

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>VORWORT</b>	<b>V</b>
<b>KURZFASSUNG</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>VII</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>	<b>VIII</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>XII</b>
<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation	2
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	4
1.3 Begriffsdefinitionen	6
1.4 Simulationsumgebung	8
<b>2 STAND DER TECHNIK</b>	<b>15</b>
2.1 Wärmespeicher	15
2.2 Solar unterstützte Nahwärmesysteme	17
<b>3 NAHWÄRMENETZE</b>	<b>21</b>
3.1 Varianten des Wärmenetzes	21
3.1.1 Trinkwarmwasser-Bereitung	21
3.1.2 Auslegung des Raumheizsystems	23
3.2 Evaluation bestehender Wärmenetze	23
3.2.1 Systeme mit Speicherladesystemen zur Trinkwassererwärmung	23
3.2.2 Systeme mit Durchlauferhitzern	26
3.3 Nutzungsgrad des Wärmenetzes	29

---

<b>3.4</b>	<b>Simulation des thermischen Verhaltens von Wärmenetzen</b>	<b>29</b>
3.4.1	Lastprofile in der Literatur	29
3.4.2	Validierung von Simulationsmodellen	30
<b>4</b>	<b>WETTERDATEN</b>	<b>35</b>
<b>4.1</b>	<b>Vorhandene Datensätze</b>	<b>35</b>
<b>4.2</b>	<b>Standortauswahl</b>	<b>36</b>
<b>4.3</b>	<b>Vergleich der Datensätze mit Messdaten</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>VALIDIERUNG DER ERSTELLTEN TRNSYS-MODELLE</b>	<b>41</b>
<b>5.1</b>	<b>Solar unterstütztes Nahwärmesystem mit erdvergrabem Heißwasser-Wärmespeicher</b>	<b>41</b>
5.1.1	Betrachtetes System	41
5.1.2	Qualität der Messdaten	44
5.1.3	Validierung des TRNSYS-Modells XST – erdvergrabener Heißwasser-Wärmespeicher	46
5.1.4	Validierung des erstellten TRNSYS-Modells für das Gesamtsystem	63
<b>5.2</b>	<b>Solar unterstütztes Nahwärmesystem mit oberirdisch aufgestelltem Heißwasser-Wärmespeicher</b>	<b>67</b>
5.2.1	Betrachtetes System	67
5.2.2	Qualität der Messdaten	69
5.2.3	Validierung des erstellten TRNSYS-Modells für das Gesamtsystem	70
<b>6</b>	<b>SENSITIVITÄTSANALYSE</b>	<b>75</b>
<b>6.1</b>	<b>Sensitivitätsanalyse der Simulationsumgebung</b>	<b>75</b>
<b>6.2</b>	<b>Sensitivitätsanalyse des solar unterstützten Nahwärmesystems mit erdvergrabem Heißwasser-Wärmespeicher</b>	<b>76</b>
6.2.1	Effizienz der Wärmeübertrager	78
6.2.2	Einfluss der Verbindungsleitungen	79
6.2.3	Einfluss der Orientierung des Kollektorfeldes	80
6.2.4	Einfluss der Kollektorfeldgröße	81
6.2.5	Einfluss der Kollektorparameter	82
6.2.6	Einfluss des Wärmespeichervolumens	83
6.2.7	Einfluss der Wärmespeicherparameter	84

---

6.2.8	Einfluss der Wärmelast	86
6.2.9	Zusammenfassung	88
<b>6.3</b>	<b>Sensitivitätsanalyse des solar unterstützten Nahwärmesystems mit oberirdisch aufgestelltem Heißwasser-Wärmespeicher</b>	<b>89</b>
<b>6.4</b>	<b>Optimierung der solar unterstützten Nahwärmesysteme und Definition von Referenzanlagen</b>	<b>92</b>
6.4.1	Solar unterstütztes Nahwärmesystem mit erdvergrabener Heißwasser-Wärmespeicher	92
6.4.2	Solar unterstütztes Nahwärmesystem mit oberirdisch aufgestelltem Heißwasser-Wärmespeicher	95
<b>7</b>	<b>EINFLUSS VERSCHIEDENER EINGANGSGRÖßEN AUF DIE REFERENZANLAGEN</b>	<b>99</b>
7.1	Einfluss der Wärmelast	99
7.2	Einfluss des Klimadatensatzes	100
<b>8</b>	<b>AUSLEGUNG VON SYSTEMEN MIT <math>F_{SOL} = 35\%</math></b>	<b>103</b>
8.1	Vorgehen	103
8.2	Berechnungsergebnisse für das solar unterstützte Nahwärmesystem mit erdvergrabener Wärmespeicher	104
8.2.1	Sensitivität der Kosten	107
8.3	Berechnungsergebnisse für das solar unterstützte Nahwärmesystem mit oberirdischer Wärmespeicher	109
8.3.1	Sensitivität der Kosten	111
8.4	Stagnationsproblematik	113
<b>9</b>	<b>DIMENSIONIERUNGSRICHTLINIEN</b>	<b>117</b>
9.1	Solar unterstützte Nahwärmesysteme mit erdvergrabener Wärmespeicher	117
9.2	Solar unterstützte Nahwärmesysteme mit oberirdischer Wärmespeicher	120
9.3	Vergleich mit Literaturwerten	124
9.4	Dimensionierung bei Abweichung von den Referenzbedingungen	125

---

9.4.1	Allgemeines Vorgehen	125
9.4.2	Abweichung der Kollektorneigung	126
<b>10</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>129</b>
<b>11</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>133</b>
<b>A</b>	<b>ANHANG</b>	<b>145</b>