

(-O) Thermostatkopf, HK Heizkörper

Bild 5. Einrohr-Kompaktventile.

Meistens sind dies kleine Heizkörper in WC-Räumen, die mittels Einrohrleitung über die sogenannten Kompaktventile gemäß Bild 5 versorgt werden. Trotz voller Öffnung des Beipastores geschieht in jedem Fall die Wärmeübertragung durch Wärmeleitung (\dot{Q}_L) an den Heizkörper. Diese sich einstellende Leistung zwischen 50 und 90 °C zeigt die ausgezogene Linie in Bild 6, die für die 3 Ventiltypen als gleich gemessen worden ist (schwankende Änderungen lagen bei 0,8 W). Bei den Typen 1 und 2 ist die konvektive Wärmeübertragung (\dot{Q}_K) stark behindert, während bei Typ 3 diese im Vergleich zu den beiden anderen Typen „erhebliche“ Wärmemengen transportiert. Im Maximalfall für 90 °C Wassertemperatur werden

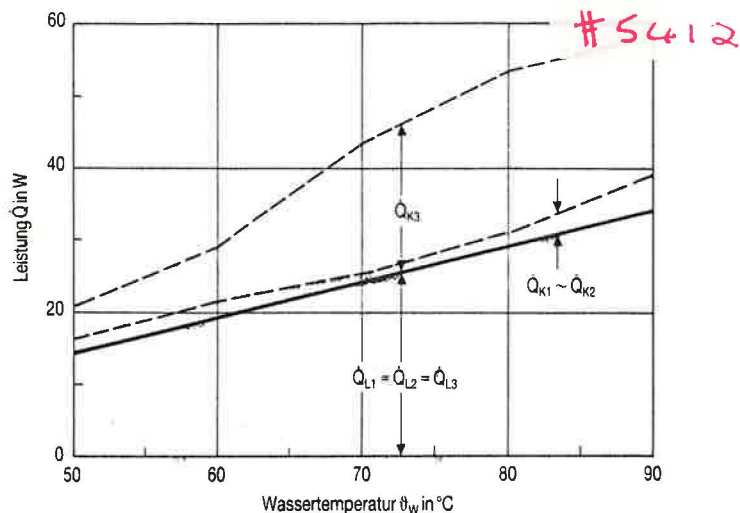


Bild 6. Wärmeabgabe der Kompaktventile nach Bild 5.

hiermit am Heizkörper in ca. 75% der Bauhöhe 33 °C erreicht, wodurch die letzte Stelle des Heizkostenverteilers in Bewegung gesetzt werden kann; dieses fällt dem wartenden Beobachter durchaus auf.

Energiesparende Bürobauten

Michael Schmidt

1. Einleitung

In der jüngeren Vergangenheit wurden zahlreiche Gebäude entworfen und auch ausgeführt, die einen deutlich niedrigeren Endenergieverbrauch haben, als der Durchschnitt heute errichteter Gebäude. Bei diesen Vorhaben dominieren eindeutig Einfamilienhäuser. Für Mehr-Wohnungshäuser sind nur wenige, für Büro- und Verwaltungsbauten praktisch keine Beispiele bekannt. Das Land Nordrhein-Westfalen plant in Soest den Bau eines Verwaltungsgebäudes für das Gewerbeaufsichtsamt Soest, der als Pilotprojekt für energiesparende Bürobauten vorgesehen ist. Für den Bauentwurf zeichnet das Staatshochbauamt Soest (Dipl.-Ing. Reckert und Dipl.-Ing. Nienkemper) verantwortlich.

2. Objekt

Bild 1 zeigt den Lageplan des zukünftigen Gebäudes. Das Gebäude umfaßt ein EG und ein 1. OG. An einem Mittelflur sind beidseitig Büroräume angeordnet. Das

Dr.-Ing. Michael Schmidt, c/o. Firma Klimasystemtechnik. – Vortrag auf dem Kolloquium, anlässlich der Emeritierung von o. Prof. Dr.-Ing. H. Esdorn in der Technischen Universität Berlin am 6. April 1991.

Achsraster beträgt 1,25 m. Bild 2 zeigt einen typischen Schnitt des Gebäudes, Bild 3 einen Fassadenausschnitt des kleinsten geplanten Büros mit drei Achsen.

Das Gebäude hat eine beheizte Fläche von 8750 m².

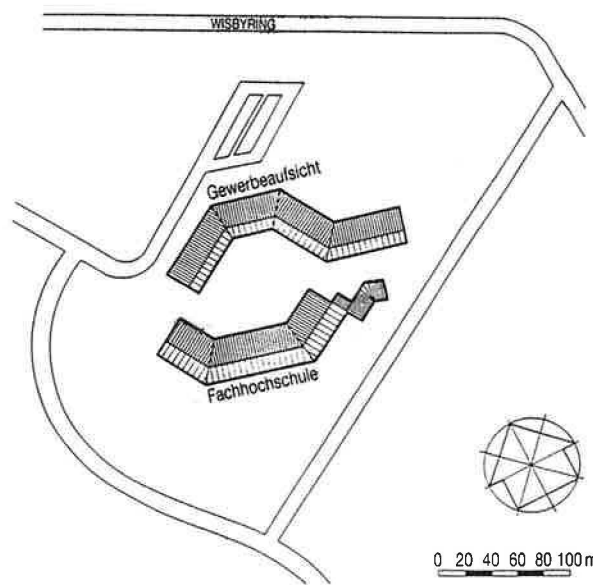


Bild 1. Lageplan für den Neubau des Gewerbeaufsichtsamtes in Soest.

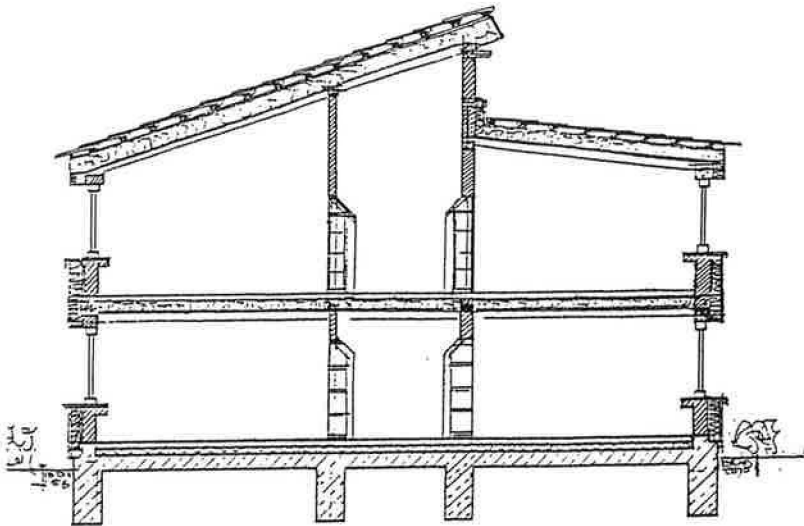


Bild 2. Schnitt durch das Gebäude in konventioneller Bauweise.

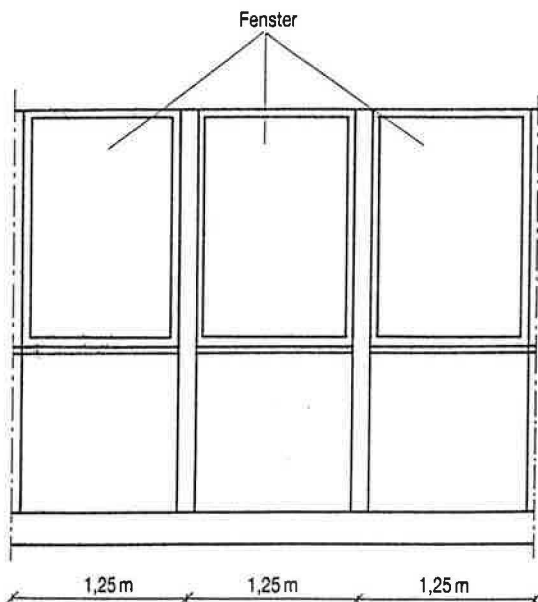


Bild 3. Fassadenausschnitt für einen Büroraum (3-Raster) in konventioneller Bauweise.

3. Durchführung der Untersuchung

Bei allen Planungsbeteiligten bestand Einvernehmen, beim Entwurf des Gebäudes in folgenden Schritten vorzugehen:

- Optimierung der thermisch-energetischen Funktion des Baukörpers;
- Energetische Optimierung der gebäudetechnischen Anlagen;
- Energetische Optimierung der Energieversorgung.

Zunächst wurde für das Gebäude eine Standardlösung in konventioneller Bauweise definiert. An dieser Ausgangskonzeption wurden wesentliche bauliche Parameter untersucht. Im Ergebnis dieser ersten Untersuchungsstufe wurde eine alternative bauliche Ausführung entworfen, die dann wiederum in thermisch-energetischer Hinsicht optimiert wurde.

Die Untersuchungen zur thermisch-energetischen Optimierung wurden mittels Computersimulation durchgeführt [1; 2; 3]. Das Gebäude wurde auf dem Rechner abgebildet. Dabei wurden alle Funktionen und Orientierungen erfaßt.

4. Ausgangskonzept des Gebäudes

In der Untersuchung des Bauentwurfes, über die hier berichtet wird, wurden keine realen technischen Anlagen berücksichtigt. Für die Beheizung wurde ein ideales Heizsystem unterstellt, das während der Nutzzeit der Räume eine Temperatur von 20°C und außerhalb der Nutzzeit von 15°C herstellt. Eine Kühlung war nicht vorgesehen. Die Lüftung war als freie Lüftung über öffnbare Fenster konzipiert. Dabei wurde während der Nutzzeit ein freier Außenluftwechsel zwischen 0,2 ... 8 h⁻¹ unterstellt. Diesen steuern die Rauminsassen durch geeignetes Öffnen der Fenster mit dem Ziel einen Sollwert der Raumtemperatur von 20°C zu erreichen. Außerhalb der Nutzzeit sind die Fenster geschlossen, der Außenluftwechsel beträgt dann 0,2 h⁻¹.

Das Gebäude wurde als Mauerwerksbau mit Betondecken unterstellt. Die Fenster haben 2-Scheiben-Isolierverglasung. Das Gebäude erfüllt die Wärmeschutzverordnung.

Das Gebäude wird werktags von 7.30 bis 16.00 Uhr genutzt. In dieser Zeit befinden sich in dem normalen Büro über drei Achsen 1 bis 2 Personen. Die thermischen Innenlasten durch elektrische Geräte betragen in dieser Zeit 7 bis 13 W/m². Die elektrische Beleuchtung hat eine elektrische Leistung von 15 W/m². Die Beleuchtung kann in der Zeit von 7.30 bis 16.00 Uhr betrieben werden, wenn das Tageslicht nicht ausreicht. Die Rauminsassen betreiben während der Nutzzeit die Fensterlüftung.

Zur Abbildung des Wetters in Soest wurde das zutreffende Testreferenzjahr „Nord- und westdeutsches Tiefland“ herangezogen.

Zur Abbildung des Wetters in Soest wurde das zutreffende Testreferenzjahr „Nord- und westdeutsches Tiefland“ herangezogen.

5. Untersuchung baulich-entwurflicher Parameter am Gebäude in konventioneller Bauweise

Zuerst wurde eine Drehung des Gebäudes und die damit verbundenen energetischen Auswirkungen diskutiert. Die Gebäudegrundform weist von den 4 Haupt- und den 4 Nebenhimmelsrichtungen schon 6 auf. Deshalb wurden zunächst diese 6 Orientierungen betrachtet, ohne das Gebäude zu drehen. Bei der gewählten Grundform des Gebäudes sind immer paarweise 2 Räume über den Flur verbunden. Deshalb wurden diese jeweiligen Raumpaare untersucht. Als energetisches Kriterium wurde der per Computersimulation berechnete Jahresheizenergiebedarf herangezogen. Die Jahresheizenergiebedarfswerte der Paare unterschiedlicher Orientierung liegen in einem Band von 5%-Punkten Breite. Für den vorliegenden Fall

stellt demnach die Orientierung des Gebäudes keinen wesentlichen Einfluß auf den Jahresheizenergiebedarf dar.

Als Bewertungsmaß für die bauliche Qualität unter sommerlichen Bedingungen wurde per Computersimulation die empfundene Temperatur berechnet. *Tab. 1* zeigt die Spitzentemperaturen und Häufigkeiten unbehaglicher Raumkonditionen für die Räume unterschiedlicher Orientierung.

Tabelle 1. Sommerliche Raumkonditionen, Einfluß der Raumorientierung, Ausgangskonzeption, konventionelle Bauweise.

Orientierung des Raumes	max. Raumtemperatur C	unbehagliche Raumzustände h/a
NW	31	94
N	31	72
NO	34	182
SO	32	83
S	28	17
SW	30	51

Das Gebäude war zunächst als 2geschossiges Bauwerk vorgesehen. Prinzipiell wären die gleichen Räume auch durch andere Stapelung in Gebäuden mit anderer Geschößzahl errichtbar. Bei der ursprünglichen zweiflügeligen Raumanordnung mit Mittelflur zeigt, die Außenfläche des Gebäudes als Funktion der Geschößzahl ein deutliches Minimum bei ca. 6 Geschossen. Der Unterschied im Heizenergiebedarf zwischen dem 2- und dem 6geschossigen Gebäude beträgt nur ca. 5%. Dies ist dadurch begründet, daß bei der hier betrachteten Variation die Fassadenfläche mit den Bürofenstern, die den Heizenergiebedarf bestimmt, unverändert bleibt.

Zunächst waren für die Nachtstunden geschlossene Fenster unterstellt. Als Variante wurde für die Nicht-Nutzzeiten eine begrenzte freie Lüftung mit einem Außenluftwechsel von $0,2 \dots 0,4 \text{ h}^{-1}$ untersucht. Diese könnte z. B. durch geeignete Kippflügel hergestellt werden. Die Spitzentemperatur beträgt für den extremen NO-Raum nur noch 30°C und liegt damit um ca. 4 K tiefer als in der Ausgangskonzeption. Die Häufigkeit unbehaglicher Raumkonditionen ist auf 46 h/a, entsprechend 2% der Nutzzeit, gesunken.

In der Ausgangskonzeption waren entwurfsgemäß Fenster ohne Sonnenschutz unterstellt. Zur Verbesserung der sommerlichen Raumkonditionen wurde das Gebäude mit Außenjalousien betrachtet. Eine gleichzeitige Betätigung der Jalousien und der elektrischen Beleuchtung ist ausgeschlossen. Die maximale Raumtemperatur für den extremen NO-Raum sinkt dadurch um 4 K auf 30°C . An ca. 60 h/a ist mit unbehaglichen Bedingungen zu rechnen.

In der Ausgangskonzeption (s. *Bild 3*) beträgt der Anteil der Fenster an der Fassade ca. 60%. Es wurden Varianten der Fenstergröße von 40%, 60% und 80% der Fassadenfläche untersucht. Das Ergebnis war eindeutig. Kleinere Fenster ergeben deutlich geringere Jahresheizenergiebedarfswerte und deutlich niedrigere sommerliche Maximaltemperaturen. Bei 40% Fensterflächenanteil ist die Maximaltemperatur um 3 K tiefer als bei 60% Fensterflä-

chenanteil, sie beträgt 31°C . Der Heizenergiebedarf liegt bei 80% dessen der Ausgangskonzeption.

Die relativ schlechte Wärmedämmung der Fenster kann in den Nicht-Nutzzeiten der Räume durch einen temporären Wärmeschutz verbessert werden. Dieses ist z. B. durch hölzerne Rolläden zu realisieren, die die K-Zahl der Fenster von $2,9 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ auf $1,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ verbessern. Auswirkungen auf das sommerliche Raumklima ergeben sich damit nicht. Durch geschlossene Rolläden in den Monaten Oktober bis April von Sonnenuntergang bis zum Sonnenaufgang bzw. Betriebsbeginn sinkt der Jahresheizenergiebedarf auf ca. 65%.

Die Ergebnisse der Betrachtungen am Gebäude in konventioneller Bauweise können wie folgt zusammengefaßt werden: Eine Drehung des Gebäudes und eine Veränderung der Geschößzahl ist für den Jahresheizenergiebedarf von untergeordneter Bedeutung. Eine Nachlüftung über öffentbare Fenster und die Anbringung von Außenjalousien bringt eine deutliche Verbesserung des sommerlichen Raumklimas. Die Fenster sollten so klein wie möglich sein, dies führt zu besseren sommerlichen Raumkonditionen und zur Senkung des Jahresheizenergiebedarfes. Die Fenster sollten mit temporärem Wärmeschutz ausgestattet werden, dies führt ebenfalls zur deutlichen Senkung des Jahresheizenergiebedarfes. *Tab. 2* zeigt die wesentlichen Parameter dieser Betrachtung noch einmal im Vergleich. Die Angaben des Jahresheizenergiebedarfes beziehen sich auf das gesamte Gebäude, die der Raumkondition auf den NO-Raum im EG.

Tabelle 2. Variantenübersicht, Ausgangskonzeption, konventionelle Bauweise.

Variante	Jahresheizenergiebedarf MWh/a	%	max. Raumtemperatur °C	unbehagliche Raumzustände h/a
Ausgang	200	100	34	182
Nachlüftung	220	110	30	46
Außenjalousie	210	105	30	63
Fenster, 40%	160	80	31	81
Fensterladen	130	65	34	182

6. Untersuchung baulich-entwurflicher Parameter am Gebäude in Holz-Bauweise

Nach Abschluß der ersten Untersuchungsphase wurden die Ergebnisse in einem neuen Gebäudeentwurf umgesetzt. Dieser Entwurf folgte den bisherigen Grundzügen, wies aber folgende Änderungen auf:

Die Bauweise wurde auf eine Holz-Bauweise umgestellt. Um die thermische Speicherfähigkeit zu sichern, wurden weiterhin gemauerte Innenwände und Beton-Brüstungselemente angesetzt. Die Fenster wurden auf 40% Flächenanteil an der Fassade verkleinert. Sie wurden mit Außenjalousien ausgestattet.

In dieser Kombination von bisher nur einzeln betrachteten Parametern ergaben sich zusammen mit der geänderten Bauweise die in *Tab. 3* angegebenen Raumkonditionen. Der Jahresheizenergiebedarf des Gebäudes

Tabelle 3. Sommerliche Raumkonditionen. Ausgangsbetrachtung, Holzbauweise.

Orientierung des Raumes	max. Raumtemperatur °C	unbehagliche Raumzustände h/a
NW	28	40
N	28	20
NO	29	26
SO	27	15
S	26	0
SW	28	6

beträgt 160 MWh/a. Um eine deutliche Verbesserung der Wärmedämmung des Fensters zu erzielen und auch eine architektonisch ansprechende Realisierung des temporären Wärmeschutzes zu ermöglichen, wurde der Einsatz eines Fensters nach *Bild 4* untersucht. Dabei handelt es sich um ein Holzverbundfenster, 2fach verglast, mit Wärmeschutzschicht und beweglichem temporären Wärmeschutz zwischen den Scheiben. Auswirkungen auf die sommerlichen Raumkonditionen ergeben sich nicht. Der Jahresheizenergiebedarf sinkt auf 50% des Bedarfes bei Holz-Bauweise mit konventionellen Fenstern.

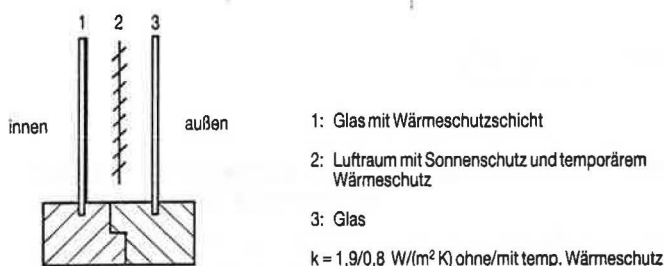


Bild 4. Verbundfenster mit innenliegendem Sonnenschutz und temporärem Wärmeschutz.

Einen Kompromiß zwischen einer guten Wärmedämmung einerseits und der Möglichkeit solaren Wärmegegewinns andererseits stellen Außenbauteile aus transparenter Wärmedämmung dar. Um den Einsatz transparenter Außenbauteile zu ermöglichen, wurde der Entwurf der Fassade geändert. Die neue Fassadeneinteilung zeigt *Bild 5*. Bei dieser Änderung wurde die Fenstergröße weiter reduziert. Von der Fassadenfläche entfallen damit 30% auf Fenster, 35% auf die massive Außenwand und 35% auf transparente Außenbauteile. Um bei Einsatz der transparenten Außenbauteile sommerliche Überhitzungen zu vermeiden, sind diese Bauteile mit einer geregelten Außenjalousie ausgestattet. Gegenüber der Ausgangslösung in Holz-Bauweise ergibt sich eine Senkung des Jahresheizenergiebedarfes um ca. 25%. Die sommerlichen Konditionen verschlechtern sich unwesentlich.

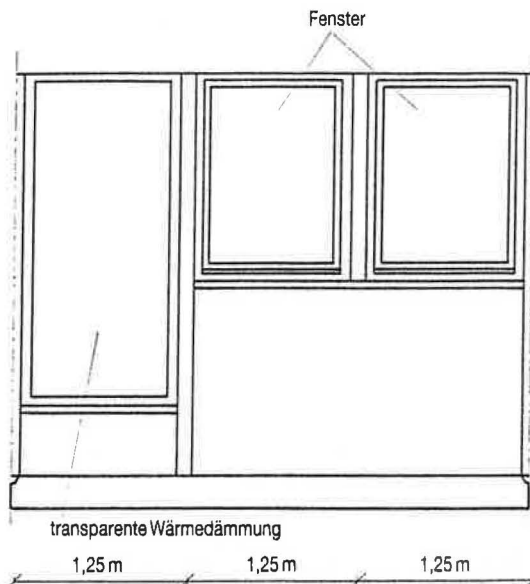


Bild 5. Fassadenausschnitt für einen Büroraum (3-Raster) mit Außenwandelement aus transparenter Wärmedämmung.

Zur Ausführung empfohlen wurde ein Gebäude in Holz-Bauweise mit Holzverbundfenster und transparenten Außenbauteilen. *Tab. 4* zeigt diese Kombination von Einzelmaßnahmen im Vergleich zur vorstehenden Einzelbetrachtung. Der Jahresheizenergiebedarf des Gebäudes

Tabelle 4. Variantenübersicht. Holzbauweise.

Variante	Jahresheizenergiebedarf MWh/a	max. Raumtemperatur °C	unbehagliche Raumzustände h/a
Ausgang Verbundfenster	160	29	26
transparente Wärmedämmung	80	29	37
Ausführung	55	28	47

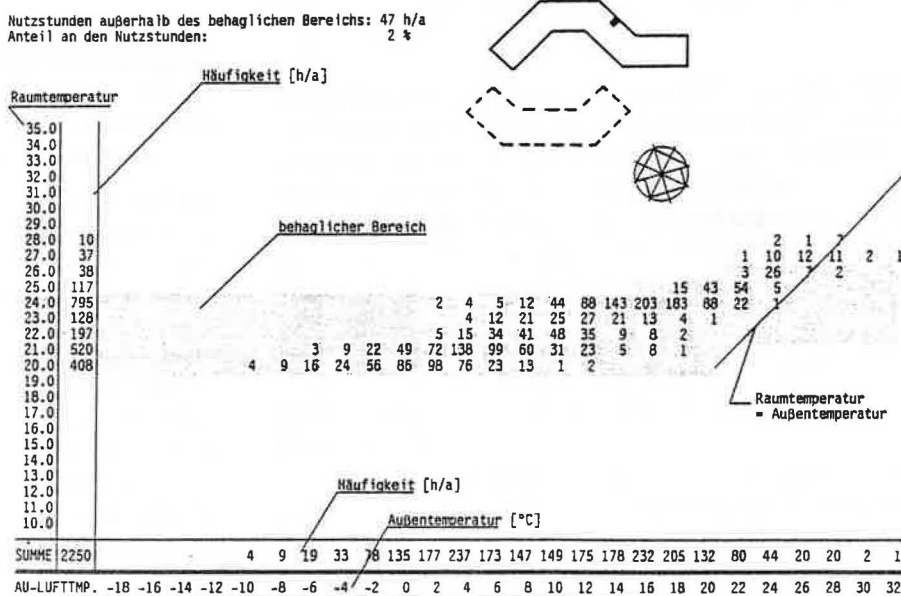


Bild 6. Statistik der Raumtemperaturen während der Nutzungszeiten eines Büroraumes nach NO im Erdgeschoß, Holzbauweise, Ausführungsempfehlung.