



Master Thesis

im Rahmen des
Universitätslehrgang „Geographical Information Science & Systems“
(UNIGIS MSc) am Zentrum für Geoinformatik (Z_GIS)
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema:

„Erarbeitung eines Datenmodells für Raum- und Bauleitplanung in Montenegro“

vorgelegt von

Dipl. Ing. Yvonne Müller
U1259, UNIGIS MSc Jahrgang 2006

Zur Erlangung des Grades
„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) –
MSc(GIS)“

Gutachter:
Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Podgorica, 28. Juli 2008

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die von mir am heutigen Tage am Zentrum für Geoinformatik (Z_GIS) der Universität Salzburg eingereichte Master Thesis zum Thema

„Erarbeitung eines Datenmodells für Raum- und Bauleitplanung in Montenegro“

vollkommen selbstständig und nur unter Zuhilfenahme der in der Arbeit angegebenen Literatur angefertigt habe.

Podgorica, den 28. Juli 2008

Yvonne Müller

Danksagung

Neben allen Mitgliedern der Arbeitsgruppe MonPlan möchte ich mich besonders bei Gordana Raikcević und Dejan Mitrović für ihre technische Unterstützung bei der Aufbereitung der Referenzpläne sowie bei Dr. Kai-Uwe Krause, Dr. Joachim Benner und Thomas Eichhorn für die fachliche Unterstützung bei der Erarbeitung des Datenmodells bedanken.

Erst durch ihre Unterstützung wurde die Fertigstellung vorliegender Arbeit ermöglicht.

Kurzfassung

Die planerischen Zielvorstellungen von Städten und Kommunen manifestieren sich in planerischen Konzepten und Planwerken der Raumordnung und Bauleitplanung. Sie bereiten Investitionen vor und bilden die Grundlage für eine geordnete städtebauliche Entwicklung.

Aufgrund der historischen Entwicklung ist dies für das heutige Montenegro in besonderer Weise gültig. Geprägt wird die derzeitige Situation durch die Umstellung auf eine Marktwirtschaft sowie dem Stabilisierungs- und Assoziierungsprozess an die Europäische Union. Basis für eine nachhaltige Entwicklung des Landes ist insbesondere eine zügige Aktualisierung der veralteten Planwerke auf allen Ebenen. Angemessene Plangrundlagen als Handlungsbasis der Behörden werden dringend benötigt.

Das in vorliegender Arbeit entwickelte UML-Datenmodell MonPlan ist ein standardisiertes, objektorientiertes Datenmodell für die Raumordnungs- und Bauleitplanung in Montenegro. Es bildet die Festsetzungen und Darstellungen der verschiedenen Planungsdokumente aller Hierarchieebenen in Montenegro entsprechend der derzeitigen Gesetzeslage vollständig und standardisiert ab. MonPlan leistet auf diese Weise einen wichtigen Beitrag zur interoperablen Verfügbarmachung von staatlichen und lokalen Plänen und deren verlustfreiem Austausch zwischen verschiedenen IT-Systemen der am Planungsprozess Beteiligten. Es legt die Grundlage für die Entwicklung web-basierter Dienste und somit zu einer effizienteren und kundenorientierteren Verwaltung.

MonPlan verfolgt eine 3-stufige Modellierung der Planungsinhalte: Gesamtplan, Planbereich bzw. thematischer Plan, Planobjekt. Ein Basisschema bildet die Grundlage für vier Applikationsschemas mit den konkreten Fachklassen. Ein Applikationsschema beinhaltet die Festsetzungen einer Planungsebene oder mehrerer, semantisch ähnlicher Planarten.

Diese Grundstruktur sowie weitere angewandte Prinzipien sind auf andere Datenmodelle im Raum- und Bauleitplanungsbereich übertragbar.

Abstract

The planning visions of towns and municipalities are expressed in planning concepts and documents of spatial and urban planning. They prepare for investments and are base of a steered urban development.

Due to its historical development this applies particularly to Montenegro. The current situation is shaped by the transition into a market economy and the association and stabilisation process towards the EU. Foundation for a sustainable development of the country is in particular a rapid up-dating of existing planning documentation at all levels. Adequate planning documents as base for decisions of the authorities are badly needed.

The UML-data model MonPlan developed in paper at hand is a standardized, object oriented data model for spatial and urban planning in Montenegro. It represents content and stipulations of the different planning documents at all planning levels in Montenegro according to the current legal regulations in a complete and standardized manner. By this, MonPlan substantially contributes to interoperable availability of state and local plans as well as their exchange between different IT-systems of parties involved in the planning process without loss of data. It serves as a base for development of web-based services and consequently to a more efficient and client-oriented administration.

MonPlan is modelled applying a three level approach: whole plan, plan sector or thematic map, plan object. A basic schema creates the base for four application schemas. A applications schema contains the stipulations of a planning level or of several similar plan types.

This basic structure as well as additionally applied principles are suitable to be transferred to other data models in spatial and urban planning sector.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	V
Abstract	VI
Inhaltsverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	X
1 Einführung	1
1.1 Motivation und Zielsetzung	1
1.2 Lösungsansatz und Struktur der Arbeit	3
2 Grundlagen und Ausgangssituation	5
2.1 Interoperabilität im Geoinformationswesen	5
2.1.1 Begriffsbestimmung und Bedeutung	5
2.1.2 Interoperabilität durch Normen und Standards	7
2.1.3 GML-basierte Kodierung von Geodaten	13
2.2 Objektorientierte Modellierung von Geodaten	15
2.2.1 Modellierung der realen Welt	16
2.2.2 Prinzipien der Objektorientierten Modellierung:	17
2.2.3 Objektorientierte Modellierung mit der UML	18
2.2.4 Objektorientierte Modellierung von Raum- und Bauleitplänen	23
2.3 Rechtliche Rahmenbedingungen	24
2.3.1 Nationale rechtliche Bestimmungen für Planwerke	24
2.3.2 Europäische Regelungen	28
2.3.3 Sonstige Standardisierungsaktivitäten	28
3 MonPlan - ein Datenmodell für Raum- und Bauleitplanung in Montenegro	29
3.1 Allgemeine Anforderungen	29
3.2 Lösungsansatz	30
3.3 Basisschema	33
3.4 Fachschema	38
4 Zusammenfassung und Ausblick	41
Literatur	44
Anhang: UML-Klassendiagramme	46

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 2-1	Auswahl internationaler und nationaler Normierungs- und Standardisierungsorganisationen im Bereich Geoinformation	8
Tabelle 2-2	wichtige Normen des ISO/TC211 (Auswahl)	9
Tabelle 2-3	Open GIS Abstract Specifications	11
Tabelle 2-4	Kategorien von OGC-Web-Services	13
Tabelle 2-5	staatliche und lokale Pläne in Montenegro	27
Tabelle 3-1	Zuordnung Applikationsschema – Planarten	30
Tabelle 3-2	Referenzpläne	33
Tabelle 3-3	Attribute der Basisklassen <i>MP_Plan</i> , <i>MP_Sector</i> und <i>MP_Object</i>	36
Tabelle 3-4	Pakete der Fachschema PPR und GUP	39
Abbildung 1-1	Modellierungsprozess für MonPlan	4
Abbildung 2-1	Bezug von GML-Anwendungsschema zu Standards und Normen	14
Abbildung 2-2	Prinzip der Visualisierung von GML mittels XSL-Transformationen nach SVG (nach [3, S. 7])	15
Abbildung 2-3	Notation für Klassen und Attributen	20
Abbildung 2-4	Notation für Assoziationen (nach http://www.oose.de)	21
Abbildung 2-5	Notation für Multizipplitäten	21
Abbildung 2-6	Notation für Aggregation und Komposition	22
Abbildung 2-7	Notation für Generalisierung	22
Abbildung 2-8	Planungshierarchie in Montenegro	24
Abbildung 3-1	MonPlan Basisschema – Applikationsschema	31
Abbildung 3-2	Referenzplan GUP_fiktivni.dwg (Ausschnitt)	33
Abbildung 3-3	MonPlan-Basisklassen	34
Abbildung 3-4	Ableitung der Basisklassen der Fachpläne	35
Abbildung 3-5	Präsentationsobjekte in MonPlan	37
Abbildung 3-6	Enumeration MP_PlanStatus	38

Abbildung 3-7	Oberklassen für Fachobjekte am Beispiel GUP	38
Abbildung 3-8	Modellierung von Katasterdaten	40
Abbildung 4-1	Entwicklung eines Fachdatenmodells für Planungszwecke	42

Abkürzungsverzeichnis

AAA	AFIS-ALKIS-ATKIS
Adv	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland
BauGB	Baugesetzbuch
CAD	Computer Aided Design
CEN	Comité Européen de Normalisation
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
IDL	Interface Definition Language
i.d.R.	in der Regel
IMAGI	Interministerieller Ausschuss für Geoinformationswesen
INSPIRE	Richtlinie der EU zur Schaffung einer Raumdateninfrastruktur in der Gemeinschaft
ISO	International Organization for Standardization
ISO/TC	International Organization for Standardization/Technical Committee
GDI	Geodateninfrastruktur
GIS	Geographisches Informationssystem
GML	Graphical Markup Language
MOF	Meta Object Facility
NAS	Normbasierte Austauschschnittstelle
PlanzV	Planzeichenverordnung
OGC	Open Geospatial Consortium
OMG	Object Management Group
ROG	Raumordnungsgesetz
SLD	Styled Layer Descriptor
SNV	Schweizerische Normen-Vereinigung
SOAP	Simple Object Access Protocol
SVG	Scalable Vector Graphics
UML	Unified Modeling Language

URL	Uniform Resource Locator
vgl.	vergleiche
W3C	World Wide Web Consortium
XML	Extensible Markup Language
XMI	XML Metadata Interchange
XSL	Extensible Stylesheet Language
XSL	Extensible Stylesheet Language Transformations
z.B.	zum Beispiel

1 Einführung

1.1 Motivation und Zielsetzung

Die planerischen Zielvorstellungen von Städten und Kommunen manifestieren sich in planerischen Konzepten und Planwerken der Raumordnung und Bauleitplanung. Sie bereiten Investitionen vor und bilden die Grundlage für eine geordnete städtebauliche Entwicklung.

Für Montenegro ist dies in besonderer Weise gültig. Als einer der Nachfolgestaaten der ehemaligen Sozialistischen Republik Jugoslawiens hat das Land seit den 1990-er Jahren gravierende politische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Veränderungen erfahren. Geprägt wird die derzeitige Situation durch die Umstellung auf eine Marktwirtschaft sowie dem Stabilisierungs- und Assoziierungsprozess an die Europäische Union. Wichtigster Wirtschaftssektor ist der Tourismus mit einem Anteil am Bruttoinlandsprodukt 2007 von 20,7% und einem erwarteten Wachstum für 2008 von 17,0% [21]. Basis für eine nachhaltige Entwicklung des Landes ist insbesondere eine zügige Aktualisierung der veralteten Planwerke auf allen Ebenen. Angemessene Plangrundlagen als Handlungsbasis der Behörden werden dringend benötigt. Induziert durch die rasant gestiegene Kundennachfrage stiegen die Preise für Liegenschaften sprunghaft an¹, der Druck auf die Behörden neues Bauland auszuweisen wächst. Landnutzungskonflikte verschärfen sich.

Seit 2005 müssen alle neu erstellten oder geänderten Raum- oder Bauleitpläne in Montenegro in digitaler Form erstellt werden. Die digitale Erstellung orientiert sich jedoch in meisten Fällen an der graphischen Ausgabe eines Planwerkes. Die eingesetzte CAD-Software oder das Geographische Informationssystem wird unter Verzicht auf die weitgehenden Möglichkeiten eines rechnergestützten Plan-Modells genutzt. Es existieren keine Fachapplikationen etablierter CAD- oder Geographischer Informations-Systeme zur semantischen Aufbereitung der Inhalte der Planwerke. Durch das Fehlen von Standards gehen bei einer digitalen Datenübermittlung wertvolle Informationen verloren.

Gegenstand dieser Arbeit ist die Entwicklung eines standardisierten, objektorientierten Datenmodells für die Raumordnungs- und Bauleitplanung in Montenegro, auf dessen Grundlage ein offenes, interoperables, standardisiertes Datenformat abgeleitet und Software produkt- und plattformunabhängig entwickelt werden soll. Das Datenmodell schafft die Grundlage, Raum- und Bauleitpläne ohne Verlust von Informationen

¹ Im Vergleich zu 2006 stiegen während der ersten 5 Monate in 2007 die Preise für Liegenschaften an der Küste (Wohnungen, Häuser, Geschäftsräume, Land) um durchschnittlich 96% [9].

zwischen beliebigen IT-Systemen von Behörden, Planungsbüros und anderen Nutzern zu übertragen und einheitlich zu visualisieren. Planungsbeteiligten und der Öffentlichkeit können bessere und schnellere Information bereit gestellt werden. Entsprechend dem Datenmodell strukturierte Pläne können automatisch nach unterschiedlichen fachlichen Kriterien ausgewertet werden.

Trotz in den vergangenen Jahren gemachten Fortschritten in der internationalen und nationalen Normung und Standardisierung von Geodaten sind die in verschiedenen Institutionen vorliegenden Geodaten i.d.R. heterogen und häufig nicht kompatibel. Vorreiter der standardisierten Verfügbarmachung von Geodaten sind meist die Bereitsteller von Geobasisdaten. Insbesondere die Standardisierung von Geofachdaten steht jedoch meist noch an den Anfängen. Montenegro steht in beiden Bereichen noch am Beginn.

Eine Standardisierung, die den elektronischen Austausch von Plänen und ihre rechnergestützte Auswertung eröffnet hohe Potenziale, Verwaltungsvorgänge im Bereich der kommunalen Planung effektiver und kostengünstiger zu gestalten sowie qualitativ zu verbessern. Die Heterogenität der für die Erstellung digitaler Bauleitpläne eingesetzten IT-Systeme, das Fehlen eines standardisierten Datenformats zum Austausch von Bauleitplänen und das Fehlen eines technischen Standards für die Visualisierung von Bauleitplänen behindern zudem den Aufbau elektronischer Dienste. Webbasierte Dienste können insbesondere beitragen, die Verwaltungsverfahren zu Aufstellung, Genehmigung, Änderung und Nutzung von Bauleitplänen und deren Beteiligungsprozesse effektiver zu gestalten. Einheitlich strukturierte Pläne ermöglichen des Weiteren das Etablieren unterschiedlicher Dienste beispielsweise für gezielte Filterungen von Bebauungsplänen, Analyse der Inhalte über mehrere Pläne hinweg, internetgestützte Visualisierungsservices für Auskunftsdienste im Rahmen der integrierten Vorgangsbearbeitung oder für eine Beteiligung der unterschiedlichen Akteure.

An Wichtigkeit gewinnt die Thematik standardisierter Datenformate und interoperabler Nutzung von Daten besonders auch hinsichtlich der Aktivitäten der Europäischen Kommission zum Aufbau einer europäischen Geodateninfrastruktur und des EU-Annäherungsprozesses der südosteuropäischen Staaten.

Die Arbeit richtet sich an leitende Verwaltungsangestellte im Planungsbereich insbesondere im südosteuropäischen Kontext. Sie will Anregungen und Hilfestellung für die Entwicklung von Datenmodellen im Planungsbereich geben.

1.2 Lösungsansatz und Struktur der Arbeit

Das in vorliegender Arbeit beschriebene Datenmodell MonPlan bildet die Festsetzungen und Darstellungen der Planungsdokumente aller Hierarchieebenen in Montenegro ab. Die Datenmodellierung erfolgt objektorientiert und unabhängig von einer konkreten Programmiersprache sowie unter Berücksichtigung relevanter internationaler und nationaler Normen und Standards der ISO und des OGC. Nationale Gesetzgebungen sind genauso zu berücksichtigen wie, aufgrund der klaren EU-Beitrittsperspektive Montenegros, neue Gesetzesinitiativen im EU-weiten Raum.

Vorliegende Arbeit beschränkt sich auf die Beschreibung der angewandten Prinzipien und Konzepte sowie die Dokumentation des Datenmodells mittels UML-Klassendiagramme. Nicht Bestandteil dieser Arbeit, jedoch Arbeitspaket des übergeordneten Projektes MonPlan, ist die Ableitung eines GML-Austauschformates MonPlanGML sowie die Entwicklung einer verbindlichen Visualisierungsvorschrift mittels SLD-Technologie.

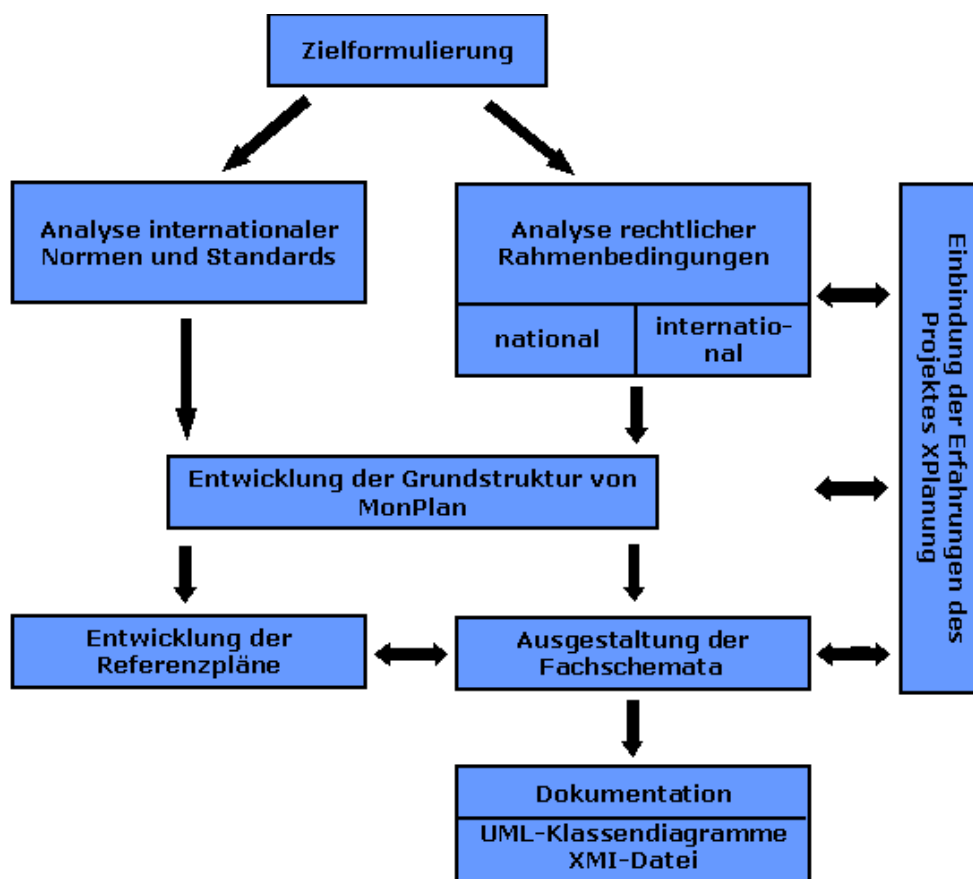


Abbildung 1-1: Modellierungsprozess von MonPlan

Grundlagen und Ausgangssituation für die Arbeit werden in Kapitel zwei dargestellt. Es werden Bedeutung und Techniken zur Gewährleistung von Interoperabilität sowie Stand der Standardisierung für die Modellierung von Geodaten analysiert und die derzeitigen rechtlichen und technischen Rahmenbedingung in Montenegro dargelegt. Kapitel drei dokumentiert das Datenmodell MonPlan. Nach Formulierung allgemeiner Anforderungen werden Basisschema sowie die Struktur der Fachschema erläutert. Diese Ausführungen bilden die Grundlage für die in Kapitel vier vorgenommene zusammenfassende Einschätzung der Ergebnisse und Überlegungen zur Übertragbarkeit des Ansatzes.

2 Grundlagen und Ausgangssituation

2.1 Interoperabilität im Geoinformationswesen

Der Übergang von geschlossenen und monolithischen Geoinformationssystemen hin zu offenen und interoperablen GIS hat einen Paradigmenwechsel in der Entwicklung von GIS-Standards eingeleitet. Standards dienen nicht mehr der Beschreibung immer neuer Formate zum Austausch von Geodaten in Dateiform. Vielmehr zielen moderne Standards auf die Spezifikation von Schnittstellen zu Geoinformationsdiensten, die die für eine konkrete Nutzeranfrage aufbereitete Geoinformation zurückliefern. Die traditionelle Standardisierung von Dateischnittstellen wird so durch die Spezifikation von Diensteschnittstellen abgelöst. Voraussetzung für die Gewährleistung der Interoperabilität sind somit geeignete Standards.

Eine wesentliche Rolle bei der Spezifikation interoperabler Standards kommt dem Open Geospatial Consortium (OGC) zu. Seit seiner Gründung 1994 hat sich das OGC zu der wichtigsten Institution für die Schaffung der für interoperable Geoinformationsdienste notwendigen Schnittstellenspezifikationen entwickelt.

Trotz Fortschritten der vergangenen Jahre in der internationalen und nationalen Normung und Standardisierung von Geodaten (insbesondere durch OGC und ISO) sind die in den verschiedenen Institutionen vorliegenden Geodaten i.d.R. heterogen und häufig nicht kompatibel. Vorreiter der Verfügbarmachung von Geodaten sind meist die Bereitsteller von Geobasisdaten. Die Standardisierung von Geofachdaten steht oft noch am Anfang.

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Thematik Interoperabilität und Stand der Standardisierung im Geoinformationsbereich. Zunächst wird der Begriff Interoperabilität definiert und seine Bedeutung für die Geoinformation eingeordnet. Danach werden die Begriffe „Norm“ und „Standard“ in diesem Zusammenhang erläutert und eine Übersicht über die wichtigsten für diese Arbeit relevanten Spezifikationen für den Bereich Geoinformation gegeben. Die Rolle von Web-Diensten zur Steigerung der Interoperabilität wird kurz dargestellt. Abschließend wird die Kodierung von Geodaten mit Hilfe der GML überblicksmäßig beschrieben.

2.1.1 Begriffsbestimmung und Bedeutung

Der Begriff „Interoperabilität“ ist nicht scharf definiert. Ursprünglich aus der militärischen Fachsprache stammend ist Interoperabilität in der Informationstechnologie im Allgemeinen die Möglichkeit der Kooperation, d.h. der Zusammenarbeit und des Informationsaustausches zwischen verschiedenen Computersystemen, Systemkomponenten, Netzwerken,

Betriebssystemen und Applikationen, durch normierte Schnittstellen und Formate.

Interoperabilität soll die Möglichkeiten für den Austausch und die Wiederverwendung von Informationen und Dienstleistungen maximieren, sowohl intern oder extern. Interoperabilität findet auf verschiedenen technologischen Ebenen statt. Interoperabilität auf Ebene der Hardware und Betriebssysteme sind Entwicklungsschwerpunkte der allgemeinen Informationstechnologie. Der Geoinformationsbereich konzentriert sich auf Interoperabilität auf Ebene der Daten, Dienste und Semantik. Semantische Interoperabilität zu erreichen ist noch immer eines der Hauptprobleme, weshalb auf diesem Gebiet verstärkt geforscht wird.

Eine Definition von Interoperabilität im Bezug auf räumliche Informationen gibt [6, S. 385]: "Interoperabilität bezeichnet die Möglichkeit, verschiedenartige Daten in einem einzelnen Arbeitslauf zu integrieren. ... Interoperabilität erlaubt den transparenten Zugang zu mehreren raumbezogenen Daten- und Verarbeitungsressourcen innerhalb eines einzigen Arbeitsablaufes, ohne sie in einen Datenbestand zu überführen."

Eingeschränkt auf die Geoinformatik definiert das OGC Interoperabilität als "the ability of information systems or components of a system to 1) freely exchange all kinds of spatial information about the Earth and about the objects and phenomena on, above, and below the Earth's surface; and 2) cooperatively, over networks, run software capable of manipulating such information." [12, S. 21].

Diese OGC-Definition erweitert Donaubaer [12, S. 22] wie folgt: „Interoperabilität ist die Fähigkeit zur Zusammenarbeit a priori autonomer Systeme. Über syntaktisch und semantisch eindeutig spezifizierte Schnittstellen werden Dienstleistungen für andere Systeme erbracht und Dienstleistungen von anderen Systemen genutzt. Die Komplexität und die inneren Strukturen der Systeme werden vor dem Nutzer einer Dienstleistung verborgen.“

Nur eine gemeinsame Modellierung der anwendungsspezifischen Geoobjekte kann über die syntaktische Kompatibilität hinaus eine Interoperabilität bis auf Anwendungsebene erreichen. Dazu muss die Abstraktion der Geoobjekte eine gemeinsame Begriffsbildung, formale Modellierung sowie die Festlegung von Erfassungsvorschrift und Integritätsbedingung für die Instanzbildung beinhalten.

Diese Definitionen verdeutlichen, dass es zur Sicherstellung von effektiver Interoperabilität oft radikale Veränderungen innerhalb von Organisationen hinsichtlich der Art, wie Organisationen arbeiten und, insbesondere, ihre Einstellung zu Informationen bedarf. In diesem Kontext gibt es viele Aspekte bezüglich Interoperabilität. Diese Arbeit beschränkt sich ausschließlich auf die technische Sichtweise.

2.1.2 Interoperabilität durch Normen und Standards

2.1.2.1 Nutzen von Normen und Standards

Normung bietet Lösungen für eine einmalige bestimmte Lösung einer sich wiederholenden Aufgabe unter Berücksichtigung des jeweils gegebenen Standes der Technik sowie der wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Möglichkeiten. Die DIN 820 Teil 3 [10] definiert Normung als die „planmäßige, durch interessierte Kreise durchgeführte Vereinheitlichung von materiellen und immateriellen Gegenständen“. Ziel von Normung ist es, national wie international den Austausch von Waren und Dienstleistungen zu fördern und technische Handelshemmnisse zu verhindern, indem Anforderungen an materielle und immaterielle Güter vereinheitlicht werden.

Normen erbringen einen hohen betriebs- und volkswirtschaftlichen Nutzen, der beispielsweise für Deutschland auf rund 16 Milliarden Euro beziffert wurde (<http://www.din.de>). Das Wirtschaftswachstum einer Nation wird durch Normen stärker beeinflusst als durch Patente oder Lizenzen. Normen leisten zudem einen bedeutenden Beitrag zur Entlastung des Staates. Durch Verweisung auf Normen kann der Gesetzgeber wesentlich flexibler auf technische Neuerungen reagieren [11].

Eine Norm als technische Vorschrift ist das Resultat einer Normungsaktivität. Handelt es sich bei den „interessierten Kreisen“ um nationale oder internationale Normungsgremien, entsteht eine „*de jure* Norm“ oder kurz „Norm“ (engl.: standard). Eine „*de facto* Norm“ ist eine allgemein anerkannte und mehrheitlich genutzte technische Vorschrift, die sich aus der weiten Verbreitung eines Produktes ergibt, durch ausschließliche Nutzung innerhalb eines Unternehmens oder durch nationale oder internationale Interessengemeinschaften oder Konsortien festgelegt wird [19, S. 3]. Eine Norm bezieht sich in der Regel auf ein Verfahren oder ein System für eine Klasse von Anwendungen, die bereits eine gewisse Marktreife erlangt haben. Ein Standard dagegen kann von einem geschlossenen Kreis von Unternehmen unter Ausschluss der Öffentlichkeit entwickelt werden.

Sowohl Normen als auch *de facto* Normen haben Kraft Entstehung, Trägerschaft, Inhalt und Anwendung den Charakter von Empfehlungen. Normen an sich haben solange keine rechtliche Verbindlichkeit, bis sie durch eine Verordnung, einen Vertrag oder gesetzliche Vorgaben verbindlich werden [19, S.3].

Normen erhöhen die Flexibilität, die Funktionalität und die Produktivität eines Informationssystems. Normen tragen somit in hohem Maße zur Investitionssicherung sowie zur Zukunftssicherheit von Daten bei. Im Mittelpunkt der Standardisierungs- und Normungsaktivitäten im Bereich der Geoinformation steht die Dokumentation (Metadaten), Modellierung (einheitliche Beschreibungssprache) sowie den Austausch von Daten (Bezugsmechanismus und Datenformat).

2.1.2.2 Relevante Normungs- und Standardisierungsorganisationen

Die wichtigsten Normierungs- und Standardisierungsorganisationen, die sich unter anderem oder ausschließlich mit raumbezogenen Informationen beschäftigen werden im Folgenden kurz erläutert. Eine vollständige Liste mit detaillierteren Informationen ist z.B. auf der Homepage des Open Geospatial Consortium (<http://www.opengis.org>) veröffentlicht.

Abkürzung	voller Titel (Sitz)	Homepage
(De jure) Normen		
ISO	International Organization for Standardization (Genf)	http://www.iso.org
CEN	Comité Européen de Normalisation (Brüssel)	http://www.cenorm.be
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V. (Berlin)	http://www.din.de
ON	Österreichisches Normungsinstitut (Wien)	http://www.on-norm.at
SNV	Schweizerische Normen-Vereinigung (Winterthur)	http://www.snv.ch
De facto Standards		
OGC	OpenGeospatialConsortium	http://www.opengis.org
OMG	Object Management Group	http://www.omg.org
W3C	World Wide Web Consortium	http://www.w3.org

Tabelle 2-1: Auswahl internationaler und nationaler Normierungs- und Standardisierungsorganisationen im Bereich Geoinformation

Internationale Normen der ISO

Die heutige Internationale Standardisierungsorganisation (ISO), ein eingetragener Verein nach Schweizer Recht, ging 1947 aus der 1926 gegründeten Normungsorganisation ISA hervor. Die ISO ist eine weltweit arbeitende Einrichtung, die de jure Normen für verschiedene Bereiche entwickelt. Für die verschiedenen Arbeitsbereiche existieren jeweils einzelne Technische Komitees.

Das Technische Komitee Nr. 211 der ISO wurde 1994 gegründet und beschäftigt sich mit Geoinformation und Geomatik (ISO/TC 211 Geographic Information / Geomatics). Sein Ziel ist es, eine strukturierte Menge von Normen für alle Arten von raumbezogenen Informationen, Methoden, Werkzeugen und Diensten zu erarbeiten. Dafür bearbeitet das Komitee die Normenserie 191xx, welche verschiedene Geodatenstandards beinhaltet

(vgl. Tabelle 2-2). Seit 1999 besteht eine vertragliche Kooperationsvereinbarung mit dem Open Geospatial Consortium (OGC).

Die Entwicklung von Normen der ISO/TC211 folgt einer Reihe fundamentaler Prinzipien [14]:

- modellbasierter Ansatz auf der konzeptionellen Ebene anstelle von Datenformaten
- Nachhaltigkeit
- Unabhängigkeit von Software/Hardware-Basis
- Berücksichtigung lokaler Anforderungen
- Umsetzung aktueller Informationstechnologie
- Schnittstellenbasis für Kommunikationsdienste (z.B. Datentransfer)

Norm	Titel
ISO 19103	Conceptual schema language
ISO 19104	Terminology
ISO 19107	Spatial schema
ISO 19108	Temporal schema
ISO 19110	Feature cataloguing methodology
ISO 19111	Spatial referencing by coordinates
ISO 19115	Metadata
ISO 19119	Services
ISO 19136	Geography Markup Language
ISO 19139	Metadata Implementation Specification

Tabelle 2-2: wichtige Normen des ISO/TC211 (Auswahl)

Weitere wichtige Normungsorganisationen

Weitere, auf dem Gebiet der Geoinformatik tätige Normierungsinstitutionen sind beispielsweise das Europäische Komitee für Standardisierung (CEN) als auch nationale Normungsgremien wie das Deutsche Institut für Normung (DIN) und die Schweizerische Normenvereinigung (SNV).

Das Europäische Komitee für Standardisierung (CEN) entstand auf Initiative von Frankreich und vereinigt die einzelnen nationalen Normungsinstitute Europas. Seit 1992 beschäftigt sich das Technische Komitee CEN/TC 287 an der Normierung auf dem Gebiet digitaler geographischer Informationen. Diese Arbeit wird zur Vermeidung von Doppelarbeit in enger Zusammenarbeit mit ISO/TC211 durchgeführt. In diesem Zusammenhang hat das CEN beschlossen, die Normenserie 191xx der ISO weitgehend zu übernehmen. Bis jetzt wurden insgesamt 23 durch ISO/TC211 erstellte Standards als Europäische Norm übernommen.

Neben den genannten internationalen Normungsgremien beschäftigen sich viele nationale Normungsinstitute mit der Erarbeitung von Normen für den Bereich des Geoinformationswesens. Als die für die Normungsarbeit zuständige Institution in Deutschland vertritt beispielsweise das Deutsche Institut für Normung (DIN) die deutschen Interessen in den internationalen und europäischen Normungsorganisationen und konzentriert seine Arbeit aufgrund der zunehmenden Globalisierung verstärkt in diesen Bereichen. Mittlerweile sind rund 90% der Normungsarbeit des DIN europäisch und international ausgerichtet (<http://www.din.de>). Als das weltweit aktivste Normungsinstitut leistet es ein Drittel der europäischen Normungsarbeit.

Die Schweizerische Normenvereinigung (SNV) verabschiedete beispielsweise Normen zur INTERLIS Modellierungssprache und Datentransfermethode (SN 612 030 und SN 612 031), Gebäudeadressen (SN 612 040) und das GM03-Metadatenmodell (SN 612 050).

De facto Standards von OGC, W3C und OMG

Eines der größten und organisiertesten Kräfte auf dem globalen Geomarktplatz ist die *de facto*-Normierungsorganisation Open Geospatial Consortium (OGC). 1994 als non-profit Organisation gegründet (bis 09/2004 OpenGIS Consortium) zählen zu den mittlerweile über 340 Mitgliedern neben führenden GIS-Herstellern, Datenproduzenten, Behörden, Universitäten und dem Militär auch andere Organisationen und IT-Unternehmen.

Ziel des Konsortium ist es, Spezifikationen für herstellerübergreifende, „offene“ Programmschnittstellen und GIS-Techniken zu definieren um einen standardisierten Umgang mit Geodaten zu erreichen [19, S. 4]. Indem es diese Spezifikationen offen legt und für jeden zugänglich macht, sollen bestehende Mängel bei der Interoperabilität in und zwischen Systemen, die georeferenzierte Daten verarbeiten, behoben werden.

Statt einer Standardisierung der Vielzahl der Dateiformate und Datenaustauschformate adressieren die OGC-Spezifikationen die Funktionen, die durch Geographische Informationssysteme (GIS) bereitgestellt werden müssen. Durch die Implementierungs-Spezifikationen werden die Zugriffsschnittstellen zu Geoinformationsdiensten definiert, die eine fest definierte GIS-Funktionalität zusammenfassen. Diese Dienste können beispielsweise als aufrufbare Funktionen von GIS-Komponenten realisiert werden. Produkte und Dienste, die zu diesen Spezifikationen konform sind, erlauben es dem Anwender, raumbezogene Informationen zwischen Applikationen und über Netzwerke hinweg auszutauschen und zu nutzen.

Seit 1999 arbeitet das OGC mit dem ISO/TC211 zusammen. Als Ergebnis dieser Kooperation sind inzwischen einige der abstrakten OGC Implementations-Spezifikationen durch neu erstellte ISO-Normen ersetzt worden. Gleichzeitig reicht das OGC Spezifikationen mit dem Ziel der Überführung von *de facto* in *de jure* Normen bei der ISO ein.

Während sich das ISO/TC 211 bei der Definition von Normen mit einer Abstraktionsebene der Spezifikationen zufrieden gibt, bezieht sich das OGC auf bestimmte Technologien oder andere Standards. Die hohe Anzahl an Mitgliedern aus der Industrie im OGC führt zu einer kürzeren Reaktionszeit und stärkeren Marktorientierung als in der ISO.

Bezeichnung		identisch bzw. enthalten in ISO 191xx
Topic 1	Feature Geometry	ISO 19107
Topic 2	Spatial Referencing by Coordinates	
Topic 11	Metadata	ISO 19115
Topic 12	The Open GIS Service Architecture	ISO 19119
Topic 13	Catalogue Services	
Topic 16	Image Coordinates Transformation Services	

Tabelle 2-3: OpenGIS Abstract Specifications (Auswahl)

Neben dem OGC arbeiten insbesondere die Object Management Group (OMG) sowie das World Wide Web Consortium (W3C) an für die Geoinformatik relevanten Standards.

Die Object Management Group (OMG) wurde 1989 von 11 Firmen gegründet. Mittlerweile besitzt die OMG über 400 Mitglieder. Ziel ist die Entwicklung von Standards zur herstellerunabhängigen, systemübergreifenden und objektorientierter Systementwicklung. Zu von der OMG verabschiedeten Standards gehören u.a. CORBA (Common Object Request Broker Architecture), UML (Unified Modelling Language), IDL (Interface Definition Language) und MOF (Meta Object Facility). UML, IDL und MOF wurden bereits von der ISO als *de jure* Standard übernommen. Die UML wird hinsichtlich ihrer Relevanz für die vorliegende Arbeit im Kapitel 2.2.3 gesondert betrachtet.

Das World Wide Web Consortium (W3C) wurde 1994 als freiwilliger Zusammenschluss von Firmen und Institutionen gegründet, die die Entwicklung des Internet fördern und seine Interoperabilität sicherstellen wollten. Das W3C koordiniert die Bereitstellung offener Standards für das Medium Internet und veröffentlicht dazu Empfehlungen in verschiedenen Versionen. Die Arbeit des OGC basiert auf vielen W3C-Spezifikationen, wie beispielsweise den Standards Scalable Vector Graphics (SVG), Extensible Markup Language (XML), Extensible Stylesheet Language Transformations (XSLT) etc. [17].

Bisher existieren relativ wenige spezielle domänen- oder anwendungsspezifische Profile der oben erwähnten Normen und Standards. Beispiele für

die Umsetzung von ISO-Normen in nationalen Projekten sind u.a. das AAA-Projekt (<http://www.adv-online.de>) für Geobasisdaten sowie XPlanung (vgl. Abschnitt 2.2.4, <http://www.xplanung.de>) im Bereich Bauleitplanung in Deutschland.

2.1.2.3 Web-basierte Dienste zur Steigerung der Interoperabilität

Während der letzten 10 bis 20 Jahren haben sich verschiedene Technologien zur Bereitstellung interoperabler Infrastrukturen entwickelt. Grundsätzlich werden 2 verschiedene Ansätze unterschieden: der datenzentrierte Ansatz (Datenaustausch über Dateien, Schnittstellen und offene Formate) und der service-orientierte Ansatz über Web-Service-Technologie. Diese Technologie ermöglicht es, über lose oder sogar spontane Kopplung unabhängiger, heterogener Systeme, Interoperabilität zwischen Systemen herzustellen, indem diese ihre Daten und Funktionalität in Form von Diensten (Services) zur Verfügung zu stellen [12, S. 3].

Der Service-orientierte Ansatz verfolgt die Standardisierung von Schnittstellen und das damit verbundene Verhalten von Software. Ein Service kann als eine Funktion einer Softwarekomponente definiert werden, die durch andere Komponenten aufgerufen werden kann. Dies erfordert offene Schnittstellenspezifikationen mit denen alle Dienste auf einer heterogenen Datenbasis arbeiten können.

Das W3C definiert den Begriff Web Service [12, S. 22] wie folgt: "A Web service is a software system designed to support interoperable machine-to-machine interaction over a network. It has an interface described in a machine-processable format." Web Services sind verteilte Geodienste, die über ein Netzwerk wie das Internet unter Verwendung von Technologien wie XML (speziell GML) und http miteinander kommunizieren.

Ein Geodienst stellt über Schnittstellen Funktionalität für die Nutzung von Geodaten bereit. Die Nutzung von Geodaten umfasst den Zugriff auf sowie die Erfassung, Manipulation, Transformation, Analyse und die Präsentation von Geodaten. Als Spezialisierung eines Geodienstes erlauben Geo Web Services die interoperable Nutzung verteilter, heterogener Geodatenbanken über das Internet [12, S. 15].

Der Zugang zu Geo Web Services und Dienstebündel (Aggregation einzelner Geo Web Services zu höherwertigen Diensten) erfolgt über ein Geoportal. Plausibilität und Nutzen eines Konzepts für diensteorientierte GDI mittels Geo Web Services werden in [12] untersucht.

Die Verkettung existierender Dienste hat gegenüber der bisher üblichen Entwicklung eine erhebliche Zeitersparnis zum Vorteil. Durch die laufenden Aktivitäten zum Aufbau von nationalen und regionalen Geodateninfrastrukturen (GDI) wird die Bedeutung von standardisierten und interoperablen Web Services weiter steigen.

Kategorie	Funktion	Bsp.
Data Services	direkter Zugriff auf Daten	WFS (Abruf von Geodaten im Vektorformat)
Registry Services	Veröffentlichen, Auffinden und Zugang zu Ressourcen	Web Gazetteer Service (Gaz) zur Georeferenzierung von geographischen Entitäten über ihren Namen, Web Catalog Service (Cat) zur Verwaltung und Recherche von Geodaten und Services über entsprechende Metadaten unter Verwendung von fachlichen und räumlichen Kriterien
Processing Services	Verarbeitung von Geodaten	Web Coordinate Transformation Service (WCTS) für Transformation geographischer Koordinaten zwischen räumlichen Referenzsystemen
Portrayal Services	Visualisierung geographischer Daten	WMS (Abruf von georeferenzierten Karten im Rasterformat)

Tabelle 2-4: Kategorien von OGC-Web-Services

2.1.3 GML-basierte Kodierung von Geodaten

Neben eingesetzten amtlichen und de facto Standards haben sich insbesondere im Bereich der Geoinformatik XML-basierte Verfahren weltweit als Standard für den Austausch von Daten und die Interoperabilität von Anwendungen etabliert. Dabei kommt der vom OGC spezifizierten Geography Markup Language (GML) als umfassendes Format für die Modellierung und Übertragung besondere Bedeutung zu.

Bei der Extensible Markup Language (XML) handelt es sich um eine Auszeichnungssprache, die es als Metasprache erlaubt, weitere Sprachen zu definieren. Zu diesen zählt auch die Geography Markup Language (GML). Wesentliche Erfolgsfaktoren für XML sind zum einen die textbasierte Kodierung der Information, zum anderen der für den Nutzer zunächst leichte Zugang zur Interpretation der Dateninhalte [3, S. 1]. GML wurde als XML-basierte Sprache mit der Zielsetzung entwickelt, Modellierung, Transport und Speicherung von Objekten mit Raumbezug zu ermöglichen. Dabei sollten Geometrie- wie Fachattribute gleichermaßen unterstützt werden. Genau wie XML ist auch GML als textbasiertes Datenformat zur Beschreibung von geographischen Merkmalen vollkommen plattformunabhängig und somit ein wichtiges Glied zur Unterstützung der OGC Web Services.

GML ist ein Metaformat zur Festlegung von Austauschformaten für Geoinformationen, d.h. GML gibt nur den Modellierungsrahmen vor und u.a. eine große Auswahl an direkt verwendbaren Geometrie-Elementen. Das konkrete Austauschformat ergibt sich erst durch Definition anwendungsspezifischer Typen und Elemente. Diese werden aus den abstrakten GML-Typen und -Elementen abgeleitet. Sie kann sowohl für das Internet sowie für Offline-Verfahren eingesetzt werden, wobei jedoch keine Darstellungselemente enthalten sind.

GML verfolgt das Prinzip der Trennung von Inhalt und Darstellung. Es stellt keinerlei Ansprüche an die graphischen Fähigkeiten eines Systems (z.B. Vorhandensein bestimmter Symbolbibliotheken o.ä.). Dies ist einerseits der Interoperabilität zugänglich, andererseits gewinnt GML dadurch an Flexibilität [12]. Für den Transfer von Regeln für die graphische Darstellung zwischen einem Quell- und einem Zielsystem existiert mit Styled Layer Descriptor (SLD) eine eigene, vom OGC spezifizierte Sprache.

Nach der ersten Version im Jahr 2000 liegt GML inzwischen in der Version 3.2.1 vor. Die Fortschreibungen sind charakterisiert durch Nutzung jeweils aktueller XML-Standards, stetige Vervollkommnung bezüglich der zu modellierenden Geometrien und Objektzusammenhänge sowie zunehmende Komplexität [20]. Die OGC-Spezifikation für GML 3.2 ist identisch mit ISO 19136.

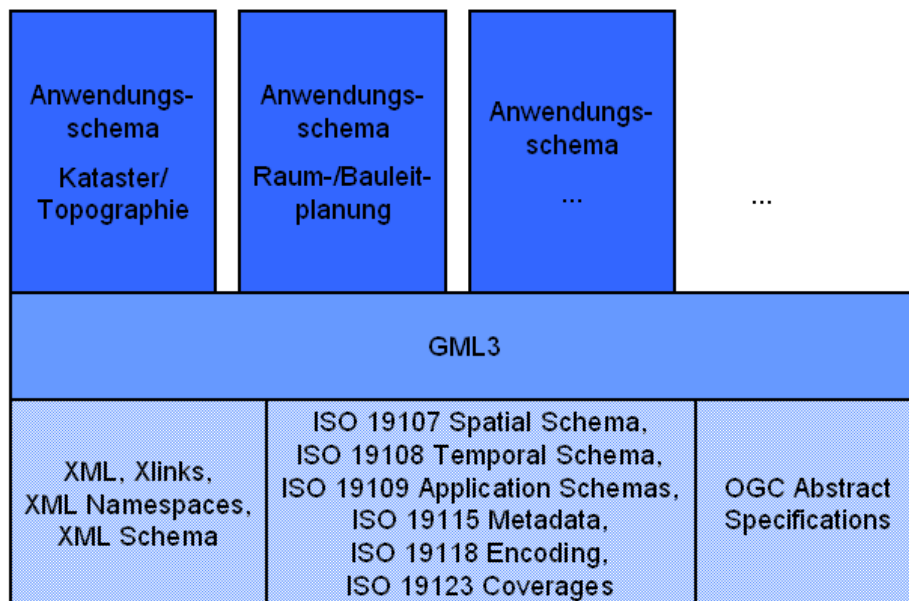


Abbildung 2-1: Bezug von GML-Anwendungsschema zu Standards und Normen

Inhaltlich umfasst die GML3 die Modellierung von Geodaten mit deren geometrisch-topologischen Eigenschaften, Zeitbezügen und Darstellungsvorschriften. Die Modellierung des Raumbezuges von GML3 beruht auf dem Standard ISO 19107 Spatial Schema. Bezüge zu weiteren Standards und Normen sind in Abbildung 2-1 dargestellt.

Durch die Bildung von Profilen als logische Einschränkungen von GML besteht die Möglichkeit die Komplexität und notwendige Einarbeitung zu verringern. Profile werden oft definiert, um GML-basierte Sprachen für spezielle Anwendungsbereiche zu implementieren. Beispielsweise verwendet die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen (AdV) GML in der Normbasierte Austauschchnittstelle (NAS) zur Abbildung der ALKIS-AFIS-ATKIS Modelle sowie der Ordnance Survey (UK) und der topographische Dienst der Niederlande für topographische Daten. Das GDI NRW Pilotprojekt 3D realisiert Standards für 3D-Stadtmodelle in GML 3.0.

Für den Geodaten austausch ist GML3 der derzeit umfassendste Standard zur Repräsentation von Geodaten. Aufbauend auf vordefinierten Basis-Schema lassen sich eigene, anwendungsspezifische Schema aufbauen und 0D-, 1D-, 2D- und 3D-Geometrien modellieren und übertragen. Für die Entwicklung eigener Anwendungsschema existieren IT-Werkzeuge, so dass diese aus UML-Modellen automatisiert abgeleitet werden können oder mittels XML-Editoren direkt erstellt werden können.

Die Visualisierung von GML erfolgt mittels Extensible Stylesheet Language Transformations (XSLT) z.B. als Scalable Vector Graphics (SVG). Mit der XSL-Familie (<http://www.w3.org/Style/XSL/>) können XML-Dokumente in andere XML-Dokumente oder Datenströme transformiert werden. Mittels XSL können GML-Instanzen von einem XSLT-Prozessor in SVG-Dokumente transformiert werden.

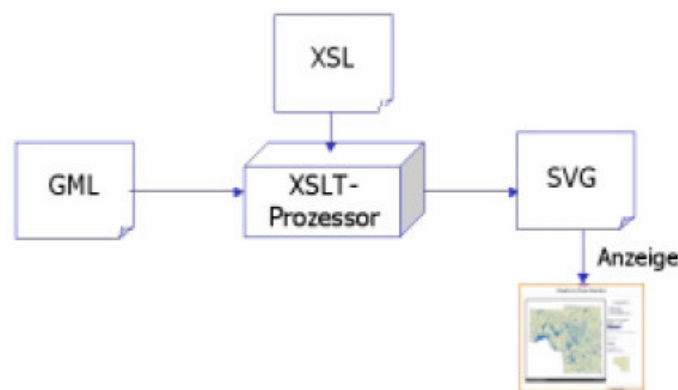


Abbildung 2-2: Prinzip der Visualisierung von GML mittels XSL-Transformation nach SVG (nach [3, S. 7])

2.2 Objektorientierte Modellierung von Geodaten

Geodaten beschreiben reale oder abstrakte Objekte unserer Umwelt und bilden den Kern eines Geographischen Informationssystems. Bei Geodaten handelt es sich um formale Beschreibungen von Geoinformationen in Form von Ziffern und Zeichen zur computergestützten Verarbeitung. Die Haupteigenschaften eines Geoobjektes (Feature) sind seine räumliche Lage (Geometrie), seine Lagebeziehungen zu anderen Geoobjekten (Topologie),

seine fachlich relevanten Inhalte (Thematik) und seine zeitliche Veränderung (Dynamik).

Im folgenden wird ein Überblick über die für diese Arbeit relevanten Grundlagen von Objektorientierung allgemein und der Unified Modelling Language (UML) als Standard für objektorientierte Modellierung im Speziellen gegeben. Einen ausführlicheren Abriss der historischen Entwicklung der Objektorientierung findet man u.a. bei [2].

2.2.1 Modellierung der realen Welt

Nach [6] beschreibt ein Datenmodell „die grundlegenden Eigenschaften, die für alle Erscheinungen einer bestimmten (fachbezogenen) Sicht auf die Wirklichkeit eine einheitliche Abbildung erleichtern.“

In der Software gibt es mehrere Ansätze für ein Modell. Die beiden häufigsten sind die algorithmische und die objektorientierte Perspektive. Die traditionelle Sicht kommt aus der algorithmischen Perspektive. Bei diesem Ansatz sind die Prozedur oder Funktion der Hauptbestandteil jeder Software. Verändern sich die Anforderungen, lassen sich Systeme, bei deren Bau der Algorithmus im Mittelpunkt stand nur sehr schwer aufrecht erhalten [8]. Die moderne Sicht nimmt eine objektorientierte Perspektive ein. Hauptbestandteil des Software-Systems ist das Objekt oder die Klasse. Jedes Objekt besitzt eine Identität, einen Zustand und ein Verhalten.

Seit Beginn der 90er-Jahre nehmen die Bedeutung und die Anzahl der objektorientierten Analyse- und Entwurfsmethoden ständig zu [2].

Neben der flexibleren Anpassung an Änderungen hat die objektorientierte Entwicklung weitere entscheidende Vorteile hinsichtlich der klassischen Entwicklung [2]. So werden in allen Phasen – Analyse, Entwurf und Implementierung – die gleichen Konzepte verwendet, wodurch eine bessere Durchlässigkeit erreicht wird. Allein das Klassenkonzept bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich. Von der Analyse über Design und Tests bis hin zum laufenden Programm kann das Konzept der Klasse für die Modellierung der Daten verwendet werden. Die im folgenden beschriebenen Prinzipien Verkapselung und Geheimnisprinzip unterstützen eine einfache Wartbarkeit der Systeme. Eine sorgfältig aufgebaute Generalisierungshierarchie garantiert einerseits eine leichte Erweiterbarkeit und darüber hinaus ein hohes Maß an Wiederverwendbarkeit.

Der momentan wichtigste und am weitesten verbreitetste Standard zur objektorientierten Prozess- und Datenmodellierung die Unified Modelling Language (UML).

Die UML wurde von der OMG zur Beschreibung von Anwendungsschema entwickelt und bietet wesentlich mehr Möglichkeiten, insbesondere in den Bereichen der Festlegung von Methoden und Funktionen, als andere Modellierungstechniken auf konzeptioneller Ebene. Als Industriestandard für Modellierungssprachen unterstützt die UML alle Konzepte des

objektorientierten Modellierens und fasst damit die reale Welt als eine Vielfalt miteinander in Beziehung stehender Objekte auf.

Das OGC hat sich für die UML als Datenbeschreibungssprache zur Beschreibung der GML- und Anwendungsschema entschieden. Sie wird ebenfalls von ISO/TC211 im Bereich der Normung von Geoinformationen eingesetzt. Die ISO-Norm 19103 Conceptual Schema Language definiert die Anwendung der UML, um eine einheitliche Nutzung in der Normserie 191xx zu gewährleisten. Ihr Zweck dient der vollständigen und zweifelsfrei interpretierbaren formalen Beschreibung von Inhalt und Struktur von Datenbeständen, unabhängig von der Art der Implementierung oder verwendeten Programmiersprache.

2.2.2 Prinzipien der Objektorientierten Modellierung:

Bei der objektorientierten Modellierung finden einige wichtige Prinzipien Anwendung (vgl. [2]):

Ein bestimmter Teil der Wirklichkeit in Form von Objektklassen (*classes*) repräsentiert. Eine Klasse beschreibt die Struktur und das Verhalten einer Menge gleichartiger Objekte (*objects*) mit strukturell ähnlichen Eigenschaften (Objekt-Klassen-Prinzip).

Ein Objekt ist eine zur Ausführungszeit vorhandene Instanz der Klasse. Jedes Objekt ist somit eine Instanz (*instance*) einer Klasse. Die Begriffe Instanz und Exemplar werden in vorliegender Arbeit synonym für den Begriff Objekt verwendet. Die konkrete Struktur der Objekte, d.h. ihre Bestandteile und die in ihnen enthaltenen Informationen sind die Eigenschaften (*attributes*) einer Klasse.

Der Zustand (*state*) eines Objekts umfasst die aktuellen Werte der Attribute und die jeweiligen Objektbeziehungen. Das Verhalten (*behavior*) eines Objekts wird durch eine Menge von Operationen beschrieben.

Klassen fassen Zustand und Verhalten zu einer Einheit zusammen (Kapselungsprinzip). Die Daten eines Objektes können nur indirekt über die Operationen der Klasse gelesen und geändert werden (Geheimnisprinzip).

Jedes Objekt besitzt unabhängig von seinen konkreten Attributwerten eine eindeutige Identität (Objekt-Identitäts-Prinzip). Ein Objekt kann ein oder mehrere andere Objekte kennen. Man spricht dann von Objektbeziehungen (*links* oder *relations*).

Klassen können Spezialisierungen anderer Klassen darstellen, d.h. Klassen können hierarchisch angeordnet werden. Klassen übernehmen dabei die Eigenschaften der ihnen übergeordneten Klassen und können diese bedarfsweise spezialisieren, aber nicht eliminieren (Vererbungs- oder Generalisierungs-Spezialisierungs-Prinzip).

Zur Beschreibung abstrakter Sachverhalte werden abstrakte Klassen verwendet (Prinzip abstrakter Klassen). Von abstrakten Klassen können

grundsätzlich keine Instanzen gebildet werden, sie können aber weiter spezifiziert werden.

2.2.3 Objektorientierte Modellierung mit der UML

Die Entwicklung der UML begann 1994 durch den Zusammenschluss von Grady Booch und Jim Rumbaugh. 1997 wurde UML 1.1 von der Object Management Group (OMG) als Standard verabschiedet. Die Weiterentwicklung der UML wurde vollständig der OMG übertragen. Aktuell ist die Version 2.1.2. Ein umfassender Überblick über die Entwicklung der UML findet sich z.B. bei [2] und unter www.oose.de/uml.

UML unterscheidet 13 Arten von Diagrammen, welche jeweils verschiedene Blickpunkte auf eine zu entwickelnde Anwendung abbilden. UML-Diagramme werden in zwei Gruppen, Strukturdiagramme und Verhaltensdiagramme, unterteilt. In dieser Arbeit werden nur UML-Klassendiagramme sowie Paketdiagramme als eine Art von Strukturdiagrammen zur Darstellung des Datenmodells verwendet. Klassendiagramme sind die wichtigste Art von Strukturdiagrammen und stellen die Zusammenhänge zwischen den Klassen als auch den Aufbau der Klassen dar. UML-Paketdiagramme dienen der abstrakten Darstellung des Gesamtmodells und seiner Untermodelle sowie seiner Elemente.

Im folgenden wird die in dieser Arbeit verwendete UML-Notation dargestellt. Eine vollständige Notationsübersicht für UML findet sich unter <http://www.oose.de>.

Klassen

In einem UML-Klassendiagramm werden die einzelnen Klassen eines Modells mit ihren gegenseitigen Beziehungen graphisch repräsentiert. Eine Klasse wird im Diagramm durch ein Rechteck repräsentiert, das in drei Bereiche eingeteilt ist. Im obersten Bereich steht der Klassenname. Im mittleren Bereich sind – optional – die Attribute der Klasse aufgeführt, gekennzeichnet durch den Attributnamen und den Datentyp des Attributs. Zusätzlich können Angaben zu einem Initialwert und eventuell zu Eigenschaftswerten und Zusicherungen erfolgen. In eckigen Klammern kann die Kardinalität, d.h. die Häufigkeit, mit der dieses Attribut belegt werden kann, angegeben werden. Im unteren Bereich können sog. Methoden spezifiziert werden, die das Verhalten der Klasse formal beschreiben.

Der Klassennamen wird immer fett gedruckt, zentriert und beginnt mit einem Großbuchstaben. Attribut- und Operationsnamen beginnen mit einem Kleinbuchstaben. Attribute werden durch die Angabe ihres Typs spezifiziert.

Der Klassenname ist ein Substantiv im Singular, das durch ein Adjektiv ergänzt werden kann. Der Name einer Klasse soll innerhalb des Modells eindeutig sein. Er sollte der jeweiligen Fachterminologie entsprechen. Der Klassenname ist ein Substantiv im Singular oder eine Zusammensetzung von Substantiven. Besteht der Klassenname aus mehreren Wörtern beginnt jedes neue Wort mit einem Großbuchstaben.

Jede Klasse besitzt i.d.R. einen Mechanismus, um Objekte zu erzeugen. Klassen, von denen keine Objekte erzeugt werden können, werden abstrakte Klassen genannt. Das Konzept der abstrakten Klasse ist besonders für die Generalisierung von Bedeutung. Eine abstrakte Klasse wird in dieser Arbeit durch einen kursiven Klassennamen gekennzeichnet.

Attribute beschreiben die Eigenschaften, die ein Datenobjekt bzw. die Klasse besitzt. Attribute können innerhalb der UML mittels unterschiedlichen Datentypen (primitive Datentypen, Aufzählungs-, zusammengesetzte Datentypen oder URL's) modelliert werden.

Ein Attribut muss im Kontext einer Klasse eindeutig sein. Der Attributname beginnt mit einem Kleinbuchstaben und darf beliebige Zeichen (z.B. Umlaute, Sonder- oder Leerzeichen) enthalten. Er ist ein Substantiv oder ein Adjektiv-Substantiv-Verbund. Besteht der Attributname aus mehreren Wörtern beginnt jedes weitere Wort mit einem Großbuchstaben.

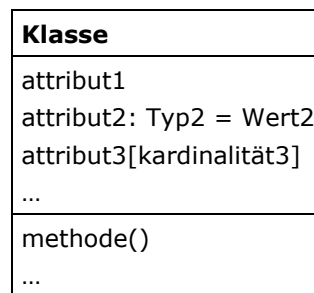


Abbildung 2-3: Notation von Klassen und Attributen

Objektbasierte Programmiersprachen verwenden den Begriff des abstrakten Datentyps. Ein abstrakter Datentyp wird ausschließlich über seine Operationen definiert, die auf die Elemente dieses Typs angewendet werden. Die interne Repräsentation der Daten und die Wahl der Algorithmen zur Realisierung der Operationen sind verkapselt. Der abstrakte Datentyp realisiert folglich die Trennung von Schnittstelle und Implementierung.

Zusicherungen sind Ausdrücke, die mögliche Inhalte, Zustände oder die Semantik eines Modellelementes einschränken und stets belegt sein müssen. Eigenschaftswerte sind benutzerdefinierte, sprach- und werkzeugspezifische Schlüsselwort-Wert-Paare, die die Semantik einzelner Modellelemente um spezielle charakteristische Eigenschaften erweitern [16].

Beziehungen

Klassen haben untereinander Beziehungen (Relationen), die Grundbestandteile von Modellen bilden. In der UML gibt es vier Arten von Beziehungen: Abhängigkeit, Assoziationen, Generalisierung, Realisierung.

Eine Abhängigkeit (*dependency*) ist eine semantische Beziehung zwischen zwei Gegenständen, wobei eine Änderung des einen (unabhängigen)

Gegenstands die Semantik des anderen (abhängigen) Gegenstands beeinflussen kann.

UML kennt binäre und höherwertige Assoziationen. Binäre Assoziationen sind Assoziationen zwischen 2 Objekten. Gehören beide Objekte zur gleichen Klasse spricht man von reflexiver Assoziation. Eine Assoziation wird durch eine Linie zwischen einer oder zwei Klassen beschrieben. An jedem Ende der Linie muss die Multiplizität angegeben werden (vgl. Abb. 2-3).

Assoziationen können benannt werden. Der Beziehungsname ist ein Verb. Der Name beschreibt im Allgemeinen nur eine Richtung der Assoziation, wobei ein schwarzes Dreieck die Leserichtung angibt.

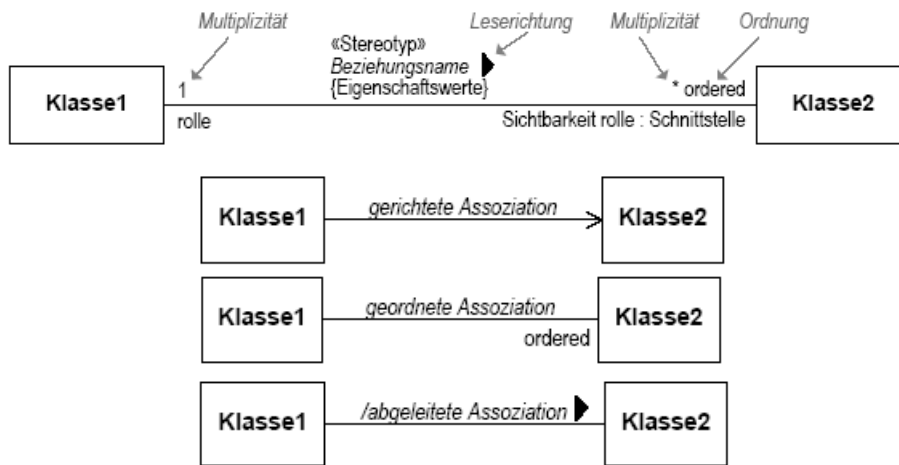


Abbildung 2-4: Notation für Assoziationen (nach <http://www.oose.de>)

Die möglichen Multiziplicitäten der UML sind in Abbildung 2-4 dargestellt. Dabei werden Kann- und Muss-Assoziationen unterschieden. Eine Kann-Assoziation hat als Untergrenze die Multiziplicität 0, eine Muss-Assoziation die Multiziplicität 1 oder größer

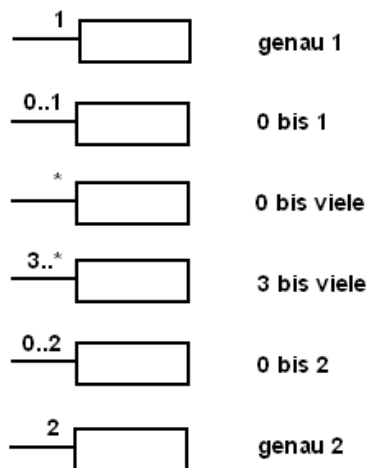


Abbildung 2-5: Notation für Multiziplicitäten

UML kennt außer der einfachen Assoziation (*ordinary association*) noch zwei weitere Arten: Aggregation und Komposition. Eine Aggregation (*aggregation*) liegt vor, wenn es zwischen den Objekten der beteiligten Klassen eine Rangordnung gibt. Man spricht vom Aggregat-Objekt und seinen Teilen. Die Objekte der Aggregation bilden einen zielgerichteten azyklischen Graphen. Auch bei einer Komposition (*composition*) muss eine *whole-part*-Beziehung vorliegen. Die Objekte formen einen gerichteten azyklischen Graphen. Im Unterschied zur Aggregation kann jedes Objekt der Teilklasse – zu einem Zeitpunkt – nur Komponente eines einzigen Objektes der Aggregat-Klasse. Das Ganze ist verantwortlich für das Erzeugen und Löschen der Teile.

In beiden Fällen kennzeichnet eine Raute das Ganze. Bei einer Aggregation ist es eine weiße bzw. transparente, bei einer Komposition eine schwarze bzw. gefüllte Raute (vgl. Abb. 2-5).

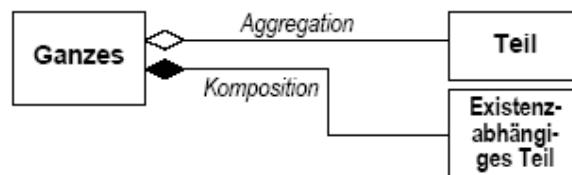


Abbildung 2-6: Notation für Aggregation und Komposition

Die Generalisierung (*generalization*) beschreibt eine Beziehung zwischen einer allgemeinen Klasse (Basis- oder Oberklasse) und einer spezialisierten Klasse (Unterklasse). Die spezialisierte Klasse ist vollständig konsistent mit der Basisklasse, enthält aber zusätzliche Informationen (Attribute, Operationen, Assoziationen). Man spricht von Klassenhierarchie oder Generalisierungsstruktur. Die Unterklasse erbt alle Eigenschaften der Oberklasse.

Die Generalisierung wird durch ein weißes bzw. transparentes Dreieck bei der Basisklasse gekennzeichnet.

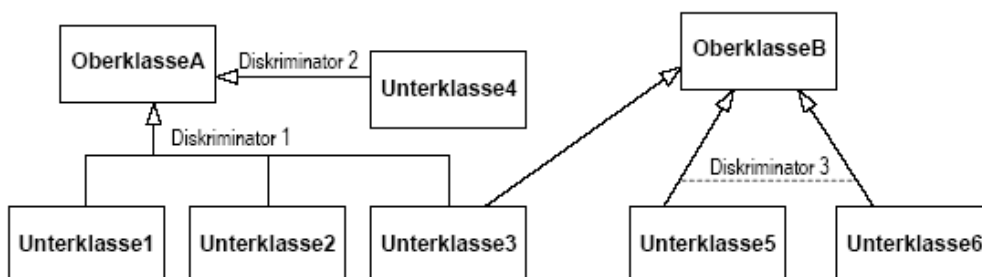


Abbildung 2-7: Notation für Generalisierung

Höherwertige Assoziationen, d.h. Assoziationen zwischen drei und mehr Objekten, werden in der vorliegenden Arbeit nicht Gegenstand.

Das Konzept der Generalisierung hat wesentliche Vorteile, wie beispielsweise die einfache Erstellung neuer Klassen aufbauend auf existierenden Klassen. Änderbarkeit des Modells wird unterstützt, da sich Änderungen in der Oberklasse automatisch auf alle Unterklassen der Generalisierungshierarchie auswirken. Dies kann jedoch u.U. auch als Nachteil wirken, wenn die Vererbung der Änderungen an die Unterklassen unerwünscht ist. Dann müssen im ungünstigsten Fall zu strukturellen Änderungen vorgenommen werden.

Eine Realisierung (*realization*) ist eine semantische Beziehung zwischen Klassifizierungen, in der die eine Klassifizierung einen Vertrag spezifiziert, für dessen Ausführung die andere garantiert. Realisierungsbeziehungen sind in der vorliegenden Arbeit nicht relevant.

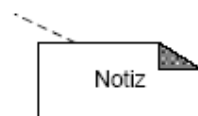
Aufzählungen

Aufzählungen (*enumerations*) sind aufzählbare Wertemengen und ein mögliches Strukturelement, um Klassen zu klassifizieren. Enumerationen werden fast ausschließlich in der Deklaration von Attributen verwendet und haben meist eine frei konfigurierbare Reihenfolge ihrer Einzelwerte.

Notizen

In UML 2.0 sind Zusicherungen in Notizfeldern zu notieren. Notizen (*note* oder *comment*) sind Kommentare zu einem Modellelement oder Diagramm ohne semantische Wirkung.

Notizen werden durch das folgende Darstellung dargestellt:



Export von UML

Eine große Anzahl von UML-Werkzeugen bietet Exportmöglichkeiten in Java, C und C# an. Der Quellcode kann direkt in die technische Implementierung der IT-Anwendung einfließen.

Mit Hilfe von Werkzeugen können UML-Diagramme in XMI-Format gespeichert werden, die wiederum in XML-Schema umgewandelt werden können. XML Metadata Interchange (XMI) ist ein von der OMG definiertes, standardisiertes und auf XML basierendes Austauschformat. Durch die Verwendung von XMI können UML-Diagramme, die mit einem bestimmten Werkzeug bearbeitet wurden, auch in andere Werkzeuge importiert und weiterverarbeitet werden (sofern sie die gleiche XMI-Version unterstützen).

2.2.4 Objektorientierte Modellierung von Raum- und Bauleitplänen

In den letzten Jahren hat es einige Bestrebungen zum Aufbau standardisierter Datenmodelle und Austauschformate gegeben. Diese fanden insbesondere im Bereich der Geobasisdaten als Grundlage für vielfältige Geofachdaten statt (z.B. AAA[®]-Datenmodell in Deutschland, INTERLIS in der Schweiz). Nachdem die Modellierung von Geobasisdaten und die Entwicklung von Visualisierungs- und Vertriebservices mittlerweile sehr weit fortgeschritten ist, rückt zunehmend die Standardisierung von Geofachdaten in den Vordergrund.

Als einziges der Autorin bekanntes Projekt hat sich das deutsche Projekt XPlanung mit der Standardisierung im Bereich der Bauleitplanung beschäftigt.

Im Rahmen des Projektes XPlanung werden interoperable semantische Objektmodelle für die Bauleitplanung sowie Standards für die standardisierte Visualisierung von Bauleitplänen entwickelt, um einen ungehinderten und uneingeschränkten Datenaustausch zwischen unterschiedlichen IT-Systemen (CAD, GIS, Viewer) zwischen Behörden und privaten Büros oder anderen Nutzern zu gewährleisten. Weiterhin wird an der Spezifikation internetbasierter Standards zur Visualisierung von Bauleitplänen auf Basis des Signaturmodells der deutschen Planzeichenverordnung (PlanzV) gearbeitet [5, S.239]. XPlanung basiert auf den Regelungen zur Bauleitplanung des deutschen Baugesetzbuchs (BauGB), des Raumordnungsgesetzes (ROG) sowie der Planzeichenverordnung (PlanzV).

XPlanung ist in die beiden eGovernment-Initiativen Deutschland-Online bzw. MEDIA@Komm-Transfer des Bundes, der Länder und der Kommunen integriert und ist zudem Modellprojekt der Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE).

Die entwickelten Objektmodelle basieren auf den internationalen Standards UML zur Datenmodellierung und GML zum Austausch raumbezogener Daten. Die Daten basieren auf einem Profil der GML-Spezifikation und berücksichtigen insbesondere die NAS-Schnittstelle der AdV [5, S.240].

Die im Rahmen des Projektes entwickelten Datenformate BPlanGML [4] und FPlanGML [5] zur Beschreibung der Inhalte eines Bebauungsplanes bzw. eines Flächennutzungsplanes können sowohl (georeferenzierte) Rasterdaten als auch Vektordaten beschreiben.

Erste Implementierungen von XPlanGML sind angemeldet (vgl. <http://www.xplanung.de>).

2.3 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die folgenden Ausführungen beleuchten die existierenden und für die Entwicklung eines Datenmodells für die Raum- und Bauleitplanung in Montenegro relevanten rechtlichen nationalen und europäischen Bestimmungen sowie Standardisierungsaktivitäten benachbarter Fachdisziplinen. Sie fokussieren naturgemäß auf Montenegro.

2.3.1 Nationale rechtliche Bestimmungen für Planwerke

Das in vorliegender Arbeit entwickelte Datenmodell soll geltenden Rechtsvorschriften für den Raum- und Bauleitpläne entsprechen. Hierarchie, Zweck und Inhalt von Raum- und Bauleitplänen in Montenegro werden durch Gesetz über Planung und Entwicklung [18, Art. 17-28] definiert. Raum- und Bauleitpläne werden in staatliche und lokale Pläne unterschieden (vgl. Abb. 2-7). Die verschiedenen Planarten und deren Inhalte sind in Tabelle 2-5 zusammengestellt².

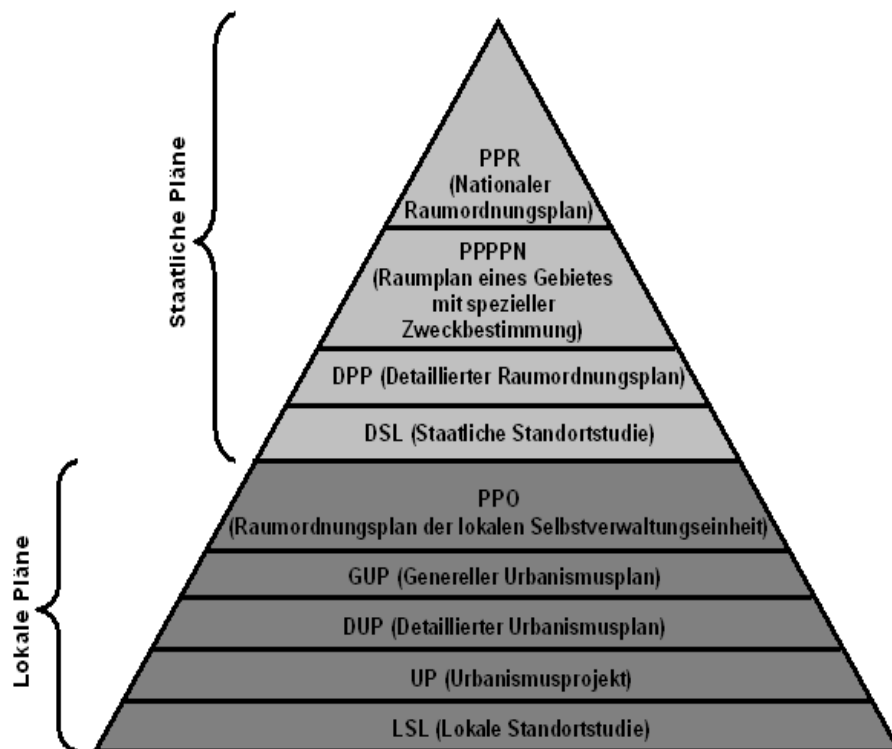


Abbildung 2-8: Planungshierarchie in Montenegro

² In vorliegender Arbeit wie auch im UML-Datenmodell werden die in Montenegro gebräuchlichen Abkürzungen für die verschiedenen Planwerke verwendet.

Planart	Zweck und Inhalt
<p>Prostorni Plan Republike (PPR) - Nationaler Raumplan -</p>	<ul style="list-style-type: none"> • strategisches Dokument und Grundlage für die räumliche Entwicklung des Landes • definiert Ziele und Entwicklungsmaßnahmen in Konformität mit der allgemeinen angenommenen ökonomischen, sozialen und Umweltentwicklung des Landes • beinhaltet im Speziellen die Politik der Landnutzung und wirtschaftlichen Entwicklung des Landes, überörtliche Infrastrukturplanung, Schutz des kulturellen und natürlichen Erbes, Elemente zur Vermeidung und zum Schutz vor natürlichen und Industrie-Risiken • gibt Richtlinien für die Erarbeitung nachgeordneter Raumpläne, identifiziert Gebiete mit hoher Signifikanz für die Republik
<p>Prostorni Plan Podruzja Posebne Namjene (PPPN) - Raumplan für ein Gebiet mit spezieller Zweckbestimmung -</p>	<ul style="list-style-type: none"> • soll erstellt werden für Gebiet oder Gebietsteile ein oder mehrerer Gemeinden mit gemeinsamen natürlichen oder anderen Eigenheiten spezieller Wichtigkeit für das gesamte Land oder eine Region und welche eine spezielle Verwaltung und Nutzung erfordern (Nationalparks, Küstenzone, etc.) • definiert insbesondere Zonen öffentlichen Interesses, Maßnahmen zum Schutz kulturellen Erbes sowie bauliche Kriterien und Richtlinien für solche Gebiete, für die eine (staatliche) Standortstudie erarbeitet werden soll
<p>Detalni Prostorni Plan (DPP) - Detaillierter Raumplan -</p>	<ul style="list-style-type: none"> • soll erstellt werden für Gebiete besonderer landesweiter Wichtigkeit, für die Bebauung und andere Entwicklungsmaßnahmen vorgesehen sind (solange Möglichkeiten und Anforderungen an Bebauung und Entwicklung nicht durch ein anderes Plandokument definiert sind) • zu erstellen für Infrastrukturprojekte regionaler Signifikanz, Industrie- und Freihandelszonen, Tourismusgebiete etc. • soll erstellt werden für Gebiete besonderer landesweiter Wichtigkeit, für die Bebauung und andere Entwicklungsmaßnahmen vorgesehen sind (solange Möglichkeiten und

	<p>Anforderungen an Bebauung und Entwicklung nicht durch ein anderes Plandokument definiert sind)</p> <ul style="list-style-type: none"> • zu erstellen für Infrastrukturprojekte regionaler Signifikanz, Industrie- und Freihandelszonen, Tourismusgebiete etc. • definiert insbesondere Zweckbestimmung, Entwicklung und Nutzung von Land, Infrastrukturkonzept, Grundlagen des Schutzes des Natur- und Kulturerbes, Zonen öffentlichen Interesses
<p>Državni Studija Lokacije (DSL) - Staatliche Standortstudie -</p>	<ul style="list-style-type: none"> • soll erstellt werden für Gebiete innerhalb eines PPPPN, welche in diesem noch nicht detailliert ausgearbeitet wurden • definiert die Anforderungen an Bebauung, insbesondere urbanistisch-technische Voraussetzungen, Baulinien, verkehrstechnische und kommunale Erschließung • beinhaltet, in Übereinstimmung mit dem GUP, eine weitere Analyse der Besiedlung auf der Ebene eines generellen räumlichen Nutzungskonzepts und Infrastruktursystems
<p>Prostorni Plan Obštine (PPO) - Raumplan der lokalen Selbstverwaltungseinheit -</p>	<ul style="list-style-type: none"> • definiert Ziele und Maßnahmen der Entwicklung einer lokalen Selbstverwaltungseinheit für das gesamte Gemeindegebiet im Einklang mit der geplanten wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung • beinhaltet insbesondere Grundlagen der Raumordnung unter Berücksichtigung der Lage und Verbindung zwischen Infrastruktureinrichtungen der Siedlungen und anderen öffentlichen Einrichtungen mit Richtlinien für die Erstellung von DUPs oder UP's, Richtlinien und Maßnahmen für die Gruppierung ländlicher Siedlungen und Kriterien und Richtlinien für Baumaßnahmen in Gebieten für welche eine lokale Standortstudie zu erarbeiten ist
<p>Generalni Urbanistički Plan (GUP) - Genereller Urbanismusplan -</p>	<ul style="list-style-type: none"> • definiert Ziele und Maßnahmen der räumlichen Entwicklung für das Zentrum einer lokalen Selbstverwaltungseinheit • kann auch für andere Siedlungen innerhalb eines Gemeindegebietes erstellt werden

	<ul style="list-style-type: none"> • beinhaltet Richtlinien für die Erstellung von DUP's und UP's (Grundkonzept und Parameter für Bebauung) sowie Kriterien und Richtlinien für die Bebauung und andere Maßnahmen in Gebieten, in denen der GUP keine Erstellung eines DUP oder UP vorsieht
Detalni Urbanistički Plan (DUP) -Detaillierter Urbanismusplan-	<ul style="list-style-type: none"> • sichert die Umsetzung von PPO und GUP durch Definition der Anforderungen für Errichtung von Gebäuden und Maßnahmen in Siedlungen innerhalb eines PPO und GUP • beinhaltet insbesondere: detaillierte Art der Nutzung, Entwurf der urbanen Plots, Grad der Bebauung, Baulinien, öffentliche und kommunale Infrastruktur
Urbanistički Projekat (UP) - Urbanismusprojekt -	<ul style="list-style-type: none"> • kann für kleine Gebiete inner- oder außerhalb von Siedlungen erstellt werden, welche Gegenstand signifikanter und komplexer Baumaßnahmen sind oder besonders ausgeprägte Einheit repräsentieren • beinhaltet alle Elemente eines DUP sowie Design-Lösungen für Gebäude
Lokalna Studija Lokacije (LSL) - Lokale Standortstudie -	<ul style="list-style-type: none"> • kann für Gebiete innerhalb eines PPO oder GUP, für welche keine Erstellung eines DUP und UP vorgesehen ist, erstellt werden • definiert die Anforderungen an Bebauung und andere Maßnahmen im Einklang mit den im relevanten PPO oder GUP festgelegten Richtlinien und Kriterien • beinhaltet einen Teilbereich der Elemente einer DSL - differenziert, ob eine LSL für ein Gebiet innerhalb eines PPO oder für ein Gebiet innerhalb eines GUP erstellt wird

Tabelle 2-5: staatliche und lokale Pläne in Montenegro

Das Gesetz über Planung und Entwicklung gibt nur sehr allgemeine Richtlinien über die Inhalte der unterschiedlichen Planwerke. Deren Spezifizierung ist Aufgabe einer auf Grundlage dieses Gesetzes zu erlassenden Verwaltungsvorschrift. Diese Verwaltungsvorschrift wurde parallel zur Erarbeitung des in dieser Arbeit behandelten Datenmodells erarbeitet, liegt jedoch bis zur Fertigstellung vorliegender Arbeit nur als erster Entwurf vor.

Die Verwaltungsvorschrift definiert für die unterschiedlichen Planarten die möglichen Kategorien und Sub-Kategorien für die Art der Landnutzung und deren Darstellung (Flächenfärbung bzw. -musterung) [22]. Des weiteren

werden weitere raumordnerische und städteplanerische Festsetzungen und deren Planzeichen definiert. In diese Vorschrift fanden relevante Regelungen anderer Spezialgesetze bereits Eingang, z.B. Schutzgebietskategorien nach dem montenegrinischen Naturschutzgesetz.

2.3.2 Europäische Regelungen

Die Richtlinie der EU zur Schaffung einer Raumdateninfrastruktur in der Gemeinschaft (INSPIRE) enthält allgemeine Bestimmungen für die Schaffung einer europäischen Geodateninfrastruktur zur Unterstützung der allgemeinen Umweltpolitik sowie anderer politischer Maßnahmen oder sonstiger Tätigkeiten, die direkte oder indirekte Auswirkungen auf die Umwelt haben könnten [1, Art. 1].

Gemäß INSPIRE müssen die Mitgliedstaaten Metadaten über Datensätze, die die Bodennutzung von Gebieten anhand ihrer derzeitigen und zukünftigen Funktion oder sozio-ökonomischem Zweck (z.B. Wohn-, Industrie-, Gewerbegebiete, landwirtschaftliche Flächen, Forstwirtschaft, Freizeitgebiet) beschreiben, zur Verfügung stellen [1, Art. 8]. Die zukünftige Nutzung einer Fläche wird im allgemeinen von Bauleitplänen beschrieben. Daher ist davon auszugehen, dass zukünftig auch Bauleitpläne über gemeinschaftliche Geodateninfrastrukturen bereitgestellt werden.

Im Hinblick auf den definierten Stabilisierungs- und Assoziierungsprozess Montenegros an die EU wird es daher notwendig werden, Metadaten über Bauleitpläne zur Verfügung zu stellen.

Die Durchführungsbestimmungen zu Metadaten wurden seitens der EU im Mai 2008 fertiggestellt und dem Europäischen Parlament zur Kommentierung vorgelegt [13]. Zur praktischen Umsetzung ist relevant, dass keine Erweiterungen des zugrunde liegenden ISO-Standards notwendig ist. Die Mitgliedsstaaten sollen den Zugang zu den Daten über verschiedene Dienste bieten, die wiederum durch ein Geoportal der Europäischen Gemeinschaft erreichbar sind.

2.3.3 Sonstige Standardisierungsaktivitäten

Die Standardisierung von Geodaten steht in Montenegro noch am Anfang. Trotz bereits verbreitetem Einsatz von CAD-Software und GIS existieren derzeit keine nationalen Standards zu Geodaten.

Die nationale Vermessungs- und Katasterbehörde arbeitet an einem objektorientierten Datenmodell zur Modellierung der Geobasisdaten (Katasterkarte, Eigentümersnachweis, Rechte an Liegenschaften, topographische Informationen). Das Datenmodell der Katasterbehörde soll auf Grundlage der einschlägigen internationalen Normen und Standards der ISO und des OGC erarbeitet werden. Das Projekt befindet sich jedoch noch in einem Anfangsstadium.

3 MonPlan - ein Datenmodell für Raum- und Bauleitplanung in Montenegro

In diesem Kapitel wird das UML-Datenmodell für die Raum- und Bauleitplanung in Montenegro, MonPlan, vorgestellt. Dabei werden unter Berücksichtigung der Spezifika von Montenegro semantische Prinzipien des Projektes XPlanung [15] genutzt.

MonPlan ist ein standardisiertes, objektorientiertes Datenmodell. Durch Ableitung eines offenen, interoperablen, standardisierten GML-Datenformat ist die Grundlage für einen verlustfreien Austausch digitaler Raum- und Bauleitpläne zwischen beliebigen IT-Systemen von Behörden, Planungsbüros und anderen Nutzern in Montenegro geschaffen. Software, um Daten einheitlich zu visualisieren und web-basierte Dienste zur Analyse, Visualisierung und Recherche von Raum- und Bauleitplänen kann produkt- und plattformunabhängig entwickelt werden.

Eine vollständige Übersicht über das Datenmodell gibt Anhang 1 in Form von UML-Diagrammen. In digitaler Form ist das Objektmodell als XMI-Datei auf der dieser Arbeit beiliegenden CD-ROM zugänglich.

3.1 Allgemeine Anforderungen

Folgende Anforderungen an MonPlan werden definiert:

- Die Erstellung des Datenmodells erfolgt objektorientiert. Das Objektmodell wird auf Basis der programmier- und plattformunabhängigen Modellierungssprache UML sowie GML zur Beschreibung und zum interoperablen Austausch raumbezogener Daten modelliert.
- Das Objektmodell bildet die bestehenden nationalen gesetzlichen Vorgaben vollständig ab. Alle gesetzlich möglichen Festsetzungen, Kennzeichnungen, Hinweise und nachrichtliche Übernahmen der verschiedenen Planarten sind als raumbezogene Objekte modelliert.
- Das Objektmodell ist gleichzeitig offen für kommunale Erweiterungen, ohne den Anspruch auf ein allgemein gültiges Austauschformat zu verlieren.
- Das Datenmodell kann um weitere (Fach-)Pläne erweitert werden.
- Automatisierte Analysen der digitalen Planungsdokumente auf Grundlage von Flächenbilanzierungen werden auf einfache Weise ermöglicht.
- Es erfolgt eine Trennung von Semantik und Visualisierung. Auf eine dem Objektmodell entsprechende Datei können verschiedene Visualisierungsvorschriften angewandt werden.

Diese Anforderungen sind nicht spezifisch für ein Datenmodell in Montenegro, sondern auf jedes standardisiertes, objektorientiertes Datenmodell für Raumordnungs- und Bauleitplanung übertragbar.

3.2 Lösungsansatz

Entsprechend vorstehend definierten Anforderungen folgt die Erarbeitung von MonPlan einigen wesentlichen Prinzipien und Konzepten, die in den folgenden Abschnitten näher erläutert werden:

Das entwickelte Datenmodell beinhaltet die Semantik der Festsetzungen und Darstellungen der Raum- und Bauleitpläne entsprechend den in Kapitel 2.3 dargelegten rechtlichen Grundlagen. Es obliegt der eingesetzten Softwareapplikation, die aus dem Datenmodell abgeleitete XML-Datei zu interpretieren und entsprechend einer Visualisierungsvorschrift zu visualisieren.

Kern des UML-Datenmodells ist ein Basisschema, in welchem allgemeine, meist abstrakte Oberklassen modelliert werden. Im Basisschema werden die Basisklassen für alle Fachobjekte modelliert.

Das Basisschema bildet die Grundlage für mehrere Applikationsschema mit von den Basisklassen abgeleiteten konkreten Klassen. Die Modellierung der Fachobjekte mit ihren konkreten nicht-geometrischen und geometrischen Eigenschaften erfolgt in diesen Fachschema. Fachobjekte mit strukturell ähnlichen Eigenschaften werden in Fachklassen zusammengefasst. Die konkreten Fachklassen erben die Eigenschaften der Basisklassen.

Entsprechend ihrer semantischen Nähe wurden die insgesamt 9 verschiedenen gesetzlich definierten Planarten Montenegros (vgl. Abbildung 2-8) in 4 Gruppen zusammen gefasst. Jede Gruppe wird in einem individuellen Applikationsschema modelliert.

Applikations schema	modellierte Planarten
PPR	PPR (Nationaler Raumordnungsplan)
PPO	PPPPN (Raumplan für Gebiete besonderer Nutzung) DPP (Detaillierter Raumplan) PPO (Raumplan der lokalen Selbstverwaltungseinheit)
GUP	GUP (Genereller Urbanismusplan) DSL (Staatliche Standortstudie)
DUP	DUP (Detaillierter Urbanismusplan) UP (Urbanistisches Projekt) LSL (Lokale Standortstudie),

Tabelle 3-1: Zuordnung Applikationsschema – Planarten

Durch Modellierung zusätzlicher Applikationsschema kann das Objektmodell gegebenenfalls auf einfache Weise um weitere (Fach-)Pläne erweitert werden. Die Erweiterbarkeit um weitere Fachobjekte wird insbesondere über generische Attribute sicher gestellt.

Die in vorliegender Arbeit betrachteten Datenmodelle dienen nur zum statischen Datenaustausch. Es werden daher keine Methoden definiert.

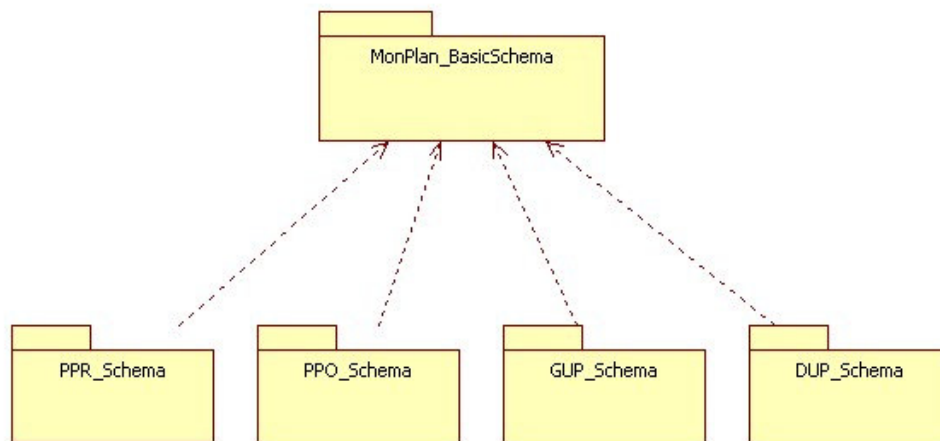


Abbildung 3-1: MonPlan Basisschema - Applikationsschema

Zur Beschreibung der Geodaten kann ein Profil der GML-Spezifikation erstellt werden. Für vorliegenden Zweck reicht ein gegenüber dem allgemeinen GML3-Standard stark eingeschränktes Profil aus. So werden beispielsweise nur einfache Geometrieobjekte (einzelne Punkte, Linien und Flächen) verwendet und nur lineare und Kreisinterpolationen zugelassen. Die Topologie wird nicht modelliert.

Da noch kein Datenmodell für Geobasisdaten in Montenegro vorliegt, werden in den Fachschema GUP und DUP jeweils entsprechende Objekte eingeführt, um eine ausreichende Darstellung der Katastergrundlage in den Bauleitplänen zu ermöglichen.

Zur Verifizierung des Datenmodells wurden parallel zur Datenmodellierung Referenzpläne erstellt. Als Grundlage dienten kürzlich erstellten bzw. in Aufstellung befindlichen Raum- bzw. Bauleitpläne. Beide Prozesse, Datenmodellierung und Erstellung der Referenzpläne, beeinflussten sich dabei gegenseitig. Die Grundlagenpläne wurden so ergänzt, dass alle nach heutiger Rechtslage möglichen Festsetzungen für die jeweiligen Planarten enthalten sind. Die Referenzpläne stellen somit keine reale Planung dar, repräsentieren jedoch alle für die Datenmodellierung relevanten planerischen Grundlagen und Konzepte (z.B. planerisch zulässige Überlagerung von Festsetzungen bzw. deren Ausschluss).

Dieses Vorgehen hat neben der Verifizierung des Datenmodells zwei positive Nebeneffekte:

1. Parallel zur Datenmodellierung wird eine Visualisierungsvorschrift entwickelt, die vor Fertigstellung vorliegender Arbeit vom zuständigen Ministerium als Empfehlung verabschiedet wurde und in Kürze rechtliche Verbindlichkeit erlangt.
2. Die Referenzpläne können als praktische Vorlage für (bisher nicht mit objekt-orientierten Modellen vertraute) Planungsbüros für die Datenmodell-konforme Erstellung von realen Raum- und Bauleitplänen dienen.

Zur Erstellung der UML-Klassendiagramme zur Darstellung des Datenmodells wurde die Open Source Software StarUML in der Version 5.0 eingesetzt.

Folgende Kriterien wurden für die Auswahl der Software zur Objektmodellierung herangezogen:

- Einhaltung der UML-Spezifikationen mindestens 2.0
- Generierung von XMI-Dateien aus UML-Diagrammen zur Weiterverarbeitung mit anderen Werkzeugen
- Open Source Software

StarUML ist derzeit die einzige Open Source Software, die UML 2.0 unterstützt³. Die Software ermöglicht den Export von Dateien im Format XMI 1.1.

Die Bearbeitung der Referenzpläne erfolgte mit AutoCAD Map 3D 2008 der Firma Autodesk.

Testdaten:

Die existierende Pläne in Montenegro sind sowohl hinsichtlich der inhaltlichen Festlegungen als auch ihrer Visualisierung vollkommen unterschiedlich. Ursächlich dafür ist das bisherige Fehlen verbindlicher Visualisierungsvorschriften sowie die Heterogenität und Unübersichtlichkeit von Gesetzen und rechtlichen Vorschriften, welche Bestimmungen zu Festlegungen in Bauleitplänen beinhalten. Erschwerend kommt hinzu, dass viele der existierenden, oft außer Kraft gesetzten, Pläne aus den 1980-er Jahren stammen und daher auf veralteten rechtlichen Bestimmungen basieren.

Von den verfügbaren Plänen war aus genannten Gründen kein einziger unmittelbar zur Verifizierung des Datenmodells geeignet. Daher wurden auf Grundlage von kürzlich erstellten bzw. in Aufstellung befindlichen Plänen Referenzpläne parallel zur Datenmodellierung erstellt. Beide Prozesse beeinflussen sich gegenseitig. Die Grundlagenpläne wurden so ergänzt, dass alle nach heutiger Rechtslage möglichen Festsetzungen für die jeweiligen Planarten enthalten sind.

³ Eine Übersicht über UML-Werkzeuge, die unterstützten UML-Versionen und Funktionalitäten findet sich unter www.oose.de/umltools.htm.

Diese Aufbereitung der Pläne (Polygone schließen, Flächenschluss herstellen, keine Überlappungen von am Flächenschluss beteiligten flächenhaften Objekten, Objektart und Attribute zuweisen etc.) gestaltete sich ausgesprochen zeitintensiv und bestätigte die eingangs aufgestellte Hypothese der mangelhaften Ausnutzung der heutigen Möglichkeiten der Verwendung digitaler Daten und Nutzung graphischer Software.

Applikations- schema	Originalplan (Format)	Referenzplan
PPRCG	kein Referenzplan	
PPO	PPO Budva	PPO_fiktivni.dwg
GUP	GUP Tivat	GUP_fiktivni.dwg
DUP	DUP Budva	DUP_fiktivni.dwg

Tabelle 3-2: Übersicht über verwendete Referenzpläne

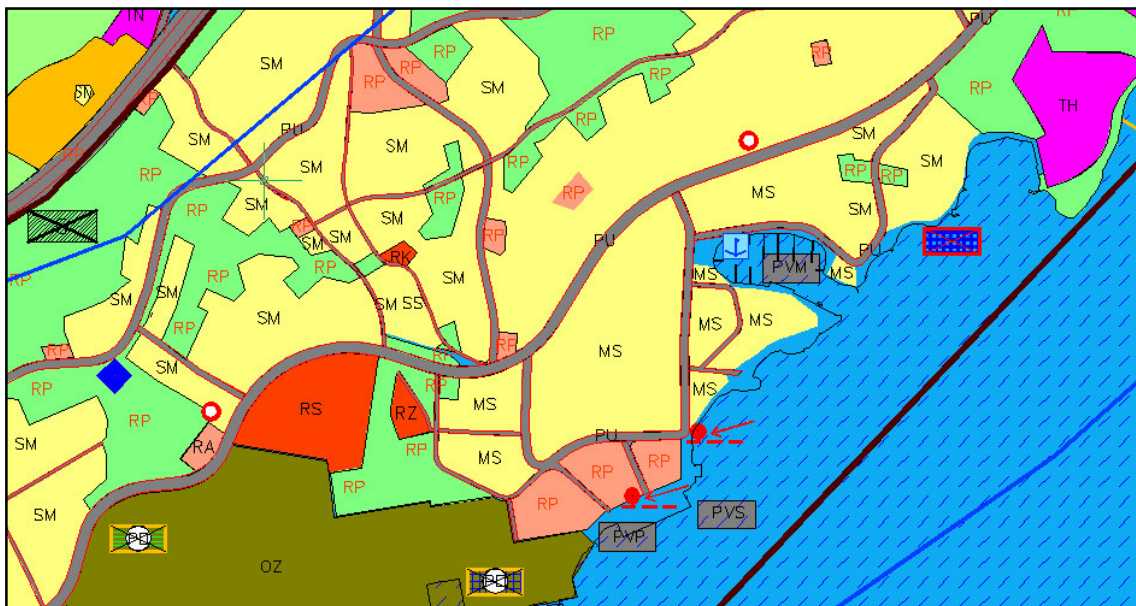


Abbildung 3-2: Referenzplan GUP_fiktivni.dwg (Ausschnitt)

3.3 Basisschema

Das Basisschema setzt sich aus Basisklassen, Präsentationsobjekten sowie Enumerationen zusammen.

Basisklassen

Das Objektmodell besitzt eine Drei-Ebenen-Struktur. Von einer abstrakten Basisklasse für Pläne (*MP_Plan*) sind alle konkreten Klassen von Raum- und Bauleitplänen abgeleitet.

Die Basisklasse *MP-Plan* aggregiert ein oder mehrere Planbereiche (*MP_Sector*) mit (optional) eigenem Geltungsbereich. Neben der Unterscheidung mehrerer Planbereiche wird damit ebenfalls die Modellierung thematischer Einzelpläne ermöglicht. Dies ist für Montenegro besonders relevant, da häufig zusätzlich zur sog. Synthesis-Karte (die alle Festsetzungen in sich vereint) mehrere thematische Sonderpläne erstellt werden.

Jeder Plan-Bereich referiert die jeweils zugehörigen Fachobjekte (Basisklasse *MP_Object*) und Präsentationsobjekte (Basisklasse *MP_PresentationObject*).

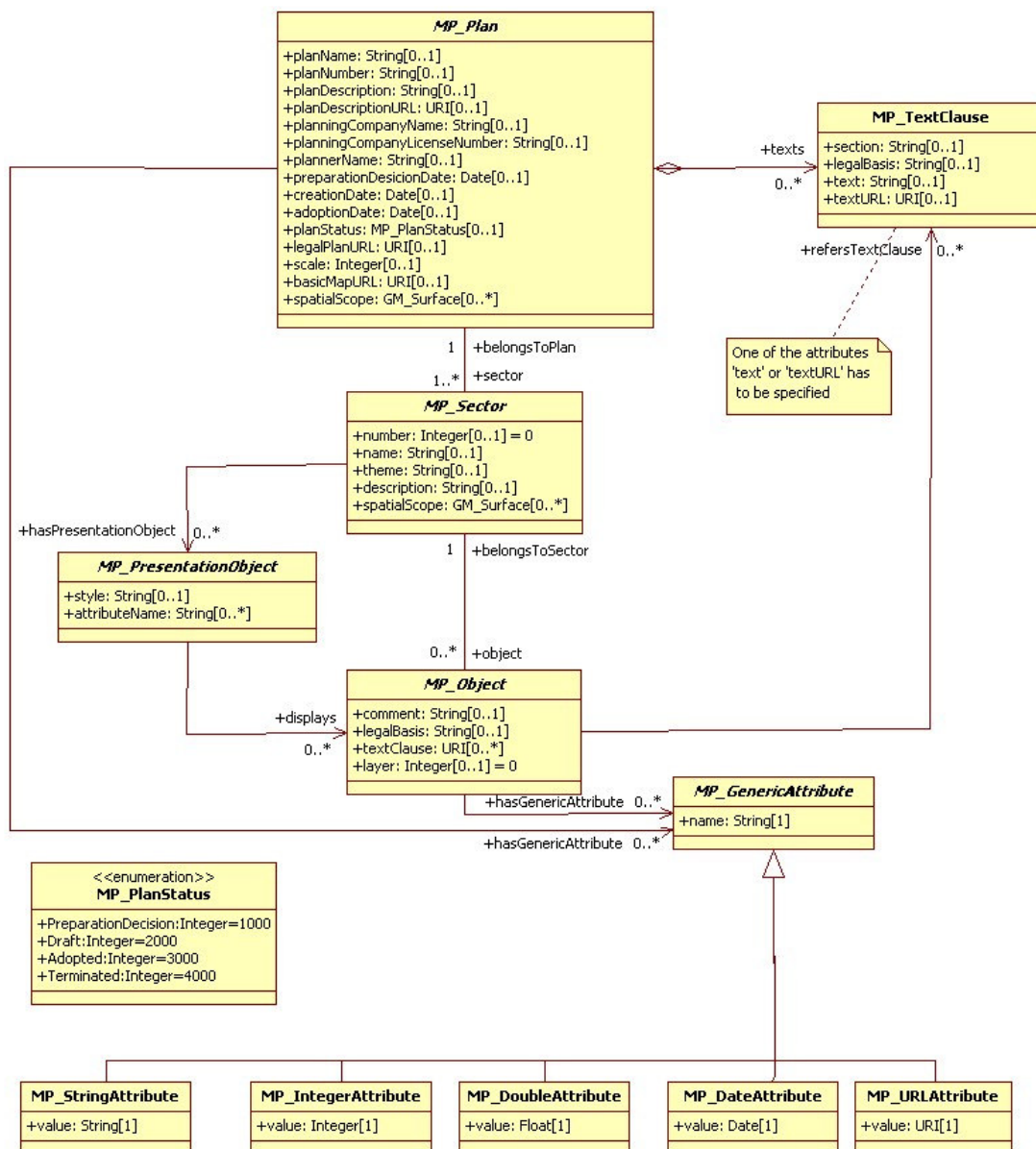


Abbildung 3-3: MonPlan-Basisklassen

Ein Satz generischer Objektarten (*MP_GenericAttribute* und abgeleitete Klassen) gestaltet das Objektmodell offen und erweiterbar (vgl. Abbildung 3-4). Eine weitere Methode ist in der Modellierung spezieller Text-Attribute, wodurch die Liste der Enumerationswerte erweitert wird (vgl. Abschnitt 3.4).

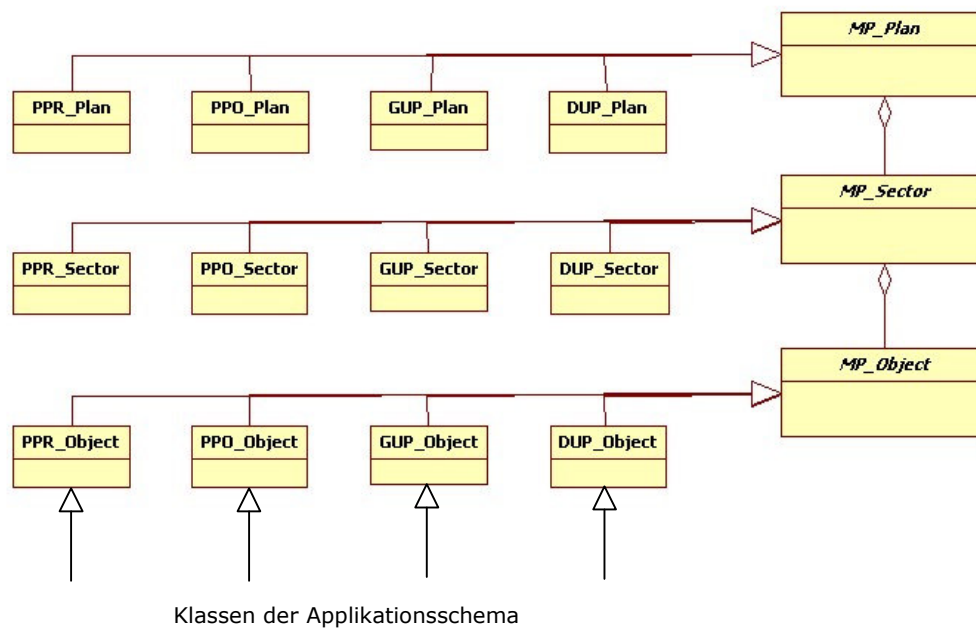


Abbildung 3-4: Ableitung der Basisklassen der Fachpläne

Die Basisklassen für die Fachobjekte der verschiedenen Planarten (*DUP_Object*, *GUP_Object*, *PPO_Object*, *PPR_Object*) sind ihrerseits von *MP_Object* abgeleitet. Sie besitzen eine Anzahl von Attributen, die über das Vererbungsprinzip an alle Klassen von Fachobjekten weitergegeben werden.

Basisklasse	
Attribut	Beschreibung
<i>MP_Plan</i>	
planName	Name des Plans
planNumber	Nummer des Plans
planDescription	Beschreibung des Plans
planDescriptionURL	URL eines Dokumentes zur Beschreibung des Plans
planningCompanyName	Name der für die Planerstellung zuständigen Firma
PlanningCompanyLicense Number	Nummer der Lizenz der für die Planerstellung zuständigen Firma
plannerName	Name des verantwortlichen Planers
preparationDecisionDate	Datum des Planaufstellungsbeschlusses
creationDate	Datum der Erstellung
adoptionDate	Datum der Verabschiedung des Plans
planStatus	aktueller Status des Plans
legalPlanURL	URL eines Dokumentes des rechtlich verbindlichen Plans
scale	Planmaßstab
basicMapURL	URL einer Karte, auf deren Grundlage der Plan erstellt wurde
spatialScope	räumlicher Geltungsbereich des Plans
<i>MP_Sector</i>	
number	Nummer des Planbereiches
name	Name des Planbereiches
theme	Thema der mit dem Planbereich korrespondierenden Karte
description	Beschreibung der semantischen Bedeutung des Planbereiches
spatialScope	räumlicher Geltungsbereich des Planbereiches
<i>MP_Object</i>	
comment	Kommentar oder Beschreibung
legalBasis	rechtliche Grundlage für den Inhalt des Planobjektes
textClause	zusätzliche Planungsinformation als Freitext
layer	Korrelation des Objektes mit einer vertikalen Ebene (Default-Wert 0 = ebenerdiges Objekt)

Tabelle 3-3: Attribute der Basisklassen *MP_Plan*, *MP_Sector* und *MP_Object*

Präsentationsobjekte

Präsentationsobjekte dienen der graphischen Ausgestaltung eines visualisierten Plans. Klassen von Präsentationsobjekten können, vergleichbar den Fachobjekten, punkt-, linien- oder flächenförmigen Raumbezug haben. Sie referieren jeweils eine Signatur (Symbol, Flächen-Schraffur, ...) oder dienen zur Integration von Text in den Plan. Einen Überblick über Klassen der Präsentationsobjekte gibt Abbildung 3-6.

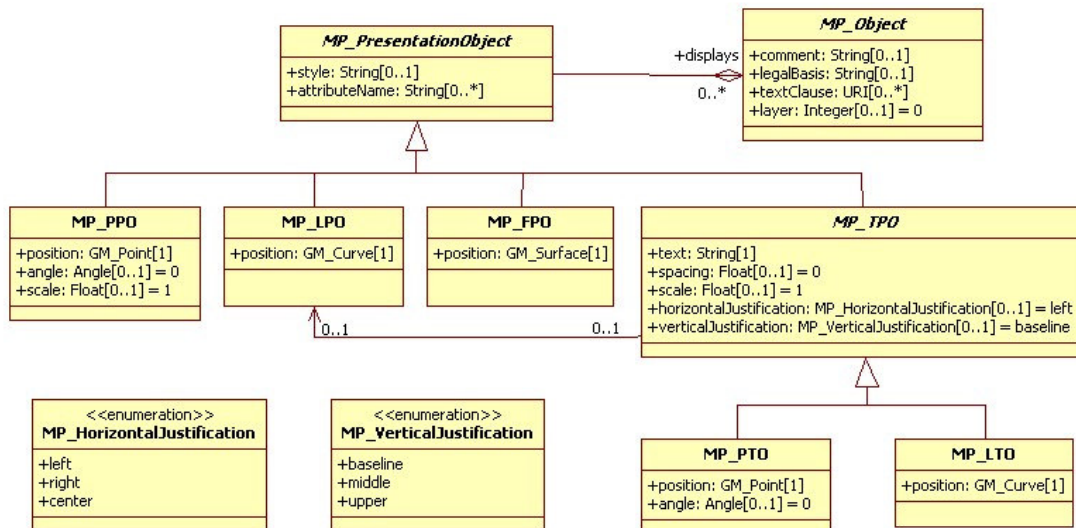


Abbildung 3-5: Präsentationsobjekte in MonPlan

Enumerationen

Enumerationen sind Aufzählungen möglicher Attributwerte. Zur einfacheren Zuordnung enthält die Bezeichnung einer Enumeration i.d.R. den Namen der Klasse, in welcher sie verwendet wird. Den Einzelwerten sind ganzzahlige Identifikatoren zugeordnet. Dies sind i.d.R. volle Tausender (vgl. Abbildung 3-7). Bestehen semantische Kategorien wurden diese durch Hunderter geclustert.

Enumerationen, die keine abschließende Aufzählung darstellen, werden mit „Undefined:Integer=9998“ sowie „Other:Integer=9999“ zwei zusätzliche Werte definiert. Mit „Undefined:Integer=9998“ werden all jene Fälle abgefangen, für die keine entsprechende Eigenschaft definiert ist. „Other:Integer=9999“ dient der Definition von nicht in der Aufzählung enthaltenen Eigenschaftswerten. In der betreffenden Klasse wird hierzu ein zusätzliches Attribut „specialType“ modelliert, das den neuen Eigenschaftswert als Zeichenfolge aufnehmen kann. Wird ein bestimmter neuer Eigenschaftswert vermehrt vergeben, sollte die Enumeration mit einem entsprechenden eigenen Wert erweitert werden.

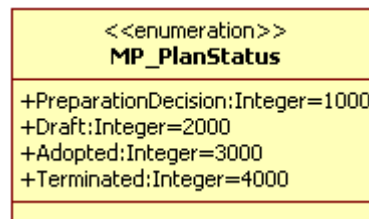


Abbildung 3-6: Enumeration MP_PlanStatus

3.4 Fachschema

Analog dem Basisschema sind die Fachschema dreistufig aufgebaut. Die Basisklassen der Fachschema erben dabei die Attribute der abstrakten Oberklassen des Basisschemas.

Alle Planinhalte, die sich keinem bestimmten Bereich eines Plangebietes zuordnen lassen, werden durch Attribute und Relationen der konkreten, von *MP_Plan* abgeleiteten Klassen modelliert (vgl. Tabelle 3-3).

Als Basisklassen für die Fachobjekte der Fachschema dienen Oberklassen mit vier verschiedenen geometrischen Ausprägungen: punkt-, linienförmig, flächenförmig und am Flächenschluss beteiligt sowie flächenförmig, aber nicht am Flächenschluss beteiligt. Auf diese Weise tragen Flächenobjekte kontextabhängig zum Flächenschluss bei - oder nicht. Die Vereinigung aller Flächenschlussobjekte muss dabei das gesamte Plangebiet überschneidungsfrei überdecken.

Diese Oberklassen sind eine Generalisierung der Klasse *MP_Object* mit einem zusätzlichen Attribut für den Raumbezug (*position*) (vgl. Abbildung 3-8). Sie sind selbst Oberklassen für alle anderen Klassen von Fachobjekten.⁴

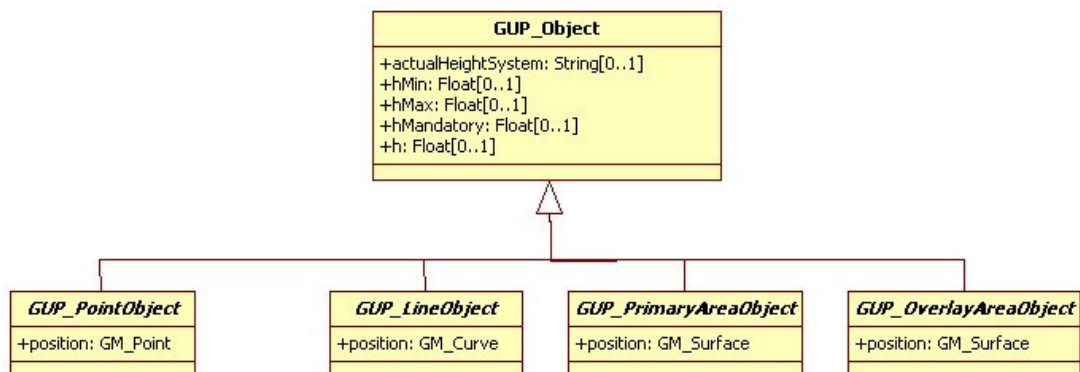


Abbildung 3-7: Oberklassen für Fachobjekte am Beispiel GUP

⁴ XPlanung wählt ein etwas komplexeres Konzept: Eine abstrakte Oberklasse für alle flächenförmige Objekte vererbt an alle Flächenobjekte ein zusätzliches Attribut „flaechenschluss“. Davon abgeleitet sind zwei zusätzliche abstrakte Klassen, deren Attribut „flaechenschluss“ zwangsweise auf *true* bzw. *false* gesetzt wird.

Applikationsschema	
Paket	Anzahl v. Klassen
PPR_Schema	39
PPR_BasicClasses	6
PPR_Border	2
PPR_BuildingDevelopment	3
PPR_Corridors	2
PPR_Infrastructure	12
PPR_MineralRawMaterials	2
PPR_Nature	4
PPR_NatureProtection	2
PPR_OtherClasses	4
PPR_WaterProtection	2
GUP_Schema	79
GUP_AirTrafficInfrastructure	3
GUP_BasicClasses	9
GUP_Border	2
GUP_BuildingDevelopment	1
GUP_CommunalInfrastructure	2
GUP_Development_Restoration	4
GUP_EnergyInfrastructure	9
GUP_HydroInfrastructure	7
GUP_LandscapeNatureProtection	8
GUP_NationalHeritage	2
GUP_Nature	6
GUP_OtherClasses	10
GUP_RailwayTrafficInfrastructure	3
GUP_RoadTrafficInfrastructure	3
GUP_TelecomInfrastructure	3
GUP_WaterProtection	3
GUP_WaterTrafficInfrastructure	4

Tabelle 3-4: Pakete der Fachschema PPR und GUP

Für Festlegungen, die kontextabhängig sowohl flächenhaft als auch punktförmig dargestellt werden können, werden zwei Klassen mit den gleichen Attributen und Attributwerten aber unterschiedlicher Geometrie-Oberklasse modelliert.

Für die Anwendung in MonPlan wird nur ein kleiner Ausschnitt der GML3-Funktionalität benötigt. Er beschränkt sich im Wesentlichen auf einfache Geometrieprimitive, die entsprechend [5, S. 244] zusätzlich gegenüber dem GML3.2-Standard eingeschränkt werden können.

Zwecks besserer Strukturierung des Modells werden semantisch ähnliche Fachklassen in Pakete zusammengefasst. Tabelle 3-4 gibt einen Überblick über die Pakete und Anzahl der enthaltenen Klassen der Fachschema PPR und GUP. Insgesamt wurden in den vier Fachschema PPR, PPO, GUP und DUP 272 Klassen in 62 Paketen modelliert. Eine vollständige Übersicht über Klassen und deren Attribute sowie Enumerationen und Relationen wird in Anhang 1 gegeben.

Modellierung der Katastergrundlage

Katasterdaten sind die verbindliche Planungsgrundlage für Bauleitpläne. Da in Montenegro noch kein Datenmodell für die Katasterdaten existiert, wurde ein Hilfskonstrukt zur Darstellung im digitalen Plan gemäß MonPlan-Standard entwickelt.

Die von der Katasterbehörde zur Verfügung gestellten Daten befinden sich meist in desolatem Zustand und sind nicht für eine spezifiziertere objektorientierte Modellierung geeignet. Daher werden die Katasterdaten durch lediglich zwei Objekte modelliert. Alle linienhaften Objekte der Katasterkarte werden durch ein Linienobjekt modelliert, alle punktförmigen Objekte durch ein entsprechendes Punktobjekt (vgl. Abbildung 3-9). Mittels eines Attributs besteht die Möglichkeit, die Art der Katasterlinie oder des punktförmigen Objektes zu codieren.

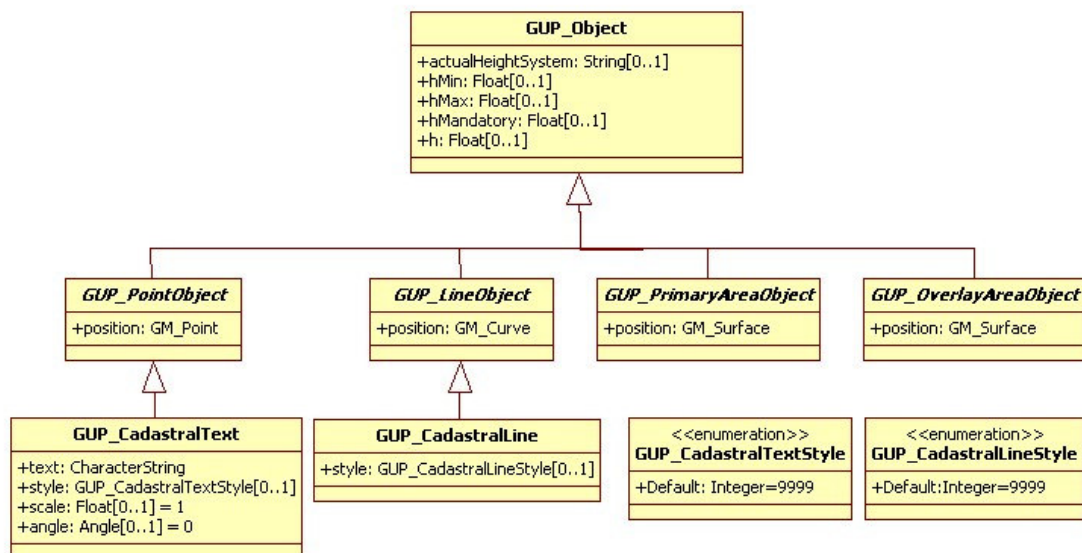


Abbildung 3-8: Modellierung von Katasterdaten

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Folgenden wird zusammenfassend eine Einschätzung der Ergebnisse vorliegender Arbeit gegeben und Überlegungen zur Übertragbarkeit des Ansatzes getroffen.

Das entwickelte UML-Datenmodell MonPlan bildet die Festsetzungen und Darstellungen der verschiedenen Planungsdokumente aller Hierarchieebenen in Montenegro entsprechend der derzeitigen Gesetzeslage vollständig und standardisiert ab. Es leistet auf diese Weise einen wichtigen Beitrag zur interoperablen Verfügbarmachung von staatlichen und lokalen Plänen und deren verlustfreiem Austausch zwischen verschiedenen IT-Systemen der am Planungsprozess Beteiligten. Es legt die Grundlage für die Entwicklung web-basierter Dienste und somit zu einer effizienteren und kundenorientierteren Verwaltung.

Der Prozess der Modellierung von MonPlan hat die Bedeutung einer klaren und ausreichend detaillierten Gesetzgebung für den Planungsbereich für die Entwicklung eines eleganten Datenmodells unterstrichen. In Montenegro bestehen in dieser Hinsicht noch Defizite (vgl. Abschnitt 2.3). Um dem Rechnung zu tragen, wurde das Objektmodell in Bereichen sehr flexibel gestaltet. So sind beispielsweise ausgewählte Fachobjekte mit linienförmigem Raumbezug als auch mit flächenhaftem Raumbezug modelliert. Andere Festsetzungen sind innerhalb eines Fachschemas mehrmals auf der Ebene verschiedener Fachobjekte mit dem gleichen Raumbezug, aber unterschiedlicher räumlicher Ausdehnung definiert. Dadurch kann zwar die Ausgestaltung eines Planungsdokuments an spezielle Erfordernisse angepasst werden. Diese Flexibilität verlagert jedoch auch stärkere Entscheidungsverantwortung auf den Anwender, d.h. Planer. Es bedarf folglich auch bei Umsetzung in einer entsprechenden CAD-/GIS-Fachapplikation einer soliden Kenntnis des Datenmodells seitens des Anwenders.

MonPlan verfolgt eine 3-stufige Modellierung der Planungsinhalte: Gesamtplan, Planbereich bzw. thematischer Plan, Planobjekt. Ein Basisschema bildet die Grundlage für 4 Applikationsschema mit den konkreten Fachklassen. Ein Applikationsschema beinhaltet die Festsetzungen einer Planungsebene oder mehrerer, semantisch ähnlicher Planarten. Diese Grundstruktur ist auf andere Datenmodelle im Raum- und Bauleitplanungsbereich übertragbar.

Bewusst wurde bei MonPlan auf eine Modellierung gescannter Altpläne verzichtet. Eine Digitalisierung von existierenden analogen Plänen ist für Montenegro kaum relevant, da die meisten Altpläne entweder bereits außer Kraft sind, oder in absehbarer Zeit durch aktualisierte Pläne ersetzt werden. In Ländern mit anderen Voraussetzungen mag eine Erweiterung der

Fachschemata um entsprechende Basisklassen zur Rasterbilderdarstellung jedoch durchaus überlegenswert sein.

Eine Spezifizierung, deren Übertragbarkeit auf andere Kontexte ebenfalls im Einzelfall zu prüfen ist, ist die in den Fachschemata GUP und DUP erfolgte Modellierung der Katastergrundlage. Für MonPlan begründete sich dies auf dem Fehlen eines entsprechenden Datenmodells für Geobasisdaten. Eine Verallgemeinerung ist daraus nicht ableitbar.

Des Weiteren ist es unerlässlich – und gleichzeitig eine besondere Herausforderung – den Modellierungsprozess so zu gestalten, dass planerischer Fachverstand und Kenntnisse der Datenmodellierung auf optimale Weise kombiniert werden. Ein Planer wird in den seltensten Fällen über vertiefte Kenntnisse der Objektmodellierung verfügen. Gleichzeitig ist es schwerlich möglich, alle Feinheiten der Planungsbestimmungen nur anhand von Rechtsvorschriften und ohne Mitwirkung von Praktikern in das Datenmodell einfließen zu lassen. Das Gelingen dieser Synthese ist nach Auffassung der Autorin als Kriterium für die Qualität und besonders die spätere Implementierung des Datenmodells mindestens genauso hoch einzustufen als das Umsetzen internationaler Normen und Standards.

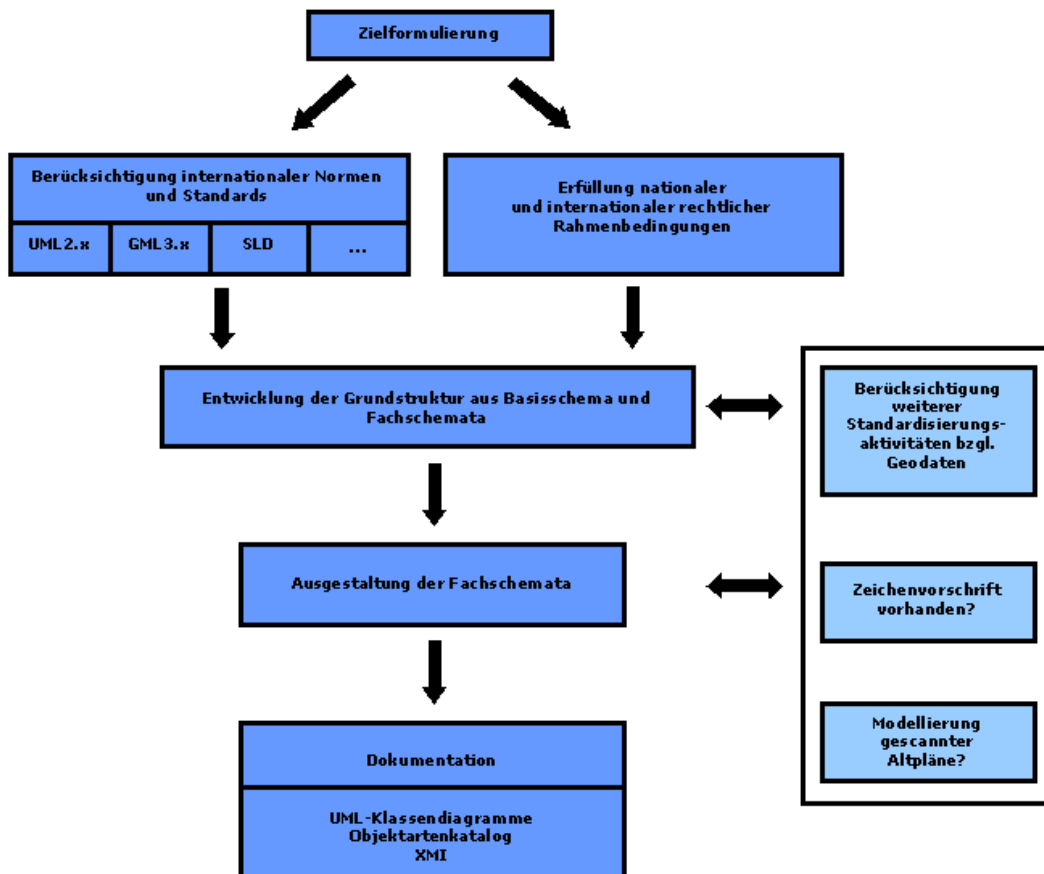


Abbildung 4-1: Entwicklung eines Fachdatenmodells für Planungszwecke

Die wichtigsten Schritte und Fragestellungen eines allgemeinen Modellierungsprozesses im Bereich Raum- und Bauleitplanung sind in Abbildung 4-1 dargestellt.

Für Datenmodelle im Bereich der Raum- und Bauleitplanung kann die mächtige GML3-Funktionalität stark durch die Bildung geeigneter Profile eingeschränkt werden. So werden beispielsweise in aller Regel einfache Datentypen ausreichend und keine Methodendefinition notwendig sein.

Weitere Schritte bezüglich der Implementierung des Datenmodells MonPlan beinhalten die Fertigstellung eines auf GML3.2 aufbauenden interoperablen, standardisierten Datenaustauschformats für MonPlan sowie die Entwicklung einer verbindlichen produkt- und herstellerneutralen Visualisierungsvorschrift für alle staatlichen und lokalen Pläne gemäß der Spezifikation des OGC für Zeichenvorschriften (Styled Layer Descriptor – SLD).

Aufgrund der erkannten Defizite in der montenegrinischen Gesetzgebung sowie der weiteren Harmonisierung nationaler Bestimmungen mit europäischen Richtlinien erfolgt zum Zeitpunkt der Fertigstellung vorliegender Arbeit eine Überarbeitung der planungsrelevanten Gesetze und Durchführungsbestimmungen in Montenegro. Eine Anpassung des hier vorgestellten Datenmodells ist daher bereits absehbar.

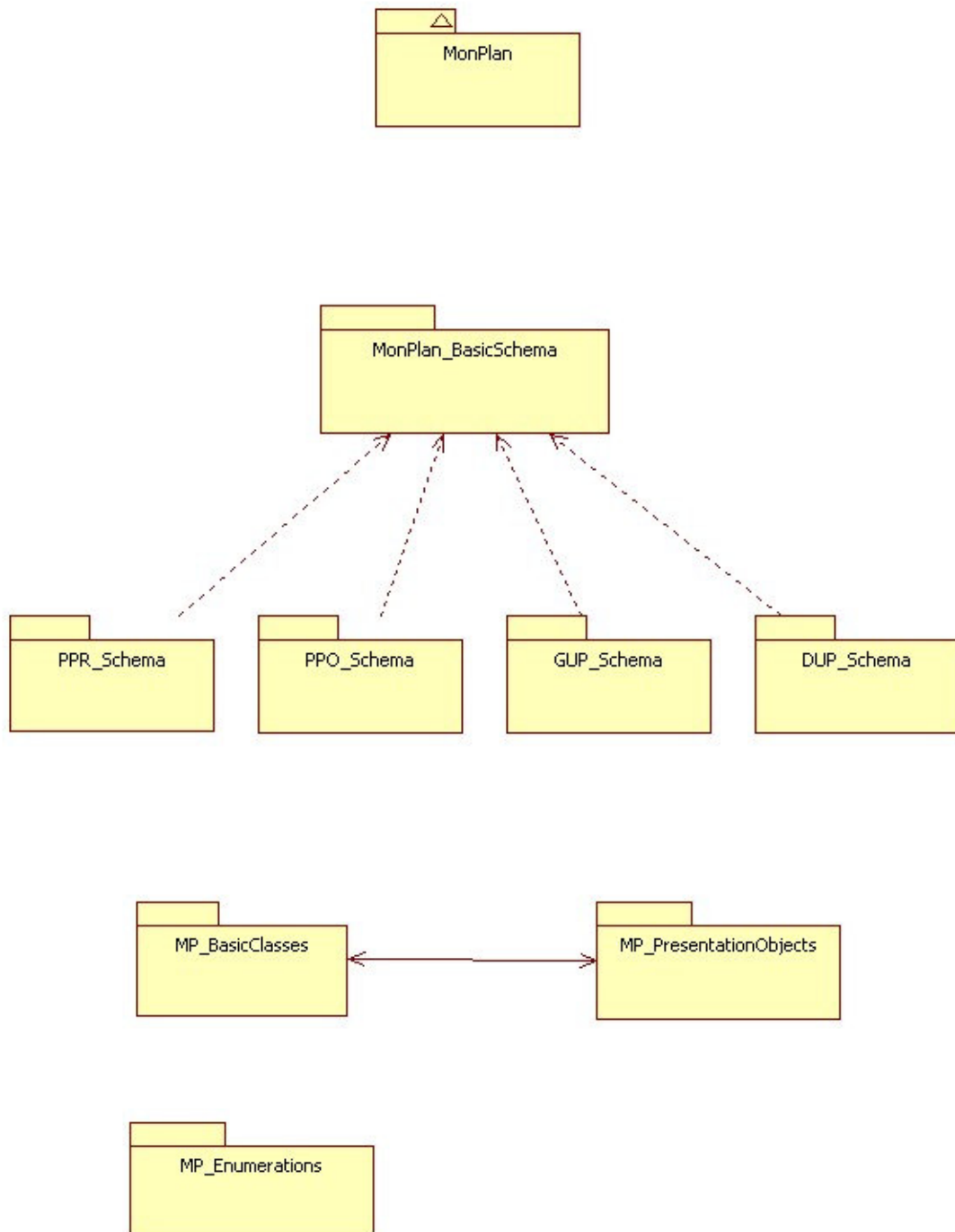
Literatur

- [1] Amtsblatt der Europäischen Union, L108 vom 25.04.2007: Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE).
- [2] Balzert, Heide (2005): Lehrbuch der Objektmodellierung – Analyse und Entwurf mit der UML 2. 2. Auflage. Elsevier, Spektrum, Akad. Verlag, Heidelberg (u.a.).
- [3] Behr, Franz-Josef (2005): XML-basierte Kodierung von Geodaten mittels der Geography Markup Language. In: Mitteilungsheft des DVW-Landesvereins Baden-Württemberg, Heft 2, Herbst 2005.
- [4] Benner, Joachim / Krause, Kai-Uwe / Müller, Markus U. (2005): Elektronische Planzeichenverordnung – Modellierung, Datenaustausch und Visualisierung von Bauleitplänen mit OGC-Standards. In: Schrenk, M. (Hrsg.): CORP 2005 - 10. Internationales Symposium zur Rolle der Informationstechnologie in der Stadt- und Regionalplanung sowie zu den Wechselwirkungen zwischen realem und virtuellem Raum. Wien, 22.-25.Februar 2005. S.487-496.
- [5] Benner, Joachim / Krause, Kai-Uwe (2006): XPlanung – Standardisierter Austausch digitaler Bauleitpläne im Raster- und Vektorformat. In: Mitteilungen des DVW-Bayern e.V. Jahrgang 58, Heft 2. S.238-255.
- [6] Bill, Ralf (1994): Grundlagen der Geo-Informationssysteme: Band 1. Hardware, Software und Daten. 4. Auflage. Herbert Wichmann, Heidelberg.
- [7] Bill, Ralf (1999): Grundlagen der Geoinformationssysteme: Band 2. Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen. 2., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Herbert Wichmann, Heidelberg.
- [8] Booch, Grady / Rumbaugh, James / Jacobson, Ivar (2006): Das UML-Benutzerhandbuch. Neuauflage. Addison-Wesley, München (u.a.).
- [9] Center for Entrepreneurship and Economic Development (CEED) (2007): Real Estate Market in Montenegro: Trends and Expectations. Podgorica.
- [10] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (1998): DIN 820-3: Normungsarbeit – Teil 3: Begriffe. Ausgabe 7.1998.
- [11] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2000): Gesamtwirtschaftlicher Nutzen der Normung. Beuth Verlag, Berlin et al.

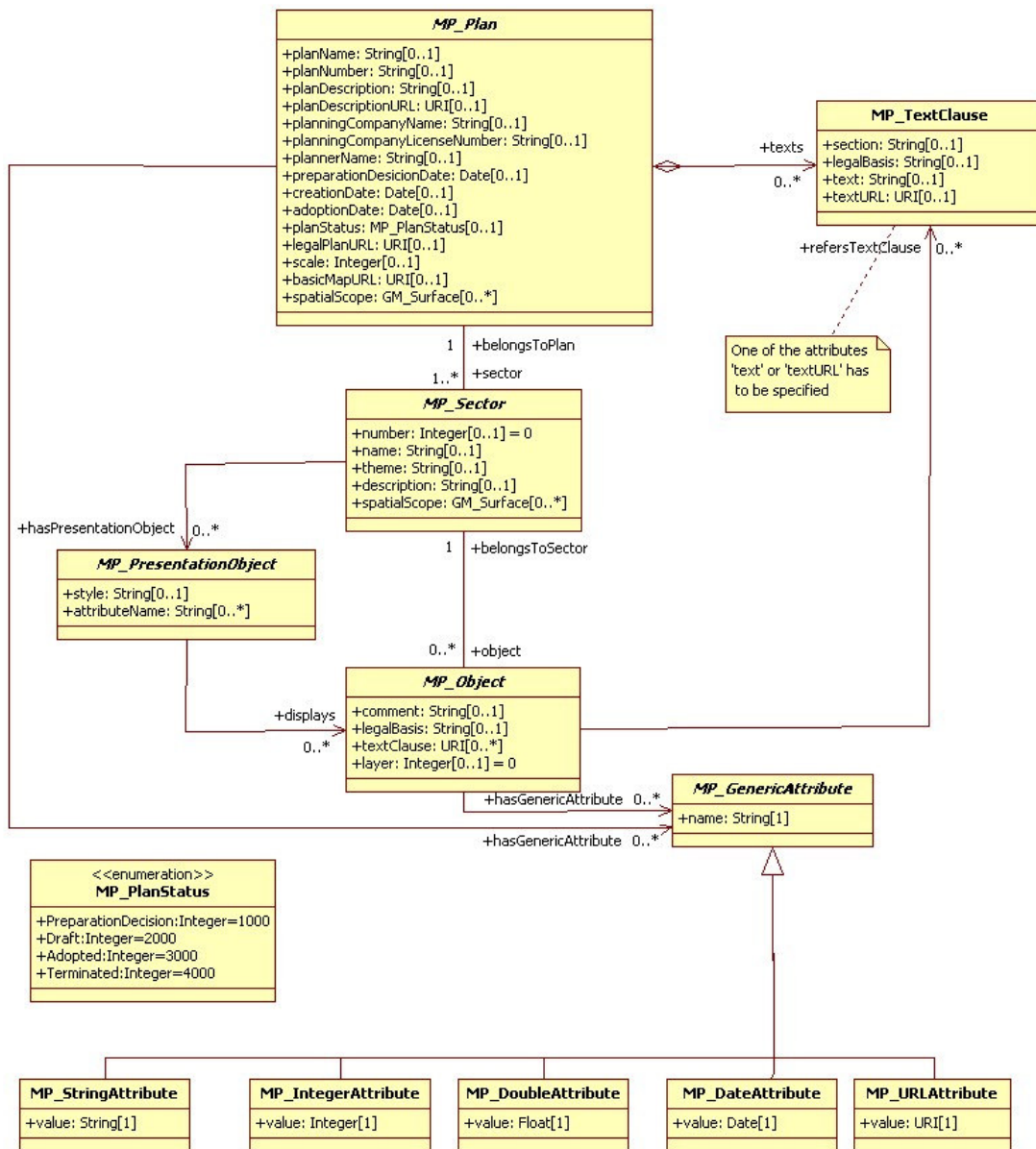
-
- [12] Donaubaauer, Andreas Josef (2004): Interoperable Nutzung verteilter Geodatenbanken mittels standardisierter Geo Web Services. Dissertation. Technische Universität München, München.
- [13] European Commission (2008): Draft Guidelines – INSPIRE metadata implementing rules based on ISO 19115 and ISO 19119. URI: [http://www.ec-gis.org/inspire/reports/Implementing Rules/metadata/ Draft Guidelines%20 INSPIRE metadata implementing rules.pdf](http://www.ec-gis.org/inspire/reports/Implementing_Rules/metadata/Draft_Guidelines%20INSPIRE_metadata_implementing_rules.pdf) (letzter Zugriff: 20.07.2008)
- [14] Giger, Christine (2002): GeoPortale, Metadaten und Geodata-Warehouse. In: Bill, R. / Seuß, R. / Schilcher, M. (Hrsg.): Kommunale Geo-Informationssysteme. Herbert Wichmann, Heidelberg. S.311-320.
- [15] *MEDIA@Komm-Transfer* (Red.) (2006): Spezifikationsbericht XPlanung. URI: <http://www.iai.fzk.de/www-extern/index.php?id=1543> (letzter Zugriff: 20.07.2008).
- [16] Oestereich, Bernd (2005): Analyse und Design mit UML2. 7., aktualisierte Auflage. Oldenbourg Verlag: München, Wien (u.a.).
- [17] OGC Open Geospatial Consortium Inc. (2005): Interoperability and Open Architectures: An Analysis of Existing Standardisation Processes & Procedures. OGC White paper, OGC 05-049r1.
- [18] Službeni List Republike Crna Gora, broj 28/05: Zakon o planiranju i uređenju prostora. 5.5.2005.
- [19] SOGI Schweizerische Organisation für Geo-Information (SOGI) (2003): Worin liegt der praktische Nutzen von Interoperabilität und Normung für den GIS-Anwender in der Schweiz?. Bericht der Fachgruppe GIS-Technologie.
- [20] Strobel, Stefan / Reinhardt, Wolfgang (2007): Die Bedeutung von Profilen für den Datenaustausch mittels Geography Markup Language. In: Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG), Band 39.
- [21] World Travel & Tourism Council (2007): Montenegro – Travel & Tourism: Unlocking the potential for growth. Montenegro Report 2007. London
URI: <http://www.wttc.org> (letzter Zugriff: 20.07.2008).
- [22] Vlada Crna Gora (2008): Predlog Pravilnik za kategorije namjena površina, elementi urbanističke regulacije i grafički simboli. Jul 2008.

Anhang: UML-Klassendiagramme

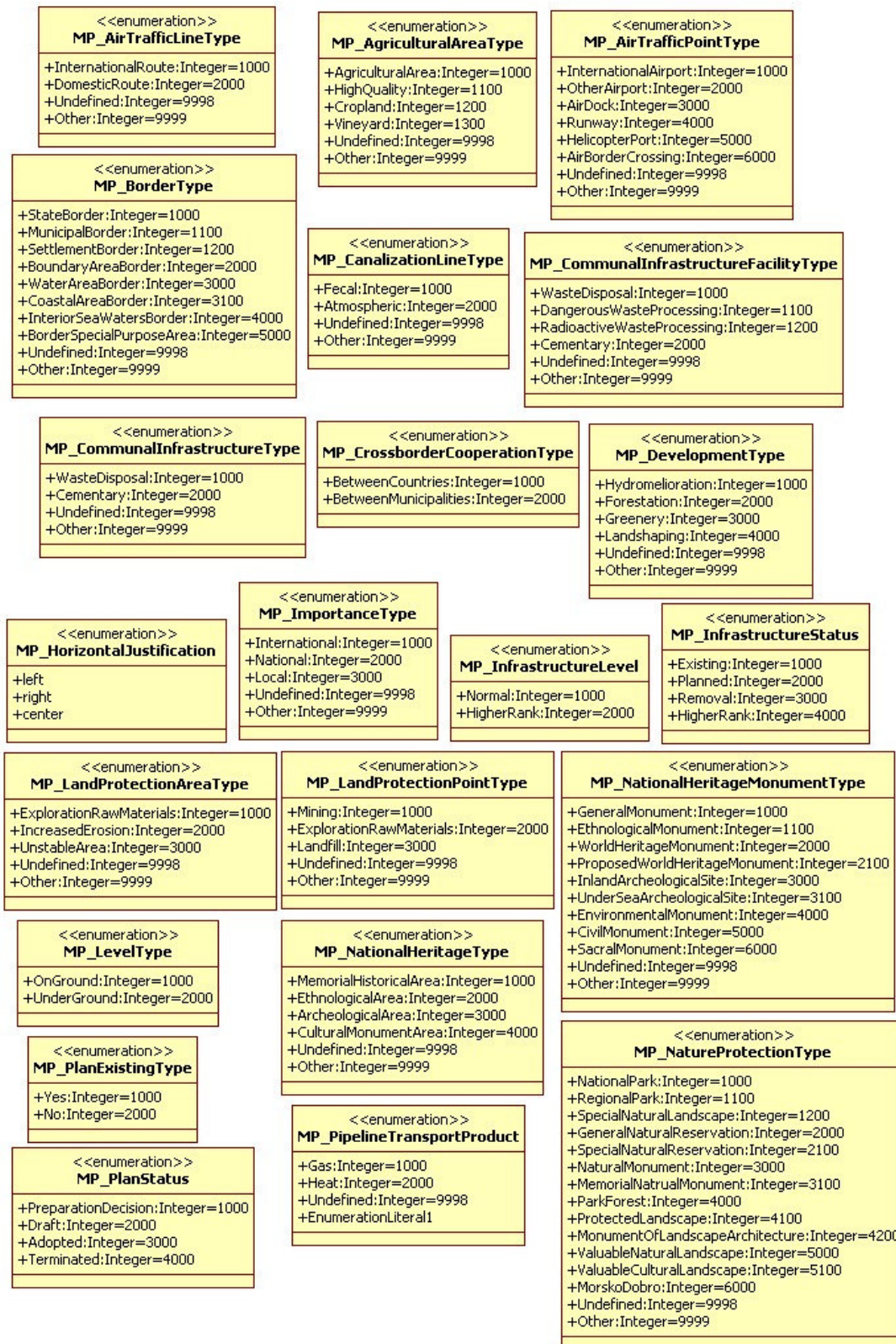
MonPlan - Basisschema

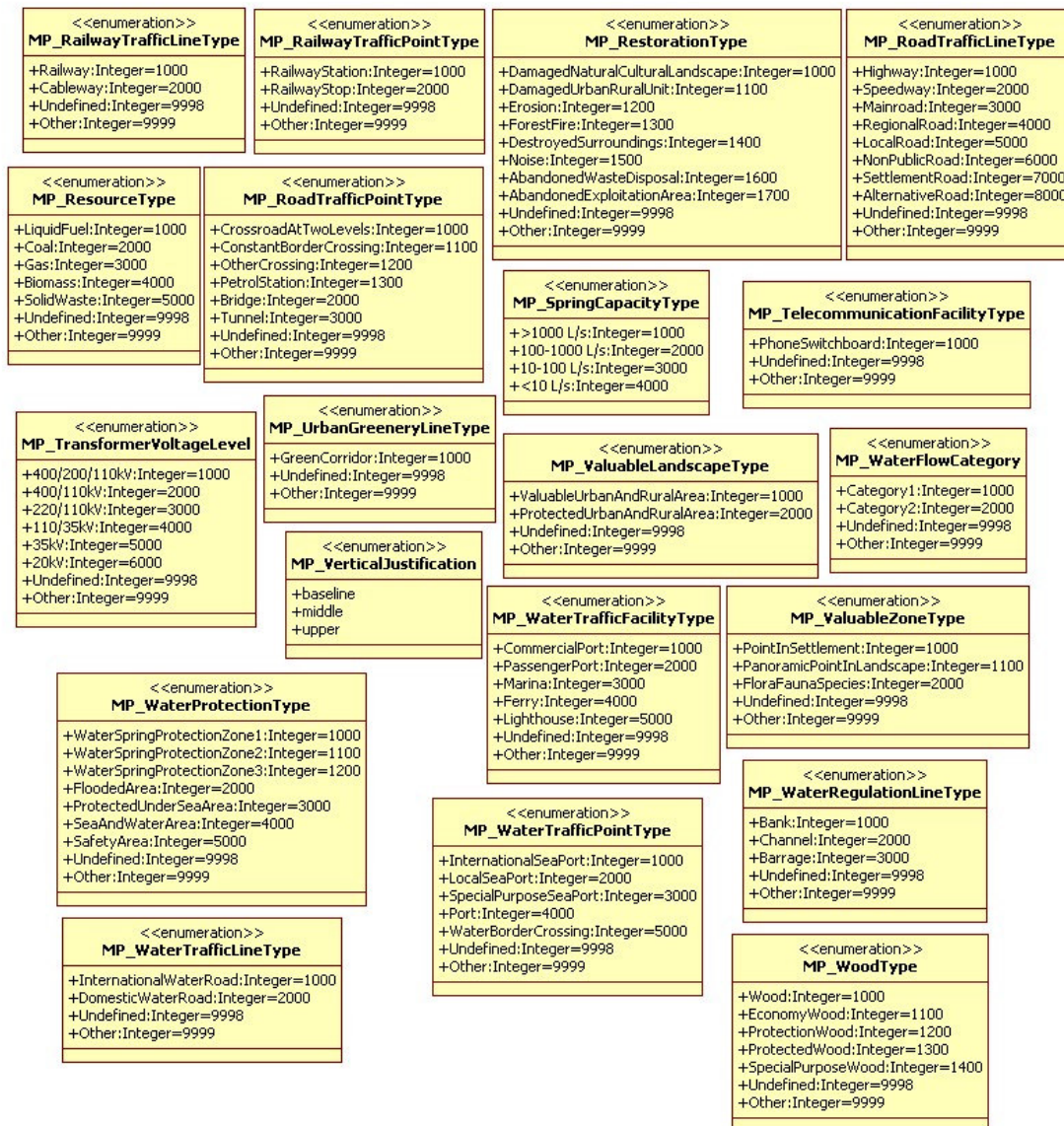


MonPlan – Basisklassen

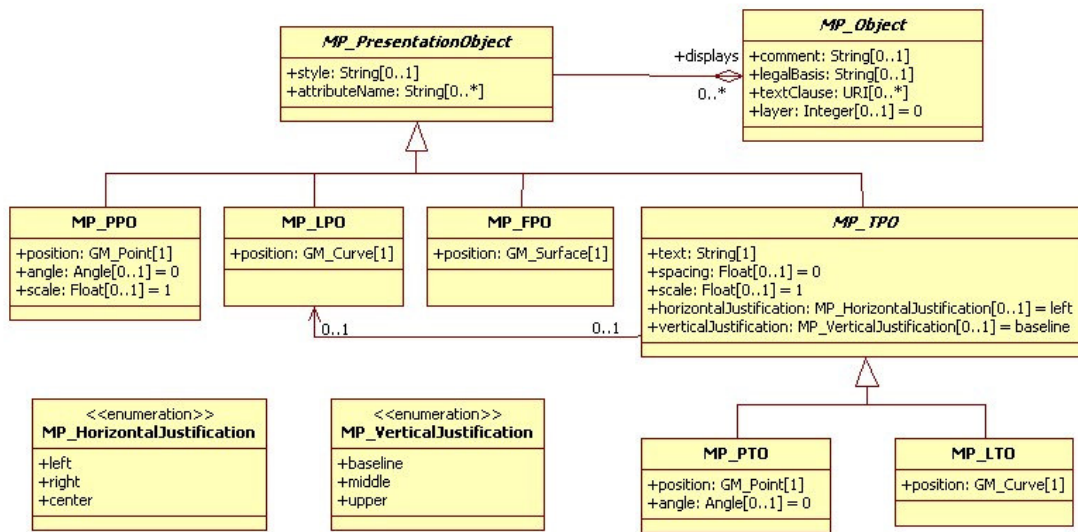


MonPlan – Enumerationen

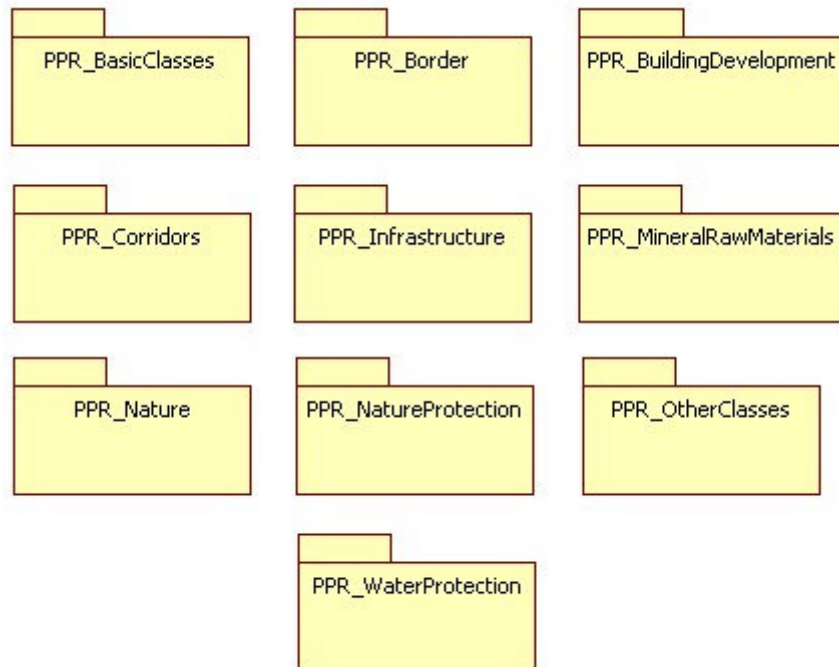




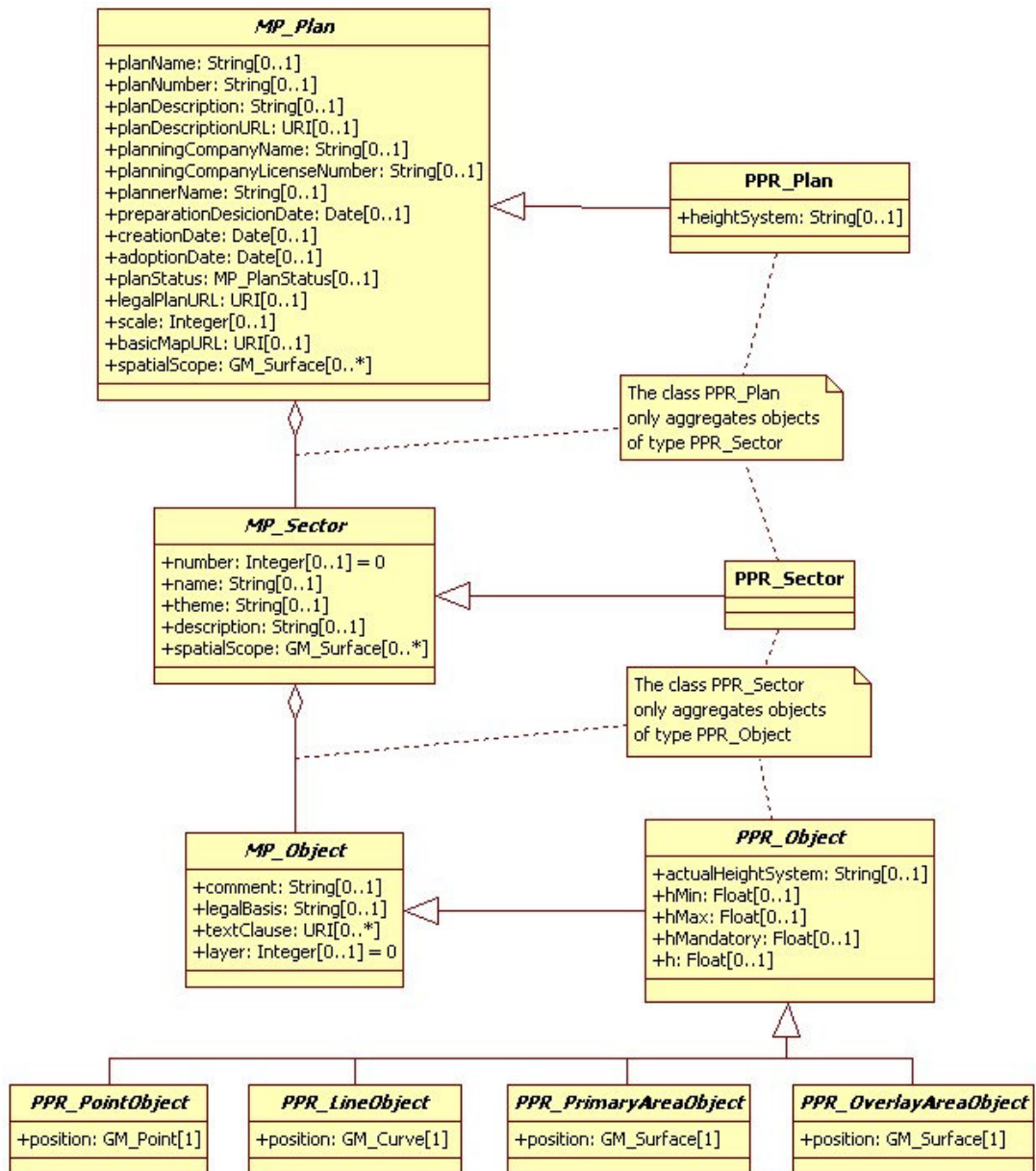
MonPlan – Präsentationsobjekte



MonPlan – PPR-Pakete

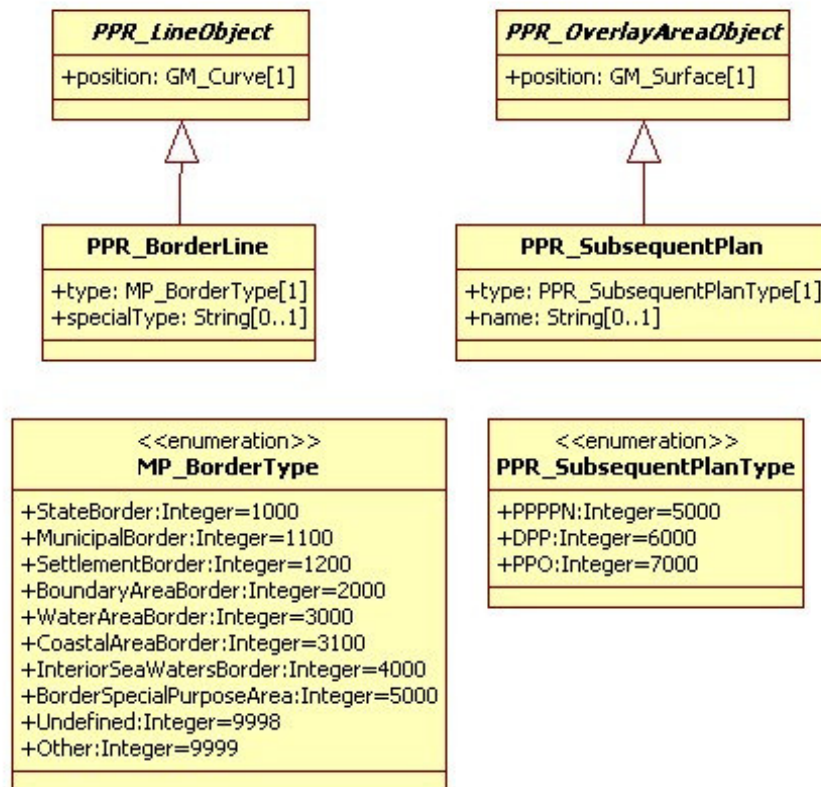


MonPlan – PPR-Basisklassen

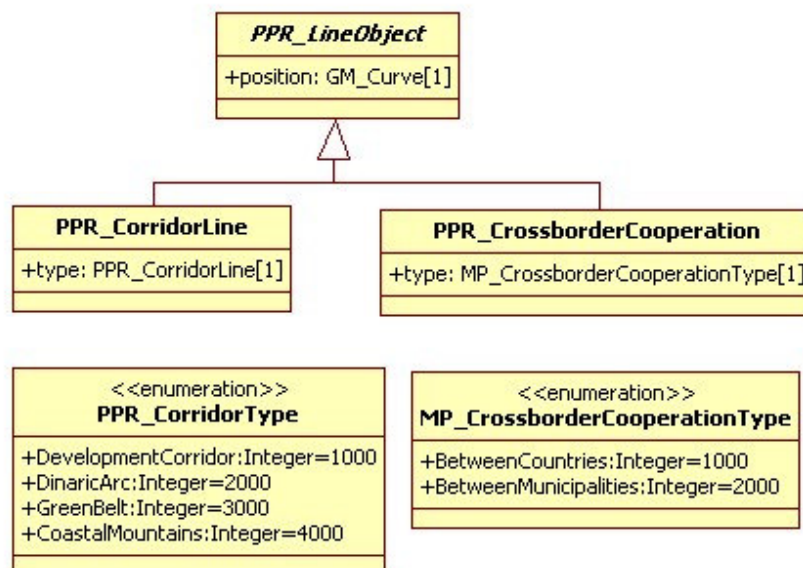


MonPlan – PPR-Fachklassen

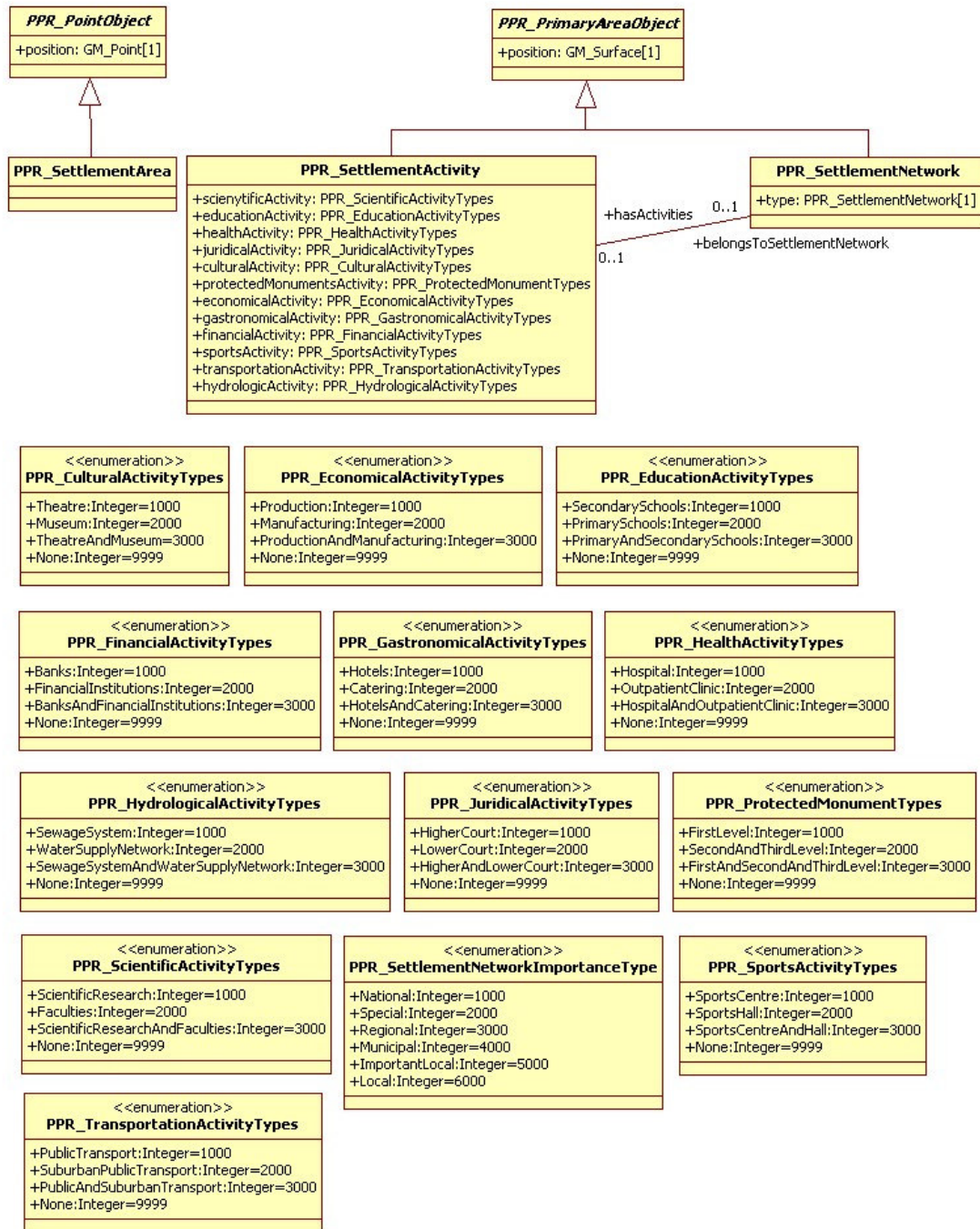
PPR – Border



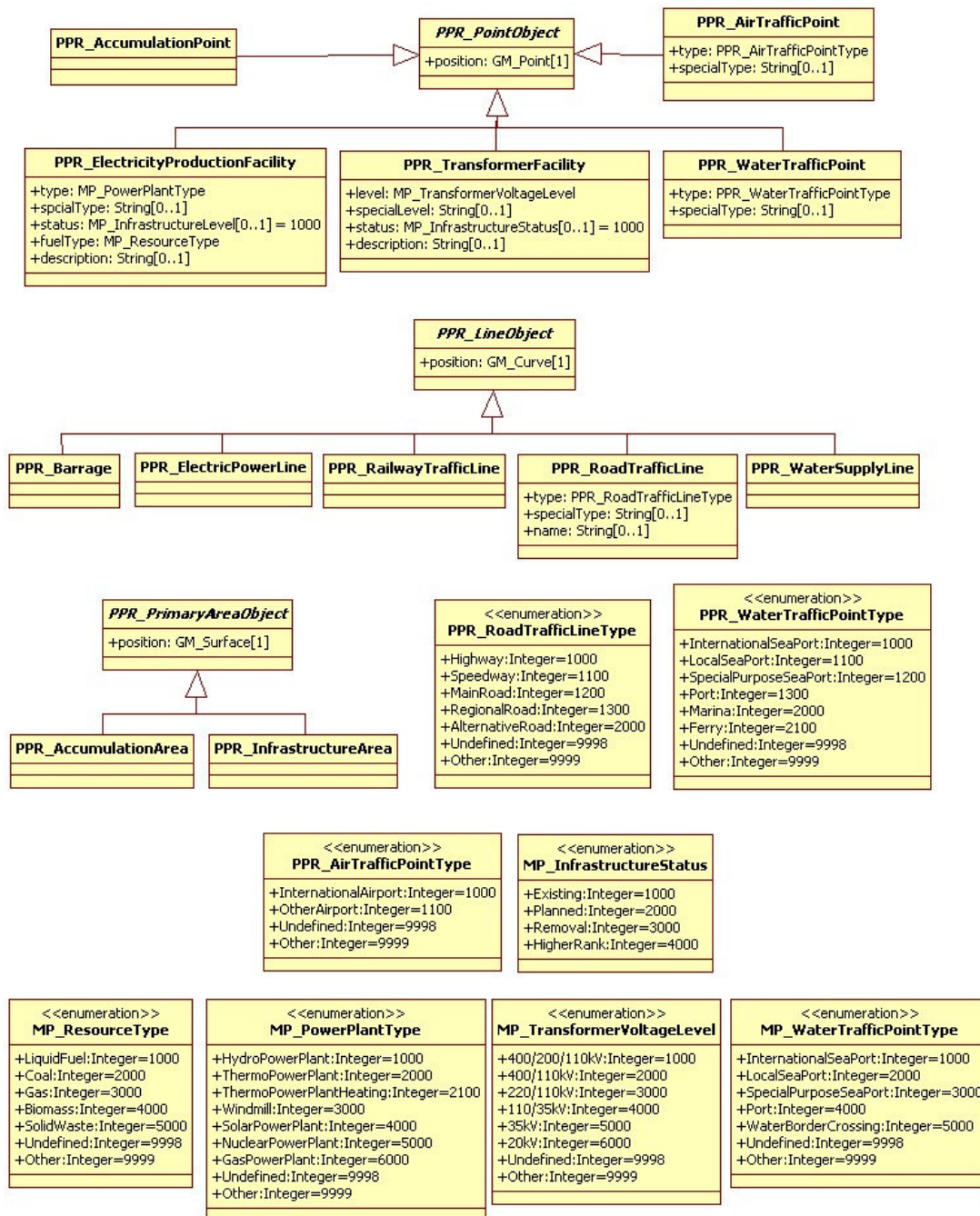
PPR – Corridors



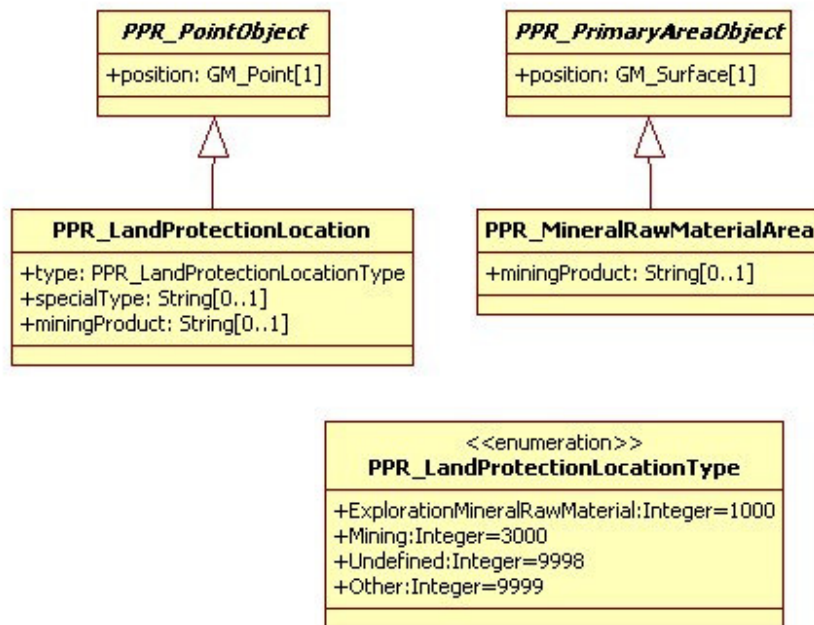
PPR – Building and Development



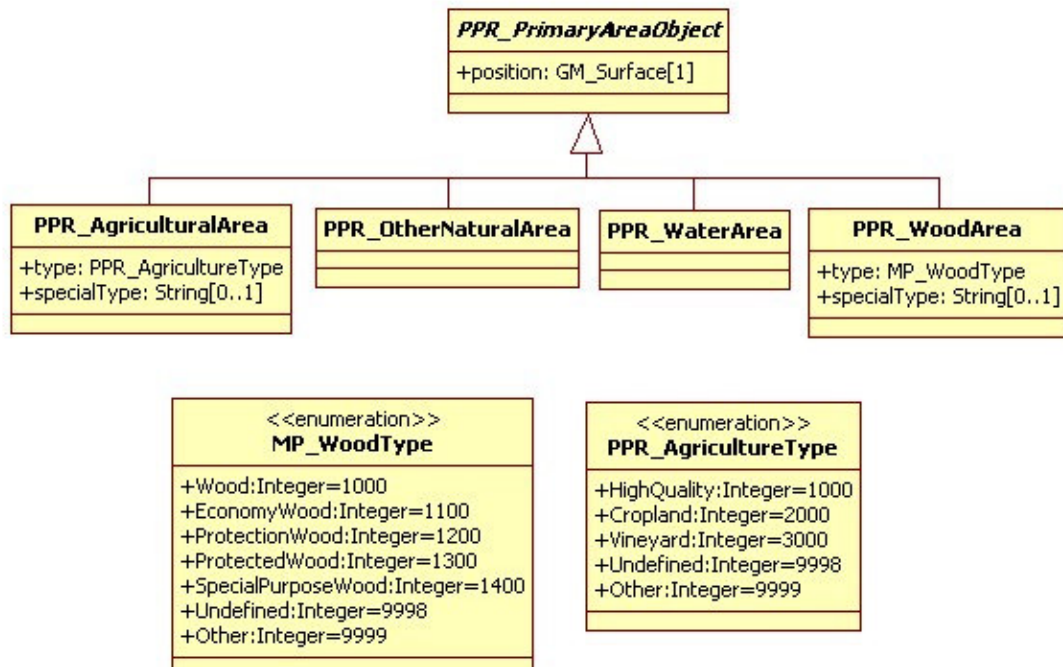
PPR – Infrastructure



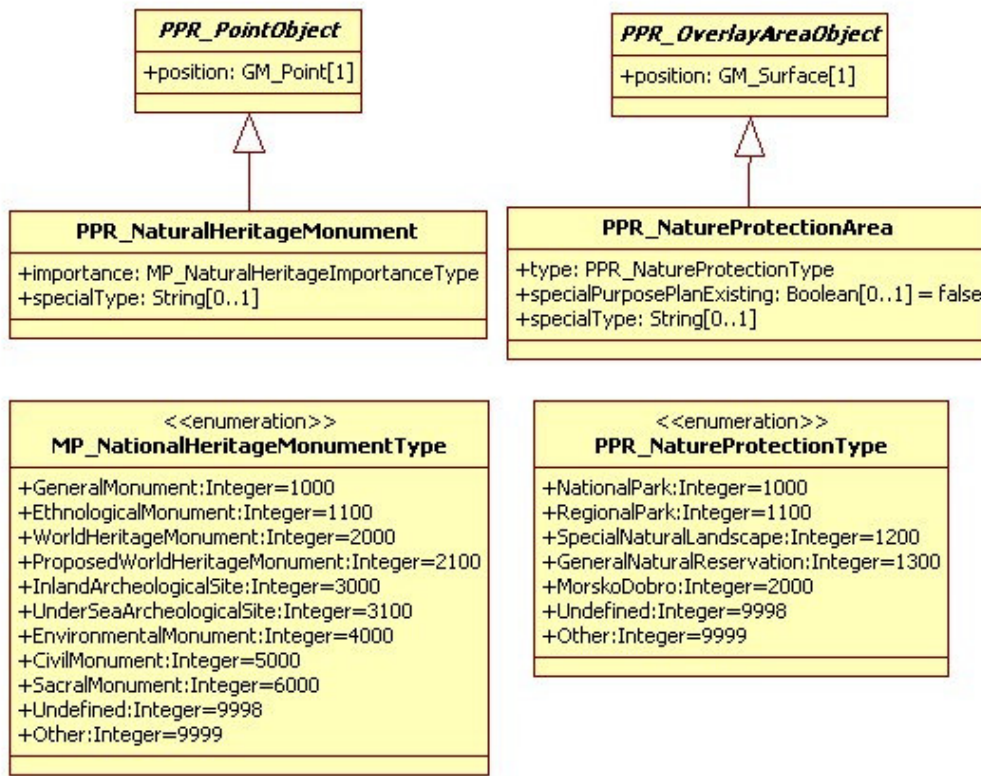
PPR – Mineral Raw Materials



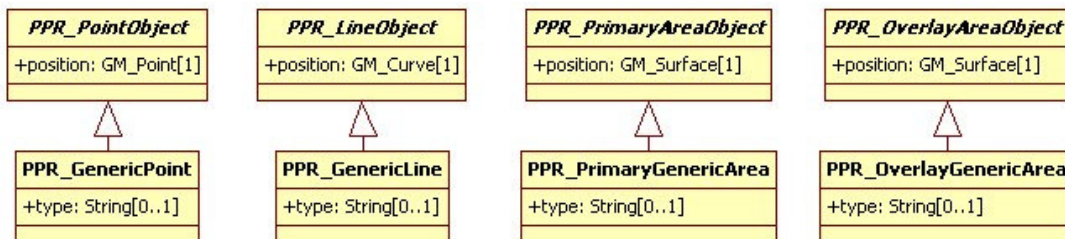
PPR – Nature



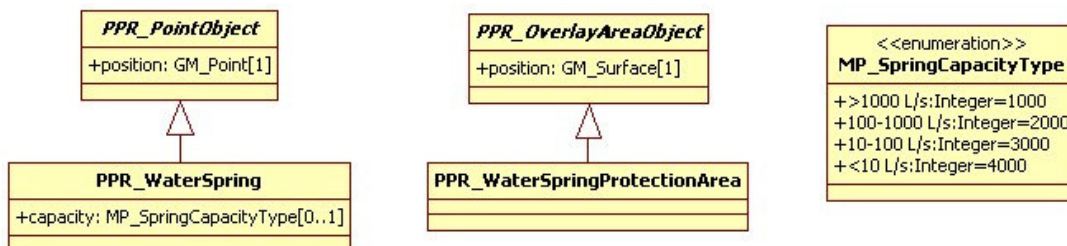
PPR – Nature Protection



PPR – Other Classes



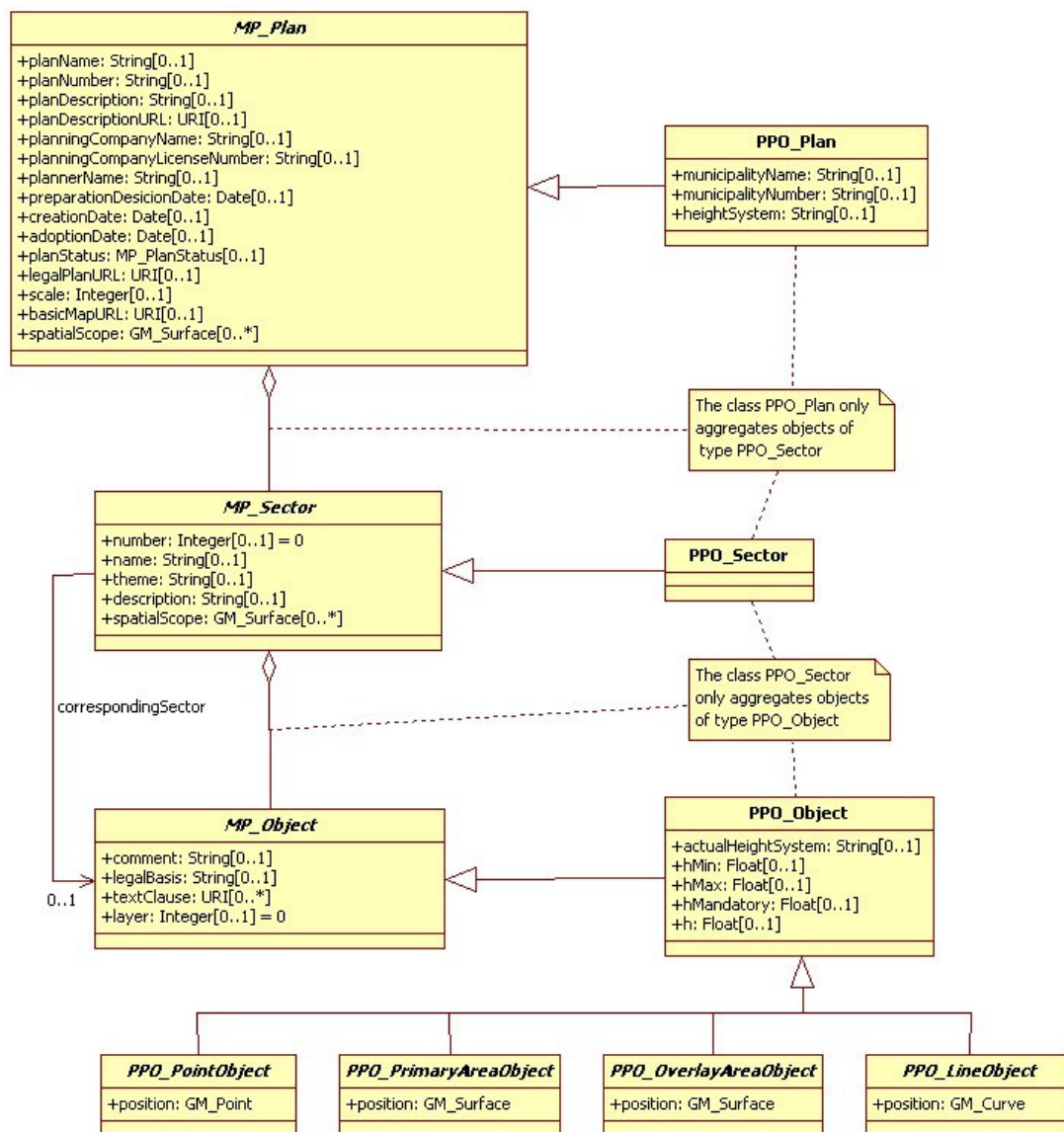
PPR – Water Protection



MonPlan – PPO-Pakete

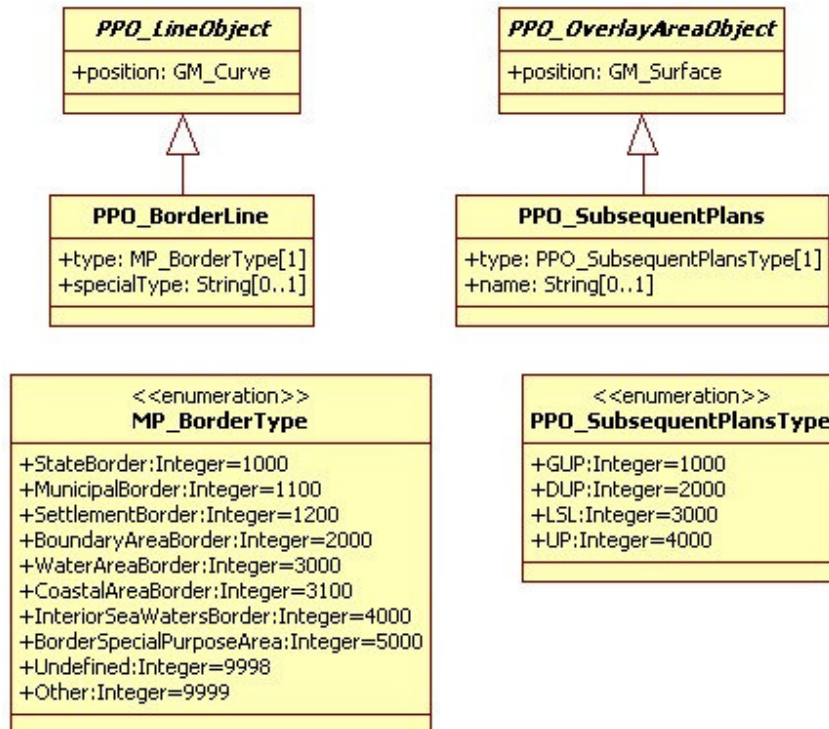


MonPlan – PPO-Basisklassen

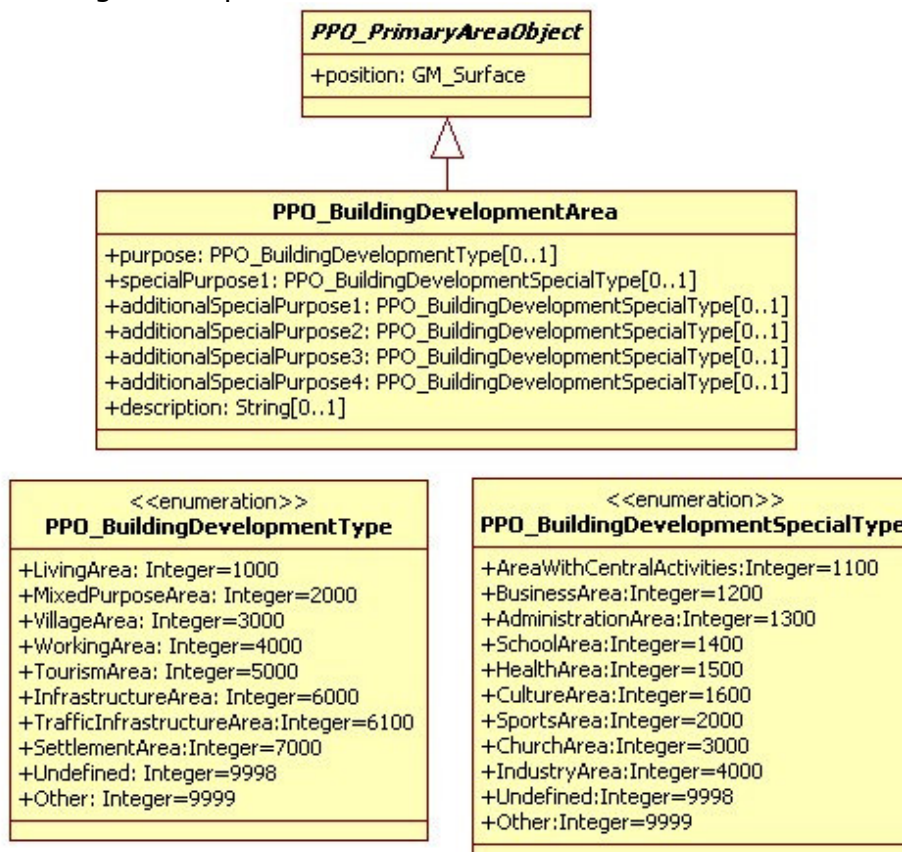


MonPlan – PPO-Fachklassen

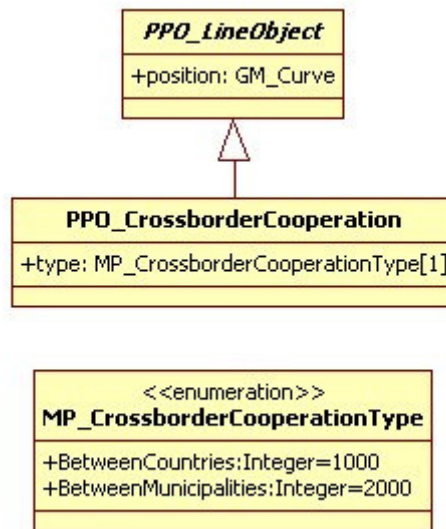
PPO – Borders



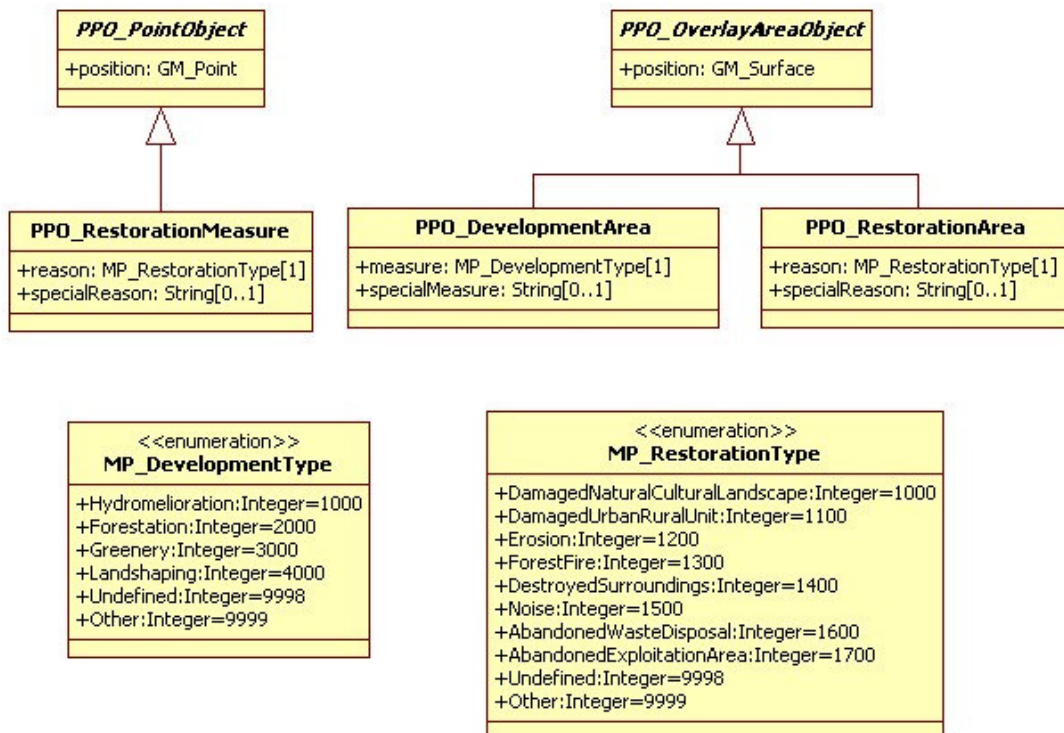
PPO – Building Development



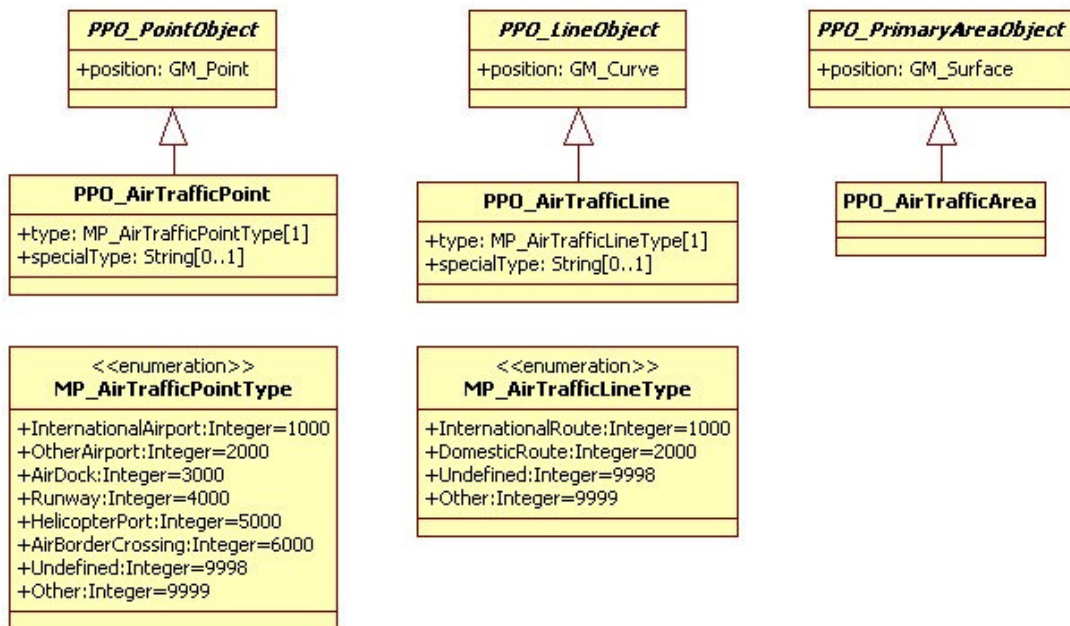
PPO – Corridors



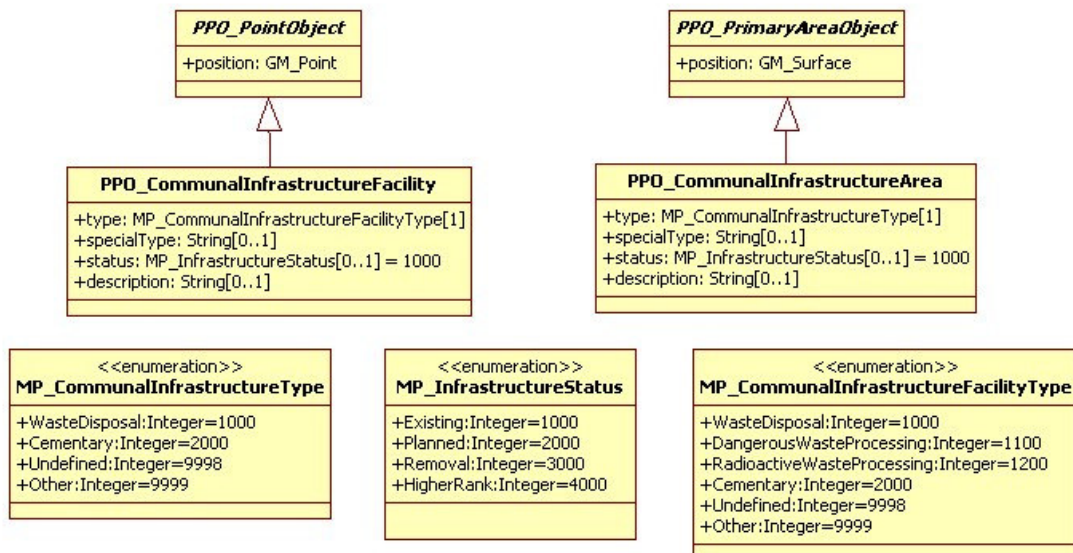
PPO – Development & Restoration



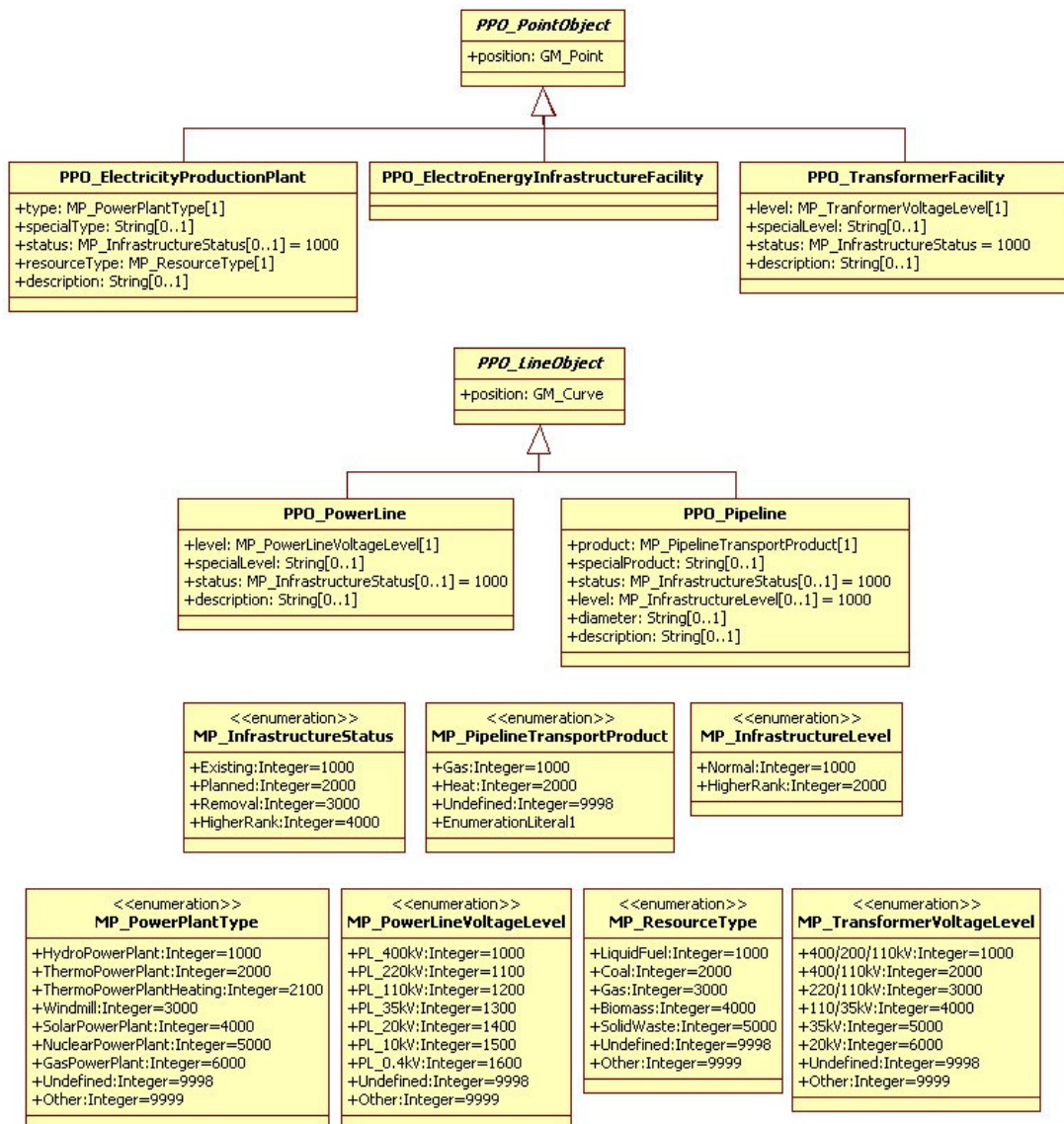
PPO – Air Traffic Infrastructure



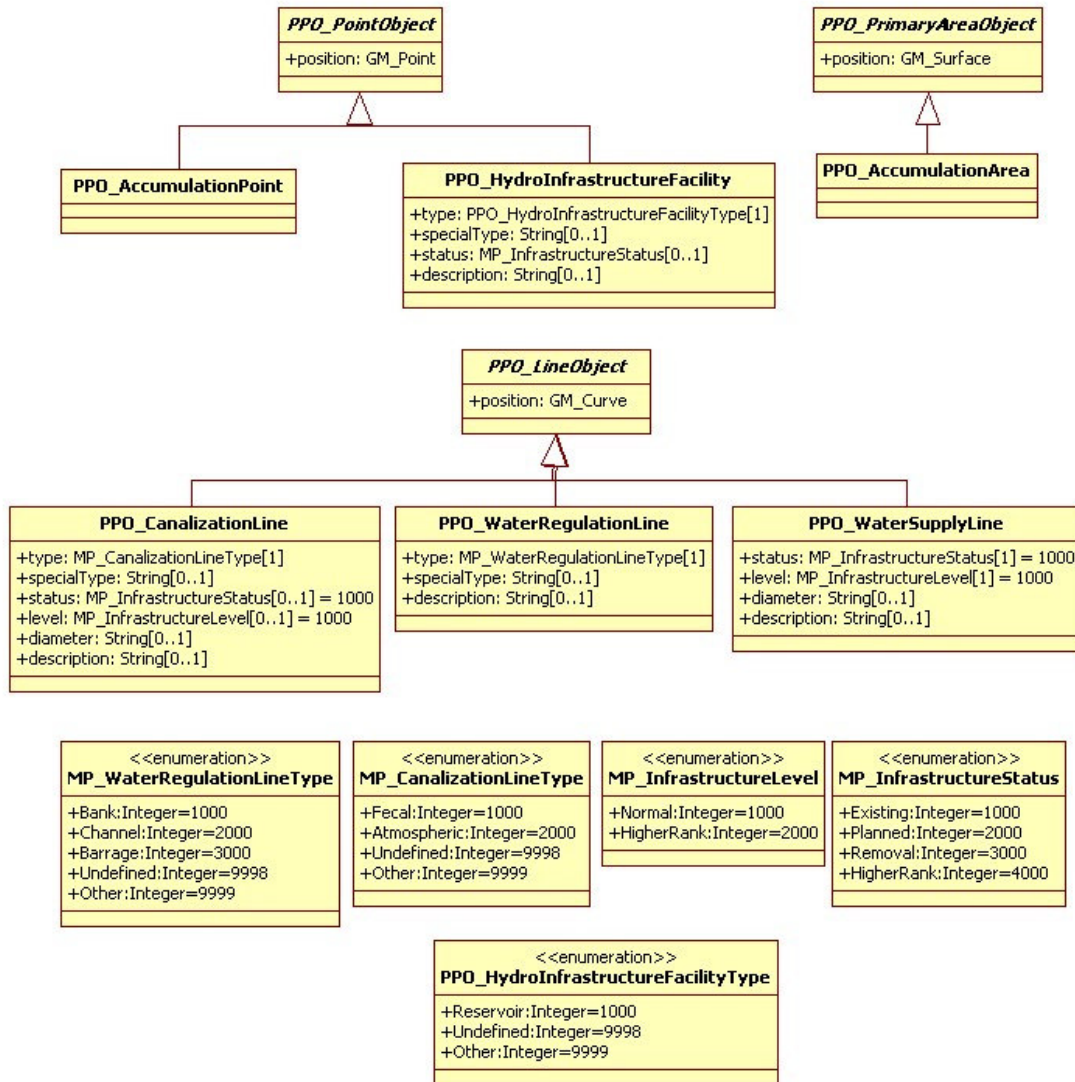
PPO – Communal Infrastructure



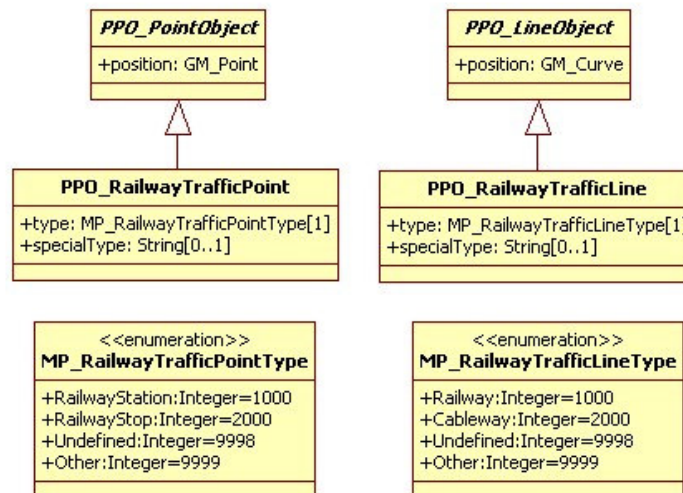
PPO – Energetic Infrastructure



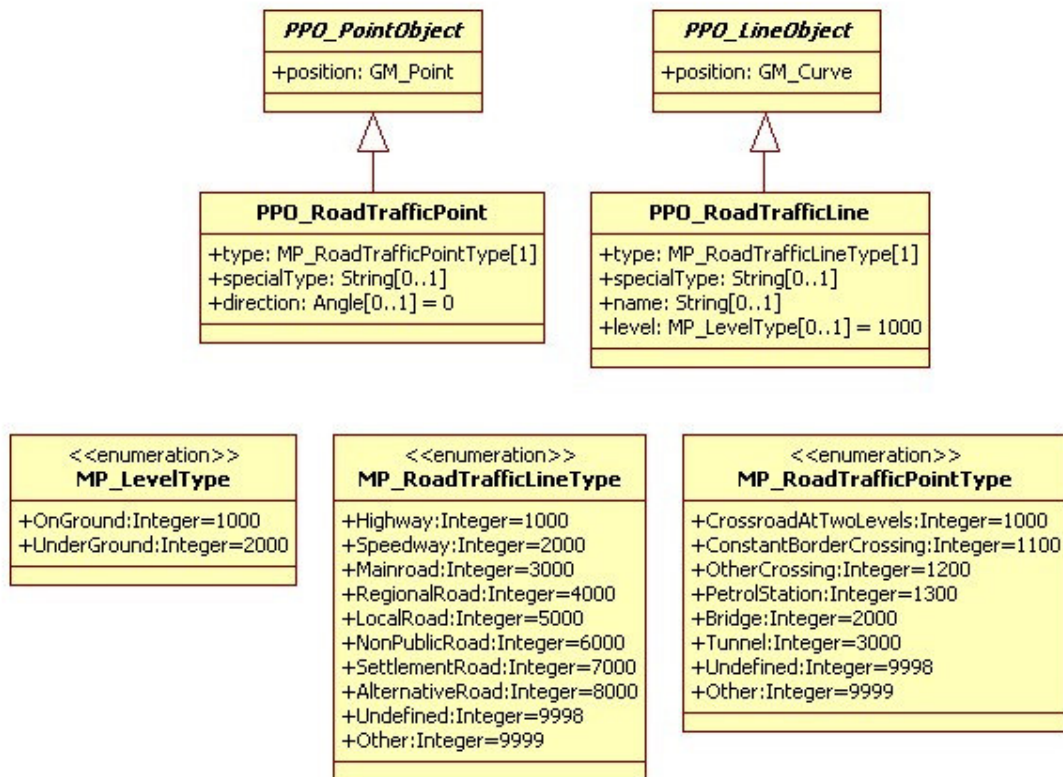
PPO – Hydro Infrastructure



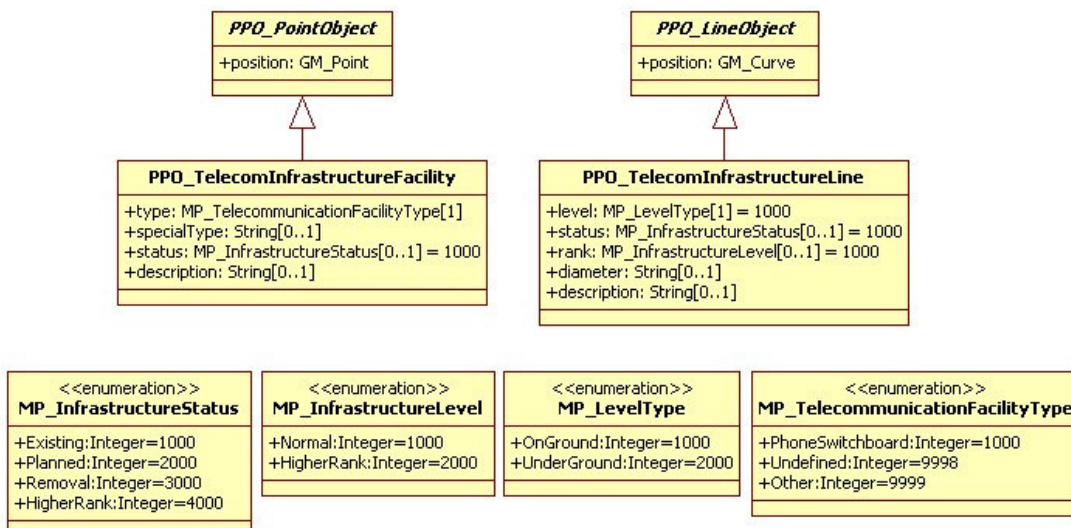
PPO – Railway Traffic Infrastructure



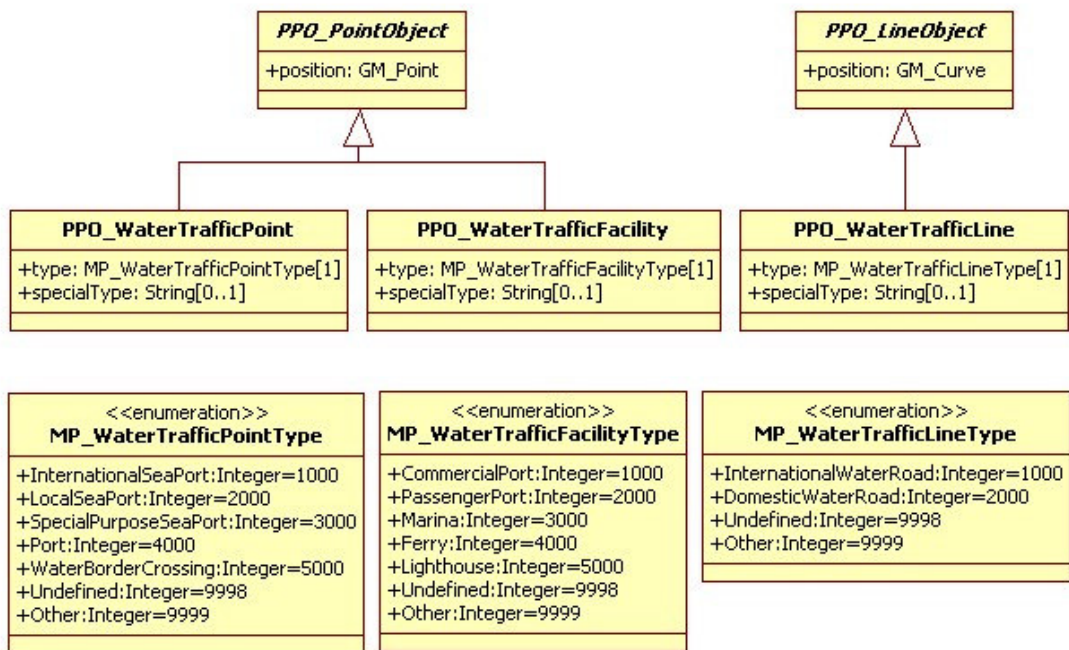
PPO – Road Infrastructure



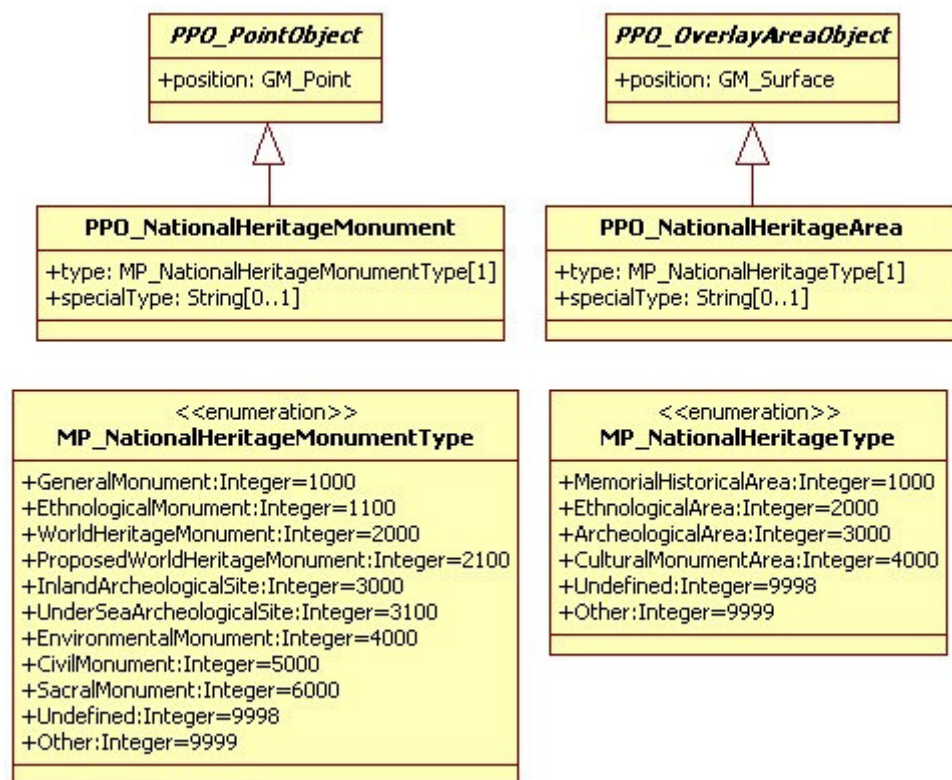
PPO – Telecommunication Infrastructure



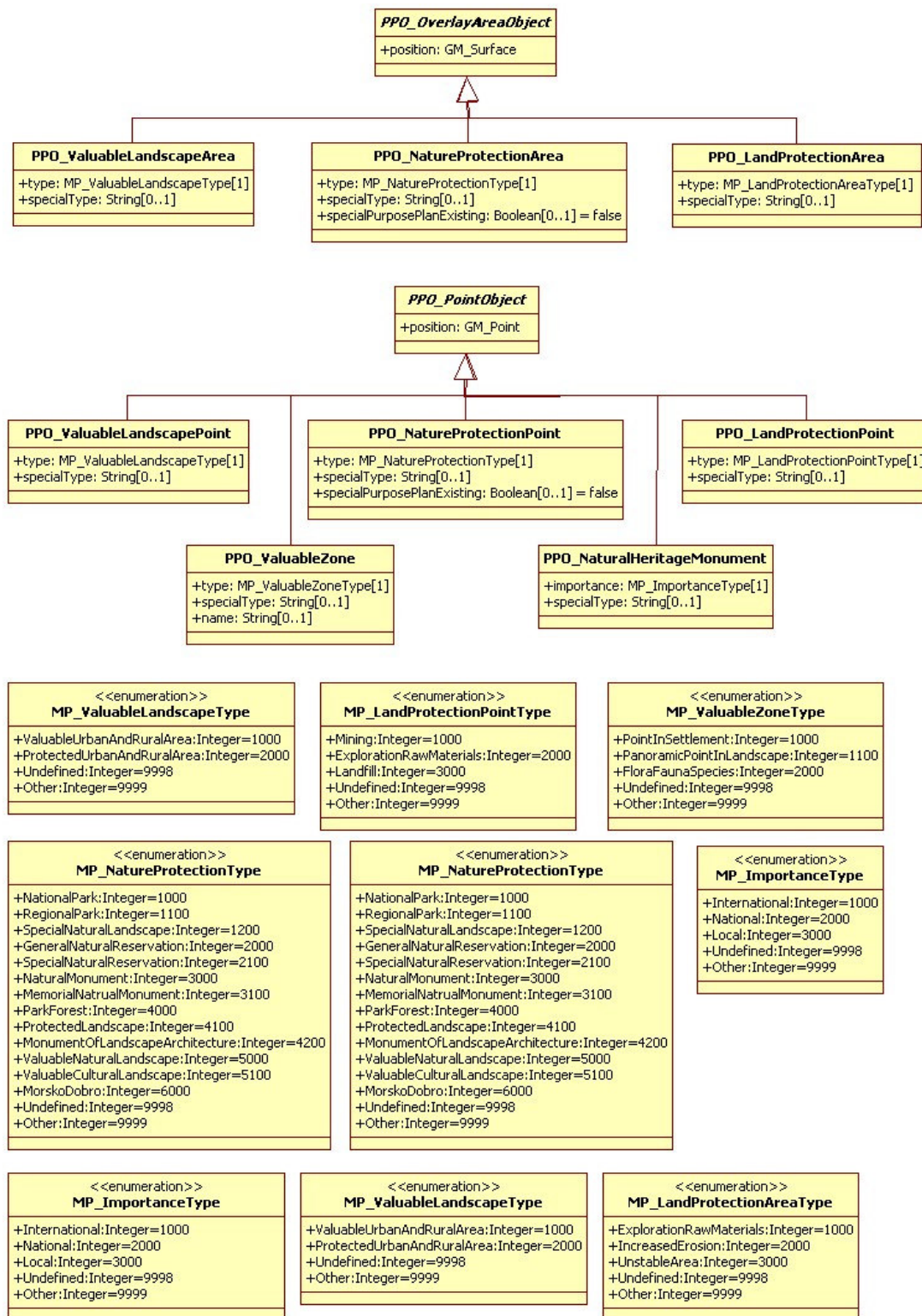
PPO – Water Traffic Infrastructure



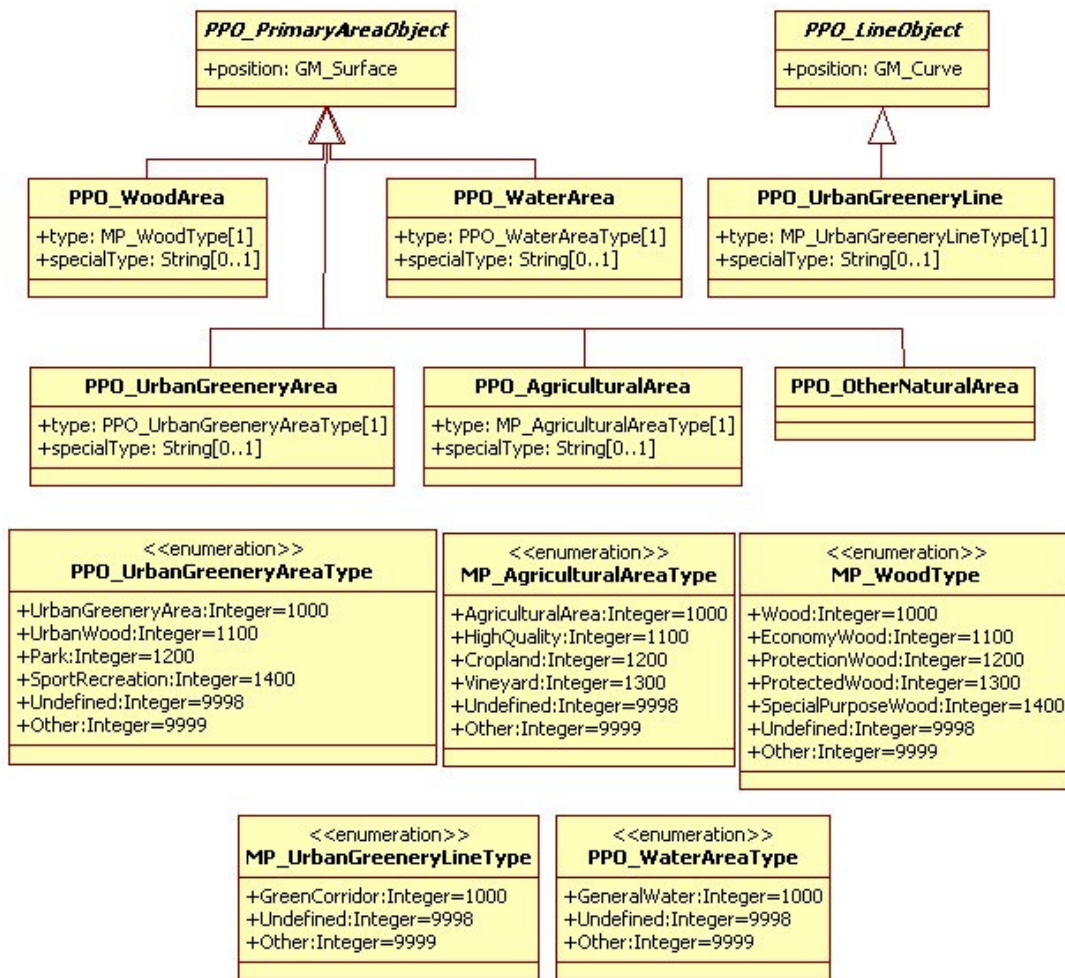
PPO – National Heritage



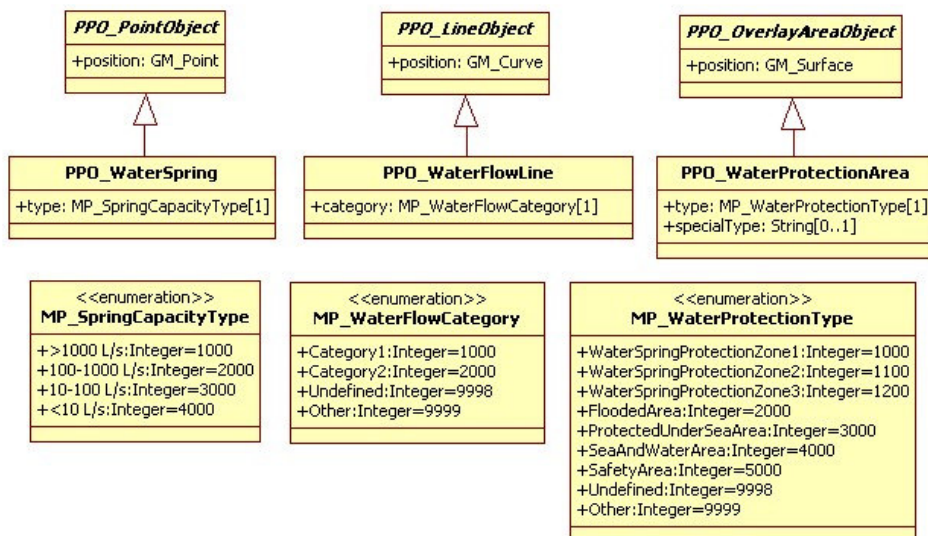
PPO – Landscape and Nature Protection



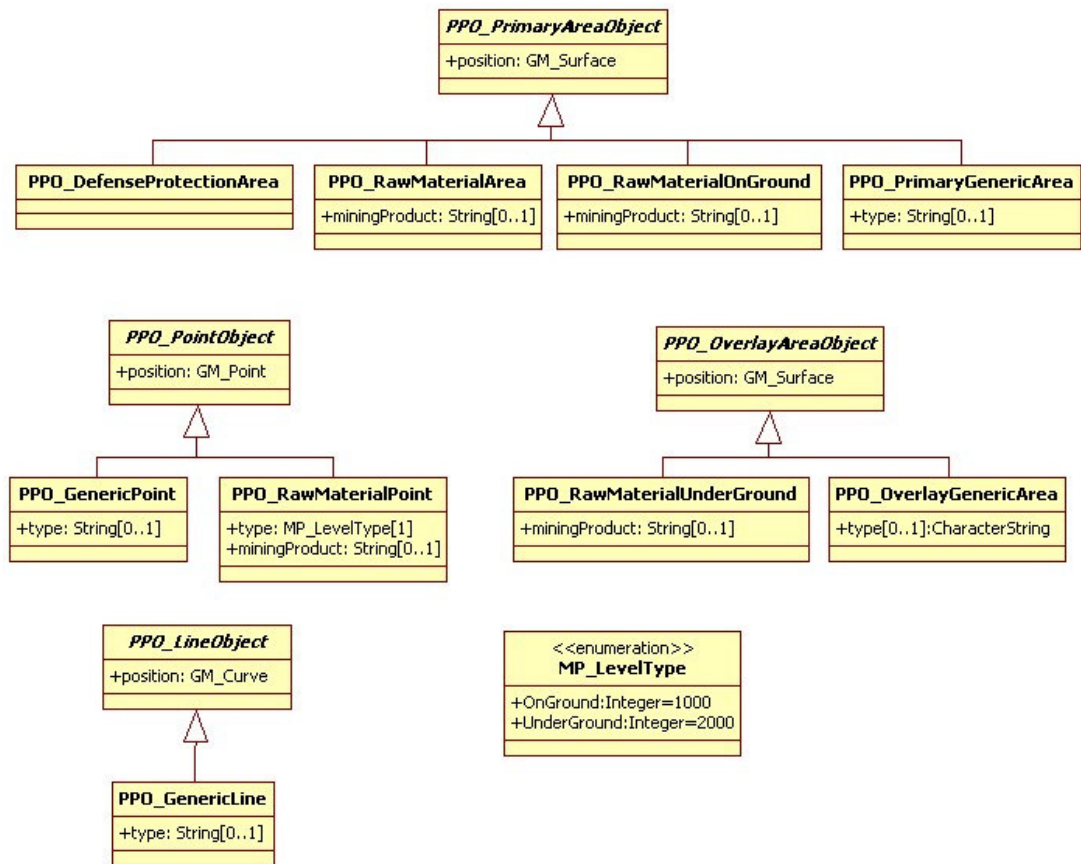
PPO – Nature



PPO - Water Protection



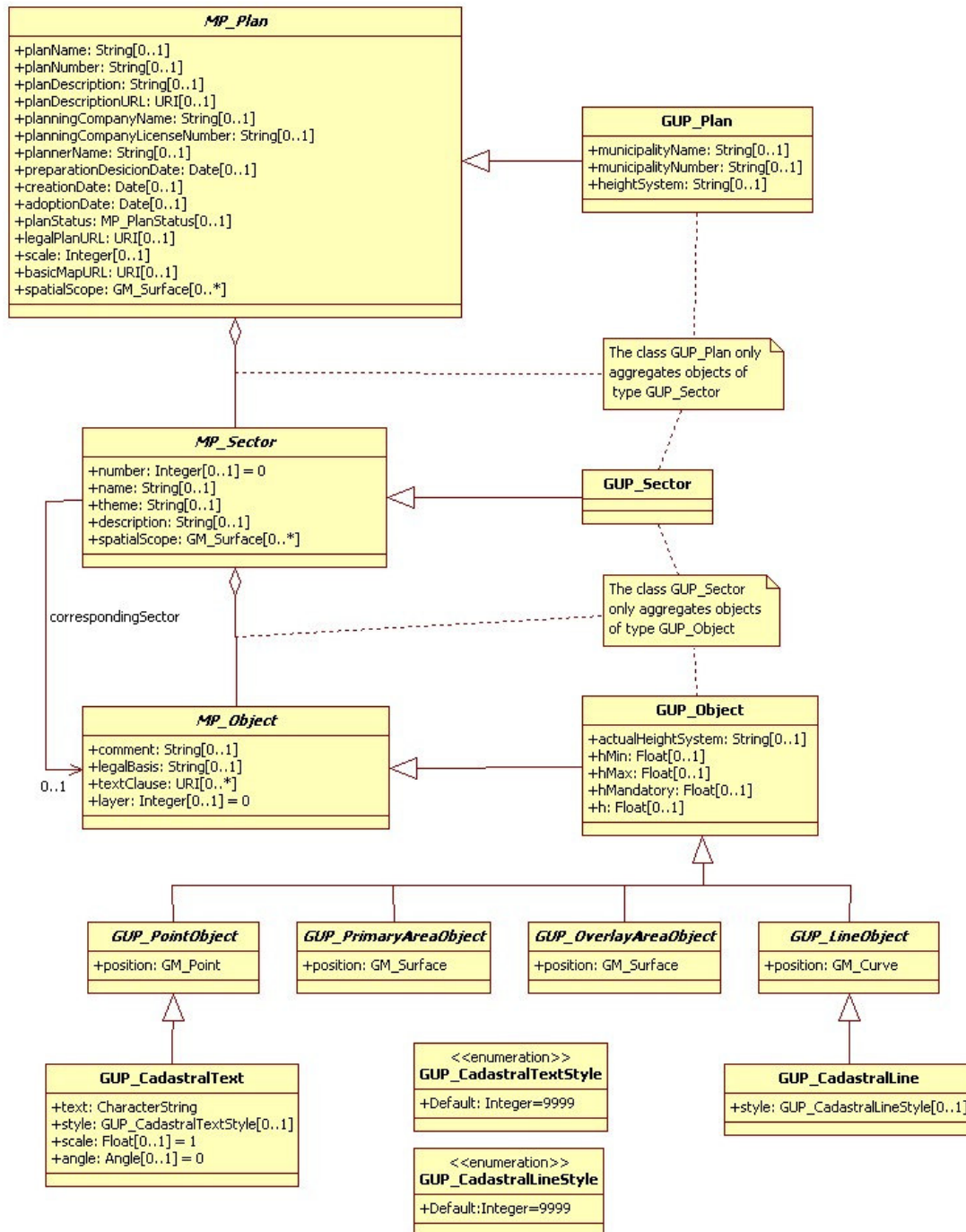
PPO – Other Classes



MonPlan – GUP-Pakete

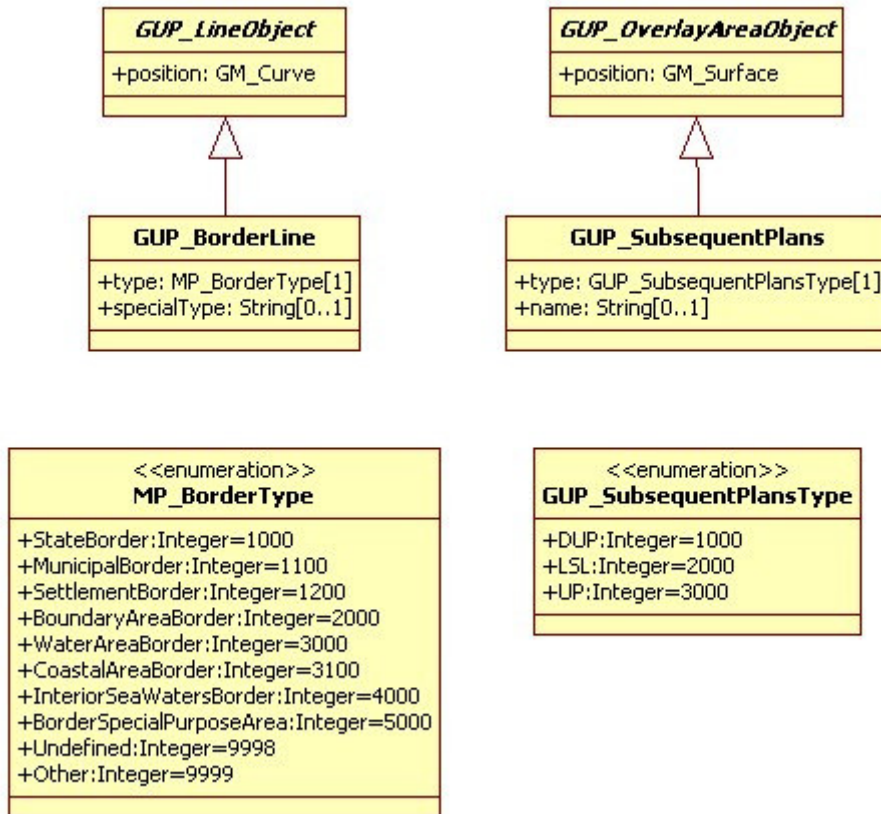


MonPlan – GUP-Basisklassen

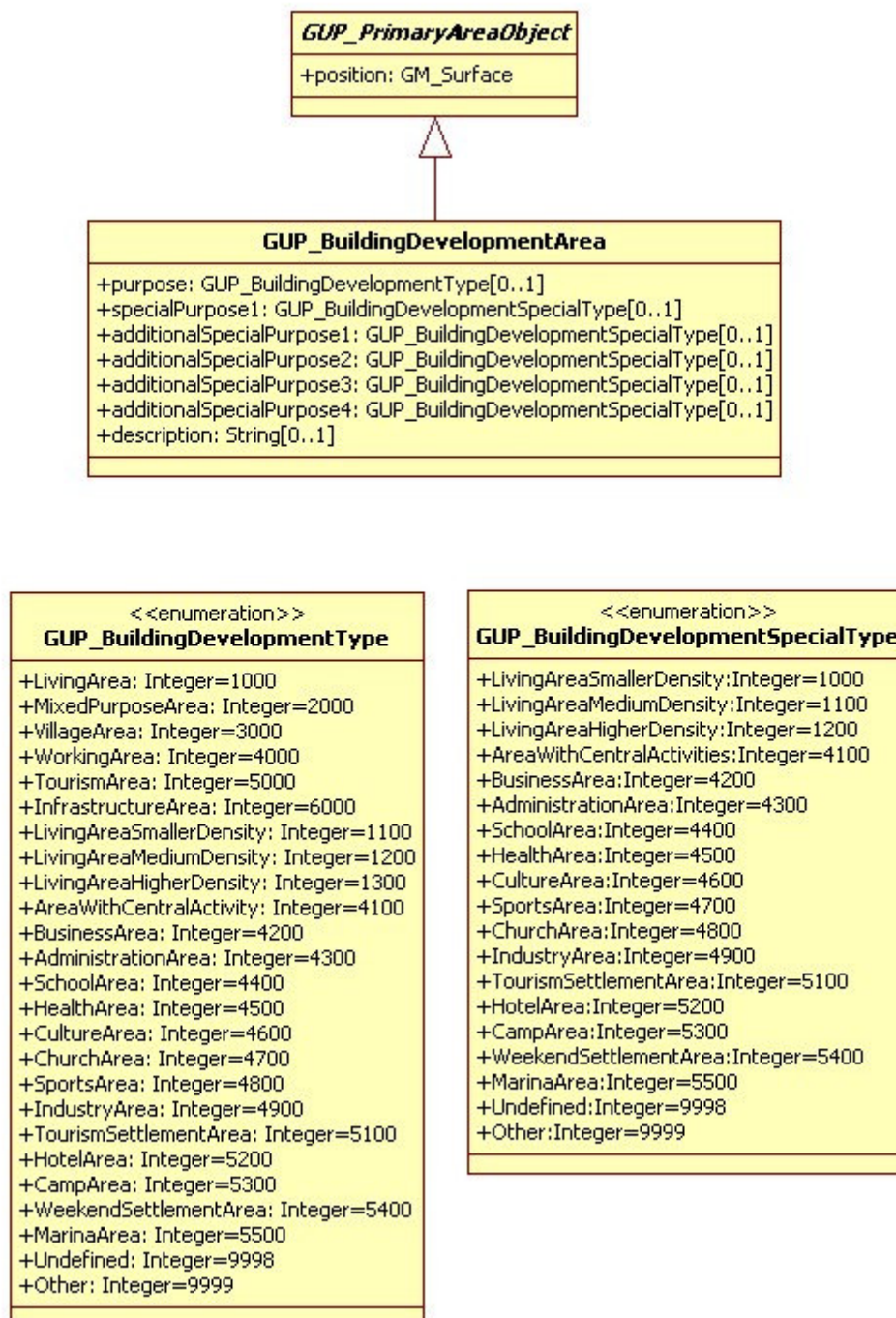


MonPlan – GUP-Fachklassen

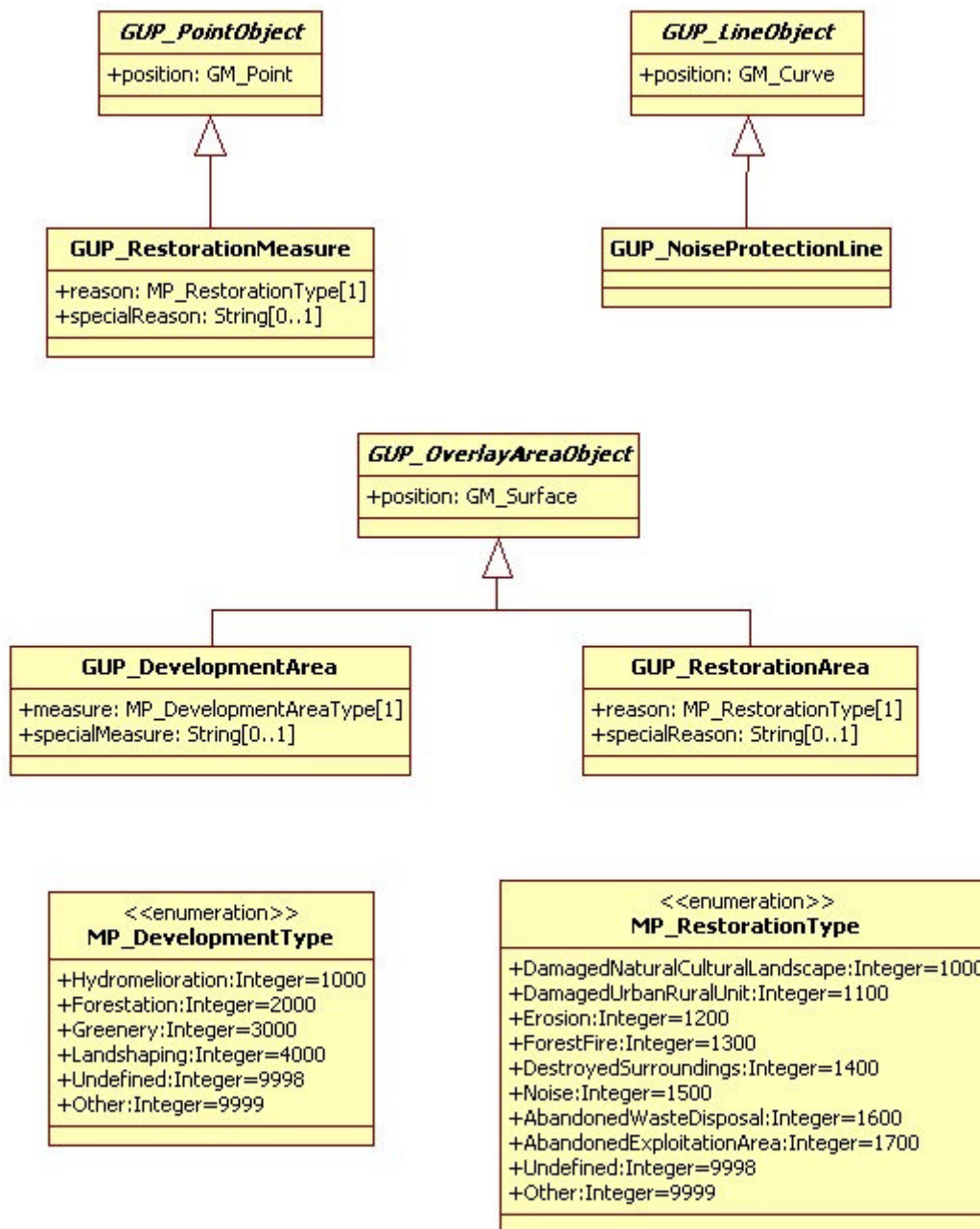
GUP – Border



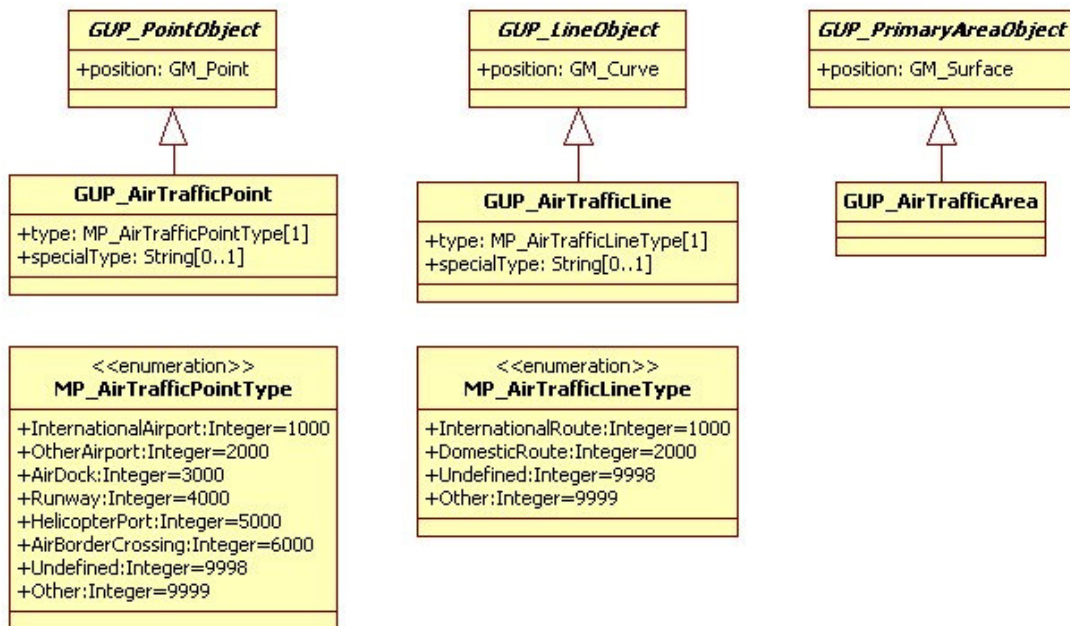
GUP – BuildingDevelopment



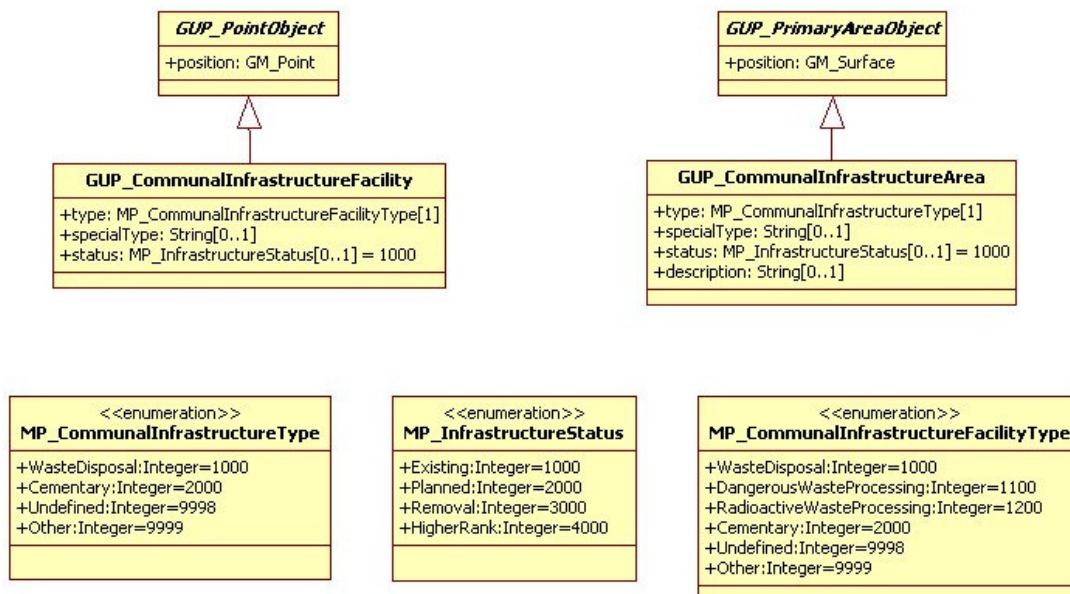
GUP – Development and Restoration



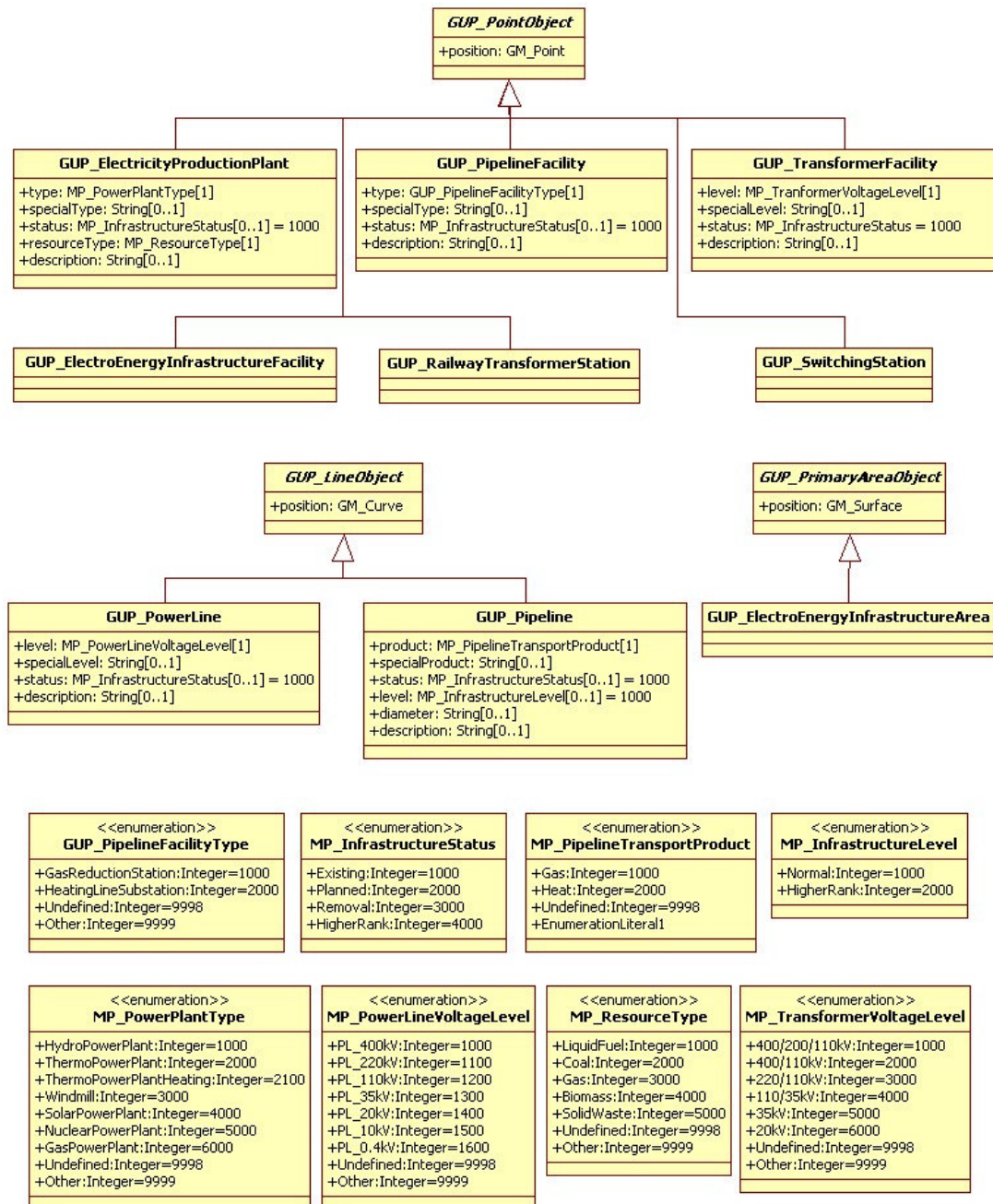
GUP – Air Traffic Infrastructure



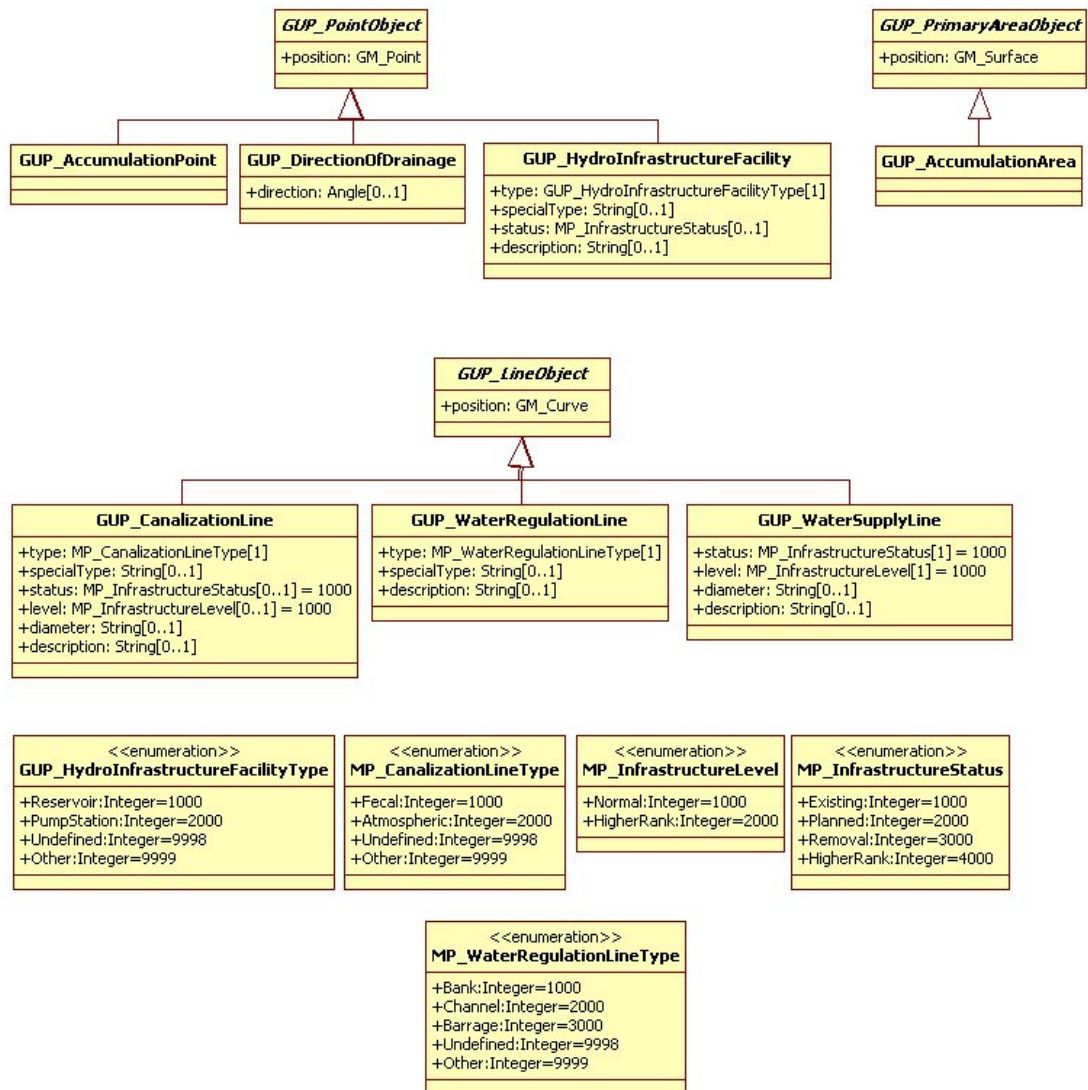
GUP – Communal Infrastructure



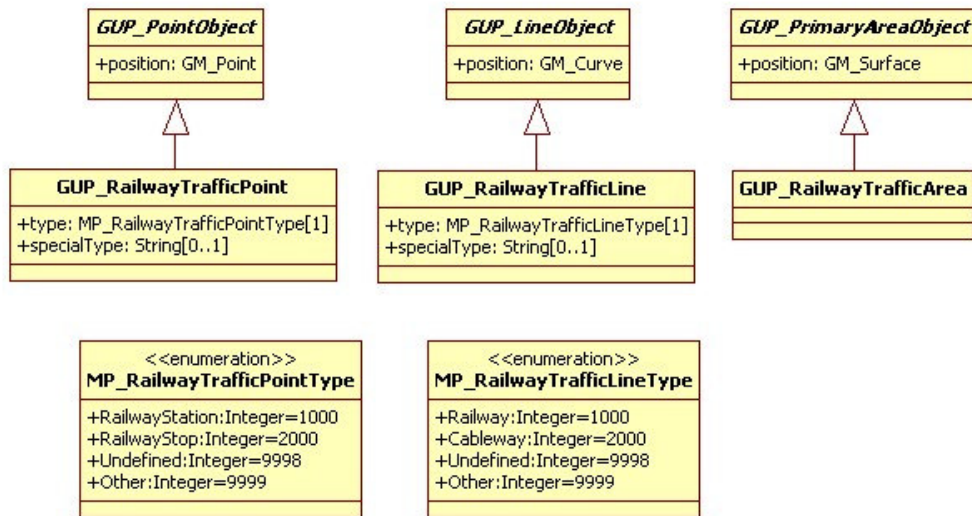
GUP – Energy Infrastructure



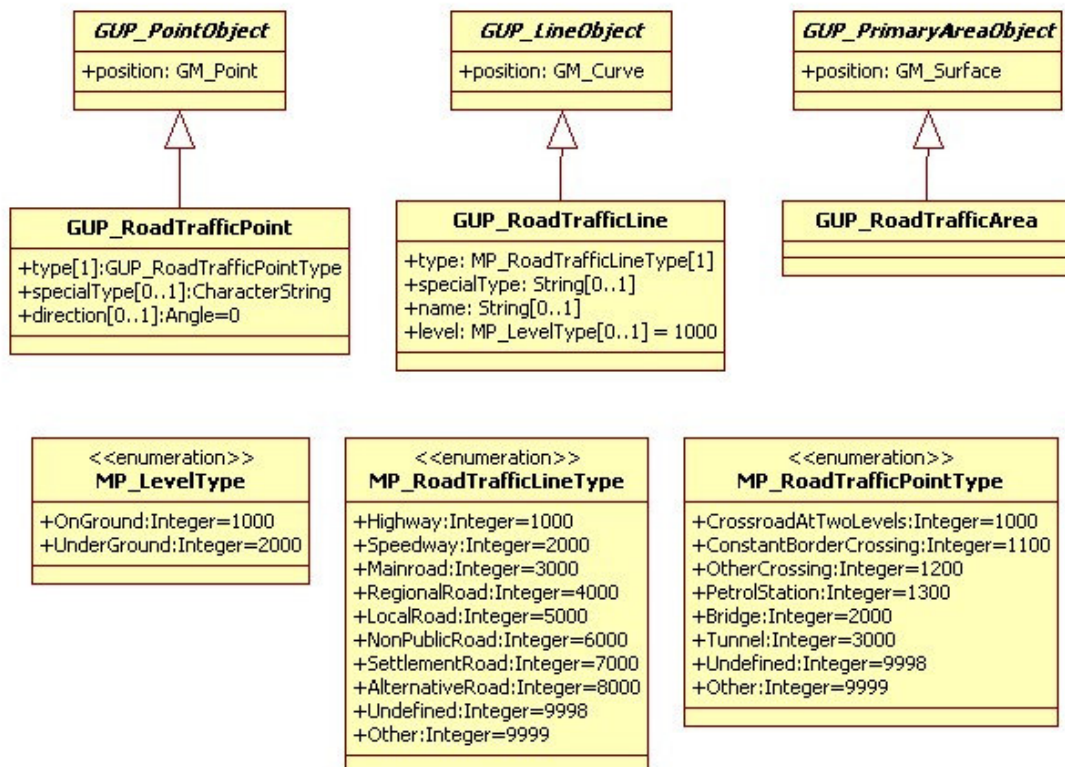
GUP – Hydro Infrastructure



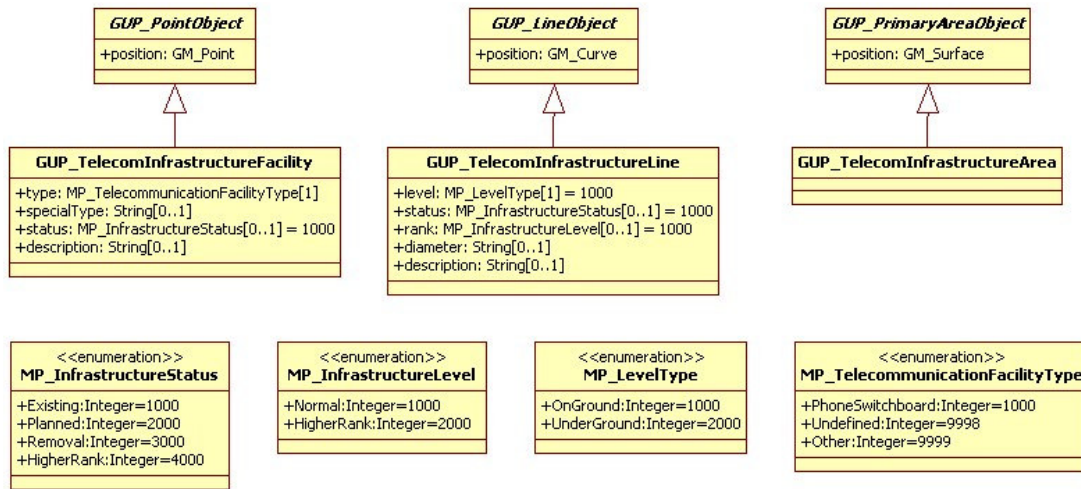
GUP – Railway Traffic Infrastructure



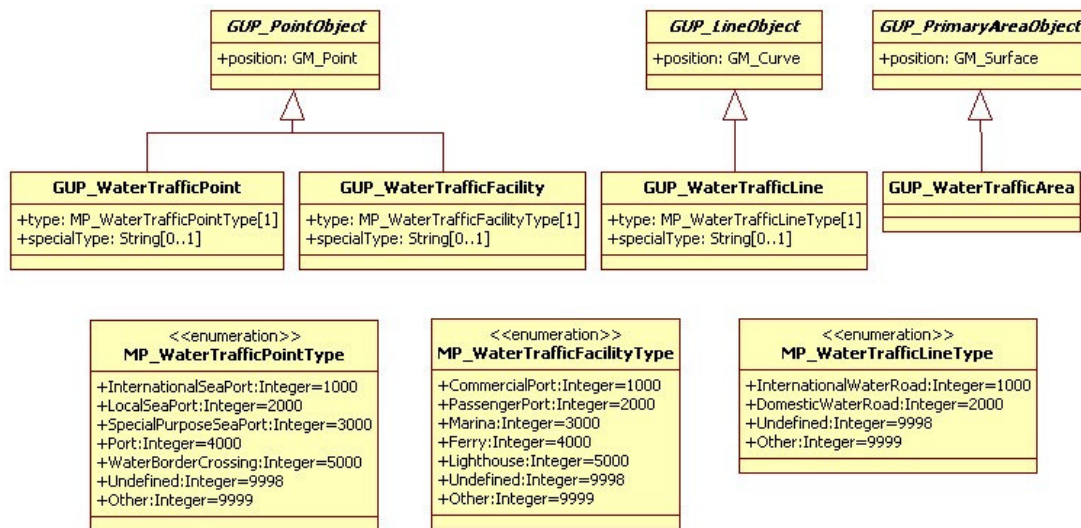
GUP – Road Traffic Infrastructure



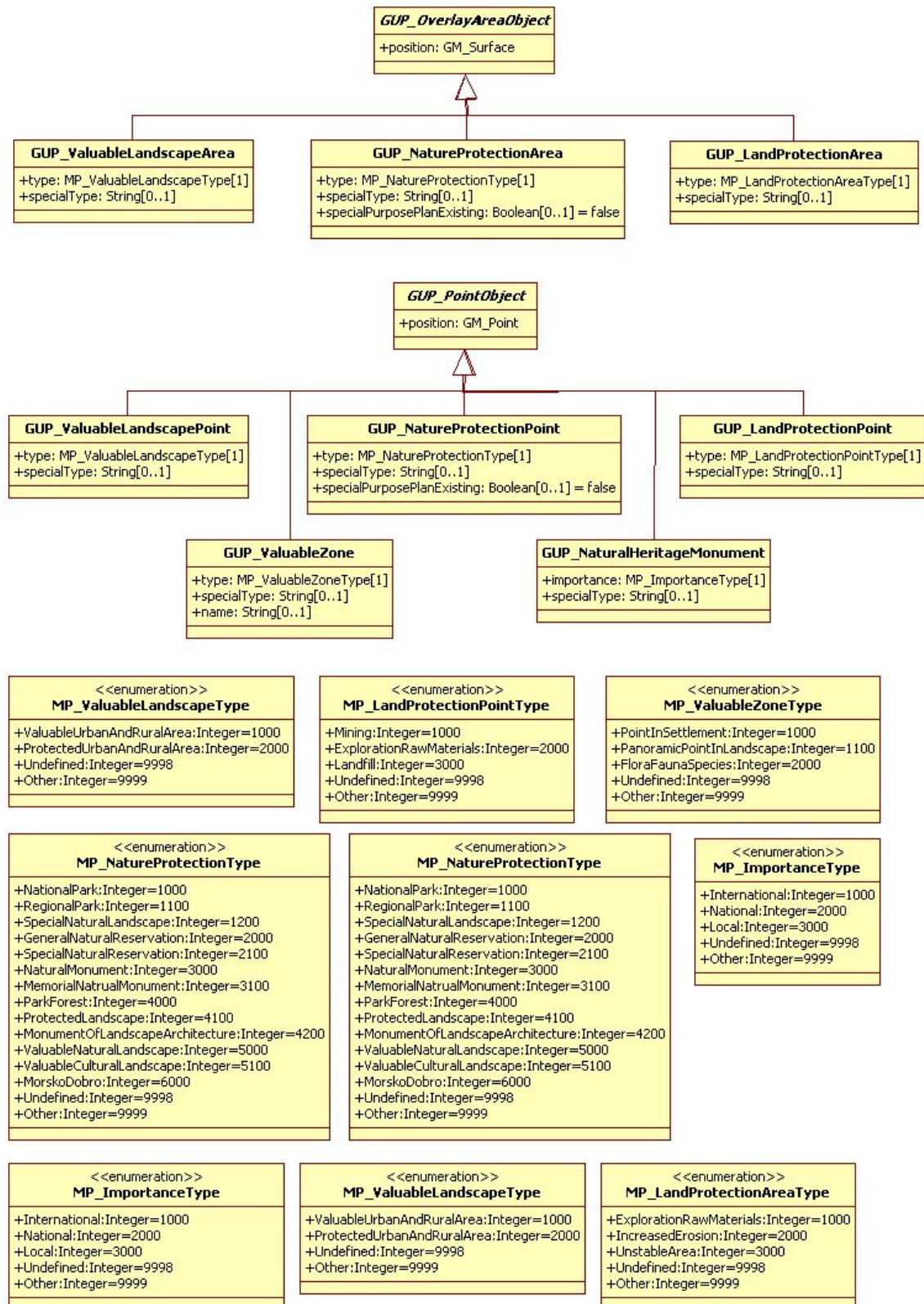
GUP – Telecommunication Infrastructure



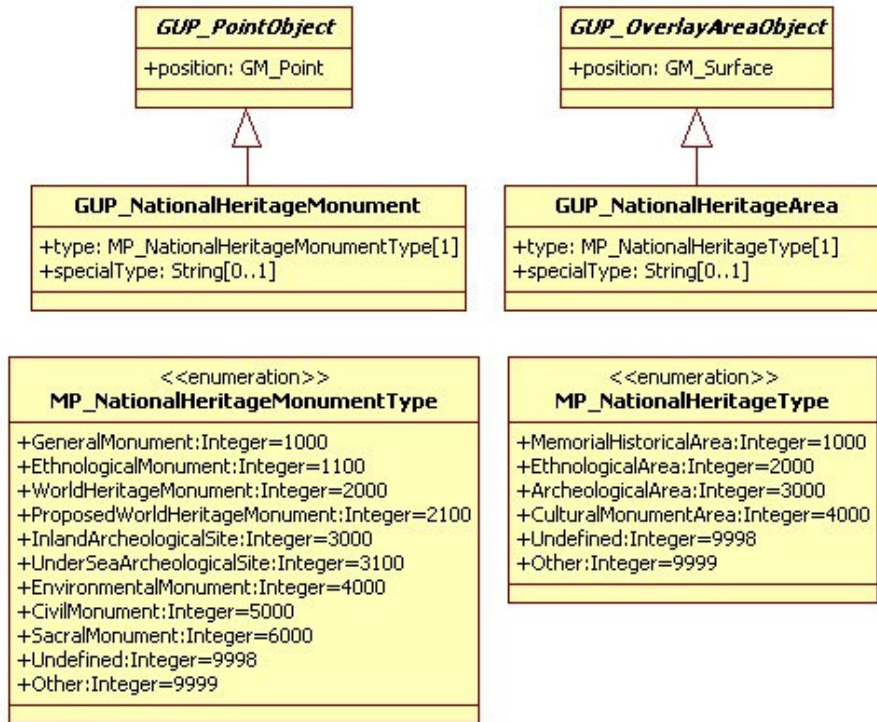
GUP – Water Traffic Infrastructure



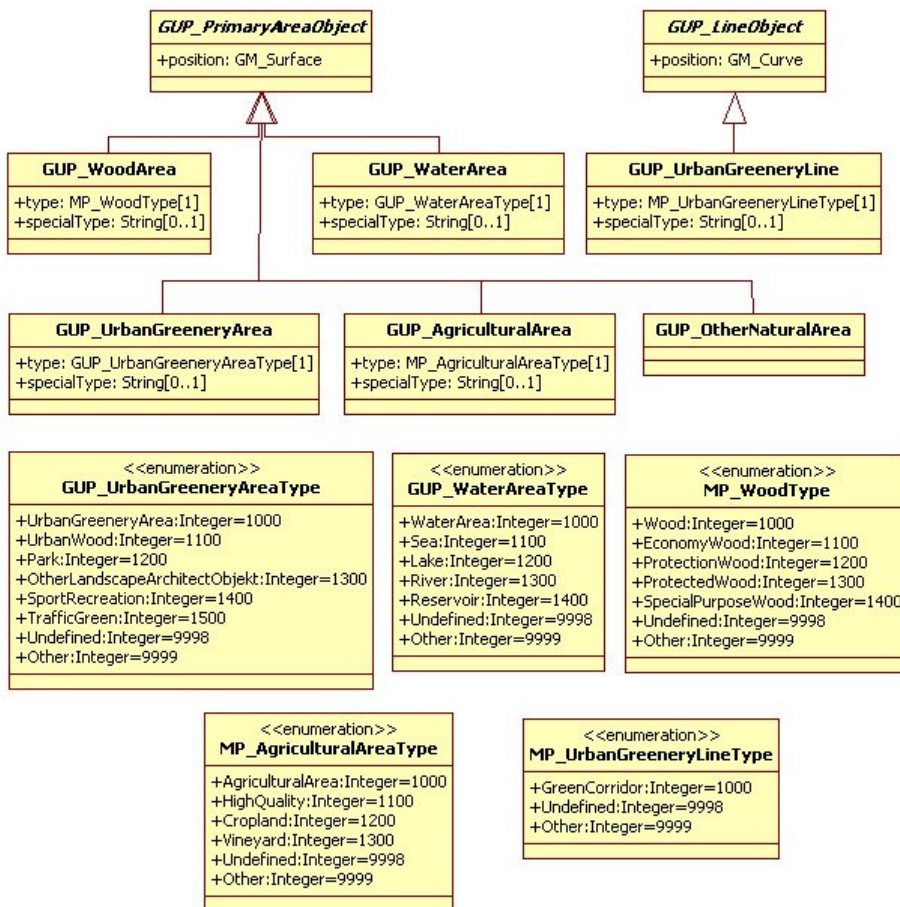
GUP – Landscape and Nature Protection



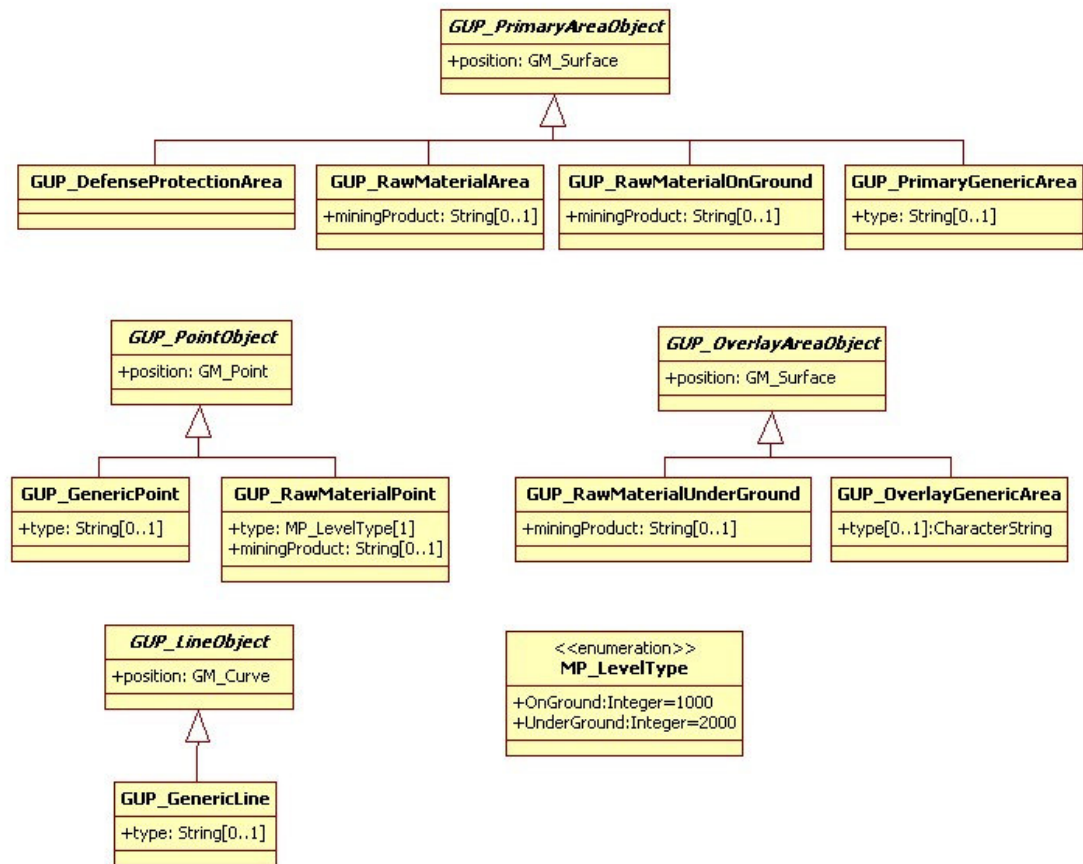
GUP – National Heritage



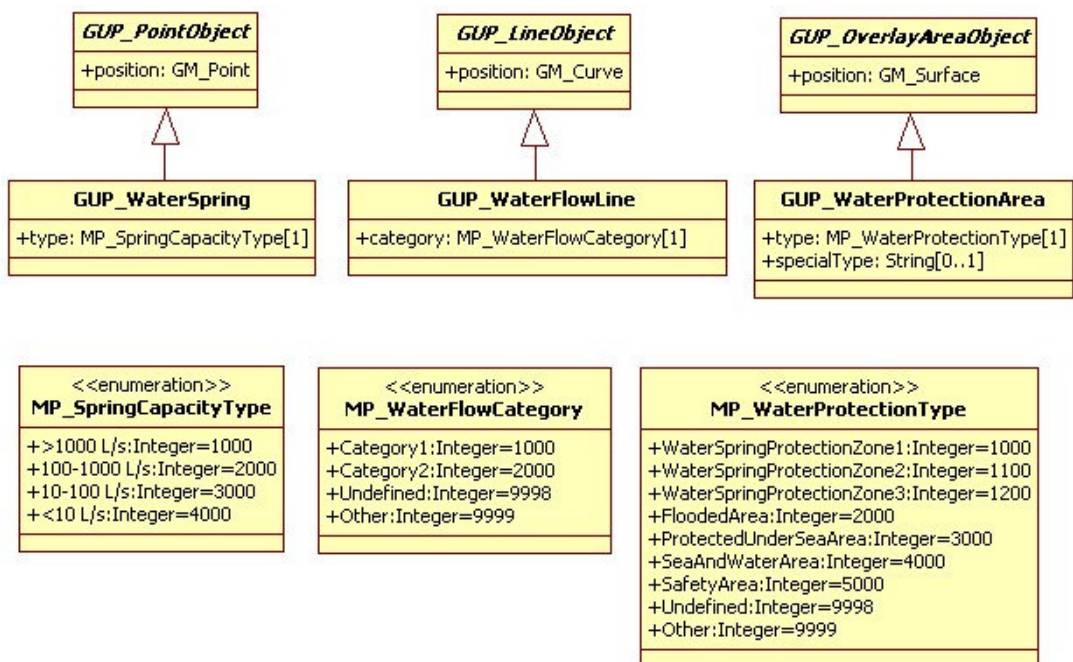
GUP – Nature



GUP – Other Classes



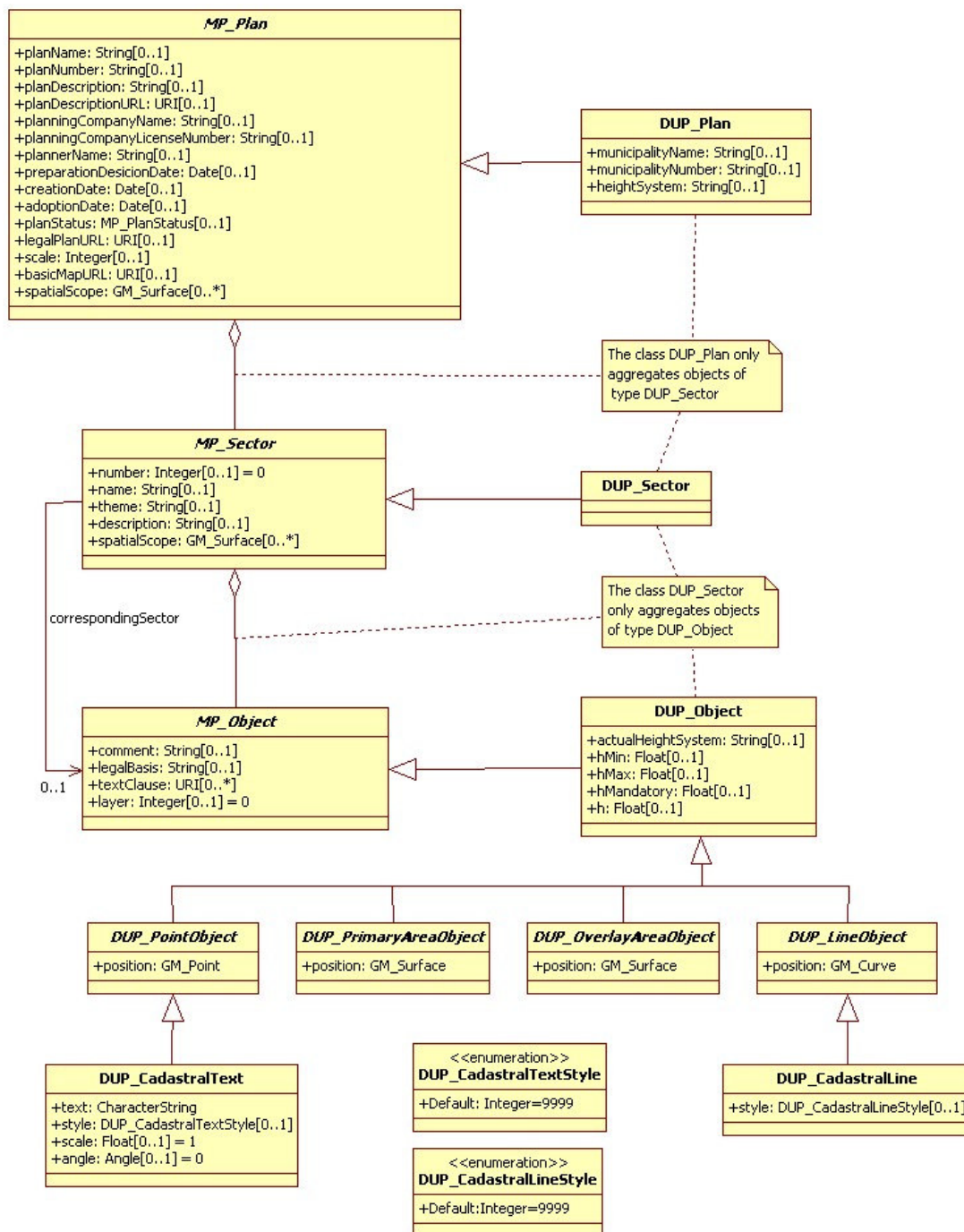
GUP – Water Protection



MonPlan – DUP-Pakete

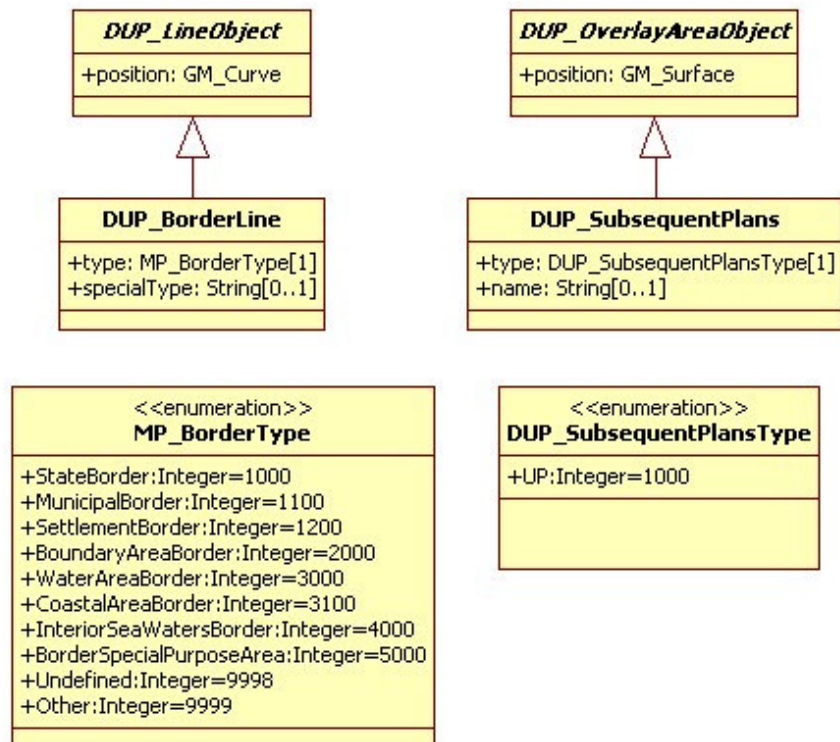


MonPlan – DUP-Basisklassen

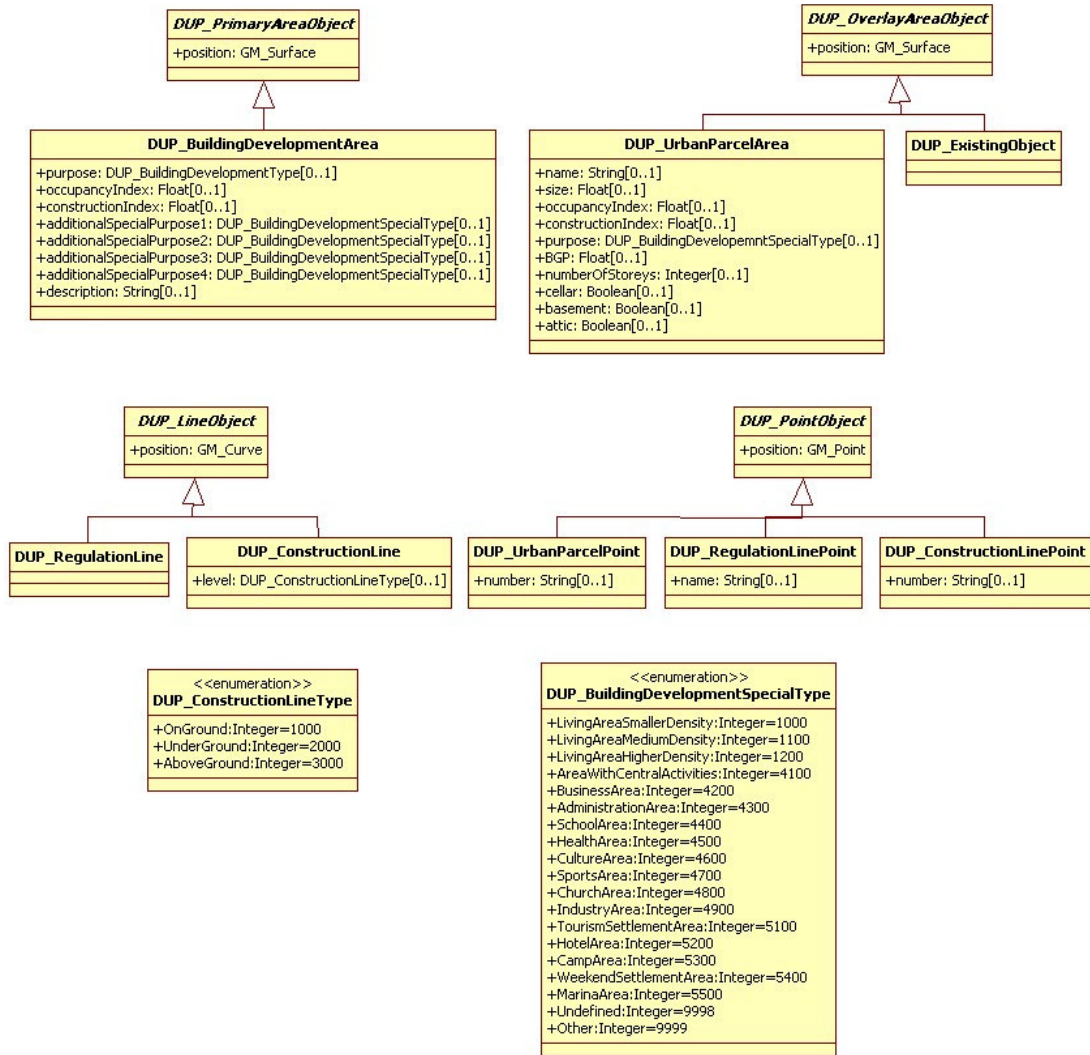


MonPlan – DUP-Fachklassen

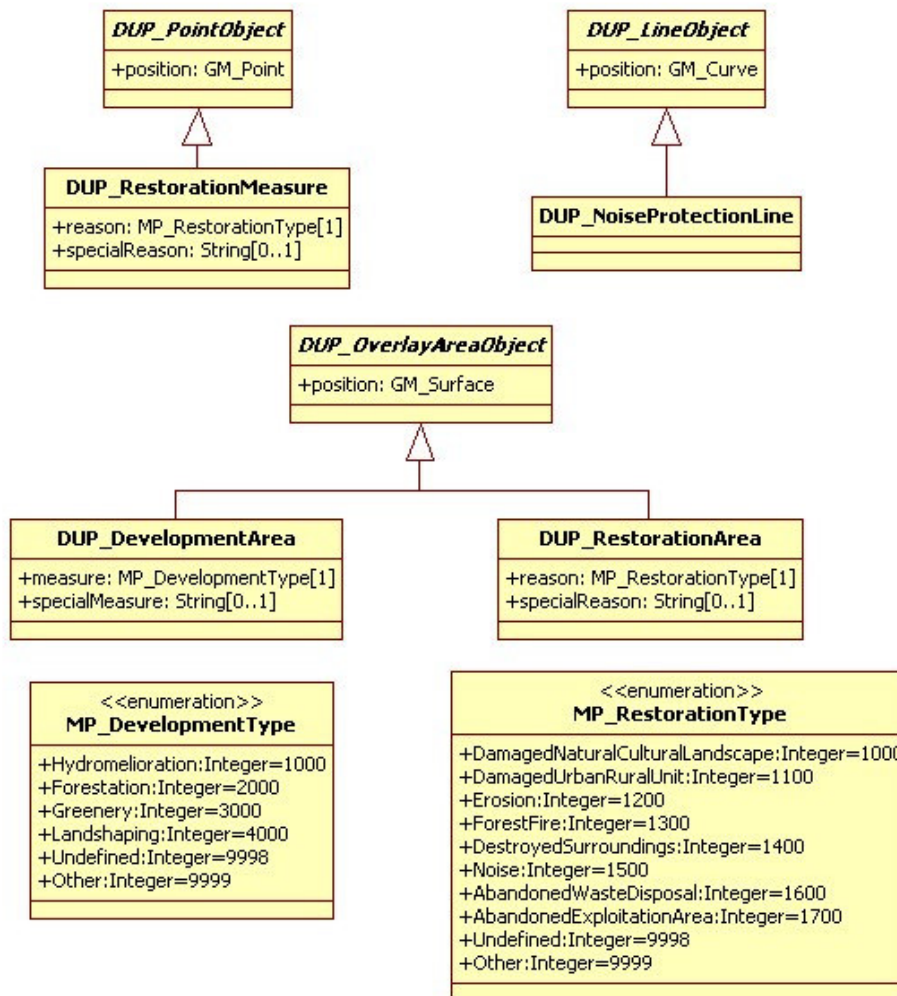
DUP – Border



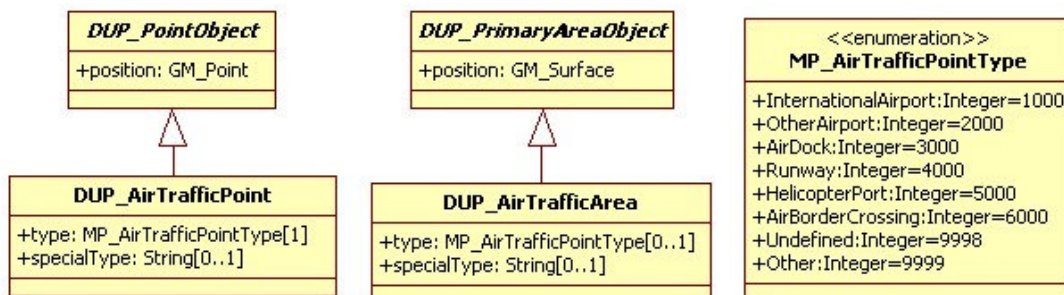
DUP – Building Development



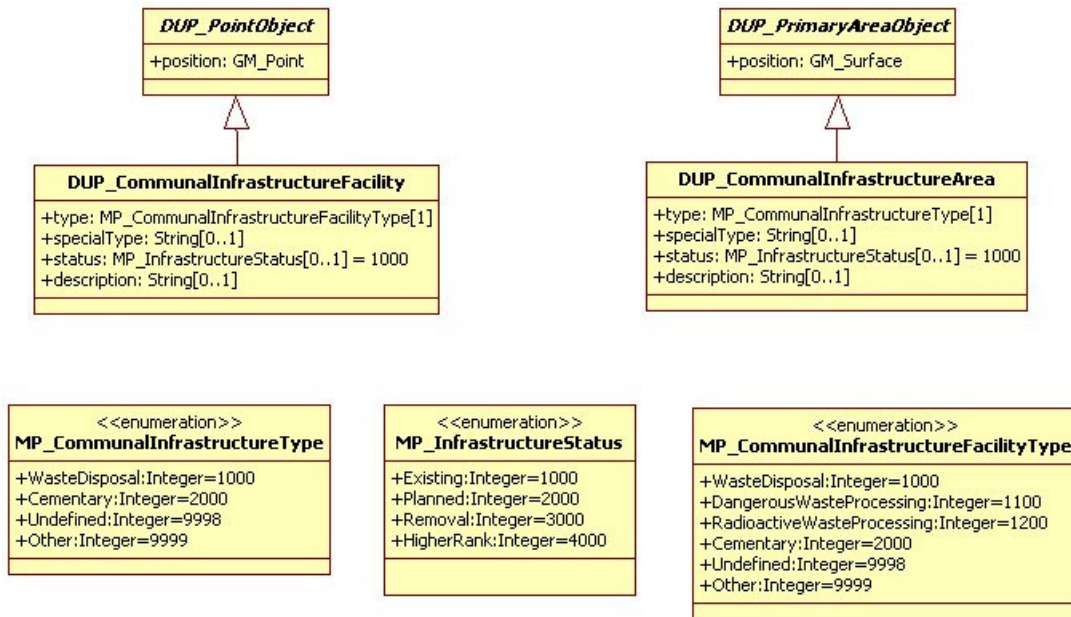
DUP – Development and Restoration



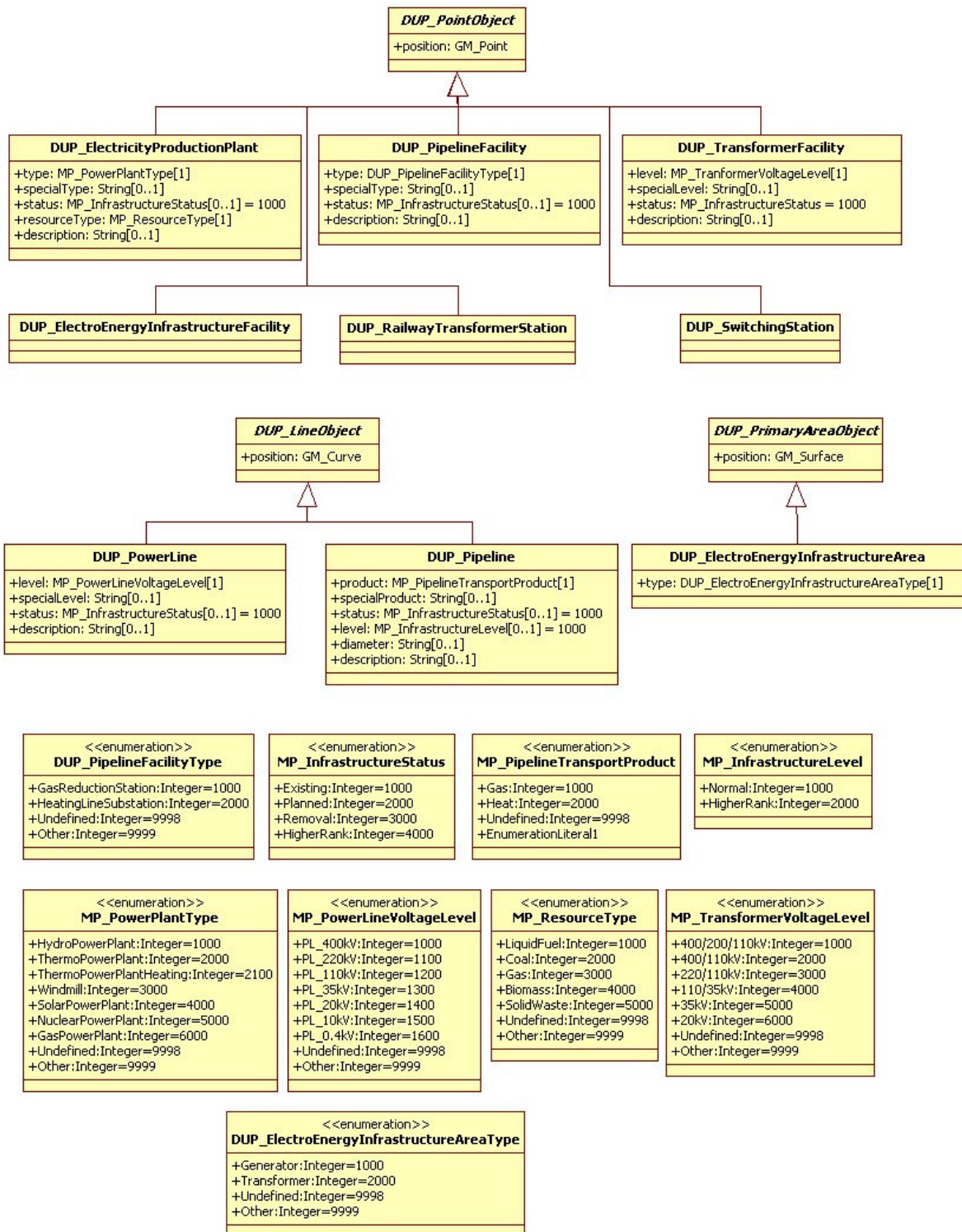
DUP – Air Traffic Infrastructure



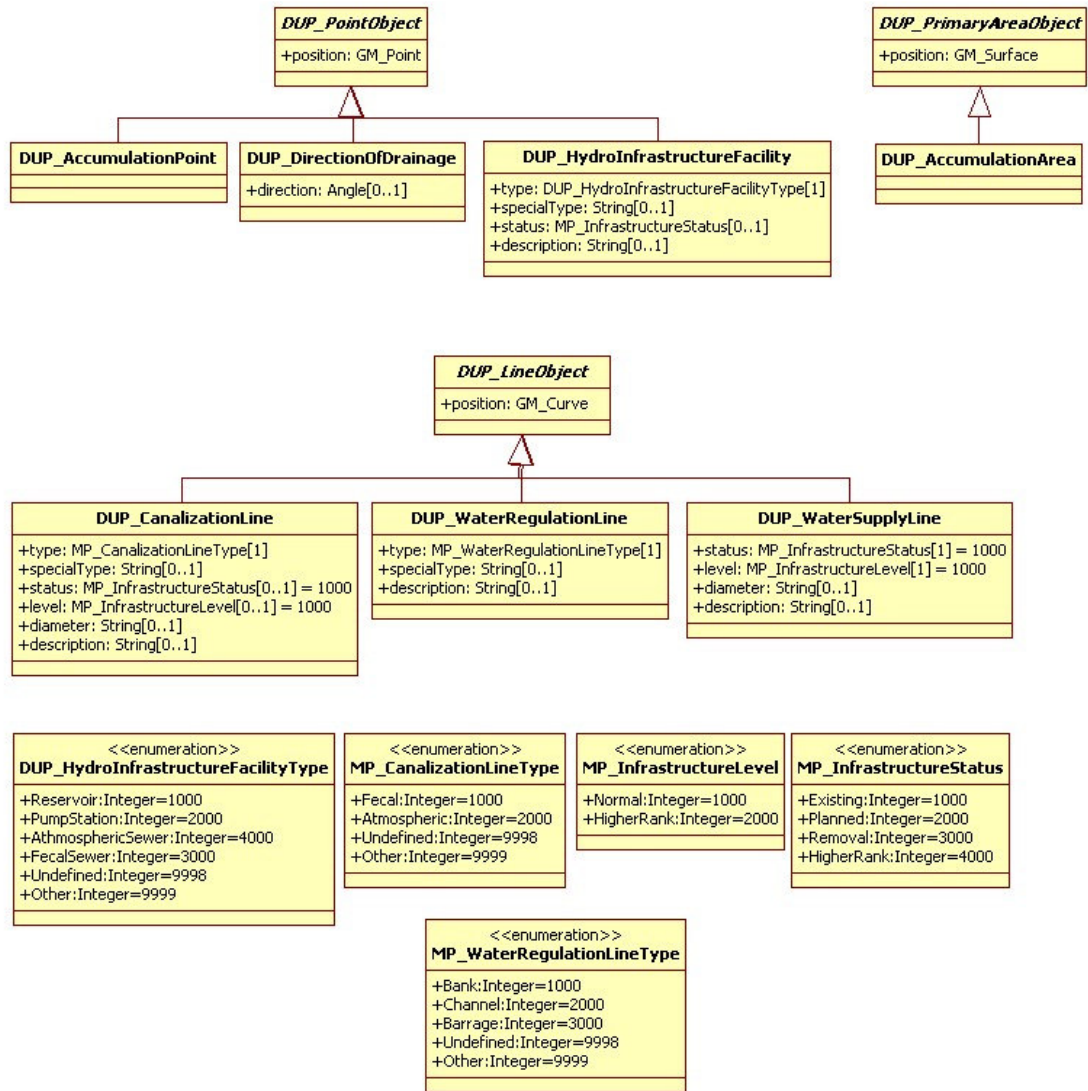
DUP – Communal Infrastructure



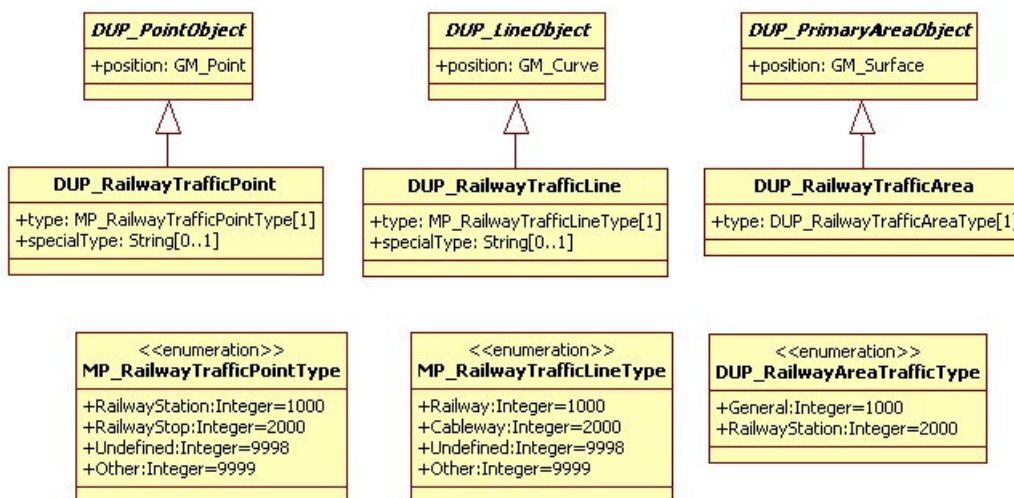
DUP – Energetic Infrastructure



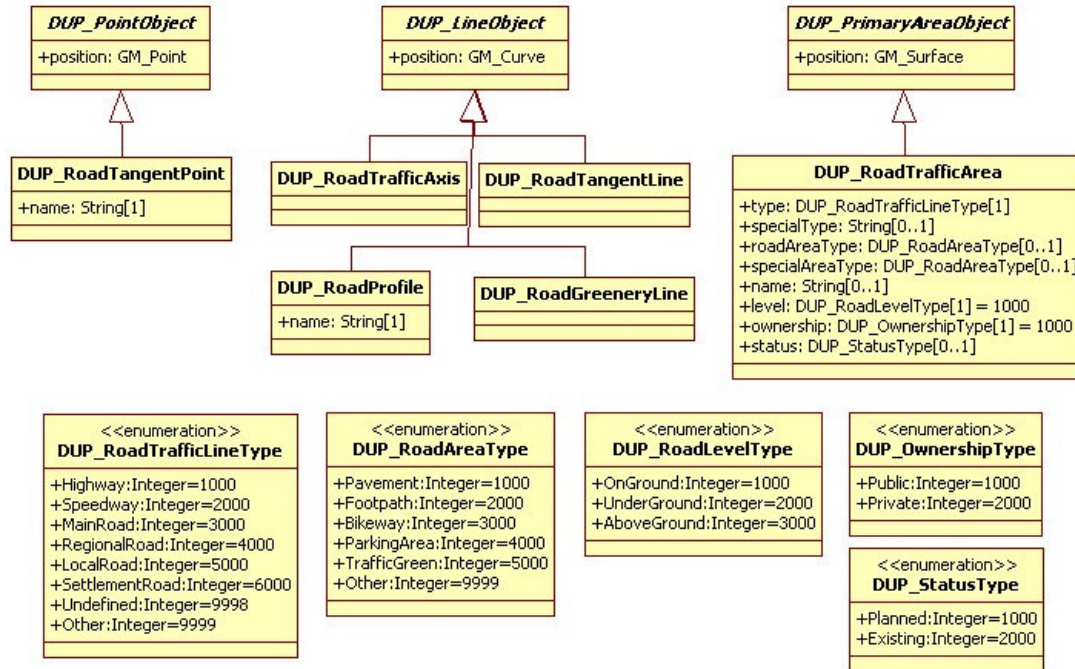
DUP – Hydro Infrastructure



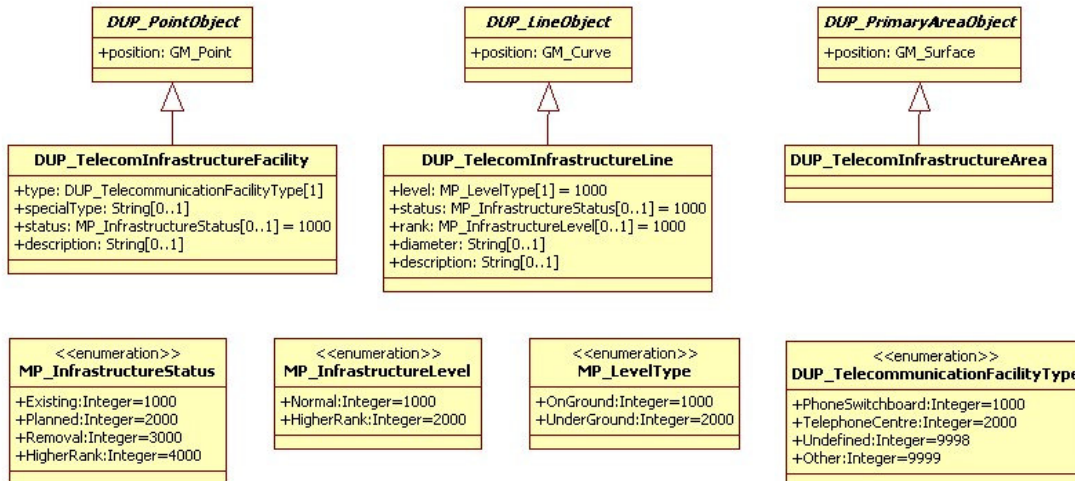
DUP – Railway Traffic Infrastructure



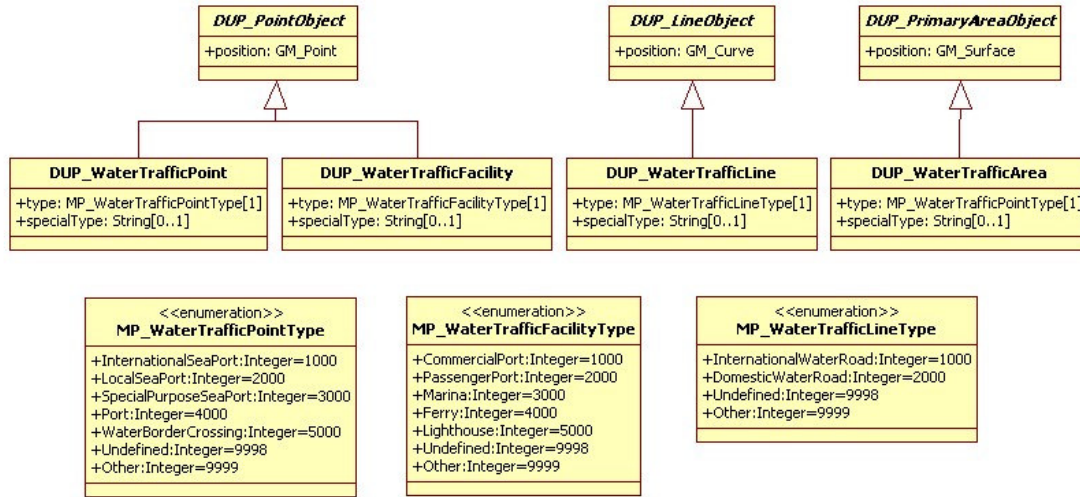
DUP – Road Traffic Infrastructure



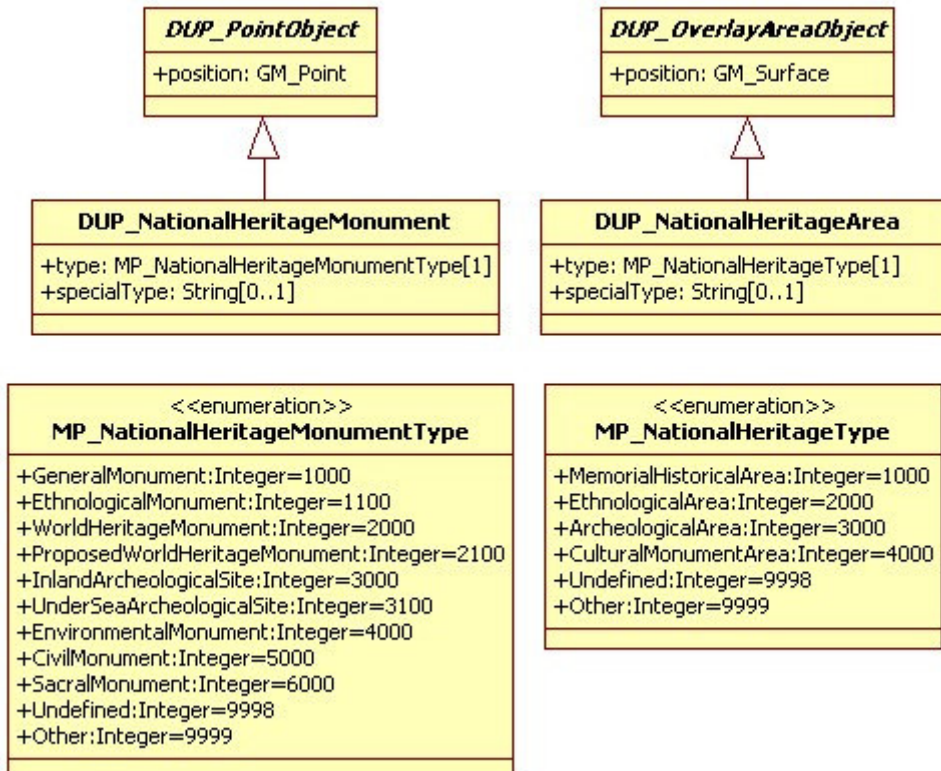
DUP – Telecommunication Infrastructure



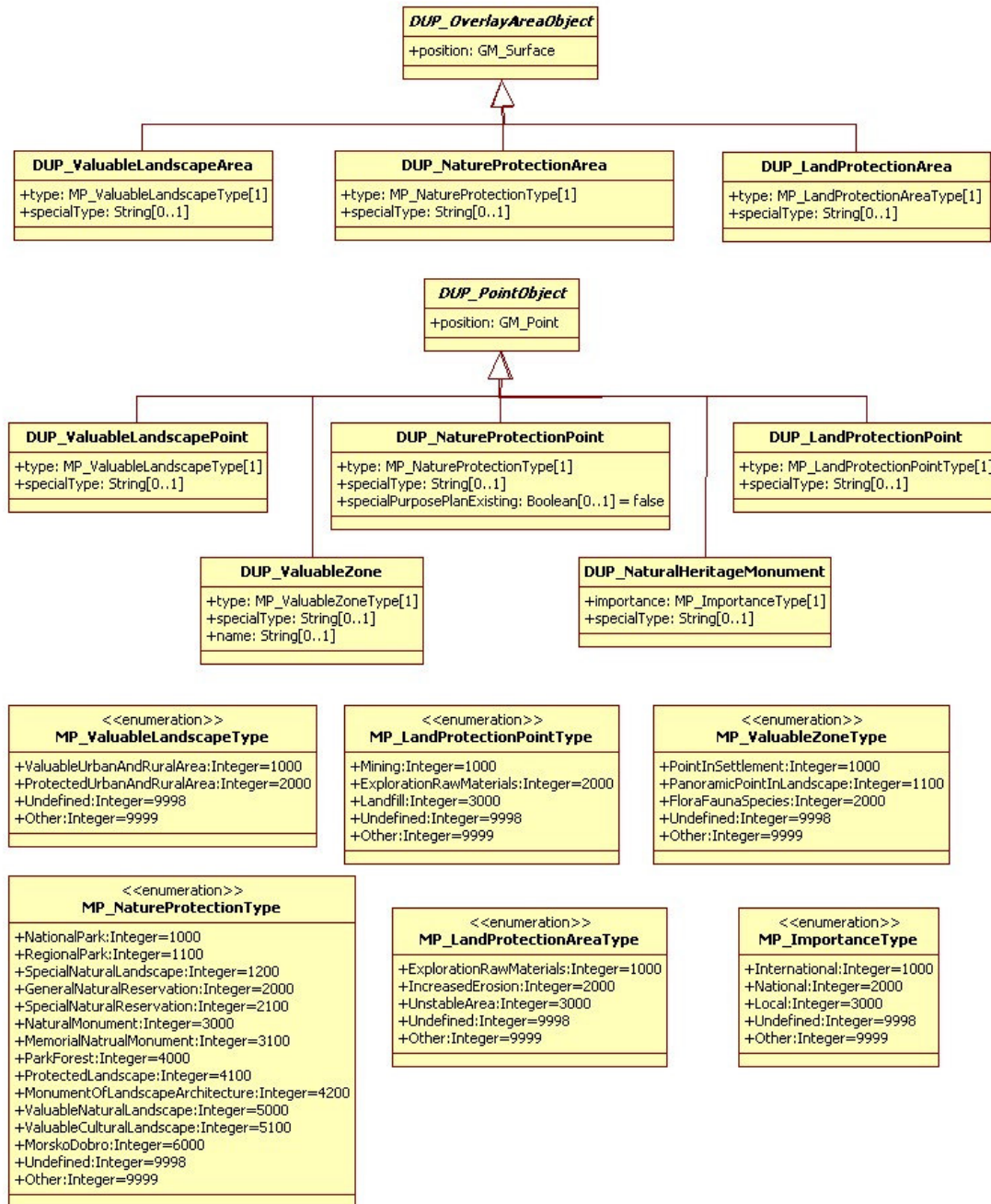
DUP – Water Traffic Infrastructure



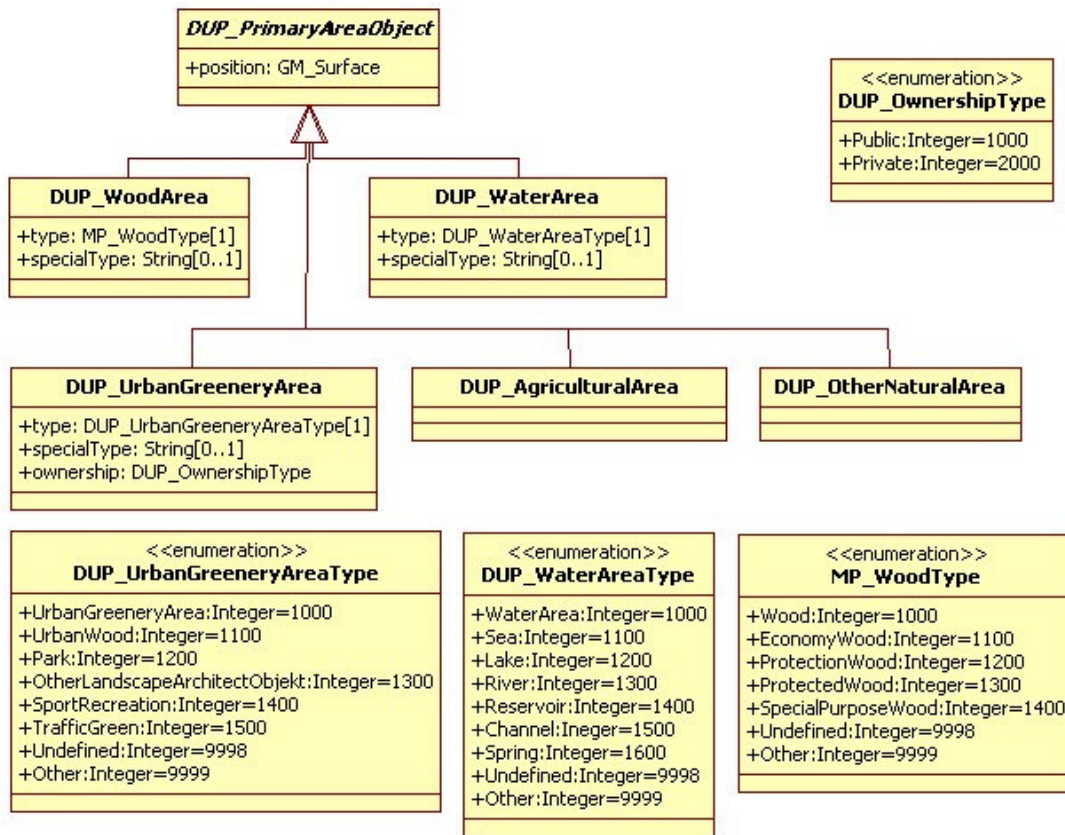
DUP – National Heritage



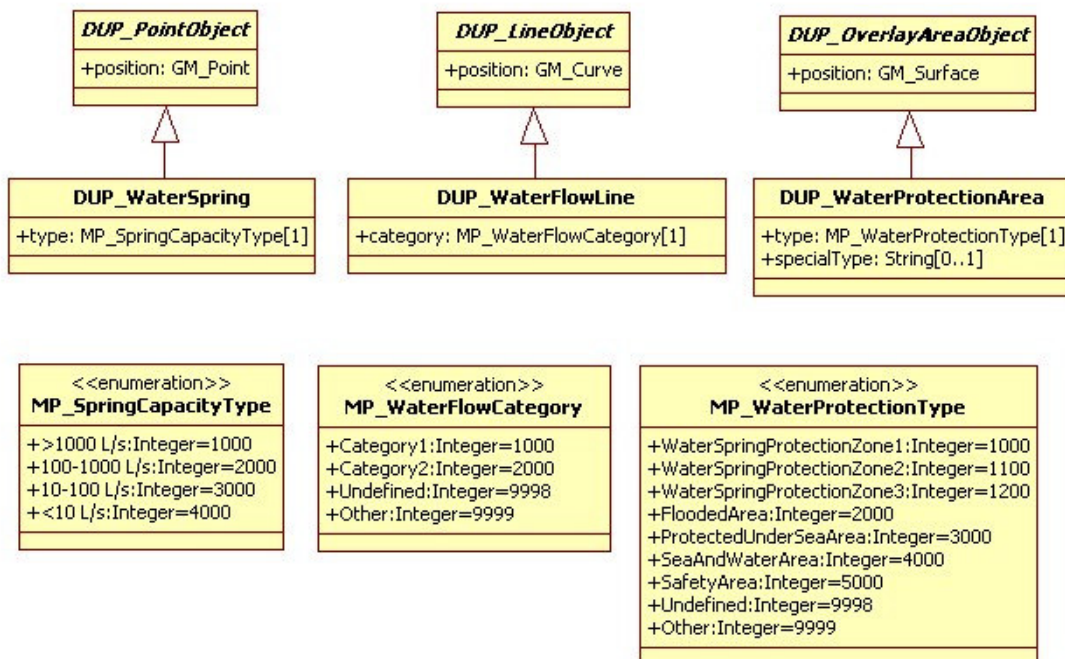
DUP – Landscape and Nature Protection



DUP – Nature



DUP – Water Protection



DUP – Other Classes

