DocPlayer 02.10.20, 16:44

Renewable Energy Monitoring, Control and Simulation for Small Community Heating Networks (REM / REC / RES)

Evelyn Lang (*), Stefan Spann (*), Manfred Tragner

4ward Energy Research GmbH (außeruniversitäre Forschungseinrichtung), Tannengasse 18/6, A-1150 Wien, +43 664 88 500 358, evelyn.lang@4wardenergy.at, www.4wardenergy.at

Kurzfassung: Nah- und Fernwärmenetze haben eine große Bandbreite an hochentwickelter Elektronik, die Fernüberwachung, -steuerung und zusätzliche Services der Wärmesysteme ermöglichen. Es gibt verschiedene Soft- und Hardwareanwendungen auf unterschiedlichen Niveaus mit verschiedenen Formaten und Schnittstellen, die ohne miteinander zu kommunizieren arbeiten. Die vermuteten Optimierungs- und Effizienzsteigerungspotenziale liegen daher in drei Punkten:

- Die existierenden Software- und Hardware-Anwendungen haben ein Potenzial für Effizienzsteigerungen und um multifunktionale Anwendungen anbieten zu können.
- Das derzeitige Regelsystem ermöglicht keine rasche Implementierung von smarten Lösungen, die als Schlüsselfaktoren für eine stärkere Einbindung von Erneuerbaren identifiziert werden können.
- Einführung von Echtzeitkommunikation und Regelsystemen ist oft nicht möglich, da alte Bus-Systeme und fehlende Verbindungen dies verhindern.

Mit Bezug auf die zuvor beschriebene Problemstellung ist das Hauptziel des Vorhabens die Überprüfung der Machbarkeit eines übergeordneten Energiemanagementsystems für kleine und mittlere Wärmenetze. Die Datenerhebung wurde an zwei ausgewählten Heizwerken durchgeführt. Dabei wurden die Komponenten des bestehenden Systems und mögliche Erweiterungen um vorhandene Wärmequellen untersucht. Die vorhandenen Daten wurden in eine eigens für diesen Zweck programmierte Datenbank integriert und stehen dadurch in weiterverarbeitbarer Form für eine Simulation und Optimierung zur Verfügung. Bei der Simulation des Gesamtnetzes in MATLAB/Simulink werden einerseits Szenarien durchgerechnet, die zu einer Verbesserung der Gesamteffizienz des Wärmesystems führen und andererseits lokal vorhandene, zusätzliche Wärmequellen integriert, um das nachhaltige Optimum für das Wärmenetz zu finden.

Auf Basis der verwendeten Parameter kann anhand der Berechnungsergebnisse, durch Bestimmung der zu erwartenden Systemkosten und Einsparungspotenziale, von keiner kurzfristig wirtschaftlichen Einführung eines übergeordneten Energiemanagementsystems ausgegangen werden. Durch aufbauende Untersuchungen, Erhebung zusätzlicher Sensoren und Adaptierungen des Modells können mit Sicherheit weitere Einsparungspotenziale identifiziert und Schritte hinsichtlich der Entwicklung und Implementierung eines übergeordneten Energiemanagementsystems für kleine und mittlere Wärmenetze gesetzt werden.

Keywords: Simulation, Biomasse Nahwärmenetz, Optimierungspotenzial, Integration zusätzlicher Wärmequellen, Energiemanagementsystem

http://docplayer.org/docview/88/116195222/#file=/storage/88/116195222/116195222.pdf Seite 1 von 12

DocPlayer 02.10.20, 16:44

1 Einleitung und Problemstellung

Der Rohstoff Biomasse ist in Österreich von großer Bedeutung und so spielt auch die thermische Nutzung der Biomasse in Nah- und Fernwärmesystemen eine wichtige Rolle. Der Anteil der Biomasse Nah- und Fernwärmesysteme ist seit Ende der 1980 Jahre stetig gewachsen, wobei in manchen Jahren der Anstieg des Wärmeabsatzes im zweistelligen Bereich lag [1]. Bis zum Jahr 2011 [2] wurden 1.544 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 1.380 MW in Österreich installiert. Laut einer Studie der Austrian Energy Agency [3] kann im Segment der Biomasseheizwerke mit einer Nennleistung > 1.000 kW, außerhalb des KWK-Bereichs, allerdings eine relativ hohe Marktsättigung angenommen werden. Die Autoren der Studie gehen davon aus, dass die Anzahl der jährlich neu installierten Kessel (Brennstoff Hackgut und Rinde) bis zum Jahr 2020 stagnieren wird. Demnach wird der Fokus der Investitionstätigkeit in diesem Bereich in Zukunft auf Netzverdichtungen, Anlagensanierungen und insbesondere der Anlagenoptimierung liegen.

In Bezug auf den Optimierungsgedanken ist zu sagen, dass Wärmenetze heutzutage über eine große Bandbreite an hochentwickelter Elektronik verfügen. Durch diese wird eine Automation ermöglicht. Für den Anlagenbetreiber sind die eingesetzten Systeme der Hebel zum erfolgreichen und effizienten Betrieb, gerade bei komplexen Systemen mit zahlreichen freien Parametern, wie z.B. Außentemperatur und unterschiedlicher Leistungsbedarf. In Zusammenhang mit den steigenden Anforderungen hinsichtlich CO_2-Reduktion und effizientem Brennstoffeinsatz und den Überlegungen der Integration dezentraler erneuerbarer Energieträger in die Wärmenetze, kommt den MSR-Systemen eine große Bedeutung zu. Vor allem aber ermöglicht die Automation mit den zahlreichen vorhandenen Sensoren, sämtliche Prozesse zu überblicken und ständig zu bewerten. Verbraucher- und Erzeugerkreisläufe werden im Idealfall optimal aufeinander abgestimmt.

In den derzeit in Betrieb befindlichen Wärmenetzen kommen oft verschiedene Soft- und Hardwareanwendungen zum Einsatz. Das Problem dabei ist, dass diese auf unterschiedlichen Niveaus mit verschiedenen Formaten und Schnittstellen arbeiten, ohne miteinander zu kommunizieren (siehe Abbildung 1).

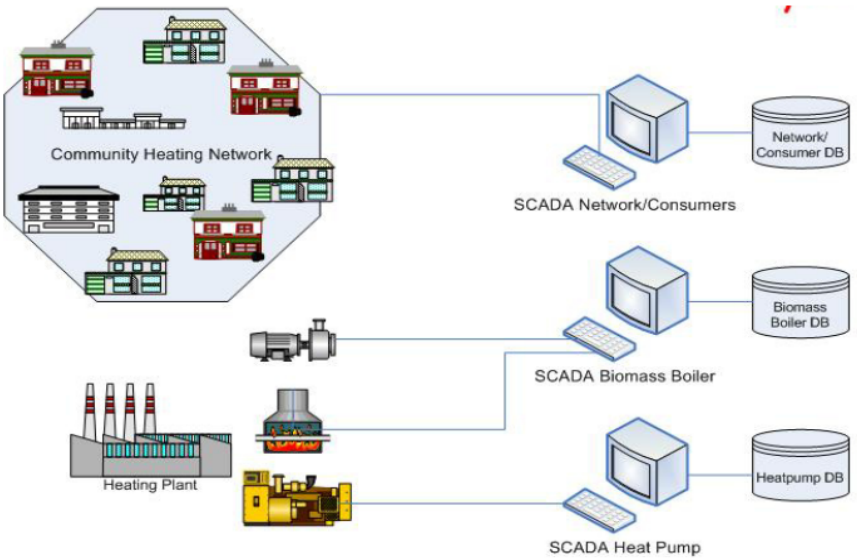


Abbildung 1: Informationsinseln in kleinen und mittleren Wärmenetzen [4]

http://docplayer.org/docview/88/116195222/#file=/storage/88/116195222/116195222.pdf Seite 2 von 12

DocPlayer 02.10.20, 16:44

Häufig überwacht und steuert das SCADA-System den technischen Prozess. Normalerweise werden auch die Verbrauchsdaten der Nutzer für die Verrechnung vom SCADA-System gesammelt. Die Biomassekessel und die damit verbundenen Systemkomponenten werden durch PLCs gesteuert. Diese haben ihr eigenes SCADA-System für Steuerungs- und Monitoringaufgaben und die Betriebsdaten werden in einer Datenbank auf einem lokalen PC gespeichert. Kommen andere Wärmequellen, wie z.B. Wärmepumpen für die Warmwasserbereitung im Sommer zum Einsatz, werden auch diese von einem lokalen SCADA-System geregelt, das wiederum eine eigene Datenbank angeschlossen hat. Des Weiteren werden nicht alle zur Verfügung stehenden regelungstechnischen Möglichkeiten herangezogen. Speziell bei kleinen Wärmenetzen (bis zu einer Nennleistung von 5 MW_{th}) gibt es keine Verbindung zwischen den verschiedenen Steuer- und Regelsystemen, aber auch bei großen Netzen ist derzeit die Zusammenarbeit der verschiedenen Systeme oft unzureichend für einen optimalen Betrieb.

Demnach besteht, wie bereits zuvor erwähnt, ein großes Potential in der Optimierung und Effizienzsteigerung bestehender Anlagen, insbesondere in den existierenden Soft- und Hardware-Anwendungen und den aktuell eingesetzten Regelsystemen. Die derzeit vorwiegend eingesetzten Regelsysteme bieten, vor allem in Zusammenhang mit der Integration smarter Lösungen wenig Spielraum. Mit Hilfe von Messungen und der Implementierung entsprechender Steuer- und Regelungstechnik, könnte eine sinnvolle Einbindung von erneuerbaren Energieträgern und zusätzlichen Speichermöglichkeiten und somit ein nachhaltiger Betrieb (Erzeugung, Netz, Verbraucher) ermöglicht werden. Es sind zwar einige kommerziell verfügbare Energiemanagement-Systeme am Markt, die aber die oben angeführten Anforderungen an ein effizientes und nachhaltiges System nicht zur Gänze erfüllen können.

Das Projekt REM / REC / RES befasst sich daher mit der Überprüfung der Machbarkeit der Implementierung eines übergeordneten Energiemanagementsystems für kleine/mittlere Wärmenetze.

2 Zielsetzung und Methodik

Mit Bezug auf die zuvor beschriebene Problemstellung ist das Hauptziel des Vorhabens die Überprüfung der Machbarkeit eines übergeordneten Energiemanagementsystems für kleine und mittlere Wärmenetze. Um eine Aussage darüber treffen zu können, sind folgende Schritte erforderlich:

- Analyse der vorhanden Daten, Komponenten und Schnittstellen.
- Erhebung der wesentlichen Modellierungsparameter für das Wärmesystem und für weitere Erneuerbare und Wärmequellen.
- Erarbeitung eines Simulationsmodells für ein entsprechendes Wärmenetz in MATLAB/Simulink.
- Evaluierung von Effizienzsteigerungspotenzialen mit Hilfe des Simulationsmodells und Abschätzung der Integrationsmöglichkeiten weiterer Wärmequellen.
- Abschätzung der Möglichkeit zur Entwicklung eines übergeordneten Energiemanagementsystems.

http://docplayer.org/docview/88/116195222/#file=/storage/88/116195222/116195222.pdf Seite 3 von 12

3 Ergebnisse

3.1 Erhebung der Komponenten, Daten und Schnittstellen

Die Datenerhebung wurde an zwei ausgewählten Heizwerken des Projektpartners ASTRA BioEnergie GmbH durchgeführt. Dabei wurden die Komponenten des bestehenden Systems und mögliche Erweiterungen um vorhandene Wärmequellen untersucht. Es wurden die Komponenten dokumentiert, die Schnittstellen analysiert und die Daten ausgelesen. Die Hauptparameter des Erzeugungssystems, die Netzstrukturdaten und die Lastgänge (Erzeugung und Verbrauch) wurden ebenfalls bei den beiden Nahwärmesystemen erhoben. Für die Möglichkeit zur Erweiterung des Wärmesystems um weitere erneuerbare Wärmequellen und Speichermöglichkeiten, wurden die notwendigen Parameter durch Literaturrecherche und Herstellerbefragungen gewonnen. Zusätzlich wurde für die Standorte die Solarstrahlung und die Referenztemperatur erhoben [5], um eine Abschätzung der Möglichkeit zur Integration von solarthermischen Anlagen vornehmen zu können.

Die vorhandenen Daten wurden in ein weiterverarbeitbares Format gebracht und in einer Datenbank zusammengeführt. Hinsichtlich der Datenmenge kann für kleinere und mittlere Wärmenetze von etwa 285 Sensoren (Erzeugung, Netz und Verbraucher) ausgegangen werden. Bei minutengenauer Aufzeichnung ergibt dies ca. 40.000 Werte pro Tag und hochgerechnet für ein Jahr, kann von einem Datenvolumen von ca. 150 Mio. Messwerten für eine Anlage gesprochen werden. Um die Probleme der Datenmengen, der unterschiedlichen Zeitauflösungen und der Fehlerwerte zu lösen, wurde ein relationales Datenmodell für die Archivierung und Auswertung der Messdaten entwickelt. Für das Projekt wird ein Softwaretool (ASREM) bereitgestellt, welches den Datenimport, die Datenüberprüfung und die Generierung von Analysevektoren für eine beliebige Anzahl von Heizwerken und den dazugehörenden Nahwärmeverteilernetzen mit den Verbrauchern erlaubt (Abbildung 2).

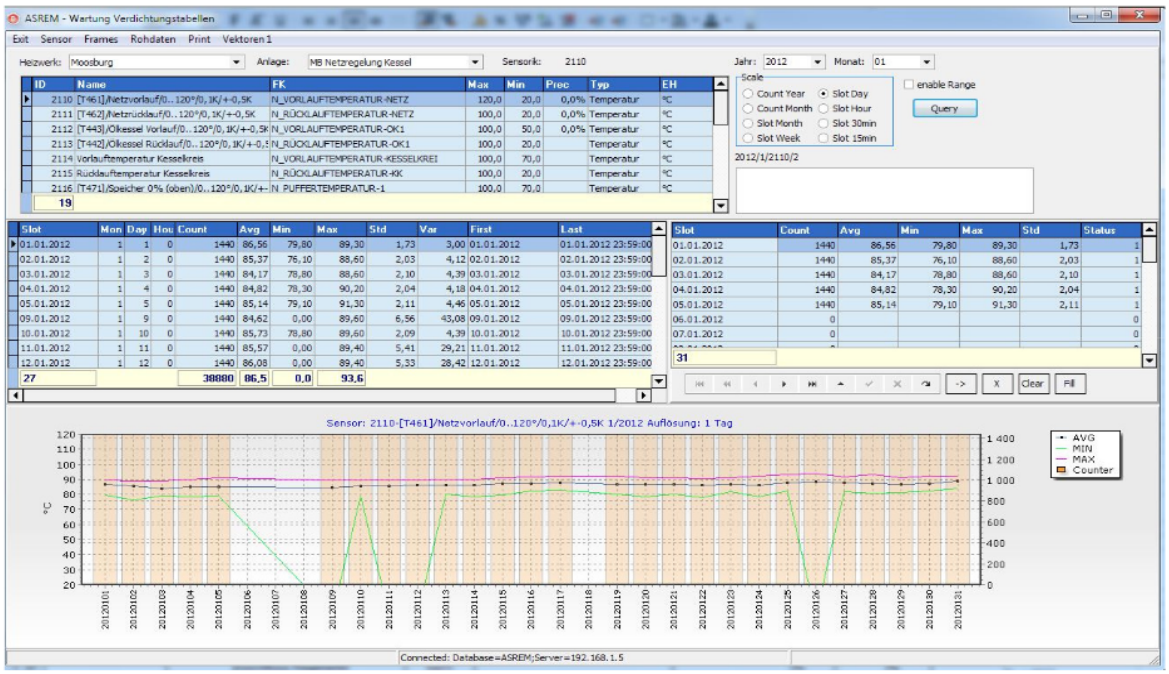


Abbildung 2: Hauptmaske Analysetool ASREM mit Auswahl- und Filtermöglichkeiten

DocPlayer 02.10.20, 16:44

Das Tool ist darüber hinaus dazu geeignet, die erforderlichen Informationen für die Meilensteine aus QM-Heizwerke zu liefern, sowie grafische Auswertungen der importierten Daten zur Verfügung zu stellen. Die Rohdaten stehen zur Kontrolle in der Datenbank unverändert zur Verfügung.

Im Zuge der Datenanalyse wurde ersichtlich, dass in der Datenerhebung und –aufzeichnung der Heizwerke Messfehler vorkommen, die für die Simulation bereinigt werden müssen und die in weiterer Folge für ein entsprechendes Echtzeitoptimierungstool erkennbar und handhabbar sein müssen. Dieser Umstand wurde bei der Simulation berücksichtigt und die Arbeiten entsprechend angepasst.

3.2 Modellbildung

Basierend auf den vorhandenen Daten und den erarbeiteten mathematischen und funktionellen Zusammenhängen des Systems, wurde das Modell für ein Referenzheizwerk in MATLAB/Simulink erstellt. Dabei erfolgte zunächst eine separate Betrachtung der Erzeuger- und Verbraucherseite, wobei das Modell grundsätzlich in einzelne Blöcke z.B. Kessel, Speicher usw. gegliedert ist. In weiterer Folge wurden die Modelle der Erzeuger- und Verbraucherseite zu einem Gesamtsystem zusammengeführt (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

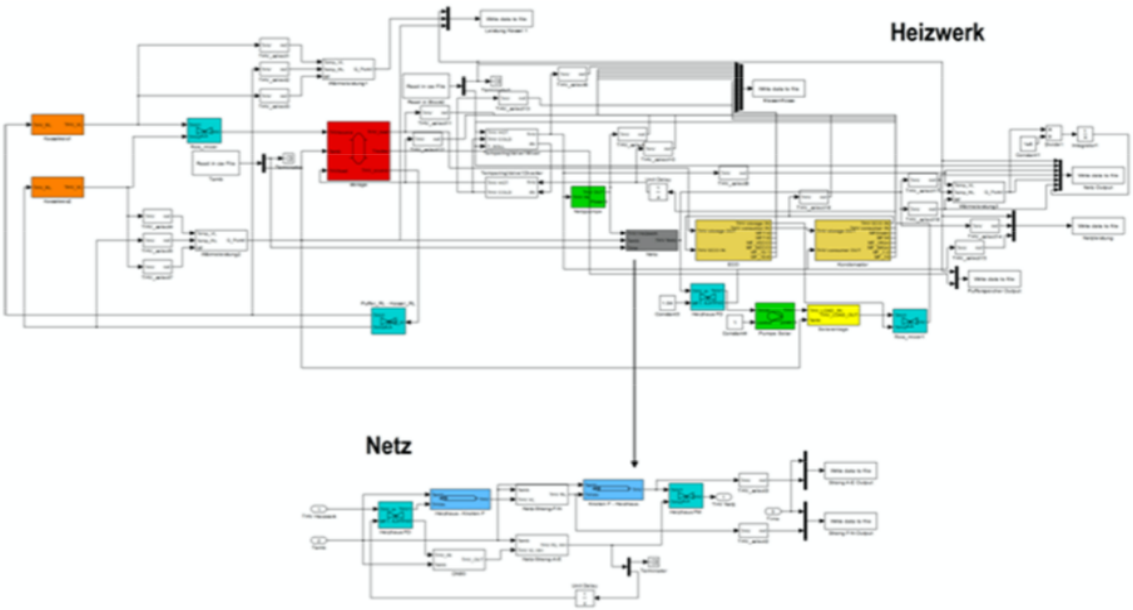


Abbildung 3: Simulationsmodell Gesamtsystem MATLAB/SImulink

Für die Validierung des Modells wurden ausgewählte Parameter der Originaldaten mit den Ergebnissen eines ersten Simulationsdurchlaufs verglichen, um die Brauchbarkeit des Modells für die geplante Optimierung zu überprüfen. Hier können beispielhaft die Ergebnisse der Netzvorlauftemperatur und -rücklauftemperatur dargestellt werden (siehe Abbildung 4).

http://docplayer.org/docview/88/116195222/#file=/storage/88/116195222/116195222.pdf Seite 5 von 12

DocPlayer 02.10.20, 16:44

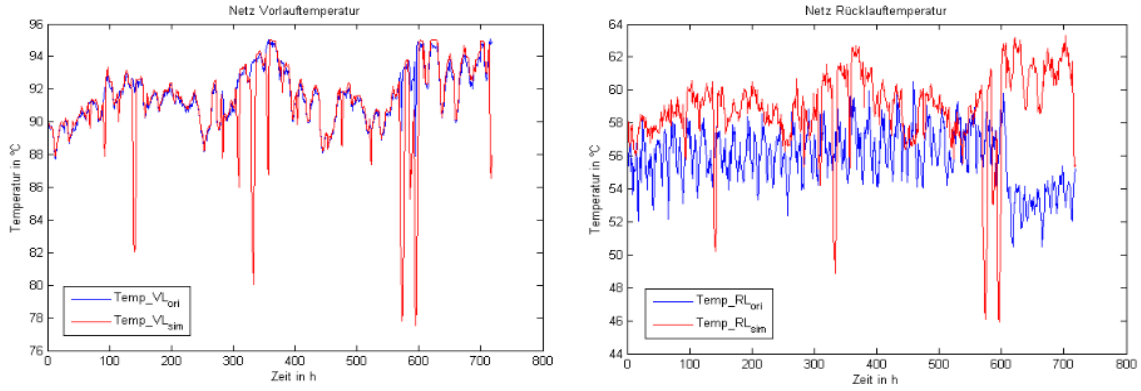


Abbildung 4: Vergleich der Original- und Simulationsdaten für Vor- und Rücklauftemperatur im Netz Jänner 2012

Die simulierte Netzvorlauftemperatur folgt im Wesentlichen den Originalwerten, die Schwankungen können dadurch begründet werden, dass die unteren und oberen Grenzwerte vom Heizwart individuell eingestellt werden. Einzelne Ausreißer können auf fehlende Messwerte zu diesen Zeitpunkten zurückgeführt werden. Bei der Netzrücklauftemperatur fällt auf, dass die Werte der Simulation über den Temperaturen der Messdaten (Originaldaten) liegen. Dies lässt sich dadurch begründen, dass nicht bei allen Verbrauchern (vor allem bei den sehr kleinen Wärmeabnehmern) die entsprechenden Daten, die der Simulation hinterlegt wurden, zur Verfügung standen.

3.3 Simulation

Die Daten wurden vom Heizwerkbetreiber zur Verfügung gestellt, wobei für die Werte der Außentemperatur die Daten der ZAMG der Beobachtungsstation Katschberg verwendet werden. Auf Grund der Tatsache, dass für einen Großteil der Sensorwerte des Heizwerks die Daten nicht für den Betrachtungszeitraum eines Jahres zur Verfügung stehen, können nur die Monate Jänner, Juli und Dezember für die Simulation herangezogen werden.

Bei der Simulation des Gesamtnetzes wurden drei unterschiedliche Szenarien berechnet. Einerseits wurde durch Veränderung und Anpassung von einstellbaren Parametern versucht, einer Verbesserung der Gesamteffizienz des Wärmesystems zu erreichen. Andererseits wurden in einem zweiten Szenario die Auswirkungen der Integration einer solarthermischen Anlage in das bestehende Netz betrachtet, mit dem Sinn, das nachhaltige Optimum für das Wärmenetz zu finden.

3.3.1 Beschreibung der simulierten Szenarien

Szenario A – Optimierung des bestehenden Systems

Es wurde eine Senkung der Rücklauftemperatur vorgenommen, um die Wärmeverluste im Netz zu minimieren. Anhand der aufgestellten Zielfunktion wurde die Optimierung so durchgeführt, dass eine Vorgabe des Vorlauftemperaturbereichs von 75 °C bis 95 °C erfolgte. Mittels Bisektionsverfahren wurde die optimale Vorlauftemperatur zu jedem Zeitpunkt, unter den folgenden Bedingungen ermittelt:

- Die von den Verbrauchern geforderte Wärmemenge bleibt konstant.
- Die Gesamtnetzrücklauftemperatur darf nicht unter 40 °C liegen.
- Die Vorlauftemperatur bei den einzelnen Verbrauchern muss mindestens 60 °C betragen (außer $Q_{Verbrauch} = 0$).

http://docplayer.org/docview/88/116195222/#file=/storage/88/116195222/116195222.pdf Seite 6 von 12

DocPlayer 02.10.20, 16:44

Durch das Verfahren hat sich die Netzvorlauftemperatur auf einen Wert von 75 °C eingestellt.

Die Ergebnisse der Simulation sind in Tabelle 1 aufgelistet. Es ist ersichtlich, dass sich durch das Absenken der Vorlauftemperatur, vor allem in den Wintermonaten ein durchaus nennenswertes Einsparungspotenzial durch eine Reduktion der Wärmeverluste ergibt, wodurch sich auch die eingesetzte Brennstoffmenge reduziert.

Tabelle 1: Simulationsergebnisse Szenario A - Optimierung

SZENARIO A					
Monat	***Zugeführte Energie (Q_Brennstoff) [MWh]***	***Abgeführte Energie (Q_Erzeugung) [MWh]***	***Gesamtbedarf Netz (Q_Netz) [MWh]***	***Einsparungen durch min. Wärmeverluste [MWh]***	***Einsparungen Q_Brennstoff [MWh]***
Jänner	2.141,04	1.876,48	1.841,43	12,94	14,81
Juli	980,95	853,26	824,53	6,09	7,02
Dezember	1.773,12	1.552,68	1.518,65	33,9	39,58

Szenario B – Integration zusätzlicher Wärmequellen

Für das Szenario wird eine solarthermische Anlage mit einer Fläche von ca. 308 m² und einer installierte Kollektorleistung von 225,8 kW angenommen. Zum Einsatz kommen Flachkollektoren, die im Matched-Flow System verschalten werden. Die Anlage wird am Dach des Heizhauses integriert. Die hydraulische Einbindung erfolgt in den Netzrücklauf (Entnahme und Einspeisung). Die von der Solaranlage erzeugte Wärme wird über einen Wärmetauscher an den Rücklauf übergeben, es wird also kein zusätzlicher Speicher für die Solaranlage benötigt. Es wird davon ausgegangen, dass die Anlage ganzjährig in Betrieb ist, wobei die größte Leistung natürlich in den Sommermonaten erbracht wird. Anhand der verwendeten Parameter konnten die folgenden Ergebnisse erzielt werden (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Simulationsergebnisse Szenario B – Integration Solaranlage

SZENARIO B					
Monat	***Zugeführte Energie (Q_Brennstoff) [MWh]***	***Abgeführte Energie (Q_Erzeugung) [MWh]***	***Gesamtbedarf Netz (Q_Netz) [MWh]***	***Energie Solaranlage [MWh]***	***Einsparungen Q_Brennstoff [MWh]***
Jänner	2.146,79	1.881,52	1.854,46	7,90	9,06
Juli	956,06	831,65	830,67	27,43	31,91
Dezember	1.808,18	1.582,05	1.529,47	4,52	4,52

Szenario C – Kombination

Im dritten Szenario werden die beiden zuvor beschriebenen Maßnahmen kombiniert, was bedeutet, dass eine Simulation mit integrierter Solaranlage und gesenkter Vorlauftemperatur erfolgt. Durch die Senkung der Temperaturen kann auch ein höherer Ertrag der Solaranlage angenommen werden, da die Anlage bei niedrigeren Temperaturen einen besseren Wirkungsgrad hat. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgelistet.

http://docplayer.org/docview/88/116195222/#file=/storage/88/116195222/116195222.pdf Seite 7 von 12

DocPlayer 02.10.20, 16:44

Tabelle 3: Simulationsergebnisse Szenario C – Optimierung und Integration Solaranlage

SZENARIO C					
Monat	***Zugeführte Energie (Q_Brennstoff) [MWh]***	***Abgeführte Energie (Q_Erzeugung) [MWh]***	***Gesamtbedarf Netz (Q_Netz) [MWh]***	***Energie Solaranlage [MWh]***	***Einsparungen Q_Brennstoff [MWh]***
Jänner	2.130,22	1.867,05	1.841,43	9,35	25,63
Juli	946,94	823,74	824,53	29,2	41,03
Dezember	1.767,19	1.547,52	1.518,65	5,53	45,51

3.3.2 Ökonomische Analyse

Anhand der Ergebnisse der simulierten Monate erfolgt eine Hochrechnung der Einsparungsergebnisse der unterschiedlichen Szenarien für ein Jahr (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Simulationsergebnisse der unterschiedlichen Szenarien hochgerechnet für ein Jahr

	Einsparungen Q_Brennstoff [MWh/a]	***Einsparungen Q_Erzeugung [MWh/a]***	***Anteil bei 14.000 MWh/a [%]***
Szenario A	245,6	211,7	1,75%
Szenario B	182,0	268,7	1,30%
Szenario C	448,7	388,2	3,20%

Es konnten somit die zu erwartenden Systemkosten und mögliche Einsparungen bestimmt werden. Für **Szenario A**, in dem eine Optimierung der Netzvorlauftemperatur angenommen wurde, ergibt sich durch Einsparungen des Brennstoffs und einer Reduktion der Stromkosten eine jährliche Gesamtersparnis von **6.033,92 €**. Für **Szenario B** fällt das Einsparungspotenzial etwas geringer aus, da der Stromverbrauch der Solarpumpe berücksichtigt werden muss. Die Einsparungen der Brennstoffkosten sind geringer, da die Solaranlage hauptsächlich in den Sommermonaten einen nennenswerten Beitrag zur Wärmeproduktion leisten kann. Insgesamt ergeben sich für Szenario B Einsparungen in der Höhe von **5.783, 56 €** pro Jahr. In **Szenario C** erfolgt eine Optimierung der Netzvorlauftemperatur und die Integration einer Solaranlage, weshalb hier die Einsparungen am größten sind. Durch eine Reduktion des Brennstoffbedarfs und einem geringeren Stromverbrauch in der Gesamtanlage können in Summe **10.875,34 €** pro Jahr an Kosten für den Betrieb des Heizwerks gespart werden. Für die Berechnungen wurde von einem Biomassepreis von 22 €/MWh_{th} (H_u Brennstoff) und einem spezifischen Strombedarf von 17,5 kWh_{el}/MWh_{th}, bei einem Strompreis von 0,17 €, ausgegangen [6] [7].

4 Erkenntnisse und Schlussfolgerungen

4.1 Modellbildung und Simulation

Das in MATLAB/Simulink erstellte Modell des bestehenden Biomasseheizwerks ist modular aufgebaut, weshalb leicht Änderungen bzw. Erweiterungen vorgenommen werden können. Hinsichtlich der Simulation stellt sich allerdings die Frage, ob das gewählte Programm wirklich optimal für eine Simulation in diesem Bereich ist. Denn auf Grund der Datenmengen nimmt die Simulation eines Monats schon sehr viel Zeit in Anspruch. Für weitere

http://docplayer.org/docview/88/116195222/#file=/storage/88/116195222/116195222.pdf Seite 8 von 12

DocPlayer 02.10.20, 16:44

Untersuchungen sollten daher Überlegungen hinsichtlich der Nutzung eines, für thermodynamische Simulationen, üblichen Programms wie z.B. IPSEpro angestellt werden.

Um eine Weiterentwicklung des erarbeiteten Modells hinsichtlich des allgemeinen Einsatzes für Heizwerke mit beliebigen Aufbau zu ermöglichen, konnte eine bestimmte Anzahl an Sensoren identifiziert werden, deren Daten unbedingt messtechnisch im Heizwerk erfasst und in weiterverarbeitbarer Form zur Verfügung stehen sollten. Das Programm qm heizwerke hat durch die Einführung von Mindeststandards bei der Errichtung von Nahwärmenetzen sicherlich bereits einen wesentlichen Beitrag dazu geleistet. Im Zuge der Bearbeitung des Themas musste allerdings festgestellt werden, dass die Umsetzung in der täglichen Praxis der Heizwerkbetreiber noch Verbesserungspotenzial aufweist. Als ein Punkt kann z.B. die Messdatenerfassung in den Heizwerken genannt werden, die nicht in der gewünschten Qualität durchgeführt bzw. überwacht wird (fehlende Sensoren, schlechte Datenaufzeichnung, Sensorausfälle werden oft nicht bemerkt, etc.). Folgende Empfehlungen hinsichtlich zusätzlicher Sensoren können, basierend auf den Erkenntnissen der Datenanalyse und des Simulationsmodells, für die Errichtung neuer bzw. die Optimierung bestehender Biomassewärmesysteme abgegeben werden:

- Erfassung des Primärenergiebedarfs und messtechnische Bestimmung des Heizwertes der eingesetzten Brennstoffe. Die Brennstoffcharakteristik ist die maßgebliche Einflussgröße bezüglich der Feuerungsleistung. Es sollte daher zum einen die Menge an Brennstoff pro Zeiteinheit, die für die Wärmebereitstellung benötigt wird erfasst werden, um exakte Aussagen hinsichtlich des Einsparpotenzials treffen zu können. Ebenso sollte die messtechnische Erfassung des Heizwerts des Brennstoffs erfolgen, um zu gewährleisten, dass die Brennstoffqualität den Planungsbedingungen entspricht.
- Ebenso wäre es sinnvoll, an jedem Verbraucher den Differenzdruck zu messen und die Pumpe dahingehend zu regeln, dass der Differenzdruck an keinem Verbraucher < Δp_{min} ist. In [8] ist eine derartige Regelung bereits beschrieben. Für die Regelung der Netzpumpe wird dabei auf den erforderlichen Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf der Wärmeübergabestationen bei den Abnehmern geachtet, deren Verbindungsleitungen zum Heizwerk die größten Druckverluste im Netz aufweisen. Das kommt daher, dass bei allen anderen Verbrauchern die überschüssige Druckdifferenz, durch das in der Wärmeübergabestation eingebaute Druckregelventil vernichtet wird. Die am weitesten vom Heizwerk entfernten Stationen legen den von der Netzpumpe aufzubringenden dynamischen Druck fest.
- Sensoren bei den Verbrauchern müssen überwacht oder zumindest in regelmäßigen Abständen überprüft werden, um eine entsprechende Datenqualität zu gewährleisten. Zusätzlich kann nur dann ein Rückspiegeln der Verbrauchsdaten an die Verbraucher erfolgen, wenn auch die Daten zuverlässig zur Verfügung gestellt werden können.
- Ebenso wäre die Aufzeichnung der Pumpendrehzahl aller im Heizwerk eingesetzten Pumpen von Vorteil. Durch die Kennlinien in den Datenblättern und den Pumpentyp kann dadurch automatisch die Leistung errechnet werden. Des Weiteren kann für die Modellbildung auch der Massenfluss bzw. die Regelkennlinie der Pumpe eruiert werden. Ebenso wäre die Aufzeichnung der Leistungen von Vorteil, um so den Jahresgesamtverbrauch ablesen zu können.

http://docplayer.org/docview/88/116195222/#file=/storage/88/116195222/116195222.pdf Seite 9 von 12

DocPlayer 02.10.20, 16:44

4.2 Optimierungspotenzial

Aus der Simulation des Referenzheizwerks mit einer optimierten Netzvorlauftemperatur lassen sich die folgenden Schlussfolgerungen ableiten:

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass durch die Beschränkung der Simulation auf drei Monate nur eine Annäherung der Ergebnisse für ein Betriebsjahr erfolgen kann.

Durch die Senkung der Vorlauftemperatur kann eine Einsparung von rund 1,75 % erzielt werden (ausgehend von einem Wärmebedarf von rund 14.000 MWh/a). Durch den vorhandenen Speicher hat die Reduktion der Temperatur nur geringe Auswirkungen auf den Kesselbetrieb. Die Wärmespeicherfähigkeit des Speichers wird allerdings positiv beeinflusst, da sich durch die Senkung der Vorlauftemperatur auch eine geringere Rücklauftemperatur im Netz einstellt, welche durch die direkte Beladung des Speichers in die unterste Speicherschicht einfließt. Da die Temperatur in der obersten Schicht des Speichers der Kesselvorlauftemperatur entspricht, ergibt sich eine geringfügig größere Temperaturspreizung im Speicher. Anzumerken ist allerdings, dass vom vorliegenden Netz nicht alle Verbraucherdaten bzw. keinerlei Daten zur Sekundärseite bei den Abnehmern vorhanden sind, weshalb hier noch Untersuchungsbedarf besteht. Zur Gewährleistung der Bereitstellung der geforderten Wärme bei allen Verbrauchern mit der gesenkten Netzvorlauftemperatur, müssen auch die Sekundäranlagen bei den Abnehmern und die Übergabestationen untersucht bzw. entsprechend optimiert werden. Die Temperaturunterschiede zwischen Fernwärmerücklauf und Sekundäranlage (Grädigkeit der Wärmetauscher) soll dabei im Auslegungspunkt nicht größer als 3 K sein.

Hinsichtlich eines etwaigen Optimierungspotenzials bestehen sicherlich noch weitere Möglichkeiten für das betrachtete System, allerdings muss hierzu eine Erfassung der im vorherigen Anschnitt genannten Daten erfolgen.

4.3 Einsatz zusätzlicher Wärmequellen und Wärmespeicher

Die Einbindung zusätzlicher regenerativer Wärmequellen hat für Biomasseheizwerke den Nachteil, dass die Erträge, vor allem bei Solarenergie stark jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. Bei der Solarthermie spielt zusätzlich die Tatsache eine Rolle, dass die höchsten Leistungen in den Sommermonaten erzeugt werden, wo aber die Abnehmerleistung eines Wärmenetzes am geringsten ist.

Für die Simulation der Solaranlage bei unveränderter Netzvorlauftemperatur konnten Einsparungen von rund 1,3 %, wiederum unter der Annahme einer jährlichen Wärmeerzeugung von 14.000 MWh/a erreicht werden. Die positiven Aspekte bei der Einsparung des Brennstoffbedarfs können als ein Vorteil der Einbindung von Solaranlagen in Nahwärmenetze genannt werden. Hinzu kommt die Rücklaufanhebung in den Sommermonaten, in denen die Rauchgaskondensationsanlage nicht in Betrieb ist. Durch die Einbindung der Solaranlage in den Netzrücklauf kann auch der Einsatz eines zusätzlichen Speichers vermieden werden, was zu einer Reduktion der Investitionskosten der Anlage führt. Anhand der Einsparungen, die durch die Solaranlage erzielt werden können, ergibt sich aber, bei statischer Berechnung, dennoch eine Amortisationszeit von rund 17 Jahren, weshalb die Implementierung der Anlage anhand der getroffenen Annahmen nicht wirtschaftlich ist. Betrachtet man die Ergebnisse der Solaranlage allerdings zusammen mit der gesenkten Netzvorlauftemperatur, so kann ein besserer Wirkungsgrad der Anlage erzielt werden, was insgesamt zu besseren Ergebnissen hinsichtlich der Einsparung führt. Demnach ergibt sich durch die Kombination der beiden Szenarien ein Effizienz-steigerungspotenzial von 3,2 % (bei einer erzeugten Wärmemenge von 14.000 MWh/a).

http://docplayer.org/docview/88/116195222/#file=/storage/88/116195222/116195222.pdf Seite 10 von 12

DocPlayer 02.10.20, 16:44

Bei der Integration einer Solaranlage muss darauf geachtet werden, dass durch die Solarleistung im Sommer der Rücklauf in den Speicher nicht zu warm wird, da dadurch das Puffervermögen verringert wird. Auch muss auf eine Abstimmung der Solaranlage mit dem Kesselbetrieb geachtet werden, da der Leistungsbedarf der Biomassekessel nie unter 50 % der Nennleistung liegen soll. Auf Grund der Ergebnisse kann nicht von einem nachhaltigen Optimum der Anlage durch die Integration einer zusätzlichen Wärmequelle gesprochen werden. Es müssen daher weitere Möglichkeiten der hydraulischen Einbindung einer Solaranlage überprüft werden.

Auf die Integration zusätzlicher Speichermöglichkeiten wurde gänzlich verzichtet, da zunächst eine Verbesserung des Betriebs des bestehenden Speichers am Katschberg, hinsichtlich der Temperaturschichtung im Ist-Zustand erfolgen sollte. Zusätzlich verfügt auch das Nahwärmenetz an sich über ein etwaiges Speicherpotenzial, das im Rahmen weiterer Analysen untersucht werden sollte.

4.4 Energiemanagementsystem

Auf Basis der zuvor erhaltenen Ergebnisse kann auf Grund der zu erwartenden Systemkosten eines übergeordneten Energiemanagementsystems und der erzielbaren Einsparungen (Bezug auf Szenario C), von einer Amortisationszeit von knapp 19 Jahren ausgegangen werden. Auf Grund dieser Ergebnisse erscheint der Nutzen einer Implementierung eines übergeordneten Energiemanagement-Tools, unter den gegebenen bzw. angenommenen Rahmenbedingungen, für kleine und mittlere Wärmenetze zu gering, im Vergleich zum (finanziellen) Aufwand.

5 Ausblick

Das Optimierungspotenzial kann als weitaus größer eingeschätzt werden, da für das Referenzheizwerk die Daten hinsichtlich weiterer Optimierungsmöglichkeiten (Kesselschaltung, Leistungsregelung, etc.) nicht zur Verfügung standen und daher diesbezüglich weitere Untersuchungen durchgeführt werden müssen.

Ebenso ist eine Erweiterung des Import- und Analysetools z.B. Abbildung der Topologie des Nahwärmenetzes, Erfassung informeller Daten, sowie Interaktionen im Betrieb und Einbau zusätzlicher Sensoren im System (z.B. Brennstoffmenge, Heizwert, Pumpendrehzahl, usw.) geplant. Auch wurden bereits Überlegungen zu einem zukünftigen Datenszenario angestellt. Um das aufwändige Verfahren des manuellen Datenimports zu vermeiden, ist für zukünftige Heizwerke bzw. bei der Sanierung bestehender Anlagen geplant, ein Konzept für die automatisierte Datenübernahme in die Datenbank vorzusehen. Ein mögliches Szenario könnte der Einsatz von Agents auf den jeweiligen SCADA-Systemen in den Heizwerken sein, welche die Daten beispielsweise über ein REST-Webservice an die Auswertungssoftware übermitteln.

Durch weitere Untersuchungen und Adaptierungen des Modells können mit Sicherheit zusätzliche Einsparungspotenziale identifiziert und weitere Schritte hinsichtlich der Entwicklung und Implementierung eines übergeordneten Energiemanagementsystems für kleine und mittlere Wärmenetze gesetzt werden. Dies könnte eine Gesamtsystemoptimierung ermöglichen und den Wärmenetzbetreibern ein einfach zu bedienendes Werkzeug in die Hand geben, den gesamten Betrieb (Erzeugung, Netz, Verbraucher) zu bewerkstelligen.

http://docplayer.org/docview/88/116195222/#file=/storage/88/116195222/116195222.pdf Seite 11 von 12

DocPlayer 02.10.20, 16:44

6 Literatur

[1] Böhmer, S., Gallauner, T., Gössl, m., Krutzler, T. und Moser, G.: Biomassefeuerungsanlagen im Leistungsbereich von 400 kW bis 10 MW, Umweltbundesamt, Wien, 2010

[2] Metschina, C.: Biomass district heating in Austria, http://www.biomasseverband.at/fileadmin/mediaDB/Bibliothek/CBB_dh/Biomass_district_heating_in_Austria.pdf., abgerufen am 01.07.2013

[3] Indiger, A., Leutgöb, K., Lutter, E., Mader, S., Nemestothy, K., Peherstorfer, N., Proidl, H., Sattler, m. Tretter, H. und Veigl, A.: Vorstudie für einen nationalen Biomasseaktionsplan für Österreich, Austrian Energy Agency im Auftrag des BMLFUW, Wien, 2006

[4] ASTRA BioEnergie GmbH: REM/REC/RES, http://www.astra-bioenergie.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=51%3Aremrecres&catid=27%3Aenergiemanagement&Itemid=37&lang=de, abgerufen am 16.07.2013

[5] Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Globalstrahlung und Außentemperatur im Zeitraum Juni 2011 bis Juni 2012 Beobachtungsstation Katschberg, übermittelt per Mail von Mag. Hohenwarter am 16.07.2012

[6] Lax, J.: Technisch-wirtschaftliches Datenblatt Biomasse-Nahwärmesysteme. ASTRA BioEnergie GmbH, Katschberg, 2009

[7] Malik, A., Promitzer, F. und Schrammel, H.: Was ist ein gutes Heizwerk? Bewertung anhand von Kennzahlen und Statistiken, LandesEnergieVerein Steiermark, Graz, 2012

[8] Obernberger, I.: Möglichkeiten der technologischen und wirtschaftlichen Optimierung von Biomasse-Nahwärme- und Mikronetzen, Institut für Verfahrenstechnik, Technische Universität Graz, In: Tagungsband zur internationalen ALTENER Konferenz „Mikronetze – Gebäudeübergreifende Wärmeversorgung auf Biomassebasis“, 16./17. Oktober 1997, Salzburg, Energieverwertungsagentur (Hrsg.), Wien

7 Danksagung

Das Projekt REM / REC / RES wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen der 5. Ausschreibung des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ (FFG) durchgeführt.





FFG

http://docplayer.org/docview/88/116195222/#file=/storage/88/116195222/116195222.pdf Seite 12 von 12