

Energieeffizienzstrategien in der KH-Planung am Beispiel Uniklinikum Frankfurt

Dr. G. Hillmann¹, M. Korolkow¹, M. Roos², M. Schmidt², R. Jakobiak³, H. Schiller⁴

¹ IBUS - Institut für Bau-, Umwelt- und Solarforschung GmbH, Berlin

² Technische Universität Berlin

³ daylighting.de UG, Berlin

⁴ schiller engineering, Hamburg

Zusammenfassung— Der vorliegende Beitrag stellt Untersuchungen des planungsbegleitenden Forschungsprojektes „Krankenhaus Plus“ vor, die im Rahmen der Entwurfsplanung für den zweiten Bauabschnitt des Universitätsklinikums Johann-Wolfgang-von-Goethe in Frankfurt a. M. durchgeführt wurden. Für den Erweiterungsbau, der zwei Bettenhäuser und einen Funktionsbau mit acht OP-Sälen umfasst, gilt die aktuelle Forderung der hessischen Landesregierung für öffentliche Gebäude, die geltende EnEV in Bezug auf die Gebäudehülle um 50% und in Bezug auf den Primärenergiebedarf um 30% zu unterschreiten. Diese Forderung kann nur durch ein hohes Maß an Energieeffizienz erfüllt werden.

Schlagwörter— Krankenhaus, Planungsprozess, Energieeffizienz, EnEV

Einleitung

Das Forschungsprojekt Krankenhaus Plus befasst sich allgemein mit Energieeffizienzstrategien in Krankenhäusern. Dabei werden neben unterschiedlichen Querschnittsaktivitäten zwei Krankenhäuser detaillierter untersucht. Eines der beiden ist das Universitätsklinikum in Frankfurt a.M. und dort speziell der sog. zweite Bauabschnitt, der sich derzeit im Entwurfsstadium befindet. Das Forscherteam begleitet den Planungsprozess und setzt ein Monitoringkonzept um, das in den ersten Betriebsjahren zur Betriebsoptimierung und Überprüfung der Zielerreichung dienen soll.

In der Zeit zwischen dem Vorentwurf (ES-Bau) und dem Entwurf (EW-Bau) wurden vom Forscherteam verschiedene Untersuchungen mit

dem Ziel der Energieeinsparung durchgeführt, die im Folgenden näher erläutert werden sollen.

Politische Voraussetzungen

In Hessen besteht aktuell die Forderung bei Sanierung und Neubau öffentlicher Gebäude, dass diese die EnEV 2009 in Bezug auf die Gebäudehülle um 50% und in Bezug auf den Primärenergiebedarf um 30% unterschreiten sollen. Da diese Forderungen zu Beginn der Planungen des zweiten Bauabschnitts des Universitätsklinikums in Frankfurt noch nicht bestanden, entstand der Vorentwurf (ES-Bau) mit dem Ziel lediglich die EnEV 2009 einzuhalten. Anschließend mussten die Planungen aber an die aktuellen Anforderungen angepasst werden und verschiedene Energieeffizienzstrategien und Energieeinsparmaßnahmen mussten in die Planung aufgenommen werden.

Standortvoraussetzungen

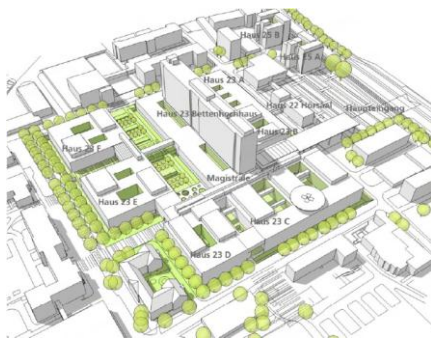


Abbildung 1: Vogelperspektive der Gesamtbaumaßnahme.

Der zweite Bauabschnitt umfasst die Gebäude 23 D, 23 E und 23 F und befindet sich mitten im Klinikcampus, der über die Jahrzehnte stetig gewachsen ist. Die Gebäudestruktur ist dementsprechend inhomogen. In der obenstehenden Abbildung ist der Lageplan des Campus zu sehen (die Blickrichtung ist gen Westen). Das Universitätsklinikum wird mit Fernwärme versorgt und deckt darüber sowohl seinen Wärmebedarf als auch über Absorptionskältemaschinen einen Teil seines Kältebedarfs. Auch der geplante zweite Bauabschnitt soll auf diese Weise versorgt werden. Das bedeutet, dass die Forderungen des EEWärmeG über die Wärmenutzung aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen erfüllt werden. Das Heizkraftwerk wird mit fossilen Brennstoffen betrieben und erreicht einen Primärenergiefaktor von 0,54. Ein Einsatz von erneuerbaren Energien zur anteiligen Deckung des Energiebedarfs wird aufgrund der anliegenden Fernwärme vom Bauherrn und von den Planern nicht näher in Betracht gezogen.

Bauliche Effizienzstrategien

Als bauliche Energieeffizienzstrategien können im Wesentlichen folgende verfolgt werden: die Verminderung von Transmissionswärmeverlusten über die Gebäudehülle insbesondere durch die genaue Planung zur Vermeidung von Wärmebrücken, die Optimierung der Tageslichtversorgung und Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz, um unnötige Wärmeeinträge im Sommer zu vermeiden.

Die Gebäudeform, deren Kompaktheit (A/V-Verhältnis) und deren Ausrichtung beeinflussen den zukünftigen Energiebedarf entscheidend.

Dabei gibt es prinzipielle Konflikte: so steht beispielsweise die Kompaktheit zur Tageslichtnutzung im Widerspruch. In den meisten Räumen im Krankenhaus besteht ein Bedarf an natürlicher Beleuchtung, was gezwungenermaßen zu einem hohen Bedarf an Fassadenfläche führt. Um gleichzeitig die Kompaktheit des Gebäudes weitestgehend zu erhalten, können (überglaste) Innenhöfe zur Tageslichtversorgung vorgesehen werden.

Je höher der Wärmedämmstandard der Gebäudehülle ist, desto größer wird der Einfluss von

Wärmebrücken. Diese sollten in jedem Fall detailliert betrachtet, vermieden oder zumindest stark vermindert werden. So kann nicht nur der Energiebedarf gesenkt werden, sondern es werden auch Bauschäden vermieden.

Beim zweiten Bauabschnitt des Universitätsklinikums führte die genannte Verschärfung der Forderungen an die Dämmfähigkeit der Gebäudehülle dazu, dass das folgende Brüstungsdetail näher betrachtet und umgeplant wurde.

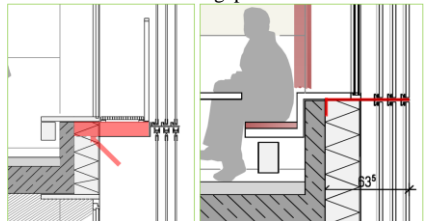


Abbildung 2: Wärmebrückenreduzierung: ursprüngliche Planung mit Wartungssteg (links), Wegfall des Wartungsstegs und reine Befestigung der Verschattungselemente (rechts).

Ursprünglich war ein Wartungssteg als Betonaukragung geplant. Um diese Wärmebrücke zu reduzieren, wurde zunächst die Konstruktion geändert und eine Stahlkonstruktion vorgesehen. Da diese aber immer noch durch die zur Befestigung notwendigen Durchdringungen der Wärmedämmebene eine erhebliche Wärmebrücke darstellte, wurde der gesamte Ansatz eines Wartungssteges überdacht. Ergebnis war, dass ein anderes Fassadenreinigungskonzept den Wartungssteg überflüssig macht. Die Wärmebrücke konnte allerdings nicht vollständig vermieden werden, da immer noch Durchdringungen der Wärmedämmung zur Befestigung der Sonnenschutzschiebeelemente notwendig sind.

Die Untersuchung der Tageslichtversorgung bezog sich auf beispielhaft ausgewählte Bereiche. Dabei konnte der Fensterflächenanteil für die wenig verbauten Bettenzimmer bestätigt werden. Es zeigte sich, dass eine Lüftungsbox die Transparenz des Fenstersystems senkt, insgesamt jedoch sinnvoll in das Beleuchtungskonzept eingebunden werden kann. Für das Sonnenschutzsystem aus transluzenten Schiebeläden wurde ein Optimierungsvorschlag formuliert, der die Tages-

lichtversorgung bei klarem Himmel sonnenstandsabhängig optimiert.

Die tageslichttechnische Untersuchung von in der zweiten Reihe angeordneten Arbeitsräumen führte zu einer Überarbeitung des Grundrisses durch die Architekten, so dass die Tageslichtbeleuchtung dieser Büros verbessert werden konnte.

Die verdichtete bauliche Struktur des Krankenhauses hat in hoforientierten Räumen in den unteren Geschossen eine stark verbauende Wirkung. Auch wenn das Tageslicht in solchen Bereichen das künstlich erzeugte Licht nur zeitweise ersetzen kann, so ist der Sichtkontakt ins Freie für die Mitarbeiter von großer Bedeutung.

Weiterhin wurde untersucht, welchen Einfluss die erhöhte Dämmstärke auf die Tageslichtversorgung der Pflegeräume hat. Die geplante Dämmstärke wurde mit einer Alternativvariante verglichen, bei der Vakuumdämmpaneele (VIP – Vacuum Insulation Panels) zum Einsatz kommen. Die folgende Abbildung zeigt den unterschiedlichen Wandaufbau für die Varianten mit konventioneller Dämmung (links) und mit VIPs (rechts).

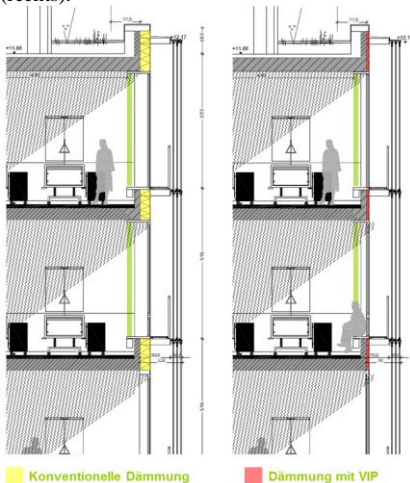


Abbildung 3: Wandaufbau mit konventioneller Dämmung, WLG 040 (links), und mit Vakuumdämmpaneele (rechts).

Durch die Verwendung einer VIP-Dämmung kann die Dämmstoff- und somit die Laubungsdicke reduziert werden. Eine Bewertung durch die Berechnung des Tageslichtquotienten zeigte, dass sich das Beleuchtungsniveau bei bedecktem Himmel hierdurch um knapp ein Fünftel erhöht.

Die Untersuchung der Auswirkung unterschiedlicher Gebäudehüllenvarianten auf das Innenklima in verschiedenen krankenhausspezifischen Bereichen ist eine Fragestellung, die sich auch aufgrund der erhöhten Forderungen des Landes Hessens ergab. Hier soll im Speziellen untersucht werden, wie sich eine hochwärmegedämmte Gebäudehülle bei Gebäuden mit hohen internen Wärmelasten gesamtenergetisch auswirkt. Insbesondere der Zusammenhang zum Kältebedarf und die Frage der energetisch sinnvollen Allokation von finanziellen Mitteln zur energetischen Optimierung sollen betrachtet werden. Weitere Simulationen sollen zu diesem Thema durchgeführt werden.

Als weitere bauliche Effizienzstrategie ist die Gestaltung des Außenraums zu sehen. Verschiedene Studien haben gezeigt, dass die Außenanlagen bzw. ein Blick ins Grüne und die Besonnung der Fassaden die Aufenthaltszeiten im Krankenhaus verringern können. Es konnte auch nachgewiesen werden, dass der Schmerzmittelbedarf gesenkt und die Entspannung gefördert werden kann. [1]. Natürliche Beleuchtung, Sichtbeziehungen nach außen und Freiräume mit einer hohen Aufenthaltsqualität sind Bestandteile einer nachhaltigen, gesundheitsfördernden Krankenhausumgebung. Der bereits viel verwendete Begriff „Healing Architecture“, der diese Aspekte berücksichtigt, basiert allerdings bis jetzt noch nicht auf einem nachgewiesenen Konzept.

Diese Studien sind auch für die Nachhaltigkeit und die Energieeffizienz von Bedeutung.

Anlagentechnische Effizienzstrategien

Eine wesentliche Strategie, um einen energieeffizienten Betrieb eines Krankenhauses sicherzustellen, ist es, ein umfassendes Monitoring durchzuführen. Durch visualisierte Energieströme im Gebäude kann das Betriebsverhalten der

Anlagentechnik optimiert werden. Was für den Bestand schon gebäudeweise umgesetzt wurde, soll nun im Neubau noch detaillierter untersucht werden. Ziel ist es, einzelne Verbräuche den verschiedenen Funktionsstellen im Gebäude zuzuordnen und somit die größten Verbraucher identifizieren zu können. Um bestimmte Funktionsstellen genauer untersuchen zu können, ist es wichtig, schon während der Entwurfsplanung Ziele bezüglich des Monitorings zu definieren und mit den Planern abzusprechen, um so bei der Ausführungsplanung an gegebener Stelle berücksichtigt werden zu können.

Bei den bisherigen Planungen hat sich allerdings herausgestellt, dass beispielsweise das Erfassen des Stromverbrauchs sehr schwierig ist, da im Krankenhaus eine komplexe Unterverteilungsstruktur vorliegt, der in weiten Teilen nur stark begrenzte Flächen zur Verfügung stehen. Dies erschwert spezifische Messungen, wie beispielsweise die separate Erfassung des Stromverbrauchs für künstliche Beleuchtung im gesamten Gebäude.

Da bei dem zweiten Bauabschnitt des Universitätsklinikums in Frankfurt die Wärmeversorgung über Fernwärme geschehen wird, soll im Folgenden auf die weiteren Hauptenergieverbraucher in der Haustechnik eingegangen werden:

Beleuchtung, Kühlung, Be- und Entfeuchtung.

In tagsüber genutzten Bauten kann das Tageslicht den Energiebedarf der künstlichen Beleuchtung um mehr als 70% reduzieren. Voraussetzung sind eine intensive Tageslichtnutzung und ein tageslichtabhängiges Kontrollsystem der künstlichen Beleuchtung. Daneben sind eine durch effiziente Leuchten und Leuchtmittel sowie einen hohen Wartungsfaktor zu erreichende geringe spezifische installierte Leistung und die Nutzung des Einsparpotenzials aus präsenzabhängiger Schaltung Grundpfeiler einer energetisch optimierten Beleuchtung. Abhängig von der Nutzung und der baulichen Situation wurden die künstlichen Beleuchtungssysteme energetisch optimiert und mit Kontrollsystemen ausgestattet, um die vorhandenen Einsparpotenziale energetisch und wirtschaftlich bestmöglich zu nutzen.

Im bestehenden Krankenhaus wird die Kälte vorwiegend über Kompressionskältemaschinen bereitgestellt. Ein Teil wird auch über Absorptionskältemaschinen erzeugt.

Als kostengünstige ergänzende oder alleinige Kühlstrategie hat sich die adiabate Kühlung hervor getan. In die Abluft wird vor dem Eintritt in den Wärmeübertrager Wasser eingesprüht. Durch die Verdunstung des Wassers in der Abluft wird diese bis zu 10 Kelvin heruntergekühlt. Anschließend durchläuft sie den Wärmeübertrager und kühlt die Zuluft. Beim Einsatz als Komfortkühlung (beispielsweise in Bettenzimmern der Normalpflege) ist die adiabate Kühlung ausreichend. In Bereichen mit erhöhten Anforderungen an die Raumlufttemperatur kann die adiabate Kühlung als Vorkühlung genutzt werden und somit den Kühlbedarf, der durch Kompressions- oder Absorptionskältemaschinen gedeckt werden muss, erheblich senken.

Ein Thema, das im weiteren Projektverlauf genauer untersucht werden soll, ist die OP-Lüftung. Die OPs sind so geplant, dass 80% der Luftmenge im Umluftbetrieb gefahren wird. Der Frischluftanteil beträgt 20%. Ein OP soll mit einem variablen Umluftanteil ausgestattet werden, um so den Anteil der freien Kühlung in Übergangszeiten zu erhöhen.

Eine messtechnische Bewertung der Energieeffizienz dieser Maßnahme ist im Rahmen des Monitorings vorgesehen.

Im Krankenhaus entfällt ein wesentlicher Anteil des Energiebedarfs auf die Luftbefeuchtung. Eine Rückgewinnung der Feuchte (Wasserdampf) aus der Fortluft könnte zu erheblichen Einsparungen führen. Das am häufigsten dafür genutzte System sind Rotationswärmetauscher mit hygroskopischer bzw. sorptiver Beschichtung. Aufgrund der mit diesem System verbundenen nachteiligen Leckagen, eignen sich Rotationswärmeübertrager nicht für den Einsatz im Krankenhaus. Eine neue, bisher wenig erprobte Alternative würde die Verwendung flüssiger Sorptionslösungen (Salzlösungen) darstellen.

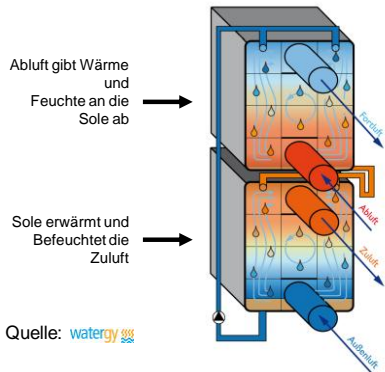


Abbildung 4: Funktionsprinzip der sorptiven Be- und Entfeuchtung.

Das Problem bei der Umsetzung liegt in der Marktverfügbarkeit und der ausreichenden Erprobung dieser Technologie. Derzeit sind in Deutschland lediglich zwei Anbieter am Markt. Daher wurde der Vorschlag, die sorptive Be- und Entfeuchtung in dem zweiten Bauabschnitt vorzusehen, abgelehnt. Dennoch besteht aber das Interesse, diese Technik an einer kleineren Anlage einzusetzen und zu erproben, um diese später gegebenenfalls auch bei größeren Anlagen einzusetzen.

Fazit und Ausblick

Krankenhäuser bergen aufgrund ihres hohen Energiebedarfs auch ein großes Potential zur Energieeinsparung. Im vorliegenden Beitrag konnten einige Effizienzstrategien für den zweiten Bauabschnitt des Universitätsklinikums J.-W.-Goethe in Frankfurt aufgezeigt werden. Im weiteren Projektverlauf sollen diese weiterverfolgt und ausgebaut werden.

Für die energetische Optimierung ist es wichtig, in allen Bereichen die bestehenden Standards oder auch die bestehende Planung zu hinterfragen und erforderlichenfalls Alternativen zu eingefahrenen Wegen zu suchen.

Während einer an die Bauphase anschließenden Monitoringphase kann die Zielerreichung überprüft und der Betrieb weiter optimiert werden. Ziel ist es, genauere Kenngrößen zu ermitteln und diese mit anderen Krankenhäusern zu vergleichen.

Danksagungen

Das Projekt wird im Rahmen der Forschungsinitiative „Energieoptimiertes Bauen“ (EnOB) gefördert. Unser Dank gilt dem BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) sowie dem Projektträger Jülich.

Auch möchten wir dem Planungsteam des Uniklinikums in Frankfurt für die Zusammenarbeit danken.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Literatur

[1] Deutsche Bauzeitung: Gesundheit, Ausgabe 2012-2.

Links

www.khplus.info
www.enob.info