

11

991

BA. Nr. F2312

Ingenieurgesellschaft
BBP Bauconsulting mbH
Bautenschutz * Bausanierung * Planung

Wolfener Straße 36
12681 Berlin

Telefax: 936 923 44

Telefon: 936 923 11
936 923 16

Kurzbericht
zum Abschluß des Forschungsthema
B I 5 - 80 01 93 - 17

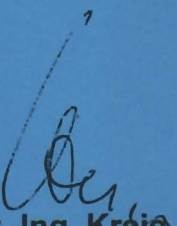
'Bauphysikalische Untersuchungen
zum hygrothermischen Verhalten von
dreischichtigen Außenwänden'

Auftraggeber: Bundesministerium für
Raumordnung, Bauwesen und Städtebau
Deichmanns Aue 31 - 37

Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen
Württembergische Straße 6
10707 Berlin

Berlin den 20. 12. 1996


Dr.-Ing. Gaudig
Geschäftsführer


Dr.-Ing. Kreie
Bearbeiter


Dipl.-Ing. Hoenow
Bearbeiter

113,3%

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Zielsetzung der Untersuchungen	3
2 Durchführung des Meßprogramms	4
2.1 Gebäudebeschreibung / Ausgeführte Wärmedämmfassade	4
2.2 Meßanordnung	5
3 Meßergebnisse	6
3.1 Ergebnisse der Messung der Fugenweitenveränderung	6
3.2 Ergebnisse der Messung der Temperatur und rel. Feuchte	8
4 Auswertung der Meßergebnisse	9
5 Schlußfolgerungen und Zusammenfassung	9
Literaturverzeichnis	10

1 Zielsetzung der Untersuchungen

Die Außenwandkonstruktionen der Wohnungsbauserie WBS 70 der ehem. DDR bestehen i.a. aus dreischichtigen Wandelementen in Großtafelbauweise. Der Wandaufbau von innen nach außen stellt sich prinzipiell wie folgt dar:

- Betontragschicht
- innenliegende Wärmedämmung
- äußere Betonschicht als Wetterschutzschicht (WSS)

Trag- und Wetterschutzschicht sind durch Traganker und durch Windnadeln statisch konstruktiv verbunden, womit eine Ableitung der Eigen- und Windlasten aus der Wetterschutzschicht in die Tragschicht gesichert ist.

Abhängig vom Baualter, der Ausführungsqualität und der Betonqualität weisen die Außenwandelemente in unterschiedlichem Umfang Bauschäden sowie bauliche Mängel auf. Aufgrund dieser Problematik ergeben sich kurz- bis mittelfristig Anforderungen an eine Betonsanierung zur Sicherungen der Dauerhaftigkeit der Konstruktion sowie Anforderungen zur Erhöhung der Wärmedämmfähigkeit der Bauteile.

Bei der Anwendung von Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) als nachträgliche Wärmedämmung ist die Frage zu klären, ob diese Systeme die verbleibenden thermisch und hygrysch hervorgerufenen Fugenbewegungen der WSS der Außenwandplatten zueinander aufnehmen bzw. überbrücken können. Dabei werden die zu erwartenden Fugenbewegungen und die Reißüberbrückungsfähigkeit in der Baufachwelt und der Literatur unterschiedlich bewertet.

Ausgehend von und in Ergänzung zu den bekannten Untersuchungen sind im vorliegenden Forschungsvorhaben praxisbezogene Messungen an den Außenwandelementen eines Bauvorhabens durchgeführt worden. Dabei sind insbesondere Fragen nach

- der verbleibenden thermischen Belastung der WSS
- dem Austrocknungsverhalten und den daraus resultierenden hygryschen Verformungen des WSS-Betons
- der realen Fugenbewegung der WSS unter dem WDVS betrachtet worden.

Besonderer Wert wurde auf die Praxisbezogenheit der Untersuchungen gelegt.

Für die Untersuchung der thermisch und hygrysch bedingten Fugenbewegungen und des Austrocknungsverhaltens des Wetterschutzschicht-Betons wurden an einem Gebäude, das im Rahmen einer komplexen Modernisierung mit einer äußeren Wärmedämmung als Wärmedämm-Verbundsystem ausgestattet wurde, ein Meßprogramm zu den festzustellenden Fugenbewegungen und den thermischen und hygryschen Kennwerten erarbeitet und ausgeführt.

2 Durchführung des Meßprogramms

2.1 Gebäudebeschreibung / Ausgeführte Wärmedämm-Maßnahme

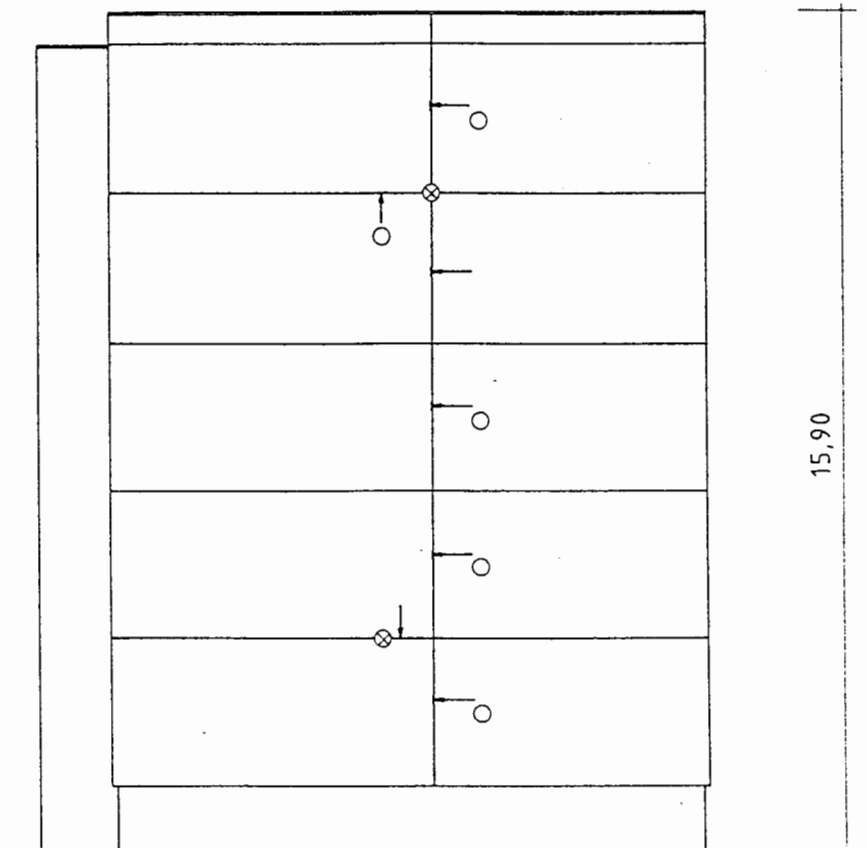
Die Untersuchungen wurden an einem Gebäude WBS 70/5, in Berlin-Hohenschönhausen, Lindenweg 13 - 16 durchgeführt. Das Gebäude wurde in Zusammenhang mit anderen Modernisierungsmaßnahmen mit einem Wärmedämmverbundsystem versehen.

Die Gebäude vom Typ WBS 70 sind durch das Rastermaß von 6 m sowie 2,4 m und 3,6 m hinsichtlich der Länge der Außenwandplatten sowie durch die Systemgeschoßhöhe von 2,8 m gekennzeichnet.

Das für die Untersuchung zur Verfügung stehende Gebäude weist mit Abmessungen der Giebelaußenwände von 6,2 m und 4,8 m Länge eine Besonderheit auf. Während an den Gebäuden der WBS 70 üblicherweise keine fensterlosen Giebelwandplatten mit 6 m Länge verwendet wurden, sind an dem untersuchten Gebäude im Rahmen von Entwicklungsstufen derartige Außenwandplatten zum Einsatz gekommen. In der Regel haben 6 m Platten an WBS 70-Gebäuden stets Fensteröffnungen. Insofern stellt das untersuchte Gebäude hinsichtlich des vollständigen Betonanteils in der 6,2 Meter langen Außenwandplatte einen Extremfall hinsichtlich der thermischen und hygrischen Verformung des Betons dar.

Abbildung 1 zeigt das Plattenraster des untersuchte Giebels.

Abbildung 1:
Darstellung der
Anordnung der
Meßpunkte am
Südgiebel
Lindenweg 13 - 16



Lindenweg 16
SÜDGIEBEL

- - Temp. / Feuchte Beton + Temp. WDVS
- ⊗ - Temp. / Feuchte Fuge
- ← Längenänderung

Das Gebäude wurde mit einer Wärmedämmung als Wärmedämmverbundsystem zur Erzielung einer Heizenergieeinsparung versehen. Zur Ausführung gelangte ein System mit Polystyrolämmplatten mit **80 mm** Stärke und Kunstharzputz der Fa. Capatect.

2.2 Meßanordnung

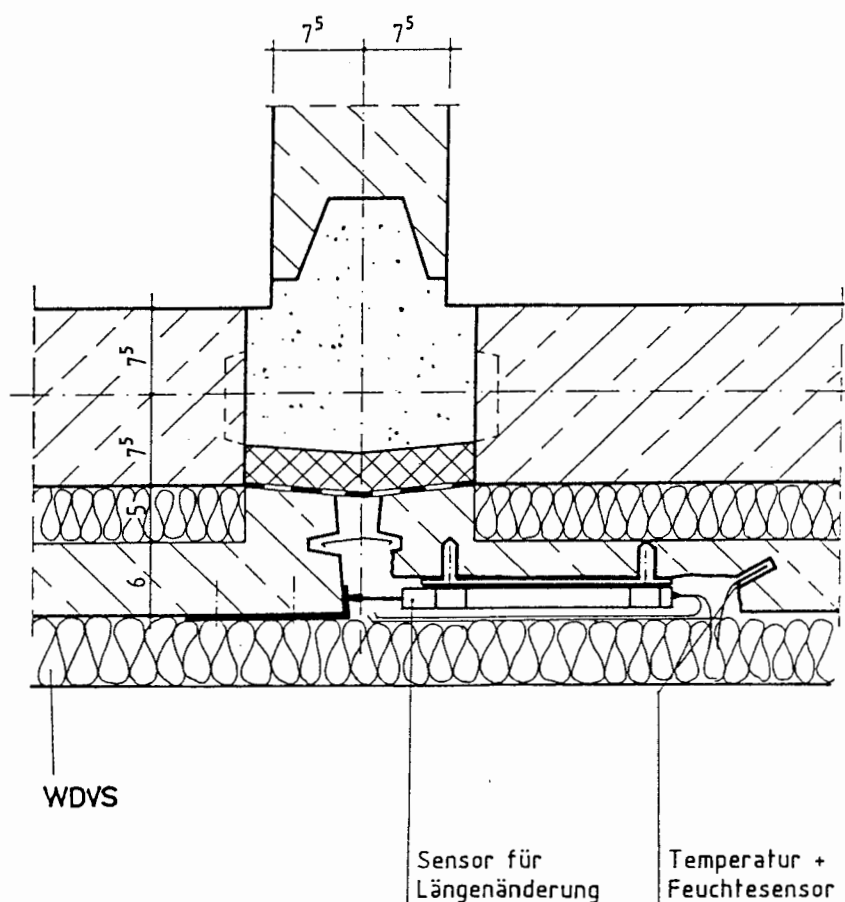
Zur Meßwertermittlung wurden an dem südorientierten Giebel des WBS 70/5 Gebäudes mit dreischichtigen Elementen der Längen 6,2 m und 4,8 m ohne Fenster Meßfühler zur Erfassung der Fugenbewegung und der thermischen und hygrischen Kennwerte angebracht.

Insgesamt wurden 7 Meßpunkte über die 5 Etagen des Gebäudes verteilt angeordnet.

An den Meßpunkten werden folgende Meßwerte erfaßt:

- die Temperatur und die Gleichgewichtsluftfeuchte in der Wetterschutzschicht,
- die Lufttemperatur und -feuchte im Bereich der bisherigen offenen Außenwandfugen,
- die Fugenweitenveränderung an den Fugen der Wetterschutzschichten der Außenwandplatten im Bereich der Vertikalfugen (horizontal 5 x) und im Bereich der Horizontalfugen (vertikal 2 x)
- Schichttemperatur der Putzschicht des WDVS
- Temperatur und rel. Luftfeuchte des Außenklimas

Abbildung 2:
Horizontalschnitt durch die Vertikalfuge mit Kennzeichnung der Meßstelle an einem Punkt



Die Anordnung der Meßfühler am Untersuchungsgebäude zeigt Abbildung 1. In Abbildung 2 ist die Lage und Anbringung der Sensoren in der Fuge bzw. der Betonplatte skizzenhaft dargestellt.

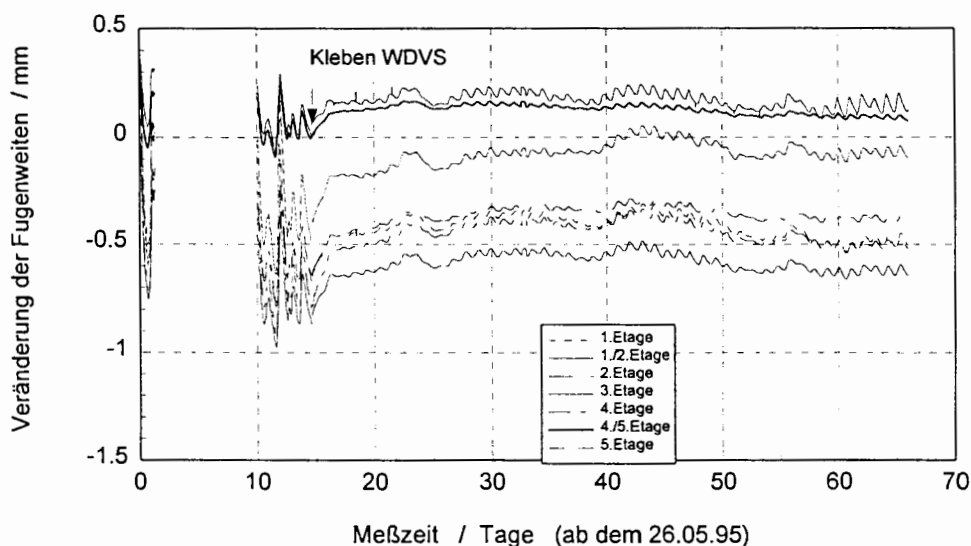
3 Meßergebnisse

Meßergebnisse über die Veränderung der thermischen und hygrischen Randbedingungen sowie die Rißweitenveränderungen stehen für den Zeitraum seit der Anbringung der Meßfühler im Mai 1995 bis November 1996 zur Verfügung. Die Meßwertaufnahme wird derzeit noch fortgeführt.

Sowohl für die Messung der Fugenweitenveränderung als auch für die Aufnahme der Kennwerte für Temperatur und rel. Luftfeuchte / Gleichgewichtsfeuchte wurde ein Einlesezyklus von 1 Stunde gewählt. Damit sind auch tageszeitliche Veränderungen festzustellen. Für die Darstellung der Trendverläufe über den gesamten Meßzeitraum von inzwischen mehr als 18 Monaten ist eine derartige Datenmenge ungeeignet, für diese Darstellungen wurde eine Reduzierung des Datenbestandes vorgenommen.

3.1 Ergebnisse der Messung der Fugenweitenveränderung

Abbildung 3 zeigt die Veränderungen der Fugenweiten vor und nach dem Anbringen des WDVS. Die festgestellten Veränderungen der Fugenweite liegen im Zeitraum vor dem Anbringen der Dämmung des WDVS (bis 16 Meßtag nach dem 26.05.95) bei bis zu ca. 1 mm mit einer Schwankungsperiode von ca. 24 Stunden, woraus auf die Temperaturschwankung zwischen Tag- und Nacht als bestimmende Ursache geschlossen werden kann.



Ab dem Zeitpunkt des Anbringens des WDVS ist eine kurzfristige Veränderung der Fugenweite (Verringerung) über einen Zeitraum von rund 2 Tagen zu beobachten, dies korreliert mit dem Anstieg der

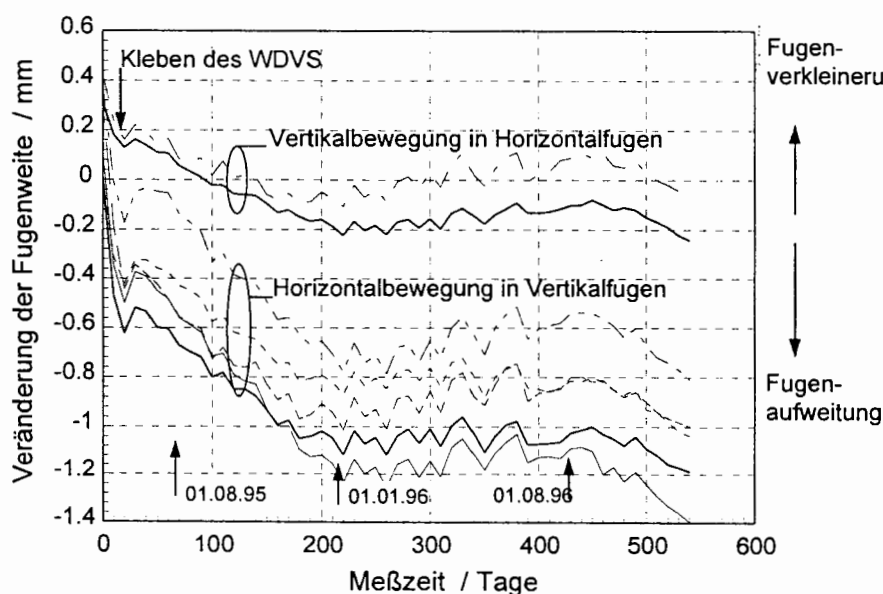
Temperatur des Wetterschalenbetons zu diesem Zeitpunkt.

Nach dem Anbringen des WDVS verringert sich die tageszeitliche Veränderung der Fugenweite deutlich, mit einem Wert von ca. 0,1 mm ist die tageszeitliche Veränderung auf rund ein Zehntel des Ausgangswertes vor der Beschichtung gesunken.

In der Gesamtdarstellung der Fugenbewegungen im Meßzeitraum in Abbildung 4 ist deutlich die Möglichkeit einer Einteilung der Meßzeitraumes in Teilabschnitte mit einer typischen Fugenweitenveränderung zu erkennen.

Dem Abschnitt vor dem Anbringen des WDVS mit deutlichen tageszeitlichen Veränderungen der Fugenweite folgt bis ca. dem 40. Meßtag ein Abschnitt der Fugenweitenverringering. Diese Tendenz ist mit einer Erhöhung der Temperatur des Wetterschalenbetons sowie mit dem Eintrag von Feuchtigkeit in den Beton beim Anbringen der Dämmplatten zu erklären. Ab ca. dem 40. Meßtag ist ein kontinuierlicher Trend zu einer Fugenaufweitung (Veränderung zu neg. Werten) sowohl bei den Vertikal- wie auch Horizontalfugen zu erkennen. Dieser Trend hält bis ca. zum 220. Meßtag (Ende 1995) an und hat im Ergebnis eine gemessene Fugenaufweitung der Vertikalfugen von bis zu 0,8 mm und der Horizontalfugen von bis zu 0,35 mm gegenüber dem 40. Meßtag. Gegenüber dem Zeitpunkt des Klebens des WDVS ist die festgestellte Fugenaufweitung mit ca. 0,4 mm in den Vertikalfugen und ca. 0,2 mm in den Horizontalfugen deutlich geringer.

Die Fugenaufweitung korreliert mit einer Abnahme der rel. Gleichgewichtsfeuchte im Beton der WSS und einer Temperaturverringering des WSS-Betons.



In einem folgenden Abschnitt vom ca. 220. bis zum 450. Meßtag ist eine gleichbleibende bzw. sich leicht verringeringe Fugenweite an den Meßpunkten aufgenommen worden. Die Veränderungen über den Zeitraum von ca. 7,5 Monaten liegen bei Fugenweitenverringeringen von ca. 0,2 mm.

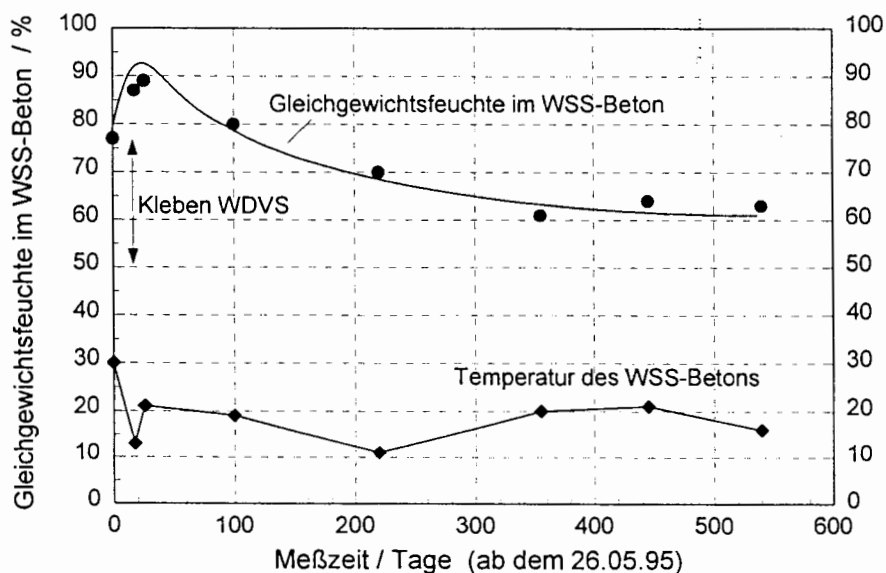
An den Abschnitt geringer Fugenweitenverringering schließt ein Abschnitt mit einer folgenden Fugenverbreiterung an. Dieser hält zum Zeitpunkt des Abschlußberichts in der Tendenz noch weiter an. Dieser Fugenaufweitung ist auf die Verringering der Temperatur des WSS-Betons zurückzuführen.

Über den gesamten Meßzeitraum lassen sich folgende Aussagen zur Fugenweitenveränderung zusammenfassen:

- Die gemessene maximale Fugenveränderung im Untersuchungszeitraum seit dem Anbringen des WDVS ist mit ca. 1 mm an den Vertikalfugen (Plattenabmessungen 4,8 m und 6,2 m) und mit ca. 0,4 mm an den Horizontalfugen (Plattenabmessungen 2,8 m und 2,8 m) gemessen worden.
- Gegenüber dem Zeitpunkt des Anbringens des WDVS ist die gemessene Fugenaufweitung mit 0,9 mm für die Vertikalfugen und 0,35 mm für die Horizontalfugen geringfügig kleiner als die maximalen Fugenveränderungen.
- Der Meßzeitraum läßt sich in Abschnitte gleicher Fugenweitenveränderung unterteilen, die mit den Veränderungen thermischen und hygrischen Meßwerte korrelieren.

3.2 Ergebnisse der Messung der Temperatur und rel. Feuchte

Die Meßergebnisse zu Temperatur und rel. Feuchte / Gleichgewichtsfeuchte zeigen bis zum Zeitpunkt des Anbringens der Wärmedämmung eine hohe Temperaturschwankungsbreite des Betons der Wetterschutzschichten sowie leichte Schwankungen der rel. Gleichgewichtsfeuchte im Beton und eine hohe Schwankungsbreite der rel. Luftfeuchte an den Meßpunkten in den Fugen. Ab dem Zeitpunkt des Anbringens der Wärmedämmung verringern sich die Temperaturschwankungen in der Betonschicht der Wetterschutzschicht deutlich und die Werte zur rel. Gleichgewichtsluftfeuchte pegeln sich bei durchschnittlich 90 % rel.



Feuchte ein und verändern sich nur noch sehr langsam. Der Verlauf der Gleichgewichtsfeuchte im Beton sowie der Temperatur des WSS-Betons ist in Abbildung 5 als Trendkurve dargestellt. Ca. 2 Wochen nach dem Anbringen der Dämmung beträgt die

durchschnittliche rel. Gleichgewichtsfeuchte im Beton der WSS ca. 88 % mit leichter Tendenz zu geringeren Werten, nach weiteren ca. 3 Monaten Meßzeit verringert sich die durchschnittliche rel. Gleichgewichtsfeuchte im Beton der WSS auf ca. 80 %. Nach einem Jahr ist die Gleichgewichtsfeuchte auf durchschnittlich ca. 61 % rel. Feuchte abgefallen.

Im Zeitraum Frühjahr / Sommer 1996 bewegt sich die gemessene rel. Feuchte im Beton im Bereich zwischen durchschnittlich 60 bis 65 % rel. Feuchte und erscheint damit nahe dem Wert der Ausgleichsfeuchte angelangt zu sein.

Im Gegensatz zur Tendenz der Meßwerte für die Gleichgewichtsfeuchte mit einer steten Abnahme bzw. dem Erreichen eines Wertes geringer weiterer Veränderung ist bei der Temperatur des WSS-Betons sowohl eine zeitweilige Abnahme wie die Zunahme über längere Zeiträume festgestellt worden. Diese Schwankungen korrelieren naturgemäß mit den Jahreszeiten und den Schwankungen der Außentemperaturen.

Die Temperaturänderungen im Beton der WSS vor dem Anbringen der Dämmung im Tag / Nacht-Wechsel von ca. 15 K verringern sich mit dem WDVS auf Werte zwischen 1 und 2 K.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum nach dem Anbringen des Wärmedämm-Verbundsystems ist die verbleibende festgestellte thermische Beanspruchung mit folgenden Werten anzugeben:

Minimaltemperatur des WSS-Betons:	ca. 10 °C
Maximaltemperatur des WSS-Betons:	ca. 25 °C

4 Auswertung der Meßergebnisse

Ausgehend von den gemessenen maximalen jahreszeitlich bedingten Temperaturunterschieden im Beton der WSS nach den Anbringen eines WDVS von ca. 15 K bei 80 mm Dämmstoffdicke ergibt sich daraus bei 6 Meter Elementlänge eine thermische Komponente der Fugenveränderung

von ca. $\Delta l_{\theta} = 1 \text{ mm}$

Die sich aus dem Austrocknungsprozeß des WSS-Betons ergebende hygrisch bedingte Fugenaufweitung bis zum Berichtszeitpunkt

von ca. $\Delta l_{\varphi} = 0,5 \text{ mm}$

stellt somit den geringeren Anteil an der Fugenweitenveränderung dar.

5 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die Untersuchungen erfolgten an einem mit einem WDVS bekleideten Südgiebel des Gebäudes Lindenweg 13 - 16 in Berlin-Hohenschönhausen mit Hilfe von Meßsensoren an der Außenwandkonstruktion. Dabei zeigten sich an den dreischichtigen Außenwandplatten Fugenweitenveränderungen der offenen Fugen der Witterschutzschichten, die mit den thermischen und hygrischen Randbedingungen korrelieren.

Im einem Meßzeitraum von bisher 18 Monaten wurden maximale Fugenaufweitungen an Vertikalfugen von Platten mit den Abmessungen 4,8 m und 6,2 m Länge von bis zu **1 mm** nachgewiesen.

Bezogen auf die Abnahme der Gleichgewichtsfeuchte im Beton des WSS der Außenwand von ca. 90 % rel. Feuchte auf ca. 60 % rel. Feuchte wurde eine hygri-sche Komponente an der Fugenaufweitung von

ca. 0,5 mm

bei 5,5 m wirksamer Elementlänge festgestellt.

Aus der gleichzeitigen Untersuchung von Vertikal- und Horizontalfugen läßt sich ein hygrischer Längenänderungskoeffizient der WSS-Betons von

0,06 ... 0,09 mm / m bei $\Delta\varphi = 90 \% \Rightarrow 60 \%$

bestimmen.

Aus der meßtechnisch ermittelten verbleibenden Temperaturbeanspruchung des WSS-Betons von $\Delta\vartheta \approx 15 \text{ K}$ ist am untersuchten Gebäudeteil auf eine thermisch bedingte Fugenweitenveränderung von

ca. $\Delta l_{\vartheta} = 1 \text{ mm}$

zu schließen.

Bezogen auf die Bedingungen an den Fugen zwischen zwei 6 m- Außenwandplatten lassen sich bei Verwendung eines WDVS mit 8 cm Dämmstoffdicke und der Annahme der vollständigen Austrocknung des WSS-Betons (Gleichgewichtsfeuchte $\varphi = 50 \%$) folgende maximalen Fugenweitenveränderungen abschätzen:

$\Delta l_{\vartheta} = 1 \text{ mm}$

$\Delta l_{\varphi} \leq 0,7 \text{ mm}$

Fugenweitenveränderungen derartiger Größenordnungen können von marktüblichen Wärmedämm-Verbundsystemen ohne unzulässige Risse im Putz aufgenommen werden. (siehe /7/ und /8/)

Literaturverzeichnis

- /1/ Marquardt, H.: Korrosionshemmung in Betonsandwichwänden durch nachträgliche Wärmedämmung. Dissertation, Veröffentl. in: Berichte aus dem Konstruktiven Ingenieurbau TU Berlin, Heft 14 , Berlin (D83) 1992.
- /2/ Vogdt, F.: Verhalten von WDV-Systemen auf Vorsatzschichten von Dreischichtenplatten.
Kongreßdokumentation 2. Internationaler Kongreß zur Bauwerkserhaltung 1994 anlässlich der Bautech Berlin, 9. - 11.2. 1994
- /3/ Schäfer, H.; Oberhaus, H.: Eignung von Wärmedämm-Verbundsystemen auf Großtafelbauten,
Bauphysik 15 (1993), H. 1, S. 1-9
- /4/ Kießl, K.: Neue Ergebnisse zur Frage der Fugenüberbrückung der WDVS;
Dämmstoffverformung und Spannungsabbau
Tagungsband zur IBK-Fachtagung 195, 4. / 5. Mai 1995, Seite 22/1 - 22/12
- /5/ Vogdt, F.: Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) für Großtafelbauten;
Beanspruchung der Dämmstoffe aus dem Untergrund
Tagungsband zur IBK-Fachtagung 195, 4. / 5. Mai 1995, Seite 21/1 - 21/8
- /6/ Vogdt, F.: Beanspruchung von Wärmedämm-Verbundsystemen infolge hygri- sch und thermisch bedingter Verformungen von Vorsatzschichten des Großtafelbaus. Dissertation, Berlin (D83), 1995
- /7/ Schäfer, H.: Stellungnahme Nr. 95049 vom 08.08.1995 zur Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit der Sto Wärmedämm-Verbundsysteme auf Großtafelbauten (Plattenbauten)
- /8/ Reyer, E.: Gutachtliche Stellungnahme GS 194-1 : Eignung des Wärmedämm-Verbundsystems AWK 1 der Fa. Alsecco zur Überbrückung von Fugen in Großtafelbauten, 12. 12. 1994