

# Generalsanierung zum Bürogebäude im Passivhausstandard



Das Bürogebäude im Areal der ehemaligen Thiepvalkaserne befand sich beim Kauf in einem schlechten baulichen Zustand. Mit der Sanierung ihres neuen Bürogebäudes in Tübingen konnte die ebök GmbH den Heizenergie- und Strombedarf sehr deutlich reduzieren und die sommerliche Behaglichkeit steigern. Es ist weltweit das erste Gebäude, dessen Sanierung mit einem Passivhaus-Zertifikat ausgezeichnet wurde. Klimatisierung und Belüftung erfolgen ausschließlich über eine mechanische Zu- und Abluftanlage und zusätzlich bei Bedarf über die Fenster. Ein Sole-Luft-Wärmeübertrager kühlt die Luft bei Bedarf vor und wirkt im Winter als Frostschutz. Aus statischen Gründen war der Dachausbau nur in Leichtbauweise möglich. Daher wurden die Decken des Dachgeschosses mit Gipsplatten und darin eingebetteten mikroverkapselten Paraffinen (PCM) verkleidet.



Ostansicht des sanierten Gebäudes auf dem Gelände der ehemaligen Thiepvalkaserne  
© ebök, Tübingen

## Gebäudesteckbrief

<b>Projektstatus</b>	 Optimiert
<b>Standort</b>	Schellingstraße 4/2, 72072 Tübingen, Baden-Württemberg
<b>Baujahr</b>	1950er
<b>Saniert</b>	2003
<b>Bauherr</b>	Ing.-Büro ebök GbR
<b>Bruttogrundfläche</b>	986 m <sup>2</sup>
<b>Beheizte Nettogrundfläche</b>	833 m <sup>2</sup>
<b>Bruttorauminhalt</b>	3.724 m <sup>3</sup>
<b>Arbeitsplätze</b>	30
<b>A/V nach Sanierung</b>	0,49 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
<b>Schwerpunkte</b>	Wärmeschutz, Verglasung + Fenster, Optimierte Beleuchtung, Lüftung + WRG, Regenerative + passive Kühlung, Wärme-/Kältespeicherung, Energetische Betriebsoptimierung

## Projektbeschreibung

Im Jahr 2002 erwarb die ebök Vermögensverwaltung GmbH im militärischen Konversionsgebiet der ehemaligen Thiepvalkaserne ein Nebengebäude, das die französische Garnison 1954 für Schulungszwecke erstellt hatte. Das Gebäude war zuletzt ungenutzt und befand sich in einem sehr schlechten baulichen Zustand. Dennoch mussten beim äußeren Erscheinungsbild Auflagen der unteren Denkmalbehörde Beachtung finden (Ensembleschutz).

Mit der Zielsetzung, hochwertige und komfortable Arbeitsplätze bei minimalem Energieaufwand zu ermöglichen, wurde als Energiekonzept ein Mix aus bewährten Spitzentechnologien, Prototypen und experimentellen Maßnahmen gewählt.

Die Lage des Objekts im Areal der denkmalgeschützten Kaserne in unmittelbarer Nähe des Tübinger Hauptbahnhofes ist sehr attraktiv. Hier gibt es eine optimale Anbindung an den öffentlichen Nah- und Fernverkehr sowie an das Radwegenetz. Das Umfeld wird durch einen öffentlichen Park, den ehemaligen Exerzierplatz, bestimmt. Die Tübinger Altstadt ist zu Fuß erreichbar.

## Sanierungskonzept

Auf das massiv gebaute alte Erdgeschoss wurde ein neuer Dachstuhl aus Doppelstegträgern (TJI) aufgesetzt und mit zwei Gauben erweitert, damit mehr Arbeitsplätze im Dachgeschoss untergebracht werden können. Im Gegensatz zur Dämmung der Wände und des Daches, die wärmebrückenfrei ausführbar waren, bereitete die Dämmung des unteren Gebäudeabschlusses die altbautypischen Schwierigkeiten. Höhere Dämmstoffstärken auf der Bodenplatte hätten eine Anhebung der Türstürze notwendig gemacht. Eine mögliche Lösung bestand in der verstärkten Dämmung der Gebäudeflanken. Mit Hilfe dynamischer zweidimensionaler Wärmestromberechnungen wurde gezeigt, dass durch die gedämmten Perimeterflanken in Verbindung mit

einer reduzierten Fußbodendämmung eine dem Passivhaus-Standard vergleichbare Qualität erreicht werden kann. Die Flankendämmung bewirkt, dass die Temperatur im eingeschlossenen Erdvolumen unter dem Gebäude im Laufe der Jahre ansteigt. Es bildet sich unter dem Gebäude ein "Wärmesee", der Wärmeverluste verringert und zu höheren Temperaturen am Fußpunkt führt.

### **Energiekonzept**

Durch den hochwertigen Wärmeschutz mit Passivhaus-Komponenten konnte der Heizenergiebedarf gegenüber den gesetzlichen Mindestanforderungen nach EnEV deutlich unterschritten werden.

Ein angenehmes Raumklima spielt heute neben einem geringen Energiebedarf auch in Nichtwohngebäuden und insbesondere in Bürogebäuden eine wichtige Rolle. Arbeits- und Besprechungsräume werden daher durch eine Lüftungsanlage mit Frischluft versorgt, während die Abluft aus Funktionsräumen wie WC, Teeküche und Serverraum, abgesaugt wird. Die Flure sind Überströmzonen - lediglich die Besprechungsräume erhalten eine Zu- und Abluftversorgung. Ein Zeitprogramm steuert die Lüftung der Büroräume. Je nach Belegung kann der Volumenstrom durch einen Hilfslüfter vergrößert werden. Die mechanische Nachtlüftung im Sommer erfolgt in Abhängigkeit von Abluft- und Außentemperaturen. Durch den Einsatz von Lüftern mit integrierten Mess- und Regelfunktionen (Master/Slave) arbeitet die Anlage in allen Betriebszuständen ausbalanciert.

Die hocheffiziente Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist ein Prototyp, der die strengen Effizienzkriterien für Passivhaus-Lüftungsanlagen nochmals deutlich übertrifft. Die Vorerwärmung der Zuluft und den Frostschutz des Wärmetauschers übernimmt ein im Erdreich um das Gebäude verlegter Sole-Flachkollektor.

Das Gebäude wird konventionell durch Plattenheizkörper (65/45°C) beheizt. Eine modulierende Gasbrennwerttherme stellt die erforderliche Restwärme zur Verfügung. Bei Bedarf kann über einen Durchlauferhitzer auf kurzem Weg auch Teeküche, Dusche und Putzwaschbecken mit warmem Wasser versorgt werden. Eine aktive solare Nutzung der Dachflächen war aufgrund des Ensembleschutzes im Areal nicht möglich.

Im Sommer reduziert ein innenliegender Sonnenschutz die solaren Einträge, unterstützt durch eine "sanfte" Kühlung. Insgesamt sorgen diese Maßnahmen für ein angenehmes Raumklima. Die innenliegende Verschattung ist eine Kompromisslösung zwischen der Funktion Sonnenschutz und den Belangen des Denkmalschutzes. Interne Lasten werden durch stromsparende Geräte und eine effiziente Beleuchtung konsequent vermieden. Die Wärme großer Quellen (Server) wird direkt im Geräteschrank abgesaugt. Die freie nächtliche Kühlung wird mit Unterstützung der Lüftungsanlage (mechanische Lüftung) umgesetzt. Neu hieran ist, dass die kühle Nachtluft mit einem großen Volumenstrom so geführt wird, dass sie die Decken als raumklimatisch wichtigste Wärmekapazitäten gezielt entlädt. Das Dachgeschoss konnte aus statischen Gründen nicht massiv ausgeführt werden. Daher wurden die Decken des Dachgeschosses mit Gipsplatten und darin eingebetteten mikroverkapselten Paraffinen (PCM) verkleidet, die der Hersteller als Prototypen fertigte. Ein Sole-Erdwärmetauscher kühlt die Außenluft um etwa 4 Kelvin ab.

Eine gute Arbeitsatmosphäre fordert eine optimale Belichtung der Arbeitsplätze - auch mit Tageslicht. Um dies zu gewährleisten, wurde die Planung durch eine Simulation unterstützt. Realisiert wurde eine hocheffiziente und dimmbare Beleuchtung, die über Tageslicht- und Anwesenheits-Sensoren stufenlos gesteuert wird.

Die energetische Qualität wurde nach PHPP (Passivhaus-Planungspaket) bilanziert. Das sanierte Passivhaus benötigt für Wärme (Heizung und Warmwasser) ca. 20 kWh pro Quadratmeter und Jahr und ca. 7 kWh Strom für Beleuchtung und Haustechnik. Umgerechnet in Primärenergie entspricht dies einem Einsatz von insgesamt 43 kWh/m<sup>2</sup>a. Damit benötigt das Gebäude nur 15 % des Primärenergieeinsatzes eines typischen Bürogebäudes aus dem Bestand und unterschreitet die energetischen Anforderungen des Forschungsschwerpunktes Energieoptimiertes Bauen (EnEOB) um ca. 60%.

### **Performance**

Der Energieverbrauch für Heizwärme und Warmwasserbereitung liegt im Mittel über 2 Jahre bei 24,5 kWh/m<sup>2</sup>a. Der gemessene Wert des Endenergieverbrauchs für die Gebäudebeheizung beinhaltet die Verluste der Heizungsanlage (Erzeugungs- und Verteilverluste). Der bei der Planung prognostizierte Heizwärmebedarf von 22,4 kWh/m<sup>2</sup>a inkl. der Verluste wird nahezu erreicht.

Der Stromverbrauch liegt in der gleichen Größenordnung wie der Heizenergieverbrauch. Primärenergetisch überwiegt der Anteil des Stromverbrauchs am Gesamtenergieverbrauch durch den ungünstigeren Primärenergiefaktor jedoch deutlich. Dies zeigt, wie wichtig es ist, energieeffiziente Bürogeräte und haustechnische Anlagen in energiesparenden Gebäuden einzusetzen.

Der Stromverbrauch wird hauptsächlich durch die technischen Bürogeräte bestimmt, die im Mittel mit 20,8 kWh/m<sup>2</sup>a ungefähr 70% des Gesamtstromverbrauchs verursachen.

2004 erhielt das Gebäude als weltweit erste Sanierung ein Passivhaus-Zertifikat des Passivhausinstituts Darmstadt.

### **Optimierungsmaßnahmen und -möglichkeiten**

Die Kombination aus Lüftungskonzept und temporärer Wärmespeicherung in den Decken zeigt in der realisierten Form seine positive Wirkung. Die Außenluft wird über den Erdkollektor vorgekühlt und zusammen mit der Wärmeaufnahme der Decken können die inneren Lasten sowie ein Teil der solaren Lasten kompensiert werden. Die mechanische Nachlüftung kühlt die Wärmekapazitäten in der Regel wieder ausreichend ab. Die thermische Entladung der Decken wird durch eine unter der Decke erzeugte Luftströmung erzielt – hier besteht jedoch noch weiterer Optimierungsbedarf. In heißen Perioden kommt es zu erhöhten Raumtemperaturen aufgrund der begrenzten Leistung des im Arbeitsraum flach verlegten Erdkollektors zusammen mit der relativ geringen Sonnenschutzwirkung der innen liegenden Jalousien. In einzelnen Räumen liegt die Übertemperaturhäufigkeit bei etwa 10 Prozent der Arbeitszeit.?

**Baukosten und Wirtschaftlichkeit**

Die Baukosten der Kostengruppen 300+400 betragen 810.000 Euro (netto). Darin sind Mehrkosten für rein energetisch begründete zusätzliche Maßnahmen (ohne sommerliche Kühlung und ohne Beleuchtung) gegenüber einem funktionell erforderlichen Mindeststandard in Höhe von 60.000 Euro enthalten. Die wirtschaftliche Bewertung wurde nach dem Annuitätenverfahren durchgeführt.

Ohne Berücksichtigung von Fördermaßnahmen ergibt sich nach 30 Jahren ein Barwertüberschuss von rund 20.000 Euro, die Amortisationszeit beträgt 26 Jahre.

Im vorliegenden Fall erfolgte ein Zuschuss aus dem Klimaschutz-Plus-Programm des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg in Höhe von 47.200 Euro. Damit verkürzt sich die Kapitalrückflusszeit auf 6 Jahre. Für den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren ergibt sich so ein Barwertüberschuss von rund 112.000 Euro.

**Energiekennzahlen**

Energiekennzahlen nach EnEV (in kWh/m²a)	vor Sanierung	nach Sanierung
<b>Heizwärmebedarf</b>		19,30
<b>Primärenergie gesamt</b>		52,50
Gemessene Energiekennwerte (in kWh/m²a)	vor Sanierung	nach Sanierung
<b>Endenergie Wärme</b>		24,50
<b>Primärenergie Wärme</b>		26,30
<b>Primärenergie gesamt</b>		112,00
<b>Beleuchtung</b>		8,50
<b>EDV</b>		61,70
<b>Haustechnik</b>		8,30
<b>Warmwasser</b>		0,70
<b>Heizung</b>		25,60
<b>Sonstige (Küche, usw.)</b>		6,60

**Kosten für die Realisierung**





Realisierungskosten in €/m²	
<b>Baukonstruktion (KG 300)</b>	680
<b>Technische Anlage (KG 400)</b>	156

Hierbei handelt es sich um eine/n Kostenfeststellung

Bauwerkskosten netto nach DIN 276 bezogen auf die Bruttogrundfläche (BGF) nach DIN 277

**Kosten für den Betrieb**

Betriebskosten in €/m²a	vor Sanierung	nach Sanierung
<b>Energiebezug gesamt</b>		7,20
<b>Wärme gesamt</b>		1,34
<b>Heizung</b>		1,31
<b>Warmwasser</b>		0,03
<b>Strombezug gesamt</b>		0,57
<b>Beleuchtung</b>		0,57
<b>Lüftung/Kühlung/Kälte</b>		5,86

-  **Projektpräsentation fbta Uni Karlsruhe**
-  **Projektinfo von BINE Informationsdienst**
-  **Wissenschaftliche Messdaten und Grafiken aus dem Langzeitmonitoring**
-  Abschlussbericht Bürosanierung Tübingen (PDF, 4.4 MB)