

Untersuchung der Warmwasserbereitung bei einer Pelletheizung von Fröling

Ein renommierter Hersteller und ein guter Installateur sind noch keine Garantie dafür, dass eine Anlage auch energieeffizient arbeitet.

Im Mai 2011 habe ich in mein Einfamilienhaus als Ersatz für die Ölheizung eine Pelletheizung einbauen lassen. Weshalb ich mich dafür entschieden habe, führe ich hier nicht weiter aus, denn das ist Stoff für einen weiteren Artikel, den ich geplant habe.

Die Merkmale der Anlage, soweit sie für die Warmwasserbereitung von Bedeutung sind:

- Pelletkessel Fröling P4 20 kW, 80 l Wasserinhalt
- Pufferspeicher Fröling 700 l, mit Warmwassererhitzung im Durchlauf und thermostatisch zugemischtem Kaltwasser.
- Ladekreis mit Ladepumpe, der Pufferspeicher und Kessel verbindet. An den Ladekreis ist auch der Heizkreisverteiler angeschlossen.

Natürlich taucht die Frage auf, weshalb ich die Pelletheizung nicht auch mit einer thermischen Solaranlage kombiniert habe. Bei der Optimierung der Warmwasserbereitung mit Ölergie konnte ich zuvor einige Erfahrungen sammeln, die mich davon abgehalten haben. Die Untersuchungsergebnisse am Ende des Artikels bestätigen diese Entscheidung vollständig.

Auch ist bei den Merkmalen keine Rede von einer Zirkulation. Bisher konnte ich damit nur negative Erfahrungen sammeln. Das sehr kalkhaltige Wasser setzt nach kurzer Zeit das Rückschlagventil des Kreises fest. Und dann gibt es andauernde Schwerkraftzirkulation mit hohen Wärmeverlusten. Bei großen Entfernungen zu den Zapfstellen muss eine Zirkulation natürlich sein. Bei den Leitungslängen in meinem Haus sind die Wasserverluste und die Wartezeit auf Warmwasser aber erträglich. Also habe ich die vorhandene Zirkulation stillgelegt und rückgebaut.

Ich hatte angenommen, Energieeffizienz sei in der heutigen Zeit für Hersteller und Installateure eine Selbstverständlichkeit. Aber da hatte ich mich getäuscht. Der Puffer selbst entpuppte sich als Energieverschwender, und die Art wie er geladen und entladen wurde, hat ihn dabei noch unterstützt. Grund genug, das Ganze zu verbessern und zu untersuchen. Der Sommer, also die

Zeit in der nicht geheizt wird, bietet Gelegenheit dazu.

Abgesehen von der Bedienungsanleitung und einem Steuerungsdetail, das die Heizkreise betrifft, ist das schon alles, was ich zu kritisieren habe. Für mich wiegen die Mängel weniger schwer, da ich sie korrigieren kann. Im Ganzen betrachtet habe ich eine hochwertige, sicher und automatisch arbeitende Anlage erhalten, die gegenüber Öl mehr als 80% CO₂ einspart und bei der aktuellen Preissituation bis zu 50% der Heizkosten.

Verbesserungen

Die Hauptursache für die Energieverschwendung war die völlig unzureichende Isolierung des Pufferspeichers, die aus 10 cm dickem Schaumstoff besteht. Immerhin wurde der Pufferspeicher nach der Installation mit Temperaturen von 70° betrieben. Der Speicher musste täglich nachgeladen werden. Das Warmwasser für 2 Duschbäder am Tag und einige Liter für andere Zwecke hatten daran den geringsten Anteil, was an den Thermometern abzulesen war.



Also habe ich eine Zusatzisolierung angebracht. Da der Pufferspeicher in einer Ecke des Heizraums steht, wurde der Zwischenraum bis zu den beiden Wänden mit Flocken aus Styrodur gefüllt. Die Flocken habe ich aus kostenlosen Verpackungsteilen (Baustoffabfall) mit einem Gartenhäcksler hergestellt. Die vordere Hälfte der senkrechten Zusatzisolierung besteht aus 16 cm Mineralwolle, die mit 2 cm dicken und 20 cm breiten Styrodurstreifen abgedeckt ist. Ich habe vor, diese Streifen noch mit einem billigen Fußbodenbelag aus dem Baumarkt zu überziehen, um das Ganze ansehnlicher zu machen.

Die waagerechte Zusatzisolierung oben ist 24 cm dick und aus Mineralwolle und Styropor aufgebaut. Insbesondere habe ich alle außen liegenden Armaturen in die Isolierung einbezogen, aber doch so,

dass sie bei Bedarf zugänglich gemacht werden können. Die waagerechte Isolierung unten konnte ich nicht verbessern.

Der Erfolg zeigte sich sofort: Zwischen zwei Nachladevorgängen des Pufferspeichers liegen jetzt etwa 4 Tage.

Außerdem habe ich in beiden Heizkreisen die vorhandenen Schwerkraftbremsen aktiviert, um Wärmeverlust durch Konvektion zu vermeiden (sollte eigentlich der Installateur beim Einbau machen). Der Verteiler und die Regelgruppen der Heizkreise erwärmen sich dennoch in der Ladephase und auch noch danach, und zwar durch Wärmeleitung. Der Verlust dürfte aber nicht groß sein.

Die Art wie der Puffer geladen wird, musste auch verbessert werden. Dabei geht es um die Einstellung der oberen und der unteren Puffer-Grenztemperatur. Wenn die untere beim Entladen erreicht wird, schaltet die Kesselfeuerung ein, und wenn durch das Laden die obere erreicht wird, schaltet sie wieder aus. Und das führte dann zum Studium der Bedienungsanleitung, nicht nur wegen der Temperatureinstellungen, sondern auch, um die Konzepte der Steuerung zu verstehen und die genaue Wirkung der einzustellenden Parameter.

Für mein Informationsbedürfnis sind die Unterlagen kaum eine Hilfe. Sie geben mehr Rätsel auf als sie lösen. Die Autoren haben die Bedienungsanleitung so geschrieben, dass sie für alle möglichen Anlagentypen gültig ist, ohne deutlich abzugrenzen, was ich als kundenunfreundlich einstufe. Und ausgerechnet mein Pufferspeicher mit Warmwasserbereitung im Durchlauf ist in der Bedienungsanleitung nicht zu finden, weil ihn die Software trotz ihrer Vielfältigkeit auch nicht kennt. Statt dessen ist ein separater Boiler konfiguriert, den es nicht gibt.

Über die Hälfte des Textes ist eine etwas ausführlichere Beschreibung der gesamten Menüstruktur der Software, wobei Bedienung und Service in einen Topf geworfen werden. Die Unsitte, eine Menüstruktur zu beschreiben, die man genauso gut auch auf dem Bildschirm oder dem Display sehen kann, hat sich leider weitgehend durchgesetzt. Das Mindeste, was man erwarten kann, ist, anzugeben, wozu ein Menüpunkt im Zusammenhang gut ist bzw. welcher Gedanke dahinter steckt. Ohne das bedeutet eine Menübeschreibung einen Informationsgewinn, der gegen Null geht. Also mache ich mir die Sache nach und nach selber klar und stelle Fragen.

Zusammenspiel von Kessel und Puffer

Der Puffer speichert Wärme. Der Kessel erwärmt sich nicht nur selbst, sondern auch den Puffer. Das verlängert die Laufzeit der Kesselfeuerung, aber auch die Stillstandszeit, während der die Anlage die Wärme des Puffers verwendet, ihn also entlädt. Der Puffer verringert daher die Frequenz der Kesselfeuerung. Das führt generell zu weniger Anheizvorgängen mit ihren schlechten Verbrennungswirkungsgraden und im Sommer zu weniger Wärmeverlust durch das zyklische Abkühlen des Kessels auf Raumtemperatur.

Immerhin hat der Kessel eine Masse von etwa 450 kg bei einem Wasserinhalt von 80 l. Der entsprechende Wärmehalt ist für die Warmwasserbereitung nicht zu nutzen.

Also sollte der Puffer seinen Zweck möglichst gut erfüllen, wofür die bestmögliche Isolierung Voraussetzung ist.

Das andere ist ein möglichst großer Abstand zwischen der höchsten und der niedrigsten Betriebstemperatur, denn der bestimmt die Kapazität des Puffers. Es gibt allerdings Grenzen.

Bei einer hohen oberen Betriebstemperatur, wie z.B. 70°, steigen die Wärmeverluste überproportional an, was bei einem gut isolierten Puffer aber keine große Rolle mehr spielen dürfte.

Die Herstellung der gewünschten Warmwassertemperatur durch das Entladen des Speichers darf nicht gefährdet werden, wodurch das obere Temperaturniveau nach unten begrenzt wird.

Und die Temperatur, die die Heizung benötigt, muss sichergestellt werden. Dadurch wird das untere Temperaturniveau nach unten begrenzt.

Darauf sind die Konstrukteure eingegangen. Dem Puffer wird beim Entladen zunächst im unteren Teil Wärme entzogen. Der obere Teil hält seine Temperatur weitgehend stabil, wodurch auch bei fast entladem Puffer die gewünschte Warmwassertemperatur erreicht wird.

Das bedeutet aber, dass der obere Teil wegen des relativ geringen Abstandes der Temperaturen kaum als Puffer taugt.

Die Anordnung der 3 Temperatursensoren am Puffer nimmt auf die Temperaturschichtung Rücksicht. Was die Steuerung unter „Temperatur Puffer oben“ versteht, ist aufgrund der physischen Anordnung des Sensors tatsächlich die Temperatur in Puffer Mitte. (Meine weitere Beschreibung bleibt bei dem Begriff „Temperatur Puffer oben“). Die Temperatur, die tatsächlich im oberen Teil des Puffers herrscht, wird operativ von der Steuerung nicht verwendet und als BT (Boilertemperatur) lediglich angezeigt. Das ist wohl nur deshalb möglich, weil ein Boiler, den es nicht gibt, konfiguriert ist. Beim Sensor „Temperatur Puffer unten“ trifft die Bezeichnung auf den Einbauort zu.

Temperatureinstellungen

Die sind nicht so einfach wie ich gedacht hatte. Die Menüstruktur im Display zeigt von den maximal möglichen nur bestimmte Punkte an, weil die eingestellte Bediener Ebene das vorgibt. Die Puffergrenztemperaturen sind auf dieser Ebene nicht erreichbar.

Also muss zunächst von der Bediener Ebene auf die Serviceebene gewechselt werden. Das geht

im Menü Anlage/Bedienerebene. Die Ebenen sind mit Nummern bezeichnet. Die Serviceebene hat die Nummer -7. Man muss sie nicht zurückstellen. Nach einer gewissen Zeit wird automatisch wieder auf die Bedienerebene gewechselt.

Unter Puffer/Puffer1/Temperaturen erscheint:

„Kesselstart wenn differenz zwischen Kesselsoll und Pufferoben größer“ 25°

Das bedeutet: Wenn die Kessel-Solltemperatur z.B. 70° ist, wird die Feuerung des Kessels eingeschaltet, wenn die „Temperatur Puffer oben“ von 45° auf 44° wechselt (70-25=45, untere Grenztemperatur). Die Pufferentladung ist beendet, und die Aufladung beginnt.

Ebenfalls unter Puffer/Puffer1/Temperaturen erscheint:

„Kessel durchgeladen, wenn Temperaturdiff. zwischen Kesselsoll und Pufferunten“ 17°

Das bedeutet: Wenn die Kessel-Solltemperatur 70° ist, schaltet die Feuerung des Kessels ab, wenn die „Temperatur Puffer unten“ von 52° auf 53° wechselt (70-17=53, obere Grenztemperatur).

Das heißt, dass die Einstellungen indirekt sind. Sie müssen als Temperaturdifferenzen zwischen Kessel-Solltemperatur und der gewünschten Puffer-Grenztemperatur angegeben werden.

Die Kessel-Solltemperatur ist dagegen auf der Bedienerebene einstellbar, und zwar unter Kessel/Temperaturen. In der Bedienungsanleitung steht, dass die Kesseltemperatur auf den eingestellten Wert „geregelt“ wird, was bei einer Anlage mit Puffer aber nicht sein kann. Tatsächlich ist die Kessel-Solltemperatur die Bezugsgröße für die Puffergrenztemperaturen, und sie begrenzt die Kesseltemperatur im Ausnahmefall nach oben. Zweckmäßigerweise wird sie auf 70° eingestellt.

Es ist wirklich so: Im Display wird die oben zitierte, schlampige und ungenaue Ausdrucksweise verwendet, und die Erklärung in der Bedienungsanleitung ist auch nicht viel besser. Darüber hinaus weist die Bedienungsanleitung aus, dass die untere Grenztemperatur direkt eingestellt werden kann. Das hat sich bei der aktuellen Software-Version so wie beschrieben geändert, aber angepasst wurde die Bedienungsanleitung nicht. Wie der Parameter wirkt, konnte ich nur aus dem Displaytext entnehmen.

Die Programmierer wollen mit der indirekten Einstellung dem Bediener gestatten, durch Verändern der Kessel-Solltemperatur die Temperaturniveaus des Puffers um den gleichen Betrag zu verändern. Das wird wohl dazu gebraucht, das untere Temperaturniveau an den jahreszeitlichen Bedarf der Heizung anzupassen, ohne dabei den Abstand der Niveaus und damit die Pufferkapazität zu ändern. (So etwas vermuten zu müssen, darf nicht sein, es gehört unbedingt in die Bedienungsanleitung.)

Ich habe die zuvor aufgeführten Werte eingestellt. Ein Test ergab, dass unterhalb der folgenden Puffertemperaturen die eingestellte Warmwassertemperatur von 45° nicht mehr zu halten ist. Deswegen beginnt bei diesem Niveau die Pufferladung (Temp. Pu oben: 70-25=45 s.o.)

| <i>BT</i> | <i>Temp. Pu oben</i> | <i>Temp. Pu unten</i> |
|-----------|----------------------|-----------------------|
| 53° | 45° | 32° |

Temperatur Puffer oben wird an die Heizung geliefert. 45° sind auch bei strenger Kälte für meine Fußbodenheizung völlig ausreichend. Für die selten gebrauchte Heizkörperheizung, hebe ich die Niveaus wie oben beschrieben an, falls es sich als nötig erweist.

Der Puffer hat am Ende des Ladevorgangs durchschnittlich eine deutlich höhere Temperatur als die eingestellte Puffergrenztemperatur. Die Ladepumpe bleibt nach Abschalten der Feuerung eingeschaltet und überträgt die Wärme des Kessels soweit wie möglich in den Puffer, wodurch dessen Temperatur weiter steigt.

Mit der eingestellten oberen Puffergrenztemperatur von 53° (Temp Pu unten: 70-17=53 s.o.) hat der Pufferspeicher nach der Aufladung:

| <i>BT</i> | <i>Temp. Pu oben</i> | <i>Temp. Pu unten</i> |
|-----------|----------------------|-----------------------|
| 66° | 64° | 60° |

Dabei will ich es belassen. Höhere Werte würden die Verluste von Puffer und Kessel überproportional ansteigen lassen. Allerdings würde die Kesselfrequenz sinken.

Der Energiebedarf der Warmwasserbereitung

Letztlich ist es das, was mich wirklich interessiert, nachdem ich die Verbesserungen vorgenommen habe.

Im einzelnen:

N_{WW} Energie des Warmwassers

N_{VerlustPu} Energieverlust des Pufferspeichers

N_{VerlustKe} Energieverlust des Kessels

Die drei Energien basieren auf folgender Formel: $N = 1,163 \cdot 10^{-3} \left[\frac{kWh}{kg \cdot ^\circ K} \right] \cdot m [kg] \cdot \Delta t [^\circ K]$,

wobei $1,163 \cdot 10^{-3}$ die spezifische Wärmekapazität des Wassers ist, m die Wassermenge und Δt die Temperaturdifferenz.

Energie des Warmwassers

Mit einem Wasserzähler in der Warmwasserleitung kann ganz einfach die Menge des Warmwassers festgestellt werden. Die Temperatur, mit der das Warmwasser in die Leitung gelangt, ist 45°. Die Kaltwassertemperatur ist 18° im Hochsommer gemessen.

Weil es den Wasserzähler nicht gibt, berechne ich die Warmwassermenge anhand der Anzahl Duschbäder, denn dafür wird das Warmwasser ganz überwiegend verwendet. Die Wassermenge, die für ein Duschbad durchschnittlich aus dem Duschkopf fließt, ist 22 Liter (kg), was ich mit der Hauswasseruhr gemessen habe.

Wenn Duschbäder das Maß der Dinge sind, dann muss die Temperatur des Wassers, das aus dem Duschkopf kommt, berücksichtigt werden. Sie beträgt 38°, und die Differenz ist dann 20°. Um sie zu messen, habe ich ein gutes Badethermometer mit unter die Dusche genommen. In einem Duschbad steckt die Energie von $1,163 \cdot 10^{-3} \cdot 22 \cdot 20 = 0,51 kWh$ Bei zwei Duschbädern am Tag ist die Energie in einem Jahr mit 20 Tagen Abwesenheit

$N_{ww} = 0,51 \cdot 2 \cdot 345 \cdot 1,2 = 424 kWh$, wobei ich für den Bedarf, den es sonst noch gibt, den Mehrverbrauch durch Besuch und dafür, dass die Kaltwassertemperatur im Winter etwas niedriger sein dürfte, 20% zugeschlagen habe.

Energieverlust des Pufferspeichers

Beim Energieverlust des Pufferspeichers, der 700 Liter (kg) Wasserinhalt hat, entsteht die Frage wie seine Temperaturen zu berechnen sind, denn es gibt 3 unterschiedlich anzeigende Thermometer, die auch unterschiedliches Gewicht zu haben scheinen, wie die folgende Beobachtung ergibt.

Die Tabelle zeigt den Temperaturabfall durch 2 Duschbäder bei aufgeladenem Puffer.

| | <i>BT</i> | <i>Temp. Pu oben</i> | <i>Temp. Pu unten</i> |
|-----------------------|-----------|----------------------|-----------------------|
| <i>Oberes Niveau</i> | 66° | 64° | 60° |
| <i>Unteres Niveau</i> | 65° | 64° | 50° |

Der durchschnittliche Temperaturabfall beträgt 3,7°.

Am unteren Temperaturniveau entstehen die folgenden Temperaturdifferenzen durch 2 Duschbäder:

| | <i>BT</i> | <i>Temp. Pu oben</i> | <i>Temp. Pu unten</i> |
|-----------------------|-----------|----------------------|-----------------------|
| <i>Oberes Niveau</i> | 57° | 49° | 33° |
| <i>Unteres Niveau</i> | 55° | 47° | 30° |

Hier beträgt der durchschnittliche Temperaturabfall 2,33°.

Zwei Duschbäder mit etwa 1 kWh entsprechen einer Temperaturdifferenz von

$$\Delta t = \frac{1}{1,163 \cdot 10^{-3} \cdot 700} = 1,23^\circ \quad \text{unter der Voraussetzung, dass die gesamte Wassermenge von}$$

700 Litern betroffen, was nicht so sein muss.

Die 3 Zahlen weichen erheblich voneinander ab. Ich vermute, dass es an der durch das Kaltwasser verursachten Temperaturverteilung im Puffer liegt, die von den drei Sensoren nur unzulänglich erfasst werden kann.

Bei den Temperaturniveaus, die durch Entladen bzw. Laden entstehen, spielt Kaltwasser keine Rolle, so dass es wohl den tatsächlichen Verhältnissen entspricht, die Temperaturdifferenzen mit dem arithmetischen Mittel zu berechnen (siehe die folgende Tabelle).

| | <i>BT</i> | <i>Temp. Pu oben</i> | <i>Temp. Pu unten</i> | <i>Mittelwert</i> |
|-----------------------|-----------|----------------------|-----------------------|-------------------|
| <i>Oberes Niveau</i> | 66° | 64° | 60° | |
| <i>Unteres Niveau</i> | 53° | 45° | 32° | |
| <i>Differenz</i> | 13° | 19° | 28° | 20° |

Die Wärmeabgabe des Puffers bei einem Entlade- bzw. Abkühlvorgang ist dann

$$1,163 \cdot 10^{-3} \cdot 700 \cdot 20 = 16,3 \text{ kWh}$$

Wie lange dieser Vorgang dauert, hängt davon ab, wie viel Energie durch Warmwasser entnommen wird. Ich habe festgestellt, dass der Abkühlvorgang bei einer Entnahme von 8 Duschbädern, das sind $8 \cdot 0,51 = 4,1 \text{ kWh}$ etwa 90 Stunden dauert.

Die Wärmeabgabe an die Umgebung (Verlust) beträgt in dieser Zeit $16,3 - 4,1 = 12,2 \text{ kWh}$

(Werden andere Wassermengen entnommen, so ändert sich neben dem Verlust auch die Zykluszeit, mit der Folge, dass die Verlustleistung des Pufferspeichers von

$$12,2 / 90 = 0,135 \text{ kW} = 135 \text{ W} \quad \text{etwa gleich bleibt.})$$

Nur für 6 Sommermonate schreibe ich den Verlust des Pufferspeichers der Warmwasserbereitung zu, denn in der Heizperiode kommt die Wärme, wenn auch indirekt, der Heizung zugute. Das macht bei 182 Tagen 4368 Stunden. Mit 90 Stunden Zykluszeit tritt der Verlust etwa 48,5mal auf. So ergibt sich $N_{\text{VerlustPu}} = 12,2 \cdot 48,5 = 592 \text{ kWh}$

Energieverlust des Kessels

Der Kessel hat soviel Zyklen wie der Puffer. Allerdings kühlt er außerhalb der Heizperiode jedes mal vom oberen Temperaturniveau des Puffers (65°) auf die Raumtemperatur von 20° ab. Die Wärmekapazität des Kesselmaterials schätze ich halb so groß ein wie die des Kesselwassers, weshalb ich mit 120 Litern rechne. Das macht einen Verlust von $1,163 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 45 = 6,3 \text{ kWh}$ bei einem Abkühlvorgang. Sonst gilt das gleiche wie beim Pufferspeicher. Der Verlust des Kessels, der auf die Warmwasserbereitung entfällt, ist je Jahr $N_{\text{VerlustKe}} = 6,3 \cdot 48,5 = 306 \text{ kWh}$

Zusammenstellung:

| Energie in kWh | Je Lade-/Entladevorg. | Sommer | Winter | Je Jahr |
|-----------------|-----------------------|--------|--------|---------|
| Warmwasser | 4,1 | 212 | 212 | 424 |
| Verlust Puffer | 12,2 | 592 | -- | 592 |
| Verlust Kessels | 6,3 | 306 | -- | 306 |
| Summe | 22,6 | 1110 | 212 | 1322 |

Der Energieaufwand für das Warmwasser in einem 2 Personen-Haushalt ist im Winterhalbjahr relativ zur Heizenergie (geschätzt 24000 kWh) vernachlässigbar. Im Sommer muss dagegen etwa das 4fache der Warmwasserenergie für Verluste aufgewendet werden. Wenn ich meine Zirkulation beibehalten hätte, wären die Verluste noch wesentlich höher.

Ich habe festgestellt, dass die Feuerung für einen Ladevorgang etwa 55 min eingeschaltet ist. Das Typenschild des Kessels weist eine Leistung von 20 kW aus. Die Energie für einen

Ladevorgang beträgt mit diesen Werten $20 \text{ kWh} \cdot \frac{55}{60} = 18,3 \text{ kWh}$

Die Rechnung oben weicht mit 22,6 kWh deutlich davon ab. Vielleicht liegt es daran, dass die Leistung des neuen sauberen Kessels höher als 20 kW ist. Auch kann es sein, dass die errechneten Temperaturniveaus des Pufferspeichers doch nicht ganz der Wirklichkeit entsprechen (siehe oben).

Wenn ich annehme, dass der Heizwert der Pellets von 5 kWh / kg zu 90 % genutzt wird, dann ist der Pelletbedarf 247 kg im Sommerhalbjahr und 47 kg im Winterhalbjahr. Bei einem Preis von aktuell 230 Euro/t sind das etwa 57 Euro im Sommer bzw. 11 Euro im Winter.

Und jetzt?

Ich möchte das im Grunde erfreuliche Ergebnis nicht einfach unter der Kategorie Peanuts einsortieren, obwohl das nahe liegt. Keineswegs schließe ich daraus, dass ich mir die Verbesserungen und die ganze Untersuchung hätte sparen können. Ich habe den Pufferspeicher mit Originalisolierung nicht untersucht, aber sein geschätzter 4facher Wärmeverlust hätte die Kosten um weit über 100 Euro/Jahr erhöht. Die Zusatzisolierung für unter 100 Euro amortisiert sich in weniger als einem Jahr, wenn man sie selber macht.

Auch wenn es kleine Beträge sind und ich sie leicht zahlen kann, es gehört zu meinen Wertvorstellungen, Verluste klein zu halten, wenn es mit angemessenen Mitteln möglich ist.

Verluste, die ein Mehrfaches des Nutzens betragen, sind unbefriedigend. Aber mit geringeren Verlusten ist Warmwasser im Sommer mit einer Kessel-Puffertechnologie wohl nicht zu erzeugen. Das Verhältnis wird bei höherem Warmwasserverbrauch etwas besser, weil die Verluste des Pufferspeichers gleich bleiben. Die Kesselverluste steigen allerdings, weil sich die Kesselfrequenz erhöht.

Angesichts der geringen Einsparmöglichkeit bei meiner Anlage wäre eine solarthermische Warmwasserbereitung höchst unwirtschaftlich. Auch der Warmwasserbedarf eines 6 Personen-Haushalt würde daran nichts ändern. Der Standpunkt, eine solche Unwirtschaftlichkeit sollte in Kauf genommen werden, weil CO₂ eingespart und auch die Heizung unterstützt wird, ist aber falsch. Richtig ist, da zu investieren, wo für das gleiche Geld am meisten CO₂ einzusparen ist, z.B. in Windkraftanlagen. Eine solarthermische Anlage, die für die Warmwasserbereitung ausgelegt ist, kann unmöglich die Heizung unterstützen, weil im Sommer nichts zu unterstützen ist und im Winter, gerade umgekehrt, über weite Strecken die solarthermische Warmwasserbereitung von der Heizung unterstützt werden muss.

Für mich stecken die Kosten der Solaranlage, die ich nicht habe, in den Mehrkosten der Pelletheizung, mit der ich eine noch viel größere Menge CO₂ einspare. Auf meinem Dach ist das allerdings nicht zu sehen.