

DAS DEMONSTRATIONSVORHABEN IN DUISBURG-NEUMÜHL

The Demonstration Project in Duisburg-Neumühl

Heinrich Trümper und Klaus Hain

Lehrstuhl für Technische Gebäudeausrüstung
der Technischen Universität Dortmund

Abstract

Within the r & d program "Air Infiltration and Ventilation in Buildings" in the Federal Republic of Germany also the demonstration project Duisburg-Neumühl has been sponsored. In this demonstration project the energy consumptions, the curves of temperature and humidity, as well as the behaviour of the users are measured, registered and evaluated in eight apartments with air infiltration and ventilation according to VDI 2088 in the center of block "A". Compared to this, the energy consumptions and the behavior of the users are evaluated also in the other sixteen apartments with air filtration and ventilation of block "A". The results of the first tests are presented.

Im Rahmen des Gesamtforschungsvorhabens "Lüftung im Wohnungsbau" wurde vom Verfasser unter Hinzuziehung der Kollegen o.Prof. U. Renz, RWTH - Aachen, sowie o.Prof. K. Gertis, Universität Essen, mit der großzügigen Unterstützung der Thyssen-Wohnstätten AG Essen in einer Mietwohnanlage in Duisburg - Neumühl eine Wohnungslüftung nach VDI 2088 geplant und gebaut.

Insgesamt wurden 96 gleiche Wohnungen nach den Grundsätzen des sozialen Wohnungsbaus in 4 Häuserzeilen je 24 Wohnungen erstellt.

Eine Häuserzeile mit den 3 Blöcken A 1, A 2 und A 3 mit 8 Wohnungen wurde für das Forschungsvorhaben freigegeben. Jeder Block umfaßt in 4 Geschoßebenen jeweils 2 Wohnungen. In Bild 1 ist ein Blockgeschoß mit zwei Wohnungen je 80 m^2 Wohnfläche dargestellt. Es zeigt die Zuluftverteilung ausgehend von der Installationswand Bad - WC ausgerüstet mit einem Zentralschall-dämpfer. Der Wohnraum und die zwei Schlafräume erhalten Zuluft aus dem Zentralsystem. Aus Bad und WC wird Abluft über einen gemeinsamen Strang zur Zentrale abgeführt. Die Küche hat eine separate Abluftentnahme über eine Absaughaube.

Aus Bild 1 ist weiter ersichtlich, daß jede Wohnung einen getrennten Zuluftstrang und zwei getrennte Abluftstränge hat. Im Bereich des Dachaufbaus der Technikzentrale ist das Lüftungsgerät mit der Wärmerückgewinnung angeordnet, vor dem alle Stränge der 8 Wohnungen des Blockes zusammengeführt werden. Die zuvor beschriebene aufwendige Trennung wurde bewußt gewählt, um ohne Betreten der Wohnungen im Meßzeitraum erforderliche Abgleichungen vornehmen zu können. Bild 2 stellt das Lüftungssystem im Schema dar für einen Wohnblock mit 8 Wohnungen. Die zuvor in Bild 1 erläuterte Trennung der Zuluft- und Abluftstränge ist in Bild 2 nicht erkennbar. Die Darstellung des zentralen Gerätes läßt die Anordnung des Platenwärmetauschers sowie eine Nachheizmöglichkeit der Zuluft zur eventuellen Grundheizung der Wohnung erkennen.

Jeder Wohnung bzw. den einzelnen Räumen der Wohnungen sind folgende Luftvolumenströme zugeordnet.

Gesamtzuluft = rd. 170 m³/h je Wohnung

Gesamtabluft = rd. 170 m³/h je Wohnung

Zuordnung zu den einzelnen Räumen:

Wohnraum	100/50 m ³ /h
Elternschlafzimmer	20/70 m ³ /h
Kinderzimmer	50/50 m ³ /h
Gesamtvolumenstrom	170/170 m ³ /h

Abluft - Entnahmestellen:

Küche	140/60 m ³ /h
Bad	20/70 m ³ /h
WC	10/40 m ³ /h
Gesamtabluftstrom	170/170 m ³ /h

Jedem aufgeführten Raum sind zwei Volumenstromwerte zugeordnet, wobei jedoch der Gesamtvolumenstrom der Wohnung konstant bleibt. Die zwei Raumwerte bei der Abluft sind so zu verstehen, daß bei der Küche durch eine manuelle Ventilentlastung eine Anhebung der Abluftentnahme von 60 auf 140 m³/h möglich ist. Dabei reduzieren sich die Entnahmewerte von Bad und WC für diesen Zeitraum.

Für die Zuluftführung ist eine Tag-Nachsitzung vorgesehen. Der Wohnraum erhält bei der Tagesnutzung rd. 100 m³/h Zuluft während im Nachtbereich eine Reduzierung auf rd. 50 m³/h erfolgt. Für den Schlafraum der Eltern erfolgt in der Nacht eine Anhebung vom Tageswert 20 m³/h auf rd. 70 m³/h.

Für das Kinderzimmer bleibt mit Rücksicht auf die zu erwartende Tages- und Nachtnutzung der Zuluftstrom konstant. Die beschriebene Umschaltmöglichkeit für die Zuluft ist mit dem Ver- teilsystem nach "Aldes" erkennbar in Bild 2.

Betrachtet man die Luftführung in der Wohnung nach Bild 1, dann lassen sich den Luftvolumenströmen bzw. den einzelnen Räumen folgende Werte zuordnen:

Gesamtwohnung	= rd. 80 m ²	= rd. 200 m ³ Luftraum
Wohnraum	= rd. 21 m ²	= rd. 52,5 m ³ Luftraum
Elternschlafraum	= rd. 17 m ²	= rd. 42,5 m ³ Luftraum
Kinderzimmer	= rd. 12 m ²	= rd. 30,0 m ³ Luftraum
Flurbereich	= rd. 10 m ²	= rd. 25,0 m ³ Luftraum
Küche	= rd. 15 m ²	= rd. 37,5 m ³ Luftraum
Bad	= rd. 3,4 m ²	= rd. 8,5 m ³ Luftraum
WC	= rd. 1,6 m ²	= rd. 4,0 m ³ Luftraum
<hr/>		
Gesamtwert	80,0 m ²	= 200,0 m ³ Luftraum

$$\text{Luftwechselzahlen } \beta = \frac{1}{h}$$

Wohnraum	100/52,5 = 1,9	bzw. 50/52,5 = 0,9
Elternschlafraum	20/42,5 = 0,47	bzw. 10/42,5 = 1,65
Kinderzimmer	50/30,0 = 1,67	bzw. 50/30,0 = 1,67

Flurbereich	170/25 = 6,8
-------------	--------------

Küche	140/37,5 = 3,7	bzw. 60/37,5 = 1,6
Bad	20/ 8,5 = 2,35	bzw. 10/ 8,5 = 1,25
WC	10/ 4,0 = 2,5	bzw. 5/ 4,0 = 1,25

Nach der Bauordnung wird für Wohnungen eine Querlüftung, jedoch ohne Angabe der Größenordnung der Lüftung gefordert. In der DIN 4701/83 wird ein Mindestluftwechsel für die Wohn- und Aufenthaltsräume mit $0,5 \text{ (}\frac{1}{\text{h}}\text{)}$, in der DIN 4108 ein Wert zu $0,8 \text{ (}\frac{1}{\text{h}}\text{)}$ gefordert.

Bei der geforderten Querlüftung ergibt sich je nach Windlage am Gebäude eine einseitige Durchlüftung des Wohnungsgrundrisses; das bedeutet aber, daß in Bild 1 bei einer Anströmung auf der Wohnraum- und Küchenseite die beiden Schlafräume die vorbelastete Zuluft aus den angeströmten Bereichen über den Flur hinweg zugeführt bekommen. Die Belastung der Schlafräume kann dann schon erheblich sein, wenn die Küche keine Absaugung hat, die nach der Bauordnung nicht gefordert wird, und daher wird sie auch meistens nicht ausgeführt. Bei umgekehrter Anströmung von der Schlafraumseite her dagegen erfolgt zumindestens im Tagebereich kaum eine Belastung der Wohnbereiche.

Es ist hinreichend bekannt, daß die Querlüftung infolge der extrem abgedichteten Fensterfugen nicht mehr gewährleistet ist. Der nach DIN 4108 angeführte Wert mit $\beta = 0,8$ ist nur mit einer Spalt- oder Stoßlüftung möglich. Eine Fensterlüftung bedeutet jedoch unkontrollierte Lüftung mit Luftwechselzahlen, die je nach Windanströmung auch Werte um $\beta = 2 - 5$ erreichen können; unkontrollierte Lüftung bedeutet auch unkontrollierten Wärmeabfluß.

Der Auslegungswert nach VDI 2088 mit $170 \text{ m}^3/\text{h}$ stellt bezogen auf die Gesamtwohnung einen Luftwechselwert $\beta = 170/200 = 0,85 \text{ (}\frac{1}{\text{h}}\text{)}$ dar.

Betrachtet man jedoch die Führung des Zuluftstromes durch den Wohnungsraum, dann bekommen die Wohn- und Schlafräume ohne Rücksicht auf die Windanströmung bei der Nutzungsschaltung einen Luftwechsel $\beta = 1,65 - 1,9$ und bei Nichtnutzung noch Werte von $\beta = 0,47 - 1,67$. Damit kann eindeutig gesagt werden, daß die Wohn- und Schlafräume Zuluft aus erster Hand ohne Vorbelastung aus anderen Raumbereichen bekommen.

Der Flurbereich ist Verteilbereich mit einem eigenen Luftwechselwert $\beta = 6,8 \frac{1}{h}$, aber schon der Verteilbereich der Luft aus zweiter Hand mit Vorbelastung aus den Bereichen der Wohn- und Schlafräume. Der letzte Durchströmungsbereich umfaßt Küche, Bad und WC mit den Abluftentnahmestellen, gleichzeitig sind das aber auch die Räume mit dem höchsten Schadstoffanfall.

Die Luftführung nach der kontrollierten Wohnungslüftung kann hinsichtlich der Nutzung durch die Bewohner als optimal bezeichnet werden.

Wärmebedarf der Wohnung nach DIN 4701/83

Für die 8 Wohnungen des Hauses ergibt sich aus der Wärmebedarfsberechnung ein Mittelwert für die Transmission von 40 W/m^2 . Damit ergibt sich für eine Wohnung ein Gesamttransmissionswert von:

$$\dot{Q}_T = 40 \times 80 \times 3.200 \text{ W} = 3.2 \text{ kW}$$

Für den Ansatz einer Querlüftung und eines geforderten Luftwechselwertes $\beta = 0,5$ beträgt der Lüftungswärmebedarf:

$$\dot{Q}_L = 100 \times 0,34 \times 0,32 = 1.100 \text{ W} = 1.1 \text{ kW}$$

Der Gesamtwärmebedarf einer Wohnung mit natürlicher Durchlüftung müßte daher angesetzt werden zu:

$$\dot{Q}_T + \dot{Q}_L = 3,2 \times 1,1 = 4,3 \text{ kW}$$

Eine spezifische Belastung läßt sich daher errechnen wie folgt:

$$\dot{q} = \frac{4.300}{80} = 54 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} .$$

Nach VDI 2088 ergab sich zuvor schon ein Luftwechselwert zu $\beta = 0,85$. Der Lüftungswärmebedarf ist dann:

$$\dot{Q}_L = 170 \times 0,34 \times 0,32 = 1,850 \text{ W} = 1,85 \text{ kW}$$

Durch die Wärmerückgewinnung mittels Plattenwärmetauscher wird jedoch ein Anteil von rd. 60 % der Abluftwärme zurückgewonnen; damit verkleinert sich der Lüftungswärmebedarf zu:

$$\dot{Q}_L = 1,85 \times 0,4 = 740 \text{ W} = 0,74 \text{ kW}$$

In der Gesamtbilanz ergibt sich daher für die Wohnung mit der kontrollierten Lüftung nach VDI 2088 ein Wärmebedarf zu:

$$\dot{Q}_T + \dot{Q}_L = 3,2 + 0,74 = 3,94 \text{ kW}$$

Die spezifische Wärmebelastung zeigt einen Wert zu:

$$\dot{q} = \frac{3.940}{80} = 49 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Die ersten Messungen haben gezeigt, daß die Temperaturen der Abluft bei rd. 23°C im Mittel liegen gegenüber einer Raumtemperatur von rd. 21°C. Die Temperaturerhöhung ist auf den inneren Wärmeanfall in der Wohnung anzusetzen; im Gegensatz zur Fensterlüftung ist bei der kontrollierten Lüftung eine Teilnutzung des inneren Wärmeüberschusses über die Wärmerückgewinnung möglich.

Wärmeerzeugung im Wohnblock A 2

Die drei schon angeführten Wohnblöcke A 1 und A 3 mit je 8 Wohneinheiten haben jeweils eine eigene Wärmeversorgung für Raumheizung, Lüftung und für die Teilerwärmung des Brauchwassers.

Bild 3 zeigt das Anlagenschema der gesamten Wärmeversorgung für Block 2. Beginnend mit dem linken Bildteil ist das Zentralgerät der Wohnungslüftung für 8 Wohnungen mit einem Gesamtluftvolumenstrom von 1.360 m³/h angeordnet. Der Wärmerückgewinnung mittels eines Plattenwärmetauschers nachgeschaltet ist ein Wärmetauscher zur zusätzlichen Erwärmung der Zuluft.

Nach den bisherigen Betriebserfahrungen ist es ratsam, die Zuluft auf rd. 22 bis 24°C zu erwärmen, um Zugerscheinungen und damit Belästigungen in den Wohnungen zu vermeiden. Die Ausleitung des Wärmetauschers lässt eine weitere Erwärmung bis rd. 40°C zu. Damit kann die Raumheizung zum großen Anteil abgedeckt werden. Hinzu kommt eine Luft-Wasserwärmepumpe mit elektrischem Antrieb. Die zuvor aufgeführten 1.360 m³/h Fortluft der Wohnungslüftung und die Abgase der zwei Gasheizkessel sowie ein Restanteil Außenluft werden als Mischluft dem Verdampferteil der Wärmepumpe zum Wärmeentzug zugeführt.

Dem Kondensatorteil der Wärmepumpe wird die Wärme über einen eigenen Wasserkreislauf entnommen, mit dem die Heizwasserspeicher aufgeladen werden.

Der Temperaturbereich der Wärmepumpe ist auf 50/30°C ausgelegt bei maximaler Wärmeleistung von 10 kW. Die Heizwasserspeicheranlage besteht aus zwei Behältern á 1.000 Liter Inhalt, angeordnet in Reihenschaltung. Im ersten Speicher mit der WP - Aufladung befindet sich im unteren Bereich ein Wärmetauscher zur Vorerwärmung des Brauchwassers für die 8 Wohneinheiten, womit eine ausreichende Auskühlung des der Wärmepumpe zufließenden Heizwassers bis in den Bereich von 25°C erreicht wird. Die weitere Erwärmung des Brauchwassers auf die vom Nutzer gewünschte Temperatur erfolgt in den Wohnungen in einem 120 Liter-Speicher mit elektrischer Nachheizung zu Lasten des Nutzers. Der zweite Behälter der Heizwasserspeicheranlage wird von den gasgefeuerten Warmwasserheizkesseln bis max. 90°C aufgeladen. Durch die Reihenschaltung kann bei Ausfall der WP eine Aufladung beider Speicher bis max. 90°C vorgenommen werden.

Für die Wärmeerzeugung ergibt sich folgende Bilanz:

WP	= 10 kW Heizleistung
Gaskessel 1	= 11 kW Heizleistung
Gaskessel 2	= 17 kW Heizleistung

Mit dem unter Wärmebedarf ermittelten Wert von 3,94 kW je Wohnung ergibt sich ein Gesamtbedarf für den Wohnblock A 2 zu:

$$\text{Wärmebedarf} = 8 \times 3,94 = \text{rd. } 32 \text{ kW.}$$

In Bild 3 sind dann weiterhin im rechten Bildteil die 4 Heizgruppen dargestellt für die verschiedenen Heizsysteme der 8 Wohnungen. Jeder Wohnung zugeordnet ist ein eigener Verteilungskreis mit eingebautem Wärmemengenmesser zur Registrierung des Wärmebezuges.

Datenerfassung

Bild 4 gibt eine Übersicht über die gesamte Datenerfassung für die drei Wohnblöcke A 1 bis A 3.

Die Wohnblöcke A 1 und A 3 mit je 8 Wohnungen werden hinsichtlich des Energieverbrauches für Raumheizung, Lüftung, Brauchwasser und Gesamtstrombezug erfaßt. Zusätzlich wird der Gesamtverbrauch an Wärmeenergie je Block registriert. Im Block A 2 werden zusätzlich je Wohnung die Raumtemperaturen und Feuchten sowie die Luftvolumenströme erfaßt.

Für alle zu öffnenden Fenster der Blöcke A 1 bis A 3 sind Fensterkontakte eingebaut, um das Nutzerverhalten hinsichtlich der Fensterlüftung zu ermitteln und zu beurteilen.

Eine Wetterdatenanlage für Wind, Temperatur, Feuchte und Strahlung liefert die Grundlagenwerte zum Vergleich des Energieaufwandes mit den zuvor ermittelten rechnerischen Werten.

Bild 5 gibt das Anlagenschema Bild 3 wieder, jedoch mit den eingebauten Meßstellen. Bild 6 zeigt die zwei Wohnungsgrundrisse von Bild 1 mit den eingetragenen Fühlerelementen für Temperatur, Feuchte von Druck. Die gesamte Datenerfassung hat einen Umfang von rd. 650 Einheiten, die im 30-Minutenzyklus abgefragt und gespeichert werden.

Meßwerte für den Zeitraum vom 14.02.1984 bis 15.02.1984

Für einen 24-Stundenbereich wurden die Meßwerte für Temperatur und Feuchte für Block 2 hinsichtlich der Wärmepumpe und das zentralen Wohnungslüftungsgerätes ausgewertet und dargestellt. Bild 7 gibt die Temperaturverläufe zur Wärmerückgewinnung mittels Platten austauscher im Zentraallüftungsgerät wieder. Der

Wert θ_{AB} liegt im Tagesbereich bis 24.00 Uhr bei rd. 22°C und fällt in der Nacht auf rd. 20°C ab. Der Verlauf θ_{ZU} ist in weiteren Bereichen zwischen 14 bis 16°C anzusetzen. θ_{FO} und θ_{AU} haben fast einen parallelen Verbrauch mit Schwankungen um rd. 6°C .

Bild 8 mit den Darstellungen der absoluten Feuchte läßt erkennen, daß eine Wärmerückgewinnung über den Temperaturaustausch durch Kondensation von Feuchtigkeit stattfindet und zwar vorwiegend im Nachtbereich zwischen 22.00 Uhr und 6.00 Uhr sowie im Mittagbereich zwischen 14.00 Uhr und 16.00 Uhr.

In Bild 9 und 10 sind die Meßwerte in der Wohnungslüftung nachgeschalteten Wärmepumpe mit Einbeziehung der Gasheizkessel dargestellt.

Bild 9 hat zu den Kurvenzügen θ_{AU} und θ_{FO} aus Bild 7 die Temperaturzüge $\theta_{ZU}(\text{WP})$ und $\theta_{FO}(\text{WP})$.

Der Wärmepumpe wird ein Gemisch aus der Fortluft der Wohnungslüftung, den Abgasen der Gaskessel und einem Anteil Außenluft zugeführt. Damit ist $\theta_{ZU}(\text{WP})$ eine Mischtemperatur, die vom jeweiligen Betriebszustand der gasgefeuerten Kessel bestimmt wird. Im Bereich 13.00 Uhr bis 17.00 Uhr zeigt sich eine Unterschreitung von θ_{FO} durch Zumischung von Außenluft und fehlender Abgasen aus der Gaskesselanlage. Im Bereich 17.00 Uhr bis 6.00 Uhr dagegen liegt eine Temperaturerhöhung über θ_{FO} mit 3 bis 5°C vor, die sich durch den Betrieb der Gaskesselanlage und der Zuführung der Abgase derselben zum Bereich des Verdampfers der Wärmepumpenanlage ergibt.

Bild 10 gibt die geschilderten Verläufe bei den absoluten Feuchten annähernd parallel wieder wie zuvor erläutert.

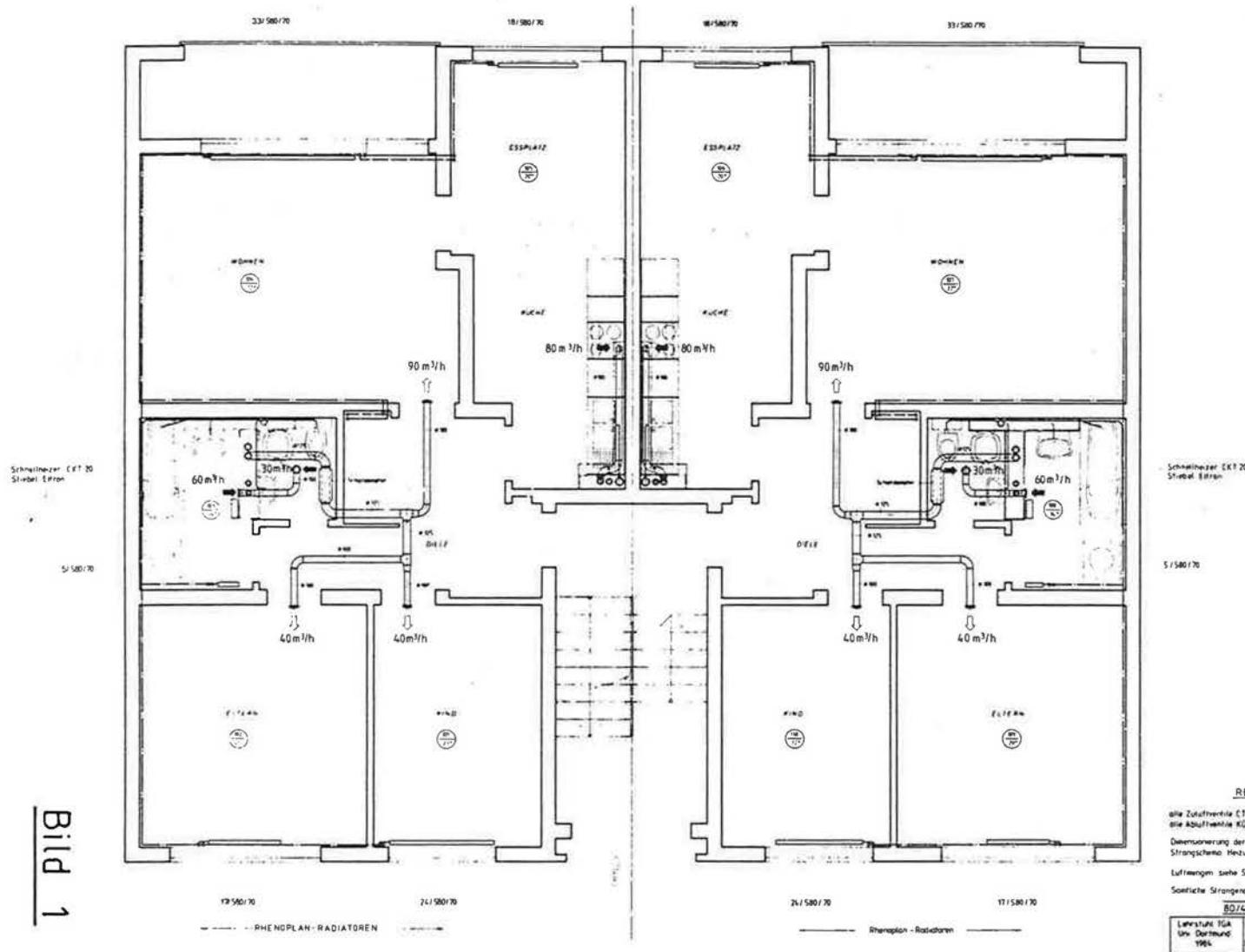
In den Darstellungen Bild 11 bis 17 werden die Verläufe der Temperaturen und Feuchten für eine Wohnung aufgezeigt. Auffallend ist dabei der Anstieg der relativen Feuchte im Elternschlafzimmer zum Nachtbereich hin bei annähernd konstanter Raumtemperatur. Für die Küchenabluft ergeben sich erwartungsgemäß höhere Temperaturen und Feuchten zu den Hauptnutzungszeiten. Für Küche und Bad ist außerdem noch die hohe Ablufttemperatur um rd. 23°C anzumerken.

Zusammenfassung

Die beschriebene Anlage für die Wohnungslüftung wurde entsprechend der Antrags- bzw. Auftragsphase I erstellt; die ersten Probeläufe haben bis Mai 1984 stattgefunden. Gegenüber den früheren Anträgen liegt damit eine Zeitverschiebung um rd. 8 Monate vor, die auf Bauzeitverzögerungen zurückzuführen ist.

Im Rahmen der Phase II erfolgt die eingehende Datensammlung, Nutzerbeobachtung und Auswertung über einen weiteren voraussichtlichen Zeitraum von 12 Monaten.

Bild 1



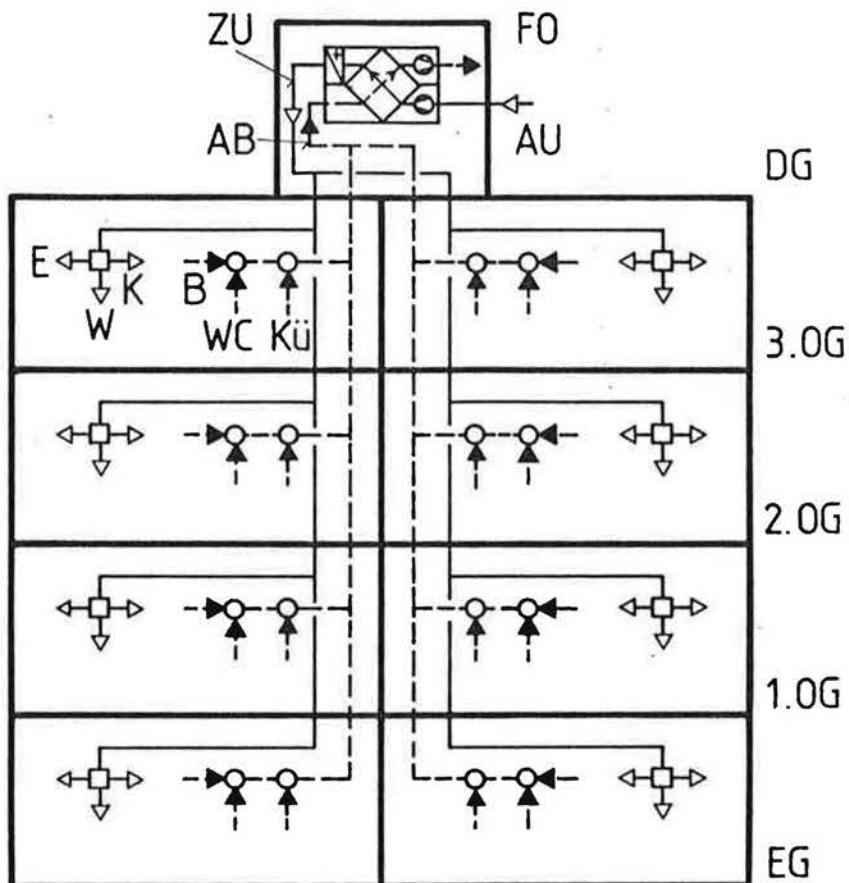


Bild 2

Lehrstuhl TGA
Uni Dortmund
1984

Demonstrationsvorhaben
Duisburg - Neumühl
Forsch. Auftrag 514 80-3450

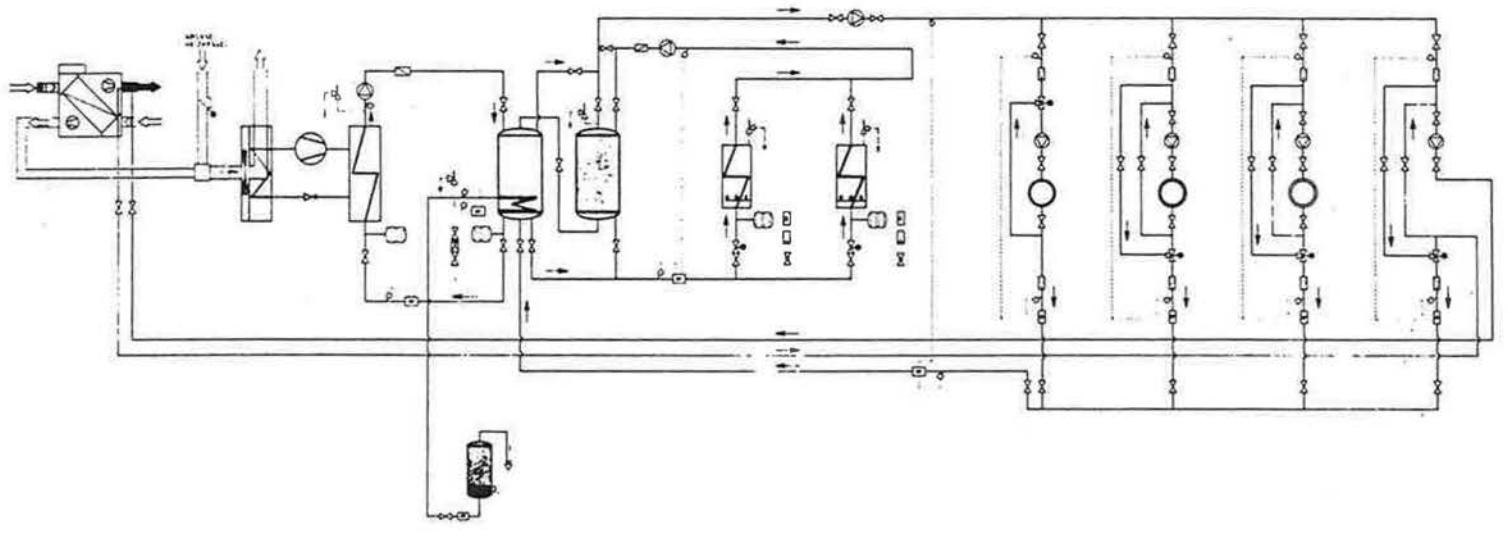
8.4

129

ANLAGENSCEMA

HAUS 2 - 8WE

Bild 3



THEMAL-
KONTROLIERTE
BE- UND ENTLUFTUNG
MIT WÄRMERÜCKGEWINNUNG

STEHEND-
LUFT-MESSE-
WÄRME-PUMPE

STIEBEL ELTRON
BRAUCHWASSERSPENDER

THYSSEN LANGSCHEDE
PUFFERSPEICHER

THYSSEN-VAILANT
KESSEL 1+2

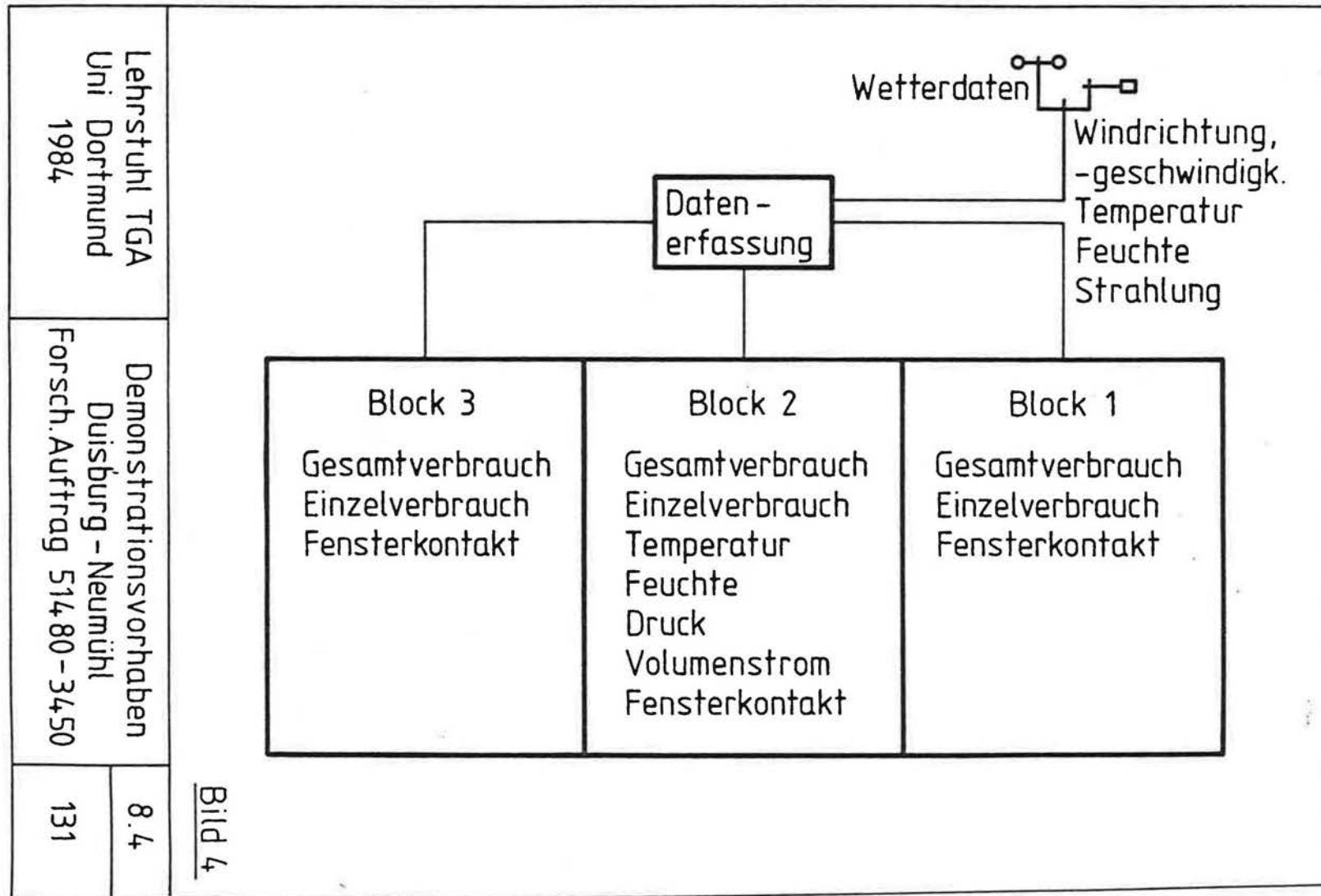
THYSSEN HEIZUNG
EG FLASSIGKEITSMETHUNG
PLASTIK ANGEG
H-3DG RADIATOREN
MEDERTEMPERATUR

SCHWING-
UHLKUHLHEIZUNG
3.06 WOHNUNG LINIES

THEMAL-NÄCHERHITZER
AUSSENLUFTTHEIZUNG
3.06 WOHNUNG RECHTS

NÄCHERHITZER
WOHNUNGSLUFTUNG

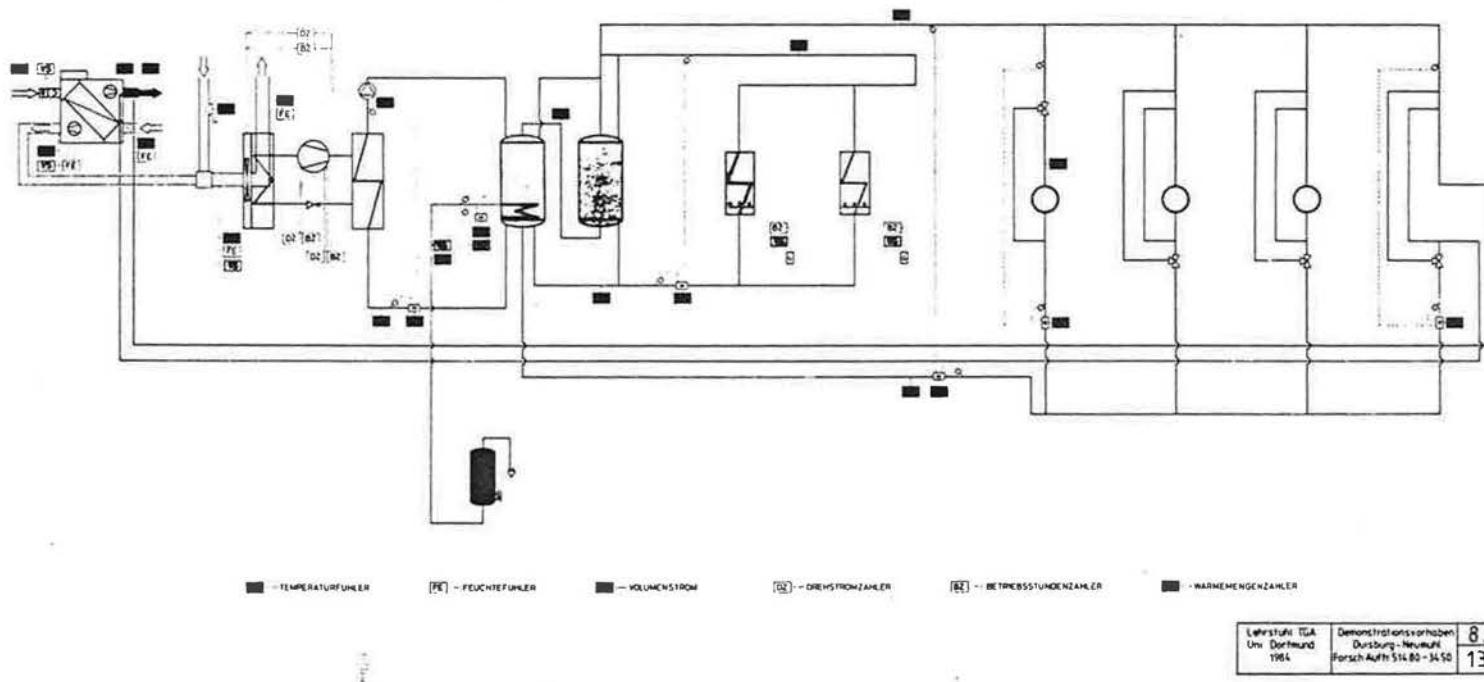
Lehrstuhl TGA Uni Dortmund 1984	Demonstrationsvorhaben Duisburg-Hörde Forsch.Auftr.514.00-34.50	8.4
		130



MESSSTELLENSCHEMA

HAUS 2 - 8WE

Bild 5



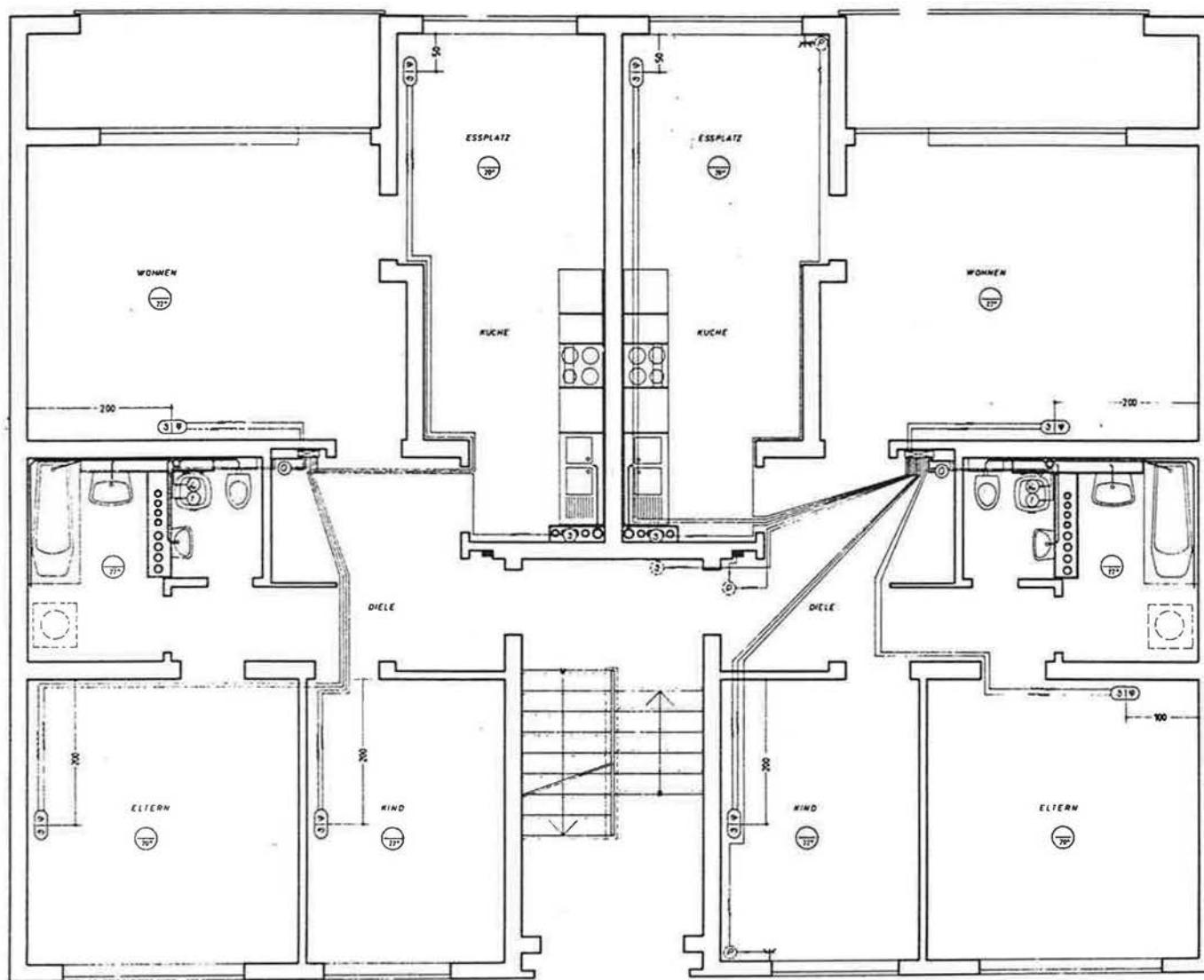


Bild 6

Erkäutungen

EG Abs. 3.00

- (319) Temperatur am Fußboden
(Metropathie 80cm)
- (3) Temperaturthermometer
- (2) Wärmeleiter
- (1) Wärmedurchlass

EG Abs. 3.0G

- (3) Temperatur am Fußboden
(Metropathie 80cm)

DG 3.00

- (2) Druckthermometer
Metropathie 80cm

Kabel

- L = 0,75 m mit Abschaltung L1CT
- L = 2 x 0,75 m mit Abschaltung L1CT
- L = 0,5 m flexible PVC-Schaltung

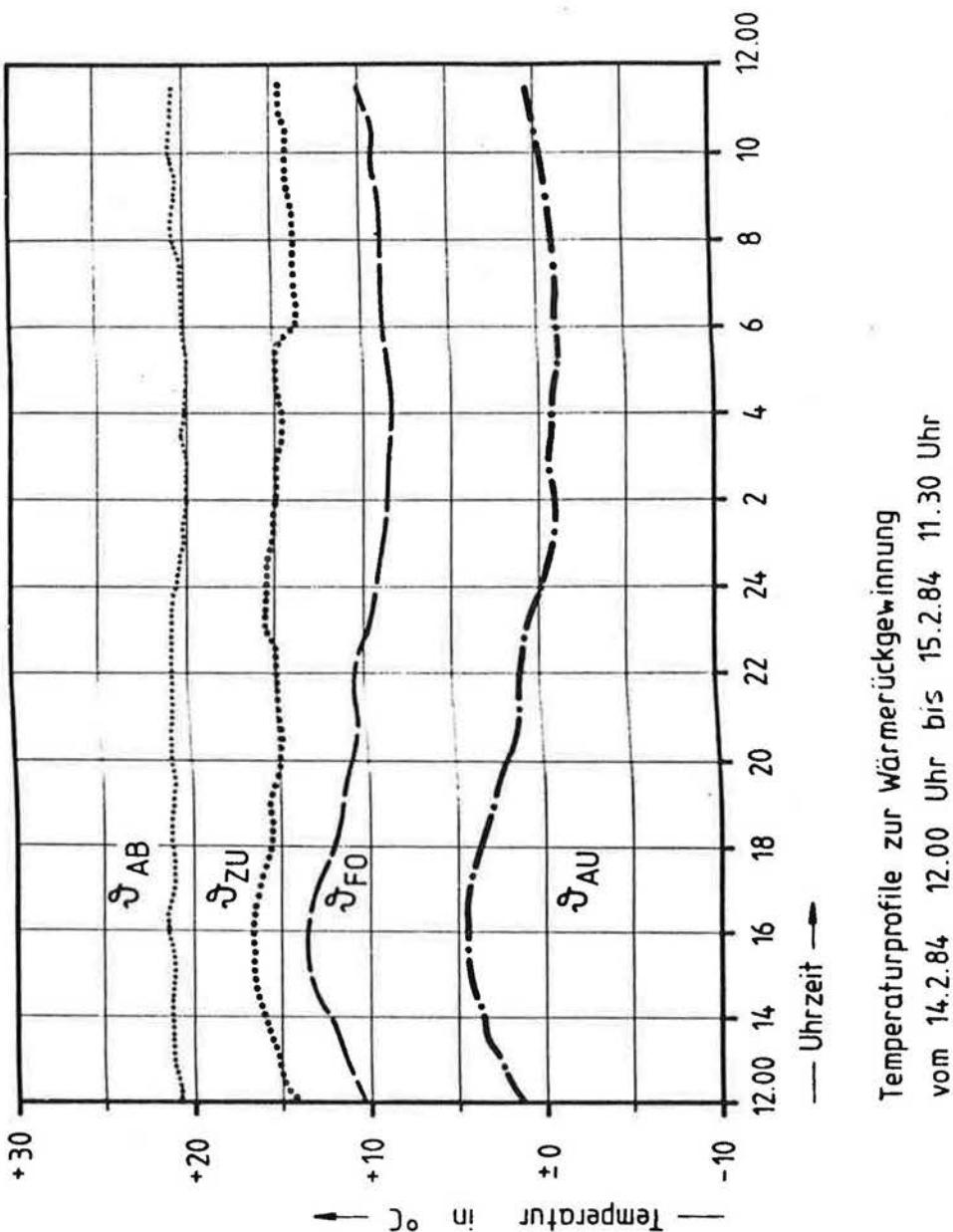


Bild 7

Lehrstuhl TGA Uni Dortmund 1984	Demonstrationsvorhaben Duisburg - Neumühl Forsch.Auftrag 514 80-3450	8.4
		134

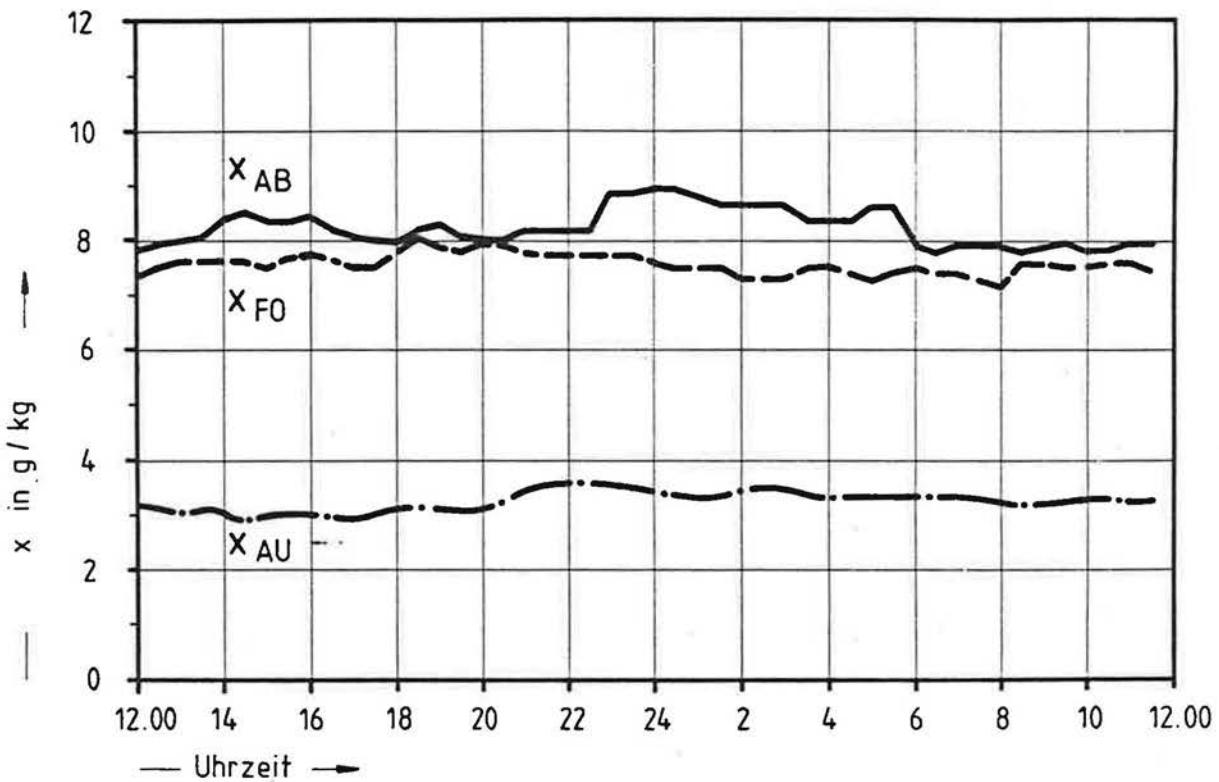
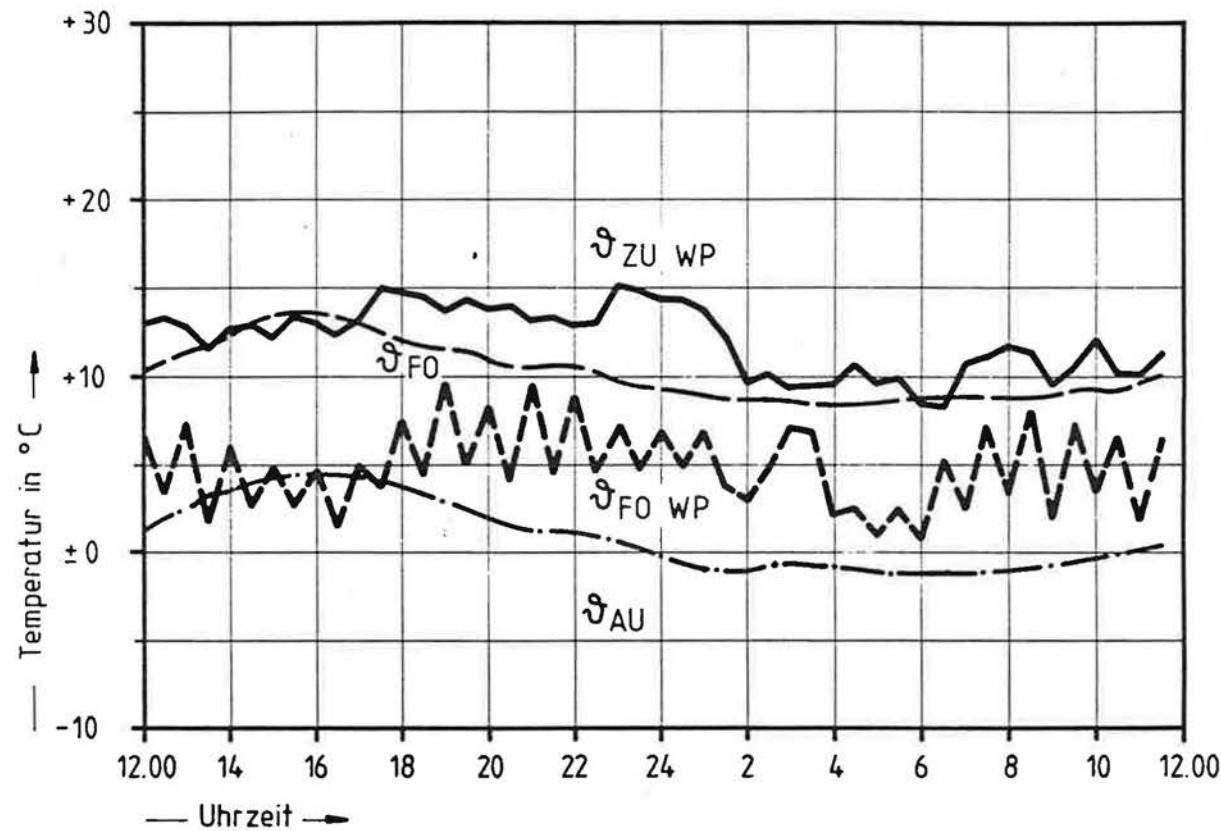


Bild 8

absolute Feuchte - Profile zur Wärmerückgewinnung
vom 14.2.84 12.00 Uhr bis 15.2.84 11.30 Uhr

Lehrstuhl TGA Uni Dortmund 1984	Demonstrationsvorhaben Duisburg - Neumühl Forsch.Auftrag 51480 3450	8.4 135
---------------------------------------	---	------------



Temperaturprofile zur Wärmepumpe
vom 14.2.84 12.00 Uhr bis 15.2.84 11.30 Uhr

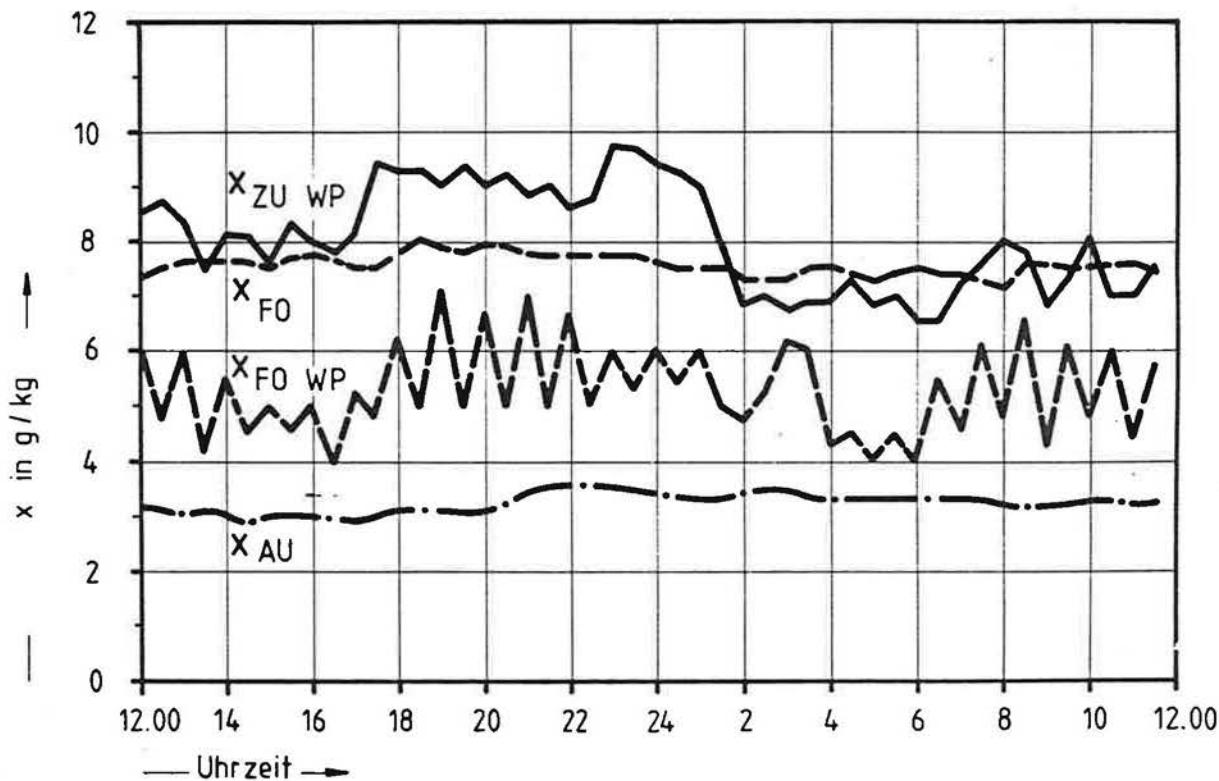
Lehrstuhl TGA
Uni Dortmund
1984

Demonstrationsvorhaben
Duisburg - Neumühl
Forsch.Auftrag 514 80-3450

Bild 9

8.4

136



absolute Feuchte - Profile zur Wärmepumpe
vom 14.2.84 12.00 Uhr bis 15.2.84 11.30 Uhr

Bild 10

Lehrstuhl TGA Uni Dortmund 1984	Demonstrationsvorhaben Duisburg-Neumühl Forsch.Auftrag 51480-3450
8.4	137

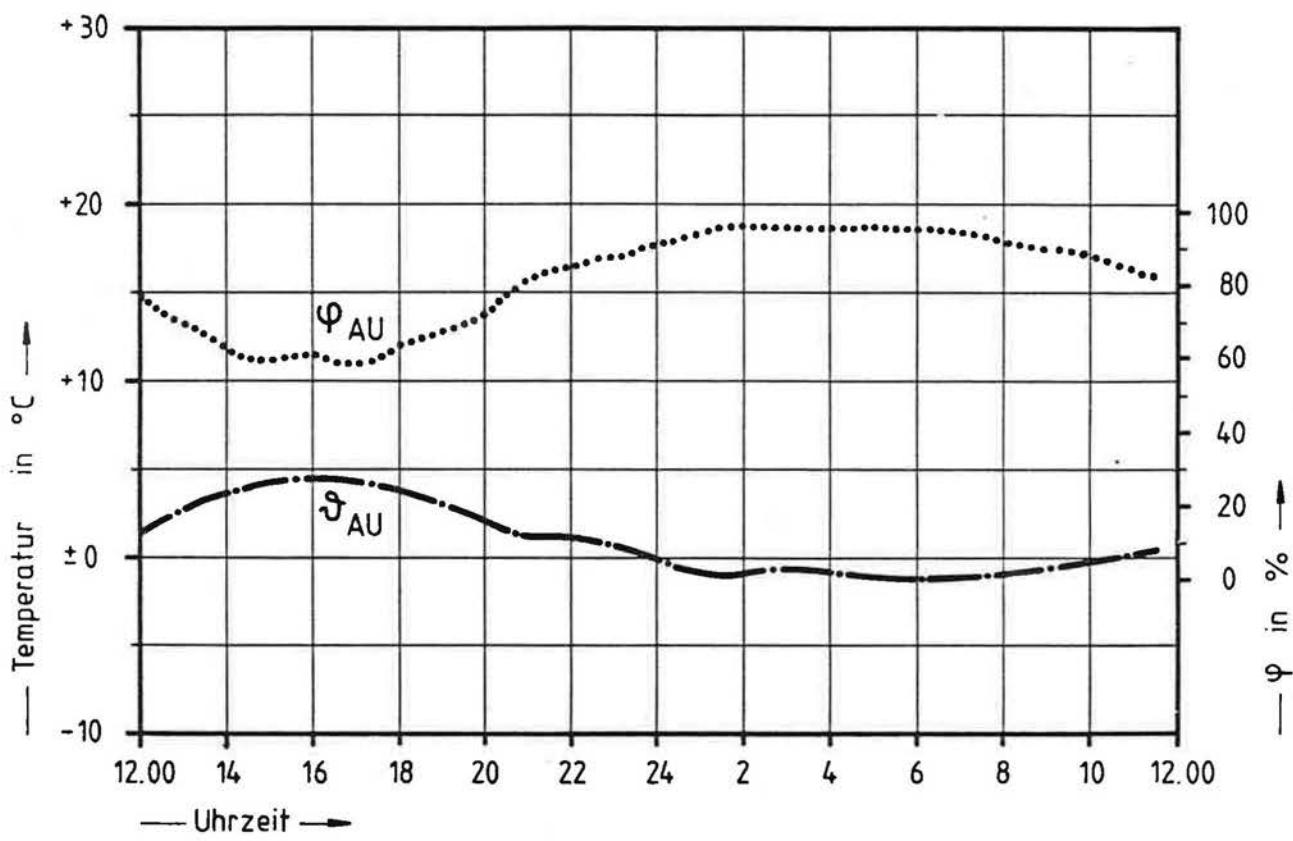


Bild 11

Temperatur- und relative Feuchte-Profil der Außenluft
vom 14.2.84 12.00 Uhr bis 15.2.84 11.30 Uhr

Lehrstuhl TGA
Uni Dortmund
1984

Demonstrationsvorhaben
Duisburg - Neumühl
Forsch.Auftrag 51480-3450

8.4
138

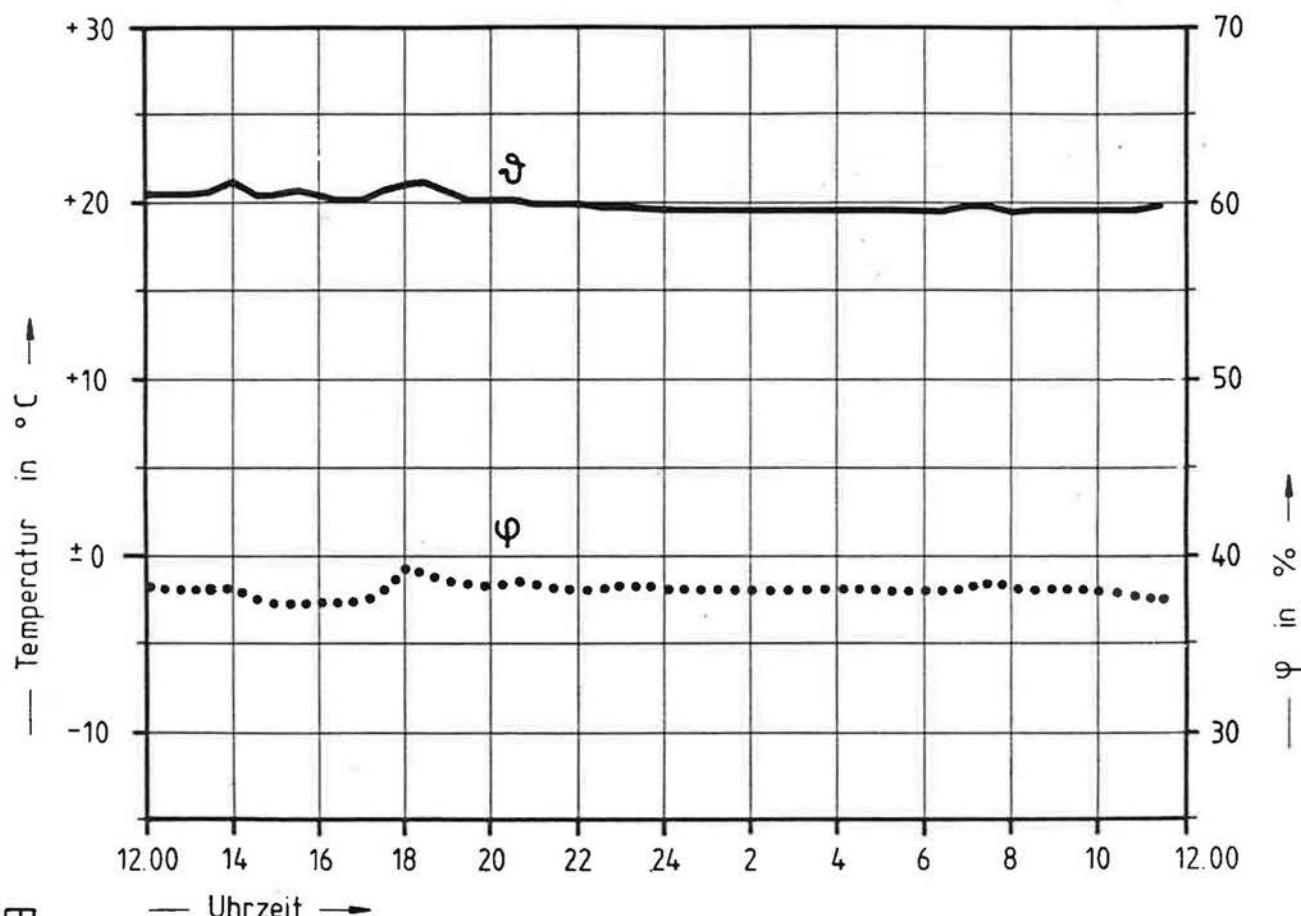


Bild 12

Lehrstuhl TGA

Uni Dortmund

1984

Demonstrationsvorhaben

Duisburg - Neumühl

Forsch.Auftrag 51480-3450

8.4

139

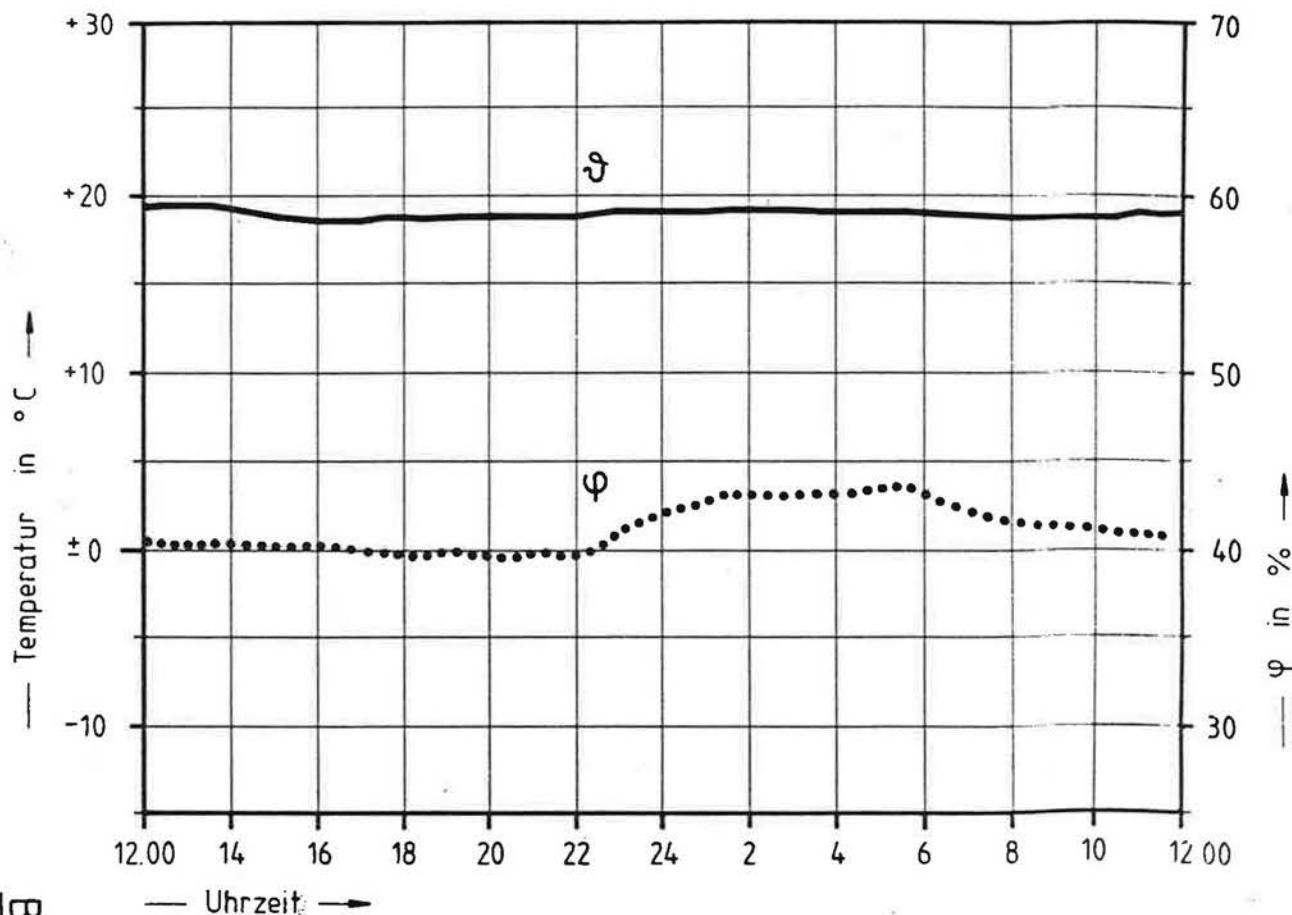
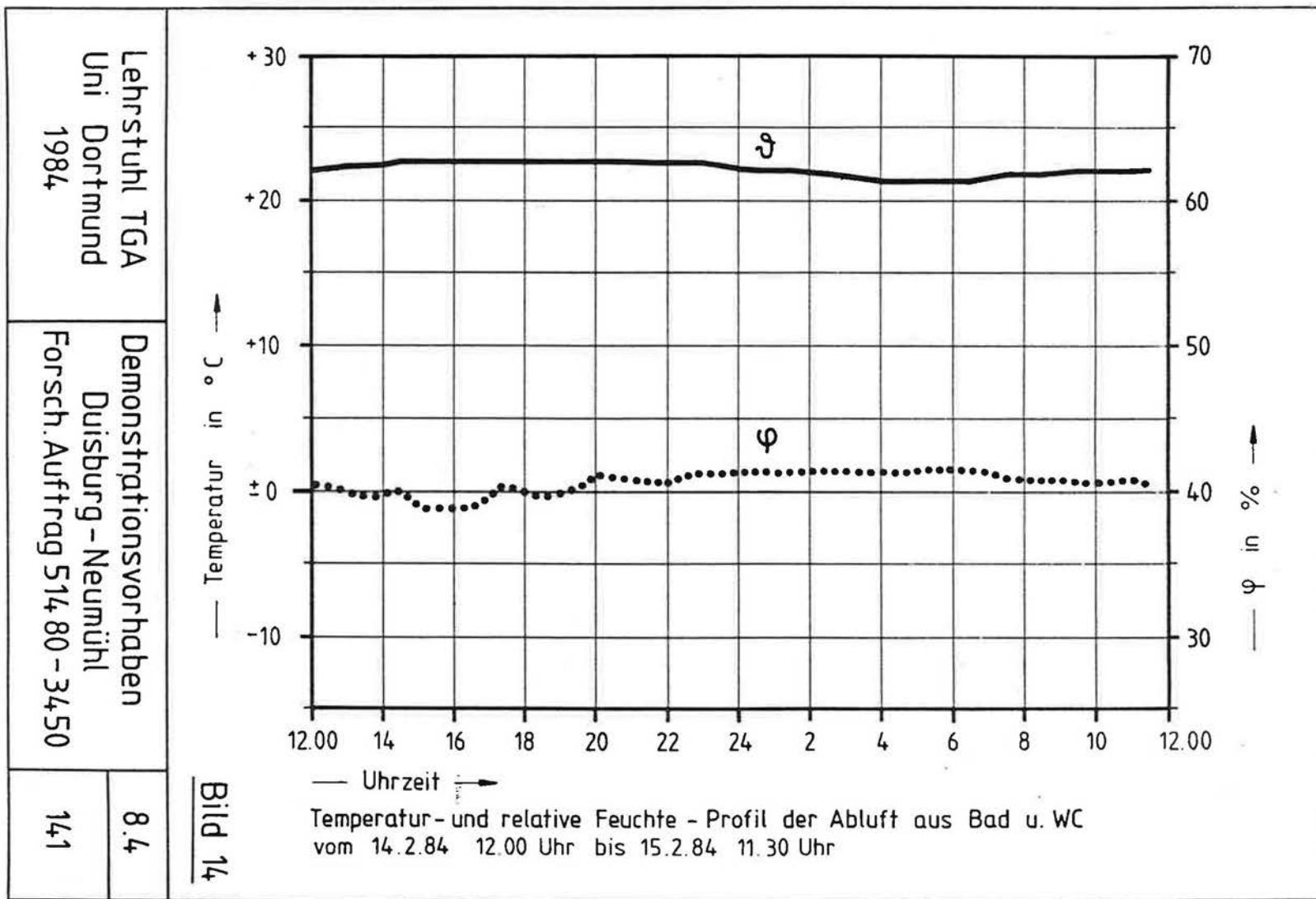


Bild 13

Lehrstuhl TGA Uni Dortmund 1984	Demonstrationsvorhaben Duisburg - Neumühl Forsch.Auftrag 51480-3450
8.4	140



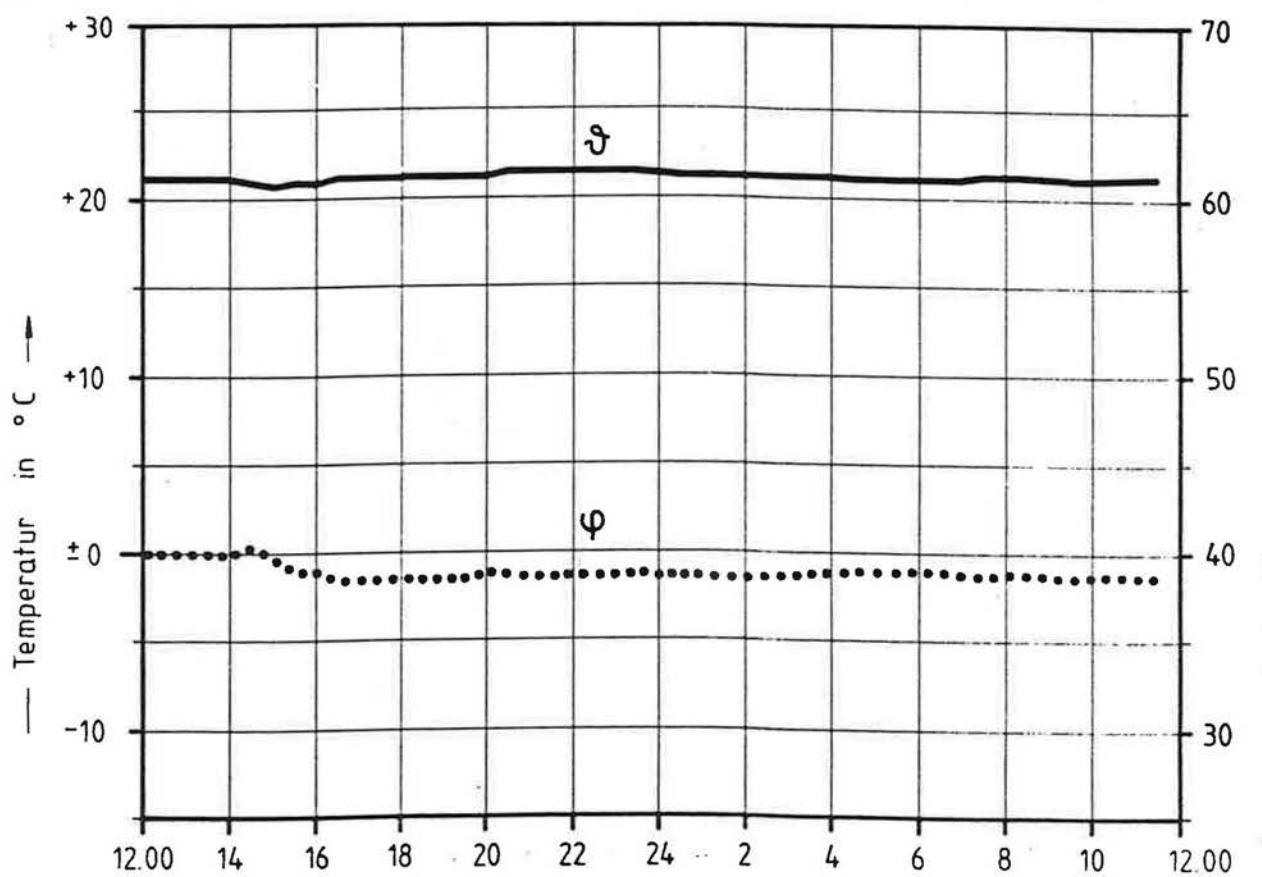


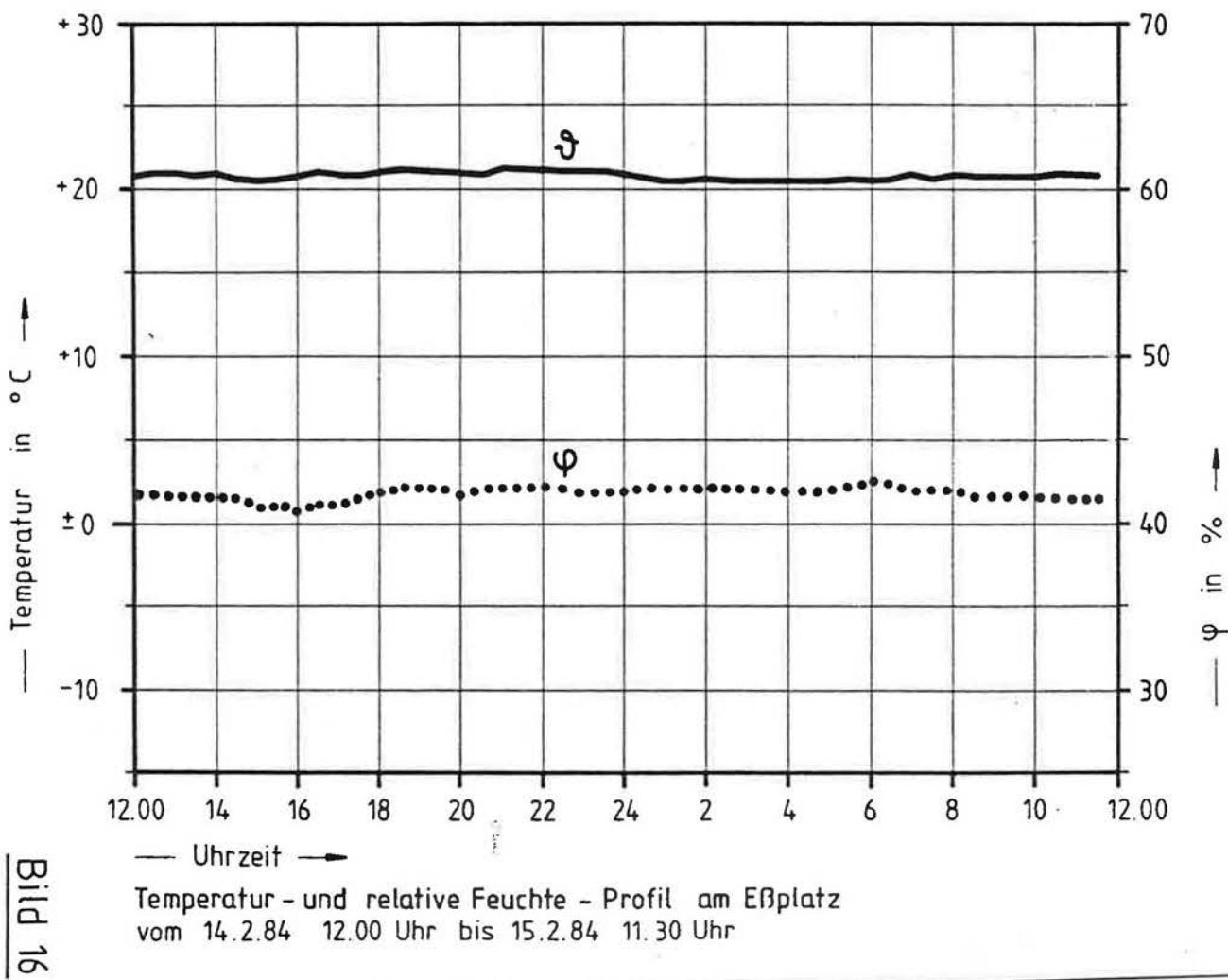
Bild 15

Lehrstuhl TGA
Uni Dortmund
1984

Demonstrationsvorhaben
Duisburg - Neumühl
Forsch.Auftrag 51480 - 3450

8.4

142



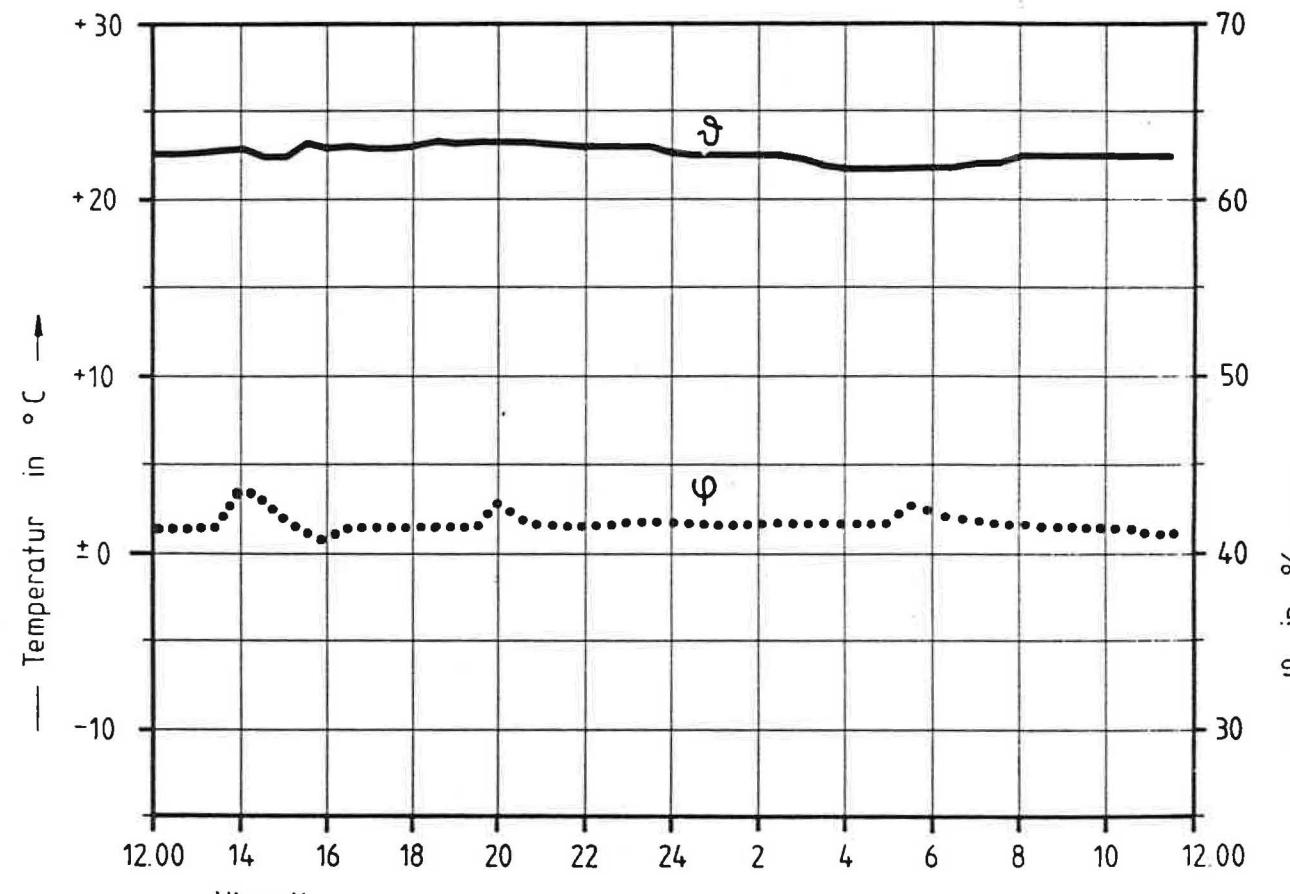
Lehrstuhl TGA
Uni Dortmund
1984

Demonstrationsvorhaben
Duisburg-Neumühl
Forsch.Auftrag 514.80-3450

Bild 16

8.4

143



Lehrstuhl TGA Uni Dortmund 1984	Demonstrationsvorhaben Duisburg - Neumühl Forsch.Auftrag 51480-3450	8.4
Bild 17		144