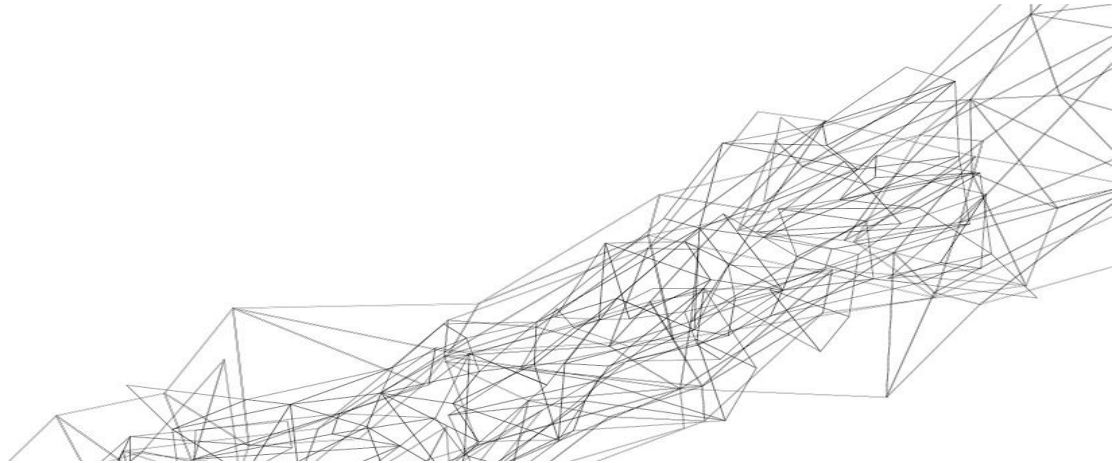


# Optimierter Gebäudeschutz vor Naturgefahren mit BIM (OGN)

Ein Forschungsprojekt der Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen  
Ergebnisbericht



Muttenz, 18.02.2021

Version 1.00

## Impressum

### Gesuchsteller:

- Benno Staub, Vereinigung Kantonalen Gebäudeversicherungen VKF

### Forschungspartner:

- Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW  
Institut Digitales Bauen
- Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg HEIA-FR  
Institut des technologies de l'environnement construit  
Institut TRANSFORM
- Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW  
Life Sciences und Facility Management

### Praxispartner:

- IDC AG
- Waldhauser+Hermann AG
- HxGN Schweiz AG

### Projektmitglieder

Benno Staub	VKF
Prof. Manfred Huber	FHNW
Lukas Schildknecht	FHNW
Stefan Hochuli	FHNW
Prof. Dr. Mylène Devaux	HEIA-FR
Prof. Stefanie Schwab	HEIA-FR
Prof. Redouane Boumaref	HEIA-FR
Prof. Dr. Vincent Labiouse	HEIA-FR
Simon Ashworth	ZHAW
Christoph Hess	HxGN AG
Philipp Escher	IDC AG
Marco Waldhauser	W+H AG

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>2 Einleitung</b>	<b>5</b>
2.1 Ausgangslage	5
2.2 Projekt Optimierter Gebäudeschutz vor Naturgefahren mit BIM (OGN)	5
2.3 Aufbau der Dokumentation	6
2.4 Zielpublikum	6
<b>3 Projektkontext</b>	<b>7</b>
<b>4 Ziele und Vorgehen</b>	<b>10</b>
4.1 Ziel und Forschungsfragen	10
4.2 Vorgehen	10
<b>5 Resultate</b>	<b>13</b>
5.1 Prozessmodell	13
5.1.1 Prinzipieller Ablauf im Fokus OGN	13
5.1.2 Bezug zur Dokumentation SIA D0260	14
5.1.3 Generisches Prozessmodell	16
5.2 Prüfregele	21
5.2.1 Schutzziele, Anforderungen und Prüfregele	23
5.2.2 Informationsanforderungen	24
5.2.3 Implementierung	28
5.3 Grundlagendaten und Transformation	30
5.3.1 Grundlagendaten Gefährdung	30
5.3.2 Transformationsdienst GIS-BIM	31
<b>6 Diskussion und Erkenntnisse</b>	<b>33</b>
<b>7 Ausblick und Empfehlungen</b>	<b>37</b>
<b>8 Glossar/Abkürzungen</b>	<b>39</b>
<b>9 Literaturverzeichnis</b>	<b>40</b>
<b>Anhang A Domänenmodell</b>	<b>41</b>
Gefährdung	41
Schutz und Prävention	42
Projekt- und Bauwerksstruktur	44
<b>Anhang B Medienberichte und Kommunikationsaktivitäten</b>	<b>45</b>

### Dokumenthistorie

Version	Datum	Kommentar	Status
0.30	06.12.2019	Initialversion	In Bearbeitung
0.70	28.01.2021	Grundlagen, Ziele/Vorgehen, Prüfregele	In Bearbeitung
0.72	05.02.2021	Resultate, Diskussion	In Bearbeitung
0.80	10.02.2021	Final, Review Projektteam	Zur Prüfung
1.00	17.02.2021	Final	freigegeben
1.01	03.04.2021	Punktuelle Überarbeitung im Hinblick auf Folgeprojekte	In Bearbeitung

## 1 Zusammenfassung

Die Reduktion der Verletzlichkeit von Gebäuden gegenüber Naturgefahren ist ein wichtiger Teil des integralen Risikomanagements, weshalb insbesondere bei Neu- und Umbauten auf eine den Gefahren angepasste Bauweise zu achten ist. Zentrale Probleme bei der Umsetzung des naturgefahrengerechten Bauens sind die fehlende Sensibilisierung für die Naturgefahren, die Unterschätzung der damit verbundenen Risiken und die entsprechend oft (zu) späte Berücksichtigung der Naturgefahren im Planungsprozess.

Building Information Modeling (BIM) verändert das Planen, Bauen und Nutzen von Gebäuden in vielerlei Hinsicht. Das von der Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen finanzierte Forschungsprojekt «Optimierter Gebäudeschutz vor Naturgefahren mit BIM» setzte sich zum Ziel, das Potential und die Umsetzbarkeit verschiedener technischer und methodischer Aspekte der BIM-Methode spezifisch für den Gebäudeschutz vor Naturgefahren aufzuzeigen. Hierzu wurden am Beispiel der Naturgefahren Hagel, Überschwemmung, Erdbeben und Steinschlag die Prozessabwicklung mit Fokus auf die Rollen von Bauherr und Architekt, die Integration von Grundlagendaten in digitale Bauwerksmodelle sowie die sich daraus ergebenden Möglichkeiten für planungsunterstützende Modellprüfungen untersucht.

Bei Anwendung der BIM-Methode rücken die Nutzung und die Prozessabläufe im Gebäudebetrieb bereits in den frühen Planungsphasen in den Fokus interdisziplinär zusammengesetzter Planungsteams, weshalb es auch zu technischen Fragen schon frühzeitig Lösungen braucht. Wenn die Bauherrschaft die Vorteile von BIM Nutzen will, muss sie die Projektziele und Ansprüche an das Gebäude sehr genau beschreiben können («Bestellerkompetenz»). Diese bewusster Auseinandersetzung der Auftraggeber mit dem Zielzustand in Kombination mit einer umfassenden Lebenszyklusbetrachtung und dem frühen Beizug technischer Spezialisten bietet die Gelegenheit, Risiken infolge Naturgefahren gebührend zu analysieren und bereits in der strategischen Planung Schutzziele festzulegen. Damit dieser «Risikodialog» erfolgreich umgesetzt werden kann, müssen Gefahreninformationen zu Beginn eines Projekts und möglichst einfach in das digitale Bauwerksmodell einfließen. Im Forschungsprojekt wurde deshalb ein Proof of Concept entwickelt, um die als GIS-Daten vorliegenden Gefahren- und Gefährdungskarten in das für BIM-Software wichtige Austauschformat Industry Foundation Classes (IFC) zu transformieren. Dabei wurden auch erste Empfehlungen zur Standardisierung erarbeitet.

Das digitale Bauwerksmodell ist mehr als ein virtuelles Abbild des Gebäudes: Es dient als zentrale, den gesamten Lebenszyklus umspannende Informationsbasis für sämtliche Fragen rund um das Planen, Bauen und Nutzen des Gebäudes. Vorausgesetzt die Informationen liegen in standardisierter Form vor und werden mit entsprechender Logik verknüpft, kann das digitale Bauwerksmodell die Qualität der Planung und Realisierung erheblich verbessern und auch im Betrieb einen Mehrwert bieten. Automatische und teilautomatische Modellprüfungen bezüglich formaler Kriterien oder der Vollständigkeit von Informationen sind einfach umsetzbar und helfen, die Naturgefahren nicht zu vergessen. Entsprechende Prüfregeln wurden auf einer fachlichen und logischen Ebene beschrieben und die daraus resultierenden Informationsanforderungen an das digitale Bauwerksmodell untersucht. Wie die Implementierung von Prüfregeln für die Naturgefahren Hagel und Überschwemmung in der BIM-Modellprüfungssoftware Solibri gezeigt hat, sind auch geometrische Prüfungen für die Identifikation von Schwachstellen sowie detaillierte Prüfungen auf Produkteebene in Standardsoftware implementierbar. Den grössten Mehrwert hätten solche Prüfregeln, wenn sie möglichst standardisiert und somit automatisch und iterativ ausführbar in den Planungsprozess integriert werden könnten. Um diese Standardisierung für den Übergang in die Praxis zu erreichen, braucht es zusätzlich zu punktuell vertiefender Forschung insbesondere mit anderen Fachthemen gut abgestimmte Modellierungsrichtlinien.

## 2 Einleitung

### 2.1 Ausgangslage

Das naturgefahrengerechte Bauen ist die logische Antwort auf die steigenden Gebäudeschäden infolge Naturereignissen. Die konzeptionellen und konstruktiven Lösungen hierzu sind vorhanden und erprobt, werden aber zu wenig beachtet. Die enorme Komplexität und Themenvielfalt beim Bauen erschweren es derzeit, spezifische Aspekte wie Naturgefahren mit der gebührenden Weitsicht und Konsequenz zu berücksichtigen. Doch die zunehmende Interdisziplinarität und die Digitalisierung verändern die Rahmenbedingungen: Building Information Modelling (BIM) bringt nicht nur moderne Technologien, sondern auch neue Organisationsformen und Prozesse. Zwei für die Naturgefahren-Prävention einmalige Chancen von BIM sind die **vorausschauende Planung** und die **Lebenszyklus-Betrachtung**. Ersteres hat enormes Potenzial für den Gebäudebestand von morgen. Die Auseinandersetzung mit Naturgefahren wird unterstützt durch den frühen Beizug technischer Spezialisten in der integralen Planung mit BIM und die neuen Möglichkeiten zur modellbasierten Identifikation und Bereinigung von Planungsfehlern mit Konsistenzprüfungen. Dass die Betriebsphase stärker in den Fokus rückt, dient dem langfristigen Erhalt des Gebäudeschutzes und verbessert den Risiko-Dialog mit Bauherrschaft und Projektverfassern, z. B. bei der Festlegung von Schutzziele. Denn viele aktuelle Probleme im Umgang mit Naturgefahren gründen in der fehlenden Sensibilisierung für Risiken.

Die Kantonalen Gebäudeversicherungen wollen die Chancen von BIM nutzen und den zielführenden Einsatz der BIM-Methode für die Naturgefahrenprävention untersuchen und aufzeigen. Deshalb unterstützt die Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen das Projekt «Optimierter Gebäudeschutz vor Naturgefahren mit BIM» (OGN, 2019-2020).

### 2.2 Projekt Optimierter Gebäudeschutz vor Naturgefahren mit BIM (OGN)

Das Projekt OGN erarbeitet Methoden und technische Grundlagen, um mit der BIM-Methode das naturgefahrengerechte Bauen zu optimieren. OGN zeigt auf, wie der «best case» einer risikooptimierten Planung mit BIM aussehen könnte und untersucht dessen Umsetzbarkeit. Dabei fokussiert die Arbeitsgruppe 1 (AG1) auf die Prozesse, die Formen der Zusammenarbeit und die Rolle des digitalen Bauwerksmodells («BIM-Modell») als zentraler Informationsspeicher über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks. Typischen Problemen bei Bautätigkeiten wie die zu späte oder unvollständige Erkennung und Berücksichtigung von Risiken werden besondere Beachtung geschenkt. Fachlich stützt sich das Projektteam auf anerkannte Grundlagen insbesondere des SIA (Normen SIA 261 und 261/1 sowie die Wegleitungen D 0260 «Entwerfen & Planen mit Naturgefahren im Hochbau» und SIA 4002 «Hochwasser - Wegleitung zur Norm SIA 261/1»). Die entwickelte Methodik zeigt neue Wege auf für eine systematische und frühzeitige Prävention. Auf der technischen Ebene werden folgende Prototypen entwickelt:

- Arbeitsgruppe 2 (AG2): Systemneutrales Regelset zur Prüfung von BIM-Modellen bezüglich Naturgefahren. Beispielhafte Implementierung dieses Regelsets für «Solibri Model Checker».
- Arbeitsgruppe 3 (AG3): Geodaten-Transformationsdienst zur Integration von Gefahreninformation in BIM-Modelle und Klärung von Fragen der Standardisierung mit IFC.

Zwecks Abgrenzung und Fokussierung auf besonders wesentliche Aspekte beschränkt sich die Studie auf die vier Naturgefahrenarten Hagel, Hochwasser, Erdbeben und Steinschlag.

## 2.3 Aufbau der Dokumentation

Die Dokumentation der Forschungsergebnisse setzt sich aus drei Dokumentationen zusammen:

- Der vorliegende **Ergebnisbericht** dient als übergeordnetes Kopfdokument mit allgemeinen Erläuterungen und Beschreibung von grundsätzlichen Methoden und Konzepten.
- Der **Bericht Prozesse und Prüfregele**n dokumentiert das Vorgehen und die modellgestützte Prüfung spezifisch für die vier Naturgefahrenarten Hagel, Hochwasser, Erdbeben und Steinschlag.
- Der **Bericht Grundlagendaten und Transformation GIS-BIM** dokumentiert die Ergebnisse bezüglich der Aufbereitung der Grundlagendaten und der Schnittstelle zu den GIS-Datensätzen.



Abbildung 1: Projektdokumentation

## 2.4 Zielpublikum

In diesem Bericht werden die Forschungsergebnisse sowie die angewandte Methodik beschrieben. Er richtet sich an Fachpersonen der Naturgefahrenprävention mit Kenntnissen in der Anwendung und Nutzung der BIM-Methode, insbesondere digitalen Bauwerksmodellen auf Basis von IFC (Industry Foundation Classes).

Der Bericht dient als Grundlage für eine nachfolgende Aufbereitung und Konkretisierung der Forschungsergebnisse für spezifische Empfehlungen oder Richtlinien für die Anwendung in der Praxis. Der Ergebnisbericht selbst ist nicht für die direkte Anwendung in der Praxis ausgelegt. Während des Projekts wurden für verschiedene Zielgruppen diverse Artikel in Fachzeitschriften veröffentlicht.

### 3 Projektkontext

Obwohl die Grundidee der modellbasierten Zusammenarbeit bereits 40 Jahre besteht und die Bauwirtschaft seit Jahrzehnten CAD-gestützt arbeitet, werden digitale Bauwerksmodelle (BIM-Modelle) erst seit einigen Jahren auch in der Schweiz erfolgreich eingesetzt. Entsprechend jung und dynamisch sind die Entwicklungen sowohl auf Seite der Technik und Software als auch betreffend der Prozessabläufe und Zusammenarbeit in interdisziplinären Planungsteams. Im Vergleich zu anderen Bereichen im Gebäudeschutz gibt es kaum Studien und keine etablierten Prozesse für den Umgang mit Naturgefahren bei der Anwendung der BIM-Methode. Anders ist dies z. B. im Brandschutz, wo BIM bereits vielseitig eingesetzt wird (der IFC-Standard sieht die Attribuierung von Produkten mit dem jeweiligen Brandverhalten vor, es existieren Prüfregelein für den automatischen Modellabgleich zwecks Einhaltung regulatorischer Vorgaben, FM-Modelle beinhalten Informationen wie Wartungsintervalle von Brandmeldeanlagen; BIM wird für Simulationen zur Rauchentwicklung und zur Planung von Evakuations- und Interventionsmassnahmen genutzt usw.).

Im Rahmen des Kurses CAS GeoBIM an der FHNW haben B. Staub und Ph. Hefti die Zertifikatsarbeit «Gebäudeschutz vor Naturgefahren mit BIM» verfasst und damit die Grundlage für das Projekt OGN der Präventionsstiftung erarbeitet. Im beschränkten zeitlichen Rahmen der Zertifikatsarbeit gelang die Identifikation wichtiger Handlungsoptionen, nicht aber deren weiterführende Untersuchung und die Übertragung in die Praxis – diese Arbeiten sollen im Rahmen des Projekts OGN ausgeführt und vertieft werden.

Der SIA hat sowohl im Bereich der Naturgefahrenprävention als auch im Bereich der BIM-Methode in letzter Zeit verschiedene Normen und Wegleitungen ergänzt oder neu entwickelt, die als fachliche und methodische Grundlagen für das Forschungsprojekt herangezogen werden können. Auf Seite der BIM-Methode sind dies das Merkblatt SIA 2051 «Building Information Modelling (BIM) – Grundlagen zur Anwendung der BIM-Methode» und die Dokumentation D 0270 «Anwendung der BIM-Methode – Leitfaden zur Verbesserung der Zusammenarbeit». Diese beiden Dokumente beschreiben die noch junge «best practice» bei der Anwendung der BIM-Methode in der Schweiz. Auf Seite der Naturgefahrenprävention ist dies, neben den beiden zentralen Tragwerksnormen SIA 261 und SIA 261/1 und verschiedenen Fachplaner-spezifischen Normen, die Dokumentation D0260 «Entwerfen und Planen mit Naturgefahren im Hochbau» und die Wegleitung SIA 4002 «Hochwasser - Wegleitung zur Norm SIA 261/1».

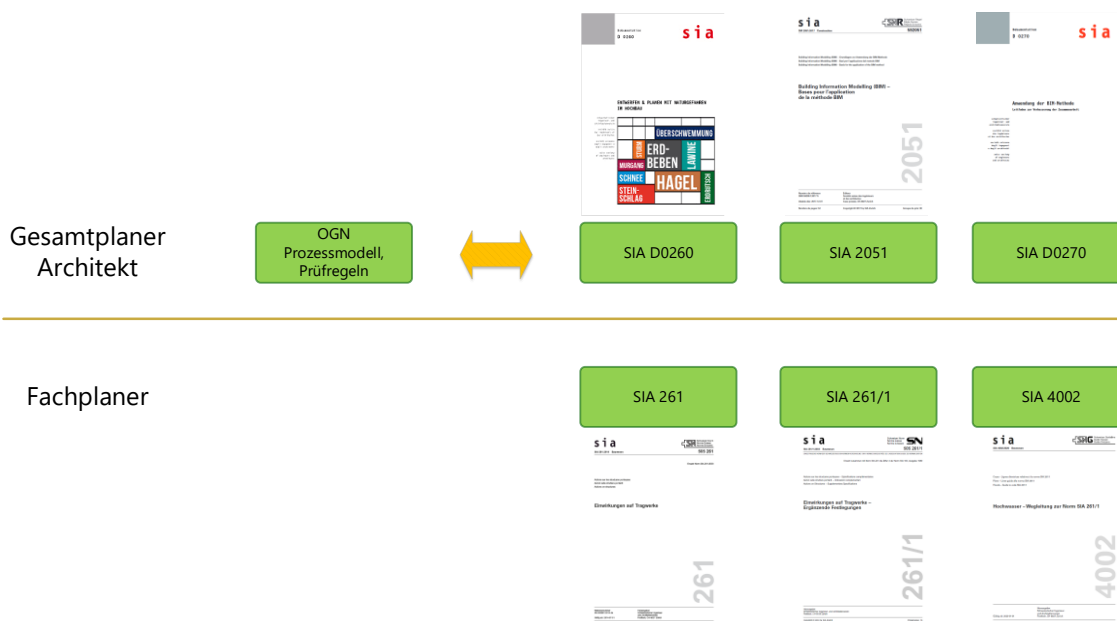


Abbildung 2: Positionierung Projekt/Projektergebnisse OGN

Die im Projekt OGN untersuchten Fragestellungen und erarbeiteten Resultate sollen sich auf einer ähnlichen Generalisierungsebene befinden, wie dies die oben erwähnten Normen und Dokumentationen des SIA sind. D.h. mit OGN sollen primär Prozesse und Fragen zum Informationsmanagement behandelt werden, die auf Stufe Gesamtplaner anzusiedeln sind (Abbildung 2).

Zur Abklärung der Gefährdung infolge Naturgefahren an einem Standort werden üblicherweise GIS-Systeme verwendet, wobei je nach Naturgefahrenprozess und Fragestellung unterschiedliche Datenquellen beizuziehen sind. Die Gefährdungskarten Hagel, Schnee, Sturm, Erdbeben, Radon sind räumlich sehr grob aufgelöst, die kantonalen Gefahrenkarten bilden die Prozesse Hochwasser, Rutschung, Steinschlag und Lawine sind hingegen parzellenscharf ab (Massstab 1:5'000). Diese Gefahren- und Gefährdungskarten stehen als Vektor- oder Rasterdaten zur Verfügung (üblicherweise in 2D). Die Integration von Geodaten in digitale Bauwerksmodelle wird in verschiedensten Anwendungsbereichen und speziell im Rahmen der Weiterentwicklung des IFC-Standards (Erweiterung z.B. um «Landscape», Geologie u.a.) diskutiert. Beim Übergang von GIS zu «BIM» gilt es grundsätzlich drei Hürden zu überwinden:

- Erstens müssen klare fachliche Regeln für das Mapping semantischer Informationen zwischen Geodaten und dem konzeptuelle Datenmodell von IFC definiert werden,
- zweitens muss ein Umgang mit den Unschärfen der Geodaten gefunden werden und
- drittens muss eine Lösung gefunden werden für die Transformation von einer Kartenprojektion in ein lokales Koordinatensystem.

Zur Abbildung der für das naturgefahrensichere Bauen relevanten Eigenschaften (Gefährdung, Schutzziele, Angaben zur Verletzbarkeit von Bauteilen usw.) in BIM-Modellen fehlt nebst der Transformation zwischen verschiedenen Datenformaten insbesondere ein Konzept für die standardisierte Abbildung dieser Eigenschaften in IFC. Dies ist ein noch gänzlich unberührtes Forschungsfeld und zugleich eine wichtige Bedingung für die modellgestützte Qualitätssicherung des naturgefahrensgerechten Bauens mit BIM.

Die Vorteile der BIM-Methode für den Gebäudeschutz im Allgemeinen wurden in der Literatur bereits breit untersucht. Offensichtliche Vorteile der Planung nach der BIM-Methode ist die Verfügbarkeit aktueller Pläne basierend auf einem digitalen Gebäudemodell («single source of truth»), was Fehlern im Planungs- und Bauprozess vorbeugt. Durch die Planung am digitalen Zwilling können Zielkonflikte und Probleme früher entdeckt und behoben werden. Auch die bewusstere Zielsetzung in frühen Projektphasen dürften sich positiv auf die Gebäudequalität auswirken - Bauherrschaften müssen ihre Erwartungen an das Endprodukt bei Anwendung der BIM-Methode präziser beschreiben. Ferner dienen die Informationen aus der Planung und Realisierung auch dem Betrieb, beispielsweise technische Daten über die verbauten Produkte. Im Ernstfall können diese Daten wichtige Grundlagen für die Notfallorganisationen bieten (Penn State, 2019; Treado et al., 2007).

Für spezifische Naturgefahren wurde untersucht, wie ein Planungsprozess mit der BIM-Methode den Gebäudeschutz verbessern kann. Es wurde beispielsweise eine Erdbebenanalyse anhand eines digitalen Bauwerksmodelles erstellt (Alirezai et al., 2016). Es wurde aufgezeigt, dass statische Analysen auf der Basis von DBM möglich sind.

In einer Literaturrecherche wurde von Sertyesilisk (2017) untersucht, wie BIM der Baubranche hilft, die Belastbarkeit gegenüber Katastrophen zu erhöhen. In der umfangreichen Recherche und Analyse wird auf Aspekte des Abfallmanagements, der Arbeitssicherheit, Gewährleistung der Versorgungsketten eingegangen, aber nur mit wenigen Sätzen der Planungsaspekt erwähnt: «Eine verbesserte Bautechnik für Gebäude und Infrastruktur kann die Grösse der Auswirkungen einer Katastrophe minimieren» (Sertyesilisk, 2017, p. 10), «in der Phase vor einer Katastrophe muss die Belastbarkeit in Recht, Weisungen, Kultur und Arbeitsweisen integriert werden» (Sertyesilisk, 2017, p. 10). Diese sehr allgemeinen Aussagen bezüglich der Planung verdeutlichen, dass dieser Aspekt nicht untersucht wurde.



In einem Europäischen Projekt zum Schutz von Kulturerbe werden die Gebäude über CityGML in ein GIS-Format transformiert und anschliessend das Gefahrenpotential abgeschätzt (Migliorini, 2018). Mit dem gewählten Ansatz kann eine Risikoanalyse durchgeführt werden. Die untersuchten Gebäude sind historische Gebäude und befinden sich nicht in einem Planungsprozess. Ausserdem stehen die Risikoinformationen nicht im Bauwerksmodell zur Verfügung, weil dieses in ein GIS-Format transformiert wurde.

Die Literaturrecherche hat ergeben, dass die Möglichkeiten und Vorteile von digitalen Bauwerksmodellen breit untersucht wurden. Meist wurden einzelne Aspekte der Gebäudesicherheit behandelt und nutzten spezifische Modellierungsanforderungen. Es wurde nicht untersucht, wie der Einbezug von bekannten Risikodaten in den Planungsprozess die Gebäudesicherheit erhöhen kann. Die Untersuchungen gehen von einzelnen Akteuren oder Planungsschritten aus und zeigten nicht auf, wie durch einen verbesserten, digitalen Planungsprozess unter Einbeziehung aller Projektpartner die Gebäudesicherheit erhöht werden kann.

## 4 Ziele und Vorgehen

### 4.1 Ziel und Forschungsfragen

Beruhend auf der geschilderten Ausgangslage wurde für das Projekt «Optimierter Gebäudeschutz vor Naturgefahren mit BIM» folgendes übergeordnete inhaltliche Ziel definiert:

**Ziel** Das Forschungsprojekt soll das Potenzial und die Umsetzbarkeit verschiedener technischer und methodischer Aspekte von BIM (BIM-Methode) für den Gebäudeschutz vor Naturgefahren aufzeigen.

Das Projektziel soll durch die Beantwortung folgender drei **Forschungsfragen** erreicht werden:

- Wie wird das Thema Naturgefahren unter Verwendung der BIM-Methode optimal in die Prozessabwicklung integriert?
- Wie lassen sich die Grundlagendaten zu Naturgefahren (Geodaten) in digitale Bauwerksmodelle (DBM) integrieren?
- Wie kann das naturgefahrengerechte Planen und Bauen mittels Prüfregeleln und digitalen Bauwerksmodellen optimal unterstützt werden?

### 4.2 Vorgehen

Für die Beantwortung der Forschungsfragen wurden konkret folgende drei **Prototypen** in jeweils separaten Teilprojekten entwickelt (siehe auch Abbildung 3):

Teilprojekt 1 (AG1) Prototyp Prozessmodell	<p><i>Prototyp:</i> Prozessmodell mit «good practice Ansätzen», in welchem das Thema Naturgefahren, unter Anwendung der BIM-Methode, optimal in die Prozessabwicklung und Projektorganisation integriert ist.</p> <p>Im Teilprojekt 1 wird ein «ideales» Prozessmodell entwickelt, welches alle Lebensphasen eines Bauwerks umfasst. Der Fokus liegt bewusst auf den frühen Planungsphasen, weil dann die entscheidenden Weichen für konzeptionell-bauliche Schutzmassnahmen gestellt werden.</p> <p>In Anlehnung an die SIA Phasen gemäss dem Leistungsmodell SIA 112 werden die folgenden wesentlichen Phasen unterschieden: Strategie und Konzeption, in welcher das Schutzkonzept erstellt wird, Planung, Realisierung und Betrieb/Bewirtschaftung. Das Prozessmodell soll die wesentlichen Prozesse und Aktivitäten identifizieren, mit welchen die Naturgefahrenprävention optimal berücksichtigt wird.</p> <p>Das Prozessmodell soll auch die relevanten Rollen und deren Zusammenspiel aufzeigen.</p>
Teilprojekt 2 (AG2) Prototyp Prüfregeleln	<p><i>Prototyp:</i> Systemneutrales Regelset zur Prüfung von BIM-Modellen betr. Naturgefahren. Implementierung dieses Regelsets für die Software «Solibri Model Checker» am Beispiel ausgewählter Naturgefahren (Hagel, Überschwemmung, Steinschlag und Erdbeben).</p> <p>Im Teilprojekt 2 werden Prüfregeleln entwickelt, mit denen das naturgefahrengerechte Planen und Bauen optimal unterstützt werden können. Dies erfolgt unter der Prämisse, dass das DBM als integrale Informationsbasis genutzt wird.</p> <p>Das DBM steht während des gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks als digitales Abbild desselben zur Verfügung. Entsprechend kann das DBM zu unterschiedlichen Zeitpunkten abgefragt und mit Prüfregeleln geprüft werden.</p>
Teilprojekt 3 (AG3) Prototyp Transformation	<p><i>Prototyp:</i> Geodaten-Transformationsdienst zur Integration von Gefahreninformation in BIM-Modelle.</p> <p>Im Teilprojekt 3 wird aufgezeigt, welche Grundlagendaten bezüglich der Gefährdung durch Naturgefahren in das DBM integriert werden können und wie diese Transformation der Informationen technisch umgesetzt werden kann.</p>

Tabelle 1: Beschreibung/Definition der Teilprojekte/Prototypen

Die Erarbeitung der drei Prototypen erfolgte je in einer Arbeitsgruppe resp. einem Teilprojekt, die Erkenntnisse zwischen den Arbeitsgruppen wurden regelmässig ausgetauscht und aufeinander abgestimmt. Abbildung 3 illustriert schematisch die Themenbereiche der drei Arbeitsgruppen/Prototypen im Kontext der Systemarchitektur.

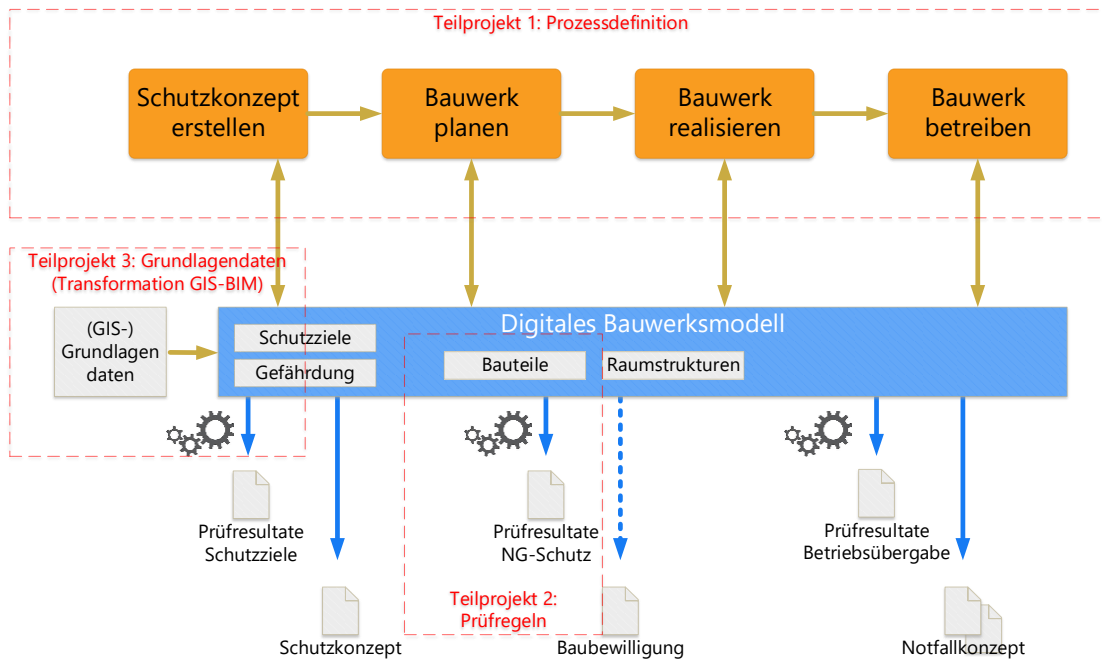


Abbildung 3: Systemarchitektur und Prozessablauf mit Teilprojekten OGN

Für die Erarbeitung der Prototypen waren verschiedene Aspekte aus dem fachlichen Kontext der Naturgefahrenprävention sowie der BIM-Methode von Relevanz. Es wurde versucht, bekannte und etablierte Konzepte und Methoden zu übernehmen respektive zu adaptieren und daraus neue Ansätze zu entwickeln. Zu den wichtigsten Einflussfaktoren zählen:

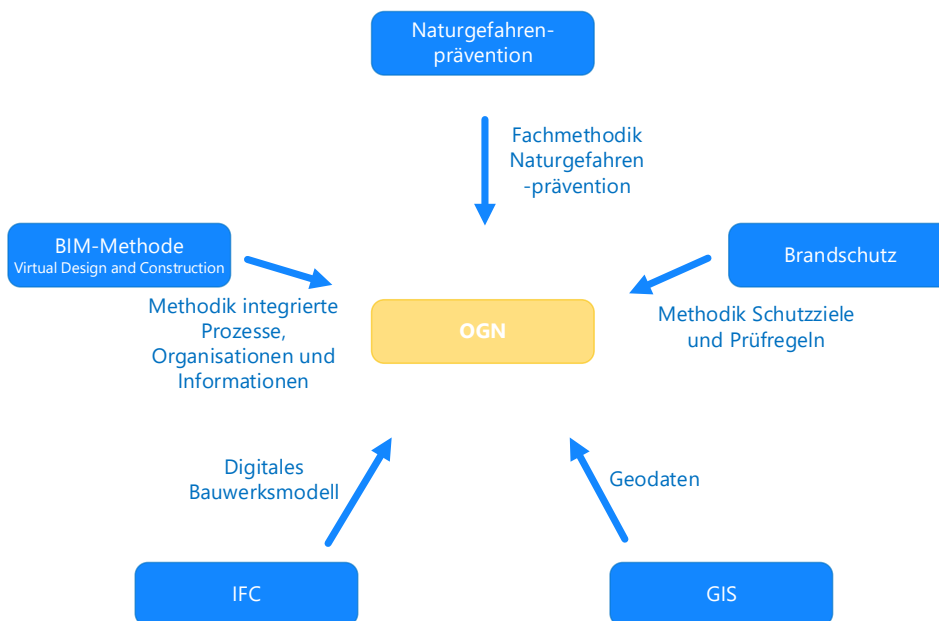


Abbildung 4: Kontext und Einflussfaktoren für Projekt OGN

- Naturgefahrenprävention  
Die fachliche Domäne der Naturgefahrenprävention stellt selbstredend den wichtigsten Kontext für das Projekt OGN. Sie gibt die fachlichen Methoden vor, die mit neuen oder angepassten Konzepten aus der datengestützten Arbeitsweise oder neuen Zusammenarbeitsformen der BIM-Methode ergänzt werden.
- GIS  
Daten zum räumlichen Auftreten von Naturgefahren werden hauptsächlich in Geografischen Informationssystemen (GIS) erfasst und verwaltet. Für eine gute Integration dieser Daten und eine gute Interoperabilität zu den Systemen müssen Konzepte und Technologien aus dem Bereich der Geodaten berücksichtigt werden.
- Brandschutz  
Der Brandschutz als «Schwesterdisziplin» der Naturgefahrenprävention verfügt, wie die Grundlagenanalyse aufgezeigt hat, bereits über eine weiter fortgeschrittene Integration in die BIM-Methodik. Zudem verfügt sie über gleiche oder ähnliche Konzepte bezüglich der Präventions-Methodik (Schutzziele, Anforderungen). Daraus können gegebenenfalls auch Konzepte in die Naturgefahrenprävention übertragen werden.
- BIM-Methode (Virtual Design and Construction)  
Die BIM-Methode definiert Prinzipien, die neue Zusammenarbeits- und Organisationsformen umfassen, welche sich durch die Verwendung digitaler Bauwerksmodelle sowie zielorientierter Vorgehensweisen bilden. Diese Prinzipien bilden eine wichtige Grundlage, um die Naturgefahrenprävention an die Möglichkeiten der datengestützten Arbeitsweisen anzupassen.
- IFC (Industry Foundation Classes)  
Als Teil der BIM-Methode repräsentiert das digitale Bauwerksmodell die zentrale und integrale Informationsbasis. Der internationale, offene und systemneutrale Standard IFC definiert ein Datenmodell für DBM und bildet somit eine gute Basis für die gemeinsame Verständigung. IFC ist im Projekt OGN explizit zu verwenden.

Abbildung 4 zeigt schematisch und vereinfacht die wichtigsten Einflussfaktoren für das Projekt OGN auf.

## 5 Resultate

In den folgenden Unterkapiteln werden die im Projekt OGN erarbeiteten Resultate resp. Prototypen vorgestellt. Die Beschreibung der Resultate erfolgt dabei entlang der drei Teilprojekte in den Unterkapiteln

- 5.1 Prozessmodell
- 5.2 Prüfregeln
- 5.3 Grundlagendaten und Transformation

Weiterführende Beschreibungen der Resultate befinden sich auch in den separaten Projektdokumentationen (OGN, 2021a) und (OGN, 2021b).

### 5.1 Prozessmodell

Unter Beizug der Praxispartner wurden im Teilprojekt 1 für die vier Naturgefahrenarten Prozessabläufe entwickelt und definiert, mit denen ein guter Schutz vor Naturgefahren idealerweise zu erreichen ist. Während die konkreten Schutzmassnahmen je Naturgefahrenart selbstredend sehr individuell sind, haben sich bezüglich der Abläufe zur Prävention allgemeingültige Muster gezeigt. Aus diesen Mustern wurde ein generisches Prozessmodell abgeleitet, welches für alle Naturgefahrenarten anwendbar ist.

#### 5.1.1 Prinzipieller Ablauf im Fokus OGN

Bevor im nächsten Kapitel auf das generische Prozessmodell eingegangen wird, soll hier zuerst als Einstieg noch ein vereinfachter, prinzipieller Ablauf aufgezeigt werden. Der Ablauf konzentriert sehr stark auf die initiale Projektphase mit der Erstellung des Schutzkonzepts und zeigt auf, welche Bedeutung die mit OGN entwickelten Prototypen im Prozessablauf haben.

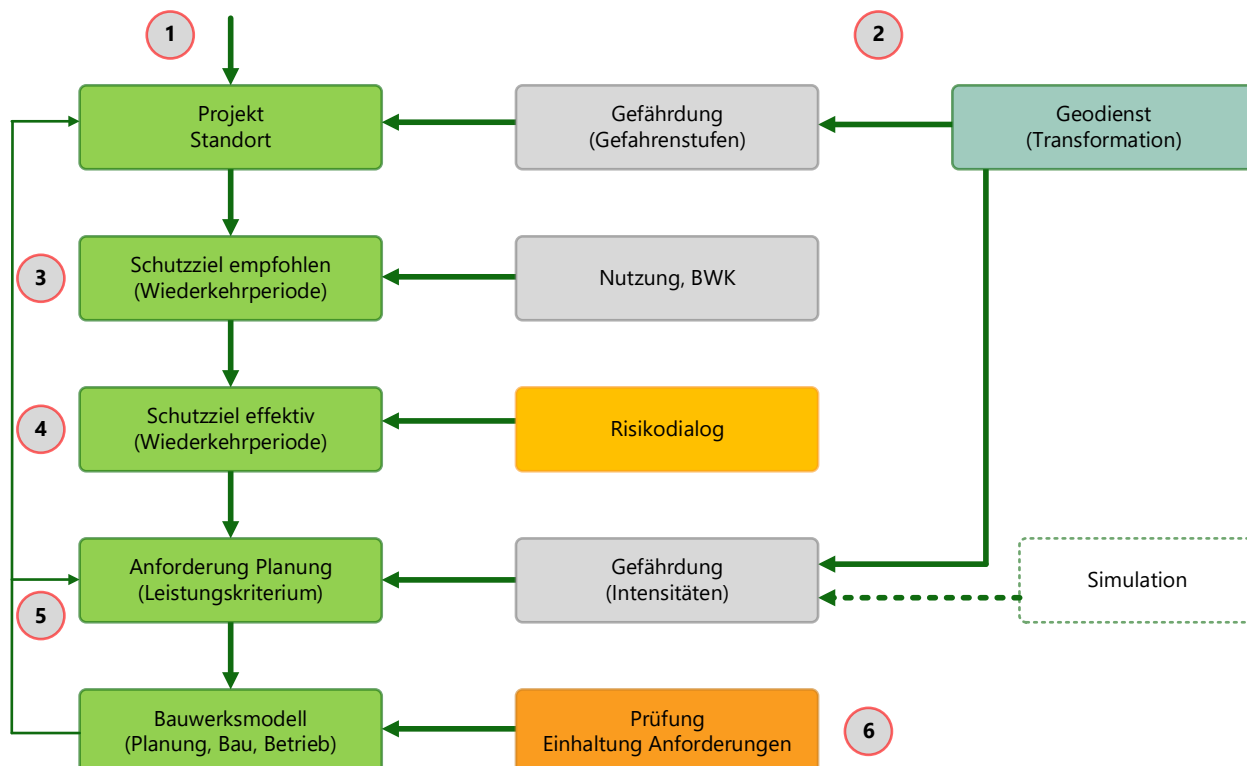


Abbildung 5: Prinzipieller Ablauf mit Fokus OGN

- 1 Bei der Erarbeitung oder Überarbeitung der Naturgefahrenprävention geht es in einem ersten Schritt darum, die Gefährdungslage für den betroffenen **Standort** zu ermitteln.
- 2 Die Gefährdung durch Naturgefahren kann u.a. aus Geodaten abgeleitet werden. Die möglichst einfache Verfügbarmachung der in den **Geodaten** vorhandenen Informationen zur **Gefährdung** unterstützt dabei diesen ersten Schritt der Gefährdungsanalyse. Dazu wird mit dem Teilprojekt/Prototyp 3 ein Lösungsweg aufgezeigt.
- 3 Auf Grundlage der vorliegenden Gefährdungen sowie grundsätzlichen Angaben zum Bauwerk selbst (Nutzung, Bauwerksklasse) lassen sich regelbasiert auf Basis vorhandener Normen und Konventionen **empfohlene Schutzziele** ableiten.
- 4 In einem **Risikodialog** werden die Schutzziele für das konkrete Vorhaben festgelegt, d.h. es werden die **effektiven Schutzziele** festgelegt.
- 5 Basierend auf den effektiven Schutzzielen und der vorliegenden Gefährdung (Intensitäten) können die **Anforderungen** an das Bauwerk resp. die Planung abgeleitet werden. Dabei handelt es sich um konkrete, idealerweise messbare Vorgaben. Die Gefährdung im Sinne von zu erwartenden Intensitäten kann je nach Naturgefahrenart entweder aus vorhandenen Geodaten abgeleitet werden oder sie wird durch Simulationen durch Experten ermittelt.
- 6 Die aus den ersten fünf Schritten resultierenden Anforderungen an das Bauwerk resp. das Bauwerksmodell können im Folgenden gegenüber den geplanten oder realisierten Bauwerksmodellen geprüft werden. Die Einhaltung der Anforderungen kann über **Prüfregeln** erfolgen, welche **automatisiert** auf das Bauwerksmodell angewendet werden. Dazu wird werden mit dem Teilprojekt/Prototyp 2 Lösungswege aufgezeigt. Die Überprüfung der Anforderungen kann und soll wiederholt während der gesamten Lebensphase eines Bauwerks erfolgen. Auch kann es notwendig sein, die Schutzziele und Anforderungen zu aktualisieren, z.B. auf Grund einer veränderten Gefährdungslage.

### 5.1.2 Bezug zur Dokumentation SIA D0260

Der Leitfaden (SIA D0260, 2019) definiert ein konzeptionelles Vorgehen, wie die Naturgefahren in der Planung von Gebäuden zu berücksichtigen sind. Es werden darin grundsätzliche Wirkungs- und Schutzkonzepte aufgeführt und beschrieben. Die Arbeiten von OGN setzen grundsätzlich auf diesem Leitfaden auf, resp. ergänzen ihn für die Anwendung der BIM-Methoden. Die folgende Abbildung 6 zeigt auf, wie sich der in OGN entwickelte prinzipielle Ablauf auf den Leitfaden (SIA D0260, 2019) abbilden lässt.

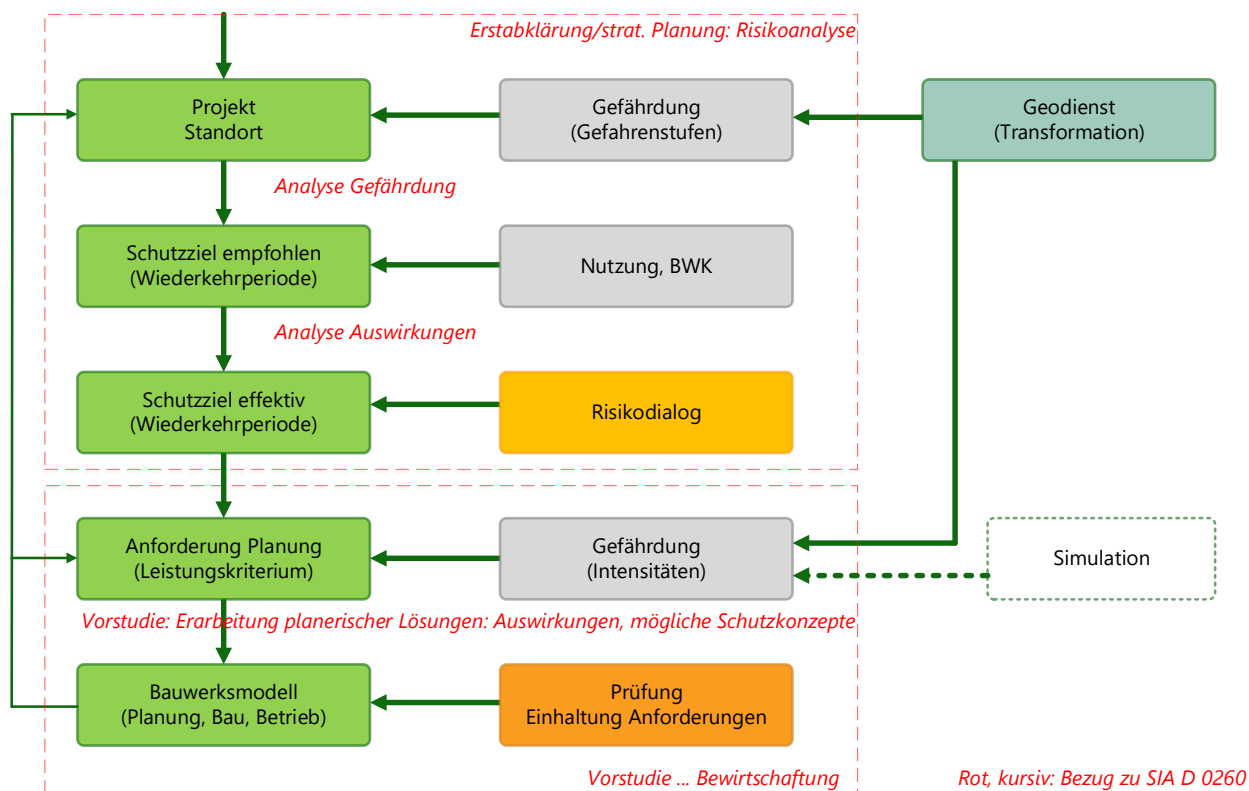


Abbildung 6: Prozessmodell abstrahiert mit Bezug zu SIA D0260

Mit dem Prozessmodell OGN werden die Teilschritte der Risikoanalyse (Gefährdungsanalyse und Auswirkungsanalyse) klar hervorgehoben und durch die Bereitstellung und auch explizite Speicherung von Informationen im DBM stark strukturiert. Damit soll der Risikodialog u.a. mit der Bauherrschaft und Behörden unterstützt werden. Die möglichst automatisierte Bereitstellung von Gefährdungsdaten aus den öffentlich verfügbaren Geodaten kann v.a. in der Erstablklärung eine einfache Hilfestellung sein, um mit wenig Aufwand an die notwendigen Grundlegendaten zu gelangen.

Im Leitfaden werden für die verschiedenen Naturgefahren deren Wirkung sowie mögliche Schutzkonzepte aufgezeigt. Diese fachlichen Konzepte werden im Prozessmodell OGN in den Prozessschritt «Anforderung an Planung» umgesetzt. Ausgehend von den Wirkungsweisen und möglichen Schutzkonzepten werden mit OGN «Standardanforderungen» an Bauwerke formuliert. Deren Einhaltung kann mit den entwickelten Prüfregeln kontrolliert werden. Für die Formulierung der Prüfregeln wurden teilweise weitergehende fachliche Regeln entwickelt, die nicht im Leitfaden enthalten sind.

### 5.1.3 Generisches Prozessmodell

Aus den Prozessmodellen der einzelnen Naturgefahrenarten (siehe (OGN, 2021a)) entstand durch eine Synthese ein allgemeines Prozessmodell, welches nach der Business Process Model and Notation (BPMN) beschrieben und dokumentiert wurde. Dieses generische Prozessmodell unterscheidet prinzipiell zwei Ebenen: Phasen und Akteure.

#### Phase

Bei den Lebensphasen eines Bauwerks wird zwischen den folgenden vier Hauptphasen unterschieden:

- Strategie und Konzeption
- Planung
- Realisierung
- Bewirtschaftung

Bei den Phasen werden bewusst nur diese vier Hauptphasen unterschieden. Es kann je nach angewandtem Phasenmodell feinere Unterteilungen geben, der prinzipielle Ablauf dürfte sich dadurch aber nicht ändern.

#### Akteure

Bei den Akteuren wird zwischen den folgenden drei Gruppen von Akteuren unterschieden:

- Bauherr / Eigentümer
- Planer / Unternehmer / Bewirtschafter (je nach Phase)
- Entscheidungsgrundlagen (Informationen im DBM)

In dieser generischen Prozessdefinition wird bewusst darauf verzichtet, bei den Akteuren resp. Rollen zu sehr ins Detail zu gehen. Es wird im Wesentlichen nur unterschieden zwischen der Bauherrschaft und den anderen Rollen, die im Auftrag der Bauherrschaft das Bauwerk planen, erstellen oder Betreiben. Es geht dabei vor allem um eine Unterscheidung und Hervorhebung der Rolle, welche die zentralen Entscheide fällen muss (Bauherr, insbesondere Schutzziele).

Ein Grundprinzip des Prozessmodells ist, dass alle relevanten Informationen und Entscheidungen im digitalen Bauwerksmodell erfasst und dokumentiert sind. Dieses dient somit als Entscheidungsgrundlage und zur Dokumentation der Ziele und Entscheidungen. Im DBM kann auch auf externe Dokumente verwiesen werden.

Wenn die Informationen im digitalen Bauwerksmodell nach definierten Modellvorgaben erfasst sind, werden diese maschinell ausgewert- und prüfbar. Mit Prüfroutinen können die Planer verifizieren, ob das Gebäude den Schutzzielen und Anforderungen entspricht.

#### 5.1.3.1 Strategie und Konzeption (SIA Phasen 1-2)

Der Bauherr definiert Ziele seiner Organisation und gibt die Erarbeitung eines Schutzkonzeptes in Auftrag (Abbildung 7). Dieses beinhaltet eine Erstabklärung der Gefährdung, eine Beurteilung der Gefährdung, allenfalls Abklärungen vor Ort und die planerischen Schutzmassnahmen. Der Bauherr ist aktiv in diesen Prozess einbezogen und muss folgende Entscheide treffen:

- Einbezug von Experten, falls eine Gefährdung besteht
- Schutzziele des Bauwerks

Die Planer und allenfalls weitere Experten liefern dem Bauherrn die Entscheidungsgrundlagen.



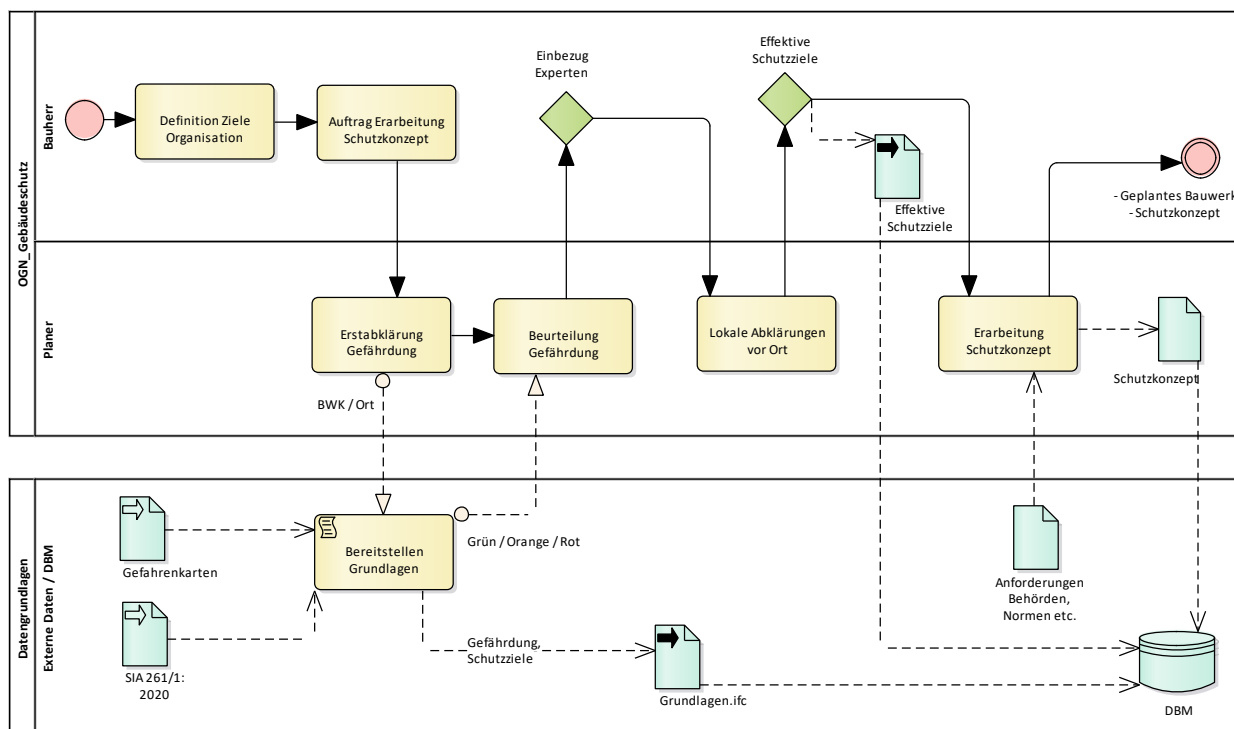


Abbildung 7: Prozessmodell 1. Strategie und Konzeption

Ein zentraler Aspekt, der sich aus einer konsequenten Anwendung der BIM-Methode ergibt, ist der explizite Risikodialog, welcher eine wichtige Basis für das Schutzkonzept darstellt. Dieser soll unter der Beteiligung und engen Zusammenarbeit aller involvierten Akteure stattfinden (Bauherr, Planer, Experte).

Im Schutzkonzept sind, wie in der Dokumentation SIA D0260 vorgesehen, alle relevanten Informationen und Entscheidungen bezüglich den einzelnen Naturgefahrenarten enthalten. Die Schutzziele gemäss SIA 261 und SIA 261/1 dienen als Grundlage für diesen Risikodialog.

Im digitalen Bauwerksmodell werden in dieser Phase einerseits die Grundlagen für die Erarbeitung des Schutzkonzepts bereitgestellt, d.h. z.B. die Gefährdungsdaten (siehe dazu auch 5.3). Andererseits werden auch die aus dem Risikodialog resultierenden Entscheidungen und Massnahmen im Bauwerksmodell gespeichert (z.B. Schutzziele, Anforderungen). Im digitalen Bauwerksmodell sind somit die relevanten Informationen aus dieser Phase in strukturierter, systematischer Form gespeichert und dienen als Informationsgrundlagen für den folgenden Phasen.

### 5.1.3.2 Planung (SIA Phasen 3)

In der Planungsphase werden die konzeptionellen Überlegungen verfeinert und das Bauwerk geplant (Abbildung 8).

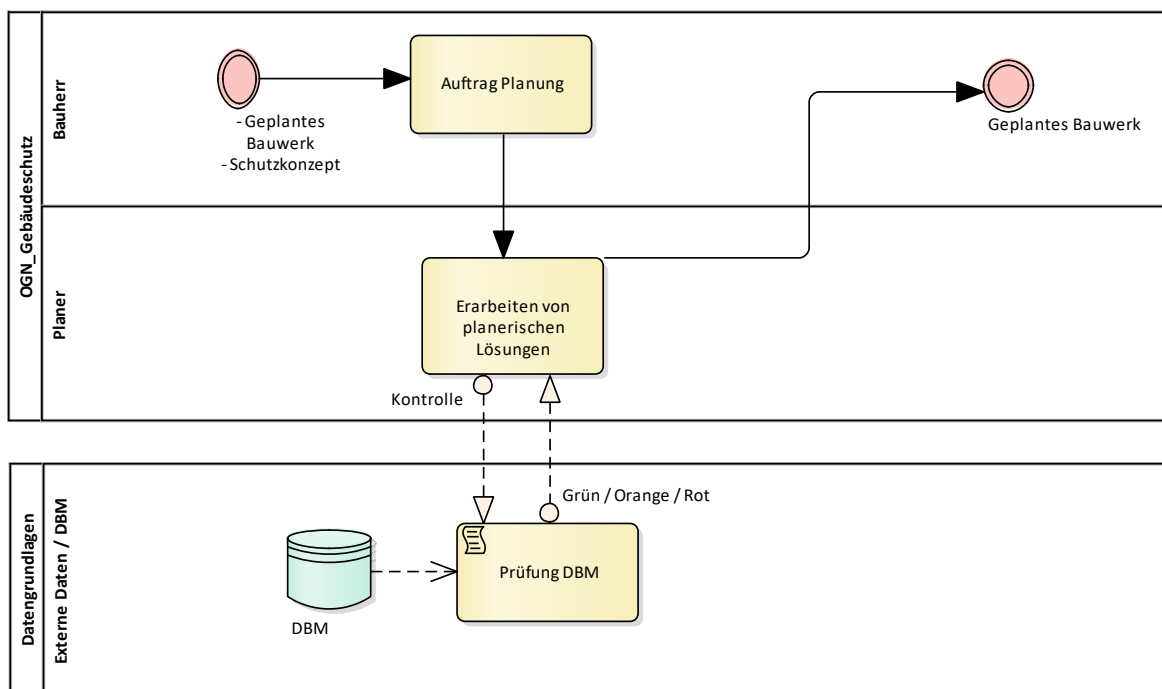


Abbildung 8: Prozessmodell 2. Planung

Der Bauherr beauftragt die Architekten und Fachplaner mit der Planung des Gebäudes. Sie erarbeiten Lösungen, um das Gebäude vor Naturgefahren so zu schützen, dass die definierten Schutzziele erreicht werden. Mit modellgestützten Qualitätsprüfungen werden die Planer in diesem Prozess unterstützt.

Im digitalen Bauwerksmodell wird das geplante Bauwerk definiert (modelliert). Das geplante Modell kann mit Prüfregele gegenüber den im Schutzkonzept formulierten Zielen und Anforderungen automatisch und regelmässig überprüft werden. Abweichungen oder Lücken gegenüber den festgelegten Anforderungen können somit systematisch erkannt werden und die Planung entsprechend angepasst werden.

### 5.1.3.3 Realisierung (SIA Phase 4 und 5)

In der Phase der Realisierung wird ein Ausführungsmodell erstellt und danach gebaut (Abbildung 9). Während dem Bau wird das Gebäude physisch erstellt und das DBM aktualisiert. Wie in der Planungsphase wird laufend geprüft, ob das DBM resp. dessen Teilmodelle die Schutzziele und Anforderungen erfüllen und ob die fertiggestellten Gebäudeteile dem DBM entsprechen. Dem Bauherrn wird das Bauwerk und das digitale Abbild übergeben.

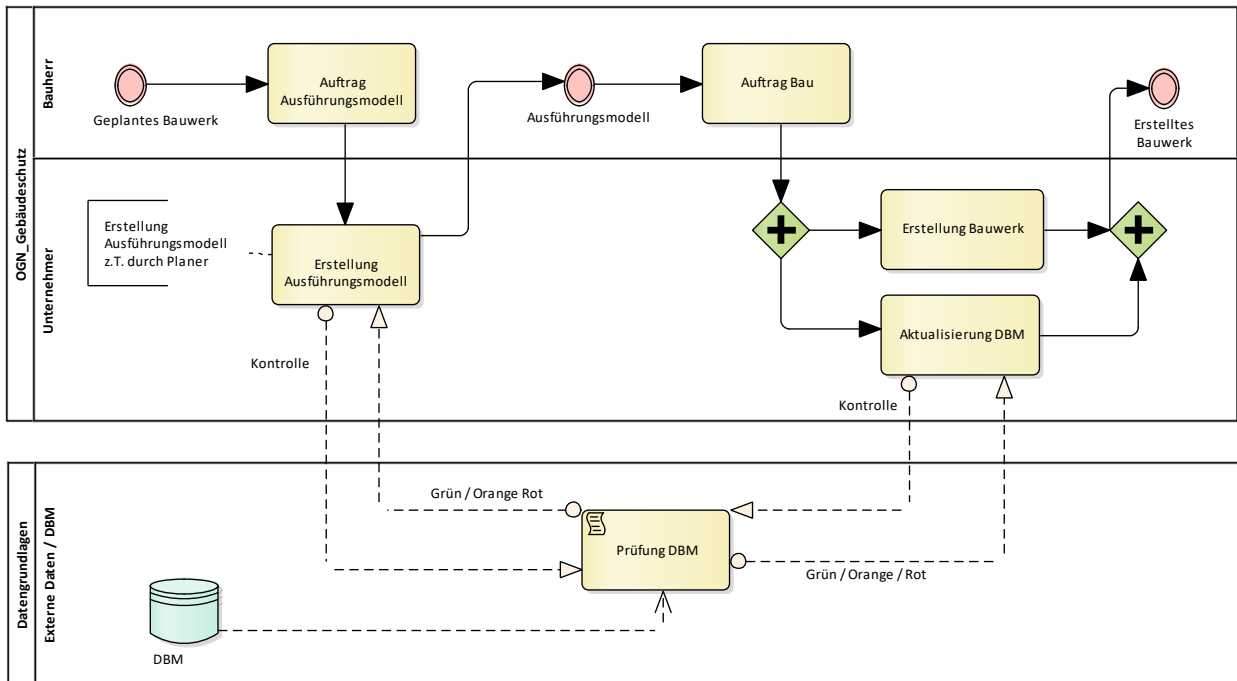


Abbildung 9: Prozessmodell 3. Realisierung

### 5.1.3.4 Bewirtschaftung (SIA Phase 6)

Der Bauherr übergibt dem Eigentümer das Gebäude (Abbildung 10). Die Ziele für den Übergang in den Betrieb sollten bereits in der Konzeptionsphase erarbeitet worden sein. Für den Betrieb sind nicht alle Informationen aus dem DBM relevant. Das Modell wird reduziert und allenfalls ergänzt zu einem Betriebsmodell. Darin wird auf wichtige Dokumente für den Betreiber verwiesen, beispielsweise auf ein Notfallkonzept.

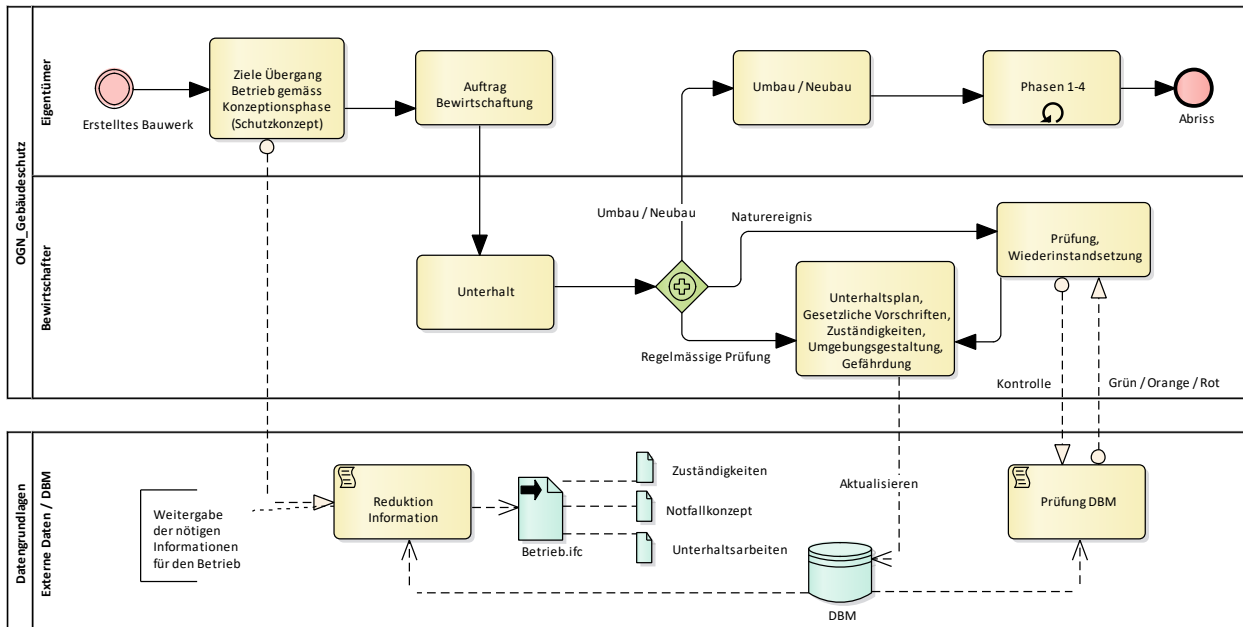


Abbildung 10: Prozessmodell 4. Bewirtschaftung

Während dem Unterhalt können prinzipiell drei Arten von Ereignissen eintreten und Änderungen am Bauwerk und/oder am Bauwerksmodell auslösen:

1. Regelmässige Prüfung  
Es wird überprüft, ob die Dokumente auf dem aktuellen Stand sind, ob es Änderungen am Bauwerk gegeben hat oder ob sich die Gefährdung geändert hat. Dabei wird das DBM aktualisiert.
2. Naturereignis  
Bei einem Naturereignis können Wiederinstandsetzungen oder Anpassungen am Gebäude oder der Umgebung notwendig sein. Das DBM wird aktualisiert und wie in den obigen Phasen überprüft
3. Umbau oder Neubau  
Es werden die Phasen 1-4 wiederholt.

## 5.2 Prüfregeln

Mit Hilfe von Prüfregeln lassen sich die Informationen eines DBM systematisch und automatisiert auswerten. Sie bieten damit den Planern und Betreibern die Möglichkeit, den Stand des DBM regelmässig zu überprüfen. Die Überprüfung kann Hinweise geben auf fehlende, unvollständige oder fehlerhafte Informationen. Modellprüfungen sind somit ein Werkzeug für die Qualitätssicherung, sowohl für die Informationen im engeren Sinn als auch für die Planung selbst (deren Resultat als Information im DBM festgehalten ist).

Im Kontext der Naturgefahrenprävention können sich Überprüfungen des DBM prinzipiell auf Informationen unterschiedlicher Phasen des Lebenszyklus eines Bauwerks beziehen, vgl. Abbildung 11.

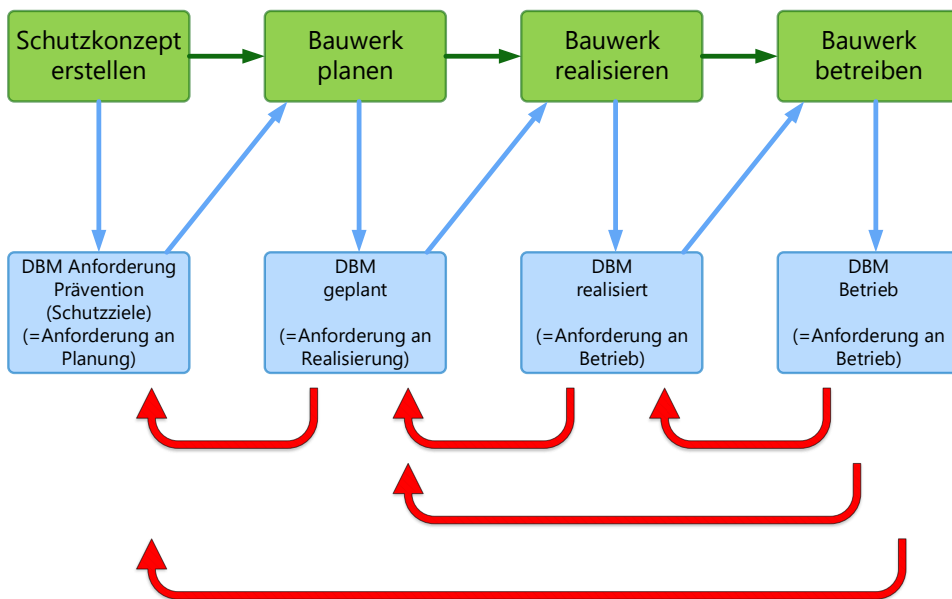


Abbildung 11: Unterschiedliche Bezugspunkte für Anforderungen und Modellprüfungen

- Strategie und Konzeption:  
In dieser Phase werden die Schutzziele und die sich daraus ergebenden Anforderungen an die Planung definiert. Diese Informationen werden idealerweise im DBM festgehalten. Sie bilden sodann die Grundlage für die Planung des Bauwerks (Anforderung an die Planung). Mit Prüfregeln lässt sich primär das Vorhandensein dieser Informationen im DBM kontrollieren (Vollständigkeitsprüfungen). Qualitative Prüfungen sind nur bedingt möglich.
- Planung:  
In dieser Phase werden die wesentlichen Teile des DBM aufgebaut damit dieses die Anforderungen an die Realisierung des Bauwerks hinreichend definiert. Mit Prüfregeln lassen sich formale Anforderungen an die Objekte des DBM überprüfen. Zudem kann das DBM mit den Anforderungen aus der Konzeptionsphase verglichen werden, d.h. es kann geprüft werden, ob die Planung den Anforderungen gemäss dem Schutzkonzept entspricht.
- Realisierung:  
Am Ende dieser Phase bildet das DBM das tatsächlich realisierte Bauwerk ab. Es definiert damit auch die Anforderungen an den Betrieb. Das DBM kann gegenüber den Anforderungen aus der Planungsphase geprüft werden. Zudem kann und sollte aber auch eine Überprüfung der Anforderungen aus der Konzeptionsphase (Schutzkonzept) vorgenommen werden, d.h. eine Überprüfung, ob das gebaute Bauwerk den Anforderungen aus dem Schutzkonzept entspricht. Diese Überprüfung ist sinnvoll, da während der Realisierung sowohl im Schutzkonzept als auch beim Bau Änderungen gegenüber der Planungsphase stattfinden können.

– Bewirtschaftung:

Analog zu den vorherigen Phasen lässt sich der jeweils aktuelle Zustand des Bauwerksmodells gegenüber den Schutzzielen, Planungs- und Realisierungsständen überprüfen.

Im Rahmen des Projekts OGN wurden für ausgewählte Naturgefahrenarten Prüfregele entwickelt, die primär der Unterstützung der Planung in den frühen konzeptionellen Phasen dienen. Es wurde eine Methodik zur systematischen Formulierung und Dokumentation von Prüfregele entwickelt. Diese Methodik fusst auf der Unterscheidung von Entwurfsebenen, wie dies im Bereich der (Daten-)modellierung üblich ist (siehe z.B. (Kemper & Eickler, 2015) oder (KOGIS, 2011)). Abbildung 12 veranschaulicht das Vorgehen und die entwickelte Methodik zur Spezifikation der Prüfregele.

*Semantische Ebene*

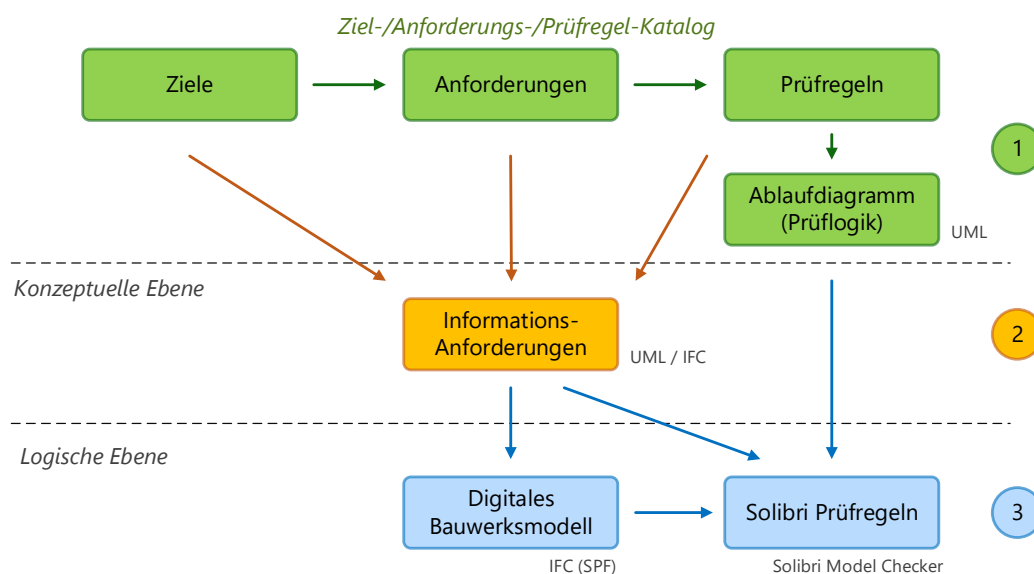


Abbildung 12: Methodik Prüfregele

– **1 Semantische Ebene: Ziel-/Anforderungs-/Prüfregelkatalog und Ablaufdiagramm**

In einem ersten Schritt werden auf semantischer Ebene die Schutzziele, die sich daraus ableitenden Anforderungen sowie Regeln zur Überprüfung der Anforderungen in einem Katalog systematisch erfasst. Für jede Prüfregele wird zudem mit Ablaufdiagrammen (Aktivitätsdiagrammen) die Prüflogik im Detail festgelegt. Die Beschreibungen erfolgen rein fachlich und aus Sicht der Naturgefahren-Spezialisten.

– **2 Konzeptuelle Ebene: Informationsanforderungen**

Basierend auf den Vorgaben der semantischen Ebene werden die Informationsanforderungen an das DBM abgeleitet und beschrieben. Die Informationsanforderungen werden hinsichtlich des konzeptuellen Datenmodells von IFC formuliert. Als formale Sprache wird dazu UML (Unified Modelling Language, (OMG, 2017)) verwendet.

– **3 Logische Ebene: Implementierung**

In einem dritten Schritt erfolgt die Implementierung der Prüfregele auf der logischen Ebene mit einer konkreten Technologie resp. Software. Im Projekt OGN wurden die Prüfregele mit der Software Solibri Model Checker implementiert und auf Bauwerksmodelle im Format IFC (Step Physical File, SPF) angewendet.

In den folgenden Unterkapiteln werden die Projektergebnisse bezüglich der drei Ebenen zusammenfassend erläutert. Es wird dabei vor allem die entwickelte Methodik erläutert. Im separaten Bericht Prozesse und Prüfregele (OGN, 2021a) sind die detaillierten Resultate aus fachlicher Sicht je Naturgefahrenart dokumentiert.

## 5.2.1 Schutzziele, Anforderungen und Prüfregele

### Ziel-/Anforderungs-/Prüfregelkatalog

Für die fachliche Formulierung und Spezifikation von Prüfregele wird eine einfache tabellarische Struktur verwendet, in welcher folgende Inhalte definiert werden:

- Schutzziel allgemein
- Schutzziel funktional
- Anforderung an Planung (inkl. Leistungskriterium)
- Objektselektion
- Prüfregel

Diese Inhaltsstruktur leitet sich direkt aus dem entwickelten Domänenmodell OGN ab. Sie widerspiegelt damit sehr systematisch das Grundprinzip, in welchem die Kaskade von Ziel- und Anforderungsdefinition zu Leistungskriterien durchlaufen wird (Definitionen und Details siehe Domänenmodell in Anhang A ).

Abbildung 13 zeigt beispielhaft drei Prüfregele für den Hagel, inklusive deren «Begrünung» auf Schutzziele und Anforderungen.

Schutzziel allgemein	Schutzziel funktional	Anforderung an Planung (inkl. Leistungskriterium)	Objektselektion	Prüfregel
Sachwerte (Bauteile)	Bauteil nimmt bei z=[Zielwert] keinen Schaden (HW Funktionalität)	H0.1 Funktionale Schutzziele sind definiert (global pro Gebäude, in Spezialfällen pro Bauteil/Bauteilkategorie)	Alle Bauteile der Aussenhülle	Allen Bauteilen der Gebäudehülle sind funktionale Schutzziele zugeordnet (HW-Wert)
Sachwerte (Bauteile)	Bauteil nimmt bei z=[Zielwert] keinen Schaden (HW Funktionalität + Aussehen)	H0.2 Funktionale Schutzziele sind definiert (global pro Gebäude, in Spezialfällen pro Bauteil/Bauteilkategorie)	Alle Bauteile der Aussenhülle	Allen Bauteilen der Gebäudehülle sind funktionale Schutzziele zugeordnet (HW-Wert)
		H.1.2.2 Produkt/Systemaufbau: HW-Wert gemäss Hagelregister erfüllt das funktionale Schutzziel	Exponierte Bauteile der Aussenhülle	Für das Produkt gibt es im Hagelregister ein gültiges VKF-Zertifikat mit HW-Wert >= Hagelkorngrösse(z)

Abbildung 13: Ziel-/Anforderungs-/Prüfregelkatalog (Beispiel)

Die Formulierung der eigentlichen Prüfregel besteht aus zwei Teilen:

- Objektselektion

Es wird definiert, auf welche Objekte des DBM die Prüfregel anzuwenden ist, beispielsweise alle Fenster, alle Aussenwände, nur Fassaden mit Material=x, etc.

- (eigentliche) Prüfregel

Es wird definiert, welche Prüfung konkret ausgeführt wird (auf die selektierten Objekte), beispielsweise muss die Hagelwiderstandsklasse des Bauteils grösser sein als x, die Öffnung höher liegen als Kote x, etc.

Die Anforderungen sind nummeriert und eindeutig identifiziert. Die Nummerierung ist hierarchisch aufgebaut und das Präfix steht für die Naturgefahrenart:

- A: Allgemeine Anforderungen
- H: Hagel
- W: Wasser
- E: Erdbeben
- S: Steinschlag

Die eindeutige Identifikation jeder Anforderung ist wichtig, damit in den folgenden Schritten der Ableitung der Informationsanforderungen sowie der Implementierung ein Bezug zur fachlichen Definition möglich ist.

## Ablaufdiagramm (Prüflogik)

Prüfregeln erhalten rasch eine Komplexität, die sprachlich alleine nicht genügend präzise formuliert werden kann. Deshalb werden die Prüfregeln im Katalog lediglich mit einer Kurzform definiert und identifiziert. Die Beschreibung der Prüflogik erfolgt dann mit zusätzlichen Dokumenten und Fachregeln. Zumindest wird ein formales Ablaufdiagramm (Flussdiagramm, Aktivitätendiagramm) erstellt, in welchem der Ablauf der Prüfung aus fachlicher Sicht aufgezeigt ist.

Im Ablaufdiagramm müssen zumindest folgende Informationen enthalten sein:

- Identifikation der Anforderung (Nummer der Anforderung)
- Möglichst präzise Identifikation der für die Prüfung notwendigen Informationen aus dem DBM.

Abbildung 14 zeigt beispielhaft einen Auszug für die Prüfregeln Hagel

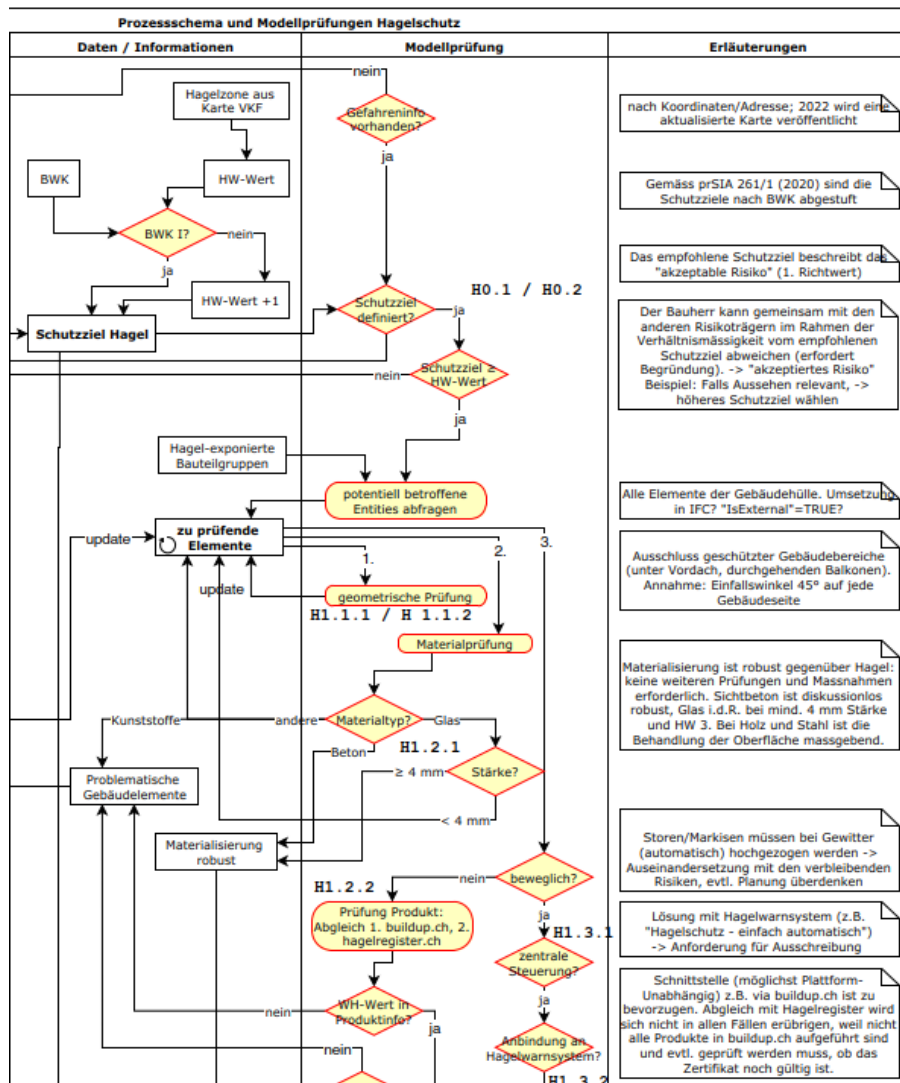


Abbildung 14: Ablaufdiagramm Prüflogik (Beispiel)

## 5.2.2 Informationsanforderungen

Aus den Prüfregeln, die auf der semantischen Ebene definiert sind, werden die Informationsanforderungen an das DBM abgeleitet. Dies erfolgt in zwei Schritten:

- Identifikation der Objekttypen (Klassen, Entitäten)
- Identifikation der Eigenschaften (Attribute)



Damit die Informationsanforderungen präzise und eindeutig spezifiziert werden können, müssen sie bezüglich eines konkreten Datenmodells formuliert werden. Dazu bietet sich der weit verbreitete, offene Standard Industry Foundation Classes (IFC) an (buildingSmart International, 2017). Im Projekt OGN wurden denn auch alle Informationsanforderungen auf der Basis von IFC (Version 4.0.2.1) formuliert. Diese Version ist auch als ISO-Norm publiziert (ISO 16739-1:2018).

### Fachliche Aspekte

Ein zentraler Aspekt bei der Definition der Informationsanforderung ist, dass nicht nur die zu prüfenden Informationen im DBM enthalten sein sollen, sondern auch die Prüfkriterien, resp. die Parameter zur Ermittlung der Prüfkriterien. Für das naturgefahrensichere Bauen bedeutet dies konkret, dass die Schutzziele wie auch die daraus abgeleiteten Anforderungen möglichst präzise im Bauwerksmodell abgebildet sein müssen. Dieses Paradigma begründet sich in einer prozessualen und einer technischen Argumentation:

– Prozessual

Wie in den Resultaten zur Prozessdefinition dargelegt wurde, ist ein systematischer und expliziter Risikodialog für die Naturgefahrenprävention zentral. Wenn die Ergebnisse des Dialogs, also die vereinbarten Schutzziele, ins Bauwerksmodell integriert werden, lässt sich die Durchführung des Risikodialogs resp. das Vorhandensein der Resultate durch Prüfregelein einfach prüfen. Fehlen diese Informationen im DBM, können regelbasiert entsprechende Hinweise ausgegeben werden. Verknüpft mit der Logik von Prüfregelein dienen die Informationen des DBM somit als «Gedankenstütze» für die Planung.

– Technisch

Wenn für eine Prüfung sowohl die zu prüfenden Objekte als auch die Prüfkriterien selbst im Bauwerksmodell enthalten sind, vereinfacht dies (potenziell) die Konfiguration und Anpassung der in einem System implementierten Prüfregelein. Die in einem System implementierten Regeln können die Kriterien dynamisch (zur Laufzeit) aus dem Bauwerksmodell entnehmen. Bei einer Veränderung der Prüfkriterien (z.B. infolge Anpassung der Schutzziele) ist dadurch keine Anpassung der Prüfregelein notwendig.

Für die Abbildung der Schutzziele und Anforderungen im Bauwerksmodell wurde ein spezifisches PropertySet<sup>1</sup> definiert (CHVKF\_NG\_SchutzzielAnforderung). Darin werden für jede Naturgefahrenart die relevanten Informationen zu den Schutzzielen und den Anforderungen gespeichert (siehe beispielhaft Abbildung 16).

#### Exkurs IFC und PropertySet

Das Datenmodell von IFC definiert allgemeingültige Eigenschaften (Property resp. PropertySet). Dies ist in der internationalen Ausrichtung und der Universalität von IFC begründet. Es wird bewusst darauf verzichtet, eine umfassende Eigenschaftsdefinition vorzugeben, da diese einerseits für die Unterstützung aller Anwendungsfälle viel zu umfassend würde und andererseits kaum eine internationale oder überregionale fachliche Harmonisierung möglich ist. Stattdessen sieht IFC so genannte Erweiterungsmechanismen vor. Das sind generisch definierte Konstrukte, mit denen nationale, domänen- oder projektspezifische Eigenschaften definiert werden können.

Solche PropertySets werden üblicherweise auf Stufe IFCSite, also mit einer Gültigkeit für das gesamte Areal, definiert. Alle Bauwerke resp. Bauteile, die dem Areal zugewiesen sind, unterliegen diesen Zielen und Anforderungen.

Prinzipiell liessen sich die Ziele und Anforderungen auch auf einer tieferen Ebene der Raumstruktur definieren, z.B. auf einem konkreten Bauteil (z.B. einer Fassade), wenn für ausgewählte Objekte abweichende Ziele und Anforderungen festgelegt werden. In diesem Fall gilt die

<sup>1</sup> Siehe separaten Exkurs

Konvention, dass für ein Objekt jeweils die in der Raumstruktur «nächstliegende» Anforderung gilt. Solche «verteilten» Definitionen von Zielen und Anforderungen mit entsprechenden «Übersteuerungen» haben rein datentechnisch keine grossen Auswirkungen. Bezüglich der zu implementierenden Prüflogik sowie auch der fachlichen Konsistenz der Informationen wird damit die Komplexität aber erheblich erhöht.

Der gewählte Ansatz, die Anforderungen im Bauwerksmodell zu speichern, entspricht demselben Prinzip, das derzeit auch für den Bereich Brandschutz durch eine Arbeitsgruppe ausgearbeitet wird. Beim Brandschutz ergeben sich viele Anforderungen durch die Raumnutzungen, entsprechend werden die Anforderungen auch auf dieser Stufe spezifiziert (und nicht auf Stufe IfcSite oder IfcBuilding, wie bei den Naturgefahren).

Neben der Definition von PropertySets wurde auch die von IFC unterstützte Möglichkeit der Dokument-Referenzierung genutzt (siehe Abbildung 15). Es hat sich gezeigt, dass Dokumente auch zukünftig noch eine wichtige Rolle spielen und ergänzend zum digitalen Bauwerksmodell erarbeitet und ausgetauscht werden. Im Kontext der Naturgefahrenprävention betrifft dies einerseits die Dokumentation des Schutzkonzepts, in welcher weitergehende Informationen aus der Erarbeitung des Schutzkonzepts festgehalten werden, beispielsweise gemäss den Empfehlungen in (SIA D0260, 2019). Andererseits müssen speziell auch im Übergang zum Betrieb Dokumente übergeben werden, die für die Naturgefahrenprävention in der Betriebsphase wichtig sind (Schutzkonzept, Handbücher, Notfallkonzepte, Faktenblätter).

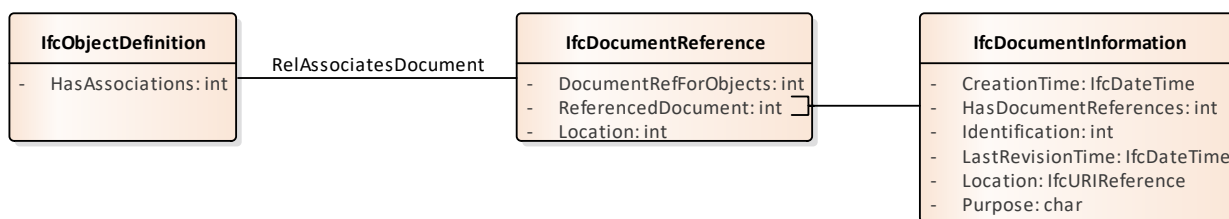


Abbildung 15: IFC-Konzept Dokumenten-Referenz (Auszug Klassendiagramm)

Im Bauwerksmodell mit IFC können Metadaten zu extern definierten und gespeicherten Dokumenten ausgetauscht werden. Diese Möglichkeit wird genutzt, indem in den Informationsanforderungen das Vorhandensein von ausgewählten externen Dokumenten verlangt wird. Weitere Angaben zur Nutzung von IFC-Konzepten befinden sich in Anhang A von (OGN, 2021a).

## Formale Aspekte

Die Spezifikation von Informationsanforderungen erfolgt heute in der Regel in tabellarischer Form in Excel, in sehr heterogener Weise. Tabellarische Darstellungen von Informationsanforderungen werden schnell unübersichtlich und sie erschweren die Erlangung einer Gesamtsicht und das Erkennen von Prinzipien und Abhängigkeiten. Aus diesem Grund wurde für OGN eine grafische Notation basierend auf Klassendiagrammen gemäss UML gewählt. Im Teilprojekt IfcRail von buildingSmart International wurden Modellierungsrichtlinien für die Anwendung von UML im Kontext von IFC definiert (buildingSmart International, 2019). Basierend auf dieser Richtlinie werden die Informationsanforderungen in OGN grafisch definiert. Die Richtlinien aus dem Projekt IfcRail wurden noch erweitert für die spezifischen Bedürfnisse im Projekt OGN und insbesondere auch ausgerichtet auf die spezifische Verwendung im CASE-Werkzeug<sup>2</sup> Enterprise Architect, welches als zentrales Werkzeug für die Modellierung der Prozesse und Informationsanforderungen diente (Schildknecht, 2020).

<sup>2</sup> CASE-Werkzeug: Software zur Unterstützung des Software-Engineering. (CASE: Computer Aided Software Engineering).

In Abbildung 16 ist beispielhaft die grafische Notation zur Spezifikation der Informationsanforderungen dargestellt. Dargestellt sind die Anforderungen (rechts), welche über ihre Identifikationsnummer mit dem Prüfredel-Katalog referenziert werden können. Für jede Anforderung ist so dann definiert, welche Entitäten und Eigenschaften notwendig sind, um die Einhaltung der Anforderung zu überprüfen, d.h. welche konkreten Informationen im Bauwerksmodell vorhanden sein müssen damit die Einhaltung der Anforderung automatisch geprüft werden kann.

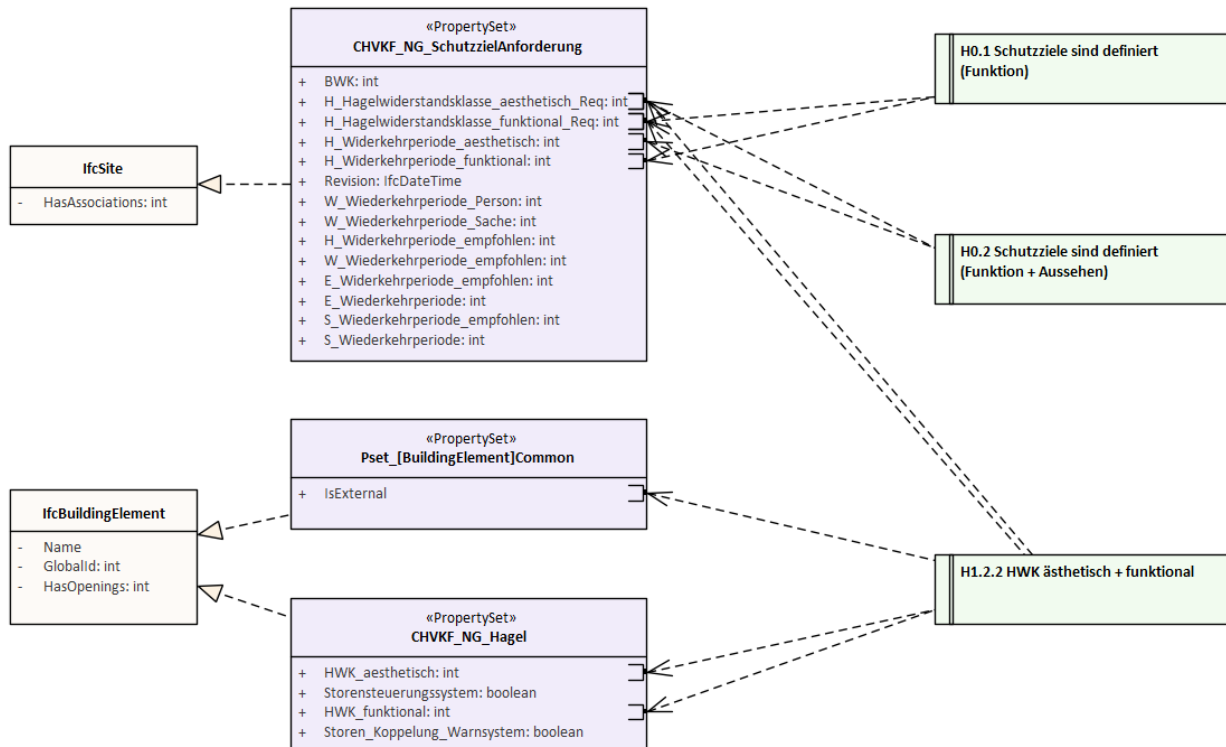


Abbildung 16: Formale Definition der Informationsanforderungen, grafisch (Beispiel)

Durch die Verwendung eines CASE-Werkzeuges lassen sich die Informationsanforderungen nicht nur grafisch als Diagramme ausgeben, sondern auch als strukturierte Information auswerten. So lassen sich z.B. Gegenüberstellungen aller Anforderungen mit allen notwendigen Entitäten/Attributen aus IFC generieren und Konsistenzprüfungen durchführen. Ebenfalls ist eine Ausgabe der Informationsanforderungen auch in tabellarischer Form automatisch möglich (vergl. nachfolgende Tabelle 2).

req.name	entity.name	pset.name	prop.name
H0.1 Schutzziele sind definiert (Funktion)	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	H_Hagelwiderstandsklasse_funktional_Req
H0.1 Schutzziele sind definiert (Funktion)	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	H_Widerkehrperiode_funktional
H0.2 Schutzziele sind definiert (Funktion + Aussehen)	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	H_Hagelwiderstandsklasse_aesthetisch_Req
H0.2 Schutzziele sind definiert (Funktion + Aussehen)	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	H_Widerkehrperiode_aesthetisch
H1.2.2 HWK ästhetisch + funktional	IfcBuildingElement	CHVKF_NG_Hagel	HWK_funktional
H1.2.2 HWK ästhetisch + funktional	IfcBuildingElement	CHVKF_NG_Hagel	HWK_aesthetisch
H1.2.2 HWK ästhetisch + funktional	IfcBuildingElement	Pset_[BuildingElement]Common	IsExternal
H1.2.2 HWK ästhetisch + funktional	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	H_Hagelwiderstandsklasse_aesthetisch_Req
H1.2.2 HWK ästhetisch + funktional	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	H_Hagelwiderstandsklasse_funktional_Req

Tabelle 2: Formale Definition der Informationsanforderungen, tabellarisch (Beispiel)

Für die im Projekt untersuchten Naturgefahrenarten und Prüfregeln mussten nur wenige PropertySets neu definiert werden. Für die meisten zu prüfenden Informationen konnten in den vordefinierten PropertySets von IFC passende Eigenschaften gefunden werden. Bei den neu definierten PropertySets wurde als Namenskonvention das Präfix «CHVKF\_\*» gewählt, dies entsprechend der (provisorischen) Empfehlung in (CEN/TC 442, 2019). Die neu definierten PropertySets wurden vereinfachend (nur) auf Deutsch definiert. Für einen nationalen und internationalen Einsatz müssten die PropertySet-Definitionen noch bezüglich Mehrsprachigkeit neu definiert werden.

### 5.2.3 Implementierung

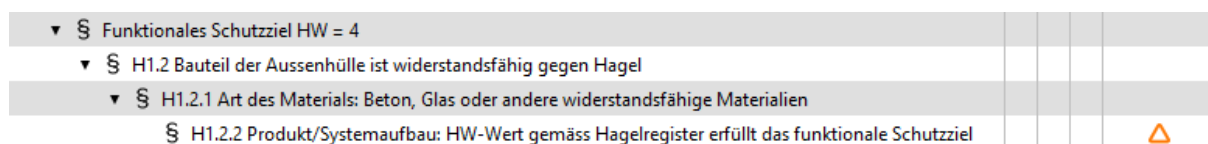
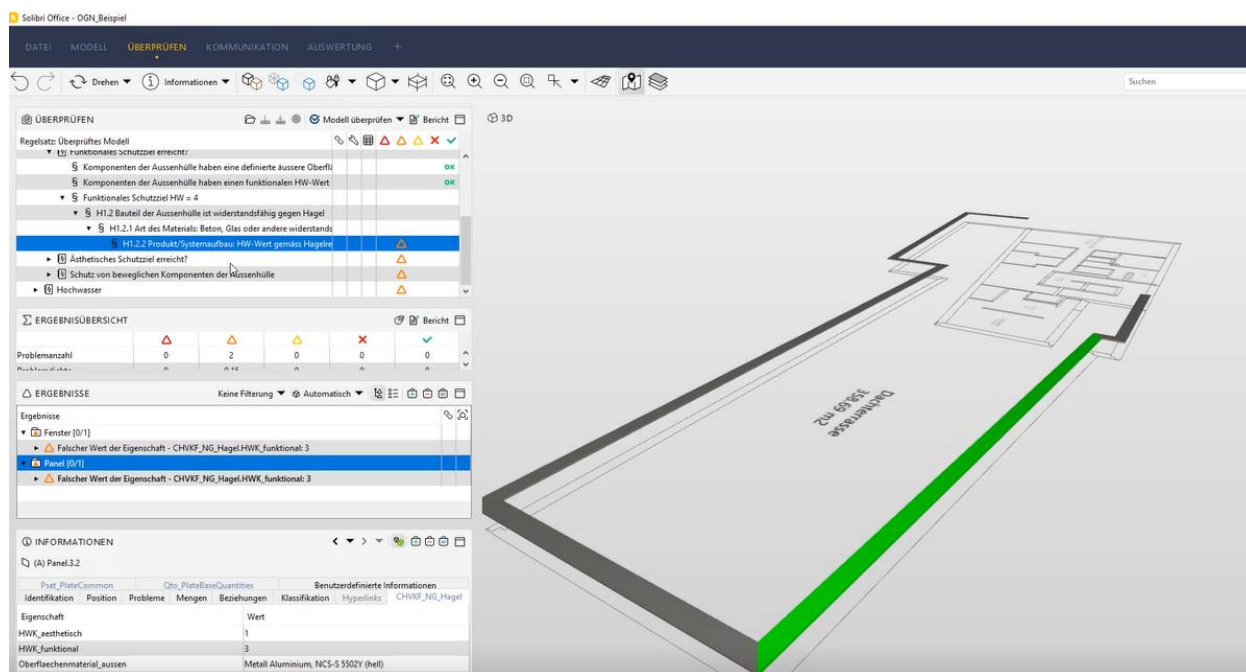
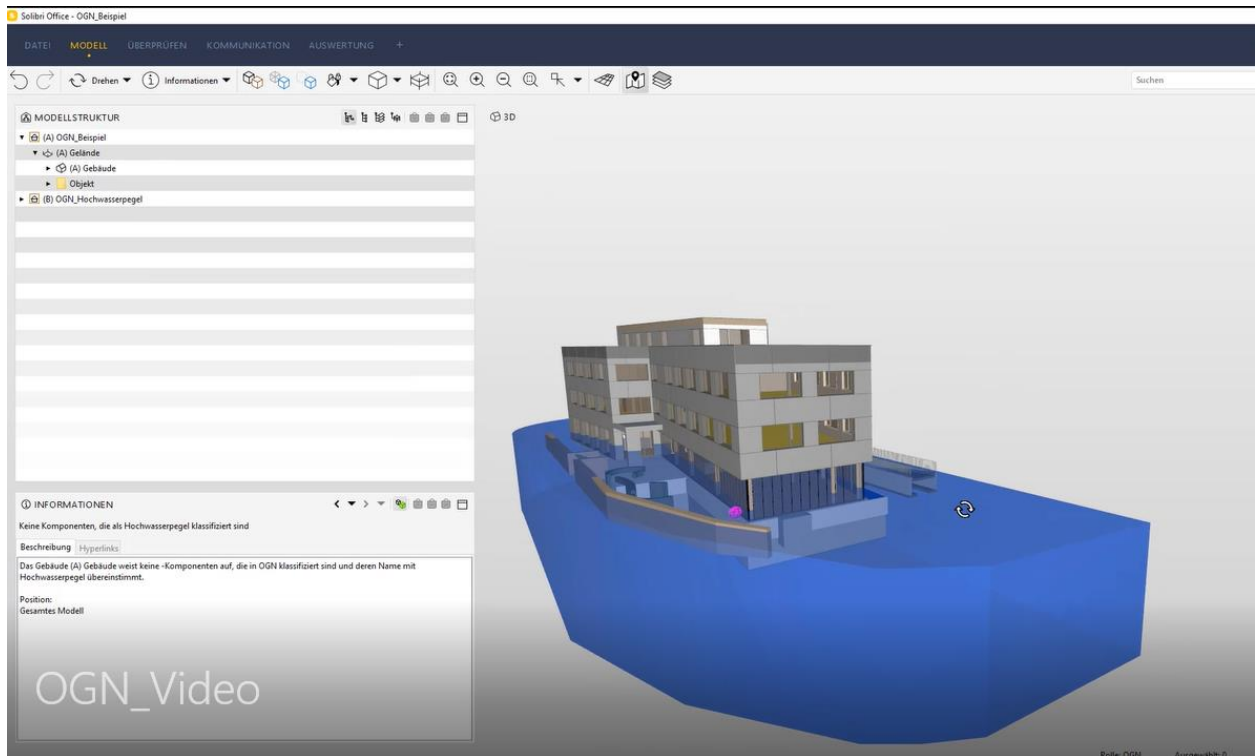


Abbildung 17: Implementierte Prüfregeln in Solibri (Beispiel)





### 5.3 Grundlagendaten und Transformation

Im Bericht Grundlagendaten und Transformation GIS-BIM (OGN, 2021b) sind die Grundlagendaten und der Transformationsdienst GIS-BIM detailliert beschrieben. In diesem Kapitel wird auf die wichtigsten Erkenntnisse eingegangen.

Wie in der allgemeinen Prozessdefinition in Kapitel 5.1 aufgezeigt wurde, ist die einfache Verfügbarkeit von Gefährdungsinformationen im Kontext von digitalen Bauwerksmodellen eine wichtige Grundlage, damit die Naturgefahrenprävention gut in den Planungsprozess integriert werden kann. Im Forschungsprojekt wurde in einem ersten Schritt für verschiedene Naturgefahrenarten evaluiert, ob und wie die zugehörigen Gefährdungsinformationen vorliegen und verfügbar sind.

In einem zweiten Schritt wurde für ausgewählte Gefährdungsdaten ein Prozess definiert und in einer Software prototypisch implementiert, mit welchem die Gefährdungsdaten in digitale Bauwerksmodelle integriert werden können.

#### 5.3.1 Grundlagendaten Gefährdung

Die Gefährdung durch Naturgefahren ist in unterschiedlichen Grundlagendaten und Datenquellen abgebildet.

Die Grundlagendaten werden (noch) nicht zentral bereitgestellt. Die Datenherrschaft und Nachführungspflicht liegt bei den Kantonen oder dem Bund. Das führt zu grossen Unterschieden zwischen den Datensätzen bezüglich Verfügbarkeit, Vollständigkeit und Homogenität. Im Projekt OGN wurde nur auf national verfügbare Daten eingegangen. In einzelnen Kantonen sind auf den jeweiligen Geodatenportalen allenfalls zusätzliche Daten vorhanden.

Die folgenden Grundlagendaten konnten identifiziert und analysiert werden:

Gefahrenprozess	Datensatz	Datenhoheit	Datenbezug	Vollständigkeit	Homogenität
Gravitative Naturgefahren	Geobasisdaten Gefahrenkarten 166.1	Kantone	WFS <sup>3</sup> , weitere Formate	Nein	Mittel
Oberflächenabfluss Starkregen	Gefährdungskarte Oberflächenabfluss	Bund	Kartenviewer Bund <sup>4</sup> , WMS <sup>5</sup>	Ja	Hoch
Hagel	Hagelzonen	Bund	SIA, VKF <sup>6</sup>	Ja	Hoch
Erdbeben	Erdbebenzonen	Bund	SIA, Kartenviewer Bund <sup>4</sup>	Ja	Hoch
Erdbeben	Seismische Baugrundklassen	Kantone	Kartenviewer Bund <sup>4</sup>	Nein	Tief

Tabelle 3: Datenherkunft Grundlagendaten

Über die standardisierten Datenschnittstellen WFS (Web Feature Service, Vektordaten) und WMS (Web Map Service, Rasterdaten) können Geodaten automatisiert bezogen werden. Die Daten lassen sich individuell abfragen und sind deshalb für das Projekt OGN gut geeignet. Die übrigen Bezugsquellen (z.B. proprietäre Kartenviewer) sind durch fehlende Abfragemöglichkeiten oder fehlender Georeferenzierung (noch) nicht nutzbar.

<sup>3</sup> wfs.geodienste.ch/gefahrenkarten

<sup>4</sup> map.geo.admin.ch

<sup>5</sup> wms.geo.admin.ch

<sup>6</sup> [https://www.schutz-vor-naturgefahren.ch/files/media/Fachebenen/Hagel/Hagelgefaehrdungskarte\\_50-jaehrlich\\_VKF.JPG](https://www.schutz-vor-naturgefahren.ch/files/media/Fachebenen/Hagel/Hagelgefaehrdungskarte_50-jaehrlich_VKF.JPG)

Auf Grund ihrer technisch guten Verfügbarkeit wurden für OGN zwei Gefährungsdatensätze für die Implementierung in einen prototypischen Transformationsdienst festgelegt. Diese sind im Folgenden fachlich kurz erläutert.

### Geobasisdaten Gefahrenkarten 166.1

Dieser Geodatensatz ist durch das minimale Geobasisdatenmodell Nr. 166.1 definiert. Das Datenmodell deckt die gravitativen Naturgefahren ab. Dazu zählen die Hauptprozesse Hochwasser, Rutschung, Sturz und Lawine. Diese werden meist in Teilprozesse unterschieden (Ruf, 2019).

Die kantonalen Daten werden über das nationale Portal der Konferenz der Kantonalen Geoinformationsstellen (KKGEO) als Vektordaten im Format WFS zur Verfügung gestellt. Das Datenmodell besteht aus

- Minimales Datenmodell: für alle Kantone verbindlich (obligatorischer Teil).
- Erweitertes Datenmodell: übrige Teile der Gefahrenkartierung (fakultativer Teil).

Der im Projekt implementierte Prototyp verarbeitet nur das minimale Datenmodell mit einer Intensitätskarte und Gefahrengebieten.

### Gefährungskarte Oberflächenabfluss Schweiz

Die schweizweit flächendeckende Karte zeigt die durch Oberflächenabfluss (Wiederkehrperiode > 100 Jahre) potenziell gefährdeten Gebiete im Massstab 1:12'500. Sie dient zur Sensibilisierung und hat rein informativen Charakter (BAFU et al., 2018). Der Bund stellt sie als Rasterkarte (WMS) zur Verfügung.

## 5.3.2 Transformationsdienst GIS-BIM

Die Bereitstellung von Gefährungsdaten in einen «BIM»-Kontext wurde mit Hilfe eines Transformationsdienstes prototypisch implementiert und aufgezeigt. Abbildung 18 zeigt schematisch die Systemarchitektur resp. den Programmablauf des Transformationsprototyps auf.

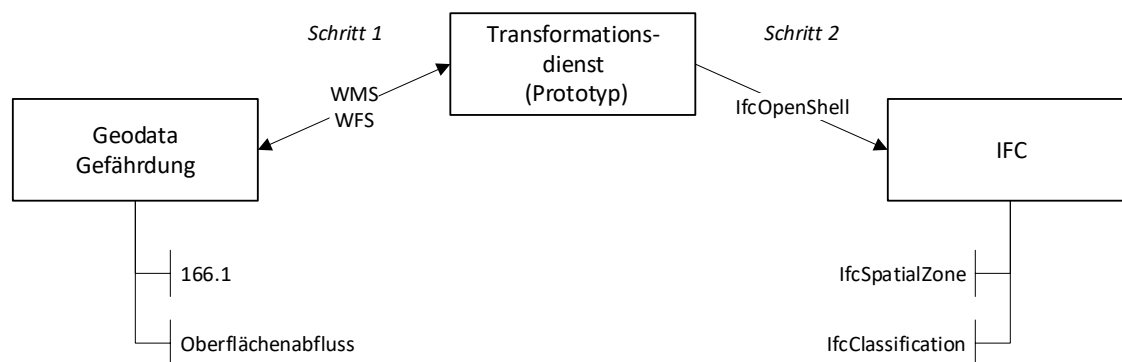


Abbildung 18: Schema Transformationsdienst GIS-IFC

Der Transformationsdienst übernimmt als Eingangsparameter Standortkoordinaten (z.B. der Bauparzelle) und sucht für diesen Ort bei verfügbaren Geodiensten nach Gefährungsdaten. Die gefundenen Informationen werden nach IFC transformiert und dem Benutzer innerhalb einer ifc-Datei zur Verfügung gestellt.

Der Transformationsdienst transformiert in zwei Schritten Gefährungsdaten aus Geodatenformaten nach IFC. Dabei finden sowohl Format- als auch Datenmodelltransformationen statt. In der prototypischen Implementierung werden die Geodatensätze «Gefahrenkarten 166.1» sowie «Gefährungskarte Oberflächenabfluss» verarbeitet. Dabei handelt es sich einerseits um einen Vektor- und andererseits um einen Rasterdatensatz. Die Geodaten werden von Geodiensten bezogen, d.h. es werden die Formate WFS und WMS verarbeitet.

Die Gefährdungsinformationen werden in das Datenmodell von IFC transformiert und in eine Datei im Format Step Physical File (.ifc) geschrieben, so dass die Daten in gängigen BIM-Werkzeugen einfach eingelesen und verfügbar gemacht werden können. Die Gefährdungsinformationen werden als «IfcSpatialZone» ausgegeben. Die nachfolgende Abbildung 19 zeigt auf konzeptueller Ebenen die Modelltransformation auf.

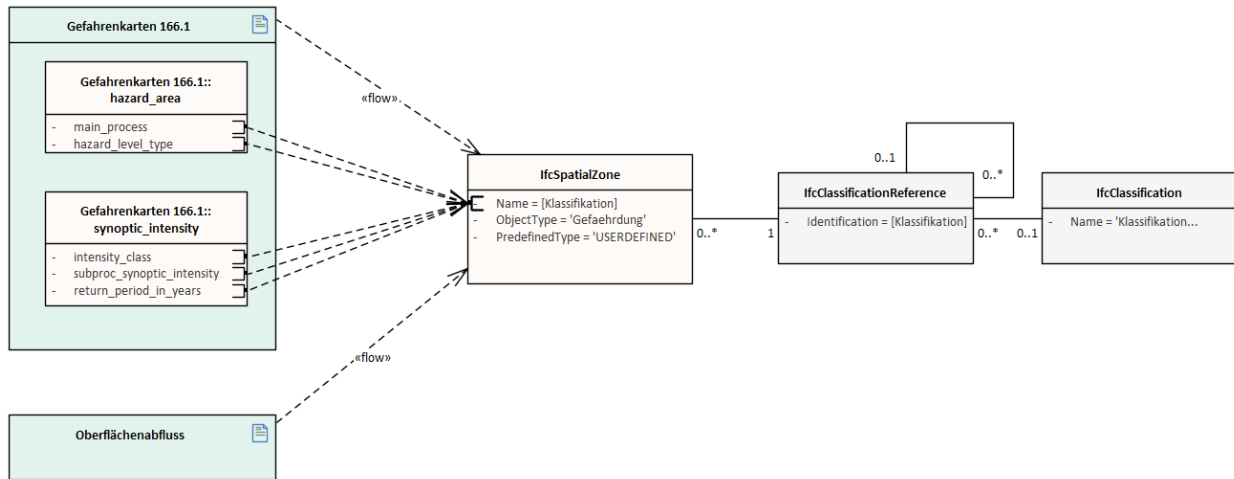


Abbildung 19: Transformation Gefährdungsdaten aus Geodaten nach IFC

Sämtliche Gefährdungsinformationen werden in IFC in die Entität IfcSpatialZone überführt und dort mit dem ObjectType='Gefahrung' als solche gekennzeichnet. Die Art und Stärke der Gefährdung wird über eine Klassifizierung nach IFC übertragen. Der Klassifizierungswert jeder Gefährdung ist sowohl im Namen der IfcSpatialZone (über eine strukturierte Namenskonvention) als auch über das Klassifizierungssystem festgelegt. Für weitere Details zur Transformation siehe (OGN, 2021b).



## 6 Diskussion und Erkenntnisse

Mehrere aktuelle Entwicklungen wie das nachhaltige Bauen oder das revidierte Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen (BöB) dürften sich positiv auf das naturgefahrengerechte Bauen auswirken, weil die Qualität des Gebäudes hinsichtlich dessen Nutzung im Zentrum steht. Die BIM-Methode geht in dieselbe Richtung, bringt aber tiefgreifendere methodische und technologische Veränderungen mit sich. Diese Neuerungen erweitern die Möglichkeiten für verschiedenste Fachfragen, obwohl das Bauen dadurch nicht einfacher wird. Das Projekt OGN konnte das Potential von BIM aufzeigen und mit Prototypen eine mögliche Umsetzung in der Praxis skizzieren.

Grundsätzlich kann man auch im traditionellen Planungs- und Bauprozess Gebäude gut gegen Naturgefahren schützen. Dies bedingt jedoch eine frühzeitige und umfassende Auseinandersetzung mit dem Thema und verlangt von Bauherrschaft und Architekt ein proaktives Handeln und die konsequente Umsetzung von Massnahmen. Entscheidende Schritte auf dem Weg zu einem naturgefahrensicheren Gebäude sind das Erkennen und Bewerten von Risiken. Die fehlende Sensibilisierung für die Risiken infolge Naturgefahren ist das zentrale Problem der Prävention. Und diesbezüglich bringen die BIM-Methode und die Digitalisierung der Planungs- und Bauwirtschaft im Allgemeinen neue Chancen.

### **Zusammenarbeit, Lebenszyklusbetrachtung und Bestellerkompetenz**

In interdisziplinären Arbeitsgruppen konnten für den Lebenszyklus von Bauwerken zielführende Prozesse für die Prävention der Naturgefahren Hagel, Erdbeben, Hochwasser/Starkregen und Steinschlag identifiziert und in Prozessdiagrammen dokumentiert werden. Der Fokus lag dabei auf den Akteuren Bauherr und Architekt/Gesamtleiter und den für die Naturgefahrenprävention wichtigen Weichenstellungen in den frühen Planungsphasen. Ferner wurden Lösungen gesucht, um den Risikodialog zwischen Bauherrschaft, Planenden und Behörden zu fördern.

Ein guter Risikodialog erfordert insbesondere eine höhere Sensibilisierung für das Thema Naturgefahren, minimales Fachwissen für die Beurteilung und Bewertung von Risiken sowie eine proaktive und transparente Kommunikation zwischen allen Beteiligten. Eine enge Zusammenarbeit zwischen den Planenden einerseits sowie zwischen den Planenden und der Bauherrschaft ist wichtig und kann durch die Methoden der digitalen, modellgestützten Arbeitsweisen wirkungsvoll unterstützt werden. Die Verschiebung technischer Abklärungen in frühere Planungsphasen und der damit einhergehende frühere Einbezug von Ingenieuren und technischen Spezialisten fördern auch das naturgefahrengerechte Bauen. Wichtig ist dabei das Zusammenspiel mit vernetzten Eingangsdaten und der zentralen Datenhaltung im DBM.

Nebst neuen Formen der Zusammenarbeit bieten insbesondere die Lebenszyklusbetrachtung sowie die vermehrt geforderte «Bestellerkompetenz» der Bauherrschaften grosses Potential für die Naturgefahrenprävention. Die Lebenszyklusbetrachtung bewirkt, dass das Ziel bei der Planung eines Neubaus nicht nur auf einer schnellen und kostengünstigen Realisierung liegt, sondern insbesondere eine reibungslose Inbetriebnahme und ein langfristig höchstmöglicher Nutzen des Gebäudes resultiert. Weil im Betrieb das Optimierungspotential hinsichtlich Nutzen, Qualität und Kosten am grössten ist, sind Bauherrschaften der entscheidende Treiber dieser Entwicklung. Um bestmöglich von der BIM-Methode profitieren zu können, müssen sie sich zwangsläufig mehr mit der Zielsetzung auseinandersetzen und konkrete Anforderungen an das Gebäude formulieren können. Diese im Gegensatz zur traditionellen Planung wesentlich aktivere Rolle der Bauherrschaft ist eine einmalige Chance, um betriebliche Risiken bereits in frühen Planungsphasen adäquat zu analysieren und bewerten. Zudem könnten Standortfaktoren wie die Gefährdung durch lokale Naturgefahren (z.B. Hochwasser oder Steinschlag) mehr Gewicht erhalten. Auch Fachplaner und technische Spezialisten sowie Facility Manager profitieren

von der Lebenszyklusbetrachtung, beispielsweise indem sie Berechnungen und Simulationen zur Betriebsoptimierung direkt basierend auf dem DBM ausführen.

Letztlich sind die Prozesse sehr eng mit Informationen verknüpft: Informationen können Teilprozesse anstossen und sind Grundlage oder Ergebnis von Analysen und Entscheidungen. Deshalb wurden die Verbindungen zum DBM in den Prozessdiagrammen hervorgehoben und Stellen identifiziert, welche Informationen benötigen oder generieren.

### **Digitale Bauwerksmodelle unterstützen den Prozess**

In DBM können viele der relevanten Informationen für die Naturgefahrenprävention in strukturierter und weitgehend standardisierter Form erfasst und bereitgestellt werden. Dabei handelt es sich einerseits um Grundlagendaten (z.B. Gefährdungen), Schutzziele und Projektanforderungen als Resultat des Risikodialogs sowie die geplanten und realisierten Präventionsmassnahmen selbst.

Durch den «Zwang» zur strukturierten Erfassung der Informationen fordert und fördert ein DBM die explizite Identifikation und Benennung von relevanten (Zwischen-)Resultaten. Die Einhaltung wichtiger planerischer Schritte lässt sich damit gut und mit einfachen Mitteln anstossen und überprüfen. So kann z.B. die Festlegung von Schutzzielen für verschiedene Naturgefahrenarten explizit überprüft und somit auch die Durchführung eines Risikodialogs gefördert werden. Dieser Aspekt wurde primär für die Planung und Realisierung untersucht, dürfte aber auch im Betrieb eine wichtige Rolle spielen.

Ein DBM kann den Planenden helfen, die Vollständigkeit der Prozessschritte einzuhalten und auf wichtige Problemstellungen eine Lösung zu finden. Es dient zudem der Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen im Sinne einer strukturierten Dokumentation (z.B. vereinbarte, effektive Schutzziele, der Planung zugrunde liegende Gefährdungen). Dieser Aspekt ist im Hinblick auf die Betriebsphase entscheidend, wobei die Herausforderung in einer sinnvollen Anpassung des Informationsgehalts für den Betrieb und in der langfristigen Pflege und Aktualisierung dieser Daten liegt.

Im Forschungsprojekt wurden verschiedene konkrete Lösungsvorschläge zur Integration von Informationen zur Naturgefahrenprävention im Datenmodell von IFC entwickelt. Informationen zur Gefährdung werden über `IfcSpatialZone` in DBM integriert und über ein Klassifizierungssystem, welches sich an den Datenstrukturen der originalen Geodatensätze orientiert, fachlich strukturiert. Schutzziele und für den Risikodialog notwendige Grundlagendaten werden über fach-/projektspezifische `PropertySets` im DBM selbst erfasst und verfügbar gemacht. Dabei werden die `PropertySets` hierarchisch möglichst «hoch» in der Raumstruktur der Elemente erfasst. Bei Naturgefahren erfolgt dies üblicherweise auf der Ebene des Areal (`IfcSite`) oder des Bauwerks (`IfcBuilding`), da sich die Schutzziele nur selten auf einzelne Bauteile oder Bauwerksbereiche beziehen (im Gegensatz etwa zum Brandschutz). Letzteres kann für gewisse Naturgefahren sinnvoll sein, wenn die Schutzzielanforderungen für einen einzelnen Raum oder einzelne Bauteile höher oder tiefer sind als jene des Areals oder des Bauwerks.

## **Prüfregeln als Planungshilfe**

Die Möglichkeiten und Grenzen von Modellprüfungen konnten exemplarisch für die Naturgefahren Hagel, Überschwemmung, Erdbeben und Steinschlag aufgezeigt werden. Für diese Naturgefahren wurden aus fachlicher Sicht sinnvolle Prüfregeln in konzeptionelle Prüfschemen überführt und Informationsanforderungen an das DBM abgeleitet (IFC). Für Hagel und Überschwemmung wurde ein erster PoC (Proof of Concept) mit der Software Solibri Model Checker erbracht.

Einfache, direkt in Standardsoftware implementierbare Modellprüfungen haben grosses Potential. Dabei wird z.B. nach formalen Kriterien oder die Vollständigkeit von Informationen geprüft. Weiter können Listen mit Bauteilen ausgegeben werden, die durch den Architekten/Planer vertieft zu beurteilen sind (z.B. Verletzung einer Randbedingung). Die Komplexität von fachlichen Prüfregeln nimmt allerdings rasch zu und kann zu einer nur begrenzten Anwendbarkeit führen. Dies betrifft einerseits die Beschreibung der (fachlichen) Regeln selbst, d.h. die formal präzise Spezifikation einer Regel mit Bezugnahme auf das DBM. Andererseits bestehen derzeit auch technische Limiten bei der Implementierung, insbesondere bei räumlichen und topologischen Abhängigkeiten. Für komplexere und rechenintensive Modellierungen wird BIM-Standardsoftware in absehbarer Zeit vermutlich nicht genügen. Es ist aber generell von einem vermehrten Einsatz von Simulationen auszugehen, die gutachterliche Nachweise ersetzen. Wenn die Schnittstellen zwischen dem DBM und Spezialsoftware (in beide Richtungen) reibungslos funktionieren und automatisierbar sind, werden heute teure und aufwändige Simulationen wesentlich einfacher verfügbar und häufiger eingesetzt.

Grundlage für Modellprüfungen (mit Prüfregeln in einer BIM-Modellprüfungssoftware oder auch mit externen Simulationen) sind DBM in einer adäquaten Qualität. Im Forschungsprojekt OGN wurden die Prüfungen mit «künstlichen» Testdaten entwickelt und getestet. Aus der Erfahrung in Praxisprojekten muss angenommen werden, dass die verfügbaren DBM nach unterschiedlichen Methoden und Kriterien erfasst werden und eine sehr heterogene Qualität aufweisen. Eine für automatische Prüfungen genügende Datenqualität und die Einhaltung von Konventionen bei der Datenerfassung dürften die grössten Herausforderungen für die Modellprüfungen sein.

Die Speicherung der Schutzziele im DBM selbst ist ein wichtiger Grundsatz, der ergänzend zum Aspekt der Dokumentation insbesondere auch für die Anwendung von Prüfregeln wichtig ist, da damit ein «selbstkonfigurierendes» Bauwerksmodell vorhanden ist. Mit selbstkonfigurierend ist gemeint, dass alle Eingangsparameter für die Modellprüfung direkt dem DBM entnommen werden können und keine zusätzlichen Informationsflüsse oder Abstimmungen notwendig sind.

## **Integration von Geodaten (Gefährungsdaten)**

Die möglichst einfache, hindernisfreie und einheitliche Bereitstellung von Grundlagendaten erleichtert jedes Projekt. Aus den genannten Gründen der fehlenden Sensibilisierung für das Thema Naturgefahren ist es wichtig, dass die Information über die Naturgefahren am Standort möglichst ohne Zutun von Bauherrschaft und Architekt in den Standorteigenschaften auftaucht. Bauherr und Planer sollten von der Gefährdung Kenntnis haben, auch ohne spezifisch danach zu suchen.

Zur Abklärung der Gefährdung an einem Standort sind verschiedene Geodatenquellen zu konsultieren. Mit einem PoC konnte aufgezeigt werden, wie Geodaten nach IFC transferiert werden können. Es wurde ein Szenario gewählt, in welchem die Geodaten bei Webdiensten bezogen und in eine IFC-Datei transferiert werden. Diese Datei kann in einer BIM-Software sodann als Grundlage eingelesen werden. Rein technisch konnte die Machbarkeit gut aufgezeigt werden. In ähnlicher Weise vernetzte Geodaten werden auch für viele weitere Fachthemen an Bedeutung gewinnen.

Wie bei den Prüfregeleln liegen auch bei der Integration der Grundlegendaten die Herausforderungen primär in der Qualität der Quelldaten. Nicht alle Gefährdungsdaten liegen in einem standardisierten GIS-Format vor und die kantonalen Daten weichen teilweise vom nationalen Datenmodell ab. Solche heterogenen Daten sind somit nicht oder nur schwer über Standarddienste nutzbar. Zudem zeigten sich bei den kantonalen Gefahrenkarten Unterschiede in der Datenerfassung, was eine einheitliche Nutzung und Verarbeitung der Daten über Kantonsgrenzen hinweg erschwert. Der Harmonisierung der kantonalen Gefahrenkarten kommt deshalb grosse Bedeutung zu.

## 7 Ausblick und Empfehlungen

Das Projekt OGN konnte aufzeigen, dass die BIM-Methode der Naturgefahrenprävention auf verschiedensten Ebenen grosses Potential bringt. Obwohl mehrere Entwicklungstendenzen hin zu qualitativ besseren Gebäuden beobachtet werden können und die Nutzung von BIM den Gebäudeschutz in gewisser Hinsicht ohnehin verbessern dürfte, erfordert die Umsetzung dieser Erkenntnisse betreffend Prozessen, Prüfregeleln und Datenintegration in die Praxis ein proaktives Vorgehen, beispielsweise durch die Kantonalen Gebäudeversicherungen. Wichtig ist, dass die Aktivitäten gut mit nationalen Partnern und Vertretern verwandter Fachbereiche koordiniert werden. Denn ohne gegenseitige Abstimmung und Konsensfindung zwischen verschiedenen Fachthemen werden die Naturgefahren ein wenig beachtetes Nischenthema bleiben. Die Themenvielfalt und Komplexität beim Planen und Bauen ist hoch und die Entwicklung von Standards und Modellierungsrichtlinien erhöhen den Bedarf an gegenseitiger Abstimmung zusätzlich.

### **Rolle der Behörden und Anbindung an das elektronische Baubewilligungsverfahren**

Damit sich die naturgefahrensichere Bauweise in der Praxis durchsetzt, braucht es in absehbarer Zeit auch entsprechende Einflussnahme im Planungs- und Bauprozess. Die Digitalisierung bietet hierzu neue Möglichkeiten, wobei kantonale und kommunale Fachstellen und insbesondere Gemeinden und die Kantonalen Gebäudeversicherungen Schlüsselrollen einnehmen. In einem nächsten Schritt wären deshalb die Prozesse und Informationsflüsse um die Rolle der Behörden und das elektronische Baubewilligungsverfahren zu erweitern. Zudem müsste – am besten anhand realer Neubauprojekte in einer hinsichtlich Digitalisierung und Vernetzung von Daten progressiven Gemeinde – der Praxisbeweis erbracht werden, dass die erarbeiteten Konzepte tatsächlich funktionieren.

### **Schnittstelle zu Simulationen und Rolle von Spezialisten im Planungsprozess**

Das Projekt OGN konnte aufzeigen, dass bereits einfache Modellprüfungen den Planungsprozess wirksam unterstützen können. Diese Prüfregeleln könnten für den operativen Einsatz weiterentwickelt und beispielsweise über App Stores nutzbar gemacht werden. Auch für viele technische Fachfragen im Zusammenhang mit Gefährdung und der Bemessung von Schutzmassnahmen liegt das Potential datengestützter Planungsoptimierung auf der Hand. Damit sich Berechnungen und Simulationen in externer Fachsoftware direkt an den Planungsprozess anbinden lassen, müssen Möglichkeiten für den medienbruchfreien, bidirektionalen Datenaustausch gefunden werden. Bei hinreichender Standardisierung der Eingangs- und Ausgangsdaten könnten Simulationen auch iterativ und nahezu automatisch verwendet werden. Dies wäre insbesondere für die gravitativen Naturgefahren aber auch für Wind oder Erdbeben sehr interessant. Während im Bereich der Tragwerksplanung diverse Softwareanbieter den bidirektionalen Datenaustausch bereits gut gelöst haben (leider oftmals mittels proprietärer Formate) und somit das kollaborative Miteinander zwischen Architekt und Ingenieur gut möglich ist, fehlen entsprechende Schnittstellen für Überflutungsmodellierungen oder Steinschlagsimulationen. Insbesondere Modellierungen der Überflutungshöhe infolge Hochwasser und Oberflächenabfluss könnten so an die üblicherweise viel genaueren Geometriedaten des DBM angebunden und direkt mit dem Planungsprozess verknüpft werden. So liessen sich Schwachstellen am Gebäude gut erkennen, Bestvarianten eruieren und Schutzmassnahmen direkt am BIM-Modell dimensionieren. Nebst der technischen Erweiterung um Simulationen müsste auch die Rolle von Spezialisten im Planungsprozess genauer untersucht werden. Dies wird zwar teilweise durch den Anwendungsfall Naturgefahren des Innosuisse-Projekts «GEOL\_BIM» abgedeckt für Rutschungen und Steinschlag. Der besonders wichtige Aspekt der Überflutungssimulation wäre aber noch vertieft zu untersuchen.

### **Standardisierung und Entwicklung einheitlicher Modellierungsrichtlinien**

Für das Nischenthema Naturgefahren sieht die BIM-Welt derzeit kaum Lösungen vor. Um das Potential der BIM-Methode zu nutzen, müssen die heute noch bestehenden Hürden bezüglich

Standardisierung überwunden und die Prozesse auf Ebene Kanton/Baubehörde institutionalisiert werden. Es braucht Klarheit, wie die Gefährdungen, Schutzziele und Eigenschaften wie beispielsweise der Hagelwiderstand eines Bauteils in IFC abzubilden ist und worauf es beim Modellieren des Architektur- und des Tragwerksmodells ankommt, damit Modellprüfungen bezüglich Erdbebensicherheit möglich werden. Dabei muss auch der softwareübergreifende Datenaustausch bedacht werden, damit Simulationen in Fachsoftware möglichst direkt an DBM anbindbar werden. Durch vertiefte Abstimmung mit weiteren Fachgruppen (u.a. Brandschutz) sind widerspruchsfreie und auf einheitlichen Konzepten basierende Richtlinien für die Modellierung von DBM zu definieren (Modellierungsrichtlinien). Unklarheiten und Doppelspurigkeiten bei PropertySets und Eigenschaften müssen vermieden werden, damit sich der Aufwand beim Modellieren in Grenzen hält und die DBM möglichst herstellerunabhängig austausch- und nutzbar bleiben. Der Abgleich über Themengrenzen hinweg dürfte massgeblich darüber entscheiden, ob und wie gut die Vorgaben eines einzelnen Fachbereichs von Planern und Softwareherstellern aufgenommen werden.

### **Online-Transformationsdienst zur Integration von Gefahreninformation in IFC**

Der im Projekt entwickelte Prototyp hat aufgezeigt, dass die dynamische Abfrage von Gefahreninformation für die Ausdehnung eines bestimmten Grundstücks und die Transformation in lokale Koordinatensysteme eines beliebigen BIM-Projekts im Format IFC technisch realisierbar ist. Weil die Aspekte der Modellprüfung und somit auch der Planungsprozess massgeblich von diesen Eingangsdaten abhängig sind, sollte die Entwicklung eines operativ einsetzbaren Transformationsdienstes angegangen werden. Um diesen landesweit nutzen zu können, müssen die kantonalen Gefahrenkarten in harmonisierter Form und datenmodellkonform vorliegen. Die Gefahreninformation und weitere Standarddaten wie Schutzzielvorgaben gemäss den Normen SIA 261 und 261/1 könnten in Bezug zu den Referenzdaten der Amtlichen Vermessung gesetzt werden. Zur Vergrößerung der Reichweite eines solchen Online-Tools sind Kooperationen mit weiteren Fachthemen zu prüfen, welche ebenfalls auf GIS-Daten angewiesen sind.

## 8 Glossar/Abkürzungen

<b>Begriff</b>	<b>Beschreibung</b>
BIM-Methode	Englischer Begriff (Übersetzung): Virtual Design and Construction
BIM	Building Information Modelling
FM	Facility Management
GEOL_BIM	Im Anwendungsfall Naturgefahren des Projekts GEOL_BIM werden die Einwirkungen permanenter Bodenbewegungen auf Hochbauten, respektive die Möglichkeiten zur Prävention mittels Integration geologischer Daten in BIM untersucht. Für die Umsetzung des Innosuisse-Projekts GEOL_BIM zeichnen sich die Landesgeologie von swisstopo und die Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW unter der Leitung des Schweizer Geologenverband CHGEOL verantwortlich.
IFC	Industry Foundation Classes
DBM	Digitales Bauwerksmodell
VDC	Virtual Design and Construction
OGN	Optimierter Gebäudeschutz vor Naturgefahren mit BIM
PoC	Proof of Concept
GIS	Geografisches Informationssystem
UML	Unified Modelling Language

Siehe auch <http://www.fhnw.ch/vdc-glossary>

## 9 Literaturverzeichnis

- Alirezai, M., Noori, M., Tatari, O., Mackie, K.R., Elgamal, A., 2016. *BIM-based Damage Estimation of Buildings under Earthquake Loading Condition*. *Procedia Engineering* 145, 1051–1058. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.136>
- BAFU, SVV, VKG, 2018. *Gefährdungskarte Oberflächenabfluss Schweiz - Zusammenfassung*, buildingSmart International, 2019. *(Draft) IFC Extensions UML Modelling Guidelines - General principles for the authoring & coordination of UML modelling across IFC domains*, buildingSmart International Infrastructure Room.
- buildingSmart International, 2017. Industry Foundation Classes 4.0.2.1 Documentation [WWW Document]. URL [https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2\\_TC1/HTML/](https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/HTML/) (accessed 7.30.19).
- CEN/TC 442, 2019. *Guideline for the implementation of BIM Execution Plans (BEP) and Exchange Information Requirements (EIR) on European level based on EN ISO 19650-1 and -2 (Working Document)*, TC 442 WI 00442024.
- Hosser, D., 2009. *Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes - Technischer Bericht vfdb TB 04-01*, Technisch-Wissenschaftlicher Beirat (TWB) der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb).
- Kemper, A., Eickler, A., 2015. *Datenbank-Systeme - Eine Einführung*.
- KOGIS, 2011. *Allgemeine Empfehlungen zur Methodik der Definition "minimaler Geodatenmodelle."*
- Migliorini, M., 2018. *The RESCULT Project - Increasing Resilience of Cultural heritage: a supporting decision tool for the safeguarding of cultural assets*.
- OGN, 2021a. *Bericht Prozesse und Prüfregele*, Optimierter Gebäudeschutz vor Naturgefahren mit BIM.
- OGN, 2021b. *Bericht Grundlagendaten und Transformation GIS-BIM*, Optimierter Gebäudeschutz vor Naturgefahren mit BIM.
- OMG, 2017. *OMG Unified Modeling Language Version 2.5.1*, OMG Object Management Group.
- Penn State, A.E., 2019. *BIM Use: Disaster Planning & Management*. [WWW Document]. URL [https://www.bim.psu.edu/disaster\\_planning\\_and\\_management/](https://www.bim.psu.edu/disaster_planning_and_management/) (accessed 4.20.20).
- PLANAT, 2015. *Sicherheitsniveau für Naturgefahren - Materialien*. *Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern.*, PLANAT, Bern.
- PLANAT, 2012. *Fachbegriffe im Naturgefahrenbereich*. *Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern.* 7S.
- Ruf, W., 2019. *Datenmodell Gefahrenkartierung - Identifikator 166.1. Version 1.3.*, BAFU.
- Schildknecht, L., 2020. *IFC-Mapping - UML-Modellierungsrichtlinien*, Optimierter Gebäudeschutz vor Naturgefahren mit BIM.
- Sertyesilisik, B., 2017. *Building Information Modeling as a Tool for Enhancing Disaster Resilience of the Construction Industry*. *TRANSACTIONS of the VŠB – Technical University of Ostrava, Safety Engineering Series 12*, 9–18. <https://doi.org/10.1515/tvsbses-2017-0002>
- SIA D0260, 2019. *SIA D0260 Entwerfen & Planen mit Naturgefahren im Hochbau*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein.
- Treado, S., Vinh, A., Holmberg, D., Galler, M., 2007. *Building Information for Emergency Responders* 6.
- VKF, 2015. *27-15 Nachweisverfahren im Brandschutz*, Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen.



## Anhang A Domänenmodell

Mit dem Domänenmodell werden grundlegende Begriffe und deren Bedeutung eingeführt und definiert. Es dient dazu, eine gemeinsame Verständigungsbasis zu schaffen.

Die nachfolgende Abbildung 20 zeigt eine Übersicht der zentralen Begriffe und deren Abhängigkeiten zueinander. Als Notationsform wird dazu ein UML-Klassendiagramm verwendet, welches als Ontologiediagramm zu interpretieren ist. Die einzelnen Begriffe werden nachfolgend im Detail erläutert.

Es werden drei Bereiche unterschieden:

- Gefährdung
- Schutz und Prävention
- Projekt- und Bauwerksstruktur

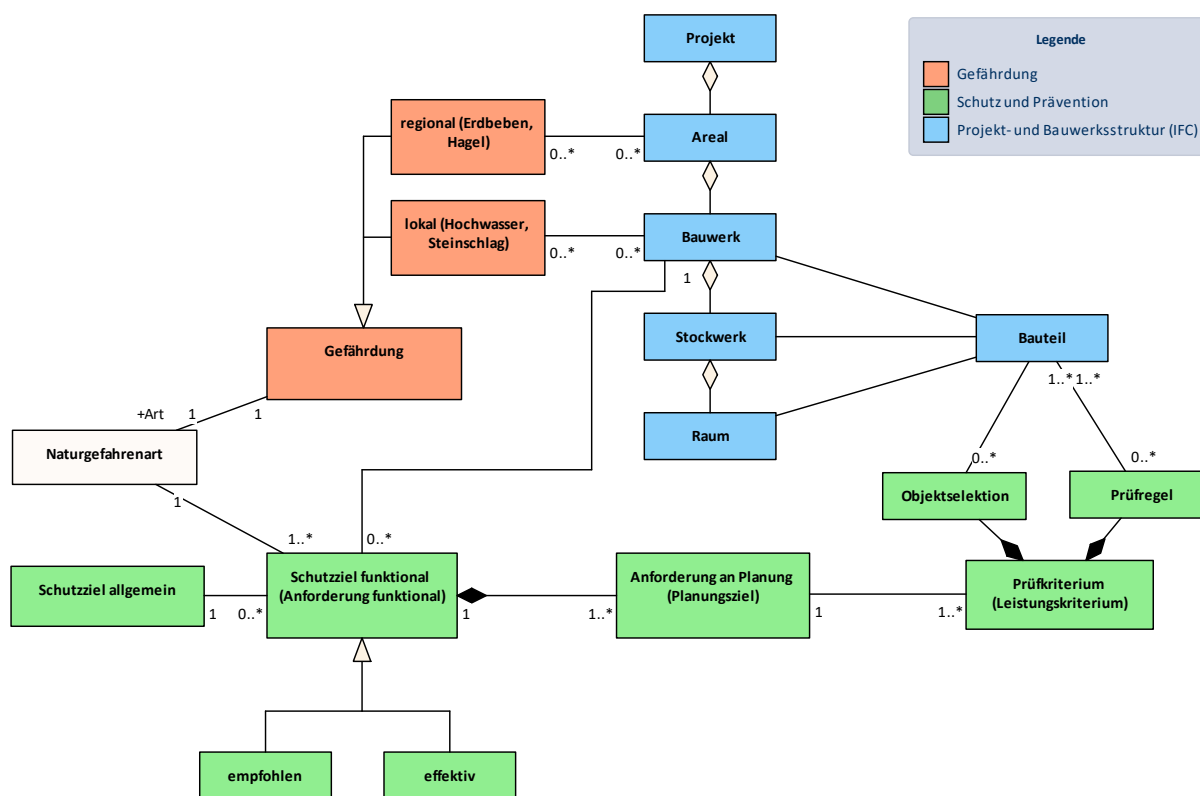


Abbildung 20: Domänenmodell / Ontologiediagramm

### Gefährdung

Die Gefährdung beschreibt die durch eine Naturgefahr auftretende (physikalische) Wirkung. Die Analyse der Gefährdung ist gemäss (SIA D0260, 2019) ein Teil der Risikoanalyse. Bei Naturgefahren ist die Gefährdung (Wirkung) abhängig von einer Jährlichkeit  $z$  (Wiederkehrperiode).

Je nach Naturgefahrenart kann der potenzielle Wirkungsbereich einer Gefährdung in unterschiedlicher räumlicher Auflösung ermittelt werden. Als regionale Gefährdungen werden Auswirkungen bezeichnet, die nur in sehr grober räumlicher Auflösung vorhersagbar sind, wie z.B. Hagel und Erdbeben.

Als lokale Gefährdungen werden Auswirkungen bezeichnet, die räumlich relativ fein aufgelöst vorhersagbar sind, wie z.B. bei Hochwasser oder Steinschlag.

Die Unterscheidung in regionale und lokale Gefährdung wirkt sich darauf aus, in welchen Kontext des Bauwerks die Gefährdung gesetzt werden kann. Es wird postuliert, dass regionale Gefährdungen für das gesamte Areal gelten (Zuordnung der Gefährdung zum Areal). Demgegenüber können lokale Gefährdungen innerhalb eines Areals unterschiedliche Wirkungen haben und müssen daher auf einer feineren Ebene zugeordnet werden (Zuordnung zu Bauwerk).

Begriff	Erläuterung
Gefährdung	Die Gefährdung beschreibt die durch eine Naturgefahrenart auftretende (physikalische) Wirkung.
Gefährdung – regional	Gefährdung mit nur grober räumlicher Auflösung (d.h. identische Wirkung auf grosses Gebiet).
Gefährdung – lokal	Gefährdung mit feiner räumlicher Auflösung (d.h. die Wirkung ist innerhalb eines kleinen Gebiets bereits unterschiedlich). Im Kontext des Hochbaus ist eine Gefährdung als lokal zu betrachten, wenn sie typischerweise in einer räumlichen Auflösung im Bereich von Parzellengrössen (Arealen) vorhergesagt werden kann.

Die lokale Gefährdung durch sog. gravitative Naturgefahren wird in der Schweiz in kantonalen «Gefahrenkarten» beschrieben. Diese decken in der Regel das Siedlungsgebiet ab, ausserhalb des Untersuchungsperimeters sind zur Ermittlung der lokalen Gefährdung Fachgutachten erforderlich. Nur ein Teil der «Gefahrenkarten» kann derzeit in Form von Geodaten standardisiert abgerufen resp. bezogen werden. Details zur Verwendung dieser vorhandenen Grundlagen sind im separaten Bericht «Grundlagendaten Gefährdung» dokumentiert.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurde eine Applikation als Prototyp entwickelt, mit welcher die aus Geodaten abrufbaren Gefährdungsinformationen nach IFC transformiert werden können. Damit können für einen Standort die vorhandenen Informationen zur Gefährdung einfach und direkt in das digitale Bauwerksmodell integriert werden resp. in diesem verfügbar gemacht werden. Details dazu sind ebenfalls im Bericht «Grundlagendaten Gefährdung» ersichtlich.

### Schutz und Prävention

Für die Festlegung von Massnahmen zur Prävention vor Naturgefahren wird eine Kaskade von Ziel- und Anforderungsdefinitionen durchlaufen:

- Schutzziel allgemein
- Schutzziel funktional
- Anforderung an Planung (inkl. Leistungskriterium)

Begriff	Erläuterung
Schutzziel allgemein (Schutzgut)	Allgemeine Interessen, die vor Naturgefahren geschützt werden sollen. Typischerweise handelt es sich hierbei um übergeordnete Ziele wie <ul style="list-style-type: none"> <li>– Leben und Gesundheit (Unversehrtheit) von Menschen, Tieren</li> <li>– Schutz von Sachwerten</li> <li>– Schutz von Waren und Produktionsmittel</li> <li>– Begrenzung von Betriebsunterbrechungen</li> </ul> (in Anlehnung an (Hosser, 2009)) Beschreibt, <b>warum</b> ein Schutz notwendig ist.  Als Analogie zum Begriff «Schutzziel allgemein» kann aus dem Kontext von (PLANAT, 2015) auch der Begriff «Schutzgut» angesehen werden. (PLANAT, 2015) definiert Schutzgüter als Werte, für die das Risiko auf ein akzeptables Mass zu begrenzen ist. Es werden dort drei wesentliche Kategorien von Schutzgütern identifiziert: Personen, erhebliche Sachwerte und Umwelt.

Begriff	Erläuterung
Schutzziel funktional	<p>Auf das Bauwerk bezogene <b>funktionale</b> Ziele, die zur Erreichung der allgemeinen Ziele notwendig sind.                      Beschreibt, <b>was</b> (technisch) erreicht werden soll.                      Im Kontext von Naturgefahren beinhaltet die Definition eines funktionalen Schutzziels typischerweise die Festlegung einer Jährlichkeit z, bei welcher das Schutzziel noch zu erreichen sein muss (PLANAT, 2012).</p> <p>Das funktionale Schutzziel beschreibt, was (technisch) erreicht werden soll, während das allgemeine Schutzziel beschreibt, warum etwas erreicht werden soll (Hosser, 2009).</p> <p>Anmerkung: Der Begriff «Funktionales Schutzziel» wird in (VKF, 2015) verwendet. In der Definition entspricht dies dem Begriff «Anforderung funktional», wie er in (Hosser, 2009) verwendet wird. (PLANAT, 2015) spricht neben Schutzzielen auch von Sicherheitsniveau.</p>
Anforderung Planung	<p>Anforderung an die Planung, damit ein funktionales Schutzziel erreicht werden kann.                      Die Anforderung konkretisiert ein funktionales Schutzziel derart, dass ein Planungsergebnis gegenüber einem Kriterium bewertet werden kann.</p> <p>Die Anforderung definiert konkrete Eigenschaft des digitalen Bauwerksmodells, die bei der Planung einzuhalten sind.</p> <p>Anmerkung: In (VKF, 2015) wird dafür der Begriff «Planungsziel» verwendet.</p>
Leistungskriterium	<p>Soll-Wert, welcher zur Erfüllung einer Anforderung an die Planung eingehalten werden muss.</p> <p>Anmerkung: Begriff wird in (VKF, 2015) verwendet. Im Rahmen von OGN wird das Leistungskriterium als Teil (Bestandteil) der Anforderung an Planung verstanden.</p>
Objektselektion	<p>Filterkriterium zur Selektion einer Menge von Objekten.                      Zur Überprüfung der Anforderung.</p>
Prüfkriterium	<p>Kriterium zur Prüfung, ob das Leistungskriterium einer Anforderung erfüllt ist.                      Zur Überprüfung der Anforderung.                      Das Prüfkriterium wird nur auf die mit der Objektselektion identifizierten Objekte angewandt. Die Prüfung kann formal (Information X vorhanden) oder inhaltlich (Bauteil hat Hagelwiderstand <math>\geq</math> HW3) sein.</p>

Die hier definierten Begriffe zum «Schutzziel» gehen über die Definitionen von (SIA D0260, 2019) hinaus. In (SIA D0260, 2019) wird der Begriff Schutzziel sehr allgemein gefasst und es wird nicht explizit zwischen Schutzzielen und Anforderungen unterschieden.

OGN entwickelt einen allgemein gültigen Rahmen, in welchem die möglichen Schutzziele als abstrakte Ziele definiert sind. In den einzelnen Projekten werden die konkreten Jährlichkeiten (Wiederkehrperiode) zu den Schutzzielen definiert (effektiv).

Inhaltlich richten sich die im Rahmen von OGN angewandten allgemeinen Schutzziele nach den Normen SIA 261:2014 und SIA 261/1 (2020 erscheinende Version). Diese Schutzziele werden nach Bauwerksklasse (BWK) abgestuft und sind somit in einer pragmatischen Art und Weise "risikobasiert". Zu einem risikobasierten Ansatz gehört ebenso, dass im Sinne eines Risikodiologs mit der Bauherrschaft, sämtlichen Risikoträgern und im Idealfall mit den späteren Gebäudebetreibern und -Nutzer Chancen und Risiken verschiedener Lösungsansätze gegeneinander abgewogen werden. Die von AG1 beschriebene Methodik soll diesen Prozess und damit eine frühzeitige und bewusste Auseinandersetzung mit dem Thema Naturgefahren fördern.

Zu den funktionalen Schutzziele werden mit OGN die Planungsziele und Leistungskriterien entwickelt und in einem Prüfalgorithmus umgesetzt.

Im konkreten Bauprojekt sind zu den vordefinierten (abstrakten) Schutzziele die konkreten Werte (Zielwerte) zu erfassen und im DBM zu speichern.

### **Projekt- und Bauwerksstruktur**

Die Begriffe der Projekt- und Bauwerksstruktur gründen im konzeptuellen Datenmodell von IFC resp. auch der gängigen Praxis der Modellierung von Bauwerken im Hochbau.

<b>Begriff</b>	<b>Erläuterung</b>
Projekt	Planung-, Bau- oder auch Unterhaltsprojekt.
Areal	Areal, Bauwerk, Stockwerk und Raum definieren eine typische Raumstruktur für Gebäude (Hochbau). Sie werden genutzt, um ein Bauwerk hierarchisch in einer Raumstruktur zu gliedern.
Bauwerk	Siehe oben
Stockwerk	Siehe oben
Raum	Siehe oben
Bauteil	Physisches oder auch nur logisches Element, welches im digitalen Bauwerksmodell zur Modellierung des Bauwerks verwendet wird. Z.B. Wand, Fenster, Fassadenelement etc.

## Anhang B Medienberichte und Kommunikationsaktivitäten

### Artikel in Fachzeitschriften

- Beitrag in fmpro service 2020/4: Das Potenzial von BIM für Fachthemen – am Beispiel Naturgefahren
- Swiss Engineering STZ 2021/3: Optimierter Schutz vor Naturgefahren mit BIM
- Cadastre, 2021/4: Das Potential von BIM und vernetzten Geodaten für die Naturgefahrenprävention

### Vorstellung des Forschungsprojekts OGN an Anlässen

- Swissbau, 17.01.2020: Präsentation im Rahmen der Veranstaltung «Gebäudeschutz und die BIM-Methode»
- FAN-Forum, 28.02.2020: Posterbeitrag anlässlich der Jahresveranstaltung der Fachleute Naturgefahren
- GeoSummit (für 2020 geplant, auf 2022 verschoben): Referat im Themenblock GeoBIM und Vorstellung des Projekts an der Tischmesse