

# Balanced Office Building – BOB

## Bürogebäude mit optimierten Lebenszykluskosten als Produkt

*Dr.-Ing. Bernhard Frohn, VIKA Ingenieurgesellschaft, Aachen, Deutschland*

### Zusammenfassung

Das Balanced Office Building BOB in Aachen benötigt nur 20 % der Energiekosten eines konventionellen Bürogebäudes. Neben den Energiekosten, die in einem ständigen Energiemanagement überwacht werden, wurden sämtliche Lebenszykluskosten wie Wartungs- und Instandsetzungskosten, Kosten für Wasser, Kosten für eine evtl. Umnutzung etc. minimiert.

Der Gebäudekonzeption liegt ein hoher Grad an Flexibilität und Variabilität zugrunde und kann so auf die sich wandelnden Erfordernisse der Zukunft reagieren. Der Investitionskostenvergleich mit einem Neubau gemäß der Energieeinsparverordnung zeigt bei demselben Ausstattungskomfort keine Mehrkosten. Insofern ist das Konzept sehr wirtschaftlich. Gleichzeitig bietet das Bürogebäude

einen gesteigerten Komfort. Ganzjährige Temperierung, also auch Kühlung im Sommer, eine gleichmäßige Belüftung durch eine Lüftungsanlage oder die Visualisierung und Bedienung der Technik per Internet sind nur einige Beispiele für eine innovative und motivierende Arbeitswelt.

Dadurch, dass das Gebäude als serienreifes Produkt konzipiert wurde, ist eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Eigenschaften möglich. Ein Gebäudeportal ([www.bob-x.de](http://www.bob-x.de)) informiert kontinuierlich über die Weiterentwicklung des Gebäudekonzeptes.

### Integraler Planungsansatz

Die Optimierung aller Lebenszykluskosten, also zum Beispiel der Planungs-, Bau-, Energie-, Instandhaltungs- und Wartungskosten, verlangt einen integralen Planungsansatz aller Beteiligten.

Das hört sich in der Theorie sehr positiv an, bedeutet aber in der Praxis häufig einen Mehraufwand. Dieser macht sich zwar in der Qualität des Bauproduktes zweifelsohne bemerkbar und kann auch jedem wirtschaftlichen Vergleich standhalten. Seitdem jedoch „Geiz ist geil“ regiert, sinkt der zeitliche Betrachtungshorizont so weit, dass teilweise nur die Investitionskosten für die Entscheidung relevant zu sein scheinen. Betriebskosten spielen keine Rolle, obwohl bekannt ist, dass bei manchen Gebäuden für die Betriebskosten in 20 Jahren nochmals die Investitionskosten aufgewendet werden müssen.

### Idee und Ziel

Ziel der Entwicklung eines Produktes mit optimierten Lebenszykluskosten war es, einen erhöhten Mehraufwand bei der Produktentwicklung in Kauf zu nehmen,

*Abb. 1: Das Balanced Office Building in Aachen (Fotograf Jörg Hempel, Aachen)*



mit der Absicht diesen zu vermarkten und so die Entwicklungskosten wieder einzuspielen.

Das Aachener Team, bestehend aus dem Architekturbüro Hahn Helten, dem Ingenieurbüro für Tragwerksplanung Burkhard Walter und der Ingenieurgesellschaft VIKA für die Themen Energiekonzept und technische Gebäudeausrüstung, setzte sich das Ziel, einen neuen Typ von Verwaltungsgebäude für die Nutzung durch die eigenen Unternehmen und weitere Partner zu planen und zu realisieren. Dadurch, dass die Planer gleichzeitig Nutzer sind, haben sie zudem die Möglichkeit, das Produkt zu erleben und nach und nach weiterzuoptimieren.

Um auch für spätere programmatische Entwicklungen offen zu bleiben, sollte eine Gebäudestruktur entstehen, die die unterschiedlichen, den Verwaltungsbau von heute bestimmenden Raumdispositionen ermöglicht. Neben den Lebenszykluskosten sollten Komfort sowie Behaglichkeit optimiert werden.

Eine im Vorfeld definierte Kostenmiete bot einen klar abgesteckten ersten Rahmen für die möglichen Investitionskosten. Die Diskussion von Aspekten des Facility-Managements und der Lebenszykluskosten gaben jedoch auch solchen Ideen Raum, die üblicherweise zunächst als teuer eingestuft werden. Nicht die Investitionskosten alleine, sondern die Wirtschaftlichkeit über den Faktor Zeit sollten Grundlage für die Entscheidung sein.

Und schließlich sollte die Bauidee des Gebäudes aus der Formulierung der genannten, das Gebäude bestimmenden Parameter heraus sich dem Betrachter auch ohne viele Worte erschließen.

## Architektonisches Konzept

Das gebaute Bürogebäude reduziert sich als kompakter Solitärbaupörper auf eine Grundfläche von 560 m<sup>2</sup>. Das Gebäude ist nicht unterkellert und hat

mit seinen vier Nutzebenen – die baurechtlich durch eine Dreigeschossigkeit eingeschränkt wurden – eine Nutzfläche von 2.100 m<sup>2</sup> sowie einen Bruttorauminhalt von 7.500 m<sup>3</sup>. Eine klare Volumetrie optimiert sein Außenflächen-Volumen-Verhältnis.

Die Primärstruktur des Hauses verbindet konventionelle Fertigung vor Ort und Vorfertigung zu einer Kombination von Skelett- und Scheibenbauweise.

## Grundriss und Nutzung

Das loftähnliche Grundrisskonzept ermöglicht mithilfe flexibler Trennwände die Dispositionen Großraumbüro, Kombibüro sowie Einzel- und Doppelbüros zu realisieren. Die Grundrisstiefe ist mit 16 Meter so gewählt, dass in der Mittelzone Nebenflächen für Kommunikationszonen, Küchen, Kopierer, Drucker und Empfang gebildet werden können. Alternativ können dort auch andere, abgeschlossener Nutzungskonzepte wie Archiv sowie Raumzellen für Seminar-, Konferenz-, Labor- oder IT-Nutzungen integriert werden.

## Innenausbau

Der Innenausbaustandard ist bewusst reduziert gehalten, um dem einzelnen Nutzer wirtschaftlich und gestalterisch Spielraum zu lassen. Der durch das energetische Konzept geforderte Massivkörper aus Beton soll in seiner Materialität weiterhin spürbar bleiben.

Im Inneren wird die durch die Lochfassade vorgegebene Rhythmik im Ausbau durch eine Sequenz von Leichtbau-

wandscheiben aufgenommen. Die von den Außenwänden abgelöste Schottenstruktur verbindet sich mit aufgeputzten Deckenfeldern zu einer präzisen weißen Bandstruktur, die in Kontrast zu den massiven Betonflächen tritt. So werden Teilbereiche räumlich definiert und dennoch bleibt der Großraum erlebbar. Wand und Decke dienen als Rezeptoren für das Tageslichtlenkungssystem ebenso die der Gebäudeperipherie folgende Kunstlichtschiene mit einem Up- und einem Downlight. Da das Belüftungssystem in den Randbereichen in die Geschossdecke integriert ist, kann räumliche Abgeschlossenheit für einzelne Bereiche z. B. durch Ganzglaswände hergestellt werden.

## Energiestandard

Der Energiestandard des Bürogebäudes geht weit über die Anforderungen der Energieeinsparverordnung (ENEV) hinaus, wie auch die ersten Messergebnisse bei dem Prototypen BOB.1 in Aachen zeigen. Mit 27,8 kWh/m<sup>2</sup>a Endenergie wird das Gebäude beheizt, gekühlt, belüftet. Im Einzelnen dargestellt in Tabelle 1.

Die Messungen wurden im Rahmen des Forschungsprojektes Solarbau ([www.solarbau.de](http://www.solarbau.de)) durchgeführt. Verantwortlich ist das Institut für Technik und Ökologie an der Fakultät für Architektur der FH Köln. Neben den Messungen wurden auch Nutzerbefragungen sowohl im Winter als auch im Sommer durchgeführt, die die Nutzerakzeptanz hinterfragen.

Tabelle 1

1	Beleuchtung <sup>1)</sup>	9,9 kWh/m <sup>2</sup> a
2	Heizung	8,5 kWh/m <sup>2</sup> a
3	Lüftung	6,6 kWh/m <sup>2</sup> a
4	Kühlung	2,1 kWh/m <sup>2</sup> a
5	Aufzug	0,4 kWh/m <sup>2</sup> a
6	Durchlauferhitzer Warmwasser	0,3 kWh/m <sup>2</sup> a
	Summe	27,8 kWh/m <sup>2</sup> a

<sup>1)</sup> Die Energiekennzahlen sind immer auf die Nutzfläche bezogen.

Das Gebäude wird nur mit elektrischer Energie versorgt. Ein Vorteil sind zum Beispiel die geringen Anschlusskosten im Unterschied zu einer Versorgung mit Gas. Auch der Nachteil einer ungünstigeren Primärenergiebilanz der elektrischen Energie kann durch den geringen Endenergiebedarf für Heizwärme in Kauf genommen werden. 75 kWh/m<sup>2</sup>a beträgt der Primärenergiebedarf. Damit ist das Gebäude auch ökologisch gesehen sehr effizient – und das bei gleichzeitig größtmöglichem Komfort hinsichtlich Behaglichkeit, da nicht nur behaglich geheizt, sondern auch gekühlt und belüftet wird.

Rund 30 Cent/m<sup>2</sup> pro Monat Energiekosten führen zudem dazu, dass das Gesamtkonzept bei Investitionskosten von 950 €/m<sup>2</sup> (Kostengruppe 300 und 400 ohne Innenausbau) wirtschaftlich attraktiv ist.

Weitere Optimierungen des Konzeptes von BOB werden bei den zukünftigen BOBs zu möglichen Energieeinsparungen von ca. 15 % führen. Möglich ist dies, da das Entwicklungsteam hautnah Erfahrungen sammeln konnte, die jetzt umgesetzt werden.

## Energiekonzept

Der Heizwärmebedarf wird durch eine gut gedämmte Gebäudehülle minimiert. 20 cm Dämmung der Außenhaut und eine Dreischiebenverglasung mit einem U-Wert von 0,8 W/m<sup>2</sup>K sorgen dafür, dass der Heizwärmebedarf dem von ca. 1,5 Einfamilienhäusern entspricht. Die Lüftungswärmeverluste werden durch eine luftdichte Gebäudehülle klein gehalten.

Die Überhitzung von Bürogebäuden im Sommer oder schon in der Übergangszeit kommt sehr teuer, wenn man neueren Studien Glauben schenkt. Oberhalb von 28 °C Empfindungstemperatur nimmt die Arbeitsfähigkeit im Bürobereich um ca. 30 % ab. Das hört sich zunächst wenig an. Bedenkt man jedoch, dass zum Beispiel im beschriebenen Gebäude ca. 100 Menschen arbeiten, dann



Abb. 2: Grundriss mit unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten

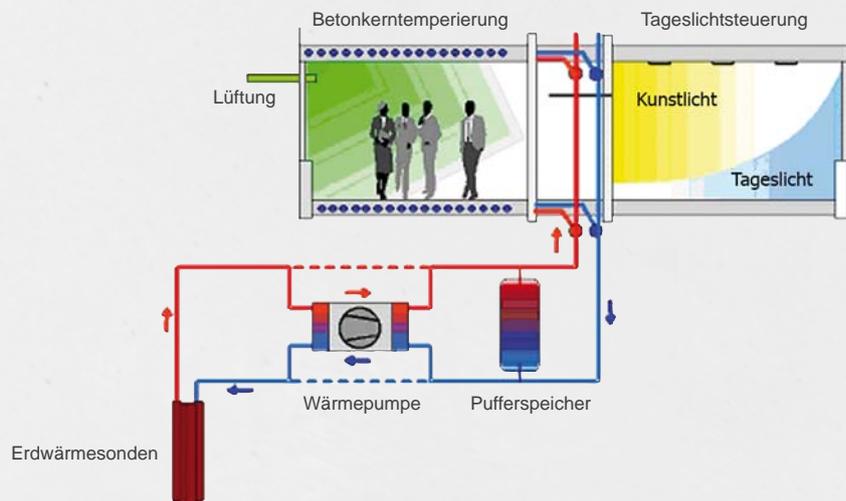


Abb. 3: Energiekonzept

entspricht diese Abschätzung dem bezahlten Urlaub für 30 Personen während der Überhitzungszeit. Der wirtschaftliche Schaden ist nicht zu unterschätzen. Nicht zuletzt deshalb entschied man sich für eine Kühlung des Gebäudes.

Die Energieversorgung des Gebäudes erfolgt über Geothermie. 28 Bohrungen mit einer Tiefe von 42 m versorgen das Gebäude im Winter mit vorgewärmtem Wasser, das mit einer Wärmepumpe

auf das gewünschte Temperaturniveau gehoben wird. Im Sommer wird das kühle Erdreich direkt zur Kühlung des Gebäudes genutzt. Wasser wird in die Erdsonden nach unten gepumpt, kühlt sich dort ab und wird wieder nach oben in den Kühlkreislauf gegeben. Lediglich eine Umwälzpumpe sorgt hier für die quasi kostenlose Kühlung. Die Kühlenergie kostet für die 2.100 m<sup>2</sup> Nutzfläche 350 €/a.

Da das Gebäude sowohl gekühlt als auch beheizt wird, wird auch das Erdreich in 40 m Tiefe im Wechsel beheizt und gekühlt. Durch die äußerst trägen Wärmeaustauschmechanismen kann Wärme, die im Sommer im Erdreich angelagert wird, im Winter nutzbar gemacht werden. Dieser Effekt wurde im zweiten Winter nach der ersten Kühlperiode mit einem Temperaturgewinn im Erdreich von 5 °C gemessen. Auch das ist kostenlose Energie.

## Betonkerntemperierung

Voraussetzung zur Nutzung der Geothermie im Winter- und im Sommerfall ist ein Verteilsystem, das mit kleinsten Temperaturen die Behaglichkeit herstellt. Geeignet ist hierzu die Betonkerntemperierung. Rohrschlangen, die in der Bewehrung verlegt sind, werden im Beton vergossen und machen so Boden und Decke zum Heiz- und/oder Kühlsystem. Das spart zum einen Investitionskosten, weil für die Kühlung keine eigene Verteilung notwendig ist, und erlaubt zum anderen durch die großen Heiz- und Kühlflächen einen hohen Behaglichkeitskomfort bei kleinen Temperaturen. Die Raumlufttemperatur kann bei derselben empfundenen Behaglichkeit sogar gesenkt werden, da die Oberflächentemperatur der Umschließungsflächen deutlich ansteigt. Auch dieses Detail spart erheblich Energie, weiß man doch, dass die Reduzierung von 1 °C Raumlufttemperatur 6 % Heizenergie einspart.

## Lüftungstechnik

Die Lüftungsanlage sorgt für vorgewärmte oder vorgekühlte Frischluft. Jede Etage verfügt über eine eigene Lüftungszentrale mit Wärmerückgewinnung. Dort werden Abluft- und Zuluftstrom so gekreuzt, dass ca. 60 % der thermischen Energie zurückgewonnen werden.

Die Luftmenge wurde sehr klein ausgelegt. Dies spart Investitionskosten in Form von kleinen Lüftungsquerschnitten und Ventilatorenergie zum Transport der

Luftmenge. Vorteil der Lüftungsanlage ist, dass die Räume regelmäßig automatisch durchspült werden und so eine gleich bleibende Luftqualität festzustellen ist. Wird zum Beispiel in Besprechungsräumen mehr Frischluft benötigt, als die Anlage liefert, so kann die übliche Stoßlüftung per Fenster dies auch energiesparend gewährleisten.

## Tageslichtabhängige Steuerung

Das Tageslicht wird über lichtlenkende Lamellen der Jalousien und die weißen Wände und Decken in die Mittelzone gelenkt. Reicht das Tageslicht zur Beleuchtung in der Mittelzone oder den Bürozonen nicht aus, so wird das Kunstlicht entsprechend eingeschaltet. Je nach Helligkeit, die über Sensoren gemessen wird, wird das Kunstlicht automatisch gedimmt. Dies spart im Jahr ca. 50-60 % an elektrischer Energie für die Beleuchtung.

Für die Kunstlichtbeleuchtung wurde eine eigene Leuchte entwickelt, die es erlaubt, direkten und indirekten Strahlungsanteil getrennt zu regeln und so den persönlichen Bedürfnissen anzupassen.

## Regenwassernutzung

Das Regenwasser wird über Dach gesammelt und in eine Zisterne unterhalb des Parkplatzes gesammelt. Von dort aus wird es zur Bewässerung der Außenanlagen, der Dachterrasse und der WCs genutzt.

## Gebäudeleittechnik

Die Ansteuerung der Pumpen, der Beleuchtung, des Ventilators etc. erfolgt über ein Bussystem auf LON-Basis. So wird der Impuls eines Lichtschalters zum Beispiel in die Rechnerzentrale geschickt und dort ausgewertet. Ob er jetzt eine Lampe oder alle Lampen einer Etage oder des gesamten Gebäudes

oder die Lüftungsanlage schalten soll, entscheidet sich hier und kann auch hier jederzeit durch Umprogrammierung geändert werden. Dadurch ist das System sehr flexibel.

Der zentrale Rechner nimmt ferner sämtliche Messdaten auf und gibt so ständig Auskunft über Anlagenzustände, eingeschaltetes Licht, Energiebedarfe etc. Da von diesem Rechner aus der Schritt bis ins Internet klein ist, wurde auch dieser Schritt vollzogen. So kann ab jetzt von jedem Internetarbeitsplatz aus - intern oder extern - das Gebäude beobachtet oder gesteuert werden.

## Erfahrungen

Das Gebäude BOB ist jetzt 7 Jahre in Nutzung. Die Nutzerakzeptanz für das Heiz- und Kühlsystem mittels Betonkerntemperierung ist sehr hoch. Während die Heizfunktion eher als normal betrachtet wird, führt der Effekt der behaglichen Strahlungskühlung zu sehr positiven Rückmeldungen der Nutzer. Weder im Heiz- noch im Kühlfall wird die aktive Heiz- und Kühlfunktion bemerkt. Als nachteilig wird von einigen Nutzern angemerkt, dass keine individuelle Regelmöglichkeit im Heizfall existiert. Dies ist zwar objektiv nicht notwendig, da der hohe Strahlungsanteil eine hohe Behaglichkeit bietet, einige Nutzer hätten aber gerne das Rädchen, an dem sie drehen können. Die Erfahrung zeigt, dass sich nach einiger Eingewöhnung eine Zufriedenheit auch bei diesen Nutzern einstellt.

Weiterhin kann gesagt werden, dass mit der Betonkerntemperierung im Winter wie im Sommer nur kleine interne Schwankungen der Temperatur erreicht werden. Plötzliche Änderungen der Außentemperatur oder der solaren Einstrahlungen werden durch das träge Heiz- bzw. Kühlsystem kompensiert.

Die geringe Auslegung der Luftmenge von 20 m<sup>3</sup>/h pro Person (unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit der Büronutzung) hat sich als praktikabel

erwiesen. Der Grundluftwechsel, der auch am Morgen oder nach dem Wochenende für frische Luft sorgt, und die Tatsache, dass die Nutzer die Fenster zusätzlich öffnen können, werden positiv aufgenommen. Auch bei sehr geringen oder sehr hohen Außentemperaturen hat sich eine längere Fensterlüftung als relativ unkritisch für die thermische Behaglichkeit erwiesen.

Die tageslichtlenkenden Jalousien werden positiv aufgenommen, insbesondere die Tatsache, dass es keine alleinige automatische Steuerung gibt und die Nut-

zer somit den Grad der Blendschutzwirkung und den der Tageslichtlenkung selbst einstellen können. Trotz ausschließlich innen liegender Verschattung war auch in dem extrem heißen Sommer des Jahres 2003 das Raumklima nach Aussagen der Nutzer sehr angenehm.

Die Tageslichtsteuerung der Beleuchtung in der Kombizone wird durch die Nutzer kaum bemerkt. Dasselbe gilt für die Gebäudeleittechnik und das internetbasierte Energiemanagement. Das Gebäude verlangt nach Nutzeraussagen keine hohen Bedienkenntnisse.

**Die haben die Härte.**

www.lafarge.at

**Die Qualitätszemente von Lafarge.**

ROTE  
SCHWARZE  
CONTRAST  
TYPWEISSE  
BLAU  
GRÜNE

**LAFARGE**  
bringing materials to life

MACOSCH \*