

# Pilotprojekt zur kostengünstigen Modernisierung von Wohnblöcken nach dem Passivhausprinzip in Norwegen

Michael Klinski und Tor Helge Dokka, SINTEF Byggforsk

Postboks 124 Blindern, N-0314 Oslo

Tel: +47 22 96 55 53, e-mail: [michael.klinski@sintef.no](mailto:michael.klinski@sintef.no)

Trond Haavik, Segel AS, Postboks 284, N-6771 Nordfjordeid

## 1. Das Projekt Myhrerenga: Hintergrund und Überblick

Wie in anderen Ländern, werden energetische Sanierungen auch in Norwegen meist nur auf mittelmäßigem Niveau durchgeführt. Damit werden hocheffiziente Energiesparmaßnahmen im Wohnungsbestand für Jahrzehnte blockiert, weil eine erneute, dann energetisch bessere Sanierung dieser Gebäude erst nach langer Zeit wieder rentabel sein wird. Myhrerenga ist die erste Modernisierung von norwegischen Wohnblöcken nach dem Passivhauskonzept.

Myhrerenga ist eine Wohnungsgenossenschaft 15 Kilometer nordöstlich von Oslo mit 168 Wohnungen in sieben gleichartigen Wohnblöcken, die 1968 bis 1970 gebaut wurden. In jedem der dreigeschossigen Gebäude gibt es 24 Wohnungen, davon sechs Zweizimmerwohnungen mit 54 m<sup>2</sup> und 18 Dreizimmerwohnungen mit 68 m<sup>2</sup> Wohnfläche. Da sich immer mehr Schäden an den Fassaden zeigten und sich Bewohner über Zugerscheinungen, kalte Fußböden und schlechte Luft beschwerten, wurde das Architekturbüro Arkitektskap 2006 beauftragt, ein Konzept für eine Fassadensanierung zu entwickeln. Statt die Wärmedämmung nur ein wenig zu verbessern, schlug die staatliche Wohnungsbaubank Husbanken zusammen mit dem Bauforschungsinstitut SINTEF Byggforsk vor, die ohnehin notwendige Fassadenrenovierung für eine umfassende Modernisierung mit Passivhauskomponenten zu nutzen. Hierfür wurde ein Maßnahmenpaket entwickelt, mit dem der gesamte jährliche Endenergiebedarf (einschließlich Haushaltsstrom) von 275 – 300 auf 80 kWh/m<sup>2</sup> gesenkt und der Heizwärmebedarf um 80 – 90 Prozent auf ca. 25 kWh/m<sup>2</sup>a reduziert werden soll.



Abb. 1 Sieben gleiche Wohnblöcke, die Hauptfassaden nach Osten und Westen orientiert.

Das ambitionierte Energiekonzept wurde im Rahmen des Forschungsprojekts EKSBO entwickelt, das dem IEA SHC Task 37 „Advanced Housing Renovation with Solar and Conservation“ angeschlossen ist. Nach zwei Jahren Diskussion und Planung entschied sich die Generalversammlung der Bewohnergenossenschaft für die Modernisierung nach dem Passivhauskonzept. Die Bauarbeiten haben im Februar

dieses Jahres begonnen und werden Mitte 2011 abgeschlossen sein. Das Pilotprojekt wird im Rahmen des neuen Forschungsprojekts REBO zur Aufwertung der Wohnblöcke der Nachkriegszeit weiter betreut und ausgewertet.

## 2. Die Ausgangssituation: Myhrerenga vor der Modernisierung

Die Gebäude sind typisch für ihre Zeit mit Betonfertigteilen als tragende Querwände, Giebelwände, Decken und Balkone, während die Längswände aus Holzständerwänden bestehen. Das Kaltdach über der obersten Geschossdecke ist eine flach geneigte Holzkonstruktion. Das Dach und die Längswände sind mit 10 cm Mineralwolle gedämmt, die Sandwich-Giebelelemente nur mit 8 cm. Die Kellerdecken besitzen oberseitig eine Dämmung aus 5 cm Polystyrol. Die Holzfenster aus der Bauzeit wurden bereits in den 1980er Jahren durch neue mit Zweischeiben-Isolierglas ersetzt. Viele von ihnen sind dennoch in einem so schlechten Zustand, dass sie dringend ausgetauscht werden müssen.



Abb. 2 Große Schäden an den Fassaden und Fensterrahmen. Fotos: Romerikes Blad.

Den Bewohnern zufolge sind die Bauten sehr undicht. Drucktests während der Modernisierungsarbeiten ergaben keine brauchbaren Ergebnisse, weil auch zwischen den einzelnen Wohnungen an vielen Stellen Leckagen auftauchen. Wärmebrücken existieren an fast allen Anschlüssen. Alle Wohnungen haben einen Balkon – viele von ihnen mit Feuchteschäden unter der Balkonplatte. Diese kragen jedoch nicht aus der Decke aus, sondern lagern auf Konsolen, die in den tragenden Querwänden befestigt sind. Die Balkonplatten können deshalb ohne großen Aufwand entfernt und durch eine neue Konstruktion auf Stützen ersetzt werden. Damit kann der Wunsch vieler Bewohner nach größeren Balkonen kostengünstig erfüllt werden, und es gibt für die Verankerung nur noch punktweise Durchdringungen durch die ungeschwächte Fassadendämmung.

Die Wohnungen sind an ein mechanisches Entlüftungssystem mit einem Ventilator pro Ausgang sowie an eine Zentralheizung angeschlossen, welche von einem Heizhaus mit Öl- und Elektrokesseln versorgt wird.

## 3. Das Modernisierungskonzept

Das Maßnahmenpaket umfasst alle üblichen Passivhauskomponenten wie erheblich verbesserte Wärmedämmung, Minimierung von Wärmebrücken und Verbesserung

der Luftdichtheit sowie Einbau von Passivhausfenstern und einer kontrollierten Wohnungslüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung. Das Heizungssystem in den Wohnungen wird vereinfacht, das Heizhaus wird renoviert und die Wärmeversorgung wird weitgehend auf erneuerbare Energie umgestellt. Es ist geplant, die Energiekosten zukünftig nach individuellem Verbrauch abzurechnen.

### 3.1. Maßnahmen zur Verringerung der Wärmeverluste

Der existierende belüftete Hohlraum im Dach wird vollständig mit loser Mineralwolle ausgeblasen, d. h. die Dämmstärke wird von 10 cm auf 45 bis 60 cm erhöht. Um die gesamte Fassade wird eine zusätzliche, ununterbrochene Dämmschicht von 20 cm gelegt; die Konstruktion ist im folgenden Absatz und in Abbildung 3 erklärt. Unter der Kellerdecke werden 10 cm starke Dämmplatten angebracht. Fenster und Balkontüren werden durch passivhausgeeignete Elemente ersetzt.

Bauteil:	U-Wert vorher:	U-Wert nachher:
Längswände (Hauptfassaden)	0.40	0.12
Giebelwände	~ 0.45	0.15
Dach	0.35	0.11
Kellerdecke (einschl. Reduktionsfaktor für KG)	0.58	0.23
Fenster und Balkontüren	2.8	0.80
Hauseingangstüren	2.7	1.20

Tabelle 1 Berechnete U-Werte vor und nach der Modernisierung in  $W/m^2K$ .

Die Fassadenbekleidung der Längswände wird entfernt, und schadhafte Dämmung in der Holzständerkonstruktion wird ausgebessert. Auf den vorhandenen Holzständern wird eine neue, diffusionsoffene Fassadenkonstruktion befestigt. Sie besteht aus OSB-Platten als luftdichte Ebene mit abgeklebten Stößen, 20 cm Mineralwollämmplatten und einer neuen Bekleidung. Die Last aus Fassadenplatten und Latten wird hauptsächlich nach oben über die Attika abgeleitet, so dass es in der Dämmschicht nur wenige minimierte Wärmebrücken gibt. Die neuen Fenster werden in der Dämmebene platziert und mit Winkeln durch die OSB-Platten an den Holzständern befestigt. Die Fugen werden mit Klebeband abgedichtet. Die Stützen für die neuen Balkone werden außerhalb der Fassade sowie zwischen Dämmung und Bekleidung angeordnet. An den Giebelwänden werden die gleichen Dämmplatten zwischen den vorhandenen Betonelementen und einer neuen gemauerten Vorsatzschale angeordnet. Auf den Betonelementen wird zuvor eine diffusionsoffene Luftdichtungsbahn verlegt.

Sowohl die diffusionsoffene Fassade als auch die nun nicht mehr belüftete Dachlösung sind in Norwegen nicht üblich. Die Konstruktionen wurden deshalb in Workshops ausgiebig diskutiert. Außerdem wurde eine Testwand im Labor gebaut, und alle für die Luftdichtheit und die Minimierung von Wärmebrücken wichtigen Details wurden genau ausgearbeitet und beschrieben. Im Ergebnis wurde das vollständige Ausblasen des Dachhohlraums trotz des dann zwischen zwei relativ dampfdichten Ebenen eingeschlossenen, unbelüfteten Holzmaterials als sicher angesehen, weil die Betondecke luftdicht und genügend dampfbremsend ist und weil

die bestehende Holzkonstruktion im Lauf der Jahrzehnte bereits ausgetrocknet ist. Um ganz sicher zu gehen und vor allem um Schäden aus eventuellen Leckagen in der Dachhaut vorzubeugen, wird die Feuchtigkeit nach dem Umbau an einigen typischen Stellen in der Holzkonstruktion gemessen und ausgewertet werden.

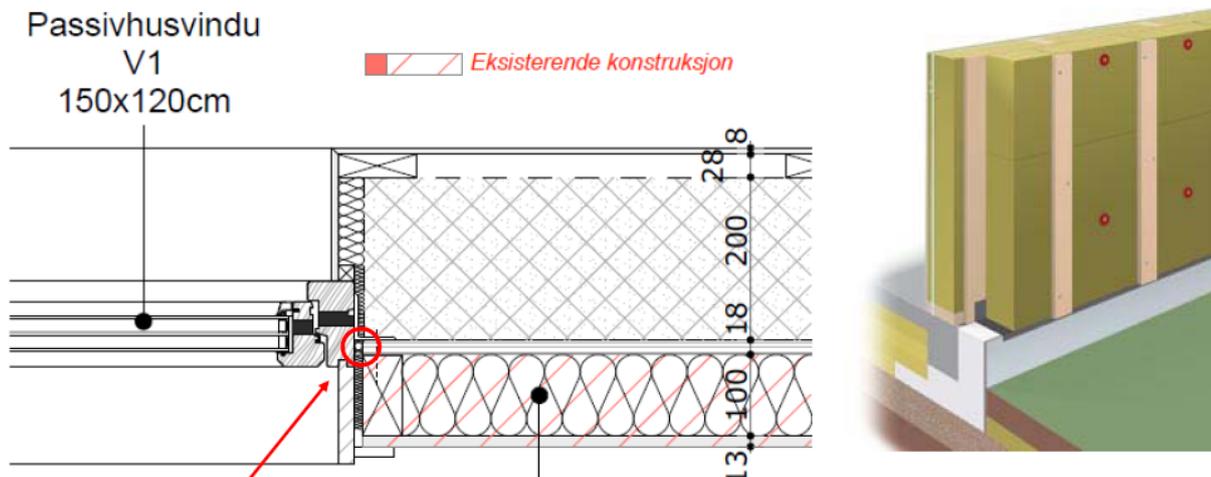


Abb. 3 Die neue Fassade der Längswände mit 20 cm Dämmung und diffusionsoffenen OSB-Platten auf der bestehenden 10 cm starken Holzständerwand. Die Fugen zwischen Fenster und OSB-Platten werden mit Klebeband abgedichtet. Illustrationen: Arkitektskap AS und Rockwool AS.

### 3.2. Lüftung, Heizung und Energieversorgung

Für die kontrollierte Wohnungslüftung wird in jedem Block ein Lüftungsgerät im Keller aufgestellt. Ein großer Teil der Kanäle kann in den Schächten der existierenden Abluftanlage und in den alten Müllabwurfschächten untergebracht werden. In den Wohnungen sind nur kurze Kanalführungen notwendig. Heizkörper sind nicht mehr in allen Räumen erforderlich. Abgesehen vom Bad, werden sie ausgebaut, und der Heizkörper im Wohnzimmer wird durch einen neuen ersetzt.

Nur der elektrische Heizkessel soll für die Spitzenlast behalten werden. Die Ölkessel werden durch drei in Reihe geschaltete Wärmepumpen mit je 25 kW ersetzt. 44 Sonnenkollektoren auf dem Dach des Blocks neben dem Heizhaus ergänzen die Wärmepumpen, so dass diese in den wärmsten Monaten abgeschaltet bleiben können. Ziel ist, dass die Sonnenkollektoren insgesamt 50 Prozent des Wärmebedarfs für die Warmwasserbereitung decken können.

## 4. Energiebedarf vorher und nachher

Durch Maßnahmen wie Stilllegung nicht genutzter Kühlräume, Dämmung von Armaturen und optimierte Systemsteuerung konnte der mit jährlich rund 400 kWh/m<sup>2</sup> extrem hohe Energieverbrauch bereits vor einigen Jahren bedeutend gesenkt werden. In den letzten Jahren wurden aber immer noch 275 – 300 kWh/m<sup>2</sup>a gemessen, einschließlich des gesamten Haushaltsstroms in den Wohnungen. In Tabelle 2 wird der gemessene Energieverbrauch dem berechneten Bedarf nach der Modernisierung gegenübergestellt. Da die gemessenen Werte nur zwischen elektrischem Strom und Öl unterscheiden, nicht aber zwischen den unterschiedlichen Verbrauchsposten, wurden hierfür die gleichen Standardwerte eingesetzt wie nach

der für Energiebedarfsberechnungen gültigen Norm (4). Der Wert für die Heizung ergibt sich dann als geschätzter Rest.

Energieposten	Gemessen vor Modernisierung (Endenergie)	Berechnet nach Modernisierung	
		Netto Energiebedarf	Endenergiebedarf
Heizung	195 – 220	25	15
Warmwasser	30	30	15
Hilfsstrom	10	10	10
Haushaltsstrom	40	40	40
Summe	275 – 300	105	80

Tabelle 2 Energiebedarf vor und nach der Modernisierung in kWh/m<sup>2</sup>a.

Wenn sich die Ergebnisse in der Praxis bestätigen, wird der Heizwärmebedarf um 80 bis 90 Prozent und der gesamte Endenergiebedarf um 70 bis 75 Prozent gesenkt.

## 5. Die Kosten im Vergleich zu konventioneller Sanierung

Die Gesamtkosten einschließlich Planung, Bauleitung, neuer Balkone und Drainage wurden auf 74,5 Millionen norwegische Kronen geschätzt. Das sind 6 840 NOK oder 850 EUR pro Quadratmeter einschließlich Mehrwertsteuer. Die Mehrkosten gegenüber einer konventionellen Fassadensanierung betragen 20,7 Mio. NOK, entsprechend 1 900 NOK/m<sup>2</sup> oder 235 EUR/m<sup>2</sup>. Zuschüsse der Energieagentur Enova in Höhe von 6,4 Mio. NOK verringern die Mehrkosten auf 1 310 NOK/m<sup>2</sup> oder 160 EUR/m<sup>2</sup>.

Nach den Berechnungen sind auch ohne Zuschüsse alle Mehrkosten durch die gesparten Energiekosten gedeckt. Dank der Zuschüsse und eines günstigen Darlehens der staatlichen Wohnungsbaubank werden die monatlichen Gesamtkosten für die Bewohner nun sogar zehn Prozent niedriger sein als nach einer konventionellen Sanierung. Die monatlichen Gesamtkosten (Rückzahlung des Darlehens, Energie, Instandhaltung, Verwaltung usw.) nach der ambitionierten Modernisierung werden auf 3 190 NOK für eine Zweizimmerwohnung und 3 990 NOK für eine Dreizimmerwohnung geschätzt. Das sind 300 – 400 NOK weniger als nach einer konventionellen Sanierung, entsprechend 40 – 50 EUR pro Wohnung. So können die Bewohner Geld sparen und bekommen trotzdem eine Wohnung mit besserem Innenraumklima. Damit wird auch der Verkaufswert der Wohnungen bedeutend höher werden.

## 6. Angebotsverfahren und Bauphase

Alle die eingegangen fünf Angebote lagen über den geschätzten Baukosten. Es mussten deshalb intensive Verhandlungen und Diskussionen über mögliche Vereinfachungen durchgeführt werden, bevor der Auftrag an die Firma Agathon Borgen vergeben werden konnte, ohne den Kostenrahmen zu überschreiten. Es zeigte sich, dass weder Hauseingangstüren noch Kellertüren in Passivhausqualität auf dem norwegischen Markt erhältlich waren. Als Konsequenz wurde für das gesamte Treppenhaus (Fassade, Fenster, Eingang, Übergang zum Keller) ein vereinfachter Standard gewählt, der auch bedeutende Kosten spart. Luftdichtungsmaßnahmen werden jedoch ausgeführt, auch an den vorhandenen Kellertüren. Zur Kompensation werden alle Kelleraußenwände bis zu den Fundamenten 10 cm stark gedämmt. Das verur-

sacht wegen der ohnehin notwendigen Drainagearbeiten kaum Kosten und erhöht die Kellertemperaturen, so dass Feuchteschäden vorgebeugt wird.

Die Modernisierungsarbeiten, auch in den bewohnten Wohnungen, verlaufen bisher ohne größere Probleme. Erst während der Arbeiten erwies sich indessen, dass die angebotenen Wärmerückgewinnungsgeräte die Anforderungen nicht erfüllen. Die Entscheidung hierüber stand Ende August 2010 noch aus.

## **7. Die wichtigsten Faktoren für den Erfolg des Projekts**

Eine vorläufige Schlussfolgerung ist, dass kostengünstige Sanierungen nach dem Passivhauskonzept auch im norwegischen Durchschnittsklima möglich sind. Der Planungs- und Beschlussfassungsprozess ist allerdings komplizierter als in Mitteleuropa. Um in einer Wohnungsgenossenschaft in Norwegen eine größere Renovierung durchführen zu können, muss die Generalversammlung der Bewohner dies mit Zweidrittelmehrheit beschließen.

Ausschlaggebend im Fall Myhrerenga war, dass die monatlichen Gesamtkosten der ambitionierten Modernisierung nicht höher veranschlagt wurden als bei einer ohnehin notwendigen einfachen Fassadensanierung. Der Vorstand der Genossenschaft war bereits bei der ersten Kontaktaufnahme durch das Forschungsprojekt positiv eingestellt und verstand es als eingespieltes Team, die Bewohner in einen längeren, gut durchgeführten Entscheidungsprozess mit mehreren Informationsabenden einzubinden. Das Konzept wurde auf Workshops diskutiert, und in Zusammenarbeit mit SINTEF Byggforsk wurde eine klare Entscheidungsgrundlage erarbeitet.

Die Bewohner sind meist unter 30 ohne Kinder oder schon über 50 Jahre alt, letztere oft geschieden. Viele leben noch nicht lange in der Siedlung, so dass sie für Maßnahmen für höheren Komfort aufgeschlossen sind. Kritische Fragen wurden vom Vorstand aufgenommen und konnten von SINTEF Byggforsk in einer Seriosität ausstrahlenden, aber dennoch allgemeinverständlichen Weise beantwortet werden. Der Vorstand hatte schon früher erfolgreich kostensparende Maßnahmen initiiert und genießt deshalb großes Vertrauen. Er hatte auch finanziell vorgesorgt und schon seit längerem die monatliche Umlage erhöht, so dass die Genossenschaft Eigenkapital ansparen konnte. Damit werden die monatlichen Kosten – ob mit oder ohne Passivhauskomponenten – nicht so stark steigen wie es sonst notwendig wäre.

## **8. Literatur**

- (1) ARKITEKTSKAP AS. *Rehabilitering Åsenhagen 3-15, Fase 1*. Oslo 2006.
- (2) ARKITEKTSKAP AS. *Myhrerenga borettslag, Fase 2*. Oslo 2007.
- (3) AKERSHUS ENØK OG INNEKLIMA AS. *Enøk-analyse Myhrerengal borettslag*. Skedsmo 2007.
- (4) STANDARD NORGE. *NS 3031 – Beregning av bygningers energiytelse*. Bærum 2007.
- (5) HAAVIK, T. *Myhrerenga Housing Cooperative – renovation project*. Nordfjordeid – IEA SHC task 37, Projektbroschüre Subtask A, 2010.