Promenade 15
CH-7270 Davos Platz
Dr. Bernhard Krummenacher

Tel. 081 410 30 10
Fax 081 410 30 15
davos@geotest.ch

GEOTEST
GEOLOGEN
INGENIEURE
GEOPHYSIKER
UMWELTFACHLEUTE

Kanton Graubünden - Amt für Wald
Gemeinde Chur
Gemeinde Haldenstein

Chur - Haldenstein

Karte der seismischen Baugrundklassen nach SIA 261

Seismische Mikrozonierung (Stufe 1)
Technischer Bericht

Bericht Nr. G1058.1

Davos Platz, 06.05.2011

Bearbeiter: Susanne Rust

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Ausgangslage	4
1.1	Problemstellung	4
1.2	Zielsetzung / Auftrag	4
1.3	Perimeter, Bearbeitungstiefe	5
2.	Ausgeführte Arbeiten	6
3.	Topographischer und geologischer Überblick	7
3.1	Geomorphologische Verhältnisse	7
3.2	Geologische Verhältnisse	7
3.2.1	Tektonik und Festgesteine	7
3.2.2	Quartäre Talgeschichte	8
3.2.3	Lockergesteine	9
3.2.4	Hydrogeologische Verhältnisse	10
4.	Interpretation der Daten hinsichtlich Erdbebengefährdung	11
4.1	Gebiete der Baugrundklasse A	11
4.2	Gebiete der Baugrundklasse B	11
4.3	Gebiete der Baugrundklasse C	12
4.4	Gebiete der Baugrundklasse D	12
4.5	Gebiete der Baugrundklasse E	12
4.6	Gebiete der Baugrundklasse F	13
4.7	Standorteffekte	13
5.	Anwendung der Karte der Baugrundklassen und Konsequenzen	13
6.	Generelle Anmerkungen - Weiteres Vorgehen	14

Anhang

Anhang A1: Erdbebenzonierung - Regionales

Anhang A2: Verwendete Unterlagen / Literatur

Anhang A3: Grundlagen bei der Bearbeitung

Anhang A4: Kurzbeschreibung der Baugrundklassen nach der Norm SIA 261

Beilagen

Beilage 1: Karte der Baugrundklassen – 1 : 25‘000

Verteiler

	Exemplare
• Kanton Graubünden – Amt für Wald	1
• Gemeinde Chur	3
• Gemeinde Haldenstein	3
• Kanton Graubünden - Kantonale Gebäudeversicherung	3
• Kanton Graubünden - Amt für Natur und Umwelt	1
• Bundesamt für Umwelt	1

1. Ausgangslage

Mit dem Erscheinen der SIA Norm 261, Einwirkungen auf Tragwerke, soll die Erdbebengefährdung besser berücksichtigt werden. Neben der Lage eines Bauwerkes in einer bestimmten Erdbebenzone mit unterschiedlich starker Erdbebengefahr (Erdbebenzonenkarte, vgl. Abbildung A1 im Anhang) spielt auch der lokale Baugrund für die Entstehung von Erdbebenschäden an Gebäuden eine entscheidende Rolle. Der lokale Untergrund kann Erdbebenwellen entweder abmindern, aber auch verstärken. Unterschiede auf der seismischen Intensitätsskala (MSK) von bis zu 2 Intensitätsstufen können allein aufgrund lokal unterschiedlicher geologischer Untergrundverhältnisse auftreten. Aus diesem Grunde sieht die SIA Norm 261 unterschiedliche Dimensionierungsvorgaben vor, welche von sogenannten Baugrundklassen abhängen.

1.1 Problemstellung

Der Kanton Graubünden ist hinsichtlich seiner Fläche der grösste Kanton der Schweiz. Der überwiegende Teil des Kantonsgebietes ist nicht besiedelter Gebirgsraum. Daneben sind auf dem Kantonsgebiet Regionen mit einer unterschiedlich hohen Erdbebengefährdung auszuscheiden (s. Abbildung A1 im Anhang). Obwohl die Erdbebengefährdung im Kanton Graubünden insgesamt relativ gering ist, besteht in den dicht besiedelten Gebieten (Churer Rheintal, Domleschg, Ober- und Unterengadin, Lenzerheide/Valbella, Arosa, Klosters-Serneus, Flims/Laax und Disentis/Sedrun) aufgrund eines vorhandenen grossen Schadenpotenzials ein nicht unerhebliches Erdbebenrisiko.

In den nicht oder nur sehr dünn besiedelten Gebieten ist es zumeist nicht notwendig eine flächendeckende seismische Mikrozonierung der Stufe 1 durchzuführen. In Graubünden müssen aufgrund der Bevölkerungsdichte, der Gebäudewerte und der Konzentration von Lifelines vorrangig die oben genannten wichtigen Gebiete mit einem relativ hohen Erdbebenrisiko durch die Seismische Mikrozonierung erfasst und mit entsprechenden Auswertungen belegt werden (Schwerpunktgebiete).

1.2 Zielsetzung / Auftrag

Ziel der seismischen Mikrozonierung ist die Ausarbeitung eines einheitlichen kantonalen Standards für Neubauten. Konkret können mit der Mikrozonierung Zonen ausgeschieden werden, in denen der Untergrund während eines Erdbebens ein günstiges oder ungünstiges Verhalten zeigt. Diese Zonen werden dementsprechend unterschiedlichen Baugrundklassen zugeteilt.

Bei einem ungünstigen Verhalten des Untergrundes (z.B. Verstärkung der Erdbebenwellen durch einen Wanneneffekt, sog. 2D-Effekt) sind spezielle Bauvorschriften bei Neu- oder Umbauten erforderlich. Bestehende Bauwerke können basierend auf einer Mikrozonierung im Rahmen erweiterter Studien (Stufe 2) gezielt überprüft werden.

Auf der Basis einer seismischen Mikrozonierung der Stufe 1 - mit der Erarbeitung einer Karte der Baugrundklassen - können Bauten und Anlagen erdbebengerecht projektiert werden. Das angestrebte Schutzziel besteht im Personenschutz, der Schadensbegrenzung und der Gewährleistung der Funktionstüchtigkeit wichtiger Bauwerke und Lifelines. Auf der Basis einer

Karte der Baugrundklassen können allenfalls auch Notfallpläne und Sicherheitsdispositive für dicht besiedelte Gebiete verbessert werden.

Das Ziel des vorliegenden Projektes besteht darin, anhand der neuen Richtlinie für die Gemeindegebiete von Chur und Haldenstein (Mittelpunktkoordinaten ca. 759‘000 193‘000) die geforderte Karte der seismischen Baugrundklassen gemäss der SIA-Norm SN 261 (Mikrozonierung – Stufe 1) zu erstellen. Am 01. 10. 2010 erteilten uns die Gemeinden Chur und Haldenstein, vertreten durch das Amt für Wald des Kantons Graubünden, basierend auf unserer Offerte GR225 vom 18. 05. 2010, den Auftrag zur Erstellung einer seismischen Mikrozonierungsstudie der Stufe 1 für beiden Gemeindegebiete (s. Abb. 1).

1.3 Perimeter, Bearbeitungstiefe

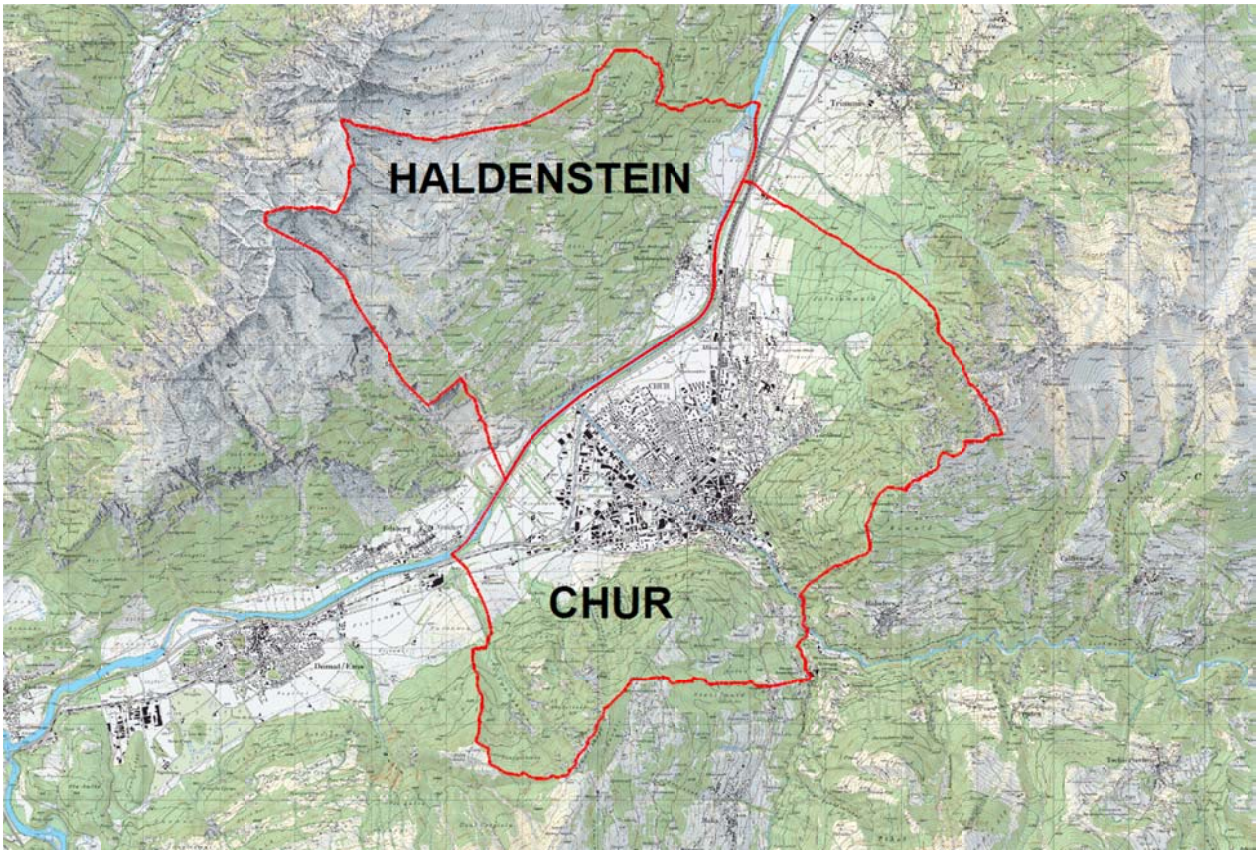


Abbildung 1 Untersuchungsgebiet für die Gemeinden Chur und Haldenstein (Basis LK 1:25'000, verkleinert auf ca. 1 : 100’000).

Die südöstliche Bebauungsgrenze der Stadt Chur (Zentrumskoordinaten ca. 759‘500 / 191‘500) grenzt an relativ steil ansteigende Talflanken - ebenso wie die nordwestliche Bebauungsgrenze von Haldenstein (Zentrumskoordinaten ca. 759‘500 / 194‘000). Die städtische Bebauung ist ein geschlossener Raum mit einer hohen Siedlungsdichte und einem generell grösseren Schadenpotenzial. Die angrenzenden Flächen in den land- und forstwirtschaftlich genutzten Bereichen an den Talflanken sowie die militärisch genutzten, nur sehr wenig bebauten Zonen im Talboden haben ein geringeres Schadenpotenzial (nähere Angaben zu allfällig sensiblen Bereichen der

Militärflächen liegen uns nicht vor). In Abbildung 1 ist die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes in eine Übersichtskarte eingetragen. Die Gesamtfläche beträgt ca. 47 km^2.

Generell basiert eine seismische Mikrozonierungsstudie auf der Auswertung bestehender Dokumente; eine Geländekartierung oder Erhebung von zusätzlichen Informationen wurden für die vorliegende Studie nicht vorgenommen (s.a. Anhang).

Die Bearbeitungstiefe richtet sich daher ausschliesslich nach den vorhandenen Grundlagen. Im dicht besiedelten Raum ist eine höhere Datendichte durch die im Rahmen von Bautätigkeit und Grundwassernutzungen ausgeführten Untersuchungen in der Regel etwas höher. Deshalb kann dieser Raum entsprechend seinem erhöhten Schadenpotenzial auch detaillierter analysiert werden. Randgebiete und an die Talebenen angrenzende Hangpartien wurden mit wenigen Ausnahmen nur anhand der geologischen Karten und vorhandenen Gefahrenkarten beurteilt.

2. Ausgeführte Arbeiten

Folgende Arbeiten wurden in der angegebenen Reihenfolge ausgeführt:

- Startsitzung mit dem Auftraggeber
- Aufarbeiten der vorhandenen geologischen Grundlagen, Karten und Gefahrenkarten
- Durchsicht der vorhandenen Unterlagen im Archiv des ANU Graubünden hinsichtlich verwendbarer Dokumente zu Kernbohrungen oder weiteren relevanten Unterlagen
- Klassieren der Bohrdaten bezüglich Lockergesteinsmächtigkeit und Baugrundklasse
- Erstellen einer Karte der Hangneigungen (mit GIS) als internes Arbeitsinstrument
- Digitalisieren nach der geologischen Karte sowie weiteren Kartengrundlagen und Attributierung der ausgeschiedenen lithologischen Einheiten und Analyse von Luftbildern
- Zuordnung der digitalisierten lithologischen Einheiten zu den Baugrundklassen als Grundlagenkarte und Vergleich mit den klassierten Bohrdaten
- Erstellen der Karte der Baugrundklassen nach SIA 261 aufgrund Überlagerung der klassierten Bohrdaten mit der digitalen Baugrundklassenkarte basierend auf den geologischen Karten im GIS
- Berechnung der Standorteffekte (2D-Effekt) über die Längen- und Breitenverhältnisse im Bereich von mehreren Tal-Querprofilen
- Anpassung der erstellten digitalen Baugrundklassenkarte mit Hilfe von lokalen topographischen, geotechnischen und geologischen Kenntnissen
- Erstellen des Schlussberichtes

Das generelle Vorgehen und Beschreibungen zur Methodik bei der Erstellung einer Mikrozonierungsstudie der Stufe 1 sind im Anhang zusammengestellt.

3. Topographischer und geologischer Überblick

3.1 Geomorphologische Verhältnisse

Die Gemeindegebiete von Chur und Haldenstein befinden sich im Wesentlichen im Rheintal sowie an den angrenzenden Hängen des Calanda oberhalb von Haldenstein im Nordwesten und unterhalb vom „Pizokel“ und „Mittenberg“ bei Chur im Südosten. Die angrenzenden Hänge steigen vor allem gegen Südosten - oberhalb von Chur mit oft mehr als 45° relativ steil an. Der gegen Haldenstein abfallende Hang des Calanda ist im Mittel zwar etwas weniger steil; er weist aber viele eingeschaltete Steilstufen auf, die durch Abrisse der hangparallel verlaufenden Schichten entlang von steilen Klüften entstanden sind.

Zwischen Pizokel und Mittenberg fliesst die Plessur aus dem Schanfiggtal - am Stadtzentrum der Churer Altstadt vorbei - bis zum Rhein. Die Plessur ist im gesamten Stadtgebiet und darüber hinaus kanalisiert. Der Talausgang des Schanfigg liegt bei St. Hilarien mit ca. 600 m ü. M. nur knapp 40 m über der Talebene am heutigen Rhein. Der Schuttkegel der Plessur, auf dem die Churer Innenstadt liegt, ist nur flach geneigt, am Rhein fast eben.

Das Churer Stadtzentrum liegt - etwa 1 km vom heutigen Rheinverlauf entfernt - am Talausgang des Schanfigg und damit auch am Fuss der südlichsten Ausläufer des bis auf 900 m ü. M. reichenden Schuttkegels von Scalaratobel und – etwas südlich davon – Kaltbrunntobel. Die nördliche Grenze des Gemeindegebietes von Chur verläuft entlang der Mitte dieses grossen Schuttkegels, der mit einer Mächtigkeit von bis zu 400 m oder mehr einer der grössten des Rheintals ist.

3.2 Geologische Verhältnisse

3.2.1 Tektonik und Festgesteine

Chur und Haldenstein liegen im südlichen Rheintal auf dem Grenzbereich zwischen dem Helvetikum im Nordwesten (auf der Haldensteiner Rheinseite) und dem Penninikum im Südosten (auf der Churer Rheinseite). Der feste Untergrund bei Haldenstein besteht überwiegend aus Kalken. Im südlichen Gemeindegebiet stammen diese vor allem aus dem Malm – im nördlichen Bereich vor allem aus der Kreide. Die Berghänge oberhalb des Stadtrands von Chur sind überwiegend durch die mächtigen Bündnerschiefer aufgebaut (s. Abbildung 2).

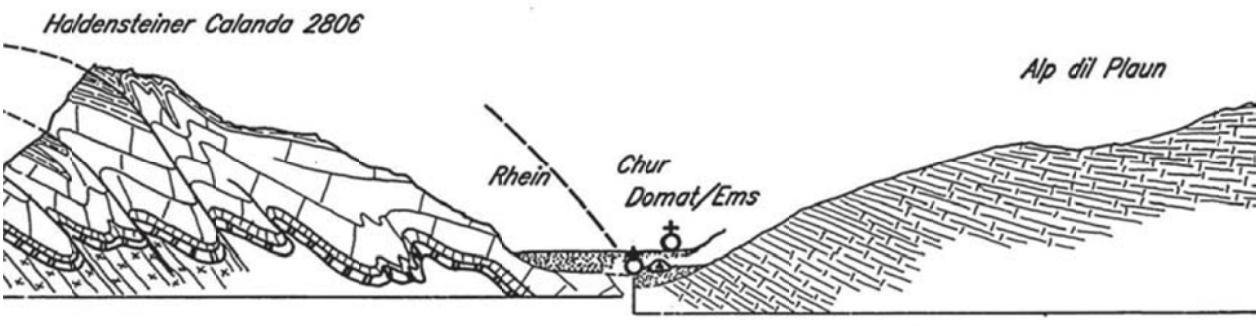


Abbildung 2 Profil durch den Haldensteiner Calanda und die Bündnerschiefer der Alp dil Plaun bei Domat/Ems, südlich Chur (Ausschnitt der Profile zu [12])

Die Festgesteine des Untersuchungsgebietes gehören strukturgeologisch zu den folgenden tektonischen Einheiten:

- Grava-Decke (Penninikum)
- Tschep-Decke (Autochthon / Parautochthon des Helvetikums)

Die folgende Abbildung 3 zeigt die geologisch-tektonische Situation im Überblick. Im Rheintal wird die Grenze zwischen den beiden tektonischen Einheiten (Überschiebung) durch mächtige quartäre Lockergesteinsablagerungen überdeckt.

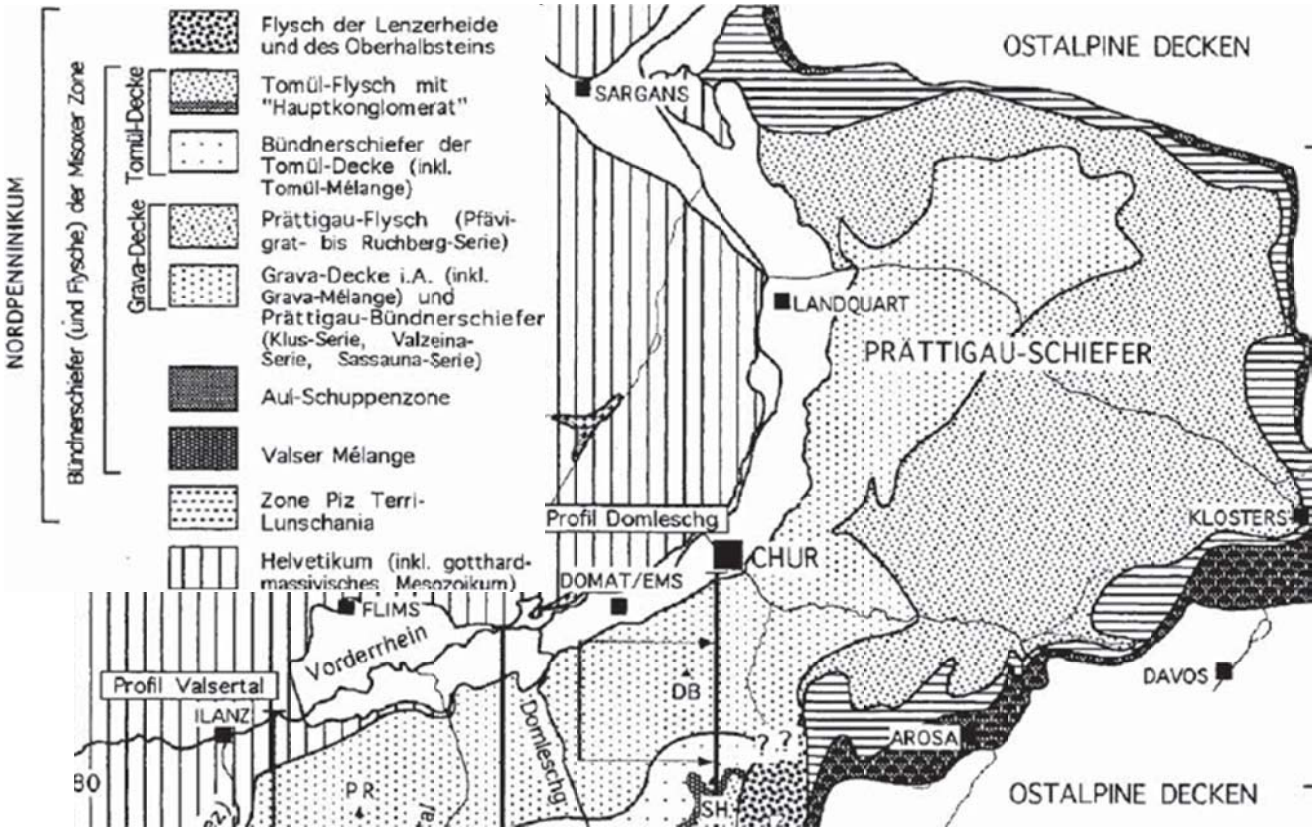


Abbildung 3 Geologische Übersichtsskizze aus [11]

3.2.2 Quartäre Talgeschichte

Das Rheintal bei Chur wurde im Wesentlich durch den Rheingletscher geformt. Es ist heute ein Flusstal mit einer Talverfüllung von relativ grosser Mächtigkeit. Bei Chur beträgt diese - gemäss dem Ergebnis einer Bohrung im Rossboden - mindestens 166 m. Der Fels wurde im Churer Rheintal nach unserer Kenntnis bisher noch nie durch eine ausreichend tiefe Bohrung aufgeschlossen. In [12] wird die Gesamtmächtigkeit der Lockergesteinsablagerungen mit ca. 220 – 250 m geschätzt (s.a. Erläuterungen zu [12]). Nach Angaben in [13] reichte der würmeiszeitliche Gletscher bei Chur bis auf ca. 2‘000 m ü. M.

Im Laufe des Gletscherrückzugs reichten in der Folge (um ca. 14‘000 Jahre vor heute) die südlichsten Ausläufer des Bodensees bis weit ins südliche Rheintal. Annahmen, ob Ausläufer des damaligen Bodensees (bei einem deutlich höheren Seewasserspiegel) allenfalls bis Sargans oder (wie in [14]) möglicherweise auch bis Chur reichten, werden widersprüchlich diskutiert.

In der bereits genannten tiefsten Bohrung (Rossboden) auf Churer Gemeindegebiet wurden auf den untersten ca. 15 m stark durch Feinsand dominierte Sande dokumentiert. Diese wurden im entsprechenden geologischen Bohrprofil als Schwemmsande interpretiert. Sie können auch in Leelagen hinter grossen seitlichen Schuttfächern (s.a. 3.1) abgelagert worden sein.

Die tiefen Täler des frühen Alpenrheins füllten sich - respektive verlandeten die südlichsten Ausläufer eines Ur-Bodensees - durch die hohen Sedimentfrachten des Rheins relativ rasch nach dem Gletscherrückzug. Dazu trugen nicht zuletzt grosse Bergstürze aus den Talflanken bei, von denen einige Überreste im Rheintal auch heute noch als kleine Hügel (Tuma) in der Talebene zu erkennen sind. Aus den Seitentälern wurden zudem über Bäche zusätzlich grosse Lockergesteinsmengen in das Rheintal befördert und in zum Teil grossen Schuttfächern abgelagert.

In einer Tiefe von ca. 20 m unter dem heutigen Talboden wurde in verschiedenen Bohrungen südlich von Chur sowie bei der Erstellung eines Brunnenschachts ein älterer Talboden angetroffen, wobei an diesen Stellen in mehreren Fällen ein Grundbruch mit Anstieg des Grundwassers auf ein deutlich höheres Niveau (um ca. 10 m unter Terrain) auftrat. Dieser alte Talboden bildete die Talsohle vor den grossen Bergsturzereignissen (Flims und Tamins vor ca. 8‘000 – 10‘000 Jahren; die im Rheintal auftretenden Tuma-Hügel reichen gerade bis in diese Tiefe [12]).

3.2.3 Lockergesteine

Helvetische und penninische Festgesteine sind im Rheintal, z.T. aber auch an den seitlichen Talhängen von quartären Lockergesteinen bedeckt. Im Tal und in den seitlichen Schuttfächern erreichen diese teilweise sehr hohe Mächtigkeiten. Die Schuttablagerungen in den Hängen selbst sind dagegen oft nur sehr gering mächtig.

Die Lockergesteinsbildungen im Talboden gehören nach den im Wesentlichen benutzten geologischen Grundlagen [5], [6], [10], [12] neben den alluvialen Bildungen des Rheintals vor allem zu den Ablagerungen im distalen Bereich der grossen Schuttkegel von Kaltbrunntobel und Scalarabach sowie der Plessur. Es handelt dementsprechend im Wesentlichen um Kiese und Sande (Rheinschotter) sowie um Schutt aus Mergelschiefern in den Schuttkegeln auf der östlichen Talseite.

Lokal können in die alluvialen Ablagerungen Sand- und Siltlagen oder -linsen unterschiedlicher Mächtigkeit und Ausdehnung eingeschaltet sein. Einschaltungen von tonigen, manchmal auch torfhaltigen Auenablagerungen treten vor allem in Rheinnähe ebenfalls auf. Zur seitlichen Erstreckung dieser Ablagerungen sowie der vorhandenen Stauhorizonte (Einschaltungen feinkörniger Sedimente in den Schuttkegeln resp. Rheinschottern) lassen sich anhand der vorliegenden Daten keine Angaben machen.

Die Ablagerungstypen werden entsprechend ihrer Genese übersichtsmässig in folgende Lockergesteinstypen aufgeteilt:

Schuttkegel

Die aktuellen Schuttfächer an der Talflanke sind im tieferen Talbereich miteinander sowie mit den Ablagerungen des Rheins verzahnt. Die genauen Mächtigkeiten der Schuttfächer sind nicht bekannt. Sie dürften oberhalb der Grundmoräne oder direkt über dem Fels der Rheinrinne beginnen. Allerdings liegen insbesondere zur Oberfläche einer allenfalls noch vorhandenen Grundmoräne keine genauen Daten vor. Die nur aus der Morphologie abgeleiteten minimalen Mächtigkeiten der Schuttkegel sind unter 3.1 genannt.

Gehängeschutt

Die Gehängeschuttablagerungen befinden sich vor allem unterhalb von Ausbruchgebieten aus anstehendem Fels und bestehen im Wesentlichen aus dem fortgesetzt anfallenden Verwitterungsschutt von diesen Felsaufschlüssen. Zum Teil ist dieser Gehängeschutt auch mit Moränenablagerungen verzahnt. Der Gehängeschutt besteht aus eckigem und schlecht sortiertem, losem Ausbruchmaterial, das je nach Ursprungsgestein mit unterschiedlichen Feinkornanteilen durchsetzt ist.

Alluvialebenen

Die Alluvialebenen im Churer Rheintal sind die Schotterebenen im Talgrund zwischen den Ablagerungen aus rezentem Gehängeschutt- und Bachschuttfächern. Der Untergrund besteht aus einer über 150 m bis evtl. 250 m mächtigen Abfolge: an der Basis vermutlich Moränenmaterial (Grundmoräne – z.T. evtl. nachträglich durch Flussläufe eingeschnitten resp. abgetragen), überlagert von alluvialen Ablagerungen (Gerölle, Kies, Sand, Silt sowie evtl. lokal auch See- und Sumpfablagerungen, die zum grossen Teil lateral mit den seitlichen Schuttfächern sowie Bergsturzablagerungen verzahnt sind.

Moränen

Moränen - v.a. Grundmoräne - sind an der Oberfläche im Talgrund nicht zu finden. An den Talflanken sind lokal noch Gletscherablagerungen als zumeist schlecht zementierte, geringmächtige Moränenwälle vorhanden.

Vorkommen überkonsolidierter Lockergesteine lassen sich aus den Angaben in den Bohrprotokollen nur für einen kleinen Bereich am Eingang zum Schanfigg sowie evtl. noch im Bereich des Kantonsspitals Graubünden im Untergrund ableiten. Da genauere Angaben zur Lagerungsdichte der Lockergesteine in den Bohrprotokollen kaum vorhanden sind, sind auch keine Angaben zu deren möglicher seitlicher Erstreckung zu machen.

3.2.4 Hydrogeologische Verhältnisse

Die hydrogeologischen Verhältnisse des Churer Rheintals sind vor allem durch die in der Regel sehr gut durchlässigen mächtigen Rheinschotter bestimmt. Dieser Grundwasserleiter wird ausser aus dem Rhein und seinen Zuflüssen auch nicht unwesentlich durch Zutritte aus den randlichen Karstgebieten gespeist. Die Grundwasserneubildung über Niederschläge findet dagegen nur untergeordnet statt [12]. Die Schotter im distalen Bereich des Schuttkegels der Plessur - bestehend aus Sand und Kies - bilden einen oberen Grundwasserleiter des Rheintales im Standortbereich. Darunter trennt ein älterer Talboden das untere - teilweise gespannte - Grundwasserstockwerk von den jüngeren Ablagerungen [12].

Die Grundwasseroberfläche liegt im Rossboden bei einer Kote von ca. 554 m ü. M [16], entsprechend ca. 8 - 10 m unter Terrain. Das Grundwasser fliesst aus südwestlicher Richtung mit dem Rhein nach Nordosten. Gemessene K_f-Werte liegen für die Kiessande im Bereich des distalen Schuttkegels vor (s. [15], es handelt sich um einige alte Messungen von 1963 in den damals erstellten Piezometern westlich von Chur im Rossboden). Die Messergebnisse schwanken zwischen Werten um 10^{-3} m/s bis 10^{-7} m/s - entsprechend den Wechselfolgen von Kiessand und Silt, wobei die Siltlagen mindestens lokal als Stauer wirken. Für den unteren Grundwasserleiter im Talboden werden in [12] Werte um 10^{-2} m/s bis 10^{-3} m/s genannt.

In den Talflanken auf der Nordwestseite des Rheins bilden Karstsysteme einen weiteren Grundwasserleiter. Im Bereich der Bündnerschiefer auf der Südostseite fliesst das Niederschlagswasser zumeist im oberflächennahen Bereich ab.

4. Interpretation der Daten hinsichtlich Erdbebengefährdung

Im Folgenden sind die den unterschiedlichen Baugrundklassen zugeordneten Bereiche der Gemeindegebiete Chur und Haldenstein näher beschrieben und die Zuordnung zu einer Baugrundklasse näher begründet.

4.1 Gebiete der Baugrundklasse A

In die Baugrundklasse A werden generell solche Bereiche eingestuft, in denen der Untergrund aus hartem Fels unter einer maximal 5 m mächtigen Lockergesteinsbedeckung besteht.

Solche Bereiche finden sich im Untersuchungsgebiet verbreitet oberhalb des Talbodens beidseits des Rheintals. Die Auswertung aus den vorhandenen geologischen Karten bedingt hinsichtlich Erfassen der jeweiligen Lockergesteinsmächtigkeiten auf der Felsunterlage allerdings einen relativ grossen Interpretations- resp. Ermessungsspielraum. Die vorhandenen Karten zeigen die Verhältnisse zumeist mit jeweils „abgedecktem“ Quartär. Die Zuordnung in die Baugrundklasse A erfolgte daher anhand des Abgleichens der geologischen und hydrogeologischen Karten mit den vorhandenen Topographischen Karten (UP10 und UP25) sowie mit einer aus dem DTM-AV erstellten Hangneigungskarte.

4.2 Gebiete der Baugrundklasse B

In die Baugrundklasse B werden solche Bereiche eingestuft, in denen der Untergrund aus speziell hart gelagertem Lockergestein besteht. Es handelt sich um Zonen, in denen z.B. Grundmoräne (=überkonsolidiert) oder auch grossräumig zementierte sonstige Lockergesteine oberflächennah (unter weniger als 5 m Lockergesteinsüberdeckung) und mit mindestens 30 m Mächtigkeit anstehen.

Anhand der Interpretation der im Talgrund vorhandenen Bohrunterlagen konnte eine sichere Zuordnung von erbohrten Lockergesteinen zur Grundmoräne an keiner Stelle vorgenommen werden. In zwei Bereichen gibt es zwar Hinweise auf hart gelagerte Lockergesteine im Untergrund: Dies betrifft wenige Bohrungen (einerseits im Eingang zum Schanfigg, andererseits in einigen EWS-Bohrungen im Bereich des Kantonsspitals Graubünden); hier wurden in nur wenigen Metern Tiefe unter dem heutigen Terrain hart resp. sehr hart gelagerte Lockergesteine dokumentiert. Diese könnten dem Rest einer alten Grundmoräne entsprechen. Es sind aber weder die gesamte Mächtigkeit noch die laterale Ausdehnung eines anzunehmenden Grund-

moränenvorkommens bekannt. Vorstellbar ist auch, dass hier die Lockergestene mindestens lokal konglomeratisch verfestigt sind; nach den relevanten Bohrprotokollen kann auch einfach ein Übergang zu härter gelagerten Kiesen dokumentiert worden sein.

Wegen der bestehenden Unsicherheiten und trotz der festgestellten geringen Mächtigkeit (< 5m) der weniger konsolidierten Lockergesteine über diesem Horizont, wurde der Bereich hier dennoch nicht in die Baugrundklasse B sondern in die Baugrundklasse E klassiert.

4.3 Gebiete der Baugrundklasse C

In die Baugrundklasse C werden Ablagerungen von normal konsolidiertem / unzementiertem Lockergestein (Kies und Sand sowie auch Moränenmaterial) mit Mächtigkeit über 30 m eingestuft.

Dies trifft auf die grössten Bereiche in der Ebene des Rheintals zu. Daher wurden auch die grössten Teile der Rheinebene – mithin fast die gesamte Bauzone von Chur und Haldenstein – in diese Baugrundklasse eingeteilt.

4.4 Gebiete der Baugrundklasse D

In die Baugrundklasse D sind Ablagerungen von nicht konsolidierten feinkörnigen Sedimenten einzustufen, die mit Mächtigkeiten von mehr als 30 m auftreten. Daneben gilt diese Klasse auch für unkonsolidierte weitere Lockergesteine über feinkörnigen Ablagerungen (Silt und Ton)

Zwar sind im Gemeindegebiet von Chur und Haldenstein an relativ vielen Orten Einschaltungen sehr feinkörniger Lockergesteine in die durch Schotter betonten Ablagerungen des Rheins und aus den Seitentälern dokumentiert. Es handelt sich allerdings nur in wenigen Ausnahmefällen um Mächtigkeiten von mehr als 1-3 m. Lediglich im Bereich Saluferfeld sowie entlang des Rheins sind grössere Mächtigkeiten von Silt- und Tonablagerungen von bis zu 15 m Mächtigkeit dokumentiert. Die Einstufung in die Baugrundklasse D erfolgte in den Fällen, wenn auch mächtigere Ablagerungen im Untergrund – speziell in den alten Rheinauen – nicht sicher ausgeschlossen werden konnten.

4.5 Gebiete der Baugrundklasse E

In die Baugrundklasse E sind Bereiche einzustufen, in denen Lockergesteine der Baugrundklassen C oder D mit Mächtigkeiten zwischen 5 m und 30 m über einer steiferen Schicht (Baugrundklassen A oder B) lagern.

Solche Bereiche finden sich im Gebiet Chur-Haldenstein vor allem in den Übergangszonen von den Gebieten der Baugrundklasse A in die Schuttfächer resp. Talebenen sowie in einigen flacheren Zonen in den oberen Hangbereichen, in welchen sich über längere Zeiträume auch grössere Mengen Lockergestein (Moränen, Hangschutt, Bergsturzschutt) ansammeln konnten. Die genaue Zuordnung ist hier aus bereits genannten Gründen (s. Kap. 3.2.2, 3.2.3) nicht immer einfach; die Mächtigkeiten liegen in den als Baugrundklasse E ausgeschiedenen Bereichen vermutlich häufig nicht wesentlich über 5 m und auch in den flacheren Bereichen in höheren Lagen vermutlich auch fast nie bei mehr als 10 m.

4.6 Gebiete der Baugrundklasse F

Die Baugrundklasse F fasst die hinsichtlich Baugrund kritischsten Zonen zusammen. Es handelt sich um sehr strukturempfindliche Böden (Torf, Seekreide) und / oder allenfalls aktive Rutschgebiete.

In der geologischen Karte ist entlang den Uferzonen südlich Haldenstein ein Sumpfgelände dokumentiert. Da keine Bohrdaten aus dieser Zone vorlagen, anhand derer der genauere Aufbau der Schichten ersichtlich ist, wurde dieser Bereich vorsichtshalber in die Baugrundklasse F1 eingestuft. Im Zweifelsfall muss hier eine genauere Beurteilung über Bohrungen oder seismische Messungen erfolgen.

In [17] sind im südwestlichen Hang über der Plessur grossflächige Rutschungen ausgeschieden. Diese Flächen wurden der Klasse F2 zugeordnet. Die Gefahrenkarte für die Gemeinde Haldenstein weist keine Rutschgefährdungen auf dem Gemeindegebiet aus. Ein kleinerer Bereich wurde dennoch anhand der topographischen Karte und über die Hangneigungen im Bereich „Alt Stafel“ der Klasse F2 zugeschrieben.

4.7 Standorteffekte

Um die Möglichkeit des Eintretens lokaler Standorteffekte (Verstärkungen der Erdbebenwellen) im Rheintal sowie im Seitental der Plessur zu überprüfen, konnten keine realistischen Talprofile konstruiert werden, da die Felsoberfläche an keinem Ort im Rheintal bei Chur tatsächlich erbohrt wurde. Aufgrund der bis zur Tiefe von 166 m in der bereits geannnten Brunnenbohrung im Rossboden angetroffenen Lockergesteine kann eine Mindestmächtigkeit von ca. 170 m angenommen werden. In [12] wird eine Sedimentmächtigkeit von ca. 220 m – 250 m angenommen. Das durch Felsaufschlüsse begrenzte Rheintal ist im Bereich Felsberg ca. 2 km, bei Haldenstein bis zu 3.2 km breit. Auf Höhe des Talbodens dürften diese Werte auch bei Annahme relativ steil abfallender Felsoberflächen noch deutlich unterschritten werden.

Auf diesen Werten basierende Berechnungen der 2D-Effekte ergeben für die angenommenen Profile bei Felsberg (maximale Talbreite ca. 2km) und Haldenstein (maximale Talbreite ca. 3.2 km) L/2H-Verhältnisse Werte zwischen 4 und 9.4. Der obere Wert käme dabei nur für den theoretischen Fall einer minimalen Sedimentmächtigkeit von 170 m in Betracht (s.o.). Bei der in [12] angenommenen deutlich höheren Sedimentmächtigkeit ergeben sich dagegen auch für den breitesten Talquerschnitt L/2H-Verhältnisse von maximal 7.

Alle errechneten L/2H-Verhältnisse liegen somit unter dem kritischen Wert von 10 (s. Kap. 0). Es ist daher in jedem Fall mit einem aus der Talform resultierenden Verstärkungseffekt für die Erdbebenwellen zu rechnen. Gleiches gilt auch für den Bereich des oberen Schuttkegels am Talausgang zum Schanfigg. Auch dort ergeben sich - je nach angenommener Sedimentmächtigkeit (erbohrt sind ca. 40 m im Bereich Brandacker) - L/2H-Verhältnisse zwischen 2 und 8.

Es ist davon auszugehen, dass bei einem Erdbeben sehr wahrscheinlich überall im Talboden bedeutende Verstärkungseffekte auftreten würden.

5. Anwendung der Karte der Baugrundklassen und Konsequenzen

Die Karte der Baugrundklassen ist eine Hinweiskarte ähnlich den Gefahrenhinweiskarten für weitere Naturgefahren in der Schweiz. In der Karte der Baugrundklassen werden Geländeberei-

che ausgeschieden, deren Untergrund sich im Erdbebenfall günstig oder ungünstig verhalten kann. Hinweiskarten geben eine grobe Übersicht über die Situation und zeigen auf, wo detailliertere Untersuchungen erforderlich sind. Es resultieren aufgrund der Karten der Baugrundklassen jedoch keine Bauverbote. Es besteht also keine Rechtsverbindlichkeit.

6. Generelle Anmerkungen - Weiteres Vorgehen

Die Einstufung der Gebiete in die einzelnen Baugrundklassen erfolgte in weiten Teilen vor allem auf der Basis von vorhandenen Karten sowie von oft eher ungenauen Angaben aus Bohrprotokollen bei den EWS-Bohrungen. Weiterhin erreichen viele der übrigen Bohrungen nicht die für die Beurteilung eigentlich erforderlichen 30 m Mindesttiefe. Daraus kann ein recht hoher Interpretationsspielraum entstehen. Es wurde im Zuge der Bearbeitung versucht, diesen durch Abgleiche der verschiedenen vorhandenen Quellen möglichst zu verkleinern.

Da - wie bereits erwähnt - für die vorliegende Baugrundkarte keine Geländeanalysen durchgeführt wurden, sind im Rahmen der Generalisierung kleinere Flächen nicht erfasst worden. Der Schwerpunkt der Feinkorrekturen wurde auf das Talgebiet gelegt (grosses Schadenpotenzial). Im Zweifelsfall sind vor allem für vorgesehene sensiblere Bauprojekte die Angaben über spezielle Untersuchungen des Untergrunds und seismische Messungen am Standort zu verifizieren. Dies gilt für die Gebiete, die in die Baugrundklassen D, E und F eingestuft wurden, sowie die Gebiete in deren näherem Umkreis.

Die im GIS zur Verfügung stehende Baugrundkarte muss allenfalls bei weiteren Erkenntnissen angepasst werden. Für einen Standort wie Chur mit einem nicht unerheblichen Erdbebenrisiko sollte in einer zweiten Phase eine Seismische Mikrozonierung der Stufe 2 vorgesehen werden.

GEOTEST AG

Dr. Bernhard Krummenacher Susanne Rust