Umsetzungsprojekt: Integrale Planung und Steuerung der nachhaltigen Modernisierung des Gebäudebestands und der Energieversorgung der Evangelischen Stiftung Neuerkerode

Bericht
Modernisierung des Gebäudes "Elm"

Der Bericht wurde erstellt von /
Das Projekt wurde bearbeitet von:

Datenstand: 15.12.2013

Die Verantwortung für den Inhalt
des Berichtes liegt bei den Verfassern.

Dr.-Ing. Kati Jagnow, Braunschweig
B. Eng. Marius Miehe, Wolfenbüttel
B. Eng. Stefan Delakowitz, Wolfenbüttel
Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

Inhalt

1 Aufgabenstellung und Grunddaten 3

2 Beschreibung der Modernisierung 4

2.1 Allgemeine Beschreibung 4
2.2 Grundriss 5
2.3 Geplanter und erreichter Zustand der Gebäudehülle 6
2.4 Geplanter und erreichter Zustand der Anlagentechnik 7
2.5 Geplantes und erreichtes Nutzerverhalten 9
2.6 Fazit zur Umsetzung 10

3 Verbrauchsauswertung 12

3.1 Medienkosten 12
3.2 Wärmeverbrauch Gesamt 13
3.3 Wärmeverbrauch nur für Heizung 17
3.4 Wärmeverbrauch nur für Warmwasser 19
3.5 Stromverbrauch 21
3.6 Wasserverbrauch 25

4 Energiebilanzierung 29

4.1 IWU-Wärmebilanz vorher, geplant und erreicht 29
4.2 LEE-Strombilanz vorher, geplant und erreicht 30
4.3 Optimierung 31
4.4 Fazit der Bedarfsberechnungen 31

5 Kosten und Wirtschaftlichkeit 32

5.1 Medienkosten 32
5.2 Instandhaltungskosten 33
5.3 Investitionskosten 34
5.4 Gesamtkosten und Wirtschaftlichkeit 39

6 Optimierung des Betriebes und der Nutzung 41

6.1 Workshop der Handwerker, Planer und Projektbeteiligten 41
6.2 Workshop für Pflegepersonal 43

7 Fazit 46

8 Anhang 48

8.1 Quellen 48
8.2 Separate Anhänge 48
8.3 Alter und neuer Gebäudesteckbrief 48
8.4 EAVs Gesamtwärme 56
8.5 EAVs Heizung 58
8.6 EAVs Warmwasser 60
8.7 EAVs Strom 62
8.8 EAVs Wasser 64

1 Aufgabenstellung und Grunddaten

Der vorliegende Bericht beleuchtet das erste große Modernisierungsprojekt der Evangelischen Stiftung Neuerkerode: das Gebäude Elm. Ein Bau der 1970er-Jahre, welcher im Jahre 2008 mit Passivhauskomponenten auf heutiges Neubauniveau gebracht wurde. Die Planung, Umsetzung sowie das Betriebsverhalten der Dauernutzung werden analysiert.

Für das Gebäude sind gegeben:

- die Energiebilanzen für Bestand [3] und die Modernisierung
- aktuelle und frühere Verbrauchsdaten [1] [5] [6] [7]
- Investitionskosten für Wartung und Unterhalt der letzten Jahre [2]
- die Kostenauswertung zur Modernisierung und zum Anbau [4]

Die Vergrößerung des Gebäudes um einen Anbau und die damit einhergehende größere Anzahl von Nutzern soll im Bericht angemessen berücksichtigt werden.

	vor der Sanierung	**nach der Sanierung**
beheizte Fläche, in m²	962,9	1181,0
Personenzahl	24	29

Tabelle 1 Grunddaten zur Flächenvergrößerung und Personenzahlerhöhung

Kapitel 2 beschreibt die Modernisierungsmaßnahmen, welche für das Gebäude "Elm" umgesetzt wurden und vergleicht den geplanten und den umgesetzten Zustand. Falls Abweichungen bestehen, werden diese kritisch beleuchtet. Dies betrifft auch das Nutzerverhalten.

In Kapitel 3 werden die Verbrauchsdaten analysiert. Es wird aufgezeigt, inwieweit sich Wärme, Strom, und Wasserkennwerte geändert haben und eine Einsparung eingetreten ist und inwieweit die Prognosen zur Einsparung mit der tatsächlich eingetretenen Einsparung übereinstimmen.

Die Ergebnisse der theoretischen Energiebilanzen werden in Kapitel 4 ausgewertet. Das betrifft den Bestand, die Planungsphase, die real erreichte Modernisierung sowie eine mit angepasstem Nutzerverhalten veränderte Bilanz.

Den Kosten der Modernisierung und der sich daraus ableitbaren Wirtschaftlichkeit widmet sich Kapitel 5. Den Kapitalkosten, die der energetischen Verbesserung zuzuordnen sind, werden hochgerechnete jährlich gesparte Energiekosten gegenüber gestellt.

Kapitel 6 gibt zum Schluss die Nutzer- und Handwerkererfahrungen mit dem Gebäude wieder und liefert wertvolle Erkenntnisse für weitere Bau- und Modernisierungsprojekte.

Das Fazit ist Kapitel 7 zu entnehmen. Es ist folgendes zusammenfassend festzuhalten: die Modernisierung hat eine große Einsparung im Bereich Wärme (ca. -55 %) gebracht, allerdings auch einen erkennbaren Mehrverbrauch im Bereich Strom (ca. +14 %) sowie einen fast konstanten Wasserverbrauch (ca. -5 %). Insbesondere das Nutzerverhalten wurde intensiviert sowie die technische Ausstattung erhöht.

Demgegenüber sind hohe Modernisierungskosten insgesamt (knapp 1950 €/m²) sowie auch ein hoher energetischer Anteil der Investition (ca. 770 €/m²) festzustellen. Das Projekt ist daher nicht allein aus den Energieeinsparungen refinanzierbar.

Es sind vor allem Lernerfahrungen verbunden, vor allem auf Seiten der Stiftung als Bauherr sowie auf Seiten der Nutzer.

2 Beschreibung der Modernisierung

Der erste Abschnitt erläutert die Modernisierung der Gebäudehülle und Anlagentechnik mit den geplanten Zielen und den erreichten Zuständen sowie aufgetretenen Schwierigkeiten. Darüber hinaus wird das Nutzerverhalten vor und nach Modernisierung eingeschätzt.

2.1 Allgemeine Beschreibung

Das Wohnheim Elm I und II der Evangelischen Stiftung Neuerkerode wurde 1971 errichtet. Das ursprüngliche Gebäude gliedert sich in zwei annähernd spiegelgleiche Teile, die als Doppelwinkel aneinandergebaut sind. Das eingeschossige Gebäude hat in Elm I einen Teilkeller. Dort befinden sich die Übergabestation für die Wärmeversorgung und der Speicher der Warmwasserversorgung. Das gesamte Gebäude ist mit einem Satteldach überdeckt.

Das Gebäude hatte in den ersten 35 Jahren keine wesentlichen Veränderungen erfahren, so dass die Aufgabe 2007 lautete, das Gebäude auf einen zeitgemäßen Stand zu bringen. Die Modernisierung und Anbau erfolgten 2008 und 2009.

Die Windfangsituation der Eingänge wurde behindertengerecht umgestaltet und eingeschossig aus dem Baukörper herausgezogen; die vorgelagerte Wegesituation durch rollstuhlgerechte Rampen verbessert. Der Teilkeller ist durch einen Kleingüteraufzug erschlossen.

Die Außenwände wurden gedämmt und neue Fenster bzw. Fenstertüren eingesetzt. Es sind außenliegende verschiebbare Verschattungselemente vorgesetzt (nicht nach Norden).

Die Räumlichkeiten im Dach werden für die Rohrführung der Lüftung, Heizung und Trinkwasserleitungen teilweise genutzt. Im DG sind zwei Lüftungsgeräte aufgestellt. Die oberste Geschossdecke wurde gedämmt. Der Dachboden wird bis auf eine kleine Fläche, die als Kofferboden dient, nicht mehr als Abstellfläche genutzt.

Es sind Apartments südlich an das Gebäude angebaut worden. Im Gebäudeinneren wurden Zimmergrößen geändert und Sanitärräume verlegt bzw. umgebaut. Insgesamt ist die Situation der sanitären Ausstattung verbessert worden.

Die prinzipielle Versorgungsform ist erhalten geblieben: mit Heizkörpern und Nahwärmeanschluss. Die Heizkreise sind mit einer witterungsgeführten Regelung ausgestattet. Die einzelnen Räume weisen eine Einzelraumregelung mit Fensterkontakten auf. Neu ist eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.

Ebenfalls wurde in allen gemeinschaftlich genutzten Räumen sowie den Fluren die Beleuchtung geändert. Die erreichte Beleuchtungsstärke ist höher, die Beleuchtungstechnik effizienter.

Gebäudedaten:

Bruttorauminhalt:	6.896,60 m³
Bruttogeschossfläche:	1.737,94 m²
beheizte Fläche:	1181,0 m²

2.2 Grundriss

Den Grundriss – als Grundlage für die Kreditbeantragung bei der KFW – zeigt nachfolgendes Bild. Es zeigt die Änderungen der Raumaufteilungen.

Bild 1 Entwurf des Grundrisses des neuen Gebäudes Elm I / II

2.3 Geplanter und erreichter Zustand der Gebäudehülle

Leitlinie für die Planung der verbesserten Gebäudehülle war für die Ostfalia das Modell "Passivhaus im Bestand" bzw. "Modernisierung mit Passivhauskomponenten". Es wurden vorab mehrere Varianten seitens der Ausführungsplaner gerechnet, eine hochwertige Sanierung (mit Vorgaben aus dem Energiekonzept des Grundlagenprojektes) und eine der EnEV 2007 entsprechende. Ein eindeutig gewünschter Zielwert kann daher nicht angegeben werden – jedoch ein Bereich.

Die tatsächlich umgesetzte Verbesserung der Hüllbauteile wird nachfolgend beschrieben.

Außenwände

Die Dämmung der Außenwände wurde 2007/08 geplant mit 16 … 20 cm EPS der Wärmeleitgruppe 035. Die Ausführung ist mit dem besseren Wert, d.h. 20 cm erfolgt.

Die U-Werte der unterschiedlichen Bestandswände haben sich von ca. 1,3 … 1,4 W/(m²K) auf ca. 0,15 W/(m²K) verbessert.

Fenster und Fenstertüren

Die Fenster wurde 2007/08 geplant alternativ als Dreischeibenfenster mit einem U-Wert von 0,8 W/(m²K) (g-Wert 0,5) bzw. einem U-Wert von 1,3 W/(m²K) (g-Wert 0,56).

Ausgeführt wurden Dreischeibenfenster mit U-Werten zwischen 0,88 und 0,92 W/(m²K). Der angenommene g-Wert liegt weiterhin bei 0,5.

Die alten Fenster hatten U-Werte von ca. 3,5 W/(m²K) (g = 0,76).

Außen- und Innentüren zum unbeheizten Bereich

Alle Außen- und Innentüren wurden in der Planung mit einem U-Wert von 0,77 W/(m²K) bzw. alternativ mit 2,0 W/(m²K) angenommen.

Installiert wurden Außentüren mit U = 1,54 … 1,84 W/(m²K) und Innentüren zum unbeheizten Bereich mit einem U-Wert von ca. 1,5 W/(m²K). Die Türen des Bestandes hatten U-Werte von 2,2 … 3,5 W(m²K).

Oberste Geschossdecke und Dachschräge

Die Dämmung der Geschossdecken und Dachschrägen über den Aufenthaltsräumen wurde 2007/08 geplant mit 24 cm Dämmung mit einer EPS-Hartschaumplatte der Wärmeleitgruppe 035 sowie oberseitiger Holzplatte.

Die Ausführung erfolgte mit lose verlegter Mineralwolle gleicher Qualität und oberseitigen Laufbohlen bzw. Holzplatten in den begehbaren Bereichen. Der U-Wert hat sich von ca. 1,5 W/(m²K) auf 0,13 W/(m²K) verbessert.

Kellerdecke

Als Dämmung der Kellerdecke sind im Nachweis alternativ 11 cm bzw. 16 cm der WLG 035 von unten vorgesehen. Die anvisierten U-Werte aus der Planungsphase lagen bei 0,18 … 0,24 W/(m²K).

Installiert wurden schließlich – wie auf der Bodenplatte auch – 6 cm Hartschaum der WLG 025 auf der Betondecke (unter dem neuen Estrich). Der U-Wert verbesserte sich von 1,26 W/(m²K) auf 0,37 W/(m²K).

Bodenplatte

Die Bodenplatte hat im Nachweis eine 6 cm Dämmung mit WLG 025 bzw. alternativ 16 cm mit WLG 028 erhalten. Die anvisierten U-Werte aus der Planungsphase lagen somit bei 0,15 … 0,31 W/(m²K).

Bei der Ausführung wurde angegeben, dass WLG 035 zum Einsatz kam. Es ergibt sich damit eine Verbesserung von 1,61 W/(m²K) auf 0,38 W/(m²K).

Innenwände zum unbeheizten Dach und Keller

Die Dämmung wurde 2007/08 geplant mit 12 cm EPS der WLG 035 (U = 0,24 W/m²K) bzw. alternativ keine Dämmung. Ausgeführt wurde eine Schichtdicke von 8 cm der WLG 035. Der U-Wert verbesserte sich von ca. 1,5 W/(m²K) auf 0,34 W/(m²K).

2.4 Geplanter und erreichter Zustand der Anlagentechnik

Als Heizsystem kommt eine konventionelle Pumpenwarmwasserheizung mit indirektem Anschluss an die Nahwärme zum Einsatz. Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt im kombinierten Speicher/Durchfluss-System mit Zirkulation. Es ist eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung vorhanden.

Nachfolgende Ausführungen gleichen die geplanten Zustände (Projektideen Grundlagenprojekt, EnEV-Nachweis, TGA-Planung) mit denen der realen Ausführung ab.

Luftwechsel der mechanischen Lüftung

Die mechanische Lüftung wurde mit einem 0,4-fachen Luftwechsel in den Nachweisen und Energiebilanzen der Energiekonzepterstellung berücksichtigt und auch so für den Dauerbetrieb ausgelegt. Die Umsetzung erfolgte entsprechend.

In der Regelung ist hinterlegt und auslesbar, dass eine der beiden Anlagen auf 50 %, die andere auf 60 % ihres Nennvolumenstroms (von je 1200 m³/h) betrieben wird. Bei einem zu belüftenden Volumen von etwa 3500 m³ ergibt sich ein Luftwechsel von 0,37 h^{-1}.

Manuell kann 80 % oder 100 % Volumenstrom eingestellt werden.

Wärmerückgewinnungsgrad der mechanischen Lüftung

Der in der Planung angenommene Wärmerückgewinnungsgrad beträgt 85 %, die reale Anlage erreicht per Angaben des Herstellers 84 %.

Es ist bei der Lüftungsanlage kein Bypass im Zentralgerät oder eine entsprechende Regelfunktion in der Leittechnik zu erkennen. Das bedeutet, dass die Wärmerückgewinnung immer in Betrieb ist. Dies ist im Sommer kritisch, weil so keine sinnvolle Nachtauskühlung erreicht werden kann.

Heizungs- und Trinkwarmwassernetz

Die Heizkörper, Ventile, das Rohrnetz und dessen Dämmung sind wie geplant installiert worden. Gleiches gilt für die Trinkwarmwasserleitungen.

Eine Zusammenstellung der Leitungslängen gibt die Energiebilanzierung (separater Anhang). Es sind ca. 670 m Heizungsrohrnetz und 420 m Trinkwarmwassernetz (incl. Zirkulation) für 1181 m² beheizte Fläche installiert, d.h. ca. 0,9 m/m².

zentrale Heizungsregelung

Die energetische Bewertung des Gebäudes im Grundlagenprojekt sieht eine Heiznetztemperatur für den optimierten Zustand von 55/45°C vor. Im EnEV-Nachweis des Projektes ist die Heizung mit Netztemperaturen von 90/70°C berücksichtigt – vermutlich in Unkenntnis der erst später erfolgenden TGA-Planung. Diese setzt die Auslegungstemperatur der Heizflächen auf 65/50°C fest.

An der Regelung kann für den tatsächlichen Betrieb eine eingestellte Heizkurve abgelesen werden. Sie ist tagsüber um 10 K, nachts (22 – 6 Uhr) um ca. 5 K höher eingestellt als geplant. Siehe Bild 2. Es wird von 70/50°C ausgegangen. Der Bestand hatte Netztemperaturen von etwa 85/75°C.

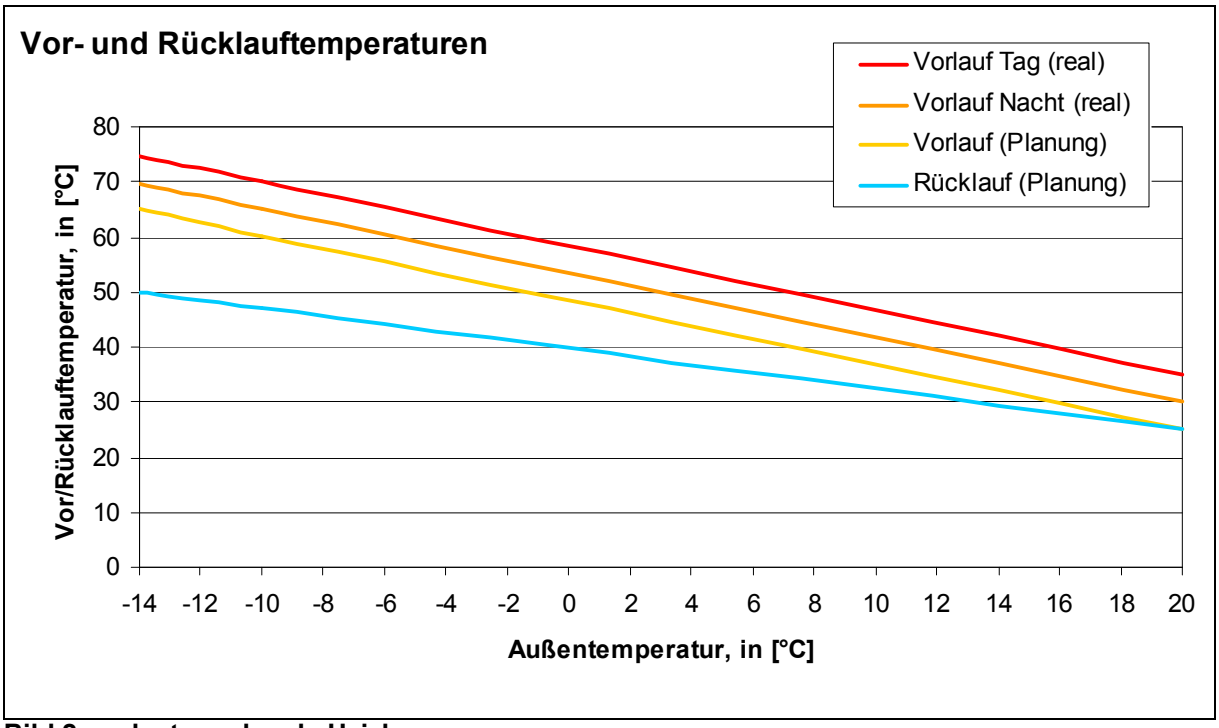


Bild 2 geplante und reale Heizkurve

Die Heizgrenze ist einprogrammiert mit einer Temperatur von 22°C (Ausschalttemperatur) bzw. 19°C (Wiedereinschaltung). Das bedeutet eine effektive Abschaltphase von ca. 1 Monat.

Aufgrund des sehr guten Baustandards wurde bei der Erstellung des Energiekonzeptes von der Heizgrenze 12°C ausgegangen. Für die reale Umsetzung und den Betrieb kann bilanziell eher von 15°C ausgegangen werden.

zentrale Trinkwarmwasserregelung

Die Trinkwarmwassersolltemperatur (Solltemperatur der Speicherladung) beträgt 70°C. Einmal täglich für 1 Stunde (22 – 23 Uhr) ist eine Legionellenschaltung programmiert.

Raumregelung und Fensterkontakte

An den Heizkörpern sind Magnetventile, die den Heizwasserdurchfluss stoppen, sobald ein Fenster geöffnet ist. Die Einsicht in die Regelung zeigt, dass dies wie geplant funktioniert. Als Hilfsenergieaufwand werden ca. 29 x 1 W (Dauerleistung) angesetzt.

Die eingestellten Sollwerte der Räume können per Gebäudeleittechnik ausgelesen werden. Es gibt einen Tagwert (6 – 22 Uhr) und einen Nachtwert (22 – 6 Uhr). Die Einzelwerte liegen bei 20°C … 26 °C (Tagwert, Mittel ca. 23°C) und 18 … 24 °C (Nachtwert, Mittel ca. 19°C).

Ventilatorstromaufwand

Der mittlere Ventilatorstromaufwand wurde in der Phase der Energiekonzepterstellung des Grundlagenprojektes mit 4 x 40 W sehr optimistisch angenommen (ca. ⅓ unter durchschnittlicher Wohnungslüftung). Die vermutete Laufzeit war die Länge der Heizperiode, d.h. ca. 6100 h/a.

Im EnEV-Nachweis wurden pauschal (ohne Kenntnis der tatsächlichen TGA-Planung) 4 x ca. 200 W und eine Laufzeit von knapp 4500 h/a angesetzt.

Die reale Anlage hat 4 Ventilatoren, die beide im Teillastbetrieb laufen. Die Maximalleistung der Ventilatoren liegt bei 4 x 370 W. Aufgrund des Teillastbetriebes von 50 % bzw. 60 % wird eine mittlere Leistung im Betrieb von 4 x 120 W angenommen (Verschlechterung des Ventilatorwirkungsgrades auf die Hälfte). Die Laufzeit der Ventilatoren beträgt 8760 h/a.

Pumpen

Die Zirkulationspumpe ist – wie vor der Modernisierung – auf Dauerbetrieb eingestellt. Die Bestandspumpe hatte 111 W, die neue Pumpe 46 W. In der Phase der Energiekonzepterstellung des Grundlagenprojektes wurde von 20 W ausgegangen.

Die beiden Heizungspumpen haben einen Betriebsstundenzähler. In Relation zur Lüftungsanlage kann abgeschätzt werden, dass sie 10 Monate in Betrieb sind. Sie werden auch nachts betrieben.

Die alte Doppelpumpe (Redundanz) lief ungeregelt mit ca. 158 W (erste Stufe) bzw. 310 W (als Doppelpumpe). Die tatsächliche Betriebsleistung der neuen Pumpen ist unbekannt. Beide sind hocheffizient und regelbar zwischen 9 und 85 W. Es wird von 34 W je Pumpe (⅓ Leistung) ausgegangen.

Die Speicherladepumpe hatte im Bestand eine Leistung von 145 – 365 W und lief auf maximaler Stufe. Die neue Pumpe ist dreistufig 375 – 470 – 610 W. Sie läuft auf mittlerer Stufe. Der Betriebsstundenzähler ergibt praktisch Dauerbetrieb (Laufzeit ähnlich lang wie bei der Lüftung), was auf die Zirkulationslast zurückzuführen ist.

2.5 Geplantes und erreichtes Nutzerverhalten

Das Nutzerverhalten wird beschrieben durch eine Annahme zur Innentemperatur, zum Luftwechsel, Warmwasserbedarf und der internen Wärmelast aus Nutzung elektrischen Geräten. Diese Werte werden jeweils durch einen charakteristischen Mittelwert beschrieben (Mittel Tag-/Nacht, Mittel aller beheizten Flächen bzw. aller Personen, Heizperioden- bzw. Jahresmittel).

Innentemperatur

Im Bestand wurde von 19°C als repräsentativer Mittelwert ausgegangen. Anhand dieses Wertes ließ sich der Verbrauch vor der Modernisierung erklären.

Für den modernisierten Zustand wurde diese Größe rechnerisch auf 20,2°C gesetzt (21°C Sollwert in den Bewohnerzimmern tagsüber). Da das Gebäude besser gedämmt ist, ergibt sich keine starke Auskühlung der niedrig beheizten Flächen bzw. der Räume in der Nacht. Auf Basis dieses Wertes wurde eine Einsparung prognostiziert.

Nur informativ: der EnEV-Nachweis wurde – gesetzlich vorgegeben – mit ca. 18,2°C Innentemperatur erstellt.

Der reale Zustand zeigt Temperaturen, die weit höher liegen. Eine zentral gemessene Ablufttemperatur kann an der Regelung eingesehen werden. Sie wird aber nicht aufgezeichnet. Eine punktuelle Kontrolle in der Heizperiode ergab tagsüber 23°C. Das deckt sich mit den mittleren Sollwerten der Bewohnerzimmer. Es wird für die Energiebilanzierung davon ausgegangen, dass die rechnerische Innentemperatur bei 22,0°C liegt (23°C Sollwert in den Bewohnerzimmern tagsüber).

Luftwechsel

Der mittlere Gebäudeluftwechsel des Bestandes wurde mit 0,6 h^{-1} angenommen. Insbesondere die großen Innenflächen ohne Fenster führen zu dem verhältnismäßig geringen Annahmewert.

In der Planung der Modernisierung wurde von insgesamt 0,7 h h^{-1} (davon 0,4 h^{-1}) für die Lüftungsanlage ausgegangen. Dieser Wert wird in etwa auch für den Realzustand vermutet. Er liegt leicht höher als im Bestand. Dafür wird eine im Mittel etwas bessere Luftqualität angenommen.

Warmwasserbedarf

Die Trinkwarmwasserwärmemenge wird mit knapp 1700 kWh/(P · a) abgeschätzt. Sie ergibt sich unter der Annahme, dass ca. ⅓ des gemessenen Gesamtwasserverbrauchs erwärmt werden von 10°C auf 70°C. Mit den zusätzlichen Annahmen zum Zirkulations- und Speicherverlust kann rechnerisch ziemlich genau der Trinkwarmwasserwärmeverbrauch nachgebildet werden (Messwert ca. 76 MWh/a, Bedarfswert 72 MWh/a).

In der Planungsphase wie im Bestand lag der Bedarfswert bei 1500 MWh/a, also geringer.

Interne Wärmeleistung

Im Bestand und in der Planungsphase wurden als interne Wärmeleistung (Personenabwärme und Nutzung elektrischen Stroms) mit 3,5 W/m² Dauerleistung angenommen. Es handelt sich hierbei um einen Standardwert für Pflegeheime.

Die Auswertung des Realzustandes erlaubt eine genauere Abschätzung, u. a. unter Auswertung des Stromverbrauchs. Es wird davon ausgegangen, dass knapp 30 Personen anwesend sind und ca. 80 % des Stromverbrauchs des Gebäudes als Wärmeeintrag im beheizten Bereich anfallen. Die Dauerleistung liegt dann bei 6,4 W/m².

2.6 Fazit zur Umsetzung

Die Umsetzung des Projektes Elm war von Problemen begleitet, da es sich um das erste Bestandsbauprojekt dieser Art für die Evangelische Stiftung handelte und zudem in eine Phase der Restrukturierung der Bauabteilung fiel. Externe Qualitätssicherer waren eingeschaltet (Luftdichtheitsmessung, Überprüfung des hydraulischen Abgleichs usw.).

Es gab vor dem Projektstart eine Energiebilanz innerhalb des Grundlagenprojektes für einen möglichen künftigen energetischen Standard seitens der Ostfalia. Eine ambitionierte Modernisierung mit größtenteils Passivhauskomponenten wurde dabei angenommen.

Es folgte im zweiten Schritt eine Berechnung von zwei alternativen energetischen Standards nach EnEV durch Fachplaner Bau: die oben genannte Modernisierung und eine Alternative, welche nur EnEV 2007-Standard erreichte. Grundsätzlich endete diese Stufe der Planung mit der Entscheidung, möglichst viele Passivhausdetails umzusetzen.

Während der Bauausführung der Dämmmaßnahmen wurden Abstriche gemacht. Auch die parallel laufende TGA-Planung und anschließende Ausführung entspricht nicht mehr in allen Punkten den Originalideen.

Letztlich wurde in der Betriebsphase insbesondere an der Regelungstechnik der Anlage geändert. Auch das Nutzerverhalten ist deutlich intensiver als vor der Modernisierung. Der umgesetzten Zustand und das 3. Betriebsjahr werden mit den vorherigen Planungsständen kritisch verglichen.

Gebäudehülle

Als Fazit ist festzuhalten, dass die Güte der Gebäudehülle insgesamt sehr gut ist. Incl. Wärmebrückenzuschlag und Temperaturkorrekturfaktoren ergibt sich ein Wert von H_T' = 0,3 W/(m²K). Der geplante Zustand war etwa 10 % besser.

Die Außenwände und der obere Gebäudeabschluss wurden in einer dem Passivhaus entsprechenden Qualität ausgeführt. Hinsichtlich der Fenster wurden ebenfalls sehr gute Qualitäten gewählt. Die Außentüren mit mechanischem Antrieb konnten – nutzungsbedingt – nicht den anvisierten Zustand erreichen.

Beim unteren Gebäudeabschluss incl. der Wände und Türen zum unbeheizten Bereich wurden deutliche Abstriche bei der Umsetzung gemacht. Die Ziel-U-Werte aus dem Grundlagenprojekt wurden deutlich nicht erreicht (ca. 2 x so schlecht). Dies ist kritisch anzumerken, da die Änderung dieser Flächen sehr hohe Kosten verursachten, die sich nur mit sehr gutem Dämmniveau (späterem geringen Verbrauch) refinanzieren lassen würden. Eine Empfehlung für das umgesetzte Dämmniveau wurde so nicht und wird auch künftig nicht ausgesprochen.

TGA

Die Umsetzung des Netzes und der Speicher sind wie geplant erfolgt. Die Netze sind hydraulisch abgeglichen. Die Dämmung der Leitungen ist als sehr gut einzustufen, vor allem weil große Teile der waagerechten Verteilebene in der Dämmung der obersten Geschossdecke liegen.

Hinsichtlich der Lüftungsanlage ist festzustellen, dass sie keinen Sommerbypass der Wärmerückgewinnung hat, ganzjährig durchläuft, aber ansonsten die geplante Effizienz erreicht. Wegen des fehlenden Bypasses ist die Nachtkühlung im Sommer nicht sinnvoll umsetzbar.

Schwachpunkt der Heizung ist die zu hoch eingestellte Heizkurve sowie die sehr hoch eingestellte Heizgrenze, so dass 11 Monate Wärme vorgehalten wird. Hinsichtlich der Trinkwarmwasserbereitung fällt der Dauerbetrieb des Ladesystems auf (Hilfsstromaufwand).

Nutzerverhalten

Das Nutzerverhalten ist – vor allem in Hinblick auf die Innentemperatur – sehr viel intensiver als vorher vermutet. Dies führt zu erhöhten Verbrauchswerten. Nachfolgend dokumentierte Werte wurden im Bestand, der Planungsphase und als typischer Realzustand angenommen.

3 Verbrauchsauswertung

Der folgende Abschnitt fasst die erreichten Einsparungen für die einzelnen Medien des Gebäudes zusammen. Es werden absolute und soweit sinnvoll auch flächen- und personenbezogene Werte angegeben, damit die Kennwerte auch unter Berücksichtigung der Gebäudevergrößerung eingeordnet werden können.

Als Basis des detaillierten grafischen Vergleichs – mit Energieanalysen monatlicher Messwerte – dienen die Auswertungen der Jahre 2007/08 vor der Modernisierung und des Jahres 2012 nach der Modernisierung. Die Anhänge 8.4 bis 8.8 liefern weitere Grafiken (Energieanalysen aus dem Verbrauch EAV) für die dazwischen liegenden Jahre 2010 und 2011, auf deren Abdruck der Übersichtlichkeit halber verzichtet wurde.

3.1 Medienkosten

Bild 3 zeigt zum Einstieg die Medienkosten des Gebäudes Elm im Verlauf der Zeit und im Vergleich zum mittleren Kennwert aller Gebäude. Basis sind die jeweiligen witterungskorrigierten Verbräuche und die Preise des jeweiligen Jahres.

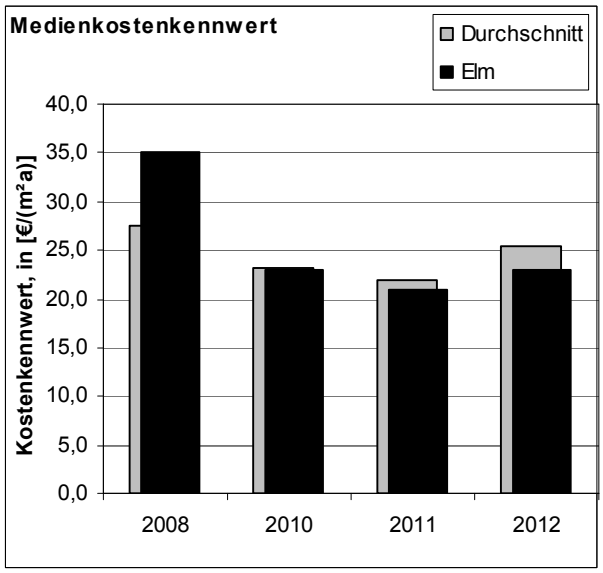


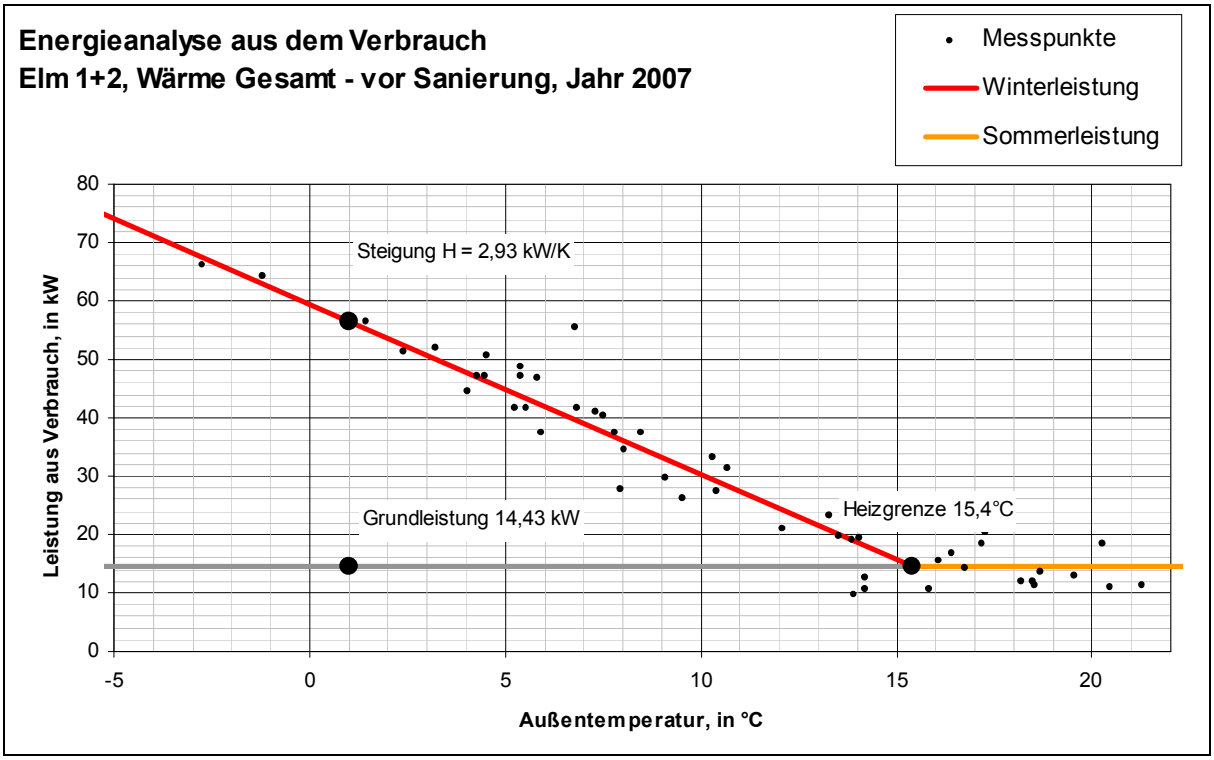
Bild 3 Medienkostenkennwert

Elm lag 2008 ca. 28 % über dem Liegenschaftsdurchschnitt und liegt 2012 ca. 12 % darunter. Ebenfalls gut erkennbar ist die allgemeine Verbrauchs- und Preisschwankung am Durchschnittskennwert der Liegenschaft.

3.2 Wärmeverbrauch Gesamt

Für den Wärmeverbrauch vor und nach der Modernisierung werden jeweils ein außentemperaturbezogener und ein zeitbezogener Verlauf sowie anschließend die zugehörigen Kennwerte angegeben.

Zustand vor der Modernisierung



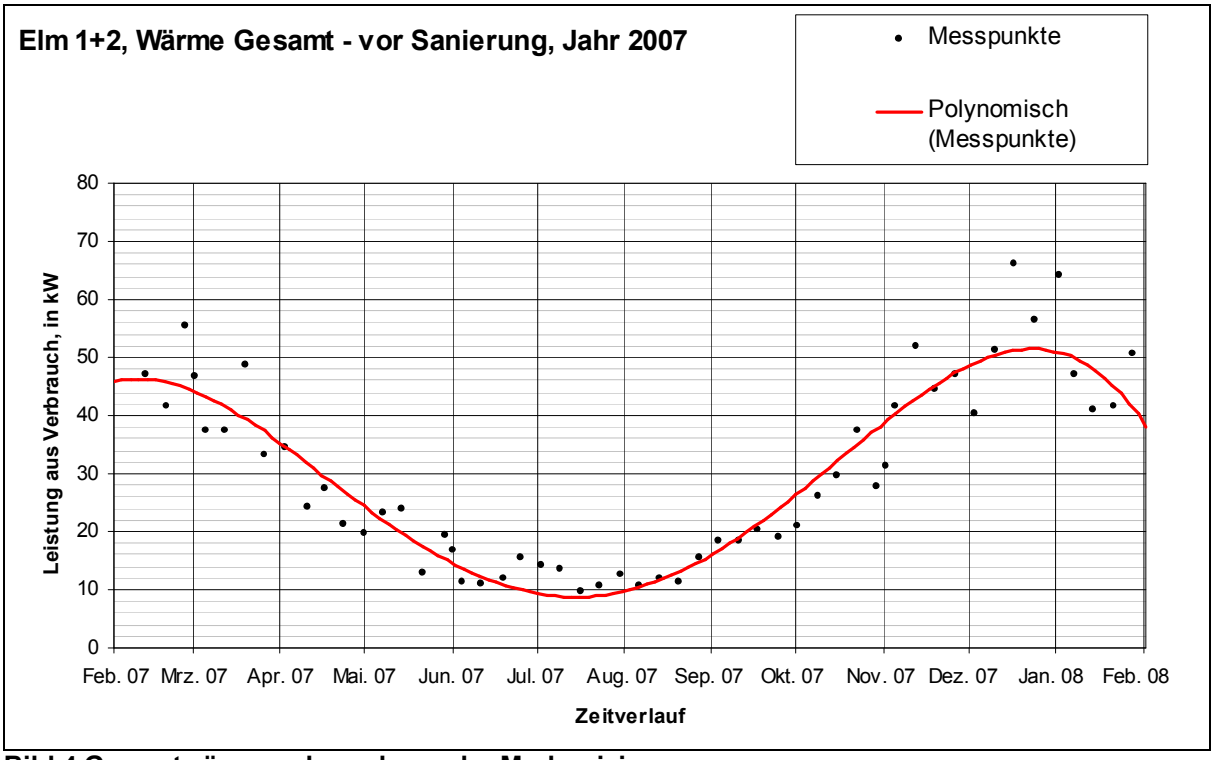
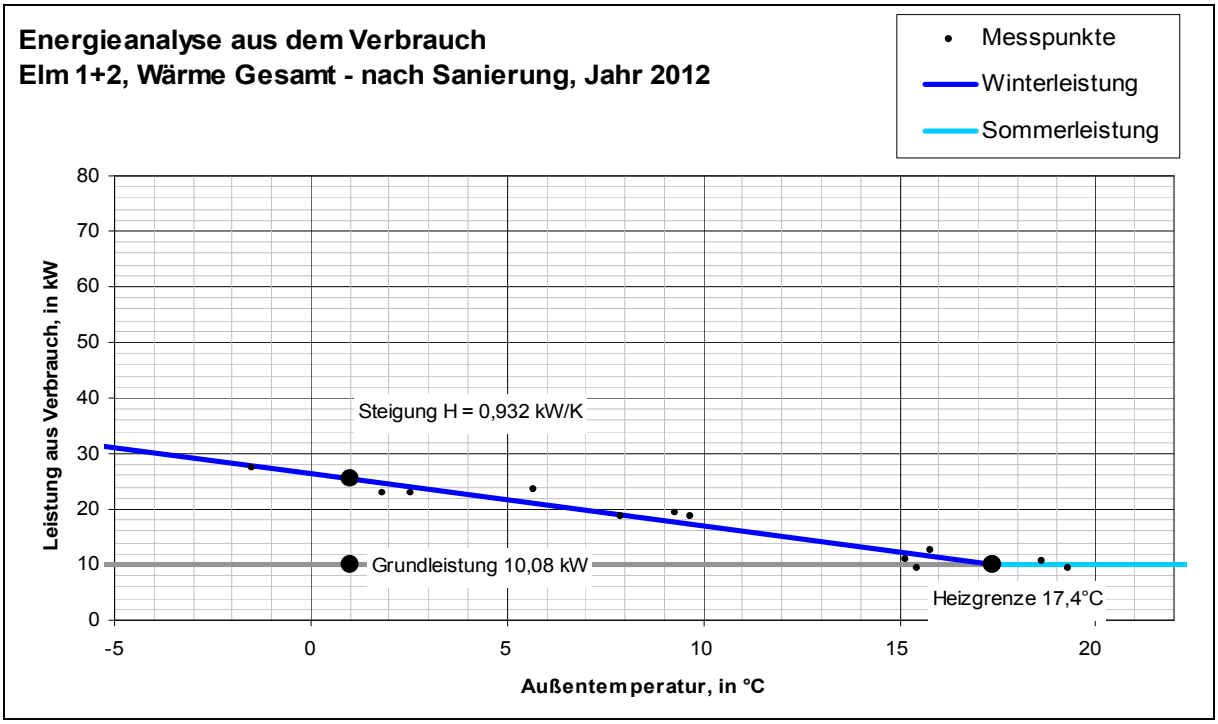


Bild 4 Gesamtwärmeverbrauch vor der Modernisierung

Zustand nach der Modernisierung



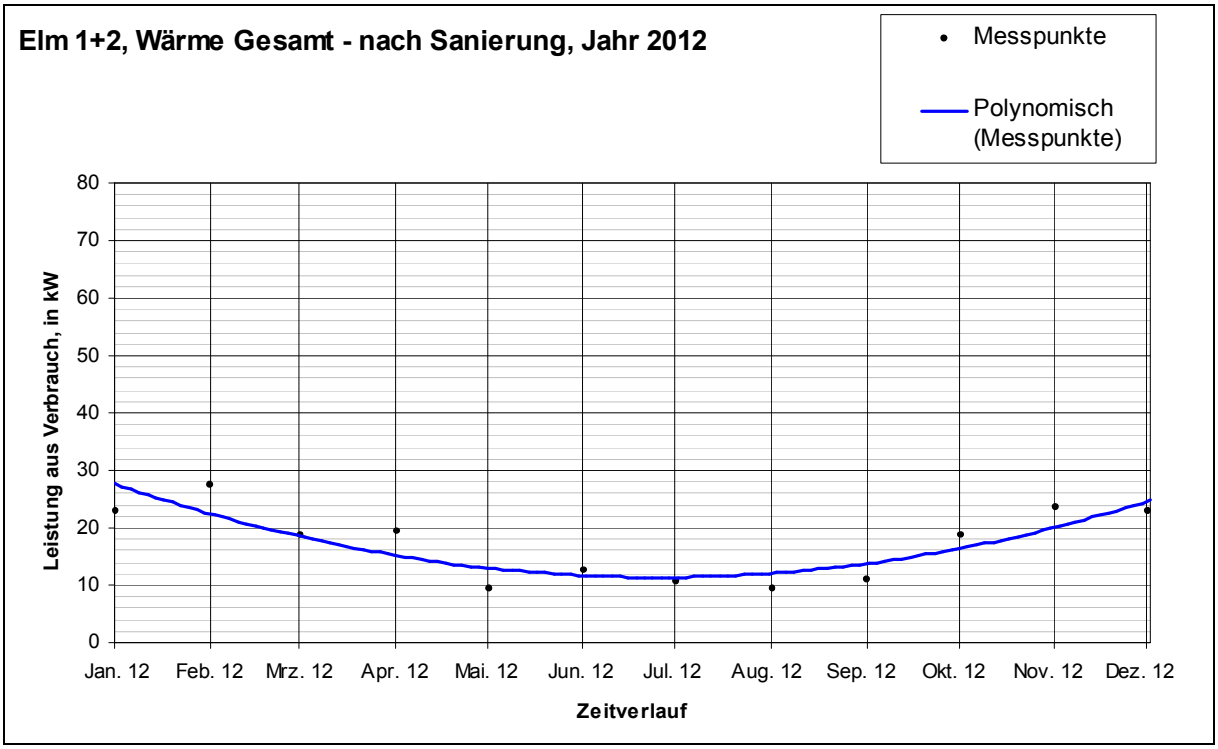


Bild 5 Gesamtwärmeverbrauch nach der Modernisierung

Kennwerte und Einsparung

Auf Basis von Messwerten der Zeit von 12.02.2007 bis 11.02.2008 vor der Modernisierung ergeben sich folgende Kennwerte:

- Gesamtverbrauch ohne Witterungskorrektur: 260.200 kWh/a
    - davon witterungsabhängig: 188.500 kWh/a
    - und witterungsunabhängig: 71.700 kWh/a

Die Witterungskorrektur auf das Langzeitklimamittel bzw. auf ein glattes Jahr mit 365 Tagen ergibt folgende Werte:

- Gesamtverbrauch: 312.700 kWh/a
    - davon witterungsabhängig: 240.800 kWh/a
    - und witterungsunabhängig: 71.900kWh/a

Der witterungsabhängige Anteil am Verbrauch beträgt etwa 77 %, der witterungsunabhängige 23 %. Es ist ein ausgeprägter Jahresgang des Verbrauchs zu erkennen.

Auf Basis von Messwerten der Zeit von 01.01.2012 bis 01.01.2013 ergeben sich folgende Kennwerte für den sanierten Zustand:

- Gesamtverbrauch ohne Witterungskorrektur: 151.000 kWh/a
    - davon witterungsabhängig: 74.500 kWh/a
    - und witterungsunabhängig: 76.500 kWh/a

Die Witterungskorrektur auf das Langzeitklimamittel bzw. auf ein glattes Jahr mit 365 Tagen ergibt folgende Werte:

- Gesamtverbrauch: 156.300 kWh/a
    - davon witterungsabhängig: 80.000 kWh/a
    - und witterungsunabhängig: 76.300 kWh/a

Der witterungsabhängige Anteil am Verbrauch beträgt etwa 51 %, der witterungsunabhängige 49 %. Der Jahresgang ist kaum noch zu erkennen.

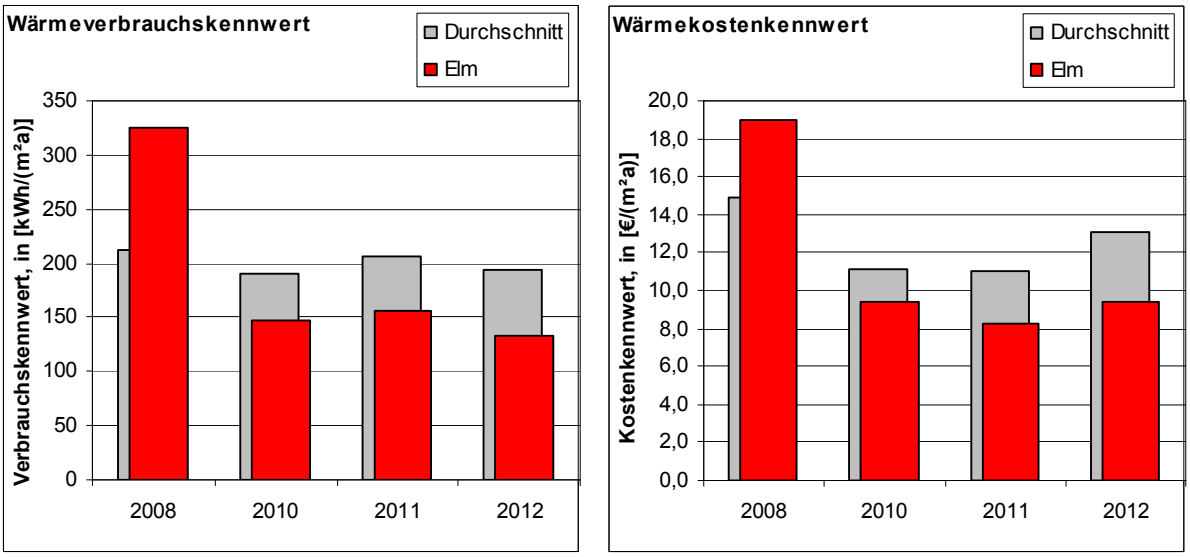


Bild 6 Wärmekennwert und Wärmekostenkennwert

Hinsichtlich der Wärmekennwerte und der Wärmekosten hat sich die Modernisierung des Gebäudes deutlich bemerkbar gemacht. Während das Gebäude 2008 noch ca. 50 % über dem Durchschnittskennwert der Liegenschaft lag, ist der Wärmeverbrauch 2012 etwa 30 % geringer als der Durchschnitt. Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Kosten, wobei das Bild gut die Preisentwicklung widerspiegelt – die 2010 geringeren Preise aufgrund des Neuabschlusses von Verträgen und den Anstieg seitdem.

	vor der Modernisierung 2007/2008	**nach der Modernisierung 2010 – 2012**	**Veränderung**
beheizte Fläche, in m²	962,9	1181,0	Zuwachs 23 %
kWh/a	312.700	171.200	Einsparung 45 %
kWh/(m²a)	325	145	Einsparung 55 %

Tabelle 2 Kennwerte Wärme

Der Energiekennwert für Wärme hat sich aufgrund des gleichzeitigen Flächenzuwachses mehr als halbiert (- 55 %). Der absolute Verbrauch ist nur um 45 % gesunken.

Die erwünschte absolute Einsparung von 60 % ist nicht eingetreten. Dies hat 3 Gründe:

1. Zum einen fiel 2007/08 – während der Planungsphase – die Einschätzung des Bestandes deutlich schlechter aus als im Nachgang real feststellbar (Abschätzung des witterungskorrigierten Verbrauchs von ca. 400 MWh/a). Nach korrekter Erfassung der Verbrauchsdaten über ein Jahr, Feststellung des Trinkwarmwasser- und Heizungsanteiles sowie Witterungskorrektur ergaben sich geringere Energiemengen als in der Planungsphase hochgerechnet (witterungskorrigierter Verbrauch 313 MWh/a).
2. Zum anderen ist das Nutzerverhalten (insbesondere die Innentemperatur) des Gebäudes nach der Modernisierung sehr viel intensiver als im Bestand und als in der Planungsphase prognostiziert.
3. Außerdem entspricht die umgesetzte Maßnahme – im Bereich des unteren Gebäudeabschlusses – nicht der im Grundlagenprojekt vorgeschlagenen Lösung.

Die drei Effekte führten zu einer Überschätzung der Einsparungen in der Planungsphase bzw. zu einer real kleineren Einsparung als prognostiziert. Weitere Ausführungen hierzu – insbesondere auch zum Einsparpotential aufgrund veränderten Nutzerverhaltens – siehe Kapitel 4.

3.3 Wärmeverbrauch nur für Heizung

Nur für den Anteil, der über den Heizungswärmemengenzähler erfasst wird, erfolgen in diesem Abschnitt gesonderte Auswertungen

Zustand vor der Modernisierung

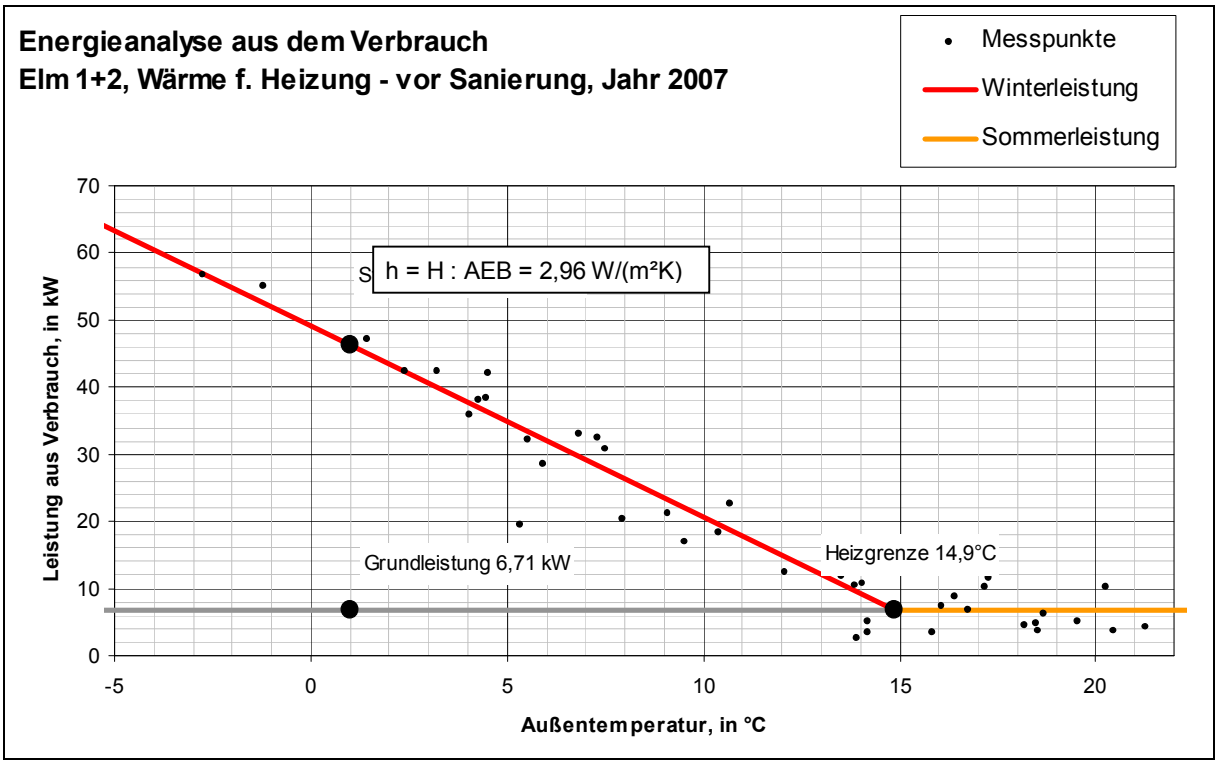


Bild 7 Heizwärmeverbrauch vor der Modernisierung

Zustand nach der Modernisierung

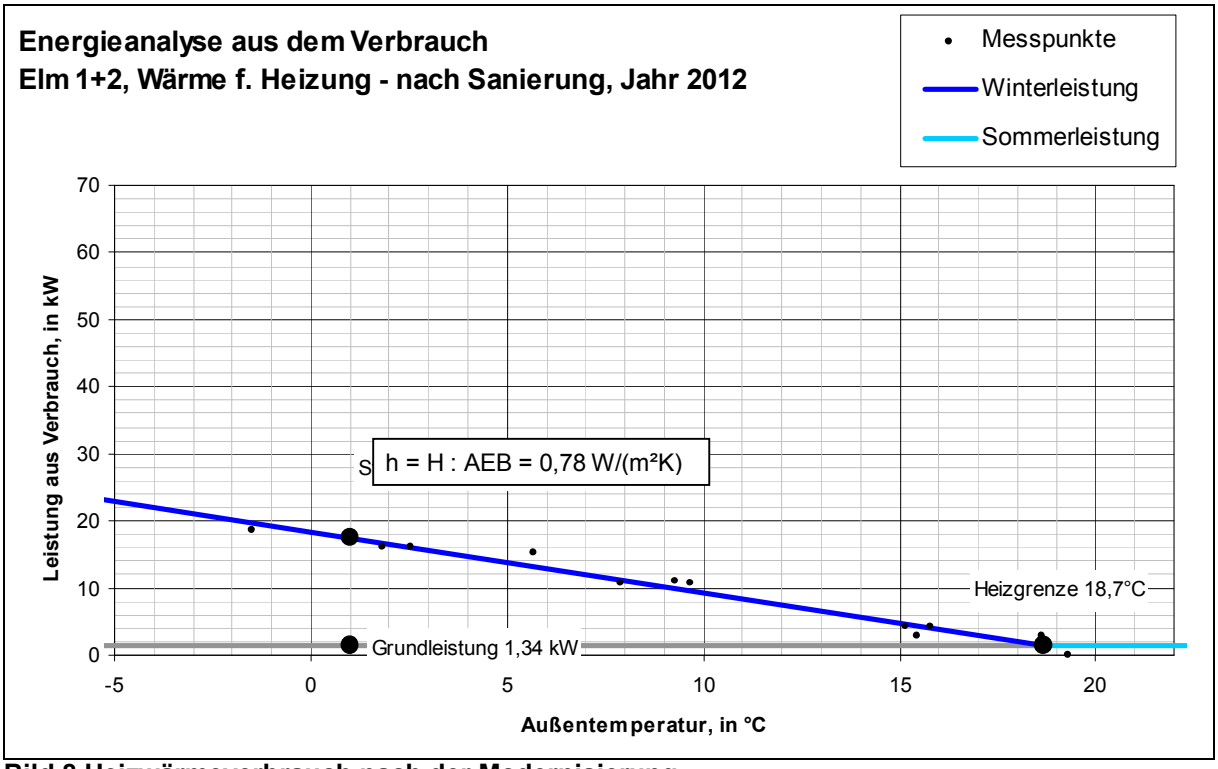


Bild 8 Heizwärmeverbrauch nach der Modernisierung

Vor der Modernisierung ist ein sehr hoher witterungsunabhängiger Verbrauch für die Heizung festzustellen. Die Wärmedauerleistung – auch im Sommer – beträgt:

6,7 kW.

Offenbar ist das Gebäude entweder nur mit Sommerheizung zu benutzen oder aber dieser Verbrauch wurde gar nicht registriert.

Die Heizgrenze – als Beginn der witterungsabhängigen Beheizung (und Ende der Sommerheizung) lag bei

ca. 15°C.

Jedes Grad Außentemperaturverminderung bewirkt ab dieser Temperatur eine Zunahme der Heizleistung um etwa

2,85 kW.

Nach der Modernisierung ist der witterungsunabhängige Verbrauch für die Heizung sehr stark zurückgegangen, was als Erfolg zu werten ist. Die Wärmedauerleistung – auch im Sommer – beträgt aber immer noch

1,3 kW.

Die Heizgrenze – als Beginn der witterungsabhängigen Beheizung (und Ende der Sommerheizung) liegt dafür bei

ca. 19°C.

Jedes Grad Außentemperaturverminderung bewirkt ab dieser Temperatur eine Zunahme der Heizleistung um etwa

0,92 kW.

Fazit

Die Modernisierung hat die außentemperaturabhängige Heizleistung (Steigung der Geraden H im Diagramm) von 2,85 auf 0,92 W/K reduziert – und das obwohl gleichzeitig ein Flächenzuwachs zu verzeichnen war.

Außerdem ist die Grund/Sommerheizung sehr stark von 6,7 auf 1,3 kW gesunken. Beide Tendenzen sind insgesamt als positiv anzusehen. Allerdings ließe sich die Sommerheizung sicherlich auf null reduzieren, z.B. indem die Sommer-Winter-Umschaltung in der Regelung korrekt eingestellt wird.

3.4 Wärmeverbrauch nur für Warmwasser

Nur für den Anteil, der über den Trinkwarmwasserwärmemengenzähler erfasst wird, erfolgen in diesem Abschnitt gesonderte Auswertungen

Zustand vor der Modernisierung

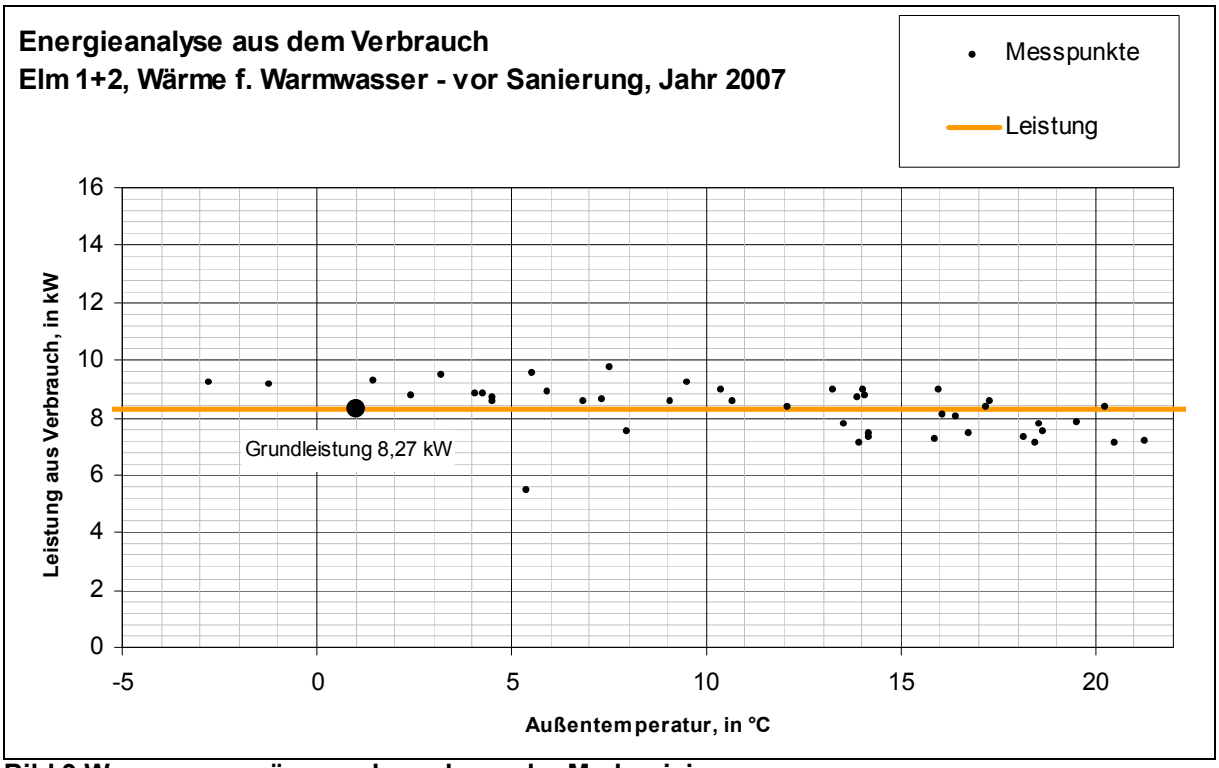


Bild 9 Warmwasserwärmeverbrauch vor der Modernisierung

Zustand nach der Modernisierung

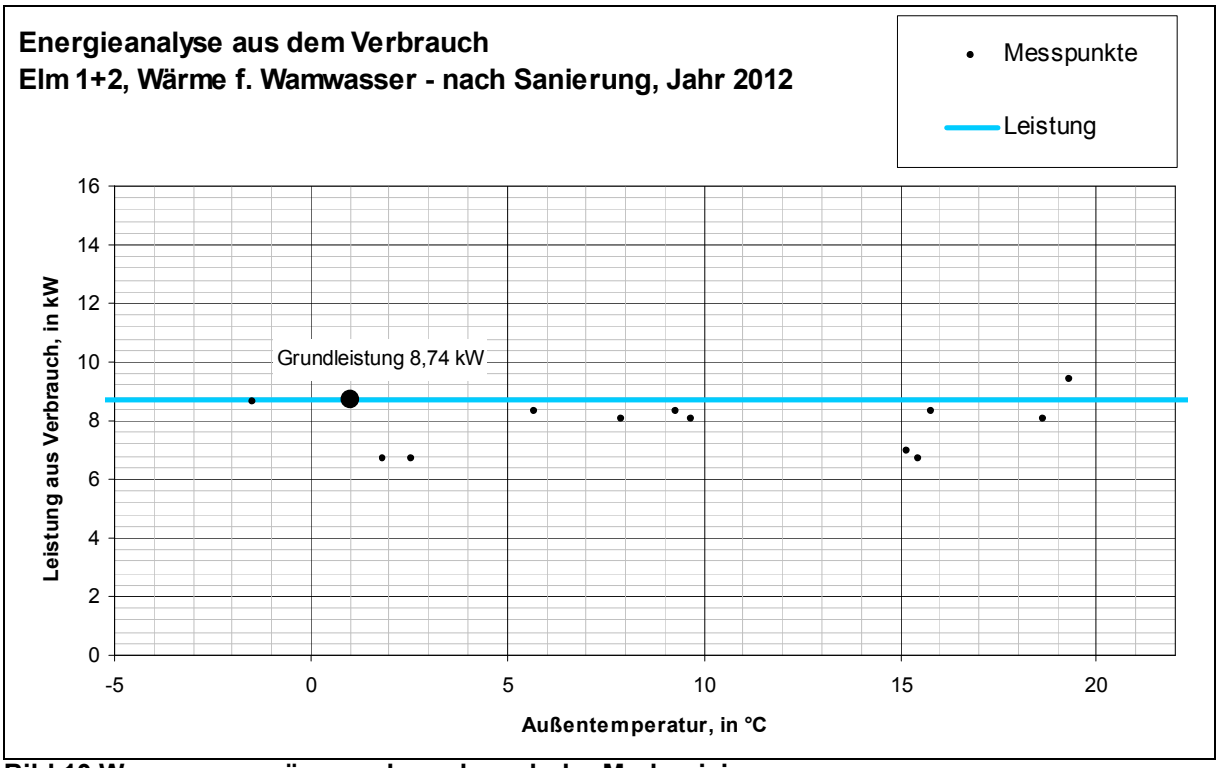


Bild 10 Warmwasserwärmeverbrauch nach der Modernisierung

Die Warmwasserleistung betrug vor der Modernisierung

8,3 kW.

Das entspricht etwa

345 W/Bewohner.

Es ist eine leichte Abhängigkeit von der Außentemperatur zu erkennen,

Die Warmwasserleistung beträgt nach der Modernisierung

8,7 kW.

Das entspricht etwa

300 W/Bewohner.

Eine Abhängigkeit von der Außentemperatur ist nicht zu erkennen.

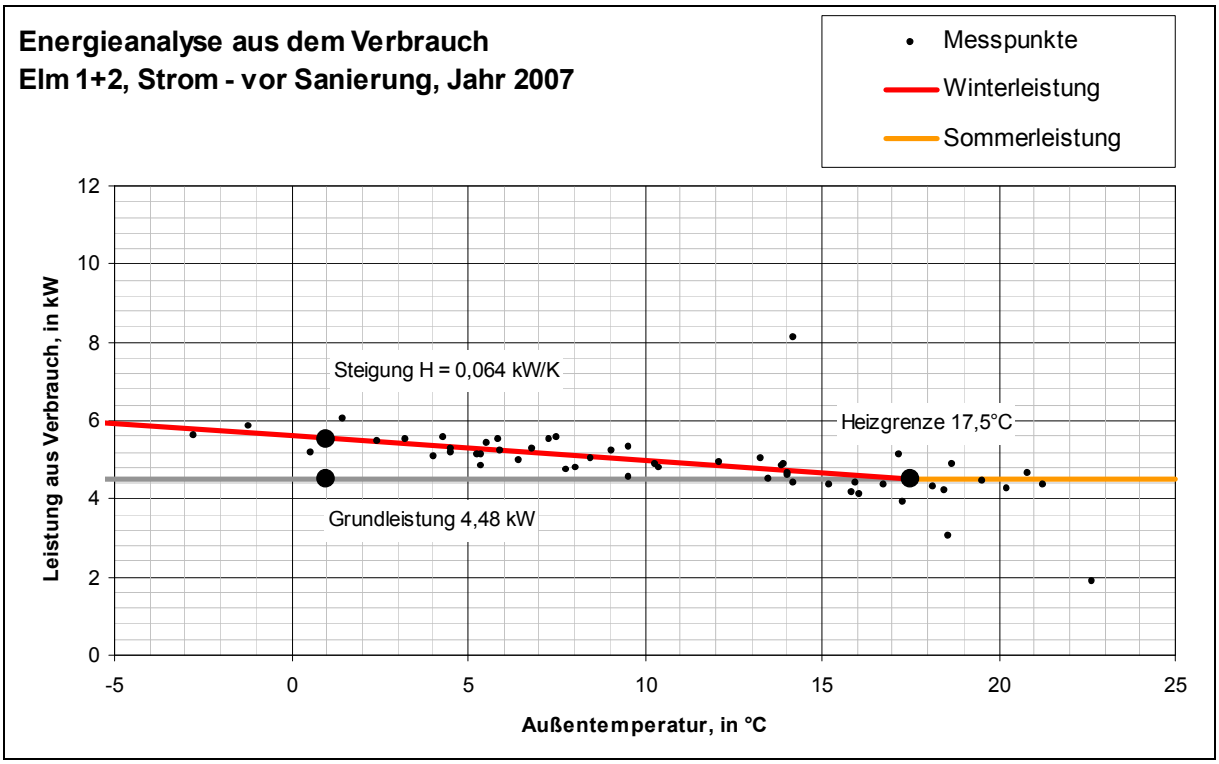
Fazit

Die absoluten Verbrauchswerte für Warmwasser sind um ca. 5 % gestiegen. Der Pro-Kopf-Verbrauch hat sich aber vermindert.

3.5 Stromverbrauch

Für den Stromverbrauch vor und nach der Modernisierung werden jeweils ein außentemperaturbezogener und ein zeitbezogener Verlauf sowie anschließend die zugehörigen Kennwerte angegeben. Die außentemperaturabhängige Auswertung des Stromverbrauchs wird hier zum ersten Mal durchgeführt.

Zustand vor der Modernisierung



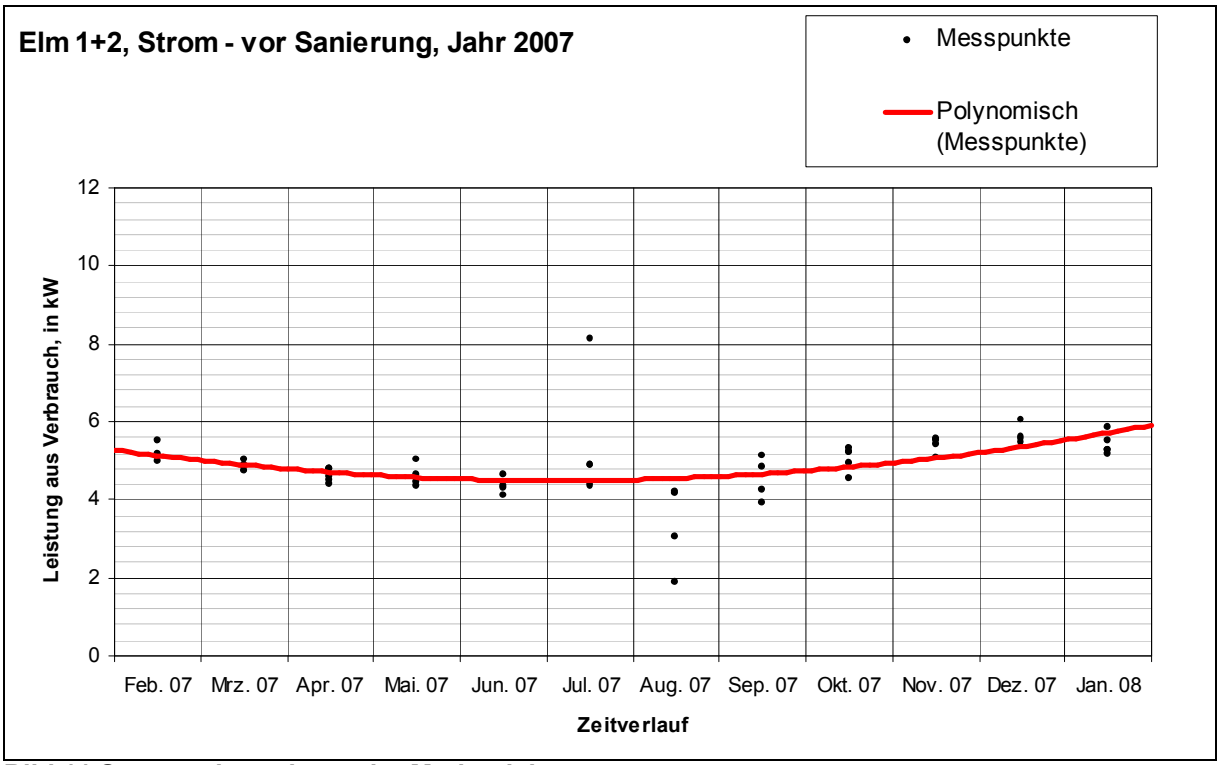
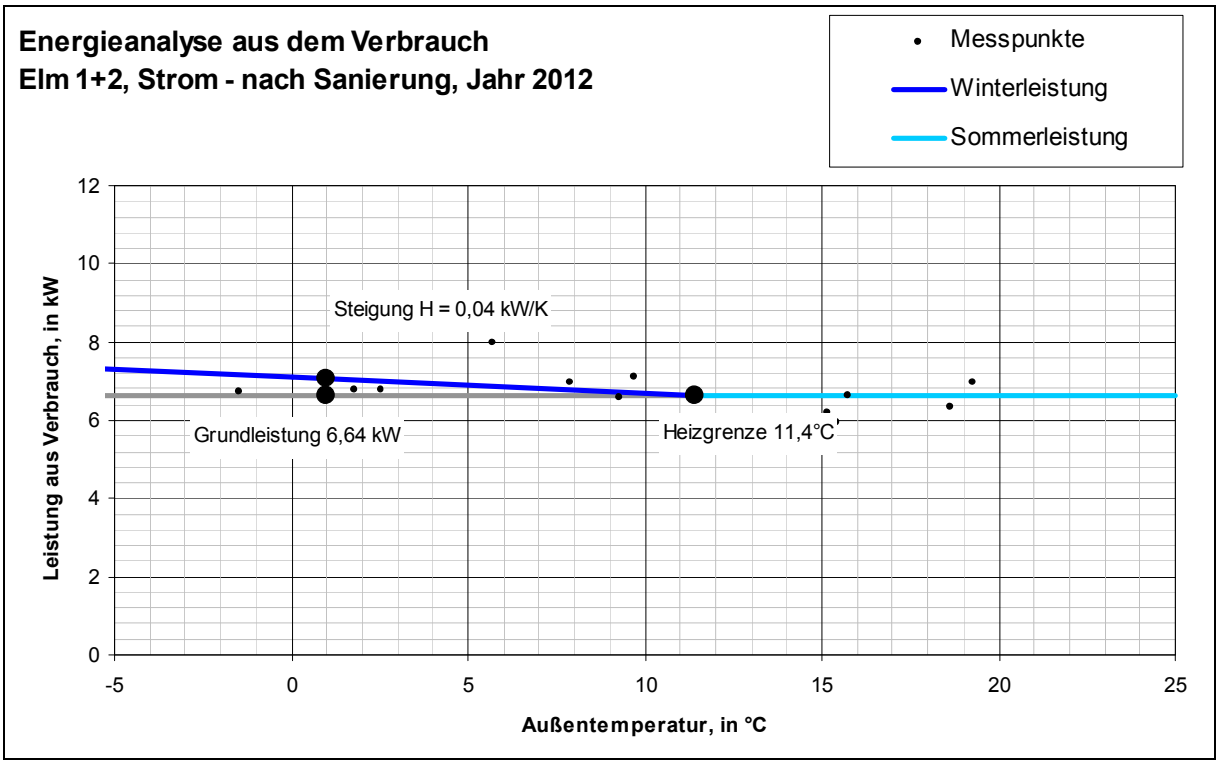


Bild 11 Stromverbrauch vor der Modernisierung

Zustand nach der Modernisierung



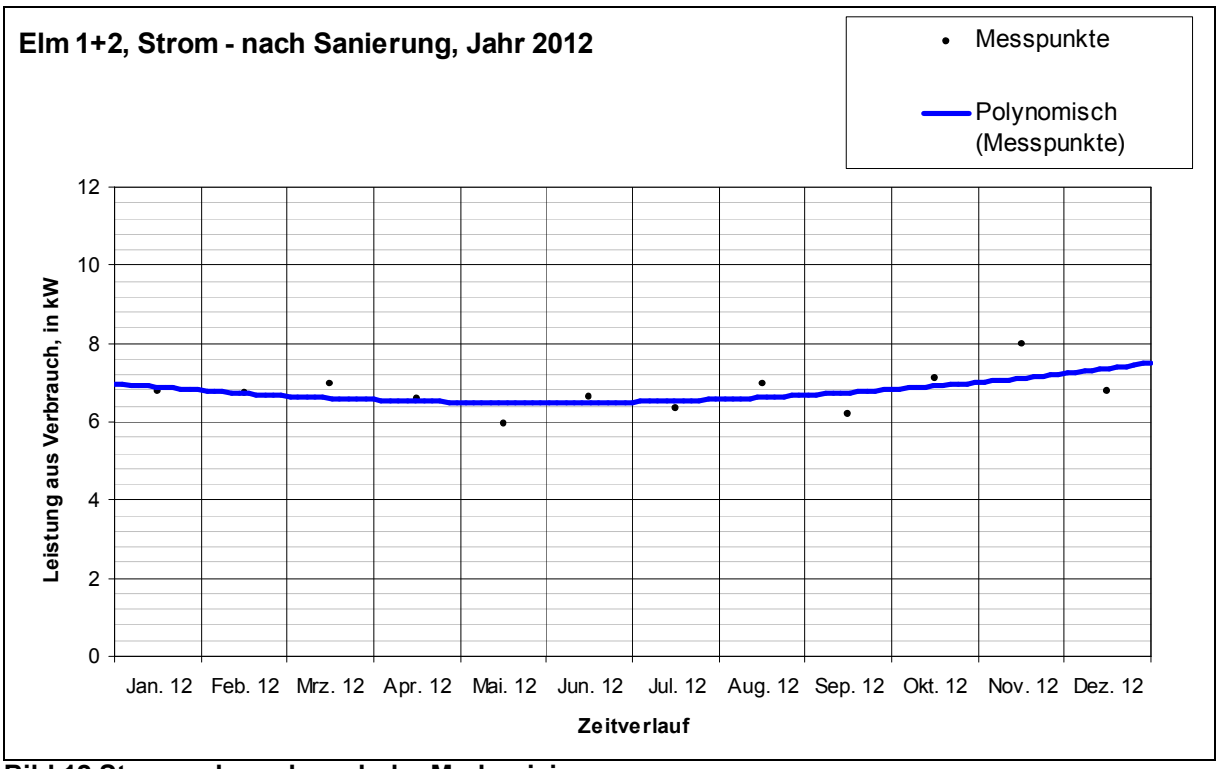


Bild 12 Stromverbrauch nach der Modernisierung

Kennwerte und Einsparung

Auf Basis von Messwerten der Zeit von 05.02.2007 bis 04.02.2008 vor der Modernisierung ergeben sich folgende Kennwerte:

- Stromverbrauch ohne Korrektur: 42.635 kWh/a

Die Zeitkorrektur auf ein glattes Jahr mit 365 Tagen ergibt folgende Werte:

- Stromverbrauch mit Korrektur: 42.800 kWh/a

Es ist unterhalb von etwa 17°C eine Zunahme des Stromverbrauchs im Winterhalbjahr zu erkennen. Jedoch kann von einer mittleren Dauerleistung von etwa 4,9 kW ausgegangen werden.

Auf Basis von Messwerten der Zeit von 01.01.2012 bis 01.01.2013 ergeben sich folgende Kennwerte für den sanierten Zustand:

- Stromverbrauch ohne Korrektur: 59.275 kWh/a

Die Zeitkorrektur auf ein glattes Jahr mit 365 Tagen ergibt folgende Werte:

- Stromverbrauch mit Korrektur: 59.100 kWh/a

Die Abhängigkeit des Stromverbrauchs von der Witterung ist auch nach der Sanierung zu erkennen – soll jedoch wegen noch recht geringer Anzahl von Messwerten – nicht weiter interpretiert werden. Es ist deutlich die Zunahme des Verbrauchs zu erkennen. Die mittlere Dauerleistung liegt bei 6,6 kW.

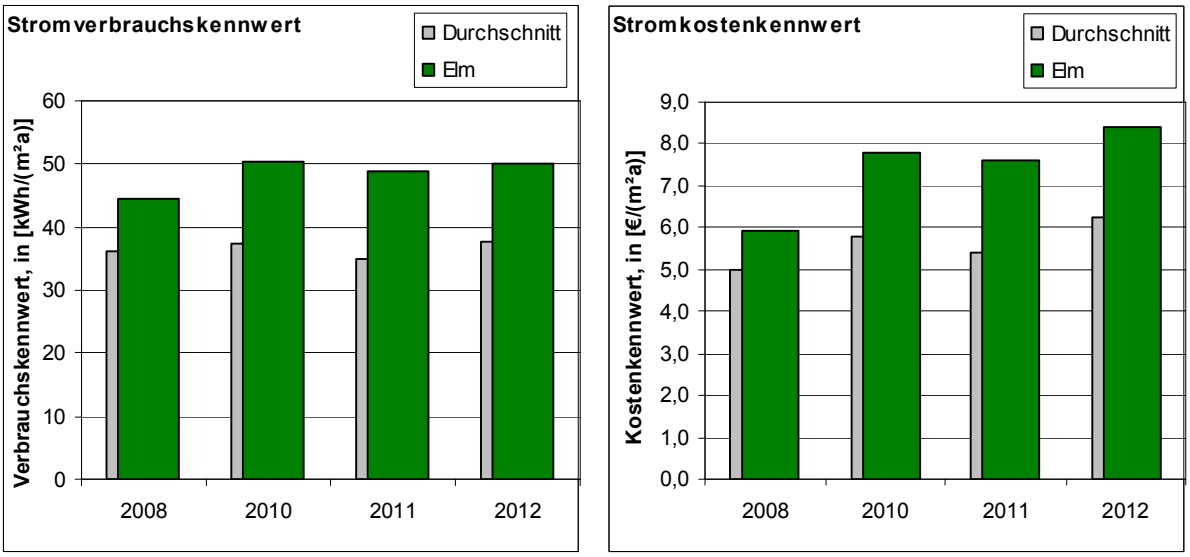


Bild 13 Stromkennwert und Stromkostenkennwert

Hinsichtlich der Stromkennwerte und der Stromkosten hat sich die Modernisierung des Gebäudes nicht oder leicht negativ bemerkbar gemacht.

Während das Gebäude 2008 noch ca. 22 % über dem Durchschnittskennwert der Liegenschaft lag, ist der Stromverbrauch 2012 etwa 30 % höher als der Durchschnitt. Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Kosten, wobei das Bild gut die Preisentwicklung insgesamt widerspiegelt.

	vor der Modernisierung 2007/2008	**nach der Modernisierung 2010 – 2012**	**Veränderung**
beheizte Fläche, in m²	962,9	1181,0	Zuwachs 23 %
Personen	24	29	Zuwachs 21 %
kWh/a	42.800	58.700	Mehrverbrauch 37 %
kWh/(m²a)	44	50	Mehrverbrauch 14 %
kWh/(Person a)	1780	2020	Mehrverbrauch 13 %

Tabelle 3 Kennwerte Strom

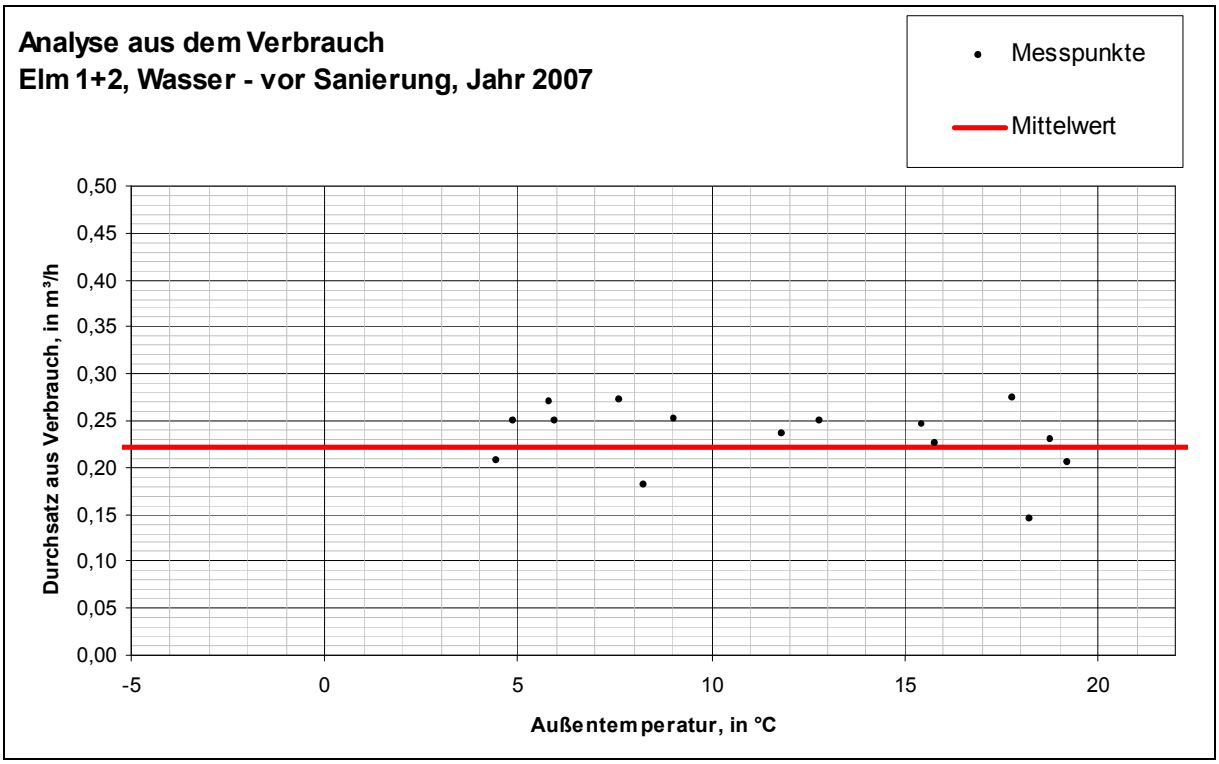
Als Absolutwert ist der Zuwachs deutlich mit 37 % zu verzeichnen. Der flächen- oder personenbezogene Energiekennwert für Strom hat sich leicht um etwa 14 % erhöht.

Die höhere technische Ausstattung mit Regelung, Beleuchtung und der Lüftungswärmerückgewinnungsanlage ist hier deutlich zu erkennen. Es sollten künftig durch Nutzungsänderungen und durch Rücknahme installierter bzw. effektiv benutzter Leistungen (vor allem bei der Beleuchtung) Einsparungen erreicht werden.

3.6 Wasserverbrauch

Für den Wasserverbrauch vor und nach der Modernisierung werden jeweils ein außentemperaturbezogener und ein zeitbezogener Verlauf sowie anschließend die zugehörigen Kennwerte angegeben.

Zustand vor der Modernisierung



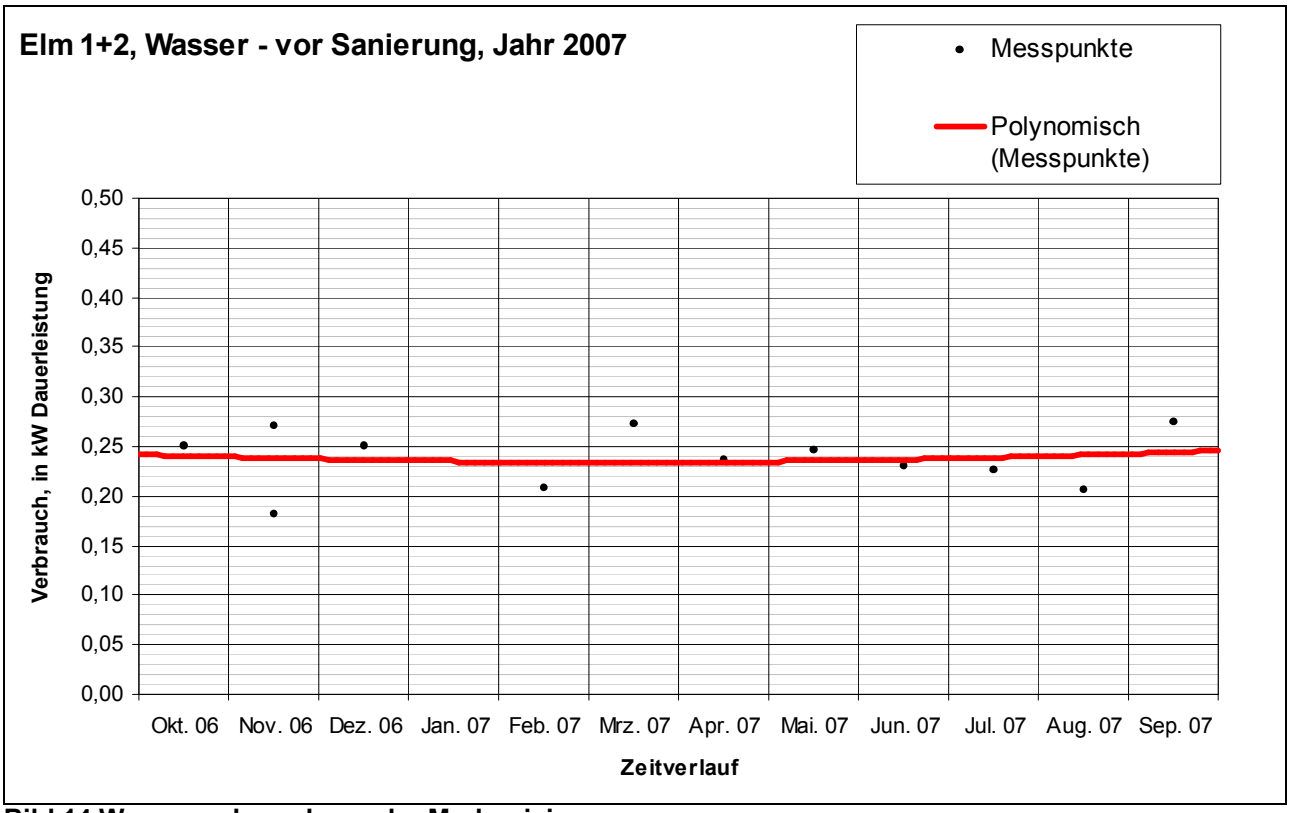
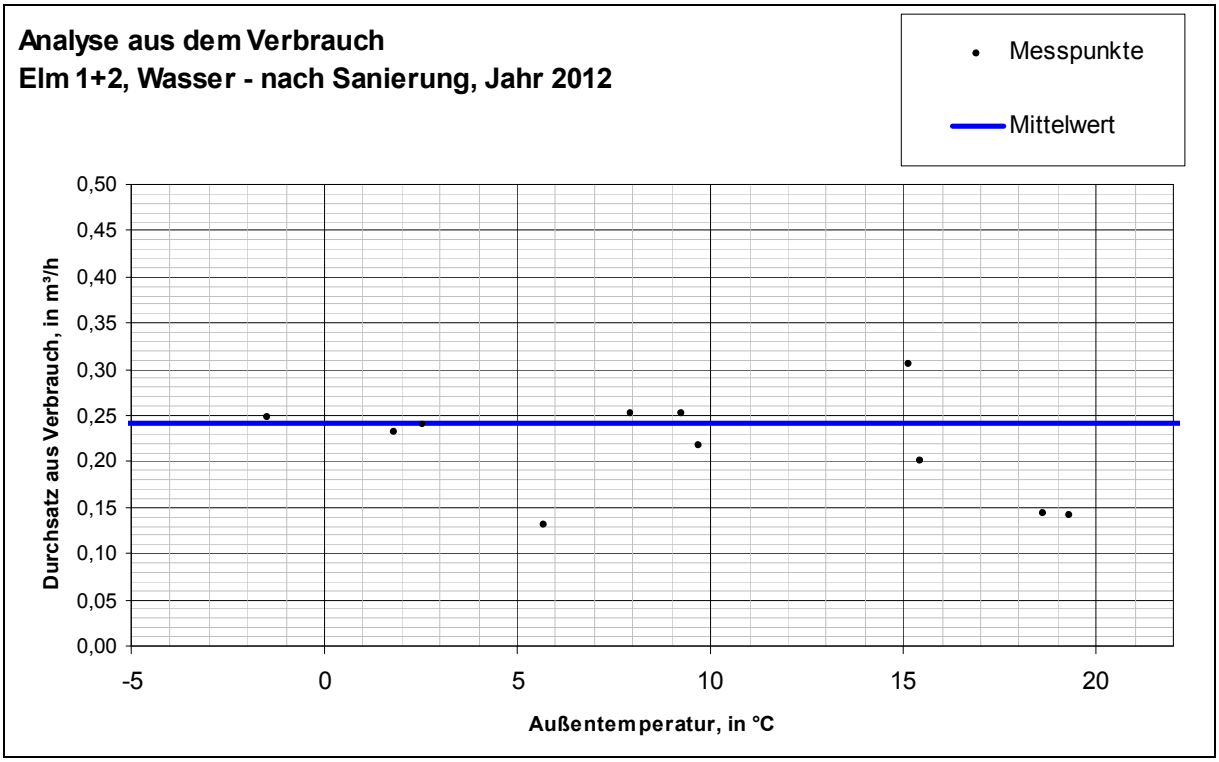


Bild 14 Wasserverbrauch vor der Modernisierung

Zustand nach der Modernisierung



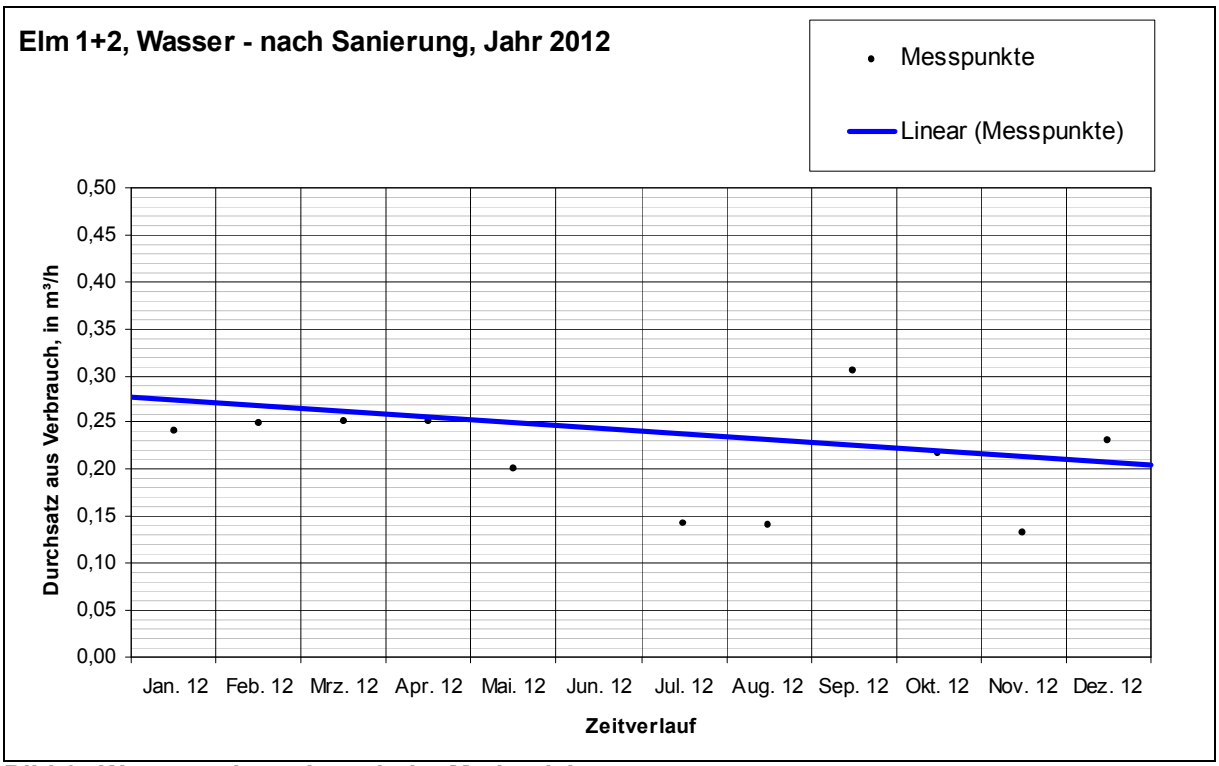


Bild 15 Wasserverbrauch nach der Modernisierung

Kennwerte und Einsparung

Auf Basis von Messwerten im Zeitraum von 01.09.2006 bis 01.12.2007 vor der Modernisierung ergeben sich folgende Kennwerte:

- Wasserverbrauch ohne Korrektur: 2.553 m³/a

Die Zeitkorrektur auf ein glattes Jahr mit 365 Tagen ergibt folgende Werte:

- Wasserverbrauch mit Korrektur: 2.050 m³/a

Der Wasserverbrauch ist etwa konstant übers Jahr, wobei sich ein mittlerer Dauerdurchsatz von etwa 0,23 m³/h einstellt.

Auf Basis von Messwerten der Zeit von 01.01.2012 bis 01.01.2013 nach der Modernisierung ändern sich die Werte wie folgt:

- Wasserverbrauch ohne Korrektur: 2.113 m³/a

Die Zeitkorrektur auf ein glattes Jahr mit 365 Tagen ergibt folgende Werte:

- Wasserverbrauch mit Korrektur: 2.100 m³/a

Der Wasserverbrauch ist auch nachher etwa konstant übers Jahr, wobei sich ein mittlerer Dauerdurchsatz von etwa 0,24 m³/h einstellt.

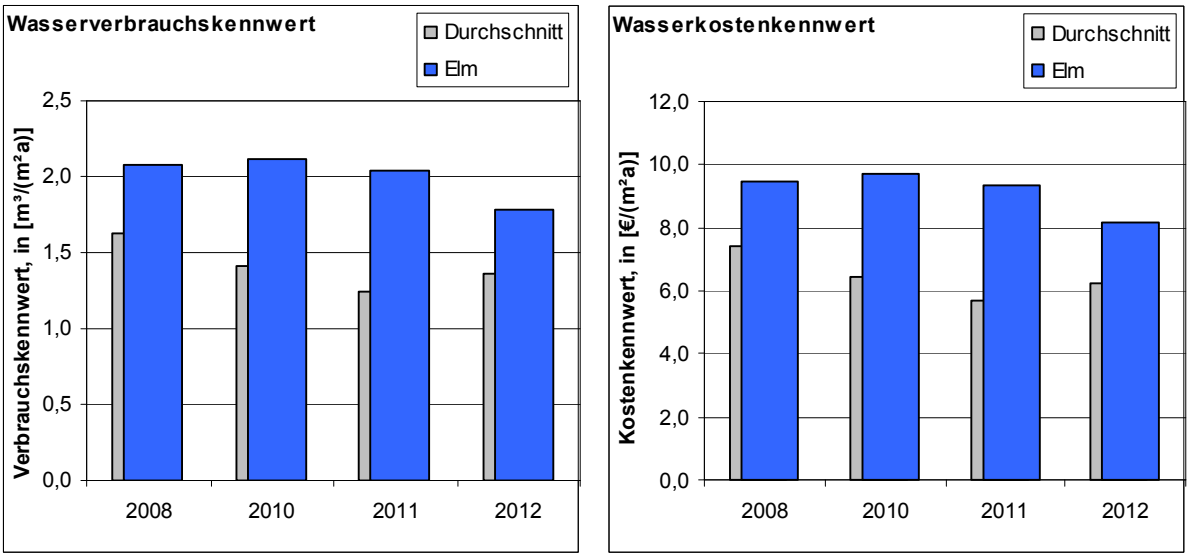


Bild 16 Wasserkennwert und Wasserkostenkennwert

Hinsichtlich der Wasserkennwerte und der Wasserkosten hat sich die Modernisierung des Gebäudes kaum bemerkbar gemacht – es ist zu vermuten, dass das Nutzerverhalten sich insbesondere in den letzten beiden Jahren positiv äußert.

Das Gebäude lag 2008 noch ca. 24 % über dem Durchschnittskennwert der Liegenschaft. Der Wasserverbrauch sinkt, bleibt aber auch 2012 deutlich höher als der Durchschnitt.

	vor der Modernisierung 2007/2008	**nach der Modernisierung 2010 – 2012**	**Veränderung**
Personen	24	29	Zuwachs 21 %
m³/a	2.050	2.350	Zuwachs 15 %
l/(Person d)	234	222	Einsparung 5 %

Tabelle 4 Kennwerte Wasser

Der personenbezogene Wasserverbrauch ist mit der Modernisierung leicht gesunken, was als ein sehr positiver Nebeneffekt der Modernisierung zu werten ist.

4 Energiebilanzierung

Der nachfolgende Abschnitt gibt die Ergebnisse der (theoretischen) Energiebilanzierung wieder. Zum einen werden die Werte der Wärmebilanz, zum anderen der Strombilanz aufbereitet. Verglichen werden der Bestand vor Modernisierung, die geplante Modernisierung (Prognose) und der erreichte Zustand. Anschließend erfolgt zusätzlich ein Ausblick, welches Einsparpotential sich aus einem veränderten Nutzerverhalten ergäbe.

4.1 IWU-Wärmebilanz vorher, geplant und erreicht

Die nachfolgenden Tabellen fassen die Energiebilanzierungen mit dem IWU-Energieberatungstool zusammen. Es sind Werte für den Bestand angegeben, die Planung der Modernisierung sowie die reale Umsetzung. Die Werte im Bestand und die Daten der Umsetzung sind – soweit verfügbar – mit Messwerten hinterlegt. Die Verbrauchswerte sind jeweils witterungskorrigiert.

alle Werte in MWh/a	**Bestand**		**Planung Modernisierung**	**Umsetzung Modernisierung**	
	Bedarf	**Verbrauch 2007/08**	**Bedarf**	**Bedarf**	**Verbrauch 2010-12**
Fläche	963 m²		1181 m²	1181 m²	
Personen	24 P		29 P	29 P	
Heizung					
Nutzen	246		80	78	
Verluste	47		22	28	
Endenergie	293	241	102	106	97
Trinkwarmwasser					
Nutzen	37		44	50	
Verluste	27		26	24	
Endenergie	64	72	70	74	74
Summe					
Endenergie	356	313	172	180	171

Tabelle 5 absolute Kennwerte der Energiebilanzierung für Wärme

Auf Basis der absoluten Werte in Tabelle 5 lässt sich die Flächenvergrößerung bzw. die Erhöhung der Personenzahl nicht gut erkennen. Daher gibt Tabelle 6 zusätzlich flächenbezogene Werte an.

alle Werte in kWh/(m²a)	**Bestand**		**Planung Modernisierung**	**Umsetzung Modernisierung**	
	Bedarf	**Verbrauch 2007/08**	**Bedarf**	**Bedarf**	**Verbrauch 2010-12**
Fläche	963 m²		1181 m²	1181 m²	
Personen	24 P		29 P	29 P	
Heizung					
Nutzen	255		68	66	
Verluste	49		19	24	
Endenergie	304	250	86	90	82
Trinkwarmwasser					
Nutzen	38		37	42	
Verluste	28		22	20	
Endenergie	66	75	59	62	63
Summe					
Endenergie	370	325	146	152	145

Tabelle 6 flächenbezogene Kennwerte der Energiebilanzierung für Wärme

Die Ergebnisse der geplanten Modernisierung sowie der tatsächlichen Umsetzung weichen nicht wesentlich voneinander und vom gemessenen Verbrauch ab.

Es ist festzuhalten, dass die Energiebilanz des Bestandes schlechter ausfällt als der reale Verbrauch. Sie weicht um 13 % vom witterungskorrigierten Verbrauch ab. Insbesondere die falsch eingeschätzte Dämmung der Bodenplatte macht sich bemerkbar. Unter Berücksichtigung, dass 6 cm Dämmung WLG 090 im Bodenaufbau bereits vorhanden sind, wird der Verbrauch fast getroffen.

Die Energiebilanzierungen liegen dem Bericht als separate Exceltabellen bei.

4.2 LEE-Strombilanz vorher, geplant und erreicht

Die Auswertung der Strombilanzierung vor und nach der Modernisierung zeigen Tabelle 7 und Tabelle 8 – jeweils als absolute und flächenbezogene Kennwerte. Die Bedarfskennwerte wurden mit dem LEE berechnet.

alle Werte in MWh/a	**Bestand**		**Umsetzung Modernisierung**	
	Bedarf	**Verbrauch 2007/08**	**Bedarf**	**Verbrauch 2010-12**
Fläche	963 m²		1181 m²	
Personen	24 P		29 P	
Einzelwerte				
Beleuchtung	ca. 12,4		15,2	
TGA	ca. 6,1		9,7	
Arbeitshilfen und zentrale Dienste	ca. 26,6		36,4	
Summe				
Endenergie	ca. 45,1	42,8	66,3	58,7

Tabelle 7 absolute Kennwerte der Energiebilanzierung für Strom

alle Werte in kWh/(m²a)	**Bestand**		**Umsetzung Modernisierung**	
	Bedarf	**Verbrauch 2007/08**	**Bedarf**	**Verbrauch 2010-12**
Fläche	963 m²		1181 m²	
Personen	24 P		29 P	
Einzelwerte				
Beleuchtung	ca. 12,9		12,9	
TGA	ca. 6,3		8,2	
Arbeitshilfen und zentrale Dienste	ca. 27,7		30,8	
Summe				
Endenergie	ca. 46,9	44,4	56,1	49,7

Tabelle 8 flächenbezogene Kennwerte der Energiebilanzierung für Strom

Die Gesamtbedarfswerte sind in Anbetracht der Verbrauchswerte plausibel.

Die Aufteilung des Strombedarfs auf die Einzelwerte erfolgte im Bestand ("ca.-Werte") nur näherungsweise, da sich herausstellte, dass die Bedarfsrechnung Fehler enthielt.

Die Energiebilanzierungen liegen dem Bericht als separate Exceltabellen bei.

4.3 Optimierung

Dem Anhang liegt zusätzlich eine IWU-Energiebilanz bei, in der Regelparameter (Heizung, Lüftung, Trinkwarmwasserbereitung) und das Nutzerverhalten optimaler angenommen sind als derzeit vorgefunden. Im Einzelnen:

- eine Sollraumtemperatur von 21°C (statt 23°C),
- ein ca. 30 % geringerer Warmwasserbedarf (welcher dann immer noch doppelt so hoch ist wie im Wohnungsbau),
- angepasste Temperaturen der Heizungsregelung (65°C statt 70°C Auslegungsvorlauf),
- verminderte Ventilatorlaufzeit, Speicherladezeiten sowie
- verminderte Beleuchtungsstärken/Laufzeiten von Stromverbrauchern.

Der berechnete Energiebedarf bezogen auf den derzeitig vorgefundenen ändert sich wie folgt:

- Wärme: ca. -20 %
- Strom: ca. -10 %

Eine Nutzer- und Mitarbeiterschulung diesbezüglich wird dringend angeraten.

4.4 Fazit der Bedarfsberechnungen

Grundsätzlich lässt sich für das Projekt "Elm" festhalten, dass die Ergebnisse der theoretischen Energiebilanzierung (Bedarf) nahe an den Messwerten (Verbrauch) liegen können. Dies ist für die Nachbildung des Zustandes nach der Modernisierung gelungen. Die Berechungen liegen weniger als 10 % neben dem tatsächlichen Verbrauch.

Hilfreich ist die Auswertung der EAV, die Aufschluss über witterungsabhängige und witterungsunabhängige Anteile liefert – siehe Kapitel 3.2. Auf dieses Hilfsmittel wurde bei der Erstauswertung 2007/08 noch nicht im gewünschten Maße zurückgegriffen – u. a. weil der Messzeitraum zum Zeitpunkt der Berechnung noch zu kurz war. Daher ist die Abbildung des Bestandes weit ungenauer als die der Modernisierung gelungen. Aus heutiger Sicht ein Manko; damals war der Wissensstand noch nicht so weit.

Die Prognose des künftigen Bedarfs nach der Modernisierung (für Wärme) ist 2008 vergleichsweise gut gelungen – trotzdem etliche Details nicht so ausgeführt wurden, wie geplant und auch das Nutzerverhalten intensiver ist als prognostiziert.

5 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Auf Basis der Medienpreise für die Jahre 2008 und 2012, der Wartungs- und Unterhaltskosten sowie der Investitionen soll eine Gesamtwirtschaftlichkeit eingeschätzt werden. Es werden dabei verglichen: der Zustand vor Modernisierung, der Zustand nach Modernisierung sowie ein hinsichtlich des Nutzerverhaltens optimierter (fiktiver) Zustand.

5.1 Medienkosten

Grundlage für die nachfolgenden Betrachtungen sind die Verbrauchsdaten an Wärme, Strom und Wasser/Abwasser vor der Modernisierung 2007/08 sowie nach der Modernisierung als Mittelwert von 2010 bis 2012 (siehe Kapitel 3.2, 3.5, 3.6). Darüber hinaus wird ein optimaler Zustand ausgewertet, der durch angepasstes Nutzerverhalten einen geringeren Verbrauch hat (siehe Kapitel 4.3).

Es gelten folgende Mengen für	vorher	nachher	optimiert
• Wärme, in MWh/a:	312,7	171,2	ca. 0,8 · 171,2
• Strom, in MWh/a:	42,8	58,7	ca. 0,9 · 58,7
• Wasser, in m³/a:	2050	2350	ca. 0,9 · 2350

Hinsichtlich der Preise werden zwei Varianten untersucht: die Ergebnisse zu Preisen von 2008 und zu Preisen von

Es gelten folgende Preise für	2008 [1]	bzw.	2012 [7]
▪ Nahwärme per Hausanschluss:	72 €/MWh		68 €/MWh
▪ Strom:	140 €/MWh		167 €/MWh
▪ Wasser plus Abwasser:	4,57 €/m³		4,59 €/m³

Es gelten folgende Preissteigerungen für	2008 [1]	bzw.	2012 [7]
▪ Nahwärme per Hausanschluss:	8 %/a		5 %/a
▪ Strom:	8 %/a		7 %/a
▪ Wasser plus Abwasser:	ca. 0 %/a		ca. 0 %/a

Damit ergeben sich die in Tabelle 9 dargestellten absoluten Medienkosten bzw. auf die beheizte Fläche bezogenen Werte in Tabelle 10.

€/a	Bestand	Umsetzung	optimiert
Preise von 2008			
heute	37875	31284	26923
mittel	102955	78187	66321
Preise von 2012			
heute	37821	32231	27844
mittel	72197	61523	53021

Tabelle 9 absolute Medienkosten verschiedener Szenarien

€/(m²a)	Bestand	Umsetzung	optimiert
Preise von 2008			
heute	39	26	23
mittel	107	66	56
Preise von 2012			
heute	39	27	24
mittel	75	52	45

Tabelle 10 flächenbezogene Medienkosten verschiedener Szenarien

Eine Auswertung erfolgt zusammenfassend für alle Kostenanteile in Kapitel 5.4.

5.2 Instandhaltungskosten

Legt man die Ausgaben der Jahre 2003 bis 2007 [2] zugrunde ergeben sich folgende flächenbezogene Investitionen für Maßnahmen ohne Modernisierung:

	Fläche, in m²	€ in 2003	€ in 2004	€ in 2005	€ in 2006	€ in 2007	€/m²a
Altes Schulhaus	673	20746	13886	4631	5192		16,5
Asse	1246		16602	36000	8602	32493	18,8
Bethanien	191	1704	2340	4493	3339	473	12,9
Elm	1096	29124	8560	22254	4874	4892	**12,7**
Lindenplatz/ Sundern	4243	56013	76403		56461		14,8
Männerhaus	1151	35931	2054	2207	6622		10,2
Mühlenhof	881	13945	3751	5417	36452	10009	15,8
Ohe	1665	18782	19001	22519		45349	15,9
Wabeweg 3/3a	644	29109	12181	6490	4922	7214	18,6
Weidenweg	2498	38745	10540	36714	68627	27770	14,6
Mittelwert alle							15,1
oberes Drittel							**18,0**
unteres Drittel							11,9

Tabelle 11 Instandhaltungskosten für Gebäude, mittlere Werte

Es gibt Gebäude, deren Wartungsaufwand liegt besonders hoch, weil sie entsprechend älter sind und viele Einzelmaßnahmen auftreten, z.B. Asse oder Wabeweg 3 und 3a. Dagegen gibt es auch Gebäude, in die extrem wenig investiert wurde, z.B. weil sie noch einen hohen Standard aufweisen, wie da Gebäude "Gartenweg 10" oder weil eine Wartung noch aufzuschieben war.

	Fläche, in m²	€ in 2003	€ in 2004	€ in 2005	€ in 2006	€ in 2007	€/m²a
Elim/ Schuhmacherei	89	348	384	180	24	119	2,4
Gartenweg 10	496	1528	6849	913	4943	3092	7,0
Wohnhaus 2	472	1808	492	93	2716	402	2,3
Mittelwert alle							3,9
oberer Wert							7,0
unterer Wert							**2,3**

Tabelle 12 Instandhaltungskosten für Gebäude, geringe Investitionshöhe

Aus diesen in Neuerkerode erfassten Wartung- und Instandhaltungssätzen werden nachfolgende Annahmen für den unsanierten und den modernisierten Zustand zu heutigen Preisen abgeleitet. Als Preissteigerung wird die

Elm, unsaniert:

- heute: 12,7 €/m²a - heutiger Wert für Elm, Tabelle 11
- in 30 Jahren: 18,0 €/m²a - oberes Drittel aller mittleren Werte, Tabelle 11
- im Mittel: 15,4 €/(m²a)
- entspricht: 14.800 €/a - bei einer Fläche von 962,9 m²

modernisiert:

- heute: 2,3 €/m²a - mittlerer Wert, Tabelle 12
- in 30 Jahren: 15,1 €/m²a - mittlerer Wert, Tabelle 11
- im Mittel: 8,7 €/(m²a)
- entspricht: 10.300 €/a - bei einer Fläche von 1181,0 m²

5.3 Investitionskosten

Die Detailuntersuchung der Investitionskosten wurde der Bachelorarbeit von Stefan Delakowitz entnommen, die Grundlage für den Bericht "Kostenkennwerte der Modernisierung Elm" [4] ist. Im Mittelpunkt der Kostenkennwertanalysen steht die Durchsicht und Aufbereitung der von der Evangelischen Stiftung Neuerkerode zur Verfügung gestellten Schlussrechnungen dieses Bauprojektes. Es gibt drei Schwerpunkte:

- es werden flächenbezogene Kostenkennwerte für die Modernisierung des Bestandsgebäudes sowie für die Erweiterung des Baukörpers um zusätzliche Appartements anhand der tatsächlich entstandenen Kosten ermittelt,
- weiterhin werden spezifische Kostenkennwerte bestimmter energetischer Bau- und Anlagenteile gebildet und mit der Literatur verglichen; diese Kennwerte sollen dabei helfen, bei zukünftigen Modernisierungen von Gebäuden der Liegenschaft Neuerkerode noch exaktere Kostenplanungen vornehmen zu können;
- Ermittlung der energetischen Kosten als Teil der Gesamtkosten.

Hier sollen nur die wichtigen Kostengruppen 300 (Baukörper), 400 (Technische Anlagen) und 700 (Baunebenkosten) thematisiert werden. Für alle Details wird auf den Bericht verwiesen.

Fazit der Kostengruppe 300

Die Kostengruppe 300 macht mit ihren Kosten von fast 1.210.000 € den größten Teil der Kosten Modernisierung und Erweiterung des Baukörpers aus.

Um einen Kostenkennwert für künftige Modernisierungen zu erhalten, wurden die Kosten dieser Kostengruppe der Modernisierung des Bestandes und dem Neubau der Erweiterung zugeordnet. Die anteilige Verteilung der Kosten zeigt Bild 17.

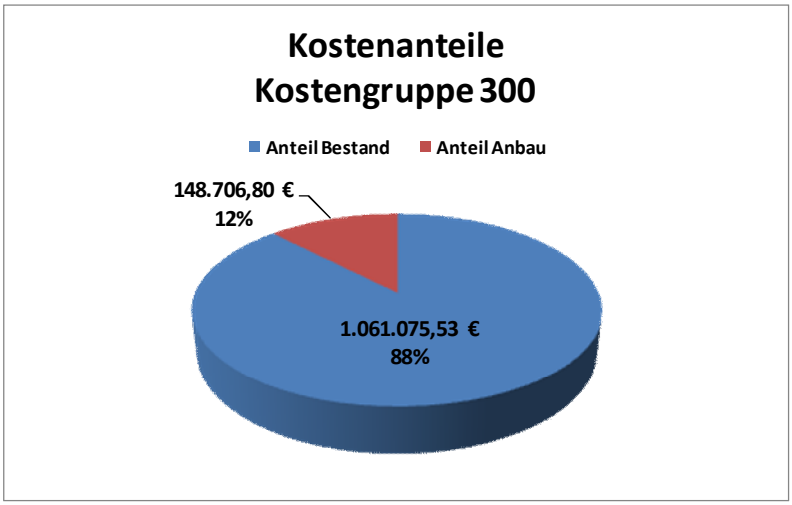


Bild 17 Kostenanteile Kostengruppe 300

Somit ergeben sich für diese Kostengruppe folgende Kostenkennwerte:

- **Kosten / m² Bestandsfläche = 1.061.075,53 € / 962,9 m² = 1.101,96 €/m²$_{NGF}$**
- **Kosten / m² Anbaufläche = 148.706,80 € / 218,1 m² = 681,83 €/m²$_{NGF}$**

Fazit der Kostengruppe 400

Die Gesamtkosten der Kostengruppe 400 machen etwa 444.200 € aus. Signifikante Einsparungen sind in dieser Kostengruppe aufgrund der speziellen Anforderungen des Gebäudes nicht zu finden. Grundsätzlich erscheinen alle getätigten Einbauten für den Betrieb eines Wohn- und Pflegeheims notwendig und gerechtfertigt.

Die Verteilung der Kosten für Bestand und Anbau zeigt Bild 18.

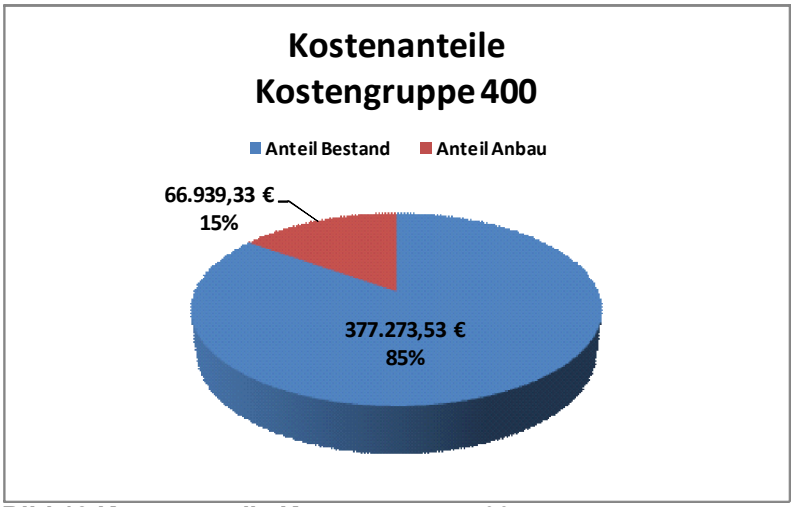


Bild 18 Kostenanteile Kostengruppe 400

Somit ergeben sich für diese Kostengruppe folgende Kostenkennwerte:

- **Kosten / m² Bestandsfläche = 377.273,53 € / 962,9 m² = 391,81 €/m²$_{NGF}$**
- **Kosten / m² Anbaufläche = 66.939,33 € / 218,1 m² = 306,92 €/m²$_{NGF}$**

Fazit und Bewertung der Kostengruppe 700

Grundsätzlich wurden die Honorare der Planungsbüros gemäß der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) richtig ermittelt und dem Bauherren in Rechnung gestellt. Große Einsparpotenziale für Architekten und Planer wurden hier nicht erkannt, da das Bauvorhaben eindeutig den richtigen Honorarzonen der HOAI zugeordnet wurde und die Honorarkosten von den anrechenbaren Kosten (d.h. den fachspezifischen Kostenanteilen auf Basis der Kostenermittlungen nach DIN 276) abhängig sind. Es sollte allerdings bei nachfolgenden Modernisierungen versucht werden, möglichst niedrige Prozentsätze für den Umbauzuschlag (gemäß HOAI § 24) zu verhandeln.

Die Kosten der Projektsteuerung sollten bei zukünftigen Modernisierungen – sofern möglich – reduziert werden. So könnte bei dieser Leistung anstelle der Honorierung nach anrechenbaren Kosten eine Honorierung nach Zeitaufwand vereinbart werden. Alternativ wird – anstelle externer Planer und Projektsteuerer – ein Mitarbeiter befristet projektbezogen oder generell eingestellt. Gerade unter dem Gesichtspunkt der Vielzahl an zukünftigen Modernisierungen sollte hier erhebliches Einsparpotenzial gegenüber der Beauftragung Externer erreicht werden können.

Grundsätzlich sollte versucht werden, die Honorierung der Planungsbeteiligten von den anrechenbaren Kosten zu entkoppeln. Dies bewirkt, dass Projektmanagement und Planer nicht an evtl. auftretenden Mehrkosten profitieren. Evtl. werden sogar gegenteilige Verträge geschlossen und die Planungsbeteiligten an Kosteneinsparungen beteiligt.

Für künftige HOAI-Novellen wird dieses Grundprinzip bereits von der Bundesregierung geprüft und andere Organisationen und Verbände entwickeln ihrerseits Modelle um dieses Prinzip zukünftig noch weiter in den Vordergrund zu stellen.

Weiterhin bestehen vermutlich kaum Einsparungsmöglichkeiten bei den weiteren Kostenverursachern dieser Kostengruppe. Die Verteilung der Kosten für Bestand und Anbau zeigt Bild 19.

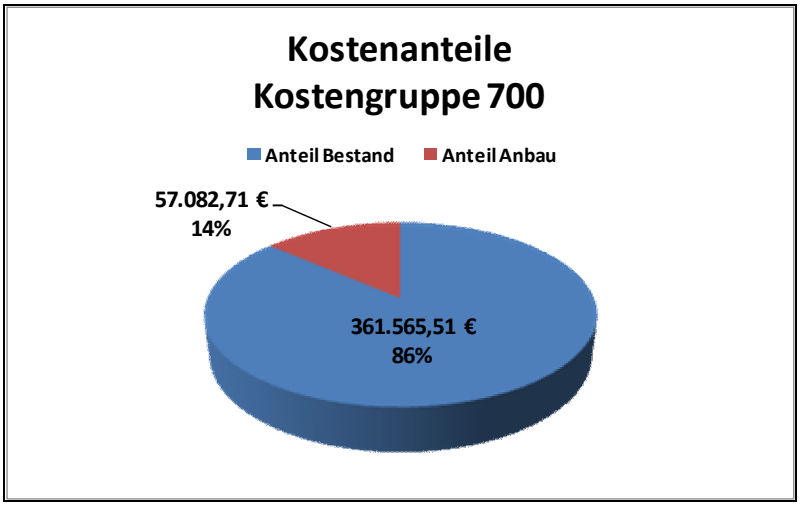


Bild 19 Kostenanteile Kostengruppe 700

Somit ergeben sich für diese Kostengruppe folgende von den Berichterstattern nicht erwartete Kostenkennwerte für die Kostengruppe 700:

- **Kosten / m² Bestandsfläche = 361.565,51 € / 962,9 m² = 375,50 €/m²$_{NGF}$**
- **Kosten / m² Anbaufläche = 57.082,71 € / 218,1 m² = 261,73 €/m²$_{NGF}$**

Fazit Kostenkennwerte im Vergleich mit anderen Quellen

Die Kosten des Bauvorhabens Elm entsprechen in weiten Teilen Literaturwerten – sofern man von zwei Punkten absieht:

a) der Sonderausstattung, die die Nutzung als Behindertenpflegeheim mit sich bringt.
b) die Kosten für Architekten, Planer, Projektsteuerer und externe Qualitätssicherung, welche in der Literatur nicht berücksichtigt werden.

Die unter b) genannten Positionen waren real vorhanden und haben die Kostenkennwerte jeweils um ca. 25 % (auf den sich ansonsten ergebenden Preis) erhöht. Sofern künftig Kostenschätzungen – insbesondere für energetische Modernisierungen – durchgeführt werden, können Literaturschätzkosten verwendet werden. Jedoch sind diese um die genannten Positionen zu erhöhen.

Allerdings wird für zukünftige Projekte dringend empfohlen, diese externen Kosten z.B. durch Rückgriff auf angestellte oder pauschal projektbezogen entlohnte Planer zu vermindern.

Gesamtkosten

Aus der Kostenfeststellung können Investitionskosten nach Kostengruppen entnommen werden. Ergänzt wurden in dieser Aufstellung die beiden letzten Spalten, welche eine Aufteilung der Kosten auf die beiden Bauteile "Bestand" und "Anbau" wiedergeben.

Kontenblatt KG	Leistung / Kurzbeschreibung	Kostenfeststellung Rechnungssumme	Bestand	Anbau
-	-	brutto	Fläche in m² 962,9	Fläche in m² 218,1
301	Erweiterter Rohbau	376.359,35 €	306.845,77 €	69.513,58 €
302	Gerüstbauarbeiten	5.557,77 €	4.531,25 €	1.026,52 €
303	Zimmerer-, Holzbauarbeiten	42.829,52 €	34.918,91 €	7.910,61 €
304	Abdichtungsarbeiten	86.629,75 €	70.629,24 €	16.000,51 €
305	Putz- und Stuckarbeiten	31.088,05 €	25.346,09 €	5.741,96 €
306	WDVS	95.757,91 €	82.175,96 €	13.581,94 €
307	Tischler, Fenster	66.362,48 €	62.293,03 €	4.069,45 €
308	Metallbau, Schlosser	124.550,23 €	124,550,23 €	0,00 €
309	Metallbau, Vordächer	13.789,64 €	13.789,64 €	0,00 €
301-309	**Rohbau, Gebäudehülle**	**842.924,70 €**	**725.080,12 €**	**117.844,57 €**
310	Estricharbeiten	70.277,75 €	63.496,47 €	6.781,29 €
311	Trockenbau	134.860,33 €	129.367,42 €	5.492,91 €
312	Fliesen-, Plattenarbeiten	53.019,33 €	44.130,93 €	8.888,39 €
313	Tischler, Innentüren	51.389,93 €	46.286,98 €	5.102,95 €
314	Zimmerer, Windfang	8.249,24 €	8.249,24 €	0,00 €
321	Maler-, Lackierarbeiten	38.930,25 €	36.138,77 €	2.791,48 €
322	Gebäudereinigung	3.000,00 €	2.445,90 €	554,10 €
323	Schließanlage	5.550,03 €	4.524,94 €	1.025,09 €
324	Ausbau Sonstige	1.580,80 €	1.354,76 €	226,04 €
310-324	**Ausbau**	**366.857,66 €**	**335.995,41 €**	**30.862,25 €**
300	**Baukonstruktion**	**1.209.782,36 €**	**1.061.075,53 €**	**148.706,82 €**
401	Heizung, Lüftung, Sanitär	303.641,61 €	249.713,31 €	53.928,30 €
402	Elektrotechnik	125.597,74 €	113.735,13 €	11.862,61 €
403	Fördertechnik	8.755,76 €	8.755,76 €	0,00 €
405	Blitzschutz	6.217,75 €	5.069,33 €	1.148,42 €
400	**Technische Anlagen**	**444.212.86 €**	**377.273,53 €**	**66.939,33 €**
501	Außenanlagen	74.576,78 €	60.802,45 €	13.774,33 €
500	**Außenanlagen**	**74.576,78 €**	**60.802,45 €**	**13.774,33 €**
601	Ausstattung	12.994,53 €	12.994,53 €	0,00 €
600	**Ausstattung und Kunstwerke**	**12.994,53 €**	**12.994,53 €**	**0,00 €**
700	**Baunebenkosten**	**418.648,22 €**	**361.565,51 €**	**57.082,71 €**
100-700	**Gesamtsumme**	**2.160.214,75 €**	**1.873,711,55 €**	**286.503,17 €**

Tabelle 13 : Baukosten und deren Aufteilung auf Bestand und Anbau

Die hieraus resultierenden jährlichen Kapitalkosten über 30 Jahre ergeben sich (ohne Preissteigerung für Nachinvestitionen) unter Annahme folgender Randdaten:

- Betrachtungszeitraum: 30 Jahre
- Lebensdauern: KG 401 = 20 a,
  sonst 30 a
- Kapitalzins: 0,04 a^{-1} d.h. Annuität 0,058 a^{-1}
- Nachinvestition: KG 401: f = 1,55
  sonst f = 1,00

Damit ergeben sich folgende Kapitalkosten über die nächsten 30 Jahre, incl. Berücksichtigung der Nachinvestition für die TGA-Anlagen sowie von Zins und Tilgung:

- Gesamtgebäude incl. Anbau

  303.642 € · 1,55 · 0,058 a^{-1}
  + 1.856.635 € · 1,00 · 0,058 a^{-1}
  = 135.000 €/a
  = 114,3 €/(m²a) bezogen auf die beheizte Fläche von 1181,0 m²

- nur Bestand ohne Anbau

  249.713 € · 1,55 · 0,058 a^{-1}
  + 1.623.998 € · 1,00 · 0,058 a^{-1}
  = 116.600 €/a
  = 121,1 €/(m²a) bezogen auf die beheizte Fläche von 962,9 m²

Energetische Investitionskosten

Der Bericht "Kostenkennwerte der Modernisierung Elm" [4] gibt ebenfalls detailliert Aufschluss über die energetischen Kosten der Modernisierung. Nachfolgende Tabellen sind diesem Bericht entnommen.

Zusammenfassung energetische Kosten Baukörper		
Kurzbeschreibung / Tätigkeit	**Gesamtpreis**	**Anteil Bestand**
Rohbauarbeiten	180.493,29 €	147.156,19 €
Zimmerer-, Holzbauarbeiten	45.083,70 €	36.756,74 €
Außendämmung Wärmedämmverbundsystem /WDVS)	100.166,38 €	85.959,15 €
Dach / oberste Geschossdecke / Trockenbauarbeiten	104.273,45 €	85.014,15 €
Fenster / Fenstertüren	76.808,43 €	72.098,41 €
Estricharbeiten / Bodenbelag	70.277,76 €	63.496,48 €
Zwischensumme (brutto)	**577.103,01 €**	**490.481,12 €**
Baunebenkosten 19 %	**109.649,57 €**	**93.191,41 €**
Gesamtsumme (brutto)	**686.752,58 €**	**583.672,53 €**
Gesamtsumme €/m²	**581,50**	**606,16**

Tabelle 14 : Zusammenfassung energetische Kosten Baukörper

Zusammenfassung energetische Kosten Technische Anlagen		
Kurzbeschreibung / Tätigkeit	**Gesamtpreis**	**Anteil Bestand**
Heizungs- und Lüftungsarbeiten	163.818,76 €	134.723,05 €
Zwischensumme (brutto)	**163.818,76 €**	**134.723,05 €**
Baunebenkosten 19 %	**31.125,56 €**	**25.597,38 €**
Gesamtsumme (brutto)	**194.944,32 €**	**160.320,43 €**
Gesamtsumme €/m²	**165,07**	**166,50**

Tabelle 15 : Zusammenfassung energetische Kosten Technische Anlagen

Zusammenfassung energetische Kosten Baukörper + Technische Anlagen		
Kurzbeschreibung / Tätigkeit	**Gesamtpreis**	**Anteil Bestand**
Baukörper	577.103,01 €	490.481,12 €
Heizungs- und Lüftungsarbeiten	163.818,76 €	134.723,05 €
Zwischensumme (brutto)	**740.921,77 €**	**625.204,17 €**
Baunebenkosten 19 %	**140.775,14 €**	**118.788,79 €**
Gesamtsumme (brutto)	**881.696,91 €**	**743.992,96 €**
Gesamtsumme €/m²	**746,57**	**772,66**

Tabelle 16 : Zusammenfassung energetische Kosten Gesamt

Damit ergeben sich folgende energetische Kapitalkosten über die nächsten 30 Jahre, incl. Berücksichtigung von Zinsen und Nachinvestition für die TGA-Anlagen:

- Gesamtgebäude incl. Anbau

  (163.819 € · 1,19) · 1,55 · 0,058 a^{-1}
  + (577.103 € · 1,19) · 1,00 · 0,058 a^{-1}
  = 57.357 €/a
  = 48,6 €/(m²a) bezogen auf die beheizte Fläche von 1181,0 m²

- nur Bestand ohne Anbau

  (134.723 € · 1,19) · 1,55 · 0,058 a^{-1}
  + (490.481 € · 1,19) · 1,00 · 0,058 a^{-1}
  = 48.266 €/a
  = 50,1 €/(m²a) bezogen auf die beheizte Fläche von 962,9 m²

5.4 Gesamtkosten und Wirtschaftlichkeit

Es gibt diverse Möglichkeiten, die Gesamtkosten zu berechnen, um eine Wirtschaftlichkeit festzustellen. Nachfolgende Tabellen enthalten flächenbezogene Kennwerte, damit die Flächenvergrößerung keine Rolle in der Wirtschaftlichkeitsbewertung spielt. Außerdem wird die Wirtschaftlichkeit in vier Varianten durchgeführt:

- mit den gesamten Kapitalkosten sowie nur mit den energetischen Kapitalkosten,
- unter Annahme heutiger und künftiger Energie- und Wartungspreise.

Gerechnet werden alle Kosten pro Quadratmeter beheizte Fläche in vier Szenarien mit folgenden Eckwerten:

- **A – Gesamtinvestitionen**
- **B – nur energetische Investitionen**

- **1 – ungünstiges Szenario**: Basis sind die Energiepreise von 2012, die zwar höher liegen, aber geringere Steigerungsraten aufweisen. Sowie nach der Modernisierung der erreichte Zustand mit heutigem Nutzerverhalten.
- **2 – günstiges Szenario**: Basis sind die Energiepreise von 2008, die geringer liegen, aber höhere Steigerungsraten aufweisen. Sowie nach der Modernisierung der optimierte Zustand mit sparsamerem Nutzerverhalten.

	Kostenanteile	Einheit	1 ungünstiges Szenario (Energiepreisbasis: 2012)		2 günstiges Szenario (Energiepreisbasis: 2008)	
			unsaniert	modernisiert	unsaniert	optimiert
heutige Preise	Kapital, ges.	€/(m²a)	0,0	121,1	0,0	121,1
	Wartung	€/(m²a)	12,7	2,3	12,7	2,3
	Medien	€/(m²a)	39,0	27,0	39,0	23,0
	Summe	€/(m²a)	**51,7**	**150,4**	**51,7**	**146,4**
mittlere Preise	Kapital, ges.	€/(m²a)	0,0	121,1	0,0	121,1
	Wartung	€/(m²a)	15,4	8,7	15,4	8,7
	Medien	€/(m²a)	75,0	52,0	107,0	56,0
	Summe	€/(m²a)	**90,4**	**181,8**	**122,4**	**185,8**

Tabelle 17 Gesamtwirtschaftlichkeit – Varianten A1 & A2 mit gesamten Investitionskosten

	Kostenanteile	Einheit	1 ungünstiges Szenario (Energiepreisbasis: 2012)		2 günstiges Szenario (Energiepreisbasis: 2008)	
			unsaniert	modernisiert	unsaniert	optimiert
heutige Preise	Kapital, ges.	€/(m²a)	0	50,1	0	50,1
	Wartung	€/(m²a)	12,7	2,3	12,7	2,3
	Medien	€/(m²a)	39	27	39	23
	Summe	€/(m²a)	**51,7**	**79,4**	**51,7**	**75,4**
mittlere Preise	Kapital, ges.	€/(m²a)	0	50,1	0	50,1
	Wartung	€/(m²a)	15,4	8,7	15,4	8,7
	Medien	€/(m²a)	75	52	107	56
	Summe	€/(m²a)	**90,4**	**110,8**	**122,4**	**114,8**

Tabelle 18 Gesamtwirtschaftlichkeit – Varianten B1 & B2 mit energetischen Investitionskosten

Auf Basis der Gesamtkostenbetrachtungen lässt sich folgendes für das Gebäude Elm festhalten:

1. Die Modernisierungs- und Umbaumaßnahme ist nur wirtschaftlich, wenn allein die energetisch bedingten Investitionskosten in Ansatz gebracht werden.

2. Die Maßnahme ist nur bei steigenden Energiepreisen wirtschaftlich. Die Annahmen zur Preissteigerung aus dem Jahr 2008 (8 %/a für Wärme und Strom) führen zu einer Wirtschaftlichkeit, die Annahme aus dem Jahr 2012 (5 %/a für Wärme und 7 %/a für Strom) zu einer knappen Unwirtschaftlichkeit.

3. Die Maßnahme ist wirtschaftlicher, wenn das Nutzerverhalten nicht zu einer Erhöhung des Verbrauchs führt, d.h. mit angepasstem Verhalten ("optimiert").

Es wurde keine Förderung der KfW durch Tilgungszuschüsse mit eingerechnet. Diese wirkt verbessernd auf die Wirtschaftlichkeit.

6 Optimierung des Betriebes und der Nutzung

Nach der Inbetriebnahme des Gebäudes ergab sich gegen Mitte des Jahres 2009 ein erster Gesprächsbedarf bezüglich der Betriebserfahrungen mit dem Gebäude. Dazu wurden Planer, die Neuerkeröder Handwerker, Mitarbeiter der Bauabteilung und der Ostfalia sowie die Wohngruppenleiterin zusammen gebracht. Die Erkenntnisse führten zu einer ersten Betriebsoptimierung des Gebäudes.

Eine weitere Gesprächsrunde ergab sich Anfang 2012. Aufhänger war der von 2009 zu 2010 stark gestiegene Verbrauch des Gebäudes. Insbesondere das Pflegepersonal sollte nach möglichen Ursachen befragt werden. Die Gelegenheit wurde genutzt, um eine erneute Rückmeldung zu Betriebsproblemen aus Sicht der Nutzer zu erhalten.

Das vorliegende Kapitel erläutert wichtige Inhalte und Erkenntnisse dieser beiden Treffen.

6.1 Workshop der Handwerker, Planer und Projektbeteiligten

Am 19.08.2009 fand eine Gesprächsrunde mit folgenden Beteiligten zum Thema "Elm" statt:

- Direktion: Becker, Janz, Schneemelcher
- Bauabteilung: Lasota
- Handwerker: Bierwirth, Günther, Hannig, Meyer, Wachsmann
- Mitarbeiter Pflege Elm: Boos, Hager
- Ostfalia: Wolff, Jagnow
- Planer: Raabe, Reinecke, Klima, Grubert, Freese

Themenspezifisch wurden die einzelnen Gewerke besprochen, Probleme aufgezeigt, Lösungswege diskutiert und Empfehlungen für künftige Verbesserungen bzw. andere Bauprojekte festgelegt.

Tischlerarbeiten

Türschienen an Terrassentüren hatten sich gelöst, so dass hier nachgearbeitet werden musste. Der von der Bauabteilung gewünschte Einbau von Verbundsicherheitsglas (VSG) in die Terrassentüren lässt sich nicht umsetzen. VSG erhöht das Glasgewicht. Die Scheibendicke verlangt entsprechende Rahmenprofile. Aus diesen Gründen erfolgt im Gebäude Elm keine Nachrüstung bzw. Änderung. Vorgeschrieben wären VSG ohnehin nur in öffentlichen Bereichen, nicht in Wohnbereichen.

Problematisch sind die Innentüren. Aus Schallschutzgründen sind keine Holztüren möglich. Allerdings ließen sich diese einfach von den stiftungseigenen Handwerkern reparieren. Die gewählten Türen mit Beschichtung (Resopal o. ä.) sind praktisch nicht reparabel.

Malerarbeiten

Die Qualität der Farben entspricht nicht den intensiven Nutzungsanforderungen – in einigen Bereichen ergaben sich schnell Verschmutzungen. Für künftige Projekte ergibt sich die Empfehlung:

- genaue Anforderung an die Eigenschaften der Farben in den entsprechenden Bereichen des Gebäudes sind zu benennen (wischfest…),
- Berücksichtigung der Verschmutzungsneigung bei der Erstellen von Farbkonzepten.

Elektroanlagen

Die Eingangstüren vor allem in Elm 1 sind aufgrund der massiven mechanischen Beanspruchung und nicht immer sachgerechte Anwendungen durch die Nutzer/Bürger verzogen. Schwierigkeiten beim Bedienen der Außentüren (Zeit-Weg) veranlassten den Rückbau der aus energetischen Gründen eingerichteten Schleusenfunktion der Eingangstüren.

Der Schwellenbereich an Eingangs- und Terrassentüren birgt eine Unfallgefahr, da er zu scharfkantig ausgeführt ist und eine Behinderung für Rollstuhlfahrer und Rollatoren, obwohl nach DIN barrierefrei hergestellt. Der gewünschte Anspruch, beides – Schwellenlosigkeit und Luftdichtigkeit – zu erzielen ist nicht mit den entsprechenden Auflagen zur Bauabnahme zu erreichen. Im Gebäude Elm werden die Schwellen bleiben.

Die Erfahrung mit dem Windfang und Schleusen führte zu folgenden Erkenntnissen für spätere Projekte:

- einflüglige Türen an den Eingängen vorsehen, mit Automatik
- Windfänge ja, aber nicht mit Schleusenfunktion, eher konstruktiv bzw. hinsichtlich des Grundrisses so gestaltet, dass ein Windschutz gegeben ist

Die Nachtbeleuchtung ist viel zu hell, auch wenn sie den Vorschriften entspricht. Insbesondere für Gebäude mit Demenz o. ä. lässt sich kein Tag-Nach-Rhythmus erkennen. Für Elm ergibt sich die Empfehlung, Dimmer nachzurüsten. Für andere Bauprojekte dieser Art ergibt sich die Empfehlung:

- Dimmfunktion einbauen, um Nachlicht-Szenarien realisieren zu können

Es fehlt eine separate Schwesternrufanlage oder eine entsprechende Funktion der vorhandenen Telefonanlage. Im Gebäude Elm wird letztgenanntes nachgerüstet. Für andere Bauprojekte dieser Art ergibt sich die Empfehlung:

- Telefonanlagen mit Notruf oder Schwesternruffunktion ausstatten

Sanitär und Trinkwarmwasserbereitung

Die Pflegebäder haben als Bodenbelag eine Auflage aus Fliesen erhalten, die – wie geplant – ohne Gefälle verlegt wurden. Durch das Stellen von schweren Geräten, die vorher nicht in der Planung erwähnt wurden, ergab sich eine minimale Verschiebung des Bodens, welches zu Störungen beim Wasserabfluss entstehen lässt. Für künftige Bauprojekte wird daher empfohlen:

- 5 % Gefälle in Pflegebädern

Aufgrund von Erfahrungen der Bauabteilung bei Instandhaltungsarbeiten ist generell im Badbereich PVC als Oberbelag Fliesen vorzuziehen.

Für alle Sanitärbereiche wird aufgrund der Erfahrungen bei Elm (und in anderen Projekten) empfohlen, Unterputzventile zur Abstellung einzelner Bereiche zu installieren – soweit die Mehrkosten dies erlauben.

Im Gebäude Elm war festzustellen, dass eine Legionellenüberwachung der Boileranlage nach Inbetriebnahme nicht möglich war. Diese wurde nachgerüstet, um zukünftig die Zirkulation überwachen zu können. Als Empfehlung gilt dies für alle Bauprojekte:

- die Anlage muss in der Gebäudeleittechnik eine Legionellenüberwachung ermöglichen

Heizungs- und Lüftungsanlage

Die Handwerker melden eine grundsätzlich gute Bedienbarkeit der Anlagen. Allerdings wird kritisiert, dass ein neues Regelsystem verwendet wurde. Die Verwendung immer gleicher Fabrikate vereinfachte die Lagerung (Ersatzteile) und auch die Bedienung seitens der Handwerker (Fachwissen). Allerdings stehen dem Wunsch Kostengesichtspunkte und Ausschreibungsergebnisse teilweise entgegen. Aus Sicht des späteren Betriebs ergibt sich der Wunsch für Folgeprojekte:

- einheitliche Regelsysteme verwenden

Aus Sicht der Nutzer des Gebäudes wird kritisiert, dass ein Handbuch zur Bedienung fehlt und dass die 1. Bedienebene (Verstellung von Raumsollwerten) nicht für die Nutzer freigegeben ist. Für das Gebäude Elm wird die 1. Bedienebene freigegeben. Für künftige Projekte gilt:

- einheitliche Bediensysteme verwenden
- einfache Bedienoberflächen
- Handbücher verteilen und Einweisung in die Technik

Die Lüftung funktioniert nach Ansicht der Nutzer sehr gut. Geruchsbildung und Raumklima sind sehr vorteilhaft, so dass aus Nutzersicht die Empfehlung ausgesprochen wird:

- Lüftungstechnik in zukünftigen Bauprojekten mit ähnlicher Zielgruppe einplanen

Negativ ist festzuhalten, dass die Lüftung an der Deckenoberfläche Schmutz anzieht, der sich auf dem Rauputz (rund um die Lufteinlässe) absetzt. Für Elm und künftige Bauprojekte wird als sinnvoll angesehen:

- Angriffsflächen für Schmutz um den Lufteinlass durch Farbanstrich, geeignete Putze o. ä. minimieren.

Bodenbeläge

Die Erfahrungen mit den Bodenbelägen im Gebäude Elm – hochgezogene Kehlen lösen sich an vielen Stellen – führen zu folgender Empfehlung für künftige Projekte:

- als Kanten sind überwiegend Edelstahlleisten zu verwenden

6.2 Workshop für Pflegepersonal

Am 08.03.2012 fand – unter externer Moderation der Firma xit – ein Mitarbeiterworkshop statt. Teilnehmer waren 7 Pflegemitarbeiterinnen und -mitarbeiter aus dem Gebäude Elm sowie die Wohnbereichsleiterin. Der Workshop hatte folgende Inhalte:

- Erläuterung der Thematik Nachhaltigkeit und des Passivhausprinzips sowie Einschätzung des "Passivhauses in der Behindertenhilfe" aus Nutzerperspektive und Beurteilung der Übertragbarkeit auf andere Gebäude der ESN
- Information über durchschnittliche Medienverbrauchsdaten der Stiftung im Vergleich zu Deutschland sowie vorher-nachher-Analysen der Verbrauchsdaten von Elm
- Auswertung von positiven und negativen Aspekten in der Nutzung des Gebäudes nach mehr als 2 Jahren Betriebserfahrung

Aufhänger für den Workshop war der 50%-ige Zuwachs an Wärmeverbrauch zwischen 2009 und 2010 sowie der ebenfalls – wenn auch geringer – gestiegene Stromverbrauch.

Kurzfazit und Technikkenntnisse

Das Pflegepersonal äußert als positive Erfahrungen mit dem Gebäude die deutlich geringere Geruchsbildung und die bessere Beleuchtung. Als negativ werden die gestiegenen Probleme mit der Technik benannt.

Die Mitarbeiter haben im Verlaufe des Workshops auch eingeräumt, dass wenige Kenntnisse über die Anforderungen und Nutzung von Passivhäusern vorliegen. Eine groß angelegte Nutzerschulung fand bei der Übergabe des Hauses nicht statt, so dass z.B. die Mitarbeiter auf Fehlermeldungen nicht angemessen reagieren können oder etwaiges Fehlverhalten nicht wahrgenommen wird.

Für andere Projekte dieser Art ist daraus abzuleiten:

- eine einmalige Nutzereinweisung nach Abschluss einer Modernisierung muss stattfinden, wenn die Maßnahmen anderes Nutzerverhalten verlangen
- regelmäßige Nutzer- und Mitarbeiterschulungen sollten angeboten werden
- Integration des Themas in die Einarbeitungscheckliste von neuen Mitarbeitern

Überprüfung, Wartung und Instandhaltung der Gebäudetechnik

Eine ständige Überprüfung, Wartung und Instandhaltung der Gebäudetechnik findet zurzeit nicht statt. In der Regel wird erst bei einem Schadensfall eingegriffen, was massive Auswirkungen auf den Medienverbrauch des Gebäudes haben kann. Es ergibt sich für Elm und alle anderen Gebäude die Empfehlung:

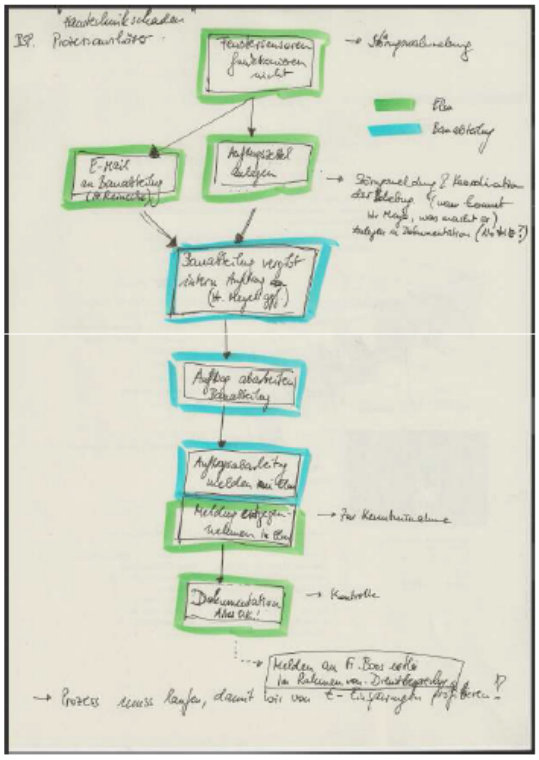
- die Stiftung muss eine vorbeugende und nicht ereignisorientierte Instandhaltung etablieren

Verbesserung der Kommunikation

Am Beispiel des Kommunikationsprozesses zur Behebung eines Haustechnikschadens ist deutlich geworden, dass die Zuordnung von technikbezogenen Verantwortlichkeiten zu einer Verbesserung des Prozesses führen würde. Dieser Prozess läuft sehr behäbig und fokussiert auf die Person der Wohnbereichsleitung.

Eine Delegation von Zuständigkeiten bei der Aufnahme von Schäden an der Gebäudetechnik und der anschließenden Koordination der Behebung würde für eine Beschleunigung des Prozesses und Entlastung der Wohnbereichsleiterin führen.

Ein "Technikverantwortlicher" wäre die Ansprechperson für jegliche Auffälligkeiten rund ums Haus und nimmt Kontakt zum Haustechniker (Bauabteilung) auf, um den Schaden zu melden und beheben zu lassen. Technikverantwortliche sollten bestenfalls in jedem Schichtdienst vorhanden sein, damit bei Bedarf die Handlungsfähigkeit sofort besteht.



1. Prozess aufmalen
2. Farben zuordnen
3. Wie kann die Prozesskette zum Laufen gebracht werden?
4. Wer kann welche Aufgabe erfüllen?

Bild 20 Prozessbeispiel Haustechnikschaden

Es wurde ebenfalls bei dem Seminar aus Nutzersicht festgestellt, dass energetische Prognosewerte für modernisierte Häuser am besten erreicht werden können, wenn die Menschen des jeweiligen Gebäudes von Anfang an in das Konzept eingebunden werden.

Nach Fertigstellung des Hauses Elm ließen sich manche Bauausführungen nicht mit der Praxis vereinbaren oder wirkten als erschwerender Umstand im Arbeitsalltag. Nicht immer gelang es, den baulichen Zielkonflikt zwischen den Effizienzvorgaben eines Passivhauses mit den besonderen Bedürfnissen der Menschen im Haus Elm zu vereinbaren. Zu nennen sind z.B.:

- Die hohen Türschwellen am Gebäudeeingang und an Terrassentüren (nicht barrierefrei),
- Türklinken an Notausgangstüren (werden bedient und Alarm ausgelöst),
- Schleusenfunktion im Eingangsbereich (Bedienung zu komplex für manche Bewohner)

7 Fazit

Für die Auswertung der Modernisierung Elm bleibt festzuhalten:

Die Gesamtkosten für die Maßnahme betrugen 2,16 Millionen €, davon sind etwa 0,88 Millionen € der energetischen Modernisierung zuzurechnen.

Auf die Modernisierung des Bestandes entfallen ca. 1,87 Millionen €, davon sind etwa 0,74 Millionen € der energetischen Modernisierung zuzurechnen; die Investitionskosten für den Anbau lagen damit bei ca. 1950 €/m², davon ca. 770 €/m² für die energetische Modernisierung.

Die Umsetzung der Maßnahmen erfolgte weitgehend nach der Leitlinie "Modernisierung mit Passivhauskomponenten". Jedoch wurde im Bereich des unteren Gebäudeabschlusses die eingebrachte Dämmung wesentlich dünner ausgeführt als vorher geplant. In Anbetracht der immensen Kosten, welche die Öffnung des Fußbodens mit sich brachte, ist diese Einzelmaßnahme so nicht zur Wiederholung geeignet. Entweder der Boden hat anschließend einen U-Wert deutlich unter 0,2 W/(m²K) – hier wurden ca. 0,37 W/(m²K) erreicht – oder der Aufwand sollte vermieden werden.

Die Kosten der Maßnahme sind grundsätzlich vergleichbar mit denen aus anderen Modernisierungsvorhaben. Jedoch konnte aus der Umsetzung des Bauvorhabens abgeleitet werden, dass eine interne Bauüberwachung und Planung deutlich kosten günstiger werden dürfte. U. a. dies führte zu einer deutlichen personellen Aufstockung der Bauabteilung der Stiftung. Der prozentuale Aufschlag für die Kostengruppe 700 betrug hier ca. 25 % (auf die Kostengruppen 300 und 400).

Die erreichte Einsparung im Bereich Wärme ist groß. Der Energiekennwert des Gebäudes hat sich von 325 kWh/(m²a) auf 145 kWh/(m²a) reduziert. Das entspricht einer Einsparung von 55 %. Da ein Flächenzuwachs von 23 % durch den Anbau erfolgte, liegt die absolute Einsparung bei 45 %.

Die erwünschte – und vorher berechnete – absolute Einsparung an Wärmeenergie von 60 % ist nicht eingetreten. Dies hat 3 Gründe. Zum einen fiel 2007/08 – während der Planungsphase – die Einschätzung des Bestandes deutlich schlechter aus als im Nachgang real feststellbar Nach korrekter Erfassung der Verbrauchsdaten über ein Jahr, Feststellung des Trinkwarmwasser- und Heizungsanteiles sowie Witterungskorrektur ergaben sich geringere Energiemengen als in der Planungsphase hochgerechnet. Zum anderen ist das Nutzerverhalten (insbesondere die Innentemperatur) des Gebäudes nach der Modernisierung sehr viel intensiver als im Bestand und als in der Planungsphase prognostiziert. Außerdem entspricht die umgesetzte Maßnahme – im Bereich des unteren Gebäudeabschlusses – nicht der im Grundlagenprojekt vorgeschlagenen Lösung.

Im Bereich des Stromverbrauchs ist eine Steigerung zu erkennen. Als Absolutwert ist der Zuwachs deutlich mit 37 % zu verzeichnen. Der flächen- oder personenbezogene Energiekennwert für Strom hat sich leicht um etwa 14 % erhöht. Die höhere technische Ausstattung mit Regelung, Beleuchtung und der Lüftungswärmerückgewinnungsanlage ist hier deutlich zu erkennen. Es sollten künftig durch Nutzungsänderungen und durch Rücknahme installierter bzw. effektiv benutzter Leistungen (vor allem bei der Beleuchtung) Einsparungen erreicht werden.

Hinsichtlich der Wasserkennwerte und der Wasserkosten hat sich die Modernisierung des Gebäudes kaum bemerkbar gemacht.

Eine Gesamtwirtschaftlichkeit mit Refinanzierung der Gesamtkosten aus den vermiedenen Energie- und Wartungs- sowie Unterhaltskosten für den Bestandsteil des Gebäudes ist nicht gegeben.

Die Modernisierungs- und Umbaumaßnahme ist nur wirtschaftlich, wenn allein die energetisch bedingten Investitionskosten in Ansatz gebracht werden. Die Maßnahme ist nur bei steigenden Energiepreisen wirtschaftlich. Die Annahmen zur Preissteigerung aus dem Jahr 2008 (8 %/a für Wärme und Strom) führen zu einer Wirtschaftlichkeit, die Annahme aus dem Jahr 2012 (5 %/a für Wärme und 7 %/a für Strom) zu einer knappen Unwirtschaftlichkeit. Die Maßnahme ist wirtschaftlicher, wenn das Nutzerverhalten nicht zu einer Erhöhung des Verbrauchs führt, d.h. mit angepasstem Verhalten ("optimiert").

Zu welchen Kosten der Abriss und Neubau im Vergleich zur erfolgten Modernisierung geführt hätte, konnte und wurde nicht geklärt; gleiches gilt für die dann erreichbaren Energiemengen und -kosten.

Hinsichtlich des Nutzerverhaltens muss angemerkt werden: die Nutzer benötigen eine detaillierte Einführung in den Umgang mit dem modernisierten Baukörper, der Lüftungstechnik, der Gebäudeautomation sowie eine mehrjährige Begleitung. Insbesondere die Regelparameter müssen extern überwacht und ggf. in Abständen immer wieder nach unten justiert werden – bei Elm ist nach 3 Betriebsjahren eine Sollwertverschiebung der Raumtemperatur um ca. 2 K im Mittel aller Räume festzustellen.

Für andere Modernisierungen dieser Art kann festgehalten werden, dass der aus Gründen der Energieeinsparung hervorgerufene Mehraufwand an Kosten an sich wirtschaftlich gewesen ist. Es bleibt die Thematik der gegenseitigen Abhängigkeiten von energetischer und sonstiger Modernisierung – sowie die Frage, welche der beiden Aspekte Auslöser ist und den anderen Tatbestand gleich mit notwendig macht oder zumindest sinnvoll erscheinen lässt.

Ob im Einzelfall eine energetische Modernisierung immer einen derart großen Eingriff in die Gebäudestruktur bedeuten sollte, wie das im Gebäude Elm der Fall war, muss auch künftig in jedem Einzelfall kritisch geprüft werden. Das betrifft insbesondere Arbeiten an der Bodenplatte.

Tritt jedoch der umgekehrte Fall ein, dass

- im betreffenden Objekt sowieso die aufgeschobene Instandhaltung der letzten Jahre und Jahrzehnte zur Handlung zwingt,
- höhere Anforderungen an die Ausstattung des Gebäudes unter Aspekten der Nutzung oder der Gesetzgeben bestehen,

ist der energetische Mehraufwand voraussichtlich ein insgesamt kleinerer Gesamtposten als von allen Bauschaffenden und auch dem Investor vermutet.

8 Anhang

8.1 Quellen

[1] Mediengrunddaten 2009 - Überarbeitung der Daten des Grundlagenprojektes; Wolff, D. / Jagnow K.; Juli 2010.

[2] Abschlussbericht 03 "Investitionskosten + Instandhaltung" – mit Anhängen; Dieter Wolff, Kati Jagnow, Cedrik Strüver, Anton Ens; Wolfenbüttel, November 2008

[3] Abschlussbericht 04 "Gebäude" – mit Anhängen; Kati Jagnow, Alex Hübener, Achim Jüttner, Dieter Wolff; Wolfenbüttel, November 2008

[4] Bericht: "Kostenkennwerte der Modernisierung Elm"; Kati Jagnow, Dieter Wolff, Stefan Delakowitz; Bericht im Rahmen des DBU-Projektes Neuerkerode 2015; 2011

[5] Bericht: "Mediengrunddaten 2010"; Wolff, D. / Jagnow K. / Miehe, M.; Bericht im Rahmen des DBU-Projektes Neuerkerode 2015; Juli 2011

[6] Bericht: "Mediengrunddaten 2011"; Wolff, D. / Jagnow K. / Miehe, M.; Bericht im Rahmen des DBU-Projektes Neuerkerode 2015; Mai 2012

[7] Bericht: "Mediengrunddaten 2012"; Wolff, D. / Jagnow K. / Miehe, M.; Bericht im Rahmen des DBU-Projektes Neuerkerode 2015; April 2013

8.2 Separate Anhänge

als separate Dateien sind u. a. folgende Berechnungen verfügbar

- Verbrauchsauswertungen Wasser, Wärme, Strom incl. EAV von 2008 – 2012 als Exceltabellen
- IWU Energiebilanzen für Wärme für Bestand, geplante Modernisierung, umgesetzte Modernisierung und Modernisierung mit optimiertem Nutzerverhalten als Exceltabellen
- EnEV-Nachweise verschiedener Planungsstufen
- LEE Energiebilanzen für Strom für Bestand und umgesetzte Modernisierung als Exceltabellen

8.3 Alter und neuer Gebäudesteckbrief

Elm 12

auch: Elm I und II

Nutzung:

Wohnheim für Behinderte in zwei Wohngruppen

Baujahr(e)	**1971 und 2008**	
beheizte Fläche	**962,9**	m²
Nutzer	**24**	Bewohner

zugehörige Nebenflächen

unbeheiztes Dachgeschoss; Teilkeller

Gebäudegruppe:
A - Pflege

VERBRAUCHSDATEN / GEBÄUDEKENNWERTE 2007/2008

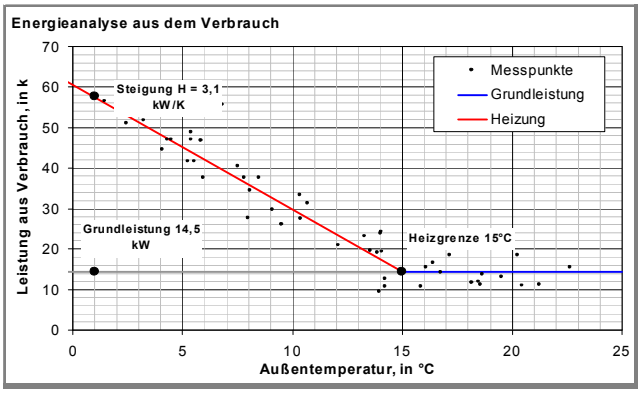
Wärme	**341**	MWh/a	**354**	kWh/(m²a)	**14217**	kWh/(Person a)
Wasser	**2065**	m³/a	**2,1**	m³/(m²a)	**236**	l/(Person d)
Strom	**42**	MWh/a	**43**	kWh/(m²a)	**1743**	kWh/(Person a)

Kennwerte aus der Energieanalyse:

flächenbezogene Steigung h	3,2 W/(m²K)
Heizgrenze H_{HG}	15 °C
flächenbezogene Grundlast	15,1 W/m²

Gebäudekennnwerte:

Hüllfläche	2713 m²
Umbautes Volumen	3476 m³
Kompaktheit	0,78 m²/m³



BEWERTUNG DES GEBÄUDES

Langfristige Weiternutzung	**100**	% (subjektiv)	sicher	unsicher
Pflege/Arbeitsqualität	**70**	% (subjektiv)	hoch	niedrig
Wohn/Nutzungsqualität	**70**	% (subjektiv)	hoch	niedrig
Wärmeverbrauchskosten	**23,4**	€/(m²a)	niedrig	hoch
Wasserverbrauchskosten	**9,8**	€/(m²a)	niedrig	hoch
Stromverbrauchskosten	**6,1**	€/(m²a)	niedrig	hoch
Energ. Investitionsbedarf	**499**	€/m²	niedrig	hoch
Allgemeiner Zustand	**3**	Schulnote (subjektiv)	gut	schlecht
Energetischer Zustand	**5**	Schulnote (subjektiv)	gut	schlecht
Umsetzbarkeit v. Maßnahmen	**4**	Schulnote (subjektiv)	einfach	schwierig
Pro oder Contra Sanierung ?	**65%**		pro	contra

Fazit kurzfristige energetische Modernisierung auf Passivhausniveau

WÄRMEKENNWERTE AUS DEN ENERGIEKONZEPTEN

Empfehlung		Endenergiekennwerte MWh/a	kWh/(m²a)	Einsparg.	Heizlast W/m²	Energetischer Investitionsbedarf 1.000 €	€/m²	äquivalenter Energiepreis €/kWh
	Bestand	425,3	442		140			0,195
	Normalsanierg.	268,7	279	37%	87	216	224	0,128
	Hochwert. San.	150,1	156	65%	43	469	487	0,152
x	Passivsanierg.	140,5	146	67%	41	481	499	0,151

STROMKENNWERTE AUS DEN ENERGIEKONZEPTEN

Empfehlung		Endenergiekennwerte MWh/a	kWh/(m²a)	Einsparg.	Energetischer Investitionsbedarf 1.000 €	€/m²	äquivalenter Energiepreis €/kWh
	Bestand	42,3	44				0,219
(x)	Beleucht.san.	41,4	43	2%	14,6	15	2,036
x	Kleinverbr.san.	28,2	29	33%	14,7	15	0,107

BESTANDSDETAILS / MASSNAHMEN

	Istzustand	Instandhaltungsbedarf	Empfohlene Maßnahme
Außenwände	Ziegelwände, teilweise verklinkert und verputzt, keine Dämmung; unter den Fenstern Brüstungselemente aus Verbundstoff mit geringer Dämmung	gering	Außendämmung mit ca. 20 cm; mit Putzfassade
Fenster	Alufenster mit 2-Scheiben-Isolierverglasung	hoch	Austausch gegen 3-Scheiben-Wärmeschutz-Fenster mit U-Werten von etwa 1,0 W/(m²K)
Außentüren	Zweischeibenisolierglas im Alu- oder Stahlrahmen	mäßig	Ersatz durch wärmegedämmte Türen; automatische Türen vorsehen
Innenwände/ Türen	Innenwand zum Keller und Dachboden als Ziegelwand mit Putz ohne Dämmung; Holzinnentüren	gering	Dämmung vom beheizten Bereich aus auf ca. 12 cm Gesamtdämmdicke; gedämmte Innentüren
Oberer Gebäu-deabschluss	oberste Geschossdecke als Stahlbetondecke mit minimaler Dämmung; teilweise abgehängte Decke als Holzleichtbaukonstruktion mit mäßiger Dämmung	gering	Dämmung der obersten Geschossdecken zusätzlich mit ca. 20 cm
Unterer Gebäu-deabschluss	größtenteils Bodenplatte direkt auf Erdreich, sonst Kellerdecke; jeweils als Stahlbetondecke mit minimaler Dämmung	gering	Dämmung der Bodenplatte und Kellerdecke mit 16 cm Dämmung; neuer Estrich und Anpassung der Innentüren
Heizungsanlage	direkter Anschluss an Nahwärme; Heizkörper mit Thermostatventil; Leitungen mit mäßiger Dämmung im unbeheizten Bereich; ungeregelte Pumpe	mittel	Nachdämmung von zentralen Leitungen; Hocheffizienzpumpe; indirekter Anschluss an Nahwärme; neue Heizkörper mit Fensterkontakten
Trinkwarm-wasseranlage	Speicher/Wärmeübertrager-System; mit Zirkulation; Leitungen insgesamt mäßig bis gut gedämmt	gering	Hocheffizienzpumpe vorsehen; Leitungen im unbeheizten Bereich nachdämmen; Nutzerschulung und/oder Wasserspararmaturen gegen den hohen Verbrauch
Lüftungsanlage	Fensterlüftung, Abluftanlage für Trakte mit den Bewohnerzimmern (teilweise defekt)	hoch	Fensterersatz beseitigt die unkontrollierte Lüftung; neue Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung
Beleuchtung	übliche Wohnraumbeleuchtung mit verschiedenen Lampentypen	mittel	bei Ersatzmaßnahmen: energieeffiziente Beleuchtung vorsehen
Klein/Großstrom-verbraucher	übliche Haushaltsstromverbraucher	gering	bei Ersatzmaßnahmen: energieeffiziente Geräte vorsehen

UMNUTZUNG	Elm	12
	Umnutzung:	I Umsetzung
	neue Nutzung:	Wohnheim für Behinderte mit Anbau
	beheizte Fläche	1181 m²
	Nutzer	29 Bewohner

WÄRMEKENNWERTE AUS DEN ENERGIEKONZEPTEN

Empfehlung		Endenergiekennwerte MWh/a	kWh/(m²a)	Einsparg.	Heizlast W/m²	Energetischer Investitionsbedarf 1.000 €	€/m²	äquivalenter Energiepreis €/kWh
	Bestand	425	442		140			0,195
	Normalsanierg.							
	Hochwert. San.							
x	Passivsanierg.	172	179	59%	52	951	988	0,195

BESTANDSDETAILS / MASSNAHMEN

	Istzustand	Instandhaltungsbedarf	Empfohlene Maßnahme
Außenwände	Ziegelwände, teilweise verklinkert und verputzt, keine Dämmung; unter den Fenstern Brüstungselemente aus Verbundstoff mit geringer Dämmung	gering	Außendämmung mit ca. 20 cm; mit Putzfassade
Fenster	Alufenster mit 2-Scheiben-Isolierverglasung	hoch	Austausch gegen 3-Scheiben-Wärmeschutz-Fenster mit U-Werten von etwa 1,0 W/(m²K)
Außentüren	Zweischeibenisolierglas im Alu- oder Stahlrahmen	mäßig	Ersatz durch wärmegedämmte Türen; automatische Türen vorsehen
Innenwände/ Türen	Innenwand zum Keller und Dachboden als Ziegelwand mit Putz ohne Dämmung; Holzinnentüren	gering	Dämmung vom beheizten Bereich aus auf ca. 12 cm Gesamtdämmdicke; gedämmte Innentüren
Oberer Gebäudeabschluss	oberste Geschossdecke als Stahlbetondecke mit minimaler Dämmung; teilweise abgehängte Decke als Holzleichtbaukonstruktion mit mäßiger Dämmung	gering	Dämmung der obersten Geschossdecken zusätzlich mit ca. 24 cm; Dachdämmung mit 24 cm (Rückbau der abgehängten Decke)
Unterer Gebäudeabschluss	größtenteils Bodenplatte direkt auf Erdreich, sonst Kellerdecke; jeweils als Stahlbetondecke mit minimaler Dämmung	gering	Dämmung der Bodenplatte 6 cm Dämmung; neuer Estrich und Anpassung der Innentüren; Kellerdecke mit 11 cm von unten
Heizungsanlage	direkter Anschluss an Nahwärme; Heizkörper mit Thermostatventil; Leitungen mit mäßiger Dämmung im unbeheizten Bereich; ungeregelte Pumpe	mittel	neue gedämmte Leitungen; Hocheffizienzpumpe; indirekter Anschluss an Nahwärme; neue Heizkörper mit Fensterkontakten
Trinkwarmwasseranlage	Speicher/Wärmeübertrager-System; mit Zirkulation; Leitungen insgesamt mäßig bis gut gedämmt	gering	Hocheffizienzpumpe; neue Leitungen gut gedämmt; Nutzerschulung und/oder Wasserspararmaturen gegen den hohen Verbrauch
Lüftungsanlage	Fensterlüftung, Abluftanlage für Trakte mit den Bewohnerzimmern (teilweise defekt)	hoch	Fensterersatz beseitigt die unkontrollierte Lüftung; neue Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung
Beleuchtung	wie bei heutiger Nutzung		
Klein/Großstromverbraucher	wie bei heutiger Nutzung		

EMPFEHLUNG IM FALLE DER UMNUTZUNG

die Umsetzung mit Anbau und Modernisierung auf Passivhausniveau erfolgt bereits

Elm (saniert) 12

auch: Elm I und II

Nutzung:

Wohnheim für Behinderte in zwei Wohngruppen

Baujahr(e)	**1971 und 2008**	
beheizte Fläche	**1181**	m²
Nutzer	**29**	Bewohner

zugehörige Nebenflächen

unbeheiztes Dachgeschoss; Teilkeller

Gebäudegruppe:
A - Pflege

VERBRAUCHSDATEN / GEBÄUDEKENNWERTE 2009

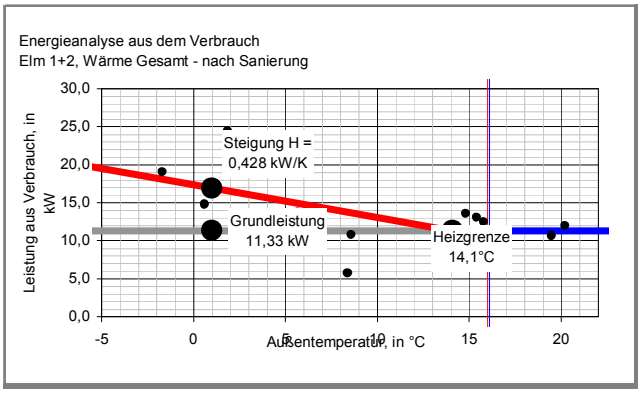
Wärme	**116**	MWh/a	**99**	kWh/(m²a)	**4014**	kWh/(Person a)
Wasser	**1564**	m³/a	**1,3**	m³/(m²a)	**148**	l/(Person d)
Strom	**60**	MWh/a	**51**	kWh/(m²a)	**2066**	kWh/(Person a)

Kennwerte aus der Energieanalyse:

flächenbezogene Steigung h	0,4 W/(m²K)
Heizgrenze ϑ_{HG}	14 °C
flächenbezogene Grundlast	9,6 W/m²

Gebäudekennnwerte:

Hüllfläche	3749 m²
Umbautes Volumen	4769 m³
Kompaktheit	0,79 m²/m³



BEWERTUNG DES GEBÄUDES

Langfristige Weiternutzung	**100**	% (subjektiv)	sicher	unsicher
Pflege/Arbeitsqualität	**100**	% (subjektiv)	hoch	niedrig
Wohn/Nutzungsqualität	**95**	% (subjektiv)	hoch	niedrig
Wärmeverbrauchskosten	**7,1**	€/(m²a)	niedrig	hoch
Wasserverbrauchskosten	**6,1**	€/(m²a)	niedrig	hoch
Stromverbrauchskosten	**7,1**	€/(m²a)	niedrig	hoch
Energ. Investitionsbedarf		€/m²	niedrig	hoch
Allgemeiner Zustand	**1**	Schulnote (subjektiv)	gut	schlecht
Energetischer Zustand	**1**	Schulnote (subjektiv)	gut	schlecht
Umsetzbarkeit v. Maßnahmen	**6**	Schulnote (subjektiv)	einfach	schwierig
Pro oder Contra Sanierung ?	**42%**		pro	contra

Fazit saniert

WÄRMEKENNWERTE AUS DEN ENERGIEKONZEPTEN

Empfehlung		Endenergiekennwerte MWh/a	Endenergiekennwerte kWh/(m²a)	Einsparg.	Heizlast W/m²	Energetischer Investitionsbedarf 1.000 €	Energetischer Investitionsbedarf €/m²	äquivalenter Energiepreis €/kWh
x	Bestand	172,3	146		42			0,195
	Normalsanierg.							
	Hochwert. San.							
	Passivsanierg.							

STROMKENNWERTE AUS DEN ENERGIEKONZEPTEN

Empfehlung		Endenergiekennwerte MWh/a	Endenergiekennwerte kWh/(m²a)	Einsparg.	Energetischer Investitionsbedarf 1.000 €	Energetischer Investitionsbedarf €/m²	äquivalenter Energiepreis €/kWh
x	Bestand	28,2	24				0,219
	Beleucht.san.						
	Kleinverbr.san.						

BESTANDSDETAILS / MASSNAHMEN

	Istzustand	Instandhaltungsbedarf	Empfohlene Maßnahme
Außenwände	Ziegelwände, teilweise verklinkert und verputzt, Dämmung	keiner	keine
Fenster	Kunststofffenster mit 2/3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	keiner	keine
Außentüren	Zweischeibenwärmeschutzglas im gedämmten Alu- oder Stahlrahmen	gering	keine
Innenwände/ Türen	Innenwand zum Keller und Dachboden als Ziegelwand mit Putz mit Dämmung	keiner	keine
Oberer Gebäudeabschluss	oberste Geschossdecke als Stahlbetondecke mit Dämmung	keiner	keine
Unterer Gebäudeabschluss	größtenteils Bodenplatte direkt auf Erdreich, sonst Kellerdecke; jeweils als Stahlbetondecke mit Dämmung	keiner	keine
Heizungsanlage	indirekter Anschluss an Nahwärme; Heizkörper mit Thermostatventil; Leitungen mit guter Dämmung im unbeheizten Bereich; geregelte Pumpe	keiner	keine
Trinkwarmwasseranlage	Speicher/Wärmeübertrager-System; mit Zirkulation; Leitungen insgesamt gut gedämmt	keiner	keine
Lüftungsanlage	Anlage mit Wärmerückgewinnung	keiner	keine
Beleuchtung	übliche Wohnraumbeleuchtung mit verschiedenen Lampentypen	keiner	keine
Klein/Großstromverbraucher	übliche Haushaltsstromverbraucher	keiner	bei Ersatzmaßnahmen: energieeffiziente Geräte vorsehen

Elm (saniert) 12

auch: Elm I und II

Nutzung:

Wohnheim für Behinderte in zwei Wohngruppen

Baujahr(e)	**1971 und 2008**	
beheizte Fläche	**1181**	m²
Nutzer	**29**	Bewohner

zugehörige Nebenflächen

unbeheiztes Dachgeschoss; Teilkeller

Gebäudegruppe:
A - Pflege

VERBRAUCHSDATEN / GEBÄUDEKENNWERTE 2012

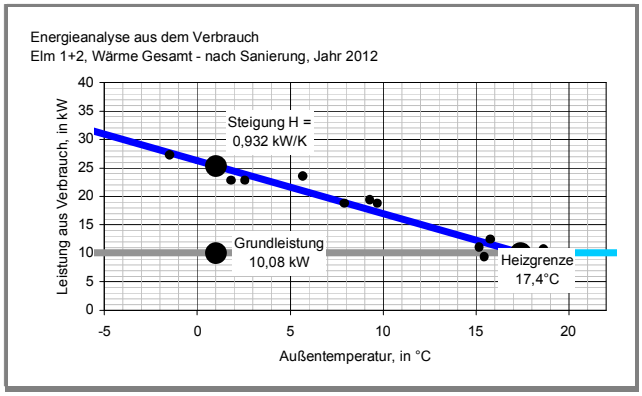
Wärme	**156**	MWh/a	**132**	kWh/(m²a)	**5390**	kWh/(Person a)
Wasser	**2113**	m³/a	**1,8**	m³/(m²a)	**200**	l/(Person d)
Strom	**59**	MWh/a	**50**	kWh/(m²a)	**2045**	kWh/(Person a)

Kennwerte aus der Energieanalyse:

flächenbezogene Steigung h	0,8 W/(m²K)
Heizgrenze ϑ_{HG}	17 °C
flächenbezogene Grundlast	8,6 W/m²

Gebäudekennnwerte:

Hüllfläche	3749 m²
Umbautes Volumen	4769 m³
Kompaktheit	0,79 m²/m³



BEWERTUNG DES GEBÄUDES

Langfristige Weiternutzung	**100**	% (subjektiv)	sicher	unsicher
Pflege/Arbeitsqualität	**100**	% (subjektiv)	hoch	niedrig
Wohn/Nutzungsqualität	**95**	% (subjektiv)	hoch	niedrig
Wärmeverbrauchskosten	**9,0**	€/(m²a)	niedrig	hoch
Wasserverbrauchskosten	**8,2**	€/(m²a)	niedrig	hoch
Stromverbrauchskosten	**8,4**	€/(m²a)	niedrig	hoch
Energ. Investitionsbedarf		€/m²	niedrig	hoch
Allgemeiner Zustand	**1**	Schulnote (subjektiv)	gut	schlecht
Energetischer Zustand	**2**	Schulnote (subjektiv)	gut	schlecht
Umsetzbarkeit v. Maßnahmen	**6**	Schulnote (subjektiv)	einfach	schwierig
Pro oder Contra Sanierung ?	**48%**		pro	contra

Fazit saniert

WÄRMEKENNWERTE AUS DEN ENERGIEKONZEPTEN

Empfehlung		Endenergiekennwerte MWh/a	Endenergiekennwerte kWh/(m²a)	Einsparg.	Heizlast W/m²	Energetischer Investitionsbedarf 1.000 €	Energetischer Investitionsbedarf €/m²	äquivalenter Energiepreis €/kWh
x	Bestand	178,8	151		48			0,137
	Normalsanierg.							
	Hochwert. San.							
	Passivsanierg.							

STROMKENNWERTE AUS DEN ENERGIEKONZEPTEN

Empfehlung		Endenergiekennwerte MWh/a	Endenergiekennwerte kWh/(m²a)	Einsparg.	Energetischer Investitionsbedarf 1.000 €	Energetischer Investitionsbedarf €/m²	äquivalenter Energiepreis €/kWh
x	Bestand	61,3	52				0,464
	Beleucht.san.						
	Kleinverbr.san.						

BESTANDSDETAILS / MASSNAHMEN

	Istzustand	Instandhaltungsbedarf	Empfohlene Maßnahme
Außenwände	Ziegelwände, teilweise verklinkert und verputzt, 20 cm Dämmung	keiner	keine
Fenster	Kunststofffenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	keiner	keine
Außentüren	Zweischeibenwärmeschutzglas im gedämmten Alu- oder Stahlrahmen	gering	keine
Innenwände/ Türen	Innenwand zum Keller und Dachboden als Ziegelwand mit Putz mit 8 cm Dämmung	keiner	keine
Oberer Gebäudeabschluss	oberste Geschossdecke als Stahlbetondecke mit 24 cm Dämmung	keiner	keine
Unterer Gebäudeabschluss	größtenteils gedämmte Bodenplatte direkt auf Erdreich, sonst gedämmte Kellerdecke	keiner	keine
Heizungsanlage	indirekter Anschluss an Nahwärme; Heizkörper mit Thermostatventil; Leitungen mit guter Dämmung im unbeheizten Bereich; geregelte Pumpe	keiner	keine
Trinkwarmwasseranlage	Speicher/Wärmeübertrager-System; mit Zirkulation; Leitungen insgesamt gut gedämmt	keiner	keine
Lüftungsanlage	Anlage mit 84 % Wärmerückgewinnung	keiner	keine
Beleuchtung	übliche Wohnraumbeleuchtung mit verschiedenen Lampentypen	keiner	keine
Klein/Großstromverbraucher	übliche Haushaltsstromverbraucher	keiner	bei Ersatzmaßnahmen: energieeffiziente Geräte vorsehen

8.4 EAVs Gesamtwärme

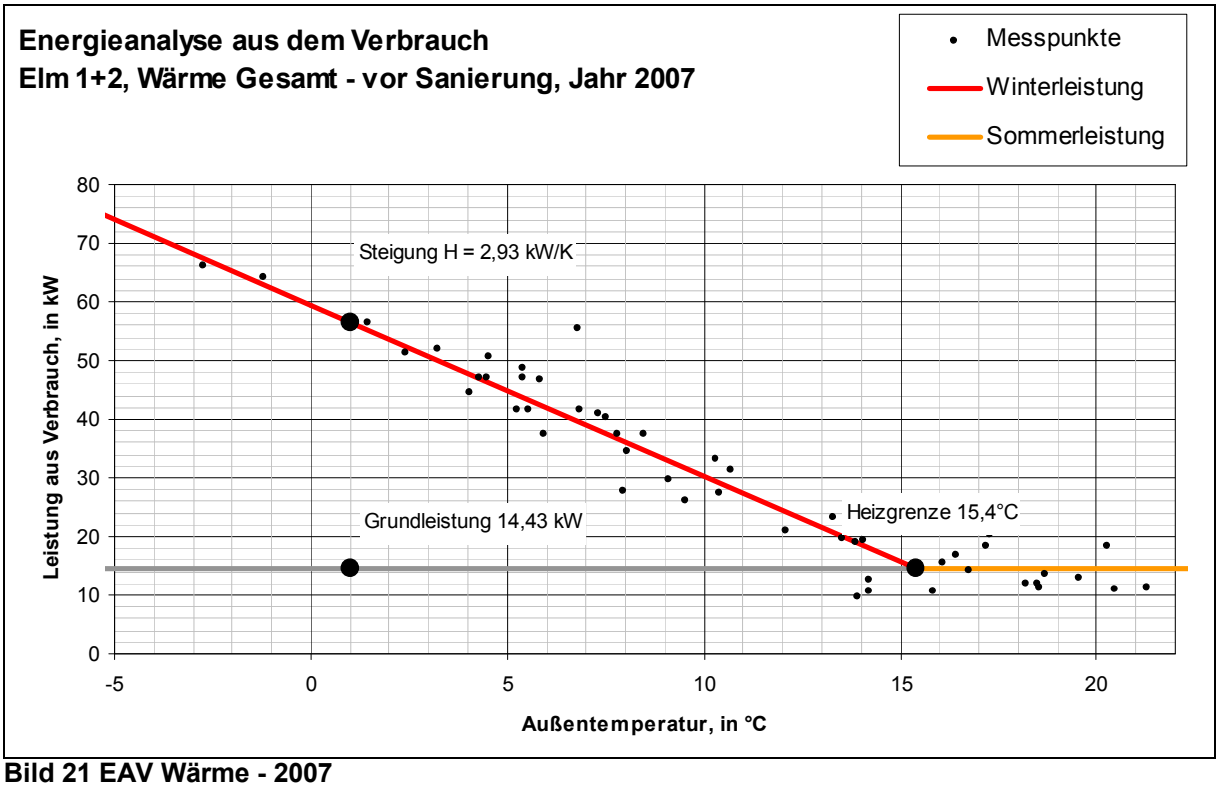


Bild 21 EAV Wärme - 2007

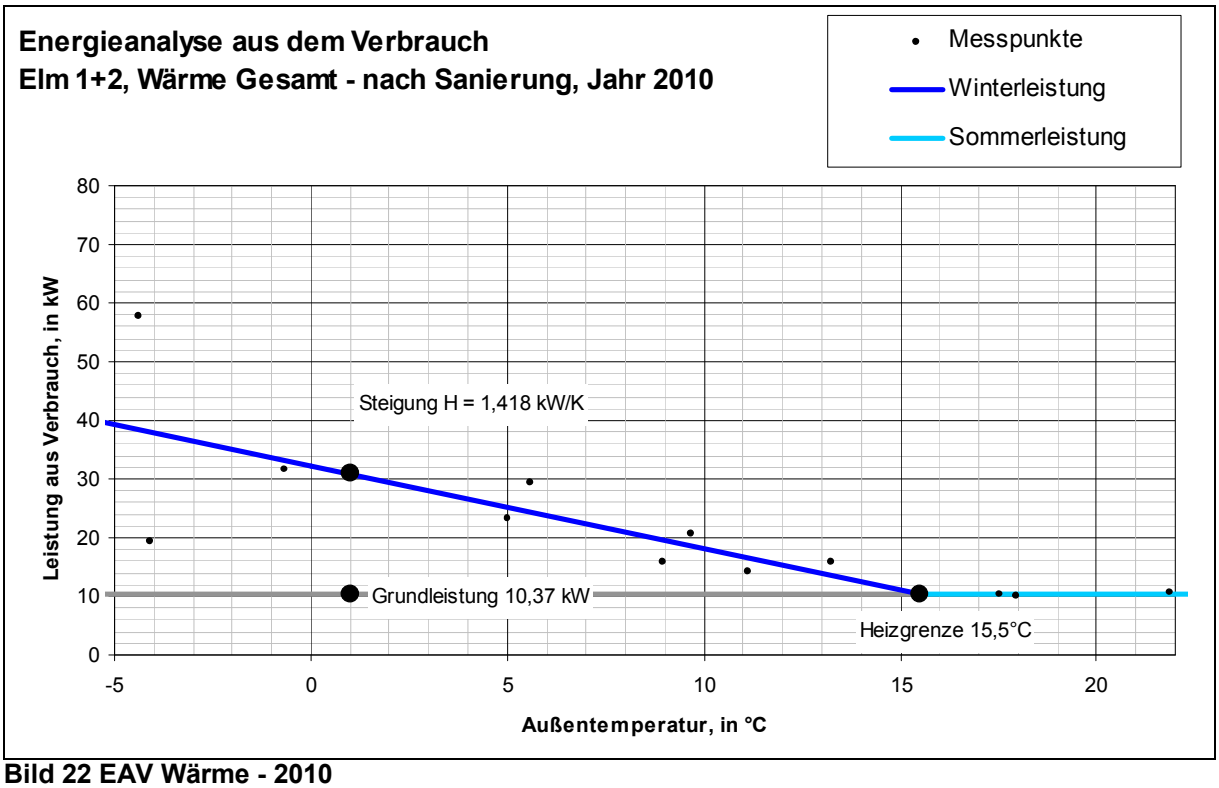


Bild 22 EAV Wärme - 2010

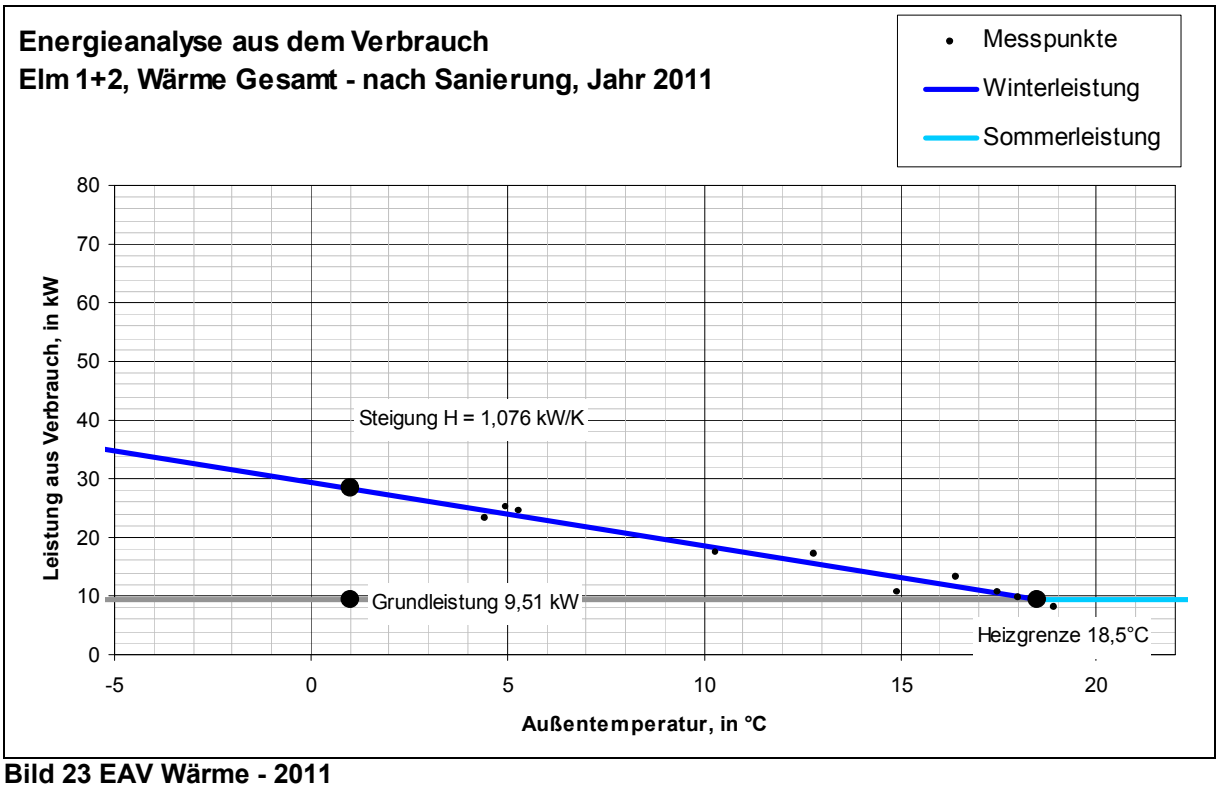


Bild 23 EAV Wärme - 2011

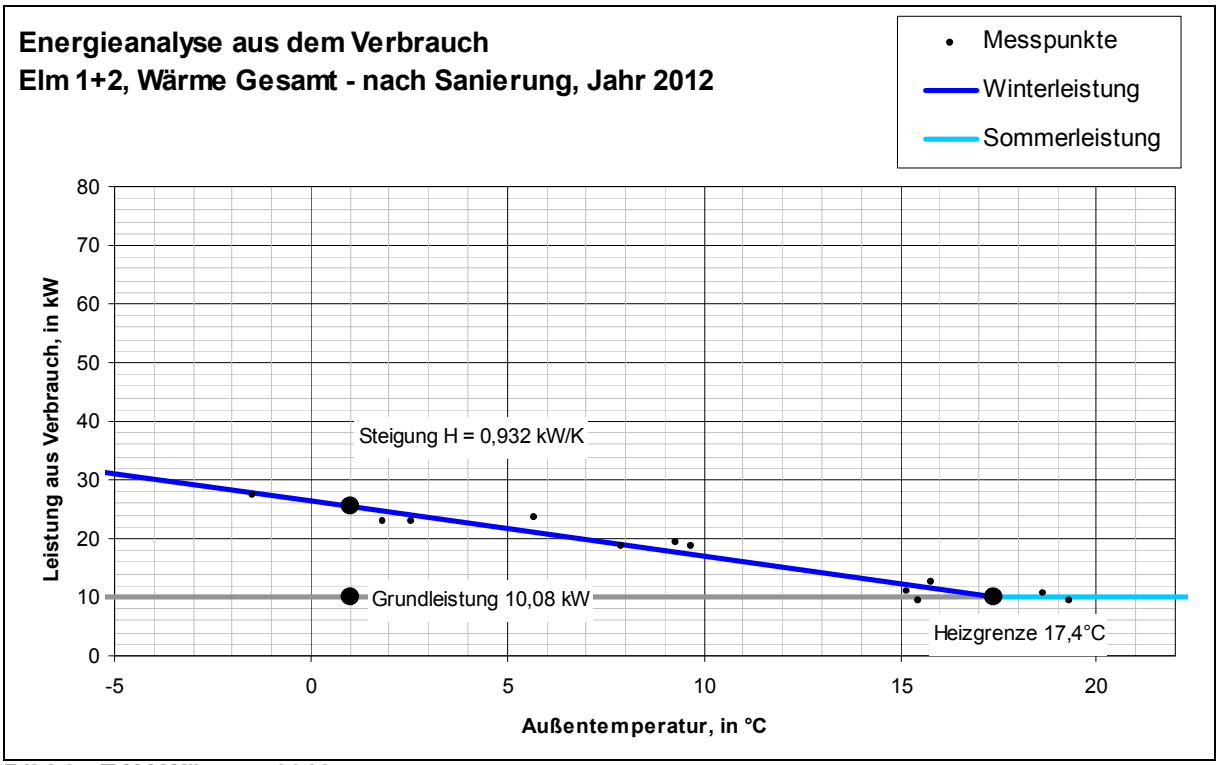


Bild 24 EAV Wärme - 2012

8.5 EAVs Heizung

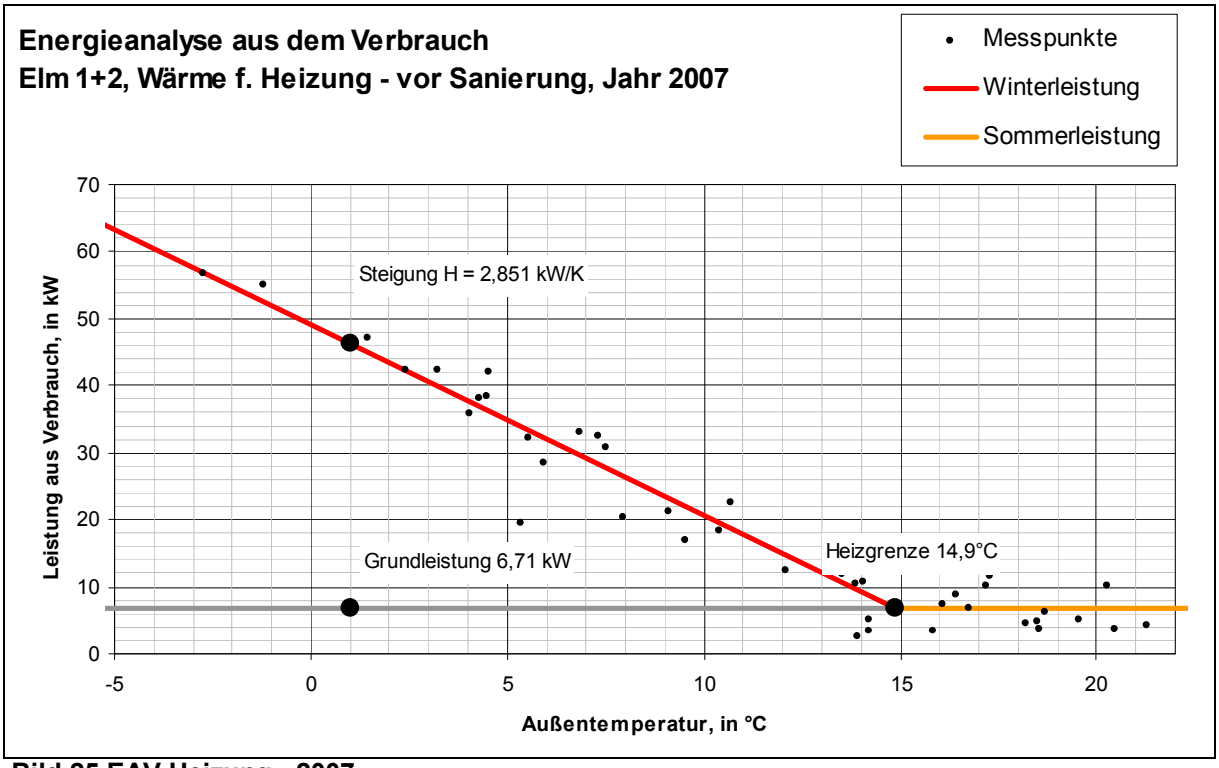


Bild 25 EAV Heizung - 2007

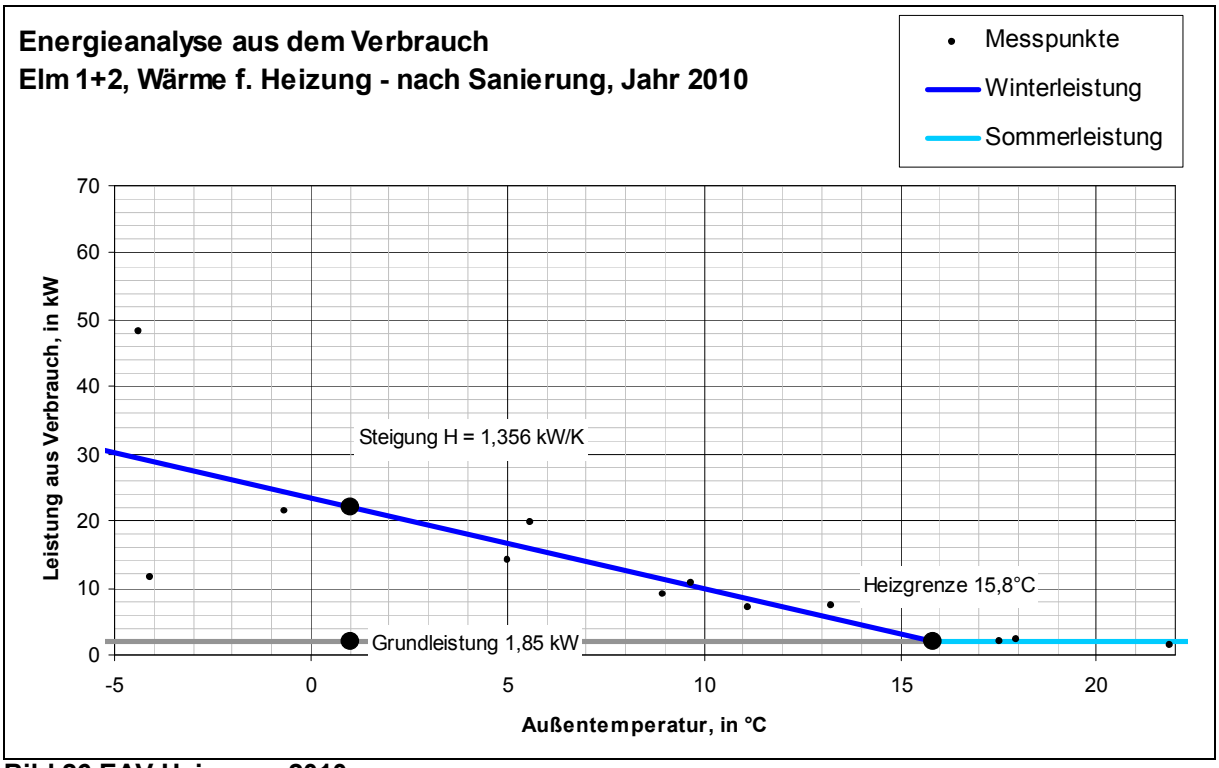


Bild 26 EAV Heizung - 2010

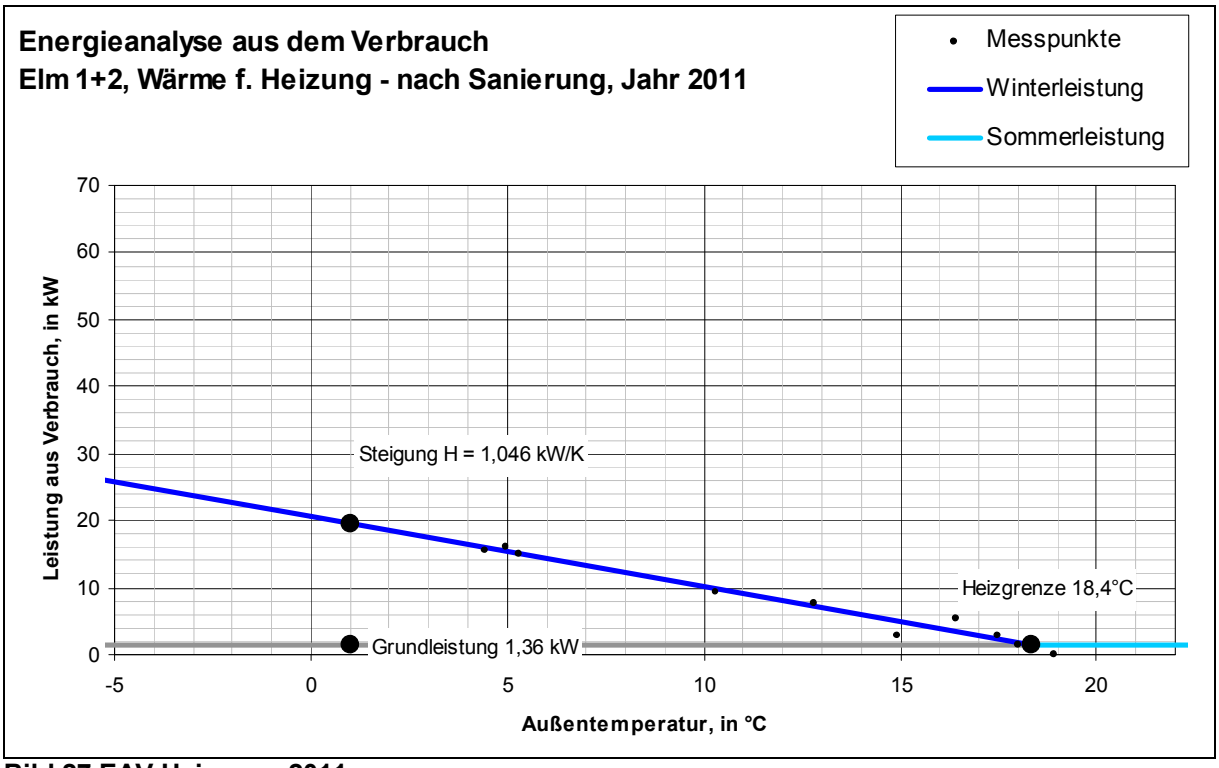


Bild 27 EAV Heizung - 2011

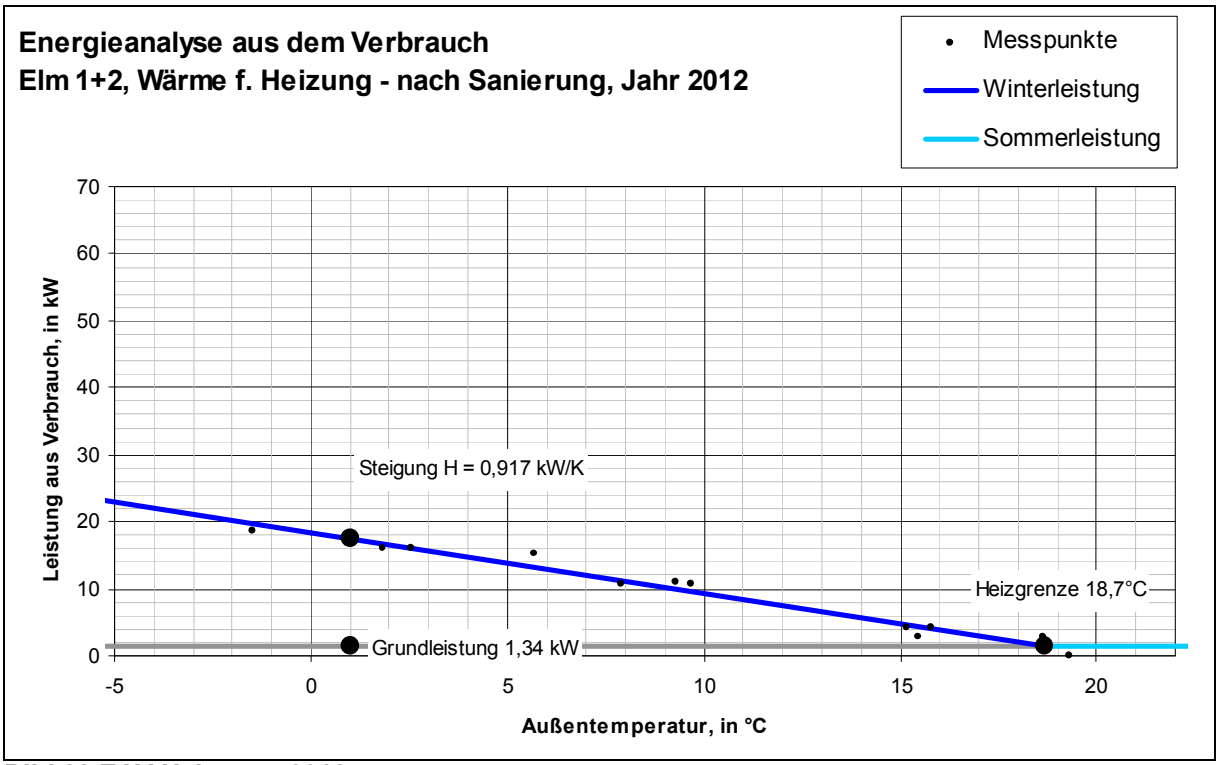


Bild 28 EAV Heizung - 2012

8.6 EAVs Warmwasser

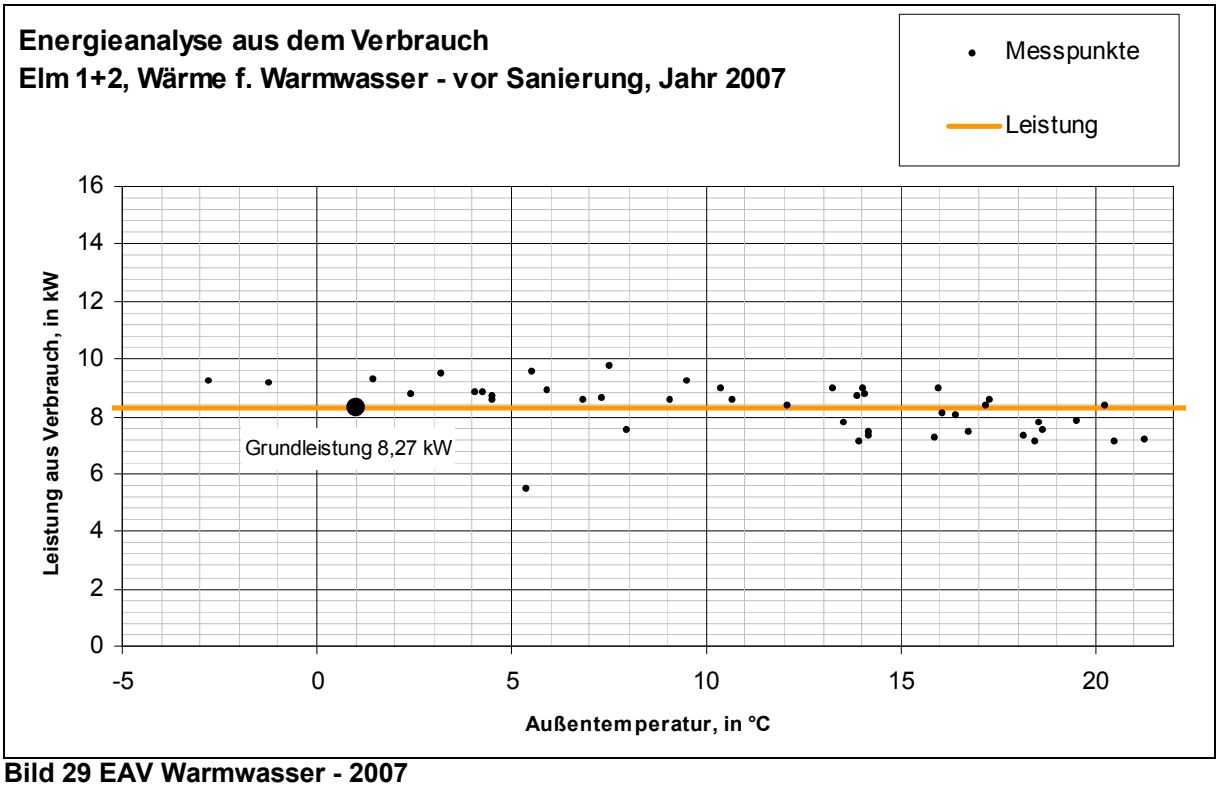


Bild 29 EAV Warmwasser - 2007

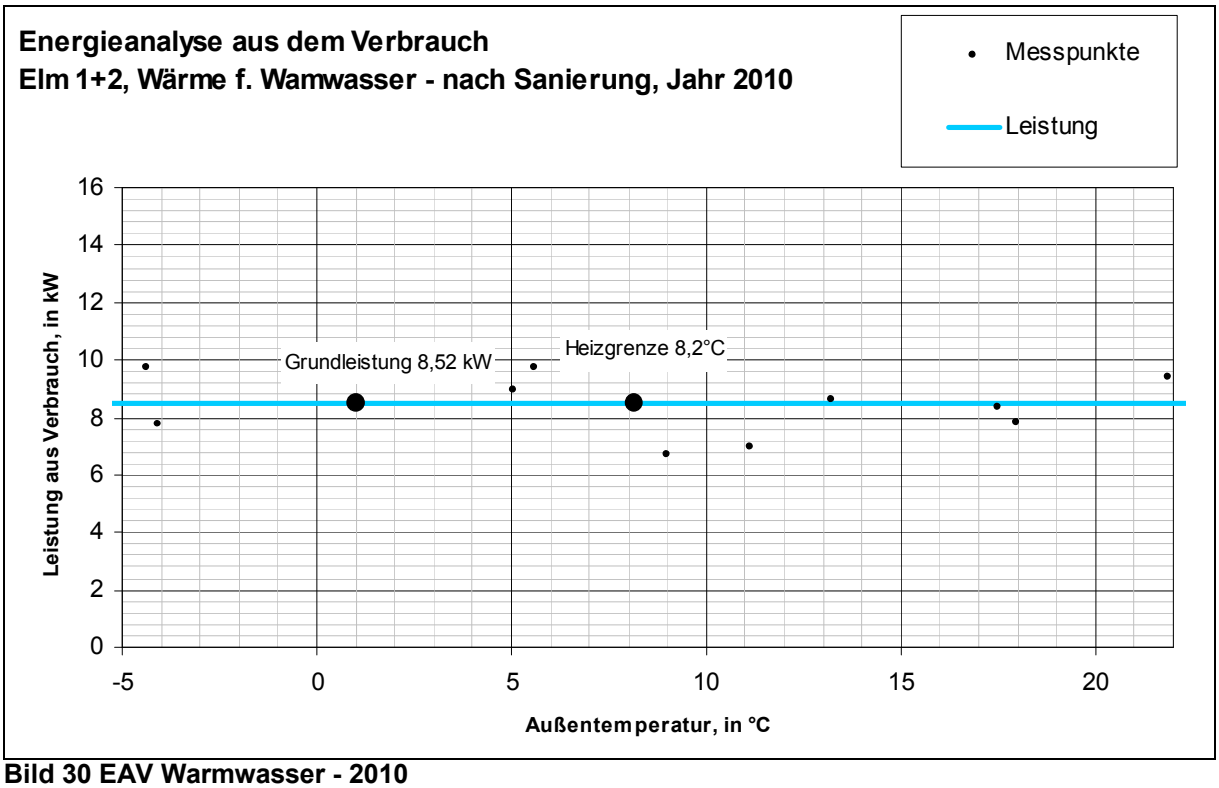


Bild 30 EAV Warmwasser - 2010

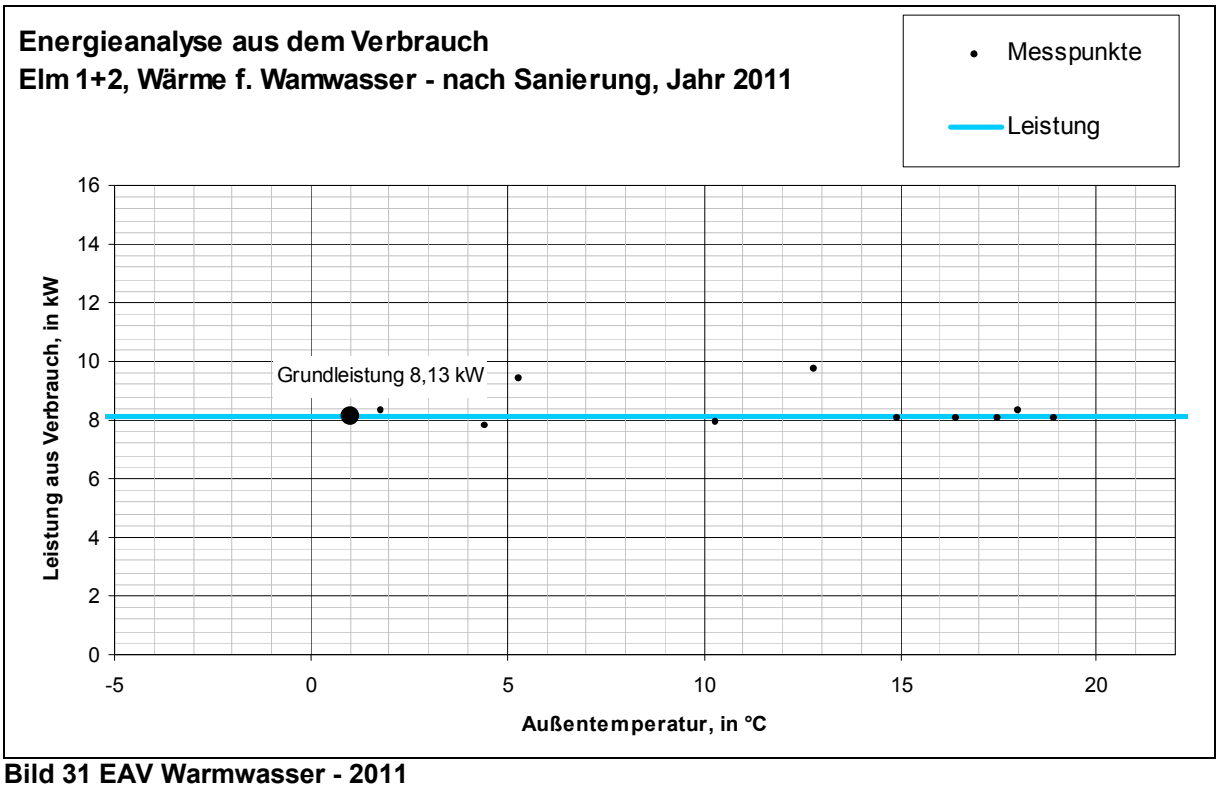


Bild 31 EAV Warmwasser - 2011

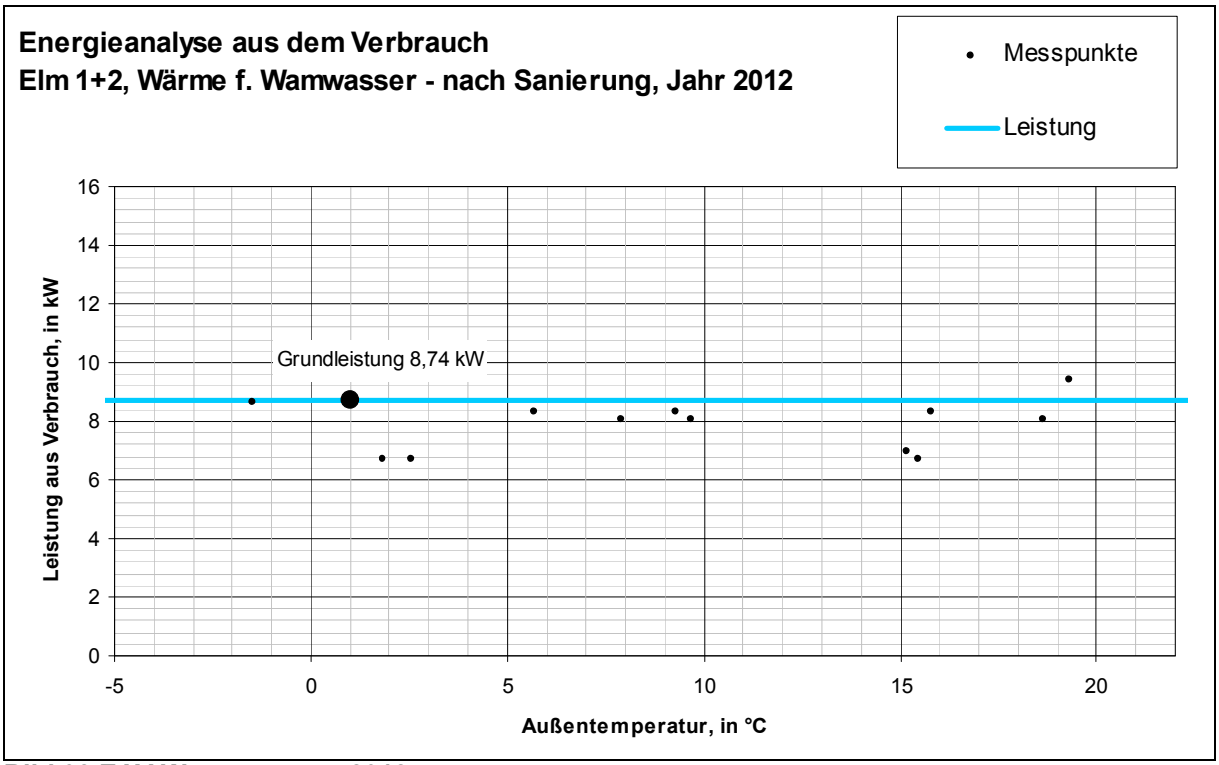


Bild 32 EAV Warmwasser - 2012

8.7 EAVs Strom

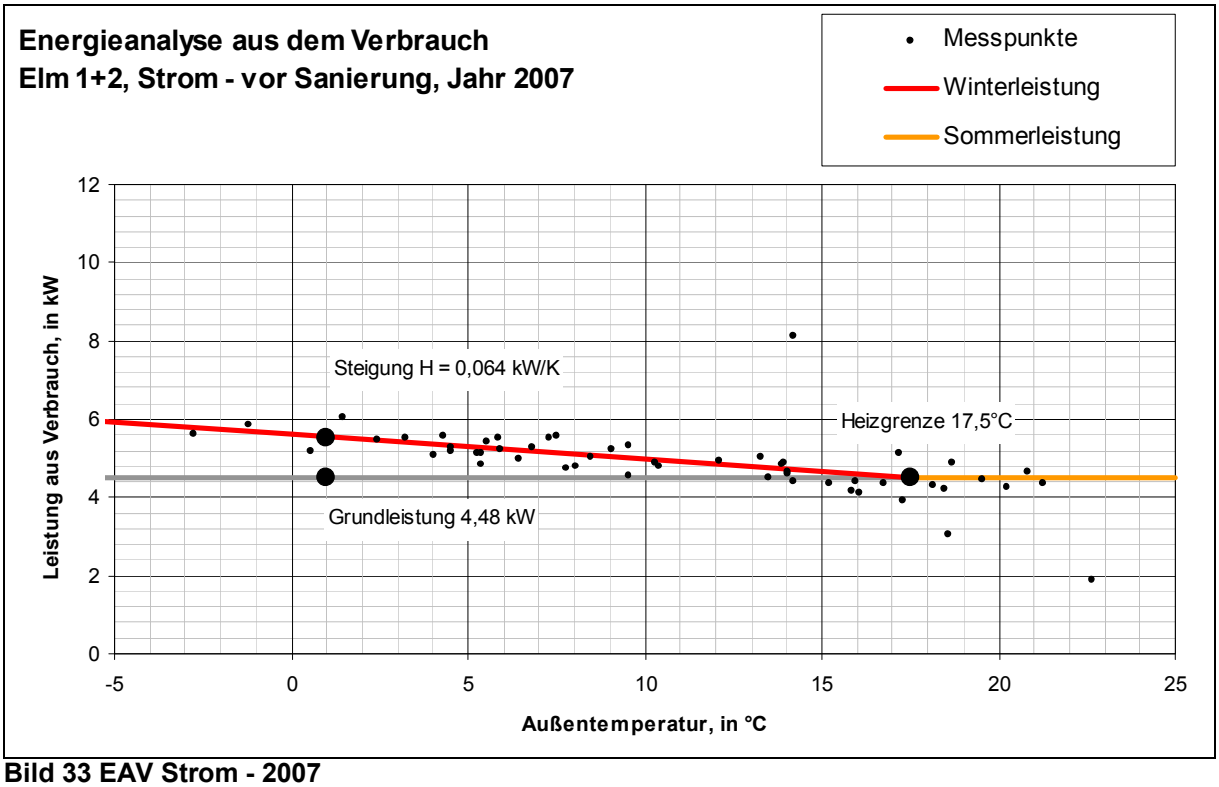


Bild 33 EAV Strom - 2007

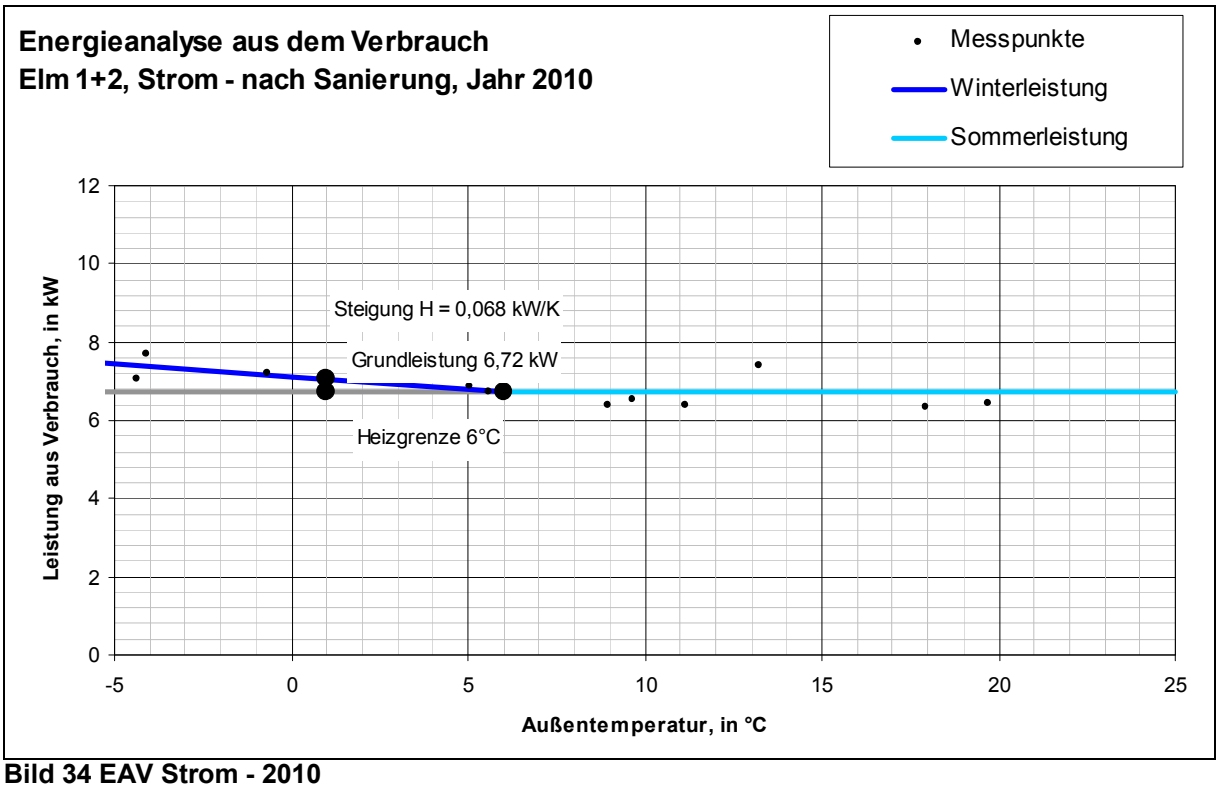


Bild 34 EAV Strom - 2010

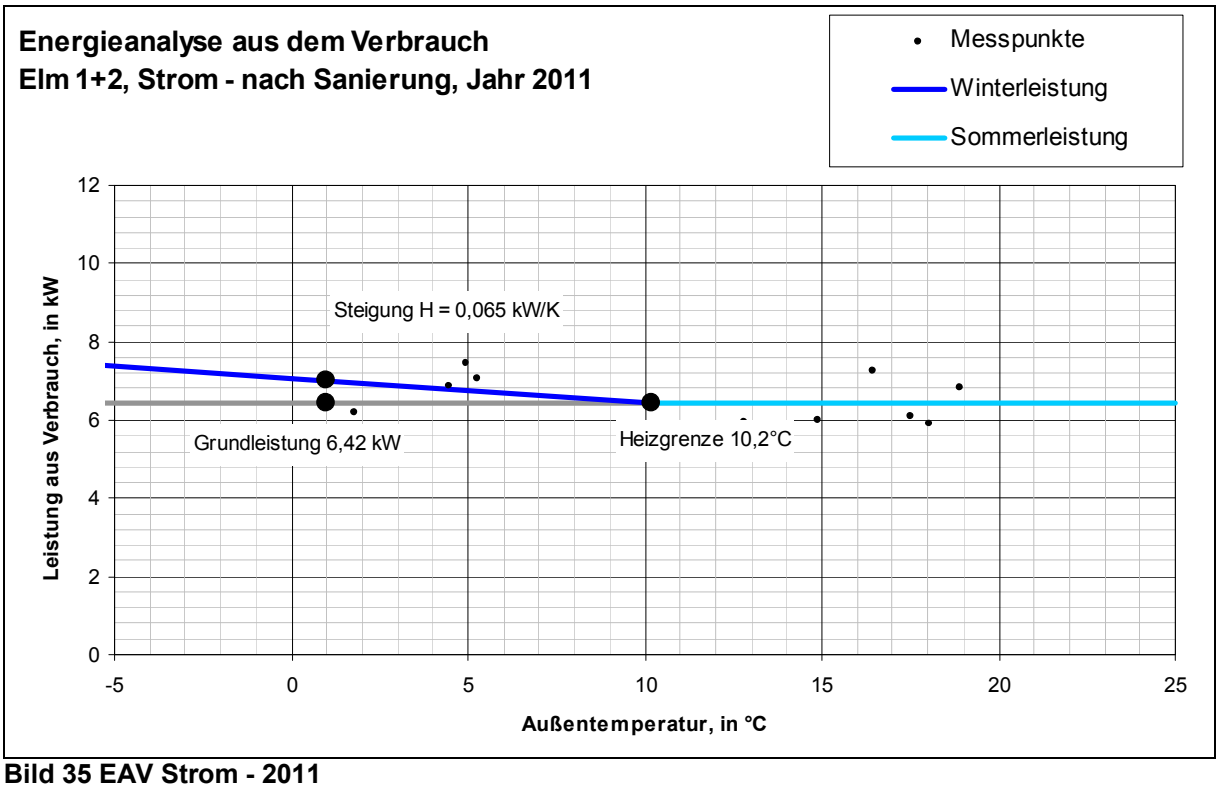


Bild 35 EAV Strom - 2011

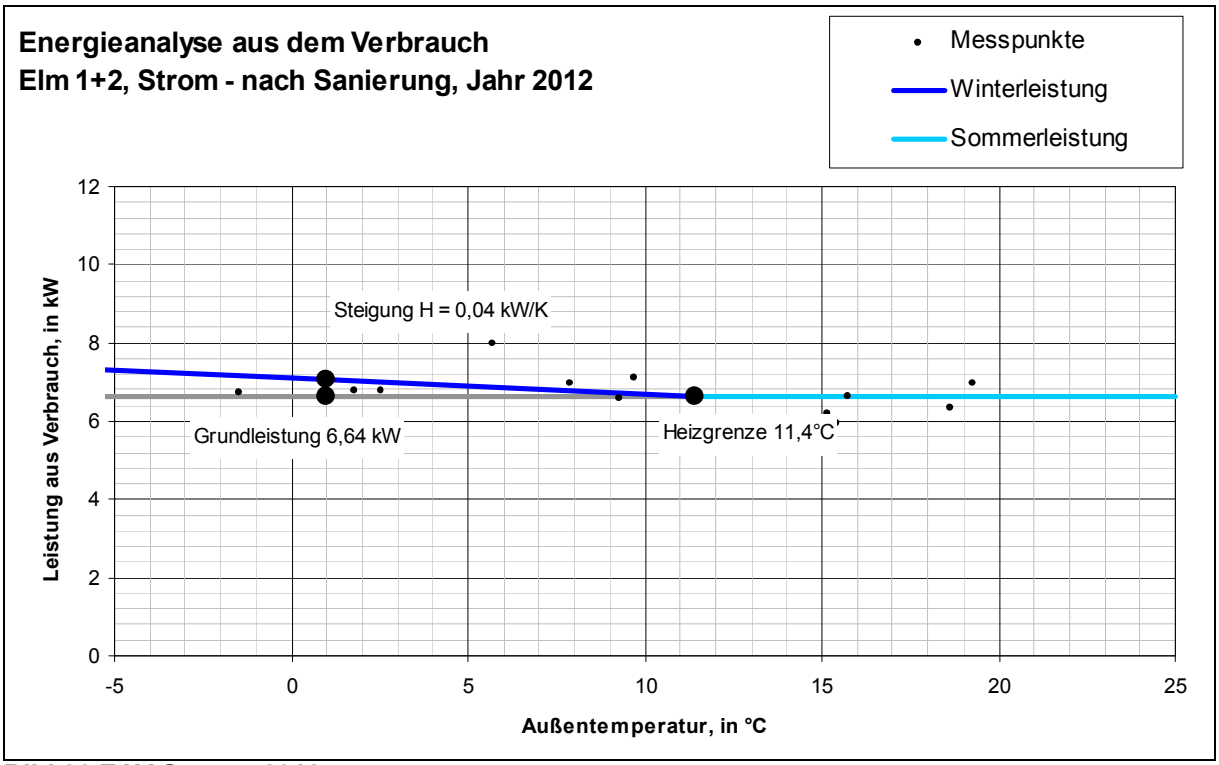


Bild 36 EAV Strom - 2012

8.8 EAVs Wasser

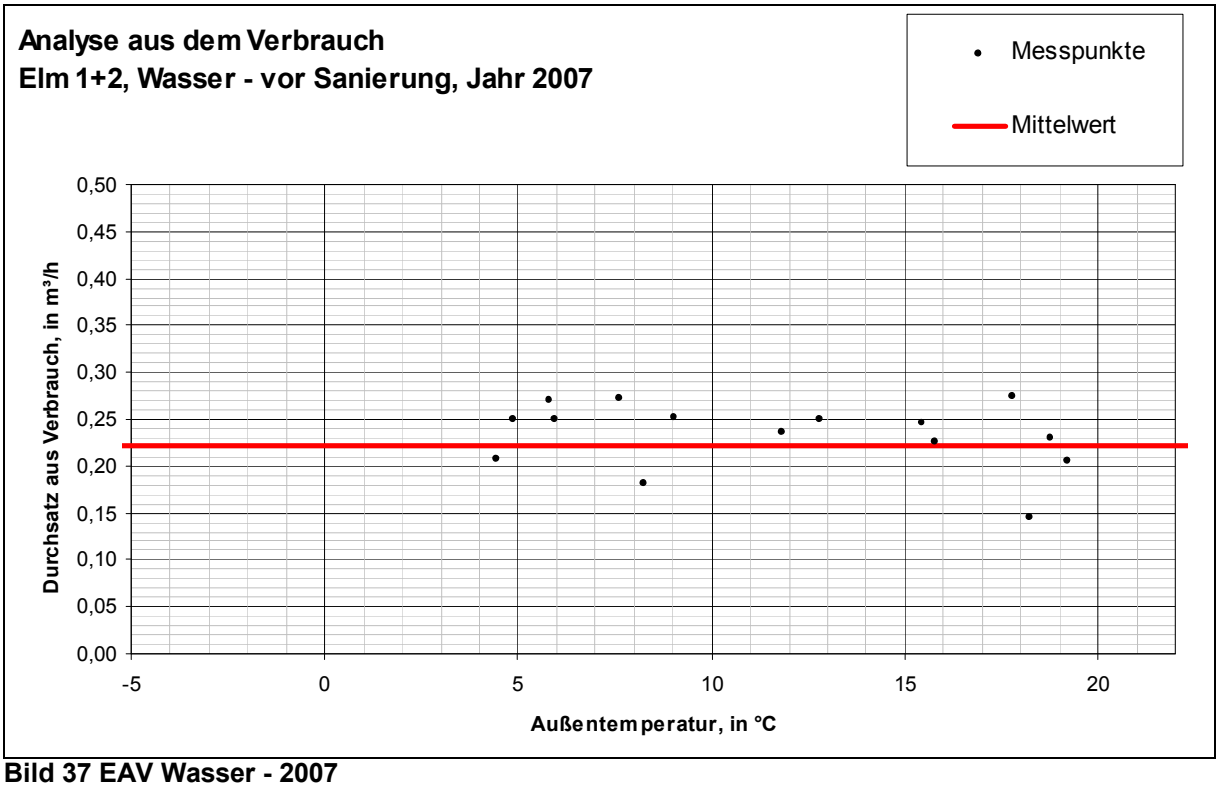


Bild 37 EAV Wasser - 2007

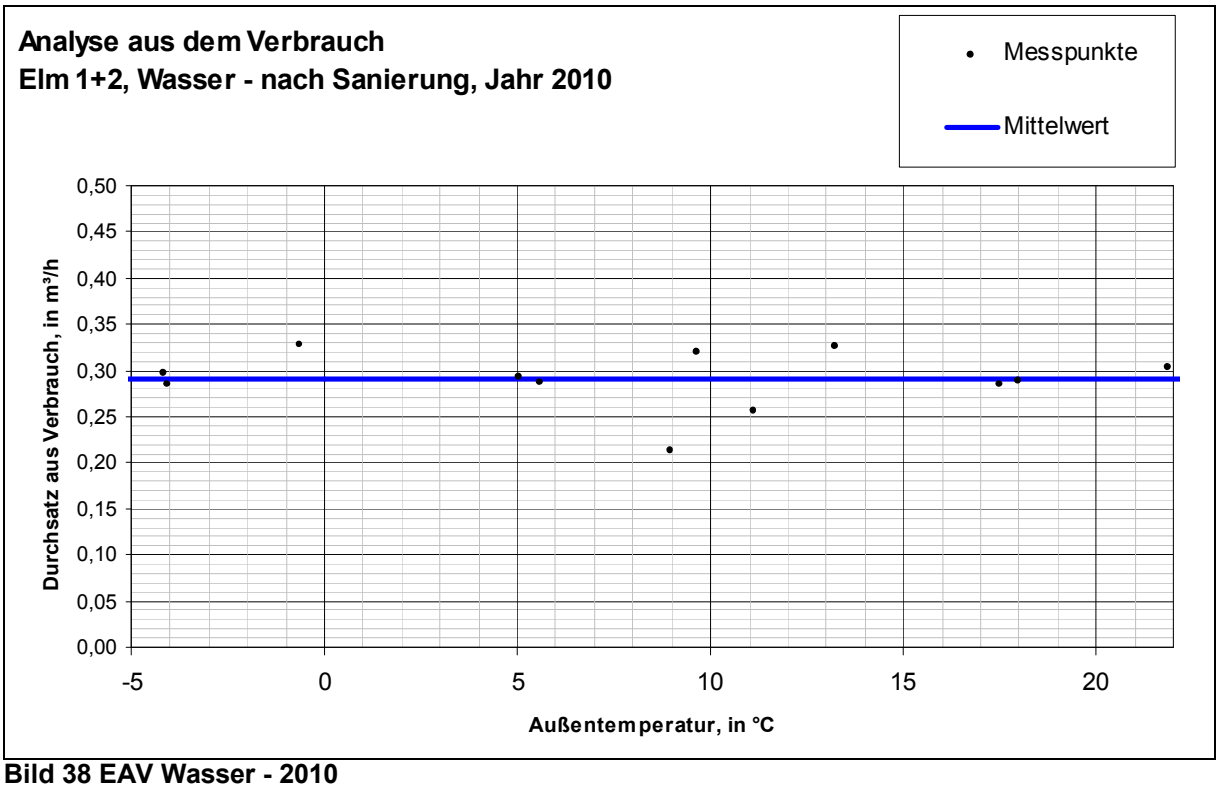


Bild 38 EAV Wasser - 2010

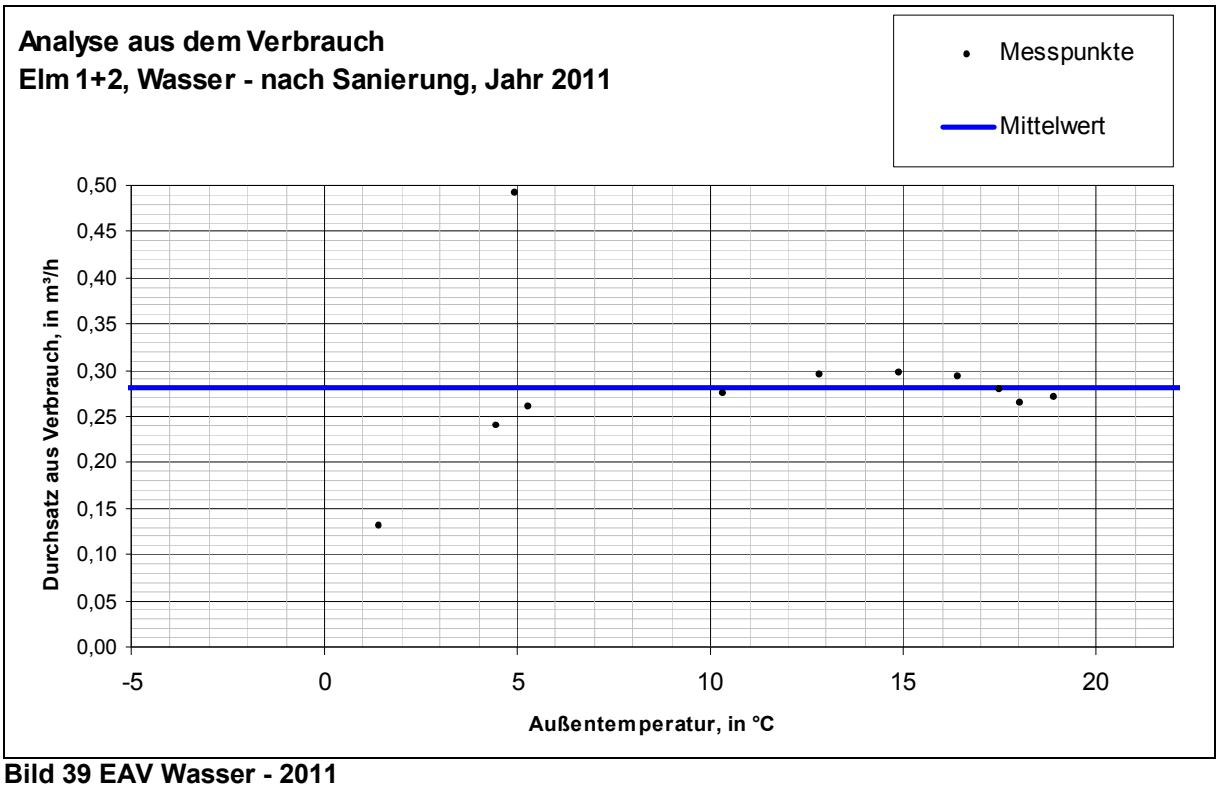


Bild 39 EAV Wasser - 2011

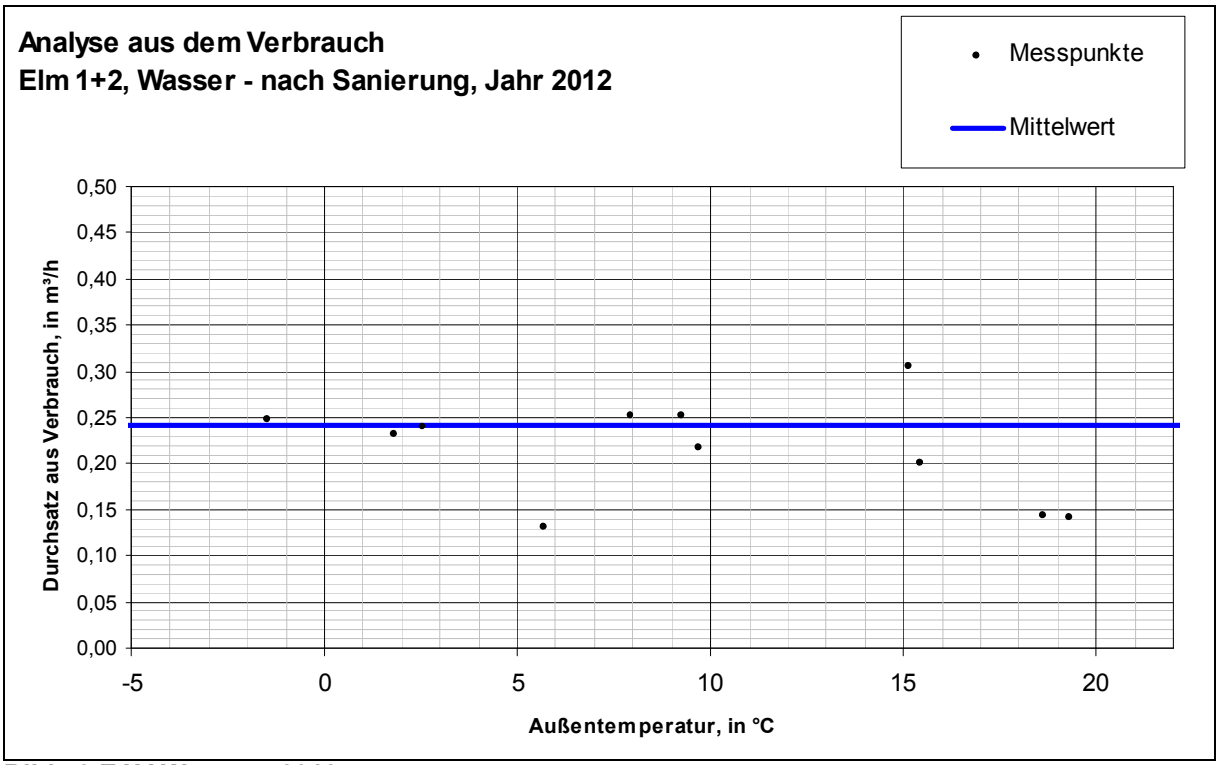


Bild 40 EAV Wasser - 2012