

# Optimierter Gebäudeschutz vor Naturgefahren mit BIM (OGN)

## Beilage Prozesse und PrüfregeIn

### Inhaltsverzeichnis

<b>1 Allgemein</b>	<b>2</b>
1.1 Tabelle Schutzziele, Anforderungen, PrüfregeIn (deutsch)	2
1.2 Tabelle Schutzziele, Anforderungen, PrüfregeIn (französisch)	6
<b>2 Hagel</b>	<b>8</b>
2.1 Prozessdiagramm	8
2.2 Prüfdiagramm	9
2.3 Tabelle Anforderungen	10
<b>3 Hochwasser</b>	<b>12</b>
3.1 Prozessdiagramm	12
3.2 Tabelle Anforderungen	13
<b>4 Erdbeben</b>	<b>14</b>
4.1 Prozessdiagramm	14
4.2 Prüfdiagramm	15
4.3 Tabelle Anforderungen	16
<b>5 Steinschlag</b>	<b>17</b>
5.1 Prozessdiagramm	17
5.2 Detailbericht	18
5.3 Prüfdiagramm	35

Naturgefahr	Schutzziel allgemein	Schutzziel funktional	Anforderung an Planung (inkl. Leistungskriterium)	Objektselektion	Prüfregel	Anwendung in Phase(n)	Variablen	Kommentare
allgemein			A.0.1	Gefahreninformationen sind aktuell	Information aus DBM: Gefahreninformation aus kantonaler Gefahrenkarte und weiteren Gefährdungskarte: Zeitstempel	Prüfung der Grundlagen durch Abgleich mit den Schnittstellen.		
allgemein			A.0.2	Schutzziele definiert / aktuell		Schutzkonzept ist im digitalen Bauwerksmodell definiert / referenziert		
allgemein			A.0.3	Schutzkonzept definiert / aktuell	Pro Grundstück oder Gebäude			
Hagel	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)		
Hagel	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)		
Hagel			H1.1	Bauteil der Aussenhülle ist durch Abschirmung geschützt	Alle Bauteile der Aussenhülle	Bauteil ist nicht exponiert gegenüber Hagel		
Hagel			H1.1.1	Hagel-Einfallswinkel 45° trifft nicht auf Bauteil	Fassaden, primär vertikal	Räumlich-geometrische Analyse: Volumenkörper mit 45° Winkel ausgehend von der Seitenfläche der Fassade überschneidet höher gelegene Bauteile.		
Hagel			H1.1.2	Hagel-Einfallswinkel 45° trifft nicht auf Bauteil	überdachte Gebäudeteile	Räumlich-geometrische Analyse: Volumenkörper (Kegel mit Öffnung 90° lotrecht nach nach oben) ausgehend von der Grundfläche des Bauteils (z.B. Vordach) überschneidet höher gelegene Bauteile.		
Hagel			H.1.2	Bauteil der Aussenhülle ist widerstandsfähig gegen Hagel	Exponierte Bauteile der Aussenhülle	Das Bauteil ist widerstandsfähig		
Hagel			H.1.2.1	Art des Materials: Beton, Glas oder andere widerstandsfähige Materialien	Exponierte Bauteile der Aussenhülle	Materialart=Beton ODER (Material=Glas UND Material.Dicke >= 4mm)		
Hagel			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 >= Hagelkorngrosse(z)		
Hagel			H.1.3	Bauteil der Aussenhülle wird temporär geschützt	Alle Storen und Markisen	Bauteil ist nicht exponiert gegenüber Hagel		
Hagel			H.1.3.1	Storen sind/werden an zentrale Gebäudesteuerung angeschlossen	Alle Storen und Markisen	Storen sind an zentrale Gebäudesteuerung angeschlossen		
Hagel			H.1.3.2	Storensteuerungssystem mit Anschluss an Hagelwarnsystem	Alle Storen und Markisen	Storen sind an Gebäudesteuerung angeschlossen und an ein Hagelwarnsystem gekoppelt		
Wasser	Minimierung Personenrisiken	Personen sind im Gebäude bis z=[Zielwert] geschützt	W.0.1	Funktionale Schutzziele sind definiert (global pro Gebäude, Gebäudeteil oder pro Stockwerk) und erfüllen die gesetzlichen und normativen Vorgaben	alle überflutungsgefährdeten Gebäudeteile (Räume) und Fluchtwege	Schutzziel >= gesetzliche/normative Vorgaben (im digitalen Bauwerksmodell definiert)		
Wasser	Minimierung Sachwertrisiken	Gebäude und Gebäudeinhalt nehmen bei z=[Zielwert] keinen Schaden	W.0.2	Funktionale Schutzziele sind definiert (global pro Gebäude, Gebäudeteil oder pro Stockwerk) und erfüllen die gesetzlichen und normativen sowie versicherungsrechtliche Vorgaben	alle überflutungsgefährdeten Gebäudeteile (Räume)	Schutzziel >= gesetzliche/normative Vorgaben oder begründete Abweichung mit Nachweis (im digitalen Bauwerksmodell definiert/referenziert)		
Wasser	Optimierung Betriebssicherheit	Gebrauchstauglichkeit und Funktionstüchtigkeit sind bis z=[Zielwert] gesichert	W.0.3	Funktionale Schutzziele sind definiert (global pro Gebäude, Gebäudeteil oder pro Stockwerk) und führen zu einer erhöhten Betriebssicherheit	gesamtes Gebäude inkl. betriebsrelevanten Nebengebäuden	Schutzziel >= gesetzliche/normative Vorgaben oder begründete Abweichung (im digitalen Bauwerksmodell definiert)		
Wasser			W.0.4	Das Schutzkonzept kann alleine durch die Bauherrschaft und mit der Gesamtleitung beauftragten Architekten / Fachplaner erstellt werden. Ansonsten ist eine spezialisierte Fachperson beizuziehen.	Informationen aus DBM: Gefahrenstufe Hochwasser, Gefährdung Oberflächenabfluss	Gefahrenstufe Hochwasser max. "gering" UND BWK I UND Wasserhöhe durch Oberflächenabfluss gemäss SIA D0260 max. 25cm UND keine erhöhten Schutzanforderungen durch die Bauherrschaft.		
Wasser			W.1.1	Schutzkonzept definiert	Pro Grundstück oder Gebäude	Schutzkonzept ist im digitalen Bauwerksmodell definiert / referenziert		
Wasser			W.1.1.1	Schutzziele sind aktuell	Pro Grundstück oder Gebäude	Die Schutzziele entsprechen der aktuellen Planung (höchste Zielwerte aus W.0)		
Wasser			W.1.1.2	Gefahregrundlagen sind aktuell	Pro Grundstück oder Gebäude	prüfen, ob es aktuellere Grundlagen gibt: Die Angaben zur Gefährdung im digitalen Bauwerksmodell entsprechen dem neusten Stand der Gefahrenkarte Hochwasser und der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss (Vergleich Zeitstempel und Gefahrenstufen/Flächen)		
Wasser			W.1.1.3	Die Überflutungsbereiche sind definiert	Pro Grundstück oder Gebäude	Max. Überflutungshöhe ist semantisch oder als Volumenkörper im digitalen Bauwerksmodell definiert		
Wasser			W.1.1.4	Schutzkonzept ist aktuell	Pro Grundstück oder Gebäude	Das Schutzkonzept ist auf dem neusten Stand (es gibt keine neueren Eingangsgrössen)		

Naturgefahr	Schutzziel allgemein	Schutzziel funktional	Anforderung an Planung (inkl. Leistungskriterium)	Objektselektion	Prüfregel	Anwendung in Phase(n)	Variablen	Kommentare
Wasser			W.1.1.5 Bauteile oder Umgebungselemente mit Schutzfunktion sind definiert	Pro Grundstück oder Gebäude	Sämtliche Elemente (auch der Umgebungsgestaltung) mit Schutzfunktion sind als solche gekennzeichnet	Planung – Betrieb		
Wasser			W.1.1.5 Notfallorganisation geregelt	Pro Grundstück oder Gebäude	Die Schutzziele werden ausschliesslich baulich erfüllt, oder die Notfallorganisation ist im Schutzkonzept geregelt (Flag für organisatorische Massnahmen)	Planung – Betrieb		
Wasser			W.1.1.6 Betriebs-relevante Informationen sind definiert/übertragen	Pro Grundstück oder Gebäude	Eine Auflistung der für das BIM-Modell Bewirtschaftung relevanten Informationen ist vorhanden	Planung - Ausführung		
Wasser			W.1.2 Gebäudehülle ist dicht	Räume / Bauteile im Überflutungsbereich	Schutz durch Konzeption / Abdichtung	Planung – Betrieb		
Wasser			W.1.2.1 Gebäudehülle ist dicht (inkl. sämtlicher Zugänge, Öffnungen und Leitungsdurchführungen): keine Öffnungen	Räume / Bauteile im Überflutungsbereich	Auflistung sämtlicher Öffnungen und Überschneidungen der Fachmodelle Architektur und Gebäudetechnik mit dem Überflutungsbereich -> Liste	Planung – Betrieb		
Wasser			W.1.2.2 Gebäudehülle ist dicht (inkl. sämtlicher Zugänge, Öffnungen und Leitungsdurchführungen): Material- oder Systemeigenschaften	Räume / Bauteile im Überflutungsbereich	z.B. Prüfung Dichtigkeitsklassen 1-2 gemäss SIA 272, Abdichtung Werkleitungen durch Aussenwand	Planung – Betrieb		
Wasser			W.1.2.3 Gebäudehülle ist dicht (inkl. sämtlicher Zugänge, Öffnungen und Leitungsdurchführungen): geprüfte Produkte	Räume / Bauteile im Überflutungsbereich	Bauteile (Produkte) erfüllen die Anforderungen in Bezug auf Wasserdruck und Dauer der Überschwemmung.	Planung – Betrieb		
Wasser			W.1.3 Aufrechterhaltung der Schutzfunktion im Betrieb	Räume / Bauteile im Überflutungsbereich	Zusätzlich zu den Regeln W1.1, welche die Aktualität des Schutzkonzepts gewährleisten	Ausführung – Betrieb		
Wasser			W.1.3.1 Notfallorganisation geregelt	Pro Grundstück oder Gebäude	Verantwortlichkeiten inkl. Stellvertreter sind definiert und aktuell	Ausführung – Betrieb		
Wasser			W.1.3.2 Wartung und Unterhalt von technischen Hochwasserschutzmassnahmen	Bauteile mit Schutzfunktion (z.B. Klappschott, Pumpen, Hochwasserschutztüre)	Wartungszyklus ist definiert (Datum der letzten Wartung >= Heute-Wartungszyklus)	Betrieb		
Wasser			W.1.3.3 Regelmässige Übung von Notfallmassnahmen	Pro Grundstück oder Gebäude	Übungen gemäss W1.1.5 sind geplant / haben stattgefunden	Betrieb		
Erdbeben	Leute/ Leben	Bauwerk stürzt bei z=[Zielwert] nicht ein	E.1 Decken					Le terme n'est pas parfait car on teste plutôt la conception parasismique au séisme
Erdbeben			E.1.1 Kompakte Grundrissform des Bauwerks: Aussparungen und rückspringende Ecken	Alle Geschosse (Decke)	$0 \leq B_i/Breite \leq 0.25$ ; $0 \leq L_i/Länge \leq 0.25$	Planung, Ausführung	Breite und Länge der Platte B und L (Aussenumfang); $L_i$ und $B_i$ : Länge und Breite der Aussparung oder der rückspringende Ecken	Gemäss SIA 261, §16.5.1.3
Erdbeben			E.1.2 Die Steifigkeit der Decken in ihrer Ebene	Alle Geschosse (Decke)	Sind die Decken aus Stahlbeton?	Planung, Ausführung		
Erdbeben			E.1.3 Konstante Verteilung der Masse auf der Höhe des Gebäudes (ausser Dach und Penthäuser)	Alle Geschosse (Decke, Wände, Auflasten, Nutzlasten (BWK))	Minimale Geschossmasse/Maximale Geschossmasse $\geq 0.7$	Planung, Ausführung	Abmessungen der Decken (Gleichgewicht, Nutzlasten)	Masse: SIA 260 (Gl. 17) mit SIA 261 (Tab 8. für Kategorien). Wert von 0.7 muss noch gründlich überprüft werden. Ohne Berücksichtigung des Daches.
Erdbeben	Leute/ Leben	Bauwerk stürzt bei z=[Zielwert] nicht ein	E.2 Horizontale Anordnung der Erdbeben tragwände	Erdbeben tragwände		Planung, Ausführung	Abmessungen der Wände (Länge $L_w \geq 1$ m, Dicke $b_w \geq 12$ cm (tw für Mauerwerkswände), Höhe (müssen die gleiche Höhen sein als die Höhe des Gebäudes vom "horizon d'encastrement" zum Dach), gut mit der Decken verbunden sein/ Bestimmung des "Horizon d'encastrement"	
Erdbeben			E.2.1 Bezüglich Horizontalsteifigkeit und Massenverteilung ist das Bauwerk hinsichtlich zweier orthogonaler Richtungen ungefähr symmetrisch im Grundriss.	Alle Erdbeben tragwände	$ex \leq L/4$ oder $ey \leq B/4$	Planung, Ausführung	ex: Exzentrizität zwischen $x_M$ (Koordinat x vom Massenzentrum) et $x_S$ (Koordinat y vom Steifigkeitszentrum)/ ey: Exzentrizität zwischen $y_M$ et $y_S$ / L und B: Länge und Breite des Plattens	Gemäss SIA 261, §16.5.1.3. Grosse Torsion muss vermieden werden
Erdbeben	Leute/ Leben	Bauwerk stürzt bei z=[Zielwert] nicht ein	E.3 Überprüfung des Tragwerks: Anzahl der Erdbeben tragwände	Erdbeben tragwände		Planung, Ausführung		SIA 261, §16.5.1.3. Erdbebenwände: durchgehend über die Höhe des Gebäudes, gut mit der Decken verbunden und kein out-of-plane Probleme (Mauerwerkswände)

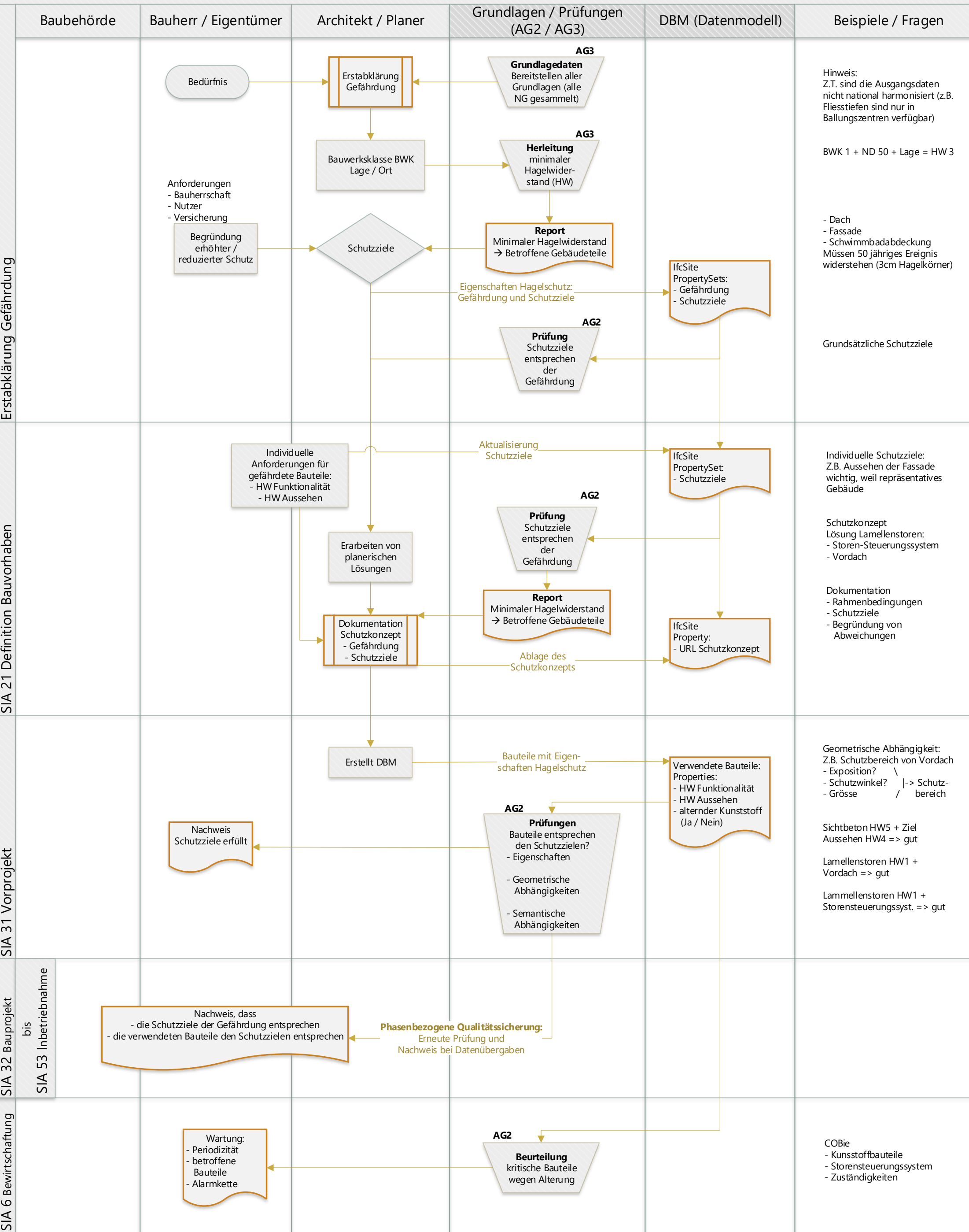
Naturgefahr	Schutzziel allgemein	Schutzziel funktional	Anforderung an Planung (inkl. Leistungskriterium)	Objektselektion	Prüfregel	Anwendung in Phase(n)	Variablen	Kommentare
Erdbeben			E.3.1 Meistens Erdbebenragwände sind aus Stahlbeton ?	Alle Wände		Planung, Ausführung	Die Materialien von jeden Wände müssen definiert sein	Definiert auf der Basis eines Steifigkeitsverhältnisses zwischen Stahlbetonstabilisierungselementen und tragenden Mauerwerkswänden (z.B. 15%).
Erdbeben			E.3.1.1 Gibt es genug Stahlbetonerdbewände in x-Richtung	Alle Erdbebenragwände	Summe der Trägheitsmomente in x-Richtung $\geq I_{min}$	Planung, Ausführung	Imin: gemäss Abakuss (abhängig von: Stockwerksanzahl, Geschossfläche der Platten, Gefährdungzone, Bauwerkklasse, C30/37, n=3% und B500B zu überprüfen)	Man berücksichtigt nicht die Trägheitsmomente im schwachen Achse der Wände/ <b>Warnmeldung:</b> <b>Nein:</b> Es gibt nicht genug Erdbebenragwände in x-Richtung
Erdbeben			E.3.1.2 Gibt es genug Stahlbetonerdbewände in y-Richtung	Alle Erdbebenragwände	Summe der Trägheitsmomente in y-Richtung $\geq I_{min}$	Planung, Ausführung	Imin: gemäss Abakuss (abhängig von: Stockwerksanzahl, Geschossfläche der Platten, Gefährdungzone, Bauwerkklasse, C30/37, n=3% und B500B zu überprüfen)	Man berücksichtigt nicht die Trägheitsmomente im schwachen Achse der Wände/ <b>Warnmeldung:</b> <b>Nein:</b> Es gibt nicht genug Erdbebenragwände in y-Richtung
Erdbeben			E.3.1.3 Sind auch Tragwände aus Mauerwerk	Alle Tragwände		Planung, Ausführung	Die Materialien von jeden Wände müssen definiert sein	
Erdbeben			E.3.1.4 Sind die Mauerwerkstragwände ziemlich Lang?	Alle Mauerwerkstragwände	Lw der Mauerwerkstragwände $\geq 5m$ ?	Planung, Ausführung	Lw	<b>Warnmeldung: Ja:</b> Man muss diese Wände im Erdbebenwiderständigkeitskonzept berücksichtigen; <b>Nein:</b> Man muss die Verformungskapazität der Mauerwerkswände überprüfen. Die Schlankheit wäre ein besserer Bewertungsfaktor, aber der Grenzwert muss auf der Grundlage einer Vorstudie festgelegt werden.
Erdbeben			E.3.2 Sind die Erdbebenragwände aus Mauerwerk ?			Planung, Ausführung		
Erdbeben			E.3.2.1 Sind die Erdbebenragwände aus Backsteinsmauerwerk ?			Planung, Ausführung		
Erdbeben			E.3.2.1.1 Gibt es genug Backsteinmauerwerkstragwände in x-Richtung?	Alle Erdbebenragwände	Summe der Trägheitsmomente in x-Richtung $\geq I_{min}$ ?	Planung, Ausführung	Imin: gemäss Abakuss (abhängig von: Stockwerksanzahl, Geschossfläche der Platten, Gefährdungzone, Bauwerkklasse, MB, n=1% zu überprüfen)	Man berücksichtigt nicht die Trägheitsmomente im schwachen Achse der Wände/ <b>Warnmeldung:</b> <b>Nein:</b> Es gibt nicht genug Erdbebenragwände in x-Richtung
Erdbeben			E.3.2.1.2 Gibt es genug Backsteinmauerwerkstragwände in y-Richtung?	Alle Erdbebenragwände	Summe der Trägheitsmomente in y-Richtung $\geq I_{min}$ ?	Planung, Ausführung	Imin: gemäss Abakuss (abhängig von: Stockwerksanzahl, Geschossfläche der Platten, Gefährdungzone, Bauwerkklasse, MB, n=1% zu überprüfen)	Man berücksichtigt nicht die Trägheitsmomente im schwachen Achse der Wände/ <b>Warnmeldung:</b> <b>Nein:</b> Es gibt nicht genug Erdbebenragwände in y-Richtung
Erdbeben			E.3.2.2 Sind die Erdbebenragwände aus Kalksandsteinsmauerwerk ?			Planung, Ausführung		
Erdbeben			E.3.2.2.1 Gibt es genug Kalksandsteinsmauerwerkstragwände in x-Richtung?	Alle Erdbebenragwände	Summe der Trägheitsmomente in x-Richtung $\geq I_{min}$ ?	Planung, Ausführung	Imin: gemäss Abakuss (abhängig von: Stockwerksanzahl, Geschossfläche der Platten, Gefährdungzone, Bauwerkklasse, MK, n=1% zu überprüfen)	Man berücksichtigt nicht die Trägheitsmomente im schwachen Achse der Wände/ <b>Warnmeldung:</b> <b>Nein:</b> Es gibt nicht genug Erdbebenragwände in x-Richtung
Erdbeben			E.3.2.2.2 Gibt es genug Kalksandsteinsmauerwerkstragwände in y-Richtung?	Alle Erdbebenragwände	Summe der Trägheitsmomente in y-Richtung $\geq I_{min}$ ?	Planung, Ausführung	Imin: gemäss Abakuss (abhängig von: Stockwerksanzahl, Geschossfläche der Platten, Gefährdungzone, Bauwerkklasse, MK, n=1% zu überprüfen)	Man berücksichtigt nicht die Trägheitsmomente im schwachen Achse der Wände/ <b>Warnmeldung:</b> <b>Nein:</b> Es gibt nicht genug Erdbebenragwände in y-Richtung
Erdbeben			E.3.2.3 Sind die Erdbebenragwände aus Zementsteinsmauerwerk ?			Planung, Ausführung		

Naturgefahr	Schutzziel allgemein	Schutzziel funktional	Anforderung an Planung (inkl. Leistungskriterium)	Objektselektion	Prüfregel	Anwendung in Phase(n)	Variablen	Kommentare
Erdbeben			E.3.2.3.1 Gibt es genug Zementsteinsmauerwerkstragwände in x-Richtung?	Alle Erdbebenstragwände	Summe der Trägheitsmomente in x-Richtung $\geq I_{min}$ ?	Planung, Ausführung	$I_{min}$ : gemäss Abakuss (abhängig von: Stockwerksanzahl, Geschossfläche der Platten, Gefährdungszone, Bauwerkklasse, $MC, n=1\%$ zu überprüfen)	Man berücksichtigt nicht die Trägheitsmomente im schwachen Achse der Wände/ <b>Warnmeldung:</b> <b>Nein:</b> Es gibt nicht genug Erdbebenstragwände in x-Richtung
Erdbeben			E.3.2.3.2 Gibt es genug Zementsteinsmauerwerkstragwände in y-Richtung?	Alle Erdbebenstragwände	Summe der Trägheitsmomente in y-Richtung $\geq I_{min}$ ?	Planung, Ausführung	$I_{min}$ : gemäss Abakuss (abhängig von: Stockwerksanzahl, Geschossfläche der Platten, Gefährdungszone, Bauwerkklasse, $MC, n=1\%$ zu überprüfen)	Man berücksichtigt nicht die Trägheitsmomente im schwachen Achse der Wände/ <b>Warnmeldung:</b> <b>Nein:</b> Es gibt nicht genug Erdbebenstragwände in y-Richtung
Erdbeben	Minimierung Personenrisiken	Sekundäre Bauteile stürzen bei $z=[Zielwert]$ nicht ein	E.4 Nicht-tragende Wände					
Erdbeben			E.4.1 Sind die nicht-tragende Wände zu schlank?	Alle nicht-tragende Wände	$hw/tw \leq \lambda_{max}$ ?	Planung, Ausführung	Schlankheit abhängig von der Dicke und der Höhe der Wand ( $t_w$ und $h_w$ ); die maximale Schlankheit ist mit einem Abakuss/ Excel-Tabelle zu bestimmen und ist von der BWK und der Gefährdungszone abhängig, sowie der Position der Wand im Gebäude (Höhe)	<b>Warnmeldung: Nein:</b> die nicht-tragende Wände müssen gegen Erdbeben stabilisiert werden.

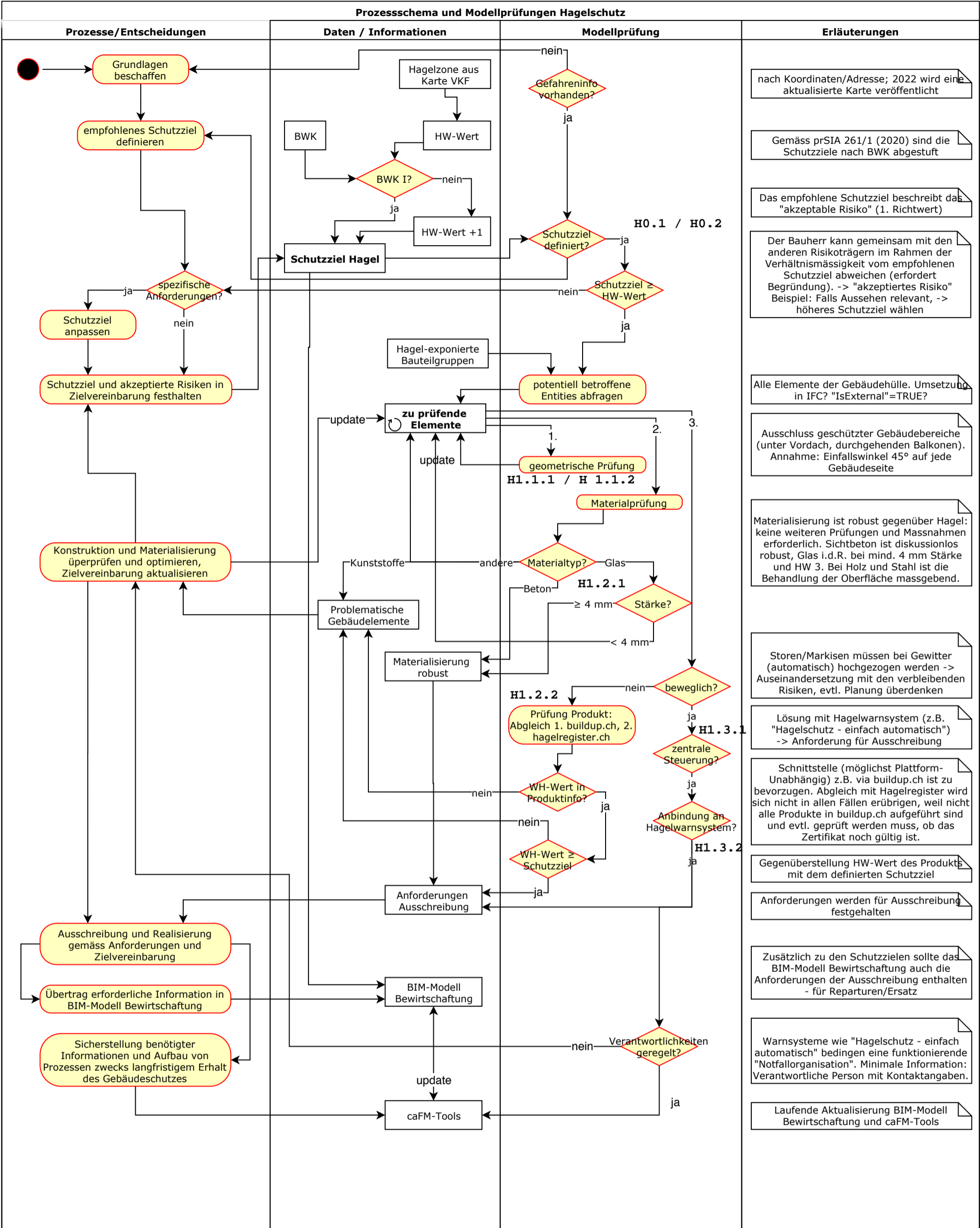
Dangers naturels	Objectifs de protection généraux	Objectifs de protection spécifiques	Exigences de planification (y compris critères de perfor	Selection d'objets	règles de vérification	Application en phase(s)
Grêle	Valeurs matériels (éléments de construction)	L'élément de construction ne subit aucun dommage jusqu'à z=[valeur cible] (RG résistance grêle fonctionnalité)	H0.1 Des objectifs de protection fonctionnels sont définis (globalement par bâtiment, dans des cas particuliers par élément de construction/catégorie)	Tous les éléments de construction de l'enveloppe extérieure	Un objectif de protection fonctionnel est enregistré pour tous les éléments de construction (valeur RG)	Planification - Exploitation
Grêle	Valeurs matériels (éléments de construction)	L'élément de construction ne subit aucun dommage jusqu'à z=[valeur cible] (RG résistance grêle aspect)	H0.2 Des objectifs de protection fonctionnels sont définis (globalement par bâtiment, dans des cas particuliers par élément de construction/catégorie)	Tous les éléments de construction de l'enveloppe extérieure	Un objectif de protection fonctionnel est enregistré pour tous les éléments de construction (valeur RG)	Planification - Exploitation
Grêle			H1.1 l'élément de l'enveloppe extérieure est protégé par un blindage	Tous les éléments de construction de l'enveloppe extérieure	L'élément de construction n'est pas exposé à la grêle	Planification - Réalisation
Grêle			H1.1.1 L'angle d'incidence de la grêle de 45° ne touche pas la composante	Façades, principalement en verticale	Analyse spatio-géométrique : un corps solide avec un angle de 45° partant de la surface latérale de la façade croise des éléments plus élevés.	Planification - Réalisation
Grêle			H1.1.2 L'angle d'incidence de la grêle de 45° ne touche pas la composante	Parties du bâtiment couverts	Analyse spatio-géométrique : un corps solide (cône avec ouverture à 90° perpendiculaire vers le haut) partant de la base de la composante (par exemple la canopée) croise des composantes plus élevées.	Planification - Réalisation
Grêle			H.1.2 L'élément de construction (de l'enveloppe extérieure) est résistant à la grêle	éléments de construction exposés de l'enveloppe extérieure	L'élément de construction est résistant	Planification - Exploitation
Grêle			H.1.2.1 Type de matériau : béton, verre ou autres matériaux résistants à la grêle	éléments de construction exposés de l'enveloppe extérieure	Type de matériau = béton OU (matériau = verre ET épaisseur du matériau < 4mm)	Planification - Exploitation
Grêle			H.1.2.2 Produit/Système : La valeur RG selon le répertoire grêle répond à l'objectif de protection fonctionnel	éléments de construction exposés de l'enveloppe extérieure	Pour le produit/système, il existe un certificat VKF valide dans le répertoire grêle avec la valeur RG >= taille du grelon(z)	Planification - Exploitation
Grêle			H.1.3 Les éléments de construction (de l'enveloppe extérieure) sont temporairement protégés	Tous les stores et auvents	L'élément de construction n'est pas exposé à la grêle	Planification - Exploitation
Grêle			H.1.3.1 Les stores sont reliés à un contrôle central du bâtiment	Tous les stores et auvents	Les stores sont reliés à un contrôle central du bâtiment	Planification
Grêle			H.1.3.2 Le dispositif automatique de commande des stores est connecté à un système d'avertissement de grêle	Tous les stores et auvents	Le dispositif automatique de commande des stores est connecté à un système d'avertissement de grêle	Planification - Exploitation
						Planification - Exploitation
Inondation	Minimisation des risques pour les personnes	les personnes sont protégées dans le bâtiment jusqu'à z=[valeur cible]	W.0.1 Des objectifs de protection fonctionnels sont définis (globalement par bâtiment, partie du bâtiment ou par étage) et répondent aux exigences légales et normatives	Toutes les parties/pièces du bâtiment et les voies d'évacuation exposées aux risques d'inondation	Objectifs de protection >= exigences légales/normatives (défini dans le modèle de construction numérique)	Planification - Exploitation
Inondation	Minimisation des risques pour les biens	Le bâtiment et son contenu ne subissent aucun dommage lorsque z=[valeur cible]	W.0.2 Des objectifs de protection fonctionnels sont définis (globalement par bâtiment, partie du bâtiment ou par étage) et répondent aux exigences légales et normatives ainsi qu'aux exigences en matière d'assurance	Toutes les parties/pièces du bâtiment exposées aux risques d'inondation	Objectifs de protection >= exigences légales/normatives ou déviation justifiée avec preuve (défini/référencé dans le modèle de construction numérique)	Planification - Exploitation
Inondation	Optimisation de la sécurité opérationnelle (business continuity)	Le fonctionnement et l'aptitude au service sont assurées jusqu'à z=[valeur cible]	W.0.3 Des objectifs de protection fonctionnels sont définis (globalement par bâtiment, partie du bâtiment ou par étage) et conduisent à une sécurité opérationnelle accrue	L'ensemble du bâtiment, y compris les bâtiments/installations adjacents qui sont importantes pour l'opération	Objectifs de protection >= exigences légales/normatives (défini dans le modèle de construction numérique)	Planification - Exploitation
Inondation			W.1.1 Définition du concept de protection	Par propriété ou bâtiment	Le concept de protection est défini / référencé dans le modèle de construction numérique	Planification - Exploitation
Inondation			W.1.1.1 Les objectifs de protection sont actuels	Par propriété ou bâtiment	Les objectifs de protection correspondent à la planification actuelle (valeurs cible plus élevées de W.0)	Planification - Exploitation
Inondation			W.1.1.2 Les bases de danger sont actuelles	Par propriété ou bâtiment	Vérifier s'il existe des bases plus récentes : Les informations sur les risques dans le modèle numérique de bâtiment correspondent à la dernière version de la carte des dangers d'inondation et de la carte aléa ruissellement (comparaison de l'horodatage et des niveaux/zones de risques)	Planification - Exploitation
Inondation			W.1.1.3 Les zones inondables sont définies	Par propriété ou bâtiment	La hauteur d'inondation maximale est définie sémantiquement ou comme un corps solide (volume) dans le modèle numérique de construction	Planification - Exploitation
Inondation			W.1.1.4 Le concept de protection est à jour	Par propriété ou bâtiment	Le concept de protection est à jour (il n'existent pas des variables d'entrée plus récentes)	Planification - Exploitation
Inondation			W.1.1.5 Les éléments de construction et les éléments environnementaux ayant une fonction de protection sont définis	Par propriété ou bâtiment	Tous les éléments (y compris le dessin d'entourage) ayant une fonction de protection sont marqués comme tels	Planification - Exploitation
Inondation			W.1.1.5 L'organisation d'urgence est réglée	Par propriété ou bâtiment	Les objectifs de protection sont atteints exclusivement par la conception/construction, ou l'organisation d'urgence est réglementée dans le concept de protection (marquage pour les mesures organisationnelles)	Planification - Exploitation
Inondation			W.1.1.6 Définition/transmission des informations pertinentes pour l'opération	Par propriété ou bâtiment	Une liste des informations pertinentes pour la gestion du modèle BIM est disponible	Planification - Réalisation
Inondation			W.1.2 L'enveloppe du bâtiment est étanche	Pièces / éléments de construction dans la zone inondable	Protection par la conception ou l'étanchéité	Planification - Exploitation
Inondation			W.1.2.1 L'enveloppe du bâtiment est étanche (y compris tous les accès, les ouvertures et les passages de câbles) : pas d'ouvertures	Pièces / éléments de construction dans la zone inondable	Liste de toutes les ouvertures et chevauchements des modèles d'architecture et techniques du bâtiment avec les zones inondables	Planification - Exploitation
Inondation			W.1.2.2 L'enveloppe du bâtiment est étanche (y compris tous les accès, les ouvertures et les passages de câbles) : caractéristiques des matériaux ou des systèmes	Pièces / éléments de construction dans la zone inondable	p. ex. test des classes d'étanchéité 1-2 selon la norme SIA 272, étanchéité des tuyaux/câbles à travers la paroi extérieure	Planification - Exploitation
Inondation			W.1.2.3 L'enveloppe du bâtiment est étanche (y compris tous les accès, les ouvertures et les passages de câbles) : produits testés	Pièces / éléments de construction dans la zone inondable	Les composants (produits) répondent aux exigences concernant la pression de l'eau et la durée de l'inondation.	Planification - Exploitation
Inondation			W.1.3 Maintenance de la fonction de protection pendant l'exploitation	Pièces / éléments de construction dans la zone inondable	En plus des règles W1.1 pour garantir que le concept de protection est à jour	Réalisation - Exploitation
Inondation			W.1.3.1 L'organisation d'urgence est réglée	Par propriété ou bâtiment	Les responsabilités, y compris celles des adjoints, sont définies et actualisées	Réalisation - Exploitation

Dangers naturels	Objectifs de protection généraux	Objectifs de protection spécifiques	Exigences de planification (y compris critères de perfor		Selection d'objets	règles de vérification	Application en phase(s)
Inondation			W.1.3.2	Entretien et réparation des mesures techniques de protection contre les inondations	Composants ayant une fonction de protection (par exemple, barrière de rétention, pompes, porte de protection contre les inondations)	Le cycle de maintenance est défini (date de la dernière maintenance >= aujourd'hui - cycle de maintenance)	Exploitation
Inondation			W.1.3.3	Pratique régulière des mesures d'urgence	Par propriété ou bâtiment	les exercices selon W1.1.5 sont prévus / ont eu lieu	Exploitation

# Hagel: Gebäudeschutz ohne gesetzlichen / normativen Vorgaben



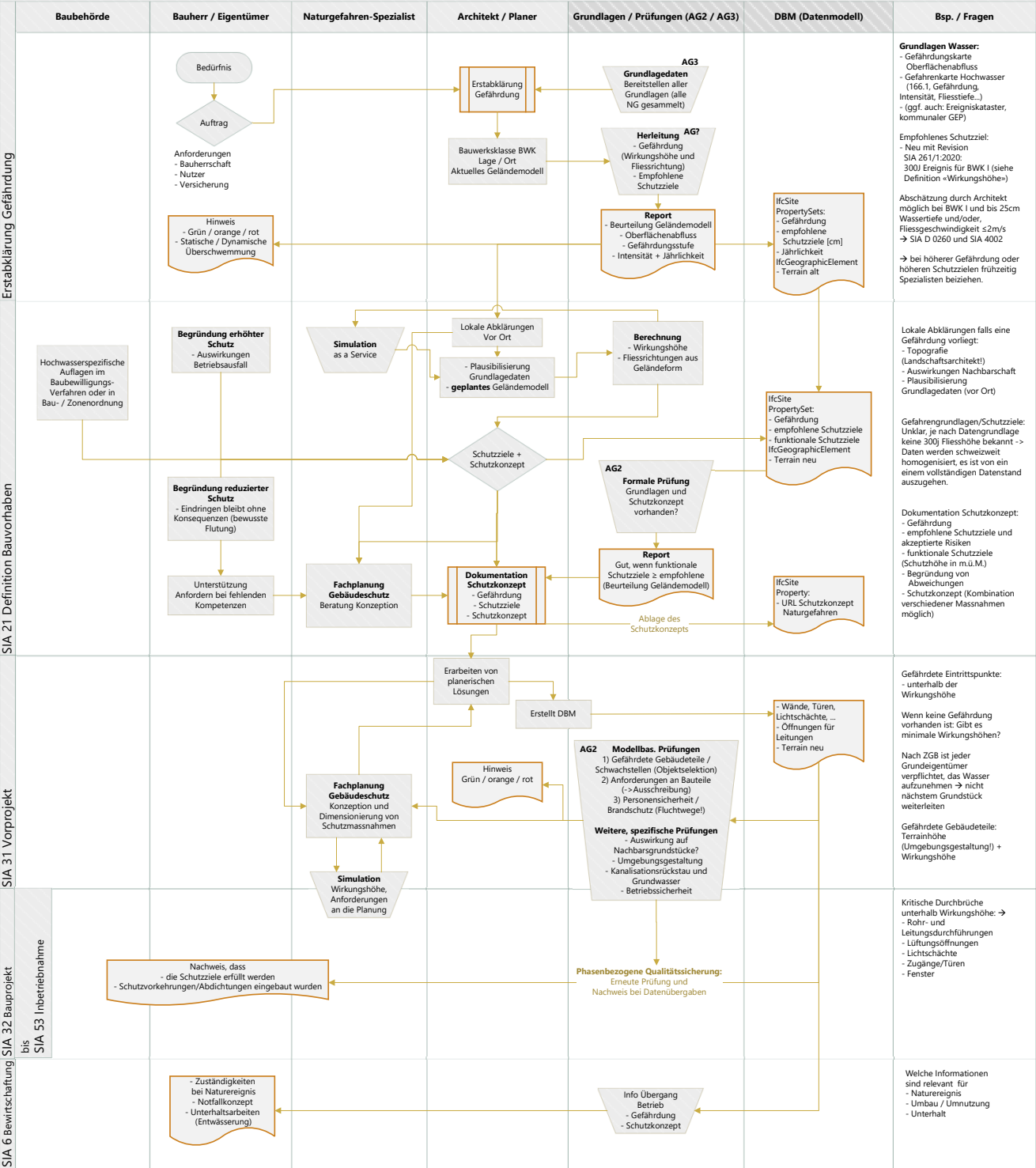




req.name	entity.name	pset.name	prop.name	notes
A0.1 Gefahreninformation	IfcClassification		EditionDate	Bezugsdatum: YYYY-MM-DD
A0.1 Gefahreninformation	IfcClassification		Name	Klassifikation Naturgefahren
A0.2 Schutzziele	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	BWK	Bauwerksklasse
A0.2 Schutzziele	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	W_Widerkehrperiode_Person	
A0.2 Schutzziele	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	W_Widerkehrperiode_Sache	
A0.2 Schutzziele	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	H_Widerkehrperiode_aesthetisch	
A0.2 Schutzziele	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	Revision	
A0.2 Schutzziele	IfcClassification		EditionDate	
A0.2 Schutzziele	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	H_Widerkehrperiode_funktional	
A0.2 Schutzziele	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	H_Hagelwiderstandsklasse_funktional_Req	Abgeleitet von der Widerkehrperiode
A0.3 Schutzkonzept aktuell	IfcClassification		EditionDate	Schutzkonzept aktueller als Grundlagedaten
A0.3 Schutzkonzept aktuell	IfcDocumentInformation		Purpose	Purpose = Schutzkonzept
A0.3 Schutzkonzept aktuell	IfcDocumentInformation		CreationTime	
A0.3 Schutzkonzept aktuell	IfcDocumentInformation		LastRevisionTime	

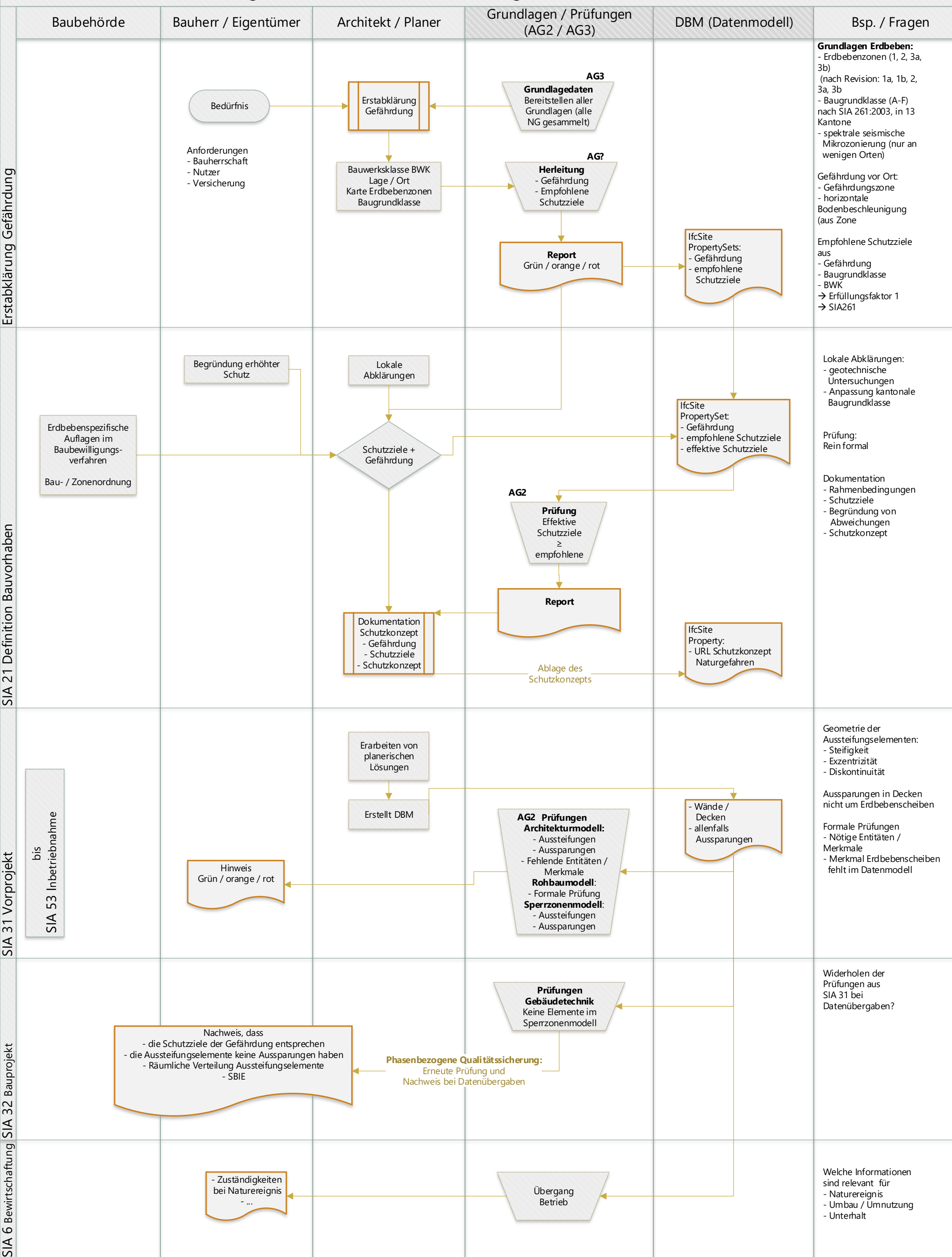
req.name	entity.name	pset.name	prop.name	notes
A0.1 Gefahreninformation	IfcClassification		EditionDate	Bezugsdatum: YYYY-MM-DD
A0.1 Gefahreninformation	IfcClassification		Name	Klassifikation Naturgefahren
A0.2 Schutzziele	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	BWK	Bauwerksklasse
A0.2 Schutzziele	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	W_Widerkehrperiode_Person	
A0.2 Schutzziele	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	W_Widerkehrperiode_Sache	
A0.2 Schutzziele	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	H_Widerkehrperiode_aesthetisch	
A0.2 Schutzziele	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	Revision	
A0.2 Schutzziele	IfcClassification		EditionDate	
A0.2 Schutzziele	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	H_Widerkehrperiode_funktional	
A0.2 Schutzziele	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	H_Hagelwiderstandsklasse_funktional_Req	Abgeleitet von der Widerkehrperiode
A0.3 Schutzkonzept aktuell	IfcClassification		EditionDate	Schutzkonzept aktueller als Grundlagedaten
A0.3 Schutzkonzept aktuell	IfcDocumentInformation		Purpose	Purpose = Schutzkonzept
A0.3 Schutzkonzept aktuell	IfcDocumentInformation		CreationTime	
A0.3 Schutzkonzept aktuell	IfcDocumentInformation		LastRevisionTime	

# Hochwasser: Gebäudeschutz teilweise mit gesetzlichen und normativen Vorgaben

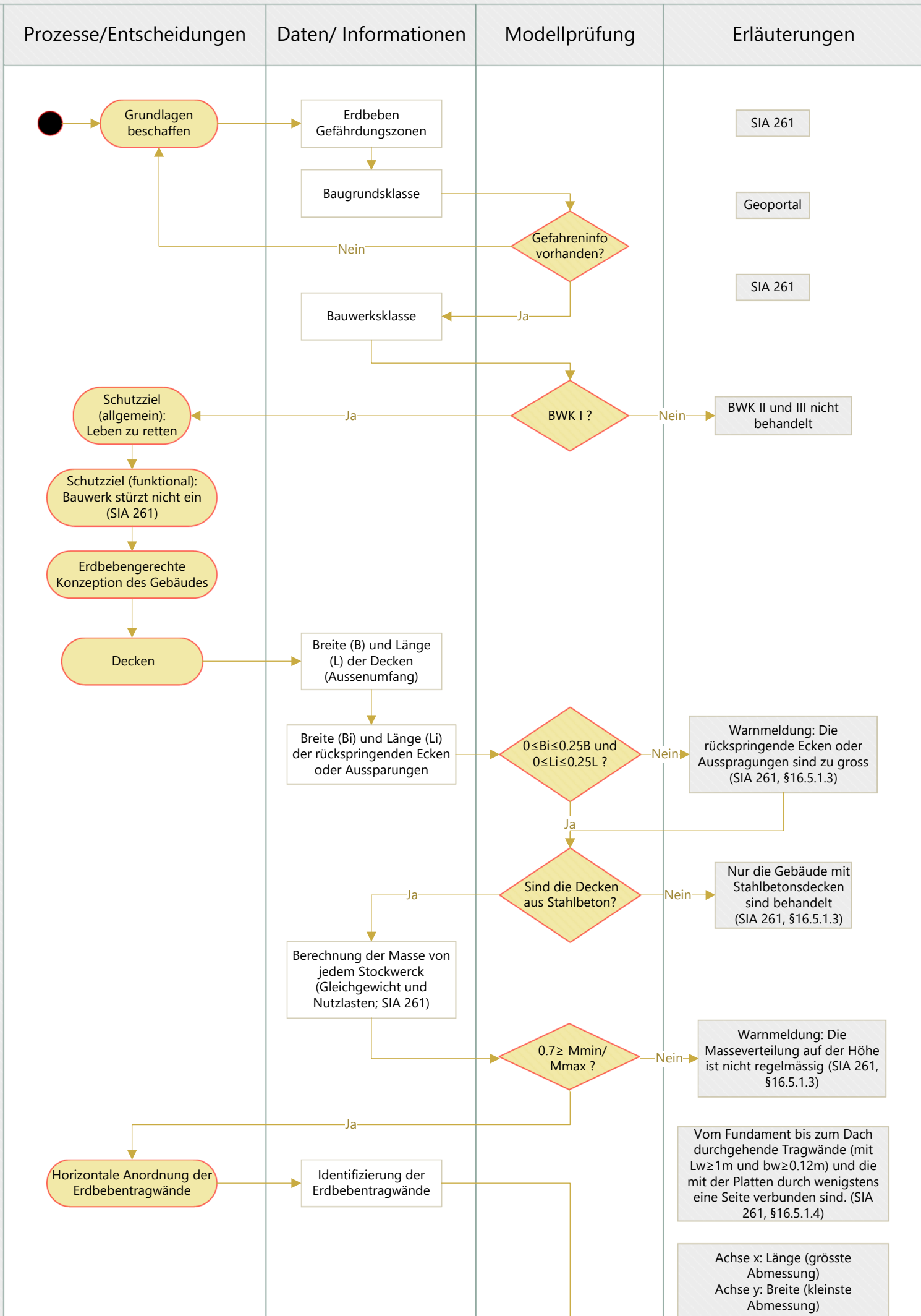


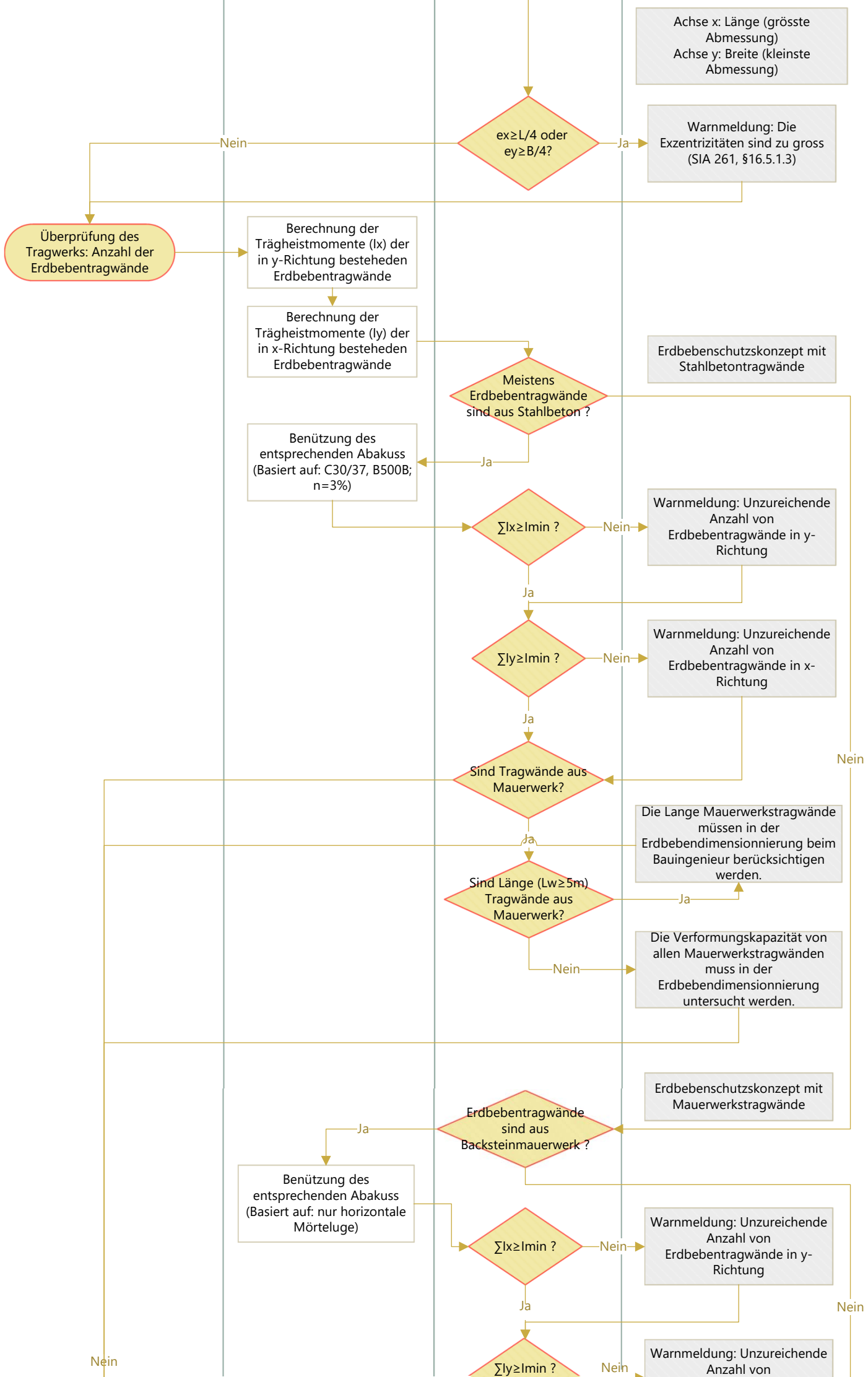
req.name	entity.name	pset.name	prop.name	notes
W0.1 Schutzziele (Personenrisiken)	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	W_Widerkehrperiode_Person	
W0.2 Schutzziele (Sachwertrisiken)	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	W_Widerkehrperiode_Sache	
W0.4 Geringes Risiko	IfcClassificationReference		Identification	oberflaechenabfluss-Starkregen-0_10cm_100 Years, hazard_area-water-not_in_danger, hazard_area-water-residual_hazard, hazard_area-water-slight,
W0.4 Geringes Risiko	IfcSite	CHVKF_NG_SchutzzielAnforderung	BWK	BWK = 1
W1.1.3 Überflutungsbereiche	IfcSpatialZone		ObjectType	ObjectType = CHVKF_NG_Ueberflutungsbereich_Req
W1.2.1 Aussenhülle dicht	IfcSpatialZone		Representation	Höhe an der Position von IfcFeatureElementSubtraction
W1.2.1 Aussenhülle dicht	IfcSite	alt_CHVKF_Schutzziele	Hochwasserkote	
W1.2.1 Aussenhülle dicht	IfcBuildingElement	PSet_[Entity]Common	IsExternal	IsExternal = True
W1.2.1 Aussenhülle dicht	IfcSpatialZone		ObjectType	ObjectType = CHVKF_NG_Ueberflutungsbereich_Req
W1.2.1 Aussenhülle dicht	IfcFeatureElementSubtraction		Representation	min Höhe der Geometrie: (Terrain+Kote)

# Erdbeben: Gebäudeschutz mit gesetzlichen und normativen Vorgaben



# Prozessschema und Modellprüfungen Erdbebenschutz





Achse x: Länge (grösste Abmessung)  
 Achse y: Breite (kleinste Abmessung)

Warnmeldung: Die Exzentrizitäten sind zu gross (SIA 261, §16.5.1.3)

Überprüfung des Tragwerks: Anzahl der Erdbeben tragwände

Berechnung der Trägheitsmomente (Ix) der in y-Richtung bestehenden Erdbeben tragwände

Berechnung der Trägheitsmomente (Iy) der in x-Richtung bestehenden Erdbeben tragwände

Meistens Erdbeben tragwände sind aus Stahlbeton?

Erdbebenschutzkonzept mit Stahlbetontragwände

Benützung des entsprechenden Abakuss (Basiert auf: C30/37, B500B; n=3%)

ΣIx ≥ Imin?

Warnmeldung: Unzureichende Anzahl von Erdbeben tragwände in y-Richtung

ΣIy ≥ Imin?

Warnmeldung: Unzureichende Anzahl von Erdbeben tragwände in x-Richtung

Sind Tragwände aus Mauerwerk?

Die Länge Mauerwerkstragwände müssen in der Erdbebendimensionierung beim Bauingenieur berücksichtigt werden.

Sind Länge (Lw ≥ 5m) Tragwände aus Mauerwerk?

Die Verformungskapazität von allen Mauerwerkstragwänden muss in der Erdbebendimensionierung untersucht werden.

Erdbeben tragwände sind aus Backsteinmauerwerk?

Erdbebenschutzkonzept mit Mauerwerkstragwände

Benützung des entsprechenden Abakuss (Basiert auf: nur horizontale Mörteluge)

ΣIx ≥ Imin?

Warnmeldung: Unzureichende Anzahl von Erdbeben tragwände in y-Richtung

ΣIy ≥ Imin?

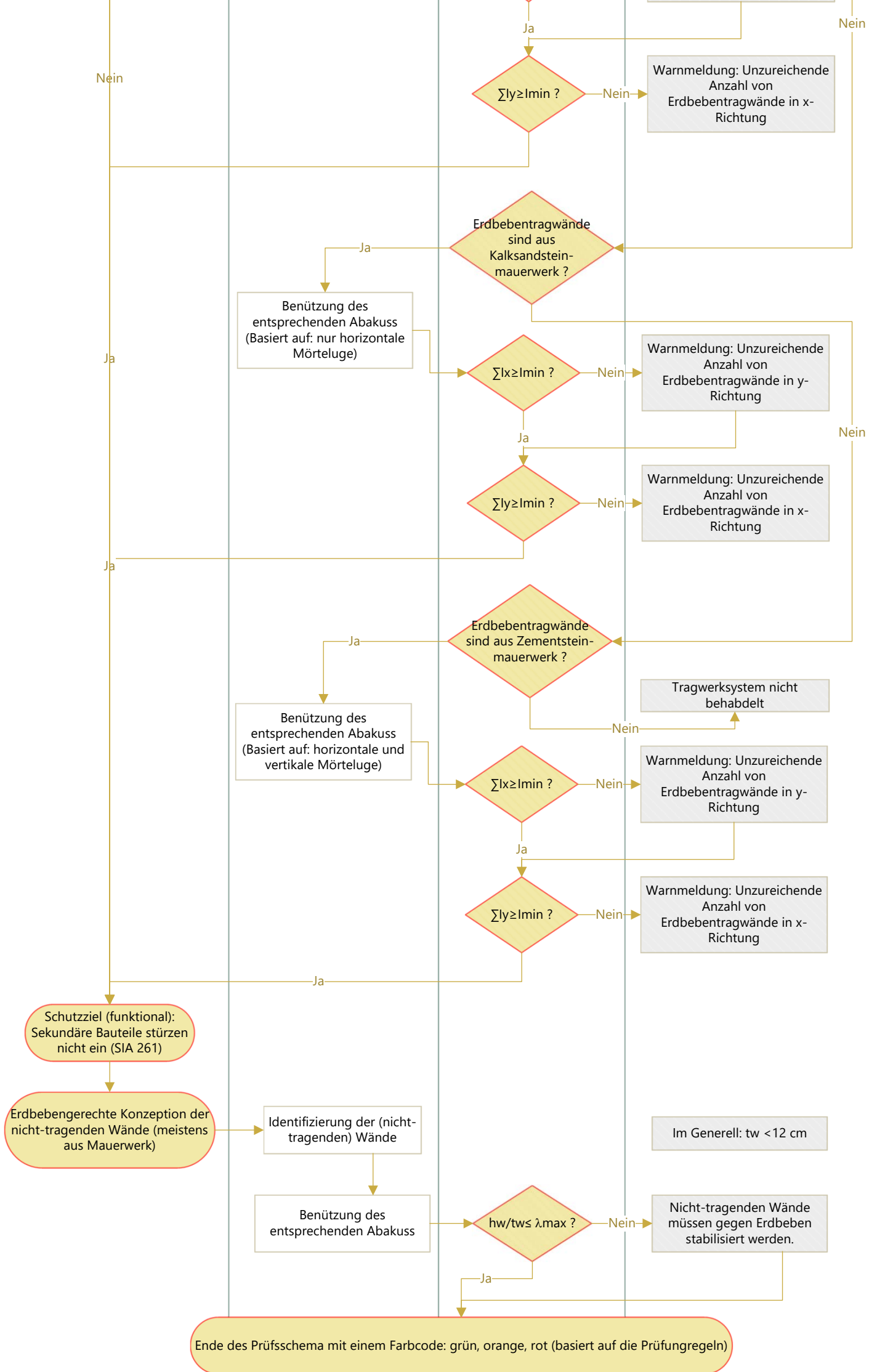
Warnmeldung: Unzureichende Anzahl von

Nein

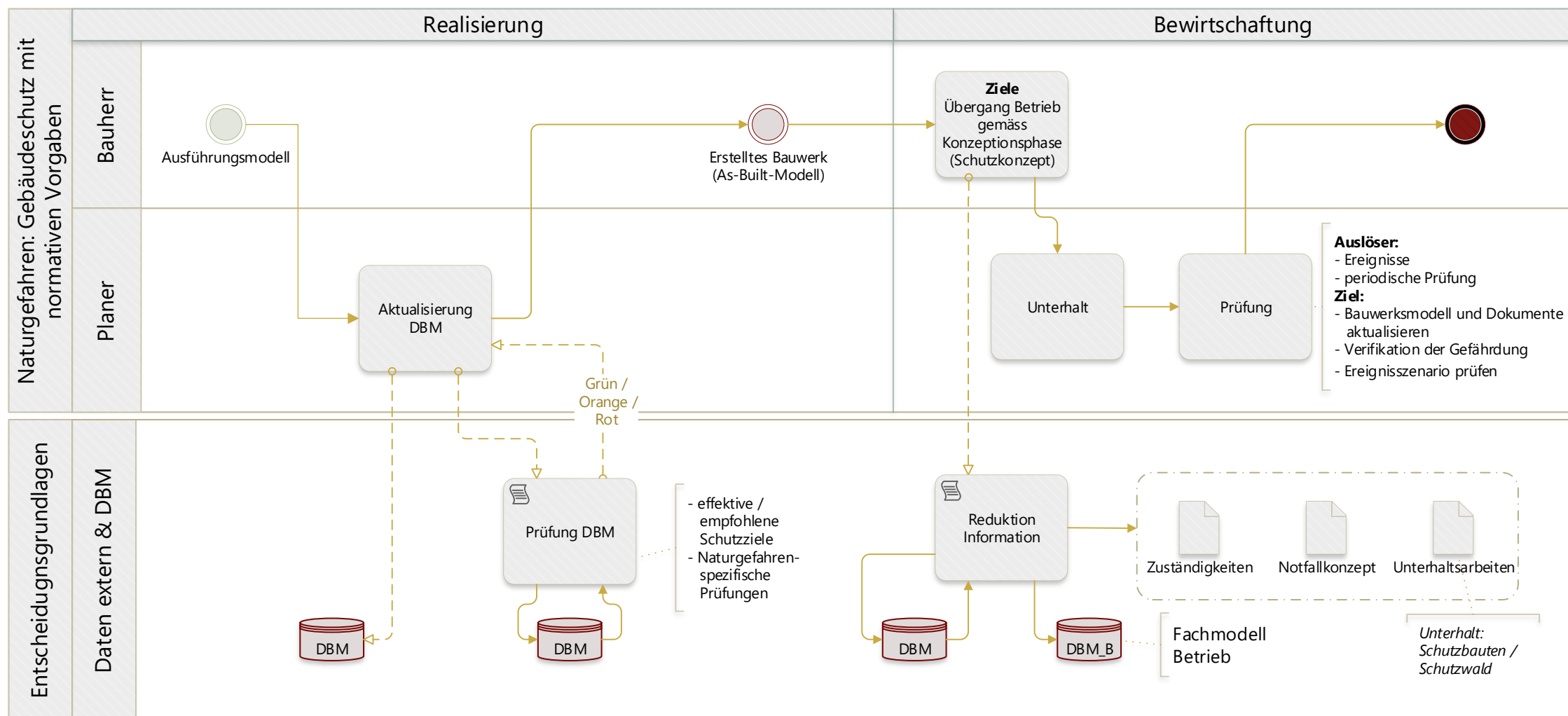
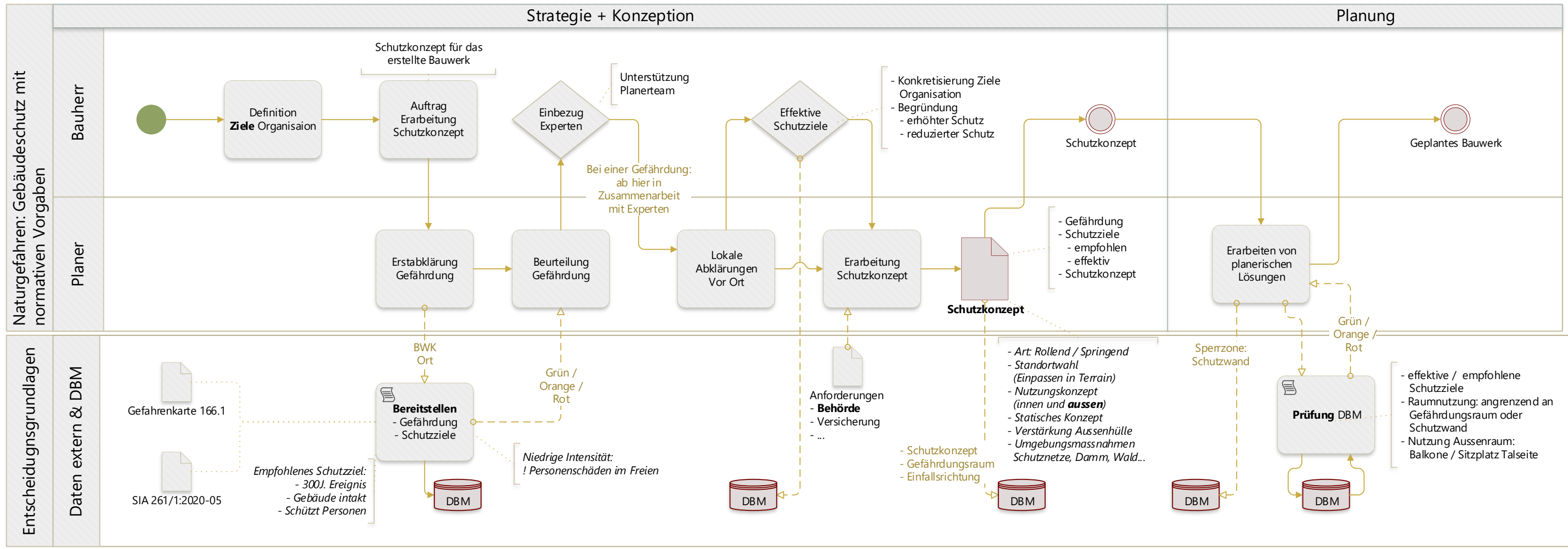
Nein

Nein





req.name	entity.name	pset.name	prop.name	notes
E1.1 Decken: Kompakte Grundrissform	IfcSlab	Qto_SlabBaseQuantities	Length	
E1.1 Decken: Kompakte Grundrissform	IfcSlab	Qto_SlabBaseQuantities	Width	
E1.1 Decken: Kompakte Grundrissform	IfcSlab		PredefinedType	Nur 1 IfcSlab pro Stockwerk erlaubt.
E1.1 Decken: Kompakte Grundrissform	IfcBuildingStorey		GlobalId	
E1.2 Decken: Stahlbeton	IfcSlab		PredefinedType	
E1.2 Decken: Stahlbeton	IfcMaterial		Category	Category = 'Stahlbeton'
E1.3 Geschossmasse	IfcBuildingStorey		GlobalId	
E1.3 Geschossmasse	IfcBuildingElement	Qto_[BuildingElement]BaseQuantities	NetWeight	Gewicht aller IfcBuildingElement pro Stockwerk.
E2.1 Horizontalsteifigkeit	IfcWall	Pset_WallCommon	LoadBearing	LoadBearing = True
E2.1 Horizontalsteifigkeit	IfcWall	Qto_WallBaseQuantities	NetWeight	Berechnung in x- und y-Richtung.
E2.1 Horizontalsteifigkeit	IfcWall		ObjectType	ObjectType='Schutzwand'
E3.1 / E 3.2.1 / E3.2.2 / E3.2.3 Materialart	IfcWall	Pset_WallCommon	LoadBearing	LoadBearing = True
E3.1 / E 3.2.1 / E3.2.2 / E3.2.3 Materialart	IfcMaterial		Category	Category = 'Stahlbeton' oder 'Backsteinsmauerwerk' oder 'Kalksandsteinsmauerwerk' oder 'Zementsteinsmauerwerk'
E3.1 / E 3.2.1 / E3.2.2 / E3.2.3 Materialart	IfcWall		ObjectType	
E3.1.1 / E 3.2.1.1 / E3.2.2.1 / E3.2.3.1 Trägheitsmoment X	IfcWall		ObjectType	
E3.1.1 / E 3.2.1.1 / E3.2.2.1 / E3.2.3.1 Trägheitsmoment X	IfcWall	Pset_WallCommon	LoadBearing	LoadBearing = True
E3.1.1 / E 3.2.1.1 / E3.2.2.1 / E3.2.3.1 Trägheitsmoment X	IfcWall	Qto_WallBaseQuantities	Height	
E3.1.2 / E3.2.1.2 / E3.2.2.2 / E3.2.3.1 Trägheitsmoment Y	IfcWall		ObjectType	
E3.1.2 / E3.2.1.2 / E3.2.2.2 / E3.2.3.1 Trägheitsmoment Y	IfcWall	Qto_WallBaseQuantities	Height	
E3.1.2 / E3.2.1.2 / E3.2.2.2 / E3.2.3.1 Trägheitsmoment Y	IfcWall	Pset_WallCommon	LoadBearing	LoadBearing = True
E3.1.3 Tragende Wände: Mauerwerk	IfcWall	Pset_WallCommon	LoadBearing	LoadBearing = True
E3.1.3 Tragende Wände: Mauerwerk	IfcMaterial		Category	
E3.1.4 Tragene Wände: Länge Mauerwerk	IfcWall	Pset_WallCommon	LoadBearing	LoadBearing = True
E3.1.4 Tragene Wände: Länge Mauerwerk	IfcWall	Qto_WallBaseQuantities	Length	
E4.1 Schlankheit nichttragende Wände	IfcWall	Qto_WallBaseQuantities	Width	
E4.1 Schlankheit nichttragende Wände	IfcWall	Pset_WallCommon	LoadBearing	LoadBearing = False
E4.1 Schlankheit nichttragende Wände	IfcWall	Qto_WallBaseQuantities	Height	



### Steinschlag

#### Legende

- Start- / Zwischen- / Endereignis
- Aufgabe
- Aufgabe automatisiert
- Gateway / Entscheidung
- Sequenzfluss
- Nachrichtenfluss

## Protection des bâtiments contre les instabilités rocheuses au moyen du BIM

### 1 Documents sources et considérations préliminaires

- Les règles/réflexions établies ici pour les instabilités rocheuses sont d'ordre conceptuel et ne sont dès lors applicables que pour les phases d'étude de faisabilité et d'avant-projet. Pour la phase de projet, une analyse devra être réalisée par un bureau d'ingénieur compétent.
- Les considérations émises dans ce rapport ne s'appliquent strictement qu'aux bâtiments d'habitation, administratifs et artisanaux normaux (ouvrages de classe CO I selon SIA 261). Les bâtiments abritant des infrastructures ayant une importance vitale (dits «lifeline»), comme les hôpitaux de soins intensifs, les casernes de pompiers, les garages d'ambulance, etc. (classe d'ouvrages CO III) ne sont pas couverts par ce projet. Ces installations doivent faire l'objet d'analyses particulières car leur fonctionnement doit être garanti même après un événement dommageable. En ce qui concerne les autres objets dits sensibles de par leur potentielle fréquentation par un nombre élevé de personnes (écoles, homes, salles de spectacle, stades, cinémas, théâtres, centres commerciaux, i.e. classe d'ouvrages CO II), ils feront également l'objet d'études spécifiques.
- Données de base :
  - Les cartes d'intensité indispensables pour connaître l'énergie des blocs/pierres susceptibles de toucher le bâtiment et ainsi le concevoir adéquatement. Elles sont établies par classe de probabilité d'occurrence annuelle (élevée, moyenne, faible, très faible) correspondant à des périodes de retour de 30 ans, 100 ans, 300 ans, >300 ans, respectivement (Figures A.5 à A.7).
  - Les cartes de danger qui en découlent (Figures A.8) servent à délimiter les zones de danger dans les plans d'affectation et à formuler les conditions pour l'octroi de permis de construire. De telles dispositions particulières (e.g. exigences constructives, limitation d'usage) sont fixées dans le règlement de construction et d'urbanisme ; elles dépendent du niveau de danger.
- Seuils d'intensité (énergie) retenus par la Confédération pour les instabilités rocheuses (OFEV, 2016) :
  - Une énergie de 30 kJ peut encore être absorbée par une traverse de chemin de fer en chêne.
  - Une énergie de 300 kJ peut encore être absorbée par une paroi en béton fortement armé.
  - Une énergie supérieure à 300kJ ne peut pas être absorbée par un mur standard en béton armé
- Types de dommages aux bâtiments et leurs occupants en fonction de l'énergie d'impact (OFEV, 2016) :
  - Lorsque l'intensité est **forte** ( $E > 300$  kJ), l'impact de pierres et de blocs occasionne de graves dommages. De grosses fissures dans les éléments porteurs des bâtiments et des trous dans les parois en maçonnerie ou dans la toiture peuvent causer leur effondrement partiel ou total. Les personnes et les animaux sont fortement menacés, même à l'intérieur des bâtiments, et en danger de mort en cas d'effondrement. Les réparations sont très coûteuses. Les dommages structurels sont souvent si graves que l'évacuation et la démolition des bâtiments sont inévitables. Les infrastructures superficielles (p. ex routes ou lignes électriques) risquent d'être endommagées directement et coupées par des processus de chute.
  - Lorsque l'intensité est **moyenne** ( $30$  kJ  $< E < 300$  kJ), l'impact de pierres occasionne d'importants dommages aux parois, selon leurs caractéristiques, mais sans compromettre la stabilité des bâtiments (pour autant qu'ils aient été conçus en conséquence). Les portes sont fortement endommagées ou détruites. Les personnes et les animaux ne sont pas en grand danger à l'intérieur des bâtiments. Les dommages affectent la qualité de l'habitat. Les réparations sont généralement réalisables à un coût raisonnable. Les routes et les conduites superficielles peuvent être endommagées et coupées momentanément.
  - Lorsque l'intensité est **faible** ( $E < 30$  kJ), les pierres et les blocs peuvent perforer des parois en maçonnerie. Les personnes et les animaux ne sont généralement pas en danger à l'intérieur des bâtiments, mais ils le sont à l'extérieur. Un impact à la tête peut être fatal.

- Les plages énergétiques et dommages associés présentés ci-dessus sont tirés des publications (OFEV, 2016) et (Egli, 2005) et sont ceux qui seront retenus dans le cadre de cette recherche. Cependant, il convient de garder à l'esprit que, selon les connaissances scientifiques actuelles (encore lacunaires), la vulnérabilité du bâti à l'impact de blocs rocheux peut être plus grande que celle énoncée et qu'elle dépend de facteurs autres que la seule énergie du bloc.
- Conséquences des différents degrés de danger dans le cadre de la procédure d'octroi de permis de construire et sur l'établissement des règlements des constructions et des zones (OFEV, 2016) :
  - Zone rouge : interdiction de toute nouvelle construction ainsi que de l'agrandissement de bâtiments ou installations existantes.
  - Zone bleue : l'autorisation de construire est subordonnée à certaines conditions : celles-ci peuvent être de divers types : (i) imposition de restrictions d'affectation, (ii) exigences relatives à l'agencement, à l'aménagement et éventuellement à l'équipement des bâtiments et des installations, (iii) édicton de prescriptions détaillées concernant diverses mesures de protection (fonction de l'intensité du danger).
  - Zone jaune et hachuré jaune/blanc : formulation de recommandations de mesures applicables pour prévenir les dommages (en collaboration avec les assurances). Dans certains cantons, comme celui du Valais, les exigences en zone jaune sont plus élevées que de simples recommandations, avec la nécessité de proposer également des mesures de protection individuelles.
- Il est clairement spécifié dans (OFEV, 2016) que les mesures listées ci-dessus doivent être appliquées non seulement par les aménagistes et les autorités cantonales et communales chargées de l'examen des dossiers et de l'octroi des autorisations, mais aussi par les autres protagonistes comme les assurances, les architectes, les ingénieurs, les unités d'intervention, etc., en particulier lorsque les mesures concernées ne relèvent pas de l'aménagement du territoire.
- Parmi les conditions et mesures qui peuvent être édictées dans le cadre de la procédure d'octroi de permis de construire, le tableau 7 du document « Protection contre les dangers dus aux mouvements de terrain » (OFEV, 2016) renseigne pour les chutes de pierres et de blocs :
  - Des restrictions d'utilisation et conditions :
    - Interdire les pièces habitables (chambres à coucher, salles de séjour, etc.), les balcons et les terrasses dans les parties du bâtiment les plus exposées, afin de diminuer les risques encourus par les personnes ;
    - Placer les locaux abritant des appareils ou du matériel, les caves, les couloirs de liaison, etc., du côté exposé au danger (occupation de courte durée).
  - Des mesures de construction appliquées au bâtiment :
    - Implanter et orienter judicieusement le bâtiment par rapport à la source du danger.
    - Agencer le bâtiment et l'adapter au terrain de manière à ce que quelques pièces seulement soient exposées (objectif : abaisser la probabilité d'impacts directs).
    - Concevoir le sous-sol et le rez-de-chaussée sous la forme de caissons monolithiques rigides en béton armé.
    - Renforcer les parois extérieures exposées (béton armé ou coffrage avec matériaux amortisseurs) de façon à résister à la sollicitation dynamique.
    - Aménager des remblais de protection, murs, digues ou étraves.
    - Éviter les ouvertures dans les parties exposées du bâtiment, notamment pour des fenêtres et des portes, ou leur donner la plus petite taille possible et les renforcer.
  - Pour les abords et accès : interdire les accès ainsi que les aires de jeu et de séjour extérieures dans les secteurs les plus exposés.

## 2 Récolte des données de base

### 2.1 Données relatives à l'aléa

- cartes de danger CPB (Figures A.1, A.2, A.4 et A.8)
- cartes d'intensité CPB, en particulier celle relative à une période de retour de 100 ans ( $Tr=100$ )
- cadastre des événements CPB sur la zone en question
- carte détaillée des phénomènes CPB sur la zone en question
- études trajectographiques, dans la mesure du possible
  - trajectoires suivies par les blocs
  - hauteur de rebond des blocs
  - énergie des blocs au point considéré pour l'implantation du bâtiment (cette information est normalement redondante avec celle reportée sur les cartes d'intensité)

### 2.2 Données relatives à l'ouvrage

- localisation de la parcelle
- implantation et orientation du bâtiment
- classe d'ouvrage et utilisation prévue par le MO (e.g. précisée dans la convention d'utilisation)
- aménagements extérieurs prévus par le MO (terrasse, accès, aires de jeu, jardin)
- objectifs de protection

### 2.3 Prescriptions réglementaires

Prescriptions/recommandations fédérales, cantonales et communales pouvant porter sur :

- restrictions d'affectation et/ou d'utilisation, p. ex. logement pour maximum 6 personnes, habitation secondaire dont l'occupation est limitée à certaines périodes de l'année.
- implantation et/ou orientation du bâtiment.
- exigences relatives à l'agencement et à l'aménagement des bâtiments, p. ex. interdiction des pièces habitables (chambres à coucher, salles de séjour, etc.), des balcons et des terrasses dans les parties du bâtiment les plus exposées au danger (afin de diminuer les risques encourus par les personnes).
- réglementation, voire interdiction, des portes et fenêtres dans les parties exposées du bâtiment.
- mesures constructives édictées pour l'ouvrage, p. ex. structure monolithique, parois exposées en béton armé dimensionnées pour résister à la sollicitation dynamique.
- mesures de protection passives juste en amont, voire au-dessus, de l'ouvrage (fonction de l'intensité du danger) ; p.ex., en fonction de l'énergie d'impact, remblai ou couche de matériau amortisseur (sol avec/sans géotextile), parement en gabions ou en bois, barrières rigides...

## 3 Définition des objectifs de protection

### 3.1 Classe d'ouvrage

- CO 1 → dans le cadre de ce projet
- CO 2 ou CO 3 → hors cadre de ce projet

### 3.2 Localisation parcelle et bâtiment sur carte de danger CPB

- parcelle entièrement en zone rouge → interdiction de construire
- parcelle partiellement en zone rouge → implantation du bâtiment en zone jaune (si existe) ou en zone bleue (à défaut)

- bâtiment en zone bleue → autorisation de construire subordonnée à des prescriptions cantonales/communales (consultation nécessaire des règlements de construction et d'urbanisme au niveaux cantonal et communal) + détermination des éventuelles exigences particulières définies par les compagnies d'assurance.
- bâtiment en zone jaune → consultation des recommandations, voire prescriptions dans certains cas, des mesures applicables pour prévenir les dommages (règlements de construction et d'urbanisme au niveaux cantonal et communal) + détermination des éventuelles exigences particulières définies par les compagnies d'assurance.

### 3.3 Précision de l'objectif de protection sur la base des cartes d'intensité CPB

- Selon la matrice des objectifs de protection préconisée au niveau fédéral (ARE et al., 2005 ; Figure A.3), avec éventuelle adaptation au niveau cantonal (Figure A.4), les zones d'habitation (catégorie d'objets 3.2) doivent être protégées complètement pour les événements d'une période de retour inférieure ou égale à 100 ans. Par contre, des événements de faible intensité sont acceptables s'ils ont une période de retour comprise entre 100 et 300 ans.
- si le bâtiment est en zone d'intensité faible ( $E < 30$  kJ) sur la carte relative à une période de retour de 300 ans uniquement, les événements sont théoriquement acceptables et il n'y a pas d'objectif de protection ;
- si le bâtiment est en zone d'intensité moyenne ( $30 \text{ kJ} < E < 300 \text{ kJ}$ ) sur la carte relative à une période de retour de 300 ans, l'objectif est de le protéger contre des événements d'une intensité de 300 kJ (zone bleu foncé sur le Canton de Vaud) ;
- si le bâtiment est en zone d'intensité faible ( $E < 30$  kJ) sur la carte relative à une période de retour de 100 ans, l'objectif est de le protéger contre des événements d'une intensité de 30 kJ (zone bleu clair sur le Canton de Vaud) ;
- Pour un bâtiment remplissant deux de ces conditions, c'est l'objectif de protection le plus élevé qui prévaut.
- Rem. si le bâtiment est en zone d'intensité élevée ( $E > 300$  kJ) sur la carte relative à une période de retour de 300 ans, il est forcément en zone de danger rouge et la construction est interdite ;

### 3.4 Précision de l'objectif de protection sur la base de la trajectoire des blocs

- Sur la base des études trajectographiques réalisées et/ou des observations faites sur la parcelle étudiée (dans l'idéal répertoriées dans le cadastre des événements et/ou reportées sur la carte détaillée des phénomènes), détermination des principales caractéristiques des trajectoires suivies par les blocs et pierres : à savoir leur axe de propagation en plan et leur hauteur de vol.
- La direction de propagation en plan des blocs ne conditionne pas au sens strict l'objectif de protection général du bâtiment dans son ensemble, mais bien celui de la (des) paroi(s) extérieure(s) du bâtiment exposées(s) au danger (i.e. objectif de protection spécifique). A défaut d'information sur les axes de propagation, si le versant présente une topographie relativement homogène, il est raisonnable de considérer des trajectoires orientées de +/- 15° par rapport à la direction de la droite de plus grande pente du versant.
- De façon analogue, la hauteur de vol ne conditionne pas l'objectif de protection général du bâtiment dans son ensemble, mais permet de préciser quels étages sont potentiellement exposés au danger et dès lors doivent faire l'objet d'une protection (objectif de protection spécifique).

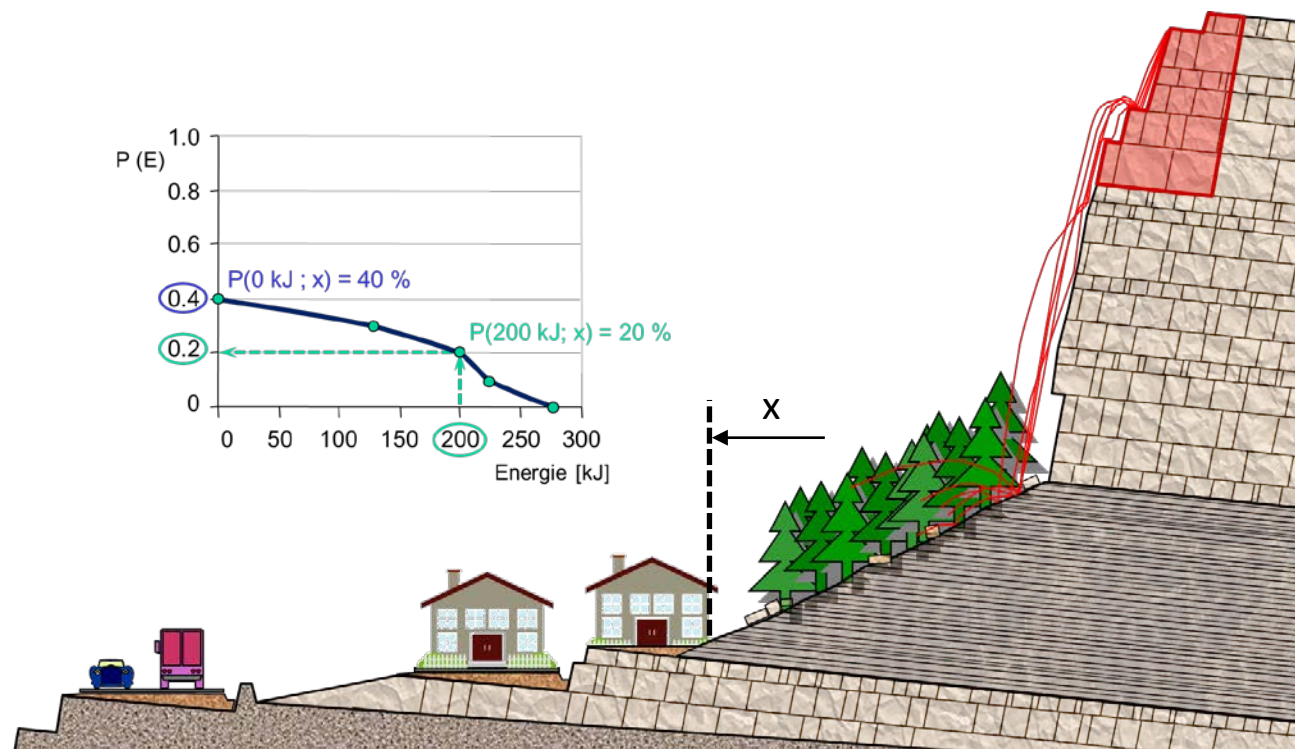
### 3.5 Synthèse et fixation des objectifs de protection effectifs

Le planificateur et le maître d'ouvrage définissent des objectifs de protection effectifs pouvant, moyennant justification, s'écarter des recommandations supérieures définies dans la matrice en usage dans le canton.

## 4 Risque associé aux chutes de blocs et de pierres

Equation générale du risque associé aux chutes de blocs et pierres (d'après e.g. Corominas, Mavrouli, 2013) :

$$R = \lambda(M_i) \cdot P(X; M_i; E_j) \cdot P_{\text{impact}}(M_i; E_j; H_j) \cdot P(T; X) \cdot V(M_i; E_j) \cdot C$$



avec :

$R$  : risque [CHF] ou perte en vies humaines attendue en raison des chutes de blocs

$\lambda(M_i)$  : fréquence de départ des chutes de blocs de masse  $M_i$

$P(X, M_i, E_j)$  : probabilité qu'un bloc de masse  $M_i$  atteigne l'abscisse  $X$  du bâtiment avec une énergie  $E_j$

$P_{\text{impact}}(M_i)$  : ou  $P_{\text{impact}}(M_i, E_j, H_j)$  : probabilité que le bloc de masse  $M_i$  qui atteint l'abscisse  $X$  où se trouve implanté le bâtiment impacte effectivement celui-ci. Cette probabilité d'impact du bâtiment est introduite dans l'équation du risque pour tenir compte des éventuelles mesures planifiées au droit du bâtiment afin qu'il soit moins, voire pas, impacté par les blocs atteignant l'abscisse  $X$ . On aura  $P_{\text{impact}}(M_i, E_j, H_j) = 1$  en l'absence de mesure ou si celle-ci est totalement inefficace, et à l'opposé  $P_{\text{impact}}(M_i, E_j, H_j) = 0$  pour une mesure parfaitement efficace. L'efficacité de la mesure planifiée dépend de sa capacité d'absorption d'énergie ( $> E_j$ ) et de sa hauteur ( $> H_j$ ).

$P(T, X)$  : probabilité spatio-temporelle de présence (exposition) de l'élément à risque au point  $X$ . Si l'élément à risque est un bâtiment, sa probabilité spatio-temporelle est de 1 ; s'il s'agit de personnes, leur exposition est égale à leur probabilité de présence à l'endroit considéré.

$V(M_i, E_j)$  : vulnérabilité de l'élément à risque à l'impact d'un bloc de masse  $M_i$  avec une énergie  $E_j$ . S'il s'agit d'une personne à l'extérieur d'un bâtiment, la conséquence est généralement létale et la vulnérabilité vaut 1 ; si la personne se trouve à l'intérieur du bâtiment, sa vulnérabilité est liée à celle de l'élément du bâtiment qui est impacté par le bloc.

$C$  : valeur de l'élément à risque [CHF] ou nombre de personnes présentes à l'abscisse  $X$ , que ce soit à l'extérieur ou à l'intérieur d'un bâtiment.



Le produit des termes  $\lambda(M_i)$  et  $P(X, M_i, E_j)$  représentent l'aléa,  $P(T, X)$  l'exposition et  $V(M_i, E_j)$  la vulnérabilité. Si plusieurs tailles de blocs ou zones de départ menacent des personnes ou un bâtiment, il est nécessaire de sommer tous les risques.

Le risque peut être réduit en diminuant, voire annulant, l'un ou l'autre des facteurs du produit. Divers concepts de protection sont donc envisageables. Ils sont détaillés ci-après et mis en relation avec le facteur du produit qu'ils modifient.

## 5 Concept de protection

### 5.1 Eviter/réduire l'aléa

Les mesures de réduction de l'aléa sont généralement collectives et prises en dehors de la parcelle à bâtir.

- Stabilisation des blocs dans la zone de départ → réduction du facteur  $\lambda(M_i)$ . Pour un propriétaire, cette option n'est envisageable que si la falaise se trouve sur la parcelle à bâtir.
- Interception des blocs dans leur course afin qu'ils n'atteignent pas l'abscisse où sera implanté le bâtiment → réduction du facteur  $P(X, M_i, E_j)$ . Ici aussi, cette option n'est envisageable à titre individuel que sur la parcelle à bâtir.
- Des mesures collectives en falaise ou dans la zone de propagation peuvent également être envisagées, mais elles ne sont pas du ressort du propriétaire d'une seule parcelle.

### 5.2 Modification de l'aléa au droit de l'ouvrage

Plusieurs mesures permettent d'abaisser la probabilité d'impact  $P_{\text{impact}}(M_i, E_j, H_j)$  des blocs sur le bâtiment :

- Le bâtiment sera implanté sur la parcelle en dehors des éventuels axes préférentiels de propagation (observés, répertoriés, cartographiés ou calculés).
- Toutes autres choses étant égales, la probabilité d'impact d'un bâtiment par des blocs ou des pierres est directement proportionnelle à la longueur de la (des) façade(s) exposée(s). Les petits côtés doivent donc être orientés perpendiculairement aux trajectoires des blocs et les grands côtés parallèlement ; à savoir en général parallèlement aux courbes de niveau pour les premiers et perpendiculairement à celles-ci pour les seconds.
- Les blocs rebondissant et volant jusqu'à une hauteur  $H_j$  au-dessus du terrain naturel au droit de l'abscisse  $X$ , il est envisageable de modifier l'implantation verticale du bâtiment sur le terrain afin de minimiser, voire réduire à zéro la surface potentielle d'impact des blocs sur le bâtiment. Si les blocs ont plutôt une propagation par roulement et glissement, une position haute du bâtiment est conseillée. Si par contre les blocs ont une propagation beaucoup plus aérienne (succession de vols et rebonds), il est recommandé d'enterrer partiellement, voire totalement, le bâtiment dans le versant afin de réduire la surface sujette à impact à l'amont. Les concepts de protection extrêmes, et plutôt théoriques, consistant à ériger le bâtiment au-dessus de la hauteur de passage  $H_j$  des blocs, ou au contraire à l'enterrer complètement (concept de toit-terrain selon AEAI 2005), permettent certes de réduire la probabilité d'impact sur le bâtiment à zéro, mais ne solutionnent en rien les risques pour les espaces extérieurs.
- En complément ou non des mesures listées ci-dessus, il est fortement conseillé d'envisager l'implantation de mesures de protection juste en amont de l'ouvrage à protéger. Il peut s'agir de barrières, murs, gabions, remblais ou massifs (en enrochement, terrain meuble ou autre matériau amortisseur), éventuellement renforcés de géotextiles pour une plus grande capacité énergétique et une plus faible emprise au sol. Lors du choix et de la conception de la mesure, on sera attentif aux points suivants :

- privilégier un emplacement légèrement en amont du bâtiment plutôt qu'un dépôt contre la paroi extérieure exposée. On évite ainsi de devoir dimensionner la paroi amont du bâtiment pour des sollicitations horizontales statique (poussée des terres) et dynamique exercée lors de l'impact (même si amorti).
- privilégier des systèmes souples (remblais, gabions) à des systèmes rigides (barrières, murs en BA). Leur capacité d'absorption d'énergie est bien plus grande et ils gardent en général une capacité résiduelle après impact. Attention cependant à l'utilisation de systèmes du type filets de protection car les distances de freinage des blocs sont très grandes, même pour des énergies moyennes.
- concevoir correctement la mesure de protection pressentie pour une interception efficace des blocs : capacité d'absorption d'énergie suffisante ( $> E_j$ ), hauteur suffisante ( $>$  hauteur de vol des blocs  $H_j$  + hauteur de garde), raidissement suffisamment important du parement amont ( $\geq 60^\circ$ ) pour éviter le franchissement par roulement.
- réfléchir à étendre latéralement la mesure de protection afin de sécuriser les espaces extérieurs au bâtiment et ainsi les personnes sur une majeure partie de la parcelle. Cette extension latérale permet également de protéger les parois latérales du bâtiment.
- s'assurer que la mesure n'est pas susceptible d'induire un autre danger : e.g. glissement de terrain, rétention d'eau à l'amont avec risque d'érosion, inondation ou coulée de boue.
- s'assurer que la surveillance et la maintenance de la mesure, voire sa réhabilitation après endommagement, seront possibles afin de garantir la pérennité de son action de protection.

### 5.3 Acceptation de l'aléa – réduction du taux d'exposition des personnes (voire du nombre à risque)

Les mesures ci-après visent à réduire le risque encouru par les personnes via une occupation raisonnée du bâtiment et de la parcelle. On modifie la probabilité spatio-temporelle  $P(T, X)$  de présence d'une personne à un endroit susceptible d'être atteint par des blocs.

- S'assurer qu'il n'existe pas de prescriptions cantonales et/ou communales limitant l'occupation du bâtiment et de la parcelle à un nombre maximum de personnes ou à certaines périodes de l'année (e.g. pour des habitations secondaires).
- Lorsqu'un individu est touché par un bloc ou une pierre, l'issue est généralement fatale, quelle que soit l'énergie. Les personnes sont donc bien plus en danger à l'extérieur du bâtiment qu'à l'intérieur de celui-ci (à moins qu'une mauvaise conception conduise à son effondrement, cf. point 4). Dès lors, en l'absence de mesure de protection sur la partie amont de la parcelle (cf. point 2 ci-dessus), il convient de restreindre les aires de séjour et d'accès extérieures (terrasses, places de jeux, parking) aux parties de la parcelle qui sont les moins exposées, en particulier la zone située en contre-bas (à l'aval) du bâtiment car elle est partiellement protégée par ce-dernier. L'emplacement des balcons devrait suivre une règle analogue, bien qu'elle puisse être assouplie s'ils se situent plus haut que les hauteurs de passage  $H_j$  des blocs.
- Lorsqu'une personne se trouve à l'intérieur du bâtiment, le risque qu'elle encourt est beaucoup plus faible et est fonction de la capacité d'énergie absorbable par l'élément de structure ou de paroi menacé par les blocs. Afin de réduire le risque en cas de défaillance du mur amont, il est conseillé, et souvent prescrit dans les règlements cantonaux/communaux, d'agencer les pièces du bâtiment de telle sorte que les parties les plus exposées au danger soient réservées aux utilisations les plus brèves (i.e. occupation de courte durée) : locaux de stockage, caves, buanderie, couloirs de liaison, salles d'eau. Les pièces habitables (chambres à coucher, salles de séjour, etc.) seront ainsi disposées dans les zones moins exposées. Il est à noter que les zones exposées peuvent différer d'un étage à l'autre : les étages enterrés ainsi que ceux se trouvant au-dessus des trajectoires des blocs ne sont pas exposés, sauf en cas d'effondrement partiel ou total du bâtiment (cf. point 4).

#### 5.4 Acceptation de l'aléa – réduction de la vulnérabilité

Si aucune mesure n'est prise en amont pour intercepter (voire dévier) les blocs et éviter qu'ils impactent le bâtiment, il est indispensable de le concevoir pour réduire autant que faire se peut sa vulnérabilité et surtout le risque pour les occupants. La conception et les mesures constructives doivent permettre, avant tout d'éviter un effondrement partiel ou total du bâtiment suite à l'impact et la rupture d'un élément de la structure porteuse, mais également d'empêcher un poinçonnement de son enveloppe extérieure par des blocs, qui pourraient ainsi atteindre des personnes. Selon les prescriptions de construction édictées aux niveaux cantonal et/ou communal (e.g. conception monolithique, renforcement des parois extérieures exposées, limitation ou interdiction des ouvertures) ou en complément de celles-ci, on sera attentif aux points qui suivent.

Pour la structure porteuse, il s'agit d'éviter que la rupture d'un élément porteur vertical (poteau, mur) ou d'un élément porteur horizontal (poutre, dalle) n'induisse un effondrement sur les occupants. Il faut :

- Favoriser une conception du rez-de-chaussée et des éventuels étages soumis aux chutes de blocs sous la forme de caissons monolithiques rigides en béton armé. Il en est de même pour le sous-sol qui, bien que non impacté par les blocs, devra reporter les efforts aux fondations.
- A défaut, une structure porteuse hyperstatique et ductile pourrait être envisagée, avec des dalles portant dans les deux sens et un (des) mur(s) de refend perpendiculaires au mur amont.
- Eviter une conception isostatique ou fragile, tant dans les plans verticaux qu'horizontaux (e.g. utilisation de poutres ou d'éléments préfabriqués de type hourdis ou prédalles portant essentiellement dans une direction).

Le rôle de l'enveloppe extérieure est de garantir la sécurité des gens à l'intérieur du bâtiment. Il s'agit d'éviter une pénétration des blocs dans le bâtiment, que ce soit par des ouvertures ou par perforation (poinçonnement) des parois. Des exigences/recommandations s'appliquent à toutes les façades susceptibles d'être impactées par les blocs (jusqu'à une hauteur correspondant à la hauteur de vol), mais peuvent être nuancées selon qu'il s'agisse de la façade côté amont qui est directement exposée au danger ou des façades latérales qui sont potentiellement moins touchées et moins sollicitées. Par ailleurs, si la hauteur de vol des blocs est telle qu'un impact est possible en toiture, des règles identiques de conception devront être prescrites pour la dalle de toiture. Par contre, aucune restriction particulière n'est à prévoir pour la façade située côté aval. Les exigences/recommandations sont les suivantes :

- Pour tous les niveaux susceptibles d'être atteints par des blocs, interdiction des ouvertures (fenêtres et portes) dans la façade amont, réduction de leur taille et renforcement par des croisillons en acier dans les façades latérales.
- Conception adéquate des parois extérieures exposées en fonction de l'énergie d'impact (pour rappel : basse énergie si  $E_j < 30$  kJ et moyenne énergie si  $30$  kJ  $< E_j < 300$  kJ). Selon l'état des connaissances, les conseils suivants peuvent être émis :
  - maçonnerie : à proscrire tant pour les faibles que les moyennes énergies
  - madriers en bois : envisageable pour faible énergie, inadéquat pour moyenne énergie
  - voile en béton armé de 20 cm d'épaisseur et armature minimale : envisageable pour faible énergie, inadéquat pour moyenne énergie
  - voile en béton armé de 30 cm d'épaisseur et double nappe d'armatures : adéquat pour faible énergie, envisageable pour moyenne énergie
  - voile en béton fortement armé avec nappes d'armatures dans les deux sens porteurs et des armatures d'effort tranchant : adéquat pour faible et moyenne énergies
- Liaison adaptée de ces parois à la structure porteuse pour une reprise adéquate de la réaction lors de l'impact. Cette réaction est principalement horizontale et temporairement négative (traction).

## 6 Implémentation dans le BIM

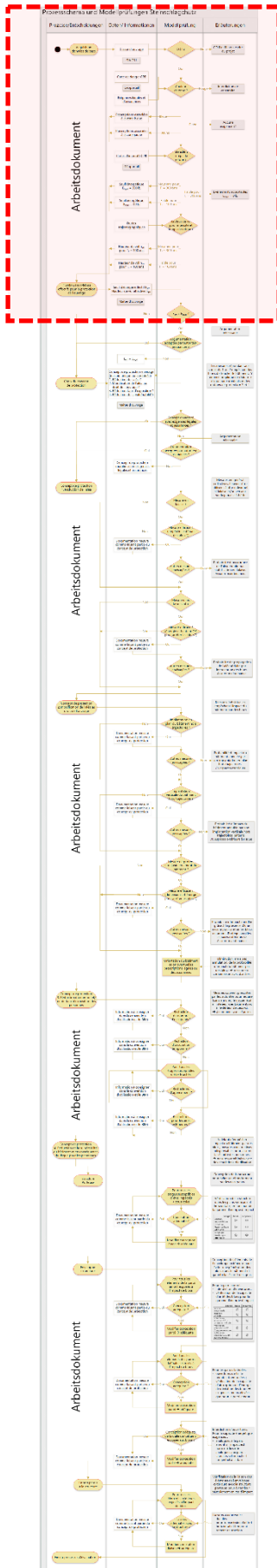
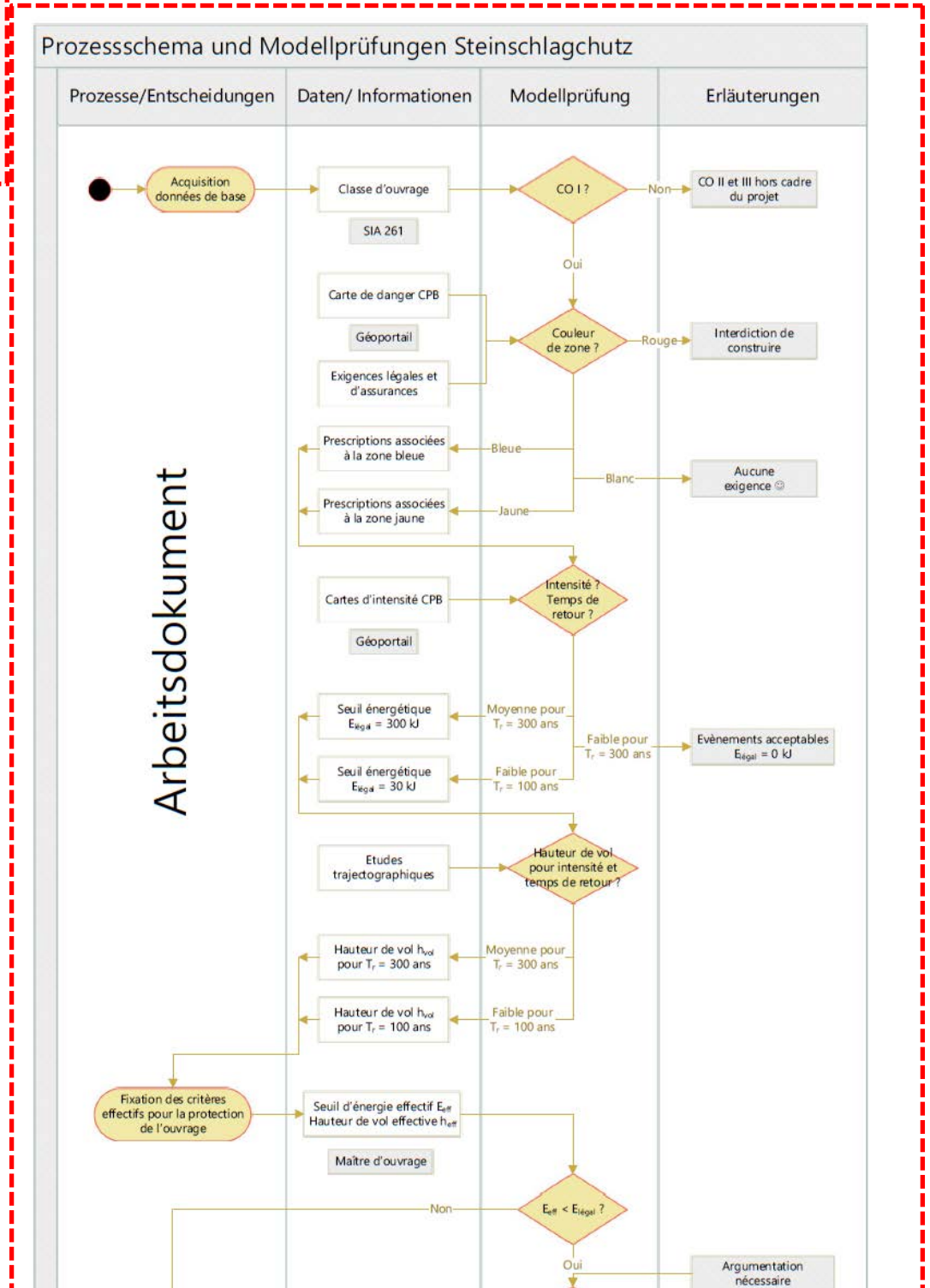


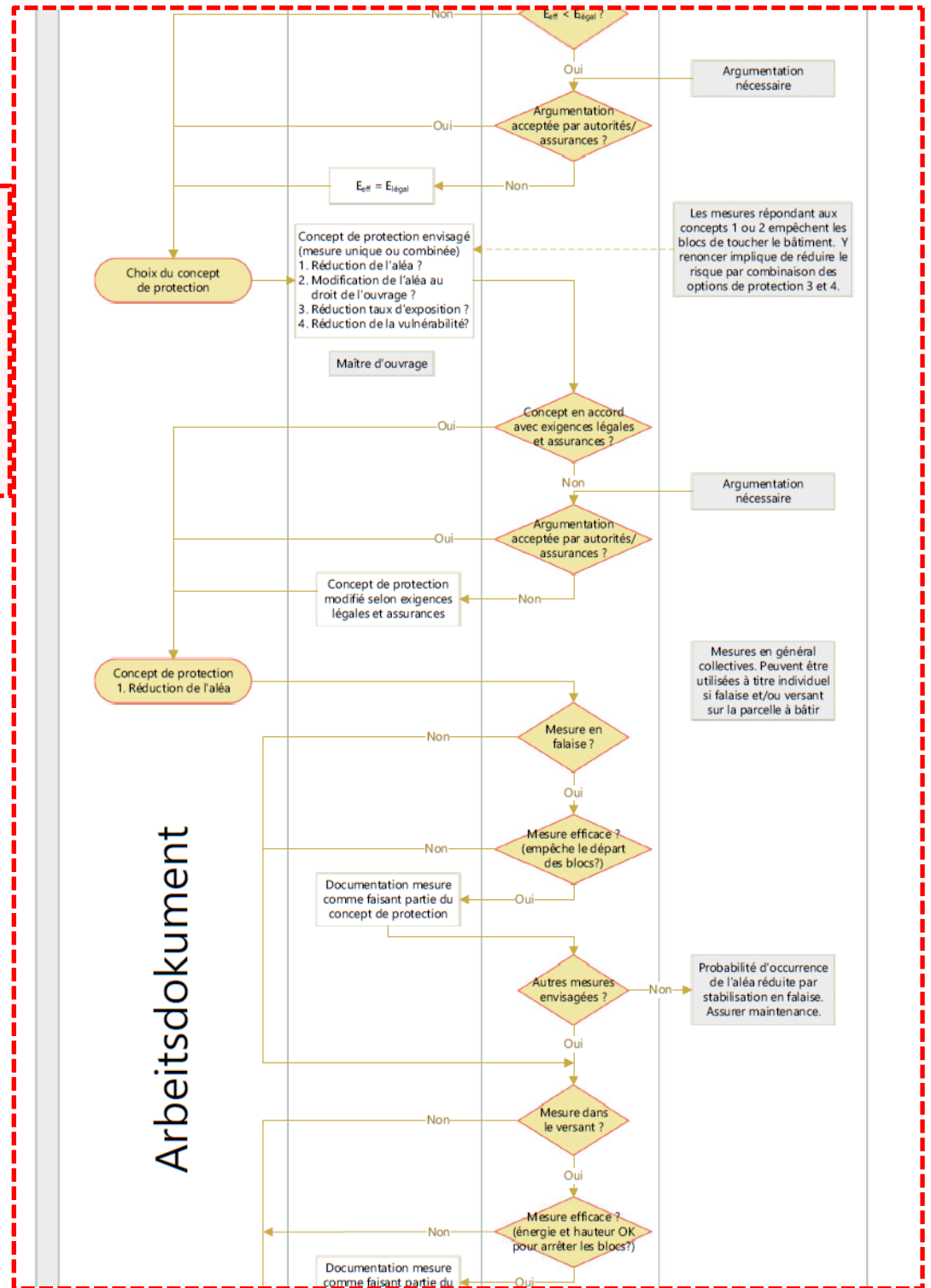
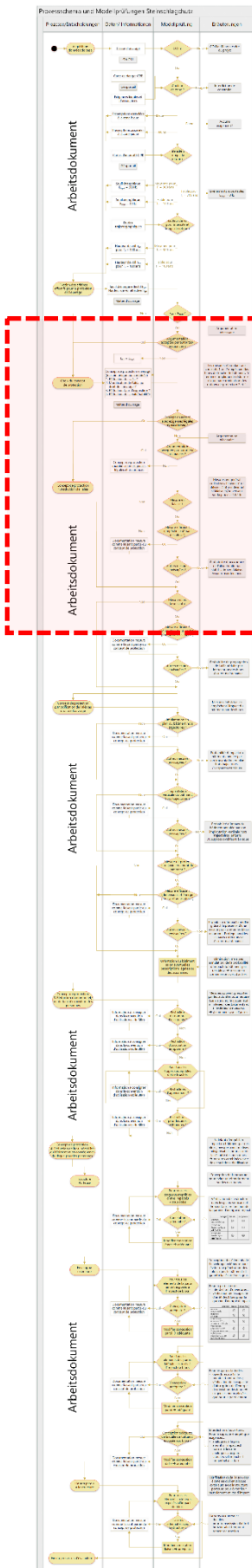
Schéma de réflexion pour implémentation dans le BIM

(page 1/5)



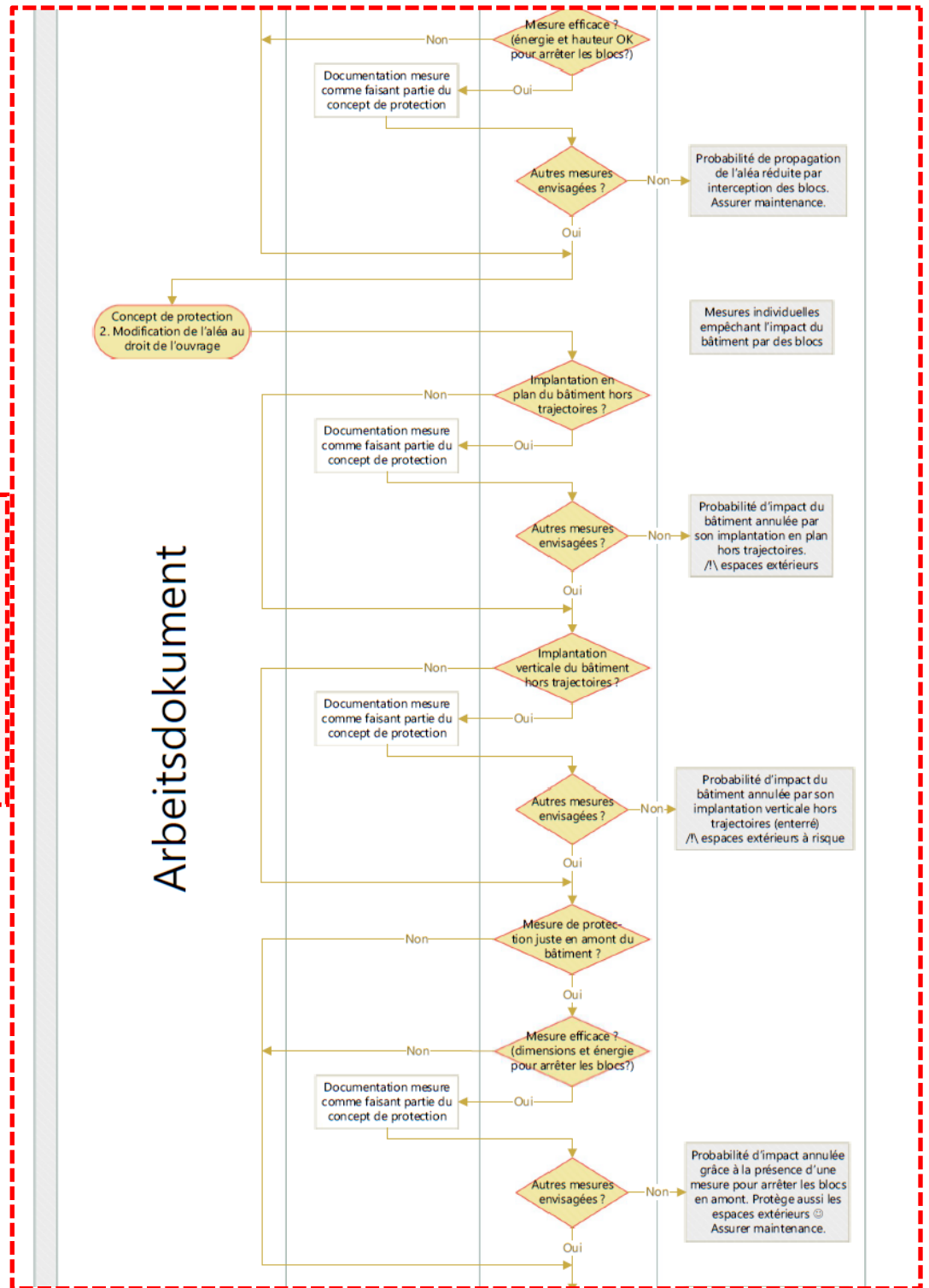
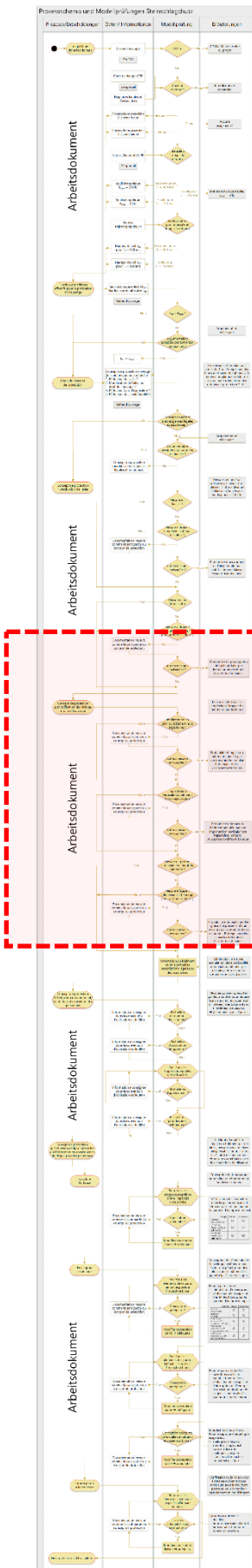
**Schéma de réflexion pour implémentation dans le BIM**

(page 2/5)



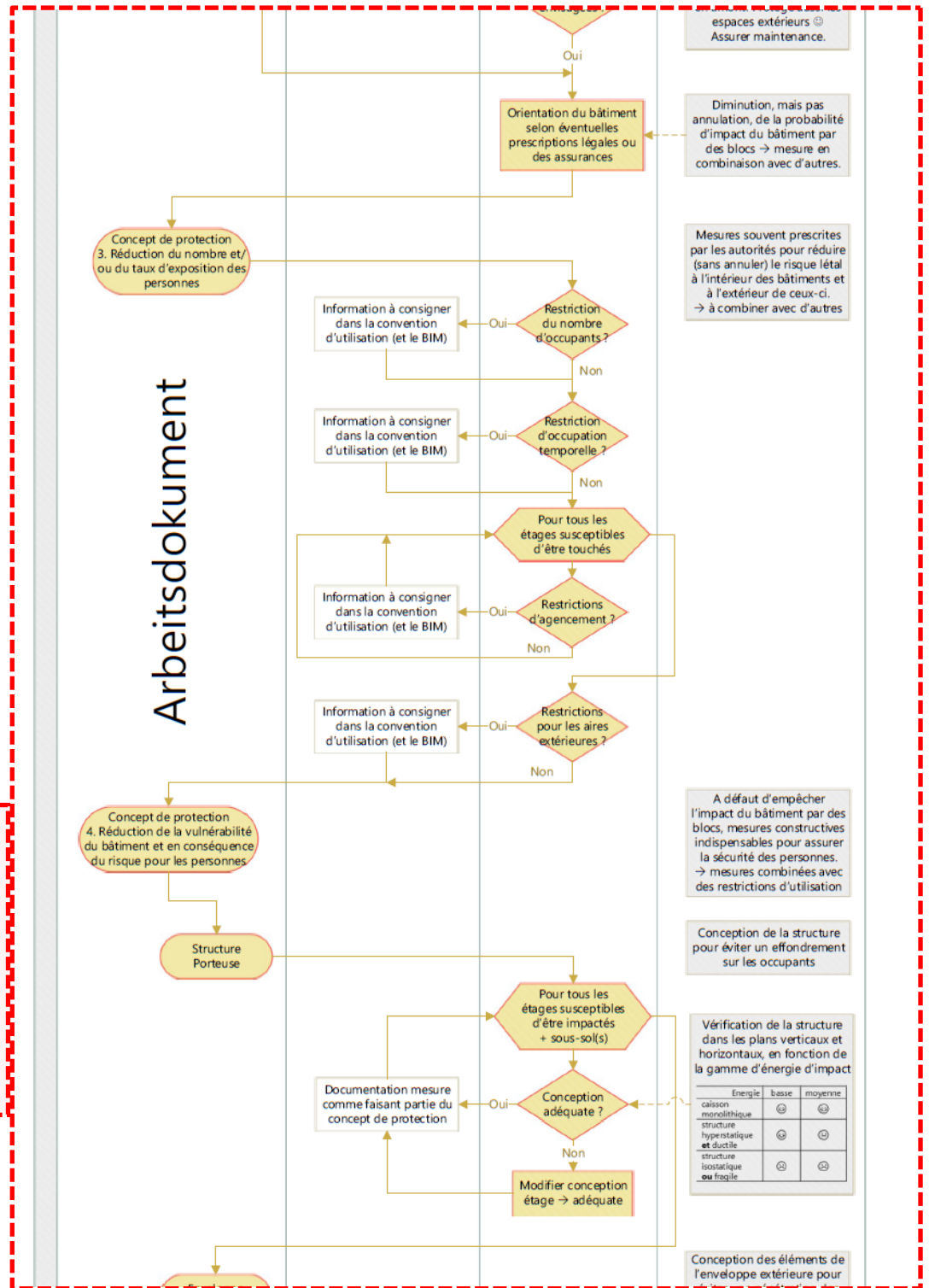
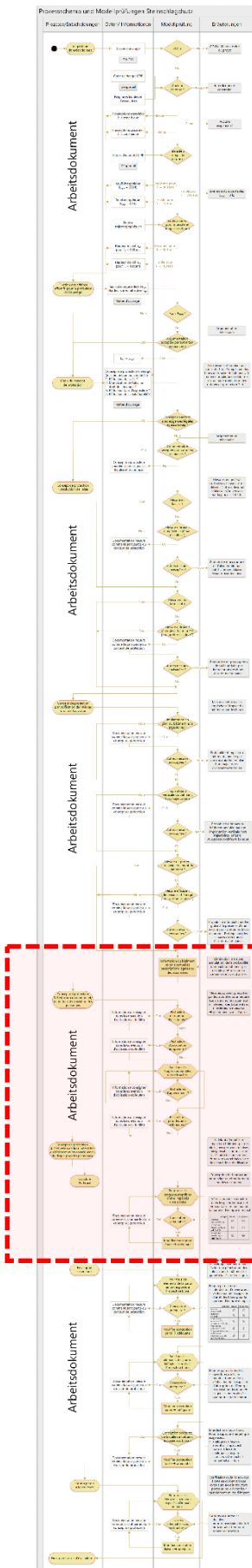
**Schéma de réflexion pour implémentation dans le BIM**

(page 3/5)



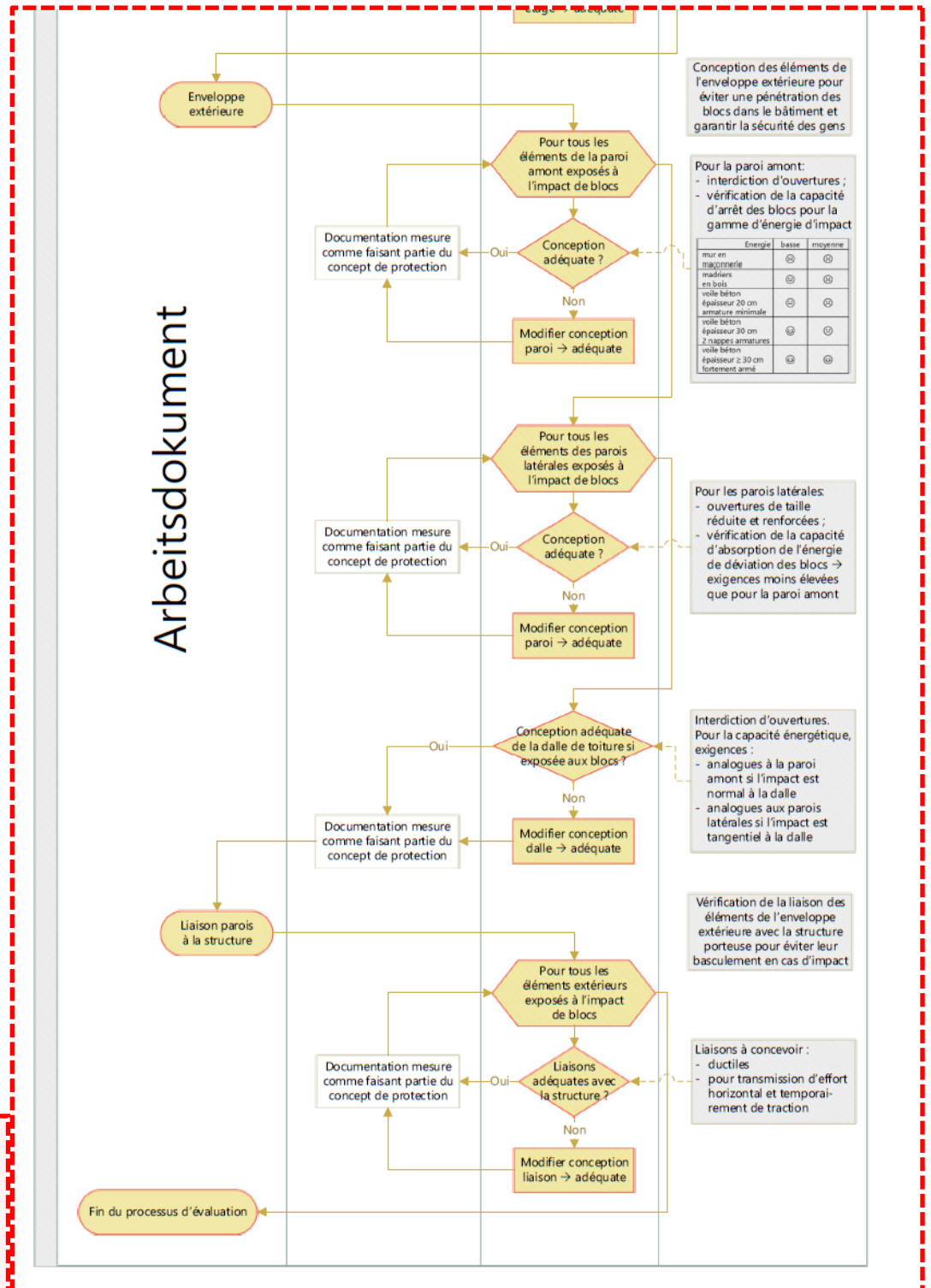
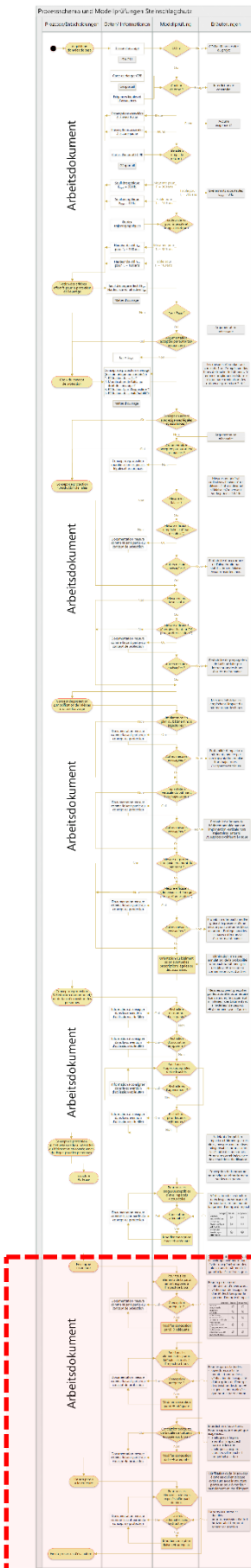
**Schéma de réflexion pour implémentation dans le BIM**

(page 4/5)



**Schéma de réflexion pour implémentation dans le BIM**

(page 5/5)





## 7 Références

- ARE, OFEG, OFEFP 2005 : Recommandation – Aménagement du territoire et dangers naturels. Office fédéral du développement territorial (ARE), Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG), Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP). Série «Dangers naturels», Berne: 48 p.
- Canton du Valais 2010 : Directive relative à l'établissement des zones de danger et aux autorisations de construire s'y rapportant. 46 p.
- Corominas J., Mavrouli O. 2013 : Rockfall Quantitative Risk Assessment. Chapitre 8 du livre Rockfall engineering. Ed. Lambert S., Nicot F. Wiley. p. 255-301. DOI:10.1002/9781118601532
- Egli T. 2005 : Recommandations – Protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels. Association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AEAI) (éd.): 109 p.
- OFEFP, 1999: Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren, Documents environnement n° 107 PLANAT, 2004 Sécurité contre les dangers naturels – Concept et Stratégie, série PLANAT 2/2004, plateforme nationale «Dangers naturels» (PLANAT)
- OFEV 2016 : Protection contre les dangers dus aux mouvements de terrain. Aide à l'exécution concernant la gestion des dangers dus aux glissements de terrain, aux chutes de pierres et aux coulées de boue. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1608: 98 p.
- Unité des dangers naturels du Canton de Vaud 2014 : Cartographie des dangers naturels - Vademecum

## 8 Annexes

Tableaux et Figures ayant servi de base aux réflexions pour l'élaboration de la partie relative aux instabilités rocheuses dans le cadre du projet NaturaBim.






	Degré de danger	Signification
	Rouge: danger élevé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les personnes sont en danger aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments.</li> <li>• Il faut s'attendre à la destruction rapide de bâtiments</li> </ul> ou <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les événements se manifestent avec une intensité plutôt faible, mais une probabilité d'occurrence élevée. Dans ce cas, les personnes sont surtout menacées à l'extérieur des bâtiments. Les bâtiments subissent d'importants dégâts ou ils deviennent inhabitables.</li> </ul>
	Bleu: danger moyen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les personnes sont en danger à l'extérieur des bâtiments, mais peu ou pas à l'intérieur.</li> <li>• Il faut s'attendre à des dégâts aux bâtiments, mais pas à leur destruction rapide, pour autant que leur mode de construction soit adapté aux conditions en présence.</li> </ul>
	Jaune: danger faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le danger pour les personnes est faible ou inexistant.</li> <li>• Il faut s'attendre à de faibles dégâts aux bâtiments, dont l'utilisation peut être entravée.</li> </ul>
	Hachuré jaune/blanc: danger résiduel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les dangers de probabilité d'occurrence très faible peuvent être signalés par un hachuré jaune-blanc. La zone hachurée en jaune-blanc est une zone de sensibilisation qui met en évidence un danger ou un risque résiduel.</li> <li>• La délimitation des zones de sensibilisation doit être restrictive. Elle tiendra compte du type de phénomène et du potentiel de dommages.</li> </ul>
	Blanc	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun danger ou danger négligeable en l'état des connaissances actuelles.</li> </ul>

Figure A.1 : Signification des degrés de danger (OFEV, 2016)

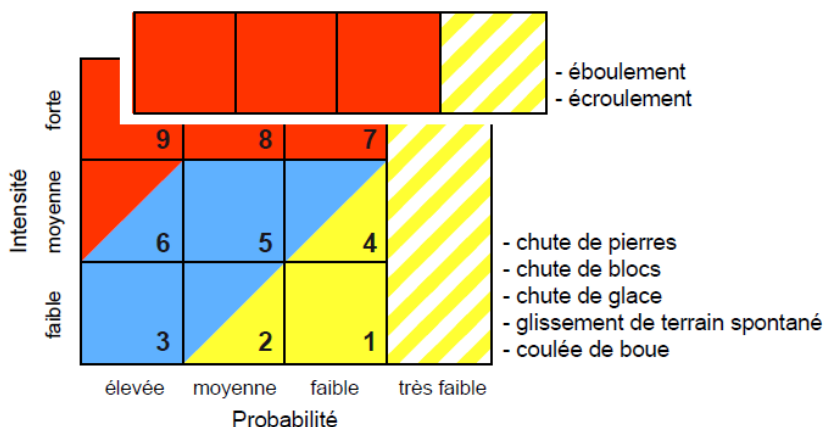


Figure A.2 : Diagramme intensité-probabilité appliqué aux mouvements de terrain spontanés (OFEV, 2016)

**Légende**

	= protection complète	= aucune intensité admissible	= 0
	= protection contre les intensités moyennes et fortes	= intensité faible admissible	= 1
	= protection contre les intensités fortes	= intensité moyenne admissible	= 2
	= pas de protection	= intensité forte admissible	= 3

Catégorie d'objets				Objectifs de protection			
Nr.	Biens	Infrastructures	Valeurs naturelles	Période de retour [en années]			
				1-30 fréquent	30-100 rare	100-300 très rare	>300 extrême- rare
1		Itinéraires de randonnée en montagne ou à ski (selon cartes du CAS, etc.)	Paysages naturels	3	3	3	3
2.1		Chemins pédestres et pistes de ski de fond commerciaux, chemins agricoles, conduites d'importance communale		2	3	3	3
2.2	Bâtiments inhabités (remises, granges, etc.)	Voies de communication d'importance communale, conduites d'importance cantonale	Forêt protectrice, terrain agricole	2	2	3	3
2.3	Bâtiments et hameaux habités temporairement ou en permanence, étables, bergeries, etc.	Voies de communication d'importance cantonale ou de grande importance communale, conduites d'importance nationale, chemins de fer de montagne, domaines skiables et d'exercices pour le ski.	Forêt protectrice dans la mesure où elle protège des regroupements d'habitations	1	1	2	3
3.1		Voies de communication d'importance nationale ou de grande importance cantonale, télésièges et téléskis		0	1	2	3
3.2	Regroupements d'habitations, terrains affectés à l'artisanat, zones à bâtir, terrains de camping, installations de sport et de loisirs	Stations des divers moyens de transport		0	0	1	2
3.3	Risques spéciaux, vulnérabilité particulière ou dommages secondaires.	Risques spéciaux, vulnérabilité particulière ou dommages secondaires.		Détermination au cas par cas			

Figure A.3 : Matrice des objectifs de protection destinée à la prévention par la gestion du territoire : exemple de matrice de forme semblable à celles en usage dans les cantons (selon OFEFP, 1999 ; ARE et al.,2005). Aide pour la lecture : en ce qui concerne les zones d'habitation (catégorie d'objets 3.2), l'objectif est une protection complète pour les événements d'une période de retour inférieure ou égale à 100 ans. Pour les événements d'une période de retour comprise entre 100 et 300 ans, de faibles intensités sont acceptables. Pour les événements encore plus rares, des intensités moyennes sont tolérables.

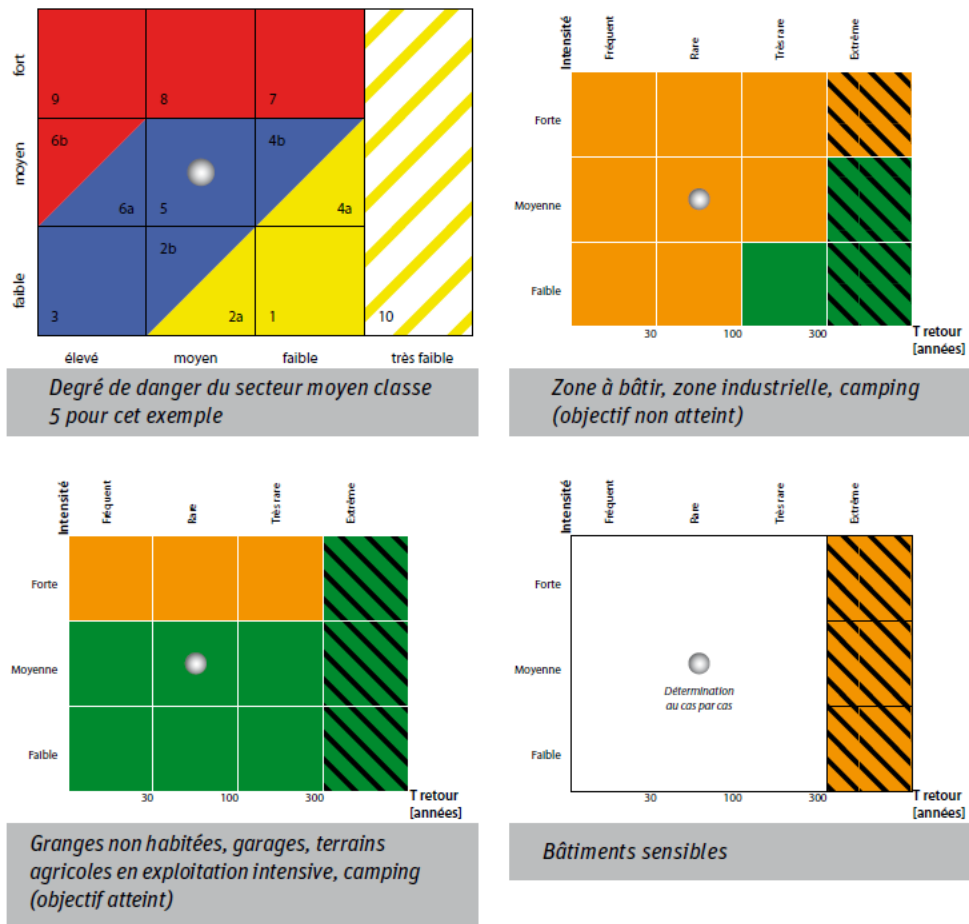


Figure A.4 : Adaptation dans le Canton de Vaud de la matrice des objectifs de protection définie au niveau fédéral (ARE et al., 2005). On y retrouve que pour les zones d'habitation (catégorie d'objets 3.2), l'objectif est une protection complète pour les événements d'une période de retour inférieure ou égale à 100 ans, mais par contre que des événements de faible intensité sont acceptables s'ils ont une période de retour comprise entre 100 et 300 ans (Canton de Vaud 2014).

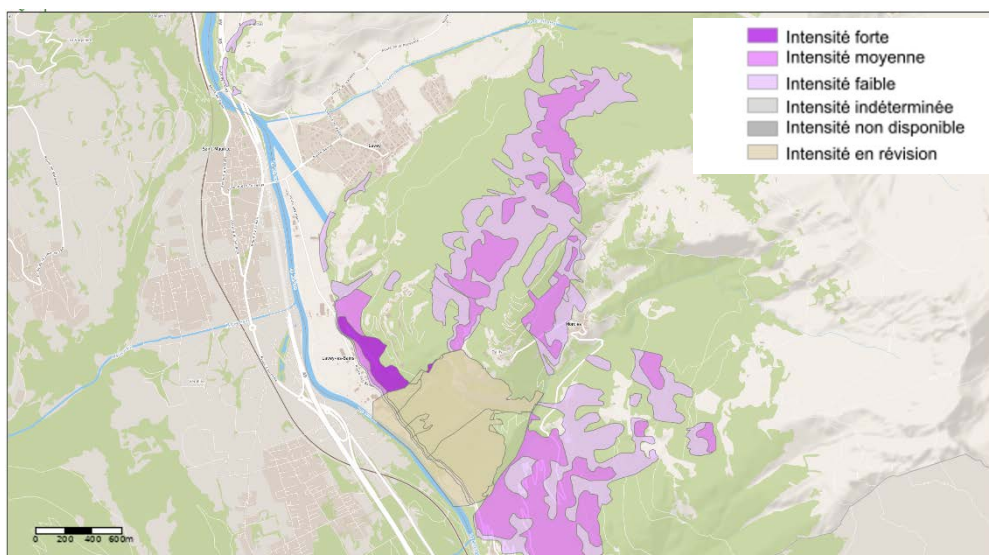


Figure A.5 : Carte d'intensité CPB pour une période de retour de 30 ans (géoportail du Canton de Vaud)

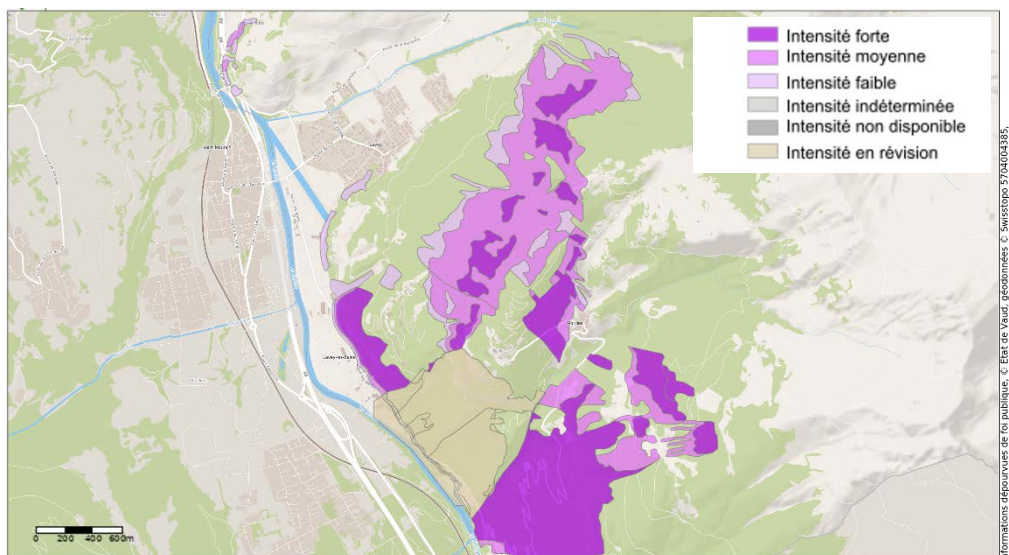


Figure A.6 : Carte d'intensité CPB pour une période de retour de 100 ans (géoportail du Canton de Vaud)

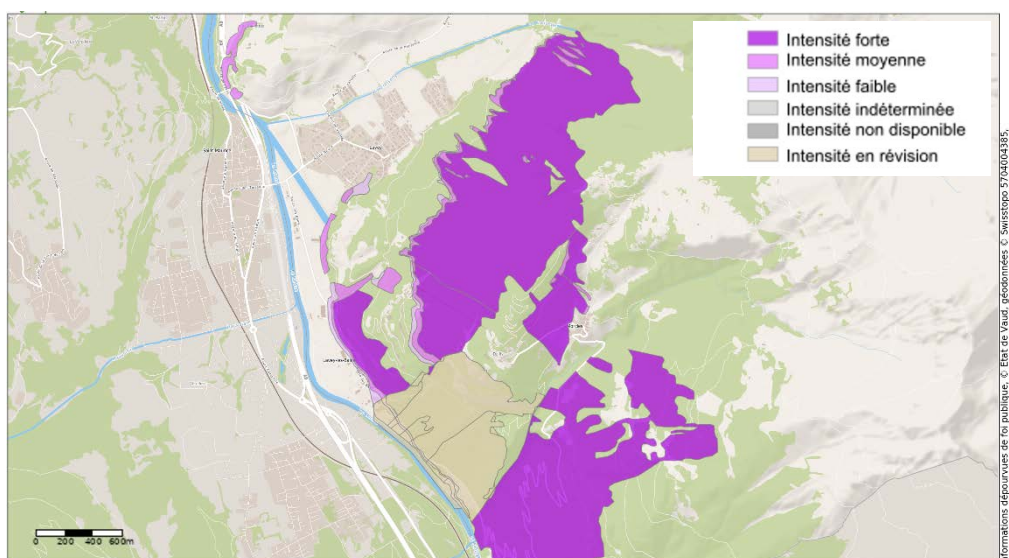


Figure A.7 : Carte d'intensité CPB pour une période de retour de 300 ans (géoportail du Canton de Vaud)

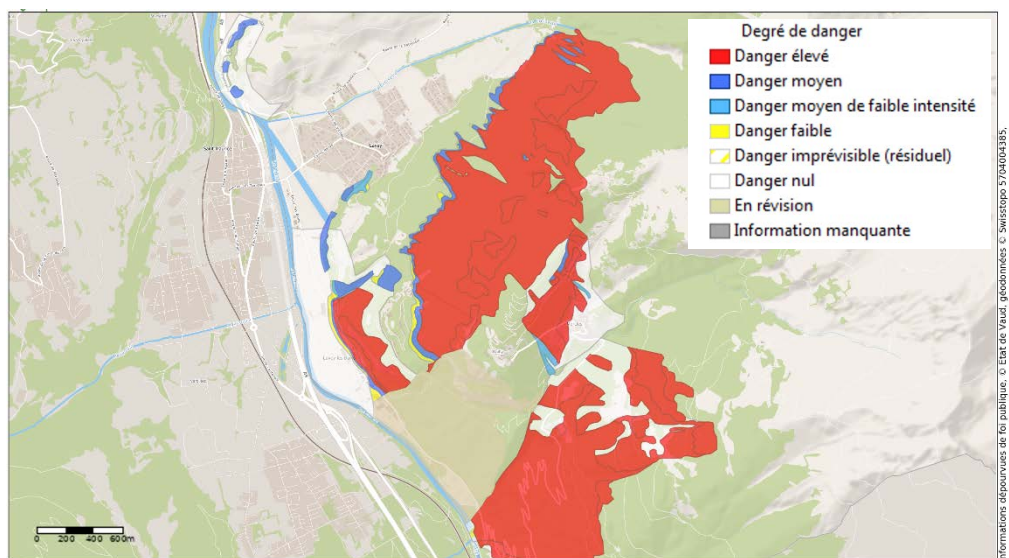
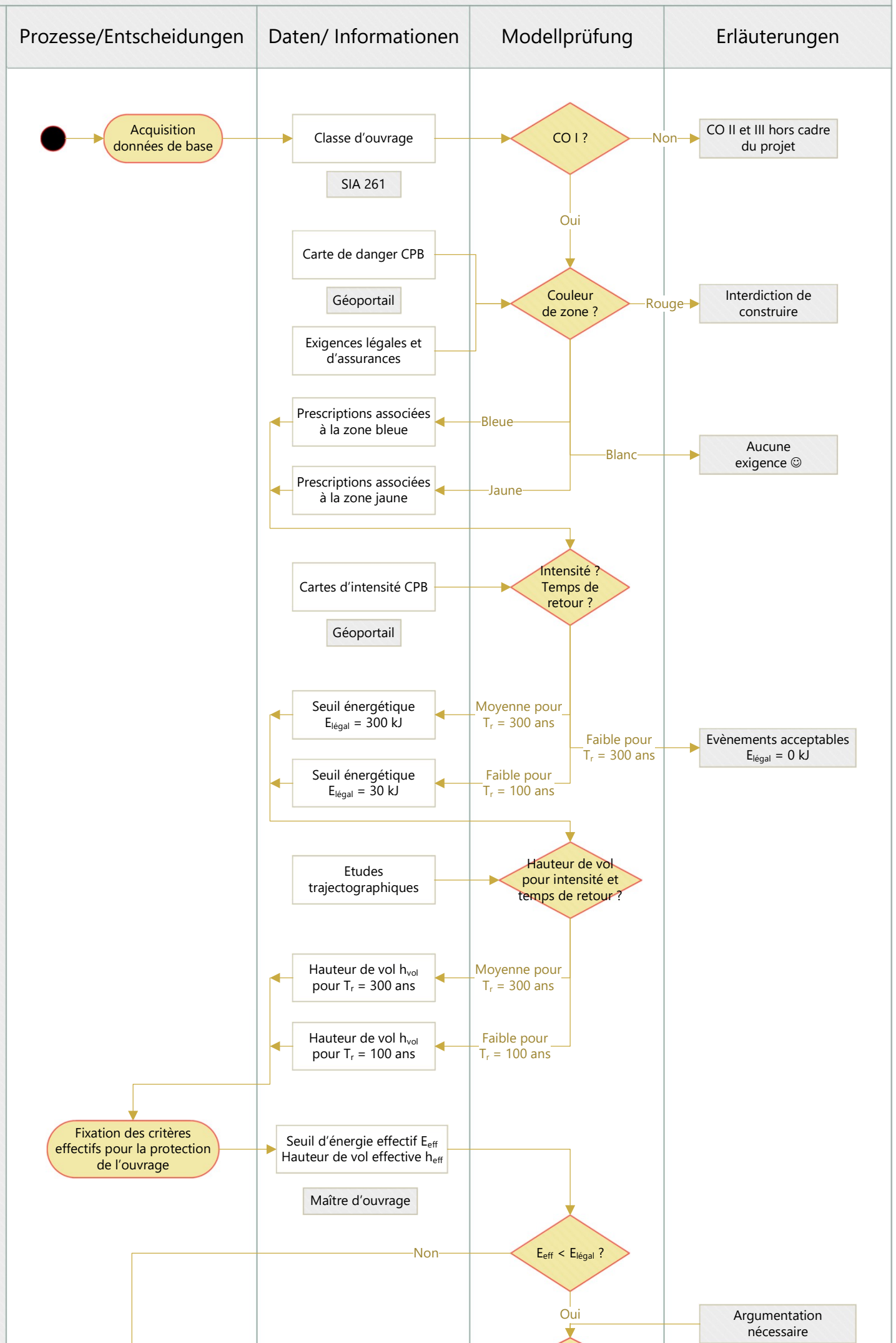
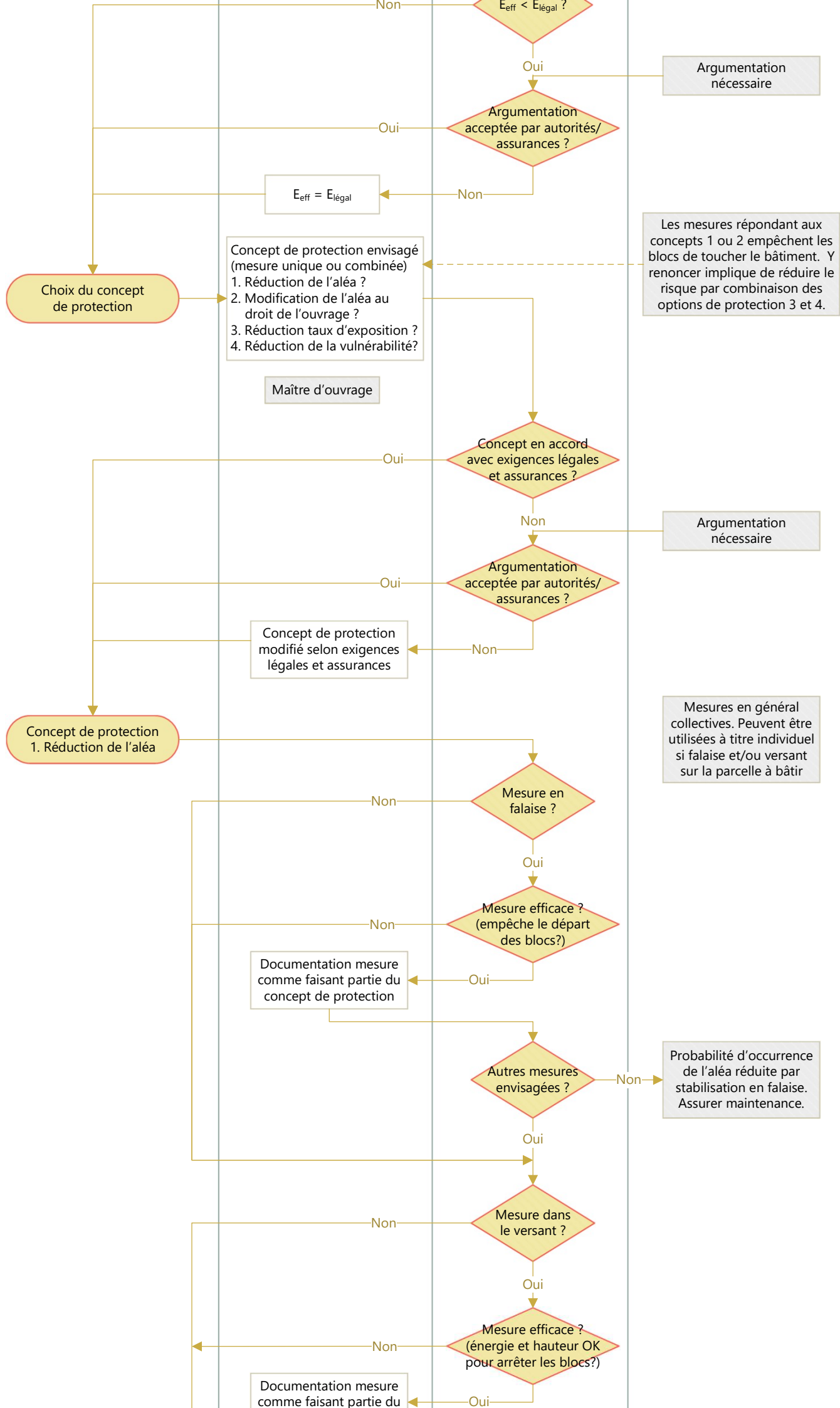
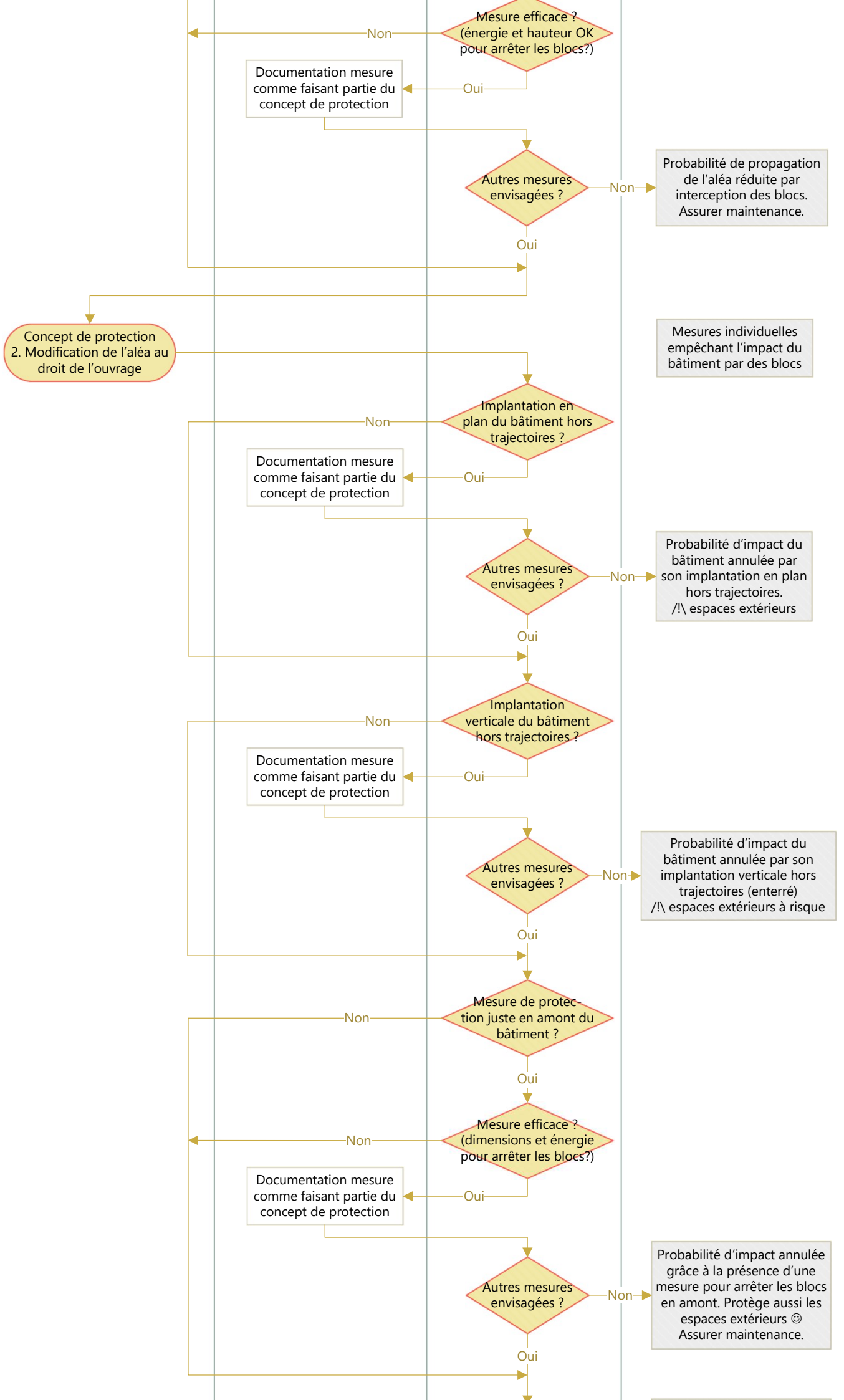


Figure A.8 : Carte de danger pour les chutes de pierres et de blocs CPB (géoportail du Canton de Vaud)

# Processuschema und Modellprüfungen Steinschlagchutz







Concept de protection  
3. Réduction du nombre et/ou du taux d'exposition des personnes

Orientation du bâtiment selon éventuelles prescriptions légales ou des assurances

en amont. Protège aussi les espaces extérieurs ☺  
Assurer maintenance.

Diminution, mais pas annulation, de la probabilité d'impact du bâtiment par des blocs → mesure en combinaison avec d'autres.

Mesures souvent prescrites par les autorités pour réduire (sans annuler) le risque léthal à l'intérieur des bâtiments et à l'extérieur de ceux-ci. → à combiner avec d'autres

Information à consigner dans la convention d'utilisation (et le BIM)

Restriction du nombre d'occupants ?

Information à consigner dans la convention d'utilisation (et le BIM)

Restriction d'occupation temporelle ?

Information à consigner dans la convention d'utilisation (et le BIM)

Restrictions d'agencement ?

Information à consigner dans la convention d'utilisation (et le BIM)

Restrictions pour les aires extérieures ?

A défaut d'empêcher l'impact du bâtiment par des blocs, mesures constructives indispensables pour assurer la sécurité des personnes. → mesures combinées avec des restrictions d'utilisation

Conception de la structure pour éviter un effondrement sur les occupants

Vérification de la structure dans les plans verticaux et horizontaux, en fonction de la gamme d'énergie d'impact

	Energie	basse	moyenne
caisson monolithique		☺	☺
structure hyperstatique et ductile		☺	☺
structure isostatique ou fragile		☹	☹

Conception des éléments de l'enveloppe extérieure pour éviter une pénétration des

Concept de protection  
4. Réduction de la vulnérabilité du bâtiment et en conséquence du risque pour les personnes

Structure Porteuse

Pour tous les étages susceptibles d'être impactés + sous-sol(s)

Documentation mesure comme faisant partie du concept de protection

Conception adéquate ?

Modifier conception étage → adéquate

Enveloppe



