

## Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben

### Klosterburg Dinklage



### Sicherung, Restaurierung und Umnutzung der ehemaligen Wassermühle

**Zuwendungsempfänger:**

Jade Hochschule  
Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth

**Projektnummer DBU:**

29132-45

**Projektleiter:**

Prof. Dr.-Ing. Heinrich Wigger

**Projektmitarbeiter:**

Dipl.-Ing. H. Koop, J. Asche, M. Eng. C. Westermann

**Vorhabenbezeichnung:**

s.o.

**Laufzeit des Vorhabens:**

01.02.2012 – 31.01.2015

**Berichtszeitraum:**

01.02.2012– 31.10.2014

Oldenburg, den 12.11.2014

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Bauwerksgeschichte.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Projektziel und Vorgehensweise .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Durchgeführte Arbeiten und Untersuchungen .....</b>	<b>2</b>
3.1	Bestandsaufnahme .....	2
3.2	Geotechnische Stellungnahme .....	4
3.3	Statisch-konstruktive Berechnungen.....	5
3.4	Verformungszustand / Setzungen .....	5
3.5	Untersuchungen der Jade Hochschule .....	6
3.5.1	Überblick.....	6
3.5.2	Untersuchungen im Labor.....	7
3.5.3	Monitoring am Bauwerk vor der Sanierung .....	7
3.5.4	Monitoring am Bauwerk nach der Sanierung .....	9
3.6	Restaurierung des Mühlengebäudes .....	9
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung und Fazit.....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Unterlagen, Internetquellen, Normen und Richtlinien.....</b>	<b>11</b>
5.1	Unterlagen .....	11
5.2	Normen und Richtlinien.....	12
5.3	Internetquellen .....	12
<b>6</b>	<b>Anlagen .....</b>	<b>13</b>

## 1 Einleitung und Bauwerksgeschichte

Die Klosterburg Dinklage gehört zu den ältesten und bedeutendsten Wasserburgenanlagen im Oldenburger Münsterland und wurde im 16. Jahrhundert erbaut. Zusammen mit der Kapelle, der ehemaligen Wassermühle und dem Burgpark bildet sie ein denkmalgeschütztes Ensemble. Das Mühlengebäude (Bild 1 bis Bild 2), welches im 18. Jahrhundert errichtet wurde, befindet sich nördlich der Burgkapelle und westlich eines Mühlenteichs. Durch einen künstlich schmal angelegten Wasserlauf wurde das Mühlenrad angetrieben. Der Betrieb wurde 1892 eingestellt und das Mühlengebäude als Wohnhaus umgenutzt.



Bild 1: Südwest-Ansicht [1]



Bild 2: Südost-Ansicht [1]

Aufgrund von Rissbildungen im Außen- und Innenmauerwerk, die sich seit Bestehen der Gebäude verstärkt haben, wurden Gebäudeuntersuchungen veranlasst. Im Rahmen der Untersuchungen wurden Mängel an mehreren Gebäuden des Ensembles festgestellt. Besonders das Mühlengebäude wies erhebliche Risse im Außenmauerwerk auf [2]. Als mögliche Ursache wurden Gründungsprobleme und Absenkungen des Grundwasserspiegels vermutet.

## 2 Projektziel und Vorgehensweise

Die Sanierung und Umnutzung des Mühlengebäudes der Burg Dinklage erfolgte auf Bestreben der BENEDIKTINERINNENABTEI BURG DINKLAGE. Nach Beendigung der Sanierungsmaßnahmen soll das Gebäude einen Seminar- und Ausstellungsraum der Kardinal von Galen Stiftung beherbergen. Im Mittelpunkt der Ausstellung steht Clemens August von Galen. Bekannt wurde er als „Löwe von Münster“ im Widerstand gegen den Nationalsozialismus.

In Zusammenarbeit mit dem ARCHITEKTURBÜRO TONNDORF, dem INGENIEURBÜRO FÜR DENKMALERHALTUNG DETLEF BÖTTCHER, sowie dem INGENIEURBÜRO SCHMITZ + BEILKE GMBH wurden die Ursachen untersucht und ein geeignetes Sanierungskonzept für das denkmalgeschützte Mühlengebäude erarbeitet. Für die wissenschaftliche Begleitung der Sanierungs-

maßnahme wurde das Fachgebiet BAUSTOFFTECHNOLOGIE UND BAUWERKSERHALTUNG der JADE HOCHSCHULE in Oldenburg hinzugezogen, um die zu erwartenden Auswirkungen der Sanierung genauer prognostizieren zu können.

Das Mühlengebäude der Klosterburg Dinklage ist auf einem setzungsempfindlichen Untergrund gegründet. Durch ein in Deutschland noch unbekanntes Verfahren einer niederländischen Firma sollte die Gründung des Mühlengebäudes mit dem Einsatz von Mikropfählen nachgegründet werden. Vor Beginn der Sanierungsarbeiten sowie nach deren Abschluss wurden durch die JADE HOCHSCHULE Langzeitmessungen hinsichtlich des Setzungsverhaltens durchgeführt. Anhand der Messergebnisse lassen sich vergleichbare Betrachtungen des Setzungsverhaltens vor und nach der Sanierungsmaßnahme durchführen.

Ziel des Forschungsprojektes ist es, mit Hilfe von innovativen Sanierungsmethoden weitere Rissbildungen am Mühlengebäude zu vermeiden und mittels Langzeitmessungen den Erfolg der angewandten innovativen Nachgründung zu beurteilen. Da auch weitere historische Gebäude der Klosterburg Dinklage von vergleichbaren Mängeln betroffen sind, kann das Mühlengebäude exemplarisch Aufschlüsse über geeignete Sanierungsmaßnahmen für die übrigen Gebäude der Burganlage geben [8]. Gefördert wurde das Projekt von der DEUTSCHEN BUNDESSTIFTUNG FÜR UMWELT (DBU).

### **3 Durchgeführte Arbeiten und Untersuchungen**

#### **3.1 Bestandsaufnahme**

In der ersten Phase fand eine ausführliche Analyse der Bausubstanz des Mühlengebäudes vor der Ausführung der Sanierungsmaßnahmen statt. Dabei wurden die Schwachstellen des Mühlengebäudes genauer untersucht. Das Gebäude wies eine Vielzahl von starken Mauerwerksrissen auf. Der stärkste Riss hatte eine Breite von ca. 8 cm und verlief vertikal im Außenmauerwerk, s. Bild 3 und Bild 4. Die Rissdokumentation ist in Bild 5 bis Bild 8 festgehalten.

Im Verlauf der Voruntersuchungen wurde schnell deutlich, dass es sich hierbei um ein stark setzungsempfindliches Gebäude handelt. Die möglichen Ursachen mussten genauer untersucht werden. Die möglichen Setzungsursachen waren eine Absenkung des Wasserspiegels, verursacht durch den Bau der Autobahn A1 und ein setzungsempfindlicher Boden unter der Gründungssohle. Aus der Überprüfung und genaueren Betrachtung der Unterlagen über die gemessenen Wasserstände vom 27.03.1981 (vor dem Bau der A1) und vom 18.11.2011 (nach der Fertigstellung) gehen identische Wasserstände hervor. Damit konnte eine Absenkung des Grundwassers als mögliche Ursache ausgeschlossen werden [6].



Bild 3: Vertikalriss - Westwand



Bild 4: Sanierter Vertikalriss - Westwand

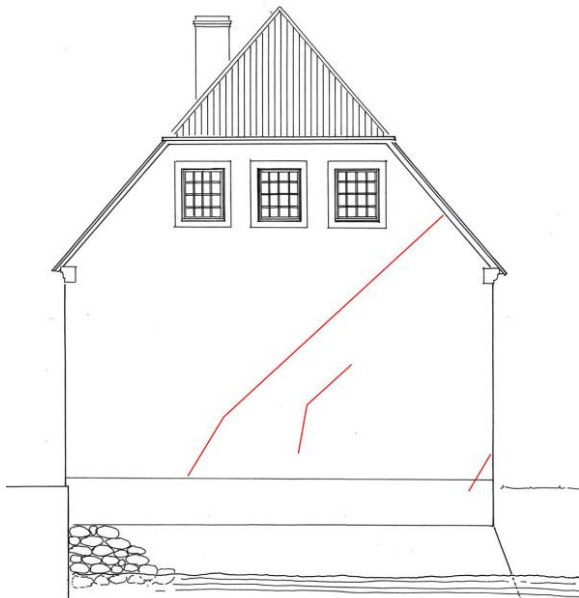


Bild 5: Rissverlauf auf der Nordseite [1]

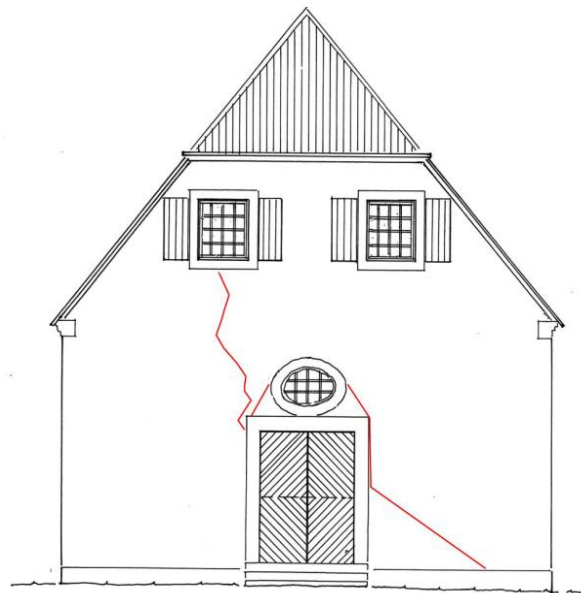


Bild 6: Rissverlauf auf der Südseite [1]

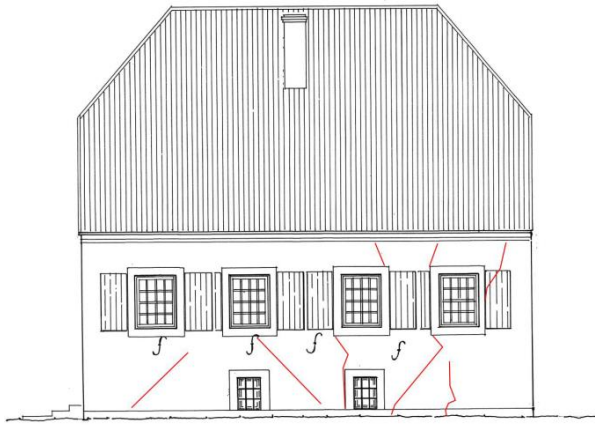


Bild 7: Rissverlauf auf der Ostwand [1]

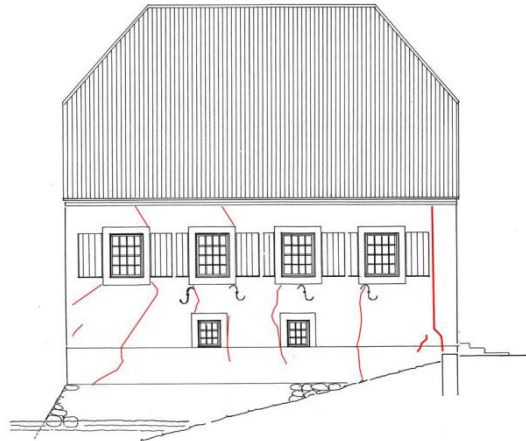


Bild 8: Rissverlauf auf der Westwand [1]

### 3.2 Geotechnische Stellungnahme

Zur Klärung der Setzungsursache wurde vor Beginn der statisch-konstruktiven Berechnungen eine Baugrunduntersuchung durch das INGENIEURBÜRO SCHMITZ + BEILKE GMBH [7] durchgeführt. Zur Erkundung der Bodenverhältnisse wurden vier Kleinbohrungen und zwei schwere Rammsondierungen durchgeführt. Die Bodenproben wurden nach DIN 4023 [N 1] im bodenmechanischen Labor begutachtet und bewertet. Den Ergebnissen der Bohrungen zu Folge ist von einer fünf-geteilten Schichtfolge aus einer Auffüllung von obere Schluffe, obere Sande, untere Schluffe und untere Sande auszugehen. Aus den ermittelten Bohrprofilen wird deutlich, dass unter einem Höhenniveau von -4,8 m relativ einheitliche Baugrundverhältnisse vorliegen. Oberhalb des Höhenniveaus sind die Baugrundverhältnisse sehr unterschiedlich. In Bezug auf den Grundwasserstand muss während und nach niederschlagsreichen Perioden sowie bei Hochwasserständen im Mühlenteich mit einem deutlichen Anstieg des Wasserstandes gerechnet werden. Im Labor wurden Bodenproben der Wassergehalt ermittelt. Die ermittelten Wassergehalte sind typisch für eine weiche Konsistenz des Bodens. Die teilweise höheren Wassergehalte sind auf die organischen Anteile zurückzuführen.

Die gewonnenen Erkenntnisse schließen darauf, dass die Baugrundverhältnisse insgesamt sehr unterschiedlich sind. Die Auffüllungen und die darunter anstehenden oberen Schluffe sind nur wenig tragfähig. Erst ab einer Tiefe von 5,2 m unter Geländeoberkante kann von ausreichend tragfähigen Sanden ausgegangen werden. Nach den vorliegenden Baugrunduntersuchungen sind die oberen Schichten als stark setzungsempfindlich einzustufen. Unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte wird für die Sanierung eine Nachgründung auf Mikropfählen empfohlen. Hierbei wird eine Bewehrung in eine Bohrung eingestellt und der Ringraum verpresst. Die Lastabtragung erfolgt dabei hauptsächlich über die Pfahlmantelreibung [7].

### 3.3 Statisch-konstruktive Berechnungen

Für die statisch-konstruktive Berechnung der ehemaligen Wassermühle wurde das INGENIEURBÜRO FÜR DENKMALERHALTUNG BÖTTCHER [3] beauftragt. Zu Beginn wurde die Rissbildung und die Setzungen genauer untersucht und ausführlich dokumentiert. Zur weiteren Einschätzung der Absenkungen wurde eine Außenfuge, die Deckenunterseite im Erdgeschoss sowie der Boden im Dachgeschoss nivelliert. In einem weiteren Schritt fand die Berechnung der Setzungen zur Bestimmung der Streifenmodule des Baugrundes in Abstimmungen mit den Bodenwerten der Baugrunduntersuchungen statt. Des Weiteren wurden die Wandlasten ermittelt, um den Umfang der Gründungsverstärkung bestimmen zu können. Aus den Grundlagen der Bestandsaufnahme, den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen sowie den statisch-konstruktiven Berechnungen fand eine Beurteilung über die Art und den Umfang der Sanierungsmaßnahme statt.

### 3.4 Verformungszustand / Setzungen

Zur weiteren Einschätzung der Absenkungen wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit der JADE HOCHSCHULE [1] ein Nivellement durchgeführt. Die Arbeit wurde mit einem Zeiss NI2 Nivelliergerät durchgeführt. Anhand einer Außenfuge des Mauerwerkes wurde die vertikale Abweichung von der horizontalen Achse gemessen und dokumentiert. Der Nullpunkt der Messung liegt an der Nord-Ost-Ecke des Gebäudes. Von diesem Punkt begann die Messung. Da nicht davon ausgegangen werden kann, dass die gemessene Außenfuge exakt horizontal gemauert wurde, ist eine Messungenauigkeit von  $\pm 0,5$  cm zu erwarten. Die anhand der Messwerte erstellte Grafik soll die Tendenz der entstandenen Setzungen verdeutlichen und wurde mit positiven Werten erstellt, s. Bild 9.

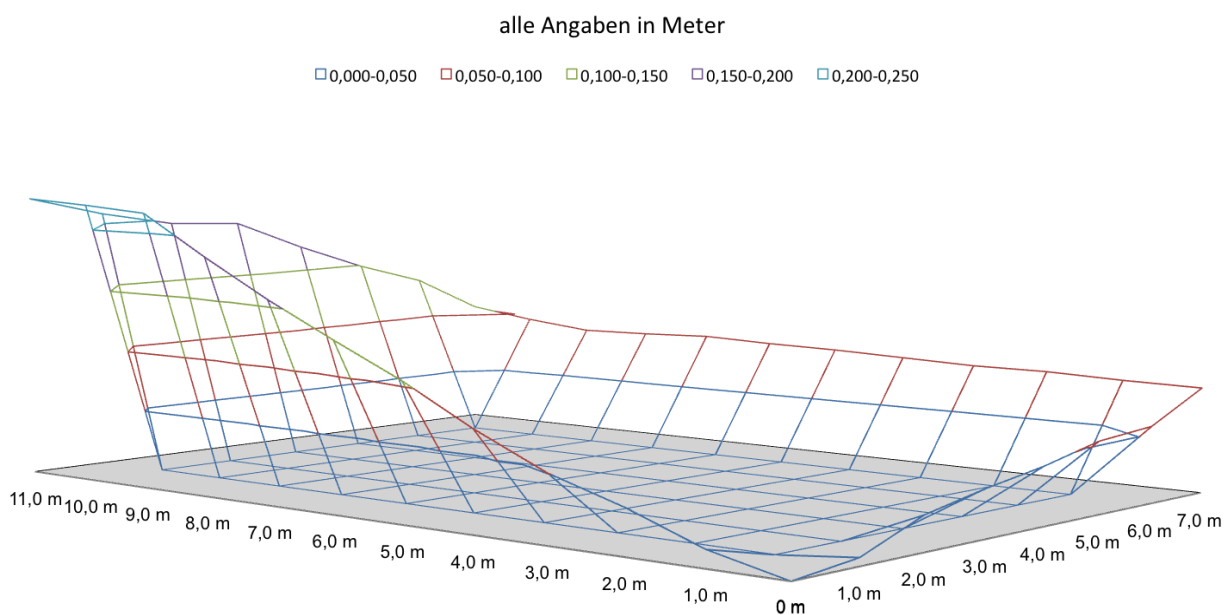


Bild 9: Verformungen des Mühlengebäudes vor der Sanierung [1]



Die maximale Setzung und damit maximale Abweichung von der horizontalen Nulllinie betrug -22,3 cm. Die maximale Steigung auf einen Meter betrug -3,10 cm und war auf der Ostseite zwischen den Werten 8,0 m und 9,0 m zu finden. Am stärksten von Setzungen betroffen sind die Ostseite und die angeschlossene Südseite des Gebäudes. Ausgehend von dem Nullpunkt, setzte sich das Gebäude auf der Ostseite um -22,3 cm auf 11,20 m. Dies entspricht einer durchschnittlichen Setzung und auch Steigung von -2,00 cm/m. Die angeschlossene Südwand setzte sich in der Süd-Ost-Ecke ebenfalls um -22,3 cm und verläuft bis auf -10,30 cm in der Süd-West-Ecke. Die Linie besitzt hier eine durchschnittliche Steigung von 1,71 cm/m. Die Westseite hat sich insgesamt sehr gleichmäßig gesetzt. Die durchschnittliche Steigung beträgt -0,18 cm/m. Das Gebäude verläuft somit hier nahezu horizontal. Die Nordseite verläuft vom Nullpunkt bis zu einer maximalen Setzung von -8,20 cm. Hieraus ergibt sich eine maximale Setzung und Steigung von durchschnittlich 1,17 cm/m [1].

### **3.5 Untersuchungen der Jade Hochschule**

#### **3.5.1 Überblick**

Im Zuge einer Bachelorarbeit [1] fanden erste Untersuchungen am Bauwerk und an den Baustoffen im Labor statt. Auf Grundlagen der Untersuchungsergebnisse wurde eine Schadensanalyse mit anschließendem Konzept zur Gründungssanierung erarbeitet. Darüber hinaus wurde Probenmaterial von Ziegeln und Fugenmörtel entnommen, um die Druckfestigkeit und Mörtelgruppe zu bestimmen.

Besonders im Fokus der JADE HOCHSCHULE standen Langzeituntersuchungen zur Rissentwicklung. Mittels Rissmonitoring, Neigungsmessung und induktive Wegaufnehmer wurde das Setzungsverhalten des Mühlengebäudes erfasst, s. Bild A 10 und Bild A 11. Die Messungen wurden innerhalb eines Zeitraums von insgesamt drei Jahren durchgeführt. Der Untersuchungszeitraum wurde in zwei Phasen aufgeteilt: Zunächst wurde vor der Sanierungsmaßnahme im Jahre 2012 das Setzungsverhalten aufgezeichnet. Nach der Sanierung im Jahre 2013 wurde bis zum Ende des Messzeitraumes ebenfalls das Verformungsverhalten an ausgewählten Bereichen aufgezeichnet. Für den Zeitraum der Sanierungsarbeiten wurden alle Messgeräte abmontiert, um die Sanierungen nicht zu behindern und eine Schädigung der Messgeräte zu vermeiden. Die Messdaten werden nachfolgend beschrieben, wodurch genauere Aussagen über den Erfolg der Sanierung mit Mikropfählen der Firma REVAC getroffen werden.

### 3.5.2 Untersuchungen im Labor

#### 3.5.2.1 Ziegelprüfungen

Die Ziegelproben wurden auf die Druckfestigkeit geprüft. Die Ermittlung der Druckfestigkeit erfolgte nach DIN 105-100 [N°3]. Die Ergebnisse sind in Tabelle A 1 dargestellt. Die Druckfestigkeit der Ziegel von der Entnahmestelle im Keller liegt im Mittel bei 9,0 N/mm<sup>2</sup>. Die Werte sind als sehr niedrig einzustufen. Allerdings zeigen zwei der Ziegel im Verhältnis zu den anderen eine Abweichung der Druckfestigkeit um 10 N/mm<sup>2</sup> auf. Es wurden allerdings nur sechs Ziegel untersucht. Für eine statistisch abgesicherte Aussage liegen zu wenige Versuchsergebnisse vor.

#### 3.5.2.2 Mörtelprüfung

Der entnommene Fugenmörtel wurde mithilfe einer Röntgendiffraktometrie auf seine einzelnen Bestandteile untersucht. Es handelt sich um einen Kalkmörtel der Mörtelgruppe I. Die Bestimmung der Mörtelgruppe erfolgte dabei nach DIN 18550 [N 2]. Die Zusammensetzung besteht aus 26,45 M.-% freien Kalk und 64,27 M.-% Gesteinskörnung [4]. Das Mischungsverhältnis von Bindemittel zu Gesteinskörnung in Gewichts - und Raumteilchen beträgt 1 : 2,4 bzw. 1 : 2, s. Tabelle A 2.

### 3.5.3 Monitoring am Bauwerk vor der Sanierung

#### 3.5.3.1 Überblick

Um die Verformungen im und am Gebäude zu verfolgen, wurden im Innern des ehemaligen Mühlengebäudes sechs Rissmonitore der Firma M-I-T MESS- UND INFORMATIONSTECHNIK GMBH [IN3] oberhalb der vorhandenen Rissverläufe angebracht. Weiterhin wurden digitale Wegaufnehmer an der Nord- und Westwand im Erdgeschoss des Gebäudes montiert und liefern genaueste Messwerte über die Horizontal- und Vertikalverschiebung des Mauerwerkes. Im Kellergeschoss wurde an der Westwand ein digitales Winkelmessgerät angebracht, das Messwerte über die Neigungsänderung der Wand bzw. des Bauwerkes liefert. Die Lagen der Messstellen sind in Bild A 1 und Bild A 2 dokumentiert.

#### 3.5.3.2 Rissmonitoring

Die analogen Rissmonitore und deren Rissverläufe sind mithilfe einer Skala ablesbar. Diese wurden in regelmäßigen Abständen abgelesen und die erfassten Daten dokumentiert.

Aus den Ergebnissen der Rissmonitore (Tabelle A 3) lässt sich ableiten, dass im Untersuchungszeitraum vom 13.04.2012 bis zum 23.07.2012 nur Setzungen im Bereich des Rissmonitors Nr.1 und Nr.2 stattfanden. Die Auswertung der Daten ergibt allerdings eine relativ geringe Setzung von 0,10 mm, die auch aus einer Ableseungenauigkeit resultieren kann.

Genauere Ergebnisse und Aussagen können aus den Messdaten der induktiven Wegaufnehmer entnommen werden.

### 3.5.3.3 Induktive Wegaufnehmer und Neigungsmessung

Es wurden jeweils zwei induktive Wegaufnehmer der Firma HBM an der Nord - und Westwand über den Mauerwerksrissen montiert, s. Bild A 5. Eines der Geräte misst dabei den vertikalen, der andere den horizontalen Anteil der Verschiebung. Die Geräte sind in der Lage Wegänderungen ab 0,01 mm zu erfassen. Über eine Messwerterfassungsanlage der Firma PEEKEL INSTRUMENTS GMBH werden die Daten erfasst und dokumentiert [IN5]. Im Kellergeschoss wurde an der Westwand ein digitales Neigungsmessgerät der FIRMA PREUSSER MESSTECHNIK GMBH angebracht, das Messwerte über die Neigungsänderung der Wand, also über die Verformung der Wand, liefert [IN4]. Zusätzlich wurden Temperaturverläufe unter der Dacheindeckung sowie an einem Wegaufnehmer stündlich erfasst.

Die Bewegung der Wegaufnehmer ist in Bild A 14 aufgezeigt. Der Versuchsaufbau an der Ecke der Westwand zur Südwand lieferte Daten, anhand denen sich ableiten lässt, dass die Bewegung im Mauerwerk stark temperaturabhängig ist. Verfolgt man in Bild A 15 die Temperaturkurve und vergleicht sie mit der Weg 1 Kurve, ist es auffällig, dass sie relativ parallel verlaufen. Fällt die Temperaturkurve, dann zieht sich das Mauerwerk zusammen und der Wegaufnehmer misst negative Werte. Steigt die Temperatur, so dehnt sich das Mauerwerk aus und es werden positive Werte gemessen.

Bei der Kurve für den vertikalen Weg ist der gleiche Effekt zu erkennen, jedoch nicht mit der gleichen Stärke. Dies ist in der geringen Höhe der Wand im Vergleich zur Länge begründet. Weiterhin werden bei niedrigen Temperaturwerten positive Messwerte ermittelt und bei höheren Temperaturen, negative. Erwärmt sich das Mauerwerk, dehnen sich die Steine in alle Richtungen aus. Somit wird der vertikale Weg zwischen den Mauersteinen kleiner. Es werden negative Werte gemessen. Der entgegengesetzte Effekt tritt bei geringer werdenden Temperaturen auf. Abgelesen ist ein  $\Delta l$  von 0,012 mm möglich. Eine solche Rissbreite ist schon mit dem Auge gut zu erkennen.

Der Wegaufnehmer 3 lieferte keine zuverlässigen Werte und wurde daher nicht in die Bewertung einbezogen.

Auffallend ist die starke Streuung der Werte und der damit verbundene Ausschlag der Kurve für die Neigung um die Y-Achse. Die Bewegung der Westwand ist zwar kontinuierlich, nimmt aber im beobachteten Zeitraum nicht nennenswert zu. Dies ist gut an der errechneten Trendlinie, die einen gleitenden Durchschnitt von 24 Stunden darstellt, zu erkennen.

### 3.5.4 Monitoring am Bauwerk nach der Sanierung

Im Kellerraum, in dem die Messtechnik vor der Sanierung aufgebaut war, wurden ein Neigungssensor und drei induktive Wegaufnehmer installiert, s. Bild A 3. Zwei der induktiven Wegaufnehmer wurden senkrecht und horizontal messend an der dem Treppenhaus angrenzenden Wand im Messraum angebracht, s. Bild A 10. Nach der Sanierung entstand in dem frischen Farbanstrich ein senkrechter Haarriss in der Innenwand (Ecke Außenwand). Dieser Riss entstand an derselben Stelle, an der vor der Sanierung ein breiter Abriss sichtbar war, s. Bild A 12. Über diesem Riss wurde ein dritter induktiver Wegaufnehmer eingerichtet.

Der Haarriss, der mit dem Wegaufnehmer 3 beobachtet wurde, zeigte bis im Beobachtungszeitraum eine Bewegung von ca. 0,14 mm. Die Messwerte der Wegaufnehmer 1 und 2 zeigen jedoch, dass nach den Sanierungsmaßnahmen keine nennenswerte Bewegungen mehr auftrat, s. Bild A 18. Gleiches gilt für die Bewertung der gemessenen Werte der Neigungsmesser, die in Bild A 19 dargestellt sind.

Der Zeitraum der dargestellten Messwerte nach der Sanierung verläuft von Mai 2014 bis einschließlich Oktober 2014. Zwischen der Fertigstellung der Sanierungsarbeiten und dem Mai 2014 gab es lange technische Ausfallzeiten in dem Messsystem. Nach Erneuerung bzw. Ersatz des Datenerfassungssystems wurden die Messwerte beständiger aufgezeichnet.

### 3.6 Restaurierung des Mühlengebäudes

Die Planung und Umgestaltung des ehemaligen Mühlengebäudes fand unter der Anleitung des ARCHITEKTURBÜROS TONNDORF statt. Bevor die Riss- und Fugensanierung des Gebäudes durchgeführt wurde, musste eine geplante Nachgründung erfolgen. Infolge der relativen geringen Fundamentlasten und der massiven Wände waren kleine Pfähle erforderlich [3].

Eine Innovation stellen die SOBU-Pfähle der niederländischen Firma REVAC, SPECIALISTISCHE TECHNIKEN BV, DEN HAAG, dar [IN1]. Die Pfähle werden von innen über Schlitze hydraulisch in das Fundament gegen die Last des Mauerwerks in den Baugrund eingedrückt, bis die erforderliche Pfahllast erreicht wurde. Die Ausführung der Pfähle kann durch Variation der Anschlüsse an unterschiedliche Wandsysteme und sehr beengte Raumverhältnisse angepasst werden und stellt für den deutschen Markt eine Innovation gegenüber den bisher ausgeführten Systemen dar. Darüber hinaus sind die Kosten und Nacharbeiten relativ gering. Aufgrund des geringen Eingriffs in die vorhandene Substanz bei sofortiger Entlastung der vorhandenen Fundamente ist das Verfahren verträglich, dauerhaft und für historische Gebäude hervorragend geeignet. Bild 10 zeigt die Anordnung der eingesetzten Mikropfähle beim Mühlengebäude.

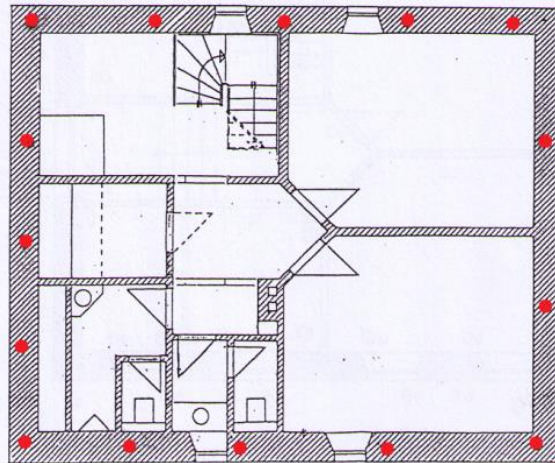


Bild 10: Anordnung der Mikropfähle im Keller [7]

Das geschädigte Mauerwerk wurde mit einem Muschelkalk-Vormauermörtel der FA. BAL-TUS-TROCKENWERKE neu vermauert. Geschädigte Ziegel wurden durch historische Ersatzziegel ersetzt. Lose Fugen und später eingebrachte Zementfugen wurden entfernt und ebenfalls neu verfugt. Für die Dachdeckerarbeiten war das Abdecken der alten Tonfalzziegel notwendig, da der originale Eichendachstuhl zimmermannsmäßig im Bereich der Fußpfetten überarbeitet werden musste. Zudem wurde der Pfettenbereich mit einer feuchteadaptiven Dränageschicht zwischen Holz und einer neu eingebauten Dampfsperre ausgeführt. Später eingebrachte Zwischensparren sind dabei entfernt worden. Für die Wärmedämmung im Dach wurde eine ACTIS-Dämmung verwendet [IN2]. Die Fenster des ehemaligen Mühlengebäudes wurden von einer Tischlerei nach Vorbild der alten Fenster neu angefertigt und verglast. Das Fenster im Treppenhaus blieb als Primärdokument im Original erhalten und erhielt ein inneres Vorsatzfenster. Im Erdgeschoss und im Dachgeschoss wurden die Innenseiten der Außenwände mit Lehm verputzt. Zwischen Eingangsebene und Ausstellungsebene im Erdgeschoss wurde eine Differenzterrasse und ein Hublift eingebaut [2].

#### 4 Zusammenfassung und Fazit

Das Mühlengebäude der Klosterburg Dinklage wies erhebliche bauliche Mängel auf. Die BENEDIKTINERINNENABTEI der Klosterburg Dinklage hat sich für die Sanierung und Umnutzung des Mühlengebäudes eingesetzt. Mit Unterstützung öffentlicher Institutionen konnte die Restaurierung realisiert werden.

Die Ursache der Rissbildung basierte auf Problemen in der Gründung, die unterschiedlich starke Setzungen des Gebäudes hervorgerufen haben. Die genauere Bestimmung der Setzungsursache übernahm das INGENIEURBÜRO SCHMITZ + BEILKE GMBH [7]. Das daraus entstandene geotechnische Gutachten bildete die Grundlage für die weitere Planung der Nachgründung. Das INGENIEURBÜRO FÜR DENKMALERHALTUNG BÖTTCHER lieferte die statisch-konstruktive Berechnung sowie die planmäßige Anwendung der speziellen Sanierungsein-

griffe der Nachgründung [3]. Die Sanierung erfolgte durch die Anwendung einer in Deutschland noch unbekanntem innovativen Technik. Nach niederländischem Vorbild wurde die Nachgründung durch das Einbringen von Mikropfählen durchgeführt. Die Pfähle können in Einzelsegmenten von der Innenseite des zu unterfangenden Mauerwerks eingebracht werden. Dieses innovative Verfahren wurde in den Niederlanden für die Sanierung historischer Gründungskonstruktionen in schwierigen räumlichen Situationen entwickelt. Durch das Einschneiden schmaler Mauerwerksauslässe werden die Pfähle unter dem Mauerwerk hydraulisch eingebracht.

Das Einbringen von Mikropfählen hat sich in Hinblick auf die Komplexität der Sanierung als vorteilhaft herausgestellt. Durch das einfach anwendbare Verfahren wurde die vorhandene Bausubstanz nicht weiter beansprucht. Es wurde eine schnelle Wirkung durch die Entlastung der Fundamente um ca. 70 % erzielt.

Eine wissenschaftliche Begleitung fand durch das Fachgebiet Baustofftechnologie und Bauwerkserhaltung der JADE HOCHSCHULE statt. Zu Beginn wurden verschiedene Materialproben entnommen und im Chemielabor untersucht und analysiert [5]. Vor sowie nach den Sanierungsmaßnahmen fand jeweils ein Langzeitmonitoring statt. Es wurden induktive Wegaufnehmer, Rissmonitore und Neigungsmessgeräte im Bereich der Risse angebracht.

Vor der Sanierung wurden deutlich messbare Verformungen dokumentiert. Nach der Sanierung wurden drei Wegaufnehmer und der Neigungsmesser erneut installiert. Nach der Sanierung entstand ein Haarriss in der Innenwand (Ecke Außenwand-West), der vom Wegaufnehmer 3 dokumentiert wurde. Abgesehen von dem Haarriss sind keine nennenswerten Verformungen zu verzeichnen.

Das Mühlengebäude ist ein hervorragendes Beispiel für die Sanierung von setzungsempfindlichen Untergründen. In Anbetracht der anderen Gebäude des Klosters, die vergleichbare Probleme aufweisen, lässt sich die am Mühlengebäude durchgeführte Sanierungsmaßnahme auf vergleichende problembehaftete Gebäude aber auch für andere Gebäude mit der gleichen Problematik übertragen.

## **5 Unterlagen, Internetquellen, Normen und Richtlinien**

### **5.1 Unterlagen**

- [1] Albers, H.: Gründungsschäden am Mühlengebäude des Klosters Burg Dinklage, Bachelorarbeit Jade Hochschule (29.08.2012, unveröffentlicht)
- [2] Architektenbüro Tonndorf: Burg Dinklage ehemalige Wassermühle. Oldenburg (08.07.2011)

- [3] Böttcher D.: Ingenieurbüro für Denkmalerhaltung. Sanierung der ehemaligen Wassermühle an der Burganlage in Dinklage. Hinte (29.08.2011; unveröffentlicht)
- [4] Karsten R.: Bauchemie. Handbuch für Studium und Praxis. Auflage 9. ,Verlag: Müller C.F. (1992)
- [5] Koop H.; Zoller S.: Mörtel- und Ziegelprüfung. Institut für Materialprüfung an der Jade Hochschule (14.11.2012)
- [6] Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft Küsten- und Naturschutz: Wasserwirtschaftsämter Cloppenburg, Drübingerstr.25, 49661 Cloppenburg
- [7] Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH: Geotechnische Stellungnahme: Oldenburg, (18.07.2012)
- [8] Töpfer L.: Deutsche Bundesstiftung Umwelt: Antrag auf Projektförderung. Osnabrück (03.11.2011)

## 5.2 Normen und Richtlinien

- [N 1] DIN 4023 (02-2006): Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen
- [N 2] DIN 18550 (04-2005): Putz und Putzsysteme – Ausführung
- [N°3] DIN 105-100 (01-2012): Mauerziegel - Teil 100: Ziegel mit besonderen Eigenschaften

## 5.3 Internetquellen

- [IN1] <http://www.revac.nl/>
- [IN2] <http://www.actis-isolation.com/>
- [IN3] <http://www.mit-gmbh.biz/>
- [IN4] <https://dms-technik.de/>
- [IN5] <http://www.peekel.de/>

6 Anlagen

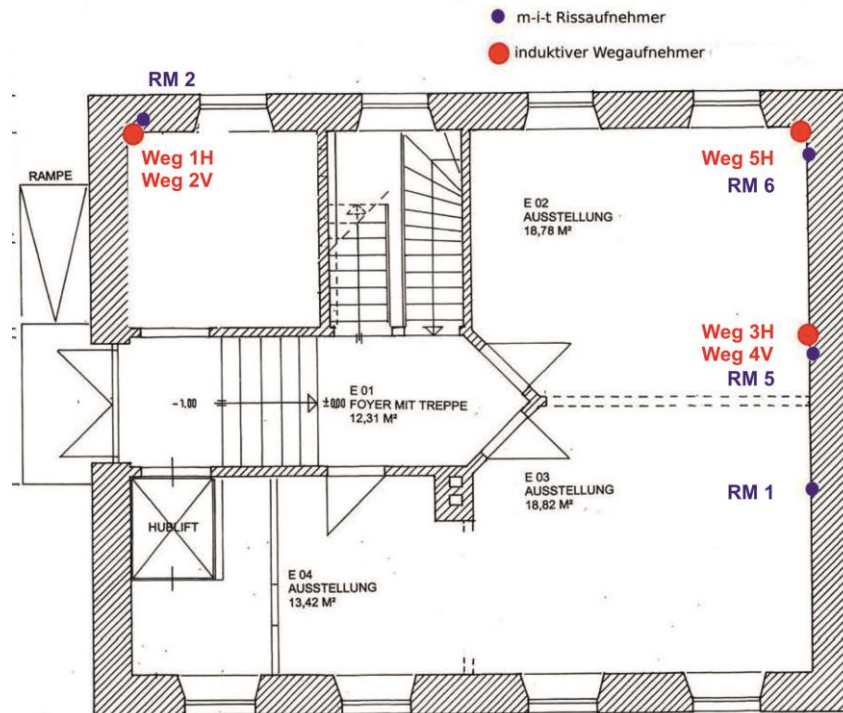


Bild A 1: Lage der Messstellen vor der Sanierung – Erdgeschoss

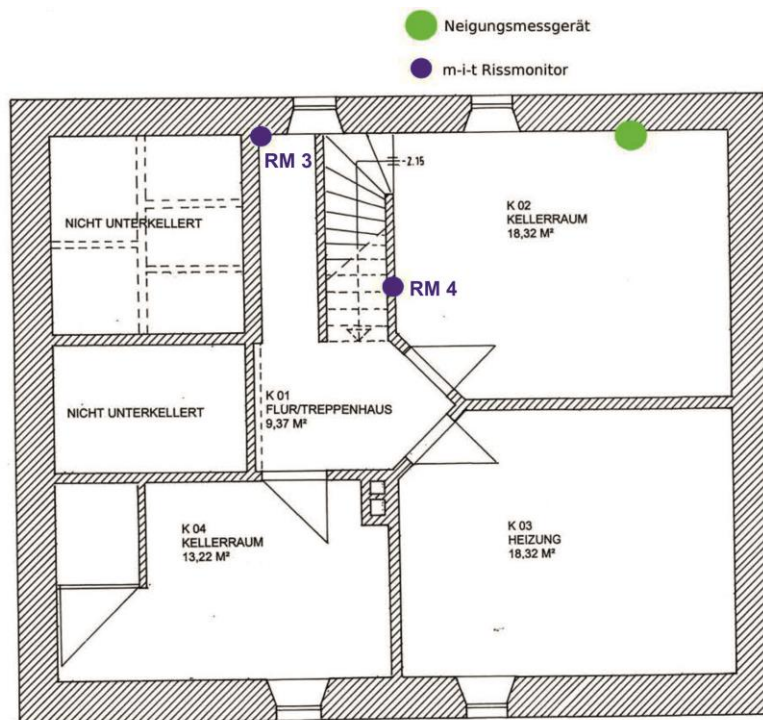


Bild A 2: Lage der Messstellen vor der Sanierung – Kellergeschoss



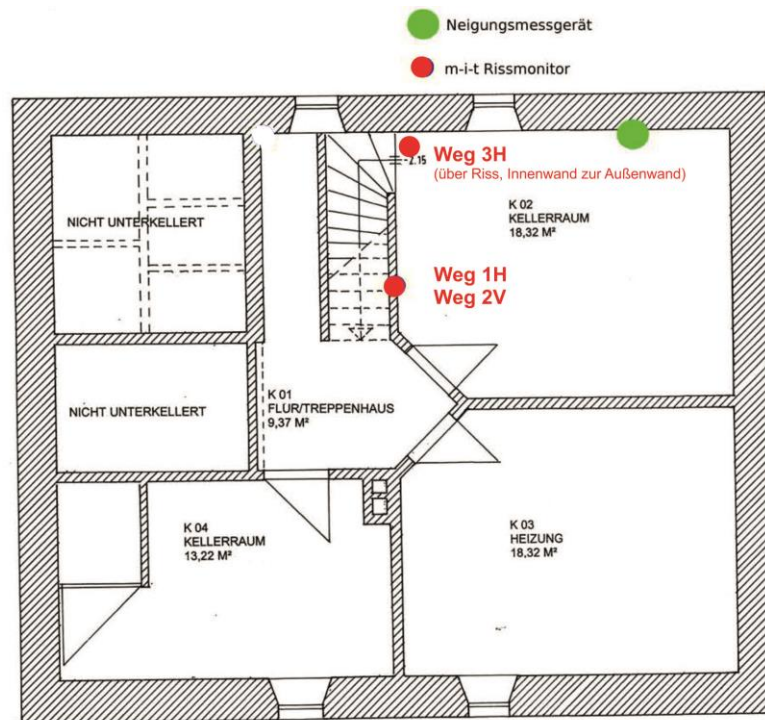


Bild A 3: Lage der Messstellen nach der Sanierung - Kellergeschoss



Bild A 4: Aufbau Messtechnik



Bild A 5: Induktiver Wegaufnehmer und Rissmonitoring



Bild A 6: Eingebauter SOB-Mikropfahl



Bild A 7: Vermauerter Mikropfahl

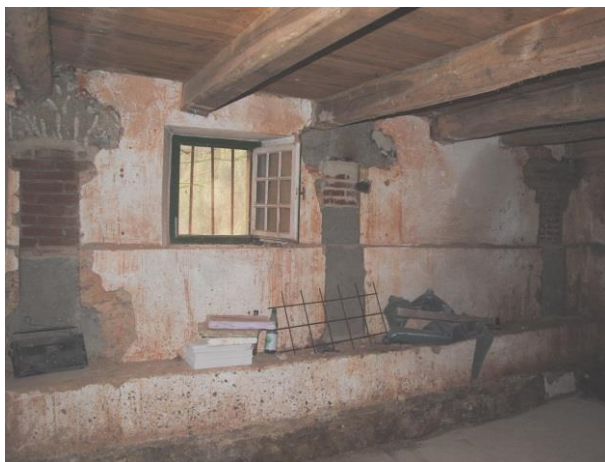


Bild A 8: Keller mit eingebauten Pfählen



Bild A 9: Dachdeckerarbeiten

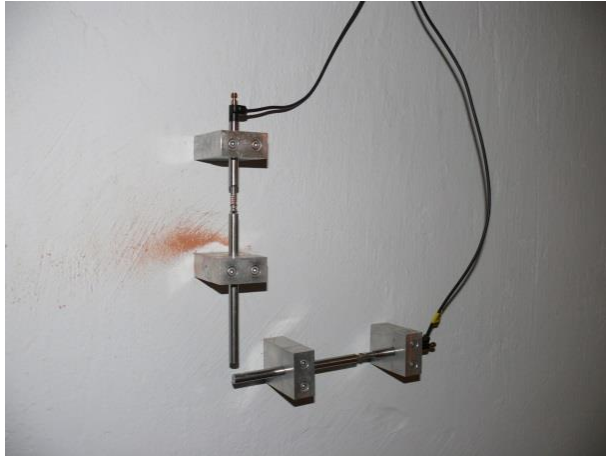


Bild A 10: Induktive Wegaufnehmer



Bild A 11: Neigungsmesser

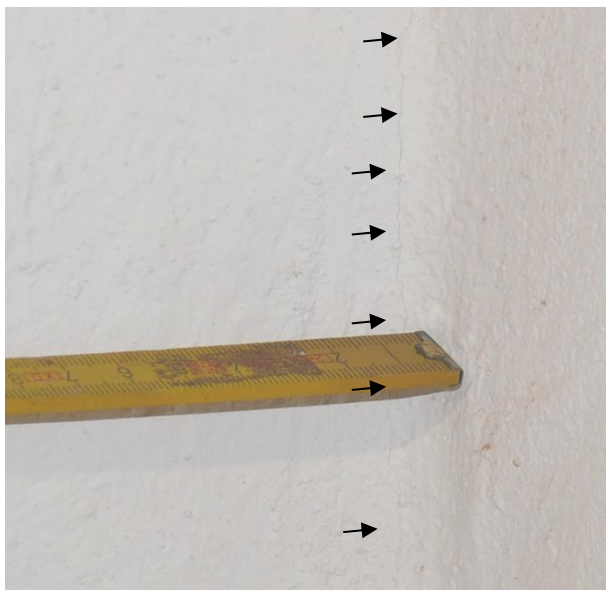


Bild A 12: Haarriss Innenwand – Ecke  
Außenwand

Tabelle A 1: Bestimmung der Druckfestigkeit – Stein

Entnahme- stelle	Probe	l	b	h <sup>1)</sup>	Formfaktor	F <sub>max</sub>	β <sub>D,St</sub>
	Nr.	[mm]	[mm]	[mm]	[--]	[KN]	[N/mm <sup>2</sup> ]
Keller	1	222	126	70	0,8	527	15,1
	2	260	126	79	0,8	278	6,8
	3	251	121	71	0,8	562	14,8
	4	128	125	77	0,8	131	6,6
	5	128	109	73	0,8	99	5,7
	6	122	119	74	0,8	91	5,0
<b>Mittelwert</b>							<b>9,0</b>
<b>Standardabweichung</b>							<b>4,7</b>
<b>MIN</b>							<b>5,0</b>
<b>5% Quantile (S=90%)</b>							<b>2,1</b>
<b>Variationskoeffizient</b>							<b>52%</b>
<b>Anzahl</b>							<b>6</b>

1) einschließlich Abgleichschichten  
2) Wert nicht berücksichtigt

Tabelle A 2: Mörtelbestimmung

Probe	Probennamen
	[M.-%]
freier Kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> )	26,45
<b>Zement (Klinkerphasen)</b>	<b>0</b>
Gips	0,00
<b>Bindemittel Gesamt</b>	<b>26,45</b>
<b>Gesteinskörnung</b>	<b>64,27</b>
amorpher Anteil	

1) nach Bauchemie Karsten

<b>MV</b>
[GT]

<b>MV</b>
[RT]

Schüttdichten	kg/dm <sup>3</sup>
Sand	1,3
Zement	1,2
Kalk gelöscht	0,64
Gips	0,9
Bindemittel	1,1

<b>1</b>
:
<b>2,43</b>

<b>1</b>
:
<b>1,20</b>

Tabelle A 3: M-I-T Rissmonitorergebnisse

Rissmonitor NR.	13.04.2012	10.05.2012	25.05.2012	12.06.2012	23.07.2012
Nr. 1 horizontal	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm
Nr. 1 vertikal	0,00 mm	0,00 mm	0,10 mm	0,10 mm	0,00 mm
Nr. 2 horizontal	0,00 mm	0,10 mm	0,10 mm	0,10 mm	0,00 mm
Nr. 2 vertikal	0,00 mm	0,05 mm	0,10 mm	0,10 mm	0,00 mm
Nr. 3 horizontal	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm
Nr. 3 vertikal	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm
Nr. 4 horizontal	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm
Nr. 4 vertikal	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm
Nr. 5 horizontal	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm
Nr. 5 vertikal	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm
Nr. 6 horizontal	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm
Nr. 6 vertikal	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm

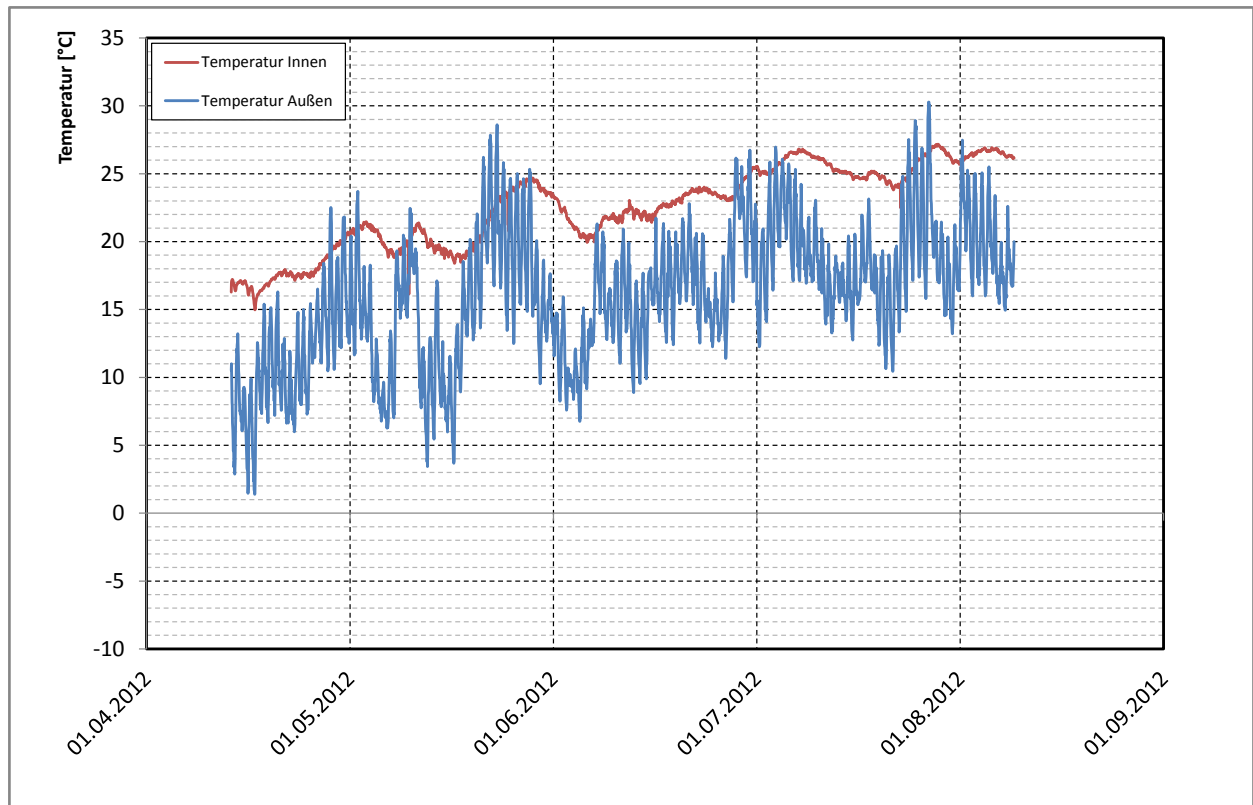


Bild A 13: Temperaturverlauf im Jahr 2012

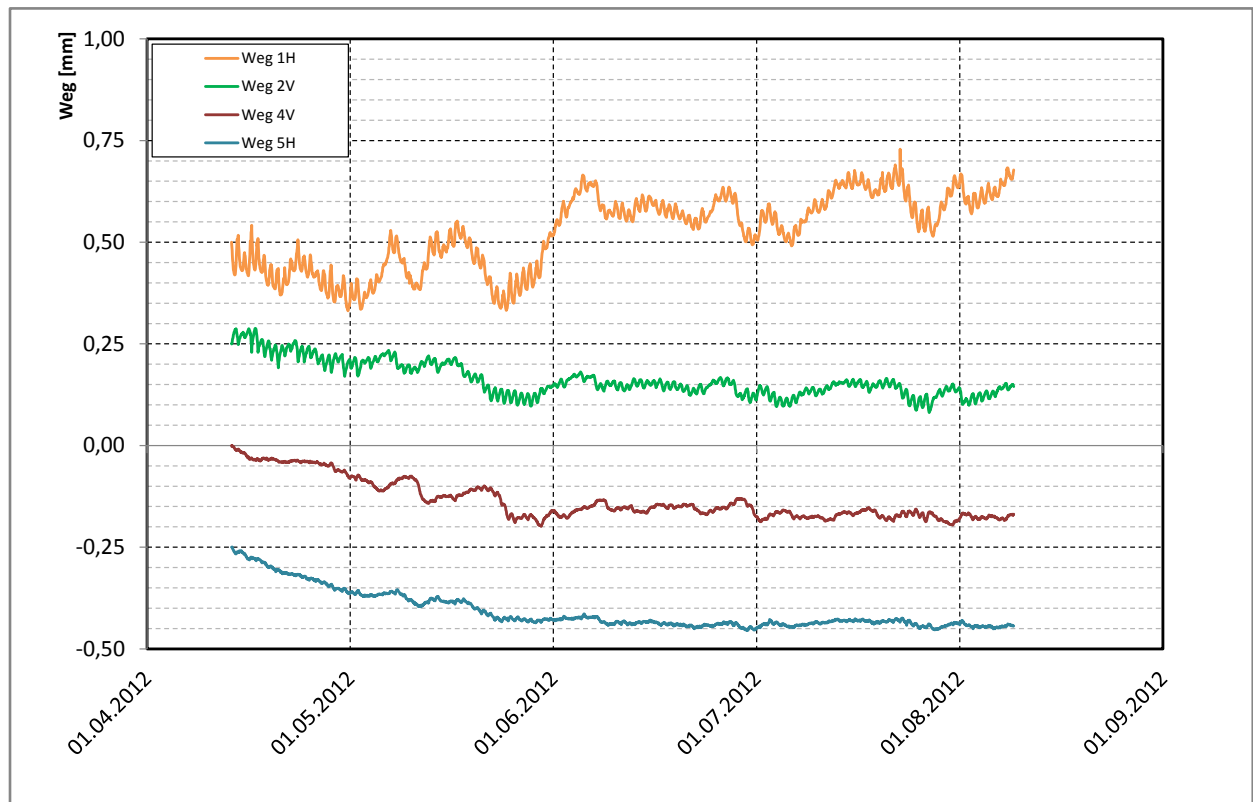


Bild A 14: Wegaufnehmer 1,2,4 und 5 im Jahr 2012

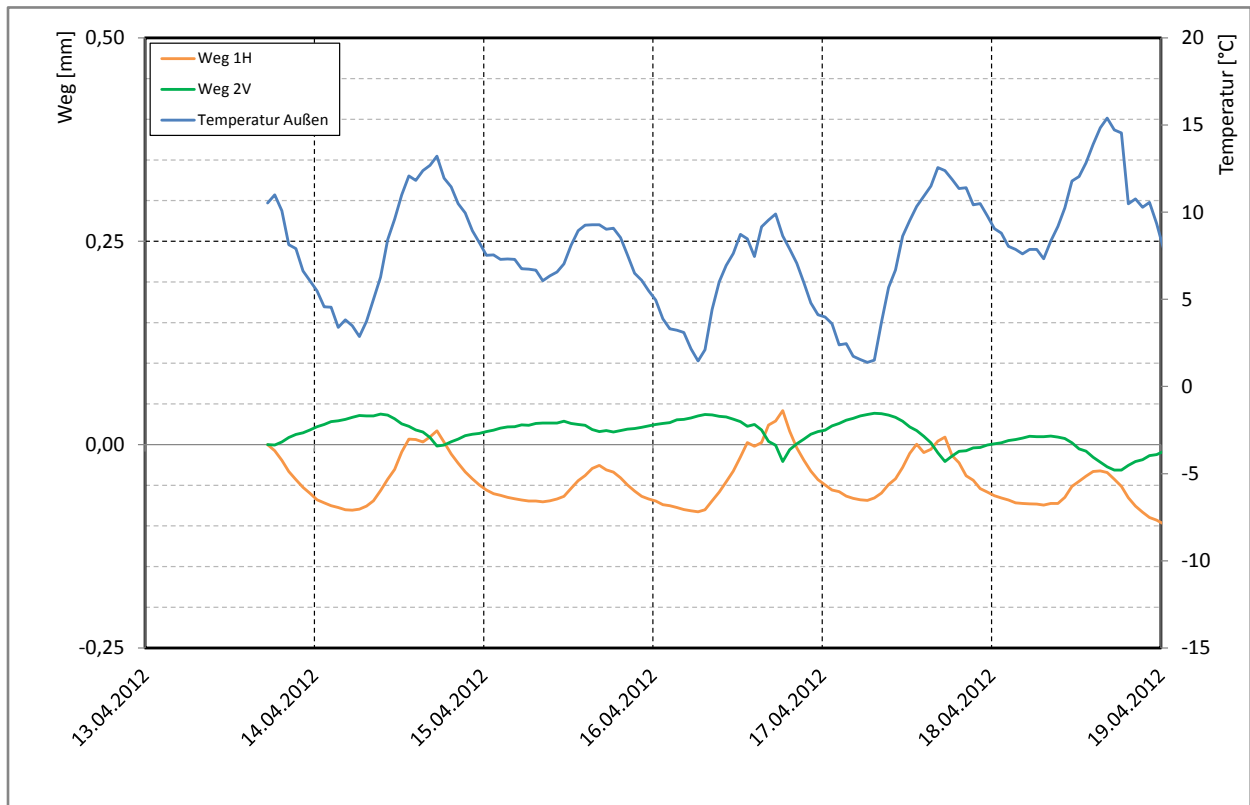


Bild A 15: 5-Tage-Ausschnitt: Temperaturabhängigkeit der Wegaufnehmer 1 und 2

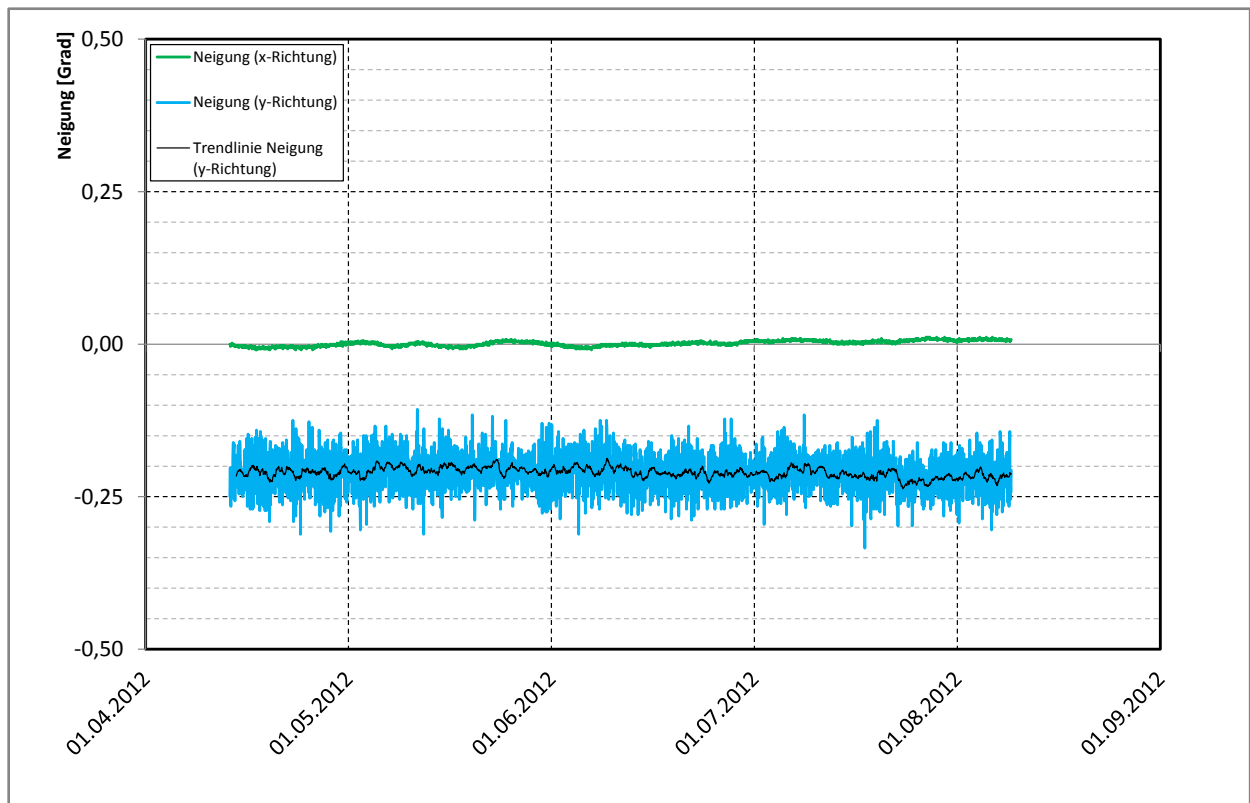


Bild A 16: Neigungsmessung Nordwand im Jahr 2012

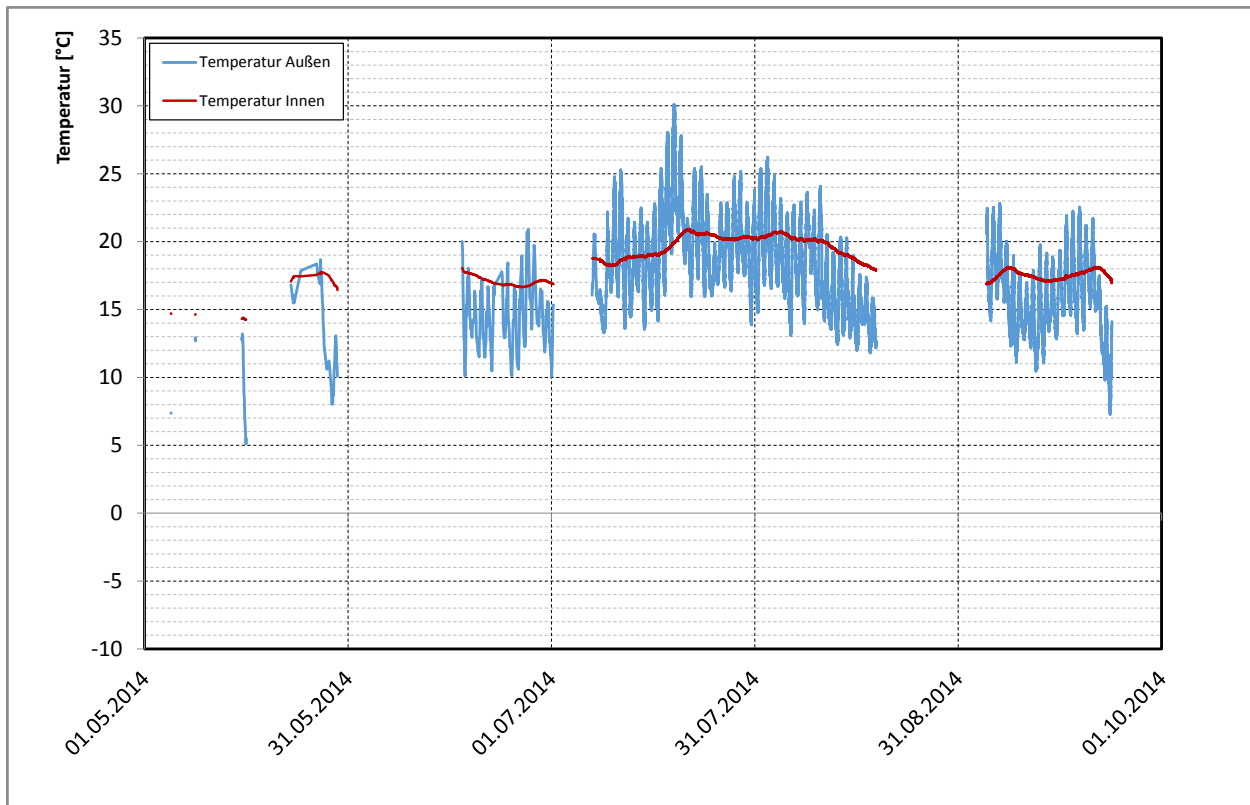


Bild A 17: Temperaturverlauf im Jahr 2014

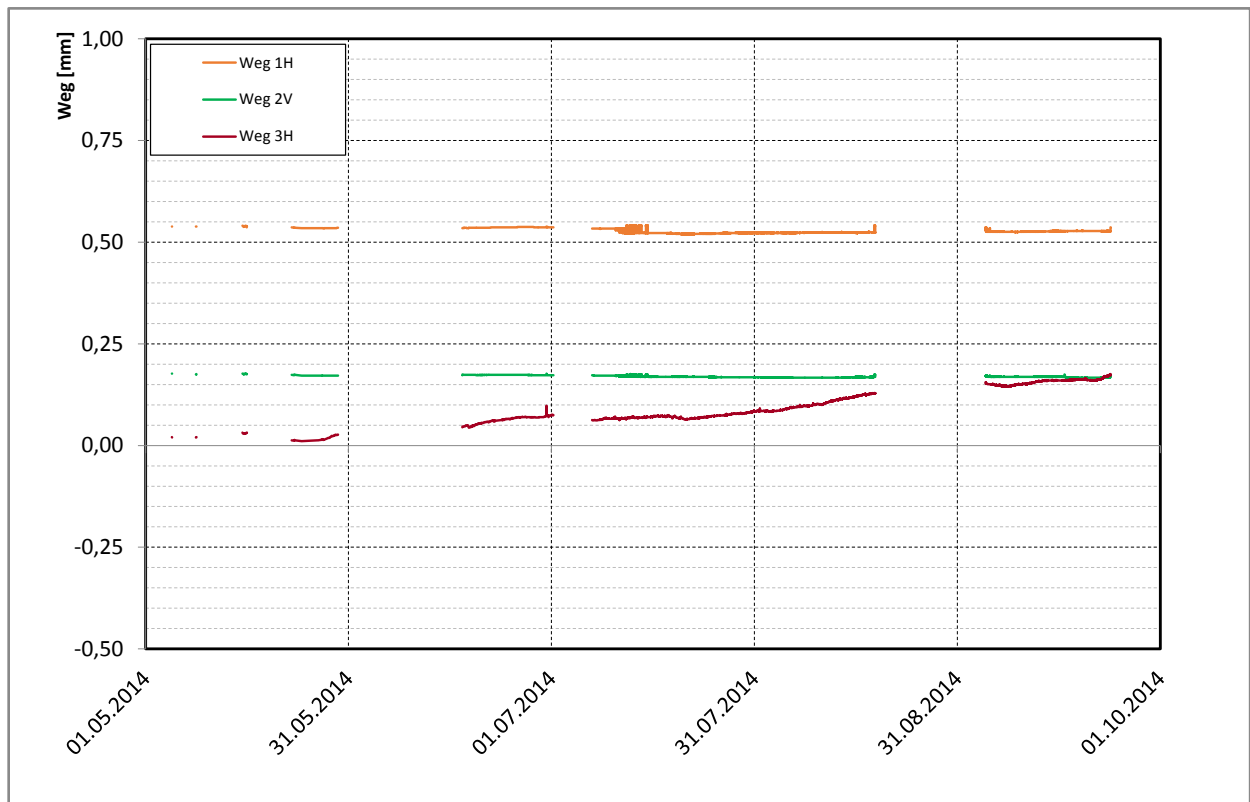


Bild A 18: Wegaufnehmer 1,2 und 3 im Jahr 2014

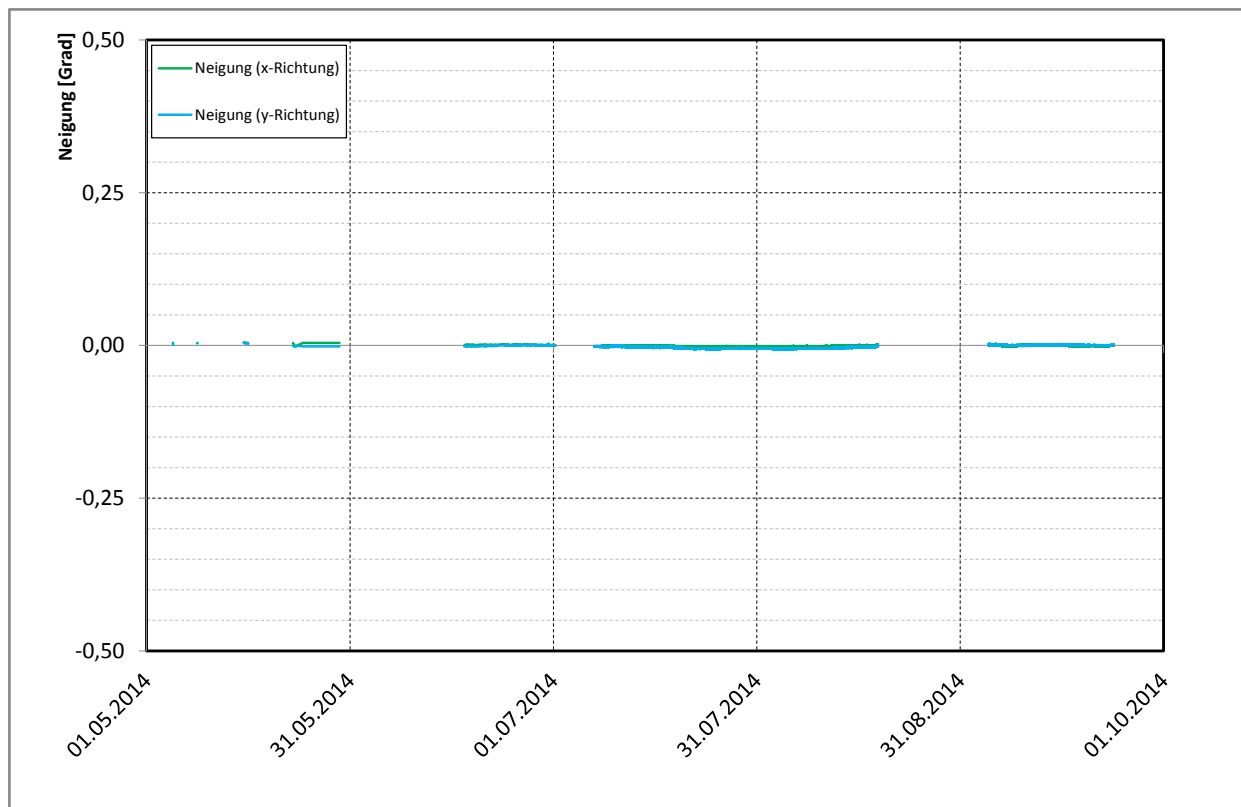


Bild A 19: Neigungsmessung Nordwand im Jahr 2014