

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Forschung, Entwicklung,
Demonstration und Beratung auf
den Gebieten der Bauphysik

Zulassung neuer Baustoffe,
Bauteile und Bauarten

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle für
Prüfung, Überwachung und Zertifizierung

Institutsleitung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer

Bericht P17-182/2014

Untersuchungen an Dämmung aus Glasschaumgranulat »TECHNOpor« unterhalb der Bodenplatte Objekt Benediktbeuern

Auftraggeber:
Technopor Handels GmbH
Magnesitstraße 1
3500 Krems an der Donau
Österreich

Stuttgart, 18. Juli 2014

1 Ausgangssituation

Im Rahmen der Errichtung des »Europäischen Kompetenzzentrums für energetische Altbausanierung und Denkmalpflege« in der ehemaligen Schäferei des Klosters Benediktbeuern (Bild 1) stand eine ca. 85 m² große Bodenfläche zur Verfügung (Bild 2). Die nicht unterkellerten Räume waren zuletzt als Jugendherberge genutzt. Nach dem Rückbau des vorhandenen Bodenaufbaues war dort ein neuer Aufbau mit einer Schüttdämmung aus Glasschaumgranulat »TECHNOpor« unter der Bodenplatte eingebracht worden. Die darüber liegenden Räume waren während der Heizperioden temperiert.

2 Geprüftes Material

Die zu untersuchende Dämmschüttung bestand aus Glasschaumgranulat »TECHNOpor«, die als Last abtragende Wärmedämmung unter der Gründungsplatte eingebaut wurde.

Korn-Nenngröße:	≤ 60 mm
Produkt-Bezeichnung:	»TECHNOpor«
Herstellwerk:	Technopor Handels GmbH, Ortranderstraße 1, 01558 Großenhain
Zulassung:	Z-23.34-1526 vom 1. Juni 2009 bis 31. Mai 2012 [1].

3 Einbau des Schüttdämmstoffs »TECHNOpor«

Der im Einbauzustand zu untersuchende Schüttdämmstoff »TECHNOpor« wurde in einem Nebengebäude des Klosters Benediktbeuern, Don Bosco-Straße 1, in 83671 Benediktbeuern, das im Rahmen des Projekts »Energetische Altbausanierung und Denkmalpflege Benediktbeuern« saniert wird, eingebaut. Der Dämmstoff wurde in einer ca. 35 cm dicken Schicht im Gebäudeinneren unter einer 14 cm dicken Beton-Bodenplatte eingebracht. Darunter befand sich eine mindestens 80 cm dicke Schicht aus älterem Bauschutt. Das Gebäude steht in ebener Lage. Die Stirnseite der Bodenplatte bzw. der im Erdreich gegründeten Außenwand war nicht gedämmt. Die Bilder 3 bis 13 zeigen repräsentative Bilder vom Einbringen des Granulates nach dem Ausräumen des vorhandenen Bodens bis zum Aufbau der Messwerterfassung im Februar 2011 mit folgendem Schichtaufbau:

- 80 cm Untergrund aus Bauschutt,
- Geotextilabdeckung,
- 35 cm Dämmschicht aus Schüttdämmstoff »TECHNOpor«, Verdichtung 1,3 : 1,
- Geotextilabdeckung,
- PE-Folienabdeckung,
- 14 cm Betonschicht.

4 Messaufbau und Durchführung der Messungen

Durch Montage der unten genannten Sensorik parallel zum Einbau des Glasschaumgranulates und durch begleitende Probenahmen und weitere Untersuchungen wurde das hygrothermische Verhalten des Glasschaumgranulates über drei Jahre erfasst. Bei den messtechnischen Untersuchungen wurden je an einer Stelle im Regelquerschnitt und im Randbereich der Bodenplatte in einem Raum folgende physikalischen Größen gemessen:

- Wärmestromdichte,
- Innenoberflächentemperatur,
- Grenzschichttemperaturen (Beton/Dämmung),
- Grenzschichttemperatur zwischen Dämmung und Erdreich.

Die relevanten meteorologischen Größen lagen dem IBP von der nahegelegenen Station der Meteomedia AG vor. Über die Laufzeit von ca. 3 Jahren wurde dreimal Glasschaumgranulat im Regelquerschnitt und im Randbereich entnommen und folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Ausgangszustand: Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit an trockenem »TECHNOpor«-Dämmstoff nach DIN EN 12667 [2],
- gravimetrische Feuchtegehaltsbestimmung des Dämmstoffes im eingebauten Zustand bei jeder Probenentnahme,
- Zustand nach 3 Jahren: Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von am Objekt entnommenem Material nach DIN EN 12667 [2].

Die Dämmstoffentnahmen erfolgten über eingebaute Revisionsöffnungen (ca. 600 mm x 600 mm) in der Bodenplatte in der Mitte und der Ecke des Versuchsraumes. Der Einbau des Granulates mit paralleler Montage der Sensorik und die Herstellung der Bodenplatte erfolgte im Zeitraum 18. Januar bis 10. Februar 2011. Durch einen gegenüber der ursprünglichen Planung verzögerten Beginn des Einbaues des Granulates und Betonieren der Bodenplatte in der zweiten Februarhälfte, konnten im restlichen Winter 2010/11 keine Messreihen mehr begonnen werden. Nach Fertigstellung der Räume und Aufbau der Messwerterfassung im August 2011, konnten die Messungen rechtzeitig vor Beginn des Heizbetriebes des Winters 2011/12 gestartet werden.

5 Ergebnisse

5.1 Labormessungen Ausgangszustand

Die Ergebnisse zur Ermittlung der Schüttdichte und der Wärmeleitfähigkeit des eingebauten Glasschaumgranulates »TECHNOpor« können den Tabellen 1 bis 4 entnommen werden. Die Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes im Ausgangszustand wurde mit der Einplattenmethode nach DIN EN 12667 und nach den Vorgaben der Zulassung mit einem Wert von 0,0922 W/(m·K) ermittelt.

5.2 Probenahme 1 Feuchtegehalte, Dämmstoffbeschaffenheit, Baugrund

Am 22. September 2011 wurden drei Proben unter der Bodenplatte in der Mitte des Testraumes des Bauobjektes »Kloster Benediktbeuern« entnommen. Die Entnahme erfolgte über die dazu vorgesehene Inspektionsluke in der Bodenplatte. Drei weitere Proben wurden am 6. Oktober 2011 am Rand des Testraumes entnommen. Der zusätzliche Entnahmeterrain war notwendig, da die zweite Inspektionsluke durch eine Trockenbauwand blockiert war. Bei der Entnahme des eingebauten Schaumglasgranulates konnten weder an dem entnommenen Dämmmaterial noch an dem gesichteten Dämmstoff im Einbauzustand Veränderungen festgestellt werden, die auf eine Zersetzung des Materials hinweisen könnten. Der Dämmstoff fühlte sich trocken an. Weitere Angaben zur Probenahme können Tabelle 5 und 6 entnommen werden. Die Feuchtegehalte der entnommenen Proben sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Mit den ermittelten volumenbezogenen, mittleren Feuchtegehalten von $\leq 0,1$ Vol.-% bestätigen die Messergebnisse den Eindruck eines trockenen Dämmstoffes (Bild 14, 15).

5.3 Probenahme 2 Feuchtegehalte, Dämmstoffbeschaffenheit, Baugrund

Am 6. Mai 2013 wurden wiederum drei Proben unter der Bodenplatte in der Mitte und am Rand des Testraumes des Bauobjektes »Kloster Benediktbeuern« entnommen. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 7 und 8 beschrieben. Der mittlere Feuchtegehalt der 6 analysierten Proben war $\leq 0,1$ Vol.-%, d.h. eine Feuchtezunahme über den Einbauzeitraum war nicht festzustellen.

5.4 Probenahme 3 Feuchtegehalte, Dämmstoffbeschaffenheit, Baugrund

Ca. 1 Jahr später, am 12. Mai 2014, wurden abschließend noch einmal drei Proben unter der Bodenplatte in der Mitte eines Testraumes und am Rand des Testraumes des Bauobjektes »Kloster Benediktbeuern« entnommen (Tabelle 9 und 10). Zusätzlich wurde eine größere Menge Schaumglasgranulat für die Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit an eingebautem Material aus den Entnahmeöffnungen entnommen (Tabelle 11). Auch hier war der mittlere Feuchtegehalt $\leq 0,1$ Vol.-% und eine Feuchtzunahme des Dämmstoffs über den Untersuchungszeitraum somit nicht erkennbar (Bild 16, 17).

5.5 Messergebnisse Wärmestromdichten, Temperaturen und Regenmessung

Von den während des gesamten Versuchszeitraumes messtechnisch ermittelten Daten wurden Winterperioden und Frühjahrsperioden ausgewählt und die Wärmeströme und Temperaturdifferenzen zwischen Unter- und Oberseite der Dämmung ausgewertet. Aus den Messergebnissen wurden die Wärmedurchlasswiderstände berechnet und die daraus resultierenden Wärmeleitfähigkeiten im mittleren Bereich der Bodenplatte rückgerechnet. Rückgerechnete Wärmeleitfähigkeiten der Sensordaten aus dem Bodenplattenrandbereich enthalten die Wärmebrückeneffekte der Randzonen und sind nur informativ zum besseren Verständnis in Klammern beigefügt (Tabellen 12, 13 und 14). Als weitere Information sind in den Tabellen 13 und 14 die in den betrachteten Zeiträumen gemessenen Regenmengen und in Bild 18 zusätzlich noch die Außentemperaturen und Relativen Luftfeuchten im Außenbereich dokumentiert.

5.6 Labormessungen an Proben nach 3 Jahren Einbauzeitraum

Die Ergebnisse zur Ermittlung der Schüttdichte und der Wärmeleitfähigkeit des eingebauten Glasschaumgranulates »TECHNOpor«, entnommen nach 3 Jahren Einbauzeit, sind in Tabelle 11 zusammengestellt. Die Wärmeleitfähigkeit, ermittelt nach DIN EN 12667 und den Vorgaben der Zulassung, betrug $0,0936 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

5.7 Vergleich In-Situ-Messergebnisse und Labor-Messergebnisse

Vergleicht man die aus den Messdaten in-situ ermittelten Ergebnisse der Wärmeleitfähigkeit (Tabellen 12, 13 und 14) mit den Resultaten der Labormessungen (Tabelle 4 und 11), kommt man zu folgenden Ergebnissen: Mit dem Plattengerät wurde am trockenen Ausgangsmaterial eine Wärmeleitfähigkeit von $0,0922 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ gemessen. Die Auswertung des Zeitraumes 22.2.2011 bis 30.3.2011 der in-situ-Messwerte ergab eine Wärmeleitfähigkeit im ungestörten Bereich von $0,0945 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ und eine durch Wärmebrücken reduzierte theoretische Wärmeleitfähigkeit von $0,1129 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ im Randbereich.

Vergleicht man die Wärmeleitfähigkeit am Ende des Untersuchungszeitraumes Mai 2014 kommt man zu folgenden Ergebnissen: Die Wärmeleitfähigkeit, ermittelt an dem in Benediktbeuern entnommenem

Material, ergab im Labor 0,0936 W/(m·K). Die Ergebnisse der im eingebauten Zustand ermittelten Messwerte im Zeitraum 21.3.2014 bis 6.5.2014 führten zu einer rückgerechneten Wärmeleitfähigkeit von 0,0853 W/(m·K) in Raummitte, d.h. ungestört, und am Rand der Bodenplatte, d.h. mit Wärmebrückeneinfluss, zu einem Wert von ca. 0,1 W/(m·K).

6 Zusammenfassung

Über einen Zeitraum von ca. 3 Jahren wurden an dem Glasschaumgranulat »TECHNOpor«, das als Schüttdämmstoff unter der Bodenplatte innerhalb eines Gebäudes eingebaut war, in-situ die Temperaturdifferenzen an der Dämmstoffschicht, die Wärmeströme durch die Dämmstoffschicht zusammen mit weiteren Kenngrößen ermittelt. Zum Vergleich wurde die Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs im Ausgangszustand und an Proben des eingebauten Dämmstoffs am Ende des Versuchszeitraumes im Labor im Plattengerät ermittelt. Hierbei konnte festgestellt werden, dass am Versuchsbeginn sowohl die im Plattengerät ermittelten Ergebnisse der Wärmeleitfähigkeit als auch die unter in-situ-Bedingungen berechneten Werte unter dem Bemessungswert von 0,095 W/(m·K) lagen. Am Versuchsende lagen beide Werte sogar deutlich unter dem Bemessungswert nach Zulassung, nämlich im Labor ermittelt bei 0,0936 W/(m·K) und in-situ ermittelt bei 0,0853 W/(m·K). Diese Ergebnisse zeigen, dass es über den Untersuchungszeitraum zu keiner zusätzlichen Befeuchtung der Dämmschüttung gekommen ist. Vielmehr reduzierten sich die Wärmeströme und damit die rückgerechneten Wärmeleitfähigkeiten im Laufe der drei Untersuchungsjahre. Die Feuchtegehaltsmessungen über die drei Untersuchungsjahre ergeben einen gleichbleibenden, trockenen Dämmstoff im eingebauten Zustand. Die optische Überprüfung der »TECHNOpor«-Schüttdämmung über den Untersuchungszeitraum zeigte keine erkennbaren Schäden an dem Dämmstoff.

7 Literatur

- [1] Z-23.34-1526: Schüttung aus Glasschaumgranulat »TECHNOpor« als lastabtragende Wärmedämmung unter Gründungsplatten. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-23.34-1526 des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), 1 Juni 2009 bis 31. Mai 2012.
- [2] DIN EN 12667:2001-05: Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät. Deutsche Fassung EN 12667, Beuth-Verlag, Berlin.

Hinweis:

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den geprüften Gegenstand.

Dieser Prüfbericht besteht aus 5 Seiten Text, 14 Tabellen und 18 Bildern.

Stuttgart, den 18. Juli 2014/JHA

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Zegowitz



Auszugsweise Veröffentlichung nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik gestattet.

Tabelle 1: Bestimmung der Schüttdichte an dem Glasschaumgranulat »TECHNOpor«, trocken, ohne Vorbehandlung, nach DIN EN 1097-3. Material aus der 1. Charge, Benediktbeuern.

Probe-Nr.	Schüttdichte bei Korngröße ≤ 60 mm
	kg/m ³
1	159
2	147
3	160
4	156
5	159
Mittelwert	156
Sollwert	160 bis 190

Prüfzeitraum: 28. KW 2011



Tabelle 2: Bestimmung der Schüttdichte an dem Glasschaumgranulat »TECHNOpor«, trocken, ohne Vorbehandlung, nach DIN EN 1097-3. Material aus der 2. Charge, Benediktbeuern.

Probe-Nr.	Schüttdichte bei Korngröße ≤ 60 mm
	kg/m ³
1	159
2	163
3	165
4	168
5	164
Mittelwert	164
Sollwert	160 bis 190

Prüfzeitraum: 28. KW 2011

Tabelle 3: Bestimmung der Schüttdichte an dem Glasschaumgranulat »TECHNOPor«, trocken und nach 2 Minuten im Zwangsmischer, nach DIN EN 1097-3. Material aus der 2. Charge, Benediktbeuern.

Probe-Nr.	Schüttdichte bei Korngröße ≤ 60 mm
	kg/m ³
1	179
2	175
3	177
4	176
5	177
Mittelwert	177
Sollwert	160 bis 190



Prüfzeitraum: 33. KW 2011

Tabelle 4: Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit an dem Glasschaumgranulat »TECHNOPor« mit dem Einplattengerät in trockenem Zustand und nach 2 Minuten im Zwangsmischer; Ausgangszugstand.

Korngröße: ≤ 60 mm
 Verdichtung: 1,3 : 1
 Probenzustand: trocken
 Länge der Messfläche: 500 mm
 Breite der Messfläche: 500 mm
 Dicke im eingebauten Zustand: 145 mm
 Rohdichte verdichtet (trocken): 230 kg/m^3



Messung Nr.	Mitteltemperatur der Probenoberfläche		Mittlere Temperatur-differenz	Mitteltemperatur der Proben	Mittlere Wärmeleitfähigkeit
	Heizplattenseite	Kühlplattenseite			
	°C	°C			
1	14,6	5,4	9,2	10,0	0,0922

Grenzwert nach DIBt Zulassung Nr. Z-23.34-1526, $\lambda_{10} \leq 0,095 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Prüfzeitraum: 51. KW 2011

Tabelle 5: Einbausituation und Randbedingungen zur Probenentnahme Herbst 2011, Objekt »Benediktbeuern«.

	Einheit	
Antragsteller	–	Technopor Handels GmbH, Ortranderstraße 1, 01558 Großenhain
Herstellwerk	–	Großenhain
Materialbezeichnung	–	»TECHNOPOR«
Typ	–	geblähtes Altglas, Körnung < 60 mm
Zweck	–	lastabtragende Wärmedämmung unter Gründungsplatten
Einbau des Dämmstoffs	–	Februar 2011
Entnahmedatum	–	22.09.2011 und 06.10. 2011
Höhe über dem Meeresspiegel	m	ca. 650
Witterungsbedingungen	–	trocken
Lufttemperatur bei Entnahme	°C	ca. 18
Bodenplatte (Beton)	cm	14
Trennschicht Beton/Dämmstoff	–	Vlies + Folie
Einbaudicke Dämmstoff	cm	35
Historischer Bauschutt	cm	ca. 80
Größe Inspektionsdeckel	cm	ca. 50 x 50
Entnahme Mitte des Testraumes (22.09.2011)		
Mitte 1	–	obere Schicht
Entnahmemenge 1	g	560
Mitte 2	–	ca. 15 cm Tiefe
Entnahmemenge 2	g	657
Mitte 3	–	ca. 30 cm Tiefe
Entnahmemenge 3	g	451
Angrenzendes Erdreich	–	nicht relevant, da 80 cm entwässernde Schüttung aus Bauschutt
Entnahme Rand des Testraumes (06.10.2011)		
Rand 1	–	obere Schicht
Entnahmemenge 1	g	1206
Rand 2	–	ca. 15 cm Tiefe
Entnahmemenge 2	g	1030
Rand 3	–	ca. 30 cm Tiefe
Entnahmemenge 3	g	1122

Tabelle 6: Zusammenstellung der gemessenen Feuchtegehalte zur Probenentnahme Herbst 2011, Objekt »Benediktbeuern«.

	Einheit	
Objekt	–	»Benediktbeuern«
Einbaudatum	–	Februar 2011
Entnahmedatum	–	22.09.2011 und 06.10.2011
Trockenschüttdichte	kg/m ³	172
Einbaudichte	kg/m ³	ca. 224
Anzahl Winter	–	1
Mitte unter der Bodenplatte		
Mitte Testraum obere Schicht	Vol.-%	0,04
Mitte Testraum ca. 15 cm Tiefe	Vol.-%	0,04
Mitte Testraum ca. 35 cm Tiefe	Vol.-%	0,05
Mittelwert	Vol.-%	0,04
Rand unter der Bodenplatte		
Rand Testraum obere Schicht	Vol.-%	0,09
Rand Testraum ca. 15 cm Tiefe	Vol.-%	0,09
Rand Testraum ca. 35 cm Tiefe	Vol.-%	0,08
Mittelwert	Vol.-%	0,08



Tabelle 7: Einbausituation und Randbedingungen zur Probenentnahme 6. Mai 2013, Objekt »Benediktbeuern«.

	Einheit	
Antragsteller	–	Technopor Handels GmbH, Ortranderstraße 1, 01558 Großenhain
Herstellwerk	–	Großenhain
Materialbezeichnung	–	»TECHNOpor«
Typ	–	geblähtes Altglas, Körnung < 60 mm
Zweck	–	lastabtragende Wärmedämmung unter Gründungsplatten
Einbau des Dämmstoffs	–	Februar 2011
Entnahmedatum	–	6. Mai 2013
Höhe über dem Meeresspiegel	m	ca. 650
Witterungsbedingungen	–	trocken
Lufttemperatur bei Entnahme	°C	ca. 17
Bodenplatte (Beton)	cm	14
Trennschicht Beton/Dämmstoff	–	Vlies + Folie
Einbaudicke Dämmstoff	cm	35
Historischer Bauschutt	cm	ca. 80
Größe Inspektionsdeckel	cm	ca. 50 x 50
Entnahme Mitte des Testraumes		
Mitte 1	–	obere Schicht
Entnahmemenge 1	g	785
Mitte 2	–	ca. 15 cm Tiefe
Entnahmemenge 2	g	556
Mitte 3	–	ca. 30 cm Tiefe
Entnahmemenge 3	g	761
Angrenzendes Erdreich	–	nicht relevant, da 80 cm entwässernde Schüttung aus Bauschutt
Entnahme Rand des Testraumes		
Rand 1	–	obere Schicht
Entnahmemenge 1	g	556
Rand 2	–	ca. 15 cm Tiefe
Entnahmemenge 2	g	542
Rand 3	–	ca. 30 cm Tiefe
Entnahmemenge 3	g	685



Tabelle 8: Zusammenstellung der gemessenen Feuchtegehalte zur Probenentnahme 6. Mai 2013, Objekt »Benediktbeuern«.

	Einheit	
Objekt	–	»Benediktbeuern«
Einbaudatum	–	Februar 2011
Entnahmedatum	–	6. Mai 2013
Trockenschüttdichte	kg/m ³	172
Einbaudichte	kg/m ³	ca. 224
Anzahl Winter	–	2
Mitte unter der Bodenplatte		
Mitte Testraum obere Schicht	Vol.-%	0,19
Mitte Testraum ca. 15 cm Tiefe	Vol.-%	0,07
Mitte Testraum ca. 35 cm Tiefe	Vol.-%	0,05
Mittelwert	Vol.-%	0,10
Rand unter der Bodenplatte		
Rand Testraum obere Schicht	Vol.-%	0,07
Rand Testraum ca. 15 cm Tiefe	Vol.-%	0,05
Rand Testraum ca. 35 cm Tiefe	Vol.-%	0,04
Mittelwert	Vol.-%	0,05



Tabelle 9: Einbausituation und Randbedingungen zur Probenentnahme am 12. Mai 2014, Objekt »Benediktbeuern«.

	Einheit	
Antragsteller	–	Technopor Handels GmbH, Ortranderstraße 1, 01558 Großenhain
Herstellwerk	–	Großenhain
Materialbezeichnung	–	»TECHNOPOR«
Typ	–	geblähtes Altglas, Körnung < 60 mm
Zweck	–	lastabtragende Wärmedämmung unter Gründungsplatten
Einbau des Dämmstoffs	–	Februar 2011
Entnahmedatum	–	12. Mai 2014
Höhe über dem Meeresspiegel	m	ca. 650
Witterungsbedingungen	–	regnerisch
Lufttemperatur bei Entnahme	°C	ca. 19
Bodenplatte (Beton)	cm	14
Trennschicht Beton/Dämmstoff	–	Vlies + Folie
Einbaudicke Dämmstoff	cm	35
Historischer Bauschutt	cm	ca. 80
Größe Inspektionsdeckel	cm	ca. 50 x 50
Entnahme Mitte des Testraumes		
Mitte 1	–	obere Schicht
Entnahmemenge 1	g	827
Mitte 2	–	ca. 15 cm Tiefe
Entnahmemenge 2	g	739
Mitte 3	–	ca. 30 cm Tiefe
Entnahmemenge 3	g	907
Angrenzendes Erdreich	–	nicht relevant, da 80 cm entwässernde Schüttung aus Bauschutt
Entnahme Rand des Testraumes		
Rand 1	–	obere Schicht
Entnahmemenge 1	g	839
Rand 2	–	ca. 15 cm Tiefe
Entnahmemenge 2	g	648
Rand 3	–	ca. 30 cm Tiefe
Entnahmemenge 3	g	788



Tabelle 10: Zusammenstellung der gemessenen Feuchtegehalte zur Probenentnahme am 12. Mai 2014, Objekt »Benediktbeuern«.

	Einheit	
Objekt	–	»Benediktbeuern«
Einbaudatum	–	Februar 2011
Entnahmedatum	–	12. Mai 2014
Trockenschüttdichte	kg/m ³	151
Einbaudichte	kg/m ³	ca. 196
Anzahl Winter	–	3
Mitte unter der Bodenplatte		
Mitte Testraum obere Schicht	Vol.-%	0,04
Mitte Testraum ca. 15 cm Tiefe	Vol.-%	0,06
Mitte Testraum ca. 35 cm Tiefe	Vol.-%	0,14
Mittelwert	Vol.-%	0,08
Rand unter der Bodenplatte		
Rand Testraum obere Schicht	Vol.-%	0,05
Rand Testraum ca. 15 cm Tiefe	Vol.-%	0,11
Rand Testraum ca. 35 cm Tiefe	Vol.-%	0,06
Mittelwert	Vol.-%	0,07



Tabelle 11: Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit an dem Glasschaumgranulat »TECHNOpor« mit dem Einplattengerät an Probenmaterial aus dem Objekt »Benediktbeuern«, entnommen am 12. Mai 2014.

Korngröße: ≤ 60 mm
 Verdichtung: 1,3 : 1
 Probenzustand: Einbauzustand (0,08 Vol.-%)
 Länge der Messfläche: 500 mm
 Breite der Messfläche: 500 mm
 Dicke im eingebauten Zustand: 145 mm
 Rohdichte verdichtet (trocken): 215 kg/m^3



Messung Nr.	Mitteltemperatur der Probenoberfläche		Mittlere Temperatur- differenz	Mitteltemperatur der Proben	Mittlere Wärmeleit- fähigkeit
	Heizplattenseite	Kühlplattenseite			
	°C	°C			
1	15,5	5,1	10,3	10,3	0,0936

Grenzwert nach DIBt Zulassung Nr. Z-23.34-1526, $\lambda_{10} \leq 0,095 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Prüfzeitraum: 23. KW 2014

Tabelle 12: Zusammenstellung der gemessenen und berechneten Durchschnittswerte der Wärmeströme, Temperaturen und Wärmedurchlasswiderstände im Zeitraum vom 22.2.2011 bis 30.3.2011.

Die Dämmschichtdicke betrug ca. 35 cm.



Material / Messstelle	R-Wert	Temperaturdifferenz	Wärmestromdichte	Rückgerechnete Wärmeleitfähigkeit
	$m^2 \cdot K/W$	K	W/m^2	$W/(m \cdot K)$
Technopor_Mitte	3,7	7,3	-2,0	0,0945
Technopor_Rand	3,1	7,3	-2,3	(0,1129)*

*Theoretischer Wert zum besseren Erkennen des Einflusses der Wärmebrückenwirkungen im Randbereich

Tabelle 13: Zusammenstellung der gemessenen und berechneten Durchschnittswerte der Wärmeströme, Temperaturen und Wärmedurchlasswiderstände während der Winterperioden.

Die Dämmschichtdicke betrug ca. 35 cm.

Die mittlere Außenlufttemperatur betrug im Zeitraum:

20.12.11 - 28.1.12 0,53 °C; Niederschlagsmenge 158 mm
 20.12.12 - 28.1.13 0,36 °C; Niederschlagsmenge 143 mm
 20.12.13 - 28.1.14 2,44 °C; Niederschlagsmenge 60 mm



Technopor_Mitte				
Zeitraum	R-Wert	Temperatur-differenz	Wärme-stromdichte	Rückgerechnete Wärmeleitfähigkeit
	m ² *K/W	K	W/m ²	W/(m-K)
20.12.11 - 28.1.12	3,7	5,4	-1,5	0,0945
20.12.12 - 28.1.13	4,0	4,6	-1,2	0,0875
20.12.13 - 28.1.14	4,0	4,4	-1,1	0,0875
Technopor_Rand				
Zeitraum	R-Wert	Temperatur-differenz	Wärme-stromdichte	Rückgerechnete Wärmeleitfähigkeit inkl. Wärmebrückeneinfluss
	m ² *K/W	K	W/m ²	W/(m-K)
20.12.11 - 28.1.12	3,4	7,4	-2,2	(0,1029)*
20.12.12 - 28.1.13	3,4	7,1	-2,1	(0,1029)*
20.12.13 - 28.1.14	3,4	6,7	-2,0	(0,1029)*

*Theoretischer Wert zum besseren Erkennen des Einflusses der Wärmebrückenwirkungen im Randbereich

Tabelle 14: Zusammenstellung der gemessenen und berechneten Durchschnittswerte der Wärmeströme, Temperaturen und Wärmedurchlasswiderstände während dem Frühjahr.

Die Dämmschichtdicke betrug ca. 35 cm.

Die mittlere Außenlufttemperatur betrug im Zeitraum:

21.3.12 - 22.5.12 9,94 °C; Niederschlagsmenge 204 mm
 21.3.13 - 22.5.13 8,19 °C; Niederschlagsmenge 181 mm
 21.3.14 - 22.5.14 9,48 °C; Niederschlagsmenge 277 mm

Technopor_Mitte				
Zeitraum	R-Wert	Temperatur-differenz	Wärme-stromdichte	Rückgerechnete Wärmeleitfähigkeit
	m ² *K/W	K	W/m ²	W/(m·K)
21.3.12 - 22.5.12	3,9	6,6	-1,7	0,0897
21.3.13 - 22.5.13	4,0	6,5	-1,6	0,0875
21.3.14 - 06.5.14	4,1	4,4	-1,1	0,0853
Technopor_Rand				
Zeitraum	R-Wert	Temperatur-differenz	Wärme-stromdichte	Rückgerechnete Wärmeleitfähigkeit inkl. Wärmebrückeneinfluss
	m ² *K/W	K	W/m ²	W/(m·K)
21.3.12 - 22.5.12	3,5	7,7	-2,2	(0,1000)*
21.3.13 - 22.5.13	3,5	8,3	-2,4	(0,1000)*
21.3.14 - 06.5.14	3,5	5,5	-1,6	(0,1000)*



*Theoretischer Wert zum besseren Erkennen des Einflusses der Wärmebrückenwirkungen im Randbereich



Bild 1: Ansichten »Kloster Benediktbeuern«.
Oben: Hauptgebäude des Klosters.
Unten: Nebengebäude, das im Rahmen des Projektes »Energetische Altbausanierung und Denkmalpflege »Kloster Benediktbeuern« saniert wird.



Bild 3: Technopor Bigbags; LKW mit Kran und Schütte zum Einbringen des Granulates über die Fenster.



Bild 4: Einbringen des Geotextils.



Bild 5: Einbringen des Granulates.

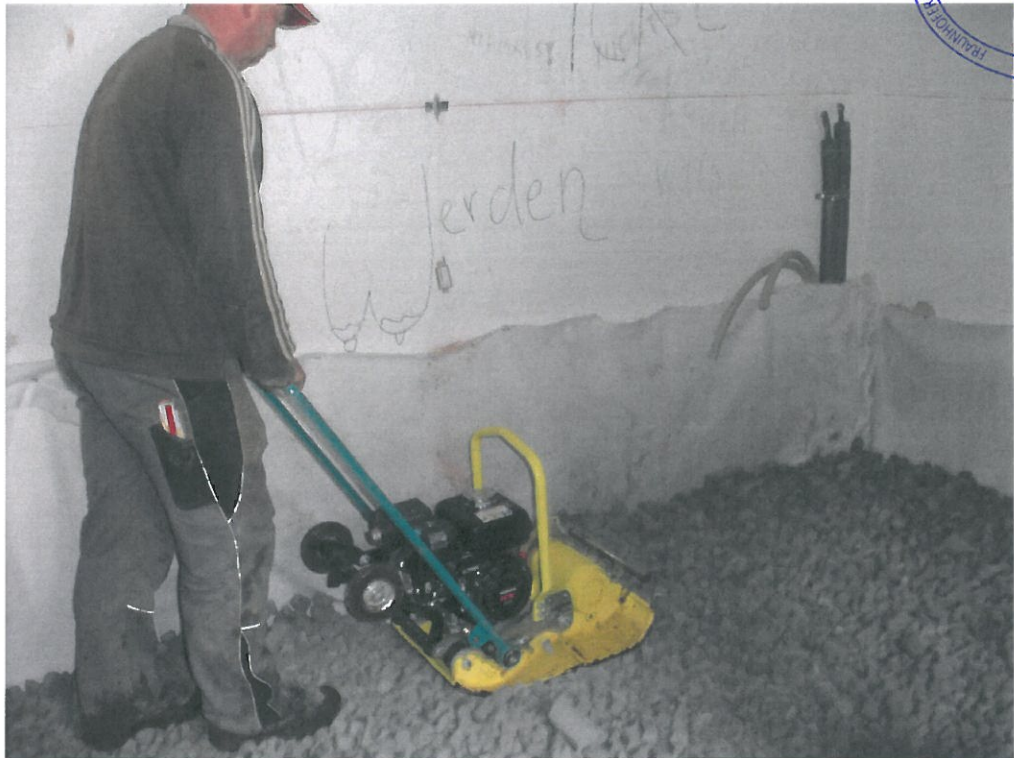


Bild 6: Verdichten der ersten Lage.



Bild 7: Einschlagen des überstehenden Geotextils nach Verdichtung der zweiten Lage.



Bild 8: Komplette Abdeckung mit Geotextil.



Bild 9: Installation der mit Kupferplatten geschützten Wärmestrommessscheiben und Temperatursensoren in Mitte und Randbereich des Raumes.



Bild 10: Einbringen der Stahlarmierung der Bodenplatte.

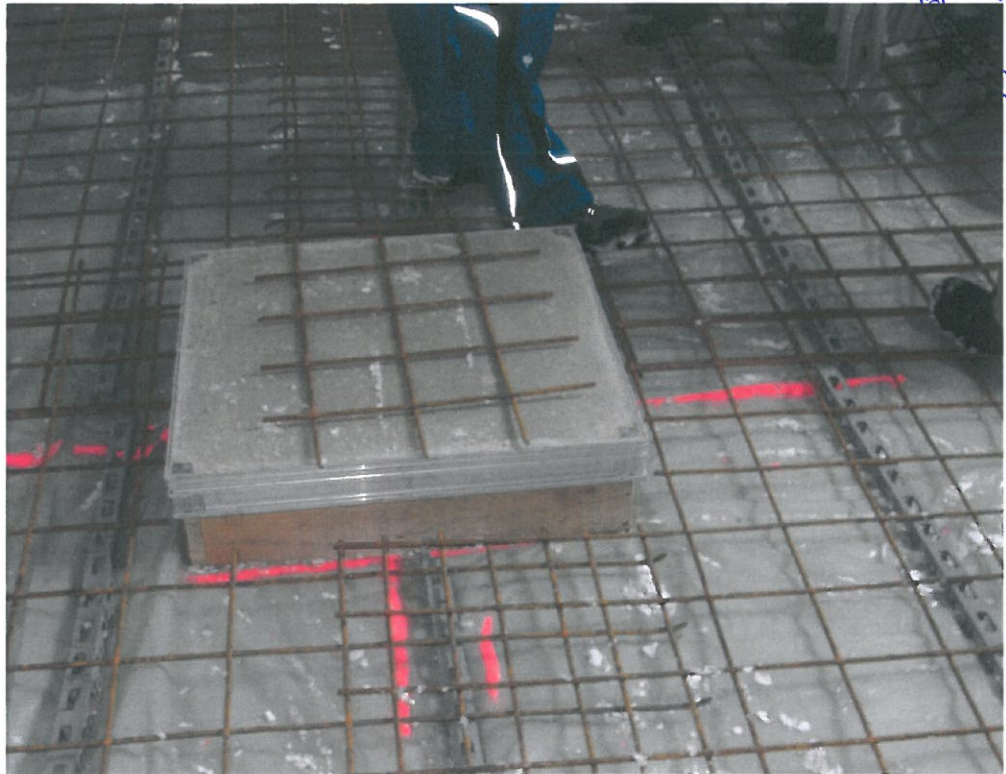


Bild 11: Ansicht der Revisionsöffnung in der Mitte des Raumes.

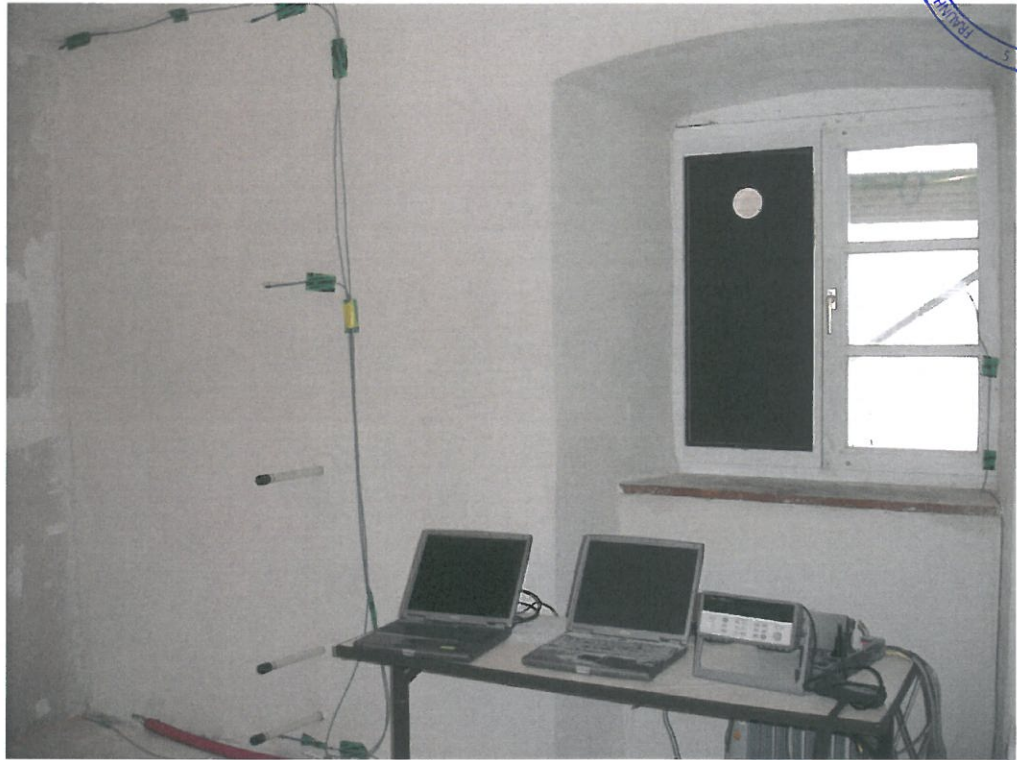


Bild 12: Messwerverfassungsanlage im August 2011.

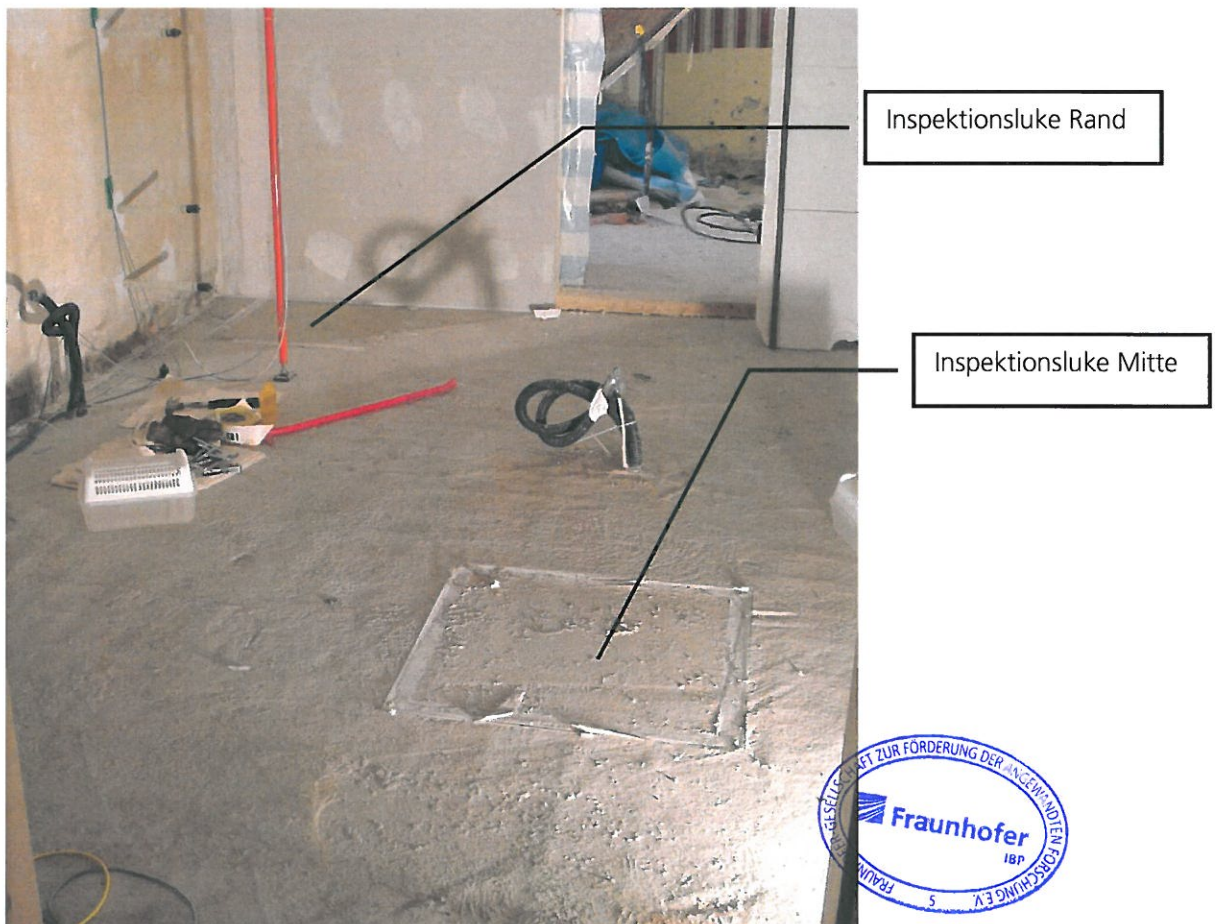
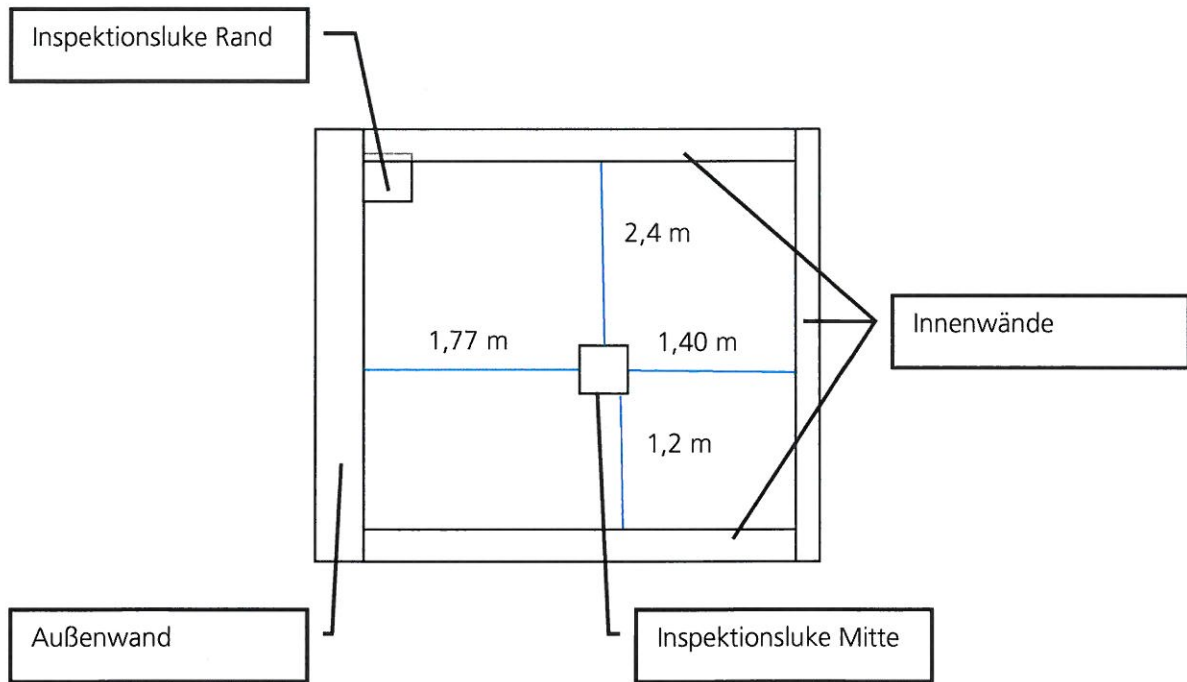


Bild 13: Position der Inspektionsluken in dem Testraum.



Bild 14: Inspektionsluke im Boden mit Folie und Vliesabdeckung des darunterliegenden Glasschaumgranulates im Gebäudeinneren.



Bild 15: Detailansicht des eingebauten Glasschaumgranulates.



Bild 16: Oben: Revisionsöffnung in Raummitte, fotografiert bei der Entnahme am 12. Mai 2014.
Unten: Revisionsöffnung in Raumecke.

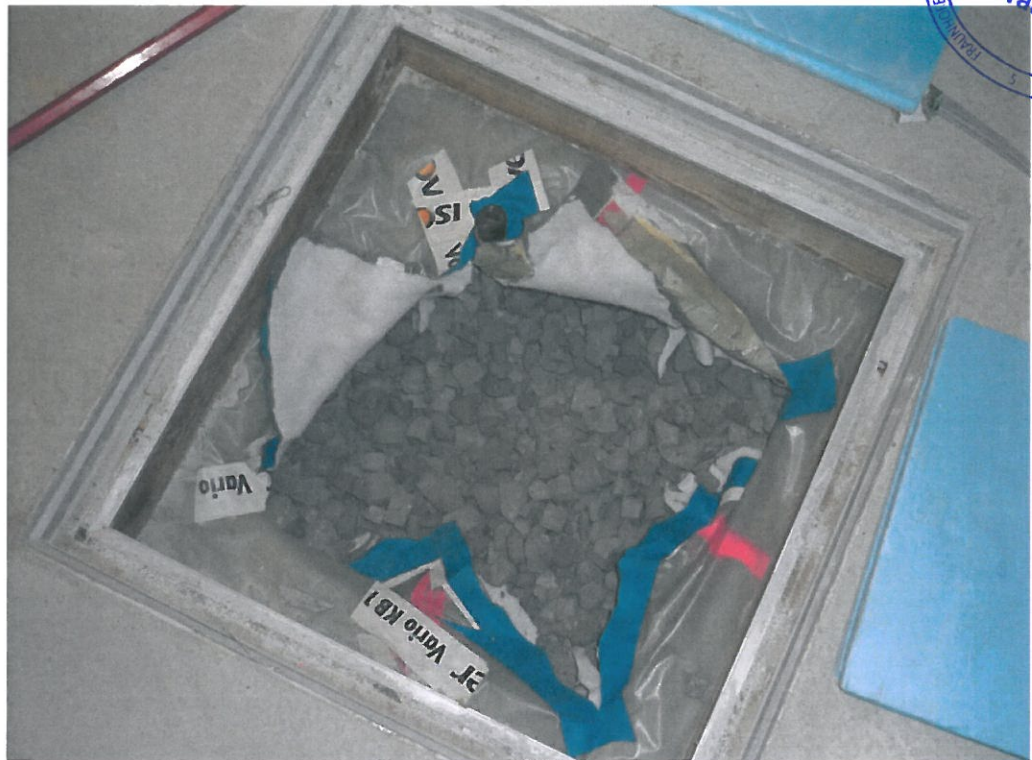


Bild 17: Glasschaumgranulat „TECHNOpur“ ohne erkennbare Schäden am Granulat bei der Entnahme zum Projektabschluss am 12. Mai 2014.

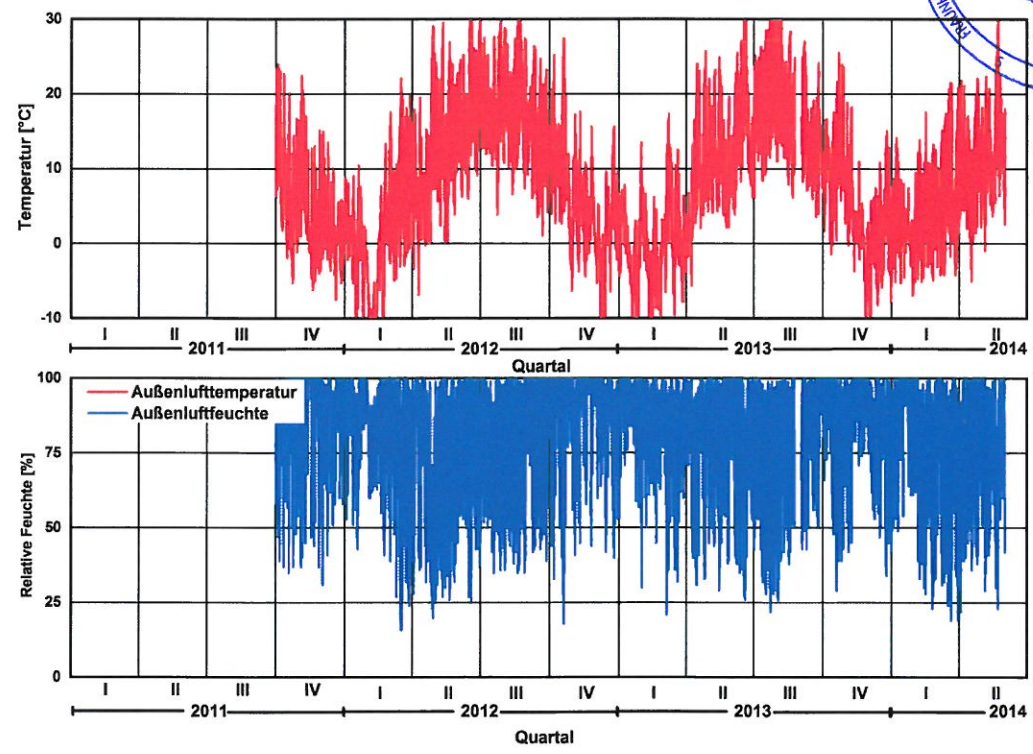


Bild 18: Außenlufttemperatur und Relative Luftfeuchte während des Untersuchungszeitraumes.