")	Planungen der letzten Jahre	Entscheiden
Unterstützen NPM und Benchmarking (nur sinnvoll wenn wiederkehrend!)	Datengeschichte vieler Informationsobjekte	Wissen
Nutzen-/Kosten-Analysen, Benchmarking, z.B. im betrieblichen Unterhalt	Abschnitts- und Streckennetze inkl. ihrer Geschichte	Wissen
Verkehrsplanung, -technik und -telematik (Wirtschaftlichkeit = f(zeitlicher Entwicklung))	Zeitliche Entwicklung des Verkehrsvolumens als f(t)	Entscheiden
Sicherheitsplanung, Benchmarking (Validierung und Vergleich mit "bisher")	Unfallraten als f(t) (+ Verkehr, Zustand usw.)	Entscheiden
Konsistenzerhaltung des Raumbezugs aller Informationsobjekte in verteilten Strassen-DB	RBBS-Geschichte ("Dynamik RBBS")	Alle Funktionen
Datenbereitstellung für PMS-Applikation	Gemäss Anforderungen der Fachapplikation	Datenbasis
Informationspflicht "aktuell"	Datengeschichte vieler Informationsobjekte	Kataster
Dokumentation von Unterhaltskosten	Fahrbahnflächen "aktuell" aus Netzen	Kataster
Dokumentation von Kostenbeteiligungen	Fahrbahnflächen "aktuell" aus Netzen	Kataster
Sicherstellen der Dokumentation von nicht mehr existierenden Objekten	Identisch mit der Daten-"Geschichte" nicht archivierter Daten	Archivierung
Bereitstellen und Austauschen von Informationen mit anderen Datenbanksystemen	Nicht relevant, die auszutauschende Information ist relevant in Bezug zum Wissensstand	Datenaustausch

6 Konzepte für Zeitaspekte

Im Folgenden sollen alle grundlegenden Konzepte für Zeitaspekte beschrieben werden, die in Strasseninformationssystemen (SIS) angewendet werden können.

Damit ist noch nichts darüber ausgesagt, welche dieser Zeitaspekte im konkreten Fall tatsächlich angewendet werden sollen oder müssen, um die geforderten Aussagen aus dem SIS ableiten zu können. Dies ist im Rahmen der Modellierung für jeden Zeitaspekt jeder Objektklasse vorzunehmen.

6.1 Zeitformen und Zeitgranularität

6.1.1 Zeitpunkt

Ein Zeitpunkt ist – bezogen auf die festgelegte zeitliche Granularität – eine Einheit auf der Zeitachse. Ein Zeitpunkt ist darum – bezogen auf die Granularität – ein unendlich kurzer Zeitraum.

Die zeitliche Granularität eines Zeitpunkts kann in der Praxis des Strassenmanagements in der Regel mit den folgenden Zeiteinheiten ausgedrückt werden:

- Zeit: Sekunde, Minute, Stunde
- Datum: Tag, Monat, Jahr

In seltenen Fällen können auch "Kalenderwochen" oder andere Spezialfälle vorkommen. In jedem Fall muss garantiert sein, dass mit diesen Einheiten gerechnet werden kann.

Zu beachten ist, dass

- die Granularität von Zeitpunkten nach fachlichen Bedürfnissen für jeden Zeitaspekt jeder Objektklasse festgelegt werden muss

6.1.2 Zeitraum

Zeiträume können auf zwei Arten dargestellt werden, die konzeptionell das gleiche aussagen.

6.1.2.1 Zeitdauer

Mit einer Zeitdauer wird die zeitliche Länge der Existenz eines Objekts (z.B. Strassensperrung während 5h) beschrieben. Um eine Zeitdauer auf der Zeitachse zu positionieren, wird in der Regel der Anfang mit einem Zeitpunkt festgelegt (Strassensperrung 14. Mai 2013 ab 13:00 Uhr für 5h).

Die Granularitäten von Beginnzeitpunkt und Dauer müssen fachlich und zeitlich sinnvoll festgelegt werden.

6.1.2.2 Zeitintervall

Ein Zeitintervall ist ein zusammenhängender Abschnitt der Zeitachse. Ein Zeitintervall wird durch zwei Zeitpunkte beschrieben. In speziellen Fällen kann das Ende eines Zeitintervalls nicht bekannt sein ("null"). Wir gehen hier also davon aus, dass zumindest der Beginnzeitpunkt bekannt sein muss.

Granularität: Ein Zeitintervall wird meistens durch zwei Kalenderdaten beschrieben, fallweise mit je einer Uhrzeit ergänzt.

6.1.3 Zeitreihe

Eine Zeitreihe ist ein zeitlich mit Beginn und Ende der Gültigkeit beschriebener "Container" für Reihen von Fachdaten, z.B. Messreihen von Verkehrsdaten. Eine ausführliche Behandlung der Zeitreihen am Beispiel der Verkehrsdaten findet sich in den Normen SN640948, 948-1 und 640948-2.

Die zeitliche Festlegung einer Zeitreihe wird beschrieben durch eine Folge von Zeitpunkten resp. Zeiträumen mit konstanter Basis, z.B. Stunde (des Tages) und konstantem Definitionsbereich, z.B. Tag.

Es dürfen auch Zeitpunkte respektive Zeiträume vorkommen, zu denen kein Wert bekannt ist (NULL).

Bei Zeitreihen müssen zwei zeitliche Granularitäten festgelegt werden:

- Granularität der Basis, z.B. "Stundenwerte ..."
- Granularität des Definitionsbereichs, z.B. "... des Tages"

Bedingung ist, dass die Granularität des Definitionsbereichs ein ganzzahliges Vielfaches der Granularität der Basis ist, z.B. "Tag mit 24 Stunden".

Feststellung: Zeitreihen können als Zeitintervalle gemäss 6.1.2.2 betrachtet werden.

6.2 Zeitaspekte und Zeittypen

Zur Interpretation der nachstehend beschriebenen Zeitaspekte verweisen wir auf die weiterführenden Erläuterungen und Darstellungen im bitemporalen Raum im Kapitel 6.4.

6.2.1 Objektversionen

In einer Datenbank werden die Objekte der Realität mit so genannten Informationsobjekten einer Objektklasse abgebildet. Ein Informationsobjekt kann in unterschiedlichen Ausprägungen in der Datenbank existieren:

- Als Folge von Korrektur(en) (Korrekturversionen ab Kapitel 6.4)
- Mehrere Planungen (Planungsversionen ab Kapitel 6.4)
- Mehrere Zustände eines Objekts (siehe "Statusversionen" in 6.2.3.4)

Alle diese Ausprägungen werden als Versionen des Informationsobjekts bezeichnet.

Da sich die Zeitaspekte und die temporalen Beziehungen in der Regel auf eine oder mehrere solcher Versionen beziehen, sprechen wir im Folgenden immer von "Objektversionen" (und nicht nur von "Objekten").

6.2.2 Attribute der zeitlichen Gültigkeit (Existenz)

Die Attribute der zeitlichen Gültigkeit der Aussage (Existenz) eines Informationsobjekts, resp. einer Version eines Informationsobjekts sind grundsätzlich

- Beginn der Gültigkeit,
- Ende der Gültigkeit.

Die zeitliche Gültigkeit einer Version eines Informationsobjekts des Strassenmanagements, beschrieben durch Beginn und Ende des Gültigkeitszeitraums, zeigt, in welchem Zeitintervall die gespeicherten Informationen, resp. Daten in der Realität gültig waren oder sein werden.

Je nach Zeittyp und Zeitgranularität (siehe unten) können der Beginn und das Ende der Gültigkeit identisch sein, oder das Ende der Gültigkeit kann (noch) unbekannt sein.

Die zeitliche Granularität von Beginn und Ende der Gültigkeit werden für eine bestimmte Objekt-Klasse bei der Modellierung gemäss 6.1.1 festgelegt. Diese Festlegung hat weitgehende Konsequenzen auf die Nutzung und die Auswertungen über diese Informationsobjekte. Die Modellierung dieser Zeitaspekte hat darum sehr sorgfältig und auf Grund der später zu ermöglichenden Aussagen zu geschehen.

6.2.3 Zeittyp (Typen der zeitlichen Gültigkeit)

Die Regeln der Beziehungen zwischen den Attributen der zeitlichen Gültigkeit sind abhängig davon, ob Ereignisse oder Status beschrieben werden sollen. Sie können zeitlich mit den Zeitformen gemäss Ziffer 6.1 charakterisiert werden.

6.2.3.1 Ereignisse

Die Informationsobjekte vom Zeit-Typ "Ereignis" beschreiben Ereignisse (oder Aktivitäten) im Strassenraum von in der Regel bekannter, manchmal auch vernachlässigbarer Zeitdauer. Die Informationsobjekte beschreiben dabei

- sowohl (passive) "Ereignisse", auch "Geschehen" genannt, wie ein Unfall, eine durch die Natur bedingte Sperrung einer Strasse usw.
- als auch "Aktivitäten", auch "Massnahmen" genannt, wie eine Messung des Zustands der Fahrbahn, ein Projekt usw.,

Ereignisse werden in der Regel mit einem Beginnzeitpunkt auf der Zeitachse festgelegt und können

- eine Gültigkeit während eines **Zeitpunkts** haben: Die Zeitdauer ist gleich "null", resp. eine Einheit der Zeit-Granularität, wie Unfall, Beobachtung eines Zustands der Fahrbahn usw.
- eine Gültigkeit ab einem **Zeitpunkt und während einer Zeitdauer** haben: Zeitdauer ist grösser "null", wie Verkehrswert eines Tages, wobei die Zeitdauer noch unbekannt sein kann.
- oder (gleiche Aussage wie mit Zeitdauer) eine Gültigkeit während einem **Zeitintervall** haben:
"Ende" später als "Beginn", wie Baustelle, Belagseinbau usw., wobei das Ende (noch) unbekannt sein kann, aber später als "Beginn" sein muss.

"Beginnzeitpunkt und Zeitdauer" sowie "Zeitintervall" sind konzeptionell identisch. Es sind lediglich zwei unterschiedliche formale Konzepte für dieselbe Aussage.

"Zeitpunkte" können auf Grund ihrer Granularität selbst auch eine "Zeitdauer" darstellen.

6.2.3.2 Beispiele von Ereignissen (Zeitpunkten) (mit möglichen Granularitäten)

- Unfall (Datum /Zeit, Granularität Minute)
- Verkehrswert (Datum/Zeit (indirekt über Index Ganglinie), Granularität z.B. Stunde)
- Belagseinbau (Datum, Tag)
- Reparatur (Datum , Tag)
- Fahrbahnzustand (Datum, Tag)
- EM-Massnahme (geplant) (Jahr, Jahr)
- Planungszeitpunkt (Datum, Monat)
- Dokument (Datum, Tag)
 - Bewilligung (Bau, Betrieb) (Datum, Tag)
 - Vertrag (Unterschrift) (Datum, Tag)
 - Rechnung / Zahlung (Datum, Tag)
 - Brief (Datum, Tag)
- Sitzung (Datum, Minute)

6.2.3.3 Beispiele von Ereignissen (Zeiträumen) (mit möglichen Granularitäten)

- (EH-) Projekt (ohne Versionen) (Datum, Tag – Datum, Tag)
- Baustelle (ohne Versionen) (Datum/Zeit, Minute – Datum/Zeit, Minute)
- Strassensperrung (Datum/Zeit, Minute – Datum/Zeit, Minute)
- Belagseinbau (Zeitraum) (Datum/Zeit - Datum/Zeit)
- Objektbewertungsregel (Datum, Tag - Datum, Tag)
- EM-Analyse (Datum, Tag - Datum, Tag)
- Zustandsgrösse (Datum, Tag – Datum, Tag)
- Interventionsgrenze (Datum, Tag – Datum, Tag)
- Fachmesse (Datum, Tag – Datum, Tag)

6.2.3.4 Status

Die Informationsobjekte vom Zeit-Typ "Status" beschreiben Aspekte im Strassenraum, die durch (unbekannte) Ereignisse ihren Zustand ("Status") ändern. Die Objekte beschreiben

- sowohl vom Strassenmanagement geschaffene (aktive) Zustände, wie der Name einer Strasse, die Ausprägung eines Knotens, die Breite eines geometrischen Profils usw.
- als auch von aussen beeinflusste (passive) Zustände, wie der DTV und der Lastwagenanteil einer Strasse, technologische Randbedingungen (z.B. in Wissenskatalogen) usw.

Die Veränderung von Eigenschaften eines Informationsobjekts vom Typ "Status" kann einfach mit einer "Kette" von Statusversionen abgebildet werden. Jede Version wird bezüglich der zeitlichen Gültigkeit wie ein einzelner Status beschrieben.

Statusversionen können bezüglich der zeitlichen Gültigkeit

- nur einen **"Beginn (-Zeitpunkt)"** haben; das "Ende" ist noch unbekannt, sie dauern also noch an (offenes Intervall),
- oder auch ein **"Ende (-Zeitpunkt)"** haben; dies kann auf zwei Arten geschehen:
 - sie werden durch einen geänderten Zustand ersetzt (implizites Beenden der Gültigkeit)
 - oder vom Benutzer explizit beendet, und damit ist die Statuskette abgeschlossen

Regeln:

Unter Berücksichtigung der Granularität der zeitlichen Angabe von Beginn- und Endgültigkeit, dürfen:

- sich die zeitliche Gültigkeit mehrerer Versionen eines Objekts nicht überlappen,
- zwischen zwei Versionen eines Objekts keine zeitliche Lücke vorhanden sein.

Diese beiden Regeln werden dadurch abgebildet, dass eine Nachfolgeversion konzeptionell die Vorgängerversion beendet. Ist die Granularität Tag, so ist bei aufeinanderfolgenden Versionen die Endgültigkeit der Vorgängerversion = Beginn- und Endgültigkeit der Nachfolgeversion – 1.

Bei Ketten von Statusversionen ist zudem zu beachten, dass

- bei Effektivversionen nur eine Statuskette gleichzeitig gültig sein kann,
- bei Planungsversionen (Prognosen) aber mehrere Statusketten gleichzeitig gültig sein können.

Dazu muss eine zusätzliche Eigenschaft zur Verfügung gestellt werden, welche die jeweiligen Ketten unterscheidet. Vorschlag: Die zusätzliche Eigenschaft hat die Bedeutung des "nominellen" Zeitpunkts, der die Kette fachlich beschreibt. Beispiel: Die Planung im Jahre 2014.

6.2.3.5 Beispiele für Status (mit möglichen Granularitäten)

- | | |
|---------------------------|---------------------------------------|
| • Achse | (Datum, Tag – Datum, Tag - ...) |
| • Achssegment | (Datum, Tag – Datum, Tag - ...) |
| • Sektor | (Datum, Tag – Datum, Tag - ...) |
| • Knoten | (Datum, Tag – Datum, Tag - ...) |
| • (Fach-) Netz | (Datum, Tag – Datum, Tag - ...) |
| • Abschnitt | (Datum, Tag – Datum, Tag - ...) |
| • Fahrbahnprofil | (Datum, Tag – Datum, Tag - ...) |
| • Nebenstreifen | (Datum, Tag – Datum, Tag - ...) |
| • Fahrbahnnutzung | (Datum, Tag – Datum, Tag - ...) |
| • Mitfahrer / Mensch | (Datum, Minute – Datum, Minute - ...) |
| • Planungsmassnahme | (Datum, Tag – Datum, Tag - ...) |
| • Erhaltungsobjekt | (Datum, Tag – Datum, Tag - ...) |
| • Zustandsbewertungsregel | (Datum, Tag – Datum, Tag - ...) |
| • Wissenstext aus Katalog | (Datum, Tag – Datum, Tag - ...) |
| • Bericht (mit Versionen) | (Datum, Tag – Datum, Tag - ...) |

6.2.4 Wissenszeitpunkt im Fachprozess (Erhebungszeitpunkt)

6.2.4.1 Fachlicher Wissenszeitpunkt der Version und damit der Beginnngültigkeit

Die Angabe des Wissenszeitpunkts einer Version eines Informationsobjekts zeigt, seit wann die von diesem Objekt gespeicherten Informationen, resp. Daten dem Prozess bekannt sind, der für die Korrektheit und Aktualität dieser Information verantwortlich ist. Dies ist darum wichtig zu wissen, weil erst ab diesem Zeitpunkt Entscheide und weitere Aktivitäten im Strassenmanagement unter Berücksichtigung der Informationen, resp. Daten dieses Objekts getroffen worden sind.

Die zeitliche Granularität des Wissenszeitpunkts (Datum oder Zeit) ist ebenfalls sorgfältig festzulegen.

Verschiedene Fragestellungen können nur dann beantwortet werden, wenn der Wissenszeitpunkt der durch die Frage betroffenen Informationen bekannt ist, beispielsweise:

- Welches waren die Informationen, die für einen Entscheid zur Verfügung standen?
- Welches sind die Informationen, die für eine bestimmte Planungsvariante dienen?
- Welches waren die Informationen, die für eine bestimmte PMS-Analyse zur Verfügung standen?
- Welches waren die Informationen, die für eine bestimmte Beobachtung als Auslöser oder als Randbedingung bekannt waren?
- Welche Prognose für einen bestimmten zukünftigen Sachverhalt galt ab welchem Zeitpunkt
(z.B. für Versionen der Baustellenplanung, z.B. für Versionen von Achs-Geometrien)?

Der Wissenszeitpunkt ist früher oder gleich dem Zeitpunkt der Speicherung oder der Änderung (Mutation) der Version in der Strassendatenbank. Diese technischen Zeitpunkte sind aber insbesondere bei Erst- oder Nacherfassungen erst viel später als der Wissenszeitpunkt. Sie sagen aus, wann der Strassendatenbank, als technisches System, die Information bekannt war (siehe 6.2.5).

Bei der Suche nach Vereinfachungen der Umsetzung der temporalen Konzepte wird oft die Frage nach dem "Nutzen" des Wissenszeitpunkts gestellt. Dies ist verständlich, weil mit zunehmender Nutzung, resp. Füllung der Strassendatenbank der Wissenszeitpunkt mit dem Zeitpunkt der Speicherung oder der Änderung immer näher zusammenrückt. Dies ist im Besonderen immer dann der Fall, wenn eine neu erhobene Information sofort auch erfasst, also in die Strassendatenbank eingegeben wird.

Der Nutzen des Wissenszeitpunkts im Fachprozess ergibt sich aus den Funktionen "Entscheidungsunterstützung" und "Erhaltungsplanung" eines SIS: Vor diesem Zeitpunkt wurden die Entscheidungen ohne dieses Wissen gefällt, nachher wurden sie mit diesem Wissen gefällt. Zudem muss diese Information nutzbar sein, um eine vollständige Historisierung durchführen zu können.

Als Grundlage für einen Entscheid über den Nutzen, und damit auch über die Modellierung sollen hier einige Konsequenzen beim Fehlen des Wissenszeitpunkts dargestellt werden:

- Informationsverlust gegenüber der erhobenen Information.
- Keine Möglichkeit der Auswertung auf den Zeitpunkt der Erhebung.
- Randbedingungen für Entscheide sind unklar.
- Randbedingungen für erarbeitete Resultate, z.B. Varianten, sind unklar.
- Randbedingungen für zusätzlich erhobene Daten sind unklar.
- Zeitliche Entwicklung von Prognosen, z.B. Planungen, sind nicht mehr darstellbar, da die zeitliche Abfolge von Prognose-Versionen nur über den Wissenszeitpunkt erfolgen kann.

Für die Umsetzung eines Modells mit Wissenszeitpunkt können weitgehende Vereinfachungen für den Benutzer realisiert werden. Zum Beispiel kann das System als Vorgabe ("default") davon ausgehen, dass der Wissenszeitpunkt gleich dem Erfassungszeitpunkt ist. Nur wenn die erhobenen Daten einen anderen Wissenszeitpunkt aufweisen, muss dieser erfasst werden. Siehe dazu die weiterführenden Überlegungen im Kapitel 8.1 .

6.2.4.2 Fachlicher Wissenszeitpunkt für das "Beenden" der Gültigkeit der Version

Wenn eine Klasse es erlaubt, dass das Ende der Gültigkeit erst nach dem Einfügen der Version dokumentiert werden kann, muss dafür ein eigener Wissenszeitpunkt vorgesehen werden, wenn Informationsverlust vermieden werden soll.

6.2.4.3 Fachlicher Wissenszeitpunkt für das "Löschen" der Version

Wenn eine Klasse es erlaubt, dass die "Löschung" (eigentlich als "gelöscht" bezeichnen) einer Version dokumentiert werden kann, muss dafür ein eigener Wissenszeitpunkt vorgesehen werden, wenn Informationsverlust vermieden werden soll.

6.2.5 Wissenszeitpunkt des Systems (Speicherzeitpunkt, Erfassungszeitpunkt)

Der Speicherzeitpunkt wird bei der Ersterfassung in der Strassendatenbank vom System gesetzt und sagt aus, wann der Strassendatenbank die Information bekannt war.

Der Speicherzeitpunkt kann auch bei Mutationen erfasst werden (Änderungszeitpunkt), damit in der Strassendatenbank der Zeitpunkt der letzten Mutation oder aller Mutationen dokumentiert werden kann.

Analog zu den fachlichen Wissenszeitpunkten können also die folgenden Wissenszeitpunkte von Versionen unterschieden werden:

6.2.5.1 Speicherzeitpunkt der Version und damit ihrer Beginnngültigkeit

Analog zu Kap. 6.2.4.1 .

6.2.5.2 Speicherzeitpunkt des "Beendens" der Gültigkeit der Version

Analog zu Kap. 6.2.4.2 .

6.2.5.3 Speicherzeitpunkt des Löschens der Version

Analog zu 6.2.4.3 .

6.2.6 Weitere Wissenszeitpunkte

Weitere Wissenszeitpunkte sind beispielsweise:

- Integritätsstatus
- Freigabestatus
- usw.

6.3 Der bitemporale Raum

Als wesentliche Zeit-Attribute bezeichnen wir im vorliegenden Forschungsbericht:

- Die zeitliche Gültigkeit: Existenz
- Der fachliche Wissenszeitpunkt: Wissen des Prozesses
- Der Speicherzeitpunkt: Wissen des Systems

Für alle weiteren Betrachtungen beschränken wir uns auf eine Ebene mit zwei zeitlichen Achsen:

- Die Abszisse dient der Metrik der zeitlichen Gültigkeit (Existenz).
- Die Ordinate dient sowohl der Metrik des fachlichen Wissens, als auch der Metrik des technischen Wissens (des Systems).

Werden diese beiden Achsen orthogonal zueinander aufgespannt, entsteht dadurch der sogenannte "bitemporale Raum".

Abb.4 zeigt die im vorliegenden Bericht verwendete grafische Darstellung des bitemporalen Raums. Dieser wird durch die Ordinate (Wissen), die Abszisse (Existenz) und eine Parallele zu Abszisse zum Wissenszeitpunkt "heute" begrenzt. D.h., nur in diesen Grenzen sind konsistente zeitliche Aussagen möglich.

Typisch für diesen bitemporalen Raum ist, dass alle Punkte (Kombinationen von Existenz und Wissen) oberhalb der Linie " $t(\text{Wissen}) = t(\text{Existenz})$ " den effektiven Zeitraum, und die Punkte unterhalb dieser Linie den geplanten Zeitraum darstellen.

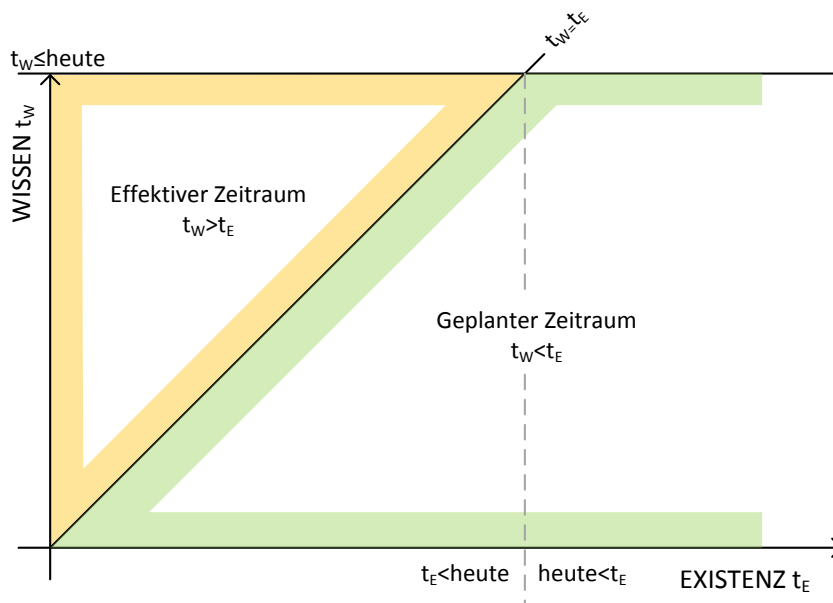


Abb.4 Der bitemporale Raum

Eine zeitliche Selektion kann in diesem bitemporalen Raum sowohl bezüglich der Zeitachse "Existenz" wie auch bezüglich der Zeitachse "Wissen" oder als Kombination beider Zeitachsen erfolgen (vergleiche Schlussfolgerungen aus Kapitel 5.3).

Die Realwelt, und damit auch das Wissen darüber, verändern sich laufend. Trotzdem wird der Wissensstand in diskreter Form dokumentiert. Spätestens dann, wenn eine Information in einer Datenbank gespeichert werden soll, ist dies sowieso zwingend.

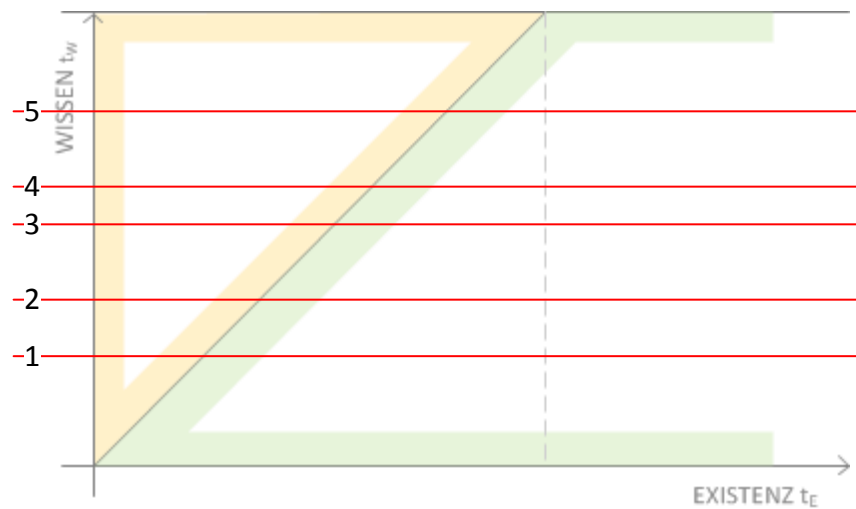


Abb.5 Diskrete Veränderungen des Wissensstands

Der Wissensstand ist monoton steigend (kann also nicht zurück gedreht werden). Anders ausgedrückt finden wir den aktuellsten Wissenszeitpunkt immer als den Wissenszeitpunkt mit der kleinsten Differenz zu heute. Ein Spezialfall bildet aber die "vergessene" Version, welche erst nachträglich in einem Informationssystem zur Verfügung gestellt wird.

Im Gegensatz dazu muss die Gültigkeit auf der Zeitachse "Existenz" zwischen verschiedenen Versionen eines Objekts nicht zwingend aufsteigend sein. Im geplanten Zeitraum ist es durchaus üblich, dass die geplanten Objekte in verschiedenen Versionen mit unterschiedlicher Gültigkeit existieren können. Aber auch im effektiven Zeitraum kann sich die zeitliche Gültigkeit nach "früher" ändern, nämlich wenn diese korrigiert wird.

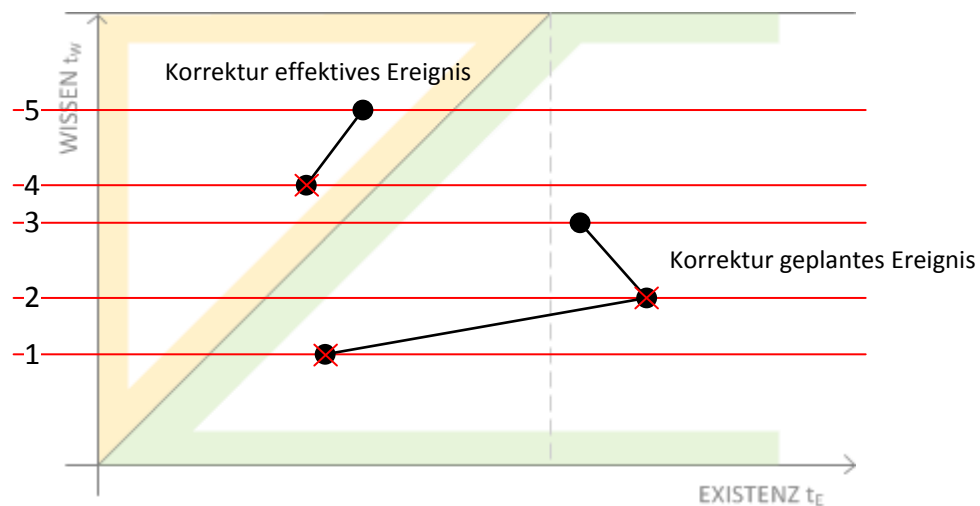


Abb.6 Veränderungen der Gültigkeit über die Zeit

6.4 Das Darstellen von Zeitaspekten und Zeittypen im bitemporalen Raum

Im Folgenden soll gezeigt werden, wie die verschiedenen Zeittypen im bitemporalen Raum dargestellt werden können. Damit sollen die Regeln erarbeitet und dokumentiert werden, die für jeden Fall gelten.

Um vollständig zu sein, wird für jeden Fall auch gezeigt, wie ein Objekt (mit allen seinen Versionen) "gelöscht" werden kann. Dies beendet die zeitliche Entwicklung in der Wissensachse.

Zudem wird für Aktivitäten und Status auch gezeigt, wie die Existenz des Objekts auf der Gültigkeitsachse beendet werden kann.

Zu beachten: Auf einer Grafik werden immer nur Versionen eines einzigen Objekts dargestellt!

Die Abwicklung der verschiedenen Anwendungsfälle der Bewirtschaftung der Daten im SIS kann auf zwei elementare Methoden "Einfügen" und "Löschen" reduziert werden. Die Anwendungsfälle werden durch eine oder mehrere Anwendungen der beiden Methoden beschrieben.

- Einfügen (I=Insert): Anlegen einer neuen Objektversion. Handelt es sich um die erste Objektversion eines Objekts, so ist hier implizit auch das Anlegen des Objekts gemeint.
- Löschen (D=Delete): Löschen im eigentlichen Sinne meint das Entfernen eines Objekts oder einer Objektversion aus dem SIS. Aus den Zielfunktionen kann aber abgeleitet werden, dass ein Löschen im eigentlichen Sinn gar nicht durchgeführt werden darf. Beispielsweise wäre ein inkrementeller Datenaustausch, mit welchem auch Löschanweisungen übergeben werden sollen, so gar nicht mehr möglich. Bei der Methode Löschen werden deshalb bei einer Objektversion ein Löschzeitpunkt (Timestamp, wann die Methode Löschen (D) im SIS angewendet wurde) und der Wissenszeitpunkt der Löschung (Zeitpunkt des Wissens dass Objektversion gelöscht werden muss) gesetzt.
- Beenden (f=finish): Beenden einer Objektversion bedeutet, dass die Endgültigkeit gesetzt wird. Handelt es sich um die zeitlich letzte Objektversion eines Objekts, so ist hier implizit auch das Beenden des Objekts gemeint.

In den nachfolgenden Kapiteln werden jeweils die Anwendungsfälle als Aufbau der beiden Methoden dargestellt und erläutert. Dabei gelten (für die semantische Beschreibung) folgende Annahmen:

- Einfügen und Löschen ("als gelöscht bezeichnen") finden immer auf Objektversionen statt. Die Auswirkungen auf das eigentliche Objekt werden über Regeln abgebildet.
- Jede Veränderung an einem bestehenden Objekt wird als Version abgebildet.
- Gelöschte Versionen werden mit entsprechendem Wissensstand (Löschzeitpunkt) markiert. Gelöschte Versionen sind in "normalen" Abfragen (z.B. auch beim Aufbau einer Objektbeziehung) nicht mehr sichtbar.
- Eine Aktualisierung (Update) kann wie eine Korrektur behandelt werden, indem eine Objektversion gelöscht (D) und eine neue Objektversion eingefügt wird (I).
- Ein Überschreiben von Informationen ohne Versionierung wird nicht zugelassen.

6.4.1 Darstellen von Zeitpunkt-Ereignissen

Zeitpunkt-Ereignisse werden im SIS als **Zeitpunkte** einer gegebenen Granularität modelliert. Sie werden im bitemporalen Raum durch Punkte abgebildet.

Nachfolgend werden alle Zeitpunkte als zwei Punkte abgebildet. Diese erlaubt es, sowohl den Wissenszeitpunkt des Prozesses als auch den Speicherzeitpunkt im System abzubilden. Die beiden Punkte liegen im bitemporalen Raum immer senkrecht übereinander, da die Beginngültigkeit (Existenz) ja für die Version gilt, also für beide Wissenszeitpunkte identisch ist.

In vielen Fällen sind die Sequenz der Wissenszeitpunkte und die Sequenz der Speicherzeitpunkte gleich. Ist zudem die zeitliche Differenz zwischen den beiden Zeitpunkten vernachlässigbar, kann auf eine Unterscheidung verzichtet werden. Im Folgenden werden aber trotzdem immer beide Zeitpunkte dargestellt, damit abgeschätzt werden kann, welcher Verlust beim Verzicht auf einen der beiden Zeitpunkte entsteht. Damit können in der Umsetzung bewusste Entscheide getroffen werden.

In den Abbildungen mit den Beispielen gilt folgende Legende:

Ix	Eingefügte Version x
Dx	Gelöschte Version x
	Darstellung der Version im Schnittpunkt Existenzzeitpunkt / Wissenszeitpunkt System
	Darstellung der Version im Schnittpunkt Existenzzeitpunkt / Wissenszeitpunkt Prozess
	Gelöschte Version im Schnittpunkt Existenzzeitpunkt / Wissenszeitpunkt System
	Gelöschte Version im Schnittpunkt Existenzzeitpunkt / Wissenszeitpunkt Prozess
	Löschzeitpunkt im Schnittpunkt Existenzzeitpunkt / Wissenszeitpunkt Löschung System
	Löschzeitpunkt im Schnittpunkt Existenzzeitpunkt / Wissenszeitpunkt Löschung Prozess
	Gültigkeitszeitraum bezüglich der Existenz (Von, Bis)
	Gelöschter Gültigkeitszeitraum bezüglich der Existenz (Von, Bis)
	Durch eine aktuellere Version überdeckter Zeitraum

Abb.7 Legende für den bitemporalen Raum

Fachbeispiele zu den Abbildungen sind im Kapitel 6.2.3 aufgelistet.

6.4.1.1 Einfügen eines effektiven Zeitpunkt-Ereignisses

Das Einfügen eines effektiven Ereignisses erfolgt im effektiven Zeitraum. Die Beginnültigkeit ist also früher als der Wissenszeitpunkt Prozess und der Speicherzeitpunkt.

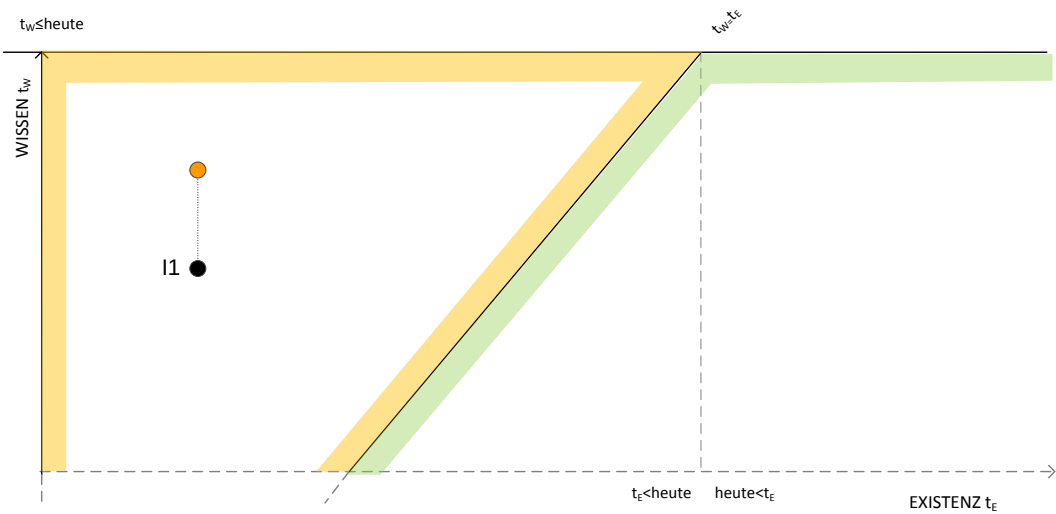


Abb.8 Einfügen Zeitpunkt-Ereignis

Vorbedingungen:

- Objekt existiert noch nicht im SIS

Nachbedingungen:

- Objektversion und Objekt sind im SIS vorhanden

Ablauf:

1. Einfügen (I) der Objektversion im SIS
2. Objekt wird im SIS angelegt
3. Konsistenzprüfung wird durchgeführt

Das Anlegen von mehreren Objektversionen eines Ereignisses im effektiven Zeitraum ist nicht möglich. Im effektiven Zeitraum handelt es sich immer um einen Blick zurück, das heisst, es werden bekannte Fakten dokumentiert. Ereignisse, welche zeitlich punktuell stattfinden, können somit nicht mehrfach vorkommen.

6.4.1.2 Einfügen einer geplanten Zeitpunkt-Ereignisversion einer späteren Planung

Mit dem Einfügen einer geplanten Ereignisversion einer späteren Planung wird ein neuer Planungsstand dokumentiert (zum Beispiel aktualisierter Projektmeilenstein aufgrund einer neuen Planung). Die bisherige Planung bleibt aber im SIS erhalten, damit die Entwicklung der Planung ausgewertet werden kann.

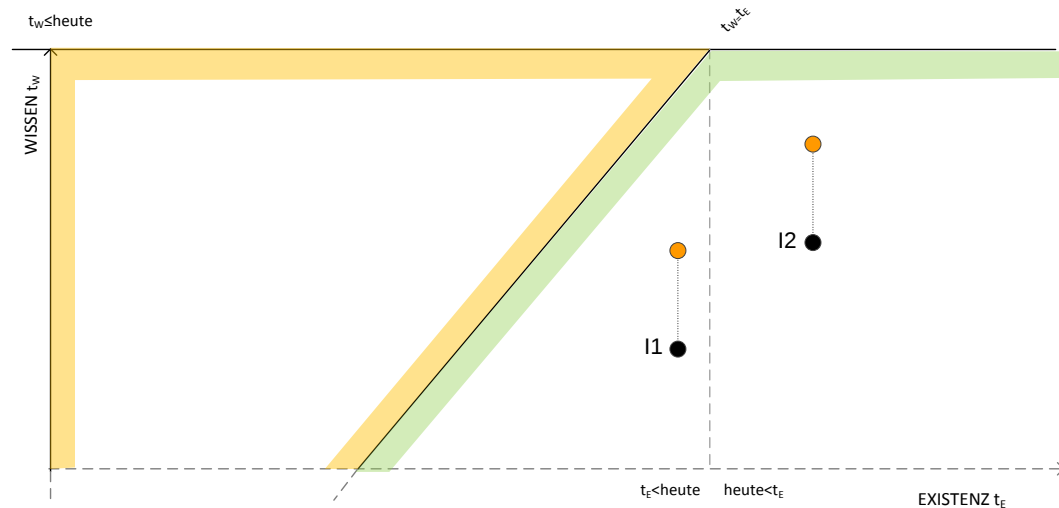


Abb.9 Einfügen einer geplanten Zeitpunkt-Version

Vorbedingungen:

- Mindestens eine Objektversion existiert im SIS
- Objekt existiert im SIS

Nachbedingungen:

- Neue Objektversion ist im SIS angelegt
- Bisherige Objektversionen bleiben unverändert

Ablauf:

1. Einfügen (I) der Objektversion im SIS
2. Konsistenzprüfung wird durchgeführt

Das Anlegen einer ersten Version eines effektiven Ereignisses unterscheidet sich nicht vom Vorgehen des Anlegens einer ersten Version eines geplanten Ereignisses. Es unterscheiden sich lediglich die Konsistenzbedingungen zwischen Wissenszeitpunkt und fachlicher Gültigkeit.

6.4.1.3 Weitere Anwendungsfälle

Die weiteren Anwendungsfälle werden systematisch im Anhang I dargestellt.

6.5 Temporale Beziehungen zwischen Objekten

Neben den Zeitaspekten und der Historisierung von einzelnen Objekten stellen sich besonders dann weitergehende Fragen, wenn auch die Aspekte von temporalen Beziehungen im Datenmodell betrachtet werden. Dies soll im Folgenden diskutiert werden.

6.5.1 Die Rolle von "Master-Detail-Beziehungen"

Grundsätzlich können Beziehungen zwischen zwei Fachklassen in zwei Gruppen klassiert werden:

- Die "Master-Detail-Beziehung" modelliert eine fachliche Beziehung (Assoziation) zwischen einer oder mehreren Objektversionen einer abhängigen "Detail-Klasse" und einer Objektversion einer unabhängigen "Master-Klasse".
Die Detail-Klasse kann sowohl eine eigentliche Fachklasse als auch eine Beziehungsklasse (assoziative Klasse oder Beziehungs-Typ) sein, die sehr oft eine "viele-zu-viele-Beziehung" ausmodelliert. In beiden Fällen kann die Detail-Klasse weitere Beziehungen zu anderen Master-Klassen aufbauen. Bei der Beziehungsklasse ist dies per Definition so.
Wir verwenden in diesem Bericht die Begriffe "Detail" und "Master" ausschliesslich zur sprachlichen Bezeichnung der abhängigen und der unabhängigen Klasse. Es wird damit keine fachliche Wertung der Relevanz der beiden Klassen vorgenommen.
- Eigentlich voneinander unabhängige Klassen können trotzdem Beziehungen eingehen, wenn diese nicht zwingend sind oder wenn sie nur für eine bestimmte Zeit existieren.
Ist eine Beziehung nicht zwingend, referenziert also ein Objekt der einen Klasse die andere Klasse nur in bestimmten Fällen (mit einer nicht obligatorische Fremdschlüsselbeziehung), so verhält sich diese Beziehung in diesen Fällen wie eine Master-Detail-Beziehung und es gelten die entsprechenden Lösungen und Regeln. Soll die Beziehung ermöglichen, dass sie die eigentlich unabhängigen Objekte nur für eine bestimmte Zeit miteinander in Beziehung bringt, dann kann dies konzeptionell durch eine Beziehungsklasse geschehen, die eigene Zeitaspekte und ev. auch eigene Attribute besitzen. Diese Beziehungsklasse geht dann wieder Master-Detail-Beziehungen zu den beiden Fachklassen ein. Auch hier gelten dann wieder die entsprechenden Lösungen und Regeln.

Daraus folgt, dass es hinreichend ist, wenn im Folgenden nur noch der Fall der Master-Detail-Beziehung behandelt wird.

Die Master-Detail-Beziehung kann mit unterschiedlichen Kardinalitäten versehen sein.

Eine 1:1 - Beziehung (oft 1:1c) ist eher selten. Sie modelliert aus konzeptioneller Sicht eine Trennung von Attributen einer Fachklasse, weil eine bestimmte Attributmenge ausgelagert wird, z.B. weil sie nur in gewissen Fällen vorkommt, wie

- Fahrzeug eines Verkehrsteilnehmers (Fussgänger hat keines)
- Abschnittspezifische Fachklasse, die je Abschnitt maximal einmal instanziiert werden darf
- oder weil aus anderen Gründen zwei "Teil-Klassen" modelliert werden sollen.

Dabei ist es in der Regel so, dass die "Grund"-Klasse (Master) mit entsprechenden Zeitaspekten ausgerüstet ist. Die Objektversionen der Auslagerungs-Klasse (Detail) erben dann die Zeitaspekte der Objektversion, zu der sie gehören. Es existiert also gar keine temporale Beziehung. Darum wird dieser Fall im vorliegenden Bericht nicht weiter behandelt.

Es ist aber durchaus auch denkbar, dass die abhängige Fachklasse eigene Zeitaspekte besitzt. In diesem Falle müssen die entsprechenden zeitlichen Bedingungen der

Beziehung gemäss den Regeln für Master-Detail-Beziehungen (siehe unten) festgelegt werden.

Eine 1:n (oft auch 1:nc) - Beziehung ist sehr häufig. Sie modelliert eine Beziehung (Assoziation) zwischen vielen Objektversionen einer "Detail-Klasse" und einer Objektversion einer "Master-Klasse". Beispiele sind

- Studenten einer Universität,
- Unfälle eines bestimmten Typs,
- Sektoren eines Achssegments
- usw.

Hinweis zu Beziehungsklassen als Detail-Klassen:

Eine viele-zu-viele-Beziehung modelliert eigentlich eine Relation (Tabelle) als Teilmenge des kartesischen Produkts der beteiligten Schlüssel-Domänen. Dabei können auch mehrere Klassen an der Beziehung beteiligt sein. Eine solche Beziehung kann man durch eine Beziehungsklasse ersetzen (auch "Beziehungs-Typ" oder "Assoziativer Typ" genannt), die die vorkommenden Schlüssel-Kombinationen enthält. Eine solche Beziehungsklasse kann zusätzlich durch weitere Attribute charakterisiert werden. Die Objekte der Beziehungsklasse bilden mit allen beteiligten Fachklassen jeweils wieder Master-Detail-Beziehungen.

Zeitlich gilt dies allerdings nur, wenn die Beziehungsklasse eigene Zeitattribute hat, z.B. "Ehe" als Beziehung zwischen zwei "Menschen". Wenn dies nicht der Fall ist, soll konzeptionell davon ausgegangen werden, dass die Beziehungsklasse die Zeitaspekte einer der Master-Klassen erbt.

Schlussfolgerung

Die Ausgangslage kann also so generalisiert werden, dass die Detail-Klasse über eine Fremdschlüsselbeziehung von der Master-Klasse abhängig ist. Eine spezielle Form der Master-Klasse bilden die Klassen des Raum- oder des Topologiebezugs, z.B. Sektor oder Knotenort.

Ohne Betrachtung temporaler Aspekte stellt dies keine relevanten Probleme und kann von gängigen relationalen Datenbanksystemen strukturell abgebildet werden. Sobald aber zeitliche Bedingungen bei dieser Master-Detail-Beziehung eingehalten werden sollen, ergeben sich einerseits konzeptionelle Fragen. Andererseits muss bei der Umsetzung beträchtlicher Aufwand getrieben werden, da die gängigen relationalen Datenbanksysteme solche zeitlichen Bedingungen nicht unterstützen.

Master-Detail-Beziehungen können "gewöhnliche" Assoziationen, Aggregationen (Teilmengen einer Gesamtmenge) oder Kompositionen (Komponenten eines zusammengesetzten Ganzen) abbilden. Da dies für die Betrachtungen der temporalen Beziehungen nicht relevant ist und zudem diese Typisierung in der Literatur nicht einheitlich definiert wird, wird sie im vorliegenden Bericht nicht verwendet.

6.5.2 Konzeptionelle Fragen

6.5.2.1 Typisierung der zeitlichen Beziehung

Grundsätzlich können die folgenden beiden Beziehungstypen existieren:

Zum einen existieren "Zeit-logische" Beziehungen zwischen den Wissens- resp. Speicherzeitpunkten der Detail- und der Masterobjektversion. Diese können generell wie folgt formuliert werden:

- Der Wissens- resp. Speicherzeitpunkt einer Version eines Detailobjekts muss aus logischen Gründen gleich oder später sein, als der Wissens- resp. Speicherzeitpunkt der massgebenden Version des Masterobjekts.
- Diese Festlegung schliesst auch die Bedingungen mit ein, die bezogen auf den Wissenszeitraum des ganzen Master-Objekts formuliert werden könnten.

Diese Bedingungen sind also grundsätzlich immer einzuhalten. Sie können im Entwurf des Daten- oder Objektmodells nicht verändert werden.

Temporale Beziehungen können andererseits aus der Fachsicht bezüglich der Gültigkeitszeit ("Existenz", siehe Kap. 6.4) eines Masterobjekts typisiert werden:

- Die Beziehung bezieht sich auf die Gültigkeit einer bestimmten Version des Masterobjekts.
- Die Beziehung bezieht sich auf die gesamte Gültigkeit, d.h. auf Gültigkeit der Gesamtheit aller Versionen des Masterobjekts.

Diese Beziehungen bilden die zeitliche Realität einer Master-Detail-Beziehung ab. Sie müssen im Entwurf des Daten- resp. Objektmodells festgelegt werden.

Die beiden grundsätzlichen Beziehungsarten gelten immer gemeinsam.

6.5.2.2 Beziehungen zwischen verschiedenen Zeittypen

Sowohl der Master als auch das Detail können von den drei Zeittypen "Ereignis (Zeitpunkt)", "Ereignis (Zeitraum oder Zeitintervall)" und "Status" sein. Dies führt zu 9 Kombinationen, die bezüglich ihrer zeitlichen Beziehungen analysiert und beschrieben werden müssen.

		Detail ist vom Zeittyp...		
		P: Zeitpunkt-Ereignis	I: Zeitintervall-Ereignis	S: Status
Master ist vom Zeittyp...	P: Zeitpunkt-Ereignis (P=Punkt)	PP	PI	PS
	I: Zeitintervall-Ereignis (I=Intervall)	IP	II	IS
	S: Status	SP	SI	SS

Abb.10 Abhängigkeit zwischen verschiedenen Zeittypen

Im Anhang werden diese 9 Fälle analysiert und beschrieben.

6.5.2.3 Art der zeitliche Beziehung

Die Art der zeitlichen Beziehung zwischen Master- und Detailobjekten wird aus fachlicher Sicht in der Regel wie folgt unterschieden:

- **Gleichzeitigkeit:** Die fachliche Gültigkeit der Version des Detailobjekts entspricht genau oder liegt ganz innerhalb der zeitlichen Gültigkeit der Version des Masterobjekts.
- **Zeitliche Überlappung:** Die fachliche Gültigkeit der Version des Detailobjekts muss sich minimal mit der zeitlichen Gültigkeit der Version des Masterobjekts überlappen. Sie kann oder muss – je nach fachlicher Bedeutung - zusätzlich einen Gültigkeitsbereich haben der ausserhalb der Gültigkeit der Masterversion liegt.
- **Zeitliche Abfolge:** Die zeitliche Gültigkeit der Version des Detailobjekts muss ganz oder teilweise – je nach fachlicher Bedeutung - früher oder später sein als die zeitliche Gültigkeit der Version des Masterobjekts.

Da diese Regeln nicht präzise und differenziert formuliert werden können, verwenden wir im vorliegenden Bericht einen konzeptionell anderen Ansatz:

Die benötigten fachlichen Regeln können mit Hilfe von maximal vier einfachen – durch UND verknüpft – Bedingungen abgebildet werden, die jeweils für den Beginnzeitpunkt und den Endzeitpunkt der Gültigkeit der Detailversionen bezüglich den analogen Zeitpunkten der Masterversionen mit einer Auswahl aus drei Aussagen (>, =, <) formuliert werden, die jeweils noch negiert werden können:

	Beginnzeitpunkt Masterversion	Endzeitpunkt Masterversion
Beginnzeitpunkt Detailversion	<i>Bedingung 1</i>	<i>Bedingung 2</i>
Endzeitpunkt Detailversion	<i>Bedingung 3</i>	<i>Bedingung 4</i>

Abb.11 Bedingungen zwischen den Zeitaspekten zweier Objektklassen

Die Bedingungen können sein:

IST (NICHT) FRÜHER, IST (NICHT) SPÄTER, IST (NICHT) GLEICHZEITIG

Beispiele:

- "FRÜHER", z.B. Endzeitpunkt Detail FRÜHER als Beginnzeitpunkt Master
- "GLEICHZEITIG", z.B. Beginnzeitpunkt Detail NICHT FRÜHER als Beginnzeitpunkt Master und Endzeitpunkt Detail NICHT SPÄTER als Endzeitpunkt Master
- "SPÄTER ALS", z.B. Beginnzeitpunkt Detail SPÄTER als Endzeitpunkt Master

Dabei ist zu beachten, dass den unterschiedlichen Granularitäten der Gültigkeit von Master und Detailversionen Rechnung getragen werden muss.

Im Anhang werden die jeweils vorkommenden Arten der zeitlichen Beziehung analysiert und beschrieben.

Dabei wird, um die Komplexität der Grafiken zu reduzieren, nur noch ein Wissenszeitpunkt dargestellt. Die Konsistenzbedingungen beziehen sich nämlich in der Regel für das Masterobjekt und das Detailobjekt auf den gleichen Typ Wissenszeitpunkt (Speicherdatum oder Prozesswissensdatum).

Solange nur Ereignis-Klassen – seien sie vom Zeittyp Zeitpunkt oder Zeitintervall – in einer Master-Detail-Beziehung beteiligt sind, kann der temporale Aspekt der Beziehung mit einer einzigen Regel beschrieben werden.

Sind Status-Klassen (mit Status-Versionen) an einer Master-Detail-Klasse beteiligt, müssen fallweise mehrere Regeln formuliert werden, um die fachliche Realität korrekt abbilden zu können. Dabei bezieht sich jede Regel auf eine der folgenden Statusversionen, sowohl auf der Master- als auch auf der Detail-Seite der Beziehung:

- 1 = zeitlich erste Version der Status-Kette
- n = zeitlich letzte Version der Status-Kette
- x = eine beliebige Version der Status-Kette

Nachfolgend wird aus fachlicher Sicht an einigen Beispielen die Bildung der erforderlichen Regeln dargestellt. Dabei werden die Regelbeispiele danach gruppiert, in welcher Rolle eine Fachklasse vom Zeittyp "Status" an der Beziehung beteiligt ist.

Master-Detail-Beziehung (Versionen)				Zeitl. Bedingungen (UND-verknüpft)			
Detail- klasse	Vers.	Master- klasse	Vers.	BeginnD -BeginnM	BeginnD -EndeM	EndeD -BeginnM	EndeD -EndeM
Weder Detail noch Master sind vom Zeittyp "Status"							
Unfallort (P)	-	Unfall (P)I	-	GLEICH			
Brief (P)	-	Vertrag (P) (effektiv)	-	NICHT FRÜHER			
Fb.Zust. (P)	-	Baustelle (I)	-	(implizit)	SPÄTER		
Frist (I)	-	Publikation (P)	-	GLEICH		-	
Unfall (P)	-	Baustelle (I)	-	NICHT FRÜHER	NICHT SPÄTER		
Baustelle (I)	-	Vertrag (P) (effektiv)	-	NICHT FRÜHER		-	
Proj.Ende (I)	-	Ereignis (P)	-	-		GLEICH	
Baustelle (I)	-	Projekt (I)	-	NICHT FRÜHER	(implizit)	(implizit)	NICHT SPÄTER
Teil.Proj. (I)	-	Projekt (I)	-	NICHT FRÜHER	(implizit)	(implizit)	NICHT SPÄTER

Abb.12 Regelbeispiele zeitliche Bedingungen (Teil 1)

Nur Detail ist vom Zeittyp "Status"							
Achse (S)	x	Dokument (P)	-	NICHT FRÜHER		(implizit)	
Regel (S)	x	Norm (P)	-	NICHT FRÜHER		(implizit)	
Knoten (S)	x	Projekt (I)	-	NICHT FRÜHER	NICHT SPÄTER	(implizit)	(implizit)
Knoten (S)	x	Proj.Abschl. (I)	-	(implizit)	NICHT FRÜHER	(implizit)	(implizit)
Knoten (S)	n	Dokument (P)	-	(implizit)		GLEICH	
Anal.Var. (S)	1	EM-Analyse (I)	-	NICHT FRÜHER	(implizit)	(implizit)	(implizit)
	n		-	(implizit)	(implizit)	(implizit)	NICHT SPÄTER
Nur Master ist vom Zeittyp "Status"							
Unfall (P)	-	Sektor	x	NICHT FRÜHER	NICHT SPÄTER		
Zustand (p)	-	Sektor (S)	x	NICHT FRÜHER	NICHT SPÄTER		
Ereignis (I)	-	Bericht (S)	x	NICHT FRÜHER	NICHT SPÄTER		
Projekt (I)	-	Abschnitt (S)	x	NICHT FRÜHER	NICHT SPÄTER		
Detail und Master sind vom Zeittyp Status							
Sektor (S)	1	Achssegm. (S)	1	NICHT FRÜHER-	-	-	-
	n		n	-	-	-	NICHT SPÄTER
Mensch (S)	1	Mensch (S)	x	NICHT FRÜHER	NICHT SPÄTER		

Abb.13 Regelbeispiele zeitliche Bedingungen (Teil 2)

6.5.3 Beispiele für Master-Detail-Beziehungen

Nachfolgend werden alle theoretisch möglichen Beziehungen der verschiedenen Zeittypen aufgelistet und mit möglichen (nicht abschliessend) Beispielen ergänzt.

Die Tabelle enthält folgende Informationen:

- M-D: Beziehungsart zeitlich, gemäss Ziffer 6.5.2.2
- Häufigkeit: Quantitative Beurteilung, wie oft eine Beziehung mit dieser Beziehungsart in der Modellierung vorkommt. Diese Beurteilung ist nicht abschliessend sondern bezieht sich auf die für diesen Bericht beigezogenen Grundlagen. Werden fachlich weitere Gebiete betrachtet, kann sich die quantitative Beurteilung verändern.
- Art: Art der zeitlichen Beziehung bezüglich zeitlicher Abfolge (Gleichzeitig, Überlappend, Abfolge)
- Beschreibung
- V/O: ist die zeitliche Abhängigkeit gültig für das ganze Objekt (O) oder eine Objektversion (V). In einigen Fällen ist die zeitliche Gültigkeit des Objekts mit der Objektversion identisch (V=O)

Es kann vorkommen, dass fachlich der gleiche Informationstyp mehrfach mit unterschiedlichen Zeittypen aufgelistet ist. Dies ist eine Folge von unterschiedlichen Modellierungen der von uns betrachteten Grundlagen. So kann man zum Beispiel einen Belag als Einbauaktivität (Ereignis) oder als Zustand beschreiben.

Tab. 2 Klassierung der Master-Detailbeziehungen

M-D	Häufigkeit	Art	Beschreibung und Beispiele, z.T. abhängig von der Granularität
PP	eher selten	G	Allg: Zwei Ereignisse (P) sind gleichzeitig Unfallort zu Unfall Verkehrswert in Ganglinie
---	---	Ü	Allg: Ist in diesem Falle nicht möglich
	häufig	A	Allg: Zwei aufeinander folgende Ereignisse (P) Unfallrapport zu Unfall Belagseinbau (P) über einen anderen Belagseinbau Brief, der sich auf einen Vertrag bezieht Protokoll einer Sitzung
PI	eher selten	G	Allg.: Ereignis (I) beginnt gleichzeitig mit Ereignis (P) Strassensperrung ist durch Naturereignis bedingt Einsprachefrist beginnt mit Publikation Allg.: Ereignis (I) endet gleichzeitig mit Ereignis (P) Projekt wird mit einem unabhängigen Ereignis abgebrochen Allg.: Ereignis (I) geschieht während Ereignis (P) (Fachliches Beispiel unbekannt)
---	---	Ü	Allg: Ist in diesem Falle nicht möglich
	häufig	A	Allg: Ereignis (I) folgt auf Ereignis (P) Untersuchung nach Unfall Unfall bedingte Strassensperrung Baustelle, die sich auf einen Vertrag bezieht Zustandsgrösse, die sich auf ein Dokument bezieht (Norm)
PS	sehr häufig	G	Allg.: (Erste) Status-Version beginnt gleichzeitig mit Ereignis (P) Achsversion bezieht sich auf Dokument (Beleg) Planungsmassnahme-Version bezieht sich auf Dokument Allgemein Dokumenten-Bezug Allg.: (Erste) Status-Version endet gleichzeitig mit Ereignis (P) Ende letzte Achsversion bezieht sich auf Dokument (Beleg) Allgemein Dokumenten-Bezug Ende letzte Version der Kette Allg.: Status-Version gilt während Ereignis (P) (Fachliches Beispiel unbekannt)
---	---	Ü	Allg: Ist in diesem Falle nicht möglich

Tab. 2 Klassierung der Master-Detailbeziehungen

M-D	Häufigkeit	Art	Beschreibung und Beispiele, z.T. abhängig von der Granularität
	sehr häufig	A	Allg: (Erste) Status-Version folgt auf Ereignis (P) Version Erhaltungsobjekt später als Planungszeitpunkt Zustandsbewertungsregel später als referenzierte Norm Allgemein Dokumenten-Bezug
IP	sehr häufig	G	Allg: Ereignis(P) gleichzeitig mit Ereignis(I) Unfall auf Grund Baustelle Verkehrswert während Baustelle Vertrag/Brief/usw. während Projekt Sitzung während Projekt Sitzung während Baustelle EM-Massnahme während EM-Analyse Reparatur während Baustelle Belagseinbau (P) während Baustelle Fahrbahnzustand (Beobachtung) während (Erhebungs-)Projekt
	---	Ü	Allg: ist in diesem Fall nicht möglich
	selten	A	Allg: Ereignis (P) folgt auf Ereignis (I) Fahrbahnzustand (Beobachtung) nach Baustelle
II	sehr häufig	G	Allg: Ereignis (I) ist während einem anderen Ereignis (I) Baustelle eines Projekts Strassensperrung durch ein Projekt Strassensperrung durch eine Baustelle Belagseinbau(I) in einem Projekt Belagseinbau(I) einer Baustelle Interventionsgrenze einer Zustandsgrösse Objektbewertungsregel einer Zustandsgrösse
	---	Ü	Allg: keine Anwendung im SIS bekannt
	---	A	Allg: keine Anwendung im SIS bekannt
IS	häufig	G	Allg: Alle Status-Versionen sind während Ereignis(I) (alle Versionen) Analysenvariante einer EM-Analyse Zustandsbewertungsregel (alle Versionen) einer Zustandsgrösse
	häufig	Ü	Allg: (Erste) Status-Version beginnt während Ereignis(I) (Version) Fahrbahnprofil als Folge von Projekt (Version) Nebestreifen als Folge von Projekt (Version) Fahrbahnnutzung als Folge von Projekt
	häufig	A	Allg: (Erste) Status-Version folgt einem "abgeschlossenen" Ereignis(I) Achsegment-Version als Folge eines Projekts Knoten-Version als Folge eines Projekts
SP	sehr häufig	G	Allg: Ereignis(P) ist während einer Status-Version Unfall auf Sektor Unfall auf Abschnitt Unfall in Knotenbereich Unfall in Fahrbahnprofil Unfall auf Nebestreifen Unfall auf Nutzungsstreifen Naturereignis-Ort auf Sektor; usw. dito Unfall Belagseinbau-Ort; usw. dito Unfall Reparatur-Ort; usw. dito Unfall Fahrbahnzustand-Ort; usw. dito Unfall EM-Massnahme-Ort; usw. dito Unfall Typ-Attribut (aus Wissenskatalog) eines Ereignis(P) Bericht zur Dokumentation eines Ereignis(P)
	----	Ü	Allg: Ist in diesem Falle nicht möglich
	----	A	Allg: keine Anwendung im SIS bekannt
SI	häufig	G	Allg: Ein Ereignisbeginn (analog P) ist während einer Status-Version Ort eines Projekts, einer Baustelle usw. usw. Typ-Attribut (aus Wissenskatalog) eines Ereignis(I) Bericht zur Dokumentation eines Ereignis(I)

Tab. 2 Klassierung der Master-Detailbeziehungen

M-D	Häufigkeit	Art	Beschreibung und Beispiele, z.T. abhängig von der Granularität
---		Ü	Allg: keine Anwendung im SIS bekannt
---		A	Allg: keine Anwendung im SIS bekannt
SS	sehr häufig	G	Allg: Status-Versionsbeginn (analog P) ist während einer anderen Status-Version Sektor eines Achssegments einer Achse eines Achs-Typs Anschluss eines Knotens Abschnitt eines Fachnetzes Ort eines Fahrbahnprofils/Nebenstreifen/Fb.Nutzung/EH-Objekt Gültigkeitsnetz einer Zustandsbewertungsregel Bericht (allg. Dokumentversionen) von XYZ Typ-Attribut (aus Wissenskatalog) einer Status-Version
---		Ü	Allg: keine Anwendung im SIS bekannt
---		A	Allg: keine Anwendung im SIS bekannt

6.5.4 Konzeptionelle Lösungsansätze

6.5.4.1 Versionsbeziehung versus Objektbeziehung

Die zeitlichen Konsistenzbedingungen der in einer Beziehung stehenden Klassen können auf der Ebene Version oder auf der Ebene Objekt festgelegt werden.

Grundsätzlich soll immer eine Versionsbeziehung definiert werden. Beim Aufbau der Beziehung kann so eine, zu diesem Zeitpunkt bezüglich der Zeitaspekte, konsistente zeitliche Beziehung sichergestellt werden.

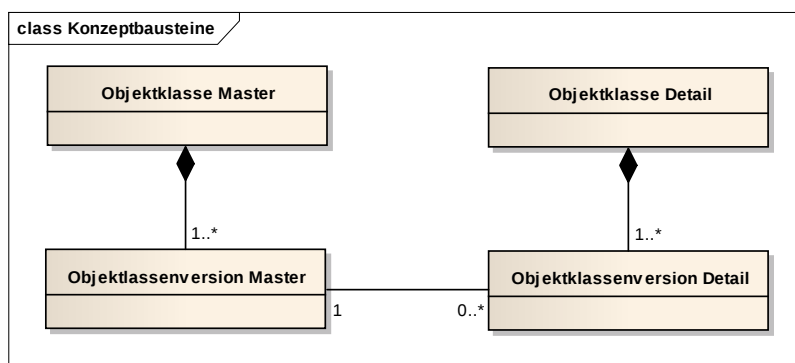


Abb.14 Objektbeziehungen als Versionsbeziehung

Es kann dann über Auswertungsprozesse entschieden werden, ob die Versionsbeziehung oder "nur" die Objektbeziehung massgebend sein soll.

Bei Objektklassen vom Typ Status soll die Beziehung über die einzelnen Statusversionen aufgebaut werden. Die Auswertungsprozesse steuern dann, ob die Beziehung auf die Statusversion, eine Version der Statuskette oder alle Statuskettenversionen eines Objekts massgebend sein soll.

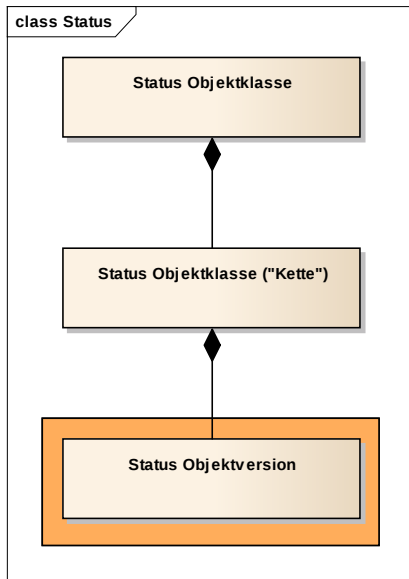


Abb.15 Lösungsvariante Versionskette

6.5.4.2 Veränderungen am Masterobjekt mit Einfluss auf die zeitliche Gültigkeit

Mit der Versionsbeziehung wird die Konsistenz zum Zeitpunkt der Festlegung der Beziehung sichergestellt. Sowohl am Masterobjekt als auch Detailobjekt können aber Veränderungen vorgenommen werden, welche die Konsistenzbedingungen der zeitlichen Beziehungen verletzen.

Durch die Abbildung sämtlicher Objekte mit Objektklassen und Objektklassenversionen ist aber immer die zum Zeitpunkt der Erstellung der Beziehung vorhandene, gültige Aussage vorhanden.

Anhand von Fachregeln muss definiert werden, wie "heute" nicht mehr gültige Beziehungen aktualisiert werden müssen.

Beispiele sind:

- Raumbezug: Wenn die zeitliche Gültigkeit eines Raumbezug-Elements verkürzt wird, kann der Raumbezug der betroffenen Fachobjekte zeitlich inkonsistent werden. Der Benutzer muss darüber informiert werden und muss diese Inkonsistenz beheben können.
- Wissenskataloge: Wenn die zeitliche Gültigkeit eines Katalogtexts verkürzt wird, kann der Katalogbezug der betroffenen Fachobjekte zeitlich inkonsistent werden. Der Benutzer muss darüber informiert werden und muss diese Inkonsistenz beheben können.
- Topologie (Fachnetze): Wenn die zeitliche Gültigkeit eines Knotens verkürzt wird, kann der Topologiebezug der betroffenen Abschnitte zeitlich inkonsistent werden. Der Benutzer muss darüber informiert werden und muss diese Inkonsistenz beheben können.

Die Frage stellt sich, ob das Wiederherstellen solcher zeitlicher Inkonsistenzen – auch zumindest teilweise – automatisiert werden kann.

Dabei muss beachtet werden, dass daraus einerseits kaskadierte Abläufe entstehen können und kontrolliert werden müssen.

Andererseits entstehen durch die automatisierten Korrekturen an Zeitaspekten von betroffenen Objekten Informationsverluste gegenüber der Datenerhebung, die dem Benutzer bekannt und von ihm akzeptiert sein müssen. Falls ein System Korrekturversionen historisieren kann, ist dies über eine dafür verwendete Korrekturart dokumentierbar.

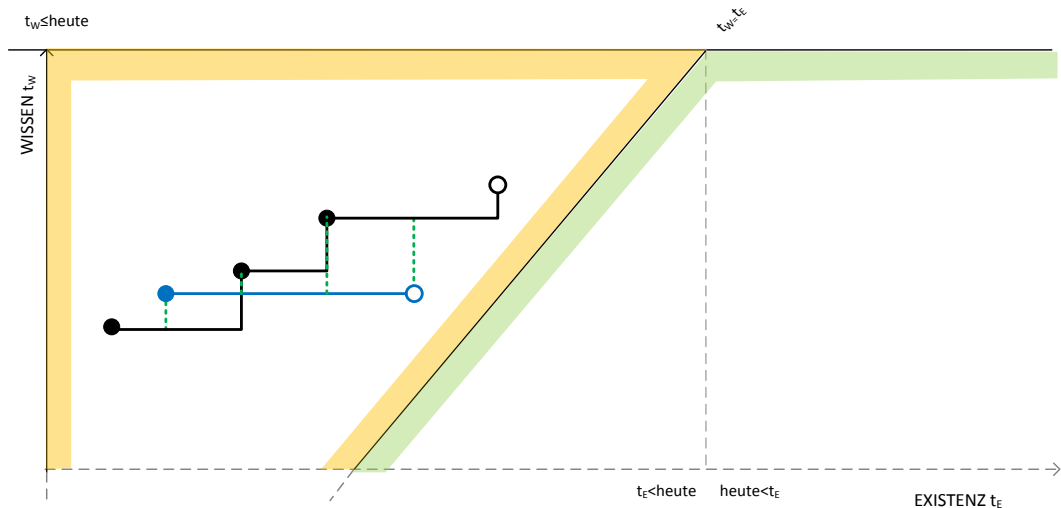


Abb.16 Zeitliche Abhängigkeit vom Masterobjekt

Um eine nachvollziehbare Historisierung zu erreichen, müssen die folgenden Anwendungsfälle umgesetzt werden können:

- Die durch eine Veränderung an einem Objekt sich ergebenden Inkonsistenzen müssen festgestellt, in der Datenbank als "zeitlich inkonsistent" gekennzeichnet und dem Anwender dargestellt werden.
- Der Anwender muss danach fallweise entscheiden können, ob er einer automatischen Korrektur zustimmt. Im positiven Fall muss diese dann vom System erfolgen und über einen entsprechenden Korrekturcode nachvollzogen werden können. Das System muss dann die betroffenen Datensätze wieder als "zeitlich konsistent" bezeichnen.
- Dort wo der Benutzer einer automatischen Korrektur nicht zustimmt, müssen die entsprechenden Datensätze als "zeitlich inkonsistent" gekennzeichnet bleiben. Der Benutzer kann dann fallweise Korrekturen anbringen, die wieder zu einem konsistenten Gesamtbild führen. Das System muss dann die korrigierten Datensätze wieder als "zeitlich konsistent" bezeichnen.
- Die fallweisen Korrekturen müssen über mehrere Objekte als Massenoperation durchgeführt werden können. Ändert sich zum Beispiel der Raum in einem bestimmten Bereich, können sehr viele Daten betroffen sein. Für alle Daten ist aber vielleicht die Nachführung des Raumbezugs mit der gleichen, automatischen Methode möglich. Dann soll für den vom Benutzer definierten Raum für alle betroffenen Daten die Nachführung automatisiert erfolgen.

In den nachfolgenden Kapiteln werden für die verschiedenen Arten der Beziehung zwischen Zeittypen dargestellt. Zeitlich konsistent ist ein Detailobjekt, wenn der Wissensstand und auch die fachliche Gültigkeit grösser als die entsprechenden Zeitaspekte des Masterobjekts sind. In den Abbildungen werden entweder die "gültigen" Zeitbereiche durch blau hinterlegte Flächen oder die zeitlichen Untergrenzen durch blau schraffierte dicke Linien angedeutet.

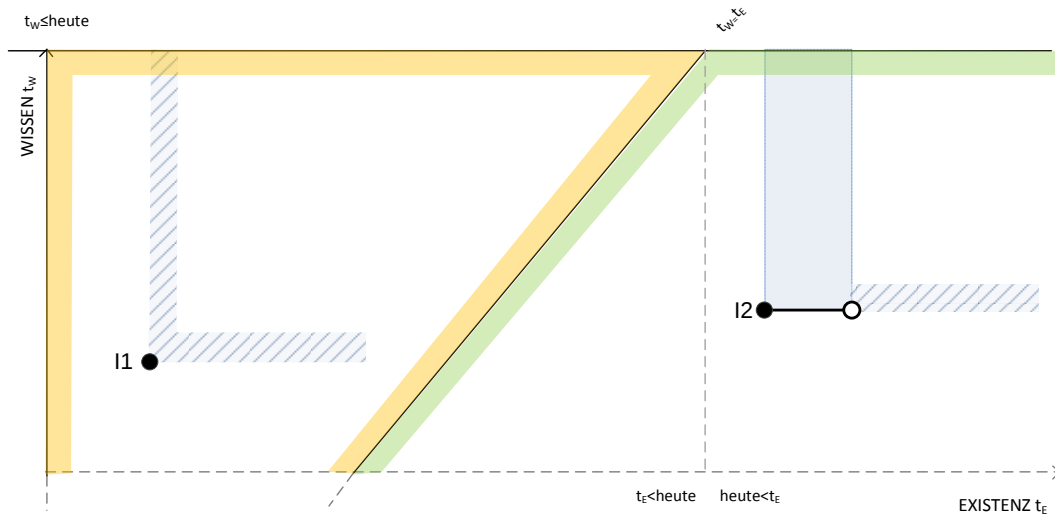


Abb.17 Darstellung der Gültigkeitsbereiche für ein Detailobjekt

Eine systematische Erarbeitung der temporalen Beziehungen und der daraus ableitbaren Regeln ist im Anhang II erarbeitet.

6.5.5 Spezielle Modellierungsfragen der temporalen Beziehung

6.5.5.1 Mehrstufige temporale Beziehung

Mehrstufige Master-Detail-Beziehungen sind in Datenmodellen für das Infrastrukturmanagement häufig zu finden. Ein Beispiel dazu bildet der Topologiebezug "Abschnitt – Netz – Netztyp" (siehe unten) oder der Raumbezug eines Abschnitts "Abschnitt – Knoten (-Ort) – Sektor – Achse".

In solchen Fällen müssen alle anwendbaren, temporalen Konsistenzbedingungen eingehalten werden.

Beispiel: Im häufig vorkommenden Fall der "Gleichzeitigkeit" müssen die Zeiträume der Gültigkeit der jeweiligen Masterklassen in der Regel gleich oder länger sein als diejenigen der betroffenen Detailklassen.

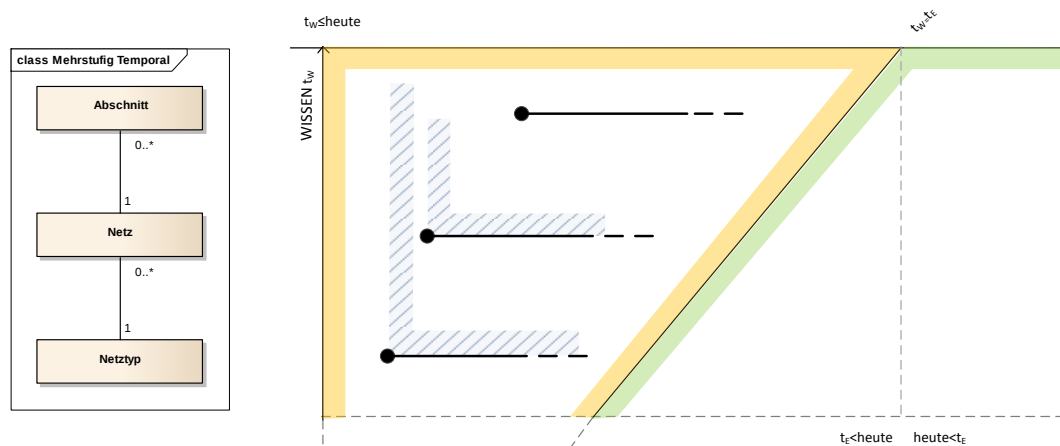


Abb.18 Mehrstufige temporale Abhängigkeit

6.5.5.2 Redundante temporale Beziehungen ("semantischen Viereck")

In Datenmodellen finden sich oft eigentlich redundante Beziehungen.

Diese werden häufig genutzt, um Konsistenzbedingungen sicher zu stellen. In der Modellierung der Fachnetze z.B. wird damit sichergestellt, dass ein Abschnitt genau zu einem Achssegment gehört und damit der Abschnitt ein Achssegmentanfang oder –ende nicht überlappen kann.

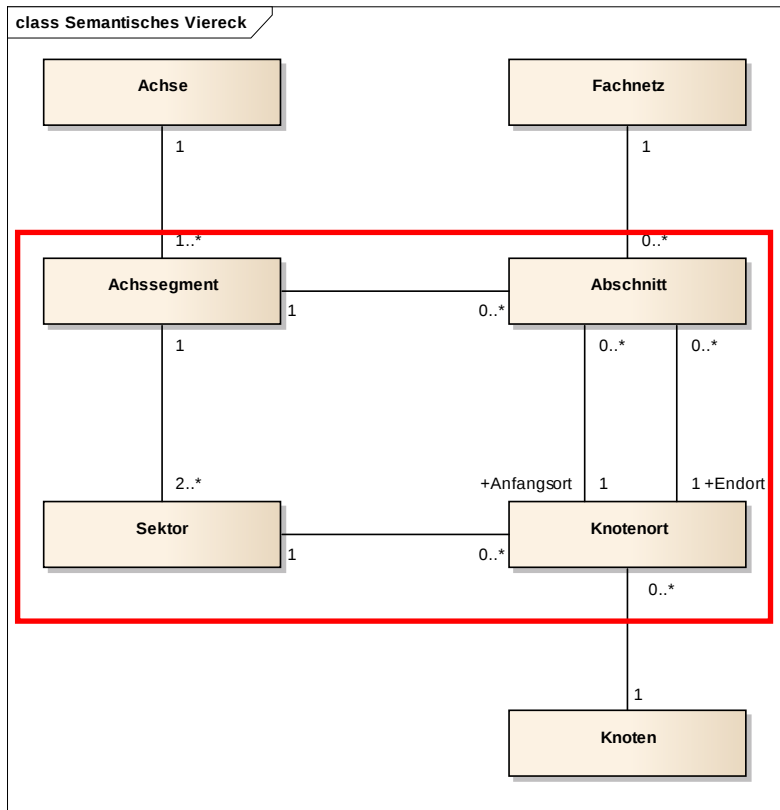


Abb.19 Das semantische Viereck

Die temporalen Beziehungen und damit die temporalen Bedingungen müssen sowohl auf dem Pfad "Abschnitt-Knotenort-Sektor-Achssegment" wie auch "Abschnitt-Achssegment" erfüllt sein.

6.5.5.3 Vorübergehende temporale Beziehung

Objekte können in der Realität wie auch in der Modellierung manchmal auch nur vorübergehend, das heisst für einen bestimmten Zeitraum eine Beziehung eingehen. Diese Verbindung kann über eine Beziehungsklasse hergestellt werden. Der Gültigkeitszeitraum der Beziehung muss dabei innerhalb des Gültigkeitszeitraums der in Verbindung gebrachten Objekte sein.

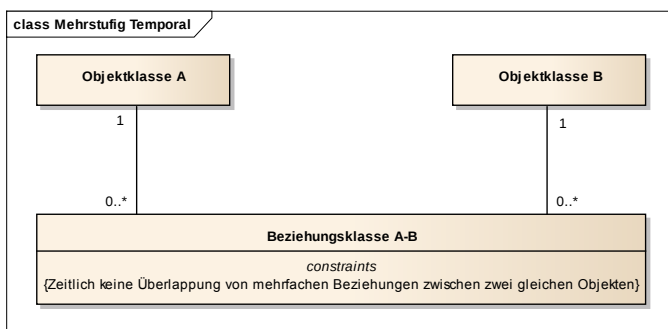


Abb.20 Vorübergehende temporale Beziehung

7 Lösungskonzepte für die "Objektgeschichte" und die "Raumbezugsgeschichte" im SIS

7.1 Übersicht über die zur Verfügung stehenden Konzepte der "Objektgeschichte" oder der "Raumgeschichte" (ohne Überlagerung)

Die Lösungskonzepte für die "Objektgeschichte" resp. die "Raumgeschichte" umfassen

- die Art der zeitlichen Entwicklung, stetig oder nicht stetig, von Objekteigenschaften oder des Raumbezugs,
- die implizite und die explizite Geschichtsschreibung von Objekteigenschaften oder dem Raumbezug

7.1.1 Zeitliche Entwicklung

Die zeitliche Entwicklung von Objekteigenschaften oder dem Objektraum kann grundsätzlich drei Ausprägungen aufweisen.

7.1.1.1 Stetige Entwicklung

Beispiele für eine stetige zeitliche Entwicklung einer Eigenschaft oder einer Eigenschaftsgruppe sind

- die stetige zeitliche Entwicklung der Eigenschaft "Fahrbahnzustand" oder
- die stetige zeitliche Entwicklung des Orts eines fahrenden Fahrzeugs.

Eine stetige zeitliche Entwicklung einer Objekteigenschaft oder des Objektraums kann nur durch einzelne Beobachtungen beschrieben werden. Die Funktion der zeitlichen Entwicklung muss dann aus den betreffenden Beobachtungen abgeleitet werden. Dies bedingt Abfragen über Raum- und Zeitparameter.

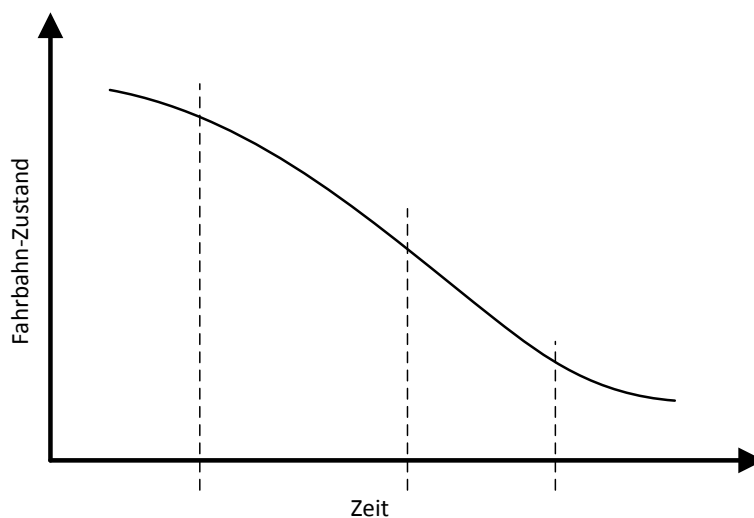


Abb.21 Stetige Veränderungen über die Zeit

In diesem Falle werden Informationen über das "Ereignis" der Beobachtung abgelegt: Wer hat wann, wo, von welcher Eigenschaft was beobachtet resp. gemessen?

Die räumliche und zeitliche Interpolation zu aussagekräftigen Informationen ist von fachlichen Regeln abhängig, die für jede Art der Beobachtung festgelegt werden muss und im Datenmodell nicht hinterlegt werden kann.

7.1.1.2 Nicht stetige zeitliche Entwicklung

Beispiele für eine nicht stetige zeitliche Entwicklung einer Eigenschaft oder einer Eigenschaftsgruppe sind die Eigenschaft "Knotenname" oder der Raum "Knotenort" (beim Umbau der baulichen Situation des Knotens). Weitere Beispiele können sein: Ereignisse wie der neue Strassenname, die neu gemessene Länge eines RBBS-Sektors oder ein anderer Knoten-Typ.

In diesem Falle werden nicht die Ereignisse der Bestimmung des Zustands, sondern entweder die den Zustand ändernden Ereignisse oder der neue Zustand abgelegt. Es findet auch keine räumlich-zeitliche Interpolation statt, da der Zustand zu einem Zeitpunkt direkt bekannt ist.

Eine nicht stetige zeitliche Entwicklung kann also beschrieben und abgespeichert werden:

- entweder durch die Abfolge der Ereignisse, im Sinne einer Auflistung der Ereignisse selbst, wenn diese für den Fachprozess relevant sind (, was in der Regel nicht der Fall ist!),
- oder durch die Abfolge der jeweils neuen Zustände, im Sinne von Objekt-"Versionen", was für den Fachprozess in der Regel relevant ist.

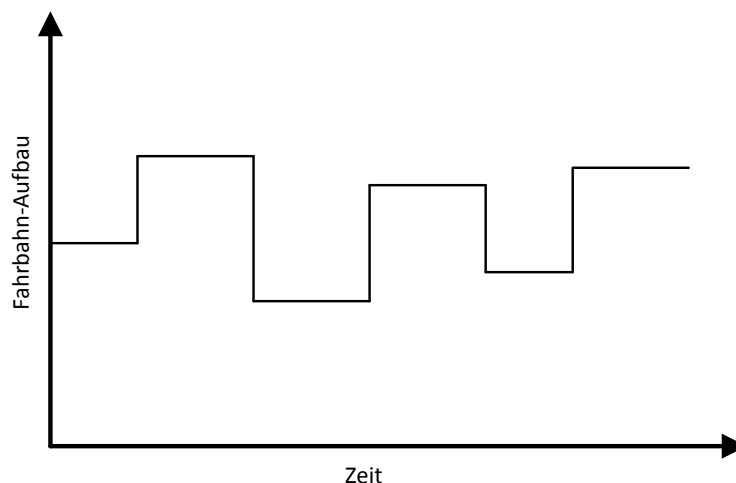


Abb.22 Nicht stetige Entwicklung über die Zeit

Die erste Lösung (Auflistung über Zustandsänderungen) ist aus Benutzersicht dann vorzuziehen, wenn die Beschreibung des "aktuellen" Zustands durch den Benutzer sehr aufwendig wäre, aber applikatorisch aus den einzelnen Ereignissen ableitbar ist. Ein sprechendes Beispiel ist der Belagsaufbau einer Fahrbahn nach sich räumlich überlappend eingebauten Schichten (räumliches "Puzzle"). Entsprechende Applikationen sind vom Strasseninformationssystem bereitzustellen.

Anders ist es, wenn die Zustände sich einfach darstellen lassen, z.B. als Attribute eines Informationsobjekts, wie im Falle eines geänderten Knotentyps. Die zweite Lösung ("Versionen") ist zwar oft speicherintensiver, aus Benutzersicht aber vorzuziehen, da sie jeweils – als letzte Version – die "aktuelle" Sicht darstellt. Zudem werden bei Abfragen in

der Vergangenheit ebenfalls direkt die dann herrschenden Zustände dargestellt. Ein Zustand zu einem gewissen, dann "aktuellen Zeitpunkt", kann direkt durch entsprechende Selektionsbedingungen abgeleitet werden. Es sind keine speziellen Auswertungen erforderlich.

Die Wahl der Methode ist bei der Modellierung der Strassendatenbank sehr sorgfältig vorzunehmen. Sie hat im Besonderen die Benutzeraspekte und die Wartbarkeit der Daten zu berücksichtigen.

7.1.1.3 Zeitliche Entwicklung ist irrelevant

In vielen Fällen interessiert nur die Objektexistenz. In der Strassendatenbank selbst wird also keine "Geschichte" der Objekteigenschaften oder des Objektraums verwaltet. Dabei kann es sein,

- dass das Objekt oder der Raum gar keine Geschichte haben kann, z.B. ein Unfall, eine kleine Reparatur usw.,
- dass es ein Modellierungsentscheid ist, dass die Geschichte des Objekts selbst für diejenigen Prozesse nicht massgebend sei, welche die Strassendatenbank unterstützt, z.B. können Baustellen jeweils als einzelne "Aktivitäten" ohne Geschichte betrachtet werden,
- oder es werden aus Modellierungsüberlegungen heraus bewusst einzelne "Beobachtungen" erhoben und verwaltet, die selbst keine Geschichte haben, aus denen aber dann die Geschichte eines Raum- und Zeitbereichs durch entsprechende Auswertungen bestimmt werden kann, z.B. für Fahrbahnzustände, für den Ein- oder Ausbau von Belagsschichten (siehe oben).

7.1.2 Explizite und Implizite Geschichtsschreibung

7.1.2.1 Explizite Geschichtsschreibung: Objektgeschichte

In bestimmten Fällen soll die Geschichte der Objektentwicklung explizit beschrieben werden können. Dies ist natürlich nur für nicht stetige Entwicklungen möglich, da dann Ereignisse den Zustand eines Objekts so verändern, dass der neue Zustand bekannt ist und die entsprechenden Daten abgelegt werden können.

Die Informationsobjekte werden in der Strassendatenbank so modelliert, dass die Geschichte in Form von "Status-Versionen" oder in "Zeitreihen" abgelegt wird. Sie kann dann auch sofort ausgewertet werden.

Versionen beschreiben in der Regel unterschiedliche Zeitintervalle, z.B. neue Knotenorte nach Baumassnahmen. Versionen beschreiben die Konsequenzen von Ereignissen.

Dabei beschreiben die Elemente der Zeitreihen identische Zeitintervalle, z.B. für Ganglinien von Verkehrsmengen. Zeitreihen beschreiben in der Regel stetige Entwicklungen (siehe dazu Kap. 6.2.3).

Die Strassendatenbank muss für beide Fälle entsprechende Funktionen bereitstellen. Beispiele sind:

- Ganglinien von Verkehrsmengen (stetig)
- Messungen von Belagstemperaturen (stetig)
- Standorte von Fahrzeugen für das Flottenmanagement (stetig)
- Die Entwicklung der Einwohnerzahl einer Stadt (stetig)
- Erhebung der Umnutzung der Strassenfläche nach Markierungsmassnahmen (Versionen)

- Neumessung des geometrischen Profils nach Baumassnahmen (Versionen)
- Änderungen von konzeptuellen Schlüsseln, z.B. Strassennamen, Knotennamen (Versionen)
- Modifikation von Knotenorten nach Umbaumassnahmen (Versionen)

Die explizite Geschichtsschreibung kann also entweder durch einen entsprechend modellierten Informationsobjekt-Typ (Tabelle für Zeitreihe) oder durch zeitliche Versionen der Informationsobjekte abgebildet werden.

7.1.2.2 Implizite Geschichte durch Auswertungen von Ereignissen

Wenn die entsprechenden Zeitattribute der Objekte vorhanden sind, kann aus Betrachtungen über einen bestimmten Raumbereich und einen bestimmten Zeitraum die Geschichte eines "abgeleiteten, impliziten" Informationsobjekts abgeleitet werden. Dies wird in der Praxis von Strassenfachpersonen sehr oft gemacht.

Die Strassendatenbank soll sowohl für "stetige Entwicklungen" als auch für die Geschichte von "Ereignissen oder Aktivitäten" entsprechende Funktionen bereitstellen. Beispiele sind:

- Die Entwicklung des Unfallgeschehens auf einem Abschnitt während einer gewissen Zeitperiode (stetig).
- Der Zustand der Fahrbahnfläche nach einigen Jahren unter einer bestimmten Verkehrslast (stetig) usw.
- Der Aufbau einer Fahrbahnfläche nach einer Anzahl von Ein- und Ausbaumassnahmen von Belagsschichten oder nach erfolgten Reparaturen auf einem Strassenteilstück (nicht stetig, da nach Ereignissen oder Aktivitäten).

7.1.3 Kombination von zeitlicher Entwicklung und Geschichtsschreibung

Durch die Kombination der (stetigen oder nicht stetigen) zeitlichen Entwicklung und der (expliziten oder impliziten) Geschichtsschreibung entstehen 4 Fälle.

Diese sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt und mit Beispielen versehen.

Tab. 3 Beispiele für Aufgabenstellung, Geschichte und Zielfunktion

Geschichtsschreibung (explizit oder implizit)	Zeitliche Entwicklung (und Umsetzung)	Beispiele
Keine Geschichte	[keine]	Unfall
Explizite Geschichte von Eigenschaften eines Objekts	Stetige Entwicklung (nicht möglich)	
	Nicht stetige Entwicklung: Zustände nach (nicht beschriebenen) Veränderungen (Objekt-Versionen)	Geometrisches Profil, Knoten-Typ, Namen von Objekten
Implizite Geschichte durch Auswertung einer "aktuellen Sicht" über Raum und Zeit	Stetige Entwicklung (Beobachtungen, Zeitreihen)	Fahrbahn-Zustand, Verkehrsmenge (z.B.DTV)
	Nicht stetige Entwicklung: Zustände nach Veränderungen, deren Attribute den neuen Zustand ableiten lassen (Ereignis)	Einbau einer Belagsschicht → Fahrbahnaufbau

7.2 Überlagerung der zeitlichen Entwicklung von Objekteigenschaften in einer Master-Detail-Beziehung, im Besonderen in einer Objekt-Raum-Beziehung

Die zeitliche Entwicklung von Objekteigenschaften (Detail oder referenzierter Master) kann die drei beschriebenen Ausprägungen "irrelevant", "stetig" oder "nicht stetig" aufweisen. Die Modelle der Zeitaspekte und der Historisierung müssen also diese Ausprägungen für Objekteigenschaften unterstützen.

Die zeitliche Entwicklung des Objektraums im Besonderen kann ebenfalls die drei beschriebenen Ausprägungen aufweisen. Die Modelle der Zeitaspekte und der Historisierung müssen also diese Ausprägungen auch für die Beschreibung der Raum Aspekte dieser Objekte unterstützen.

Die Überlagerung der drei Ausprägungen der zeitlichen Entwicklung für Objekteigenschaften (und für Objekträume) ergibt neun Fälle, die zu untersuchen sind. Dabei ist zuerst zu untersuchen, ob jeder Fall überhaupt existiert. Anschliessend müssen die wesentlichen Merkmale der möglichen Raum-Zeit-Beziehungen analysiert und beschrieben werden.

Die daraus ableitbaren Regeln bilden dann die Grundlage der fachlichen und der konzeptuellen Modellierung der Zeitaspekte und der Historisierung. Dabei wird gezeigt, wie die Zeitattribute zur Abbildung der Geschichte verwendet werden sollen.

Die nachfolgenden Unterkapitel erläutern die neun Fälle und illustrieren sie durch entsprechende Beispiele. In der Erläuterung wird zudem noch detailliert auf die explizite oder implizite Geschichtsschreibung hingewiesen.

7.2.1 Objektgeschichte nicht relevant, Master resp. Raum konstant

Aus Sicht der "Geschichtsschreibung" ist dieser Fall nicht von Interesse, da sowohl alle Objekteigenschaften als auch die Objektlokalisierung konstant bleiben.

Diese "Konstanz" gilt allerdings nicht für Änderungen am Raumbezugssystem und für "Korrekturen" von Objekten, die aus Fachsicht keine Geschichte haben.

Beispiele:

- Beteiligte eines Unfalls
- Eine Zustandsbeobachtung mit ihrer Zustandsgrösse (ohne Geschichte)
- Eine Zustandsprognose mit ihrer Interventionsgrenze (ohne Geschichte)
- Eine Objektmassnahme eines Massnahmenpakets
- Unfall mit seinem Raumbezug
- Zeitweise Sperrung mit konstantem Raumbezug
- Eine einzige Zustandsmessung mit ihrem Raumbezug
- Belagseinbau oder Fahrbahnreparatur mit dem Raumbezug

7.2.2 Objektgeschichte nicht relevant, Master- resp. Raumgeschichte stetig

Aus Sicht der "Geschichtsschreibung" muss in diesem Fall über die zeitlichen Aspekte von Zeitreihen oder "Beobachtungen" (implizit) nur die Geschichte des Masters resp. der Objektlokalisierung (= Objektbewegung) ausgewertet werden.

Diese "Konstanz" gilt allerdings nicht für "Korrekturen" von Fachobjekten, die aus Fachsicht keine Geschichte haben.

Beispiel:

- Fahrzeug (ohne Geschichte) in Bewegung, d.h. mit stetiger Raumänderung (z.B. Verkehrstelematik)

7.2.3 Objektgeschichte nicht relevant, Master- resp. Raumgeschichte nicht stetig

Aus Sicht der "Geschichtsschreibung" muss in diesem Fall über die zeitlichen Aspekte von entsprechenden Status-Versionen (explizit) resp. durch die Auswertung der Veränderungen (implizit) nur die Geschichte des Masters resp. der Objektlokalisierung (= momentaner Objektort) ausgewertet werden.

Beispiele:

- Unfall, Belagseinbau usw. mit Attributen aus Wissenskatalogen
- Objektmassnahme mit ihrer Planungsmassnahme
- "mobile" Baustelle mit ausgelagertem Raumbezug
- ausgelagerte Attribute einer mobilen Zähl- resp. Messstelle
- "mobiles" Verkehrssignal mit ausgelagertem Raumbezug

7.2.4 Objektgeschichte stetig, Master resp. Raum konstant

Aus Sicht der "Geschichtsschreibung" muss in diesem Fall über die zeitlichen Aspekte von Zeitreihen oder "Beobachtungen" (implizit) nur die Geschichte des Objekts ausgewertet werden (Master resp. Objektlokalisierung konstant).

Diese "Konstanz" gilt allerdings nicht für Änderungen am Raumbezugssystem und für "Korrekturen" von Masterobjekten, die aus Fachsicht keine Geschichte haben.

Beispiele:

- Objektzustand, sich stetig verändernd, aber Master (z.B. Code) oder Raum konstant
- Beobachtungen einer stetigen Grösse (z.B. Verkehrsdichte) eines stationären Verkehrszählers

7.2.5 Objektgeschichte stetig, Master- resp. Raumgeschichte stetig

Aus Sicht der "Geschichtsschreibung" müssen in diesem Fall über die zeitlichen Aspekte von entsprechenden Zeitreihen oder "Beobachtungen" (implizit) sowohl die Geschichte des Objekts als auch die Geschichte des Masters resp. der Objektlokalisierung (= Objektbewegung) ausgewertet werden.

Beispiele:

- Fahrzeuggeschwindigkeit und -ort
- Staulänge und -ort

7.2.6 Objektgeschichte stetig, Master- resp. Raumgeschichte nicht stetig

Aus Sicht der "Geschichtsschreibung" müssen in diesem Fall über die zeitlichen Aspekte von Zeitreihen oder "Beobachtungen" (implizit) des Objekts und von Status-Versionen (explizit) resp. durch die Auswertung der Veränderungen (implizit) des Masters die Geschichte des Objekts und die Geschichte des Masters resp. der Objektlokalisierung (= momentaner Objektort) ausgewertet werden.

Beispiel:

- Objektzustand mit vorgeschlagener Planungsmassnahme

7.2.7 Objektgeschichte nicht stetig, Master resp. Raum konstant

Aus Sicht der "Geschichtsschreibung" muss in diesem Fall über die zeitlichen Aspekte von Status-Versionen (explizit) resp. durch die Auswertung der Veränderungen (implizit) nur die Geschichte des Objekts ausgewertet werden (Master resp. Objektlokalisierung konstant).

Diese "Konstanz" gilt allerdings nicht für Änderungen am Raumbezugssystem und für "Korrekturen" von Masterobjekten, die aus Fachsicht keine Geschichte haben.

Beispiele:

- Objekte des Zeittyps "Status" mit ihren Codes (aus Codelisten)
- Ausgelagerte rechtliche Charakterisierung (mit Geschichte) eines Unfalls
- BP-Attribute mit ausgelagertem BP-Ort (= konstant!)
- usw.

7.2.8 Objektgeschichte nicht stetig, Master- resp. Raumgeschichte stetig

Aus Sicht der "Geschichtsschreibung" muss in diesem Fall über die zeitlichen Aspekte von Status-Versionen (explizit) resp. durch die Auswertung der Veränderungen (implizit) des Objekts und von Zeitreihen oder von "Beobachtungen" (implizit) des Masters die Geschichte des Objekts und des Masters, z.B. seiner Lokalisierung (= Objektbewegung), ausgewertet werden.

Beispiel:

- Fahrzeug-Status

7.2.9 Objektgeschichte nicht stetig, Master- resp. Raumgeschichte nicht stetig

Aus Sicht der "Geschichtsschreibung" muss in diesem Fall über die zeitlichen Aspekte von Status-Versionen (explizit) resp. durch die Auswertung der Veränderungen (implizit) des Objekts und von Status-Versionen (explizit) resp. durch die Auswertung der Veränderungen (implizit) des Masters die Geschichte des Objekts und des Masters, z.B. seiner Lokalisierung (= momentaner Objektort), ausgewertet werden.

Beispiele:

- Mobile Anlage für Verkehrsmittelungen (Verkehrstelematik)
- Ausgelagerte Knoteneigenschaften eines Knotens
- Knotenort eines Knotens
- Erhaltungsobjekt mit deinem Fahrbahnsegment
- Fachregel (für Fahrbahnsegmente) mit ihrer Segmentierung

7.3 Nutzung der Konzepte der Zeitaspekte für die Geschichtsschreibung (Regeln)

7.3.1 Abläufe

Grundsätzlich können in allen Fällen zwei unterschiedliche Abläufe umgesetzt werden:

Die sogenannte "Versionssicht" bedeutet: Bestimmung des Wissens zu einem bestimmten Zeitpunkt: "Zeitnadel" sticht durch alle Objektgeschichten

- Versionen,
- "Beobachtungen"
- oder Zeitraster mit zeitlicher Interpolation zwischen zwei "Beobachtungen"

Die sogenannte "Objektsicht" bedeutet: Bestimmung der zeitlichen Veränderung bestimmter Objekteigenschaften (Detail) während der Objektgültigkeit oder in einem bestimmten Zeitraum,

- alle betroffenen Versionen,
 - alle betroffenen "Beobachtungen"
 - oder Zeitraster mit zeitlicher Interpolation zwischen jeweils zwei "Beobachtungen"
- ... inkl. der Bestimmung der zeitlich korrekten Werte von referenzierten Fachobjekten

- Versionen,
- "Beobachtungen",
- oder Zeitraster mit zeitlicher Interpolation zwischen zwei "Beobachtungen".

7.3.1.1 Nicht stetige Entwicklung

Eine nicht stetige Entwicklung wird wie erwähnt durch Status-Versionen abgebildet.

Die Geschichtsschreibung erfolgt bei:

- Versionssicht: Durch die Bestimmung der zu einem bestimmten Zeitpunkt massgebenden Version der betrachteten und der referenzierten Fachobjekte.
- Objektsicht: Durch die zeitlich geordnete Bestimmung aller Versionen der betrachteten oder der referenzierten Fachobjekte, die im Auswertungszeitraum beginnen oder am Beginn des Auswertungszeitraums existiert haben.

7.3.1.2 Stetige Entwicklung

Die Geschichtsschreibung erfolgt bei:

- Versionssicht: Durch die Interpolation der zu einem bestimmten Zeitpunkt geltenden Werte der betrachteten und der referenzierten Fachobjekte .
- Objektsicht: Durch die zeitlich geordnete Bestimmung aller "Beobachtungen" der betrachteten oder der referenzierten Fachobjekte, die im Auswertungszeitraum erfasst wurden
- Objektsicht (alternativ): Durch die Interpolation zwischen den betroffenen "Beobachtungen" der betrachteten oder der referenzierten Fachobjekte in einem vorgegebenen Zeitraster.

8 Konzeptionelle und logische Umsetzungsfragen

8.1 Niveaus der Umsetzung: mögliche konzeptionelle Vereinfachungen

Die Beachtung aller konzeptionellen Aspekte der vorangegangenen Kapitel führt zu einer beträchtlichen Komplexität. Die Komplexität liegt dabei nicht primär in der Pflege der Zeitaspekte als vielmehr in der Ableitung der Geschichte der Kombination, der an einer Auswertung beteiligten Fachobjekte und ihres Raumbezugs.

Aus diesem Grunde liegt es nahe, zu untersuchen, wie diese Komplexität reduziert werden kann. Im Folgenden werden darum Möglichkeiten für Vereinfachungen mit ihren Hauptkonsequenzen gezeigt. In den weiteren Unterkapiteln 8.1.1 ff. werden dann diese Ausführungen noch detailliert.

- **Kein "(fachlicher) Wissenszeitpunkt" und kein "Speicherzeitpunkt":**
In diesem Fall sind nur die zeitlichen Existenzaspekte bekannt: monotemporale Datenhaltung.
Dies ist nicht sehr sinnvoll, da zumindest der Speicherzeitpunkt vom System geliefert werden kann, für den Benutzer also dadurch kein Aufwand entsteht. Auswertungen können immer noch mit mehr oder weniger "Intelligenz" durchgeführt werden.
- **Kein "(fachlicher) Wissenszeitpunkt":**
Spätere Auswertungen über den Zeitpunkt des fachlichen Wissens und daraus abgeleiteter Entscheidungen sind in diesem Fall nicht mehr möglich.
Umgehungsvarianten: Es können sowohl der Speicherzeitpunkt als auch der Gültigkeitsbeginn (Existenz) als "Substitute" für den fachlichen Wissenszeitpunkt herangezogen werden. Welche Lösung besser ist, muss in diesem Falle je Fachklasse festgelegt werden.
- **Variante 1:** Das Attribut "Fachlicher Wissenszeitpunkt" wird geführt, aber "per default" mit dem **Speicherzeitpunkt** abgefüllt. Der Benutzer muss also nur dann einen "fachlichen Wissenszeitpunkt" erfassen, wenn dieser massgeblich vom Speicherzeitpunkt abweicht oder für die Sequenz "des Wissens" erforderlich ist und dies für Auswertungen massgeblich wird. Die Substitution mit dem Speicherzeitpunkt ist nur für den "Planungszeitraum" nachvollziehbar. Man geht davon aus, dass das Wissen im Moment der Speicherung bekannt ist. Dies stimmt allerdings bei Nacherhebungen nicht (z.B. Ersterhebung aus Archiv)!
- **Variante 2:** Das Attribut "Fachlicher Wissenszeitpunkt" wird geführt, aber "per default" mit dem **Beginnzeitpunkt der fachlichen Gültigkeit** (Existenz) abgefüllt. Der Benutzer muss also nur dann einen "fachlichen Wissenszeitpunkt" erfassen, wenn dieser massgeblich vom Gültigkeitsbeginn abweicht oder für die Sequenz "des Wissens" erforderlich ist und dies für Auswertungen massgeblich wird. Die Substitution mit der Beginn Gültigkeit ist nur für den "effektiven" Zeitraum nachvollziehbar. Man geht davon aus, dass das Wissen im Moment der Beginn Gültigkeit bekannt ist. Dies stimmt allerdings bei Nacherhebungen nicht (z.B. Ersterhebung aus Archiv)!
- **Keine Wissenszeitpunkte für Beenden, weder fachlich noch Speicherung:**
Das Beenden eines Zeitraum-Ereignisses oder einer Statuskette hat aus fachlicher Sicht einen eigenen Wissenszeitpunkt und einen eigenen Speicherzeitpunkt. Wenn dies nicht vorgesehen wird, wird beim Beenden entweder das "Beginnwissen" überschrieben oder das "Endewissen" kann nicht gespeichert werden. Beide Lösungen führen zu Problemen bei der Interpretation des Wissenszeitpunkts.
- **Keine Wissenszeitpunkte für Löschen, weder fachlich noch Speicherung:**
Das Löschen einer Ereignis- oder Statusversion hat aus fachlicher Sicht einen eigenen Wissenszeitpunkt und einen eigenen Speicherzeitpunkt. Wenn dies nicht vorgesehen wird, wird beim Löschen entweder das "Einfüge-Wissen" überschrieben

oder das "Löschwissen" kann nicht gespeichert werden. Beide Lösungen führen zu Problemen bei der Interpretation des Löschezitpunkts, z.B. auch beim Datenaustausch.

- **Weniger Zeitformen: nur eine "Ereignis"-Zeitform**
Praktisch heisst dies, dass konzeptionell nur die Zeitform des "Zeitintervalls" zur Verfügung steht. Ein Zeitpunkt muss dann immer mit zwei identischen Zeitpunkten für "Beginn" und "Ende" erfasst werden.
- **Weniger Zeitformen: keine "Statusversionen" ("Status" wird zu "Zeitraum-Ereignis"):**
Der Informationsverlust ist erheblich, da die Objektgeschichte verloren geht, die für viele Objekte der Realwelt über die nicht stetige Veränderung von Eigenschaften beschrieben werden kann.
- **Nur eine Planung:**
Der Informationsverlust ist erheblich, da die ganze Planungsgeschichte verloren geht.
- **Keine Korrekturversionen → keine Korrekturgeschichte.**
Falls keine Korrekturversionen ("gelöscht") gespeichert werden können, kann die Geschichte von Korrekturen nicht mehr nachvollzogen werden. Korrekturen an einer Version überschreiben dann den alten Inhalt der Version, inklusive der Zeitaspekte dieser Version.
- **Variante:** Als Variante kann der Entscheid, ob eine Korrektur historisiert werden soll, dem Benutzer übertragen werden. So können Erfassungsfehler ohne Historisierung gespeichert werden. Begründung: Die Historisierung von "Druckfehlern" ist nicht in jedem Falle sinnvoll, auch wenn bis zur Korrektur aus der Datenbank falsche Auswertungen erzeugt worden sind! Erhebungsfehler, die ja zu fachlichen Konsequenzen geführt haben, können jedoch nachvollzogen werden.

Durch die beschriebenen Vereinfachungen können beträchtliche Reduktionen der Komplexität erreicht werden. Der Informationsverlust, der dadurch gegenüber der Realität entsteht ist aber ebenfalls beträchtlich. Er muss für jede Objektklasse bewertet und die Vereinfachung optimiert werden.

Um diese Optimierung zu unterstützen werden im Folgenden zuerst einige Funktionalitäten eines Strasseninformationssystems (Nutzenfunktionen) beschrieben, die dann den dargestellten Vereinfachungen gegenübergestellt werden:

- Ableitbarkeit und Berücksichtigung (z.B. in Auswertungen und Beziehungen) der **Wissensgeschichte**:
Wann haben die Fachpersonen was gewusst?
- Ableitbarkeit und Berücksichtigung (z.B. in Auswertungen und Beziehungen) der **Speichergeschichte**:
Ab wann werden Auswertungen aus dem System durch eine Information beeinflusst?
- Möglichkeit und Berücksichtigung (z.B. in Auswertungen und Beziehungen) der Nicht-Parallelität der Wissens und der Speichergeschichte:
Ist es möglich, "früheres" Wissen erst **später** zu **speichern**?
- Propagation und Berücksichtigung (z.B. in Auswertungen und Beziehungen) von Geschichte an andere DB:
Können zeitliche Änderungen der Objekte und ihres Raums ohne Informationsverlust wiederkehrend inkrementell mit andere Datenbanken **ausgetauscht** werden?
- Ableitbarkeit und Berücksichtigung (z.B. in Auswertungen und Beziehungen) der **Planungsgeschichte**:
Können mehrere Planungen eines Fachobjekts erfasst und gepflegt werden?
Ist die Bestimmung der Differenzen zwischen diesen Planungen möglich?
- Erkennung von grossen Zeitdifferenzen zwischen der Erhebung (in der Realität) und der Erfassung (im System):
Kann z.B. erkannt werden, in welchen Fällen **spätere Erfassungen** von lange zuvor bekannten Fakten vorliegen (z.B. Ersterfassung aus Archiv)?
- Dokumentation und Berücksichtigung (z.B. in Auswertungen und Beziehungen) von Korrekturen und ihrer Geschichte (**Korrekturgeschichte**):

Während welchem Zeitraum waren welche Auswertungen aus dem Strasseninformationssystem falsch?

- Möglichkeit der Reduktion der Datenmenge auf "aktuellen Sicht": Ist es möglich, eine **Teil-DB** mit den "heute" **aktuellen** Daten zu führen?
- Möglichkeit und Berücksichtigung (z.B. in Auswertungen und Beziehungen) der Erzeugung einer "**aktuellen**" **Sicht** an einem beliebigen Stichdatum: Kann der Benutzer sich in einen beliebigen Zeitpunkt zurückversetzen?

In den nachfolgenden Kapiteln werden die möglichen Vereinfachungen den relevanten Funktionalitäten des Strasseninformationssystems gegenübergestellt. Es wird je Vereinfachung eine Tabelle geführt. In den Tabellen werden die folgenden Kolonnen geführt:

- Funktionalität (Nutzenfunktionen)
- Fachliche Bedeutung der Vereinfachung für die betreffende Funktionalität
- Konsequenzen aus der Sicht des **bitemporalen Raums**:
Es wird auf diejenigen Funktionalitäten verwiesen, die durch die **Vereinfachung verunmöglicht** werden.
- Konsequenzen für **Master-Detail-Beziehungen**:
Es wird auf diejenigen Funktionalitäten verwiesen, die durch die **Vereinfachung verunmöglicht** werden.

8.1.1 Keine Wissenszeitpunkte, weder "fachlich" noch "Speicherung"

Tab. 4 Auswirkungen Vereinfachung "Keine Wissenszeitpunkte"

Funktionalität	Fachliche Bedeutung	Nicht möglich im bitemporalen Raum	Nicht möglich bei Master-Detail
Wissensgeschichte	nicht möglich		
Speichergeschichte	nicht möglich		
Späteres Speichern	nicht möglich		
Datenaustausch	Inkrementeller Datenaustausch ist nicht möglich		
Planungsgeschichte	nicht möglich, ausser wenn die "Planung" über einen zusätzlichen Zeitaspekt verfügt	Der bitemporale Raum existiert nicht → monotemporale Datenhaltung	Die aus der Abhängigkeits- Beziehung sich ergebenden Zeiträume werden auf die Existenzachse reduziert.
Späte Erfassung	nicht möglich	→ alle in Kap.6.4	
Korrekturgeschichte	nicht möglich,	dargestellten Fälle sind	
"Aktuelle" (Teil-) DB	eingeschränkt möglich: gültige eff. Ereignisversion oder heute gültige eff. Statusversion ; "aktuelle" Planungsversionen nur möglich, wenn zusätzlicher Zeitaspekt	nur auf der Existenz- Achse darstellbar	
"Aktuelle Sicht" (Stichtag)	eingeschränkt möglich: am Stichtag gültige eff. Versionen ; am Stichtag gültige Planungs- versionen nur möglich, wenn zusätzlicher Zeitaspekt		

Eine monotemporale Datenhaltung ist die – aus temporaler Sicht – primitivste Art der Datenhaltung. Ausser dem letzten Speicherstand (!) jedes Objekts ist nichts bekannt.

Diese Art der Datenhaltung kann zum Beispiel für Erfassungsprozesse dienen, denen man einen Aktuellen Stand aus der Datenbank zur Verfügung stellt. Sie kann auch für Auswertungssysteme verwendet werden, die nur den aktuellen Stand (der Datenbank) benötigen.

8.1.2 Kein fachlicher Wissenszeitpunkt (aber Speicherzeitpunkt vorhanden)

Tab. 5 Auswirkungen Vereinfachung "Kein fachlicher Wissenszeitpunkt"

Funktionalität	Fachliche Bedeutung	Nicht möglich im bitemporalen Raum	Nicht möglich bei Master-Detail
Wissensgeschichte	nicht möglich; Variante "Beginngültigkeit": für "effektive" Zeitpunkte denkbar	Alles unmöglich	Dort wo Einfluss:
Speichergeschichte	möglich	(Kein Einfluss)	
Späteres Speichern	nicht möglich Variante "Beginngültigkeit": für "effektive" Zeitpunkte denkbar	Alle Fälle mit früherem Wissen oder Planung	Die aus der Abhängigkeits-Beziehung sich ergebenden Zeiträume werden bezüglich den (fachlichen) Wissenszeitpunkt auf die Existenz-achse reduziert. Dies gilt auch für den Fall des zusätzlichen Zeitaspekts für die unterschiedlichen Planungen.
Datenaustausch (inkrementell)	möglich	(Kein Einfluss)	
Planungsgeschichte	nicht möglich, ausser wenn die "Planung" über einen zusätzlichen Zeitaspekt verfügt	Alle Fälle mit mehreren Planungen	
Späte Erfassung erkennen	nicht möglich	Alles unmöglich	
Korrekturgeschichte	möglich, aber ohne spätere Korr. mit "früherem Wissen" Variante "Beginngültigkeit": für "effektive" Zeitpunkte denkbar	Alle Fälle mit früherem Wissen oder Planung	Bezüglich des Speicherzeitpunkts sind alle Beziehungen möglich, natürlich mit den links dokumentierten Einschränkungen.
"Aktuelle" (Teil-) DB	eingeschränkt möglich: gültige eff. Ereignisversion oder heute gültige eff. Statusversion ; "aktuelle" Planungsversionen nur möglich, wenn zusätzlicher Zeitaspekt	Alle Fälle mit mehreren Planungen (ausser mit zus. Zeitaspekt)	
"Aktuelle Sicht" (Stichtag)	eingeschränkt möglich: am Stichtag gültige eff. Versionen ; am Stichtag gültige Planungsversionen nur möglich, wenn zusätzlicher Zeitaspekt	Alle Fälle mit mehreren Planungen (ausser mit zus. Zeitaspekt)	

Eine Datenhaltung, die nur die Speichergeschichte kennt, erlaubt sowohl weitreichende Auswertungen als auch den Datenaustausch. Sie dokumentiert allerdings nicht die Entwicklung des Wissens in der Realität, sondern nur die Entwicklung des Abspeicherns. Dies verhindert – als schlimmste Konsequenz – das Nachvollziehen einer Planungsgeschichte und die Möglichkeit verschiedener Planungsversionen. Die einleitend erwähnten Varianten bieten gute Abhilfe.

Diese Art der Datenhaltung kann für Systeme dienen, die nur die Geschichte der Vergangenheit beschreiben, also einen reinen Kataster-Charakter haben.

8.1.3 Keine Wissenszeitpunkte für Beenden, weder "fachlich" noch "Speicherung"

Tab. 6 Auswirkungen Vereinfachung "Keine Wissenszeitpunkte für Beenden"

Funktionalität	Fachliche Bedeutung	Nicht möglich im bitemporalen Raum	Nicht möglich bei Master-Detail
Wissensgeschichte	möglich, mit Informationsverlust beim Beenden; Dies führt zu Problemen bei der Interpretation des Beenden-Datums.	Alle "Ende"-Zeitpunkte fallen weg	
Speichergeschichte	möglich, mit Informationsverlust beim Beenden; Dies führt zu Problemen bei der Interpretation des Beenden-Datums.	Alle "Ende"-Zeitpunkte fallen weg	
Späteres Speichern	(kein Einfluss)	(kein Einfluss)	Dort wo Einfluss: Die Zeitfläche im bitemporalen Raum für die Details ändert je nach Lösung (Ende =Beginn oder Beginn=Ende).
Datenaustausch (inkrementell)	(kein Einfluss)	(kein Einfluss)	
Planungsgeschichte	(kein Einfluss)	(kein Einfluss)	
Späte Erfassung erkennen	(kein Einfluss)	(kein Einfluss)	
Korrekturgeschichte	(kein Einfluss)	(kein Einfluss)	
"Aktuelle" (Teil-) DB	(kein Einfluss)	(kein Einfluss)	
"Aktuelle Sicht" (Stichtag)	möglich, aber ohne Berücksichtigung des Beenden-Datums (nur Existenz-Datum berücksichtigt)	Alle "Ende"-Zeitpunkte fallen weg	

Eine Datenhaltung ohne Zeitaspekte für das Wissen (fachlich und Speicherung) der Endgültigkeit erlaubt weitreichende Aussagen über die Objekte und deren gespeicherten Informationen. Der Informationsverlust hält sich in Grenzen. Die Konsequenzen bei der Interpretation des Wissenszeitpunkts sind in jedem Fall zu prüfen.

Diese Art der Datenhaltung kann für Systeme dienen, bei denen die Prozesse, die mit dem System unterstützt werden, mit diesem Informationsverlust leben können.

8.1.4 Keine Wissenszeitpunkte für Löschung, weder "fachlich" noch "Speicherung"

Tab. 7 Auswirkungen Vereinfachung "Keine Wissenszeitpunkte für Löschung"

Funktionalität	Fachliche Bedeutung	Nicht möglich im bitemporalen Raum	Nicht möglich bei Master-Detail
Wissensgeschichte	möglich, mit Informationsverlust beim Beenden; Dies führt zu Problemen bei der Interpretation des Lösch-Datums.	Alle "Lösch"-Zeitpunkte fallen weg	
Speichergeschichte	möglich, mit Informationsverlust beim Beenden; Dies führt zu Problemen bei der Interpretation des Lösch-Datums.	Alle "Lösch"-Zeitpunkte fallen weg	
Späteres Speichern	(kein Einfluss)	(kein Einfluss)	Dort wo Einfluss: Die Zeitfläche im bitemporalen Raum für die Details ändert je nach Lösung (Ende =Beginn oder Beginn=Ende).
Datenaustausch (inkrementell)	Einfluss beim Austausch von "Löschungen"	(kein Einfluss)	
Planungsgeschichte	(kein Einfluss)	(kein Einfluss)	
Späte Erfassung erkennen	(kein Einfluss)	(kein Einfluss)	
Korrekturgeschichte	Möglich, aber ohne Wissenszeitpunkt und Speicherzeitpunkt der Löschung	Alle "Lösch"-Zeitpunkte fallen weg	
"Aktuelle" (Teil-) DB	(kein Einfluss)	(kein Einfluss)	
"Aktuelle Sicht" (Stichtag)	möglich, aber ohne Berücksichtigung des Lösch-Datums (nur Existenz-Datum berücksichtigt)	Alle "Lösch"-Zeitpunkte fallen weg	

Eine Datenhaltung ohne Wissenszeitpunkt für das Löschen (weder fachlich und noch Speicherung) erlaubt weitreichende Aussagen über die Objekte und deren gespeicherten Informationen. Der Informationsverlust hält sich in Grenzen. Die Konsequenzen beim Austausch von "Löschungen" sind jedoch sorgfältig zu prüfen.

Diese Art der Datenhaltung kann für Systeme dienen, bei denen die Prozesse, die mit dem System unterstützt werden, mit diesem Informationsverlust leben können.

8.1.5 Nur eine "Ereignis"-Zeitform" ("Zeitraum-Ereignis")

Tab. 8 Auswirkungen Vereinfachung "nur eine Ereignis-Zeitform"

Funktionalität	Fachliche Bedeutung	Nicht möglich im bitemporalen Raum	Nicht möglich bei Master-Detail
<u>Wissensgeschichte</u>			
<u>Speichergeschichte</u>			
<u>Späteres Speichern</u>			
<u>Datenaustausch</u>			
<u>Planungsgeschichte</u>	Fachlich keine Einbussen; Benutzerkomfort reduziert, kann aber	Alle Fälle mit Zeitpunkt- Ereignissen sind nicht	Alle Fälle mit Zeitpunkt- Ereignissen sind
<u>Späte Erfassung</u>	applikatorisch abgefangen werden.	anwendbar.	nicht anwendbar.
<u>Korrekturgeschichte</u>			
<u>"Aktuelle" (Teil-) DB</u>			
"Aktuelle (Stichtag)	Sicht"		

Eine Datenhaltung mit einer einzigen Zeitform für Ereignisse bringt keine wesentlichen Einschränkungen. Die Interpretation eines "Zeitpunkt-Ereignisses" über den Vergleich mit der Beginngültigkeit mit der Endegültigkeit ist mit minimalem Aufwand verbunden.

Diese Art der Datenhaltung kann für alle Arten von Systemen verwendet werden.

8.1.6 Keine Statusversionen ("Status" wird mit "Zeitraum-Ereignis" ersetzt)

Tab. 9 Auswirkungen Vereinfachung "Keine Statusversionen"

Funktionalität	Fachliche Bedeutung	Nicht möglich im bitemporalen Raum	Nicht möglich bei Master-Detail
Wissensgeschichte	Keine explizite Objektgeschichte abbildbar	Statusversionen	
<u>Speichergeschichte</u>		<u>(Kein Einfluss)</u>	
<u>Späteres Speichern</u>		Statusversionen nicht anwendbar	
<u>Datenaustausch</u>		<u>(Kein Einfluss)</u>	Alle Beziehungen, bei denen Status-
<u>Planungsgeschichte</u>	... nur für Ereignisse abbildbar	Statusversionen nicht anwendbar	ketten involviert sind, sind nicht anwendbar.
<u>Späte Erfassung</u>			
<u>Korrekturgeschichte</u>			
<u>"Aktuelle" (Teil-) DB</u>		Statusversionen nicht anwendbar	
<u>"Aktuelle Sicht"</u> <u>(Stichtag)</u>			

Eine Datenhaltung ohne Statusversionen schränkt die Aussagekraft über die Objekte und deren gespeicherten Informationen massiv ein. Der Informationsverlust ist erheblich.

Solche Systeme sind nur für Erfassungssysteme oder für Auswertungssysteme mit "aktueller Sicht" einsetzbar.

8.1.7 Nur eine Planung (keine Planungsgeschichte)

Tab. 10 Auswirkungen Vereinfachung "nur eine Planung"

Funktionalität	Fachliche Bedeutung	Nicht möglich im bitemporalen Raum	Nicht möglich bei Master-Detail
Wissensgeschichte	Keine Planungsgeschichte abbildbar	Planungsgeschichte	
Speichergeschichte	---	(Kein Einfluss)	
Späteres Speichern	Für Planungsgeschichte nicht abbildbar	Planungsgeschichte	
Datenaustausch	---	(Kein Einfluss)	Dort wo Einfluss: Keine Einschränkungen gegenüber Kap. 6.5
Planungsgeschichte	Keine Planungsgeschichte abbildbar	Planungsgeschichte	
Späte Erfassung	Für Planungsgeschichte nicht abbildbar	Planungsgeschichte	
Korrekturgeschichte	Für Planungsgeschichte nicht abbildbar	Planungsgeschichte	
"Aktuelle" (Teil-) DB	(kein Einfluss)	Planungsgeschichte	
"Aktuelle Sicht" (Stichtag)	(kein Einfluss)	Planungsgeschichte	

Eine Datenhaltung, die nur eine Planungsversion kennt, erlaubt sowohl weitreichende Auswertungen als auch den Datenaustausch. Sie kann allerdings die Planungsgeschichte nicht dokumentieren. Dieser Informationsverlust ist erheblich. Er verhindert – als schlimmste Konsequenz – das Nachvollziehen der Entwicklung der mittel- und langfristigen Planung, was für Entscheidungen unterstützende Systeme zwingend ist und die Möglichkeit verschiedener Planungsversionen voraussetzt.

Diese Art der Datenhaltung kann für Systeme dienen, die nur die Geschichte der Vergangenheit beschreiben, also einen reinen Kataster-Charakter haben, oder die nur informativ eine einzige Planung dokumentieren.

8.1.8 Keine Korrekturversionen

Tab. 11 Auswirkungen Vereinfachung "Keine Korrekturversionen"

Funktionalität	Fachliche Bedeutung	Nicht möglich im bitemporalen Raum	Nicht möglich bei Master-Detail
Wissensgeschichte	Für Korrekturen nicht ableitbar	Alle Korrekturen überschreiben bisherige Version	Dort wo Einfluss: In allen Fällen mit Löschungen (bei Korrekturen) am Master muss die Beziehung nicht an die neue Version umgehängt werden und die Details müssen nicht zwingend korrigiert werden (fachlich zu prüfen).
Speichergeschichte	Für Korrekturen nicht ableitbar	Alle Korrekturen überschreiben bisherige Version	
Späteres Speichern	Für Korrekturen nicht möglich	Alle Korrekturen überschreiben bisherige Version	
Datenaustausch (inkrementell)	(kein Einfluss)	(kein Einfluss)	
Planungsgeschichte	(kein Einfluss)	(kein Einfluss)	
Späte Erfassung erkennen	Für Korrekturen nicht erkenntlich	Alle Korrekturen überschreiben bisherige Version	
Korrekturgeschichte	Nicht möglich	Alle Korrekturen überschreiben bisherige Version	
"Aktuelle" (Teil-) DB	(kein Einfluss)	(kein Einfluss)	
"Aktuelle Sicht" (Stichtag)	möglich, ohne Korrektoreinflüsse	Alle Korrekturen überschreiben bisherige Version	

Eine Datenhaltung, die keine Korrekturversionen kennt, erlaubt sowohl weitreichende Auswertungen als auch den Datenaustausch. Sie kann allerdings die Korrekturgeschichte nicht dokumentieren. Dieser Informationsverlust ist erheblich. Er verhindert – als schlimmste Konsequenz – das Nachvollziehen der Entwicklung des Wissens, resp. der Erhebungs- und Erfassungsfehler, was für Entscheidungen unterstützende Systeme zwingend ist.

Diese Art der Datenhaltung kann für Systeme dienen, die die Entwicklung des Wissens nicht benötigen, also einen reinen Kataster-Charakter haben.

Die einleitend beschriebene Möglichkeit, dass der Benutzer entscheiden kann, ob er eine Korrektur historisieren will oder nicht (Druckfehler verfolgen macht keinen Sinn!), ist dringend zu empfehlen.

8.2 Umsetzungsfragen und Lösungsansätze für die logische Ebene

Hinsichtlich der logischen Umsetzung der Konzepte für Zeitaspekte sind Lösungsansätze zu erarbeiten. Die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Zeitformen, Zeitaspekte, Zeittypen und die temporale Beziehungen benötigen in der Umsetzung entsprechende Datenstrukturen, Methoden und Konsistenzregeln.

Nachfolgend werden für konkrete Fragestellungen Lösungsvorschläge aufgezeigt. Es handelt sich dabei nicht um konzeptionelle Vereinfachungen, sondern um Ansätze auf der logischen Ebene, die konzeptionelle Anforderungen korrekt umzusetzen. Teilweise sind die Ansätze nur dann möglich, wenn bestimmte Voraussetzungen gegeben sind (z.B. Objektklasse existiert nur im effektiven Zeitraum).

8.2.1 Aufbauen von temporalen Beziehungen mit Assoziationsklassen

Für Beziehungen zwischen zwei Objektklassen gilt oft die Bedingung der Gleichzeitigkeit. Die fachliche Gültigkeit des Detailobjekts entspricht genau oder liegt ganz innerhalb der zeitlichen Gültigkeit des Masterobjekts.

Ist dabei die Masterobjektklasse vom Typ Status, so bietet es sich an, die temporale Beziehung dieser beiden Objektklassen über eine Assoziationsklasse abzubilden. Bei jeder Änderung (bezüglich der Existenzachse) der Master- oder Detailobjektklasse werden ein oder mehrere neue Einträge in der Assoziationsklasse erstellt. Die zeitliche Gültigkeit der Assoziation ergibt sich dann aus den in Beziehung gebrachten Objektklassen. In der Umsetzung empfiehlt es sich, die zeitliche Gültigkeit bezüglich der Existenzachse jedes Eintrags in der Assoziationsklasse zu speichern. Die Gültigkeiten der Einträge sind zeitlich lückenlos und überlappungsfrei. Damit können in einer temporalen Auswertung über die Assoziationsklasse direkt durch Auflösen der Beziehungen die beteiligten Objekte gefunden werden.

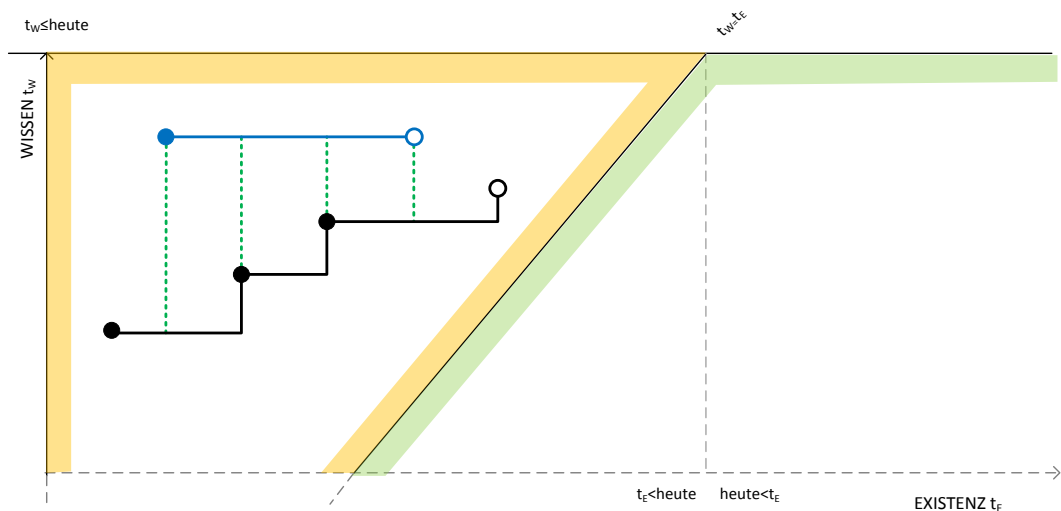


Abb.23 Aufbau temporaler Beziehungen

Im Klassenmodell erhält bei dieser Lösung die Beziehung eigene zeitliche Attribute für die Abbildung der fachlichen Gültigkeit der Beziehung.

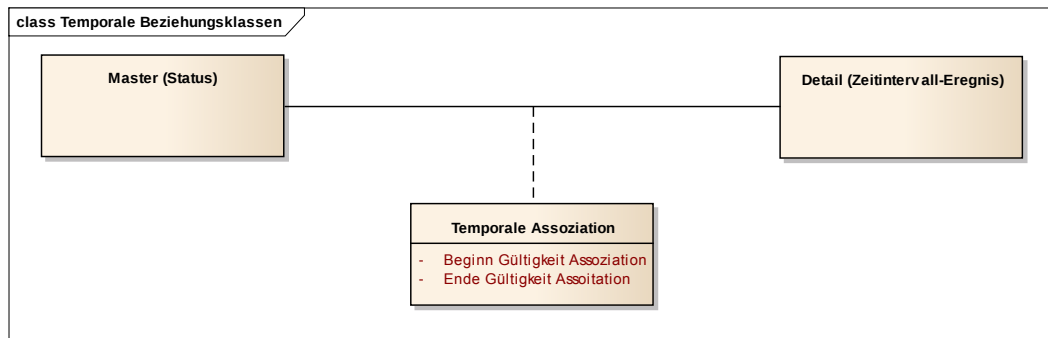


Abb.24 Temporale Assoziationsklasse

Das gleiche Vorgehen kann auch dann angewendet werden, wenn die Masterobjektklasse später nach dem Aufbau der Beziehung zu einer Detailobjektklasse verändert wird. Der Wissensstand des Masters ist dabei aktueller als der Wissensstand des Details. Gegebenenfalls sind hier erweiterte Fachregeln zu definieren, welche den Einfluss auf das Detailobjekt bestimmen. Beispielsweise kann eine Achse ihren Namen ändern, die Achssegmente bleiben jedoch von dieser Veränderung unangetastet.

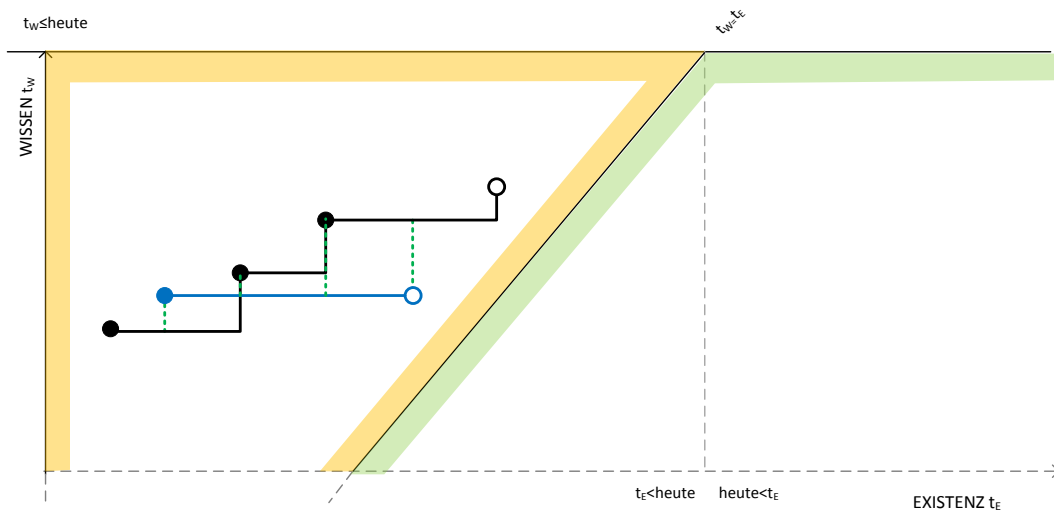


Abb.25 Temporale Assoziationsklasse im bitemporalen Raum

Bei allen Objekten mit einem Raumbezug im RBBS ist zudem zu überlegen, ob zusätzlich zu den rein temporalen Aspekten in der Assoziationsklasse auch die Parameter des Raumbezugs in die Assoziationsklasse mit aufgenommen werden. Grund dafür ist die sogenannte "Dynamik des Raumbezugs". Verschiedenste Fälle der Raumänderung zeichnen sich dadurch aus, dass sich nur die Definition des Raums aber nicht der Raum selbst ändert (z.B. Verdichten oder Ausdünnen von Sektoren, Abtretungen von Achssegmenten, Wechseln der Orientierung usw.). Informationen, welche einmal im RBBS lokalisiert wurden, sollen auch in diesen Fällen erhalten (und damit auswertbar) bleiben. Nur durch Kenntnis des Raumbezugs unterschiedlicher Objekte zu einem Stichtag können diese miteinander kombiniert werden (z.B. Fahrbahnaufbau mit Fahrbahnzustand). Dabei spielt es keine Rolle, ob das Detailobjekt vom Typ Zeitpunkt-Ereignis, Intervall-Ereignis oder Status ist. Der Raumbezug soll davon losgelöst als Status behandelt werden.

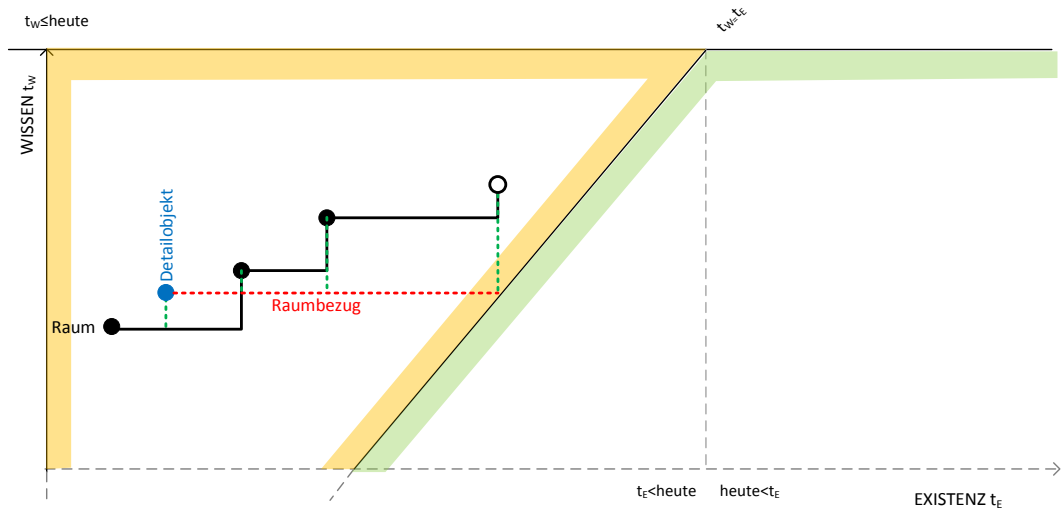


Abb.26 Relationale Auflösung der temporalen Beziehungsklasse

Im Klassenmodell erhält bei dieser Lösung die Beziehung eigene zeitliche Attribute für die Abbildung der fachlichen Gültigkeit der Beziehung sowie die für diesen Zeitpunkt gültigen Parameter des Raumbezugs. Die früheste Beginnngültigkeit der Assoziation entspricht der fachlichen Gültigkeit des Detail-Objekts, die späteste Endegültigkeit der Endegültigkeit des Master-Objekts.

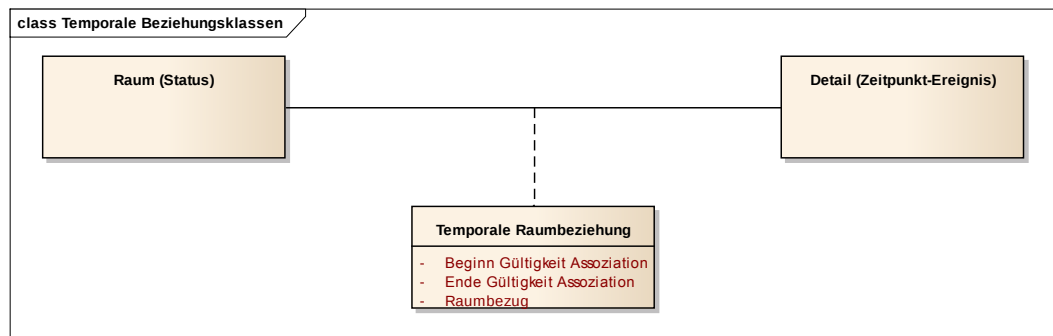


Abb.27 Relationale Auflösung der temporalen Beziehungsklasse, mit lokalen Attributen, am Beispiel Raumbezug

Allgemein sollen für den Aufbau der Assoziationsklasse folgende Regeln angewendet werden:

- Die Assoziationsklasse bringt Objektversionen in Beziehung zueinander.
- Direkt von der Beziehung abhängige Eigenschaften sollen in der Assoziationsklasse geführt werden (z.B. Parameter der Lokalisierung im RBBS).
- Die Gültigkeit bezüglich der Existenzachse ist lückenlos und überlappungsfrei.
- Die Assoziationsklasse hat ausser dem Speicherdatum keinen "eigenen" Wissenstand.
- Der Gültigkeitszeitraum eines Eintrags in der Assoziationsklasse überlappt nie eine der in Beziehung gebrachten Objektversionen.
- Die Beginnngültigkeit eines Eintrags in der Assoziationsklasse entspricht immer einer Beginnngültigkeit oder Endegültigkeit der in Beziehung gebrachten Objekte.
- Die Endegültigkeit eines Eintrags in der Assoziationsklasse entspricht immer einer Beginnngültigkeit oder Endegültigkeit der in Beziehung gebrachten Objekte.

8.2.2 Führen der Endegültigkeit für alle Statusversionen

Die Objektversion einer Statuskette wird konzeptionell gesehen durch den zeitlichen Nachfolger beendet und besitzt explizit keine lokale Information betreffend Endegültigkeit. Ausnahme bildet dabei die letzte Objektversion einer Statuskette, welche beendet werden kann. Damit wird auch das Objekt als Ganzes beendet.

Für auf spezifische Stichtage bezogene Auswertungen sind die Abfragen nicht trivial, da jeweils die zum Stichtag am nächsten liegende, jüngere Objektversion gefunden werden muss. Weiter muss die so zum Stichtag gefundene Objektversion am Stichtag selbst immer noch gültig sein (Endegültigkeit offen oder grösser als Stichtag).

Die Abfragen können deutlich vereinfacht werden, wenn zu jeder Objektversion für den Fall dass ein Nachfolger existiert, auch die Endegültigkeit gesetzt wird. Die Abfragen zu einem Stichtag vereinfachen sich stark, da so der Stichtag nur noch mit Beginn und Endegültigkeit verglichen werden muss.

Eine Umsetzung ohne Reduktion der konzeptionellen Aussage muss zwischen einer Endegültigkeit auf Grund des zeitlichen Nachfolgers und der Endegültigkeit der letzten Version einer Versionskette (=Ende der Objektgültigkeit) unterscheiden.

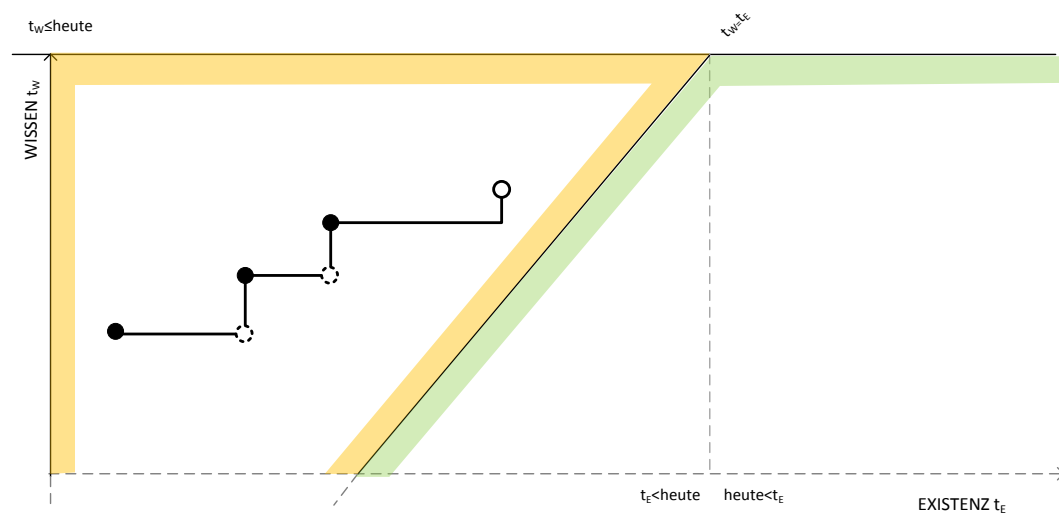


Abb.28 Einführen der expliziten Endegültigkeit

8.2.3 Betrachten eines Zeitpunkt-Ereignisses als Intervall-Ereignis

In vielen Eigenschaften sind sich Zeitpunkt-Ereignisse und Intervall-Ereignisse sehr ähnlich. Der Hauptunterschied besteht darin, dass beim Zeitpunkt-Ereignis nur ein Zeitattribut für die fachliche Gültigkeit benötigt wird und beim Intervall-Ereignis hingegen zwei. In der Umsetzung hat dies zur Folge, dass oft ähnliche Methoden je nach Fall (Zeitpunkt-Ereignis und Intervall-Ereignis) unterschieden werden müssen.

Die Fallunterscheidung kann fast durchgehend aufgehoben werden, wenn auch beim Zeitpunkt-Ereignis eine Beginn gültigkeit und eine Endegültigkeit (inklusive der dazugehörenden Wissenszeitpunkte) definiert wird. Diese sind einfach durch das System immer gleich zu setzen. Die Endegültigkeit bei den Zeitpunkt-Ereignissen kann vor den Benutzern verborgen bleiben. (Siehe dazu auch 9.1.5)

8.3 Objekt und Versionsidentifikation

Im konzeptionellen Modell ist vorgesehen, dass grundsätzlich alle Arten von temporalen Klassen historisiert werden sollen. Damit kann die Anforderung erfüllt werden, dass auch Korrekturen dokumentiert werden.

Die einzelnen historisierten Versionen werden in der konzeptionellen Lösung durch ein übergeordnetes temporales Objekt zusammen gehalten.

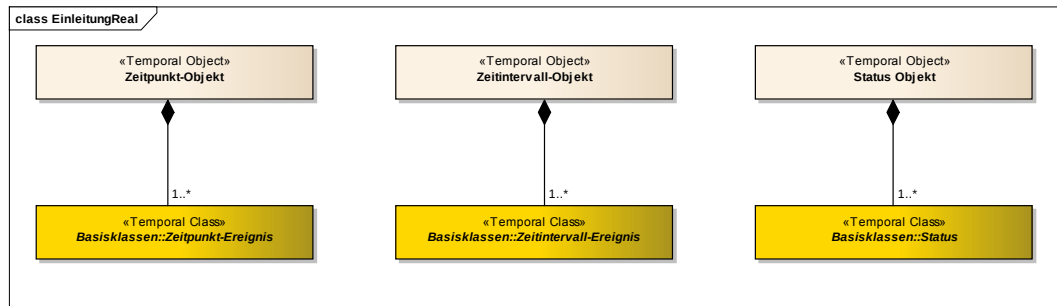


Abb.29 Gruppierung der Objektversionen

Das übergeordnete Objekt enthält dabei alle von der Historisierung unabhängigen Eigenschaften. Werden Korrekturen auch historisiert, so reduzieren sich die von der Historisierung unabhängigen Attribute in der Regel auf einen durch das System ermittelten, unveränderbaren Systemschlüssel. Ist dies der Fall, so kann auf eine Implementierung der übergeordneten Objektklassen verzichtet werden. In einem so implementierten Modell wird in jeder temporalen Klasse neben dem für jede Version eindeutigen Systemschlüssel zusätzlich noch ein Objektschlüssel geführt. Bei einer Versionierung muss das System sicherstellen, dass dieser Objektschlüssel von der Ursprungsversion auf die neue Version kopiert wird.

8.3.1 Historisierung von Makro-Objekten

In bestimmten Modellierungen dürfen sich die Versionen von Master- und Detailobjekten zeitlich unabhängig voneinander entwickeln. Aus konzeptioneller Sicht stimmt diese Lösung, wenn zeitlich gesehen nur die Objektbeziehung, nicht aber die Versionsbeziehung relevant ist. Bei der Nutzung dieser Modellierung in einem SIS kann eine derartige Implementierung jedoch zu Performance-Einbußen führen. Grund dafür ist, dass unter Berücksichtigung der referenziellen Beziehungen zusätzlich immer auch noch ein Zeitpunkt in der Selektion berücksichtigt werden muss.

Ein Lösungsansatz hier ist, dass im Hinblick auf die Versionierung Makro-Objekte gebildet werden. Die Makro-Objekte bilden dann zusammen einen Verbund, welcher synchron historisiert wird. Das heisst, wenn ein Beteiligter des Makro-Objekts historisiert wird, werden alle mit diesem Makro-Objekt verbundenen Objekte ebenfalls historisiert. Vorteil einer derartigen Lösung ist, dass die Zeitaspekte nur bei einem der beteiligten Objekte geführt und abgefragt werden müssen. Die anderen Objekte werden rein durch die referenziellen Beziehungen zugeordnet. Nachteil dieser Lösung ist, dass hier Redundanzen geschaffen werden. Bei grossen Datenmengen kann dies wiederum zu Problemen in der Performance führen.

9 Konzeptbausteine

Für die Modellierung der konkreten Fachmodelle unter Berücksichtigung der temporalen Aspekte, werden Konzeptbausteine benötigt. Die Konzeptbausteine unterstützen die Modellierung von Fachmodellen dadurch dass Eigenschaften und Regeln der temporalen Aspekte und Beziehungen vordefiniert sind.

Als Beschreibungssprache für Klassen und Beziehungen schlagen wir UML vor. Für die Beschreibung von Bedingungen eignen sich OCL oder spezifische Systemtabellen. Komplexere Bedingungen und Abfragemethoden werden grafisch dargestellt.

Die Beschreibung der Konzeptbausteine geschieht mit Ergänzungen auf einer Metamodellebene und mit vordefinierten Patterns auf der Modellebene. Wir stützen uns auf die Metadaten-Architektur "Meta Object Facility (MOF)" der Object Management Group (OMG).

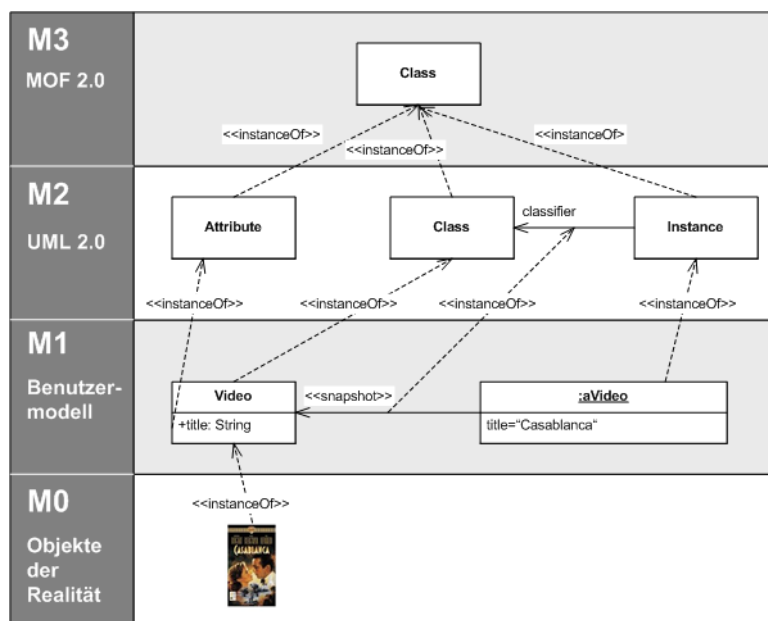


Abb.30 Metamodellebenen

9.1 Klassenmodell

Die Abb.30 zeigt in stark vereinfachter Form die für die temporale Erweiterung relevanten Metaklassen der Modellierungsebene M2. Folgende Metaklassen werden verwendet:

- **Class:** Metaklasse für die Definition von Klassen
- **Attribute:** Metaklasse für die Definition von Attributen einer Klasse
- **Association:** Metaklasse für die Definition von Beziehungen zwischen Klassen
- **AssociationEnd:** Metaklasse für die Festlegung der Klassen, welche durch eine Beziehung in Verbindung gebracht werden

Auf der Metamodellebene werden nun "Stereotypes" als Erweiterung "Extend" der Metaklassen angelegt. Die neuen "Stereotypes" erhalten die für die Modellierung von temporalen Aspekten nötigen Zusätze.

- Temporal Attribute: erweitert die Metaklasse "Attribute". Bedingung dieser Klasse ist, dass darauf basierende Attribute als Zeitpunkt interpretiert werden können.
- Temporal Class: erweitert die Metaklasse "Attribute". Bedingung einer temporalen Klasse ist, dass sie mindestens ein Attribut der Ausprägung "Temporal Attribute" enthält. Diese Bedingung wäre auch implizit ableitbar (sobald in einer Klasse ein "Temporal Attribute" angelegt wird), wird hier im konzeptuellen Modell trotzdem explizit ausformuliert. Die explizite Formulierung erleichtert Beschreibung von Bedingungen und Regeln auf konzeptueller Ebene. Bei einer konkreten Umsetzung ist zu prüfen, ob es diesen Stereotyp effektiv benötigt.
- Temporal Object: Mit dieser Metaklasse wird ausgedrückt, dass bei temporal modellierten Klassen über die Zeit immer Veränderungen stattfinden können und diese auch dokumentiert werden (z.B. auch eine Korrektur eines Ereignisses). Die Metaklasse Temporal Object beinhaltet alle über die Zeit unabhängigen Eigenschaften. In der Regel ist dies nur eine unveränderbare Objektidentifikation.
- Temporal Association: erweitert die Metaklasse "Association". Bedingung dieser Klasse ist, dass die beiden in Beziehung stehenden "AssociationEnd" sich auf Klassen vom Stereotyp "Temporal Class" beziehen.
- Temporal Constraints: als Erweiterung zur temporalen Beziehung werden über die Metaklasse die Bedingungen zwischen den Zeitattributen der in Beziehung stehenden Klassen formuliert. Dabei wird jeweils ein Zeitattribut der einen mit einem Zeitattribut der anderen Klasse mit Hilfe eines Operators (<, >, =) verglichen (z.B. Beginngültigkeit Detail > Beginngültigkeit Master). Die Bedingungen müssen so aufgebaut/formuliert werden, dass alle gleichzeitig erfüllt werden können. Zusätzlich kann die Bedingung optional sowohl auf der Master wie auch auf der Detail-Seite auf spezifische Versionen eingeschränkt werden [Alle (Default), Erste, Letzte, Zwischen Erste und Letzte].

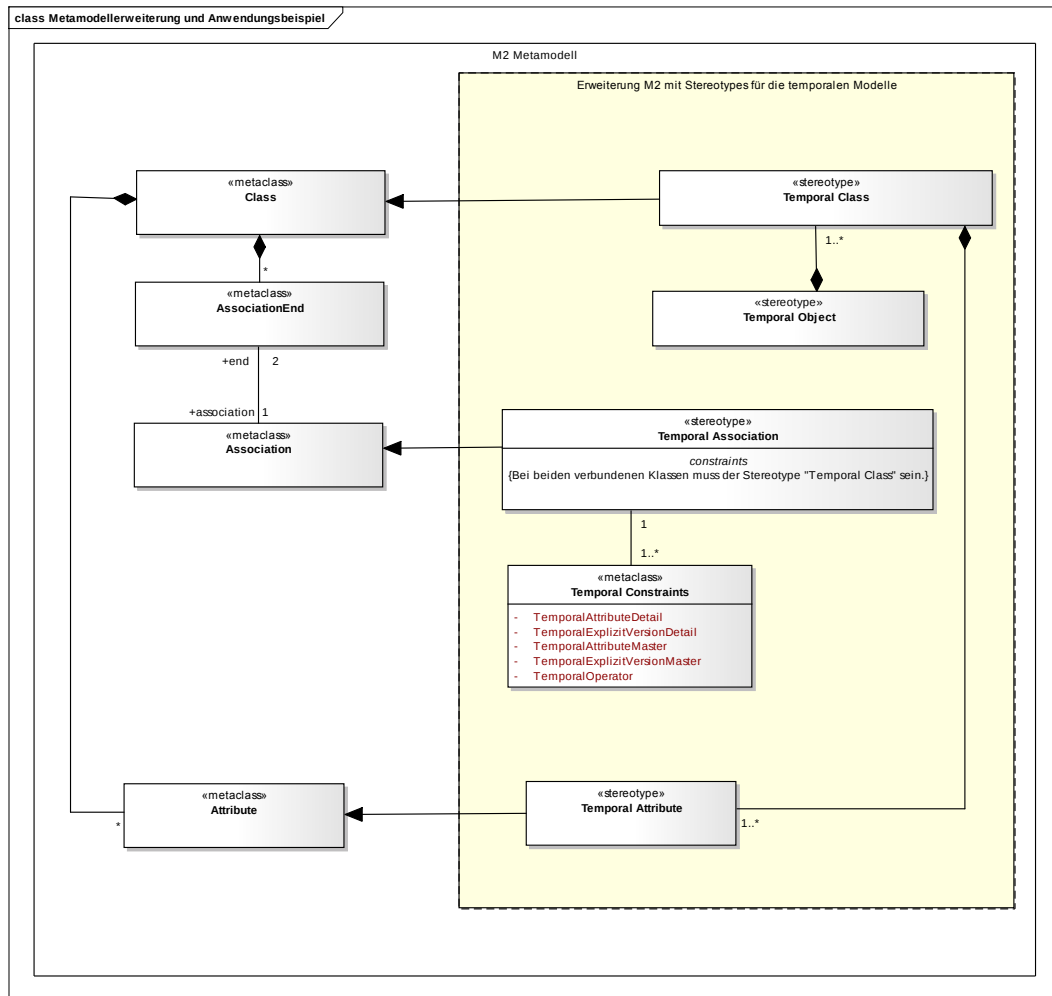


Abb.31 Erweiterung UML mit temporalen Eigenschaften

Die neuen Stereotypes können nun in der Modellierung angewendet werden. Wie in Kapitel 1 hergeleitet, werden für die Modellierung der Objekte in einem Strasseninformationssystem die zwei Zweittypen "Ereignisse" und "Status" benötigt, wobei "Ereignisse" noch in den Subtypen "Zeitpunkt-Ereignis" und "Zeitintervall-Ereignis" vorkommen kann.

Für diese Zeittypen werden, analog wie in der Metamodellebene, nun aber in der Modellebene Modellierungspatterns angelegt. Die Erweiterung erfolgt bewusst nicht in der Metamodellebene, da in der Modellierung immer auch noch Vereinfachungen und Erweiterungen der Zeitaspekte möglich sein sollen. Bei der Anwendung der Modellierungspatterns werden die dort definierten Attribute und Bedingungen in die zu modellierende Klasse übernommen.

Als Basisvorschlag werden in den Patterns die in Kapitel 1 identifizierten Zeitaspekte für Wissen und Existenz aufgebaut. Für eine Implementierung ist, je nach fachlicher Anforderung, eine Erweiterung mit zusätzlichen Zeitattributen notwendig, allenfalls können auch Zeitattribute weggelassen werden.

Es stehen damit vom Stereotype "Temporal Class" drei neue Vorlagen zur Verfügung:

- Zeitpunkt-Ereignis
- Zeitintervall-Ereignis
- Status

Beispiele und Vorschläge für die Typisierung der Klassen in diese Stereotypes finden sich in Kapitel 6.2.3. Die Beziehung zwischen diesen Klassen wird als Stereotype "Temporal Association" angelegt. Die Bedingungen zwischen den Zeitattributen werden als Constraints auf der Beziehung formuliert (Temporal Constraints).

Da in einer temporalen Datenbank sowohl Korrekturen als auch echte Versionen dokumentiert werden sollen, werden in der Vorlage alle möglichen Versionen eines Objekts über eine zugehörige Objektklasse gruppiert. In dieser Gruppe werden alle von der Zeit unabhängigen Eigenschaften geführt. Da Korrekturen ermöglicht werden sollen und Fehler überall passieren können, beschränkt sich der von der Zeit unabhängige Teil normalerweise auf einen, durch das System automatisch vergebenen, unveränderbaren Systemschlüssel.

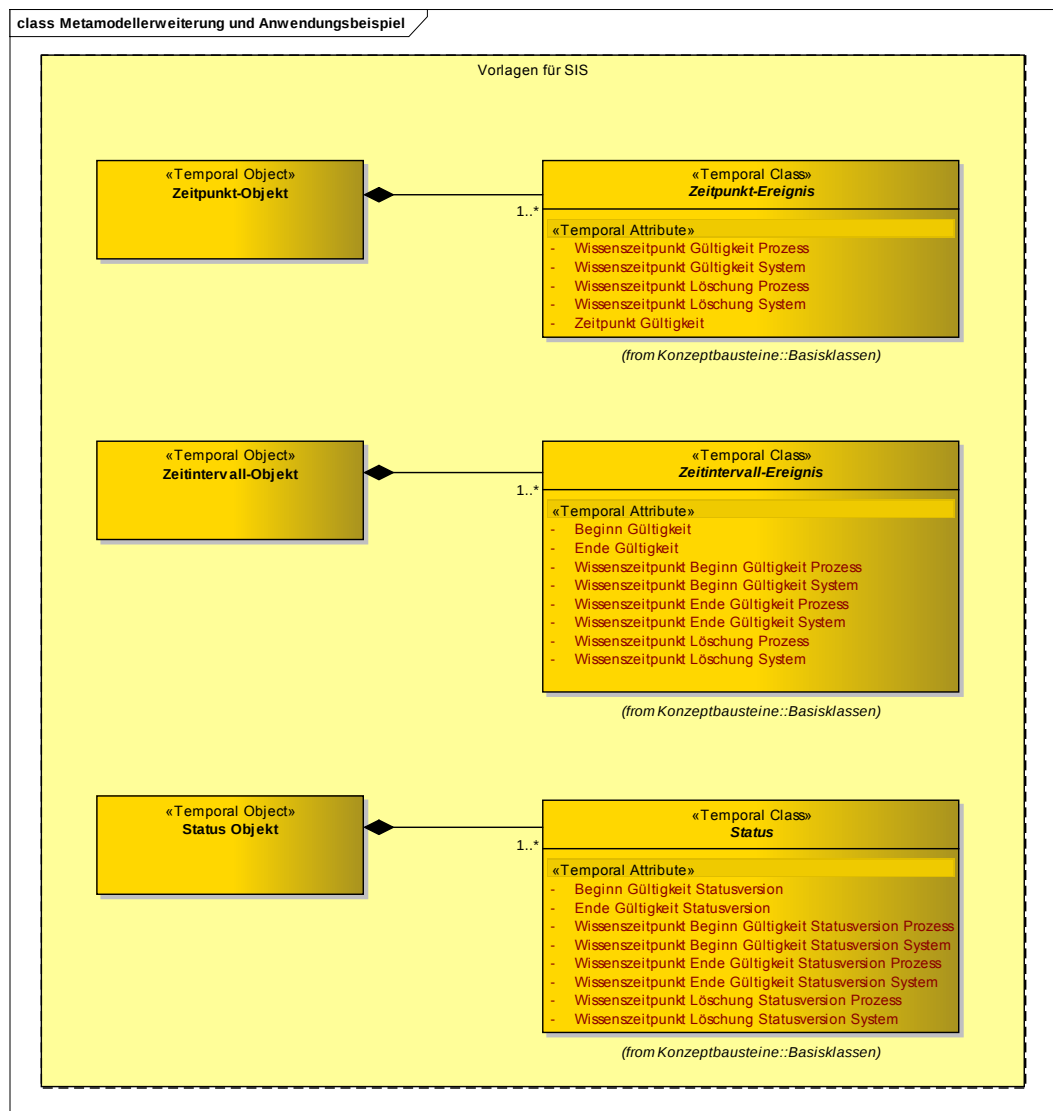


Abb.32 Musterklassen für die temporale Modellierung eines SIS

Mit Hilfe der Vorlagen und dem Metamodell lassen sich nun die eigentlichen Fachmodelle aufbauen. Nachfolgend ein Beispiel Projekt und Belagseinbau. Die Konsistenzbedingung bezüglich der Zeitattribute ist hier bei der Beziehung notiert, könnte aber auch einer der Klassen zugeordnet werden.

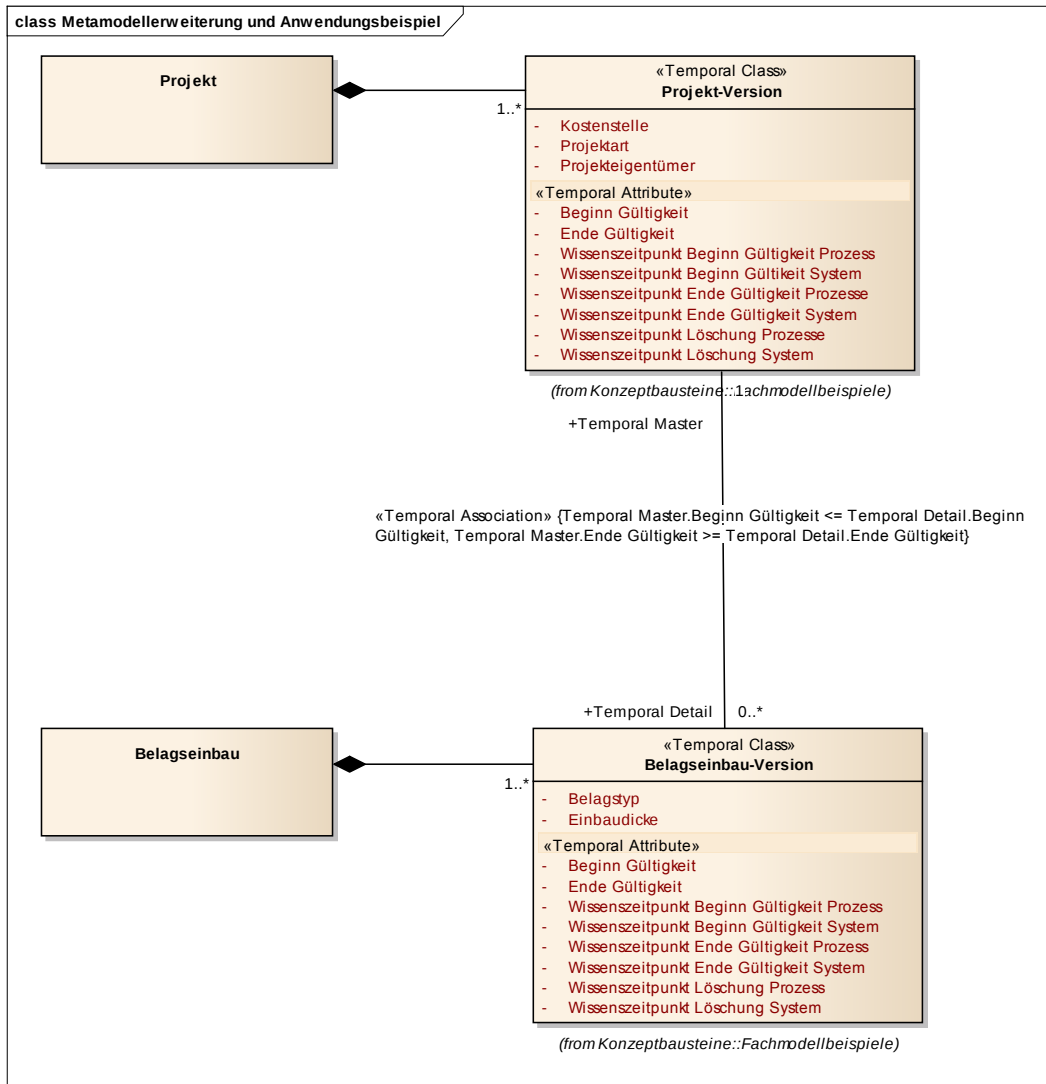


Abb.33 Vereinfachtes Anwendungsbeispiel der temporalen Modellierung

Stehen Objekte zweier Klassen nur vorübergehend in Beziehung und können sonst auch ein "eigenes Leben" führen, wird zwischen diese Klassen eine Beziehungsklasse eingefügt. Diese trägt lokale Informationen über den Zeitraum, wann die Beziehung bestanden hat (Beginngültigkeit, Endegültigkeit), ist somit also auch selbst eine temporale Klasse. Diese ist beidseitig wiederum mit einer temporalen Beziehungen verbunden. Beidseitig werden hier auch die temporalen Bedingungen formuliert.

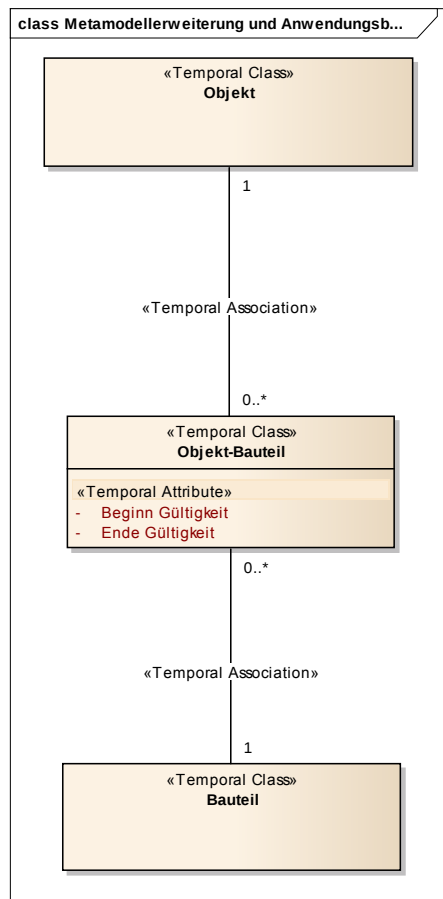


Abb.34 Modellierung der temporären Beziehungsklasse

9.2 Erhalten der zeitlichen Konsistenz

Die Aufgabe der Erhaltung der zeitlichen Konsistenz ist in einer temporalen Datenbank eine Aufgabe, die nicht allein durch Klassen und deren Beziehungen modelliert werden kann. Es sind zusätzlich formal definierte Bedingungen zu definieren, damit alle Aspekte der zeitlichen Konsistenz berücksichtigt werden können.

In der Modellierungssprache UML hat sich OCL (Object Constraint Language) als Standard für die Beschreibung von Konsistenzbedingungen etabliert. Nachfolgend werden mit Hilfe von OCL beispielhaft Formulierungen von Konsistenzbedingungen erarbeitet. Die konkrete Ausformulierung der Konsistenzbedingung ist abhängig von der konkreten Modellierungsaufgabe.

9.2.1 Konsistenzbedingungen der Zeitaspekte einer Objektklasse

Innerhalb einer Klasse können mehrere Zeitattribute vorhanden sein. Diese sind allenfalls an gegenseitigen Bedingungen gebunden, zum Beispiel soll die "Endegültigkeit" grösser als die "Beginngültigkeit" sein. Diese Art von Bedingung kann mit OCL sehr einfach wie folgt formuliert werden:

```
context Klasse inv: self.BeginnGültigkeit <
self.EndeGültigkeit
```

Mit Hilfe von zeitlichen Konsistenzbedingungen lässt sich auch einfach unterscheiden, ob es sich beim Objekt um einen geplanten oder einen effektiven Zustand handelt respektive handeln muss. Bei einem effektiven Objekt gilt folgende Bedingung:

```
context Klasse inv:
self.WissenszeitpunktBeginnGültigkeitProzess >=
self.BeginnGültigkeit
```

Umgekehrt gilt bei einem geplanten Objekt:

```
context Klasse inv:
self.WissenszeitpunktBeginnGültigkeitProzess <
self.BeginnGültigkeit
```

Weitere allgemein gültige Konsistenzbedingungen:

Bei Zeitpunkt- und Zeitintervall-Ereignissen, darf es zu jedem Zeitpunkt maximal eine gültige Version geben. Über die Zeitaspekte einer temporalen Klasse lässt sich das zum Beispiel über den Wissenszeitpunkt der Löschung formulieren. Es darf maximal eine Objektversion eines Objekts geben, wo der Wissenszeitpunkt der Löschung unbekannt (NULL) ist.

Bei den Status-Klassen existiert eine ähnliche Konsistenzbedingung. Die Bedingung muss jedoch an die Beginngültigkeit gekoppelt werden. Es darf mit der gleichen Beginngültigkeit nur eine Objektversion geben, wo der Wissenszeitpunkt der Löschung unbekannt (NULL) ist. Mit dieser Bedingung wird gleichzeitig auch sichergestellt, dass bezogen auf die fachliche Gültigkeit eine eindeutige aufsteigende Reihe gebildet werden kann. Zudem muss sichergestellt werden, dass sich die Zeiträume der einzelnen Status-Versionen nicht überlappen.

9.2.2 Konsistenzbedingungen der Assoziationen

Ein sehr häufiger Fall in einer temporal modellierten Datenbank ist, dass die Bedingungen von zwei Zeitattributen von zwei in Beziehung stehenden Klassen beschrieben werden muss. Beispielsweise muss die "Beginngültigkeit" eines Belagseinbaus später sein als das durch den Belagseinbau referenzierte Projekt. Um diese Bedingungen klar beschreiben zu können, müssen Rollen auf jeder Seite der Beziehung benannt sein.

```
context Belagseinbau inv: self.BeginnGültigkeit >=
self.TemporalMaster.BeginnGültigkeit
```

Eine zeitweise temporale Bindung zweier Objekte verschiedener Objektklassen wird sinnvollerweise über eine Beziehungsklasse modelliert, welche ihrerseits auch als temporale Klasse ausgebildet wird (siehe oben). Die Beziehungsklasse hat selbst also auch eine Gültigkeitsspanne. Die Gültigkeitsspanne drückt aus, in welchem Zeitraum diese Beziehung aufgetreten ist. Beidseitig hat diese Klasse die gleiche zeitliche Konsistenzbedingung. Der in der Beziehungsklasse definierte Gültigkeitszeitraum muss nämlich vollständig durch beide in Beziehung gebrachte Objekte überdeckt werden.

Es ist durchaus denkbar, dass über die Zeit mehrfach eine Beziehung zwischen den zwei gleichen Objekten existiert. Es darf jedoch nie eine zeitliche Überlappung solcher Mehrfachbeziehungen vorkommen.

Zur Konsistenzsicherstellung müssen deshalb Methoden bereitgestellt werden, welche die zeitliche Überlappung einer Menge von Daten überprüfen kann:

- Überprüfen, ob keine zeitliche Überlappung besteht
- Überprüfen ob bei mehreren zusammenhängenden Einträgen eine zeitlich lückenlose Kette besteht

9.2.3 Methoden für die Verwaltung der Zeitaspekte

Die meisten Methoden für die Verwaltung der Zeitaspekte sind trivial und werden hier nicht im Detail beschrieben. Die Konsistenz kann in der Regel durch Constraints sichergestellt werden.

Bei den vorgeschlagenen Methoden wird davon ausgegangen, dass die Klassen gemäss *Abb.32* modelliert werden. Das heisst die Eindeutigkeit einer Version ist über die Versions-ID sichergestellt, die Zusammengehörigkeit von mehreren Versionen über die Objekt-ID.

In einer historisierten Datenbank sind aber konkrete Methoden für die Sicherstellung der Konsistenz bei der Erzeugung von Korrekturen (alle temporalen Klassen) oder Einfügen von Versionen (alle temporalen Klassen im geplanten Zeitraum, Statusversionen im effektiven und geplanten Zeitraum).

9.2.3.1 Korrektur einfügen

Für das Einfügen einer Korrektur eignet sich folgender Ablauf:

1. Selektieren der zu korrigierenden Version V_i
2. Erstellen einer Kopie V_{i+1} der Version V_i mit gleicher Objekt-ID aber neuer Versions-ID
3. Markieren der Version V_i als ungültig
4. Bearbeiten der Version V_{i+1}
5. Prüfen der Konsistenzbedingungen
6. Speichern der Versionen V_i und V_{i+1}

Hinweis: handelt es sich um eine Statusversion und wird die Beginn Gültigkeit korrigiert, so verändert sich damit auch die Endegültigkeit der zeitlichen Vorgängerversion

9.2.3.2 Version in einer Statuskette einfügen

Beim Einfügen einer Version in einer Statuskette muss zuerst das Objekt identifiziert werden, für welche eine neue Version eingefügt werden soll. Danach müssen einfach die entsprechenden Konsistenzbedingungen eingehalten werden.

1. Selektieren des Objekts, für welche eine neue Version erzeugt werden soll
2. Erstellen einer neuen Version V_i mit gleicher Objekt-ID, Beginn Gültigkeit
3. Ermitteln der Endegültigkeit der Version V_i
 - a. Falls mindestens eine Version V existiert, wo die Beginn Gültigkeit später als die Beginn Gültigkeit der Version V_i ist, so ist die Endegültigkeit $V_i = \text{Min}(\text{Beginn Gültigkeit aller Versionen } V \text{ wo Beginn Gültigkeit später als } V_i)$
 - b. Oder Endegültigkeit wird durch den Benutzer eingegeben (späteste Endegültigkeit = Endegültigkeit gemäss Fall a)
4. Falls vorhanden, beenden der zeitlichen Vorgängerversion V_{i-1} mit Endegültigkeit $V_{i-1} = \text{Beginn Gültigkeit } V_i$
5. Prüfen der Konsistenzbedingungen
6. Speichern der Versionen V

9.2.4 Methoden für die zeitliche Auswertung

Für den Aufbau von Beziehungen, das Nachführen von Beziehungen auf den aktuellen Stand, das Finden einer aktuell gültigen Beziehung oder auch das Finden von zeitlichen Inkonsistenzen wird eine Menge von Methoden benötigt. Nachfolgend werden die häufig anzutreffenden Fälle textuell und mit einer Grafik beschrieben. Der Stichtag wird als blaue Linie dargestellt, die selektierten Objekte in Rot. Der Stichtag WISSEN bezieht sich auf die Gültigkeitsachse WISSEN, der Stichtag EXISTENZ auf die Gültigkeitsachse EXISTENZ.

9.2.4.1 Finden einer zu einem Stichtag gültigen Version

Das Finden einer zu einem bestimmten Stichtag gültigen Version bewirkt bei Zeitpunkt-Ereignissen die Selektion aller Ereignisse, welche vor dem Stichtag liegen (Gültigkeit < Stichtag). Bei Zeitintervall-Ereignissen soll eine Überlappung des Stichtags mit der fachlichen Gültigkeit vorhanden sein, beim Status analog zum Zeitintervall-Ereignis, einfach nur für eine Status-Version.

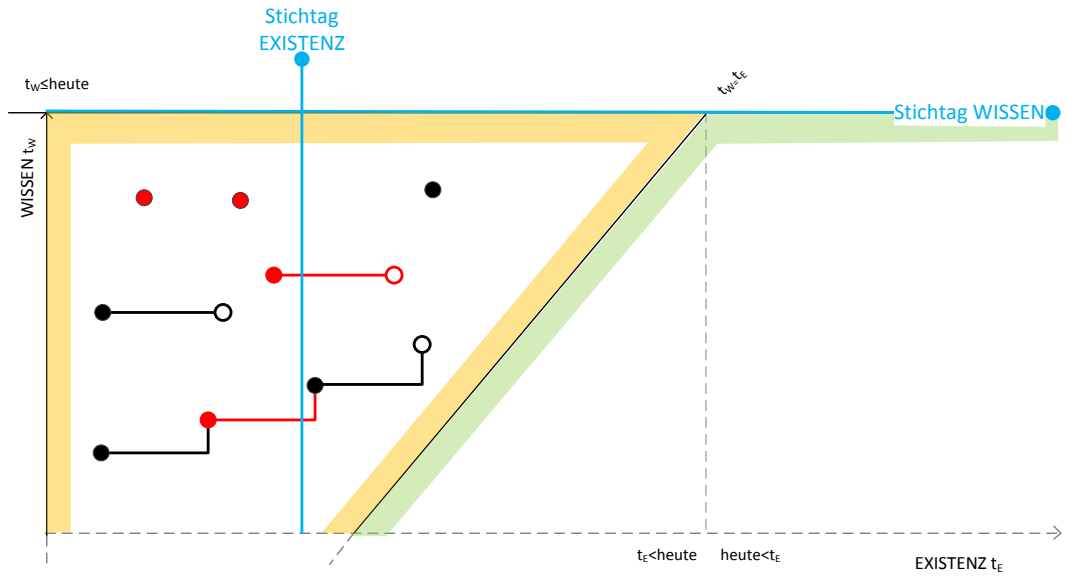


Abb.35 Selektion zum Stichtag

9.2.4.2 Finden der aktuellen Versionen in einem Zeitraum

Das Finden der aktuellen Versionen in einem Zeitraum findet für die Zeitpunkt-Ereignisse alle Objekte, wo die Gültigkeit innerhalb des Zeitraums liegt, für die Zeitintervall-Ereignisse wo gilt: $\text{Beginngültigkeit} < \text{Ende-Zeitraum}$ UND $\text{Endegültigkeit} > \text{Beginn-Zeitraum}$. Beim Status erfolgt die Selektion analog des Zeitintervall-Ereignisses, wobei nur die Status-Version mit der höchsten Beginngültigkeit selektiert wird.

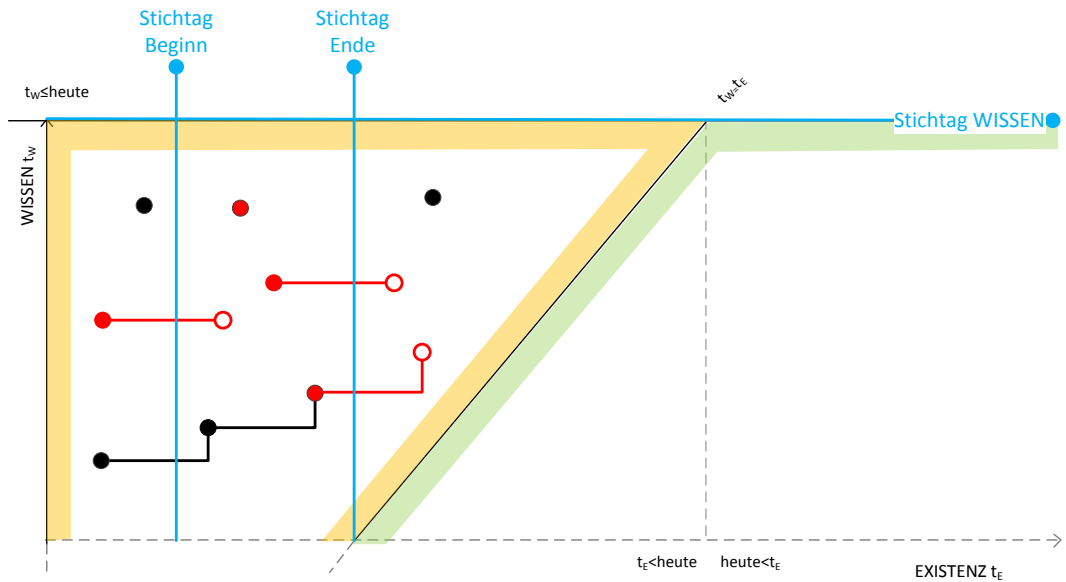


Abb.36 Finden der Versionen im Zeitraum

Für den inkrementellen Datenaustausch gelten zusätzlich folgende Regeln: Die Selektion muss sich immer auf ein vom System vergebenes technisches Speicherdatum beziehen, wenn nachträgliches Speichern von früherem Wissen erlaubt ist.

9.2.4.5 Finden der bezüglich zeitlichen Existenz übergeordneten oder untergeordneten Version (Master-Detail)

Das Finden eines zu einem Detail zugehöriger Masters (und umgekehrt) unter Berücksichtigung der Zeitaspekte entspricht der Suche mit Hilfe eines Stichtags. Als Stichtag wird ein Zeitaspekt des Objekts verwendet, von welchem die Selektion ausgehen soll:

- Beginn Gültigkeit als Stichtag ODER
- Ende Gültigkeit als Stichtag ODER
- Beginn Gültigkeit und Ende Gültigkeit als Selektionszeitraum

10 Realisierung Prototyp

Um die Praxistauglichkeit der beschriebenen Historisierungskonzepte aufzuzeigen, wurde ein Software-Prototyp (im Folgenden: Prototyp) entwickelt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Hauptfunktionalitäten im Prototyp abgedeckt werden. Gewisse im Konzept beschriebene aber selten vorkommende Fälle wurden aus Zeit- und Kostengründen nicht umgesetzt.

Trotz der Benutzerfreundlichkeit ist der Prototyp für den produktiven Einsatz nicht geeignet. Dies v.a. deshalb, weil Sicherheitsmechanismen vollständig fehlen und keine Effizienzoptimierungen bei Datenabfragen und Auswertungen durchgeführt wurden.

Es ist auch zu beachten, dass die bestehenden Daten nur bedingt den produktiven Einsatz des Prototyps oder einer zukünftigen Software erlauben. Dies liegt nicht an den Konzepten sondern viel mehr an der Datenqualität der zur Verfügung stehenden Daten. Ein sinnvoller Einsatz der Historisierungsfunktionen ist erst dann möglich, wenn die Datenqualität ausreichend gut ist.

Im Folgenden wird die Umsetzung der bisher erläuterten Konzepte im Prototyp näher erklärt.

10.1 Zeitliche Aspekte

Die für die Historisierung entscheidenden Aspekte sind jene, die der Gültigkeit der Objekte einen zeitlichen Rahmen geben.

In den Kapiteln 6.1 und 6.2 wurde bereits dargelegt, welche Zeitattribute sinnvollerweise verwendet werden, um den Objekten einen zeitlichen Rahmen zu geben. Weiter wurde erklärt, welche Zeitformen diese Attribute haben können und als welcher Zeittyp sie gespeichert werden können. Dies beeinflusst die Beziehungen zwischen den Attributen. Nun wird erklärt welche dieser Ansätze im Prototyp verfolgt werden.

10.1.1 Zeitattribute

Wie in Kapitel 6.2 ausgeführt gibt es drei Zeitattribute, die berücksichtigt werden können:

- Die zeitliche Gültigkeit: Existenz
- Der Wissenszeitpunkt: Prozess
- Der Wissenszeitpunkt: System (Speicherzeitpunkt)

Der fachliche Wissenszeitpunkt hat im Management der Strassenerhaltung nicht über alle Themen den gleichen Nutzen und wird oft mit dem Speicherzeitpunkt oder der Beginnngültigkeit gleichgesetzt. Des Weiteren enthalten die vorhandenen Daten keine Wissenszeitpunkte. Im Prototyp wird aus diesen Gründen auf einen expliziten Wissenszeitpunkt verzichtet. Der Speicherzeitpunkt wird als Wissenszeitpunkt verwendet. Dies entspricht der in Kapitel 8.1.2 erläuterten konzeptuellen Vereinfachung. Die zeitliche Gültigkeit bzw. Existenz wird explizit geführt und ist in den vorhandenen Daten enthalten.

Der bitemporale Raum, wie im Kapitel 6.3 erklärt, kann somit umgesetzt werden. Allerdings erfolgt die Realisierung etwas vereinfacht gegenüber der dortigen Beschreibung, da nur zwei Zeitattribute berücksichtigt werden.

Wenn in Zukunft der Wissenszeitpunkt als zusätzliches Zeitattribut explizit erfasst wird, steht einer Erweiterung des Prototypen aus technischer Sicht nichts im Wege. Es müssten dann jedoch vertiefte Überlegungen angestellt werden, wie diese Erweiterung genau umzusetzen wäre. Um die drei Zeitaspekte "Existenz", "Wissen System" und "Wissen Prozess" vollständig nutzen zu können, müsste der bitemporale Raum

wahlweise zwischen "Wissen System" und "Existenz" oder "Wissen Prozess" und "Existenz" aufgespannt werden. Dies ist zwar die aufwendigste Lösung, aber jeder andere Ansatz würde zu einem Informationsverlust führen, wie er in Kapitel 8.1 beschrieben ist.

10.1.2 Zeitformen

In Kapitel 6.1 wurde erläutert, dass Objekte verschiedene Zeitformen aufweisen können. Von den dort beschriebenen Zeitformen werden Zeitpunkte sowie Zeitintervalle und Zeitdauern, die beides Zeiträume sind, im Prototyp verwendet.

Die Zeitform „Zeitpunkte“ wird u. A. dafür verwendet, den Wissenszeitpunkt zu definieren, oder den Existenzzeitpunkt einer Inspektion oder auch der Inbetriebnahme eines Bauwerks.

Die zeitliche Gültigkeit bzw. Existenz durchgeführter Erhaltungsmaßnahmen wird über die Zeitform „Zeitraum“ definiert. Es gibt zwei Möglichkeiten, einen Zeitraum zu beschreiben. Wenn sowohl ein Start- als auch ein Endzeitpunkt gegeben sind, wird ein Zeitintervall verwendet (siehe 6.1.2.2). Wenn jedoch nur der Start- oder Endzeitpunkt gegeben ist, wird die Zeitdauer nach Kapitel 6.1.2.1 verwendet. Diese besteht aus dem gegebenen Zeitpunkt und einer festen Dauer. Je nachdem ob der Start- oder Endzeitpunkt gegeben ist, wird die Dauer auf diesen aufaddiert bzw. von diesem subtrahiert, um das Zeitfenster zu bestimmen, in dem die Massnahme durchgeführt wird.

Zeitreihen, die vierte beschriebene Zeitform (siehe Kapitel 6.1.3), werden im Prototyp nicht verwendet, da die berücksichtigten Daten diese Form nicht aufweisen. Auf die Einbindung zusätzlicher Daten in Form von Zeitreihen wurde verzichtet. Dies hätte die Komplexität merklich erhöht, ohne den angestrebten Demonstrationseffekt des Prototyps angemessen zu steigern.

10.1.3 Zeittypen

In Kapitel 6.2.3 wurden verschiedene Zeittypen vorgestellt, die in der Historisierung verwendet werden können. Der Prototyp greift auf zwei von diesen zurück. Massnahmen sind als Ereignisse gemäss Kapitel 6.2.3.1 erfasst, die nur während des/der angegebenen Intervalls/Dauer gültig sind. Für die übrigen Informationen wird der Zeittyp Status (siehe 6.2.3.4) verwendet.

10.1.4 Zeitgranularität

In Kapitel 6.1 wird beschrieben, dass die Granularität der verschiedenen Zeitpunkte und Zeiträume jeweils definiert sein muss. Dabei ist darauf zu achten, dass die Daten untereinander kompatibel bleiben. Fast alle in den gelieferten Daten befindlichen Zeitpunkte und Zeiträume sind auf den Kalendertag genau angegeben, teilweise auch noch Uhrzeit. Für alle im Prototypen verwendete Informationen ist der Kalendertag eine sinnvolle Angabe. Angaben, die sich nur auf den Monat oder das Jahr beziehen, wären meist zu ungenau, währenddessen eine Uhrzeit eine nicht benötigte Präzisierung bedeutet. Aus diesen Gründen wurde entschieden, den Kalendertag als Granularität für alle Daten zu verwenden. Daten, die nur auf den Monat oder das Jahr genau gegeben waren, wurden jeweils auf den ersten Tag des jeweiligen Monats oder Jahres gesetzt.

10.2 Planung

Wie in Kapitel 6.3 beschrieben, kann der betrachtete Zeitraum in einen effektiven und einen geplanten Zeitraum unterteilt werden. Im Prototyp werden diese beiden Zeiträume nicht unterschiedlich behandelt. Planungsdaten werden also in der gleichen Form dargestellt und können in der gleichen Art abgefragt werden wie effektive Daten. Dies bedeutet, dass mehrere, sich konkurrierende Planungsvarianten nicht als Versionen von Planungsketten abgebildet werden können. Die Darstellung von verschiedenen, zur

gleichen Zeit gültigen Planungsversionen, würde die Präsentation der Daten erheblich verkomplizieren.

Der Unterschied zwischen dem effektiven und dem geplanten Zeitraum ergibt sich einfach durch die Wahl des Wissenszeitpunktes im Verhältnis zum Existenzzeitpunkt. Sollte ein Wissenszeitpunkt gewählt werden, der vor dem Existenzzeitpunkt liegt, befindet man sich im geplanten Zeitraum, anderenfalls im effektiven.

10.3 Daten

Die zugrundeliegenden Daten beziehen sich auf die Fahrbahn, Kunstbauten und Betriebs- und Sicherheitsanlagen (BSA).

Die Daten im Prototyp sind keine „scharfen“ Daten, d. h. sie entsprechen nicht der Wirklichkeit und können nicht als Grundlage für Entscheidungen dienen. Sie sind lediglich Beispieldaten, die dazu dienen, die Funktionalität des Prototyps darzustellen.

Die Daten kommen teils vom ASTRA und teils vom Kanton Aargau. Die gelieferten Daten entsprachen aber häufig nicht den für eine Historisierung benötigten Anforderungen. In diesen Fällen wurden die Daten künstlich aufbereitet, um die Historisierungskonzepte möglichst gut darstellen zu können. Es wurden dabei sowohl Daten angepasst als auch hinzugefügt.

10.3.1 Gebiet

Es wurde ein Gebiet an der Grenze zwischen den Kantonen Aargau, Solothurn und Basel-Landschaft ausgewählt, das grob von den Gemeinden Rupperswil, Reiden, Oensingen und Sissach eingegrenzt wird. Aus einem anderen Projekt (EMNS Erhaltungsmanagement auf Nationalstrassen) war man mit diesem Gebiet bereits betraut. Des Weiteren waren die zuständigen Stellen bereit, die noch fehlenden Daten zur Verfügung zu stellen.

Das Gebiet aus dem die Kunstbautendaten verwendet wurden, ist etwas grösser als das Gebiet, aus dem die Strassendaten stammen. Für bestimmte Teile des Gebiets liegen im Prototypen also zwar Daten für die Kunstbauten vor, nicht aber für die Fahrbahn.

Abb. 39 zeigt das behandelte Gebiet. Das orange Objekt ist der Belchentunnel, die übrigen flächigen Objekte, die quer zu Fahrbahn liegen, sind die Kunstbauten. Die Nationalstrassen sind als breite, farbige Streifen erkennbar, die Kantonsstrassen als schwarze Streifen, da für diese keine GIS-Daten für verschiedene Zoomstufen vorlagen.

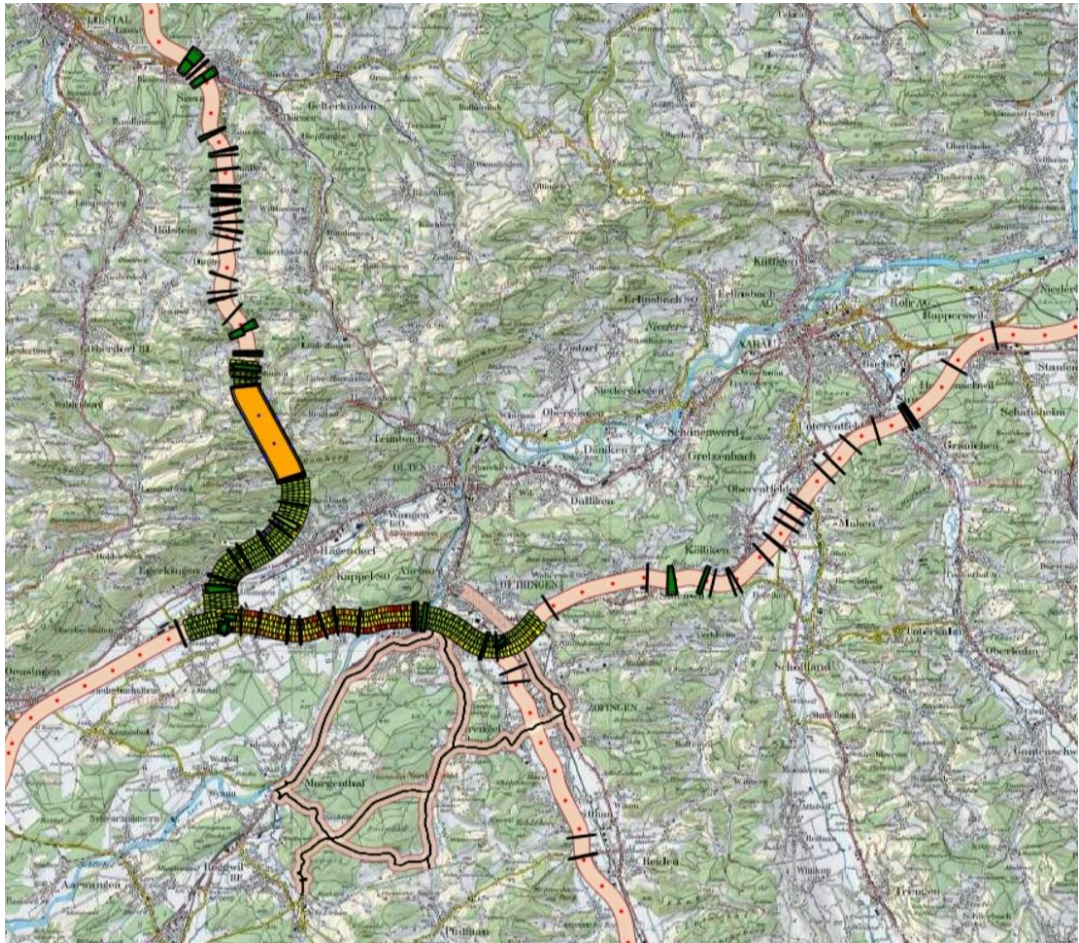


Abb. 39 Im Prototypen behandeltes Gebiet

10.3.2 Kunstbauten

In dem gewählten Gebiet wurden die Daten aller Brücken, Unterführungen, Tunneln und ähnlichen Kunstbauten, die sich auf den Nationalstrassen N1 und N2 befinden, im Prototyp berücksichtigt. Stützmauern etc. wurden nicht berücksichtigt. Die in diesem Gebiet befindlichen Daten beinhalten auch einen Tunnel. Da der Tunnel teilweise anders als die übrigen Kunstbauten behandelt wird, bezieht sich die Bezeichnung „Kunstbauten“ im weiteren Verlauf des Kapitels 10 nur auf Brücken, Unterführungen etc. aber nicht auf den Tunnel.

Die Daten enthalten für jede Kunstbaute den Namen, das Jahr der Inbetriebnahme und die Position auf der zugehörigen Achse. Weiter umfassen sie für jedes Bauwerksteil dessen Name und Typ. Für die Bauwerksteile gibt es zusätzlich auch Zustandsdaten in Form von Inspektionsergebnissen und die Bezeichnungen und Zeitpunkte von durchgeführten Erhaltungsmassnahmen.

Massnahmen, die durchgeführt wurden, um die Bauwerke (bzw. die ursprünglichen Bauwerksteile) zu erstellen, sind nicht vorhanden. Für Bauwerksteile, die nachträglich erstellt wurden, liegen jedoch die entsprechenden Massnahmen zur Erstellung vor.

10.3.2.1 Gültiger Zustand

Die Zustandsgeschichte einer Kunstbaute wird explizit (siehe Kapitel 7.1.2.1) erfasst.

Nachdem eine Kunstbaute neu errichtet oder aber eine Erhaltungsmassnahme auf einer Kunstbaute durchgeführt wurde, ist der Zustand zunächst unbekannt (= -1). Sobald eine Inspektion durchgeführt wurde, wird der Zustand über das Ergebnis dieser Inspektion definiert.

Das Ergebnis einer Inspektion ist so lange gültig, bis es entweder durch eine Erhaltungsmassnahme oder eine erneute Inspektion ungültig wird.

Eigentlich sollte nach dem Abschluss jeder Massnahme eine Inspektion durchgeführt werden. In den vorliegenden Daten war dies aber regelmässig nicht der Fall.

Das Ergebnis der letzten bekannten Inspektion ist nur für den Tag der Inspektion gültig. Ab dem darauf folgenden Tag simuliert der Prototyp einen Verfall der Kunstbaute. Diese Zustandsentwicklung wird mit Hilfe des in KUBA-MS implementierten Verfallsmodells (Markovketten) prognostiziert. An dieser Stelle ergibt sich damit ein Wechsel von einer nicht stetigen zu einer stetigen Entwicklung (siehe Abb. 40).

Die Abb. 40 verdeutlicht, wie sich der gültige Zustand eines Kunstbauten-Bauteils ändern kann.

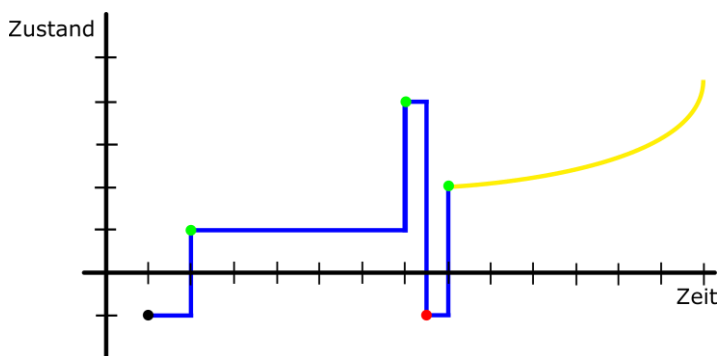


Abb. 40 Zustandsverlauf eines Kunstbauten-Bauteils

Der schwarze Punkt markiert den Beginn der Existenz des Objektes, die grünen Punkte, sind Inspektionen und der rote Punkt eine Erhaltungsmassnahme. Die blaue Linie zeigt den Zustandsverlauf, wie er durch die vorhandenen Daten gegeben ist. Die Zeiteinheiten entsprechen im vorliegenden Beispiel einem Jahr. Das Objekt beginnt im Zustand -1 (=unbekannt). Nach einem Jahr wird eine Inspektion durchgeführt und das Objekt in Zustand 1 gesetzt. Nach weiteren fünf Jahren wird eine zweite Inspektion durchgeführt und das Objekt in den Zustand 4 versetzt. Dann wird eine Erhaltungsmassnahme durchgeführt und das Objekt ist wieder im Zustand -1. Die letzte Inspektion im Anschluss an die Erhaltungsmassnahme setzt das Objekt in Zustand 2. Danach wird der Verfall des Objektes prognostiziert, was hier über die gelbe Linie dargestellt wird. Der Verlauf der gelben Linie ist hier rein beispielhaft zu sehen.

10.3.3 Tunnel

Im behandelten Gebiet liegt der Belchentunnel, der auch in den Daten aufgeführt ist. Für den Tunnel werden nicht alle zugehörigen Bauwerksteile, sondern lediglich die beiden Haupttröhen und eine Querverbindung berücksichtigt. Entsprechend der Bauwerksteile von Kunstbauten liegen auch für die Tunnelbauwerksteile Zustände in Form von Inspektionsergebnissen vor. Es gab jedoch keinerlei Daten zu durchgeführten Massnahmen jeglicher Art.

10.3.4 BSA

In Bezug auf die BSA-Objekte hat man sich auf eine kleine Auswahl von Objekten beschränkt, die einen Bezug zum Belchentunnel haben. Die Auswahl ist jedoch ausreichend, um aufzuzeigen, wie eine Darstellung von BSA-Objekten erfolgen kann. Für diese Objekte liegen Informationen zur Bezeichnung, dem AKS-CH-Code, der Anzahl und der Ausfallrate vor.

10.3.4.1 AKS-CH-Code

Der AKS-CH-Code wird verwendet, um BSA-Objekte eindeutig zu definieren. Er ist eine systematische Beschreibung des Ortes und Typs von Objekten. Sein grundsätzlicher Aufbau ist „=A.B;C.D;E.F“. Die Platzhalter A-F werden in der folgenden Tabelle erklärt.

Tab. 12 AKS-CH-Code

Platzhalter	Erklärung
A	Die Anlage zu der das Objekt gehört
B	Das Infrastrukturobjekt in dem sich die Anlage befindet
C	Die Teilanlage des Objektes
D	Der Teil des Infrastrukturobjektes in der sich die Teilanlage befindet
E	Das Aggregat des Objektes
F	Eine Kurzform der Bezeichnung des Objektes

Die nächste Tabelle schlüsselt den Beispiel-Code „=B.BEL;DB.BAS;LK.58“ auf

Tab. 13 Beispiel AKS-CH-Code

Platzhalter	Erklärung
B	Beleuchtung
BEL	Belchentunnel
DB	Durchfahrtsbeleuchtung
BAS	Fahrtrichtung Basel

LK	Leuchtkörper
58	58W

10.3.5 Strassen

Das behandelte Gebiet umfasst Abschnitte der Nationalstrassen N1 und N2. Für diese wurden soweit verfügbar Daten zum Belagsaufbau und Zustand verwendet. Zusätzlich wurden einige Kantonsstrassen im Kanton Aargau berücksichtigt. Zu beachten ist, dass lediglich einige ausgewählte Kantonsstrassenabschnitte verwendet wurden. Die ausgewählten Kantonsstrassen befinden sich zwischen Aarburg, Zofingen, St. Urban und Murgenthal. Von den Kantonsstrassen wurden ebenfalls die Daten zum Belagsaufbau und Zustand verwendet.

Bei Strassen werden die Zustands- und Aufbaudaten völlig voneinander getrennt verwaltet. Es sind jeweils voneinander unabhängige (GIS-)Datenbankobjekte. Ein Zusammenhang zwischen Zustands- und Aufbauobjekten ergibt sich nur über ihren Ort.

10.3.5.1 Aufbau

Die Daten zum Belagsaufbau der Strassen sind nicht explizit vorhanden. Stattdessen sind Angaben zu Massnahmenobjekte abgespeichert, welche zu den jeweiligen Zeitpunkten ausgeführt wurden. Eine Massnahme beinhaltet einen Ort und eine Tätigkeit. Sie kann entweder in der Abtragung einer bestimmten Belagshöhe bestehen oder in der Auftragung einer neuen Schicht, für die sowohl Typ als auch Dicke angegeben ist.

Der Belagsaufbau an einem Ort ergibt sich somit implizit durch die Auswertung aller je an diesem Ort durchgeführten Massnahmen. Kapitel 7.1.2.2 beschreibt dieser Art der Bestimmung der gültigen Daten an einem Zeitpunkt. Dieses Vorgehen gilt gleichermassen für National- wie Kantonsstrassen.

In den meisten Fällen reicht die Durchführung einer einzelnen Massnahme nicht aus, um den gewünschten Effekt zu erreichen. Es werden dann in kurzer Reihenfolge mehrere Massnahmen durchgeführt (z.B. Abtragung einer gewissen Belagsdicke und Auftragung einer neuen Deckschicht). Diese Massnahmen werden im Prototyp zu einer Massnahme zusammengefasst. Die Beginn- und Enddaten für die Massnahmen sind in den Originaldaten teilweise so gesetzt, dass es nicht offensichtlich ist, dass diese Massnahmen zusammen durchgeführt wurden. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass normalerweise, nicht mehr als einmal innerhalb eines Jahres eine Baustelle am gleichen Ort aufgebaut wird. Aus diesem Grund werden zwei oder mehr Massnahmen zu einer zusammengefasst, wenn sie am gleichen Ort und im gleichen Kalenderjahr durchgeführt wurden.

Der Beginn der gemeinsamen Massnahme entspricht dann dem Beginn der ersten einzelnen Massnahme und das Ende dem Ende der letzten einzelnen Massnahme.

10.3.5.2 Zustand

Die Zustandsdaten werden im Rahmen der Messkampagnen der netzweiten Zustandserhebung der Fahrbahnoberfläche erhoben, sind also explizit gegeben (siehe 7.1.2.1). Grundsätzlich werden je Messkampagne verschiedene Zustandsindizes erfasst. Da es in dem Prototyp nur um das Aufzeigen von möglichen Funktionalitäten und nicht um die Präsentation aller denkbaren Daten geht, wurde entschieden, lediglich einen Zustandsindex zu berücksichtigen. Die Wahl fiel dabei auf den I_0 „Oberflächenschäden ohne Spurrillen“.

Gemäss [18] erfolgt die Zustandsaufnahme für 100m-Strecken eines Fahrstreifens auf Nationalstrassen bzw. für 50m-Strecken der Fahrbahn auf Kantonsstrassen. Jede dieser

Strecken wird als ein Zustandsobjekt mit einem homogenen Zustand erfasst. In der Praxis werden Zustandsdaten für zum Teil unterschiedliche Längen der Strecken erhoben bzw. im Fall von vorhandenen Rohdaten aggregiert. Dies ändert jedoch nichts an der Behandlung dieser Objekte im Prototyp. Im Weiteren ist die Einteilung in diese Strecken nicht fix, da sie bei jeder Messkampagne neu vorgenommen wird. Dies liegt darin begründet, dass für die Aggregation der Rohdaten aus den jeweiligen Messkampagnen kein einheitliches Raster vorgeben wird und die Rohdaten beim Strassenbetreiber nicht gespeichert werden. Die Zustandsobjekte aus zwei unterschiedlichen Messkampagnen liegen also im Normalfall nicht deckungsgleich übereinander.

Bei den Messkampagnen gibt es das Problem, dass keine Daten von Messkampagnen verfügbar waren, die älter als zehn Jahre sind. Zustandsdaten liegen im Wesentlichen für zwei Messkampagnen vor (2004 und 2009). Zusätzlich sind einige Daten vorhanden, welche in den Jahren 2005 und 2013 erhoben wurden. Die ersten Massnahmen zur Erstellung der im Prototyp betrachteten Strassenabschnitte wurden jedoch Ende der 60er Jahre durchgeführt. Die ältesten vorhandenen Zustandsdaten sind also um Jahrzehnte jünger als die ersten Aufbaudaten. Diese Diskrepanz ist für eine Darstellung der Strassendaten ziemlich ungünstig, da, wie in Kapitel 10.4.1 beschrieben, nur die Zustände als Layer auf der Karte angezeigt werden. Das Fehlen von Zustandsinformationen zu einem bestimmten Zeitpunkt könnte daher den Benutzer zu der falschen Annahme verleiten, dass die Strasse zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorhanden war. Aus diesem Grund wurden zusätzliche fiktive Zustandsdaten eingefügt.

Dabei standen mehrere Möglichkeiten die Zustandsdaten einzufügen zur Auswahl. So kann man z.B. die Annahme treffen, dass nach der ersten Massnahme bzw. jeder Massnahme an der Deckschicht, der Zustand in der besten Zustandsklasse ist. Dies hätte jedoch dazu geführt, dass die Nationalstrassen über Jahrzehnte den besten Zustand aufweisen. Dies ist unrealistisch. Aus diesem Grund wurde entschieden, den Zustand als nicht bekannt abzubilden. Dies entspricht letztlich auch den Tatsachen. Überall dort, wo auf einer Strasse mindestens ein Massnahmenobjekt vorliegt, wurde ein neues Zustandsobjekt mit dem Zustand -1 (=unbekannt) generiert. Der Existenz- und Wissenszeitpunkt für dieses Objekt entspricht dem Existenzzeitpunkt der ersten Massnahme, die an diesem Ort durchgeführt wurde. Da sich der verwendete Zustandswert nur auf die Deckschicht bezieht, wäre es auch möglich gewesen, nur die erste Deckschicht-Massnahme zu berücksichtigen. Die Berücksichtigung aller Massnahmen hat allerdings den Vorteil, dass die Strasse als GIS-Objekt erkennbar ist, sobald mindestens eine Massnahme durchgeführt wurde.

Die Abbildungen *Abb. 41* und *Abb. 42* zeigen wie sich die Darstellung auf der Karte durch das Einfügen der Zustandobjekte verändert hat. Das Zustand der Objekte -1 ist wird durch ihre Einfärbung in grau dargestellt.



Abb. 41 Strasse ohne eingefügte Zustandsobjekte



Abb. 42 Strasse mit eingefügten Zustandsobjekten

10.3.5.3 Gültiger Zustand

Da die Zustands- und Massnahmendaten getrennt vorliegen, sind diese nicht auf praktikabler Art und Weise in Verbindung zu setzen. Daher gilt für Strassen, dass die in einer Messkampagne erhobenen Zustände immer so lange gültig sind, bis sie durch in einer neuen Messkampagne erhobenen Zustände ungültig werden.

Wenn nach einer durchgeführten Massnahme keine Messkampagne durchgeführt wurde, hat die Massnahme somit keine Auswirkung auf den angezeigten Zustand.

Die Zustände, die in der letzten bekannten Messkampagne erhoben wurden, sind nur für den Tag der Messkampagne gültig. Ab dem folgenden Tag simuliert der Prototyp einen Verfall dieser Zustandsobjekte. Diese Zustandsentwicklung wird im Prototyp mit einem einfachen linearen Verfallsmodell modelliert.

10.3.5.4 Fahrstreifen

Die Zustandsobjekte haben nicht die realen Breiten der Fahrstreifen sondern sind auf eine Standardbreite normiert.

Die Massnahmenobjekte hingegen haben die tatsächlichen vorkommenden Breiten. Teilweise beziehen sie sich nur auf einen Fahrstreifen aber manchmal auch auf mehrere. Für die Auswertung (siehe Kapitel 10.5.3), ist es jedoch nötig, die Informationen über den Aufbau für jeden Fahrstreifen getrennt abrufen zu können. Durch einen Vergleich, der Massnahmenobjekte in Bezug auf ihre Breite und ihren Abstand zur Achse mit den an diesen Stellen liegenden Zustandsobjekten, kann bestimmt werden, auf welche Fahrstreifen sich ein Massnahmenobjekt bezieht.

10.3.6 Massnahmendauer

Die erfassten Start- und Endzeitpunkte für Massnahmen sind zum Teil unrealistisch kurz. Aus diesem Grund wurde eine Mindestlänge für Massnahmen von sechs Monaten festgelegt. Wenn Start- und Endzeitpunkt einer Massnahme weniger als sechs Monate auseinanderliegen, wird das Startdatum um so viele Tage nach vorne verlegt, dass ein Intervall von sechs Monaten entsteht. Falls nur der Start- oder Endzeitpunkt gegeben ist, dann wird die Dauer ebenfalls auf sechs Monate festgelegt.

Bei Strassen bezieht sich diese Mindestdauer auf die zusammengefassten gemeinsamen Massnahmen.

Hier wäre es natürlich möglich, je nach Art der Massnahme, unterschiedliche Mindestlängen festzulegen. Um die Historisierungsfunktionalitäten aufzuzeigen, ist jedoch eine exakte Massnahmendauer nicht notwendig. Zudem ist es in der Verantwortung der Autoren von Fachmodellen, entsprechende fachliche Konsistenzbedingungen zu formulieren. Deshalb wurde auf eine detailliertere Spezifikation der Massnahmenlängen verzichtet.

10.4 Layout/Design

Der Prototyp wurde als eine GIS-Webanwendung realisiert. Dem Benutzer präsentiert sich der Prototyp hauptsächlich als Swisstopo-Karte, die mit einem GIS-System verbunden ist.

Abb. 43 zeigt den Prototypen, wie er sich dem Benutzer nach dem Start präsentiert.

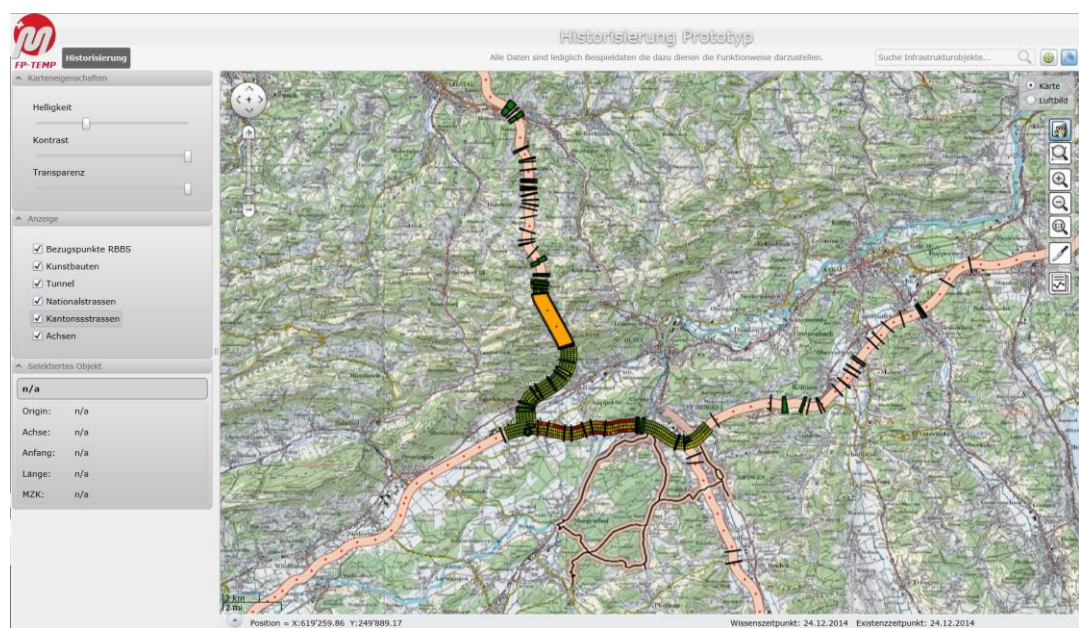


Abb. 43 Der Prototyp

10.4.1 Layer

Die Objekte sind auf insgesamt sechs Layer verteilt. So ist sichergestellt, dass der Benutzer wirklich nur die für ihn relevanten Informationen sehen muss und nicht durch eine Vielzahl für ihn gerade nicht wichtiger Daten abgelenkt wird.

Der Benutzer kann die gewünschten Layer im Seitenbereich auswählen.

Die sechs Layer sind:

Tab. 14: Die Layer des Prototypen	
Layername	Inhalt
Bezugspunkte RBBS	Die RBBS Bezugspunkte
Kunstbauten	Die Brücken, Unterführungen etc.
Tunnel	Der Belchentunnel, inklusive der zugehörigen BSA-Objekte
Nationalstrassen	Die Zustandsobjekte der Nationalstrassen
Kantonalstrassen	Die Zustandsobjekte der Kantonalstrassen
Achsen	Die Achsen für die National- und Kantonalstrassen

Im Folgenden wird näher erläutert, was die einzelnen Layer genau anzeigen.

10.4.1.1 Bezugspunkte und Achsen

Diese Objekte des räumlichen Bezugssystems werden einfach nur auf der Karte angezeigt. Sie können nicht ausgewählt werden und es sind keine zusätzlichen Informationen über sie verfügbar.

10.4.1.2 Kunstbauten

Die Kunstbauten werden als flächige GIS-Objekte auf der Karte an der korrekten Position angezeigt. Die Farbe der Fläche ergibt sich aus dem mittleren Zustand der Kunstbaute. Der mittlere Zustand der Kunstbaute errechnet sich aus den Zuständen der Bauwerksteile.

10.4.1.3 Tunnel

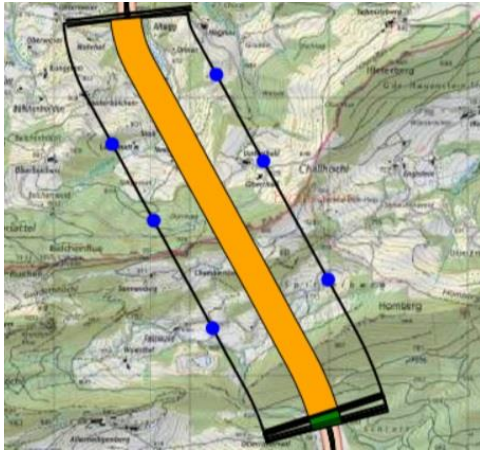


Abb. 44 Belchentunnel mit BSA-Objekten

ist meist recht grob (rechte Tunnelröhre, linke Tunnelröhre, Portal,...). Daher ist auch die Position der Punkte eher grob. Wenn es an einer Position mehrere BSA-Objekte des gleichen Typs gibt, werden sie in einem Punkt zusammengefasst. Die Punkte für BSA-Objekte unterschiedlichen Typs an der gleichen Position werden nebeneinander platziert.

In Abb. 44 kann der Tunnel (oranges Objekt) mit den BSA-Objekten (blaue Punkte) und eine Kunstbaute (grünes Objekt) erkannt werden.

Der Belchentunnel wird als flächiges GIS-Objekt auf der Karte an der korrekten Position angezeigt. Die Farbe der Fläche ergibt sich aus dem mittleren Zustand des Tunnels. Der mittlere Zustand des Tunnels errechnet sich aus den Zuständen der Bauwerksteile. Natürlich werden bei dieser Berechnung nur die Bauwerksteile berücksichtigt, die auch im Prototyp vorhanden sind.

Die BSA-Objekte sind mit Punkten auf dem Tunnel-Objekt markiert. Die Position der Punkte ergibt sich dabei aus der Position des BSA-Objektes, die sich wiederum über den AKS-CH-Code erkennen lässt. Diese

10.4.1.4 Strassen

Es werden die Zustandsobjekte der letzten Inspektion als Flächenobjekte an der korrekten Position angezeigt. Die Farbe der Fläche ist von dem gültigen Zustand abhängig. Die Bestimmung des Zustandes wird in den Kapiteln 10.3.2.1 und 10.3.5.3 erklärt. Welche Inspektion anzuzeigen ist, wird dabei durch den gewählten Existenz- und Wissenszeitpunkt bestimmt.

Wenn zu dem gewählten Existenzzeitpunkt eine Erhaltungsmassnahme auf einer Strasse durchgeführt wird, wird der entsprechende Strassenteil in dunkelrot eingefärbt.

Die Darstellung der Zustandsdaten ist einfach, da nur ein Zustandsmerkmal berücksichtigt wird. Wenn mehrere Zustandsmerkmale berücksichtigt werden sollen, ist es zu empfehlen, einen zusätzlichen Layer für jedes Zustandsmerkmal einzuführen. Eine Alternative wäre es, einen Gesamtzustandswert aus allen gegebenen Merkmalen zu berechnen und nur diesen zu präsentieren. Die Darstellung verschiedener Merkmale mit einem entsprechend komplizierten Farbcode in einem Layer ist technisch zwar möglich, aber aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht zu empfehlen.

10.4.2 Fusszeile

In der Fusszeile wird jeweils die Position des Mauszeigers auf der Karte in Landeskoordinaten angegeben. Weiter werden dort der aktuell gewählten Wissens- und der Existenzzeitpunkt angezeigt

10.5 Funktionalität

Nachdem der Benutzer die Software gestartet hat, sieht er eine Karte, die eine Übersicht sämtlicher vorhandener Infrastrukturobjekte bietet (siehe Abb. 43).

Diese Karte weist die üblichen Kartenfunktionalitäten auf. Der Benutzer kann rein- und rauszoomen oder auch die Karte verschieben.

In der Übersicht wird lediglich der Zustand der Objekte angezeigt. Eine zusätzliche Berücksichtigung von Bauart/Material/... hätte eine starke Verkomplizierung des benötigten Farbcodes bedeutet. Dadurch wären letztlich wieder die gegebenen Informationen nicht leicht zu erkennen.

Neben den GIS-Funktionalitäten bietet der Prototyp drei Funktionalitäten, welche die speziellen Historisierungsanforderungen erfüllen und es ermöglichen detaillierte Informationen zu den Objekten zu erhalten.

Diese drei Funktionalitäten sind:

- Wahl des Existenz- und Wissenszeitpunkt
- „Details des Aufbaus“ anzeigen lassen
- „Auswertung Infrastruktur“ erzeugen

In den folgenden Kapiteln werden diese Funktionalitäten genauer erklärt.

10.5.1 Wahl des Existenz- und Wissenszeitpunkt

Die Hauptfunktionalität des Prototyps ermöglicht es dem Benutzer, sich frei im bitemporalen Raum (siehe 6.3) zu bewegen. Er kann sowohl den Existenz- als auch den Wissenszeitpunkt frei festlegen und dadurch jeden Punkt im Bitemporalen Raum auswählen.

Alle Informationen auf der Karte und in Popup-Fenstern werden stets so angezeigt, wie sie zum gewählten Existenzzeitpunkt waren, dies unter der Bedingung, dass nur Informationen berücksichtigt werden, die bis zum gewählten Wissenszeitpunkt bekannt waren.



Die Funktionalität zur Wahl des Existenz- und Wissenszeitpunktes lässt sich aufrufen, indem die Maus über den Schriftzug „Historisierung“ bewegt und dann der Menüpunkt ausgewählt wird (siehe **Abb. 45**).

Abb. 45 Menü des Prototypen



Abb. 46 Wahl Existenz- und Wissenszeitpunkt

Über zwei Schieberegler lassen sich der Wissens- und der Existenzzeitpunkt vom Benutzer leicht auf den Kalendertag genau einstellen. Nachdem der Benutzer die Update-Schaltfläche in der linken oberen Ecke betätigt hat, wird die Anzeige auf der Karte sowie in allen allfällig geöffneten zusätzlichen Fenstern an die neuen Bedingungen angepasst.

Der Defaultwert für den Wissens- und Existenzzeitpunkt ist jeweils das aktuelle Datum.

Durch Anpassen der Existenz- und Wissenszeitpunkte, bieten sich dem Benutzer vielfältige Möglichkeiten, die Entwicklung des gesamten Netzes oder einzelner Objekte zu verfolgen.

10.5.2 Details des Aufbaus

Wenn der Benutzer nicht nur Informationen zu dem Vorhandensein von Infrastruktur und ihrem Zustand sehen möchte, sondern Details über den Aufbau benötigt, muss er ein Objekt bzw. eine Stelle auswählen, für die er diese Details angezeigt bekommen möchte. Eine Übersicht auf der Karte, die bspw. die Deckschicht für alle Strassen anzeigt, ist technisch möglich, wurde aber im Prototypen, nicht realisiert. Es besteht jedoch die Möglichkeit, mit Hilfe der Auswertung (siehe Kapitel 10.5.3) eine Übersicht über die Details eines längeren Strassenabschnittes zu erhalten.

Das Vorgehen, um die Details anzuzeigen, unterscheidet sich leicht je nach Art des Objektes. Dies wird im Folgenden erklärt.

10.5.2.1 Strassen

So wie die Aggregation der Rohdaten von unterschiedlichen Masskampagnen nicht immer zu Zustandsobjekten mit genau den gleichen Ausmassen führen, sind auch die verschiedenen Massnahmen über die Jahre nicht immer an genau der gleichen Stelle. Und erst recht entspricht die Lage eines Massnahmenobjektes nicht genau der Lage eines Zustandsobjektes.

Des Weiteren kann auch davon ausgegangen werden, dass den Benutzer der Aufbau einer Strasse über alle Fahrstreifen interessiert und nicht nur für einen.

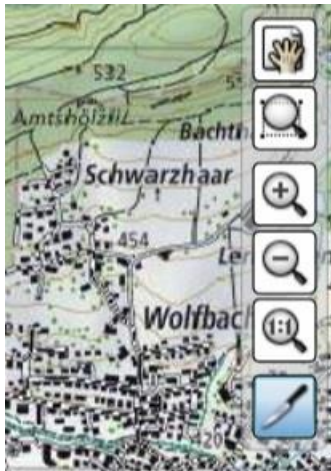


Abb. 47 Messerwerkzeug

Aus diesem Gründen kann der Benutzer nicht einfach ein Strassenobjekt auf der Übersichtskarte auswählen und dessen Aufbau anzeigen. Ihm wird stattdessen die Möglichkeit geboten, mit Hilfe eines GIS-Werkzeuges einen Querschnitt einer Strasse zu wählen. Die Informationen über den Aufbau der Strasse an diesem Querschnitt werden dann in einem zusätzlichen Fenster angezeigt.

Dafür wählt er auf der Karte das „Messer“-Symbol aus (siehe Abb. 47). Wenn er nun an eine beliebige Stelle klickt, die Maus gedrückt hält und zieht, wird auf der Karte eine Linie gezogen. (In Abb. 48 ist diese Linie in Rot quer über der Strasse zu erkennen). Wenn er die Maus wieder loslässt, öffnet sich das zusätzliche Fenster (siehe Abb. 49).

Wenn die vom Benutzer gezogene Linie mindestens eine Achse quert, zeigt dieses Fenster die Informationen über den Querschnitt der Strasse an der Stelle, wo die Linie die Achse quert.



Abb. 48 Querschnitt bilden

Theoretisch ist es möglich, die Linie soweit zu ziehen, dass sie die Achsen von mehr als einer Strasse kreuzt oder in Kurven die gleiche Achse mehr als ein Mal. In so einem Fall können die gelieferten Informationen verwirrend sein bzw. falsch wirken. Es sollte daher darauf geachtet werden, dass die Linie bei Kantonsstrassen immer nur eine Achse kreuzt und bei Nationalstrassen eine oder die zwei Achsen der Stammlinie. Eine Ausnahme sind Autobahnkreuze und ähnliche Stellen, an denen Strassen ineinander übergehen. Hier können auch mehr als zwei Achsen parallel liegen und die gelieferten Informationen sind auch dann noch korrekt, wenn mehr als eine/zwei Achsen gekreuzt werden.

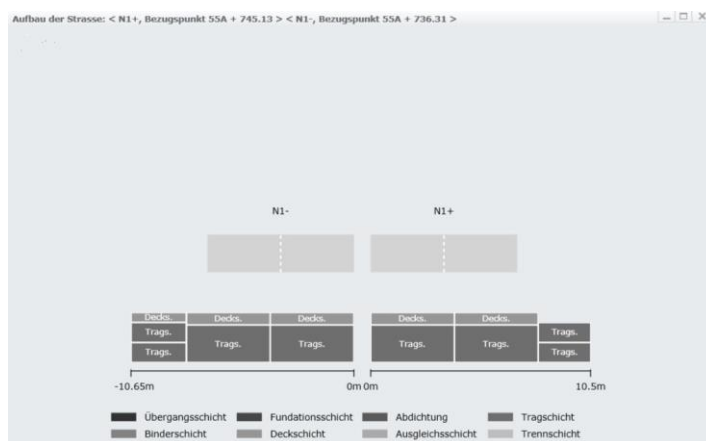


Abb. 49 Aufbau der Strasse

Das Fenster (siehe Abb. 49) enthält zwei Graphiken. Die erste Graphik ist eine Grundrisskizze an welcher ersichtlich ist, ob es sich um eine Strasse mit richtungsgetrennten Fahrbahnen handelt und wie viele Fahrstreifen es pro Richtung gibt. Die zweite Graphik besteht aus einem oder zwei (bei richtungsgetrennten Fahrbahnen) Teilen, die den Belagsaufbau der Strasse darstellen. Dabei ist jede Schicht durch einen Balken dargestellt, dessen Breite und Höhe grob der wirklichen Breite und Höhe dieser Schicht entspricht. Um sowohl Schichten mit einer sehr kleinen und einer sehr grossen Höhe darzustellen, werden sehr dünne Schichten etwas aufgebläht bzw. sehr dicke verschmälert dargestellt.

Die dargestellten Schichten ergeben sich, wie in Kapitel 10.3.5.1 erklärt, aus den Tätigkeiten der Massnahmen, die an der Stelle des gewählten Querschnitts unter Berücksichtigung des gewählten Existenz- und Wissenszeitpunktes durchgeführt wurden.

Der Querschnitt zeigt Informationen zur Fahrbahnbreite und zum Schichtenaufbau an. Falls zu dem gewählten Existenzzeitpunkt eine Erhaltungsmassnahme durchgeführt wird, die einen Teil der bestehenden Schichten entfernt und/oder neue Schichten einbaut,

werden diese vollständig angezeigt und farblich hervorgehoben. Ein „Mouseover-Text“ zeigt für jede Schicht, das Enddatum der Massnahme an, durch welche diese Schicht eingebaut wurde, den Abstand des oberen Randes dieser Schicht zum unteren Rand der untersten Schicht und die genaue Schichtbezeichnung aus der sich der Typ der Schicht und das Material ablesen lassen.

Die genaue Bezeichnung einer Schicht wird im „Mouseover-Text“ angegeben. Um aber gleichzeitig eine schnelle visuelle Identifikation zu ermöglichen, sind die Schichten auch gemäss ihres Typs eingefärbt. Dabei werden die folgenden acht Schichttypen farblich unterschieden: Deckschicht, Binderschicht, Tragschicht, Abdichtung, Foundationsschicht, Übergangsschicht, Ausgleichsschicht und Trennschicht. Zusätzlich ist in jeder Schicht eine Abkürzung des Haupttyps auch als Text angegeben.

10.5.2.2 Kunstbauten

Im Gegensatz zu den Strassen können die Kunstbautenobjekte auf der Karte ohne Umwege ausgewählt werden. Damit eine Kunstbaute ausgewählt werden kann, muss auf der Karte das „Verschiebe“-Symbol ausgewählt sein. Wenn der Benutzer dies ausgewählt hat und auf eine Kunstbaute klickt, öffnet sich ein weiteres Fenster (siehe Abb. 50). In diesem wird eine Liste aller Bauwerksteile der Kunstbaute angezeigt. Die Liste beinhaltet jeweils Name, Nummer, Typ, Zustand, Ausmass und durchgeführte Erhaltungsmassnahme des Bauwerksteils. Die „Erhaltungsmassnahme“ ist fast immer „keine Massnahme“. Wenn jedoch der gewählte Existenzzeitpunkt genau dem der Ausführung einer Massnahme entspricht, wird der Typ dieser Massnahme ausgegeben.

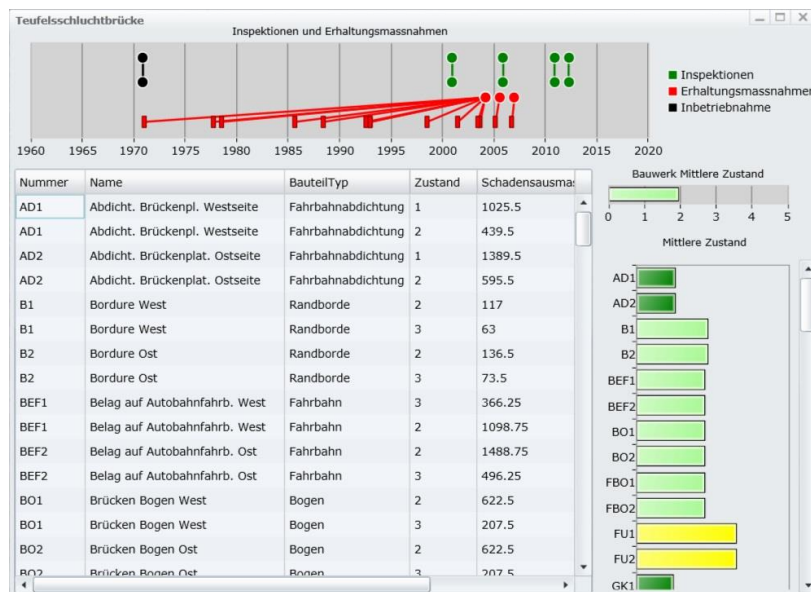


Abb. 50 Aufbau einer Kunstbaute

Teilweise sind Bauwerksteile in mehrere Segmente mit einem jeweils unterschiedlichen Zustand erfasst. In so einem Fall sind für dieses Bauwerksteil so viele Zeilen wie Segmente erfasst. Das Ausmass bezieht sich in einem solchen Fall folgerichtig auf das Segment. Alle Angaben sind auch hier abhängig vom gewählten Wissens- und Existenzzeitpunkt.

Wenn zu dem gewählten Existenzzeitpunkt gerade eine Massnahme auf einem Bauwerksteil(segment) durchgeführt wird, so hat dieses den Zustand „-1“ (=unbekannt) und es ist farblich hervorgehoben.

Zusätzlich enthält das Fenster eine Zeitleiste. In dieser Zeitleiste sind die Wissens- und Existenzzeitpunkte bzw. Existenzzeiträume der Inbetriebnahme, Inspektionen und Massnahmen aufgeführt. Die zum gleichen Ereignis/Status gehörenden Wissens- und

Existenzdaten sind miteinander verbunden. Das jeweils „obere“ Datum ist das Wissensdatum, das „untere“ das der Existenz. Es werden nur die Inspektionen und Massnahmen vermerkt, die zu dem gewählten Wissenszeitpunkt bekannt sind. Wenn die Maus über die entsprechenden Symbole geführt wird, zeigt ein „Mouseover“-Text die genauen Daten an.

10.5.2.3 Tunnel

Tunnelobjekte sind, genau wie Kunstbautenobjekte, auf der Karte leicht zu identifizieren. Die Handhabung für einen Tunnel entspricht der Handhabung für eine Kunstbaute.

10.5.2.4 BSA

Wie Kunstbauten- und Tunnelobjekte können auch die BSA-Objekte ohne Umwege auf der Karte ausgewählt werden. Ein Doppelklick auf ein BSA-Objekt öffnet eine Liste, die die Details aller BSA-Objekte beinhaltet, die zur gleichen Anlage gehören.

10.5.3 Auswertung Infrastruktur

Der Prototyp verfügt über eine Auswertemöglichkeit. Dafür kann der Benutzer einen Strassenabschnitt auswählen. In einem zusätzlichen Fenster werden dann detaillierte Informationen über diesen Strassenabschnitt aufbereitet (siehe Abb. 51). Das Fenster liefert eine symbolische Visualisierung des gewählten Strassenabschnittes. Aus diesem wird ersichtlich, wie viele Fahrstreifen es an welcher Stelle gibt und wo allfällige Kunstbauten/Tunnel sind. Für jeden Fahrstreifen ist der Zustand sowie Typ und Alter der Deckschicht über den Verlauf des gewählten Strassenabschnittes angegeben.

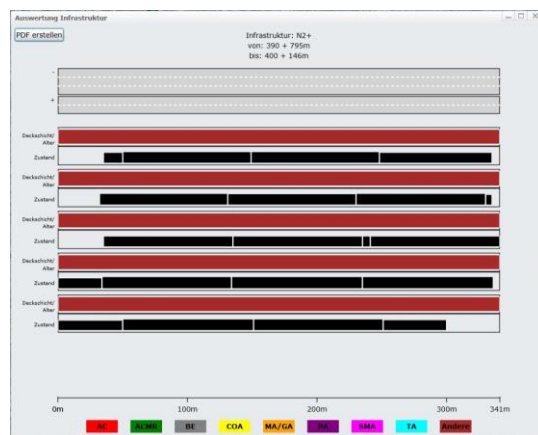


Abb. 51 Auswertung Infrastruktur

Die in der Auswertung präsentierten Daten sind bei den anderen Funktionalitäten abhängig von dem gewählten Existenz- und Wissenszeitpunkten. Das System verwendet immer das aktuelle Datum zur Selektion bezüglich Existenz- und Wissensachse und stellt die bezüglich dem aktuellen Datum jüngste Information dar. Dabei kann es, je nach Wahl des Strassenabschnittes, vorkommen, dass sich die Zustandsinformationen auf unterschiedlichen Teilen des Strassenabschnittes auf unterschiedliche Messkampagnen beziehen.

In „Mouseover“-Texten werden weiter Informationen (z.B. die Namen der Kunstbauten) angegeben.

Die in dem Fenster dargestellten Informationen können als PDF exportiert und so von dem Benutzer leicht gespeichert, gedruckt oder verbreitet werden.

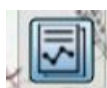


Abb. 52 Auswertungs-Symbol

Zu Ausführung der Auswertung muss der Benutzer auf der Karte das Auswertungs-Symbol (siehe Abb. 52) auswählen.

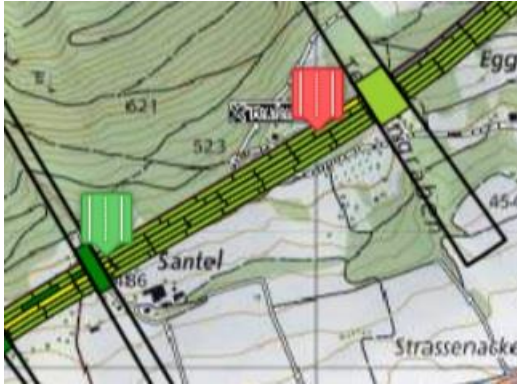


Abb. 53 Marker für die Auswertungsgrenzen

Wenn dieses Symbol ausgewählt ist, erscheinen auf der Karte zwei Marker, einer in Grün und einer in Rot (siehe Abb. 53). Mit Hilfe dieser Marker kann der Benutzer den Strassenabschnitt festlegen, über den die Auswertung erstellt werden soll. Der grüne Marker markiert dabei die Stelle, die in der Auswertung auf der linken Seite angezeigt wird. Die Marker können mit Hilfe der Maus verschoben werden. Das Auswertungsfenster mit den Informationen öffnet sich nach einem Klick auf einen der beiden Marker, unabhängig davon, ob dabei der Marker an eine neue Position verschoben wurde oder nicht.

Die Marker müssen nicht auf die Zustandsobjekte gesetzt werden sondern auf die Achse. In Bereichen in denen sich mehrere Achsen kreuzen, kann es etwas schwierig sein, die korrekte Achse zu treffen. Es bietet sich an, in einem solchen Fall die Strassenlayer auszublenden. Falls ein Marker an eine Stelle gesetzt wird, an der sich keine Achse befindet, wird er grau.

Die Benennung des Typs der Deckschicht ist nicht einheitlich über alle Daten. Die Auswertung sollten jedoch einheitlich gestaltet werden. Gleichzeitig wird der Typ über einen Farbcode dargestellt, weshalb die Anzahl der unterschiedlichen Deckschichten nicht zu gross werden darf. Aus diesen Gründen wurden die in den Daten vorgefundenen Deckschichttypen für diese Auswertung auf neun Standard-Typen abgebildet.

Tab. 15: Deckschichttypen

Abkürzung	Name
AC	Asphaltbeton
ACMR	Bauasphalt
BE	Beton
COA	Oberflächenbehandlung
MA/GA	Gussasphalt
PA	Offenporiger Asphalt
SMA	Splitt-Mastix-Asphalt
TA	Teer-Asphalt
Andere	

10.6 Anwendungsbeispiel

Im Anhang III werden mehrere Anwendungsbeispiele für den Prototypen detailliert beschrieben.

10.7 Mögliche Vereinfachungen

In Kapitel 8.1 wurden verschiedene konzeptuelle Vereinfachungsmöglichkeiten aufgezeigt. Einige dieser Vereinfachungen wurden in den Prototypen aufgenommen und auf ihre Auswirkungen bereits eingegangen.

Der Übersicht halber wird hier noch einmal kurz auf alle vorgestellten Vereinfachungsmöglichkeiten und auf ihre Auswirkung auf die Realisierung eingegangen.

10.7.1 Kein Wissenszeitpunkt

Dies ist stärkste vorgestellte Vereinfachung (siehe 8.1.1). Der völlige Verzicht auf eine Berücksichtigung des Wissenszeitpunktes würde die Entwicklung der Software signifikant vereinfachen. Allerdings zieht diese Vereinfachung auch die stärksten funktionalen Einschränkungen nach sich. Da der Prototyp gezeigt hat, dass eine Realisierung mit Wissenszeitpunkt möglich ist, ist diese Vereinfachung nicht zu empfehlen.

10.7.2 Kein fachlicher Wissenszeitpunkt

Dies entspricht der Umsetzung im Prototypen, da nur der Speicherzeitpunkt als Datum gegeben war. Wie bereits in 10.1.1 beschrieben, würde eine zusätzliche Realisierung des fachlichen Wissenszeitpunktes neben dem Speicherzeitpunkt zunächst konzeptuelle Klarheit erfordern wie genau diese dritte zeitliche Ebene dargestellt werden soll. Der Aufwand in der Umsetzung würde ebenfalls deutlich erhöht. Des Weiteren müsste der fachliche Wissenszeitpunkt auch für alle Objekte erfasst werden.

10.7.3 Kein Wissenszeitpunkt für Löschen/Beenden

Im Prototyp wurde das explizite Löschen oder Beenden eines Objektes nicht berücksichtigt, da die verwendeten Daten keine entsprechenden Informationen beinhaltet haben. Dies entspricht der Vereinfachungen die in 8.1.3 und 8.1.4 beschrieben wurden.

Wenn jedoch die Wissenszeitpunkte für die Löschung oder das Beenden eines Objektes erfasst sind, wäre eine Umsetzung dieser zusätzlichen Funktionalität problemlos und ohne grösseren Aufwand möglich.

10.7.4 Weniger verwendete Zeitformen

Weder die Einschränkung auf nur eine Ereignis-Zeitform (siehe 8.1.5) noch der Verzicht auf Statusversionen (siehe 8.1.6) würden den Aufwand merkbar reduzieren. Im Gegenteil könnte die Realisierung eines Status als Zeitraum-Ereignis zu einem erhöhten Aufwand führen.

10.7.5 Keine Planungsgeschichte

Wie in 10.2 beschrieben unterscheidet der Prototyp auf Datenebene nicht zwischen dem effektiven und dem geplanten Zeitraum. Die Darstellung der Entwicklung einer Planung mit unterschiedlichen Wissenszeitpunkten für jede Version der Planung ist somit im Prototyp möglich. Ein Verzicht auf die Planungsgeschichte hätte also nur dann einen verringerten Aufwand zu Folge, wenn komplett auf den Wissenszeitpunkt verzichtet würde (siehe 10.7.1). Ein Verzicht lediglich auf die Planungsgeschichte würde hingegen zu einem erhöhten Aufwand führen, weil dann effektiver und geplanter Zeitraum unterschiedliche behandelt würden.

Der Prototyp kann jedoch nicht verschiedene zur gleichen Zeit vorhandene und miteinander konkurrierende Planungen darstellen. Eine Umsetzung dieser Funktionalität würde weitere konzeptuelle Fragen in der Darstellung aufwerfen und den Aufwand erheblich erhöhen.

10.7.6 Keine Korrekturversionen

Da es in den verwendeten Daten keine Korrekturversionen gab, sind diese auch im Prototyp nicht implementiert. Damit entspricht die Realisierung der in 8.1.8 beschriebenen Vereinfachung.

Wenn jedoch Korrekturversionen mit einem Wissenszeitpunkt erfasst werden sollten, so ist ihre Integrierung ohne nennenswerten Zusatzaufwand möglich.

10.8 Schlussfolgerungen

Der Prototyp macht einen ersten Eindruck davon, welche Möglichkeiten in der Darstellung von historisierten Daten eine gute Software bieten kann.

Schon nur mit der Funktionalität des Prototypen können ohne grossen Aufwand für den Nutzer in kurzer Zeit:

- Ein Überblick über die Entwicklung eines Netz über einen grossen Zeitraum gewonnen werden.
- Der bekannte Zustand und Aufbau eines Objektes zu einem beliebigen Zeitraum rekonstruiert werden
- Auswertungen mit einem Datenstand zu einem bestimmten Zeitpunkt abgerufen werden
- Die Entwicklung einer Planung nachvollzogen werden

Wenn zusätzliche Daten verwendet werden, können auch noch viele andere Erweiterungen umgesetzt werden (wie z.B. die der Unfallzahlen oder Verkehrsbelastung).

Eine Realisierung, wie sie in dem vorliegenden Prototypen vorgenommen wurde, bietet den zusätzlichen Vorteil, dass sie einen gemeinsamen Überblick über Daten liefert, die z.Zt. in vielen verschiedenen Datenbanken gespeichert sind und nur mit einigem Aufwand miteinander verbunden werden können. Dies führt aber auch zu einem erhöhten Aufwand in der Entwicklung.

Die Qualität der von der Software gemachten Aussagen steht und fällt aber mit der Qualität der vorhandenen Daten. In der Entwicklung des und Arbeit mit dem Prototypen sind einige Anforderungen erkannt worden, die an die Daten gestellt werden müssen, damit die Arbeit mit einer solchen Software nicht zu Frustration führt und die Ergebnisse möglichst vielsagend sind.

- Korrekte Erfassung von Baujahren, Durchführungszeiträumen, Zuständen etc.
- Konsequente Führung eines fachlichen Wissenszeitpunktes
- Möglichst weit zurückreichende Datengrundlage
- Möglichst regelmässige Durchführung der Inspektionen
- Möglichst zeitnahe Datenerfassung
- Konsequente Inspektionsdaten nach durchgeführten Erhaltungsmassnahmen erfassen

Diese Liste ist nicht als abschliessend zu betrachten.

Es hat sich gezeigt, dass die Daten, wie sie momentan vorliegen, häufig diese Ansprüche noch nicht erfüllen. Der erste Schritt in einem möglichen Entwicklungsprojekt muss also sein, genau festzulegen, in welchem Umfang eine Historisierung gewünscht wird und dann sicherzustellen, dass die Datengrundlage die entsprechenden Anforderungen erfüllt. Daten aus der Vergangenheit, die nicht oder ungenügend erfasst wurden, werden in der Regel nicht mehr den Anforderungen entsprechend rekonstruiert werden können. Es sollte dann aber dafür gesorgt werden, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt die Daten so erfasst werden, dass eine Historisierung in Zukunft möglich ist.

11 Empfehlungen

11.1 Anwendung der konzeptuellen Grundlagen

Die Forschungsarbeit liefert keine temporalen Fachmodelle. Im Forschungsbericht wird aufgezeigt, dass ein Objekt der realen Welt bezüglich der temporalen Aspekte je nach Anforderungen unterschiedlich modelliert werden kann. Deshalb kann es gar keine abschliessende temporale Kategorisierung aller Objekte der realen Welt geben.

In dieser Forschungsarbeit werden systematisch die Begriffe für die Zeitaspekte und Historisierung erarbeitet und damit definiert. Diese Definitionen sind umfassend und sollen bei der Konzeption eines SIS verwendet werden. Der Bericht liefert zudem eine Vielzahl von Regeln und Hilfsmitteln, welche den Modellierungsprozess von Fachmodellen gut unterstützen.

Die Ergebnisse aus dieser Forschungsarbeit zeigen insbesondere auch auf, welche temporalen Vereinfachungen möglich sind und was diese Vereinfachungen bei der Konzeption eines SIS bewirken. Damit kann

- die temporale Ausbaustufe eines SIS den entsprechenden Anforderungen angepasst werden,
- und bewusst ein Entscheid betreffend der Nutzung von Existenz und Wissenszeiträumen getroffen werden.

Aufgrund der umfassenden Zusammenstellung der Zeitaspekte und Historisierung lassen sich die Regeln im Austausch von Informationen zwischen SIS mit unterschiedlichen temporalen Ausbaustufen direkt ableiten.

11.2 Konzeptbausteine und Notation zur Anwendung in Fachmodellen

Der Forschungsbericht schlägt eine einfache UML-Erweiterung für die Beschreibung von temporalen Klassen und Beziehungen vor. Wir empfehlen, diese Erweiterungen bewusst einzusetzen. So können für die Realisierung eines SIS bezüglich der Verwaltung und Auswertung von temporalen Aspekten klare Vorgaben gemacht werden.

Um eine vollständige Historisierung sicher zu stellen, wird die Modellierung von Objektklassen mit zugehörigen Objektversionsklassen vorgeschlagen. Diese Modellierung kann vereinfacht werden, wenn ausser eines permanenten und unveränderbaren Identifikationsschlüssels keine weiteren Attribute unveränderbar sind. Dann kann auf die Modellierung der Objektklasse verzichtet werden. Die Modellierung erfolgt in diesem Fall nur mit Objektversionsklassen mit einem Attribut "Objekt-ID". Diese "Objekt-ID" bleibt für alle Versionen eines Objekts identisch.

Innerhalb eines SIS sollte die Zeitgranularität aller Zeitattribute identisch sein. Dies vereinfacht die Nutzung dieser Zeitattribut, insbesondere in der Auswertung.

Einfache Konsistenzbedingungen sollen mit OCL beschrieben werden. OCL ist für Maschine und Mensch eine einfach lesbare Sprache.

Sobald die Abhängigkeiten zwischen zwei Zeitachsen (Wissen, Existenz) oder zwischen mehreren temporal abhängigen Klassen (temporale Beziehung) beschrieben werden sollen, kann die sprachliche (semantische und strukturierte) Beschreibung von Konsistenzbedingungen schnell komplex werden. Die in Kapitel 6.3 eingeführte grafische Darstellung des bitemporalen Raums ist ein sehr gutes Hilfsmittel, um die Beschreibung dieser Konsistenzbedingungen stark zu vereinfachen.

Die grafische Darstellung des bitemporalen Raums ist auch sehr hilfreich, um die Selektionskriterien in Bezug zu den temporalen Aspekten eindeutig und einfach zu beschreiben.

11.3 Empfehlungen für die Normierung / Normentwurf

Wir empfehlen, die Inhalte aus den folgenden Kapiteln in einer Norm festzuhalten:

- aus Kapitel 6:
Definitionen der Zeitaspekte, Notation bitemporaler Raum
- aus Kapitel 7:
7.1 Übersicht Geschichte, 7.3 Nutzung
- aus Kapitel 8:
8.1 Vereinfachungen und ihre Auswirkungen
- aus Kapitel 9:
Klassenpatterns für Ereignis und Status

11.4 Empfehlungen für die Datenerfassung

Während der Entwicklung des Prototypen hat sich gezeigt, dass das Hauptproblem bei der Erstellung einer Software zur Historisierung nicht bei den zugrundeliegenden Konzepten sondern den verfügbaren Daten liegt. Daraus ergeben sich direkt Empfehlungen für den Alltag der Datenerfassung in der Praxis:

- Baujahre, Durchführungszeiträume, Zustände etc. müssen korrekt erfasst werden.
- Soweit ein fachlicher Wissenszeitpunkt gewünscht wird, muss dieser konsequent geführt werden.
- Die digitale Erfassung der Daten sollte möglichst zeitnah zur Aufnahme erfolgen.
- Inspektionen sollten möglichst regelmässig durchgeführt werden.
- Nach Beendigung einer Erhaltungsmassnahme sollte konsequent eine Inspektion durchgeführt werden, da ansonsten keine zuverlässigen Aussagen über den Zustand gemacht werden können.

Diese Empfehlungen müssen angegangen werden, bevor der produktive Einsatz einer Historisierungssoftware möglich ist.

Des Weiteren ist festzuhalten, dass es wünschenswert ist, wenn die verfügbaren Daten auch zu Inspektionen möglichst weit zurückreichen.

11.5 Empfehlungen zur Software

Aus den während der Entwicklung des Prototypen gewonnenen Erfahrung ergeben sich auch Empfehlungen die bei der Entwicklung einer Software die für den produktiven Einsatz geeignet ist berücksichtigt werden sollten:

- Eine Karte ist gut geeignet um als Hauptelement einer Historisierungs-Software verwendet zu werden. Auf dieser sollten jedoch nur grundlegende Informationen angezeigt werden, da eine zu hohe Informationsdichte die Übersichtlichkeit extrem beeinträchtigt. Detaillierte Information sollten über Abfragen/Auswertungen gewonnen werden können.
- Wenn in der Software sowohl der fachliche Wissenszeitpunkt als auch der des System berücksichtigt werden soll, muss hierzu ein detailliertes Konzept erarbeitet werden, dessen Umsetzung eine intuitive Bedienung durch den Benutzer ermöglicht.
- Gleichzeitig gültige Planungsvarianten bedeuten einen sehr hohen Aufwand und verringern die Übersichtlichkeit. Sie sollten nur in Erwägung gezogen werden, wenn sie absolut notwendig sind.

- Die übrigen in Kapitel 8.1 vorgestellten Vereinfachungen würden den Realisierungsaufwand nur minimal verringern und sind aufgrund der mit ihnen einhergehenden Informationsverluste nicht zu empfehlen.

Anhänge

I	Darstellung der grundlegenden Anwendungsfälle im bitemporalen Raum.....	135
I.1	Darstellen von Zeitpunkt-Ereignissen	135
I.1.1	Einfügen eines effektiven Zeitpunkt-Ereignisses	136
I.1.2	Einfügen einer geplanten Zeitpunkt-Ereignisversion einer späteren Planung	137
I.1.3	Einfügen einer geplanten Zeitpunkt-Ereignisversion, mit nachträglichem Speichern..... einer früheren Planung.....	138
I.1.4	Ersetzen einer effektiven Zeitpunkt-Ereignisversion durch Löschen und Einfügen,..... mit oder ohne nachträglichem Speichern von früherem Wissen	139
I.1.5	Ersetzen einer geplanten Zeitpunkt-Ereignisversion durch Löschen und Einfügen, ohne nachträglichem Speichern einer früheren Planung.....	140
I.1.6	Ersetzen mehrerer geplanter Zeitpunkt-Ereignisversionen mit neuer Version	141
I.2	Darstellen von Zeitintervall-Ereignissen.....	142
I.2.1	Einfügen eines effektiven Zeitintervall-Ereignisses.....	142
I.2.2	Einfügen von geplanten Zeitintervall-Ereignisversionen	144
I.2.3	Ersetzen einer effektiven Zeitintervall-Ereignisversion durch Löschen und Einfügen, mit oder ohne nachträglichem Speichern von früherem Wissen	145
I.2.4	Ersetzen einer geplanten Zeitintervall-Ereignisversion durch Löschen und Einfügen, ohne nachträglichem Speichern einer früheren Planung	146
I.2.5	Ersetzen mehrerer geplanter Zeitintervall-Ereignisversionen durch Löschen und Einfügen, mit nachträglichem Speichern einer früheren Planung.....	147
I.3	Darstellen von Status	148
I.3.1	Einfügen einer neuen effektiven Statusversion am Ende der Versionenkette (d.h. ohne nachträglichem Speichern von früherem Wissen)	148
I.3.2	Einfügen einer neuen geplanten Statusversion am Ende der Versionenkette (d.h. ohne nachträglichem Speichern von früheren Planungen).....	150
I.3.3	Einfügen einer neuen effektiven Statusversion in die Versionenkette (d.h. nachträgliches Speichern von früherem oder vergessenem Wissen)	151
I.3.4	Einfügen einer neuen geplanten Statusversion in die Versionenkette (d.h. nachträgliches Speichern einer früheren Planung).....	153
I.3.5	Korrigieren (Ersetzen) einer geplanten Statusversion (mit neuer Version)	153
I.3.6	Ersetzen von effektiven Statusversionen durch Löschen und Einfügen, (d.h. nachträgliches Speichern von früherem Wissen)	154
I.3.7	Ersetzen mehrerer geplanter Statusversionen durch Löschen und Einfügen (d.h. nachträgliches Speichern einer früheren Planung)	154
I.3.8	Löschen einer (effektiven oder geplanten) kompletten Versionenkette.....	155
I.3.9	Einfügen einer neuen Planungen als weitere Versionenkette	155
II	Darstellung der temporalen Abhängigkeiten in Beziehungen	157
II.1	Temporale Beziehung: Master ist Zeitpunkt-Ereignis	157
II.1.1	PP: Master ist Zeitpunkt-Ereignis, Detail ist Zeitpunkt-Ereignis.....	157
II.1.2	PI: Master ist Zeitpunkt-Ereignis, Detail ist Intervall-Ereignis	158
II.1.3	PS: Master ist Zeitpunkt-Ereignis, Detail ist Status.....	160
II.2	Temporale Beziehung: Master ist Intervall-Ereignis	162
II.2.1	IP: Master ist Intervall-Ereignis, Detail ist Zeitpunkt-Ereignis	162
II.2.2	II: Master ist Intervall-Ereignis, Detail ist Intervall-Ereignis	163
II.2.3	IS: Master ist Intervall-Ereignis, Detail ist Status	165
II.3	Temporale Beziehung: Master ist Status (Zeitdauer)	167
II.3.1	SP: Master ist Status, Detail ist Zeitpunkt-Ereignis.....	167
II.3.2	SI: Master ist Status, Detail ist Intervall-Ereignis	169
II.3.3	SS: Master ist Status, Detail ist Status	171

III	Prototyp	173
III.1	Entwicklung des Netzes	173
III.2	Veränderungen der Daten in der Datenbank	175
III.3	Details des Aufbaus einer Kunstbaute	177
III.4	Details des Aufbaus eines Strassenquerschnittes	180
III.5	Auswertung Infrastruktur	182

I Darstellung der grundlegenden Anwendungsfälle im bitemporalen Raum

I.1 Darstellen von Zeitpunkt-Ereignissen

Zeitpunkt-Ereignisse werden im SIS als **Zeitpunkte** einer gegebenen Granularität modelliert. Sie werden im bitemporalen Raum durch Punkte abgebildet.

Nachfolgend werden alle Zeitpunkte als zwei Punkte abgebildet. Diese erlaubt es, sowohl den Wissenszeitpunkt des Prozesses als auch den Speicherzeitpunkt im System abzubilden. Die beiden Punkte liegen im bitemporalen Raum immer senkrecht übereinander, da die Beginnültigkeit (Existenz) ja für die Version gilt, also für beide Wissenszeitpunkte identisch ist.

In vielen Fällen sind die Sequenz der Wissenszeitpunkte und die Sequenz der Speicherzeitpunkte gleich. Ist zudem die zeitliche Differenz zwischen den beiden Zeitpunkten vernachlässigbar, kann auf eine Unterscheidung verzichtet werden. Im Folgenden werden aber trotzdem immer beide Zeitpunkte dargestellt, damit abgeschätzt werden kann, welcher Verlust beim Verzicht auf einen der beiden Zeitpunkte entsteht. Damit können in der Umsetzung bewusste Entscheide getroffen werden.

In den Abbildungen mit den Beispielen gilt folgende Legende:

Ix	Eingefügte Version x
Dx	Gelöschte Version x
	Darstellung der Version im Schnittpunkt Existenzzeitpunkt / Wissenszeitpunkt System
	Darstellung der Version im Schnittpunkt Existenzzeitpunkt / Wissenszeitpunkt Prozess
	Gelöschte Version im Schnittpunkt Existenzzeitpunkt / Wissenszeitpunkt System
	Gelöschte Version im Schnittpunkt Existenzzeitpunkt / Wissenszeitpunkt Prozess
	Löschzeitpunkt im Schnittpunkt Existenzzeitpunkt / Wissenszeitpunkt Löschung System
	Löschzeitpunkt im Schnittpunkt Existenzzeitpunkt / Wissenszeitpunkt Löschung Prozess
	Gültigkeitszeitraum bezüglich der Existenz (Von, Bis)
	Gelöschter Gültigkeitszeitraum bezüglich der Existenz (Von, Bis)
	Durch eine aktuellere Version überdeckter Zeitraum

Abb.1 Legende für den bitemporalen Raum

I.1.1 Einfügen eines effektiven Zeitpunkt-Ereignisses

Das Einfügen eines effektiven Ereignisses erfolgt im effektiven Zeitraum. Die Beginn Gültigkeit ist also früher als der Wissenszeitpunkt Prozess und der Speicherzeitpunkt.

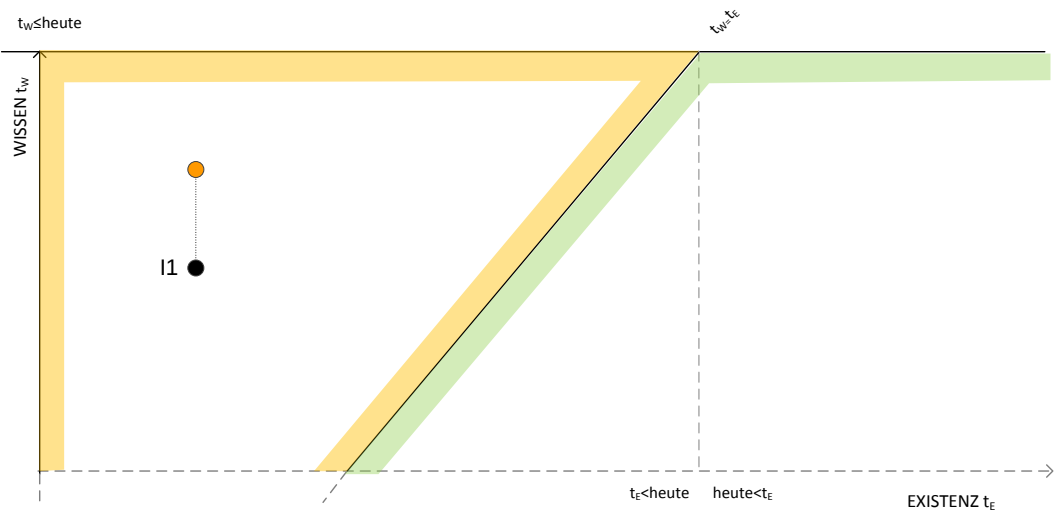


Abb.2 Einfügen Zeitpunkt-Ereignis

Vorbedingungen:

- Objekt existiert noch nicht im SIS

Nachbedingungen:

- Objektversion und Objekt sind im SIS vorhanden

Ablauf:

7. Einfügen (I) der Objektversion im SIS
8. Objekt wird im SIS angelegt
9. Konsistenzprüfung wird durchgeführt

Das Anlegen von mehreren Objektversionen eines Ereignisses im effektiven Zeitraum ist nicht möglich. Im effektiven Zeitraum handelt es sich immer um einen Blick zurück, das heisst, es werden bekannte Fakten dokumentiert. Ereignisse, welche zeitlich punktuell stattfinden, können somit nicht mehrfach vorkommen.

I.1.2 Einfügen einer geplanten Zeitpunkt-Ereignisversion einer späteren Planung

Mit dem Einfügen einer geplanten Ereignisversion einer späteren Planung wird ein neuer Planungsstand dokumentiert (zum Beispiel aktualisierter Projektmeilenstein aufgrund einer neuen Planung). Die bisherige Planung bleibt aber im SIS erhalten, damit die Entwicklung der Planung ausgewertet werden kann.

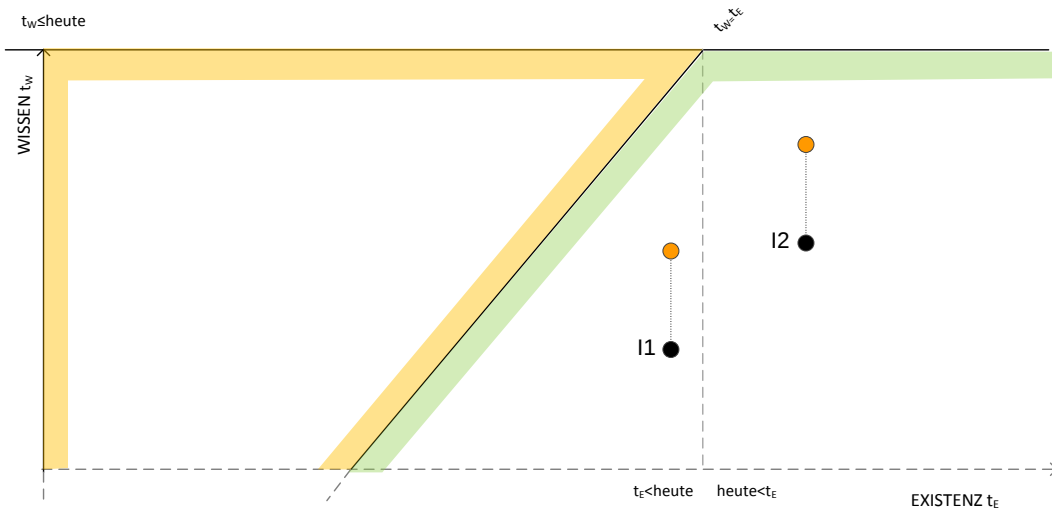


Abb.3 Einfügen einer geplanten Zeitpunkt-Version

Vorbedingungen:

- Mindestens eine Objektversion existiert im SIS
- Objekt existiert im SIS

Nachbedingungen:

- Neue Objektversion ist im SIS angelegt
- Bisherige Objektversionen bleiben unverändert

Ablauf:

10. Einfügen (I) der Objektversion im SIS
11. Konsistenzprüfung wird durchgeführt

Das Anlegen einer ersten Version eines effektiven Ereignisses unterscheidet sich nicht vom Vorgehen des Anlegens einer ersten Version eines geplanten Ereignisses. Es unterscheiden sich lediglich die Konsistenzbedingungen zwischen Wissenszeitpunkt und fachlicher Gültigkeit.

I.1.3 Einfügen einer geplanten Zeitpunkt-Ereignisversion, mit nachträglichem Speichern einer früheren Planung

Mit dem Einfügen einer geplanten Ereignisversion einer früheren Planung wird ein bereits in neuerer Version vorhandener Planungsstand mit seiner Vorgängerversion ergänzt. Dies kann dann erforderlich sein, wenn nachträglich doch noch die gesamte Planungsgeschichte dokumentiert werden soll, damit die Entwicklung nachvollzogen werden kann.

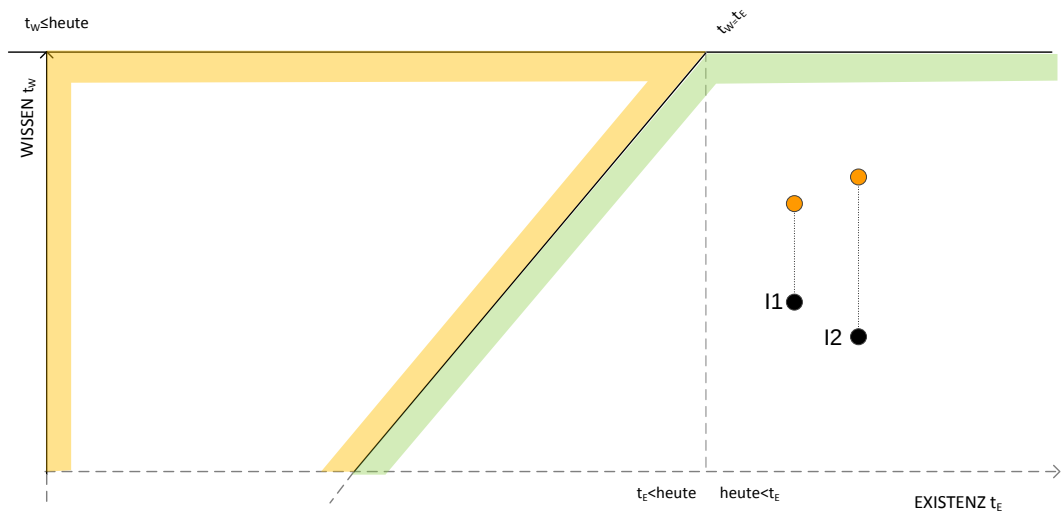


Abb.4 Einfügen einer geplanten Zeitpunkt-Version, nachträgliches Speichern

Vorbedingungen:

- Mindestens eine Objektversion existiert im SIS
- Objekt existiert im SIS

Nachbedingungen:

- Neue Objektversion ist im SIS angelegt
- Bisherige Objektversionen bleiben unverändert

Ablauf:

1. Einfügen (I) der Objektversion im SIS
2. Konsistenzprüfung wird durchgeführt

Das nachträgliche Einfügen eines früheren Wissens erkennt man daran, dass der Speicherzeitpunkt in der Versionssequenz aufsteigend und der Wissenszeitpunkt Prozess absteigend ist (die relative Lage bezüglich der Existenzachse ist nicht relevant).

Der Wissenszeitpunkt Prozess für die Löschung der Version 1 und Existenz der Version 2 ist in der Regel identisch. Er entspricht dem Zeitpunkt des Erkennens des Fehlers.

Im Beispiel in der Abbildung wurde eine Korrektur der fachlichen Gültigkeit vorgenommen. Das muss nicht zwingend so sein, sondern wurde hier einfach deshalb gewählt, damit die Grafik einfacher lesbar ist.

I.1.5 Ersetzen einer geplanten Zeitpunkt-Ereignisversion durch Löschen und Einfügen, ohne nachträglichem Speichern einer früheren Planung

Dieser Vorgang entspricht "technisch" dem vorangegangenen Beispiel. Der einzige Unterschied ist, dass sich der Vorgang im geplanten Zeitraum abspielt. Aus fachlicher Sicht muss dieser Vorgang aber nicht unbedingt einer Fehlerkorrektur entsprechen, sondern kann auch dem Ersatz einer früheren Planung entsprechen. Mit dem Vorgehen "Löschen" und "Einfügen" wird die frühere Planung in diesem nicht mehr ausgewertet (im Gegensatz zum Beispiel 6.4.1.2).

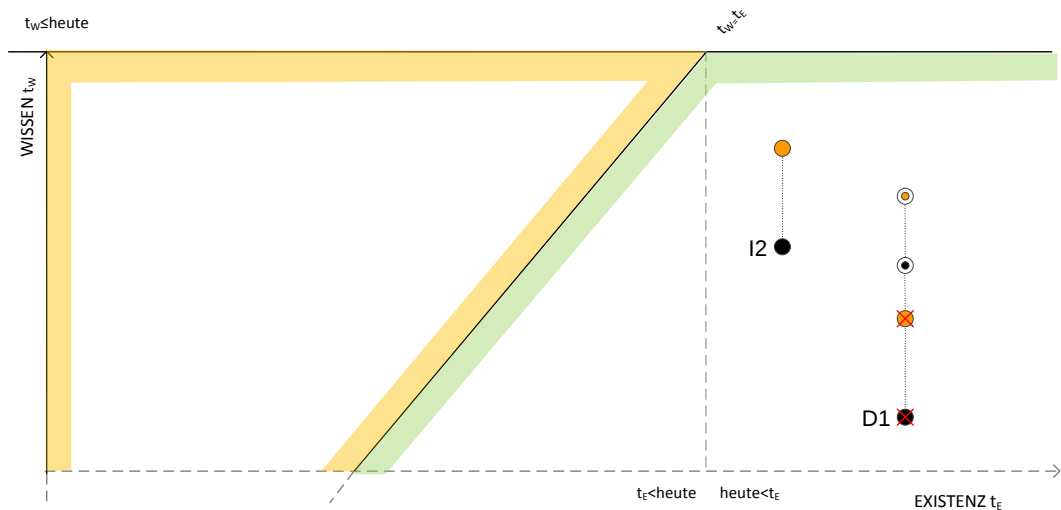


Abb.6 Ersetzen einer geplanten Zeitpunkt-Version

Vorbedingungen:

- Eine gültige Objektversion existiert im SIS
- Objekt existiert im SIS

Nachbedingungen:

- Neue Objektversion ist im SIS angelegt
- Bisherige Objektversion ist als gelöscht markiert

Ablauf:

1. Löschen (D) der bisherigen Objektversion
2. Wissenszeitpunkte der Löschung werden bei dieser Version gesetzt
3. Einfügen (I) der neuen Objektversion im SIS
4. Konsistenzprüfung wird durchgeführt

Der Wissenszeitpunkt Prozess für die Löschung der Version 1 und Existenz der Version 2 ist in der Regel identisch. Er entspricht dem Zeitpunkt des Erkennens des Fehlers.

I.1.6 Ersetzen mehrerer geplanter Zeitpunkt-Ereignisversionen mit neuer Version durch Löschen und Einfügen, mit nachträglichem Speichern von früheren Planungen

In diesem Vorgang werden mehrere geplante Versionen gelöscht. Dies kann als Einzeltransaktion je Version betrachtet werden. Die Transaktionen können aber gleichzeitig stattfinden (gleiche Wissenszeitpunkte). In diesem Beispiel wird zudem nachträglich zu einem späteren Zeitpunkt eine Version I3 eingefügt, welche eigentlich gültig ist. Die Speicherung findet im effektiven Zeitraum statt (Speicherdatum > Existenz), die fachliche Gültigkeit ist aber dennoch im geplanten Zeitraum (Wissenszeitpunkt Prozess < Existenz).

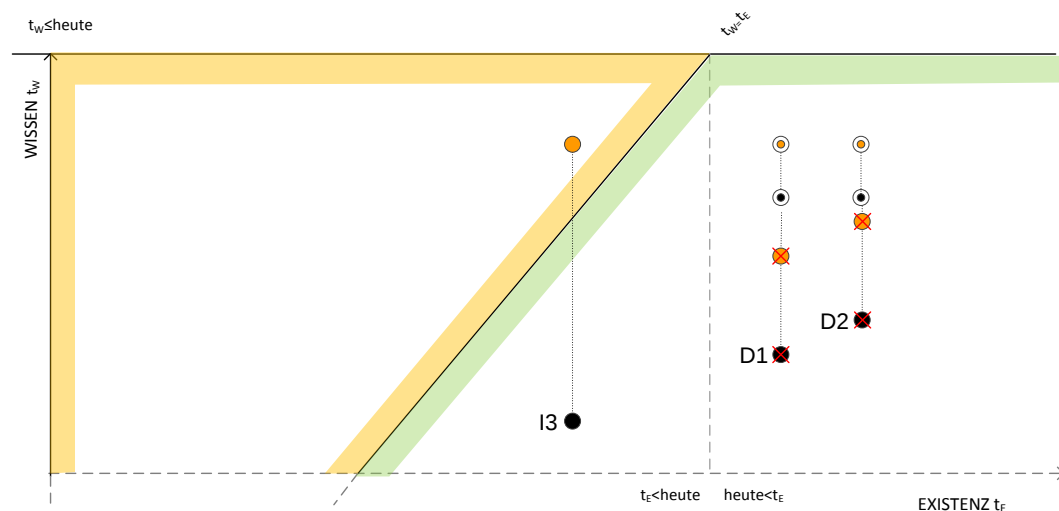


Abb.7 Ersetzen mehrerer geplanter Zeitpunkt-Versionen

Vorbedingungen:

- Eine oder mehrere gültige Objektversion existieren im SIS
- Objekt existiert im SIS

Nachbedingungen:

- Neue Objektversion ist im SIS angelegt
- Bisherige Objektversionen sind als gelöscht markiert

Ablauf:

1. Auswahl von 1 bis n zu löschenden Objektversionen
2. Löschen (D) der ausgewählten Objektversionen
3. Wissenszeitpunkte der Löschung werden bei diesen Versionen gesetzt (alle Versionen mit gleichen Wissenszeitpunkten)
4. Einfügen (I) der neuen Objektversion im SIS
5. Konsistenzprüfung wird durchgeführt

Alternativablauf:

1. Einfügen (I) der Objektversion im SIS mit Angabe von Beginn­gültigkeit und ohne Angabe von Endegültigkeit
2. Objekt wird im SIS angelegt
3. Konsistenzprüfung wird durchgeführt

Das Anlegen von mehreren gültigen Objektversionen einer Aktivität im effektiven Zeitraum ist nicht möglich. Im effektiven Zeitraum handelt es sich immer um einen Blick zurück, das heisst es werden bekannte Fakten dokumentiert.

Der oben beschriebene Alternativablauf kann wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt werden.

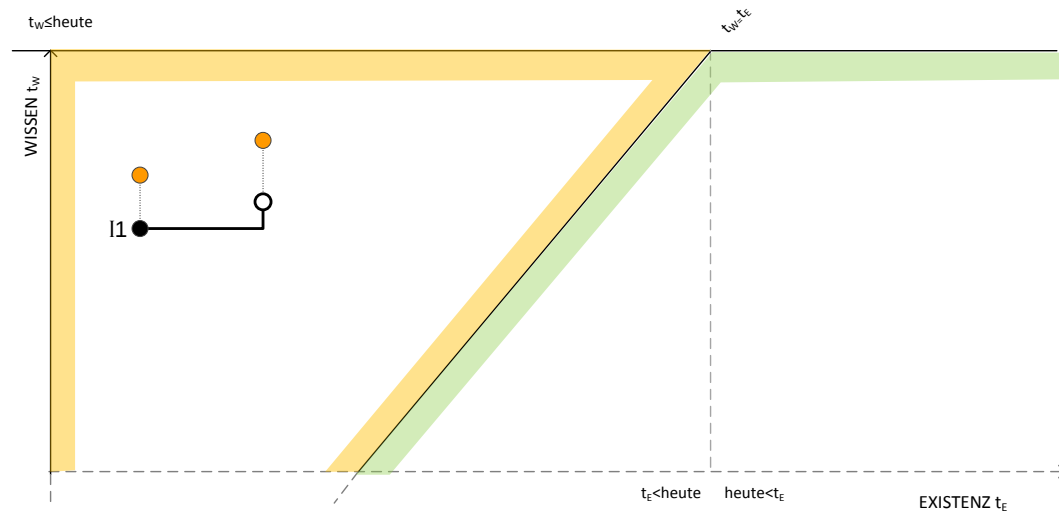


Abb.9 Alternativablauf, Einfügen effektives Zeitintervall-Ereignis

Für das Beenden einer Objektversion, welche gemäss Alternativablauf ohne Endegültigkeit erstellt wurde, gilt der folgende Ablauf.

Vorbedingungen:

- Objekt existiert im SIS, Endegültigkeit ist noch nicht definiert

Nachbedingungen:

- Objekt ist vollständig mit Beginn­gültigkeit und Endegültigkeit definiert

Ablauf:

1. Objektversion ohne Endegültigkeit selektieren
2. Endegültigkeit und Wissenszeitpunkte Endegültigkeit definieren

In den nachfolgenden Beispielen wird zum einfacheren Verständnis davon ausgegangen, dass bei Zeitintervall-Ereignissen Beginn­gültigkeit und Endegültigkeit die gleichen Wissenszeitpunkte besitzen.

I.2.2 Einfügen von geplanten Zeitintervall-Ereignisversionen

Im geplanten Zeitraum ist es durchaus möglich und sinnvoll, mehrere Planungsversionen der gleichen Aktivität zu kennen. Das können zum Beispiel Baustellen sein, die für einen bestimmten Zeitraum geplant sind. Die Planung kann jedoch überarbeitet werden.

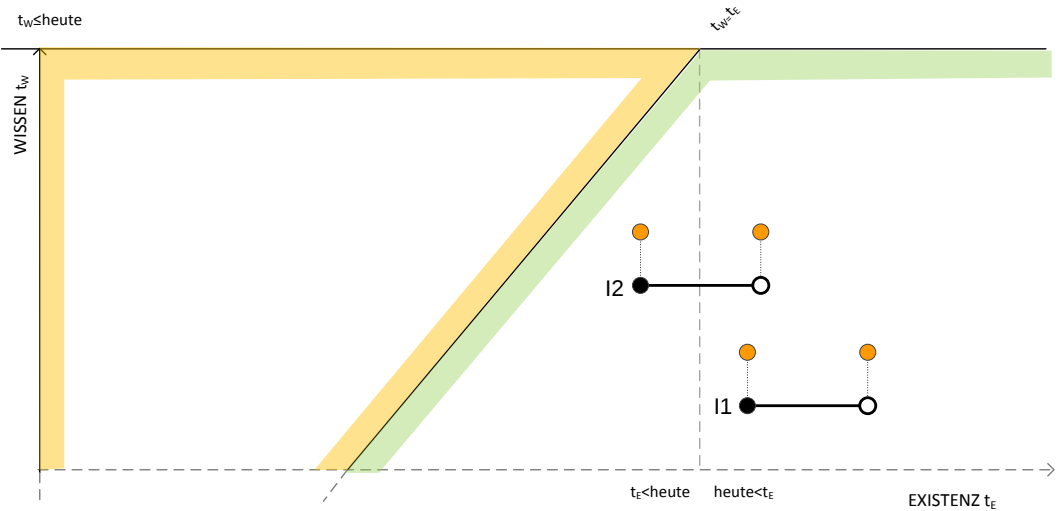


Abb.10 Einfügen geplante Zeitintervall-Ereignisse

Die erste Version eines geplanten Zeitintervall-Ereignisses wird gemäss folgendem Ablauf definiert.

Vorbedingungen:

- Objekt existiert noch nicht im SIS

Nachbedingungen:

- Objektversion und Objekt sind im SIS vorhanden

Standardablauf:

1. Einfügen (I) der Objektversion im SIS mit Angabe von Beginn gültigkeit und Endegültigkeit
2. Objekt wird im SIS angelegt
3. Konsistenzprüfung wird durchgeführt

Bei weiteren Versionen muss der Bezug zur Vorgängerversion hergestellt sein, daher ändern sich hier die Vorbedingungen.

Vorbedingungen:

- Objekt existiert im SIS

Nachbedingungen:

- Neue Objektversion ist im SIS vorhanden

I.2.4 Ersetzen einer geplanten Zeitintervall-Ereignisversion durch Löschen und Einfügen, ohne nachträglichem Speichern einer früheren Planung

Das Vorgehen im geplanten Zeitraum für das Ersetzen einer Ereignisversion unterscheidet sich nicht vom Vorgehen im effektiven Zeitraum

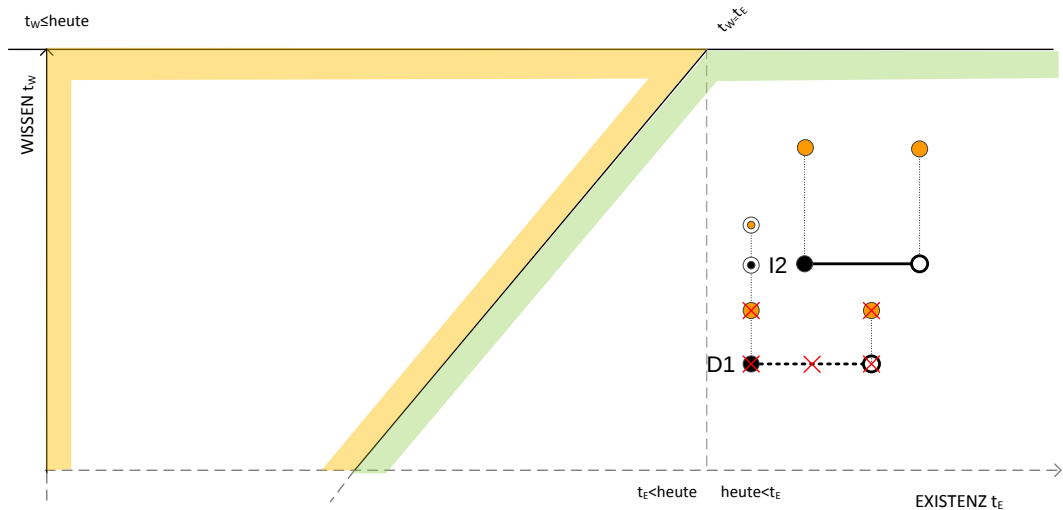


Abb.12 Ersetzen geplantes Zeitintervall-Ereignis

Vorbedingungen:

- Objekt existiert im SIS

Nachbedingungen:

- Neue Objektversion ist im SIS vorhanden

Standardablauf:

1. Auswahl der Vorgängerversion
2. Übernahme der Objektidentifikation der Vorgängerversion
3. Löschen (D) der Vorgängerversion
4. Einfügen (I) der neuen Objektversion im SIS mit Angabe von Beginn- und Endgültigkeit
5. Objektversion wird im SIS angelegt
6. Konsistenzprüfung wird durchgeführt

I.2.5 Ersetzen mehrerer geplanter Zeitintervall-Ereignisversionen durch Löschen und Einfügen, mit nachträglichem Speichern einer früheren Planung

Dieser Fall ist mit dem vorhergehenden Fall sehr ähnlich. Da im geplanten Zeitraum durchaus mehrere geplante Versionen existieren können, sind einfach bei Bedarf auch mehrere geplante Versionen zu löschen. Welche Versionen zu löschen sind, muss explizit definiert werden. Eine implizite Herleitung (zum Beispiel über den Zeitraum der neuen Version) ist zwar in gewissen Fällen denkbar, jedoch nicht allgemein gültig.

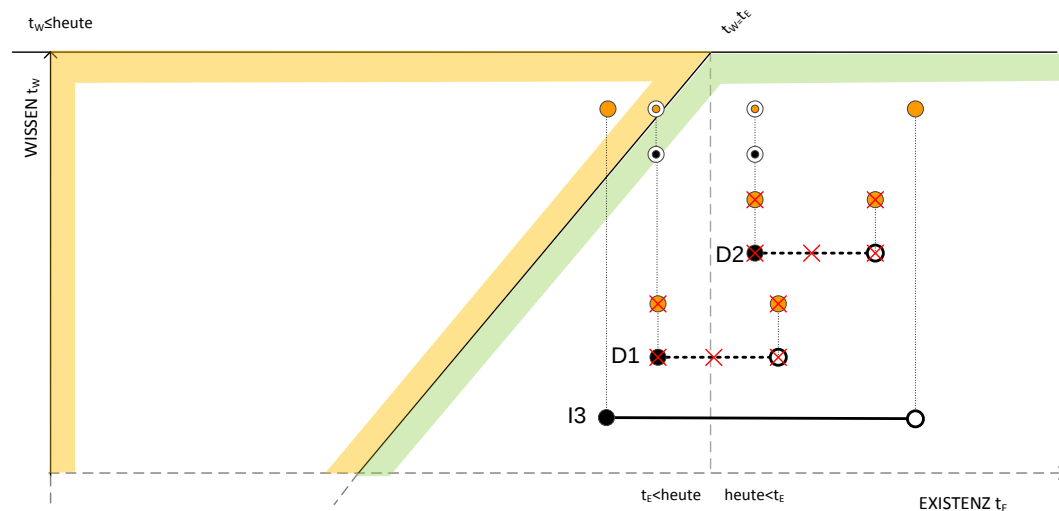


Abb.13 Ersetzen mehrerer geplanter Zeitintervall-Ereignisse

Vorbedingungen:

- Objekt mit mehreren Versionen existiert im SIS

Nachbedingungen:

- Neue Objektversion ist im SIS vorhanden
- Nicht mehr gültige Objektversionen sind gelöscht

Standardablauf:

1. Auswahl von 1 bis n Objektversionen eines Objekts
2. Übernahme der Objektidentifikation
3. Löschen (D) der Vorgängerversionen
4. Einfügen (I) der neuen Objektversion im SIS mit Angabe von Beginn- und Endgültigkeit
5. Objektversion wird im SIS angelegt
6. Konsistenzprüfung wird durchgeführt

Für das erste Beispiel "Einfügen einer neuen effektiven Statusversion am Ende der Versionskette" gelten folgende Bedingungen:

Vorbedingungen:

- Es existiert mindestens eine Statusversion
- Die letzte Statusversion ist noch nicht beendet

Nachbedingungen:

- Die Beginn Gültigkeit der neuen Statusversion ist grösser als die Beginn Gültigkeit aller anderen Statusversionen

Bei einer Statuskette ist in der Regel die letzte Version mit offener Endgültigkeit definiert. Wird die ganze Kette zeitlich beendet, so muss nur die letzte Statusversion beendet werden.

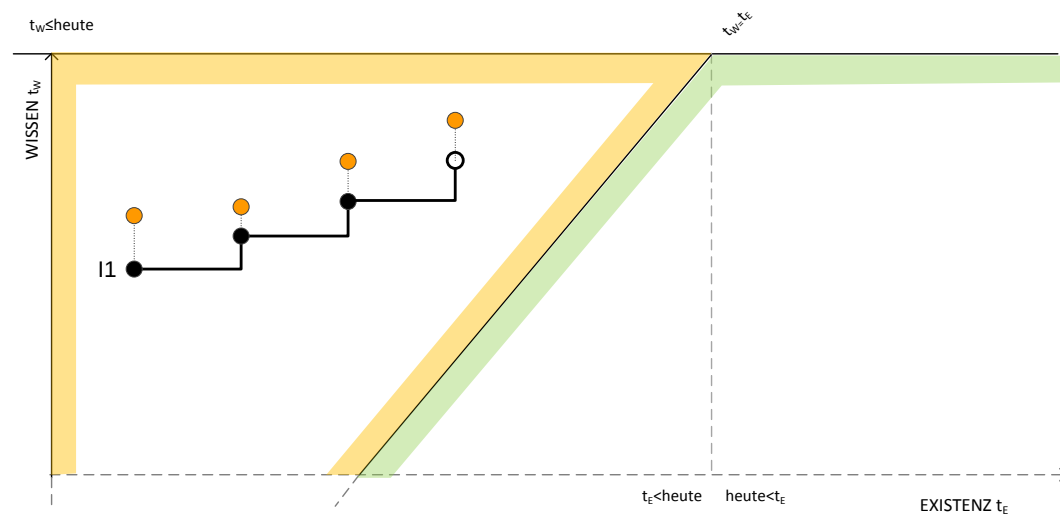


Abb.15 Beenden einer Versionskette

Vorbedingungen:

- Letzte Statusversion einer Versionskette ist noch nicht beendet

Nachbedingungen:

- Endgültigkeit der letzten Statusversion ist grösser als alle Beginn Gültigkeiten aller Statusversionen

I.3.2 Einfügen einer neuen geplanten Statusversion am Ende der Versionskette (d.h. ohne nachträglichem Speichern von früheren Planungen)

In diesem Beispiel wurde eine Versionskette mit zwei Statusversionen zu einem Wissenszeitpunkt geplant. Zu einem späteren Wissenszeitpunkt wird eine dritte Statusversion eingefügt, diese hat eine Beginnngültigkeit die kleiner ist als die Endegültigkeit der davor liegenden zweiten Statusversion. Damit wird nun neu die zweite Statusversion nicht mehr durch die eigenen lokalen Informationen beendet, sondern neu zu einem früheren Zeitpunkt durch die Nachfolgeversion. Die Information über das ursprüngliche Ende bleibt aber erhalten.

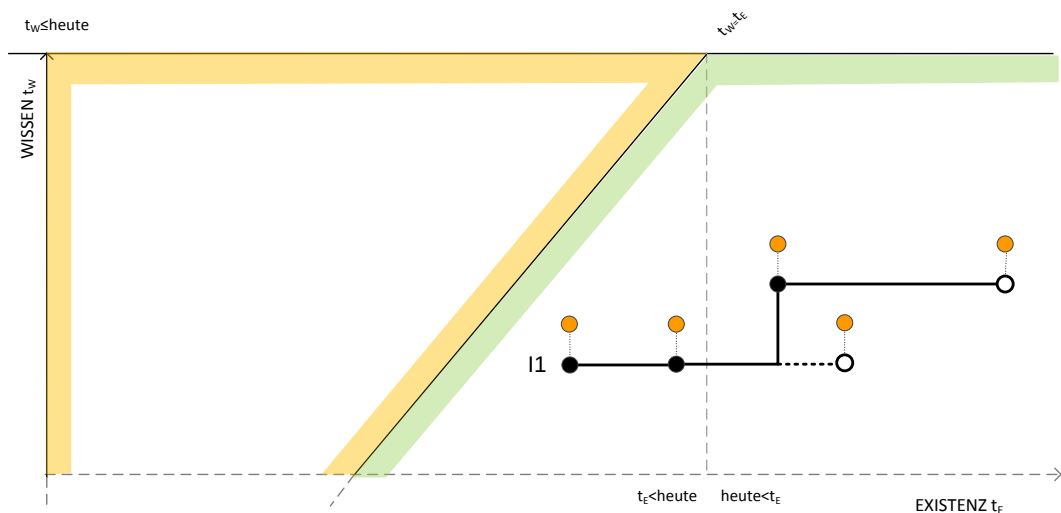


Abb.16 Einfügen einer Statusversion am Ende einer beendeten Versionskette

Soll diese Form der Versionierung erlaubt werden, muss sichergestellt werden, dass durch das Einfügen einer neuen Statusversion keine Existenzlücke entsteht. Dies kann durch spezifische Nachbedingungen sichergestellt werden.

Vorbedingungen:

- Keine spezifischen Vorbedingungen

Nachbedingungen:

- Beginnngültigkeit der neuen Statusversion ist kleiner als die Endegültigkeit der Statusversionskette

I.3.3 Einfügen einer neuen effektiven Statusversion in die Versionenkette (d.h. nachträgliches Speichern von früherem oder vergessenem Wissen)

Dieses Beispiel zeigt die Auswirkungen auf, wenn nachträglich noch eine "vergessene" Statusversion in die Versionenkette eingefügt wird. Die Versionenkette wird dadurch in ihrem Verlauf verändert.

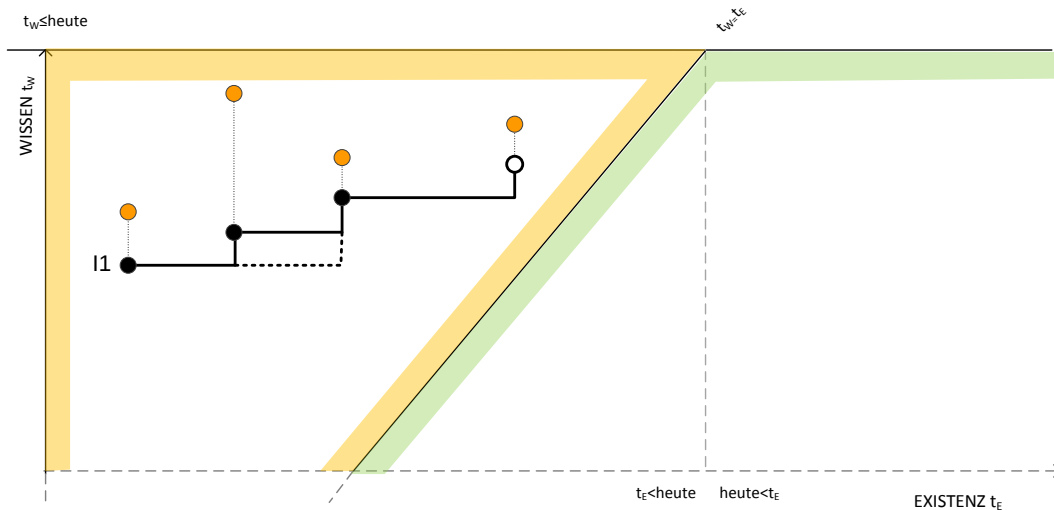


Abb.17 Nachträgliches Speichern einer früheren Statusversion

Die Reihenfolge wird alleine durch die fachliche Gültigkeit festgelegt und nicht durch den Zeitpunkt des Einfügens. Damit kann auch späteres Wissen einer früheren Objektversion dokumentiert werden. Dies ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

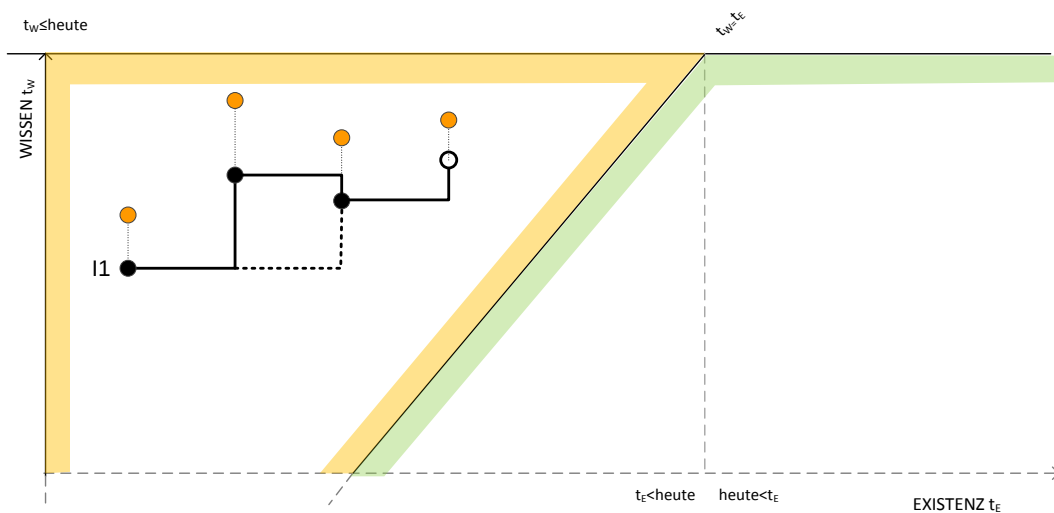


Abb.54 Nachträgliches Speichern einer früheren Statusversion, späteres Wissen

Beide Beispiele zeigen, dass wenn nicht zu starke Einschränkungen vorliegen, auch nachträgliche Veränderungen von früherem Wissen dokumentiert werden können. Durch die Gültigkeit bezüglich der Existenz können immer eindeutige Statusversionen gefunden werden, solange nicht mehr als eine Statusversion die gleiche Beginnsgültigkeit besitzt.

Vorbedingungen:

- Keine spezifischen Vorbedingungen

Nachbedingungen:

- Beginnngültigkeit aller gültigen Status-Versionen ist eindeutig

Diese Nachbedingung gilt für alle Statusversionen einer Versionskette.

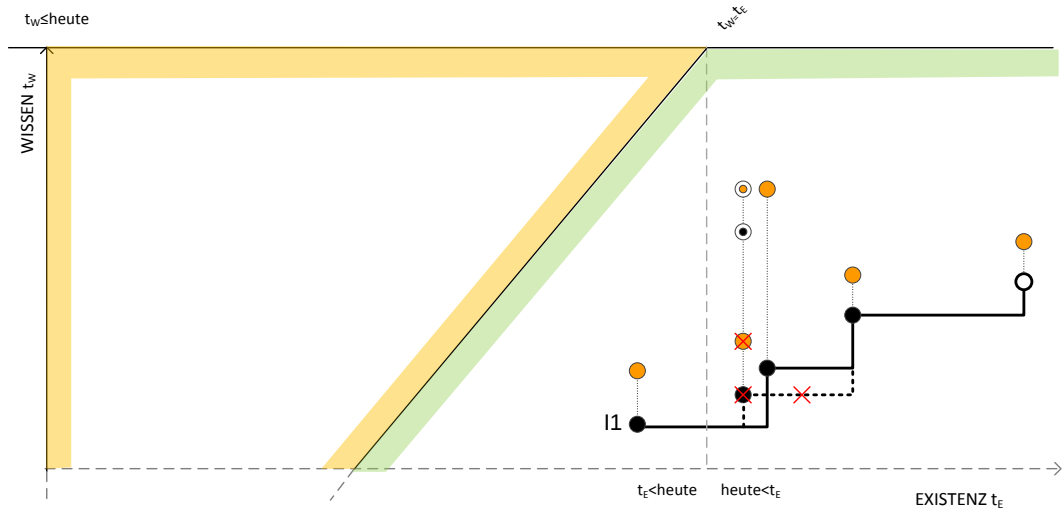


Abb.55 Korrektur einer geplanten Statusversion

Es gelten deshalb hier die gleichen Vor- und Nachbedingungen wie bei den effektiven Statusketten.

I.3.6 Ersetzen von effektiven Statusversionen durch Löschen und Einfügen, (d.h. nachträgliches Speichern von früherem Wissen)

In diesem Beispiel werden gleich zwei Statusversionen gelöscht, wobei auch die letzte bereits beendete Statusversion der ganzen Kette betroffen ist. Durch das Einfügen der neuen, letzten Version wird damit auch die gesamte Objektgültigkeit beeinflusst.

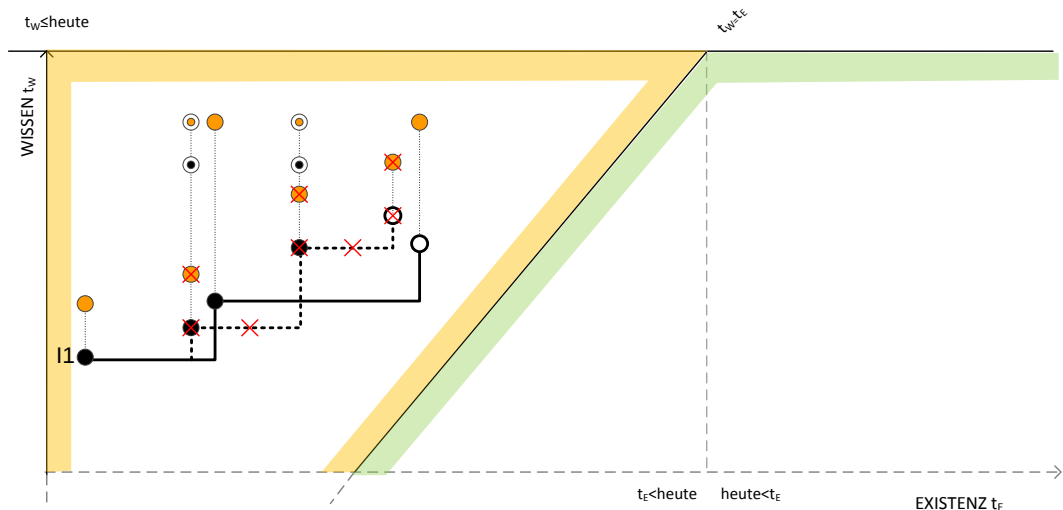


Abb.19 Ersetzen von effektiven Statusversionen

Auch in diesem Fall sind keine zusätzlichen Vor- und Nachbedingungen nötig.

I.3.7 Ersetzen mehrerer geplanter Statusversionen durch Löschen und Einfügen (d.h. nachträgliches Speichern einer früheren Planung)

Analog I.3.6.

I.3.8 Löschen einer (effektiven oder geplanten) kompletten Versionenkette

Das Löschen einer ganzen Versionenkette wird durch das Löschen jeder einzelnen Statusversion erreicht.

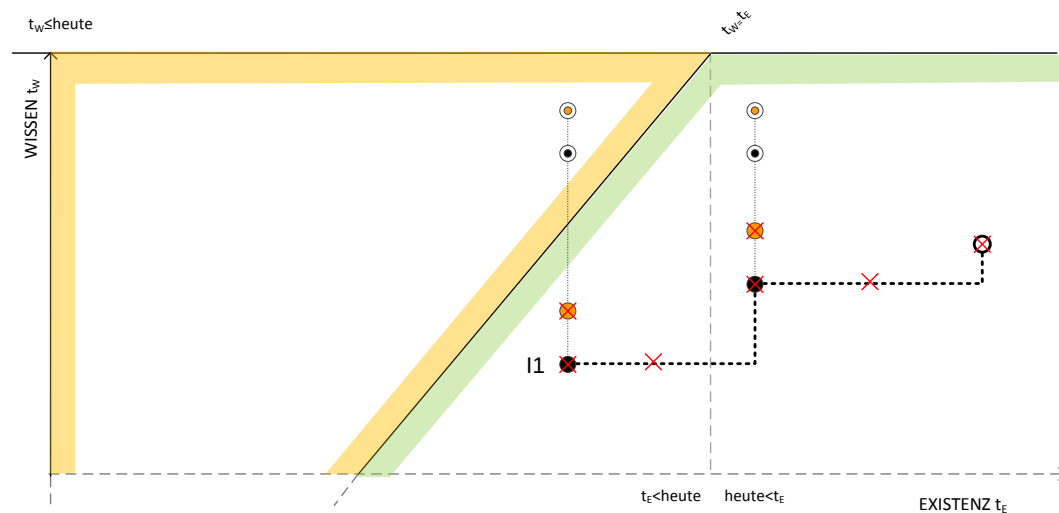


Abb.20 Löschen einer Versionskette

Der Ablauf entspricht an der Wiederholung der Löschung einer einzelnen Statusversion und erfordert keine zusätzlichen Vor- oder Nachbedingungen.

I.3.9 Einfügen einer neuen Planungen als weitere Versionenkette

Im geplanten Zeitraum können mehrere Versionenketten nebeneinander existieren. Diese können sich auch zeitlich (sowohl bezüglich Wissensachse als auch Existenzachse) überlagern.

Werden zu einem Objekt vom Typ Status mehrere Planungen benötigt, stellt sich die Frage, wie sichergestellt werden kann, dass die zusammengehörenden Objektversionen einer Planung identifiziert werden können. Normalerweise löst eine neue Planung eine bereits erstellte Planung ab. Daraus folgt, dass der Wissensstand einer neuen Planung aktueller ist, als der letzte Stand der alten Planung. Auf der Wissensachse sollten sich also mehrere Planungen voneinander unterscheiden lassen. Es gibt jedoch verschiedene Situationen, wo diese Unterscheidung nicht mehr eindeutig ist. Wird zum Beispiel eine neue Objektversion mit Wissensstand $>$ letzter Wissensstand und Beginnültigkeit $>$ letzte Beginnültigkeit eingefügt, so ist nicht in jedem Fall eindeutig, ob dies nun eine neue Objektversion zu einer bestehenden Planung darstellt oder mit dieser Objektversion eine neue Planung angefangen wird.

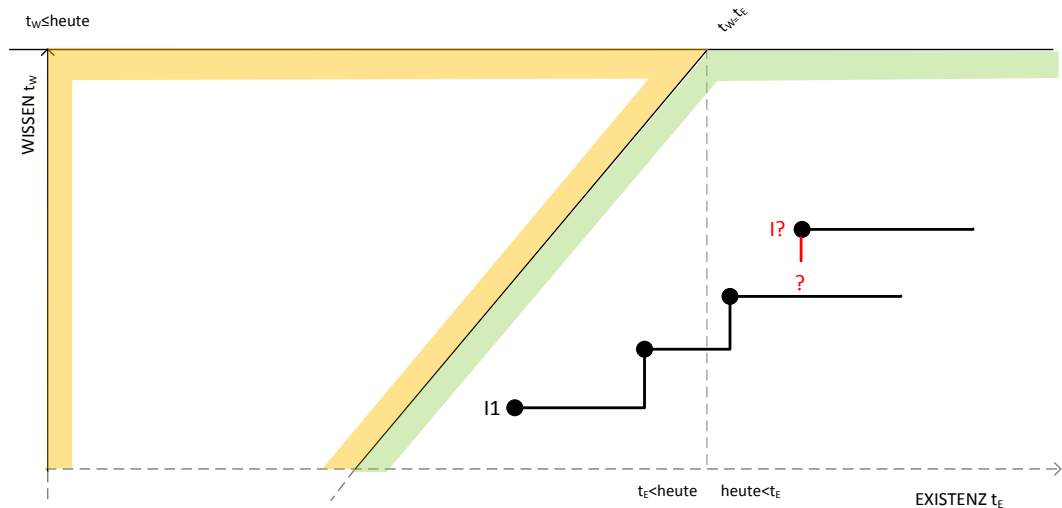


Abb.21 Einfügen einer Planungsvariante, Problemstellung

Eine mögliche Lösung ist die Einführung eines Index, welche die Objektversionen einer bestimmten Kette der Objektklasse zuordnet. Damit wird die Selektion einer ganzen Kette stark vereinfacht.

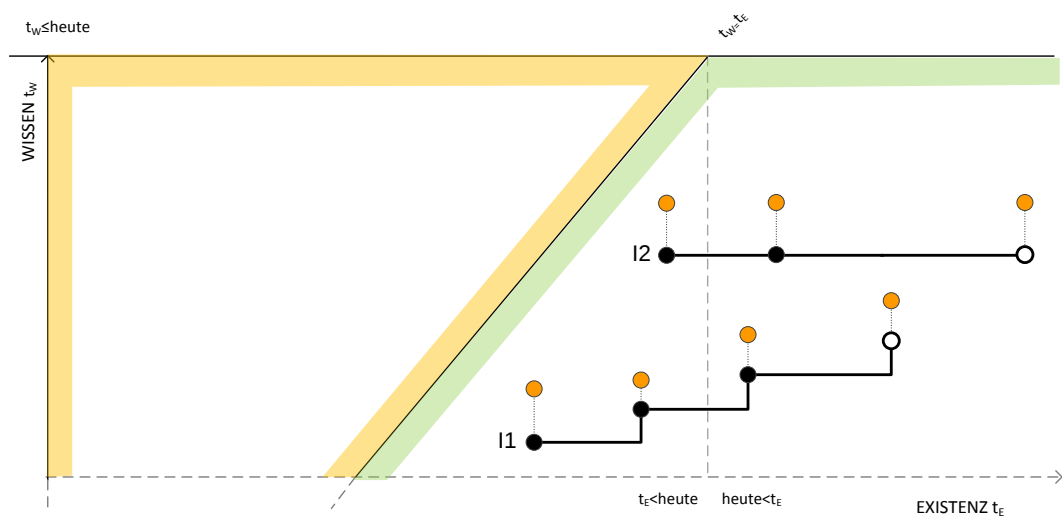


Abb.22 Einfügen einer Planungsvariante, mögliche Lösung

Im effektiven Zeitraum kann nur eine Versionenkette existieren.

II Darstellung der temporalen Abhängigkeiten in Beziehungen

II.1 Temporale Beziehung: Master ist Zeitpunkt-Ereignis

Nachfolgend werden für den Fall "Master ist Zeitpunkt-Ereignis" die Konsistenzbedingungen aufgezeigt. Aus fachlicher Sicht denkbare Beispiele sind in Ziffer 0 dargestellt.

II.1.1 PP: Master ist Zeitpunkt-Ereignis, Detail ist Zeitpunkt-Ereignis

Als erstes werden Korrekturen dargestellt. Diese sind sowohl im effektiven bitemporalen Raum als auch in der Prognose erlaubt.

Gültige Details (-Versionen) müssen die gültige Masterversion referenzieren.

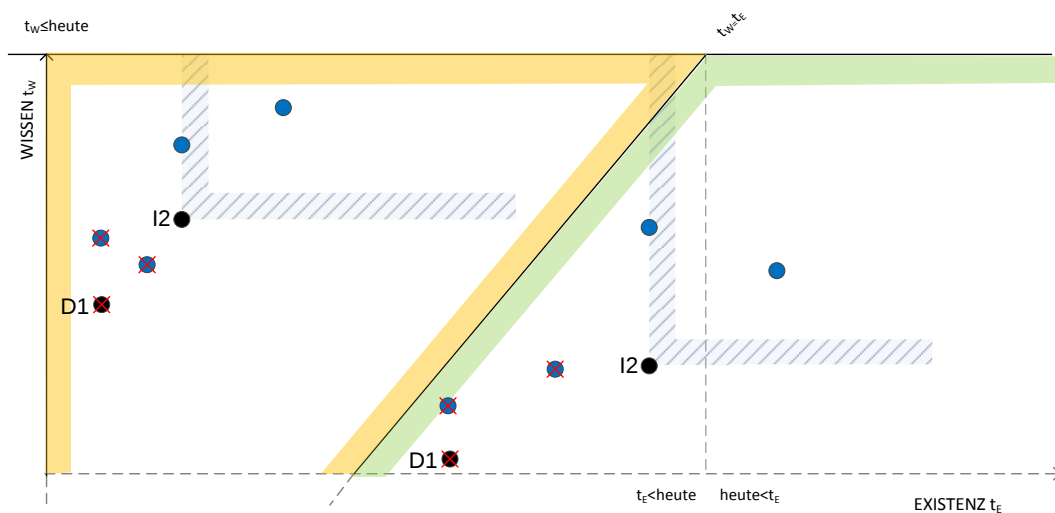


Abb.23 Beispiel PP-Abhängigkeit

Als zweites werden gleichzeitig gültige zeitliche Versionen dargestellt. Diese bilden als frühere oder zukünftige Prognosen fachlich die Planungsgeschichte ab.

Gültige Detailversionen sollen immer eine der Masterversionen referenzieren.

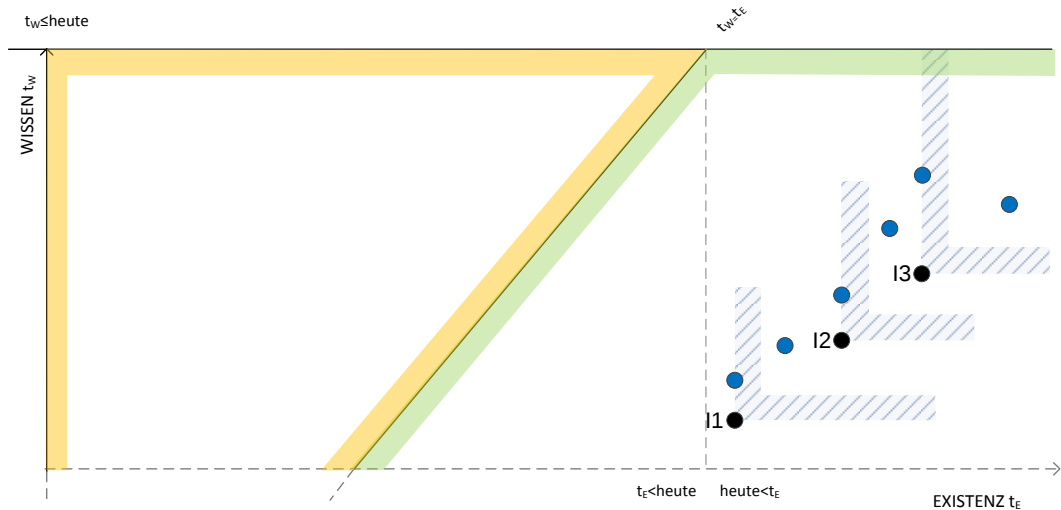


Abb.24 Abhängigkeit PP bei mehreren Prognoseversionen

Beispiele (beide sind dargestellt):

- Gültigkeits-Zeitpunkt Detail GLEICHZEITIG Gültigkeits-Zeitpunkt Master
→ Gleichzeitigkeit: Detailversion muss zum gleichen Zeitpunkt wie Masterversion gültig sein.
Dies bedeutet konzeptionell, dass die Detailversion den Gültigkeits-Zeitpunkt der Masterversion "erbt".
Beispiel: Unfallort zu Unfall
- Gültigkeits-Zeitpunkt Detail NICHT FRÜHER Gültigkeits-Zeitpunkt Master
→ Zeitliche Abfolge: Detailversion muss gleichzeitig oder später als die Masterversion gültig sein.
Beispiel: Unfallrapport zu Unfall, Briefe, die sich auf einen Vertrag beziehen

II.1.2 PI: Master ist Zeitpunkt-Ereignis, Detail ist Intervall-Ereignis

Als erstes werden Korrekturen dargestellt. Diese sind sowohl im effektiven bitemporalen Raum als auch in der Prognose erlaubt.

Gültige Details (-Versionen) müssen die gültige Masterversion referenzieren.

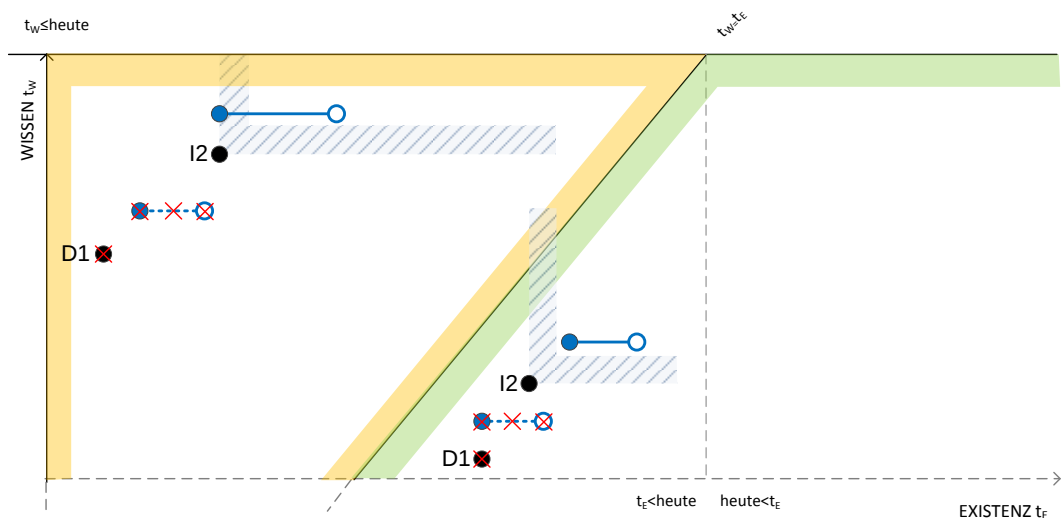


Abb.25 Beispiel PI-Abhängigkeit

II.1.3 PS: Master ist Zeitpunkt-Ereignis, Detail ist Status

Als erstes werden Korrekturen dargestellt. Diese sind sowohl im effektiven bitemporalen Raum als auch in der Prognose erlaubt.

Gültige Details (-Versionen) müssen die gültige Masterversion referenzieren.

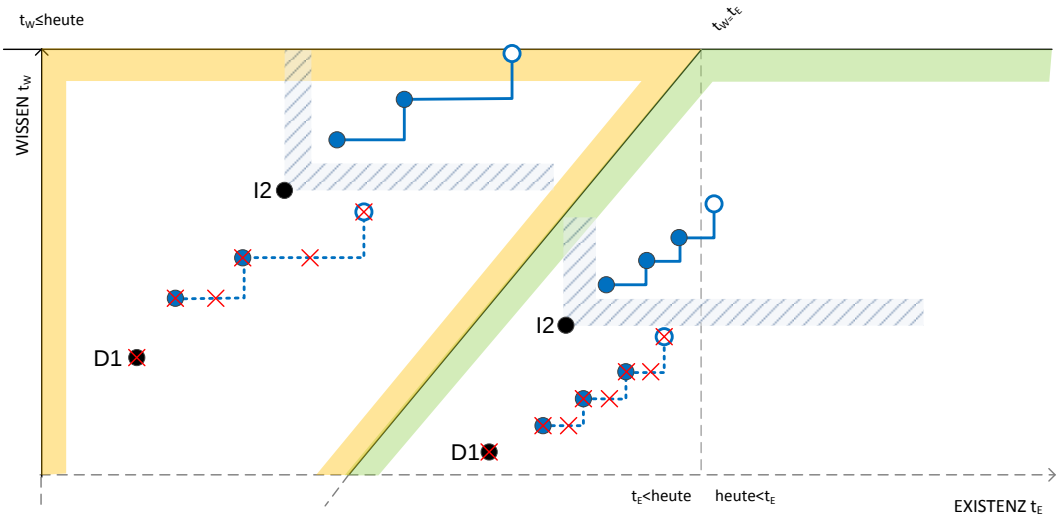


Abb.27 Beispiel PS-abhängigkeit

Als zweites werden gleichzeitig gültige zeitliche Versionen dargestellt. Diese bilden als frühere oder zukünftige Prognosen fachlich die Planungsgeschichte ab.

Gültige Detailversionen sollen immer eine der Masterversionen referenzieren.

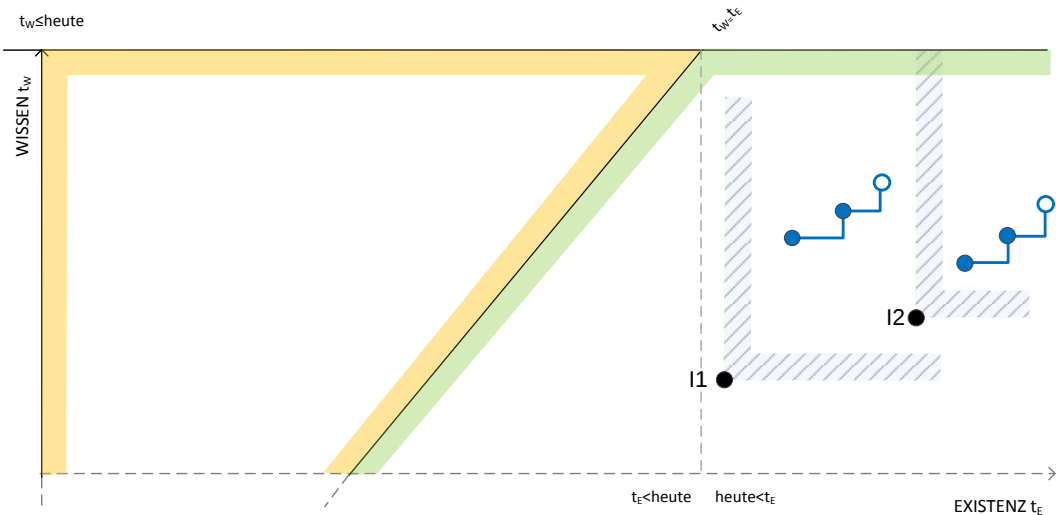


Abb.28 Abhängigkeit PS bei mehreren Prognoseversionen

In beiden Fällen ist zu beachten, dass das Ende – und damit auch die Zeitdauer – einer Status-Version konzeptionell durch den Beginn der Folgeversion oder durch "Beenden" der letzten Version der Kette festgelegt wird. Bedingungen, die das Ende einer Detailversion enthalten, sind somit aufwändig zu formulieren.

Beispiele (in der Grafik ist nur der zweite Fall dargestellt):

- **Beginngültigkeit erste Detailversion GLEICHZEITIG Gültigkeits-Zeitpunkt Master**
→ Gleichzeitigkeit: Beginngültigkeit der ersten Detailversion muss genau im Gültigkeits-Zeitpunkt der Masterversion sein.
Dies bedeutet konzeptionell, dass der zeitliche Beginn der ersten Detailversion den Gültigkeits-Zeitpunkt der Masterversion "erbt".
Beispiel: Achsversion bezieht sich auf Dokument (Beleg)
- **Beginngültigkeit erste Detailversion NICHT FRÜHER Gültigkeits-Zeitpunkt Master**
→ Zeitliche Abfolge: Beginngültigkeit der ersten Detailversion muss gleichzeitig oder später als der Gültigkeits-Zeitpunkt der Masterversion sein. Für die weiteren Detailversionen sollen keine weiteren Abfolgebedingungen formuliert werden.
Beispiel: Zustandsbewertungsregel später als referenziertes Dokument (z.B. Norm)

II.2 Temporale Beziehung: Master ist Intervall-Ereignis

Nachfolgend werden für den Fall "Master ist Intervall-Ereignis" die Konsistenzbedingungen aufgezeigt. Aus fachlicher Sicht denkbare Beispiele sind in Ziffer 0 dargestellt.

II.2.1 IP: Master ist Intervall-Ereignis, Detail ist Zeitpunkt-Ereignis

Als erstes werden Korrekturen dargestellt. Diese sind sowohl im effektiven bitemporalen Raum als auch in der Prognose erlaubt.

Gültige Details (-Versionen) müssen die gültige Masterversion referenzieren.

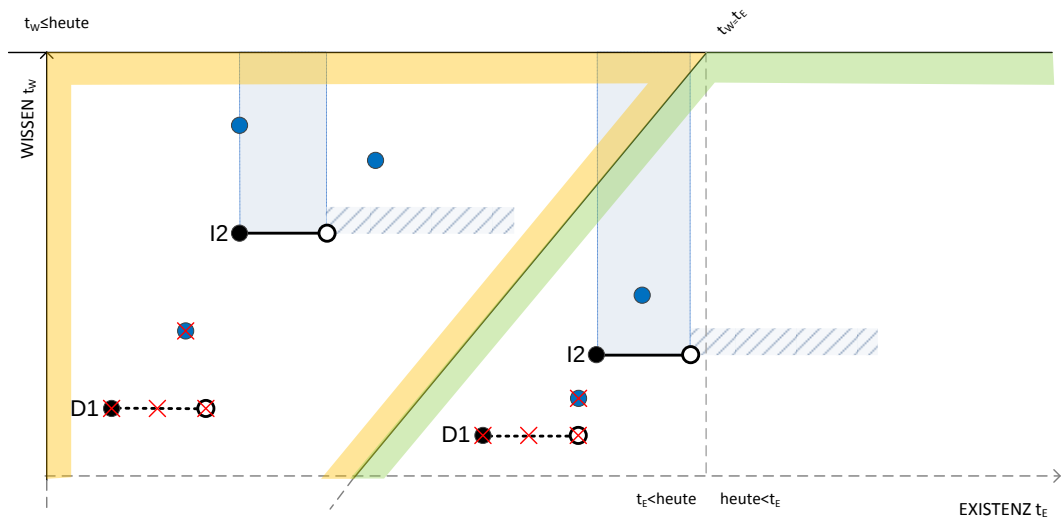


Abb.29 Beispiel IP-Abhängigkeit bei mehreren Prognoseversionen

Als zweites werden gleichzeitig gültige zeitliche Versionen dargestellt. Diese bilden als frühere oder zukünftige Prognosen fachlich die Planungsgeschichte ab.

Gültige Detailversionen sollen immer eine der Masterversionen referenzieren.

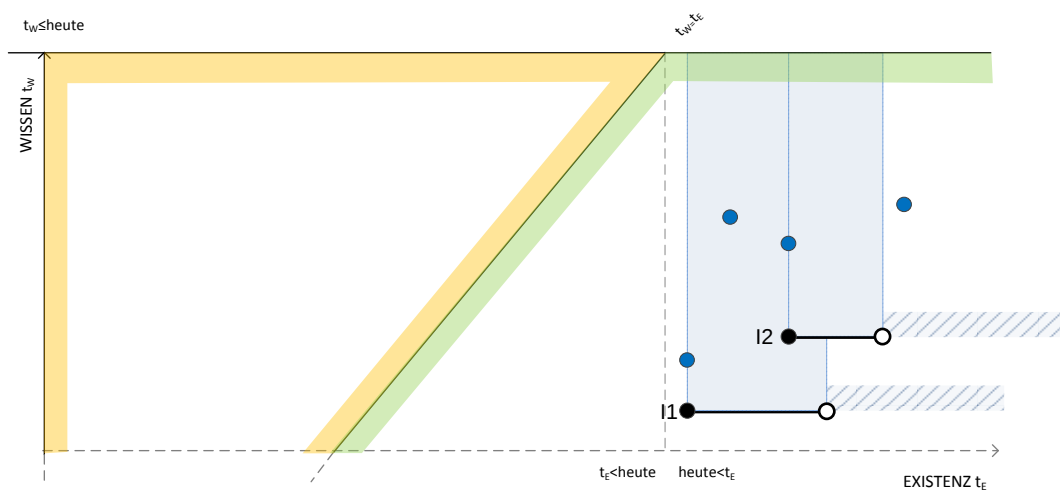


Abb.30 Abhängigkeit IP bei mehreren Prognoseversionen

Beispiele (in der Grafik sind beide Fälle dargestellt):

- Gültigkeits-Zeitpunkt Detail **GLEICHZEITIG** Beginn Gültigkeit Master
→ Gleichzeitigkeit: Gültigkeits-Zeitpunkt der Detailversion muss genau im Zeitpunkt der Beginn Gültigkeit der Masterversion sein.
Dies bedeutet konzeptionell, dass der Gültigkeits-Zeitpunkt der Detailversion die Gültigkeit der Masterversion "erbt".
Beispiel: Fahrbahnzustand (Beobachtung) während Erhebungsprojekt
- Gültigkeits-Zeitpunkt Detail **NICHT FRÜHER** Beginn Gültigkeit Master
→ Zeitliche Abfolge: Gültigkeits-Zeitpunkt der Detailversion muss gleichzeitig oder später als die Beginn Gültigkeit der Masterversion sein.
Beispiel: Fahrbahnzustand (Beobachtung) nach Baustelle

II.2.2 II: Master ist Intervall-Ereignis, Detail ist Intervall-Ereignis

Als erstes werden Korrekturen dargestellt. Diese sind sowohl im effektiven bitemporalen Raum als auch in der Prognose erlaubt.

Gültige Details (-Versionen) müssen die gültige Masterversion referenzieren.

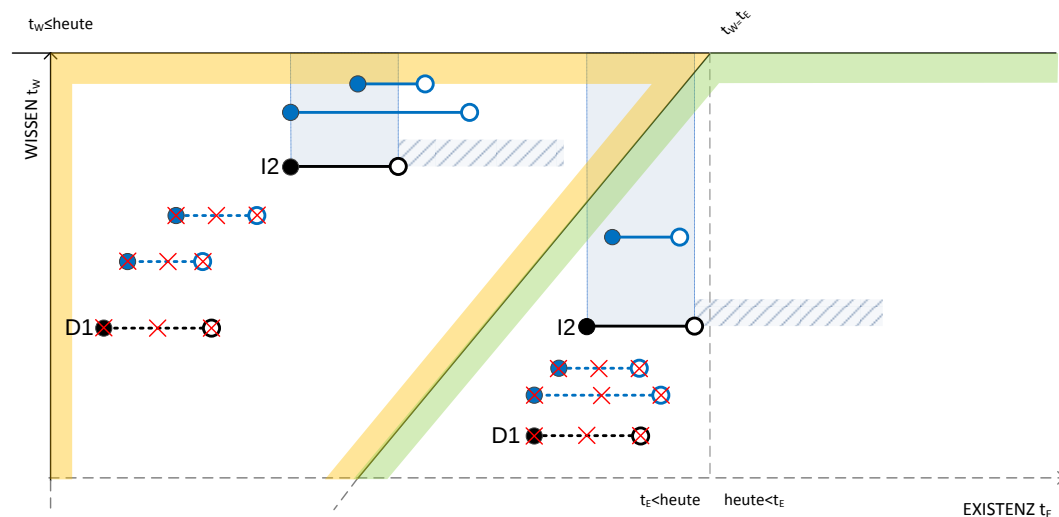


Abb.31 Beispiel II-Abhängigkeit

II.2.3 IS: Master ist Intervall-Ereignis, Detail ist Status

Als erstes werden Korrekturen dargestellt. Diese sind sowohl im effektiven bitemporalen Raum als auch in der Prognose erlaubt.

Gültige Details (-Versionen) müssen die gültige Masterversion referenzieren.

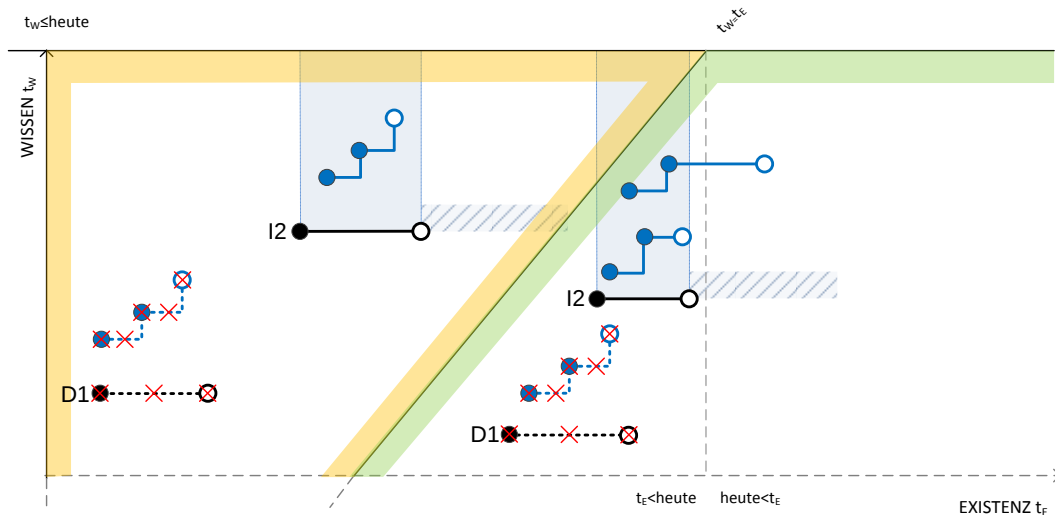


Abb.33 Beispiel IS-Abhängigkeit

Als zweites werden gleichzeitig gültige zeitliche Versionen dargestellt. Diese bilden als frühere oder zukünftige Prognosen fachlich die Planungsgeschichte ab.

Gültige Detailversionen sollen immer eine der Masterversionen referenzieren.

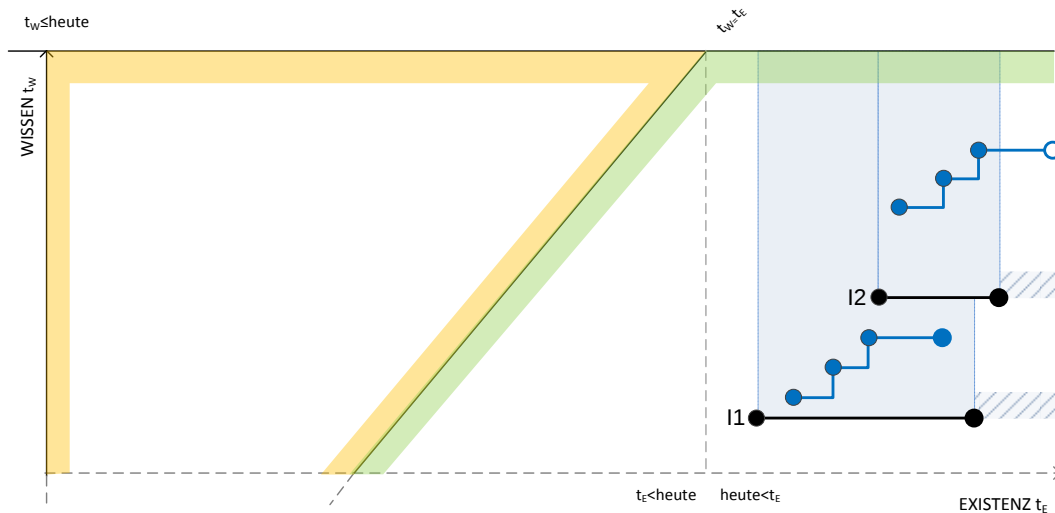


Abb.34 Abhängigkeit II bei mehreren Prognoseversionen

In beiden Fällen ist zu beachten, dass das Ende – und damit auch die Zeitdauer – einer Status-Version konzeptionell durch den Beginn der Folgeversion oder durch "Beenden" der letzten Version der Kette festgelegt wird. Bedingungen, die das Ende einer Detailversion enthalten, sind somit aufwändig zu formulieren.

Beispiele (alle sind dargestellt):

- **Beginngültigkeit erste Detailversion GLEICHZEITIG Gültigkeitsbeginn Master UND Endegültigkeit der letzten Detailversion NICHT SPÄTER ALS Endegültigkeit Master**
→ Gleichzeitigkeit: Gültigkeit der ersten Detailversion muss genau im Gültigkeitsbeginn der Masterversion beginnen (Spezialfall!) und die Zeitdauer der Summe aller Detailversionen darf nicht länger sein als die Zeitdauer der Masterversion.
Dies bedeutet konzeptionell, dass der zeitliche Beginn der ersten Detailversion den Gültigkeits-Zeitpunkt der Masterversion "erbt".
Beispiel: Zustandsbewertungsregel (Version) einer Zustandsgrösse
- **Beginngültigkeit erste Detailversion SPÄTER ALS Gültigkeitsbeginn Master**
→ Zeitliche Abfolge: Beginngültigkeit der ersten Detailversion muss später als die Beginngültigkeit der Masterversion sein.
Beispiel: Achssegment-Version als Folge eines Projekts (Projektabschluss).

II.3 Temporale Beziehung: Master ist Status (Zeitdauer)

Nachfolgend werden für den Fall "Master ist Status (Zeitdauer)" die Konsistenzbedingungen aufgezeigt. Aus fachlicher Sicht denkbare Beispiele sind in Ziffer 0 dargestellt.

Dabei ist zu beachten, dass die Zeitdauer einer Status-Version konzeptionell durch den Beginn der Folgeversion festgelegt wird. Bedingungen, die das Ende der Detailversion enthalten, sind somit aufwändig zu formulieren.

II.3.1 SP: Master ist Status, Detail ist Zeitpunkt-Ereignis

Als erstes werden Korrekturen dargestellt. Diese sind sowohl im effektiven bitemporalen Raum als auch in der Prognose erlaubt.

Gültige Details (-Versionen) müssen eine gültige Masterversion referenzieren.

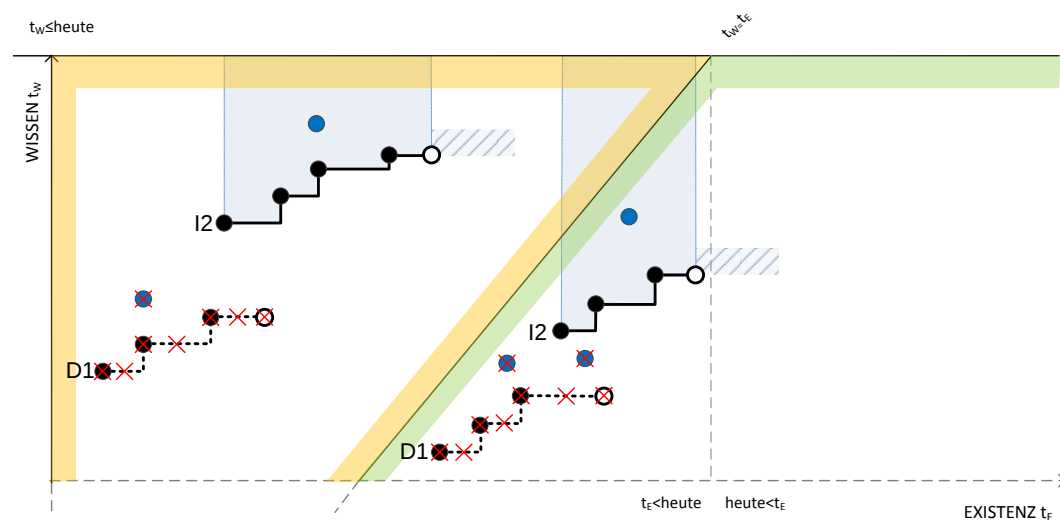


Abb.35 Beispiel SP-Abhängigkeit

Beispiele (alle sind dargestellt):

- Beginnngültigkeit Detail NICHT FRÜHER Beginnngültigkeit referenzierte Masterversion
UND Gültigkeitsbeginn Detail NICHT SPÄTER ALS Gültigkeitsende Masterversion
→ Gleichzeitigkeit: Detail muss im Gültigkeits-Zeitraum der Masterversion beginnen.
Beispiel: Typ-Attribut (aus Wissenskatalog) eines Ereignis(I)
- Beginnngültigkeit Detail GLEICHZEITIG Gültigkeitsbeginn referenzierte Masterversion
UND Endegültigkeit Detail NICHT SPÄTER ALS Gültigkeitsende Masterversion
→ Gleichzeitigkeit: Das Detail muss mit der betroffenen Masterversion beginnen und muss ganz innerhalb der Gültigkeit der Masterversion sein.
Dies bedeutet konzeptionell, dass der zeitliche Beginn der ersten Detailversion den Gültigkeits-Zeitpunkt der Masterversion "erbt".
Beispiel: Fachliche Anwendung nicht untersucht
- Beginnngültigkeit Detail GLEICHZEITIG Gültigkeitsbeginn referenzierte Masterversion
UND Endegültigkeit Detail GLEICHZEITIG Gültigkeitsende Masterversion
→ Gleichzeitigkeit: Das Detail hat dieselbe Gültigkeit wie die Masterversion.
Dies bedeutet konzeptionell, dass der zeitliche Beginn der Detailversion den Gültigkeitsbeginn der Masterversion "erbt", und dass das zeitliche Ende der Detailversion die Endegültigkeit der Masterversion "erbt" (zeitlich parallele Ketten).
Beispiel: Fachliche Anwendung nicht untersucht
- Beginnngültigkeit Detail FRÜHER Gültigkeitsbeginn referenzierte Masterversion
UND Endegültigkeit Detail GLEICHZEITIG Gültigkeitsende Masterversion
→ Überlappung: Das Gültigkeitsende des Details muss am Zeitpunkt der Endegültigkeit der Masterversion sein, und die Zeitdauer des Details muss länger sein als die Zeitdauer der Masterversion.
Dies bedeutet konzeptionell, dass das zeitliche Ende der Detailversion das Gültigkeitsende der Masterversion "erbt".
Beispiel: Fachliche Anwendung nicht untersucht
- Gültigkeitsbeginn Detail NICHT FRÜHER Gültigkeitsbeginn referenzierte Masterversion
UND Gültigkeitsbeginn Detail NICH SPÄTER ALS Gültigkeitsende Masterversion
UND Gültigkeitsende Detail SPÄTER ALS Endegültigkeit Masterversion
→ Abfolge: Detail muss Gültigkeits-Zeitraum der Masterversion überlappen.
Beispiel: Fachliche Anwendung nicht untersucht

II.3.3 SS: Master ist Status, Detail ist Status

Der zeitliche Aspekt der Beziehung bezieht sich immer auf die Beginnsgültigkeit der referenzierenden Detailversion.

Als erstes werden Korrekturen dargestellt. Diese sind sowohl im effektiven bitemporalen Raum als auch in der Prognose erlaubt.

Gültige Details (-Versionen) müssen eine gültige Masterversion referenzieren.

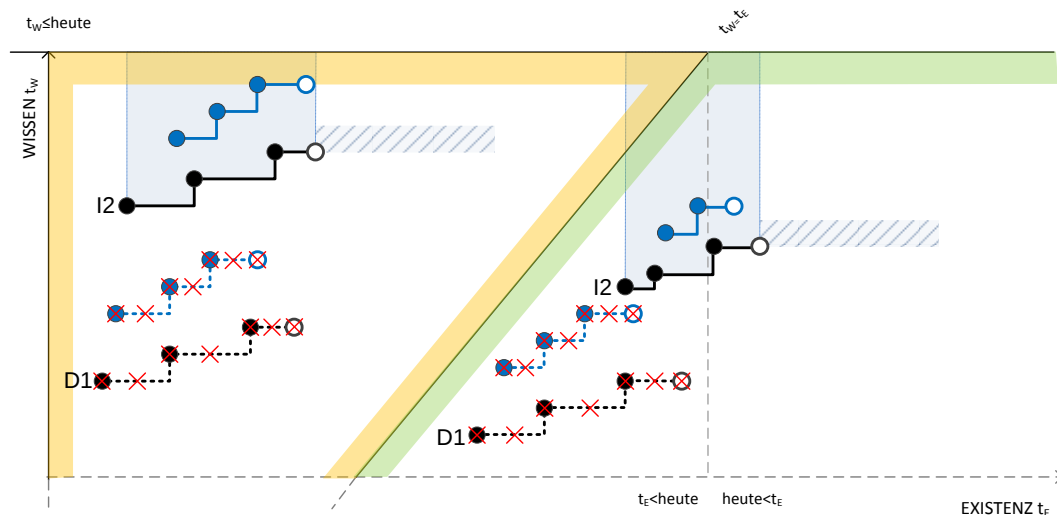


Abb.39 Beispiel SS-Abhängigkeit

Als zweites werden gleichzeitig gültige zeitliche Versionen dargestellt. Diese bilden als frühere oder zukünftige Prognosen fachlich die Planungsgeschichte ab.

Gültige Detailversionen sollen immer eine der Masterversionen referenzieren.

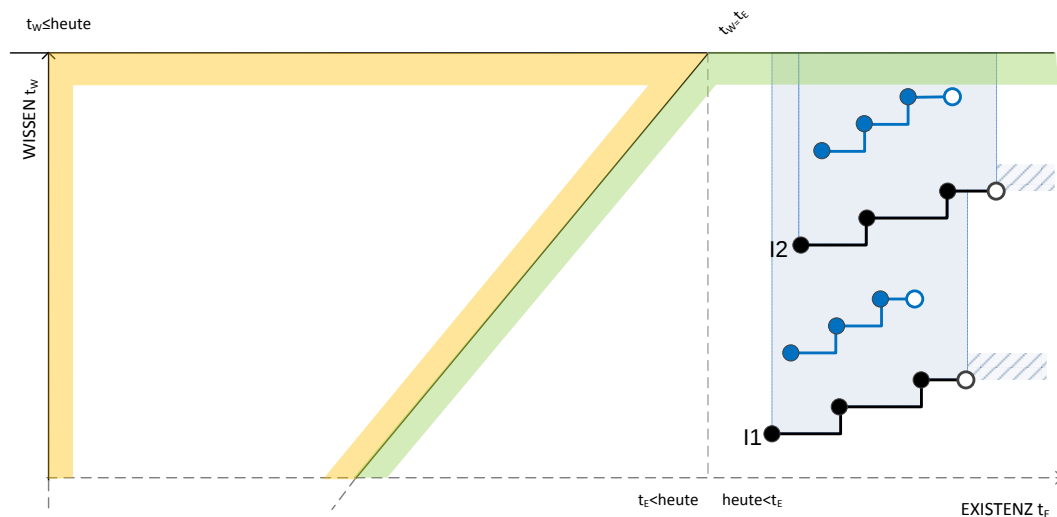


Abb.40 Abhängigkeit SS bei mehreren Prognoseversionen

In beiden Fällen ist zu beachten, dass das Ende – und damit auch die Zeitdauer – einer Status-Version konzeptionell durch den Beginn der Folgeversion oder durch "Beenden" der letzten Version der Kette festgelegt wird. Bedingungen, die das Ende einer Detailversion enthalten, sind somit aufwändig zu formulieren.

Beispiele (alle sind dargestellt):

- Beginn Gültigkeit erste Detailversion SPÄTER ALS Gültigkeitsbeginn erste Masterversion
UND Endgültigkeit letzte Detailversion FRÜHER Gültigkeitsende letzte Masterversion
→ Gleichzeitigkeit: Die Gültigkeit des Details (mit allen Detailversionen) liegt ganz innerhalb der Gültigkeit des Masters (mit allen Masterversionen).
Beispiel: Sektor eines Achssegments einer Achse eines Achs-Typs
- Beginn Gültigkeit Detailversion NICHT FRÜHER Gültigkeitsbeginn referenzierte Masterversion
UND Endgültigkeit Detailversion GLEICHZEITIG Endgültigkeit referenzierte Masterversion
→ Gleichzeitigkeit: Die Gültigkeit der Detailversion liegt ganz innerhalb der referenzierten Masterversion. Zudem ist es konzeptionell so, dass das zeitliche Ende der Detailversion das Gültigkeitsende der referenzierten Masterversion "erbt".
(Dies geht nur für eine Detailversion)
Beispiel: Fachliche Anwendung nicht untersucht

III Prototyp

Im Folgenden werden ein paar beispielhafte Anfragen an den Prototypen dokumentiert, die verschiedene Möglichkeiten in der Benutzung aufzeigen.

III.1 Entwicklung des Netzes

Mit Hilfe der Übersichtskarte und einer Veränderung des Existenzzeitpunktes kann die Entwicklung der Bauarbeiten an den Nationalstrassen nachvollzogen werden. Für dieses Beispiel ist es ausreichend, die Layer Kunstbauten, Tunnel und Nationalstrassen anzuzeigen.

Wenn der Existenzzeitpunkt auf den 24.12.1960 geändert wird (siehe *Abb.41*), ist zu erkennen, dass in dem betrachteten Gebiet noch nicht an der Fahrbahn der N1 und N2 gebaut wurde. Lediglich eine Kunstbaute ist zu erkennen.

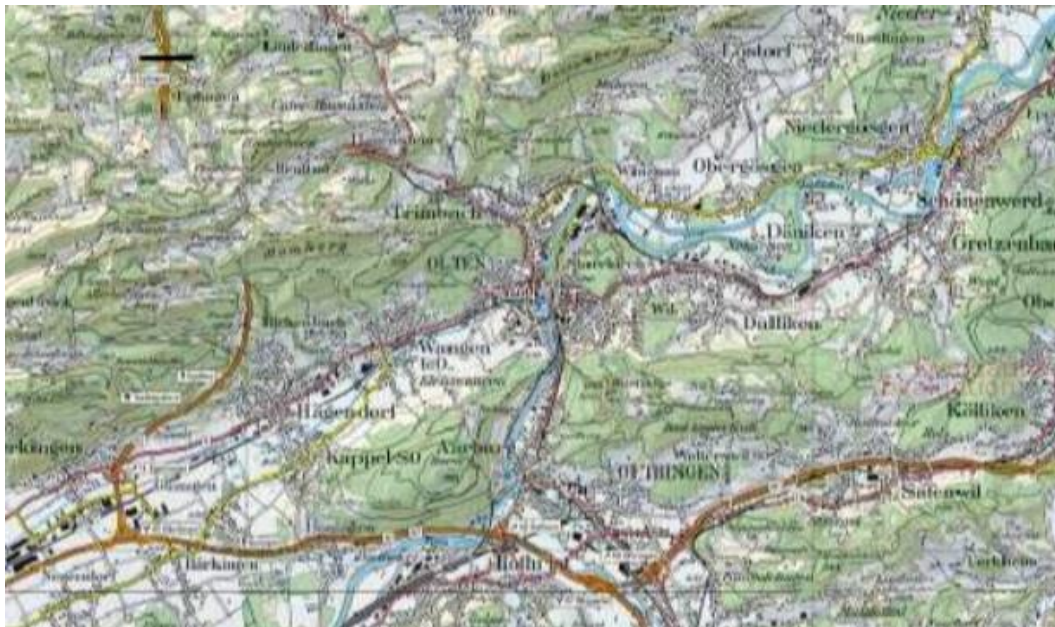


Abb.41 Nationalstrassen 1960

Nachdem der Existenzzeitpunkt um fünf Jahre auf den 24.12.1965 verschoben wurde (siehe *Abb.42*), lässt sich erkennen, dass mit dem Bau der N1 begonnen und weitere Kunstbauten fertiggestellt wurden.



Abb.42 Nationalstrassen 1965

Weitere fünf Jahre später (siehe Abb.43) ist der Bau der N1 in dem betrachteten Gebiet abgeschlossen und die Fahrbahn der N2 ist bis inklusive des Belchentunnels fertiggestellt. Da für diese Jahre jedoch noch fast keine Zustandsdaten vorliegen, wird der Zustand der Fahrbahn fast überall als unbekannt angegeben.

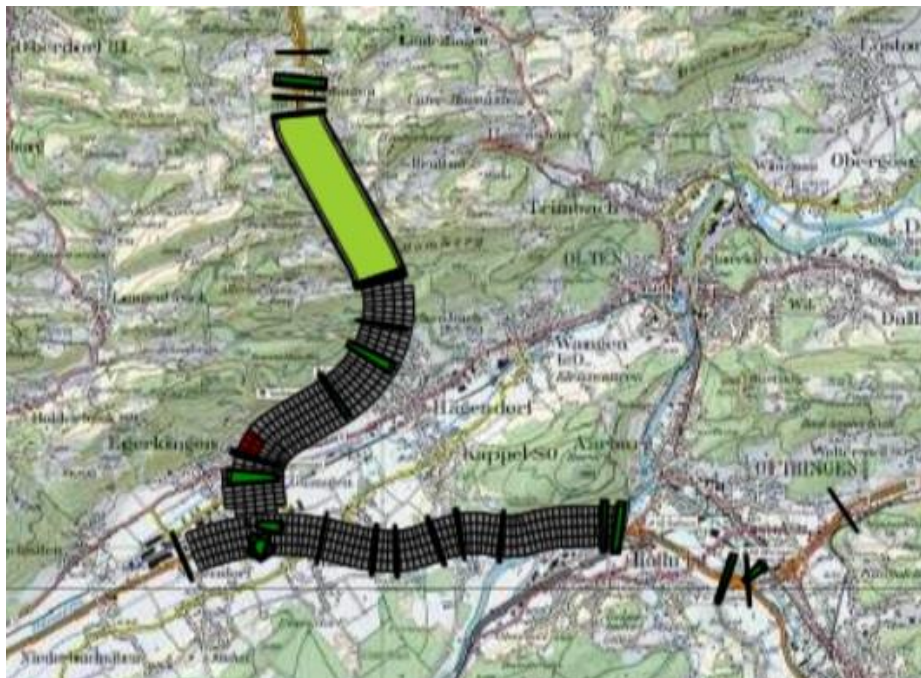


Abb.43 Nationalstrassen 1970

Am 24.12.2005 (siehe Abb.44) schliesslich, ist nicht nur auch der Bau der N2 abgeschlossen, sondern es sind für die Fahrbahnen auch Zustandsdaten vorhanden. Auch sind jetzt zum ersten Mal die BSA-Objekte als blaue Punkte auf Belchentunnel (grosses hellgrünes Objekt) erkennbar.

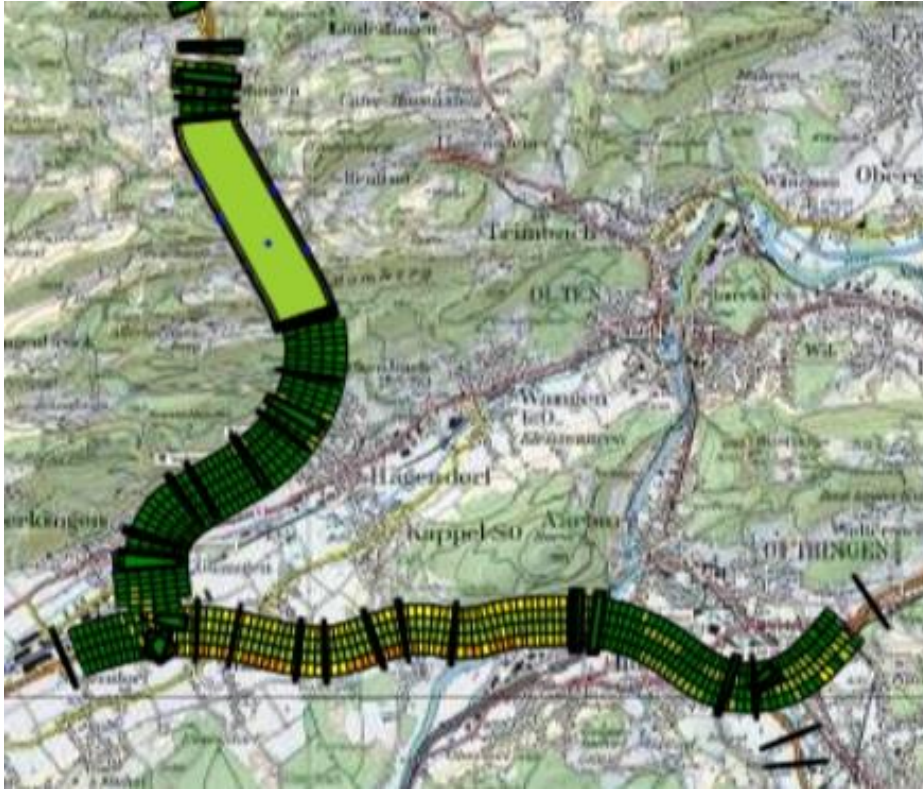


Abb.44 Nationalstrassen 2005

III.2 Veränderungen der Daten in der Datenbank

Über eine Verschiebung des Wissenszeitpunktes bei gleichbleibendem Existenzzeitpunkt kann die Veränderung der Daten in der Datenbank nachvollzogen werden.

Abb.45 zeigt den Zustand der Nationalstrassen am 31.12.2009 mit dem Wissen vom 06.04.2014.

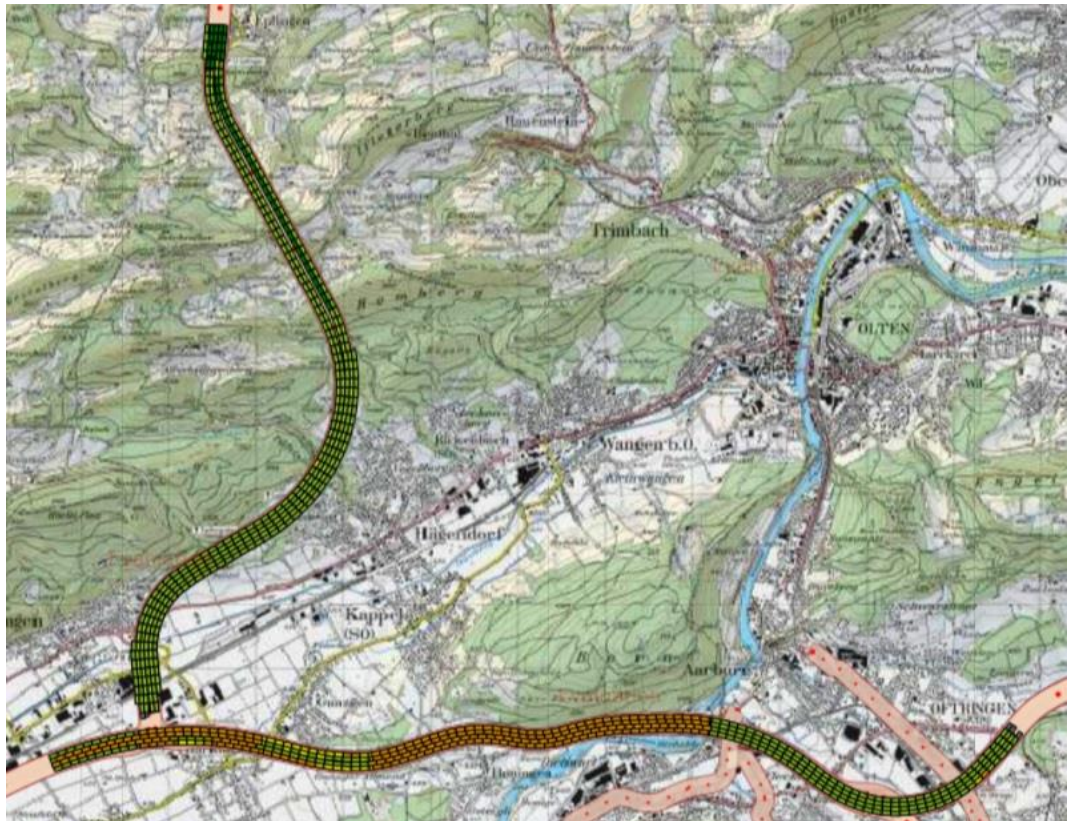


Abb.45 Nationalstrassen Existenzzeitpunkt: 31.12.2009, Wissenszeitpunkt: 06.04.2010

Ein genauerer Blick in die Daten zeigt, dass im Jahr 2009 Messkampagnen auf diesen Teilstücken der Autobahn durchgeführt wurden. Die sich aus den Daten dieser Messkampagnen ergebenden neuen Zustände wurden am 07.04.2010 in der zugehörigen Datenbank gespeichert.

Die Zustände auf den Nationalstrassen am 31.12.2009 unter einem Wissenszeitpunkt, der um einen Tag auf den 07.04.2010 verschoben wurde, zeigen sich deutlich verändert (siehe Abb.46).

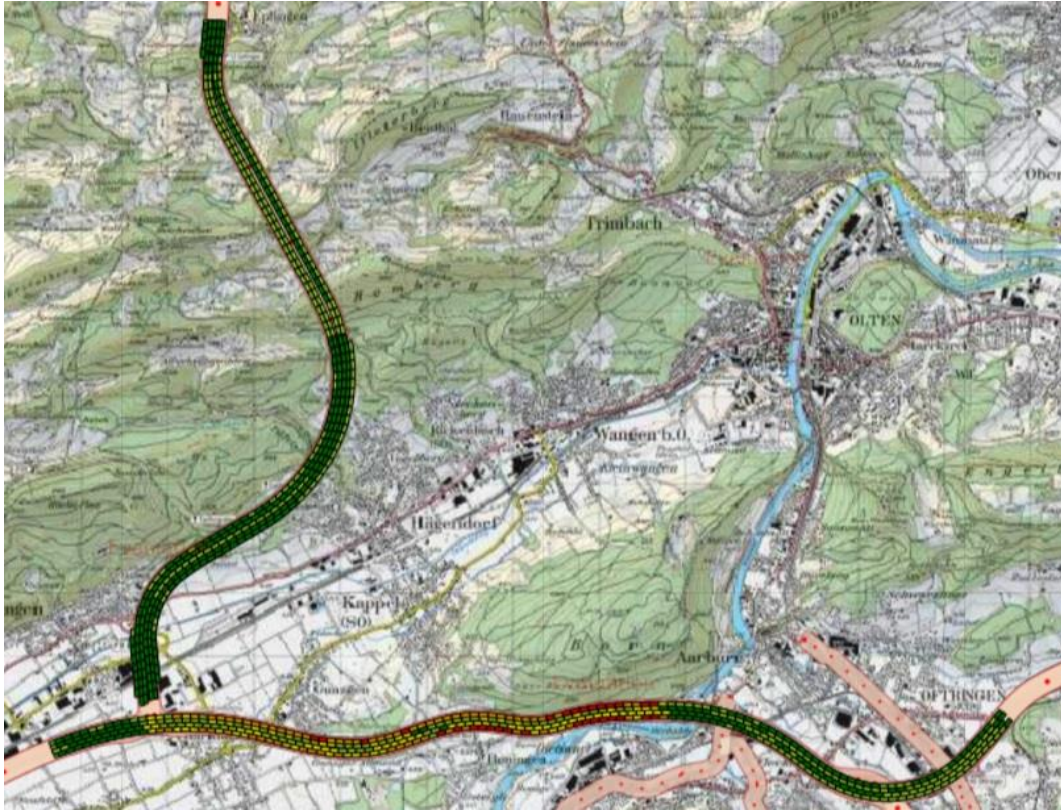


Abb.46 Nationalstrassen Existenzzeitpunkt: 31.12.2009, Wissenszeitpunkt: 07.04.2010

Am 06.04.2010 waren die letzten bekannten Messkampagnen aus dem Jahr 2004. D.h. die für das Jahr 2009 angezeigten Zustände wurde, wie in Kapitel 10.3.5.2 beschrieben, ein Verfall über fünf Jahre berechnet. So ein berechneter Verfall bildet aber die Realität nie perfekt ab. Ab dem 07.04.2010 ist dann der Verfall, wie er wirklich stattgefunden hat bekannt. Ein Vergleich zwischen den beiden Bildern zeigt, dass, wie zu erwarten, der berechnete Verfall wesentlich gleichmässiger stattgefunden hat als der reale. Massnahmen wurden zwischen 2004 und 2009 keine durchgeführt, die Veränderungen am Zustand sind also rein durch den Verfall bestimmt.

III.3 Details des Aufbaus einer Kunstbaute

Dieses Beispiel zeigt, wie die Entwicklung einer Kunstbaute verfolgt werden kann. Es wird dafür die „Fussgängerunterführung Santel“ betrachtet. Sie befindet sich zwischen Högendorf und Egerkingen auf der N2.

Wenn sowohl der Wissens- als auch der Existenzzeitpunkt auf den 24.12.2014 gesetzt wird und die „Fussgängerunterführung Santel“ per Mausklick ausgewählt wird, ist in dem zusätzlichen Fenster mit den Aufbaudaten ersichtlich, dass für diese Unterführung je zwei Inspektionen und Erhaltungsmassnahmen vorliegen (siehe Abb.47). Weiter ist erkennbar, dass das Bauwerksteil B1 zum Teil den Zustand 1 und zum Teil den Zustand 2 hat. Alle anderen Bauwerksteile haben den Zustand 1. Damit ist der mittlere Zustand des Bauwerks knapp über 1.

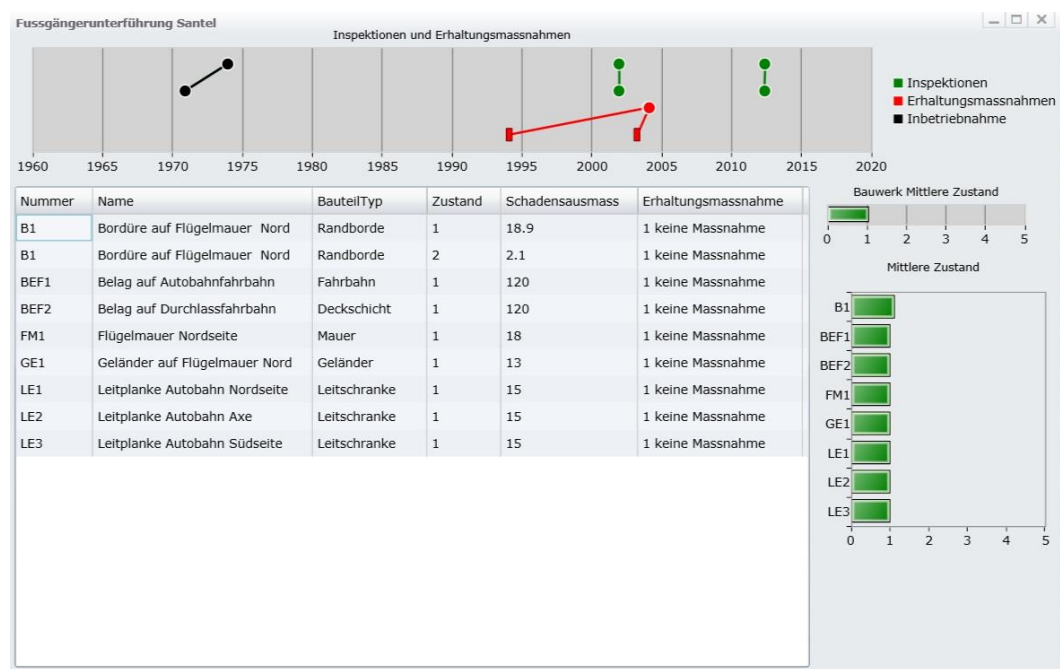


Abb.47 Fussgängerunterführung Santel 24.12.2014

Indem die Maus über die Symbole in der Zeitleiste bewegt wird, kann festgestellt werden, dass die Inbetriebnahme am 10.12.1973 war, die erste Massnahme vom 05.11.1993 bis zum 05.05.1994 durchgeführt wurde und die zweite Inspektion am 10.05.2012. Da zwischen der letzten Inspektion und dem gewählten Existenzzeitpunkt keine Massnahme liegt, ist der Zustand für alle Bauwerksteile momentan bekannt.

Wenn nun der Existenzzeitpunkt auf den 09.12.1973 verschoben wird, kann beobachtet werden, dass die Unterführung auf der Karte verschwindet (siehe Abb.48 und Abb.49).



Abb.48 Fussgängerunterführung Santel 2014 (weiss umrandet)



Abb.49 Fussgängerunterführung Santel 1973 nicht vorhanden

Nach einer Verschiebung des Existenzzeitpunktes auf den 30.12.1993 und dem erneuten Aufrufen des Fenster mit den Details, sieht man, dass das Bauwerksteil B1 rot hervorgehoben ist, da auf ihm eine Reparatur durchgeführt wird. Aus diesem Grund ist auch der Zustand dieses Bauwerksteils -1 (siehe Abb.50).

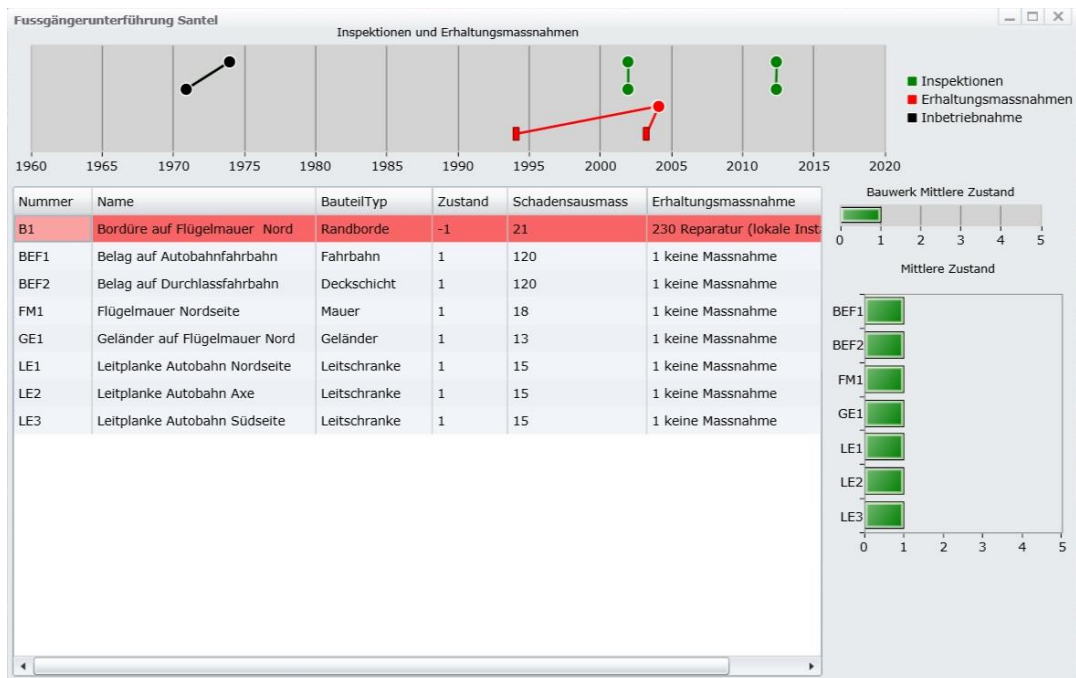


Abb.50 Fussgängerunterführung Santel 30.12.1993

Zuletzt wird nun der Existenzzeitpunkt noch auf den 21.06.2000 verschoben (siehe Abb.51). Die Massnahme auf der Bauwerksteil ist abgeschlossen, da aber seitdem keine weitere Inspektion durchgeführt wurde, ist der Zustand weiterhin -1.

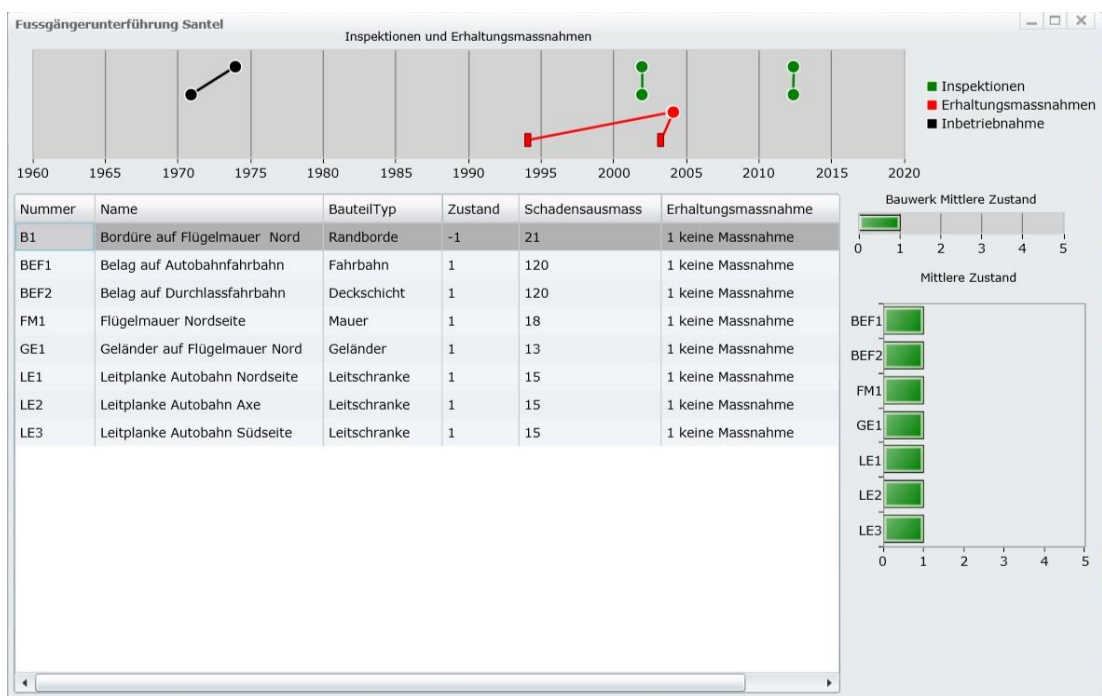


Abb.51 Fussgängerunterführung Santel 21.06.2000

III.4 Details des Aufbaus eines Strassenquerschnittes



Abb.52 Erstellung Strassenquerschnitt

Um zu zeigen, wie die Entwicklung des Aufbaus eines Strassenquerschnittes verfolgt werden kann, ist es ausreichend den Layer Nationalstrassen anzuzeigen.

Zunächst wird der Existenz- und Wissenszeitpunkt auf den 21.12.2014 gesetzt und ein Strassenquerschnitt bei der Ortschaft Rebacker erstellt (siehe Abb.52).

In dem Fenster mit den Aufbaudaten (siehe Abb.53) ist Verschiedenes erkennbar,

- Es gibt zwei Fahrstreifen pro Fahrtrichtung
- Neben den zwei Fahrstreifen gibt es für jede Fahrtrichtung noch zusätzliche Aufbaudaten die auf einen Pannenstreifen o.ä. hindeuten
- Der Aufbau besteht über die gesamte Fahrbahnbreite nur aus Tragschicht und Deckschicht
- Für den linken Fahrstreifen der Plus-Richtung ist mit Hilfe des „Mouseover-Textes“ zu erkennen, dass die Tragschicht am 28.06.1966 eingebaut wurde und die Deckschicht am 21.07.1966.

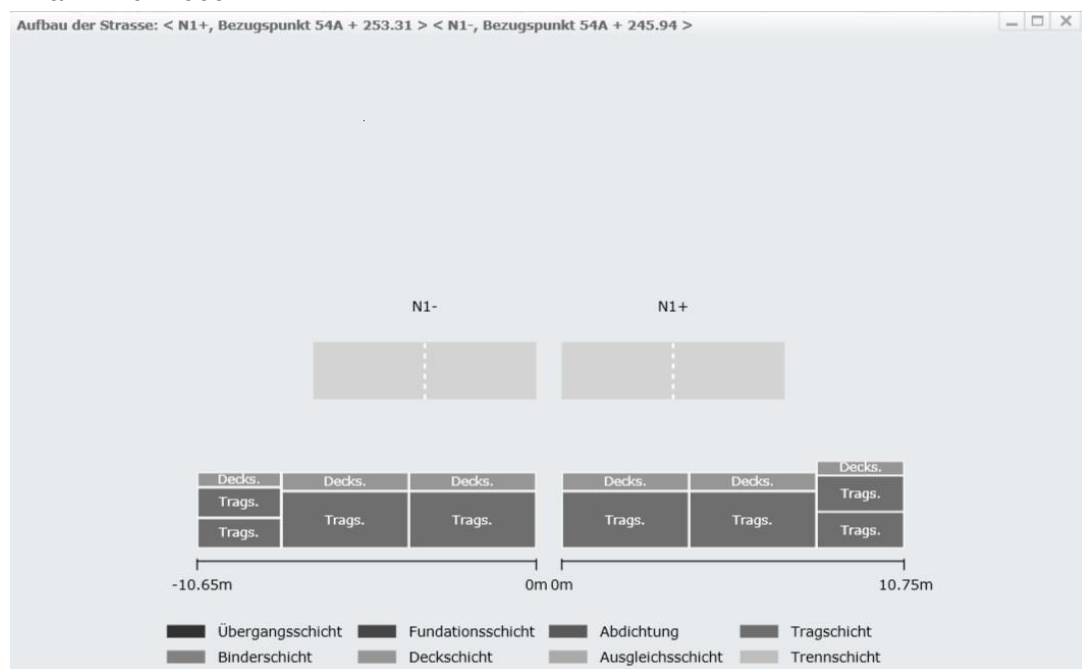


Abb.53 Strassenquerschnitt bei Rebacker 24.12.2014

Es wird nur der linke Fahrstreifen der Plus-Richtung näher betrachtet, da dies für die Darlegung der Funktionalität ausreichend ist.

Nun wird der Existenzzeitpunkt auf den 10.07.1966 verschoben. Da Tragschicht und Deckschicht im gleichen Jahr erstellt wurden, fasst das System diese beiden Massnahmen zusammen (siehe Abb.54) und es sind nun beide Schichten rot markiert (siehe Abb.54).

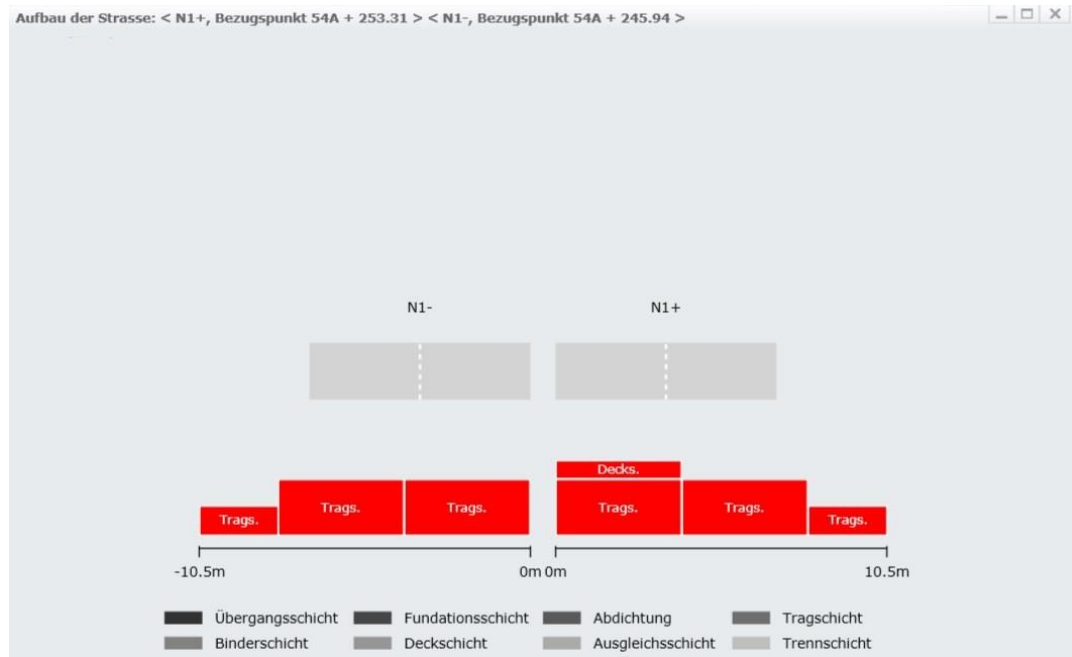


Abb.54 Strassenquerschnitt bei Rebacker 10.07.1966

Nach einer Verschiebung des Existenzzeitpunktes auf den 20.06.1966, also auf einen Zeitpunkt der vor dem Einbaudatum der Tragschicht liegt, ist nur noch die Tragschicht in der Graphik aufgeführt. So ist auch innerhalb einer zusammengefassten Massnahme der Fortschritt erkennbar (siehe Abb.55).

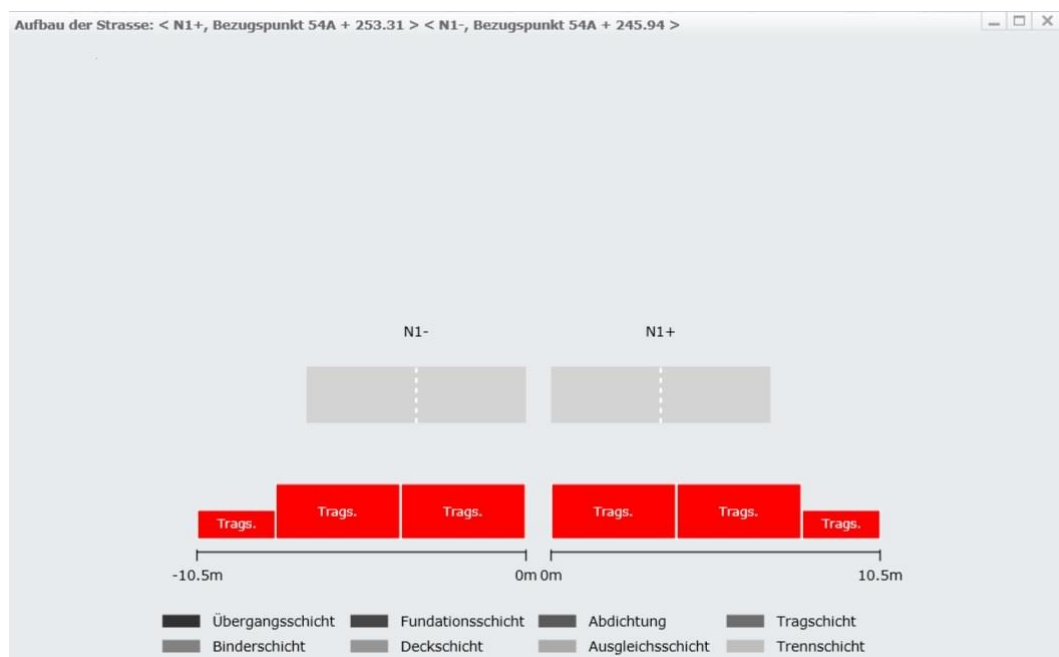


Abb.55 Strassenquerschnitt bei Rebacker 20.06.1966

Am 20.01.1966, also einen Tag mehr als sechs Monate vor dem Ende der gemeinsamen Massnahme und damit länger als die Mindestmassnahmendauer von diesem entfernt, ist schliesslich auch die Tragschicht nicht mehr vorhanden, da die Massnahme noch nicht begonnen hat. Da auch auf den übrigen Fahrstreifen zu diesem Zeitpunkt noch keine Massnahmen begonnen wurden, können keinerlei Informationen angezeigt werden.

Abb.56 zeigt das leere Fenster mit dem 20.01.1966 als gewählttem Existenzzeitpunkt.

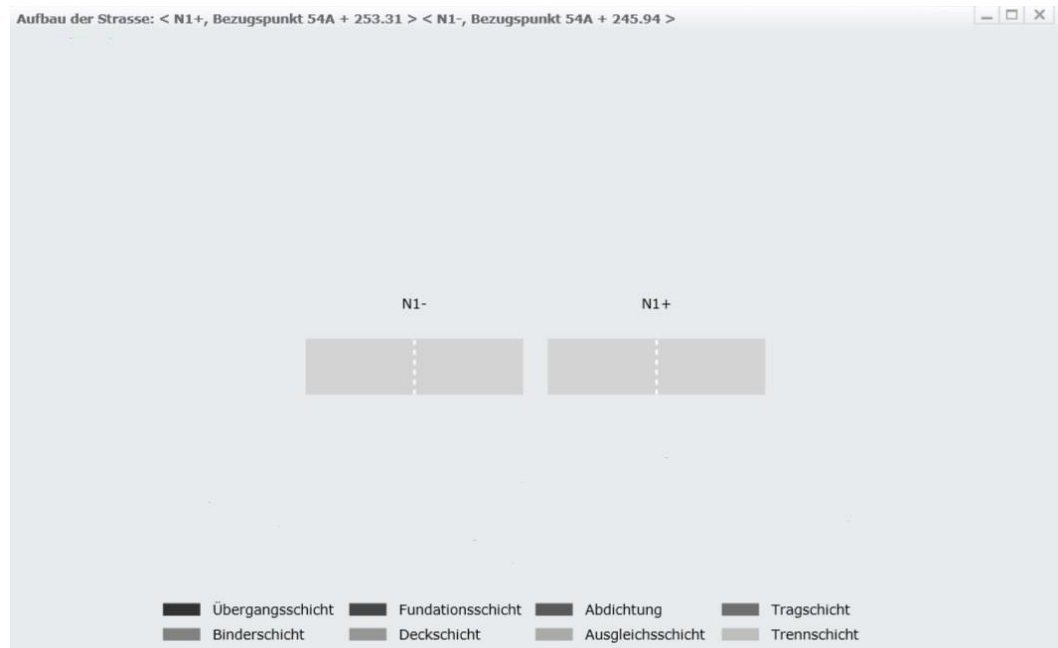


Abb.56 Strassenquerschnitt bei Rebacker 20.01.1966

III.5 Auswertung Infrastruktur

Für die Erstellung der Auswertung Infrastruktur ist es ausreichend den Achsen-Layer anzuzeigen.

Zunächst wird ein Abschnitt auf der N1, an der Stelle, an dem die N2 von Norden auf sie trifft, ausgewählt (siehe Abb.57).



Abb.57 gewählter Strassenabschnitt

Die Auswertung (siehe Abb.58) zeigt dann verschiedene detaillierte Informationen an:

- Die genaue Position des Bereichs ist auf der Achse N1 vom Bezugspunkt 51A+29m bis Bezugspunkt 50A+387m
- Der gewählte Bereich ist 593m lang
- Pro Fahrtrichtung gibt es zwei Fahrstreifen
- Nach ca. 300m gibt es einen Wechsel im Belag von Beton zu Asphaltbeton.
- Die Deckschicht des rechten Fahrstreifens der Minus-Richtung (im Bild ganz oben) ist jünger als die der übrigen Fahrstreifen.

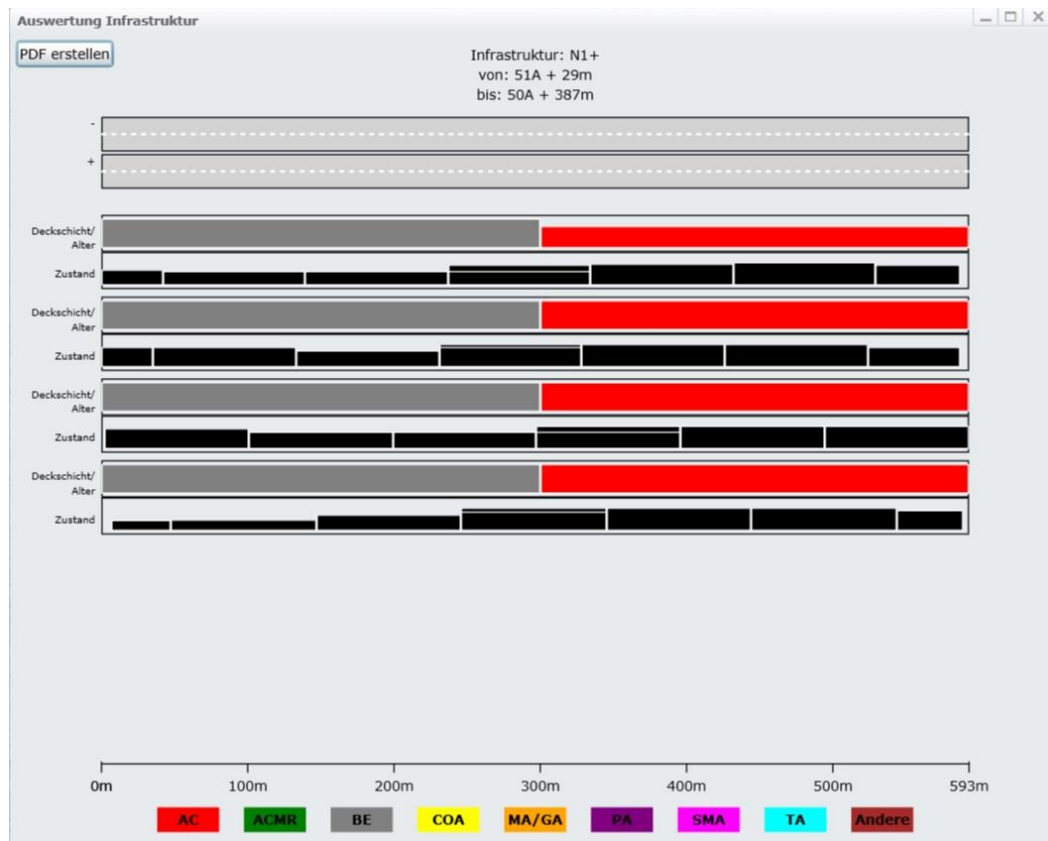


Abb.58 Auswertung Infrastruktur über gewünschten Strassenabschnitt

In einigen Zustandsbalken lässt sich eine feine weisse Querlinie ausmachen. Dies ist auf nicht korrekte Daten zurückzuführen. An dieser Stelle liegen zwei Zustandsobjekte mit einem identischen Ausmass übereinander. Das Problem mit den zwei Zustandsobjekten ist, dass sie sich beide auf die gleiche Messkampagne beziehen, aber einen unterschiedlichen Zustand haben. Auf der Karte ist dies nicht ersichtlich, da ein Objekt durch das andere verdeckt wird, aber in der Auswertung fällt dies auf.

Glossar

Begriff	Bedeutung
Alternativroute <i>itinéraire bis</i>	Alternative zu einer Stammroute. Die Stammroute bleibt befahrbar.
AKS-CH	Anlagenkennzeichnungssystem der Schweiz. System zur eindeutigen Kennzeichnung der Anlagen.
AP	Arbeitspaket, Arbeitseinheit in der Arbeitsabwicklung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
ASTRA-DWH	Auswertungssystem des ASTRA
BP	Bezugspunkt. Teil des linearen Raumbezugssystems RBBS
BSA <i>EES</i>	Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA) <i>équipements d'exploitation et de sécurité (EES)</i>
BZ <i>plan de feux</i>	Betriebszustand (BZ) Bezeichnet den Signalisationszustand; beziehungsweise die Anzeigen auf mehreren zusammengehörenden Aktoren.
CEN	Europäisches Komitee für Normung (CEN)
DATEX	Data Exchange, Datenaustauschsystem
DB	Datenbank
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
DWH	Datawarehouse
EM	Erhaltungsmanagement
EU	Europäische Union
Geschichtsschreibung	Die Geschichtsschreibung (oder Historisierung) in einer Strassendatenbank erlaubt das Nachvollziehen und Beschreiben der zeitlichen Entwicklung der Eigenschaften von Informationsobjekten (z.B. Knotentyp) oder von abgeleiteten Grössen aus dem Strassenraum (z.B. Zustand eines Fahrbahnteilstücks) durch entsprechende Abfragen oder Auswertungen. Die Geschichte kann von der Vergangenheit bis in die Zukunft reichen.
GIS	Geographisches Informationssystem
Informationsobjekt des Strassenmanagements	Ein Informationsobjekt ist ein konkretes oder abstraktes Objekt, über welches das Strassenmanagement Informationen benötigt oder erzeugt.
INA	Teilprojekt VM-CH: Integrierte Applikationen
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informations-Technologie
KLZ	Kantonale Leitzentrale (KLZ) <i>centrale cantonale de gestion du trafic (KLZ)</i>
M-D	Master-Detail-Beziehung
MISTRA	Management Informationssystem Strasse und Strassenverkehr
MISTRA-Basissystem	Fachapplikation von MISTRA für die Verwaltung des Strassennetzes
MISTRA-Trasse	Fachapplikation von MISTRA für die Verwaltung von Infrastrukturdaten der Fahrbahn
MISTRA-EMNS	Fachapplikation von MISTRA für das übergeordnete Erhaltungsmanagement
MSSQL	Datenbankprodukt von Microsoft
.NET	Entwicklungsumgebung für die Softwareentwicklung
Objektklasse	Eine Objektklasse repräsentiert die Menge gleichartiger Informationsobjekte. Sie wird darum z.T. auch Informationsobjekttyp genannt. Die Objektklasse wird beschrieben durch einen Namen, in der Regel mehrere Eigenschaften (Attribute), die den Informationsgehalt festlegen, aus Sicht der Objektorientierung zusätzlich mit mehreren Methoden, die das Verhalten der Objektklasse beschreiben.

OCL	Object Constraint Language
OKSTRA	Objektkatalog für das Strassen- und Verkehrswesen
RDS-TMC	Radio Data System – Traffic Message Channel (RDS-TMC)
RBBS	Räumliches Basisbezugssystem Strasse
RDBMS	Relationale Datenbank Management Systeme
SDB	Strassendatenbank
SN	Schweizer Norm (SN)
SSV OSR	Signalisationsverordnung (SSV) <i>Ordonnance sur la signalisation routière (OSR)</i>
Stammroute <i>itinéraire de base</i>	Signalisierte Route, wo der Betriebszustand der Grundzustand ist.
STRADA	Strassendatenbank
SIS	Strasseninformationssystem: Das Strasseninformationssystem SIS stellt den für das Strassenmanagement Verantwortlichen sowohl die erforderlichen Daten als auch Regeln für die Pflege und die Verarbeitung dieser Daten zur Verfügung.
Strassendatenbank	Informationen über Informationsobjekte des Strassenmanagements werden als Datensätze in Strassendatenbanken erhoben, erfasst, genutzt und ausgetauscht.
Strassenmanagement	Das Strassenmanagement wird hier als umfassende Führungsaufgabe betrachtet. Sie umfasst das Erhaltungsmanagement, das Betriebsmanagement und weitere Führungsaufgaben, wie z.B. das Sicherheitsmanagement.
SQL	Structured Query Language
TERN	Trans European Road Network
TSQL	Erweiterung von SQL für die Beschreibung von temporalen Aspekten. Temporal Structured Query Language.
UML	Unified Modeling Language
Umleitungsrouten <i>itinéraire de déviation</i>	Umleitung zu einer Stammroute. Die Stammroute ist nicht mehr befahrbar oder die Verlustzeit ist grösser als der Umweg über eine verfügbare Umleitungsrouten.
VM	Verkehrsmanagement
VM-CH	Verkehrsmanagement in der Schweiz (VM-CH) <i>gestion du trafic en Suisse (VM-CH)</i>
VMP	Verkehrsmanagementplan (VMP) <i>plan de gestion de trafic (VMP)</i>
VMZ-CH	Verkehrsmanagementzentrale Schweiz (VMZ-CH) <i>centrale nationale suisse de gestion du trafic (VMZ-CH)</i>
RLZ	Regionale Leitzentrale (RLZ) <i>centrale régionale de gestion du trafic (RLZ)</i>
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
Wissenszeitpunkt	Die Angabe des Wissenszeitpunkts einer Version eines Informationsobjekts des Strassenmanagements zeigt, seit wann die von diesem Objekt gespeicherten Informationen, resp. Daten - dem Prozess bekannt sind, der für die Korrektheit und Aktualität dieser Information verantwortlich ist. Dies ist darum wichtig zu wissen, weil erst ab diesem Zeitpunkt die Entscheide im Strassenmanagement unter Berücksichtigung der Informationen, resp. Daten dieses Objekts getroffen wurden. Dieses Datum ist, unabhängig vom Speicherdatum des Datensatzes in der Strassendatenbank, also der Wissenszeitpunkt des Systems, das insbesondere bei Erst- oder Nacherfassungen in der Regel erst viel später ist. - oder dem System bekannt sind: Speicherdatum, Änderungsdatum - oder als geprüftes Wissen gelten, Datum Integritätsprüfung Je nach Betrachtung existieren also für das ein und dasselbe Objekt mehrere Wissenszeitpunkte. In der Regel wird aber nur einer dieser Wissenszeitpunkte ausgewertet.
WTA PMV	Wechseltextanzeige (WTA) <i>panneau à messages variables (PMV)</i>

WWW	Wechselwegweisung (WWW) <i>panneau de direction à indications variables (WWW)</i>
Zeitaspekte von Strassendaten	Die Zeitaspekte von Strassendaten werden - einerseits durch Attribute für den Zeitbezug des Informationsobjekts umgesetzt; diese Attribute umfassen mindestens die zeitliche Gültigkeit und Wissenszeitpunkte (technische und organisatorische Zeitpunkte, wie "Speicherung", "letzte Änderung" usw.) - andererseits durch konzeptionelle Regeln und Datenstrukturen für die Geschichtsschreibung der den Strassendaten zu Grunde liegenden Informationsobjekte des Strassenmanagements umgesetzt.
Zeitliche Gültigkeit	Die zeitliche Gültigkeit einer Version eines Informationsobjekts des Strassenmanagements, beschrieben durch die Zeitpunkte von Beginn und Ende des Gültigkeitszeitraums, zeigt in welchem Zeitraum die von diesem Objekt gespeicherten Informationen, resp. Daten in der Realität gültig waren oder sein werden.
Zeit-Raum-Beziehung	Die Zeit-Raum-Beziehung kombiniert die räumliche und die zeitliche Aussage eines Informationsobjekts: "wann war wo was?" Die Raum-Zeit-Beziehung wird in der Strassendatenbank durch die Summe der Attribute des Raumbezugs und des Zeitbezugs umgesetzt.

Literaturverzeichnis

Bundesgesetze

- [1] Schweizerische Eidgenossenschaft (1985), „**Bundesgesetz vom 22. März 1985 über die Verwendung der zweckgebundenen Mineralölsteuer (MinVG)**“, SR 725.116.2, www.admin.ch.
- [2] Schweizerische Eidgenossenschaft (1960), „**Bundesgesetz vom 8. März 1960 über die Nationalstrassen (NSG)**“, SR 725.11, www.admin.ch.
- [3] Schweizerische Eidgenossenschaft (2007), „**Nationalstrassenverordnung (NSV) vom 7. November 2007**“, SR 725.111, www.admin.ch.
- [4] Schweizerische Eidgenossenschaft (2007), „**Bundesbeschluss vom 21. Juni 1960 über das Nationalstrassennetz**“, SR 725.113, www.admin.ch.
- [5] Schweizerische Eidgenossenschaft (1958), „**Strassenverkehrsgesetz vom 19. Dezember 1958 (SVG)**“, SR 741.01, www.admin.ch.

Verordnungen

- [6] Schweizerische Eidgenossenschaft (2007), „**Nationalstrassenverordnung (NSV) vom 7. November 2007**“, SR 725.111, www.admin.ch.
- [7] Schweizerische Eidgenossenschaft (1962), « **Verkehrsregelverordnung vom 13. November 1962 (VRV)** », SR 741.11, www.admin.ch.
- [8] Schweizerische Eidgenossenschaft (1979), „**Signalisationsverordnung vom 5. September 1979 (SSV)**“, SR 741.21, www.admin.ch.

Bundesbeschlüsse

- [9] Schweizerische Eidgenossenschaft (1960), „**Bundesbeschluss vom 21. Juni 1960 über das Nationalstrassennetz**“, SR 741.113.11, www.admin.ch.

Weisungen und Richtlinien des ASTRA

- [10] Bundesamt für Strassen ASTRA (1999), „**Richtlinie Projektierung und Ausführung von Kunstbauten der Nationalstrassen**“.
- [11] Bundesamt für Strassen ASTRA (2007), „**Branddetektion in Strassentunneln**“, *Richtlinie ASTRA 12004*, V2.00, www.astra.admin.ch.
- [12] Bundesamt für Strassen ASTRA (2007), „**Signalisation der Sicherheitseinrichtungen in Tunneln**“, *Richtlinie ASTRA 13010*, V2.00b (Entwurf 26-09-2007).

Normen

- [13] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2004), „**Projektierung Tunnel - Strassentunnel**“, *Norm SIA 197/2*.
- [14] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1998), „**Massgebender Verkehr**“, *SN 640016a*.
- [15] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2006), „**Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit - Freie Strecke auf Autobahnen**“, *SN 640018a*.
- [16] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2005), „**Strasseninformationssystem: Linearer Raumbezug**“, *SN 640 912*.
- [17] INTERLIS 2 (2006): „**Vermessung und Geoinformation – INTERLIS Modellierungssprache und Datentransfermethode**“, *SN 612 031*.
- [18] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2003), „**Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen (EMF), Zustanserhebung und Indexbewertung**“, *SN 640 925b*.

Fachhandbuch des ASTRA

- [19] Bundesamt für Strassen ASTRA (2011), „**Videoüberwachungsanlage Verkehr**“, *Fachhandbuch ASTRA 23001*, *Technisches Merkblatt 23001-11520*, V0.99.

Dokumentation

- [20] Studiengesellschaft Stahlanwendung (Juli 1998), „Brände in Verkehrstunneln“, *Projekt 145.2 (EUREKA-Versuche)*, Düsseldorf.
- [21] U. von Matt und M. Büchler (février 2007), « **Tirants d'ancrage précontraints en sol et en rocher : Fluctuations de la résistance électrique** », Office fédéral des routes OFROU, *Projet de recherche AGB 2001/489, Rapport VSS No. 612*.
- [22] Europäisches Komitee für Normung CEN (2006), „Prüfungen zum Feuerwiderstand und zur Rauchdichte für Feuer- und Rauchschutzabschlüsse, Fenster und Beschläge – Teil 1: Prüfungen zum Feuerwiderstand für Feuerschutzabschlüsse und Fenster“, *EN 1634-1*.
- [23] Association mondiale de la route AIPCR (1995), « **Tunnels routiers : Émissions, ventilation, environnement** ».
- [24] Association mondiale de la route AIPCR (1999), « **Maîtrise des incendies et des fumées dans les tunnels routiers** ».
- [25] Association mondiale de la route AIPCR (1999), « **Tunnels routiers : Émissions, ventilation, environnement** », *Bericht der Arbeitsgruppe 2*, Kuala Lumpur.
- [26] Association mondiale de la route AIPCR (Novembre 2004), « **Tunnels routiers : Émissions des véhicules et besoin en air pour la ventilation** », *Bericht 05.14.B*.
- [27] Bundesamt für Strassenbau ASB (Mai 1983), „Grundlagen der Belüftung von Strassentunneln“, *SHB-Bericht*.
- [28] Federal Highway Administration (November 1995), „**Memorial Tunnel Fire Ventilation Test Program**“.
- [29] Krishna Kulkarni, Jan-Eike Michels IBM Corporation (September 2012). „**Temporal features in SQL:2011**“
- [30] Aebischer M. GfAI (September 1996), „**STRADA-DB, Konzept Zeitbezug / Archivierung**“
- [31] Canacho-Hübner, Eduardo EPFL (März 2009), „**Traduction des opérations de l'analyse historique dans le langage conceptuel des systèmes d'information géographique pour une exploration des processus morphologiques de la ville et du territoire**“, Thèse 4322 (2009)
- [32] Vijay Khatria, Sudha Ram, Richard T. Snodgrass (Oktober 2004), „**On augmenting database design-support environments to capture the geo-spatio-temporal data semantics**“
- [33] Vega Lopez, I. F., Snodgrass, R., T., Moon, B (2005), „**Spatiotemporal aggregate computation, A Survey, IEEE Transaction on Knowledge and Data Engineering**“
- [34] Pinet F. (2012), „**Entity-relationship and object-oriented formalisms for modeling spatial environmental data**“
- [35] Zhiming Ding and Ralf Hartmut Güting (2004), „**Modeling Temporally Variable Transportation Networks**“
- [36] Ying Song • Harvey J. Miller (Mai 2011), „**Exploring traffic flow databases using space-time plots and data cubes**“
- [37] Vo Thi Ngoc Chau, Suphamit Chittayasothorn (2007), „**A Temporal Meta Database System for 3D Objects**“
- [38] N. Hilker, A. Badoux, C. Hegg (Juni 2009), „**The Swiss flood and landslide damage database 1972–2007**“
- [39] Bo Huang, Li Yao (), „**Spatiotemporal Object Database Approach to Dynamic Segmentation**“
- [40] T. S. Elliot, Burnt Norton, (2011) „**Time present and time past Are both perhaps present in time future, And time future contained in time past**“
- [41] Dr Mache Christoph, (November 2001), „**The Way Forward From a Non-Temporal Semantiv Entity Relationship Model Towards the Desing of a Bi-Temporal Database**“
- [42] Worboys, M., F (1994), „**A unified model for spatial and temporal information**“, The Computer Journal, 37
- [43] Peuquet, D., J (2001) „**Making space for time: Issues in space-time data representation**“, Geoinformatica, 5
- [44] VSS (2001), „**Modélisation d'objets et de processus pour le système d'information routier**“
- [45] VSS (1999), „**Konzeptionelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMS-, BMS- und PMS-Datenbanken**“
- [46] Peuquet, Donna J. (1999), „**Making Space for Time: Issues in Space-Time Data Representation**“

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 20.1.2015

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2011/711
Projekttitel: Zeitaspekte und Historisierung
Enddatum: 21.1.2015

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Der vorliegende Bericht dokumentiert eine umfassende Forschung der für ein Strasseninformationssystem relevanten Zeitaspekte und der Historisierung. Die Ausgangslage wird aus Fachsicht beschrieben. Daraus werden die Zielfunktionen für die Strasseninformationssysteme hergeleitet. Die erarbeiteten Konzepte für Zeitaspekte und Historisierung übernehmen die Anforderungen, welche sich aus den Zielfunktionen ergeben. Im Kapitel Zeitaspekte werden dazu die Zeitformen, die Zeitgranularität, die Zeitaspekte und die Zeittypen definiert und die Anwendung in Strasseninformationssystemen mit Beispielen unterlegt. Für die Darstellung der zeitlichen Gültigkeit der Existenz einer Information und das Wissen über eine Information steht nun eine grafische Notation zur Verfügung. Mit der grafischen Notation lassen sich die zeitlichen Abhängigkeiten zwischen Existenz und Wissen sowie zwischen unterschiedlichen Objektklassen einfach nachvollziehbar darstellen. Für die Erarbeitung von Fachmodellen schlägt die Forschungsstelle eine Modellierung mit UML vor. Das Metamodell von UML wird für die Beschreibung der temporalen Klassen und der temporalen Beziehungen erweitert. Für die Anwendung in einem SIS werden zudem Musterklassen vorgeschlagen, mit welchen sich Ereignisse (mit und ohne Zeitdauer) sowie Status einfach abbilden lassen. Der Forschungsbericht zeigt auf, wie aus den Zeitaspekten die Historisierung implizit oder explizit dargestellt werden kann. Eine vollumfängliche Umsetzung der Forschungsergebnisse in einer Strassendatenbank wird nicht in jedem Fall möglich sein, ist vielleicht gar nicht erwünscht. Der Forschungsauftrag zeigt, wo bezüglich der Zeitaspekte Vereinfachungen vorgenommen werden können und welche Auswirkungen dies auf den Inhalt haben wird. Die konzeptionellen Grundlagen wurden in einem Prototyp umgesetzt. Mit dem Prototyp lassen sich Auswertungen bezüglich Existenz und Wissen darstellen. Damit kann der Zusammenhang der Zeitaspekte in einfacher Weise den Anwendern erläutert werden. Mit dem Prototyp konnten auch Empfehlungen für die Umsetzung gewonnen werden.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Die Ziele des Forschungsauftrags sind:

- Verbesserung des Nutzens aus Strasseninformationssystemen
- Auswirkungen auf Teilhistorisierung
- Empfehlungen

Die Verbesserung des Nutzens aus Strasseninformationssystemen kann mit der Umsetzung erreicht werden. Der Forschungsauftrag liefert dafür die nötigen Grundlagen und Bausteine. Die Auswirkungen bei einer Teilhistorisierung sind systematisch erarbeitet und dienen dem Entscheidungsträger als Grundlage.

Der Forschungsbericht macht Empfehlungen in der Anwendung der Ergebnisse.
Die Ziele wurden voll umfänglich erreicht.

Folgerungen und Empfehlungen:

Im Vergleich zu den in der Situationsanalyse betrachteten Forschungen, Normen und Produkte sind die Forschungsergebnisse viel umfassender. Vor allem werden Zeitaspekte und Historisierung mit allen Auswirkungen systematisch erarbeitet und dokumentiert. Die Ergebnisse sind mit dem Prototyp validiert.

Die Forschungsergebnisse haben einen Stand, der in der Praxis umgesetzt werden kann. Wir empfehlen die wesentlichen Ergebnisse aus Kapitel 6, 7, 8 und 9 in das Normenwerk der VSS aufzunehmen. Parallel dazu können bereits bestehende und neue Strasseninformationssysteme von den Ergebnissen profitieren, wenn diese bei der Modellierung berücksichtigt werden.

Publikationen:

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Koch

Vorname: Rainer

Amt, Firma, Institut: ARGE Rosenthaler + Partner / IMC

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Ce projet a réalisé un travail en profondeur au sujet de la gestion de l'historisation des données à référence spatiale. Il s'est consacrée en particulier à la gestion des relations entre les objets du SIS et leurs données de référence.
La relation entre l'état de connaissance et l'état de la saisie des données dans la base de données est particulièrement analysée, et abordée en détail dans un prototype.

Umsetzung:

Un prototype illustrant différentes possibilités de visualisation des données selon les états de connaissance permet de concrétiser le sujet de cette recherche. Le contenu de ce prototype peut être utilisé facilement dans le cadre de développements à venir.

weitergehender Forschungsbedarf:

Les 3 projets restant à réaliser dans le paquet de recherche (VSS 2011-712, 714 et 715) vont bénéficier du travail réalisé dans le cadre de ce projet.
Ils permettront de tirer profit des éléments documentés dans ce projet.

Einfluss auf Normenwerk:

Une norme SN 640 910.2 Strasseninformationssystem: Zeitaspekte est prévue.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Käser

Vorname: Christoph

Amt, Firma, Institut: ASTRA

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1507	FGU 2007/004	TBM Tunneling in Faulted and Folded Rocks	2015
1505	VSS 2006/509	Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken - Initialprojekt	2014
1503	VSS 2006/515_OBF	Research Package on Bridge Deck Waterproofing Systems: EP5-Mechanisms of Blister Formation	2014
1502	VSS 2010/502	Road – landside interaction : Applications	2014
1501	VSS 2011/705	Grundlagen zur Anwendung von Lebenszykluskosten im Erhaltungsmanagement von Strassenverkehrsanlagen	2014
1500	ASTRA 2010/007	SURPRICE (Sustainable mobility through road user charging) - Swiss contribution: Equity effects of congestion charges and intra-individual variation in preferences	2015
1499	ASTRA 2011/010	Stauprognoseverfahren und -systeme	2014
1498	VSS 2011/914	Coordinated Ramp Metering Control with Variable Speed Limits for Swiss Freeways	2014
1497	VSS 2009/705	Verfahren zur Bildung von homogenen Abschnitten der Strassenverkehrsanlage für das Erhaltungsmanagement Fahrbahnen	2014
1496	VSS 2010/601	Einfluss von Lärmschutzwänden auf das Raumnutzungsverhalten von Reptilien	2014
1495	VSS 2009/703	Zusammenhang Textur und Griffigkeit von Fahrbahnen und Einflüsse auf die Lärmemission	2014
1494	VSS 2010/704	Erhaltungsmanagement der Strassen - Erarbeiten der Grundlagen und Schadenkataloge zur systematischen Zustandserhebung und -bewertung von zusätzlichen Objekten der Strassen	2014
1493	VSS 2006/001	Neue Methoden zur Beurteilung der Tieftemperatureigenschaften von bitumenhaltigen Bindemitteln	2014
1492	SVI 2004/029	Kombiniertes Verkehrsmittel- und Routenwahlmodell	2014
1491	VSS 2007/704	Gesamtbewertung von Kunstbauten	2014

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1490	FGU 2004/002	Langzeit-Beständigkeit von Tunnel-Abdichtungssystemen aus Kunststoffen (Best TASK)	2014
1489	VSS 2006/516_OBF	Forschungspaket Brückenabdichtungen: EP6 - Anschlüsse von Brückenabdichtungen	2014
1488	SVI 2007/020	Methodik zur Nutzenermittlung von Verkehrsdosierungen	2014
1487	SVI 2008/001	Erfahrungsbericht Forschungsbündel	2014
1486	SVI 2004/005	Partizipation in Verkehrsprojekten	2014
1485	VSS 2007/401	Anforderungen an Anschlussfugensysteme in Asphaltdecken - Teil 1: Praxiserfahrung	2014
1484	FGU 2010/003	Misestimating time of collision in the tunnel entrance due to a disturbed adaptation	2014
1483	VSS 2005/452	Forschungspaket Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut: EP1: Optimaler Anteil an Ausbauasphalt	2014
1482	ASTRA 2010/018	SURPRICE: Sustainable mobility through road user charges Swiss contribution: Comprehensive road user charging (RUC)	2015
1481	VSS 2001/702	Application des méthodes de représentation aux données routières	2014
1480	ASTRA 2008/004	Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt Modell eines siedlungsübergreifenden Unterhalts	2014
1479	ASTRA 2005/004	Entscheidungsgrundlagen & Empfehlungen für ein nachhaltiges Baustoffmanagement	2014
1478	VSS 2005/455	Research Package on Recycling of Reclaimed Asphalt in Hot Mixes - EP4: Evaluation of Durability	2014
1477	VSS 2008/503	Feldversuch mit verschiedenen Pflästerungen und Plattendecken	2014
1476	VSS 2011/202	Projet initial pour la conception multi-usagers des carrefours	2014
1475	VSS 1999/125	Ringversuch "Eindringtiefe eines ebenen Stempels, statische Prüfung an Gussasphalt"	2014
1474	VSS 2009/704	Wechselwirkung zwischen Aufgrabungen, Zustand und Alterungsverhalten im kommunalen Strassennetz-Entwicklung eines nachhaltigen Aufgrabungsmanagement	2014

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1473	VSS 2011/401	Forschungspaket "POLIGRIP - Einfluss der Polierbarkeit von Gesteinskörnungen auf die Griffigkeit von Deckschichten - Initialprojekt"	2014
1472	SVI 2010/003	Einfluss der Verlässlichkeit der Verkehrssysteme auf das Verkehrsverhalten	2014
1471	ASTRA 2008/011	Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr Forschungspaket UVEK/ASTRA - Synthese	2014
1470	VSS 2011/907	Initialprojekt für ein Forschungspaket "Kooperative Systeme für Fahrzeug und Strasse"	2014
1469	VSS 2008/902	Untersuchungen zum Einsatz von Bewegungssensoren für fahrzeitbezogene Verkehrstelematik-Anwendungen	2014
1468	VSS 2010/503	Utilisation des géostructures énergétiques pour la régulation thermique et l'optimisation énergétique des infrastructures routières et ouvrages d'art	2014
1467	ASTRA 2010/021	Sekundärer Feinstaub vom Verkehr	2014
1466	VSS 2010/701	Grundlagen zur Revision der Normen über die visuelle Erhebung des Oberflächenzustands	2014
1465	ASTRA 2000/417	Erfahrungen mit der Sanierung und Erhaltung von Betonoberflächen	2014
1462	ASTRA 2011/004	Ermittlung der Versagensgrenze eines T2 Norm-Belages mit der mobiles Grossversuchsanlage MLS10	2014
1460	SVI 2007/017	Nutzen der Verkehrsinformation für die Verkehrssicherheit	2014
1459	VSS 2002/501	Leichtes Fallgewichtsgesetz für die Verdichtungskontrolle von Foundationsschichten	2014
1458	VSS 2010/703	Umsetzung Erhaltungsmanagement für Strassen in Gemeinden - Arbeitshilfen als Anhang zur Norm 640 980	2014
1457	SVI 2012/006	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 5: Medizinische Folgen des Strassenunfallgeschehens	2014
1456	SVI 2012/005	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 4: Einflüsse des Wetters auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1455	SVI 2012/004	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 3: Einflüsse von Fahrzeugeigenschaften auf das Strassenunfallgeschehen	2014

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1454	SVI 2012/003	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 2: Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1453	SVI 2012/002	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 1: Einflüsse von Mensch und Gesellschaft auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1452	SVI 2012/001	Forschungspaket VeSPA: Synthesebericht Phase 1	2014
1451	FGU 2010/006	Gasanalytik zur frühzeitigen Branddetektion in Tunneln	2013
1450	VSS 2002/401	Kaltrecycling von Ausbauasphalt mit bituminösen Bindemitteln	2014
1449	ASTRA 2010/024	E-Scooter - Sozial- und naturwissenschaftliche Beiträge zur Förderung leichter Elektrofahrzeuge in der Schweiz	2013
1448	SVI 2009/008	Anforderungen der Güterlogistik an die Netzinfrastruktur und die langfristige Netzentwicklung in der Schweiz. Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt C	2014
1447	SVI 2009/005	Informationstechnologien in der zukünftigen Gütertransportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt E	2013
1446	VSS 2005/454	Forschungspaket Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut: EP3: Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung	2013
1445	VSS 2009/301	Öffnung der Busstreifen für weitere Verkehrsteilnehmende	2013
1444	VSS 2007/306	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Anlagen des leichten Zweirad- und des Fussgängerverkehrs	2013
1443	VSS 2007/305	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen ÖV	2013
1442	SVI 2010/004	Messen des Nutzens von Massnahmen mit Auswirkungen auf den Langsamverkehr - Vorstudie	2013
1441_2	SVI 2009/010	Zielsystem im Güterverkehr. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz - Teilprojekt G	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1441_1	SVI 2009/010	Effizienzsteigerungspotenziale in der Transportwirtschaft durch integrierte Bewirtschaftungsinstrumente aus Sicht der Infrastrukturbetreiber Synthese der Teilprojekte B3, C, D, E und F des Forschungspakets Güterverkehr anhand eines Zielsystems für den Güterverkehr	2013
1440	SVI 2009/006	Benchmarking-Ansätze im Verkehrswesen	2013
1439	SVI 2009/002	Konzept zur effizienten Erfassung und Analyse der Güterverkehrsdaten Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz von Verkehrsmitteln im Güterverkehr der Schweiz TP A	2013
1438_2	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 2. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1438_1	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 1. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1437	VSS 2008/203	Trottoirüberfahrten und punktuelle Querungen ohne Vortritt für den Langsamverkehr	2013
1436	VSS 2010/401	Auswirkungen verschiedener Recyclinganteile in ungebundenen Gemischen	2013
1435	FGU 2008/007_OBF	Schadstoff- und Rauchkurzschlüsse bei Strassentunneln	2013
1434	VSS 2006/503	Performance Oriented Requirements for Bituminous Mixtures	2013
1433	ASTRA 2010/001	Güterverkehr mit Lieferwagen: Entwicklungen und Massnahmen Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B3	2013
1432	ASTRA 2007/011	Praxis-Kalibrierung der neuen mobilen Grossversuchsanlage MLS10 für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen in der Schweiz	2013
1431	ASTRA 2011/015	TeVeNOx - Testing of SCR-Systems on HD-Vehicles	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1430	ASTRA 2009/004	Impact des conditions météorologiques extrêmes sur la chaussée	2013
1429	SVI 2009/009	Einschätzungen der Infrastrukturnutzer zur Weiterentwicklung des Regulativs Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP F	2013
1428	SVI 2010/005	Branchenspezifische Logistikkonzepte und Güterverkehrsaufkommen sowie deren Trends Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B2	2013
1427	SVI 2006/002	Begegnungszonen - eine Werkschau mit Empfehlungen für die Realisierung	2013
1426	ASTRA 2010/025_OBF	Luftströmungsmessung in Strassentunneln	2013
1425	VSS 2005/401	Résistance à l'altération des granulats et des roches	2013
1424	ASTRA 2006/007	Optimierung der Baustellenplanung an Autobahnen	2013
1423	ASTRA 2010/012	Forschungspaket: Lärmarme Beläge innerorts EP3: Betrieb und Unterhalt lärmarmen Beläge	2013
1422	ASTRA 2011/006_OBF	Fracture processes and in-situ fracture observations in Gipskeuper	2013
1421	VSS 2009/901	Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologiemodells für die VM-Anwendungen in der Schweiz (MDATrafo)	2013
1420	SVI 2008/003	Projektierungsfreiräume bei Strassen und Plätzen	2013
1419	VSS 2001/452	Stabilität der Polymere beim Heisseinbau von PmB-haltigen Strassenbelägen	2013
1418	VSS 2008/402	Anforderungen an hydraulische Eigenschaften von Geokunststoffen	2012
1417	FGU 2009/002	Heat Exchanger Anchors for Thermo-active Tunnels	2013
1416	FGU 2010/001	Sulfatwiderstand von Beton: verbessertes Verfahren basierend auf der Prüfung nach SIA 262/1, Anhang D	2013
1415	VSS 2010/A01	Wissenslücken im Infrastrukturmanagementprozess "Strasse" im Siedlungsgebiet	2013
1414	VSS 2010/201	Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		Strassenausstattung	
1413	SVI 2009/003	Güterverkehrsintensive Branchen und Güterverkehrsströme in der Schweiz Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz Teilprojekt B1	2013
1412	ASTRA 2010/020	Werkzeug zur aktuellen Gangliniennorm	2013
1411	VSS 2009/902	Verkehrstelematik für die Unterstützung des Verkehrsmanagements in ausserordentlichen Lagen	2013
1410	VSS 2010/202_OBF	Reduktion von Unfallfolgen bei Bränden in Strassentunneln durch Abschnittsbildung	2013
1409	ASTRA 2010/017_OBF	Regelung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2013
1408	VSS 2000/434	Viellissement thermique des enrobés bitumineux en laboratoire	2012
1407	ASTRA 2006/014	Fusion des indicateurs de sécurité routière : FUSAIN	2012
1406	ASTRA 2004/015	Amélioration du modèle de comportement individuel du Conducteur pour évaluer la sécurité d'un flux de trafic par simulation	2012
1405	ASTRA 2010/009	Potential von Photovoltaik an Schallschutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen	2012
1404	VSS 2009/707	Validierung der Kosten-Nutzen-Bewertung von Fahrbahn-Erhaltungsmassnahmen	2012
1403	SVI 2007/018	Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen	2012
1402	VSS 2008/403	Witterungsbeständigkeit und Durchdrückverhalten von Geokunststoffen	2012
1401	SVI 2006/003	Akzeptanz von Verkehrsmanagementmassnahmen-Vorstudie	2012
1400	VSS 2009/601	Begrünte Stützgitterböschungssysteme	2012
1399	VSS 2011/901	Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Incentivierung	2012
1398	ASTRA 2010/019	Environmental Footprint of Heavy Vehicles Phase III: Comparison of Footprint and Heavy Vehicle Fee (LSVA) Criteria	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1397	FGU 2008/003_OBF	Brandschutz im Tunnel: Schutzziele und Brandbemessung Phase 1: Stand der Technik	2012
1396	VSS 1999/128	Einfluss des Umhüllungsgrades der Mineralstoffe auf die mechanischen Eigenschaften von Mischgut	2012
1395	FGU 2009/003	KarstALEA: Wegleitung zur Prognose von karstspezifischen Gefahren im Untertagbau	2012
1394	VSS 2010/102	Grundlagen Betriebskonzepte	2012
1393	VSS 2010/702	Aktualisierung SN 640 907, Kostengrundlage im Erhaltungsmanagement	2012
1392	ASTRA 2008/008_009	FEHRL Institutes WIM Initiative (Fiwi)	2012
1391	ASTRA 2011/003	Leitbild ITS-CH Landverkehr 2025/30	2012
1390	FGU 2008/004_OBF	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Belchentunnel	2012
1389	FGU 2003/002	Long Term Behaviour of the Swiss National Road Tunnels	2012
1388	SVI 2007/022	Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren	2012
1387	VSS 2010/205_OBF	Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1386	VSS 2006/204	Schallreflexionen an Kunstbauten im Strassenbereich	2012
1385	VSS 2004/703	Bases pour la révision des normes sur la mesure et l'évaluation de la planéité des chaussées	2012
1384	VSS 1999/249	Konzeptuelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-DB	2012
1383	FGU 2008/005	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Chienbergtunnel	2012
1382	VSS 2001/504	Optimierung der statischen Eindringtiefe zur Beurteilung von harten Gussasphaltsorten	2012
1381	SVI 2004/055	Nutzen von Reisezeiteinsparungen im Personenverkehr	2012
1380	ASTRA 2007/009	Wirkungsweise und Potential von kombinierter Mobilität	2012
1379	VSS 2010/206_OBF	Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		Prozessleitsystemen	
1378	SVI 2004/053	Mehr Sicherheit dank Kernfahrbahnen?	2012
1377	VSS 2009/302	Verkehrssicherheitsbeurteilung bestehender Verkehrsanlagen (Road Safety Inspection)	2012
1376	ASTRA 2011/008_004	Erfahrungen im Schweizer Betonbrückenbau	2012
1375	VSS 2008/304	Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen	2012
1374	FGU 2004/003	Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens für Schweissnähte von KDB	2012
1373	VSS 2008/204	Vereinheitlichung der Tunnelbeleuchtung	2012
1372	SVI 2011/001	Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen	2012
1371	ASTRA 2008/017	Potenzial von Fahrgemeinschaften	2011
1370	VSS 2008/404	Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahnen aus Betongranulat	2011
1369	VSS 2003/204	Rétention et traitement des eaux de chaussée	2012
1368	FGU 2008/002	Soll sich der Mensch dem Tunnel anpassen oder der Tunnel dem Menschen?	2011
1367	VSS 2005/801	Grundlagen betreffend Projektierung, Bau und Nachhaltigkeit von Anschlussgleisen	2011
1366	VSS 2005/702	Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit	2010
1365	SVI 2004/014	Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining?	2011
1364	SVI 2009/004	Regulierung des Güterverkehrs Auswirkungen auf die Transportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP D	2012
1363	VSS 2007/905	Verkehrsprognosen mit Online -Daten	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung	2012
1360	VSS 2010/203	Akustische Führung im Strassentunnel	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1359	SVI 2004/003	Wissens- und Technologientransfer im Verkehrsbereich	2012
1358	SVI 2004/079	Verkehrsanbindung von Freizeitanlagen	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer?	2012
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhang D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis	2011
1354	VSS 2003/203	Anordnung, Gestaltung und Ausführung von Treppen, Rampen und Treppenwegen	2011
1353	VSS 2000/368	Grundlagen für den Fussverkehr	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen)	2011
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene	2011
1347	VSS 2000/455	Leistungsfähigkeit von Parkieranlagen	2010
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung	2010
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS"	2011
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren	2010
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr	2011
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten	2010
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit	2009
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors	2010
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im Labormassstab	2011
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen	2011
1333	SVI 2007/001	Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum	2011
1332	VSS 2006/905	Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement	2011
1331	VSS 2005/501	Rückrechnung im Strassenbau	2011
1330	FGU 2008/006	Energiegewinnung aus städtischen Tunneln: Systemevaluation	2010
1329	SVI 2004/073	Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen	2010
1328	VSS 2005/302	Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten	2011
1327	VSS 2006/601	Vorhersage von Frost und Nebel für Strassen	2010
1326	VSS 2006/207	Erfolgskontrolle Fahrzeugrückhaltesysteme	2011
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes.	2010
1324	VSS 2004/702	Eigenheiten und Konsequenzen für die Erhaltung der Strassenverkehrsanlagen im überbauten Gebiet	2009
1323	VSS 2008/205	Ereignisdetektion im Strassentunnel	2011
1322	SVI 2005/007	Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1321	VSS 2008/501	Validation de l'oedomètre CRS sur des échantillons intacts	2010
1320	VSS 2007/303	Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen	2010
1318	FGU 2006/001	Langzeitversuche an anhydritführenden Gesteinen	2010
1317	VSS 2000/469	Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen	2010
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen	2010
1315	VSS 2006/904	Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung	2010
1312	SVI 2004/006	Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz	2010
1311	VSS 2000/543	VIABILITE DES PROJETS ET DES INSTALLATIONS ANNEXES	2010
1310	ASTRA 2007/002	Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2010
1309	VSS 2008/303	Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen	2010
1308	VSS 2008/201	Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung	2010
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt	2008
1306	ASTRA 2008/002	Strassenglätte-Prognosesystem (SGPS)	2010
1305	VSS 2000/457	Verkehrserzeugung durch Parkieranlagen	2009
1304	VSS 2004/716	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen	2008
1303	ASTRA 2009/010	Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen;	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		Überprüfung	
1302	VSS 1999/131	Zusammenhang zwischen Bindemittleigenschaften und Schadensbildern des Belages?	2010
1301	SVI 2007/006	Optimierung der Strassenverkehrsunfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen	2009
1300	VSS 2003/903	SATELROU Perspectives et applications des méthodes de navigation pour la télématique des transports routiers et pour le système d'information de la route	2010
1299	VSS 2008/502	Projet initial - Enrobés bitumineux à faibles impacts énergétiques et écologiques	2009
1298	ASTRA 2007/012	Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen	2010
1297	VSS 2007/702	Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement	2009
1296	ASTRA 2007/008	Swiss contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP)	2010
1295	VSS 2005/305	Entwurfsgrundlagen für Lichtsignalanlagen und Leitfaden	2010
1294	VSS 2007/405	Wiederhol- und Vergleichspräzision der Druckfestigkeit von Gesteinskörnungen am Haufwerk	2010
1293	VSS 2005/402	Détermination de la présence et de l'efficacité de dope dans les bétons bitumineux	2010
1292	ASTRA 2006/004	Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle	2010
1291	ASTRA 2009/005	Fahrmuster auf überlasteten Autobahnen Simultanes Berechnungsmodell für das Fahrverhalten auf Autobahnen als Grundlage für die Berechnung von Schadstoffemissionen und Fahrzeitgewinnen	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers	2008
1289	VSS 2005/505	Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, nationale Umsetzung der EN	2010
1288	ASTRA 2006/020	Footprint II - Long Term Pavement Performance	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		and Environmental Monitoring on A1	
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren	2009
1286	VSS 2000/338	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung	2010
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen	2009
1284	VSS 2004/203	Evacuation des eaux de chaussée par les bas-cotés	2010
1283	VSS 2000/339	Grundlagen für eine differenzierte Bemessung von Verkehrsanlagen	2008
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmassnahmen	2010
1281	SVI 2004/002	Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben	2009
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrpsychologischer Teilbericht	2010
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht	2009
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie	2010
1276	VSS 2006/201	Überprüfung der schweizerischen Ganglinien	2008
1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology	2009
1274	SVI 2004/088	Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1273	ASTRA 2008/006	UNTERHALT 2000 - Massnahme M17, FORSCHUNG: Dauerhafte Materialien und Verfahren SYNTHESE - BERICHT zum Gesamtprojekt "Dauerhafte Beläge" mit den Einzelnen Forschungsprojekten: - ASTRA 200/419: Verhaltensbilanz der Beläge auf Nationalstrassen - ASTRA 2000/420: Dauerhafte Komponenten auf der Basis erfolgreicher Strecken - ASTRA 2000/421: Durabilité des enrobés - ASTRA 2000/422: Dauerhafte Beläge, Rundlaufversuch - ASTRA 2000/423: Griffigkeit der Beläge auf Autobahnen, Vergleich zwischen den Messergebnissen von SRM und SCRIM - ASTRA 2008/005: Vergleichsstrecken mit unterschiedlichen oberen Tragschichten auf einer Nationalstrasse	2008
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen	2010
1271	VSS 2004/201	Unterhalt von Lärmschirmen	2009
1270	VSS 2005/502	Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärtsrechnung	2009
1269	VSS 2005/201	Evaluation von Fahrzeugrückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen	2009
1268	ASTRA 2005/007	PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Strassenverkehrs (APART)	2009
1267	VSS 2007/902	MDAinSVT Einsatz modellbasierter Datentransfernormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik	2009
1266	VSS 2000/343	Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr	2009
1265	VSS 2005/701	Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigenschaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhaltigen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung)	2009
1264	SVI 2004/004	Verkehrspolitische Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung	2009
1263	VSS 2001/503	Phénomène du dégel des sols gélifs dans les infrastructures des voies de communication et les pergélisols alpins	2006
1262	VSS 2003/503	Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1261	ASTRA 2004/018	Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen	2009
1260	FGU 2005/001	Testeinsatz der Methodik "Indirekte Vorauserkundung von wasserführenden Zonen mittels Temperaturdaten anhand der Messdaten des Lötschberg-Basistunnels	2009
1259	VSS 2004/710	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Synthesebericht	2008
1258	VSS 2005/802	Kapthaltestellen Anforderungen und Auswirkungen	2009
1257	SVI 2004/057	Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen	2009
1256	VSS 2006/903	Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung	2009
1255	VSS 2006/901	Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit	2009
1254	VSS 2006/502	Drains verticaux préfabriqués thermiques pour la consolidation in-situ des sols	2009
1253	VSS 2001/203	Rétention des polluants des eaux de chaussées selon le système "infiltrations sur les talus". Vérification in situ et optimisation	2009
1252	SVI 2003/001	Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)	2009
1251	ASTRA 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumineux	2008
1250	VSS 2005/202	Strassenabwasser Filterschacht	2007
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen	2009
1248	VSS 2000/433	Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt	2008
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen	2009
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1245	VSS 2004/701	Verfahren zur Bestimmung des Erhaltungsbedarfs in kommunalen Strassennetzen	2009
1244	VSS 2004/714	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen	2008
1243	VSS 2000/463	Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen	2008
1242	VSS 2005/451	Recycling von Ausbausphalt in Heissmischgut	2007
1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests	2009
1240	ASTRA 2002/010	L'acceptabilité du péage de congestion : Résultats et analyse de l'enquête en Suisse	2009
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen	2009
1238	VSS 2005/303	Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen	2008
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz	2009
1236	ASTRA 2008/008_07	Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR	2008
1235	VSS 2004/711	Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen - Standardisierte Erhaltungsmassnahmen	2008
1234	VSS 2006/504	Expérimentation in situ du nouveau drainomètre européen	2008
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten	2009
665	AGB 2011/001	Wirksamkeit und Prüfung der Nachbehandlungsmethoden von Beton	2014
664	AGB 2009/005	Charges de trafic actualisées pour les dalles de roulement en béton des ponts existants	2014
663	AGB 2003/014	Seismic Safety of Existing Bridges	2014
662	AGB 2008/001	Seismic Safety of Existing Bridges - Cyclic Inelastic Behaviour of Bridge Piers	2014

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
661	AGB 2010/002	Fatigue limit state of shear studs in steel-concrete composite road bridges	2014
660	AGB 2008/002	Indirekt gelagerte Betonbrücken - Sachstandsbericht	2014
659	AGB 2009/014	Suizidprävention bei Brücken: Follow-Up	2014
658	AGB 2006/015_OBF	Querkraftwiderstand vorgespannter Brücken mit ungenügender Querkraftbewehrung	2014
657	AGB 2003/012	Brücken in Holz: Möglichkeiten und Grenzen	2013
656	AGB 2009/015	Experimental verification of integral bridge abutments	2013
655	AGB 2007/004	Fatigue Life Assessment of Roadway Bridges Based on Actual Traffic Loads	2013
654	AGB 2005-008	Thermophysical and Thermomechanical Behavior of Cold-Curing Structural Adhesives in Bridge Construction	2013
653	AGB 2007/002	Poinçonnement des ponts dalles précontraints	2013
652	AGB 2009/006	Detektion von Betonstahlbrüchen mit der magnetischen Streufeldmethode	2013
651	AGB 2006/006_OBF	Instandsetzung und Monitoring von AAR-geschädigten Stützmauern und Brücken	2013
650	AGB 2005/010	Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Betonstählen	2012
649	AGB 2008/012	Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen	2012
648	AGB 2005/023 + AGB 2006/003	Validierung der AAR-Prüfungen für Neubau und Instandsetzung	2011
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post-tensioning tendons in bridges	2011
646	AGB 2005/018	Interactin sol-structure : ponts à culées intégrales	2010
645	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat	2010
644	AGB 2005/004	Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton	2010
643	AGB 2005/014	Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		Abbruch	
642	AGB 2002/006	Verbund von Spanngliedern	2009
641	AGB 2007/007	Empfehlungen zur Qualitätskontrolle von Beton mit Luftpermeabilitätsmessungen	2009
640	AGB 2003/011	Nouvelle méthode de vérification des ponts mixtes à âme pleine	2010
639	AGB 2008/003	RiskNow-Falling Rocks Excel-basiertes Werkzeug zur Risikoermittlung bei Steinschlagschutzgalerien	2010
638	AGB2003/003	Ursachen der Rissbildung in Stahlbetonbauwerken aus Hochleistungsbeton und neue Wege zu deren Vermeidung	2008
637	AGB 2005/009	Détermination de la présence de chlorures à l'aide du Géoradar	2009
636	AGB 2002/028	Dimensionnement et vérification des dalles de roulement de ponts routiers	2009
635	AGB 2004/002	Applicabilité de l'enrobé drainant sur les ouvrages d'art du réseau des routes nationales	2008
634	AGB 2002/007	Untersuchungen zur Potenzialfeldmessung an Stahlbetonbauten	2008
633	AGB 2002/014	Oberflächenschutzsysteme für Betontragwerke	2008
632	AGB 2008/201	Sicherheit des Verkehrssystem Strasse und dessen Kunstbauten Testregion - Methoden zur Risikobeurteilung Schlussbericht	2010
631	AGB 2000/555	Applications structurales du Béton Fibré à Ultra-hautes Performances aux ponts	2008
630	AGB 2002/016	Korrosionsinhibitoren für die Instandsetzung chloridverseuchter Stahlbetonbauten	2010
629	AGB 2003/001 + AGB 2005/019	Integrale Brücken - Sachstandsbericht	2008
628	AGB 2005/026	Massnahmen gegen chlorid-induzierte Korrosion und zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit	2008
627	AGB 2002/002	Eigenschaften von normalbreiten und überbreiten Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen nach starker Verkehrsbelastung	2008
626	AGB 2005/110	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Baustellensicherheit bei	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		Kunstabauten	
625	AGB 2005/109	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstabauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstabauten	2009
624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstabauten / Risikobeurteilung für Kunstabauten	2010
623	AGB 2005/107	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstabauten: Tragsicherheit der bestehenden Kunstabauten	2009
622	AGB 2005/106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	2009
621	AGB 2005/105	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstabauten Szenarien der Gefahrenentwicklung	2009
620	AGB 2005/104	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstabauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen	2009
619	AGB 2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstabauten / Ermittlung des Netzrisikos	2010
618	AGB 2005/102	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstabauten: Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung	2009
617	AGB 2005/100	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstabauten Synthesebericht	2010
616	AGB 2002/020	Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstabauten	2009