

Katholische Pfarrkirche, Brienz

Überwachung Schiefstellung

Bericht mit Messresultaten und Auswertungen, inkl. Rissdokumentation



24.08.2022

Michael Inauen

Inhalt

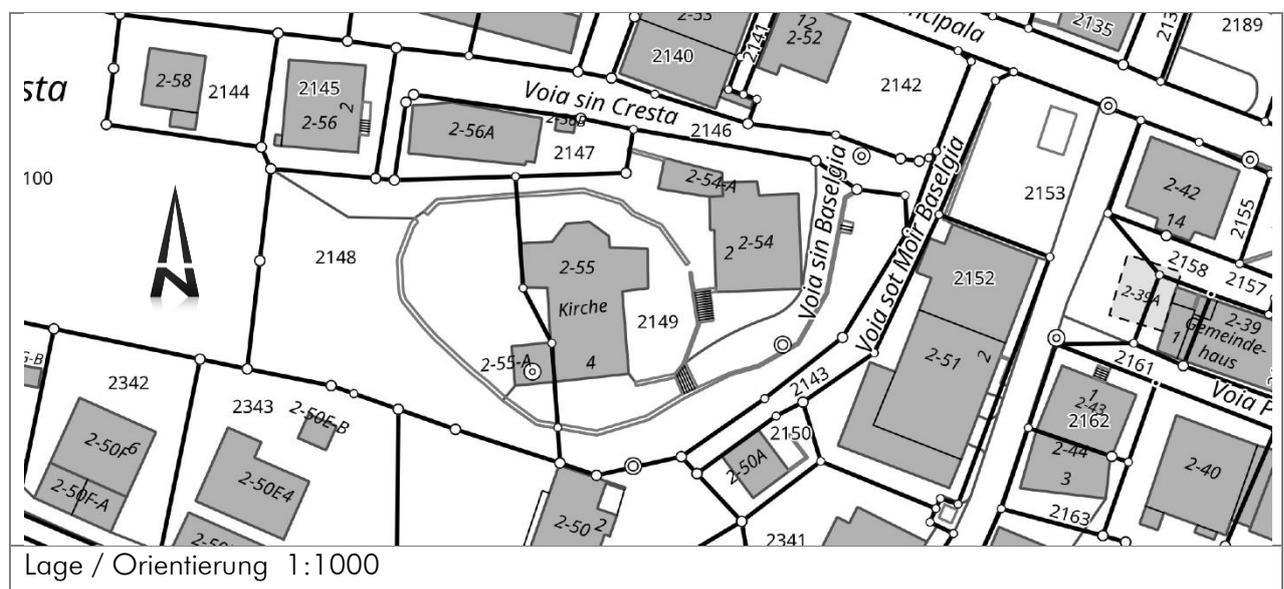
1	Ausgangslage	3
1.1	Kurzbeschreibung Sanierungskonzept von 1978	3
1.2	Kontrollmessungen	4
2	Grundlagen	4
2.1	Rissaufnahme Widmer Ingenieure	4
2.2	Rutschung Brienz generell	4
3	Auftrag	5
4	Risse	5
5	Schiefstellung Turm	10
6	Schiefstellung Kirche	10
7	Unterhalt	11
8	Fazit	11
9	Empfehlung Liesch	12
10	Beilagen	12

1 Ausgangslage

Ungefähr 1975 beginnt die ganze Geschichte. Zu dieser Zeit wurden Risse in Wände und Gewölbe bis ca. 30cm Breite gemessen, also sehr Breite Risse wo man gut durchschauen konnte. Der Turm war recht schief, sodass dieser notdürftig mit schrägen Kabel gesichert werden musste, da dieser umzukippen drohte.

In diesem Zusammenhang durfte das Ingenieurbüro Liesch, namentlich Martin Liesch, im Jahre 1978 ein Ertüchtigungskonzept erstellen, umsetzen, begleiten und das Verhalten über die nächsten Jahrzehnte überwachen. Die Überwachung der Schiefstellung wurde dann im 2018 von Martin Liesch an Michael Inauen übergeben. Somit verbleibt die Überwachung nach wie vor beim Ingenieurbüro Liesch.

Rein informativ wird nachfolgend das Sanierungskonzept von 1978 kurz beschrieben, gemäss Erzählung von Marin Liesch.



1.1 Kurzbeschreibung Sanierungskonzept von 1978

Die ganze Kirche steht auf einem vorgespannten, ca. 2m hohen und 1m breitem Betonriegel, wurde nachträglich unterfangen. Oben an der Wandkrone im Übergang zum Gewölbe wurden ebenfalls Spannkabel eingespitzt und vorgespannt.

Beim Turm wurde ein doppeltes Fundament erstellt, damit mittels hydraulischen Pressen zwischen den beiden Fundamenten der Turm wieder gerade gerichtet werden konnte. Bei einer erneuten Schiefstellung könnte der Turm theoretisch wieder gerichtet werden, sofern er nicht an der Kirchenmauer ansetzt. Der Turm hat sich in zwei Richtungen schiefgestellt, vor allem eine Ecke ist abgesungen, daher sind die Hebevorrichtungen für die Pressen exzentrisch angeordnet.

Im Jahr 1985 wurden auf der Nordseite des Turms zur Sicherung zusätzlich 2 vorgespannte Bodenanker eingebaut worden. Diese beiden Anker sind (zumindest theoretisch) nachspannbar und wurden vor allem gemacht, damit der Turm auch nicht einstürzt, wenn er erneut in Schiefelage gerät.

Beim Bohren der vorgespannten Anker der Stützmauer entdeckte man grosse Klüfte im Fels, der Bohrer hatte plötzlich keinen Widerstand mehr, erst so kann man darauf, dass wie Schoten des Felses abgebrochen und anschliessend abgedrückt sind, und dadurch die grossen Risse in der Kirche entstanden sind. Mit dem Konzept verhält sich die Kirche wie ein Schlitten auf den abdriftenden Felschoten.

1.2 Kontrollmessungen

Seit 1979 wird die Schiefstellung des Kirchturmes mit einem Pendel überwacht. Im September 2009 wurde eine neue Treppe eingebaut und in diesem Zusammenhang das Pendel neu versetzt. Von daher gibt es zwei unterschiedliche Messreihen, eine Messreihe von 1979 bis 2009 und eine andere Messreihe von 2009 bis heute. Glücklicherweise konnten die Abschlussmessung der alten Messreihe (vor Demontage der alten Treppe), wie auch die Nullmessung des neu installierten Pendels (nach Montage der neuen Treppe) vom September 2009 noch aufgefunden werden.

Um die Schiefstellung der Kirche zu überwachen, wurden 3 Nivellementplatten auf Höhe ok Terrain einbetoniert. Mit dem Klinometer kann so die Schiefstellung der Kirche mechanisch und analoge kontrolliert werden. Die Messreihen gehen ebenfalls auf das Jahr 1979 zurück.

Teilweise hat es längere Unterbrüche zwischen den einzelnen Messungen gegeben. Im Sinne einer etwas digitaleren Weiterführung der Messreihe, werden die Messungen ab 2009 (Einbau neue Treppe, neues Pendel) in eine neue Tabelle übertragen.

Ab 1985 bis 2018, also nach dem Einbau der beiden vorgespannten Bodenanker in der Nordwand des Turmes, wurden keine Klinometermessungen mehr durchgeführt, nur noch Kontrollmessungen des Turms.

2 Grundlagen

- Messungen am Turm (Pendelmessung) 1979-2009
- Messungen Kirche (Klinometermessungen) 1979-2007
- Technischer Bericht Liesch Ingenieure AG vom 12.09.2007
- Begehungen mit Messungen vom 19.07.2018 und 06.12.2018 (Mario Schena, Martin Liesch, Michael Inauen)
- Rissaufnahme Widmer Ingenieure vom 07.10.2021
- Begehung mit Messungen vom 04.07.2022 (Hermann Bossi, Rolf Steingruber, Michael Inauen)

2.1 Rissaufnahme Widmer Ingenieure

In Zusammenhang mit der Erstellung des Sondierstollens Brienzerrutsch wurde durch die Gemeinde zur vorsorglichen Beweissicherung der Zustand der Liegenschaft aufgenommen. Die Aufnahmen erfolgten vor der ersten Sprengung des Sondierstollens vom 20.09.2021. Es wurden Risse aussen (18.08.21) und innen (15.09.21) aufgenommen, wie auch die Schiefstellung des Turms (01.09.21) gemessen. Sämtliche Aufnahmen wurden im Bericht vom 07.10.2021 dokumentiert.

Fazit Bericht:

- ⇒ keine sichtbaren Risse aussen
- ⇒ 1 sichtbarer Riss hinter der Kanzel < 1mm, ansonsten praktisch keine sichtbare Risse innen
- ⇒ Gut erkennbare Schiefelage des Turms
- ⇒ Neigungsgrad Hauptgebäude ok

2.2 Rutschung Brienz generell

Gemäss Auskunft seitens Gemeinde beträgt die jährliche Rutschung (2021) im Dorfteil ca. 1.40m. Im Jahre 2017/18 lag dies noch bei ca. 0.7m. Die Rutschgeschwindigkeit hat also stark zugenommen.

Aktuell wird seitens Kantons und Gemeinde ein Sondierstollen erstellt, welcher - falls er seine Wirkung ausreichend entfalten kann – in den nächsten Jahren zu einem Entwässerungstollen ausgebaut werden soll. Der Porenwasserdruck konnte bisher bereits um rund 2 bar gesenkt werden, was die verantwortlichen des Projektes grundsätzlich positiv stimmt.

3 Auftrag

Die Liesch Ingenieure AG wird beauftragt eine Kontrollmessung des Turmes und der Kirche bezüglich Schiefstellung durchzuführen und zu beurteilen. Im Kurzbericht soll die Einsturzgefährdung beurteilt werden.

4 Risse

Die Rissaufnahme erfolgt grundsätzlich visuell und vom Boden aus. Eine Rissdokumentation war nicht vorgesehen, da aber doch seit der letzten Begehung einige Risse hinzugekommen sind, werden diese kurz dokumentiert.

Riss Sockel Westfassade

An diesem Standort zeigt sich anschaulich, die Veränderung zwischen 2018 und heute, daher wird dieser Standort hervorgehoben.

Gesamteindruck	Veränderung deutlich sichtbar. Was im 2018 noch Haarrisse waren, sind heute Risse von ca. 1.5mm. Zusätzliche Haarrisse gegenüber 2018.
	
Keine Nahaufnahme von Riss vorhanden, wohl nur Haarriss.	
Riss Sockel 06.12.2018	Riss Sockel 05.07.2022

Rissaufnahmen aussen (Fassade)

<p>Gesamteindruck</p>	<p>Einige gut sichtbaren Risse vorhanden, viele Haarrisse vorhanden. Insbesondere in den Übergängen von Kirche zu Nebenbauten oder von Kirche zu Turm sind neue Risse entstanden oder die Risse grösser geworden. Einige Risse sind nur lokal, beginnen und enden wahllos.</p>
<p>Aufnahmedatum</p>	<p>04.07.2022</p>
	
<p>Westfassade; Riss Sockel knapp 2mm, nach unten Riss breiter.</p>	<p>Westfassade; Risse 0.5mm bis 1.0mm</p>
	
<p>Sockel West; Kirche-Turm, unten Riss ca. 3mm</p>	<p>Wand West; Kirche-Turm, nach oben abnehmend auf «0».</p>



Sockel West von oben; Kirche-Turm



Sockel West von vorne; Kirche-Turm



West; Aufbewahrungsraum-Kirche



Riss ca. 0.5mm, nach oben zunehmend!



West; Kirche-Turm; örtlicher Riss in Fries



Turm Nord; diverse feine Haarrisse



Süd; Turm-Kirche; Riss oben ca. 3m lang, mit Versatz (oben rechts von Fuge, dann über Fuge und noch etwas links von Fuge)



Süd; Riss in Fuge Turm-Kirche; auf ca. 1.5m Höhe 1mm breit und 40cm lang, weiter unten noch ein Riss ca. 20cm lang.



Ost; Feine Haarrisse in Brüstung und Sockel



Ost; Haarrisse in Scheitel Fenster



Ost; lokaler Riss unter Brüstung ca. 0.9mm



Ost; Kirche-Anbau; auf 1.5m höhe ca. 1.2mm, nach oben zunehmend.

Der Zustand auf der Nordseite ist sehr gut, einige Haarrisse sind auch da vorhanden, insbesondere bei den Übergängen von Kirche zu den Nebenbauten.

Risse Innen

Gesamteindruck	Einige gut sichtbaren Risse vorhanden, viele Haarrisse vorhanden. Risse oft bei Schwächungen (Brüstungen, Stürze).
Aufnahmedatum	04.07.2022
	
Sockel West	Brüstung Ost; Fenster im Norden
	
Riss Gewölbe; nach erster Stütze von Eingang her links. Risslänge über Decke bis Start gegenüberliegendes Gewölbe (Rissbreite immer kleiner), bei Gewölbe kein Riss mehr.	Riss Stütze-Gewölbe von Empore aus.



5 Schiefstellung Turm

Die Schiefstellung des Turms ist seit 2009 rückläufig während es zuvor während rund 25 Jahren (seit Vorspannung mit 2 Bodenanker um 1985) sehr stabil war, ohne nennenswerte Änderung.

6 Schiefstellung Kirche

Die Messstelle 2 musste neu justiert werden, da die Schiefstellung so gross war, dass wir ausserhalb des Messbereichs landeten. Die Stellschraube im Süden wurde um 1.5 Umdrehungen eingedreht. Mittels Ableseung der Winkelminuten pro $\frac{1}{2}$ Drehung, ist die heutige Messung nicht verloren, sondern es kann zurückgerechnet werden, wieviel «Winkelminuten» im Minus wir gelegen haben.

Nun wurde die Stellschraube justiert, als neue «Nullmessung», so dass auch wieder eine Folgemessung erfolgen kann.

Beurteilung

1979 bis 1985 bewegen sich die Messungen alle innerhalb von 2 bis 3 Winkelminuten, die Veränderungen sind also sehr moderat, fast schon im Toleranzbereich der Messung. Bei den Messungen bis 1985 ist keine klare Tendenz festzustellen; der nördliche Teil der Kirche tendiert beim Südöstlichen Gebäudeteil abzusinken, während der südliche Teil der Kirche (mit Turm) eher beim nordwestlichen Gebäudeteil absinkt. Wie bereits erwähnt, waren diese Bewegungen sehr moderat, daher kam es wohl auch zu keinen sichtbaren Rissen.

Seit 1985 zeigen alle Messungen die gleiche Richtung an, das ganze Gebäude hat die Tendenz beim nordöstlichen Gebäudeteil abzusinken. Insbesondere in Y-Richtung (Nord-Süd) hat die Schiefstellung seit 2018 stark zugenommen, die Veränderung beträgt in diesen 3.5 Jahren bis zu 3x mehr im Vergleich zu den 33 Jahren von 1985 bis 2018, siehe insbesondere die Messstellen 1 und 3. Bei der Messdose 2 ist seit 2018 auch einiges gegangen, in etwa gleich viel wie in den 33 Jahren zu vor.

7 Unterhalt

In Zusammenhang mit der Begehung wurde auch der Zustand der Anker, Nischen für Pressen, ... visuell begutachtet.

Der Ankerkopf im Schacht unterhalb des Turms ist stark korrodiert, und liegt nicht mehr satt am Beton. Eine Nische von einer ehemaligen Spannpressen weist Abplatzungen auf. Wie alt diese Abplatzungen sind, ist unklar, der Einfluss dieser Abplatzungen ist klein.

Die vorgespannten Litzenanker liefern einen wichtigen Beitrag zur Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Gebäudes. Diese können durch einen Spezialisten mit den entsprechenden Messgeräten geprüft werden. Mehr dazu unter dem Abschnitt Empfehlungen.

8 Fazit

Die Risse haben seit der letzten Begehung seitens Liesch vom Dezember 2018 klar zugenommen. Es sind neue Risse entstanden und bestehende Risse sind breiter und länger geworden.

Auch stellen wir eine Zunahme von Rissen gegenüber der Rissdokumentation vom Herbst 2021 der Widmer Ingenieure fest.

Die Ursache der Risse führen die bearbeitenden Geologen auf die in den letzten Jahren massiv zunehmenden Rutschgeschwindigkeiten der gesamten Rutschung Dorf zurück. Insbesondere verursachen die starken Deformationen auch verstärkte differenzielle Bewegungen innerhalb der früher mehrheitlich kompakten Felsscholle, auf der das Dorf auf der Rutschung mitschwimmt".

Die rückläufige Schiefstellung des Turms in Y-Richtung korrespondiert mit der gemessenen Schiefstellung der Kirche. So wie es aussieht sinkt das Gebäude nördlich ab, was sich rein geometrisch positiv auf die Schiefstellung des Turmes auswirkt. Die gemessenen Winkelminuten von 2018 und 2022 weisen bei allen 3 Messdosen ähnliche Differenzen aus. Das lässt darauf schliessen, dass sich das Gebäude nach wie vor als ziemlich steife Einheit verhält. Die Risse befinden sich in erster Linie an den Übergängen von Gebäudeteilen (Kirche-Turm, Kirche-Nebenbauten), oder im Bereich von Brüstungen oder Stürzen. Dies sind typische Schwachstellen; wenn Spannungen entstehen, reisst es an diesen Orten zuerst. Über ganze Gebäudeteile durchgehende Risse wurden keine festgestellt.

Die Messungen und die diversen Risse weisen darauf hin, dass Bewegungen im Gange sind. Die Bewegungen sind nicht mehr so homogen und ruhig wie in den vergangenen Jahrzehnten. Die **Tragsicherheit** des Gebäudes ist durch die aktuelle Rissituation und Schiefstellung **nicht** gefährdet!

Um die Dauerhaftigkeit des Gebäudes zu gewährleisten, sind Unterhaltsarbeiten durchzuführen.

9 Empfehlung Liesch

Überwachung Rissbildung

Wir empfehlen die Rissbildung engmaschig zu überwachen, evtl. mit Risssigel oder messtechnischer Überwachung. Das genaue Intervall der Risse-überwachung ist noch bilateral festzulegen.

Überwachung Schiefstellung und Ankerspannkraft

- Messungen der Turmschiefstellung im Monats-, Quartals- oder Halbjahreszyklus durch die Gemeinde selber mit Doppelmeter (Tabelle seitens Liesch vorbereitet), bei Feststellungen von Verschiebungen, die Liesch Ingenieure AG anbietet
- Im gleichen Rhythmus wie oben ablesen der Spannkraft beim Ablesegerät (wenn installiert, siehe Unterhaltsarbeiten unten), wenn nicht installiert, in ca. 30 Jahren wieder Zustandsanalyse mit Messung der Spannkraft
- Im 5 bis 10 Jahres-Rhythmus Kontrollgang durch Liesch oder nach Gutdünken der Gemeinde auch engmaschiger (Aufgebot durch Gemeinde)

Unterhaltsarbeiten

Wir empfehlen nachfolgend aufgeführte Unterhaltsarbeiten zeitnah anzupacken und umzusetzen:

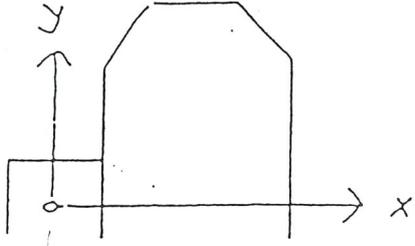
- Ankerkopf bei Anker im Schacht unterhalb Turm: Korrosionsschutz und untergiessen der Ankerplatte vollflächig mit Sika-Grout 314.
- Massnahmen bei der Stahlplatten im Schacht unterhalb Turm: Korrosionsschutz, auswechseln der korrodierten Stahlplatten, ... andere Möglichkeiten?
- Zustandsanalyse mit Messungen der Spannkraft der vorgespannten nachspannbaren Litzenanker in der Turmwand, allenfalls Installation einer Messdose mit Ablesegerät zur Überwachung der Spannkraft im Anker
- Zustandsanalyse der Litzenanker bei der Stützmauer unterhalb des Turmes dito oben

Mit diesen Massnahmen wird die Dauerhaftigkeit und Funktionstüchtigkeit der zugänglichen Konstruktion (insbesondere Anker) gewährleistet. Mit dem vorgeschlagenen Überwachen der Risse und der Schiefstellung des Turmes ist ein Monitoring installiert, um im Ernstfall rechtzeitig reagieren zu können.

10 Beilagen

- Messungen am Turm (Pendelmessung) 1979-2009
- Messungen Kirche (Klinometermessungen) 1979-1985
- Messungen am Turm (Pendelmessung) 2009-2022
- Messungen Kirche (Klinometermessungen) 2018-2022

Messungen am Turm (Pendelmessung)



Pendellänge 19.15 m

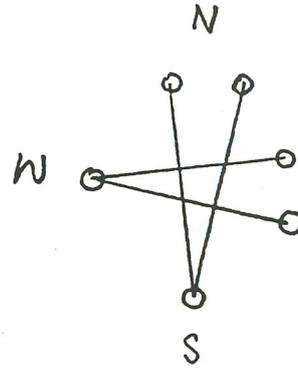
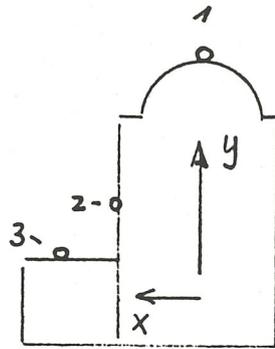
LIESCH INGENIEURE AG
Wiesentalstrasse 83
7000 Chur

05.07.2022

Datum	y cm	x cm	Δ Verschiebung		Bemerkungen Regenfälle, Erdbebe etc.
			Δ y	Δ x	
30. 1.79	12.0	10.855			
27. 4.79	11.95	10.86	0.0054		Seilspannung 0 to
24. 8.79	11.89	10.79			
12.10.79	11.96	10.78			
22.11.79	11.92	10.69			
27. 3.80	11.83				
8. 4.80	11.65	10.60			
14. 5.80	11.95 ⁵	10.71			
8. 4.81	11.65	10.60			
3. 2.82	11.58	10.56	4.2 mm	2.9 mm	
2. 6.82	11.48	10.56			
17. 6.83	11.4	10.5			
4. 8.83	10.44	10.41			Erdbeben am 31.7.83
11. 8.83	10.47	10.38			
17. 5.84	10.4	10.3			
2. 7.85	11.22	10.45			
23. 8.85	11.33	10.4			Vorspannung mit 2 Bodenankern
1987	10.5	10.42			
1989	11.5	11.40			
5. 4.93	10.43	10.22			
2. 6. 97	11.56 11.63 ⁴	10.04			2. Messung 1. Messung (Relev)
29. 10. 97	11.64	9.95			10.10.97 Vorspannung Bodenanker Kirchenmauer
17. 9. 99	11.80	10.15			Messung mit Meter
1. 11. 2000	11.82	9.94			
12. 02. 2007	11.81	9.52			
3. 09. 2007	11.86	9.59			
20. 04. 2009	11.9	9.5			
15. 05. 2009	12.01	9.51			Marcel Liesch M. Liesch, Dat. nicht ganz klar

KIRCHE BRIENZ

Klinometermessungen



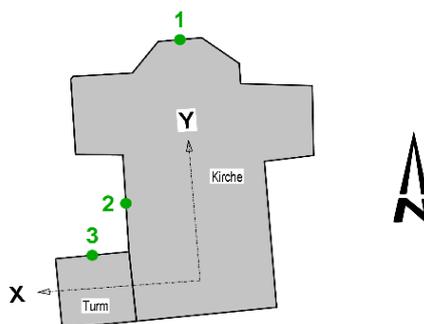
Brienz
 zunehmende
 Tendenz \approx
 Erhöhung
 Doppelpunkt-
 Lager =
 E Abkippen
 gegen S+W.

Messdose	Datum	X	Y	Bemerkungen
1. <u>Kirche Nord</u> Chur	22.11.79	39 c 85 cc	40 c 06 cc	Wetter bedeckt
	27. 3.80	39 c 835	39 c 87 cc	t = 0
	27. 3.80	40 c 10 cc	40 c 21 cc	t = 33 to
	27. 3.80	40 c 06 cc	40 c 65	
	14. 5.80	40 195	40 40 ⁵	
	8. 4.81	40 61	41 59	
	3. 2.82	40 86	42 83	
	10. 5.84	41 02 ⁸	43 17 ³	
	3. 9.84	40 c 85 cc	42 75	
	12. 7.85	41 20	43 26	
2. <u>Kirche West</u> Mauer	22.11.79	40 00 cc	40 c 02 cc	Wetter bedeckt
	14. 5.80	40 225	39 735	
	8. 4.81	40 45	39 35	
	3. 2.82	40 34	39 06	
	10. 5.84	40 53 ⁵	38 46	
	3. 9.84	41 00	38 55	
	12. 7.85	40 665	38 635	
3. <u>Nord Turm</u> Fundament	22.11.79	40 c 00 cc	39 c 86 cc	Wetter bedeckt
	27. 3.80	39 c 95	39 c 875	
	14. 5.80	40 025	39 915	
	8. 4.81	40 34	40 68	
	3. 2.82	38 99	40 43	
	10. 5.84	40 66 ⁵	41 115	
	3. 9.84	41 05	41 05	
	12. 7.85	41 61	41 695	

Messungen Kirche

Klinometermessungen

Messbereich ± 40 Winkelminuten (Gon)



Alte Messungen von 1979-1985 siehe separate Dokumentation

Messdose 1: Kirche Nord (Chur)

Datum	X		Y		Bemerkungen
	C (Winkelminuten)	CC (Winkelsekunden)	C (Winkelminuten)	CC (Winkelsekunden)	
12.07.85	41	20	43	26	
06.12.18	42	95	37	6	
04.07.22	45	20	18	77	

Messdose 2: Kirche West (Mauer)

Datum	X		Y		Bemerkungen
	C (Winkelminuten)	CC (Winkelsekunden)	C (Winkelminuten)	CC (Winkelsekunden)	
12.07.85	40	66	38	63	
06.12.18	42	83	16	77	
04.07.22	43	13	-5	0	Y-Richtung Ausserhalb Messbereich, mittels Umdrehungen der Stellschraube ca. hochgerechnet. Stellschraube Süd 1.5 Umdrehungen angezogen.
04.07.22	43	13	63	30	Nullmessung in Y-Richtung

Messdose 3: Nordturm (Fundament)

Datum	X		Y		Bemerkungen
	C (Winkel- minuten)	CC (Winkel- sekunden)	C (Winkel- minuten)	CC (Winkel- sekunden)	
12.07.85	41	61	41	70	
06.12.18	45	6	31	69	
04.07.22	44	38	13	51	