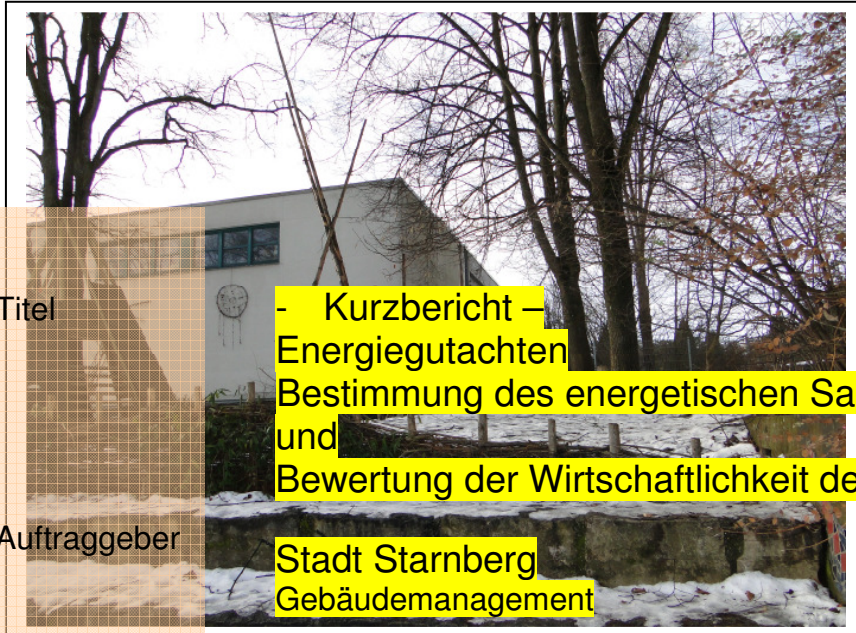


Objekt: Turnhalle der Grund- und Hauptschule;
Starnberg, Am Hirschanger



Titel

- Kurzbericht –
Energiegutachten
Bestimmung des energetischen Sanierungspotentials
und
Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen

Auftraggeber

Stadt Starnberg
Gebäudemanagement

Umfang

8 Seiten

Bearbeitung

Dipl.-Ing. A. Münch / Dr.-Ing. J. Morhenne
ISC INFRA STRUKTUR CONSULTING GmbH
Lindberghstrasse 7
82178 Puchheim
Tel. 0 89 / 32 36 33 - 10

Puchheim,
den

28. September 2010

Zusammenfassung

Die Turnhalle der Grund- und Hauptschule Starnberg weist erhebliches energetisches Sanierungspotential auf, das wirtschaftlich zu erschließen ist. Eine umfassende Sanierung ermöglicht eine Energieeinsparung von 61% Wärme und 47 % Strom. Wesentliche Maßnahmen sind über die Verbesserung der Wärmedämmung der Gebäudehülle hinaus, die Sanierung der Lüftung, eine Hydrauliksanierung und Veränderungen in der Warmwasserbereitung. Prioritäten der Sanierung und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen werden aufgezeigt. Berechnungen) höhere Verbräuche ausweist, als gemessen wurden, wird die Bewertung der Maßnahmen nicht nach EN 18599 sondern bauteilbezogen vorgenommen. Ein Abgleich mit den Messwerten wird auf Basis von Gradtagszahlkorrekturen für Absenkbetrieb und Ferien etc. vorgenommen. Die Berechnung der Fenster erfolgt analog dem PHPP¹-Verfahren, in dem die solaren Gewinne realistischer bezüglich ihrer Nutzbarkeit gewertet werden, als dies durch das EnEV Verfahren möglich ist. Dies führt dazu, dass keine unrealistischen Einsparungen Berücksichtigung finden.

Das Gebäude ist an den Hang gebaut. Im Untergeschoss befindet sich der Zugang und die Umkleiden und Duschen/WC und die Hausmeisterwohnung. Der hintere hangseitige Teil ist teilunterkellert, hier sind die Lüftungszentrale und Heizung untergebracht. Über einen internen Flur sind die Technikräume mit der Hausmeisterwohnung verbunden. Im darüber liegenden Geschoss befindet sich eine weitere WC-Anlage, die Geräteräume und Lehrerumkleide. Ein großes Foyer, welches einen weiteren Außen-Zugang besitzt, war als Jugendraum geplant, wird aber nur noch als Garderobe bei Veranstaltungen, die in der Halle stattfinden, genutzt. Die eigentliche Turnhalle ist von einem Gymnastikraum, der auch als Bühne genutzt werden kann durch eine große Trennwand abgetrennt. Von der Gymnastikhalle ist der Proben und Kulissenraum durch ein Tor abgetrennt. Der Zustand der Fassaden ist altersgemäß, d. h. in einzelnen Bauabschnitten stehen Sanierungsmaßnahmen zum Erhalt der Bausubstanz bevor. (s. folgendes Kap. und Kap. Maßnahmen). Der Wärmeschutz der Fassaden entspricht dem der Erstellung und ist damit unter Berücksichtigung heutiger Anforderungen unzeitgemäß. Fenster wurden in Teilbereichen erneuert; (Foyer und Wohnung). Direkte Bauschäden sind nicht erkennbar.

Die Turnhalle ist gekennzeichnet durch geringe Veränderungen seit ihrer Errichtung in den 60er Jahren. Sie wurde 1988 um einen Proben- und Kulissenraum erweitert. Die Technik und die Außenbauteile sind nahezu unverändert. Die Heizkessel wurden einmal in 1997 erneuert. Sie versorgen auch die nebenan liegende Grund- und Hauptschule.

Die folgende Tabelle zeigt die Maßnahmen, deren Einsparung und Kosten sowie die berechnete Vermeidung von Treibhausgas (CO₂).

¹ PHPP -Passivhaus Projektierungsprogramm

Maßnahmen	Nominelle Einsparung kWh/a	Kosten €	Einsparung CO ₂ kg	Einsparung monetär €
Wärmedämmung Decke/Dach	67.930	45.130	17.254	5.271
neue Fenster	28.790	80.029	7.313	2.234
Wärmedämmung Wand	39.916	94.397	10.139	3.097
Wärmedämmung Kellerdecke	0	0	0	0
Hydrauliksanie rung Wärme	10.397	500	2.641	807
Hydrauliksanie rung Strom	1.553	3.867	971	291
Lüftungssanie rung elektr.	9.045	12.000	5.653	1.692
Lüftung therm.	33.919	12.000	8.615	2.632
Heizungsaustausch	15.595	23.333	3.961	1.210
Einsparungen Elektro	0	0	0	0
Beleuchtungs- sanie rung	4.000	21.443	2.500	748
Solarthermische Anlage	16.000	25.000	0,254	1.241
Summe	227.145	317.700 €	59.047	19.225 €

Die berechneten Einsparungen wurden auf Basis der Begehung und der aufgenommenen Daten erstellt. Da insbesondere Pläne der technischen Systeme fehlen oder diese nicht dem aktuellen Stand angepasst wurden, beruhen die angegebenen Kosten und Einsparungen teilweise auf typischen Werten und Daten aus durchgeführten Projekten². Unwägbarkeiten sind daher einzukalkulieren, wenn Budgets für die Maßnahmen bereitgestellt werden sollen.

Für die Heizung und Hydraulik (Pumpenaustausch) wurden die anteiligen Kosten (1/3) eingestellt Die Einsparung für Hydraulik und Kesseltausch beziehen sich auf die Turnhalle

Maßnahmen im baulichen Bereich

Außenwand dämmen

Wand gegen Außenluft mit >150mm dämmen, neuer U-Wert: < 0,2 W/m²K (Dämmstoff WLG 035)³

Die bestehenden Wände sollen mit einer Wärmedämmung mit einer Dämmstärke von 15cm (Polystyrol oder Mineralwolle) (WLG 035) versehen werden und dann neu verputzt werden (Wärmedämmverbundsystem) oder mit einer Vorsatzschale verkleidet werden

Die äußere Erscheinung des Hauses kann damit attraktiv gestaltet und das Gebäude damit zukunftsfähig werden. Im Spritzbereich des Erdreichs sind Perimeterdämmplatten zu verwenden. Lücken zwischen der Perimeterdämmung

² Siehe z.B. <http://www.wupperinst.org/solarundsparr>

³ unter Berücksichtigung der Wärmebrückenaufschläge wird zur Berechnung der Einsparung ein Wert von 0,25 W/m²K angesetzt

und der Außenwanddämmung sind zu vermeiden.

Bei ungeheiztem Keller, der das Erdreich überragt, sollte die Dämmung, zur Vermeidung von Wärmebrücken, die Kellerdecke und noch mindestens 20cm die Kellerwand überdecken. (wenn keine Dämmung der Kelleraußenwände erfolgt) Mit 15cm Dämmstoff der WLG 035 ergibt sich ein neuer U-Wert: von $< 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, (vorher ca. $1 \text{ W/m}^2\text{K}$). Zur Vermeidung von Feuchte- und Schimmelbildung ist es wichtig, die Fensterlaibungen einzubeziehen (hier wird jedoch eine verringerte Dämmstoffdicke ca. 2-3 cm verlegt (bis zur Rahmenkante).
vgl. hierzu auch die Fenstererneuerung

Kosten der Maßnahme ca. 135 €/m^2 im Bereich WDVS, 175 €/m^2 als Vorsatzschale.

Erneuerung der Fenster

Fenster/Türen sind zum geringen Teil erneuert. Die alten Elemente sollten nach und nach ersetzt werden. Auf Grund der drastischen Preisreduzierung bei Dreifachverglasungen empfehlen wir diese einzusetzen. Gängig sind Verglasungen mit einem U_G -Wert von $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Es sollte auf einen möglichst hohen G-Wert geachtet werden. Bei den Rahmen sind Kunststoff –Elemente im Vorteil, da mittlerweile 5-Kammerprofile verglichen mit Holzrahmen einen deutlichen besseren U_F Wert bieten. Mit diesen sind U_W Werte von $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ bei Einsatz von 3-Scheiben Verglasung möglich. Bei den Lichtbändern in der Halle sind jedoch zusätzliche Anforderungen zu erfüllen (Ballwurfsicherheit) Inwieweit die Öffnungsflügel im Bestand jetzt diese Anforderung erfüllen muss geklärt werden. Wenn hier die Anforderungen erfüllt sind, wäre es möglich die Elemente zu belassen und außen in der Dämmebene neue zusätzliche Festverglasungen einzubauen. Die Elemente könnten dann auch als 2-fach Verglasung ausgeführt werden. Dies würde die Kosten deutlich reduzieren. (die Belüftung der Halle wird über die Lüftungsanlage sichergestellt siehe Lüftung) Für die Türanlagen wird kein Sanierungsvorschlag unterbreitet, da hier die Kosten die Einsparung meistens deutlich übersteigen (Vorraussetzung ist dass die Elemente funktionsfähig sind)

Die Fenster sollten darüber hinaus in ihrer Größe so angepasst werden, dass eine Außendämmung einschließlich der Laibungen angebracht werden kann. (In den Laibungen sollten 2-3cm Dämmstoff eingeplant werden)

Der neue U-Wert: für Glas und Rahmen sollte mindestens $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ betragen (nur Glas $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$) bisher betrug er $2,9$ bzw. $3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Es sollte auf einen hohen g-Wert von $0,5$ (Energiedurchlassgrad) geachtet werden.

Der g-Wert beeinflusst die solaren Gewinne des Hauses.

Werden Außendämmung und Fenstererneuerung zeitgleich durchgeführt, kann die Einbausituation der Fenster optimiert werden. Optimal ist eine möglichst große Überdämmung der Rahmen mit hoher Dämmstärke und eine Position an der Dämmebene.

Kosten

für Fenstererneuerung: ca. 340 €/m^2 ,⁴

Mehrkosten keine bei alters- / zustandsbedingt notwendigem Austausch

Dach- bzw. Deckendämmung

Die Dämmung der Dachflächen sollte kurzfristig in die Wege geleitet werden. Die Effizienz dieser Maßnahme ist bezogen auf den Kapitaleinsatz erheblich. Es stellt die Maßnahme mit besten Kosten/Nutzenverhältnis dar. Es sind verschiedene Systeme am Markt verfügbar, abhängig von der bestehenden Eindichtung und Unterkonstruktion. In der Regel kann ohne Zusatzmaßnahmen direkt auf die bestehende Dachhaut aufgebaut werden. Die Kosten beziehen sich auf den Dämmstoff, es wird empfohlen mindestens eine Dämmstoffdicke von 240mm einzubauen. Erreicht wird damit ein U-Wert von $<0,15\text{W/m}^2\text{K}$

Angesetzte Kosten: 50€ / m²
Einsparung: > 67.930 kWh/a

Dämmung der Kellerdecke bzw. der unteren Decke

Lediglich die Technikräume sind im Keller untergebracht, Da diese durch den Wärmeeintrag der Heizung, Speicher und Maschinen eine höhere Temperatur haben, wird von einer Dämmung der unterseitigen Kellerdecke abgesehen, da die Einsparung marginal ist.

Für den Anbau, der aufgestellt errichtet wurde, würde eine unterseitige Dämmung Sinn machen. Aufgrund der Vielzahl von Stützen, die statisch erforderlich sind, und die Wärmebrücken darstellen, wäre die Dämmung sehr aufwendig.

Hinzu kommt, dass hier auch der Fluchtweg des Kellergeschosses verläuft, daher sind hier Mindesthöhen und –breiten sicherzustellen.

Auch wird dieser Bereich nur bei Bedarf beheizt und nicht ständig genutzt. Unter Abwägung dieser Aspekte wird hier keine Maßnahme vorgeschlagen.

Maßnahmen im technischen Bereich

Neue Heizung/Kesselanlage

Die bestehende Kesselanlage ist noch voll funktionsfähig und erreicht den für Niedertemperaturkessel maximalen Wirkungsgrad von 94%. Die Lebenserwartung ist mit einem Alter von 13 Jahren auch noch nicht erreicht. Für den Fall des Ausfalls wird vorgeschlagen, die Kessel durch Brennwertkessel zu ersetzen.

Brennwertkessel haben den Vorteil, dass sie einen sehr großen Modulationsgrad besitzen, damit eine bessere Leistungsanpassung an den tatsächlichen Bedarf erreichen und auf Grund verbesserter Isolation und geringeren Wasserinhaltes weniger Stillstandsverluste aufweisen. Konstruktionsbedingt ist auch keine Mindestkesseltemperatur erforderlich. Eine Einsparung von 15% ist möglich.

Ohne energetische Verbesserungen am Gebäude bliebe die Einsparung jedoch auf die Übergangszeit begrenzt, in der die Heizung auf niedrigerer Temperatur betrieben wird. Erst nach erfolgter Fassadensanierung und Fenstertausch ist es möglich, auch die Vorlauftemperaturen abzusenken, die für eine umfassendere Brennwertnutzung notwendig sind.

Die hydraulische Sanierung ist dafür ebenfalls Voraussetzung, um die Rücklauftemperatur, die für die Brennwertnutzung relevant ist, im Heizsystem zu begrenzen.

Die Fassadensanierung vor der Heizungserneuerung durchzuführen, ermöglicht es, das System dem realen Bedarf anzupassen, was Wirkungsgradverbesserung bzw. einen Betrieb im energetisch effizienten Bereich bewirkt.

Solarthermische Anlage Warmwasserbereitung

Für die Warmwasserbereitung empfehlen wir den Einsatz einer solarthermischen Anlage. Da der Warmwasserbedarf nur sehr vage abschätzbar ist, empfehlen wir den Einbau eines Wasserzählers im Kaltwasserzulauf zum Speicher.

Auch die Hausmeisterwohnung sollte von dieser Anlage versorgt werden. Dies hätte bei ausreichender Dimensionierung (100% Deckung) im Sommer den Vorteil, dass die Heizung für die Zeit von Mitte Mai bis Mitte September komplett stillgesetzt werden könnte, da in der Regel keinerlei Heizbedarf besteht.

Ein möglicher Aufbau wäre, die Anlage mit Pufferspeicher zu bauen und die bestehenden Speicher von hier aus im Sommer zu laden.

Für etwaige sonnenarme Tage wäre zur Nachheizung ein Elektroheizstab vorzusehen. Die Einsparungen liegen voraussichtlich im Wesentlichen in vermiedenen Netz- und Stillstandsverlusten des Kessels und erst in zweiter Linie in der erzeugten Warmwassermenge.

Die Betriebszeiten des E-Stabes sind bei richtigen Reglereinstellungen auf wenige % im Sommer beschränkt. Im Winter erfolgt eine Nachheizung über das Heiznetz, so dass keine zusätzlichen Netzverluste entstehen. In den Berechnungen wurde eine Anlage mit 28 m² Kollektorfläche angesetzt. Die Einsparung wird konservativ angesetzt.

Kosten der Anlage: 25.000 €,

Einsparung: 600 kWh/m² (16.000 kWh/a nur Energieerzeugung).

Heizungsverteilung

Die Wärmeverteilung ist auf das notwendige beschränkt. Es sind bereits regelbare Pumpen eingebaut. Inwieweit diese korrekt ausgelegt wurden, konnte nicht überprüft werden. Sollten Pumpen ausfallen, ist die Empfehlung, A-klassifizierte Pumpen einzubauen. Eine Wechselempfehlung zum jetzigen Zeitpunkt ist nicht gerechtfertigt, da die Kosten für Pumpen dieser Größenordnung erheblich sind, und nicht durch die mögliche Einsparung gedeckt werden.

Kosten für Austausch der Pumpen: ca. 11.500 €

(Die Kosten beziehen sich auf die gesamte Heizzentrale, d.h. sie beinhalten auch die Grund- und Hauptschule)

Änderung der Beleuchtung

Technische Installationen können heute energetisch nicht optimales Verhalten ausgleichen. Notwendig ist dazu die Installation eines Präsenzmelders und eines Helligkeitssensors. Die Beleuchtung ist tageslichtabhängig zu dimmen und zwar unterschiedlich für den wand- und fensternahen Bereich.

Zu installieren sind verspiegelte Prismenleuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten. Als notwendige Leistung pro m² werden maximal 7 W als Grenzwert angesehen; Flure sollten wegen der niedrigeren Anforderungen mit 4 W/m² ausreichend beleuchtet sein. Bei 11W/m² für die Halle und einer Nutzung an 200 Tagen mit 3h / Tag ergeben sich 6,6 kWh/a m² für die Halle.

Dies bedeutet, dass mit einer neuen Beleuchtung maximal 50% oder 4.000 kWh/a - was 750 €/a - entspricht einzusparen wären.

Wirtschaftlich ist eine Erneuerung daher nicht zu empfehlen.

Empfohlen wird, bei Ausfall von Leuchten einen kompletten Austausch vorzunehmen.

Eine wirtschaftliche Bewertung wird nicht vorgenommen.

Änderung der Lüftungstechnik

Die vorhandene Lüftungsanlage sollte ersetzt werden durch ein Gerät mit Wärmehückgewinnung. Die Luftmenge sollte dem tatsächlichen Bedarf angepasst werden. Zu berücksichtigen ist, dass der Heizbedarf der Halle mit der Sanierung der Außenhülle deutlich sinkt. Über Luftqualitätssensoren (CO₂) kann der Frischluftanteil der geförderten Luft stetig an die Erfordernisse angepasst werden.

Aufgrund der existierenden GLT wäre eine Aufschaltung mit überschaubaren Kosten verbunden.

Kosten:	12.000 €
Einsparung Strom:	9.045kWh/a
EinsparungWärme:	33.900 kWh/a

*geschätzt

Heizungstausch

Ein Heizungstausch ist eine Maßnahme, die derzeit bereits ein gewisses Sparpotential aufweist, obwohl das Heizsystem insgesamt auf hoher Temperatur betrieben wird. Notwendig ist dazu, eine Brennwertnutzung zu erreichen; dies könnte

- über die Erstellung einer neuen Kesselanlage erfolgen,
- oder durch Nachschalten von Abgaswärmetauschern.

Ohne energetische Verbesserungen bliebe die Einsparung jedoch auf die Übergangszeit begrenzt, in der die Heizung auf niedrigerer Temperatur betrieben wird. Erst nach erfolgter Fassadensanierung und Fenstertausch ist es möglich, auch die Vorlauftemperaturen abzusenken, die für eine umfassendere Brennwertnutzung notwendig sind. Die hydraulische Sanierung ist dafür ebenfalls Voraussetzung, um die Rücklauftemperatur, die für die Brennwertnutzung relevant ist, im Heizsystem zu begrenzen.

Wird eine Heizungserneuerung nach einer Fassaden- und Dachsanierung durchgeführt, ermöglicht das, ein System dem realen Bedarf anzupassen. Dies bewirkt eine Wirkungsgradverbesserung bzw. einen Betrieb im energetisch effizienten Bereich. Die Kosten für die Heizungserneuerung wurden mit 70.000€ angesetzt.

Der Kesseltausch reduziert die Verluste des Heizsystems. Der Wirkungsgrad verbessert sich um 15%.

Alternative Heizwärmerzeugung

Alternative Heizwärmeerzeugung durch Biomassenutzung oder Wärmepumpen sind Optionen, die im Rahmen eines Umsetzungskonzeptes zu prüfen sind.

Wärmepumpen scheiden durch die Begrenzung eines effektiven Betriebes auf Niedertemperaturanwendungen T < 40 °C im derzeitigen Zustand aus.

Biomasseverbrennung ist eine Option, die im Hinblick auf Wartung und Verfügbarkeit des Brennstoffes zu prüfen ist, da diese an keine Temperaturanforderungen des Heizsystems gebunden und nur von den örtlichen Begebenheiten abhängig ist. Brennstofflagermöglichkeiten bestehen zur Zeit nicht. Sie müssten geschaffen werden.

Als automatisierbarer Brennstoff kommen Holzpellets in Betracht. Deren Preisentwicklung wird in der folgenden Graphik dargestellt. Es besteht ein Preisvorteil für den Brennstoff. Die Investitionskosten für Holzverbrennungsanlagen übersteigen jedoch die konventioneller Heizungssysteme (mehr als das Doppelte). Rentabilität ist nach sorgfältigster Planung oft erst nach 10 oder mehr Jahren gegeben.

Die CO₂-Bilanz verbessert sich bei Einsatz einer Biomasseheizung mit Brennstoff Holz schlagartig um den Faktor 3,6

Der Einsatz eines BHKW's kann eventuell in der Heizzentrale rentabel werden, wenn die Leistung sich an der Stromdauerlinie orientiert. Erforderlich hierfür ist eine Lastgangmessung, um die nächtliche Dauerleistung zu ermitteln, die ein Auslegungskriterium darstellt.

Da in diesem Objekt nahezu haushaltsübliche Strom und Wärmepreise bezahlt werden, wäre die Rentabilität eines Klein-BHKWs wahrscheinlich gegeben.

Die übrigen Maßnahmen, die zu einer elektrischen Leistungsreduzierung führen, wie Beleuchtungs- und Hydrauliksanierung, müssen jedoch mit einbezogen werden.

Durchführungsprioritäten und Abhängigkeiten

Grundsätzlich ist eine Durchführung von Einzelmaßnahmen unabhängig voneinander möglich, sie wird jedoch nicht angeraten. Dies wurde bereits im vorstehenden Text im Bereich der Fenstererneuerung und im Bereich Heizungserneuerung ausgedrückt. Fassade und Fenster sollten in der Sanierung möglichst aufeinander abgestimmt werden. Im baulichen Bereich kann nur die Wärmedämmung der obersten Geschossdecken ohne Einfluss auf andere Bereiche durchgeführt werden, wenn sie vor den anderen durchgeführt wird.

Die Hydrauliksanierung ist eine Maßnahme, die den baulichen Zustand der Fassaden berücksichtigen muss und erst im Anschluss an eine Fassaden-/Dach-etc-Sanierung erfolgen sollte, andernfalls sie in Teilleistungen wiederholt werden müsste (der Wärmebedarf müsste neu gerechnet und die Wassermengen müssten an jedem Heizkörper neu eingestellt werden).

Die Heizung ist ein Anlagenteil, dessen Erneuerung möglichst ans Ende der Sanierung gestellt werden sollte.

Die Maßnahmen im Bereich Beleuchtung und Lüftung können unabhängig von den anderen Maßnahmen erfolgen.